

技能の科学化と科学の技能依存に関する調査研究

平成14年5月

財団法人 産業研究所
委託先 財団法人 政策科学研究所

KEIRIN



この調査研究は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

要 約

(1)「技能の科学化(技術化)」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向

我が国の国際競争力を支えてきた「ものづくり」基盤技術には、IT革命の浸透を含め製造技術の進展・相互浸透の影響が深く及んでおり、同じく我が国の強みとされてきた技能の有りようにも新たな変化がある。本調査では、その意味と対応策などに関して、「ものづくり」基盤技術の代表分野である加工を中心に検討した(第Ⅱ部、技能の捉え方やスキルレスの試行についての大阪大学三好隆志教授の研究、鑄造関連技能の伝承についての埼玉大学綿貫啓一助教授の研究、NEDOのデジタルマイスター関係プロジェクトについての産業技術総合研究所小島俊雄委員の報告と論議を参照)。

技術動向に関連する調査研究を概括すると、次のことがいえる。高品質な機械・部品を製造していくプロセスは多くの加工法から構成されており、各加工技術は、相互に、また上流段階の設計技術などとも、深く関連している。加工技術は、各加工法の技術革新や持続的な進化、複合化や新たな原理を用いた新加工法の開発などによってダイナミックに変化している。この加工法を担う技能は、機械操作や手作業を制御する身体的な技能のみならず、メタ認知・推理を含む知的な技能から問題解決を図る統合的な技能に至るまで、極めて多様な要素から構成されている。特定のケースで有効と考えられてきた技能が、技術との相互作用を強める中で、融合し、一体化することにより、「ものづくり」の「共通」基盤を構成してきている。こうして「ものづくり」の技術と技能の範囲が拡大し、レベルも高度化しつつ、技能は客観化・データ化により技術、とくに自動化技術に置き換えられつつある。ITの高度な知識とそれを用いた新たな加工法も登場している。量産加工に関わる技能も一品加工に関わる技能も、知的な技能の技術化が当面の課題となっている。

我が国では、「ものづくり」現場の人材水準の高さと人材間のネットワークによる教育訓練の継続等により優位性を確保してきてきた。今後は、ITの高度利用の局面においても競争力を維持・強化していくことが強く要請されている。たとえば、高精度の加工は自動化によって初めて達成でき、製造プロセス設計ではIT利用が不可欠な分野が増加している。さらにITの進展は、「ものづくり」に関連した新しい機動的で変化に強い地域産業集積を促したり、基盤技術情報の共有・流通をベースにした新たなビジネスなどの創出を促している。

特にインターネットの普及がもたらした影響は大きい。電子商取引の普及は、CAD/CAMシステムなどの設計製造支援ソフトウェアを用いた基盤技術の展開を伴っている。技術「総体」を表現した図面などのデジタル情報が流通し、そのプロセス情報も明示的に存在することとなった。それにより「商品」としての流通も可能である。しかし、複製が容易な情報化により技術が容易に漏洩する問題も顕在化してきた。部分的取り扱い(編集)が可能で、設計のような情報の加工が分業で成立することから、企業間関係への影響も検討すべきである。

なお、暗黙知と形式知の変換ダイナミズムと組織の知識創造を扱ったSECIモデル(野中ら)に依拠すれば、技能のデジタル化とは形式知のデジタル化を行うことである。技能に密接に関連する技能に関する実態調査でも、創造的な問題解決や顧客の多様・曖昧なニーズへの対応にあたる

熟練技能の蓄積・継承という課題を、現在の人による蓄積・継承ばかりでなく、将来的にはマニュアルやデータベースなどの情報集積として解決していく方向が出ている。このようなデータベースは、ソフトウェアの中のいかなるアプリケーション・システムからも独立なもので、将来的にはデータと処理が一体となったものという意味でのオブジェクトの集積として実現していく可能性が高い。なお、技能の修得困難度や技能の技術補完レベルを勘案して、技能の技術化のレベル分けを試みた。

技能の技術化を支援する基盤としては、インターネット技術を当面の枠組みとして利用することができる。この場合、資産化支援、外部連繋支援、再構成支援などの機能が考えられる。支援技術である加工情報集積及び関連情報集積ソフトウェアシステム、インターネット情報基盤技術、プロトタイプシステムについて、開発の概要、課題と展望を明らかにした。これらの支援システムでは人的なネットワークによる支援・共同作業が不可欠であり、インターネット利用方式に合わせてオンラインで一体的に支援する人的物理的な組織化を適切に行う必要がある。

(2)「科学(技術)の技能依存」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向

技能の客観化、モデル化、マニュアル化、デジタル化や、CAD・CAM・CAE等の融合化、データの共有技術、検知・評価・加工要素技術の知能化などが、「ものづくり」現場に与える課題を、事例横断的に検討した(第Ⅱ部の(株)松浦機械製作所松浦正則氏、(株)樹研工業松浦元男氏、(株)インクス山田眞次郎氏、黒田精工(株)横田悦二郎氏の報告と論議を参照)。

第一に、技能のシステム化・ブラックボックス化を通じ、技術・技能レベルの低下や技術・技能の継承・伝承の断絶が起こる危惧がある。基本的な対応として、技術者間の交流をナレッジマネジメントシステムなどで補うことが重要である。現時点の市販システムは、実物を前にした教育・訓練などをベースにして導入・利用することが必要である。現時点の市販システムの不完全さには、システム機能や関連する基盤情報集積の未成熟、統合的運用の経験不足なども関連しており、問題毎に具体的なきめ細かい対応が必要である。例えば、ユーザ視点に立脚したシステムを開発し運用・改善・保守をユーザ自身が行って十分に自分のものにする必要がある。

第二に、新たな態様の多様な熟練、いわゆる「ハイテク職人」が重要化しており、その育成・確保が問題になってきた。モノづくり現場での問題解決力は、従来、熟練者による伝承・教育訓練で維持されてきたが、地域産業集積の空洞化などにより効果的に機能しなくなっている。発注元の親会社などでも海外進出により基盤技術の継承が不十分になっている。系統的な人材育成・確保策が必要である。

一方、インターネットの普及により、Web上で現場技術者が技術的な質疑を行う仕組みが出現しており、注目される。例えば、企業の検索エンジンを兼ねるNCネットワークの「技術の森」や公設試技術相談データベース「テクノナレッジネットワーク」がある。インターネット上での「ものづくり」基盤技術情報も急速に質量が拡大している。今後は、加工機械、工具、材料、製造支援ソフトウェアなど様々な関連産業部門で、商品カタログや技術資料のインターネット上の連繋も進むことが予想されている。数年の間に新しい種々の活動が、公的機関の活動やビジネスとして展開

されていくことになる。

(3)「ものづくり」基盤技術の新たな動向に対応する政策課題

近年ものづくり基盤技術振興法を受けて種々の整備が進められてきている。「ものづくり」基盤技術が経験によって得られる技能と密接に関係していることから、最先端「ものづくり」分野を開拓していくヒューマンネットワークが技術基盤として果たす役割が重要となろう。地域コンソーシアムなど新たな産学官連携開発プロジェクトなどを進めると共に、その成果を現場の技能や基盤技術として持続的に集積・改良しユビキタスな情報環境で展開していく仕組みの構築を促すことが重要である。

なお、加工における技能を情報システム化するにあたって、加工条件の自動設定・検索だけをするればよい全自動システムを目指すことになると、技能の進展、技能と技術の相互作用などが阻害されるおそれがある。新たな加工技術を生みだし確立することこそが基本であり、その進展を促進する道具としてのITの役割や導入を考えることが不可欠である。

製造技術情報の流通を革新する面でのITの機能が重要となってきたが、情報流通が独占され製造プロセスや業務の「囲い込み」につながる懸念もある。したがって「国際標準(デジュール、デファクトの両面)」の方向に対して常に関心を持ち適正な分析を加え、コンソーシアム形式のものを含め積極的に取り組むことが必要である。また、「ものづくり」基盤技術に新たな分業が起り、情報が商品価値のある資産として流通することに対しては、無断流用・流出の防止の仕組み、デファクト標準化と先行者メリットの調整に関するガイドライン、流通促進策、国の役割など、総合的な視点からの検討が必要である。

なお、技能のデジタル化を進めなければならない日本のものづくり産業のジレンマに正面から向かいあう必要性(第Ⅱ部の東京大学名誉教授中川威雄氏からの報告と論議を参照)、また、急成長している中国の実態を踏まえた対応の検討の必要性(第Ⅱ部、我が国が単なる組合せ産業でなく、固有の強みを内部化でき、すり合わせ、が必要なインテグラル型産業に勝機を見いだすべきであるとの経済産業省素形材産業室富田健介氏らの報告と論議を参照)などについて意見交換し、本調査研究の位置づけや政策的焦点に対して改めて検討を加えた。

目 次

要約

はしがき

委員名簿

第 I 部

はじめに	1
第 1 章 技能の科学化の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向	3
1.1 「ものづくり」基盤技術の構成と相互関連	3
1.1.1 「ものづくり」基盤技術としての加工	3
1.1.2 「ものづくり」基盤技術デジタル化のジレンマ	4
1.1.3 IT と加工組立産業のものづくり基盤技術	5
1.2 「技能の科学化」の動向—熟練のデジタル化を軸に	7
1.2.1 技能と技術の関係	7
1.2.2 技能の分類	9
1.2.3 量産における技能	10
1.2.4 技能のデジタル化	11
1.2.5 技能のデジタル化と情報集積	13
1.2.6 関係する技術の概要と研究事例	13
1.2.7 デジタルマイスター関係プロジェクト	19
1.2.8 まとめ	20
第 2 章 「科学の技能依存」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向	21
2.1 「ものづくり」現場の「科学化」の動向	21
2.2 「科学の技能依存」の状況と新たな熟練の形成	21
第 3 章 「ものづくり」基盤技術の新たな動向に対応する政策課題	24

第 II 部

1. 日本のモノづくりの生き残りは可能か	1
2. “わざ”の構造とスキルレスへの挑戦	16
3. IT 技術を用いた熟練技能のデジタル化と技能伝承の試み	34
4. デジタルマイスタープロジェクトの現状と展望	54
5. モノづくりの現場からの報告〔1〕金型技能の伝承・育成の試み	73
6. モノづくりの現場からの報告〔2〕工作機械における先端デジタル技術開発	85
7. モノづくりの現場からの報告〔3〕3次元 CAD 技術	100
8. モノづくりの現場からの報告〔4〕デジタル化はどこまで可能か	112
9. 日本のモノづくりの国際環境——中国の製造業をどうみるか	123

はしがき

本調査研究は、平成 13 年度事業として当研究所が財団法人 産業研究所より委託を受けて実施したものである。

日本経済の国際競争力の源泉ともいえるべき、「ものづくり」=製造業は、グローバル経済化とIT革命の波を受けて、様々な挑戦を受けている。とくに、次の時代の製造業の在り方に関わる課題として、IT と MT(Manufacturing Technology)の融合時代への対応力や、これと絡み合った「ものづくり」のノウハウ・技能とその担い手である人の育成・確保・活用の問題がある。

近年、「技能の科学化と科学の技能依存」ともいえるべき事態が進展しており、「ものづくり」の現場を変貌させ、支援政策のフィールドを捉え直す必要が強まっている。しかも、「ものづくり」の現場では、近年、基盤技術の継承が難しくなる中でこの事態が進んでいる。そこで、技能者=技術者の企業内・社会での地位の向上や適正な訓練プログラムを整備すると共に、熟練技能者の有する技能や知識などの技術化科学化(デジタル化)による伝承・蓄積を図ることが要望されている。こうした製造現場の多様な変化を踏まえながら、政策対応をする必要がある。

これらのことから、先端「ものづくり」の現場で競争力を産み出している技能をめぐる環境変化、とくに技能の科学化(デジタル化)の動向が与える変化や新たな科学技術の導入が産み出す技能依存の状況を事例横断的に把握して、「ものづくり」現場の今日的な課題と対応策を明らかにする必要がある。

このため本調査では、「技能の科学化」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向、「科学の技能依存」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向に関する調査研究を行い、「ものづくり」基盤技術の新たな動向に対応する政策課題を抽出すべく検討を行った。今後の政策検討に資することができれば幸いである。

なおプロジェクトの実施に際しては、「技能の科学化と科学の技能依存に関する研究会」(委員長:杉浦賢 財団法人ファナックFAロボット財団理事長)を財団法人 政策科学研究所内に設置して調査をすすめた。調査に関連して、多くの方々からご協力や貴重なご教示を得た。末尾ながら深く御礼を申し上げる次第である。

平成 14 年 5 月

財団法人 政策科学研究所

技能の科学化と科学の技能依存に関する研究会委員名簿

[主査]

杉浦 賢 (財) ファナック FA ロボット財団理事長

[委員]

(50音順・敬称略)

伊藤 薫 みずほコーポレート銀行産業調査部 部長
岩下 信正 (株) イーグルテクノロジー 社長
岡本 毅 岡本硝子(株) 代表取締役
小島 俊雄 産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センターセンター長
五島 昭寿 中日本ダイカスト工業(株) 代表取締役会長
澤田 三帆子 ホロネット(株) 取締役営業部長
島 弘志 (株) 山武 常務取締役・研究開発本部長
杉山 涼子 (株) 杉山・栗原環境事務所 環境・廃棄物コンサルタント
仙田 勤 日本電気(株) 専任顧問
棚橋 祐治 石油資源開発(株) 代表取締役社長
橋本 久義 政策研究大学院大学 教授
堀 幸夫 金沢工業大学 副学長
松野 建一 (財) 製造科学技術センター常務理事/フォトンセンター所長
丸山 瑛一 理化学研究所 フロンティア研究システム長
吉村 融 政策研究大学院大学 学長
大熊 和彦 (財) 政策科学研究所 主席研究員

[事務局]

大熊 和彦 (財) 政策科学研究所 研究部長・主席研究員(再掲)
藤澤 姿能子 (財) 政策科学研究所 主任研究員
高取 明香 (財) 政策科学研究所 研究助手

第 I 部

はじめに

近年の製造業における日本の競争力への懸念に関連して、平成11年12月に小淵元総理大臣(当時)が招集した「ものづくり懇談会」は集中的、総合的な討論を行い、平成12年5月に報告をとりまとめている。その中では、“ものづくり産業は21世紀においても我が国の生命線とも言うべき経済力の源泉”をはじめとした9つのメッセージを提言している。まず、「ものづくりが“人”づくりにあることを十分踏まえた上で、情報技術の活用により“技能”を可能な限り“技術”に置き換え、情報技術と製造技術を融合した生産システムを構築する新しい試みに着手することが必要である」とし、「“技能”は長期間の経験の蓄積によって特定の人に身に付くものであり、標準化されていないものである。これに対し“技術”とは客観化することが可能で再現性のあるものである」と定義している。

この“技能の技術化”の推進の必要性は、「現在、ものづくりの現場が、分野によっては極度に複雑化し、人間の能力を超越してしまい、主観に基づく洞察、経験に基づく勘とも言うべき“暗黙知”が通用しない状況になっている。IT技術の活用により体系的・論理的に整理され“形式知”化された“技術”を、設計・試作・設計製作の各段階について、3次元CAD、データベース等を駆使し図面や書類を用いないことを実現し、インターネット、イントラネット等により各工程を一気通貫でつなぐことにより、工程を劇的に短縮することも可能となる」という具体的な内容を示している。

このような動きに先行して、平成11年3月に、ものづくり基盤技術に関して、基盤技術に関する研究開発の推進、産学官連携、教育訓練、ものづくり能力の評価などの総合的な施策を講じるべく「ものづくり基盤技術振興法」が成立し、平成12年9月に「ものづくり基盤技術基本計画」が策定されている。

このような総合的な取り組みの中で、研究開発に関しては、平成13年3月に閣議決定された、科学技術基本計画(第2期)では、重要政策「国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化」としての製造技術について、

- ・我が国でしかできない高精度加工技術が存在することなど世界的にも最高水準にある高度な技術を基に、革新的な技術の開発が必要である
- ・高精度技術、精密部品加工技術、先進的ものづくり技術(特に情報通信技術。生物原理に立脚したものづくり革新に視する次世代技術)が必要である

と明記している。

また、重要政策「優れた成果の創出・活用のための科学技術システム改革」の科学技術振興のための基盤の整備という項目で、ものづくりの基盤の整備が取り上げられ、「熟練技能者が保有する高度な技能のデジタル化・データベース化・ソフトウェア化を行うことにより、再現性のある技術へ転換し、現在熟練者が有する技能の実質的な保全・継承を行う。また、設計段階で精緻なシミュレーションを行うことにより製品開発・製造の高度化・効率化を実現する、情報通信技術を活用した次世代の設計・製造支援の基盤整備に努める等情報通信技術(IT)と製造技術(MT)の融

合による新たな生産システムを構築する」とされ、関係する国家プロジェクトの必要性が盛り込まれた。

ここでは「ものづくり」を加工組立産業 (discrete manufacturing) を中心に調査研究を進めた。ものづくり基盤技術振興法においては、ものづくり基盤技術を、「工業製品の設計、製造又は修理に係る技術のうち汎用性を有し、製造業の発展を支えるもの」としている。より具体的には施行令で例示されている26項目であり、対象とする産業の主体は加工組立産業であり、いわゆる技術の空洞化に関する議論もこの点に中心がある。これらの具体的な基盤技術の「加工」に関する項目は、厚生労働省が定めている技能検定の項目とほぼ対応している。技能検定の項目は133種あり、200万人以上の技能士を認定している。

以上、ものづくりに関連する多面的な取り組みの概要を述べたが、中心的な考え方は、特定のケースで有効であると考えられてきた技能が、技術との相互作用の中で、融合し、一体化することにより、ものづくりの「共通」基盤を構成してきているということにある。

ここでは、このようなものづくり基盤技術の中心となる「加工」の重要性から、加工技能を中心に、設計にさかのぼる製造技術に焦点を絞り、それらの技術が情報通信技術 (IT) とどのように関係するかという視点で検討することとした。その意味で、「技能の科学化と科学の技能依存」を「技能の技術化と技術の技能依存」と読みかえている。

本調査は、以上の経緯を踏まえ、日本のものづくり製造業が競争力を維持・強化するための具体的な方策について、「技能の科学化」と「ものづくり」基盤技術の関わりという視点で、現状の取り組みを調査し、今後の調査について展望を試みたものである。

第1章 技能の科学化の視点から見た「ものづくり」基盤技術の動向

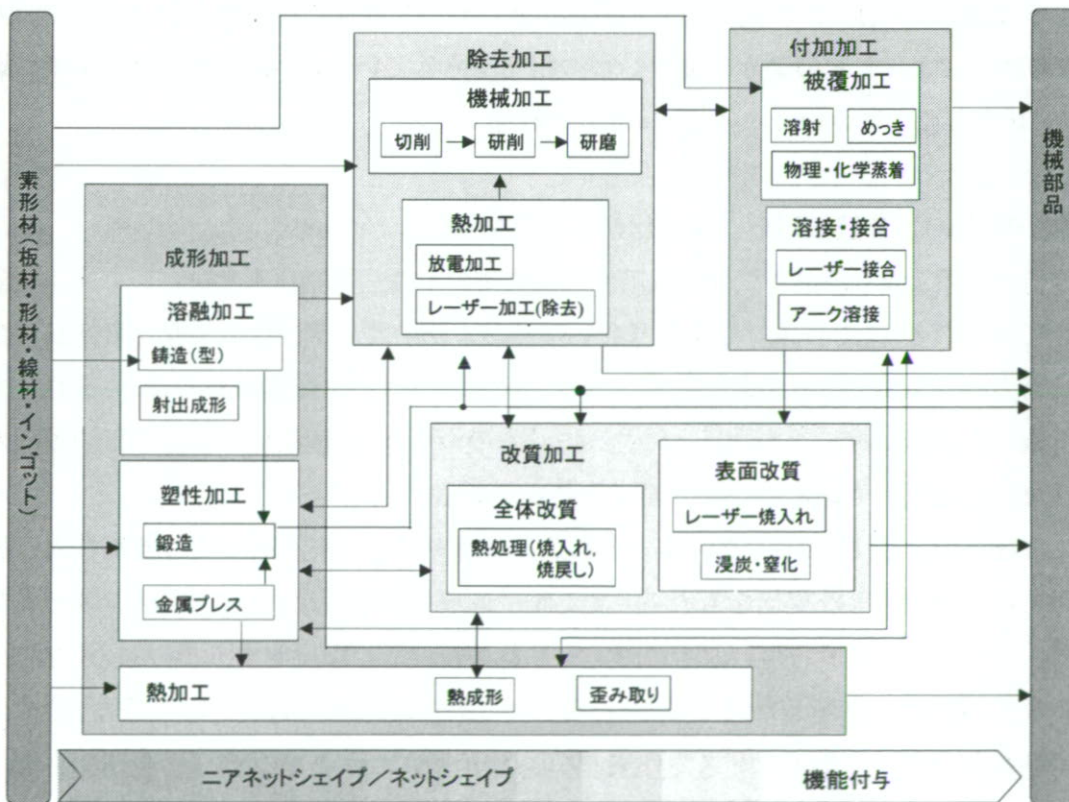
1.1 「ものづくり」基盤技術の構成と相互関連

1.1.1 「ものづくり」基盤技術としての加工

「ものづくり」基盤技術としての加工技術は、鋳造、鍛造、金属プレス、射出成形、粉末冶金、製缶・板金など成形に関する技術や、切削、研削・研磨など機械的に除去を行う技術、熱処理、めっきなどの仕上げ技術、および金型製作などこれらの加工を行うにあたって必要な工具・装置類を製作する技術が組み合わさってできている。これら製品品質を決める部品生産の技術力では、我が国は圧倒的な強さを発揮してきている。

図1は、主要な加工技術の製造プロセスにおける位置づけを整理したものである。このように高品質な一般機械部品を製造していくプロセスは多くの加工法を組み合わせたプロセスとして実現されている。さらに、この製造プロセスは、各加工法の技術革新や持続的な進化、複合化や新たな原理を用いた新加工法の研究開発などによってダイナミックに変化している。このように相互に密接に関係して構成される加工技術は、その上流に位置づけられる設計技術とも、設計段階で精緻なシミュレーション等の点で密接に関係している。また、近年のものづくりの基本的な考え方である開発・設計から、修理、廃棄・再利用・材料再生までのプロダクトライフサイクル全体の中で位置づける必要がある。

図1 機械部品加工法の関連図



出典：ものづくり懇談会「提言」,2000

このように相互に密接な関係を有している諸活動をどのように関係づけてものづくりの活動を統合的に進めるかについて、我が国では、製造業に係る技術者や技能者の水準が高いこと、“人”ベースのネットワークによる教育訓練の継続等により優位性を確保してきている。特に、日常的に工夫や改善を必要とする業務水準を保つためにこの方法が日本の競争力確保に大きな力を果たしてきた。今後は、ITの高度な利用によって競争力を維持・強化していくことが方向として強く要請されている現状である。

たとえば、高精度の加工では、サブミクロン精度の要求など自動化によって初めて達成される加工分野も多い。また、加工間の関係を含めた製造プロセスの工程設計に関して、ITの有効利用により、その時点での加工機械設備やその加工条件に関する最適解を求めるなど、従来の手法では困難な大規模・総合的な加工計画の策定は、複雑さと計算速度の面から、現場の技能による範囲を超えており、ITの支援が要求される分野である。

しかしながら、ITの普及や自動化の推進によって、従来の強さであった現場のチームワークやコミュニケーションを阻害する恐れも現実になっている。技能の技術化という枠組みの中で、ITを活かす仕組み、ITを使いこなす方法の構築が求められている。また、IT利用という側面からは、多くの加工技術に共通的に利用可能なIT基盤技術が進展しつつある。CAD/CAMシステムの基盤技術として、プロダクトデータモデル、形状処理技術、ユーザプログラム開発支援などの基盤技術の発展が顕著である。特に、CAEと総称される、シミュレーション技術は、性能(正確さ)、適用範囲の面で実用面での普及が進み、加工条件の設定やトラブルの回避策などに関して実用面の効果を上げてきている。

このような議論から、以下では、これらの部品生産においてこうした多様な「ものづくり」基盤技術が、ITの進展によってどのように変貌しつつ相互関連しているか、製造業の競争環境に影響しているか、新たな動向についてまず、現状を分析整理する。

1.1.2 「ものづくり」基盤技術デジタル化のジレンマ

先端技術の基盤となる部品を試作品段階から大企業のイコールパートナーとして中小企業が共同開発していること、また日本でしか作れない部品および半製品や工作機械など資本財の生産における技術力の不可欠な構成要素として国内の「ものづくり」中小企業があること、それらを支えている卓抜した技能があることの認識に立って、「ものづくり」の国際化や基盤技術の動向の中でどのような変化を迎えているのかを分類する必要がある。

近年のIT技術の進展、特にインターネットの急速な普及によってもものづくり基盤技術は国際的な競争力という面で大きな展開をもたらした。電子商取引の普及は、CAD/CAMシステムなどの設計製造支援ソフトウェアを用いたものづくり基盤技術の新たな展開をもたらした。ものづくり技術の結果の“総体”を表現した図面などのデジタル情報の流通が開始された。また、そのようなデジタル情報がどのようなプロセスで作成・修正・検証されたかというデジタル情報も明示的に存在することとなった。すなわち、従来はその存在は認識されていても、現在のように流通し、それが資産価値を持つという認識はそれほど大きくはなかった。しかしながら、デジタル情報の流

通速度、容易さから改めてその情報に関する取り扱いを吟味する必要性が生じた。デジタル情報の特徴には、

- ・複製が容易
- ・部分的取り扱い(編集)が可能

という2つの特徴がある。前者は、図面などの情報がコピーされてその技術が容易に漏洩するという側面が話題になる。これがデジタル情報のジレンマである。後者の点は明示的に議論されることが少ない。部分的に取り出したり、修正したりできるという点は、情報の加工が分業で成立するという点にある。詳細な情報の作成・修正は、設計や製造その処理のトレースにつながり、設計結果だけでなく、プロセスの間接的な表現ということになる。分割された情報は、別の情報と組み合わせられて新たな設計や製造に再利用される可能性をもつ。設計製造支援の新たな展開や分業が理論的には可能になる。

現在の設計・製造支援のソフトウェア技術は、デジタル表現されている情報のみでは製造はままならない状態である。デジタル情報の価値は現状では高くない。使い方のソフトウェアが未だ貧弱である。CAD/CAM/CAE システムは製造の専門家が自分の専門性をベースにそのプロセスや結果を自身の手で表現して初めてデジタル情報を作成することができる段階である。コンピュータによる支援は現時点ではミスの発見や各種の技術計算による概略の事前評価が一部実現している段階である。

専門家の専門性を設計製造支援システムに実装して他の専門家がそれを容易に使いこなすまでの実質的な「支援」には未だ多くの技術開発が必要な段階である。しかしながら、今後の展開においては、デジタル情報の部分的な取り扱いの可能性に注目していくことが必要である。このデジタル情報の部分的処理の可能性については、産業の新たな分業という視点で検討してみることができる。これまでの分業は、人と空間のネットワーク構造に依存して成立していた。グローバルゼーションにより、製造拠点は海外へ展開したが、そこにおいても、開発・設計は日本で、製造のうち、可能な部分はコストを主な評価基準として成立している。デジタル情報の部分的な処理で分業し、その統合による生産システムは、分業の結果であるデジタル情報を資産価値のある「商品」としての流通も可能である。

このような情報の分業が「もの」の分業と同期して新しいビジネスの基盤を構成していくという意味でも重要である。すでに、設計の一部を担当する ASP サービスが出現している。インターネットで関連する技術情報を検索することも日常的になっている。このような仕組みがビジネスになる近未来が出現することであろう。現在の中小製造業と大企業との間に存在する一部のイコールパートナーシップがビジネスのシーンごとに成立する可能性もある。

1.1.3 IT と加工組立産業のものづくり基盤技術

関満博『空洞化を超えて』においては、日本の機械産業は成果をリードする大企業が単独で存在しているのではなく、多くの専門的な加工機能を専門的な中小企業で組織化して初めて成立していることを示し、大企業と中小企業との垂直的圧力と中小企業同業者間の水平的競争の環境で世

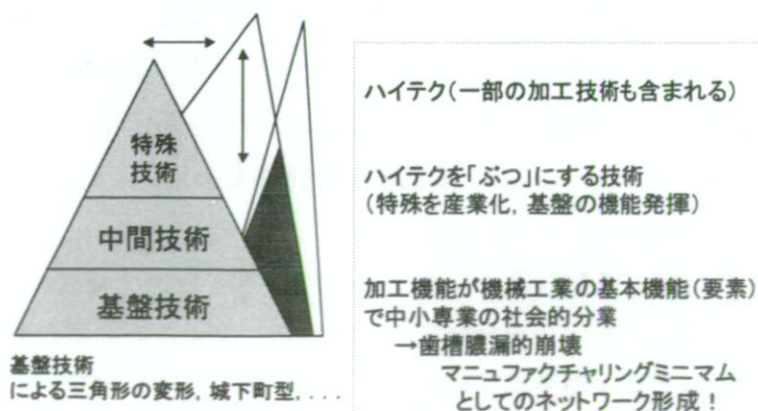
界をリードしてきたと論じている。そして、加工組立産業の地域の空洞化がものづくり技術基盤の空洞化と表裏の関係になることを、図2に示す技術構造の三角形モデルで説明している。

技術集積の三角形は基盤技術であり、本調査でいう加工技術そのものである。この基盤技術の核心部分を担ってきたのが中小製造業である。特殊技術はハイテク分野で新たな加工技術であり、競争力の源泉になる技術である。中間技術は基盤技術の機能を十分に発揮させる運用・保守の技術である。これらが人的ネットワークとして連繋していたことが日本の競争力の源泉であったとしている。三角形の形は、企業城下町型の場合には幅の狭い三角形であり、京浜地区など試作や金型製作を担う地域産業集積はすそ野が広い三角形の技術集積である。また、三角形の形状の変化が産業構造の変革に対応づけて説明している。機械産業はすそ野が広がった三角形を必要とする産業であり、そこでは基盤技術が一定の大きさ種類を兼ね備えている柔軟な分業組織が存在していること、マニファクチャリングミニマムが必要で、そこにおいて初めて新たな製品開発など加工組立産業(機械工業)が成立する条件として説明している。

ITがこの技術集積の三角形に関して、基盤技術部分の構築を支援する機能を有することに貢献できれば基盤技術部分が歯槽膿漏的に崩壊しつつあるという地域の産業集積に貢献できる。また、中間技術である運用や保守など特殊技術と基盤技術を繋ぐ技術としてITが効果を持てば同様に地域の産業集積を機動的に、変化に強いという強靱さをもつことにつながる。実際、ITの効果は一定の範囲であり、ネットワークによる企業連携をビジネス単位で構築することが進んできている。ただし、このような場合のITは技術内容の直接的な連繋によるメリットの追求ではなく、技術情報のやりとりはあるが、商取引の契約レベルでの連携が基本であることに留意する必要がある。

技術の連携に進んで地域産業集積が自由に形成されるには技術の進展は不十分で、当面は、地域における人的ネットワークをベースにしている点で、地域の産業集積が中心で、技術集積の三角形の形状変形に柔軟に対処する点でのITの貢献が先行すると考えられる。企業城下町的な広島市における公設試験研究機関である広島県西部工業技術センターが生産アカデミアを開設し、IT化の促進を進めているのはこのような方針からの施策例と考えることができる。

図2 ものづくり技術構造の三角形



地域集積・企業連合の支援

出典：「空洞化を超えて」、関光博，日本経済新聞社，1997

1.2 「技能の科学化」の動向－熟練のデジタル化を軸に

「ものづくり」基盤技術の領域においては、従来から技能をデジタル化し、機械によって代替させようとしてきた。本節では、このような試みに注目し、その状況を扱う。単に個別のオペレーショナルなスキルのデジタル化のみならず、問題発見・解決の「熟練の知」を汎用的な知として明らかにするような研究も始められている。

製造技術を熟練依存から解放する様々な研究開発は、一部ではインクスの例に見られるように、成功しつつある対象分野もあるが、一方では名人芸や現場の柔軟な問題解決行動のすべては機械で代替できないとも言われている。

1.2.1 技能と技術の関係

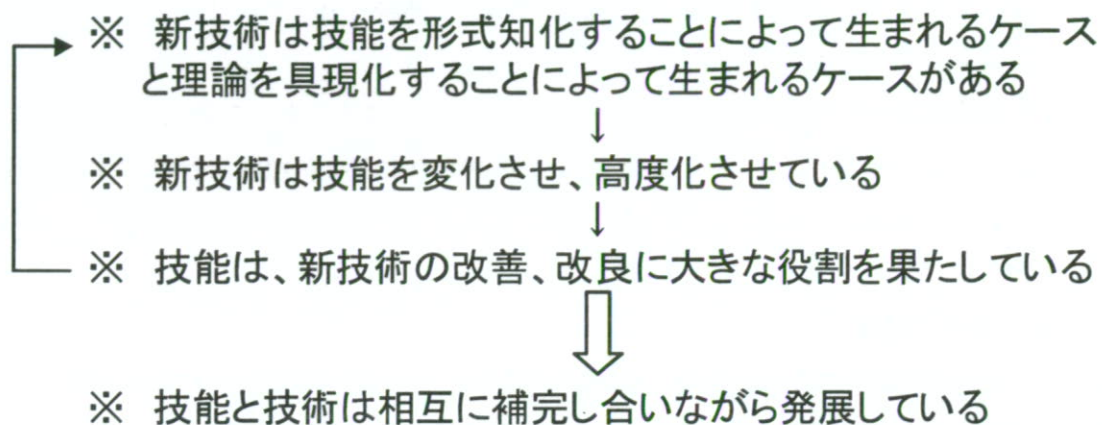
本稿のはじめに、本調査で用いる技能と技術の定義を行ったが、本節においては、技能と技術の相互関係や関連する研究の位置づけに関連した調査をとりまとめる。

中小企業庁の中小企業基盤技術研究会においては、まえがきで示した技能と技術の定義を鋳造、切削、鍛造、溶接、高エネルギー加工などに関して具体的な検討を行い、特定のケースで有効であると考えられてきた技能が、技術との相互作用の中で、融合し、一体化することにより、ものづくりの「共通」基盤を構成してきていることを、

- ①加工作業者に求められている技能や技術の範囲は拡大し、レベルが高度化する
- ②技能は客観化・データ化により技術、特に自動化技術に置き換えられる
- ③ITの高度な知識、それを用いた新加工法

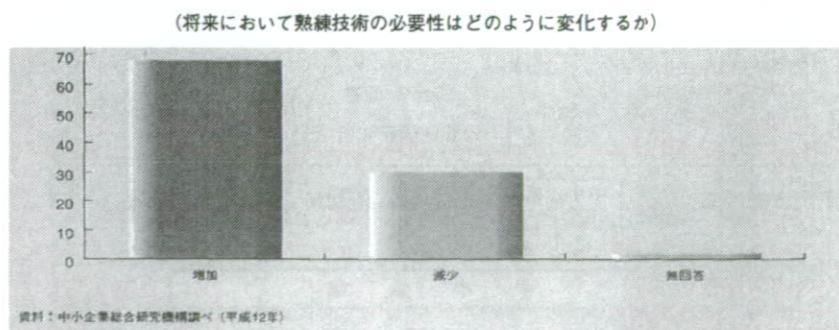
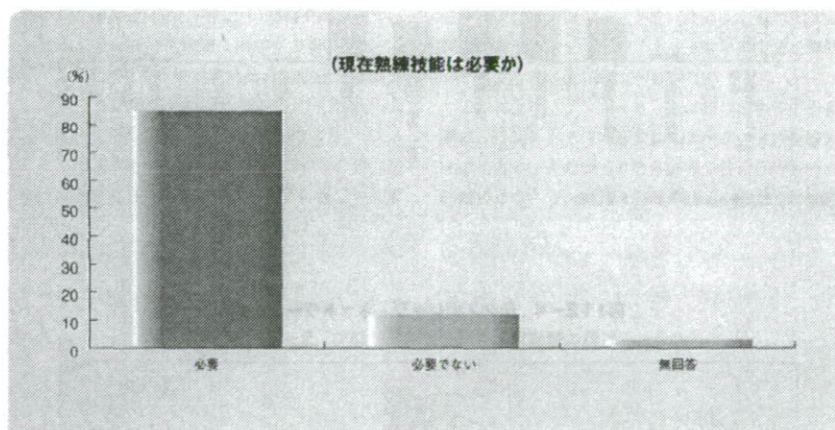
の3点にまとめている。そして、技能と技術の関係、相互作用を加工法によりバリエーションはあるものの、図3に示すように捉えている。このように、技能と技術は相互に補完しあいながら発展してきており、最先端の技術や技能を切り拓くことでものづくり基盤技術を進化させてきているといえよう。このような考え方は、図4に示す関連調査(東大阪市と大田区の中小製造業3000社に対するアンケートで462社から回答を得ている)の結果からも裏付けられる。

図3 技能と技術の相互関係



出典：『新しい中小企業のものづくり』, 中小企業庁編, (財)通商産業調査会, 2000

図4 技能の重要性に関するアンケート調査



出典：『新しい中小企業のものづくり』, 中小企業庁編, (財)通商産業調査会, 2000

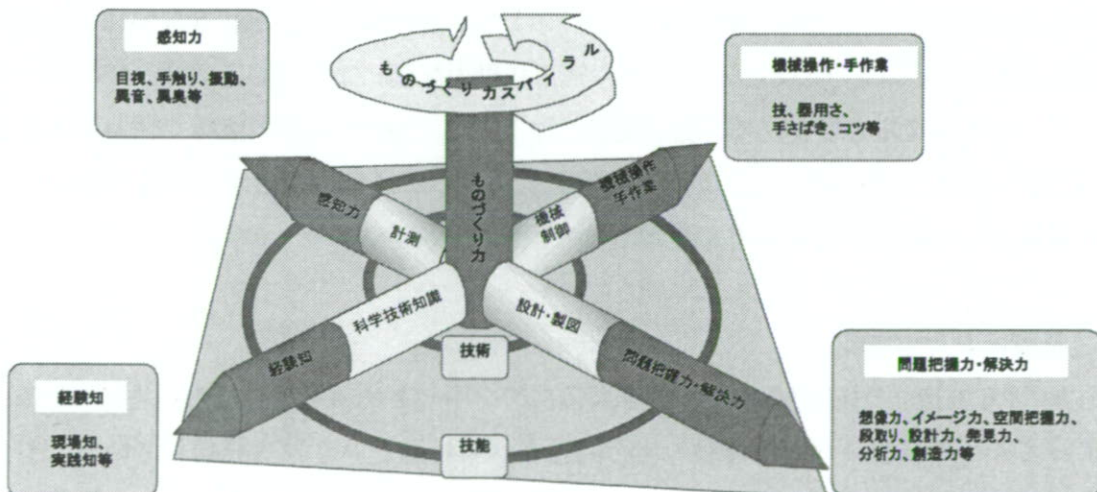
1.2.2 技能の分類

中小企業基盤技術研究会では、前節で述べたように、技能と技術の関係を検討する中で、技能と技術の総体をものづくり力として定義し、その分類を製造プロセスに沿って試みている。その結果を図5に示す。これを本文に対応づけると以下のようなになる。

第1の要素は、問題の認識・組立、解決に関する技能で、工程設計・作業設計で特に重要な要素であり、また、トラブルに対する対処の場面でも重要な役割を果たす。第2の要素は、実際の加工作業において手足の動作と統合(コーディネート)されて発揮されるもので、巧みさ・器用さ、手技(てわざ)と呼ぶ類である。第3要素は第2要素と密接に関係するセンシングに関するもので、サブミクロン精度を黙視や触覚で評価できる熟練者の技能、感知力などである。第4要素は第1要素から第3要素を統合した熟練者の総合的評価・分析能力であり、メタレベルの技能や技術が対応する。それぞれ、「長期間の経験の蓄積によって特定の人に身に付くものであり、標準化されていないものである」という技能の定義に相当すると考えることができ、また図3に示す相互の関係が適用できることは明らかであろう。

これらの技能は大きくは、動作や五感に関する運動技能と理解や判断などの知的技能に分類できる。そして、加工における熟練技能は、自動化で運動技能が技術化されることにより知的な技能・技術へと移行していく傾向があることを示唆している。しかしながら、新たな段階で、技能の変化、高度化や新しい環境や技術を使いこなす技能が要求されていくというプロセスが生じる。そのような技能は、知的な技能だけでなく、人間の動作や五感を駆使した総合的なものである(技術の限界が技能を必要としている)点に留意することが重要である。

図5 技能の種類



出典：『新しい中小企業のものづくり』, 中小企業庁編, (財)通商産業調査会, 2000

中村肇は「製造現場における熟練技能の現状」の中で次のように述べている。

「熟練技能の本質は何か」と熟練技能者に質問すると、指先の感覚や器用さといった手技(てわざ)という回答は殆どない。「技能者」は「技脳者」ともいわれる部分が本質という回答が多い。手技は訓練によって誰でもできるという答えも得られた。このような調査から、加工技能の本質として重要なポイントは、「ワークの状態の捉えかた」、「材料や加工法に関する考え方」や「出来上がりをイメージする力」という回答が多い。このような考察から、技能(加工技能)の本質を、

- ① 作業における判断基準・作業者やワークの状態や情報
- ② 作業を進める概念や成果のイメージ力
- ③ 作業の意味・意義の理解、自身の作業や技能に関する評価

であると結論づけている。そして、これを手技的なものに対してメタ認知的技能、社会的技能と名づけている。加工法ごとに重要な要素技術や技能の内容を例示しており、機械化によって技能はなくならず、進化していくことを結論として述べている。

次に、技能という用語と同様に使われるノウハウという語について若干の補足を行う。ノウハウは利用される文脈によって様々な意味を持つが、平凡社の世界大百科事典に沿って考えると次のようになる。

- ① 技術を完成させまた実際に応用するのに必要な技術的知識、経験またはそれらの集積
- ② 図面など有形のものと実際的手法など人の教育訓練による伝承など無形のものに分かれる

前者は、ノウハウはその適用範囲や精度について予め明示されていない点(適用された実績(事例)で初めて具体的に評価される点)に関係している。技術との違いでもある。ノウハウが一般性をもち、幅広く適用できる可能性を含んでいるという性質は保たれている。また、ノウハウを所有する人物に属人的である(判断に至る過程がノウハウの所有者に帰属していて全容の外化が困難)ということである。有形なノウハウも教育が必要で、無形の場合には特に長期間を必要とする分野毎の伝承に依存する。ノウハウは教育訓練を受けた関係者間の伝達と相互理解により利用され価値を生じるが、さらに、ノウハウの組合せや適用結果の評価による改良という(メタレベルの)技術とノウハウも考える必要がある。加工技能と加工ノウハウは、同様の意味で使われることが多いが、技能のうち、知的技能と重なり合う部分が多いものと考えることができる。ノウハウは、法律上も資産として認定ができる点で整理された概念である。

1.2.3 量産における技能

小池らは「もの造りの技能」の中で自動車製造部門を中心とする量産工場の現場における聞き取りによって4つの技能レベルを経験の幅と問題点への対処という軸で分類している。レベルⅠは、職場の中で一つの仕事ができるレベルで、「期間工」レベルである。レベルⅡは、職場内で3～5の職務をこなす品質不具合を検出できるレベルで、若手本工層に対応する。レベルⅢは職場のほとんどの職務をこなすことができ、品質不具合の原因究明ができるレベルである。レベルⅣは新しい機械やラインの構成に関して仕事の手順を決めることができるレベルである。レベルが大きくなるにつれて長い経験を必要とするようになる。また、その技能を身につけるための個人の

資質もあり、すべての人が経験によってレベルⅣに到達するわけではないとしている。量産工場においては、自動化の進んだ繰り返し作業に従事することが中心であり、保守・保全に関する技能が重視される。逆に言うと、通常の稼働状況ではレベルⅠの技能で品質をクリアする製品(自動車)が出荷されていく生産形態である。OJTでは多様な職種の経験が重要であること、そして、ITの導入が進むほど、上記の意味での現場の技能は、特に知的推理を重んじるノウハウの高度化が要求され、基礎技術の研修を含めて重要となることを指摘している。

福山の『量産工場の技能論』においても、量産工場の技能は自動化によって調整や点検・監視などのバラツキを排除する技能が必須であり、技術の限界が技能の必要性を意味するとしている。また、技能は変革しながら発展していくことを指摘し、そのための技能の技術化、技能の共有という考え方の必要性を説いている。技能は外部に表せないものであり、普遍性をもって属人的なものから客観的なものになったものを技術としている。技術をどう組み合わせるかは技能であり、優秀な技能者は技術の素養があり、優秀な技術者は技能的センスをもつと指摘している。技能の技術化という視点で、技術は原因・結果を順方向で示すが、技能は逆モデルとして形成される点に困難があるとしており、経験の幅や柔軟性が技能のレベルと関係しているという小池らの結論と整合する。

量産の技能と一品加工の技能との間に違いはあるが、自動化の方向の中で知的な技能の技術化が当面の課題であることを示しており、その中で、知的な技能の共有、技術化の結果の組織・展開が重要であることを示している。

1.2.4 技能のデジタル化

野中郁次郎らは『知識創造企業』の中で、イノベーションを説明し、それを促進する組織の定式化の理論を提示している。暗黙知と形式知を区別し、それらの間の転換、組織による知識創造に焦点を当てた SECI モデル(*)を提出している。

本節では、SECIモデルを、1.2.1～1.2.3で調査した技能の性質、技能の技術化と密接に関係する代表的なモデルとして検討する。

まず、知識(知)を「個人の信念が人間によって正当化されるダイナミックなプロセス」と定義する。知識と情報の違いはこの「信念」やコミットしていくダイナミズムにあるとしている。情報は媒体であり、知識を作り出す信念として影響を与えると考える。知識は「知」と考えられ、暗黙知と形式知の2種類を区別する認識論的な次元を考える。これらの主な違いを表1(『知識創造企業』からまとめて引用)に示す。そして、暗黙知には認知的な側面(メンタルモデル)と技術的な側面(技能、技巧、ノウハウ)があるとしている。

次に、知識の存在論的次元を、個人、グループ、組織、組織間という広がりで考察している。これ

*野中らは、知識創造には4つの方法があるとしている。第1の方法が、暗黙知から暗黙知への変換「共同化(Socialization)」、第2の方法が、暗黙知から形式知への変換「表出化(Externalization)」、第3の方法が、形式知から形式知への変換「連結化(Combination)」、第4の方法が、形式知から暗黙知への変換「内面化(Internalization)」である。それぞれの頭文字をとって「SECIモデル」と呼んでいる。

ら2つの次元を考え、それらの間での知識の変換で組織的知識創造のプロセスを定式化したモデルが図6に示すSECIモデルである。

以下では、その知識変換のモードを技能の技術化への関連づけを試みる。まず、個人から組織への暗黙知の変換で共同化(Socialization)と呼ぶ。これは本質的に困難なプロセスで経験の共有によってなされるもので、(高度)技能の伝承・共有と対応する。

表出化(Externalization)は暗黙知の形式知への変換で、知識創造のキーになるが、技能をモデル化し、仮説をたてる等、明示的な表現とすることに対応する。計測や記録なども含まれるといえよう。ここでは、モデルの正当性やその検証プロセスも一体的に含まれる。技能のデジタル化という文脈では、データベースやプログラムの形での情報集積が対応するが、仕様記述など実行可能な形式でない場合も含まれる。連結化(Combination)は形式知から形式知への変換で、知識の組み合わせ・交換に対応し、プログラムやデータの連結・複合化・修正・改良などである。この部分は教育・訓練によって行われるとしている。内面化(Internalization)は形式知から暗黙知への変換で、行動による学習とされている。形式知が暗黙知を豊かにするとも述べている。

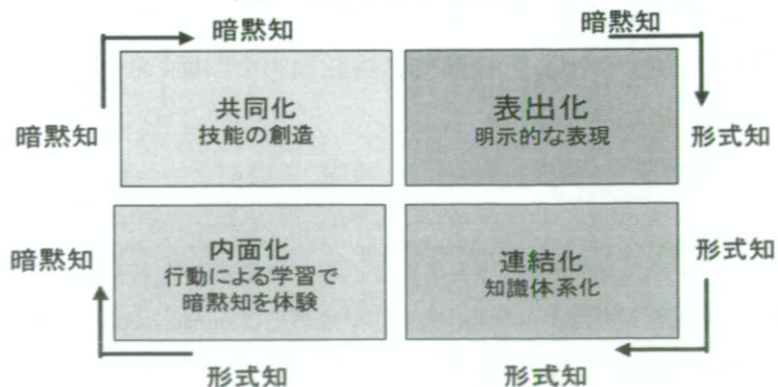
既に定義した技能と技術の関係を対応づけると、知識(技術)の内容が変化していくプロセスを支援する部分と見なすことができる。技術が新たな適用の場を形成する最初のプロセスにもなり得る。SECIモデルでは、以上の4つの変換が適宜、個別にも繰り返されながらスパイラルアップしていくプロセスが知識創造であるとし、それを促進する5つの要件として、組織の目標「意図」、メンバーの「自律性」、ゆらぎ・カオスの刺激、情報の冗長性、組織の多様性の保証(最小有効多様性)である。技能のデジタル化は、以上のSECIモデルにおける4つの変換をデジタル技術で支援し、形式知のデジタル化を行うことと考えることになる。

表1 暗黙知と形式知の対比

暗黙知	形式知
主観的な知	客観的な知
経験知	理性知
同時的な知	順序的な知
アナログな知	デジタルな知
手続き的な知	宣言的な知

出典：「知識創造企業」, 野中郁次郎, 東洋経済新報社, 1996

図6 SECIモデル



出典：「知識創造企業」, 野中郁次郎, 東洋経済新報社, 1996

1.2.5 技能のデジタル化と情報集積

先に図4で示したアンケートにおいて、熟練技能の必要な理由の主な項目としては、「経験や知識を元に新技術開発、問題開発が期待できる」、「顧客の多様・曖昧なニーズに的確に応える」などの新たなニーズに対する柔軟・機動的な対処に必要であるとする回答が、「技術的に機械化できない」という回答と同様に多いという結果が得られている。

また、これらの中小製造業は、新製品追求型と固有技術指向型を目指す2つの方向を目指していると分類できるが、それぞれのカテゴリーの企業においても、技能と密接に関係する技術に関して、「現在は、人による蓄積・継承を重点としているが、将来的には、マニュアル化とデータベース化を重点とする」回答が、「工業所有権など知的資産化や社内規格化」を上回っている。「設計図面の整備」という回答も多いが、これは将来的にはデータベース化と関連すると考えられる。

このような回答から、技能のデジタル化は、技能の技術化を、データベースを中心とする情報集積として解決していく方向を目指していると解釈できる。データベースはソフトウェアの中でアプリケーション独立な位置づけにあり、将来的にはデータと処理が一体となったオブジェクトの集積として実現していく可能性が高い。

一方、修得に要する時間によって量産工場における技能のレベル分けがあり、かつ、高度な技能は時間をかけても修得できない場合があることが1.2.3で指摘された。また、技能と技術が互いに補完しあいながら発展していくという関係から、技能のデジタル化にも同様のレベルを設定することが可能であろう。本節では、これらを総合して、レベル分けを試みた。

レベル1：技能のオブジェクト（データと処理）による代替（高品質基盤技術情報の体系的提供、最先端プログラム（手法）・データの提供）

レベル2：オブジェクト連繋（群）による新機能と高度化

レベル3：オブジェクト連繋（群）の評価・再構成による新機能と高度化

に分ける。レベル1は、精密さや汎用性に関して先端技術であるか否かなどの困難さに関してさらに詳細な水準は考えられるが「代替」を基本とする方式である。1.2.4で述べたSECIモデルでは表出化に対応する。レベル2は、レベル1を連結するという意味で、1.2.4で述べたSECIモデルの連結化に対応する。レベル3は、同様の意味で、内面化と共同化に対応する。また、技能の技術化を支援する方式という立場からは、インターネット技術を当面の枠組みとして利用することができ、「資産化支援、外部連繋支援、再構成支援」などの機能が考えられる。なお、技能の技術化は常に技能と技術が補完的であるという性質から、関連する人的なネットワークによる支援・共同作業が不可欠である。その意味での人的・物理的オンライン支援の組織化もインターネット利用による方法に一体化する必要がある。以上の活動が一体となって、段階的に評価をフィードバックしながら進め、当面は、ものづくり基盤技術における形式知としての情報の明示的な取り扱いを一歩ずつ可能な所から蓄積していくことであろう。

1.2.6 関係する技術の概要と研究事例

本節では、前節で述べた展望に沿って、基本となるインターネット関連技術の概要と研究事例を

概説する。

(1) 加工情報集積及び関連情報集積ソフトウェアシステムの現状

加工に関する形式知としての情報集積の代表的なものに、機械振興協会の加工技術データファイルがある。このバインダー形式の印刷物のファイルは、基本的には加工事例(実験結果)を収集したものである。現在、約4000件が集積され、加工技術者に幅広く利用されている。その殆どの記述は、自然言語による報告書形式であり、いわば、加工の百科事典である。

読者は索引を利用して問題と関係のある事項を見つけ、内容を読み、比較検討して、問題に対応する加工ノウハウを理解し利用するのが通常の方法である。式やグラフの利用などあくまで、読者(ユーザ)の素養に依存するノウハウの集積である。切削加工便覧などの各種ハンドブックも同様に位置づけられる。別のカテゴリーに入る情報集積に、Metcutの切削データハンドブックのような加工データ集がある。これも電子化されていないが、印刷物としての壮大な加工事例データベースとあってよい。利用者は工具材種、工具形状、ワーク材種や加工種別をキーワードとして加工条件を表から求めることができる。さらに、工具メーカーがユーザに提供する工具ハンドブックがある。

たとえば、三菱マテリアルの工具カタログは、製品の検索に加えて、ワーク材種をキーワードとして最適な自社の切削工具と推奨切削速度を検索できる。この機能はCD-ROMで提供されている。他メーカーのカタログも機能は同様である。これらカタログの背景にはISOやKISの標準規格があり、それにしだした整理の結果、共通性の高い書式になっている。一部では既にサービスが開始されているが、これら工具メーカーのカタログや技術情報はインターネット上で配布する傾向にある。これらは、応用ソフトウェアシステムと連繋して、工程設計や作業設計など、加工技能と呼ばれている分野を支援する新しいサービスとして、あるいは、市販のCAD/CAMシステムの中に組み込まれる形で開発、利用されていく。加工技能がデータやプログラムとしてシステム固有の形で組み込まれていく形態である。

加工技能の一部をデジタル化して利用するには、まず、何らかのコンピュータ処理可能な形に変換・表現する必要がある。これまでは、知識処理システムやエキスパートシステムと呼ぶ方式があり、

- ①データ主導+規則表現機能：事例データとその利用方法、事例の適用範囲など経験的、断片的な規則表現が中心のシステム
- ②継続的な更新機能：上記のシステムに、随時、加工事例が追加され、整合性を保ちつつ改良されてシステムの更新を進める機能を有するシステム
- ③カスタマイズ機能：与えられた周囲の環境条件に容易に特化可能なようにユーザがソフトウェアを調整するシステム

などに分けられる。現時点で、上記のソフトウェアシステムは実用レベルで必ずしも大きな成功をおさめているとはいえない。これは、上記3要件に関して全体的に、また、部分的に不十分であったことが原因である。たとえば、種々の作業設計支援エキスパートシステムは、最初の「網羅

性」に関する本質的な困難さ(事例不足)に加えて、システムメンテナンスのコストから次の問題点が克服できないでいる。ユーザ支援に関する最後の項目についても対応が不十分である。

(2) インターネット情報基盤技術の利用

これまで述べてきた現状をインターネット技術の普及がどのように影響するかを考察する。前項の要件に関して、インターネットが大きなインパクトとなる可能性があると考え。技能の技術化された形式知が、印刷物から電子媒体へ、さらに電子媒体を統合するソフトウェアシステムへと変わりつつある。具体的にはWWW利用システムである。まず、関連する情報基盤技術について簡単に説明する。

[WWW]

WWW(World Wide Web)はインターネット普及の原動力となった技術である。CERNという研究機関が開発したもので、研究結果を効率よく、分かりやすく表現し、ネットワーク上で見ることを可能にする文書記述及び表示の技術である。

この文書を書くための言語をHTML(Hyper Text Markup Language)といい、そのファイルがWWWブラウザ上に表示される。HTMLファイル及びマルチメディアファイルは、ブラウザからの送信要求によりHTTP(Hyper Text Transfer Protocol)で送り返される。これらの言語やプロトコルについては、WWWコンソーシアムで、議論して決められている。

[Java]

インターネットでは分散システム、分散(自律的)を前提とする。分散処理や情報集積はあるまとまりの情報処理や情報集積を複数サイトのコンピュータで協調しながら処理するシステムである。1台が親(サーバ)となって別のコンピュータ((複数)、クライアント)に対して、サービスを提供する形態がクライアント-サーバ型システムである。通常は、ユーザインタフェースがクライアントになり、アプリケーションサーバや、データベースサーバが対応する。

WWWはこのクライアント-サーバ型システムとして動作する。サーバは通常、ブラウザからの要求に従って、HTMLファイルを返す。さらに、サーバに実行可能なプログラムを置いておき、ユーザ(ブラウザ)の要求と送られてきた条件パラメータに従って、そのプログラムを実行し、その返答をブラウザで解釈できる形(通常はHTMLの記述形式)で返す。従って、全くの公開ネットワーク環境で、(HTTPを用いて)クライアントサーバ型の処理が可能となる。

従来の分散システムではデータ交換に多くの手続き規約が必要であった。また、コンピュータシステム毎のプログラム開発が必要で、多くの工数を要した。

プログラム言語Javaは、プロセッサ独立と高信頼性(エラー処理に強い)を目的としたオブジェクト指向言語である。当初は家電製品向けであったが、93年頃からWWWが広まりはじめ、Javaの特徴がインターネットに最適であったため、Javaを動かす機能をもつWWWブラウザをサンマイクロシステムズ株式会社が開発した。Javaによって、WWW

サーバがJavaプログラムをユーザに送り、ユーザはブラウザでそのプログラムを受け取り、ブラウザの上でプログラム稼働をするという、より柔軟な分散処理がWWWで可能になった。大半のブラウザは現在、Javaをサポートしている。

Javaの登場により、どんな計算機でもWWWブラウザさえあれば、WWWサーバから送られるプログラムを受け取って、それを実行することが可能になった。サーバ側はどんな計算機に対しても、1種類のプログラムを用意すればよい。サーバはプログラムを送り出すだけでなく、サーバ側でプログラムを稼働し、ブラウザとのプログラム交信することも可能である。

[XML]

WWWコンソーシアムが1998年2月に新たに勧告した新しいWWW記述言語である。従来のHTMLは見やすい表示を基本として定められていた言語で、HTMLで限定されていたタグの種類をユーザに自由に定義できるよう解放したものである。

XMLのタグ定義により、データに意味を持たせることが可能である。マイクロソフトでは1999年3月に、XML対応型(XMLパーザ内蔵)のブラウザInternet Explorer 5.0を公開しており、色々なところでXMLを使う試みが開始されている。加工分野でも独自のPDML(プロダクトデータマーク付け言語)などがISOで検討されているようである。

一般のWWWページではまだあまり普及していないが、それはXMLを出力するソフトウェア作成ツールの機能が低いためと思われる。周辺技術の進展によりWWW上のHTMLページがすべてXMLになり、世界規模で統合化されたデータベースシステムを構築できるようになる。また、メッセージとしてインターネット上のアプリケーションシステム連繫にXMLで表現されたメッセージを用いることにより、形式知化された情報集積を連結して動作するアプリケーションシステム(機能)を構築することも可能である。

以上のシステム構成は、1.2.5で述べたレベル1から進展したレベル2のシステムを構築・運用していくことにつながる。

(3) プロトタイプシステム

[エンドミル切削トラブル解決支援システム]

図7はWWWサーバのサーチエンジンにより、要求するデータをインターネット上で探索する機能で、XMLの利用で探索結果の実用化が可能であろう。図ではサーバ側において、ユーザを個別にサポートするデータと処理機能を用意する。ユーザ要求のサービスを実現する手法をより分散的、協調的にした方式である。ここでは、ユーザ応用システムをサーバ側でJavaにより個別生成し、ユーザ側にそれを送信する処理となる。3つの要件を実装している。サーバ側におけるユーザ応用システムの生成に当たっては、インターネット上のデータベース探索をベースにしており、安全で高度な機能を有するシステムに成長していく可能性もある。試作システムでは、探索対象のインターネット上の情報集積(サーバサイト)には、

- ・工具、材料メーカー、工作機械や装置メーカーなどの多くのサーバーにおける製品仕様、関連技術情報、材料成分や物性値などの基盤データベース
- ・メーカーやユーザの情報集積で運用・保守される加工技術事例データベース
- ・公的機関における規格情報、材料成分や物性値などの基盤データベース

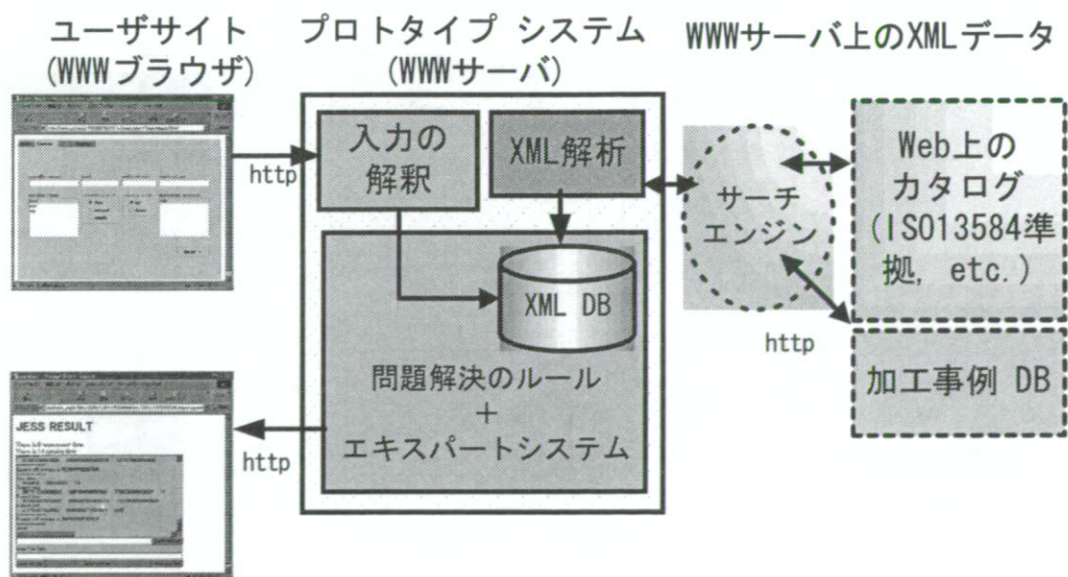
がある。ここで加工ノウハウの主要な情報源と捉えているサーバサイトは加工事例のデータベースである。種々のサイトに膨大な実験データの蓄積がある。切削工具メーカーの一部は全製品の技術情報を WWW による検索可能な形で公開している。

対象が超耐熱合金(難削材加工)のエンドミル側面加工を事例にしたものは、次のとおりである。実験データベースの情報集積は関連切削データを国内4社のカタログ情報から整理した。国研や公設試の切削実験データについても分析した。その結果、得られたデータ(式を含む)は項目ごとにほぼ対応づけができ、比較的単純な変換計算により、基準形式に整理できた。なお、推奨条件に関する技能に直接関係する技術情報はエキスパートシステムで実装した。事例データベースは産総研のつくば市と呉市に分散して配置し、共通のXMLで表現した。

データ数は約200件である。ユーザの問い合わせはインコネル718の切削で、「超硬ソリッド工具 スクエア 4枚刃 ねじれ角30 径5mm」が条件である。検索の結果、(エンドミル加工 (データ種別 番号 工具材種 形状 刃数 ねじれ角 径 切削対象 HRC 硬度 切削速度 1刃当たり送り 径切込 油剤 注釈))の形式で、合計22件の結果が得られた。そのうち、ユーザの問い合わせに近い4件が選ばれる。

検索結果はそれを処理する推論エンジンで計算によりプロダクションシステムが回答を表示する。利用した応用システムはJavaで記述したエキスパートシステムで、ユーザ課題毎にデータベースや推論処理を生成することが可能である。

図7 切削支援システム構成事例



出典：産業技術総合研究所資料

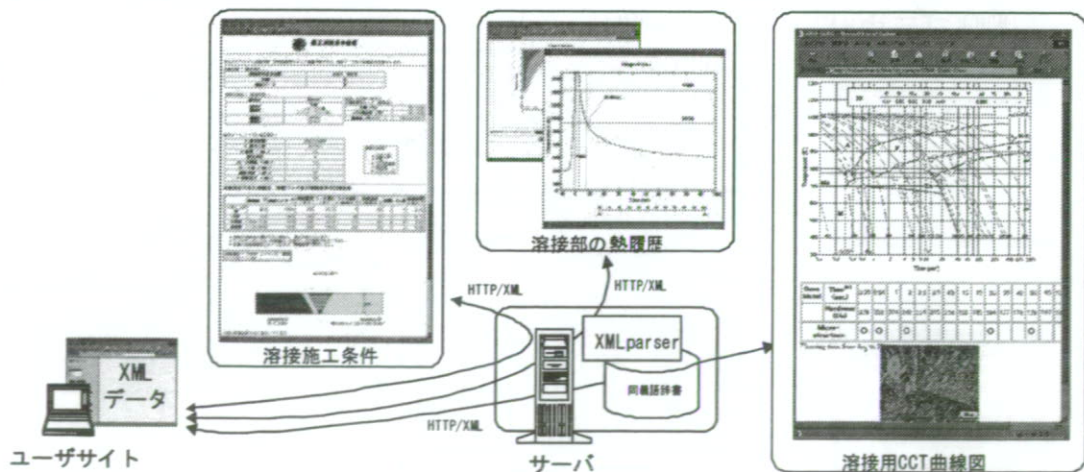
[溶接施工評価のシステム連携]

アーク溶接加工を対象に、産総研の溶接施工条件計算システムと物材機構の溶接シミュレーションシステム間のXMLを用いたアプリケーションシステム連携について説明する。システム連携にXMLを用いる利点は、データの意味の統一と連携形式の統一にある。各システムの入出力項目の定義を統一・標準化によって、情報は相互に利用可能であるし、システムの入出力にXML形式を使えば、実行方法が統一されることになる。したがって、本方式により容易にいくつものシステムを組み合わせることができる。

溶接施工条件計算システムの機能はユーザが指定した溶接母材の種類、サイズ、溶接レベルの要求仕様に従って、推奨する溶接手法、溶接ワイヤ、溶接条件(電流、電圧、速度)などを回答する。処理の内容は溶接基礎実験によるデータベースを情報集積として利用する。一方、物材機構における、溶接部の熱履歴計算システムは溶接母材の熱物性値、サイズ、溶接条件(電流、電圧、速度)を入力すると、溶接後の母材の各点における熱履歴が得られる。処理は、熱伝導方程式の解析解を計算し、結果はアプレットで図示される。また、溶接用CCT曲線図データベースは鋼材の熱影響部が冷却速度の違いによりどのような組織になるかを示す。金材研ではこれをデータベースに蓄積しており、必要な母材を選ぶと、図とマイクロ組織の写真が検索結果として得られる。また冷却速度を入力すると、硬さ予測値を出力する。その結果、ユーザは施工支援システムの解答の品質をチェックしたりする新機能をもつことになる。

全体システム構成として、XML化した各システムを図8のように連携させた。各システムサイトではそのシステムの機能、プログラム名、入出力を記述したXMLページを公開する。サーバはあらかじめサーチエンジン等により、それらを集めて、システムのリストを作成する。一方、ユーザは自分の溶接情報をXML化し、サーバへ入力する。そしてそのデータを入力実行するシステムを指定する。サーバはユーザのデータを指定されたシステ

図8 溶接技術関連システム(プログラム)連携



出典：産業技術総合研究所資料

ムの入力形式に合わせてXML化し、システムに送る。各システムの実行結果は、XMLデータでサーバに返される。サーバはそれを最初にユーザから受け取ったXMLに加えて、ユーザに送り返す。その結果、ユーザのXMLデータは各システムの結果を得る度に情報量が増すことになる。

ユーザはその結果を、自分の計算機に格納したり、条件を書き換えて、システムに再計算させたりする。また、サーバ内部では、データの語彙の統一を図るように同義語辞書を参照する。現在は母材名にJISコードを指定するが、金材研システムでは実験材料名であったり、材料の化学成分で指定したりする。しかしながら、CCT曲線図は材料の成分がわずかに違うだけで異なってしまう微妙な図である。JISのように範囲の広い条件で規定された鋼材と一意に結びつけることは無理がある。したがって、本システムは数値の結果ばかりでなく、システムが本来結果として表示する画面も表示し、グラフの傾向を把握可能にした。

図では、産総研で出力した溶接施工条件に関して、パス間温度が150℃であるとの条件を付与している。その結果は、800℃から500℃までの加熱・冷却シミュレーションと溶接CCT線図を接続したシミュレーション結果による熱影響部の硬度の事前評価値で健全性が確かめられ、合わせて、パス間温度の設定を無視した場合の危険性についても事前評価ができたことを示している。なお、本システムは現在、5機関の連繋による機能の確認などに拡張され、評価を進めている。

2つの試作システムは、1.2.5でまとめたシステムのレベル1からレベル2であり、SECIモデルに対応する機能としては、オフライン・オンラインの表出化と連結化である。しかしながら、オフラインとしての内面化、共有化の支援という面では検索エンジンを始め、実証実験による評価なども加えることで支援システムと見なすことも可能である。

1.2.7 デジタルマイスター関係プロジェクト

我が国のものづくり基盤技術について述べてきた種々の施策が結びついて平成13年度から、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)でデジタルマイスター関係プロジェクトが開始された。これらは、製造技術(MT)と情報通信技術(IT)の融合を目指すプロジェクトで、日本の特徴である、現場のものづくり技能という強みをITによる情報集積として構築し、活用・強化するプロジェクトである。

デジタル・マイスター関係プロジェクトは6テーマで構成されている。金型に特化した研究開発を以下に示す。

「金型分野におけるデジタル・マイスター技術開発」(助成)：

金型設計・製造支援アプリケーションの高性能化に関する技術開発、金型設計・製造における熟練技能者の技能をCAD/CAM等の設計・製造支援アプリケーションに技術として組み込んで活用するシステムの高度化技術開発

「生産機械の高精度化、高能率化等に関する技術開発」:

金型加工機械及び金型を使用する製品成形機械について高精度化又は高能率化及び省エネルギー化に関する技術開発

「金型設計・製造に特化した技能の技術化に関する研究開発」(委託):

金型設計・製造に関する熟練者の技能の抽出・整理・体系化手法の確立、手法を活用して技能情報の収集、体系化で適切な構造を有するデータベースシステム仕様の作成

「超精密型の加工・計測技術の研究開発」(委託):

超精密型技術(非球面、微小矩形断面形状の2種の超精密型の加工・計測技術)の開発

「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」(委託)は、2テーマで構成され、中小製造業のものづくり力強化の支援を目的とし、

①「加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発」:

熟練技能者の技能を抽出・体系化、技能と技術の関係を解明し、情報基盤として加工条件データベース、加工事例データベース、データベース活用機能として実現し、技能の技術化の手法の開発

②「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」:

低価格化、中小製造業者自身による保有技能のデジタル技術化支援

が課題である。「加工全般の技能の技術化に関する研究開発」については産総研小島氏による講演が行われた。

1.2.8 まとめ

技能のモデリングについては、大阪大学三好隆志氏の研究、川口地区の鋳造に関する技能の記録を伝承という視点から埼玉大学綿貫啓一氏の研究について講演があった。同様の取り組みは長崎県工業技術センターと財団法人溶接協会によるマルチメディア教本の取組みなど、工業会や企業で進められている。また、NEDOプロジェクトのデジタルマイスターによる研究開発においても類似の取り組みが進められている。これらの講演については、その内容を別途とりまとめた。

「技能のデジタル化」が、熟練技能者がもつ技術や知識など「ものづくり」基盤技術の継承問題をはじめ、「ものづくり」基盤技術に与える影響について検討した。

技能には、実際の職場で効率に大きく貢献するものとして、職場を構成する多数の、すぐれて知的な推理力を重んじる技能があることにも留意して紹介した。これまでの研究によれば、同じ機械・設備でも生産性は国や職場により大きく異なることが知られており、その要因が技能の差に少なからず起因すると推定されている。日本の技能者が長期に実にすばらしい技能を形成している現状から、「技能の科学化」の課題を、製造技術(MT)と情報通信技術(IT)の融合に焦点を絞込んだ取り組みは日本の「ものづくり」基盤技術の強化を図るために効果的である。このような取り組みが、「ものづくり」基盤技術に与える変化は、新しい地域産業集積やものづくり基盤技術情報の共有・流通をベースにした新たなビジネスなどの創出を促す。そして、そのようなIT活用の仕組みの下で新たな技能継承等が進むことになる。

第2章 「科学の技能依存」の視点からみた「ものづくり」基盤技術の動向

2.1 「ものづくり」現場の「科学化」の動向

「ものづくり」現場の「科学化」、すなわち、技能の客観化、モデル化、マニュアル化、デジタル化や、CAD/CAM/CAE等の融合化、データの共有技術、検知・評価・加工要素技術の知能化などが、「ものづくり」現場をいかに変貌させているかを、事例横断的に整理する。生産のグローバル化やオープン化の流れが、製造技術の移植性や互換性をさらに要求し、「ものづくり」現場の科学化を推進している。日経デジタルエンジニアリング(No.52,2002)の特集では、まず、製造業におけるIT化の目的を業務のスピードアップであるとし、これが米国のやり方で、日本の強みである技術者間の議論、特に、ベテランと若手の会話や議論、相談などの交流が少なくなっている現象に警鐘を鳴らしている。これらの意見は同誌が行った読者のアンケート調査の結果のまとめである。言い換えれば、システム化、ブラックボックス化が原因となって、

- ・技術・技能レベルの低下
- ・技術・技能の継承・伝承の断絶

という問題を指摘している。そして、この原因が、

- ・システムの能力・性能の限界

であるとしている。したがって、ナレッジマネジメントシステムなどで補うことが必要という対策を示している。しかしながら、基本的には、現時点での市販システムでは、当面、現場という原点で、実物を前にした教育・訓練など基本的な取り組みをベースにしてITをその中で有効利用することを提言している。

この記事で言われている指摘や対策方向は的確である。現状のシステム機能や関連する基盤情報集積の未成熟、統合的運用の経験不足などが関連してきめ細かく具体的に検討することが必要である。

これまでに述べてきた考察からは、

- ・ユーザ視点に立脚したシステムの開発により、運用・改善・保守をユーザ自身が行うことを実現する

・与えられた機能を活用するためのシステム化の準備・業務の見直しなどを一体的に行うなどの留意点がある。今後の我が国の製造業においては、高度な製品開発力や固有技術開発で企業のものづくり力を強化し、それを企業や技術など多様で多面的な連携ネットワークの形を指向することであろう。

2.2 「科学の技能依存」の状況と新たな熟練の形成

一方で、「ものづくり」基盤技術の進展、とくに前項で扱った「科学化」が、「ものづくり」現場で、さらに新たな態様の多様な熟練を要請していることが知られてきている。新たな装置・設備の最先端の性能を要求される現場でも、またCADなどの導入が普遍化した現場でも、いわゆる「ハイテク職人」が重要化しており、その育成・確保が問題になってきた。こうした「科学の技能依存」

の状況への対応力がしばしば競争力を左右していることをふまえる必要がある。

科学の発展を支える各種の実験・試作を支える「技能」、技術革新による科学(技術)を使いこなす「技能」の必要性という意味からも技能と技術の相互作用は重要である。

技能の伝承・強化、ハイテク職人という視点から企業における最前線の状況については、(株)松浦機械製作所松浦正則氏、(株)樹研工業松浦元男氏、(株)インクス山田眞次郎氏、黒田精工(株)横田悦二郎氏の報告と提起をうけて検討した。

ものづくりの中での疑問点の解決は、従来、現場の熟練者による伝承・教育訓練を基本としてきたが、近年の地域産業集積の空洞化などにより効果的に機能しなくなっている。また、発注元の親会社などにおいても海外への進出によるものづくり基盤技術の継承が不十分になっている。一方、インターネットの急速な普及により、現場技術者が技術的な質問をインターネットに提出し、その回答をインターネットで得るといった仕組みが出現してきた。

その代表的なものがNCネットワークの技術の森である。「技術の森」は、日本の製造業の基盤を支えてきた「職人の技術」「現場のノウハウ」の伝承が難しくなっている問題点を、日本の製造業の誇る技術のインターネット上の蓄積と、いつでも、誰でも、無料で参照できる製造技術のデータベースを目指したもので、インターネットを通じて日本の製造業の活性化を目指しているネットワークの共通の財産を目指している。

具体的には、会員として登録した後に、CAD、金型、切削などの分野を指定して、技術的な質問を行う。すると、それに対する回答がインターネットで複数の人から寄せられ、それに対して、結果などを応答できるようになっている。この回答では、その回答に賛同するか否かの投票ができ、多くの賛同を得た回答が高品質の高い回答として認定され、年度単位で顕彰されるメカニズムになっている。また、関連するサイトのURLも入力でき、WWWによる検索を重視したシステムである。このQ&Aは一般ユーザが無料で見ることができ、一般的な参考情報として利用できる。

なお、NCネットワークは製造業のメンバーがインターネットを利用する上での窓口(ポータルサイト)で、受発注、情報交換、たとえば、ある加工を頼みたいとき、どのような企業があるかについての紹介を行う10,000社近い企業の検索エンジンを開設するなど、インターネット上で、様々なものづくり製造業の情報処理に関する事業を展開している。

NCネットワークに対して、平成11年から開始されたテクノナレッジネットワークは、公設試験研究機関が行っている技術相談をQ&Aのデータベースの形で公開しているもので、データベースから直接回答を得ることが不十分な場合には、掲示板に投稿して、専門家集団による回答を仲介してもらうシステムである。実際の運営は、産業技術総合研究所の産学官連携部門が行っている。

ものづくり基盤技術に関係する公設試験研究機関は全国に百数十機関、6000名の職員で運営されている。公設試験研究機関の役割は、技術指導・相談、依頼試験、研究開発の三本柱であり、このうちの技術相談件数は毎年、40万件に達している。テクノナレッジネットワークはこのような技術相談の技術情報をインターネット上に展開しているもので、正式発足から9ヶ月で約6000件のQ&Aが登録されている。また、産総研の関連する研究成果をデータベースとして公開している。

NCネットワークやテクノナレッジネットワークと同様の試みは工業会等でも開始されつつあり、インターネット上のものづくり基盤技術情報は急速に質量の拡大が進んでいる。今後は、加工機械、工具、材料、製造支援ソフトウェアなど様々な関連産業部門で、商品カタログや技術資料のインターネット上の連繋も急速に進んでいくことが予想されており、数年の間に新しい種々の活動が、公的機関の活動やビジネスとして展開されていくことになろう。

第3章 「ものづくり」基盤技術の新たな動向に対応する政策課題

このような「ものづくり」基盤技術の変化に対応して、我が国の「ものづくり」=製造業が国際的な競争力を如何に確保していくか、我が国の経済社会のニーズにどう対応していくか、という点から、今後の政策課題を抽出すると、次のことがいえよう。

とくに、「ものづくり」基盤技術における熟練技能の変わらぬ重要性に鑑み、代表的な先端製造技術における技能とその伝承メカニズムの事例等から、有意な提言を行うことを期する。熟練技能の伝承に関する方法論としては、先端科学技術(デジタル化など)を利用して技能をできる限り技術化して伝承する部分と、技能=技術者の企業内での、さらに社会的地位の向上と、その効率的効果的な教育訓練に基づく伝承の部分があり、ここでは、それらをリストアップする。

「統合」という視点でITの価値を考え、製造技術情報の流通を革新することがものづくり基盤技術の展開に重要である。このような戦略的な分野でものづくりIT基盤技術で情報の流通の独占が起きる可能性があり、製造プロセス、製造業務全体の「囲い込み」につながる懸念がある。その意味で、常にもものづくり基盤技術の革新や進化を保証するための「国際標準(デジュール、デファクトの両面)」に対して積極的な取り組みが重要である。日本は国際標準において、ごく一部を除いて標準化についてのリーダーシップを発揮していない。語学のハンディキャップの問題もあるが、産業界トップの標準化に関する認識の薄さ、同一人が一定の期間継続する社会的環境の未整備なども原因である。標準化は場合によっては集中的・短期間で制定までに至ることもあるが、多くの場合、国際的な討論のプロセスで10年近くを要する。ISO/IECにおいては、期間の短縮と標準の品質向上、実際に使われる標準という立場から、参加者メリットを打ち出してきている。今後は、多くのソフトウェア分野で進められている、コンソーシウム形式の標準化がものづくり基盤技術関係分野においても進んでくると予想される。経済産業省における多くの提言はこれまでもなされているが、今後とも、標準化への貢献を産業界、社会として高く認知されるよう継続した努力・政策が望まれる。

金型図面などは技術と技能の総体としての資産価値を有する。ITの進展により、種々のものづくり基盤技術で新たな分業が起これ、情報が商品価値のある資産として流通することが予想される。技能のデジタル化がもつコピーの容易さという側面を新たなものづくり基盤産業の創出につながるような仕組みに関する検討も必要で、デジタル化された技能の無断流用や流出防止につながることを期待できる。これらは、デファクト標準化と先行者メリットの調整に関するガイドライン、流通促進策、国の役割など総合的な検討が必要な課題である。

ものづくり基盤技術に関する政策的課題については、ものづくり基盤技術振興法を受けた種々の整備が進められてきている。ものづくり基盤技術が経験によって得られる技能と密接に関係していることから、最先端ものづくり分野を開拓していくヒューマンネットワークが技術基盤とし

での役割が重要となろう。地域コンソーシウムなど新たな産学官連携開発プロジェクトなどと共に、その成果を現場の技能や基盤技術として持続的に集積・改良していく仕組みの構築が重要である。日本のものづくりの特徴と強さのキーとして

国際学会誌でも高く評価された公設試験研究機関(Kohsetsushi)の今後の役割、特に、ユビキュタスな情報環境の中でのものづくり基盤技術の展開に関係するものである。

以上、加工における技能を情報システム化していくと自動化によるブラックボックス化が進み、人間の介在しない処理が多くなる。コンピュータが加工技能を代替し、加工条件の自動設定・検索だけの全自動システムを目指すことであれば、技能の進展、技能と技術の相互作用などが阻害されるおそれがある。加工技能に関する支援システムとしては、新たな加工技術の確立が基本であり、その進展を促進する道具としてのITを考えることである。

なお、ものづくり産業の空洞化、ものづくり基盤技術の空洞化とアジア地域との関連について東京大学名誉教授中川威雄氏、経済産業省素形材産業室富田健介氏らが講演した。

[引用文献]

ものづくり懇談会：ものづくり懇談会「提言」,(2000)

科学技術基本計画：<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon.html>,(2001)

野中郁次郎他：知識創造企業、東洋経済新報社 ,(1996)

小池和男他：もの造りの技能、東洋経済新報社 ,(2001)

関満博：空洞化を超えて、日本経済新聞社 ,(1997)

福山弘：量産工場の技能論、日本プラントメンテナンス協会 ,(1998)

中小企業庁編：新しい中小企業のものづくり ,(財)通商産業調査会、(2000)

経済産業省・厚生労働省・文部科学省編：2001年版製造基盤白書、ぎょうせい、(2001)

Helping manufacturers do better、IEEE spectrum、No. 9、1993

特集日本の強さをIT化で失うな、日経デジタルエンジニアリング、No.52,72/95,(2002)

中村肇：製造現場における熟練技能の現状、計測と制御、37-7,490/494,(1998)

機械振興協会技術研究所:加工データファイル ,(1976～)

Machinability Data Center: Machining Data Handbook、3rd Edition,(1980)

三菱マテリアル株式会社等工具メーカーカタログ ,(2002)

T.Kojima, et. Al.: An Expert System of Machining Operation Planning in Internet Environment, J. of Materials Processing Technology、,07, 160/166, (2000)

T. Kojima, et. al: A welding process planning system based on the bead-on-plate database, Proc. 16th ICPE, 455/464,(2000)

(資料) 有識者コメント

1. 中川威雄氏(ファインテック(株)代表取締役社長・東京大学名誉教授)

「製造業における技能の技術化について」

モノづくりは人づくり

製造業にとって極めて重要な問題に、技術との関連で扱われることの少なかった人材の問題がある。小渕内閣時代のモノづくり懇談会の報告書に在る「モノづくりは人づくり」の言葉は、技術を扱う人の重要性を端的に表している。とくに、高級技術者のみならず熟練技能者の重要性をあらためて指摘された点は重要である。どんなに技術が進歩しても、必ずどこかで技能者の役割は残る。しかも、技術が高度化すればそれに応じて新たにより高度な技能を必要とする。

かつての技能の多くは技術化されている

言うまでもなく、製造業の高度化のために技術と技能の貢献は大きい。とくに技術の貢献は極めて大きい。技能について言えば、かつて熟練技能者でなければ不可能とされていた作業の多くは、今や機械化されて彼等の出る幕はなくなっている。機械のオペレータが未熟練のパート従業員やアルバイトに代わってしまっている職種もある。つまり、モノづくりにおいては、大勢は技術は技能を必要としない方向、つまり技能の技術化に向かって進んでいる。

技術進歩は新たな技能の必要性を生む

しかし、技術がどこまで進化しても技能を全部技術化できる訳ではない。むしろ工業技術が発展すると共に、新たな技能を要する分野が生まれたり、技能を技術化した新技術にも新たな高度技能が必要になったりして、技能の重要性は決して低下してはいない。要するに、古い技能の重要性は減っても、技術が進化する限り、常に新たな技能を必要としているのである。たとえば、ロボットによる自動化にしても、CADやNC加工の採用にしても、その高度な活用には熟練者の技能を必要とする分野が生まれているのである。とくに、新技術の開発過程や技術の改良には高度な熟練技能は不可欠である。

熟練技能は海外移転し難い

製造業のグローバルな競争が激化する中で、日本の貴重なモノづくり技術の海外流失が懸念されている。確かに実際問題として技術への海外移転は急速に進んでいる。多くの製造技術は生産財と共に海外流失している。むしろ、個人に属する技能の方が移転は困難と言われ、日本の独自のモノづくりを守り易いとも言える。技能を伝えるには、日本の高度技能者が個人的に教える必要がある。またせっかく教えても、それが根付く環境がなかったり、ましてその技能をさらに磨くことは今のところ極めて困難と見られている。この様な視点より、意外に思われるかも知れないが、日本の製造業の熟練技能の重要性に注目が集

まっているのである。

継承が課題となっている日本の熟練技能

我が国はこのところ少子高齢化が急速に進んでいる。しかも若者の製造業離れも顕著となっている。さらに高学歴化により、優秀な人材が技能職に就くことは珍しくなっている。意欲のある若手技能者は、もう珍しい存在になりつつある。したがって熟練技能者の高齢化は着実に進んでおり、このままではいずれ熟練技能者は枯渇してしまい、高度技能の継承も難しくなると見られている。

残念なことであるが、これらの貴重な技能やノウハウの多くは、若者への継承が困難とされている。それらは熟練技能者個人に属するもので、基本的には他人に伝えることは出来ないものと考えられていた。いわゆる名人の腕は自ら盗めと言われていたが、これは必ずしも隠しているのではなく、本人とてどのように教えてよいのか分からない点も多いのである。

かけがえのない日本の熟練技能

実は外国で真似のできない我が国の貴重な技能やノウハウというのは、過去に多くの若い優秀な人材が投入され、厳しく長い努力や訓練の結果、獲得されたものなのである。決して簡単な教育や訓練で身についたものではない。教科書のない所で、日常業務の苦悩の中から自ら生み出したものなのである。したがってその技能は色々と応用が効くばかりでなく、いつのまにか問題解決の手法までも体得しており、未知の難題に遭遇しても解決する能力も身に付けている。

ITによる技能の技術化を狙う「デジタルマイスタープロジェクト」

熟練技能者の技能の継承が困難となっている時、この問題を解決しようとしたのが「デジタルマイスタープロジェクト」と言えよう。これまで困難とされていた熟練技能の継承を、IT(情報技術)を使って挑戦してみようというのである。ITに最も遠い存在と言われる熟練技能を、ITを駆使してデジタル化し少しでも継承に役立てたい。出来れば単なる継承だけでなく、熟練技能をデジタル化することにより技能の技術化、技能の高度化に貢献する道を探ろうというものである。

具体的には技能やノウハウを、それぞれのケースについて収集し、これを解析することにより名人の技を一般人にも活用できるように整理する。たとえば、データベースを構築するにしても、今のデジタル技術やデータ処理技術を駆使すれば、膨大なデータ量も苦もなく整理できるし、索引も極めて容易となる。さらに、そのデータを分析することにより一般法則を導き出せる可能性が在る。

暗黙知の形式知化とナレッジマネジメントを活用

熟練技能者の直感的な判断を記録に残す過程は、いわゆる暗黙知の形式知化である。もし、この手法が有効であることが判明すれば、これまで記録に残せないとされていた暗黙知といわれる技能やノウハウの本質に迫ることができる。熟練技能者の持つ暗黙知とは一体どのようなもので、どのように取得され、どのように引き出されて活用されているのかが解

明されるであろう。

ここでの作業は単なる情報の収集に留まらない。集めた情報は最近のナレッジマネジメントの手法を使えば、これらのデータやノウハウが新たな価値ある情報を生む可能性があるという。そこまで期待できなくても、暗黙知の形式知化の過程で、今まで整理できないと思われていたノウハウや技能が、意外に明快になってくる効果も既に報告されている。さらに、今以上にデータベースに簡単にアクセス出来るシステムが出来れば、過去に収集した技術情報をもっと活用できるといった期待は多い。

これからの日本の高度技能者養成に新しい視点を

製造業に対する高度技能の育成に対して国家としても何らかの対策を考える時期に来ていよう。しかし、民間企業に対し国として資格制度を作り報酬額を規定すると言った政策が取れる時代ではない。したがって、恐らくは職業訓練を充実させたり、資格制度を制定したり、顕彰制度を拡大すると言ったことが考えられているのではないかと思っている。幸いなことに、最近ではテレビ番組でも高度技能者を尊敬のまなざしで称える番組が受けるようになってきている。私はいたずらに感傷的な過去の技能者を求めるといった‘無いものねだり’の対策に陥ることなく、この機会に最近の産業界の大きな流れに沿った政策立案を期待したい。

私が特に指摘したい点は、高度技能者の要件としていわゆる‘賢さ’が必要である点である。これはもちろん学歴ではなく、技術的困難に対して自ら考え工夫して解決する道を見出す能力が要求されるからである。そのような人材は今の日本の現状では、大卒者に偏在しており、その意味で大企業は多数の潜在高度技能者を抱えていると見なせる。

将来の日本の製造業において、これから必要とする高度技能者は、限りなく最先端の高度技能を要求される筈である。製造業に求められる技術は、今も絶え間無く進歩を続けている。しかもその技術は急速に変化すると共に、複雑化・複合化しており、それぞれの技術を使いこなすには高度の技能を必要とする。恐らく、かつての技能者のように単に工作機械を使いこなすといったレベルではなく、かなり広く深い科学技術の知識基盤を持った上でないと扱えないような高いレベルの技能であろう。

一方、学生の大学への進学率が50%近くに達しようとしている中、大企業での採用者の大半が大卒以上となり、日本の製造業が開発型中心に変化している時、もはや大卒者の大部分は管理職の席を与えられることは無い。これからの日本の製造業は、大卒者の専門職を求める時代になりつつあると考えられる。この専門職の人達こそ日本の製造業の将来を支える高度技能者の役割を果たすのではなからうか。すでに日本の大企業では、大卒者の高度技能者の専門職は確実に増えつつある。このような専門職が自らの地位に誇りを持てるようにすることが、日本の製造業の高度化と競争力に大きく貢献すると信じている。

2. 三好隆志氏(大阪大学大学院工学研究科教授)

1)「技能の科学化(熟練の装置化、ソフト化)」や「科学の技能依存(新しい装置やソフトに伴う熟練の発生)」について

技能の科学化を考えると、技能を“人から人へと継承すべき技能”、“完全な自動化、ロボット化が可能な技能”、“技術に置き換えコンピュータ化が可能な技能”の3つにまず分類すべきである。なぜなら、長年の経験体験から生まれた熟練技能(ノウハウ)をデジタル化(電子化)しようとした場合、多くのデータの蓄積とその深い分析が必要となり、コスト面や品質面から見て、必ずしも技能の科学化が得策ではない場合がある。すなわち、技能をどの程度の期間でどのような技能をどのような形で伝承すべきか(人へ伝承、データとして伝承、機械装置として伝承など)をまず考え体系化するべきである。

一方、新しい技術が創出し、それが高度な技術、高性能な装置であればあるほど、支えるべき高度技能・技術者の集団が必要になる。特に、ものづくりにおけるナノテク化すなわち微細加工化は急速に進んでおり、この分野における技能・技術者の養成、すなわち大学院レベルの知識と解析能力を持つ高度技能・技術者を育てることが急務である。

2)こうした領域で、国や自治体が政策的に対応すべきこと

“ものづくり”は今後ますます微細化・高精度化・高機能化へと進化する一方、人間社会との関わりで環境、エネルギーをも含めたものづくりを考えると、技能の質が大幅に変わりつつある。単なる熟練技能(ノウハウ)ではなく、高度な創造的スキル、情報技術に関するスキル、生産環境に関するスキルをも兼ね備えた広範囲な知識を持つ技能・技術者集団を養成する必要がある。しかし、従来の企業内における教育訓練や大学の研究教育システムではそのような広範囲で高レベルな技能教育に対応することは困難である。

そこで、日本の多くの地域に高度技能教育支援センターを設立し、企業の第一線で働いていた定年専門技術者や、定年退官した著名な大学教官を非常勤講師とする、社会人技能者養成機関を設立する。講師陣はいずれも経験・知識ともに豊富で高いレベルにあり、また定年後であるため、安い給与でしかもボランティア精神が高く、センターの経営・運営面、さらに高齢者雇用対策としてもメリットは大きい。

3. 小島俊雄氏(産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センターセンター長)

1)「技能の科学化(熟練の装置化、ソフト化)」や「科学の技能依存(新しい装置やソフトに伴う熟練の発生)」について

どのように技術が進んでも、技能が必要であるという認識は一般にも受け入れられている。しかしながら、技能の役割が小さくなってきている部分が多いことも確かである。

産業界が技能の技術化について関心があるのは、単に熟練者の高齢化などの対策にあるのではなく、より高度な業務への展開を支援して欲しいということと関係していると考えている。技能のデジタル化に際して、そのメカニズム(モデルの挙動)と内容は透明度が高く、ユーザのシナリオに沿って実行可能な機能が必要である。

時短やコスト削減、品質向上というようなことに貢献する出口イメージを具体的に明確にしていくことが重要である。

2) こうした領域で、国や自治体が政策的に対応すべきこと

中小製造業における技能の継承・強化は、自動化の延長線上で重要視されている。今後の中小製造業は地域などをベースにした協業によってものづくりを進めていく方向が一つである。国や自治体はそのような協業に対する企業間連繋の技術基盤の構築支援を行い、人的支援を含めていくつかの個別成功事例をつくっていくことが方向の一つである。

4. 山田眞次郎氏((株)インクス代表取締役)

1) 「技能の科学化(熟練の装置化、ソフト化)」や「科学の技能依存(新しい装置やソフトに伴う熟練の発生)」について

日本が誇るハイレベルの職人が高齢化している今こそ、ITを駆使してデジタル化することが、わが国製造業の技術基盤と競争力を維持するうえで必須である。

2) こうした領域で、国や自治体が政策的に対応すべきこと

高い技術を持った衰退しつつある企業を再生する仕組みを作る。たとえば製造業にターゲットを絞った企業再生ファンドを国を挙げて作る。また、わが国が持っている製造技術、ノウハウを今のうちに知的所有権として確保することも必要である。

中小企業の多くは特許申請の手間とコストで単独ではこうした取り組みが難しくなっている。

5. 横田悦二郎氏(黒田精工(株)社長室室長)

1) 「技能の科学化(熟練の装置化、ソフト化)」や「科学の技能依存(新しい装置やソフトに伴う熟練の発生)」について

講演でも申し上げました通り「技能」は常に進歩しています。又常に「技術」の先を歩いているものです。その意味からすれば技能が無くなった日本の製造業の存続は無効物と思います。その為、技能=熟練を要する=取得に時間がかかる=若者では出来ないの関係を打破することが必要であると思います。日本が存続するためには、「取得に時間をかけずに技能を取得するにはどうしたら良いか」を考えることではないでしょうか。又科学の進歩にも技能は絶対条件です。

科学が進歩すればするほどその「科学」の担当する範囲は先端化し幅の狭い物になります。その為当然ながらその応用範囲も狭くなります。その様な応用範囲の狭い物に企業は大きな力を注ぎ込み、のめり込むことは出来ません。従って、ある程度のところは「人手(技能)」に頼る装置やソフトにならざるを得ないと思います。言い換えれば、それらの先端科学を如何に有効に使えるかどうかは益々「技能」にかかってきており、それが出来るかどうかは科学力の強さ弱さになるのではないのでしょうか。

2) こうした領域で、国や自治体が政策的に対応すべきこと

この様なことは各企業が率先して行なうべき仕事であるが敢えて言えば

①技能の技術化に関わる開発費用の税務上の特典

②「産」が抱えるこの様な技術化に対する「学」の協力

等である。どちらも「技能が国にとって重要である」の具体的な形でのメッセージを送ることが目的である。

昭和32年の機械振興法の金型産業にとっての最大の貢献は「金型産業は重要な産業の一つである」と位置づけたことであった。そのことにより金型産業は大きく伸びることになった。

今迄「技能は重要である」といわれ続けてきてはいるが、時々ごく限られた人に対してだけ「表彰」を行なうことで済ませてきている。今後「人」ではなく「技能そのもの」に対して「重要である」との具体的なメッセージを送ることが必要であると考えます。

6. 富田健介氏(経済産業省製造産業局素形材産業室長)

1)「技能の技術化【科学化】(熟練の装置化、ソフト化)」や「科学の技術【技能】依存(新しい装置やソフトに伴う熟練の発生)」について

技能の技術化は、一面、技能者の減少によるワザや熟練の不足を、技能の技術化による継承・活用で打開していこうとする側面と、他方、設計・試作・生産プロセスにIT技術を積極的に導入して生産性を(技能者以上に)向上させていくという両面があると思われる。後者については、アジアへの技術の流出によって彼我の競争力が均質化している傾向をとらえて、「技能のソフト化が進めばアジアへの技術流出傾向が一層加速する」という否定的な声がある。しかしながら、これだけアジアのキャッチアップが進むと、我が国としては、アジアと同質なものづくりだけでは競争力を維持していけないことは明らかであろう。

やはり、技術の開発力をテコに、アジアが作れないものに特化していく等常に高い付加価値で一步も二歩もリードしていく必要がある。このため、技術アセットがものづくりの競争力の源泉であると同時に、それ自体がビジネスの対象になりうるという積極的な捉え方がむしろ求められる。なぜなら、今後ともどうしても必要な技術開発への投資の財源は、もの取引だけではなく、技術ビジネスからも回収していくという戦略がますます重要になるからである。この考え方に立てば、技能を、技術化・ソフト化すること自体が、取引可能な技術商品を作る行為に他ならず、これら商品の権利を適切に守りながら、上手に取引の対象にしたり、ビジネス戦略の道具とし活用していくことはきわめて有益である。

従って、技術流出を懸念するあまり、技能のデジタル化自体を否定的にとらえることは誤りであり、むしろ技術アセットをどう積極的に活用するかとの視点が欠かせないと考えます。

2)こうした領域で、国や自治体が政策的に対応すべきこと

政府の立場からいうのも何ですが、やはり、日本の産業社会において、知的財産を適切に保護し、国際・国内取引の中でこれを積極的に活用していくという、健全なビジネス・プラクティスを確立することが必要だと思えます。国の役割は、まず、こうした方向で法制度の整備・充実に努めていくことであるし、企業自身も技術管理・活用を強化していくことでビジネスカルチャーの革新を図っていくことが重要だと思えます。

第 II 部

1. 日本のモノづくりの生き残りは可能か

講師：中川威雄氏（ファインテック株式会社代表取締役社長・東京大学名誉教授）

【講師紹介】

中川先生は1938年にお生まれで、東京大学工学部精密工学科をご卒業後も大学で研究を続けられ、東京大学生産技術研究所の教授、生産技術研究所の先端素材開発研究センター長、理化学研究所主任研究員、理化学研究所研究基盤技術部長などを歴任後、1999年に定年で退職されました。現在は東京大学名誉教授、理化学研究所顧問、群馬産業技術センター長、国際コンサルティングサービス協会会長等をお務めでございますが、本当のお仕事は株式会社ティームズ研究所の所長、それからファインテック株式会社というベンチャー企業の社長、同じくベンチャー企業の株式会社積層金型研究所の会長をお務めでございます。専門はプレス加工、機械加工等の新しい加工技術の開発でございます。（以上、主査杉浦）

【講演】

2年前まで大学で研究活動を続けておりました。定年後に最初に始めた仕事は、企業の技術開発のコンサルティングでしたが、その後新会社を興しました。最近の深刻な不況の中で、IT関連の会社をつくったものですから、いつつぶれるかわからないという状況を毎日味わっております。といいますが、いわゆるソフトウェアではなくて、私はもともとモノづくりしかできませんので、ITが関連するモノづくり会社です。日本がこれからまだまだ頑張れるような、超精密金型の開発やそれを製造する会社を去年の秋に設立し、この4月から動き出しました。会社が動き出す直前から、バブルがはじけて不況がやってまいりまして、その真ただ中で毎日苦勞しているところです。

大学や国研にいたときに、企業との共同開発、今で言う産学官連携ということを中心にやってきましたので、私なりに企業の技術開発あるいは生産活動というものを知ったつもりで、最初にコンサルティングを始めたわけですが、実際に企業の中に入ってみると大変大きな違いがあり、私はほんの一面から、あるいは会社の本当のどろどろしたところから外れたところにいたということがよくわかりました。今では企業の実態、あるいは技術開発の実態というものを知らなかったということを反省しております。

そういった視点から見ますと、昨今言われている大学の先生や研究者が起業化してベンチャーをつくるということは、そんなに簡単なものではないということをつくづく感じます。研究者のベンチャーを政府が応援するという話もありますが、国は相手を十分に見てから資金援助すべきで

す。

また大学の先生だとか国研の研究者たちが産学官共同で技術開発に取り組む人が増えることは大変良いことですが、企業の中に入ってみるとそういう人たちの取り組み方はまだまだ甘いと感じます。やはり学者というものは企業とは別世界の人物だということがはっきり認識するようになってまいりました。

また今まで自動車産業に関して詳しくはなかったのですが、最近では電機情報産業の分野に入り、その中で厳しい実情を知ることになって、日本の製造業の将来に大変大きな不安を持つようになりました。

日本の内外でのモノづくりの変遷と現状

日本のように資源のない国には製造業は非常に大切なもので、日本の富は製造業から高い割合で生まれています【OHP 1】。日本は他国の資源を生かした加工貿易国として生きていかないとはいけません。“製造業が富の源泉”であるということは、数年前にアメリカでも、学識経験者を集めた委員会で製造業を重視するよう国に答申をしております。ではアメリカが本当に製造業に力を入れていたかということ、われわれが見る限りにおいては、モノづくりというのはかなり衰退したままで、空洞化したままというのが実情です。

日本の製造業がこれまでこのように発展して来た要因はその恵まれた環境にあります。教育レベルの高さ、人口密度の高さ、言語が同じであること、そしてかつては低賃金で勤勉であったということに加え、新しいものを取り入れ、海外技術を導入することによって伸びてきた【OHP 2】。特に

日本の製造業は富の源泉

無資源国

人的資源を活用した加工貿易国

製造業は高付加価値産業

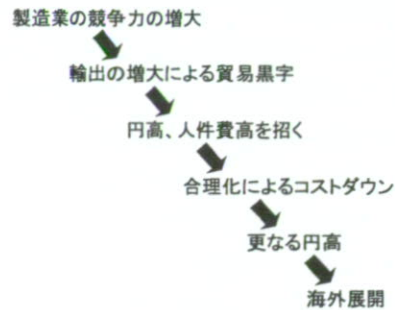
OHP 1

日本の製造業の高度成長の要因

1. 恵まれた環境条件
 - 高い教育レベル
 - 高人口密度、均一性
 - 低賃金、勤勉
2. 進取の精神による海外技術の導入
3. 過当とも言える厳しい国内競争

OHP 2

強い競争力が円高・人件費高を招いた



OHP 3

強調したいのは、国内の競争が非常に激しいことです。小さな国の中で言語が同じで教育レベルも高ければ、すぐ真似もできるわけで、情報も伝わりやすいことから激しい国内競争も起きます。そういう状況の中で勝ち残った企業が、その後世界に競争を挑んだのです。

結局は製造業のこの強い競争力が円高を招き、それは人件費高を招くということで、これに対処するために製造業はさらに技術を高めて効率を良くしました [OHP 3]。このことがさらにまた貿易黒字となって、円高を生み、その繰り返して現在までやってきたのです。最近になってもうどうしようもなくなり、日本の製造業は海外に活路を見い出そうとしたわけです。

国内を見ると、現在は高コストの体質の中での低成長の時代です [OHP 4]。加工貿易国ではダントツに進むことは有り得ないので、世界のトップになると他国が追いついて来るまで待たねばなりません。日本が他の国を待っていれば低成長になるのは当たり前のことです。これから先心配なことは、日本が高コスト体質であるということです。周辺産業が規制に守られているために、製造業が頑張っていくら人件費を削減しても他の物価が高くては、競争ができない状態になってしまいます。景気を良くすために一生懸命内需の拡大と言いますが、将来を考えると歳をとった人が増えて若い人が減る。これから国内需要を大幅に増やすことはほとんど不可能であるのに、国民はそれをわかったうえで、この主張をしているのかどうか、疑問に感じます。

そうすると、これからの製造業は海外に進出した後に、出で行った企業同士、あるいは国内とのグローバルな競争の中に入っていきことになります [OHP 5]。海外進出は要するに人件費が低いことが魅力だからです。したがって労働集約的産業の加工組立業が出で行ったあとは、生産財を先

日本の製造業の将来

- ✧ 高コスト体質下の低成長
- ✧ 少子高齢化と国内需要の減少
- ✧ 海外展開とグローバル競争

OHP 4

海外移転の容易な製造業

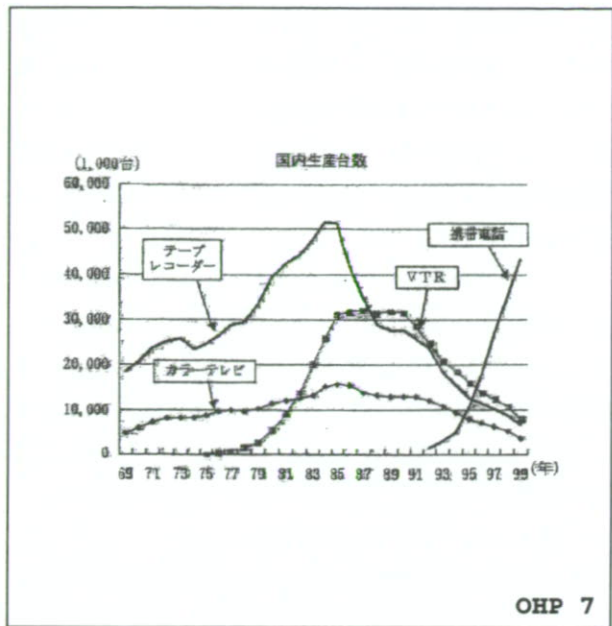
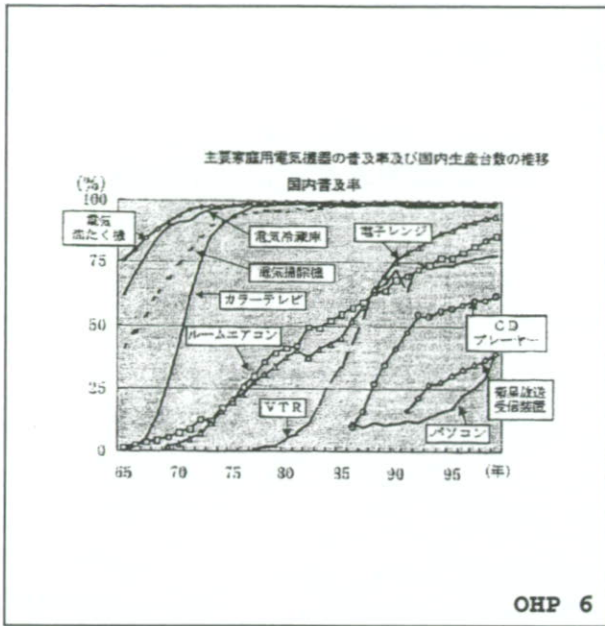
労働集約的産業

加工組立産業

生産財が容易に入手出来る製造業

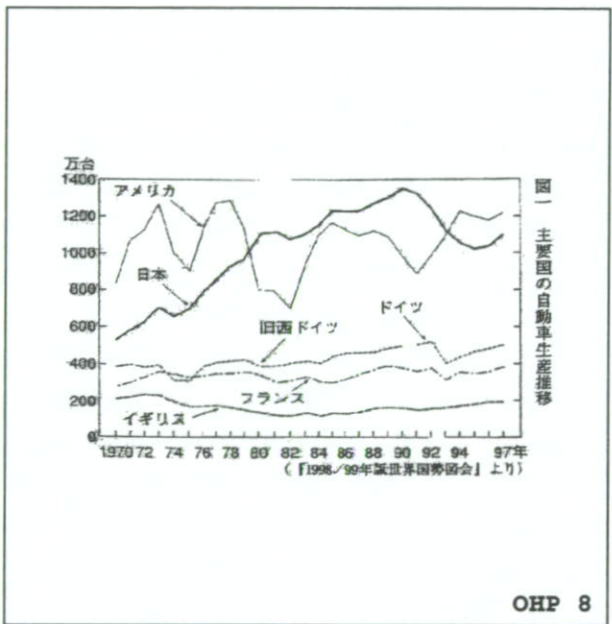
人件費の占める割合の高いソフト開発産業

OHP 5

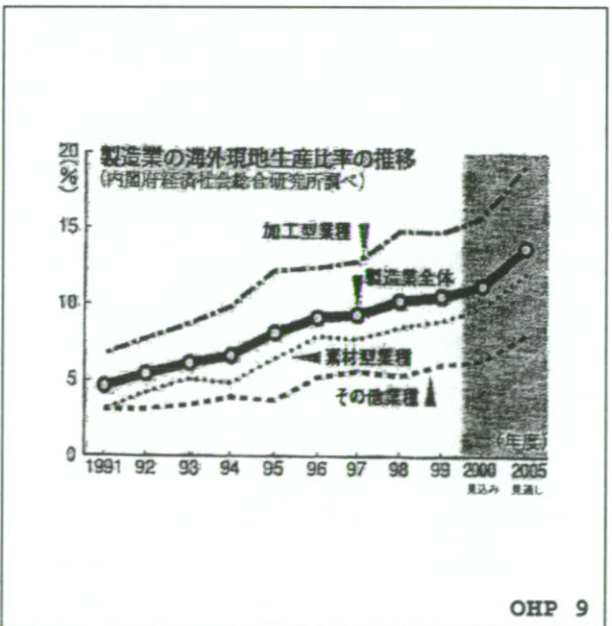


進国から買って作れるような部品産業が出て行きました。いろいろな産業が低成長時代を迎えていると言いましたが、家電製品ではとっくの昔に飽和状態になっておりますし [OHP 6]、最近まで残っていたのはパソコンぐらいしかないという状態になっていたのですが、このパソコンもまた海外に持っていかれてしまっています。これらの電気機器は全て海外生産に移っていき、最近で生産台数が増えているのは携帯電話だけという状況になっています [OHP 7]。

自動車産業もずいぶん前にピークを迎えており、その後は各社とも海外生産に移していますから、国内の生産台数はもう増えない状況になっています [OHP 8]。自動車産業はどこの先進国でも同じ状況で、日本も先進国の仲間入りをしたものとも言えます。



最近の日本企業の海外の生産比率は着実に増えており、加工組立型産業はもちろん、他の製造業でも多くなっています [OHP 9]。この資料では2000年以降はさらにこの傾向が加速することが予想されています。これは海外生産が多くなるということを予想しているのです。



そういった背景から、日本のお家芸と言われていた産業も、最初に繊維製品や軽工業製品、おもちゃが海外に流出し、続いて造船や鉄鋼は韓国に持っていかれてしまい、電機やパソコンなどの情報機器もほとんどが海外に持っていかれています [OHP 10]。さらに半導体や液晶のようなハイテク部品まで日本で生産していくことができなくなり、従来は日本で守れると思われていたシリコンウエハや鋳物、金型という熟練技能等が大きく関与する産業も海外への流出が増えている状況になっております。

私は、いま日本はモノづくりの危機を迎えていると思えます [OHP 11]。例えば私の見聞した例では、人件費が高いためビデオのカセットを完全無人で組み立てる工程を開

発した会社がありましたが、それでも日本でつくる方がはるかにコスト高であったということがありました。これは、製造コストに人件費以外の要素がある限り、ロボットを使って無人化しても駄目だということです。さらに最近では周辺産業が皆海外へ行ってしまったので、日本で作れないという現象まで起こっています。

ハイテク産業においても、パソコンからマザーボードから、半導体から液晶まで海外の企業に負けつつあります。私ども生産財こそは大丈夫だろうと思っていたのですが、生産財の中でも汎用のもので、そう変化の多くないものは着実に日本が負けつつあります。例えばプレス機械の最大生産量を誇るメーカーは、日本のメーカーではなく台湾のメーカーで、このメーカーが中国で作っています。

それから射出成形機も部品産業では重要な生産財ですが、これも香港メーカーが中国で作っているものが生産台数のうえでは最大です。こういった生産財も、ただコピー商品だとか低レベルだと言って済まされなくなってきており、確実にレベルの高い製品に切り替わりつつあります。日本の産業はそういった製品と対抗していかないといけないのです。これから益々重要となるソフトウェア産業についても、一部の分野を除いては勝てそうもないことは昔から言われているところです。

しかし、自動車産業はこれにはあてはまらないと見られていました。以前から言われていることですが、例えばオートバイの場合、日本と世界で同時にニューモデルを発表すると、3週間後にはその2分の1の値段のコピー商品が中国で出回るために途端に売れなくなり、日本の二輪メーカーは非常に苦慮していました。

これに関しては先日の新聞に、ホンダがコピーメーカーを買い取り中国製のスクーターを作って日本に輸入するというような記事が出ておりました。これはホンダの指導があるとはいえ、もちろん同品質で安く中国で作れるからです。二輪がそういうことになり、四輪もいま日本のメーカーが中国で作りはじめています。まだ当分は大量生産にはなりません、もしも中国にモータリゼーションが起こって小型車を中国で大量に作れば、安い中国産車が世界を制覇し、日本にも入ってくるということは考えられることであるところか、何年か後にはそうなるだろうと言う人もいます。

日本企業の競争相手というのは[OHP 12]、今までは国内企業同士で烈な競争をして勝ち残った企業が世界へ出て行き、それで世界を相手に十分勝つことができた。グローバル化が進んだ世界での戦いとなると、おそらく東南アジアが一番の相手となるでしょうが、それらの国のローカル企業というのは当面はその将来を考えてもそれほど怖い存在ではありません。東南アジアで大きくなっている企業は先進

次々と侵蝕される日本のお家芸

- ① 繊維、おもちゃ、軽工業製品
- ② 造船、鉄鋼
- ③ 電機、情報機器
- ④ 半導体、液晶
- ⑤ シリコンウエハ、鋳物、金型

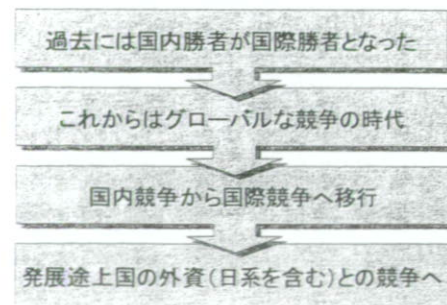
OHP 10

日本のモノづくりの危機

- ☆ 全自動無人生産でも勝てない？
ビデオカセットの例
- ☆ ハイテク産業でも例外ではない
パソコン、マザーボード、半導体、液晶
- ☆ 生産財も通常品は負けつつある
プレス } 世界一は中国系
射出成形機 }
- ☆ ソフトウエアでは勝てない
人材不足

OHP 11

日本企業の競争相手



OHP 12

国から出て行った企業、あるいは先進国企業と技術提携した企業ばかりです。われわれは日本の企業が東南アジアへ行って活躍していることを、大変好ましい思いで応援したり見ていたりしていますが、実は出て行った企業のほうが大きな影響を日本国内の企業に与えるのです。特に雇用の面で影響は大きいものであります。そういう意味で、海外にいる日系企業も外国企業とみなすべきだと思います。そうでないと正確に現在の日本の製造業の状況を把握できないのではないのでしょうか。

ITが変える製造業の構造

技術とお金には国境がないということは昔から言われていることですが、これをもう一度再認識する必要があると思います [OHP 13]。ITのおかげでいろいろな情報は一瞬のうちに海外に伝わりますし、日本は生産財を輸出していますからご丁寧に、人にトレーニングまでしてその技術を教え込みます。最近では転職した人やリストラされた人、あるいは政府の派遣や研修受け入れというかたちで、税金をつぎ込んでまで完全な技術交流体制ができており、技術は簡単に伝わっていきます。

以前から、技能において日本人は特別だというような議論がありましたが、2年間実際にいろいろな国を回った経験から、私は、世界の人は皆同じであり日本人だけが優れているという考えは間違っていると思っております [OHP 14]。ちょうど2年前に私がコンサルティング業を始めたときに、韓国や台湾の大きなメーカー、ヨーロッパの会社など、海外企業が何社か入っていました。その会社に行ってみると、日本の技術を追いかけるのではなくて日本の先に行く技術開発を手伝ってくれというような要請を受けました。これは日本国内で行うコンサルティングの仕事と全く同じで、そういったことにショックを受け、実際に向こうで相談をうける人たちの技術レベルの高さを見ますと、日本人が特別だということは全く言えないということがわかりました。人は教育を受ければ物知りになりますし、インセンティブがなければ働かないし、必ず何割かは秀才がいます。教育レベルが高くなって所得が増えると欲張りになり、ますますよく働くようになるというのが世界共通の現象で、それはアジア諸国でも全く同じです。

このような状況の中で日本に生き残っている産業とはどういうものかという [OHP 15]、コスト的な優位性を持つ産業や高度なノウハウあるいは技術を持ち、特に独特の生産設備を有する産業は残っています。簡単に海外へ移る産業は一般に市販されている生産財で作られているものであり、どんなにハイテクであろうとも生き残るのは難しいわけです。この例が半導体とか液晶なのです。日本にある半導

技術に国境はない

技術は印刷物やインターネットで伝わる

技術は生産設備の輸出で伝わる

技術は人で伝わる

転職
 停年退職者、リストラされた人、コンサルタント
 政府派遣
 日本への研修

OHP 13

世界の間人皆同じだ

教育うければ物知りになる

インセンティブがなければ働かない

一定割合の秀才が存在する

人間は欲張りであるが故に進歩する

OHP 14

生き残っている製造業

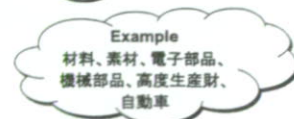
コスト的有利性を持つ産業

高度技術・高度ノウハウを有する産業

独自の生産設備を有する産業

多品種少量生産の産業

強力な特許を有する産業



OHP 15

体設備企業は、日本の企業の言うことを聞いて進化させ、開発したとたんにはだいたい行きわたると、日本企業はその装置を買わなくなるわけです。そうすると生き残りのためには外国に売らざるをえない。その時点で設備を買ってくれば、安い土地で、安い建物で、安い賃金で作れる。技術が進歩したために、ハイテク技術移転がまた容易になった。

特に申し上げたいのは、今の設備は自動化されており、いわゆるIT化と言ってもいいと思いますが、ITが進歩すればするほど、あるいはその設備が取り入れたものであるほど実は移転が容易で、一般的に高度な技術は移転が難しいという説は間違っています。むしろノウハウを要し、熟練技能を要するようなもの、あるいは生産設備を売ってくれるメーカーがなくて、仕方なく自分で開発した独特な設備を使っているものは確実に残っています。そういう例にはいろいろな電子部品や機械部品、素材があります。そういったものでない限り基本的に技術は流出していくと思ったほうがよいのではないかと思います。

当面の国際的な競争相手には、アジア諸国、それから韓国、台湾などが挙げられます[OHP 16]。しかし台湾は、特にIT産業が発展していたために強烈な不況に陥っています。これは単なるITバブルが崩壊したということだけではなく、以前から台湾企業は中国へ製造拠点をどんどん移しており、その面で競争に負けつつあるというのが実際の状況です。

今では日本の企業の中にも社員の半分は外国にいるという状況が多く見られますが、われわれの実際の競争相手は外国にある企業で、それが非常に強力な競争相手となってきています[OHP 17]。それが例え松下であってもソニーであっても、あるいは将来はそれがトヨタやホンダであっても、日系企業とはいえその影響は外国企業と同じなのです。国内企業はそういうところと競争しなければいけませんし、同じ企業であってもその部門は国内から消えてしまうわけです。これからは日本の名前が付いている企業だから味方だとみているような態度ではいけないのではないのでしょうか。

いまの世界の大きな動きとしては、製造業から見れば何といてもアジアの躍進に勝るものはないでしょう[OHP 18]。韓国の大企業というのは大変技術レベルが上がっております。韓国の企業は大企業の存在によって、いわゆる情報通信関係、あるいは自動車の分野でも非常に技術レベルが高くなっています。私の知る韓国の金型製作のレベルは、少し前まではこの分野だけは日本は大丈夫だと思っていたのですが、今は技術的にも日本のトップレベルに追いついている状況で、日本の企業はうかうかしていると負けることもあり得ます。電子関係の技術に関しても韓国のレベルが高いことはかなり前から知られており、半導体、そしておそ

当面の国際的競争相手

アジア諸国

韓国、台湾

中国、インド(?)南米(?)も

途上国進出の先進国企業と日系企業及び

合併・提携企業(これらは外国企業とみるべき)

OHP 16

多国籍企業の国籍は？

日本企業の定義とは

海外進出した日系企業は？

海外に作った合併企業は？

海外に技術ライセンスした企業は？

日本に進出した海外企業は？

日本企業を買収した海外企業は？

外資の割合の増えた一般企業は？

↓
日本に存在するものが日本企業 & 外国に存在するものが外国企業

↓
外国企業は日系であっても日本の製造業にとってはライバルである

OHP 17

らく液晶も日本が世界一を譲っています。

実は台湾やシンガポール、香港、マレーシアなどの国ではいま空洞化が急速に進みつつあり、そこに進出した企業が別のもっとコストの安いところ、例えば中国やその周辺の国へ移るということが起こっています。簡単に進出してくる企業は、出て行くことも簡単にできますから、これがいま急激に起こっています。

中国の現状と潜在能力

何と言いましても最近の話題は中国の躍進で、中国の製造業については真剣に対策を考えなければいけないところだと思います[OHP 19]。なにしろ人口が日本の10倍です。つまり現在製造業に就いているのはごくわずかで、かなり多くの人はまだ農業、あるいは一次産業にいるわけです。これから中国が工業国になっていくと農業人口は1割

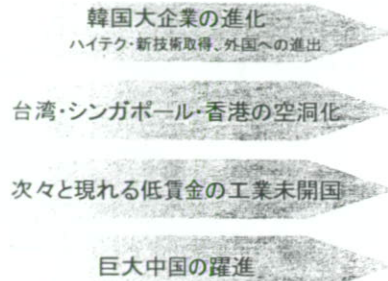
以下になりますから、今の就業者の何倍もの人が潜在失業者というかたちで製造業に就くのを待っているわけです。いま中国の件費は日本の20～30分の1と言われてます。沿岸地区の方が給料は高いので本来ならば人々はそちらへ移動してくるはずですが、中国は居住地の自由を認めていないので、結局件費の安い地域が必ず残るようなシステムになっています。おそらく今後10年以上は人手不足で給料が高騰することはないと言われており、それが中国の非常に大きな強みとなっています。

現在、中国の輸出のトップが過去の衣料品から電気製品に変わってきています。これから中国の貿易黒字が急速に増えてくると思われますので、もしそうなれば為替レートの関係で実質的には人権費が上がるというかたちになります。しかしながら、中国の件費は今の5倍ぐらいになってもまだまだ競争力は残しているのです。加えて中国は教育熱心で、内需の拡大がいま着実に見えてきておりますし、何とんでも中国語圏からたくさんの工場が進出して来ています。中国語圏の人たちから見ると、例えば台湾から大陸に工場を移すというのは、東京に工場があって、ちょっと環境や労働条件が悪くなって東北や九州に工場を移すことと同じような感覚なのです。そちらに行くのと比べて安い土地があって、安い労働力があって、建物も電気代まで安いということをねらって移っていくわけです。

ついこの前までは中国の現状を見たり、中国国内の企業あるいは技術レベルを見て、中国に一体何ができるんだと言っていた人がたくさんいました。私もそういう中国を見ているときは同じように思いました。いま、台湾の会社が全然抵抗なく、国内を移動することと全く同じ感覚で、管理も同じまま中国に移っています。いまの台湾や韓国の技術レベルに、日本は半導体分野が負け、液晶が負け、パソコンが負け、結局ハイテクエレクトロニクスの多くの分野が負けちゃったわけです。つまり、われわれは台湾にはそういう製造分野では負けそうだということで、台湾の件費は日本の2分の1でしたが、台湾の企業が中国に移転することはさらにそこから10分の1の安い国にそのまま移行するということです。要するに巨大な台湾が中国にできたみたいなものであり、そう考えるとこれからの中国のすごさがどれほどのものになるか、想像できます。

中国の現地へ行ってみますと、工場を台湾から移すときに、台湾の人たちは中国だからレベルを少し下げるといような工場の造り方はしていません。新しく工場を建てるときには、台湾での最高の技術も完全に移転するわけです。確かに件費が安いところを利用して、自動化をしていないところが一部あるかもしれませんが。しかし建物もすべて安いので、空調の効いた立派な設備でゆったりとした工場

今アジアで何が起きているか？



OHP 18

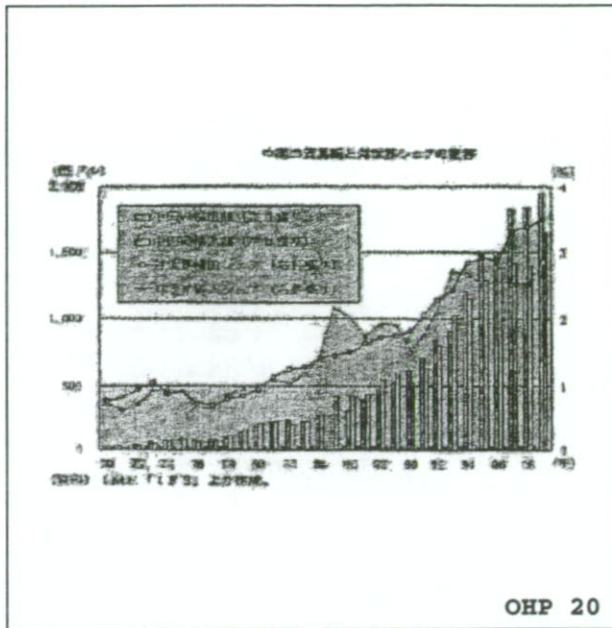
中国製造業の脅威



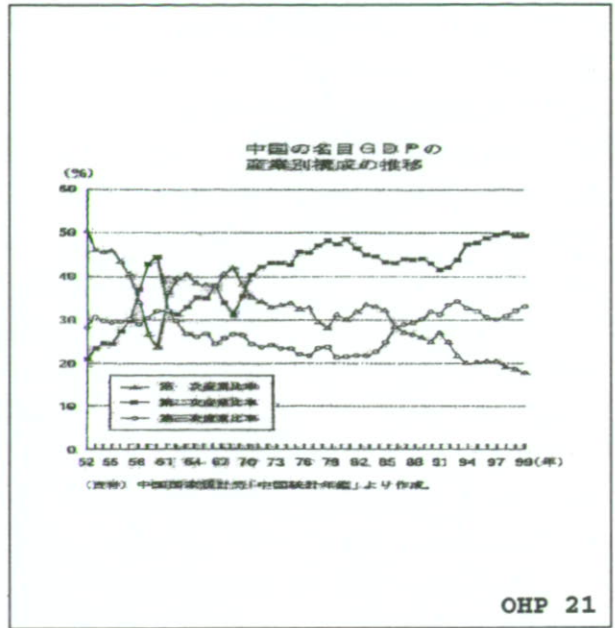
OHP 19

を造っています。つまり中国に最近移った工場はどれも大変立派で、日本の工場と比較すると、日本の工場が見劣りするような立派な工場がどんどんできてきているわけです。

また、これらの工場では私がこの2年間にコンサルティングをやっていた間、金型の分野でも着実に、目に見えるかたちで技術レベルを上げていました。経験さえ積みばどこであっても同じように技術レベルは上がっていくのです。このような状況から、中国に対しては今後どうやって付き合っていくのかということ、真剣に考えなければいけない状況になっております。これら [OHP 20-22] は、いくつかの中国の資料、通産白書などの引用ですが、中国は着実に競争力を増しています。例えば繊維や機械産業の競争力では [OHP 23]、日本の繊維産業は中国に比べてとっくに競争力を失っていますが、中国の機械産業の競争力はまだ低いものです。ここがいま伸びており、これがどこかで近いうち



OHP 20



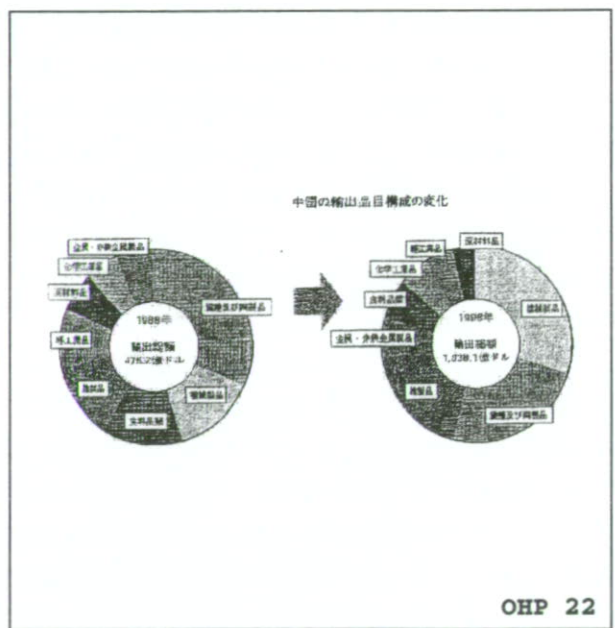
OHP 21

に交差するはずですが。新聞記事の引用ですが、パソコン王国だった日本が台湾に抜かれたと思ったら、今度は台湾が中国に抜かれるという状況になっているのです【OHP 24】。

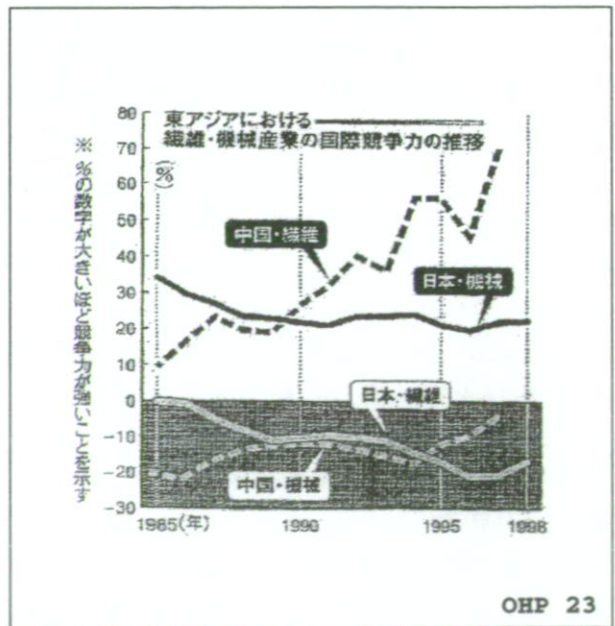
先に、人間の能力はどこ国でも皆同じであると述べましたが、世界中の人間が皆同じだと言うと日本人はなかなか納得しないものですが、少なくともアジア人は同じ能力を持つと見たほうが良いのではないかと思います【OHP 25】。マインドもよく似ていますし、そういう観点において非常に重要なことは、果たして日本人にしか製造できないものが存在するのかという問題です。これについては多くの人に問いかけてみましたが、最終的にはそういうものはないだろうという結論に至りました。これはもちろん特許で守ったり、あるいは秘密でやったりすればごく限られたところは守れますが、そうでない限り、実際には業界では技術もお金で買いますし、日本人がアジアの工場へ行って丁寧に技術指導をするわけですから、技術移転ができないものは無いと言えるのではないかと思います。

今は海外進出からグローバルな調達の世界という時代ということで、日本の企業は生き残りのために海外調達ということをやっています【OHP 26】。例えば自社で作っている製品を分解して海外で展示会を開いている日本の大手企業があります。現地のいろいろな企業を集めて、この中で作れるものはどうぞ応募してくださいと、公開入札のようなことをして海外に生産拠点を移しています。日本国内でこのまま作っていたのでは絶対に生き残れないということをひしひしと感じている企業経営者の想いが伝わってくるようでした。

海外展開にはいつも少しタイムラグが生じます。今、多くの日本企業が中国へ進出しており、それらの企業の経営が軌道に乗り始める2、3年後には大変大きな影響を日本国内の企業が受けるだろうと予想されます。それによって日



OHP 22



OHP 23

**パソコン関連品生産
中国が台湾抜く**

今年顕微鏡下に低コスト武器

OHP 24

本の空洞化が進むのではないかと心配になります。

日本での技能の継承に関する問題点

日本の企業を見ていると[OHP 27]、どうしても雇用を守ろうとしたり、平等で平均的な社会であったり、企業経営者のデシジョンが遅く、サラリーマン社長になってしまっているという問題があります。考えてみれば、自動車会社もオーナー的で個人の名前が付いたところばかりが元気がよくて、その他サラリーマン社長のところは苦戦しています。オーナー的な経営者が出てこない迅速なデシジョンができないのではないかと思います。

日本の製造業の担い手の様子を見ますと、少子高齢化や若者の製造業離れなどで技能者も減っています[OHP 28]。経営者は優秀な技能者が欲しいと言うわりには、日本の企業はほとんど絶対と言っていいほど賃金を上げようとしません。それにゲームや今の教育で育った人間が果たして現場の作業に出て行くかどうか、これは非常に難しい問題です。金型などの小さな企業でも、技術化によって、確かに技能というものはだんだん必要なくなっていることは事実なのです。昔は技能者がやっていた仕事が機械化されて技能者の役割は少なくなっています。しかし、レベルの高い技術にはより高いレベルの技能が必要になります。だからこそレベルの高い技能を持った人たちが本当は必要なのです。頭のいい人でないといけないような高度技術がいま非常に重要になっているにもかかわらず、なかなかそういう人は製造業に就こうとしないという現状は重要な問題であります。

それからもう一つ重要なことは、高いレベルの技能者がいる産業やそういう技能者たちが、将来日本に残る産業であるということです。先述のとおり、一見ハイテクに見える技

アジア人は同じ能力を持つ

日本人にしか製造できないものが
存在するか？

アジアの人達
教育熱心、真面目、努力家
金銭欲、向上心、
人真似も上手

OHP 25

日本の製造業の苦悩

- ⦿ 海外進出
- ⦿ 海外調達
- ⦿ 海外企業へ資本と経営を売却
- ⦿ 製造業の空洞化は？

OHP 26

日本企業の弱み

雇用を守ろうとする
終身雇用
社内ベンチャー
子会社の育成

平等化・平均化社会
年功人事・賞金

デシジョンの遅と
オーナー経営者の減少
サラリーマン経営者
経営者の高齢化

OHP 27

術はわりと簡単に海外へ出て行ってしまいます。そうすると高いレベルの技能者を必要とする産業が日本でまだ頑張れます。そういう状況があるのに、優秀な技能者が入ってこないということを考えると、これは非常に心配な要素であります。

日本の将来についても一つ述べますと、バブルや高度成長というのは今後ありえないことで、日本ではこれから少子高齢化が進み人口は減るので、先にも述べましたように内需に期待するなどということは無理な話です [OHP 29-31]。労働者人口自体も減っており、これがどれくらい製造業に入ってくるかもわかりません。いずれにしろ人口予測というものはかなり正確ですから、外国から移民を入れない限り高齢者が増え、あと数年後か10年後ぐらいから日本の人口は減っていくわけです。そういうことを前提に、例えば日本の構造改革ができなかったり、政府が当てにならないのであれば、企業は自分で生きて行く道を探さないといいません。

過去の例をみても、日本の将来はアメリカの後を追いかけているようなところがあります [OHP 32]。貿易摩擦を見ても、繊維交渉から始まって自動車問題がありましたが、あの自動車の問題も今度は日本とどこかのアジアの国で同じようにやらなければいけないことになるかもしれません。留意しなくてはならないのは、アメリカは特別な国であるということです。何と言ってもアメリカの繁栄は、ドル紙幣を印刷していることによって起きています。これだけ大きな貿易赤字をつくっても [OHP 33] アメリカはちゃんとドルの価値を維持していけるのです。このようなアメリカの特殊事情を踏まえると、アメリカとの比較の議論はミスリードになると思います。

結局日本はどうすればいいのかといいますが、まず少しでも生き長らえるために、この高コストの体質から脱却しなければならないということです [OHP 34]。これは他の産業界の人と議論する必要があります。製造業はぎりぎりまで頑張っており、頑張っているのを周りの産業が足を引っ張っているのです。その足を引っ張っている主なものは規制や政府に守られているような産業ではないかということで、その点についてもう少し取り組んでほしいということを製造業の人達は言っております。私もそうだと思います。

それ以外の点について考えていくと、いま地球では人口が爆発的に増えており、これはいずれ資源、エネルギー、食料不足そして環境破壊という、地球的、人類的規模の危機をむかえることとなります [OHP 35]。これに関しては工業の技術で何とか少しでも危機を回避する必要があり、そういうところにまだまだいくらでも仕事はあるのではないかと思います。

日本の製造業の荷い手

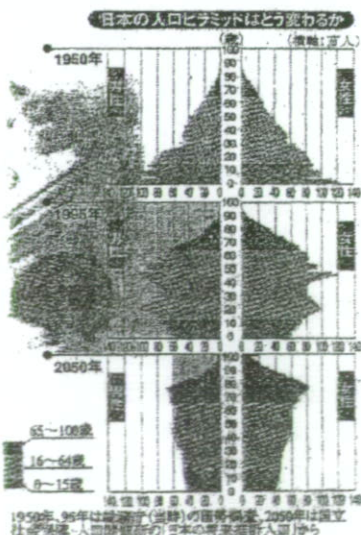


OHP 28

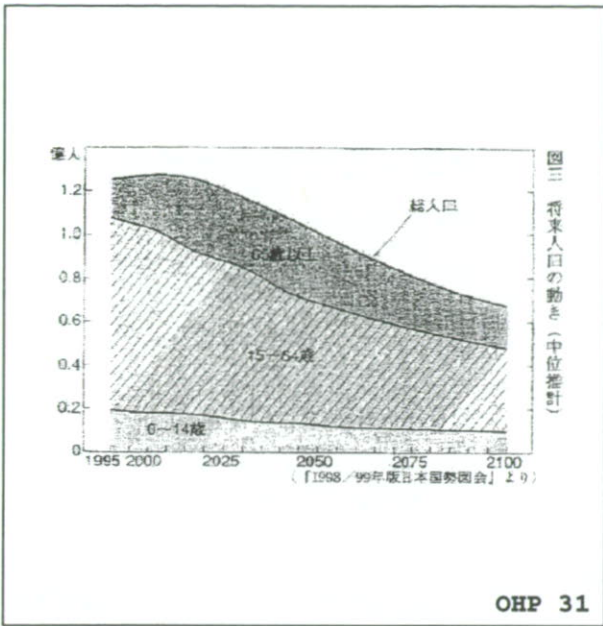
日本の将来

- ① バブルや高成長は再来しない
- ② 低成長
- ③ 少子高齢化
- ④ 労働人口、消費者人口の減少
- ⑤ 国内需要減

OHP 29



OHP 30



日本の将来は米国にあり

高コスト

製造業の海外依存と空洞化

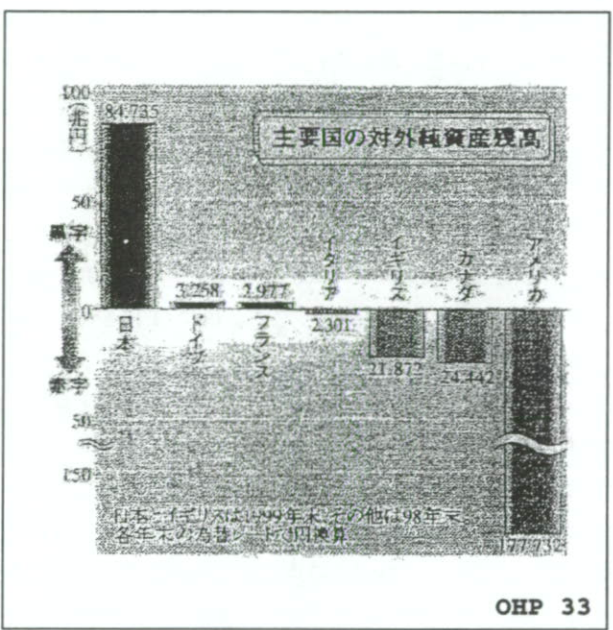
貿易赤字←ドルの基軸通貨によって救われている

農業と兵器の競争力は維持

日本も同じ道をたどるか？

OHP 32

例えば世界の人口の推移を見ますと、この数十年で急激に人口が増えています [OHP 36]。当面この先ますます増えていくことは間違いありません。この世界人口のかなりの割合をアジアが占めるのです。アジア諸国が競争力を伸ばしてきて日本の産業を脅かしていることは事実ですが、そこはまた同時に大きなマーケットでもあるわけです。日本国内の高コスト体質の中で頑張ることは難しく、やはり日本の技術を持って海外に展開していくという道しかないのです。そういう状況の中で中小企業はどうするのかと言われると、確かに厳しいものがあります。しかし、何らかのかたちで海外への展開をやらない限り、食べていけません。ニッチな分野というのにも確かにありますが、いずれはそういうものも、例えばニッチな分野をやっている3社があって、その1社が競争に勝つために外国へ行ってしまうと、例えそれが小さな企業であってもその瞬間、あとの2社は日本で生きていけなくなるのです。



日本は新製品開発で頑張ってきました。これからも新製品開発や高度技術開発ではアジア諸国は日本には追いつけないので、そこで頑張るといことになると思います。その中で金型製作において、リードタイムが日本ほど早い国はないと言われていましたが、これが現実には崩れてきています。例えば韓国でも自動車の金型はととても早く作れるようになっていきますし、中国の金型製作においてはその一部はすでに日本より早いのです。携帯電話の金型製作はかつて日本で40日かかっていましたが、それが今は30日となり、さらに早くなってきています。

日本では一週間以内で試作型を作るメーカーが有名ですが、量産用の本型が中国では20日間できています。韓国のサムソンでは10日でできると言っています。つまり、24時間稼働すると、十分に現状技術でできるわけですし、



さらにIT技術が入ってくると、これを使いこなす技術においては、一般的に言って少なくとも日本の金型産業とアジアの金型産業に差はないどころか、一部は日本を超えている部分があります。

デジタルマイスタープロジェクト

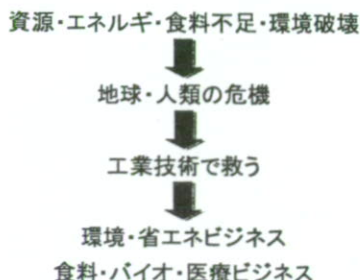
今後は、ITの技術を使いこなすことができる職人、いわゆるデジタルマイスターを育てることで、高度技術に力を入れていこうとしています。これは非常によくわかります。これをどうやって応援するかということですが、一つは簡単に言えば、賃金を上げて優秀な人が来るようにすればいいのですが、それは誰もやってくれません。しかし今のままでは後継ぎもなく、技能の継承もできません。そこで、ITを利用してそういう技能をデジタル化によって人に伝えやすくし、それを基にさらに製造業の力を発揮しようということです【OHP 37】。その一例として金型製作は最も技能を必要とする典型的な産業ですが、このデジタル化をやるということで、CADを使うにしても技能が必要です。技能を技術化したようなものがインクスの例にありますが、CADでも本当に熟練の人がやると上手にできます。カッターパスを出すにしても、いろいろな工具がどうやって折れるのかという経験を積んだ人がやるときれいなデータが作れます。シミュレーションもすべて同じです。既にIT化されているものの中にまた新しい技能があり、それを何とか上手に伝えたり整理して使いやすくしようというのが今度のデジタルマイスター・プロジェクトなのです。

ただ申し上げたいのは、そういう技能を技術化してこういうプロジェクトを完成させると、日本の競争力は伸びると思います。しかし、伸びた時点でよほど隠しておかないと簡単にアジアへ流出してしまうので、実際にはその技術を日本が独占することはおそらくはできないことでしょう。

技能者教育にしても、日本でリストラされた人たちがアジアで技術指導をしているというような例も出てきていますし、そういう人を通じて情報は出て行きます。ソフトウェア化したデータというのは商売で売りますから、必ず出て行きます。そういう意味ではひょっとしたら空洞化に拍車をかけるプロジェクトにもなりうる危険性を持っています。今のモノづくりは情報技術がどんどん入ってきておりまして、それがモノづくりを大きく変えているわけです。日本は先進国として、技能のデジタル化はどうしても日本がやらなければならない仕事なのです。これと同じプロジェクトを外国でやっても技能の蓄積がないためにできないのです。日本がやるべき仕事であることは確かなことですが、非常につらい立場であると思います。

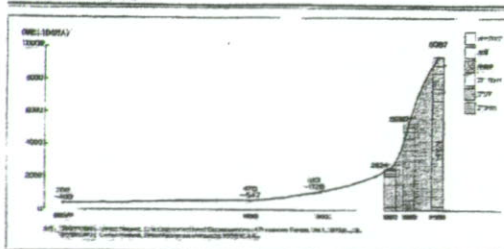
私はこのまま放っておくと日本の製造業は危ないと思って

地球人口の爆発的増加



OHP 35

世界の人口の推移と推計



OHP 36

ITの影響

産業における情報の重要度が上昇

- ITにより情報コストが減少
- 情報の共有
- 国境の消滅
- モノづくりのIT化
- ソフト産業の増大

OHP 37

おります。他の先進国が経験したことと同じことがやはり日本でも着実に進んでおり、製造業はいまの日本の状況が変わらない限り、結局は海外に出て行くことを真剣に考えなければいけない時期にきています。

海外に出て行くことばかりではなく、海外とどう共生するかということも考えるべき点であります。しかし、仕事を棲み分けて、それほど多くはないが日本でなければできない仕事というものに特化しない限り、働いても働いても利益は出ないという状況になって廃業が相次ぐということになるのではないかと思います。

日本の金型産業は世界の3割弱を占めており、日本のモノづくりに広く貢献している産業であります。しかし、何しろ電機関係はほとんどアジアに流出しているわけですから、現地で調達した金型から日本の製品と比べて遜色の無いものを作れるようになりはじめてからは、日本国内の金型産業は急激に仕事が減ってきております。そういうところの悲鳴をよく聞くのですが、やはりお客が海外へ出て行ってしまったらしょうがないのです。

私としてはこれから先どうすればよいかということはおまのところで何もわかっておりませんが、こういう状況だということをお話して、私の話を終わらせていただきたいと思えます。どうもありがとうございました。

(図表は通産白書、日本経済新聞、読売新聞等に掲載されたものより引用いたしました)

【質疑】

——これからの日本の製造業について、先生のご意見を聞かせていただきたいと思えます。

中川 いまの時点で考えると良いことは一つもないのですが、人間というものは非常に厳しい状況になるとそれに適応して生きて行ける分野を開拓したり、それなりに適応できるのではないかと考えております。例えばヨーロッパのいろいろな国を見ましても、よほど政策を失敗しない限り、そんなに急激に経済状態は悪くはなっていないものです。例えば経済政策に失敗して、そのときには貿易赤字が山ほど出たとしても、円安になれば、またある程度は息を吹き返すものです。ただし、所得がグントツに良くなるということはおま有り得ないことです。だからトップを維持する政策で十分であり、そうすれば社会資本は時間が経つにつれて蓄えられてきますから、それなりに豊かな生活を維持できます。昔の高度成長を再び期待する考えは間違っています。

しかし私は、日本の産業に対してはきっと何かやってくれるだろうという期待を持っています。弱い分野からは撤退しても、まだこれだけの人がいって過去にこれだけの成功例があり、また、日本人はとても勤勉で情報もちゃんと仕入れ

ていますから、何か新しい産業を興すなり、それなりの生活レベルは維持できると思っております。

ただ、今のように日本の製造業内の構造変化がどんどん起こっているときには、国内にしがみついて生き残ることは、過去に日本から消えていったいろいろな製造業の例を見ればわかるように、大変厳しいことです。

——私は日本が参考とするべき国に北欧諸国があると思えます。人口が少なく日本とは条件がかなり違うかもしれませんが、どうしてあれだけ生活レベルを高く維持し続けることができるのかという点は参考になると思えます。彼らはアメリカの後追いではない、何か独特の生き方を持っているという気がしまして、私と一緒にいった人は、その時々のもうけを追うというよりはもう少し長い視野でものごとを見て、やるべきことをやっているという印象を受けたように思えます。

フィンランドでは暖房設備なども非常に古く、20年ぐらい前から長いスパンでものを考えて、例えば発電所のお湯を遠くの家の暖房にも使えるような設備を作っているのです。人口なども日本のようにどんどん少子化が進むというわけでもなくてほぼ定常状態にあるようで、生き方として参考になるものがあるような気がしているのですが、先生はいかがでしょう。

中川 世界的にみると、確かに大きな会社が吸収したり、大部品メーカーが出てきたりという面と、企業を分割してスリムにしているという両方の動きがあります。私の印象としてはまずIT技術やグローバル化によって、国境がなくなっているというものです。そうすると、小さなグループ、小さな国家のほうが小回りが効き、国境がなくなってくるとかえって生きやすいところがあります。例えば北欧ではかつてはスウェーデンが工業ではトップでしたが、スウェーデンの企業はグローバル化の影響を受けてかなり負けてしまいました。しかしノルウェーは石油で、またフィンランドはノキアのような通信部門などでうまくやっております。つまり、小さい国のほうがいろいろなことを考えなくていいために、わりと生きやすいということ。小さい企業が生きやすいのと同じようなところがあるのではないかと思います。

ただし、北欧諸国は実質日本よりよほど豊かな生活をしていますが、実際は税金が高く、質素で可処分所得自体もそれほど多くはありません。だから日本の生き方として、世界に展開すれば国内が空洞化するわけですが、それなりにいろいろなリターンがあります。そのリターンを活用すると共に、小さい国を見習って生きて行くよりしょうがないのではないかと気はいたします。

——日本と比べると、北欧の方の生活というのは個人の生活の質でいえばかなり高いという印象を受けるのでしょ

か。

中川 いま日本は土地も安くなってきており、これから人口も減り、もう少しこの状態で落ち着いていけば、日本の個人の生活の質も高くなっていく可能性はあります。

——新規工業製品の出現、高度生産財産業、環境危機、エネルギー危機関連というところに日本の製造業の優位がまだ続く部分があるという資料がありましたが、期待できる分野としてはどういう分野があるかということをもう少しお伺いしたいと思っております。

それからもう一つ、私の考えでは円の実力からいって生産財、中間財等が150円以上で、中国の賃金が日本の20分の1であることを前提にすれば、いくら円安にしても限度があるわけですが、やはり円の為替レートが高すぎるのではないかと思います。今の120円は高すぎるので、やはり生産財の実力の150円から170円ぐらいになるよう、円安誘導政策を日銀だけではなく、財務含めて政府として取り組むということも必要であると思えます。特に中間財コストの高いわが国の場合には、外資による投資を期待できます。わが国の国内市場に雇用を創出するという意味で、わが国の非常に技術が高く、人材豊富な中小企業、中堅企業への外資の投資を含めて、その分野に私は円安政策が必要ではないかと考えているのですが、この二つについて先生のお考えをお聞かせいただければ幸いです。

中川 確かに環境産業というものは日本国内でも急速に伸びており、技術レベルも非常に高いものがあります。これは日本の世界への輸出産業になることは間違いないと思えます。しかし製造業から見ると、結局それもまたコストの安いところで作らなければいけないとなると、本当に日本に残るかというのは難しいところです。基本的には、インフラが整っていたり過去の経験が非常に大きい分野においてはやはり海外に先んずることができるわけで、電気製品分野でもそうです。新規工業製品の開発や高度生産財産業においては、日本でないといけないものがたくさんできています。メモリーや液晶もはじめはみんなそうだったのです。しかし、技術が頭打ちになり生産財が流れるようになると消えて行くのです。そういう意味で、環境技術も技術自体が進歩している限りは、いくら日本が高コスト体質であっても頑張れるだろうと思えます。このことはすべての分野に共通する面ではないかと思います。

もう一つ、円高円安については、いまの状態はドル高であると私は思っています。もっとも今の百十何円というところが、実は為替レートで貿易取引を換算すると、以前に80円を割って79円になったときがありますが、あの瞬間は実は今の日本では百十何円だそうです。しかし百十何円になっていたときに日本の製造業が、これは苦しいと騒ぐことはあ

りませんでした。この円安の間に日本の製造業というのは、もちろん弱いものは棄てたかもしれませんが、合理化を続け、それこそ昔の80円でも輸出ができて利益が出る体質というのを作り上げていたわけです。それだけ頑張ってきたわけです。もちろん百十何円では今の製造業界はみんな不満で、もっと円安になって欲しいという気持ちはわかりますが、もしもドルが基準通貨でなかったら、今ごろ80円を割っていてもおかしくはないだろうと思うのです。そういう意味で、私も今はドル高だと思います。しかし、いま不況の影響下にもかかわらず輸入は増えてもいます。かつて大事な輸出製品と見ていたものを日本がどんどん輸入しはじめています。買い物に行けば昔はメイド・イン・チャイナというのはせいぜい下着類くらいだったのが、今では雑貨品はもちろん電子機器まで、作っているのは中国です。

だからハードウェアにアメリカ製の物はもうありません。日本製も同じ方向をたどっています。ということから、希望しようとしまいと貿易収支は赤字になるのではないかと気がします。赤字になれば自動的に円安になり、また別のところでバランスがとれます。そういう意味で、いつまでも黒字が続くものがあるのでしょうか。しかし、黒字にならないと石油などは輸入できませんし食料も輸入できないので、自然に円安になるのです。

——ナノテクノロジーを中心とする高度加工技術を中心に、アジアへの戦略的な輸出基地に中間財部品等あるいは鉄の素材などもそろえておりますが、そういうものを日本の市場で作って、高度な製品のために輸出するという動きがあります。近年、10年前に比べて外資系企業の製造業の対内投資、日本における雇用規模が3倍ぐらいになっておりまして、思わざる増加となっております。もちろん中には敵対的な買収などいろいろあります。

それから非製造業の場合、目先の利益をすぐ送金してしまうようなサービス産業は円安では妙味がありませんので問題がありますが、また、円安になれば輸入財も高くなりますけれども、ある程度技能を短絡化して、わが国の製造業の空洞化は避けられないものとなりますが、わが国市場の付加価値の高い市場そのものと、高度の技術を持った中堅中小企業、そういうものに外国企業の対内投資を促進する政策として、私は政府はあえて円安誘導政策を展開するべきではないかと思っております。もちろんそうすれば、二次的に輸出も競争力を回復します。そういう問題意識をいま持っております、製造業の実態に詳しい先生にお伺いしたわけです。

対内投資が急激に増えてきていることは事実です。もちろん規制緩和などのいろいろな政策の効果が出てきた結果だと思えますが、そういった意味で私は円安誘導政策も必

要ではないかということで中川先生のご見識をお伺いしたいと思っております。

中川 私はこの辺の議論になるとあまり詳しくはないのですが、対内投資が増えているとはいっても外国の例と比べるとまだ圧倒的に少ないものです。外国が日本の製造業に投資するようになったのはそこに魅力があるからでしょうが、日本人の気持ちとしては、外国に買収されてしまうみたいで大変残念な想いがします。しかしグローバルスタンダードだと思えます。

確かに自動車産業ではいろいろな事情からあれだけ外国の投資が増えましたが、自動車産業への投資は今のところ日本に競争力があるからで、ほかの分野ではあまり投資は増えていません。ただ、株式の投資では、小さな上場企業でも外資の割合が結構増えており、ソニーなどの有名企業の外国人投資家の割合ばかりが表に出ますけれども、実質的には投資対象として製造業へかなりのお金が入っていると見ております。

辛いことですが、外資が入って来るのは日本に魅力があるからで、入って来ないようにになったら、それはますます厳しい状況だと見られるのではないのでしょうか。

——製造技術におけるITの重要性について、例えばCAD/CAMなどは、技術移転の容易性において企業の海外への進出やグローバル化の進展といったところ貢献していると思っております。一方ではそういうやり方のテンプレート化、ブラックボックス化、ある意味でいうと標準化と言えるかもしれませんが、そういうことが行われている状況にあるようにも思えます。製造技術におけるITの存在というものを考えたときに、製造技術に立脚したIT化というのはまだまだずいぶん技術開発が必要であり、モノづくりが独自の文化を持っているように思えます。それから業種によっても分野によっても非常に個別のオリジナルな技術をIT化していくという持続的な努力が必要だと思うのです。

そういう考え方がある一方で、もう一方ではITというものの枠組みの中でトップダウン的に製造技術そのものが、今までわれわれが考えてもいなかったようなかたちに急激に変わって行くのではないかとことも考えております。先生のご意見を伺わせていただければありがたいと思います。

中川 正確に質問の内容を理解しているとは限りませんが、モノをつくる技術というのはそんなに突然新しいものが出てくるわけではなく、昔からある方法によって大多数のものはできています。その中にレーザーが入ってきたり、ロ

ボットが入ってきたりしているわけです。しかし、何と言ってもコンピュータの技術が導入されたことは大きな影響がありました。昔はたがねで作っていたような金型が、いつのまにかNCのフライス盤で自動製作できるようになり、最も労働集約的な金型産業が今では、三次元のデータを受取りCADで金型設計して、実際に作るのはNCデータを出すだけというようなかたちになっています。

例えば先程紹介しましたデジタルマイスターのプロジェクトによって、さらに技術が海外に流出しやすくなるというマイナス面はありますが、日本の国が海外に展開するときには反対に、技能を持っていき易くなるために有利になるわけです。しかしながら、計画の中に技能のデータベースを作るということも重要なファクターとして入っていましたが、データベースは人海戦術的な作業で、世界中のデータを集めれば、やはり人件費の安い国の方が早くできてしまうのです。その辺も併せて考えると、優先すべきは国益なのか私益なのかかわからなくなり、しかも日本がやらなければ自分が危ないという状態になっているのです。確かに情報技術の影響というものとはどんな分野にも大きく関係しており、一見情報とは関係ないと思っているハードな技術もいつのまにか結びついていて、逆に情報と結びつかないと世の中に広まっていけないという状況になっています。

私は実は人間味のないコンピュータがずっと大嫌いで、一切コンピュータとは関係のない仕事を研究してきたつもりでした。しかし私が定年になってみると、情報技術と結びついていないと世の中に広まらない時代となっていたために、いつの間にか研究室内がコンピュータだらけになっていたのです。私はそれを見て、自分の不徳をととても反省しました。

私はひょっとしたら、情報技術の脅威というものを、ちょっと離れたところから分析していたのではないかと思います。情報技術の躍進はそれこそ産業革命的な意味を持つ、非常に大きなものだと思います。世間がどうなろうと、まだまだ変わって行きます。産業界はその変化について行かないといけないし、ついて行けない企業は脱落するというのは間違いのないところだと思います。だから、これからも製造業はどんどん変わっていくだろうと思います。

——ありがとうございました。中川先生にもう一度拍手をお願いいたします。（拍手）

（第2回：平成13年9月12日）

2. “わざ”の構造とスキルレスへの挑戦

講師：三好隆志氏（大阪大学大学院工学研究科教授）

【講師紹介】

三好先生は1967年に北海道大学工学部精密工学科をご卒業後、シチズン時計株式会社に入社されました。その後1970年に北海道大学工学部精密工学科の助手に就任、助教を経て、1991年から大阪大学工学部産業機械工学科教授へ移られ、現在は大阪大学大学院工学研究科機械システム工学の教授をしておられます。

また先生は、精密工学会の論文賞、精密工学賞、第1回精密測定技術振興財団高城賞、工作機械技術振興賞、精機学会賞など、非常に幅広い賞をお受けになっていらっしゃいます。（以上、主査杉浦）

【講演】

先端技術を支える技能とは何かについて、技能の科学化・自動化の試みから考えてみたいと思います。参考資料としては、大阪で行われたスキルレス金型加工研究会の内容を集約したもの、大阪大学文学部人文学科芸術学講座の山口教授が開いておられた、“わざ”という言葉から始まるわざ学の講座の内容、精密工学会誌10月号のすばる望遠鏡の加工製作を通して得られたモノづくりにおける問題点をまとめて紹介したものがああります。斉藤秀朗氏からも貴重な意見を聞いておりますので、それも紹介させていただきます。

技能とは

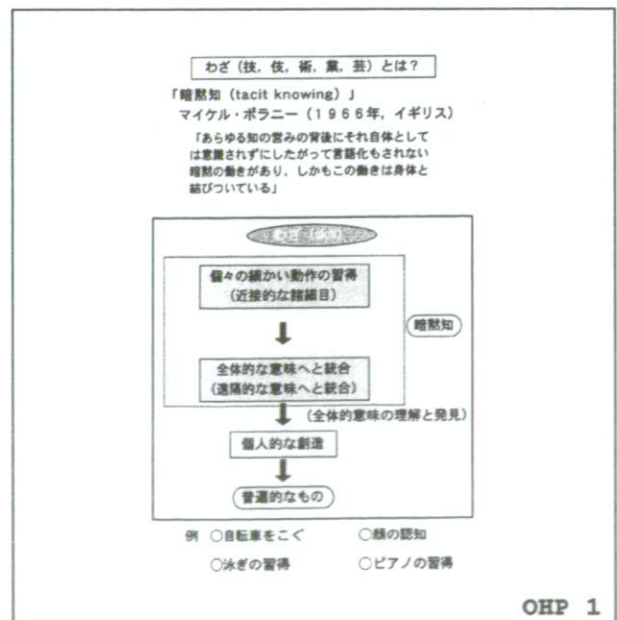
技能とはどういうものであると考えれば良いのか、特に“先端技術”とはいったいどういうものを言うのか、この語源はどこから出てきて、いつ頃から言われているのか等、知っているようで案外知らない“先端技術”という言葉についてお話ししたいと思います。また、この先端技術が企業を支えることは間違いありませんが、先端技術と技能との関わり合いについてもお話ししたいと思います。最後に、スキルレス金型加工技術の進展や、これまでのまとめについて集約してお話をさせていただきます。

まず、“わざ”という言葉は実にたくさんあります【OHP 1】。我々はわざと言うと、どの漢字を当てるでしょうか。広辞苑を引くと、「技」「伎」「術」「業」「芸」という漢字はすべてわざと読みます。このわざについて、科学的に説明しようとした方がマイケル・ボラニーで、1966年に著書の中で“暗黙知”という言葉为基础能力という意味で初めて使いました。人間にはあらゆる知の営みの背後にそれ自体は意識にのぼることもなく、言語化されることもない暗黙

の働きがあります。そしてこの働きは人間の体と密接に結びついています。ボラニーはこの働きの事を“暗黙知”と言いました。スキルのわざを私なりに要約しますと、わざとは近接的な諸細目を遠隔的な意味へと統合する、つまり個々の細かい動作をいろいろ習得し、全体的な意味へと統合する事です。自転車に乗ることを例にとりますと、初めて自転車に乗るときは、ハンドルの握り方や乗り方、姿勢はどのようにするかなど、いろいろ細かいことを気かけますが、1回乗ってしまうと人間は自然と自転車がこげるようになります。一度乗れるようになると1年、2年経っても自転車に乗れます。人間はいつの間にか自転車をこげるようになってしまうということを目指しているのだと思います。

重要なことは、これが何故できるのかであり、このことをきちんと解明することが、わざ、スキルにつながる第一歩であります。こういう技術をその人間が特有に非常に高度に理解して発見すると、それは完全に個人が創造したものになって、最終的にはスキルにつながるという考えのようです。

次に顔の認知についてですが、これは認知学という学問と非常に密接に結びついています。たとえば小泉首相の顔をダイコンにして、目をパツと入れ替えても、我々はそれが小泉首相だとわかります。何故わかるのでしょうか。写真とはまったく違う顔を描いても、単純な2つ、3つの線が入るだけで、その顔が誰かわかるものです。これは絶対に人間にしかできないそうです。似ている、似ていないというのはいったい何を指すのでしょうか。こういう働きをきちんと追求していくことが、他の動物にはない人間特有の能力



の解明につながるということが書いてあります。

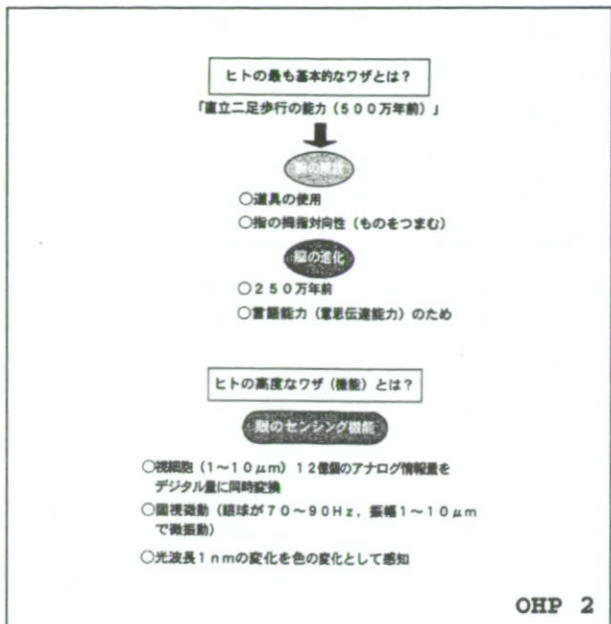
その本にはヒトの最も基本的なわざは立つて歩くことであり、このわざが無かったら現在の人間の脳はあり得ないと述べられています [OHP 2]。500万年前に人間は初めて2本足で立ちました。最も重要なことは、立つことによって腕が自由になったということで、それにより道具の使用が始まります。もう1つ重要なことは、指の関節が直角に曲がるのは人間だけということです。直角に曲がることで初めて物をつまむという動作ができ、ねじを巻くなどの器用な動作が可能となります。

次に重要なことは「脳の進化」とあります。脳が進化するということは脳が大きくなることで、結果として重くなります。しかし、4つんばいのままでは頭が下に下がるために脳を発達させることができません。立つことによって首で脳を支えることができ、脳は進化を始めたわけです。250万年前、全ては立つことから始まったのです。ホンダのロボットが立つて歩いたのは、今から10年ぐらい前でしょうか。人間がロボットを立てて歩くようにしたのは、たった10年前のことです。ところが人間は500万年前から立っているのです。ロボットに置き換えて、立つて歩けるのがたった10年だということを考えて、人間のわざや技能を本当に調べていこうと思うと、こういうところまできちんと解明をする必要があります。

脳が進化を始めたもう1つのきっかけは、意思を伝達したいという意欲です。加えて、指を動かすことによって生じるβ波という脳波が脳を刺激して、脳を発達を促します。つまり、立つことによって指が使い、腕が使い、それが脳を発達を促すという循環があるのです。立つことがなければ、現在の我々はありませんということなのです。

さらに人間の高度なわざとなると、眼のセンシング機能はその代表例です。我々の網膜には1~10μmぐらいの、デジタルカメラの1つの画素よりもまだ小さい細胞が12億個あり、ここに入ってくるアナログ信号を一瞬にしてデジタル信号に変換する機能を持っています。光の強弱もデジタル信号に変換されるので、明るいということは1秒間あたりのビット数が多いということです。ですから1パルスの高さが問題ではなく視細胞から入ってくるパルス信号の数が多ければ、人間は明るく感じます。これによって人間が持っている外観検査は、汚い中や、工場内、ごみの中など、どのような環境下においてもできてしまうのです。これは人間特有の能力です。

もう1つは固視微動と呼ばれる眼の振動です。物を見始めると眼はとたんに振動を始めるそうです。振幅が1~10μmで70~90Hzの振動をします。我々は普段全く気がつきませんが、実はこの振動によって物などを注視するときに



徐々に焦点距離を近づけて対象物の小さな隙間を見ることができるとのことです。眼球が右と左に振れるので、細胞に入ってくる光の強度を1マイクロ単位でコントロールできます。それで明るい、暗いという情報を1マイクロで見分けるためには、視細胞の密度がそれを上回っている必要があります。ですが、黄斑と言われるところに光を集めることができないと1マイクロの解像度を得ることはできません。そういうことから、技能のある方はおそらく黄斑近傍の最も視細胞の小さいところに全ての光を集める技能を持っているのではないかと思います。

最後に色に対する人間の眼の反応についてです。我々はだいたい光の波長が600nm程度の可視光の世界にいますが、波長が1nm変化すると人間は色が変わったことがわかります。我々が何かを見るときには、必ず対象物に光を照らしてその反射光を見ています。対象物表面の色を見ていて表面に何かおかしいものがあると、表面からの反射光の波長の変化で判断するのです。原子の大きさがだいたい3オングストロームですから、眼は原子の3倍ぐらいの大きさ変化は見分けられるということです。このような、我々が考えられない程に高度な機能を人間は持っています。この眼の機能は人間が持っている最もレベルの高い機能であると思います。人間は立つという基本からこういう非常に高度な技能も同時に持ち合わせているので、これを上手く使わないことの方がよほどおかしいと思います。

私は、モノづくりの技術と技能を3つに分けて考えています [OHP 3]。まず技術の視点が必要ですが、モノづくりは基盤技術と創成技術と情報技術の3つから成り立っていると考えています。基盤技術と言われるものは従来の機械加工や切削加工、放電加工など、今まで我々がモノを作るために行ってきた基本の技術で、この技術がないと素材は加

工できません。このときに必要になるのは、エキスパート技能と言われるものでしょう。エキスパート技能というのは従来のベテラン技能の事で、こういう熟練技能が必要となるでしょう。

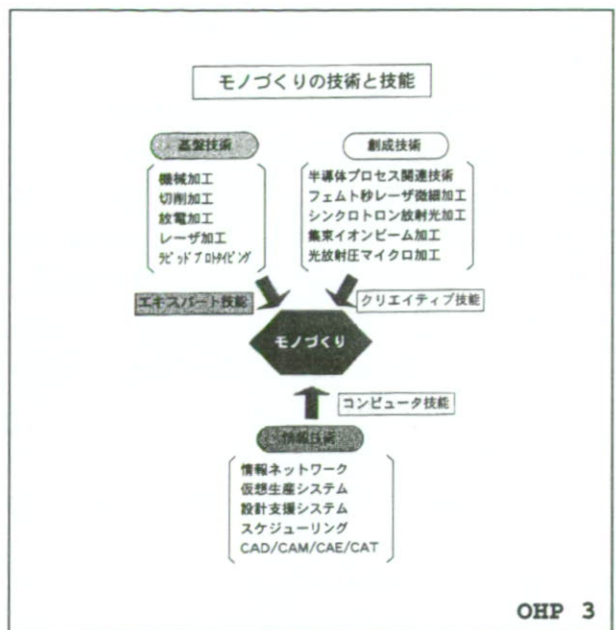
そして、これから我々に求められるのは創成技術と言われる新しい技術だろうと考えています。例えば半導体プロセスにおいて、時と場合によっては人間の眼の高度な技能を超える程に非常に細かいモノを作ることが求められます。この半導体関連の技術には人間が携わることができない、寧ろ人間が携わることがモノを作れなくしてしまうところもあります。

フェムト秒レーザーを使うと、熱の影響を全く受けずにナノオーダーの微細な加工ができます。シンクロトロン放射加工は微細な金型を作る1つの技術です。今ドイツから出ていますが、ここに使われるのはシンクロトロン放射光で、これをどう上手く使いこなすかという技術が必要となります。

集束イオンビーム加工もイオンビームで先端が数nmの針を作るというものです。8000万円程度の高価な装置ですが、こういう装置がないと先端的なものは作れません。他には光放射圧マイクロ加工です。光が持っている力は非常に小さな力ですが、光放射圧を使って1ナノ、2ナノの原子を取ろうと、現在、加工を始めています。こういうまったく新しいことをやろうと思えば、現在世の中にある技術・技能はまったく使えません。しかし、こういう物は絶対に次の世代で必要になるだろうから今から準備をしなければいけないというのがクリエイティブな技能なのです。

そして現在の情報技術については、コンピュータがこれだけ発達していますのでこれを使わない手はありません。情報ネットワークがあり、コンピュータの中で仮想的な生産システムができたり、設計支援ができたり、スケジューリング工程の設計ができます。CAD/CAMも全て情報技術です。以上のことから、この3つの技術をしっかりと持った研究室を作るべきであると考えています。そのような研究室を作れば、おそらく日本のモノづくりの分野で30大学には選ばれるのではないかと思います。

少し現実的な話をしますが、私はスキルレス金型加工技術研究会を4年前に始めました【OHP 4】。その目的は、金型作りにおいて長年培われてきた技術・技能を体系化して、NC加工、光造形加工というような技術をうまく活用し、加工ノウハウを考慮した金型設計支援システムを作るための調査研究を行うというものです。「スキルレス」という言葉はスキルが無くても金型を作ることが出来るという意味ではなく、ひとつはスキルが無くなった時にどうやって金型を作ればいいのかという意味です。スキルは大事だという



スキルレス金型加工技術研究会

【従来の課題】

型作りにおいて長年培われてきた技術・技能を体系化し、NC加工ノウハウのマニュアル化とそのコンピュータ化。並びに新しい技術であるラビッド・プロトタイプング（光造形技術）のノウハウの蓄積とその活用。さらにこれらの加工ノウハウを考慮した金型設計支援システムについて調査研究をおこなうものである。

【今後の課題】

■ **スキルレスの可能性を目指した新技術の創出**

(1) NCプログラムを必要としない
NC機械加工の実現
⇒ 仮想加工システムの開発
(大阪大学：白瀬助教)

(2) レーザ走査/積層を必要としない
光造形法の実現
⇒ 液晶マスクを用いた非積層光造形法
(大阪大学：三好研究室)

OHP 4

ことを逆に言いたかったのです。もうひとつは、もしもスキルが無くなるということが起きた場合それをカバーする新しい技術を創出しなければいけないということで、この研究会では2つほどトライをしてきたので、この概要をお話します。

1つは、NCの機械はNCを自動的に動かすためにどんな場合でもプログラムが必要なのだと我々は今まで思ってきました。しかし、NCプログラムを全く必要とせずにNC機械加工の実現ができないかということで、我々の仲間の白瀬先生が仮想加工システムというものを試みておりますのでその簡単な概要をお話します。

もう1つ、光造形加工とはレーザービームを光硬化性の樹脂上に走査させるものです。これについても、レーザーを走査して積層、つまりたくさんの層を集めながら全体の構造を作る装置だと思っていたのですが、我々が考案したシス

テムでは一切走査をしないし積層もしません。今まで必要だったこの辺の技術は要らなくなるということが可能になるかという試みを、我々の研究室でやっていますので、その一例をお話したいと思います。

ここ [OHP 5] に示すエキスパート技能は、熟練者、ベテランなどの我々が従来考えるスキルです。こういう技能を持っている方、要するに基礎技能に位置づけられる長年の勘と経験というエキスパート技能がないと、金型の磨きや修正、組立、調整はできません。ですからエキスパート技能は絶対に必要であるという話をしたと思います。

これから話す倣いの NC は一種のコンピュータ技能に入ります。エキスパート技能を持っている方達には無理で、むしろ若い技術者や技能者がいてくれないと出来てこない技術がコンピュータ技能だと思います。コンピュータ技能はあくまでもコンピュータで支援された高度な機器を効率的に使いこなすということで、コンピュータ利用技術に関連した技能は、別の人が担います。

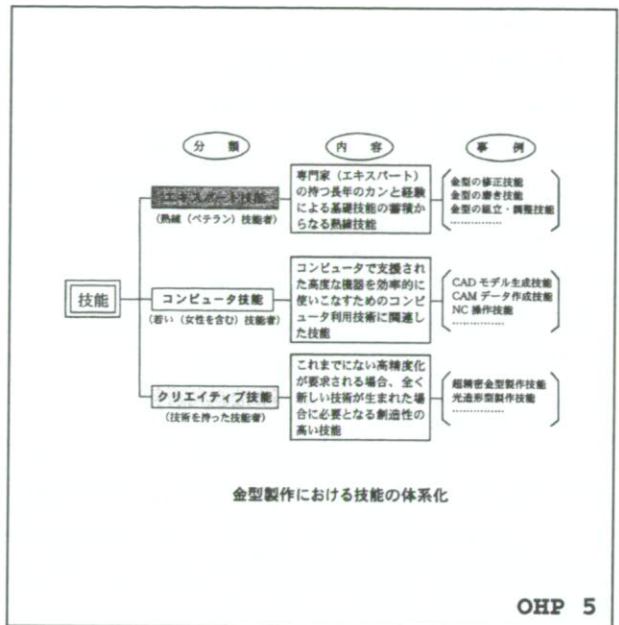
それから、先端的な技術とはクリエイティブ技能です。このクリエイティブ技能がおそらくこれから更に重要になるでしょう。技能という位置づけではなく、技術を全面に出した技能者を育てていかないといけないだろうと思います。これからはおそらく微細な金型の時代に入り、超精密な金型を作れることが非常に重要になると思います。今後、まったく新しい光造形技術がたくさん生まれてくるでしょう。そのときに、創造的にこれに対応できる技術者や技能者がいるのかというと、ほとんどいません。こういう人たちがどうやって育てるかということがこれから先の非常に大きなポイントになると考えております。

職能経験年数の意味

これは2年前前に行った、ベテランや新人の金型専門家、10社34人に非常に単純なキャビティと呼ばれる穴のあいた箱を作らせて、その加工工程と加工時間を比較した切削実験です [OHP 6]。キャビティは深さが30 mmで、中央に穴があいています。但し、2度程傾いています。金型ですから上から引き抜かなくてはいけないため、引き抜けるように2度傾けるのです。HRC50 というのはけっこう硬く、30 mm はけっこう深いものであると思ってください。我々はこの加工は難しいものではないと思って34人に与えました。そして、この金型を皆さん方はどうやって作りますかということ、提示しました。

この結果をいろいろと調査しますと、いくつかおもしろい事実がわかったのです、それについてまず詳しく話します。

作ってもらう物はこれ [OHP 7] です。見たとおり、単純な穴を作る加工です。最も簡単な加工をやってもらおうと



OHP 5

金型加工モデルの切削実験概要

目的
ベテラン、新人、金型専門家に加工工程と加工時間を見渡せる (10社、34人)、代表的なものについて4つほど製作し、加工工程のスキルを考察する。

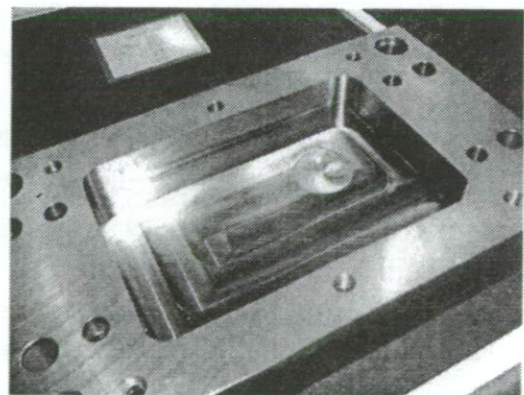
加工モデル
材質: SKD61
硬度: HRC45-50

加工条件
使用機械: 1機 (大坂機工マシニングセンター)
表面粗さ: 1.0 μm Rmax

加工詳細
加工時間:
切削能力:
加工精度: 真直度、表面粗さ、コーナ部のRなど
ランニングコスト: 工具費、CAD/CAM使用料、ターナウト保守費など

金型キャビティ形状の加工モデル

OHP 6



OHP 7

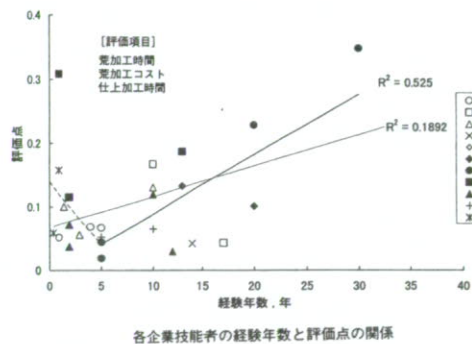
思ったわけです。

これは加工の工程表です [OHP 8]。34人すべてに取っており、穴をあけるだけでも最低9つぐらいの工程は必要になります。各工程には、モノを削る条件、使う道具や油などの条件を提示しています。そして最終的に、これはこう動かすとか、端だけはこのように動かすという金型の動きが目でわかるような工程を全部書いてもらいました。一番下の欄には時間が出ています。どのぐらいの時間でこの金型を作るかというのを34名全部に作らせたところ、だれ一人として同じ工程、同じ時間というのはありませんでした。やっていただいたのは日立、富士通、松下電器、松下電工、NECというそうそうたる会社の金型工場の技術者です。こんな簡単なモノを、NCで作るのに同じ手順が無いということは、これ以上複雑な金型を作るときはどうするのでしょうか。デジタルマイスターのように、加工手順を全部コンピュータの中に、ある一定の技術で置き換えることは不可能になります。このようなことが起きてしまった原因についていろいろ調べた結果をあとで話しますが、これは1つの事実です。

それからもう1つわかった事実をお話します。これ [OHP 9]は、34名の熟練工の経験年数に対する金型の評価点を示しています。先に示したように、熟練工はそれぞれの工程を使って金型を作ります。用いた工具、機械、加工時間から、加工コストを大阪機工に割り出してもらい、総合して評価点をつけました。評価点が高ければ高いほど金型の評価が良いということです。経験年数と評価点をグラフの両軸に取ったところ、5年しか経験のない人は残念ながら、点線で示される相関が出ました。そして、経験年数が高いほど評価点が高くなります。このグラフはスキルを本当に自分のものにするには、最低5年はかかるということを意味しています。ですから、最初の5年も全部入れて求めた相関係数0.18というのは相関が無いと同じ意味です。それが最初の5年を外すと相関係数は0.5になり、経験年数の意味が出てきます。このことから、会社は最低5年間かけて人をきちんと育てる必要があるというのが2つ目です。この結果は大きな収穫だと思っています。

34名の工程が全部違う原因についていろいろ考え、聞き取り調査をした結果から、いくつかの視点、ポイントを述べたいと思います [OHP 10]。まず1つは、この人達は会社が違うと思います。そうすると、この方達の頭にある機械のイメージは、自分達の会社の機械です。ところが、例え同じメーカーの機械であっても機械にはそれぞれ微妙に個性があるので、機械の個性を掴まないとモノは作れません。切削実験ではこの方達に大阪機工の機械を突然与えたわけです。ところが、大阪機工の機械を持っていない方達は、自分達

OHP 8



OHP 9

モノづくりのポイント (エキスパート技能)

- ◎同じメーカーの機械であっても、それぞれ個性がある。機械の個性をつかむのがポイント。
- ◎機械の特性は工場環境によって異なる。環境にあった加工条件の設定がポイント。
(温度、湿度、振動、ゴミ・・・)
- ◎加工誤差を生み出す最大要因は熱変形。熱を抑制するのがポイント。
(1℃の上昇で1mの鉄棒は10μm伸びる。)
- ◎治工具(加工物のクランプ機構、加工工具のクランプ機構)の設計・製作がポイント
- ◎複雑形状より深彫形状の加工手順がポイント
(携帯電話より深いキャビティが難しい)
- ◎自分に合った工具を自分で工夫して製作するのがポイント。
(働き熟練工、宮大工、東京芸大の学生)

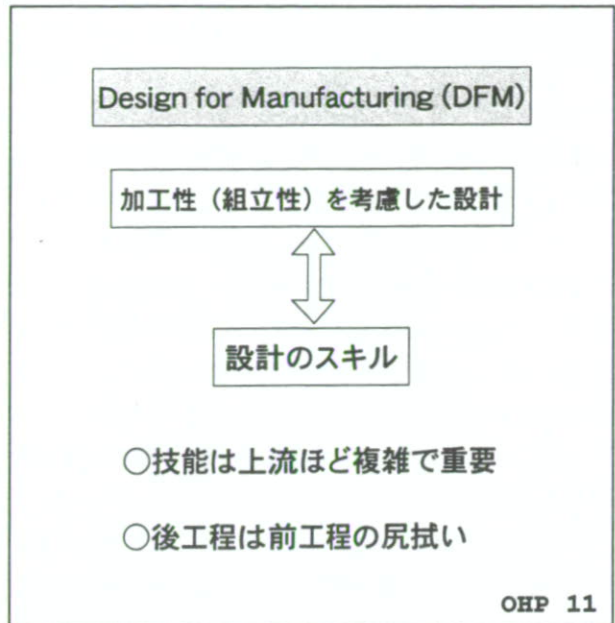
OHP 10

が会社で使っている機械のイメージしか頭にありません。そうするとその方達は、日頃自分が使っている機械に合った工程で金型を作るわけです。つまり簡単に言うと、機械が違うと全工程も違うということです。また、同じ機械でもそれぞれ微妙に個性があります。牧野フライスなどいろいろな会社へ聞きましたら、同じ機械を作っているでも1台ごとに微妙に違って来るということです。特に機械の特性は工場環境によってすべて異なります。ですから、牧野フライスで同じ機械を作っていたとしても、それが工場に配置されたらその工場の環境に左右されます。機械にはそれぞれの環境に合った一番良い使い方があるということです。温度や湿度が変化したり、振動があつたり、当然、工場の屋根からごみが1つ落ちて、良いものは作れないそうです。よく考えてみると、同じモノを作るのはほとんど不可能に近いということが2つ目にわかります。

それからもう1つ、知っているようで知らないのが加工で生じる誤差です。例えば温度が1度上がれば、普通の丸い鉄棒は10μm伸びてしまいます。それによって何が起こるかという、ある工場で窓際に機械を置いた場合、そこに日が差し込みます。1年間の間で日が差し込んでくる位置は全部違います。そうすると、この機械はいつも数十ミクロン揺れているということになり、結果として同じ製品は絶対にできないのです。だから窓のそばに機械を置いてはいけません。こういう非常に単純なことがすべてノウハウとなるために、その機械はその工場の決まった場所ではしか作れないのです。その機械に携わっている人しかわからないというノウハウがたくさんあります。

もう1つ簡単だけれども大事なことは、我々は機械と工具と材料を整えることが重要だと思いがちですが、最も大事な事は、加工物をどうやって押さえるかということです。加工を終えてモノができたあとは押さえを外します。この押えをクランプと言います。クランプで力をかけて押さえていますから、クランプを外すとモノは復原して元に戻るので、押さえを取ったときに精度がどう出るのが重要です。その最先端のものはシリコンウエハです。シリコンウエハの面を磨くとき、表面のうねりは10分の1ミクロン幅に抑えないといけません。シリコンウエハ表面にICチップのパターンを焼き付けますので、0.1ミクロンぐらい違ってくると焦点が合わなくてモノができません。シリコンウエハをクランプするときに、どうやって押さえるかという事が最大の問題です。それを間違えると、出来たときは良くても、押さえを取ったときにみんなたわんでしまうということが起こる程、押さえは重要なものです。

我々が持っている携帯電話の加工はやさしいものです。世の中であれほどやさしい加工はありません。一番難しい



加工は何かというと、深いキャビティを作ることです。切削実験では30mmという深い物を作りました。そして用いた材料は硬いものでした。あれだけ硬くて、あれだけ深ければ、ひよっとしたら同じ作り方は出てこない可能性があります。ですから、私たちは穴を掘るという非常に単純な加工をやらせたつもりが、実は携帯電話よりずっと難しい加工をやらせていたということに、つい先ほど気がつきました。同じ加工をある会社へやってもらったところ、これは難しいということでした。

スキルレスを目指して

2年近く前に東京芸大に私どものグループで行きました。東京芸大の方達がいったいどうやってモノを作るのか、見に行ったのです。彼らは彫金をしたり、鋳物を作ったり、もちろんいろいろな造形物を作ります。半日ぐらいかけてすべて見て回りましたが、びっくりしました。彼らは全員、まず旋盤を扱います。そして、彼らは全部自分で鋳物をやります。その中で彼らが一番言っていた事は、製品を決めるのはすべて工具であり、自分に合った工具をどのように作るかで自分の製品が決まるということです。だから、自分の手に合った、良いモノを作れる工具を作れるようになることがまず先決で、そのために数年かかるそうです。モノづくりは案外こういうところに大きなポイントがあるのではないのでしょうか。たとえば、クランプがそうです。われわれは機械や工具、材料しか見に行きませんが、裏に隠された高い技能をそれぞれの会社が持っていなければならないし、こういった技能が差を付けるのではないのでしょうか。エキスパート技能というところにおいては、今までやってきた中でこういうことがひとつ勉強になりました。

それからもうひとつ、モノを作る前に何があるかという

必ず設計という作業があります[OHP 11]。設計のスキルはどうなっているのでしょうか。皆さん、口では加工性や組立性を考慮した設計ということで、モノを作る前にはデザインがあると言いますが、本当にそのような設計をやられているのでしょうか。どんな技能者でも、上流の設計を間違えると、後工程の加工のところでいくらそれを払拭しようと思ってもできません。切削実験での単純な穴を開け加工で一番重要だったのは、実は荒加工なのです。最初の荒い加工を間違えると、あとは全部ダメになります。だから、ベテランの方達は荒加工に多くの時間を費やしているのです。最初の荒加工の中に1本の傷があったら、最後で磨いても取れません。

いろいろなことを考えていくと、上流の設計が最も重要になります。設計を間違えれば、あとは尻拭いをするだけになります。では、設計者はそこまで考えているのでしょうか。確かに考えようとはしているみたいです。

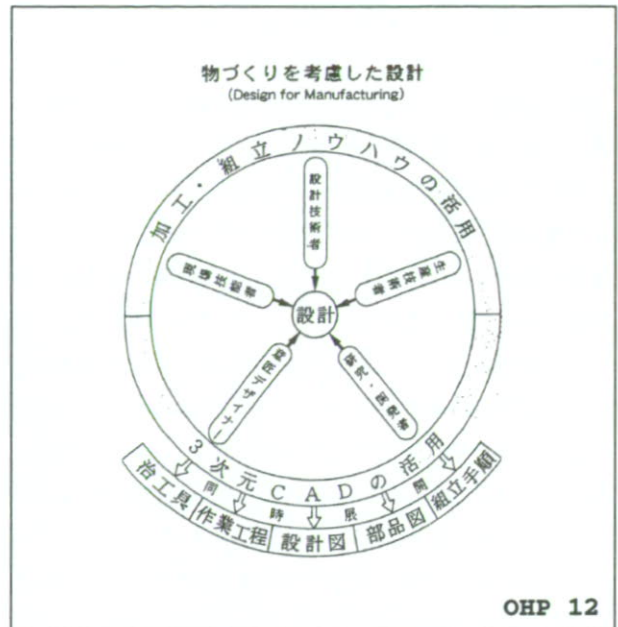
そこで我々としては、加工と組立の熟練工の知識を使った上で設計プロセスを最終的に出すようなシステムを作っていく必要があると考えています[OHP 12]。そこには設計者も関与します。ここに3次元CADというコンピュータプログラムを使わない手はないということで、これを最初の出足としました。

我々が持っているノウハウは設計の段階まで持って来なければ意味がありません。この技術をデータベース化し、これを基にして設計をするためのルールを作っていく必要があります。しかし、設計には必ず基準があります。こういう形にしたいというデザイナーの希望も満たさなければなりません。しかし、それをどう作っていくかという技術について彼らはまったく考えないのです。ですから、こういったデータベースが必要となるのです。

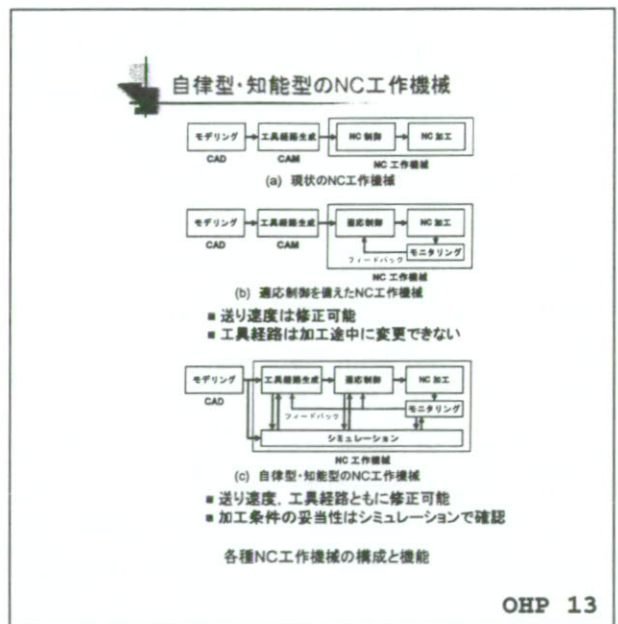
それからさらにこれを基にして、納期、品質、価格といろいろな評価を行うことができます。価格を最低にしたいというのであれば、データベースを基に価格を一番小さくする設計を考えるのです。データベースの中から最も条件に合ったものを持つてくるというルールを作るべきです。この辺になると完全にコンピュータ技能の世界に入りますが、これを支えるのは技能者達であり、設計の技術者達です。ですから、これを3次元CAD上でやるというシステムを作るべきなのです。

このようなシステムを作るのは大変なことで、いわんや知識データベースは更に大変なことです。こういうことを実際にやるのが、ある種のデジタルマイスターではないかと思っています。

その後、我々のスキルレス金型加工研究会では、スキルが無くなくてもモノが作れるかということを研究してきました



OHP 12



OHP 13

た。ここから複雑な図が3枚ほど出ますが、なるべく簡単に説明します。

まず、今までのNC工作機械がどんなものかということをお説明しておきます[OHP 13]。今までのNC工作機械は、コンピュータの中でデザインをします。これによって、工具経路生成、つまり目的の製品を作るためには工具をどのように動かさなければいけないかという工具の経路を作ることができます。これがNCのプログラミングです。加工のためには工具を動かすので、当然、動かすための経路を作らなければなりません。これをNCで制御するというのが現在は一般的です。ちょっと性能が良くなりますと、NC加工をしながらモニタリングを行い、制御することもできます。この辺りまでは現在すでに行っているところもあります。さらに進んで、モノを削る時には、工具が回って移動します。この移動するときの速度も調整できるNC工作機械が(C)

に示す自立型・知能型の機械です。

今スキルレスということ考えた時に何をするかというと、作りたいモノの形状が与えられたら、工具経路の適応制御やモニタリングをコンピュータの中で全てやってしまう工作機械を作ることです。その場で自動的に作りながら加工位置を決め、一番良い工具の状態を作り出し、誤差を全部検証しながら作っていく機械ができる、スキルレスということが可能となるでしょう。その実例をお見せいたします。

NCのプログラムが不必要 [OHP 14] ということは、目的の形状は最初に与えていますので、この工具がこう動けば、われわれが希望する形を作れるということで、工具の動く軌跡がその場に応じてまったくプログラム無しに自動的に決まってくるということです。そうすると、加工の誤差がほとんど生じることなく、自動的に同じモノを作ることが出来ます。

これは実際に行っている一例です [OHP 15]。このようなシステムを作り、コンピュータ上で操作します。作りたい形状が決まると加工条件が決まり、工具が決まり、素材、それから何をどう動かすかといういろいろなパラメーターが決まります。削るための工具経路も自動的に決まり、特に途中で動かす経路を変えたい時には自動的に変えることができます。加工面が急斜面になると、自動的に工具の送り速度を遅くすることもできます。コンピュータが非常に速くなり、容量が非常に多くなったことでこのシステムが可能になったとも言えます。

こういうことを全部コンピュータの中で出来るようになると、作りたい形を与えれば自動的にモノが作れるということが本当に可能ことになるかもしれません。これ [OHP 16] は今年行っているもので、実際にNCのプログラムを一切作らずにコンピュータ上で計算して、目的の形に合わせて自動的に工具を制御して加工した金型です。実に上手く削れています。これまでの精度もほとんどきちんと出ているということです。

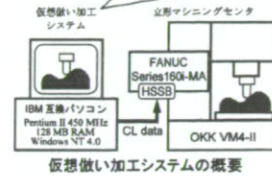
こうなるとスキルは要らなくなると言う問題になりますが、しかしこのシステムが本当に出来ればスキル依存がかなり解消されます。

新しい光造形

もうひとつ、光造形の話をして。我々が行っている研究は、従来の光造形の考え方を打ち破ろうというもの。我々が光造形でモノを作るときは、コンピュータの中に目的のモデルを作り、これをスライスし、スライスした1枚1枚の形状に沿ってレーザーを動かしてレーザーの光で固まる樹脂を硬化させることで、1層ずつ作り上げながら総合的に

NCプログラムが不要な仮想加工

仮想加工の原理を計算機で模倣し、
工具経路を実時間で生成する。
⇒ NCプログラムが不要になる。
⇒ 加工途中で工具経路が修正できる。



仮想加工システムの概要

高度な加工機能

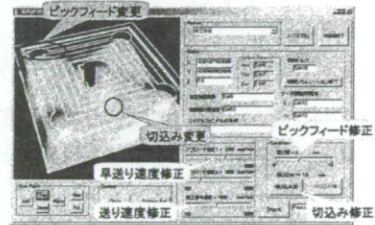
- 加工形状急変部では送り速度を制御しながら、加工誤差を自動補償
- 加工状況をモニターしながら、加工途中で切削条件や工具経路を柔軟に修正

OHP 14

仮想加工システム



仮想加工システムの入力画面



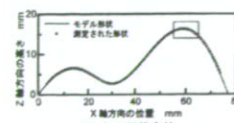
実時間での工具経路生成の例

OHP 15

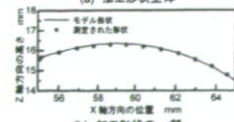
加工実験の結果



仮想加工による加工実験



(a) 加工形状全体



(b) 加工形状の一部

モデル形状と加工形状の比較

OHP 16

3次元形状を作るということが9割方の現在のやり方です【OHP 17】。このやり方では、製品に細かな段ができます。それから、スライスした1枚1枚の表面に沿ってレーザーを走査しなければなりません。速いと言っても1枚1枚をレーザーで塗りつぶすのはけっこう大変で、相当な時間がかかります。我々が欲しいのは表面の形だけです。こういう形状を作るのに、できれば秒単位で作れないか、どうせやるなら製作時間を二桁以上減らすぐらいやろうということで考えました幾つかの実例をお見せします。

液晶パネルは、画像の濃淡を256階調で表現できます。そこに光を照てればできるのではないかと考えました【OHP 18】。しかしこれは誰でも考えることだと思います。しかしこういう物が世の中に無いのは、我々がそれだけの技能、技術を持っていないからです。頭の中では出来ます。何故出来ていなかったのか調べてみますと、とても重要な技術が隠されていました【OHP 19】。

まず、我々がよく見る液晶パネルは、紫外線などの短波長の光を照てると壊れてしまいます。ところが光造形で使っている樹脂は紫外線で固まるものです。我々は可視光でしか液晶プロジェクターを使いません。可視光でないと壊れるのです。そこで可視光レーザーを応用します。これの特許はソニーがだいぶ前に出してしまっていて、私が先ほど言ったような方法で液晶を使うことができます。現状ではそれは濃淡にもなっていませんが、ある形をそのまま液晶を作って光を照てると同じモノができるという形にはなっている。それを積み重ねればいい。それはいちおう特許を押さえています。だけど、実際にやっていないというのがまずひとつです。

2つ目には、液晶というのは小さな画素がたくさん並んでいます。あれは人間の目で言うと30～50μmぐらいのピクセルサイズみたいな物がずっとドットで並んでいるのです。そういう小さいところにレーザーを照てると、光は小さいところに入ると広がるために小さければ小さいほど回折現象で像が広がってしまいます。その結果、たくさんの画像が、結像面でぐちゃぐちゃに多重結像してしまうのです。だから、やれそうでやれないのです。

3つ目には樹脂です。可視光に高感度特性を示す光硬化性樹脂は、実は現在開発中です。一部にはありますが、紫外光で固まる樹脂と比べるととても精度が悪いものです。だから、これを何とか作る必要がありますが、大変難しいのが現状です。

それからもう1つ、3次元のCADモデルを濃淡画像に変換するソフトは世界中どこにもありません。

また、このようなまったく新しいことをやろうと思っても、レーザーが照たった時に樹脂がどのぐらいの深さまで、どの

積層型光造形法

● 問題点

- 造形時間 (スライス、走査、積層)
- 形状誤差 (走査)
- 表面荒さ (積層)

OHP 17

本研究の目的

小型、中型形状の造形からマイクロ形状の造形までをカバーできる造形法

● マイクロマシニングや高精度小型部品の分野

● 液晶マスクを用いた非積層光造形法

- 高精度造形のための自由度の高い面露光型光造形装置の試作
- マイクロ部品をはじめとする立体形状作成

● 濃淡画像による非積層造形

● マスクによる一括露光

↑ 生産性 ↓

↑ 品質 ↓

OHP 18

液晶光造形法の問題点と現状

- 紫外光照射による液晶パネルの損傷
 - ↳ 可視光 [Arイオンレーザ(λ=488nm)] で対応可能。
- 液晶パネル透過光の回折現象による多重結像
 - ↳ マスクと光学系の工夫により0次光のみの鮮明画像を結像可能。
- 可視光に高感度特性を示す光硬化性樹脂開発の遅れ
 - ↳ 日本合成ゴムの協力を得て(λ=488nm)で高感度な樹脂を開発。
- 3D CADモデルの濃淡画像変換ソフトの開発
 - ↳ 従来のSTLデータを基本とした濃淡画像変換ソフトの開発準備中。
- 硬化深さの高精度制御技術の確立
 - ↳ 電磁波散乱理論に基づくFDTD法による面露透過光の硬化現象解析中。

OHP 19

TFT液晶パネルおよび実験光学系

TFT液晶パネル
(1.3 inch)

ピクセル拡大図

光学系

液晶パネル

- 画素数 800 X 600 pixel
- 画面サイズ 26.40 X 19.98 (mm)
- ピクセルサイズ 33 X 33 μm

OHP 20

二値画像造形

マスクパターン
アルファベット

SEM画像

マスクパターン
マイクロチューブ

SEM画像

歯車形状

SEM画像

OHP 21

程度硬化するのかということ制御する技術はまったくありません。これをきちんと確認する必要があります。問題は山ほどあるということです。

このような課題をすべてクリアしないと、新しい技術はできません。こういう技術を作るためには、それを支えるだけのかなりの技術レベルが必要となります。私が言いたいことは、こういう開発は大学でしかできないのかもしれないということです。現在、我々がこれに挑戦しているところです。

これはTFT液晶という物で、薄いフィルムからできています [OHP 20]。1つのピクセルは28×23.5μmで、この表面に光が照ります。そして液晶パネル1枚というのは800から600ぐらいのピクセルが並んでいる物です。こういう小さなところに光が照るとレーザー光は広がってしまっ、たくさんの画像が重なって出てきます。液晶プロジェクターの投影画は非常にきれいに見えますが、それは可視光を使っているからです。

これは我々が作った物です [OHP 21, 22]。これはギアですが、露光硬化時間はだいたい4秒ぐらいです。こういう筒とか、丸い物、こういう物もいろいろできてきます。先ほど画面にありました歯車みたいなものは4秒ぐらいでできます。

この濃淡画像の明るいところが光を通すので、その部分の樹脂が固まります [OHP 23]。しかし、まだ制御技術がきちっと出来ていないため、精度は良くありません。

我々が現在何をやっているかということ、秒という単位で基材の方を少しずつ動かしながら、コンピュータの画面は1秒間に16コマぐらいコマが変わりますので、これを使うことで形をどんどん変えていくということをやっています [OHP 24]。要するに動画像を使おうとしているのです。濃淡画

複数形状の同時造形

生産性の向上

	従来の手法		本手法	
部品数	1	10	1	10
製作時間	1	10	1	1

露光時間 4sec
歯車厚さ 1mm

入力画像 SEM観察像

OHP 22

濃淡画像造形結果

濃淡マスクパターン

露光時間 4-second

かさ歯車

OHP 23

像の白いところに光が通るとすると、その部分を徐々に小さくして、また大きくしていくと、動画像が1秒間に十数コマ変わります。もしそれに連動して基材が動いていくと、非常に短い時間で、段差がほとんど無く、非常にきれいなモノができるはずですが、これに近いことをやったモノをお見せしますが、精度はかなり上がってきます [OHP 25]。

今まで光造形でピッチが10 μm というのは無いと思います。100 μm が限界でした。我々は濃淡画像を動画像にして、像の形をどんどん変えていくわけです。そうすると10 μmピッチでもけっこう複雑な設計上の形がいろいろ出来ます。これでも加工に10分かかっているのもまだまだ不十分ですが、それでも今のモノと比べると誤差が1桁下がっております。

スキルを無くそうと思ったら、新しい技術を作っていかなければいけないということです。もしも本当に将来スキルが無くなるとするならば、そこをどうやってカバーするのが重要になります。

これは、今後、光造形加工に求められる技術をまとめたものです [OHP 26]。例えば液晶光造形加工を本当に必要としてこういうことをやろうと思ったら、当然ながら、まず我々は光に関する技術を持っている人を集めなければいけません。液晶に関する技術は電気的なものであり、同時に液晶は電気に反応する化学的な物質です。このように、電気、化学、光、それから光硬化性樹脂に関する知識や技術が求められます。特に光硬化性樹脂は新素材で、これから新しい素材を作っていかなければいけません。それから3次元CADに関する知識も求められます。3次元モデルを濃淡画像に変えると言いましたが、そのために新しいコンピュータをどう使うかという技術も必要です。それから最終的には光硬化性樹脂を良い精度で、一定に固めなければなりません。そのためにはCAEと言われるコンピュータの中で光硬化をシミュレーションする技術が絶対必要です。ですから、こういう技術が無いと先端技術は簡単には支えられません。そのためのスキルが必ず必要になるでしょう。そうすると、今までのような技能ではなく、創意工夫ができて、解析能力があるような、モノづくり大学にきちんと通って、こういう中身をきちんと解析できるような方たちをこれから教育せざるを得ないでしょう。そうでないとデジタルマイスターと口では言っても、そう簡単にコンピュータ化はできません。しかしまた、やろうと思えばできないことはありません。

先端技術とは

今まで私は“先端技術”という言葉を使ってきましたが、この“先端技術”とはいったい何であって、これまで“先端

A new method using Live-motion mask

Fabrication using live-motion mask pattern while moving down the base plate

Seamless change of mask pattern
Base plate move down synchronized to the pattern changing

OHP 24

液晶マスク

横層ピッチ10[μm]
→横層回数100回
(ピラミッド)
50回→
(かさ歯車)

造形時間
←20分
(ピラミッド) 10分→
(かさ歯車)

OHP 25

“液晶光造形にとって必要な技術”

OHP 26

技術”というのはいかように定義されているのか調べますと、実は15年前に定義されています[OHP 27]。半導体、コンピュータ、情報・通信、ロボット、光、航空宇宙、新素材、バイオテクノロジー、そして最後にナノテクノロジーが出てきます。15年経った現在、これに何か付け加えろと言ったら何を付け加えるか考え込んでしまうぐらい、先端技術は15年ぐらい前にかんりのレベルできちんと考えられております。そしてさらに、「こういう高度な頭脳集約型技術のことを指し、これらの技術集約型産業群のことを“先端技術産業”と言う」と書いてあります。ですから15年たっても、残念ながらわれわれはこの穴の中から大して抜け出していないということです。ここに何か新しいものを付けられるかということです。

もう1つ、これはつい最近ある本で見たものですが、21世紀は“電光石火”の時代だとありました。私はスピードのことを言っているのかと一瞬思いましたが、どうもスピードのことではありません。電気、光、石というのは、人間が武器として持つもので、それを使って火を付けます。石というのは新素材という意味で、化はバイオでしょう。15年前に定義したら21世紀はこの時代だと言えますが、私に言わせれば、これは前からある1つのキーワードです。

そこで、先端技術を示すキーワードの中で気になるのはナノテクノロジーという言葉です。ナノテクノロジーという言葉自身は、日本で生まれた言葉です。去年お亡くなりになりました谷口紀男先生が、世界で初めて「ナノテクノロジー」という言葉を言いました。この先生は通常の機械加工ではなくて、電気化学的な、まさに新しい加工技術によって、2000年には1ナノができるということを、10年前に予測したわけですが、それがぴったり合っています。日本の最初はこの先生だと世界中が認めています。現在では残念ながら技術的には世界に追い抜かれてしまったようなところもあります。では、我々のモノづくりから考えると、今後必要性が高いナノテクノロジーはいったい何なのでしょう。私のかんり個人的な考えと、現実に私がやっている研究を少しお話しします [OHP 28]。

まず、日本で今後生き残っていく分野は微細金型の分野でしょう。通常の金型は中国に取られつつあります。やはりこれからの光学部品や半導体に必要となるのは金型でしょう。そうすると、直径が0.1 mm 以下つまり100 μm 以下の工具を作るところの製作技術を開発していく必要があります。これができるところが日本でも1社だけあります。ところが、大手工具メーカーには0.1 mmを切るような小径工具を作る技術はほとんどありません。世界でもあまり無いと思いますが、これから微細金型を作るにはこの技術は絶対必要だと思います。

“先端技術とは”

【15年前の先端技術の定義】

1. 半導体 (Micro-electrics)
2. コンピュータ (Computer)
3. 情報・通信 (Information, Communication)
4. ロボット (Robotics, Factory Automation)
5. 光 (Opto-electronics)
6. 航空宇宙 (Aerospace)
7. 新素材 (Industrial new material)
8. バイオテクノロジー (Bio-technology)
9. ナノテクノロジー (Nano-technology)

など高度な頭脳集約型技術のことをさし、これらの技術集約型産業群のことを“先端技術産業”と言っている。

21世紀は【電光石火】の時代

- 電—電気・電子
- 光—光
- 石—新素材
- 化—バイオ

*ナノテクノロジー：
[谷口紀男先生が世界に先駆けて提唱した言葉]

OHP 27

“今後必要性の高いナノテック関連技術”

- 直径0.1mm以下の小径工具製作技術
光学部品、半導体部品などの微細金型
- SPM (走査型プローブ顕微鏡) 用プローブ製作技術
先端径数nmの光ファイバ/Siチッププローブ
(チッププローブ消耗品費：100万円/年間)
- FIB加工サンプルのマニピュレータ技術
約10 μm × 0.1 μm サンプルを取り出すための操作技術
(マイクロマニピュレータ装置：2000万円)
FIB加工装置のメンテナンス費：200万円/年間
- 高出力レーザ/フェムト秒 (10¹⁵) パルスレーザ製作技術
高出力Arレーザのメンテナンス費：100万円/年間
(レーザチューブ消耗品費：300万円/本)
- 青色半導体レーザ製作技術

ナノテック先端設備の製作、メンテナンスおよび消耗部品製作のいずれも高度な熟練技能が必要

OHP 28

それから、SPM (走査型プローブ顕微鏡) で使うプローブは原子の大きさを測れると言われており、SPMには先端が数nmの光ファイバーやシリコンのチッププローブが必要となります。私のような小さな研究室でも、消耗品のチップに年間100万円を使っています。このチッププローブがあるメーカーの物でないと原子オーダーが測れないのです。つまりそのメーカーはぼろ儲けです。どうやら金儲けには、モノを直接作って売ることと、他に出来ないモノを作って売って、それに伴う維持費やメンテナンス費、消耗品でお金を取るという2つがあるようです。FIB (フォーカスイオンビーム) 加工というのは、微細なモノを作るためのイオンビーム加工です。我々が小さいモノを作ったとき、作ったモノをどうやって基盤から取り外して使うところに持ってくるかということは案外盲点なのです。作ることは出来ます。この装置を扱うのは、大きな会社では日立とセ

イコーインスツルメントで、この日本の技術は強いのです。ある会社はこの小さなモノを掴んで持って行く装置が2000万円します。これはこういう特殊技術なので絶対に安くしません。FIB加工は8000万円しますが、4000万円までは安くしてくれます。そして、この装置のメンテナンス料が年間200万円です。しかし、メンテナンスしないと装置は絶対使えません。メーカーはこれで儲かっているのです。

そして高出力Arレーザーというのがありますが、私どもでは今、年間契約ではなくて保険に入っています。こういう装置はレーザーチューブがいつ切れるかわかりません。レーザーチューブは1本300万円です。研究室では1本切れたら大変ですので、保険料として年間100万円払います。ちょっとこれだけ見ても、我々みたいな大学だけで、黙っても500~600万円の維持費がかかります。これは大変な出費です。しかしこの出費が無いと、先ほど言った先端技術はやっていけません。日本がもし本当に先端技術に取り組んで、世界のトップになろうとすると、各大学、各企業がこういう装置を入れていく必要があります。世界はたぶんそういう風になっていくでしょう。そうすると、ここで最も大事なことは、このようなハイテクの先端設備の製作やメンテナンス、消耗部品製作をできる人が本当にいるのかということです。この技術を持っているところが最後に生き残るのではないのでしょうか。

すばる天体望遠鏡は本当に日本製か

最後の資料に移ります [OHP 29]。すばる天体望遠鏡について少しお話しをさせていただきます。すばる天体望遠鏡は今から2年程前に完成し、ハワイの4000m級の山にあります。このすばる望遠鏡はいちおう日本が作ったとされています。鏡面に仕上げられた主鏡は外径が8.3m、厚さが20cmで、重さが23トンあります。そして誤差が12nmで、原子20個分ぐらいの誤差の範囲内で作られたということです。私は最初、このすばる望遠鏡は世界に先駆けて最高の技術を使って日本が作った物だと思いました。ところがこれは、ことごとく覆されたのです。まず用いられた材料は、コーニング社というアメリカの物です。日本の威信をかけて作ったのに、材料は日本の物ではなく、アメリカの物でした。そしてこれを磨くのに使った機械は全部ドイツ製の研磨加工機です。そして実際にこれを作ったのはどこかということ、コントラバス社というアメリカの会社です。実はすばる望遠鏡にはどれ1つとして日本が無いのです。

まさかと思って三菱電機の担当者に電話をかけました。最後は人間の手をもって研磨しないと、絶対に出来上がらないことに驚いたという文章が載っています。私はその文章を見て、こんな物でも最後は人間の磨きが必要のかと思

“最先端のモノづくりには高度な技能が必要”

○すばる天体望遠鏡 (主鏡面: 外径8.3m、厚さ20cm、質量22.8t、鏡面誤差12nmRms) の製作技術 (精密工学会誌2001.10, Vol.67特集号):
 ・すばる主鏡面のULEガラス素材: コーニング社 (米国) で製造
 ・鏡面の研削、研磨加工: ドイツ製の加工機の使用
 ・研磨メカ: コントラバス社 (米国)
 ・研磨技術とシミュレーション技術が鏡面形状精度達成の鍵である。しかし、最終的にはnmオーダーの修正が必要になると熟練技能者自身が磨き上げた。

○ピッカーズ程度計の基準ダイヤモンド圧子:
 ・大阪ダイヤモンド工業 (株)
 ・ダイヤモンド圧子の最終仕上げ加工は誰のまじゅうな一人の職人のみ。
 ・音を聞いて研磨状況を判断する。
 ・周波数分析に基づく自動研磨加工機を製作したが失敗。

○半導体ステッパーの納塵レンズ (直径300mm):
 ・(株) ニコン
 ・磨き熟練工 (2~3名のみ、たよる最終仕上げが不可欠)。

“なぜ米国ですばる望遠鏡を製作”

「高度な設備」、「高度の技能・技術者集団」
 「長期間の使用可能な工場環境」「磨けを度外視した考案」

「ナノテクノロジーの研究開発に必要な製品であるAFM(原子間力顕微鏡) (デジタル・インスツルメント社) やレーザー光源 (スペクトラル・フジックス社、コヒーレント社) は米国が優位。これは、日本における高度熟練技能者の減少が原因では」

OHP 29

いました。ところが問題は、誰が磨いたのかということです。まさかここまでアメリカの人が磨いたのではないだろう、最後はやはり日本人が磨いたのだらうと思ったのですが、アメリカの現地の方がすべて磨いたということです。つまり、日本の威信をかけて作った物は、全部海外の技術によって海外で作られた物であるということです。残念ながら日本でこのすばる望遠鏡を作ろうというときに、ニコンもキヤノンも最終的には手を挙げなかったということです。

これにはいくつかの理由があります。三菱電機の方に、何故アメリカで日本のすばる望遠鏡を作らなければならなかったのかと聞いたところ、まず高度な設備は仕方が無いにしても、高度な技能・技術者集団が日本にはいないということでした。これだけの物を日本で作ろうと思ったら、材料から粗取りをして、仕上げをして、磨いて、その間にシミュレーション技術が入ります。このぐらい磨いて、このぐらいの形状がこのぐらい出れば、その後、ここはこう磨けば良いというのは全部シミュレーションをやりまます。キヤノンはかなり高いシミュレーション技術を持っていますから、当然、キヤノンは参加しております。しかし最終的には熟練工が磨くのですが、一連の全ての集団が日本には無いということです。

それから長期間使用可能な工場環境が無いということです。アメリカのような固い地盤に支えられている工場環境が無ければ主鏡を作ることは出来ません。最後にもう1つは、どうしても磨けを度外視することはできないということです。10年かけて作って儲かるのかという計算を先に弾きます。そうするとどうしても、安い物を薄利多売した方が儲かるのです。

ところが今三菱電機を支えている重要な部門は宇宙です。情報技術のITが不況となつてしまい、現在利益を出し

ているのは、実はすばる望遠鏡を作った時のプライドで、今まで養った制御技術を宇宙技術に使っているそうです。

すばる望遠鏡のような物をもしも本当に日本で作れたら、その中で生まれる日本の生産技術者の誇りと技術はすごいものでしょう。私から言わせれば、今の日本は本当に先端技術をやる気があるのか、その辺には不信感があります。しかし日本は将来、先端技術で勝つしか無いのです。

4つのスキル

最後になりますが、スキルというと製造現場のスキルを我々はすぐに頭に考えますが、設計のスキルの方が、ひょっとしたら重要かもしれません[OHP 30]。さらに物を売らなければいけませんので、マーケティングとか生産管理のスキルが当然あって良いはずです。さらに大事なものはリーダーシップスキルで、全部を統合して経営方針を立てなければいけません。リーダーシップをどう取るのか。逆に言うと、こういうスキルはこうなっている。我々はどちらかというと、今こちらの方に走っていて、ここ、ここ、ここをやっているけれども、こちらの方が重要だということで、むしろ逆に考えた方が良くはないのでしょうか。スキルはどこにでもあるということです。こういうことをトータル的にスキルとして4つのスキルを考えることによって、ひょっとすると日本はどこかで生き残れるのではないかというのが個人的な考えです。

人間社会は500万年前に人間が立ちあがってから現在まで続いています。生物がどこかで発生し、取捨選択が行われて進化を遂げているということはモノづくりでも同じです[OHP 31]。製造して出来上がった製品は市場がちゃんと選択してくれて、そこで生き残った製品だけが進化していくのでしょう。世の中は絶えず先にぐんぐん回っています。このことを念頭に置いて、世の中がどう回っていくのかということをも4つのスキルの観点からもう一度見直さないと、日本のモノづくりは生き残ることができないでしょう。世の中はすべて動いています。市場に残れるような視点を持つことがこれから必要なことではないかという気がしています。

【質疑】

—プロジェクターの世界では今、液晶に代わってアメリカのTIが作っているDMD(デジタル・マイクロ・デバイス)が出てきています。DMDは紫外光に強く、透過型ではないために回折現象が起きません。従来は手に入らなかったのですが、2001年の6月ぐらいからかなり出回っていますので、それを使われたらより効率的な物が出来るのではないかという感じを持ちました。

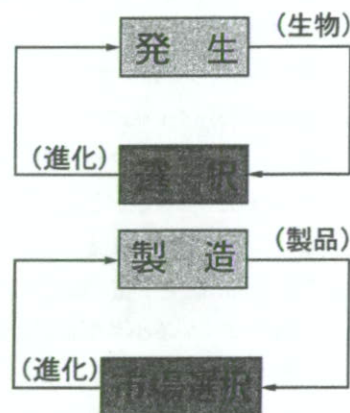
三好 たしかにTIでしたか、小さなミラーをたくさん付け

4つのスキル (Skill)

1. Manufacturing skill
製造現場の技能
2. Engineering skill
設計ノウハウの技能
3. Business skill
マーケティング、生産管理の技能
4. Leadership skill
(最も重要 ?)

OHP 30

循環



OHP 31

て、それを制御してやるというのはだいぶ使われています。ドイツに行っても、ドイツのアーヘンの大学でも、こういう使い方ではありませんがかなり使っていました。我々はまだ使ったことがありませんが、液晶プロジェクターに置き換えられるのであれば、そういう技術もあると思います。どうもありがとうございます。

—私などは短絡的に市場に結びつけてしまうわけですが、先ほど先生が中国の関係等で、部材、金型を中心とするナノテクノロジーの分野でしか生きる道がないだろうと言われましたが、私も最近の組立産業の雪崩を打った中国市場への傾斜に脅威感を感じております。これも微細加工の技術に入るとは思いますが、先ほど携帯電話の技術はたいした物ではないというお話でした。もし我々が微細加工技術で生きていくということであるならば、例えば自動車産業とかコンピュータ産業はもちろんですが、他の大きなマーケッ

トを形成するような分野でこういった微細加工技術が生きていくとしたら、環境技術もあるのかもしれませんが、どういう分野が期待できるのでしょうか。

三好 今から3年ほど前、微細なマイクロマシンのような物がどういう分野に伸びるのかという議論がありました。その時は、今のご質問にあったようなありとあらゆる分野、その中でも特にコンピュータの周辺機器と光学部品関連で伸びるだろうと言われていました。

ただ現在の高齢化社会では、例えば私の母親は補聴器を使っていますが、人間の体の中に埋め込まれて機能するような物も対象になってきています。ただし、人間と機械が密接に結びついたような小さな物でないと我々の体の中に取りつけることはできません。高齢化社会になりますと、そういう方面の医療と密接に絡んだような微細な物の需要が伸びると考えられます。微細な物は、量を多く作ろうと思えば金型で作ることになるでしょう。人間は非常に敏感なので、そういう物をかなり良い精度で作らなければなりません。例えば、歯の噛み合わせが5μmずれると、人間はおかしいと感じます。ですから相当高い精度が要求されるわけです。逆に上手く作ってあげると、そういう物が人間の体のあちこちにこれから入っていくでしょう。

人間と微細な機械の関わり合いはこれから多くなることが予想されます。そして、コンピュータが非常に小さくなるということであれば、それに伴って、どうしても他の部品も微細化せざるを得ません。電気電子部品、それから自動車の中に入るいろいろな部品、航空宇宙、飛行機に関してもみんなそうですが、用いられている小さな部品は全部マイクロ部品だと思っています。2002年で約5兆円というのが3年前に弾いたマイクロ部品の世界市場の大きさです。1個ずつなんてとても作れないので、そのときに微細なモノづくりが用いられるでしょう。一例を挙げますと、キヤノンで複写機のある部分を作ろうとするときに、非常に微細な物を作る時には、必ず同時に3個作るそうです。その中の1つが上手く行くと、上手く行ったものは何故上手く行ったのかというデータを蓄積しておくのです。微細な物を作る技術はまだまだ遅れているということで、これを早く完成させたところは市場を治められるだろうと言われています。

このような意味で市場はあると思いますが、そこに今言った技術がうまく導入できるかどうか重要です。最後は人間が使う物です。非常に敏感な人間に取り付ける物を作るとなると相当高度な微細金型技術が必要になるでしょう。そういう技術は残念ながら、現在日本はそんなに持っていません。九州にある三井ハイテックという会社がかなりの力を持っていて、工場を絶対に見せてくれないそうです。そういう特殊なスキルを持っているところは生き残れるでしょ

う。

それから、世界の標準を作ることが世界を牛耳ることになるわけです。例えば、硬さを測るビッカース硬度計の先端にはダイヤモンドが付いています。あのダイヤモンドの先端を作れるのは大阪ダイヤモンド工業のある方だけです。私はそこに1回行ったことがあります、その方はほとんど目が見えない方です。その方は研磨しているときの音で、うまく削れたことを判断します。その方が作ったものが標準器の硬度計の先端に付けられるそうですが、そういう標準になるような大事な製作のポイントを日本が握るとなると、その後はそれに対応した物を皆さんが買わなければいけないので、そのようにして市場を押さえることもできます。

ですから、先端技術というのは単に売れば良いだけではなく、非常に高い技術を持っていれば、世界の標準になる物が作れるのです。私のところで今年、DI(デジタルインスツルメント)というところの原子サイズが測れる顕微鏡を買いました。大学ですからお金が無いので日本で作られている装置を全部調べましたが、結局アメリカのその装置を購入することに決めました。何故そこに決めたのかというと、やはりその装置が標準なのです。その測定器で測ったということ、国際会議に行ったときに、世界のナノをやっている研究者が信用してくれるわけです。それを買わないで違うものでやると、我々のデータが生きないわけです。ですから、そういう標準になるような大事なところを作れる技術を持つことは絶対に必要だと思います。それが結局は世界を制覇していく1つのポイントになるのではないのでしょうか。微細なものには2つの行き方があるのではないかと思います。

——切削加工製品を経験年数で評価するという実験がありました。中国との力の差を考えると、15年の経験ということになりますと、中国は発展し始めてまだ2、3年程度ですから、15年というのはだいぶ先だということになります。ただデータの中で、経験年数は少ないけれども、評価点がものすごく高いデータがいくつかありました。そうすると、そういう点をうまく拾い出す技術があれば、経験年数があまりなくても良いモノができてしまうのかなと思ったのですが、それに関してはどうでしょうか。つまり中国の力をどういうふうに評価されているかということと、全くの素人でも金型製作は出来るという大変な証明をインクスはしたわけですが、この点に関してはどのように考えていらっしゃるのかお聞かせください。

三好 インクスの方の話については、情報処理、ITの技術をうまく駆使すれば素人であっても可能であるということを示されました。しかし、作るということは、最後は機械がや

るわけです。だから、情報データをいかに早く送ってあげるか、いかに情報として正しいデータを送るかというところまでは、インクスの考え方はたぶん間違いないと思います。CAD プログラムを作る技術レベルがここまで上がれば、基本さえ教えれば、コンピュータの中では出来ると思います。ところが私に言わせれば、例えば0.1 mmを切るような微細工具を作るという技術がいずれ必要になると思います。もしもそういう技術の開発を怠ってれば、いくらこちらが良いデータを早く流しても、実際に作るのは機械ですから微細加工には限りがあります。あと5年、10年先のモノづくりにおいて、中国と本当に差を付けていこうとしたときに日本が今からそういう技術の開発をやっておかないと、本当に勝てるかどうか、難しいものです。

私は携帯電話を持っていませんのであまり大きなことは言えませんが、携帯電話が軽くなる事や小さくなる事は良いことでしょう。ところが、私もだいたい老眼に近くなりましたが、これからの携帯電話は液晶画面の小さい字を拡大して見るという機能を必ず付けなければいけないと思います。マイクロレンズアレイをたくさん並べたようなものを使えると思います。モノは軽くて小さいけれども、マイクロレンズアレイを通すと老人でも文字が大きく拡大して良く見えるというような工夫が必要になります。文字を10倍大きくするという事は、当然ながら1つのピクセルのサイズを10分の1にするということです。つまり、10分の1にできる技術を持てるかということがポイントになります。そういう需要がどんどん来ますから、それに対応するだけの技術、または教育がきちんと出来ていれば、中国にはそう簡単には負けないでしょう。

しかし、今の延長上で考えたら中国の方が有利でしょう。それから技能という点では、アメリカ人があれほどのナノの面を磨く技術を持っているということは、日本人が器用だとはもう言えないということです。そういうところで差を付ける時代はすでに終わっています。ただし、技術は残さなければいけないし、残すときにはトータル的に残さなければいけません。磨ける人だけを必要だからと一生懸命残すのではなくて、高度な技術を持った人の集団として体系化して残しておく必要があります。日本はお互いをよく知っている人間同士の社会ですから、ひよっとしたら高度な技能集団を会社やどこかの大学など、モノづくりの場に体系的に残せるのではないのでしょうか。荒加工から最後の仕上げまでを1つの流れとしてできるような高度な技能者集団を作っておくと、また違った行き方(生き方)ができるのではないのでしょうか。

いずれにしろ、何かそういうことを考えておく必要があると思っています。

—ある特殊な技能を持った人を温存しなければならないというお話ですが、その場合のインセンティブについてお聞きしたいと思います。私も電機メーカーにいたのですが、研究所で溶接の専門家をどんどんなくしてしまって、溶接の研究もやめてしまうということが起こりました。発電機を作っているメーカーなのに、タービンのブレードが吹っ飛んでしまった時に飛んでいく専門家がいなくなってしまったのです。大学に行ってしまった人や退職してしまった人を引っ張ってきて指導してもらわなければいけないのかという議論をしたことがあります。非常に重要な技能に属するようなものを温存する場というのは、本当に大学が良いのでしょうか。メーカーではやり切れないのかというと、確かにメーカーではやり切れないような気がします。だから国としてそういう技能を温存するとか、もっと高度な技能を育てていく仕組みを作る必要はないのでしょうか。

三好 例えば大阪大学は溶接では世界でもトップクラスの大学なので、非常に高い技能・技術を持った先生がたくさんおられると思います。そういう方達が停年退職した後に教壇に立つような違った大学を作り、そこに技能を持った企業の方も入れて、夜間でいいので民間の技術者に教えるというような大学の構想は、われわれの機械系技術者の中でも話が出ています。それは民間だけか大学だけというよりも、各地域に技能を持った方々の集まりを作って、安いお金で夜間に教えるような場を設ければ、我々も定年退職になって何もすることがなくなるともったいないので、喜んで馳せ参じると思います。これはある意味でのボランティアで、経験を生かせるわけですから、そういう場を作ることも可能ではないのでしょうか。そういう技能の継承の仕方も十分にあってと思います。

—すばるのような非常に大きな望遠鏡の主鏡を磨くことを最終的には人間がやったというのは、実際にはどういうことをやったのでしょうか。

三好 私の想像の域を脱していませんが、まず研磨機で表面を磨いて、オプティカルフラットという光学平面基準盤みたいな物を作っておき、それと鏡面からの反射光の干渉縞を読みとります。1本の縞は光の波長の半分ぐらいのずれで出るわけですから、干渉縞がたくさんあるということは、簡単に言うたくさんの歪みがあるということです。そこを磨いて平らにするということを非常にマイクロな形で、検査をしながらやったそうです。

—ローカルに直すということですね。

三好 ものすごい時間をかけてローカルに仕上げるということです。干渉縞の形がこんな風になっているということは、たぶんここがこのぐらい狂っているから、こういう縞が出るのだというように、縞の形と間隔を見ながら仕上げている

きます。

——ということは、裏から支える指示棒との関係が非常に重要になりますね。

三好 そうですね。指示棒の制御はこれまた別の技術なのですが、現在は指示棒の制御を上手くやることによって、23トンもある主鏡の歪みを制御するのが三菱の制御技術です。

——つまり、主鏡の大きな制御は裏からやっているわけですよ。

三好 裏から押したり引いたりするだけではどうしても本当に細かい歪みまでは取りきれず、やはり表面のどこかに歪みが残ってしまうんです。それを最後、人間の手で取るということです。

——今日のお話の中で4つのスキルがあるという絵を見せていただきまして、非常に目が醒めたような気がします。私は技能やスキルというと、4つのスキルのうちの製造現場のスキルしか頭にありませんでした。先生のお話の中で特にリーダーシップスキルとありました。このリーダーシップスキルとは、将来こういう機械が必要になるということを見通して引っ張っていくスキルであると理解してよろしいのでしょうか。

三好 リーダーシップスキルにはクエスチョンマークが付いています(OHP 30)。確かに1、2、3を統合して、それを基に引っ張っていくスキルであるという解釈が1つあります。しかし、逆に上から下へ、要するに現場が最初に先に読めないと、設計ができないということもあります。先を読むのは上も下もほとんど同時です。私から言わせれば、リーダーシップスキルとは経営者の時代を読む力です。10年先というのは何となく読めるものです。しかし20年先はまったくわかりません。だから20年先にどうやって焦点を合わせるかが重要になります。我々はよく、半導体が10年後にはどのぐらい出なくなるだろうというようなロードマップを書きます。10年先までは誰でも読めるものです。現場の技能や設計ノウハウ、生産管理のマーケティングなど、その会社特有のものをどう束ねて、どうやって表に出し、中国に負けない新しい戦略を立てるかというのは、現場からアイデアを持ってくるやり方と、それとは逆にトップが20年先を読んで判断をするというやり方があります。トップが非常に優秀で、「俺についてこい」と指揮を執る方が会社としては良いのでしょうか。それを希望したいということで、クエスチョンマークにしたわけですが、それが出来れば苦勞はしなないでしょう。

10年後の中国はだいたい読めますが、20年後の中国は私も読めません。ある会社の経営者の方が、その10年の間に棚に技術を置いておけと言っていました。あなたの会

社は上から何番目の棚にどのぐらい新しい開発技術を置いていますか。現在の棚にはたくさん技術があっても、将来の棚にはどのぐらいの技術・技能がありますか。新しいモノを作れと言った場合に、棚に技術・技能が無いと、例えば1年で作ることはできません。その経営者はそういう考え方だと思います。要は、いかに高い棚に技能・技術を置くかです。ここが埋まっていれば勝てるということです。決して負けません。だから一見無駄なようだけれども、今からそういう技術・技能の開発をきちんとやって高い棚を埋めることが必要なのです。この判断はリーダーシップスキルの1つだと思います。

——地方の工業大学には非常に優秀な先生がそろっていて、レベルの高いことをやっておられるのですが、学生のレベルがどうもという話を先生方がしておられます。ましてや従来、製造現場の技能を支えていた工業高校の出身の学生のレベルが下がってきているという話ですが、そういうところの教育問題についてはどのように考えておられますか。

三好 工業高校のレベルについてはわかりかねるところがありますが、少なくともうちの研究室に来るとか、阪大に来ている7割から8割の学生は、かなりの力を持っていると思います。彼らがいる限り、そう簡単に世界には負けないぞという自負心は持っておりますが、それはかなり限られた学生のような気がします。特に自分の意思をかなりきちんと表明できるような学生は限られているでしょう。また、研究体制や教育体制があるレベルで整っている大学の学生は、潜在能力はそれなりに持っていますので、問題はいかにして彼らの能力を教育によって引き出してあげるかです。大学には、そういう潜在能力を持っている学生はけっこうおります。ただ、今30大学が選ばれようとしています。工業大学はたぶん30の中に入らないでしょう。工業大学には確かに優秀な先生がおられます。ただ簡単に言うと、企業も競争しているわけですから、大学も競争せざるを得ないということが一点と、大学は学生がいての大学なのだということがもう一点です。学生がいない大学は研究所ですが、教育ということを絶対に投げ出すわけにはいきません。これは事実です。ですから我々も新しい体制で研究をしても、教育体制だけは必ずこういう形で残し、教員全員できちんと学生を教育しようと心がけています。この教育組織はやはり壊せないものです。研究組織はいくらでも壊して、現在の時代に合わせて組織を変えて、いろいろなセンターを作っていくべきですが、教育組織は壊してはいけなし、全員で守らなければなりません。基本的に能力を持っている学生はたくさんいるはずで、その能力を引き出すのが我々の役目なので、そういう教育体制を絶対に取らなければいけません。これは120%間違いないと思います。学生の現在の能

力に関しては、7割方は先生の責任だと思います。先生方がそういう学生を入れたわけですから、その学生の能力をちゃんと引き出してあげるのは先生の責任です。大学はあくまでも教育をきちんとやっていく組織なのです。

中国の教育がどうなっているか知りませんが、かなりちゃんと教育をしているように思います。もしかしたら、我々にとって教育が一番の脅威なのかもしれません。礼儀を教えることが教育の基本で、私の研究室も朝行くと必ず「おはようございます」帰りは必ず「失礼します」と言うことを基本としています。その基本が徹底してできなかつたら教育どころの話ではありません。挨拶すら出来ない学生がいるという話も聞きますが、それもやはり我々の責任ではないでしょうか。我々が「おはようございます」と学生に言ったら、彼らは絶対に頭を下げます。こちらから「おはよう」と声をかけるのが先ではないかと思って、私はやっています。2割程度の学生は仕方ありません。どんなところでも生き残りをかけていくためには、極端なことを言うと、何割かは退学してもらっても仕方ないのでしょうか。やむを得ないこと

です。そういうところに目を向けなくて、7割をどう育てるかというところに注目した方が良いのです。ダメなやつは仕様がありません。その辺のめりはりを教員がちゃんと付けることの方がむしろ大事なのです。

研究者にとっては教育が最も難しく、最も大事な仕事であると思います。私は講義には毎日3時間予習して行きます。学生が評価しますから、講義は私にとっては一番嫌な時間です。学生が寝ないでちゃんと授業を聞いてくれる事が教育者としてのひとつの誇りですので、学生に寝られると、私の講義がまずいのかという反省点しきりで、部屋に帰ってきてから悩みます。一番悩むのは講義の時です。他はあまり悩むことはありません。それほど教育は難しいということかと思います。これ以上はわかりませんが、そこまでは事実だと思います。

——どうもありがとうございました。たいへん興味のあるお話をお伺いしました。もう一度拍手をお願いいたします。（拍手）

（第4回：平成13年11月8日）

3. IT 技術を用いた鑄造熟練技能のデジタル化と技能伝承の試み

講師：綿貫啓一氏（埼玉大学工学部助教授）

【講師紹介】

先生は1991年に東京工業大学大学院総合理工学研究科精密機械システム専攻の博士課程を修了され、埼玉大学工学部機械工学科の助手に、92年には埼玉大学工学部機械工学科講師に、そして94年には助教授となられて現在に至っております。また、埼玉大学21世紀総合研究機構の研究プロジェクトリーダーでもいらっしゃいます。国際的にもご活躍で、アメリカのイリノイ大学シカゴ校、ドイツのマグデブルグ大学の研究員等をお務めになっいらっしゃいます。

ご専門は機械システム設計、リサイクル設計、Webベース、CAD/CAM/CAE、熟練技能伝承、ヒューマン・インターフェイス、ロボット制御、画像処理等でございます。

1993年に高度自動化技術振興財団研究奨励賞を受賞されていらっしゃいます。さらに95年には研究開発助成を同じ財団から受けていらっしゃいます。（以上、杉浦主査）

【講演】

本日はマルチメディアとインターネット技術を用いた熟練技能のデジタル化と技能伝承について、「鑄造」の分野に少し特化して事例を発表させていただきたいと思っております。今日講演させていただく内容について、簡単に説明します【OHP 1】。

現在、私どもの研究室と埼玉県、そして川口鑄物工業協同組合と産学共同で研究を推進させていただいております。その研究体制と、実際に取り組んでいる内容について最初にお話しいたします。モノづくり、特に鑄造分野の現状を簡単に述べたあとに、鑄造技術、技能などの問題点等をご説明します。

今回、技能のデジタル化にマルチメディアを使っていますが、これは単に今までビデオだったものをデジタル化してコンピュータに載せたようなデジタル化ではありません。今まで私は鑄物を専門として研究していたわけではなくて、ロボットや制御、画像処理、CAD/CAM/CAEなどの研究をしていました。その中で得た知識を技能伝承に生かそうということで、マルチメディアを有効に使うことを考えました。ただしマルチメディアですから、ただビデオテープの映像をデジタル化して配信するといっただけではなかなか技能伝承に結びつかないと思います。そのあたりの工夫点として、同期マルチメディア言語というものを使い、映像と音声と文書をうまく同期させながら、必要なときに必要な情報を提供できるようにしました。そのようなシステムの構築

のために、技術者の創造性を高めて新たな製品作りに寄与するような知識を我々がまず体得するということと、得られた知識を例えば機械の自動化に役立てるということを心掛けています。

次に、熟練技能をデジタル化する工程についてお話しします。得られた映像から技能者の知識というのはどのようなものであり、これを引き出したり、表現したり、特に「形式知」や「暗黙知」と呼ばれている技能をいかに表現し、それをどのような形でデータベース化していくかについて、我々の試みを述べさせていただきます。

最後に、現在開発途中の高度マルチメディア技術を用いた技能伝承システムの一部についてお話ししたいと思います。以上が今日お話しする概要です。

研究の概要

まず研究体制について説明します【OHP 2, 3】。研究体制といってもそんな大それたものではなく、非常に小さなプロジェクトです。私は現在、埼玉大学工学部機械工学科というところに所属しておりまして、その中のヒューマン・インターフェイス研究室の運営を任されています。そこでは「人と機械」、「人とIT」、「環境と機械」といったテーマで研究を進めており、ロボットや画像処理、リサイクルの問題などに取り組んでいます。

そのような研究テーマの1つとして、数年前から技能者の知識というものをいかにモデル化して伝えていくか、そのような研究をしています。その間いろいろな方とお会いするうちに、川口鑄物工業協同組合さんからアプローチがありま

講演内容

1. 研究体制と方針
2. ものづくりの現状
3. 鑄造技術・技能
4. 同期マルチメディア統合言語SMIL
5. 熟練技能者の知識表現およびデータベース構築
6. 高度マルチメディア技術を用いた技能伝承システム

OHP 1

した。川口鋳物工業協同組合では約 100 社の鋳物工場を川口に抱えており、その取材をさせて頂く中で、本格的に一緒に技能伝承に取り組みましょうということになり、私も作っていたシステムの試作版を全面的に取り入れていただく形で共同プロジェクトとして発足しました。

また、私は埼玉県工業技術センターの客員研究員も兼務しております。そこには鋳物に関して研究されている方が非常に多く、そういった方々とのネットワークやデータを持っておりましたので、大学と協同組合に参加している約 100 社の民間企業、それに県を加えてプロジェクトの体制を整えました。

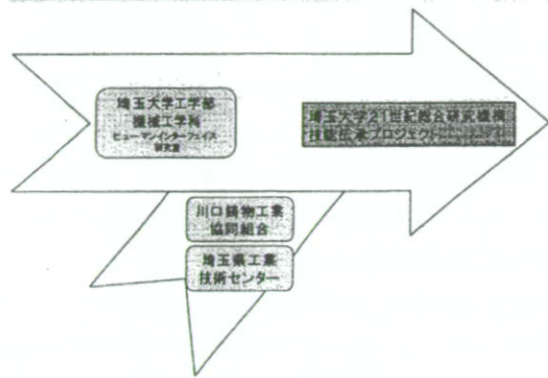
埼玉大学 21 世紀総合研究機構は、特に外部資金で運用していくような研究を集めた提案型の研究プロジェクトを扱っており、その中で、私の研究室の一部の研究者と、川口の鋳物工業協同組合、それから埼玉県がそれぞれ研究員という形で集合し、技能伝承プロジェクトを発足したというのが経緯です。

私は今そこでプロジェクトリーダーをしております。また、機械工学科ヒューマンインターフェイス研究室においては他にもいろいろな研究をしておりますので、そこで得られた成果の一部をプロジェクトの中で活用しています。また鋳物工場や機械工場の方は、技能伝承のための実際のデータの提供や、評価をしていただくという形でご協力いただいています。

私が研究を行いたいと思っているいくつかのテーマをご紹介します [OHP 4]。そのひとつは、知識の体系化とデータベース化というものです。これは、学問的な裏付けの枠組みを作りたいといったような研究です。形式知のデジタル化とデータベース化の手法について検討すること、鋳物製造分野におけるデジタルアーカイブを構築し、暗黙知から知識を獲得する方法について検討すること、熟練技能、特に暗黙知のデジタル化とデータベースの構築法の検討というような、体系化とデータベース化についての検討を進めたいと考えております。

そしてもう一つは、先の検討結果をインターネット/マルチメディア技術を使ってシステムとして実際に使えるものに移行していくための研究です。こちらの方が、応用的な研究となりますが、例えばマルチメディアによる知識の可視化、つまりグラフィカル・ユーザー・インターフェイスとかヒューマン・インターフェイスという技術を使って可視化したものをより分かりやすく伝えていくような手法の検討も必要だと考えています。これには、知識を伝える媒体である文書データや画像データなどを人間とコンピュータの両方がある程度認識できるといった知識の共有化が必要になると思います。そのために、コンピュータ自身に自動的に何が知

研究経緯



OHP 2

研究体制



OHP 3

研究実施計画

- 知識(形式知・暗黙知)の体系化およびデータベース化技術(形式知)のデジタル化およびデータベース化手法の確立
 - 鋳物製造分野におけるデジタル・アーカイブの構築
 - インタビューによる技能(暗黙知)の知識獲得法
 - 熟練技能者の技能(暗黙知)のデジタル化およびデータベース化手法の確立
- インターネット/マルチメディア技術による熟練技能伝承システムの構築
 - マルチメディアによる知識の可視化
 - XMLによる知識の共有化
 - インターネットにおけるマルチメディア情報のQoS(quality of service)保証
 - インターネット/マルチメディア対応オブジェクトデータベースの構築
 - 初学者・新人教育用技術・技能習得システムの開発
 - 鋳物製造分野における熟練技能伝承への適用
 - 他の基盤技術における熟練技能伝承への適用
 - デジタル・マイスター・システムの構築

OHP 4

識として入っているのか、つまりデータベースの内容を認識させなければなりません。そこで、最近よく聞かれるXML (Extensible Markup Language) のような技術を使って人間とコンピュータの知識の共有化を図る検討を行おうと考えています。

このようなシステムの用途としては、例えば工場などで使ってもらうというのもひとつあります。それ以外に、もう少し幅広い一般的な知識を扱った場合には、必要なときに必要な情報を検索できるようにインターネットを使うということも考える必要があると思います。インターネット検索などに使用する場合、通常のホームページでは文字データが主なので検索しやすいのですが、特に熟練技能を伝える場合にはその伝達は動画像に頼ることになります。そうすると非常に大きな情報量になります。情報を求めている現場の方々が使っているコンピュータは、例えば大学などで使われているようなマルチメディア専用のマルチメディアサーバといった高機能のコンピュータでは必ずしもありません。つまり研究段階では上手く機能していても、実際に現場で使うと通信回線が非常に細いなどのために正常にデータの送受信が出来ず使いづらいといったようなことが起きるでしょう。

そのようなことを防ぐために、例えば回線の太さやどれだけのデータ転送能力や表現能力があるかというような受信側のネットワーク環境情報を送信側が確認してから、相手の状況に合わせて送信する画像のクオリティなどを変えていくという機能も必要となります。容量の小さな回線を使っているところには、同じデータでも人間の眼には特に問題がない程度に情報を少し省いて、データ量を軽減させてから送信していくというような工夫が必要です。そのような技術や、或いはインターネット/マルチメディア対応のオブジェクトデータベースの構築方法も今後の検討課題です。

その他の応用例として、初学者あるいは新人研修のための、比較的難易度が低く、特に技術が主体となるような技能の習得システムの開発があります。また、もう少し熟練技能が主となる、つまり暗黙知が主となるような難易度の高い技能の伝承システムの開発もあります。或いは他の基盤技術、例えばレンズを磨くというような技術の伝承システムについても少し検討しております。現在、体系化やデータベース化に取り組んでいるのは、特に熟練技能の中の鋳物に特化しているというわけではありません。ですからそのコンテンツを変えることによって他の分野への応用も可能であり、デジタル・マイスターと呼ばれるシステムの構築を最終的には目指しています。

今日は特に、知識の獲得やデータベース化の際に、鋳物

分野の熟練技能について実際に我々がどのような試みをしているのかというような内容についてお話ししたいと思います。

技能伝承システム自体は、いくつかのカテゴリーに分けられます [OHP 5]。1つは新人技術者の教育システムで、比較的浅い知識を表現するような技能伝承システムです。このシステムはまた、他の分野の技術者にとっても有用です。例えば設計者が工作機械を作るときには、図面を書く技術以外にもいろいろな技術が必要になります。工作機械のベットの部分を鋳物で作りたいといったときに、最近の3次元CADを用いれば非常に簡単に設計は出来ませんが、実際にそれが鋳物で作れるのか、あるいは鋳物に向けた構造になっているのかということは、あまり考えないで設計して発注していることが多いのです。そのような時に最適な設計を支援できるようなシステム、つまり他の分野の人に情報を提供するようなシステムとしても使うことができます。

それから中堅技術者の教育や熟練技能の伝承などを行うシステムです。実は現在、これの共通のベースとなるシステムを作り、その上にオプションとしてそれぞれの分野に特化したモジュールを組み合わせることによって、様々な分野や伝承形態に応用できるシステムの構築を進めています。

我々のコンセプトとしては [OHP 6]、まず、必要な時に必要な情報を引き出せるということが挙げられます。また情報を引き出して伝承するだけではなく、その伝承システムを見て学ぶことによって、もしかしたらこの分野にも適用できるのではないかというような新規の創造的な製品設計に役立つような内容にしようと思っています。それがここに示している「創造性製品設計・製造へのサポート」とか「新たな技術・技能の創出」ということです。今までは技能者の方も技術者の方も現場の仕事が忙しく、自分たちの仕事

鋳造技術・技能の伝承システム

- 新人技術者の教育
他分野技術者・設計者の教育
- 中堅技術者の教育、技能伝承
- 熟練技能者の教育、技能伝承

OHP 5

基本コンセプト

“必要な時に必要な情報を引き出せる”
“創造性製品設計に役立てる”

- 創造性製品設計・製造へのサポート
- 新たな技術・技能の創出
- 熟練技能の伝承
 - 人に技術、技能を伝える
- 生産自動化のための技術情報
 - 機械に技術、技能を組み込む

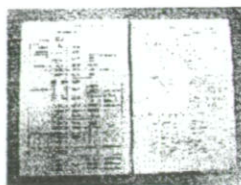
形式知
暗黙知

OHP 6

を体系的にまとめて知識として習得していない場合が多いのです。その方たちに、現在の自分達の知識体系を提示することによって、新たな技術や技能を創出するきっかけを作れるのではないかと考えています。そして、我々の本来の目的である「熟練技能の伝承」つまり、「人に技術、技能を伝える」ということももちろんコンセプトのひとつです。さらに、技能伝承システムの中で蓄積されてきた情報の応用として、例えばロボットなどへの適用を考えた技能情報のデジタル化など、「生産自動化のための技術情報」、つまり「機械に技術、技能を組み込む」ということもコンセプトに含まれています。我々は、人に対して技術、技能を伝えるということと、機械に対して技術、技能を組み込むといった2つの役割を果たすようなシステムの構築を目指しています。

技術的知識には形式知と暗黙知とがあります。形式知は技術的な文書を主体としたような知識伝承が可能な知識です。それに対して暗黙知は、今までは横に技能者が付いて、オン・ザ・ジョブ・トレーニングで「こうしたほうがいいよ」とか「こうするんだよ」とか、あるいはビデオで実際の動きを撮影してライブラリー化するようなことで伝承が行われる知識です。今まではこの形式知と暗黙知をばらばらにデータベース化しようという試みが非常に多かったのですが、我々はこの2つを融合させるといったところに主眼を置いています。

例えば今までは蓄積されていた技術データを、ビデオテープに残したり、スキャナーで取り込んだり、文章化することによってデジタル化していました[OHP 7]。このようなデジタル化も技能伝承のひとつです。しかし、このように単にデジタル化するだけで本当にいいのでしょうか。ただデジタル化しただけでは、それだけで終わってしまわないでしよ



↓ デジタル化だけでよいのか? ↓



OHP 7

ものづくりの産業規模

	出荷額(十億円)	事業所数
金型	1,518 (17.2)	12,455 (27.4)
製缶・板金	1,802 (18.2)	13,702 (30.1)
金属プレス	1,862 (21.2)	9,988 (22.0)
鍛造	540 (6.1)	778 (1.7)
粉末冶金	210 (2.4)	150 (0.3)
鑄造	2,216 (25.2)	4,819 (10.6)
(うち鉄鉄鑄物)	732 (8.3)	(1,543) (3.4)
(うちダイカストなどその他の鑄造)	1,484 (16.9)	(3,276) (7.2)
熱処理	265 (3.0)	874 (1.9)
めっき	590 (6.7)	2,682 (5.9)
合計	8,802 (100.0)	45,448 (100.0)

(注) ()内は、全体に占める割合。
(資料) 通産省「工業統計表(平成7年)」。

OHP 8

鑄物生産量

(単位:千トン、%)

	1985		1994	
	生産量	構成比	生産量	構成比
日本	5201	21.2	5052	16.4
米国	8004	32.6	9522	30.9
ドイツ	3145	12.8	2972	9.6
フランス	1737	7.1	1831	5.9
中国	5201	21.2	8929	28.9
韓国	710	2.9	1312	4.3
台湾	572	2.3	1228	4
小計	24570	100	30846	100

(資料) 素材センター「素材年鑑(平成7年)」

OHP 9

うか。情報の世界ではデータ・マイニングという形で、最初のうちは少ないデータなので非常に使いやすいシステムでも、数年後にはライブラリーのデータがあまりにも多くなり過ぎてしまったがために、必要な時に必要なデータを引き出せない状態になってしまうということが起こります。このような問題から、デジタル化しただけで十分なのかということからはまずひとつ、検討しなければならない課題だと思います。

鑄造現場の現状

我々はこのような背景をもとに考えを進めてまいりました。今回は、いくつかある技能伝承の1つとして鑄造という分野の技能伝承について考えていきます。

鑄造というのは、モノづくりの産業規模としては割と大きいものです【OHP 8, 9】。特に日本の鑄造は、大量生産された製品よりも付加価値の高い鑄物が市場を大きく占めています。

生産量という点から見るとそんなに多くはないように見えますが、付加価値の点から見ると、日本だけでしかできない、あるいは川口のある工場だけでしかできない技術というもの非常に多く存在します。ですからこのあたりの特殊な技能を伝承していくということも非常に重要なことではないかと考えています。

私が主に取材を行った埼玉県というのは、鑄物の中では比較的多くのシェアを持っています【OHP 10】。愛知県なども多くの鑄物工場がありますが決定的に違うのは、埼玉県の鑄物工業はどちらかというと単品鑄物という少量で付加価値の高い鑄物を主にやっているところが多いところです。中には自動車とか大量生産の鑄物を取り扱っているところもありますが、多くは単品鑄物という形で、非常にレベルの高い熟練技能を有している工場が多いわけです。

最近廃業する工場が多いのは、そのように熟練を要する鑄物でも、キログラムあたりの値段で取引が行われてしまうためです【OHP 11】。1キログラムあたり200円程で取引引きされているところもあるということです。

少し古いデータになりますが、鑄物産業従事者の年齢構成の表です【OHP 12】。この表からは、若い世代の人数が少なくなっていることがわかります。現在は50代から60代の方が現場のトップに立たれて技能を伝承、つまりオン・ザ・ジョブ・トレーニングで若い人の指導にあたっています。しかしこのまま行くと、その会社だけにしかない技術というのが徐々に失われてしまう危険性が出てきています。我々はそのような特殊技術を何とか残したい、そして、次に活躍する技能者に出来るだけ正確に伝えたいと思っています。また、現在多くの鑄物工場というのは親会社から与え

鑄物生産量

(単位:千トン、ヶ所)

	機械用鉄鑄物		その他鉄鑄物		合計	
	生産量	事業者	生産量	事業者	生産量	事業者
岩手	26	19	12	30	38	49
埼玉	176	146	50	54	226	200
神奈川	56	11	7	4	63	15
新潟	70	46	8	13	78	59
静岡	135	66	7	4	142	70
愛知	777	175	49	37	826	212
三重	69	64	117	72	186	136
大阪	167	80	46	34	213	114
兵庫	64	29	1	5	65	34
鳥取	72	9	16	3	88	12
広島	101	41	18	9	119	50

(注) 合計の事業者数は、機械用とその他と両方生産している企業をダブルカウントするため、実際の事業者数と合わない。
(資料) 通産省「工業統計表」平成5年版。

OHP 10

鑄物の価格

FCの価格表(円)	改定前	改定後
10kg以上	210	210
50kg以上	180	180
200kg以上	170	160
500kg以上	170	155

(注) 1. FC: ねずみ鑄鉄
2. 価格は1kg当たりの単価

(資料) 工作機械メーカーの通知書を模し作成。

鑄物 約200円/kg

OHP 11

鑄物職工の年齢構成

(%)

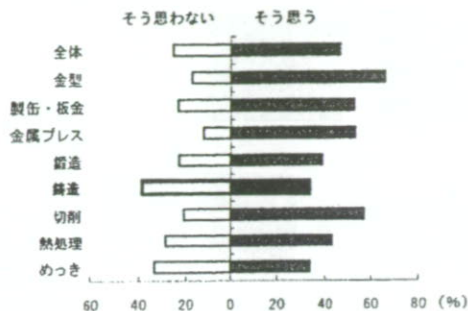
従業員規模	100人以上		100人未満	
	1980年	95年	1980年	95年
10歳代	3.2	5.2	2.3	2.1
20歳代	20.4	23.5	8.5	12.4
30歳代	29.2	19.4	23	13.1
40歳代	30.4	22.8	35.9	21.8
50歳代	16.2	28.2	25.2	37
60歳以上	0.6	0.8	5.1	13.6
合計人数	22320	15060	12290	9030

(注) 対象は「鑄物工(男子)」

(資料) 労働法令協会「賃金センサス」

OHP 12

技能を機械で置き換えられたか？



(資料) 国土交通省「中小機械・金属製造業の技術変化に関するアンケート」

OHP 13

熟練技能は必要か

- 現在、熟練技能は必要か？
 - 必要である 85%
 - 必要でない 13%
 - 無回答 2%
- 将来、熟練技能の必要性は？
 - 増加する 68%
 - 減少する 30%
 - 無回答 2%

(中小企業総合研究機構調べ 平成12年)

OHP 14

られた仕事をこなしていくという体質ですが、これからの鋳物づくりはもっと積極的に、「こういうところでも使えますよ」と提案しながら新規の技術、技能を創出していく必要があると思います。そのようなきっかけにもなるようなシステム作りを目指しています。

統計から、鋳造では機械化が難しいことがわかります [OHP 13]。金型などは機械化、あるいは自動化が比較的可能な分野で、実際に成功している例もあります。それに比べて鋳物は、暗黙知と呼ばれる熟練技能に頼っている比率が大変高いため、機械化が難しいのです。

熟練技能というものは、特に付加価値の高い鋳物を製造するときに非常に重要になってくるため、現在もそして将来においても必要なものです [OHP 14]。ですから、何としても熟練技能は残さねばなりません。

熟練技能が必要である理由 [OHP 15] の1つは、まず機械で簡単に置き換えられない技術であるからです。また、長い間に積み上げられた経験とか知識を基にした新たな技術開発や問題開発が期待できるために必要とされているのです。

現在行われている技能伝承は口頭でのオン・ザ・ジョブ・トレーニングが主ですが [OHP 16]、今後は、マニュアルやデータベースに頼ることになってくると予測されます [OHP 17]。しかしただ単に文書データをデジタル化し、映像データをコンピュータの中に蓄えておくだけで、本当にデータ・マイニングということが起きないのかどうかという点が心配なところです。

それ以外にモノづくりのIT化の中には、工程設計やドキュメント製作、トータルプランニングなどが含まれます。結局、設計、生産準備、製造といった段階でのノウハウのデジタル化はが難しい部分なのです。このノウハウをデジ

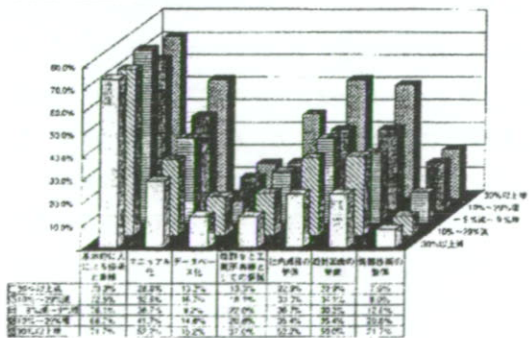
熟練技能の必要な理由

合計	機械化による作業の代替	作業の単純化	作業の高度化	作業の複雑化	作業の多様化	作業の多岐化	作業の連続化	作業の自動化	作業の省力化	作業の効率化	作業の安全化	作業の衛生化	その他	用いない
171	33	106	121	60	41	77	11	16						
100.0%	19.3%	61.4%	70.8%	35.1%	24.0%	45.0%	6.4%	9.4%						
30%以上業	83	42	40	8	37	28	30	15	9	14	3	3		
100.0%	48.5%	24.6%	23.5%	4.7%	21.6%	16.4%	17.6%	9.4%	5.3%	8.2%	1.8%	1.8%		
10%~29%業	127	68	54	9	30	42	38	14	11	30	2	8		
100.0%	53.8%	42.5%	42.5%	7.1%	23.6%	33.1%	29.9%	11.0%	8.7%	23.6%	1.6%	6.3%		
1~9%業	96	62	42	8	20	42	29	20	12	18	4	3		
100.0%	65.3%	44.2%	43.8%	8.4%	21.1%	44.2%	30.5%	21.1%	12.6%	18.9%	4.2%	3.2%		
10%~29%業	37	14	15	4	6	12	14	3	4	5	2	1		
100.0%	37.8%	40.5%	40.5%	10.8%	16.2%	32.4%	37.8%	8.1%	10.8%	13.5%	5.4%	2.7%		
30%以上業	37	17	15	3	9	19	7	7	5	8		1		
100.0%	45.9%	40.5%	40.5%	8.1%	24.3%	51.4%	18.9%	18.9%	13.5%	21.6%		2.7%		
無回答	11	5	5	1	4	5	3	1		2				
100.0%	45.5%	45.5%	45.5%	9.1%	36.4%	45.5%	27.3%	9.1%		18.2%				

(中小企業総合研究機構調べ 平成12年)

OHP 15

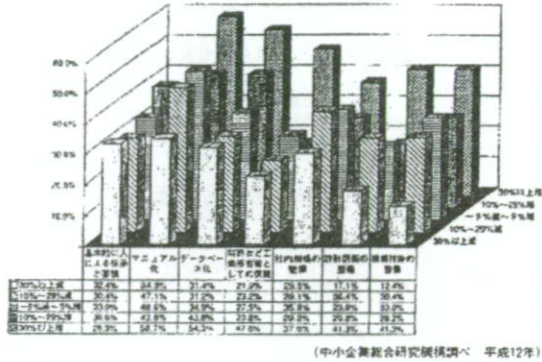
製造に必要な技術をどのように継承しているか(現在)



(中小企業総合研究機構調べ 平成12年)

OHP 16

製造に必要な技術をどのように継承しているか(将来)



OHP 17

ル化できればCAD / CAE / CAMなどでトータルにデジタルでモックアップして、デジタルでソリッドで例えばCADデータをつくって、それが生産に結び付いている。そのときに、様々なノウハウを技能伝承システムのデジタル化された情報をもとに修正していくことによってより良い製品の製造、あるいは設計の上流段階でノウハウを活用することによって新規の創造設計などにつながるのではないかと考えています。

鑄造における技能

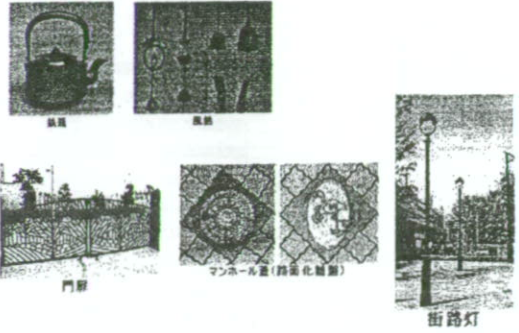
次に鑄造について説明します。鑄物という多くの人には門扉や釜、あるいはマンホールなどをイメージされると思います [OHP 18]。

しかし、特に熟練技能を要するものとしてはタービンのブレードの一体成型鑄造や、シリンダーブロック、工作用のベットなどがあります [OHP 19]。これは一見すると鉄の塊のように見えますが、実際には厚肉の部分と薄い部分とが混合しており、非常に製造しづらいものです。ただこれを機械加工で作ろうと思うと多大な労力やコストがかかったり、あるいは出来なかつたりするわけです。それを容易に出来るのは鑄物の技術だけなのです。

実は最近、タービンブレードの成型で特殊技術を持っていた会社がやめてしまうことになりました。現在、その会社が持っている特殊技術をこの技能伝承システムでデジタル化して、違う会社に技術移転をするという試みをしています。このような特殊技術というものは、持っている会社が何らかの形でやめてしまうと途絶えてしまう技術です。日本からそのような技術が無くなってしまふという恐れがあるのです。

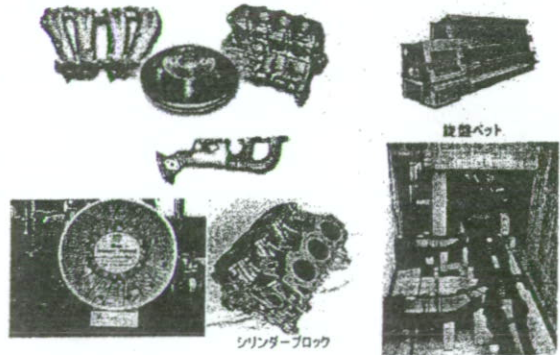
鑄造は、溶かした金属を鑄型に流し込んで製品を作ると

鑄物製品



OHP 18

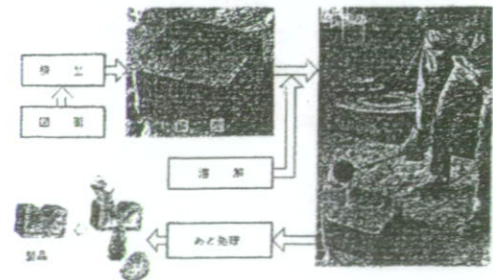
鑄物製品



OHP 19

鑄造

“鑄造(casting)は、溶かした金属を鑄型に流し込んで製品をつくる方法である。”
何故、鑄造についての技能伝承が必要なのか？



OHP 20

いう方法で、どうしてこれに技能があるのかと思われる方も多くいらっしゃいます [OHP 20]。しかしながら、例えば金枠の大きさや砂を詰めるときの詰め具合、金属を流し込む速度やその中に入れる微量成分の濃度、さらには金属を流し込む所を1カ所ではなくて2カ所から入れるとか、2カ所から入れるのでも時間をずらして分量を変えて流し込む、というような実に多くのノウハウが隠されているわけです。そのような図面には書かれていないノウハウをいかに残していくかということが重要なことになってきます。

鋳物の特徴を挙げますと、自由な形が創れる、リサイクル性が高いなどのいろいろな利点があります [OHP 21]。

これが主な鋳物の上型、下型、そして中をくり抜くための中子です [OHP 22]。用いる砂も単なる砂ではなく、そのときの部屋の温度や湿度によって配合を変えなくてはなりません。技能者の方ですと、砂を少し握ってその具合から砂の水分量や形状、含まれている成分などを知ることができます。

図にちょっと線が出ていますが、鋳型に溶かした湯鉄を入れていきますと当然ガスが発生します。そのため、ガスを抜くためのパイプライン以外のところからもガスを抜かないと中でガスが残ってしまうため、棒でつつくことでガス抜きを行います。このつつき方は傍目で見ていると適当にやっているように見えるのですが、実際は非常に考えて、つつく深さから何カ所つつくのかなど、こういうところにも非常に多くの技能が含まれています。

また鋳物というのは、目的の製品の形状を作るためにその形状以外のところにガス抜き穴や湯だまりなどの箇所を作ります。そのようなものも鋳型設計の段階で考えなくてはならず、非常に複雑なノウハウが含まれています。

鋳物は長い期間作られており、技能も蓄積されているのですが、未だに不良というものは絶対に無くなりません [OHP 23]。湯まわりの不良、形状・寸法の不良、鋳肌の割れ、気泡、ひけ、割れ、スラグなど、いろいろな不良があります。このような不良に対しては図に示すような原因が挙げられます [OHP 24, 25]。

そこで、主な対策はこうですということをいかにデジタル化して人により分かり易く伝えるかということが重要となります。例えば動画像を使っても、ちょっとした細かいヒントが適切なタイミングで相手に伝えられるものでないと、ただ単に対策法をデジタル化しただけではデータベースとしては意味が無く、価値が半減してしまう可能性があります。

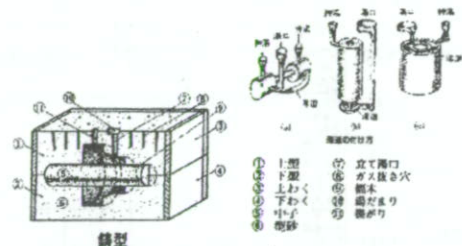
ノウハウ以外に重要な要素としては、技能者の方の五感というものがあります [OHP 26, 27]。例えば目で見るとか、触ってみるとか、臭いを嗅いでみるとかです。それぞれの場面で砂や炉、型をやるときなどのいろいろな技能を、いろ

鋳物の特徴

	利点	懸点
鋳物設計	自由に形が創れる：「創形自在」 複雑形状を一体化できる 中空形状が可能（中子使用）	設計が難しい 設計者が鋳物の設計を敬遠する
鋳物全般	材料選択幅が高い リサイクル性が高い	寸法精度が悪い（砂型） 材質のバラツキが多い（スクラップ） 肉厚感受性が高い（凝固組織） 肉厚による強さのバラツキ 厚肉部の割れ、圧むれ 「黒」不良率が高く、原因究明が困難 成型が必要
鉄系		
鋳鉄	粘性抵抗が低い 鋳鉄は水の半分 自由空間に溶融金属が流れ込む。 溶湯の表面張力が高い（砂型にしこまない） 凝固時の収縮が少ない（黒鉛の晶出時に膨張）	溶接ができない

OHP 21

鋳物



鋳型

天然けい砂の成分例

[単位 %]

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO
赤川川砂	89.14	7.81	1.11	0.60	0.17
徳島川砂	90.66	4.72	0.45	0.18	0.50

OHP 22





鋳物不良の原因

不良原因

- 湯まわりの不良
- 形状・寸法の不良
- 鋳肌不良
- すくわれ・砂食い
- 気泡・吹かれ
- ひけ
- われ
- スラグ入り





OHP 23

鋳物不良の原因と対策

不良の種類	不良の原因	対応の対策
 崩れ・ひび 1. 崩れ・ひびの発生 2. 崩れ・ひびの発生 3. 崩れ・ひびの発生 4. 崩れ・ひびの発生 5. 崩れ・ひびの発生	1. 本型の実質・体積から改良し、1~1割多とする。 2. 出流速度・押込み速度を高くする。 3. 一様に流れるようにする。 4. 押流の遅さや不足を解消する。 5. 流路を短くして流路で冷却しない。 6. 型の合わせ目を慎重に磨いて流路の隅々まで十分にかき取る。	1. 設計変更または鋳型の設計を改め、 2. 主部の水分が多すぎないように、砂を置きすぎないようにする。 3. 中子の置きすぎに注意する。 4. 中子押入は、さびや塗油のついたものを避ける。
 欠け・寸法の不良 1. 欠け・寸法の不良 2. 欠け・寸法の不良 3. 欠け・寸法の不良 4. 欠け・寸法の不良 5. 欠け・寸法の不良	1. 鋳型の検査を厳密にする。 2. 型材で欠けをつくらない。鋳型の保管に注意する。 3. 型材に欠け(ヒビ)を認め、金型を交換につける。 4. 中子を組むとき慎重にし、中子押入の悪い方を正しく行う。 5. 必要以上に強く叩かない。 6. 適量な力でどし・固定代を打てる。	1. 押流速度は遅し、金をつける。 2. 押流速度を高くする。 3. 鋳物の大きさによって流路・流道を変える。 4. 崩れ・寸法の不良を減らす。
 表面不良 1. 表面の不良 2. 表面の不良 3. 表面の不良 4. 表面の不良	1. 鋳型表面を十分に仕上げ、 2. 鋳型の表面を十分に仕上げ、 3. 鋳型の表面を十分に仕上げ、 4. 鋳型の表面を十分に仕上げ、	1. 鋳てどしをつけて表面をばかす。 2. 鋳型の表面をばかす。 3. 鋳物を改良し、中子を清潔な物にする。 4. 崩れ・寸法の不良を減らす。
 ずり・ひび 1. ずり・ひびの発生 2. ずり・ひびの発生 3. ずり・ひびの発生	1. 鋳物の表面を十分に仕上げ、 2. 鋳物の表面を十分に仕上げ、 3. 鋳物の表面を十分に仕上げ、	1. 表面をばかす。 2. スラッグを洗いとり、とりを工夫する。 3. 押流速度を高くする。

OHP 24

鋳物不良の原因と対策

不良の種類	不良の原因	対応の対策
 欠け・ひび 1. 欠け・ひびの発生 2. 欠け・ひびの発生 3. 欠け・ひびの発生 4. 欠け・ひびの発生	1. 本型の実質・体積から改良し、1~1割多とする。 2. 出流速度・押込み速度を高くする。 3. 一様に流れるようにする。 4. 押流の遅さや不足を解消する。 5. 流路を短くして流路で冷却しない。 6. 型の合わせ目を慎重に磨いて流路の隅々まで十分にかき取る。	1. 設計変更または鋳型の設計を改め、 2. 主部の水分が多すぎないように、砂を置きすぎないようにする。 3. 中子の置きすぎに注意する。 4. 中子押入は、さびや塗油のついたものを避ける。
 欠け・寸法の不良 1. 欠け・寸法の不良 2. 欠け・寸法の不良 3. 欠け・寸法の不良 4. 欠け・寸法の不良	1. 鋳型の検査を厳密にする。 2. 型材で欠けをつくらない。鋳型の保管に注意する。 3. 型材に欠け(ヒビ)を認め、金型を交換につける。 4. 中子を組むとき慎重にし、中子押入の悪い方を正しく行う。 5. 必要以上に強く叩かない。 6. 適量な力でどし・固定代を打てる。	1. 押流速度は遅し、金をつける。 2. 押流速度を高くする。 3. 鋳物の大きさによって流路・流道を変える。 4. 崩れ・寸法の不良を減らす。
 表面不良 1. 表面の不良 2. 表面の不良 3. 表面の不良	1. 鋳型表面を十分に仕上げ、 2. 鋳型の表面を十分に仕上げ、 3. 鋳型の表面を十分に仕上げ、	1. 鋳てどしをつけて表面をばかす。 2. 鋳型の表面をばかす。 3. 鋳物を改良し、中子を清潔な物にする。 4. 崩れ・寸法の不良を減らす。
 ずり・ひび 1. ずり・ひびの発生 2. ずり・ひびの発生 3. ずり・ひびの発生	1. 鋳物の表面を十分に仕上げ、 2. 鋳物の表面を十分に仕上げ、 3. 鋳物の表面を十分に仕上げ、	1. 表面をばかす。 2. スラッグを洗いとり、とりを工夫する。 3. 押流速度を高くする。

OHP 25

鋳物現場の5感の「はたらき」

	視(眼)	触(肌)	嗅(鼻)	聴(舌)	味(舌)	目覚め
原料	真材真入	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
伊勢砂	伊勢砂	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め

OHP 26

鋳物現場の5感の「はたらき」

	視(眼)	触(肌)	嗅(鼻)	聴(舌)	味(舌)	目覚め
原料	真材真入	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
伊勢砂	伊勢砂	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め
砂鉄	水分、Si%、D値	色、光沢、さび	臭い	ガス臭い	臭い	目覚め

OHP 27

いろいろな五感を使って確認している部分があります。技能伝承では臭いを伝えるのは無理なのですが、なるべく触った感じとか叩いたときに耳に聞こえる音、キュボラで湯鉄を沸かしているときにはどんな音がして、湯鉄がうまく溶けているのかどうか、あるいは何度なのか、湯鉄を沸かしていると表面に花が咲いたような模様が出てきたりしますが、そのような模様をただ白黒写真などで見るのではなく、実際にその模様がどう動いたときにはどういう成分が入っていて、湯鉄がしっかり溶けているのかどうかというようなものを効果的に伝えていく必要があると思います。

SMIL を用いたデータ記述

我々は、SMILというプログラムを使って技能のデジタル化に取り組んでいます [OHP 28]。これは Synchronized Multimedia Integration Language といって、同期化マルチメ

SMILとは

SMILは、複数の独立したマルチメディアオブジェクトを1つの同期マルチメディア表現に統合することを可能にする。SMILを使って、制作者は次のようなことができる。

1. 表現の時間的な挙動を記述する。
2. 表現のスクリーン上のレイアウトを記述する。
3. ハイパーリンクをマルチメディアオブジェクトと結び付ける。

OHP 28

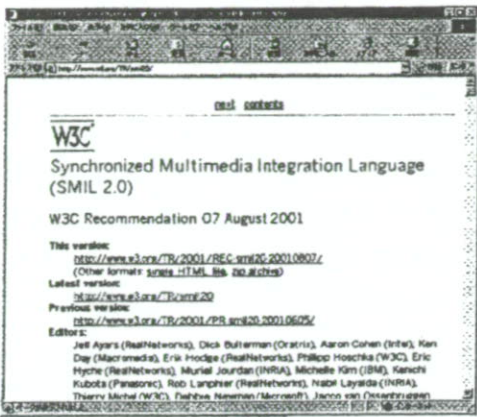
ディア統合言語です。SMILはいくつかのコンテンツ、例えば音声や、ビデオ、テキスト、グラフィックスなどのマルチメディアのプレゼンテーションをするために規格化された仕様です。熟練技能の伝承のために作られた言語ではありませんので、熟練技能を伝承するという機能は全くありません。私は以前から情報とか制御の信号を同期化させるというような研究をしており、その中でこのような技術が技能伝承に使えるのではないかと思ひ、これを使っているのです。

SMILについて詳しくお知りになりたい方は、W3Cというコンソーシアムがあり、Web上でも公開されていますのでそちらをご覧ください[OHP 29]。今はSMIL 2.0という勧告がなされています。これはちょうど今年の8月に提案されています。

SMILを使うと何が出来るのかというと、複数の独立したマルチメディアオブジェクトを1つの同期化したマルチメディア表現に統合することが可能です。例えば鋳物を作っているときには、湯鉄を汲むなどの動作にかかる時間と実際に行う動作の内容との同期が重要になるため、表現の時間的な挙動を記述することが必要になります。それから表現のスクリーン上のレイアウトを記述することも出来ます。ハイパーリンクをマルチメディアオブジェクトと結び付けることができるということは、例えば映像の中に技術文書をつなぎ合わせる事ができるということです。ですから映像を見ながら文書、文書を見ながら実はその映像は何なのかといったようなことを結び付けることが可能になります。

実際にはどういふものかということ、例えばこのようなWeb上のブラウザに何か絵を表示させたいときには、ワードや太郎などで文章を書くのと同じように記述することで表示できます[OHP 30]。これにはXMLという技術が使われています。要するにこの中に入っているコンテンツがどのような情報なのかという定義をすることができ、そこにその定義を認識する特殊なタグを埋め込むことが出来るのです。これよってこの絵がどこの場所にどういふ時間表示されて、尚かつその内容はどのようなものなのかという、メタデータと呼ばれるものを記述することが出来るようになります。この技術によって、キーワードを入れるだけで自動的に大量のデータの中からその時に必要な文章なり映像なりを選んで引き出すことが可能となるのです。

SMILに関するタグの要素はここ[OHP 31]に示されているだけで、これだけのキーワードで表現することができます。これらのキーワードだけで、例えば文書の内容を記述したり、複数の映像を同時に見せるということが出来ます。例えば湯鉄を汲むという動作でも、良い例と悪い例とか、湯鉄の材質によって入れ方が変化する様子など、2つの比較映像を同じ時間軸で画面上に同時に流すということ



W3C
Synchronized Multimedia Integration Language
(SMIL 2.0)
W3C Recommendation 07 August 2001

This version:
<http://www.w3.org/TR/2001/REC-smil20-20010807/>
(Other formats: [schema](#) [HTML](#) [iso](#) [no](#) [alices](#))

Latest version:
<http://www.w3.org/TR/2001/>

Previous version:
<http://www.w3.org/TR/2001/PS-smil20-20010625/>

Editor(s):
Jett Ayers (RealNetworks), Dick Bulterman (Oratrix), Aaron Cohen (Infra), Ken Day (Macromedia), Erik Hodge (RealNetworks), Philipp Hoschka (W3C), Eric Hyche (RealNetworks), Murial Jordan (HRIA), Michelle Kim (IBM), Kanichi Kubota (Panasonic), Rob Langner (RealNetworks), Naoki Layada (HRIA), Thomas Martini (W3C), Paulina Remington (RealNetworks), Francis van (RealNetworks)

OHP 29



```

<smil>
<head>
<meta name="author" content="Kazuki Watanuki"
name="copyright" content="Saitama Univ."/>
</head>
<body>
<rect layout width="300" height="300"
background-color="blue" />
<region id="icon" left="100" top="100"
width="100" height="100" fit="fill" />
</body>
</smil>

```

OHP 30

SMIL の要素の一部

要素名	最小サポート 子要素	属性
smil	head, body	COMMON-ATTRS, CONTROL-ATTRS, smil
head	layout, switch	COMMON-ATTRS
body	TMING-ELMS, MEDIA-ELMS, switch, s	COMMON-ATTRS
layout	rect, layout, region	COMMON-ATTRS, CONTROL-ATTRS, type
rect-layout	EMPTY	COMMON-ATTRS, background-color, height, width, skip-content
region	EMPTY	COMMON-ATTRS, background-color, bottom, fit, height, left, right, skip-background,
ref, animation, audio, img, video, text, textstream	src	COMMON-ATTRS, CONTROL-ATTRS, TMING-ATTRS, repeat, MEDIA-ATTRS, region
s	MEDIA-ELMS	COMMON-ATTRS, LINKING-ATTRS
src	EMPTY	COMMON-ATTRS, LINKING-ATTRS, TMING-ATTRS, repeat, shape, control, textref
src, src	TMING-ELMS, MEDIA-ELMS	COMMON-ATTRS, CONTROL-ATTRS, TMING-ATTRS, repeat
switch	TMING-ELMS, MEDIA-ELMS, s, layout	COMMON-ATTRS, CONTROL-ATTRS

OHP 31

もできるし、それぞれを順番に時間を追って流すことも出来ます。要するに並列でも順次でも表示できるというのが一つの特徴です。映像などのデジタル情報に時間という概念を入れて制御することが可能になるということが SMIL の特徴になってきます。

その簡単な例を、「砂を詰める」というキーワードを使って説明します。「砂を詰める」とはどういう動作であるのかということを見たいとします。「砂を詰める」というときに、枠の中に砂を詰めるのと中子の中に砂を詰める動作は、それぞれ違います。しかし検索したときには一応両方とも出てきます。

どうい動作なのか、どう違いがあるのかを見たい場合には、このように2つの動画像の時間軸を同時に合わせて流します[OHP 32]。また、画面の上の方にはテキストが表示されます。これはこの画像データは他にどんな情報を持っているのかを示すのに使われています。さらにこの映像に対して、任意の時間に表示されるテキスト・ストリームを記述することもできます。これにより、ここに何があるのかという音声ガイダンスと、実際に何があるのかというテキスト・ストリームを同時に表示することも可能です。このように2つを比べながら見ることもできるわけです。

このデータの中には実は文書データも記述されています。この文書だけを検索するというようなことも、XML で記述されているので出来ます。例えば「砂」というキーワードが文章中にあれば、ここからハイパーリンクして、別の「砂」という知識、例えば砂の成分や、産地によってどういう違いがあるのか、砂というのはどのような形状をしていて、含まれる水分量に対してどのような挙動を示すのかというような技術文書とリンクできます。

ここに示したような、同時に複数の情報を並列に流すというのは、プログラムの上では非常に簡単に実現されます[OHP 33]。<par> というタグをただ付けるだけで、先ほどのコンテンツをテキストと動画像を並列に流すことができます。そのときに、どのような大きさで、何秒後にという条件をその属性として埋め込んでおくだけでいいのです。

表示されるテキスト・ストリームは、見た目にはただ文字が流れているだけですが、実際にはこのようなタグで書かれているので、情報として検索することも可能になります[OHP 34]。

また、時間的な工程を追って情報を見たいというときには、例えばこれ[OHP 35]は鋳型を組み合わせていってその中に湯鉄を流し込むまでの画像データですが、その際のタイミングなどの技能を見たいというときには、検索して引っかかってきた画像を順次に流すことも出来ます。これはつまり、1つのビデオの領域に2つの時間を追って動画像を流

Time

Video 1 / Text 1

Video 2 / Text 2

OHP 32

Time

Video 1 / Text 1

Video 2 / Text 2

```

<smil>
<head>
<meta name="title" content="主要適型 - 中子適型" />
<meta name="author" content="Kaichi Watanuki" />
<meta name="copyright" content="Saitama Univ." />
<layout>
<root layout width="360" height="280" />
<region id="text-reg1" left="0" top="0" width="320" height="40" />
<region id="video-reg1" left="0" top="40" width="320" height="240" />
<region id="video-reg2" left="340" top="0" width="320" height="240" />
</layout>
<body>
<par>
<video src="sample1.rm" region="video-reg1" fill="freeze" />
<video src="sample2.rm" region="video-reg2" fill="freeze" />
<textstream src="sample1.rtf" region="text-reg1" fill="freeze" />
<textstream src="sample2.rtf" region="text-reg2" fill="freeze" />
</par>
</body>
</smil>

```

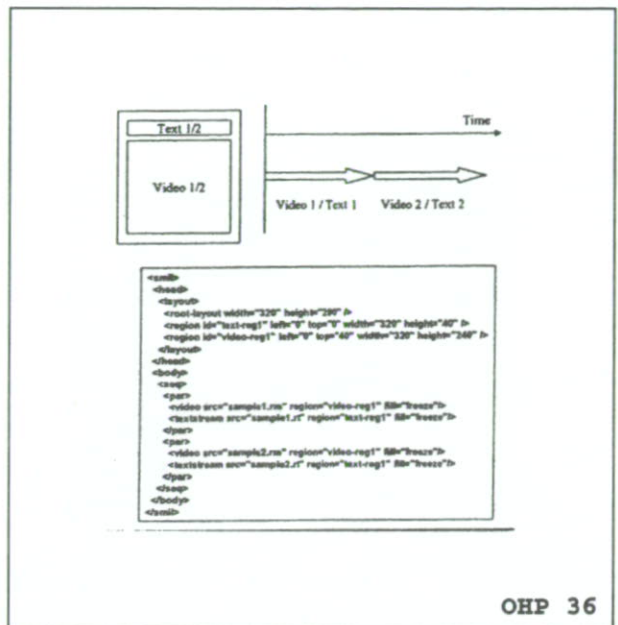
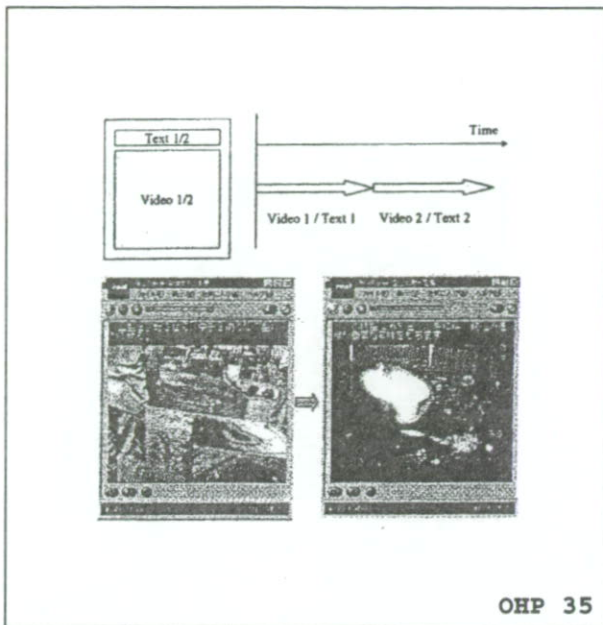
OHP 33

```

<window type="generic" duration="5:31" bgcolor="black"
width="320" height="40">
<font charset="1-gj" face="osaka" size="3" color="white">
<time begin="0">枠や模型に接する部分には、しっかりと砂を詰める。
</font>
</window>

```

OHP 34



すということが出来るというものです。これは<seq>というタグを付けるだけで、画像を直列に流すということが出来るわけです【OHP 36】。これを使うと、こちらの映像を見たあとにこちらを見るといったようなことも出来るのです。

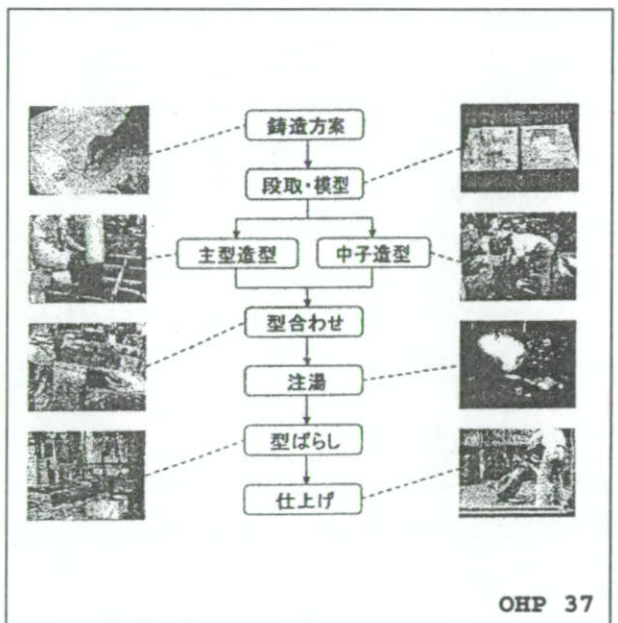
技能情報のデジタル化

これは、鑄造の一連の工程をライブラリーの形にまとめたものです【OHP 37】。鑄造は「鑄造方案」「段取」「模型」「主型、中子の製造」「型合わせ」「湯鉄を流し込む」「型をばらす」「仕上げる」といった工程から成ります。ひとつひとつの工程について映像と実際の3次元映像があり、だいたい100時間から200時間くらいのビデオライブラリーになるものを現在、用意しています。

これをもし「ビデオライブラリー全20巻」というような形でライブラリー化したら、それを全部見るだけでも非常に大変で、おそらく見ないで棚の中にしまっておくだけになってしまうと思うのです【OHP 38】。それをいかに必要とときに必要なデータを取り出せるような形のライブラリーにするかというのが重要になってきます。技術データをデジタル化するのは、ただビデオ化するだけでは十分ではないのです。

デジタル化したこのような各映像【OHP 39, 40】には、静止画と動画の両方が含まれています。動画に関してはMPEGで圧縮して格納されています。砂を詰めるところから、その砂を固めて型を作るところ、中子が焼き付かないように泥を塗るところ、型を合わせるために運んで中のものを整形するところ、そして湯鉄を入れるところなどです。湯鉄を型に流し込むときには、流し込むタイミングや分量などが非常に重要なノウハウとなります。

このときの鑄型の中の状態は、3次元のデジタルモックアッ



作業内容のデジタル化



OHP 39

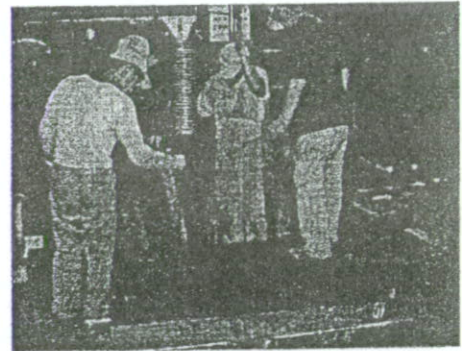
で可視化しています。湯鉄が流れる状態も CAE で流動解析をしています。それらの映像を見ながら、鑄型の中の状態がどうなっているのかということを定量的に把握できるようにシステムは作られています。このような定量的な情報が実は重要なのです。写真だけでは、このような鑄型の場合には大きさの異なる2つのとりべで湯鉄を入れた方がよいのだと、コツとしてはわかるのですが、それではどのタイミングでどういう分量を流し込むのかということはわかりません。湯鉄の流れる量というのは、入り口径によって全然違ってきます。ですから定性的なデータ以外に、隠されてリンクされているデジタルデータによって定量化も可能にするということが技能を伝承するために重要なことです。

技能者にはその情報を取材した映像を見てもらい、実はこういうことがあるんだよということをインタビューします。インタビューすることによっていろいろな情報を得て、これをまたそのシステムの中に組み込んでいきます。いろいろな角度からいろいろな方にお伺いして、その知識を蓄えていくことが必要なのです。

暗黙知を形式知化するためにどのような事を行っているかを説明します。まず工場の中で取材を [OHP 41] し、作業をビデオ撮影します。詳しい内容については担当者に質問して確認します。鑄型については3次元の CAD データにするために採寸しておきます。撮影した映像はこのようなスクリーンに映し出して、技能者に「ここはこういうことだよ」というようなコメントをもらいます [OHP 42]。この時の様子もまたビデオで撮影しており、その映像もデジタルデータとして蓄積し、その中で発言されたことは XML の文書にして画像の中に埋め込みます。

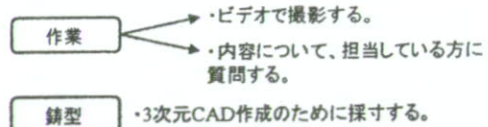
コメントとしては、例えば「注湯」というのはどういうものなのかといった語句の意味や、技能あるいは科学的な裏付

作業内容のデジタル化



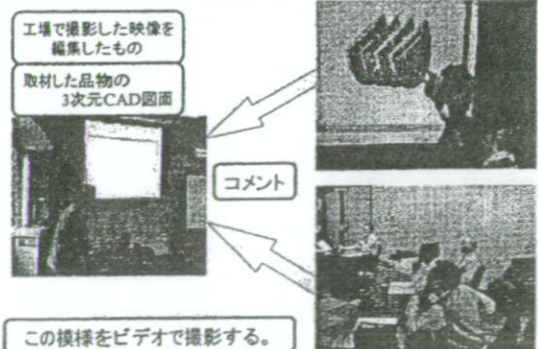
OHP 40

工場での取材



OHP 41

技能者へのインタビュー



OHP 42

コメントの整理

委員会時に撮影したビデオでコメントを確認し、抽出してデータとして整理する。

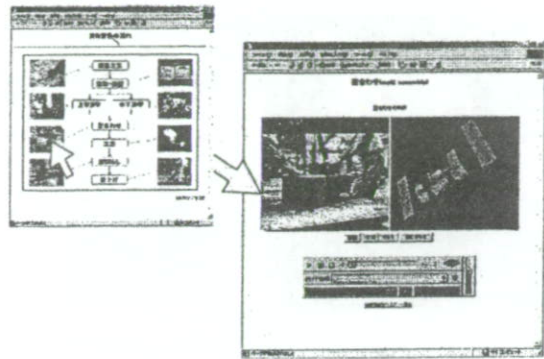


注湯

- (1)概要
- (2)詳細
- (3)技能・ノウハウ
- (4)技能の科学化(裏付け)
- (5)使用する工具・施設

OHP 43

システムの概要



OHP 44

け、工具などを聞いています【OHP 43】。そのようなコメントを整理した例としては、湯鉄を型の中に流し込むときには温度が低くならないうちに静かに早く注ぎ込むというような表現をしてもらいます。実際に「静かに早く」というのはどうということなのかということも、細かく技能データとして付けています。例えばガス抜き穴とか、着火するとか、そのような細かいノウハウなどを技能者から頂くわけです。

注湯の温度管理や湯鉄を注ぎ込む速度というようなノウハウは、後に科学的な観点から実際の焼きつきの原因や形状不良などを定量化していきます。関連する知識や、欠陥にもなっているトラブルなどの情報を1つひとつをそれぞれの工程ごとに集め、デジタル化して先ほどの映像と同期化させていきます。こうすることによって、トラブルが起きたときにそのキーワードを入れることによってその映像と文書等の情報を見ることが出来ます。逆に文書を見ながら、何が隠されているのかということを知ることも出来るのです。

システムの対応ですが、例えばこのような工程画面を示しておきます【OHP 44】。工程が全然わからないという初学者は、何が知りたいのかもわかりません。そのような場合には、ある程度のナビゲーションをするシステムとして利用することが出来ます。要するにこれが知りたいといったところをクリックすることによって、例えば型を合わせるときにはどういう合わせ方が必要なのか、どのような工夫が必要なのかということを表示させることが出来ます。

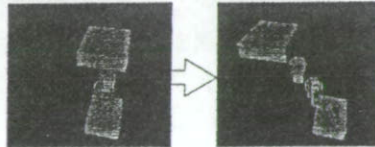
そのときに3次元の映像とともに、XVLという形で圧縮している3次元CADデータも一緒に入れておけば【OHP 45】、例えば鋳型をいろいろな角度から見ることも出来るし、自分で組み合わせたときにどうなるかということを見ることも出来ます。また断面を見ることも出来るのです。

XVLを用いた型の表現

・型を合わせる



・型を横にずらす



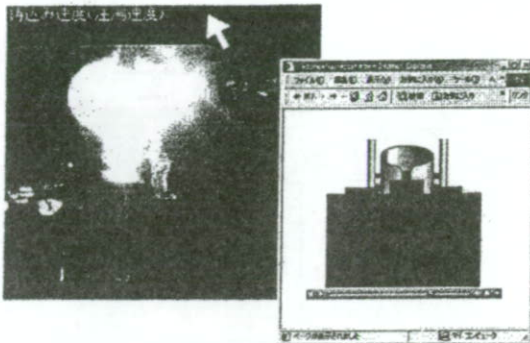
OHP 45

映像からのリンク



OHP 46

テキストストリームからのリンク



OHP 47

様々な視点から見るということを補う形で科学データを横に入れ込むということも可能です【OHP 46】。「流し込む」という動作に関してもっと詳細な情報、例えばとりべについての情報が見たければとりべのところをクリックすると、とりべに関する技能データが合わさって表示されます。

湯鉄がどうなっているのかを知りたいければ「湯鉄」をクリックすると、実際に湯鉄がどう流れ込んでいるのかという解析データがアニメーションとして表現されています【OHP 47】。実際にどのように湯鉄が流れていって、どの部分が一番危ないのか、また、どこに湯鉄が溜まってしまうのかというようなことを知る事が出来ます。

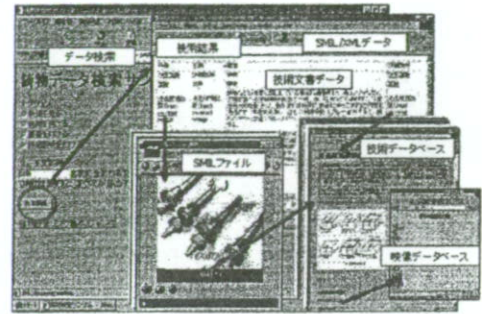
検索のためのデータベース構築

現段階のシステムはこのような形になっています【OHP 48】。文字を検索すると検索された文字に関する映像や情報を得ることができ、これらの情報が一体となって運営されています。

このように、作成したデジタル情報を単にインターネット上で見られるというだけではなく検索することもできるという仕組みは、このデジタル情報がHTMLではなくて、XMLで書かれており、専用タグで括られているからです【OHP 49】。この部分には何が書かれているのかというメタデータを定義しているということになります。文書を解析することによって、人間も見た目でその中身がわかり、実際にコンピュータで自動検索するときにも、このタグを解析することによって必要な情報、キーワードないし内容説明を見ることが出来るのです。

技術データの用語については、鋳物の用語辞典等を参照しています【OHP 50】。実際には現場の人が用語辞典の内容だけでは不十分だと感じている場合が非常に多くありま

技能伝承システム外観



OHP 48

XMLによるWebページ製作

本研究では鋳物用語の詳細説明を示すページをXMLで作成する。

なぜHTMLではなくXMLを利用するか

HTMLと比べて表示形態のメンテナンスが容易であり、また同じデータを複数の異なる形態で表示したり複数のデータを同じ形態で表示することもできるためである。

更新・追加しやすい

OHP 49

XMLによるWebページ製作

同様にしてその他の鋳物用語のWebページを作成する。

OHP 50

す。それを全部洗い直して、全ての現場の人が使っている用語や、説明されていない用語、現場に特有の言葉などを全て定義し直しています。

また、実際にその知識というのが、どの部分に含まれるのかということがわからないことがあります。例えばあるキーワードを入れて検索を行ったときに、全体の知識の中でその知識はどのような知識に分類されるのか、それに関連する知識はどのようなものがあるのかというのは、実はよくわからない場合があります。実はそのような問題の解決のために、現在、ユーザーインターフェイスを作っています[OHP 51]。これは、例えば様々なキーワードに対して、そのキーワードと親せきになるような知識、下位概念になるような知識、上位概念にあたる知識、それとは全く違う分野での知識というような分類を1つのユーザーインターフェイスの中でコンピュータグラフィックスによって見ることが出来るようになってきているというものです。複雑な関係の表現と、動的な脈絡のあるナビゲーションというものを柔軟性をもって可視化しています。ですから見たいキーワードを検索することによって、それに付随する子供の関係に分類される知識にはどのようなものがあるかということナビゲーションしてあげることが出来るのです。例えばキーワードを入れれば、そのキーワードが中心となってその親せきとなるような知識とか子供になるような知識を検索してくれるのです[OHP 52]。あるキーワードに関連する技術の全体的なつながりを見たいというときにはこのようなシステムを使うことによって全体の把握が可能となります。実際に我々のシステムではその知識はどのような知識で、関連する知識にはどのようなものがあるのかということ提示しています。このシステムは先ほどのシステムと合わせて、すでに運用されています。

我々は知識の体系化と暗黙知の体系化という試みで、「形式知」「暗黙知」のそれぞれをデジタル化しています[OHP 53]。そのときに技術的な文書をデジタル化することと映像・音声・インタビューをデジタル化することを行っています。実際には得られた知識をただデジタル化するのではなく、それを整理して体系化しています。この体系化されたシステムの中を、先ほどのインタラクティブなシステムを用いて、ユーザーが見ていくわけです。ですからデジタルデータを1つ1つライブラリーから取り出して見ていくのではなく、一旦インタラクティブなシステムで体系化されたデジタルデータを可視化していくというようなシステム構造をとっています。

これが先ほど説明してきた内容を表しているものです[OHP 54]。見た目ではこのような映像になってしまいますが、実は隠されているシステムというのは、先ほどの体系化

システム構成

OHP 51

検索機能

OHP 52

知識の体系化と暗黙知の体系化

OHP 53

された形式知、暗黙知をデジタル化して、知識を体系化してナビゲーションしたあとにこのようなシステムになっています。このような取材して得られた映像に対して、これのデジタルモックアップされたデータ。CADデータ自体もXVLというXMLを派生した言語で記述しているの、この中に含まれている情報も文書の中から取ってくることもできるし、動かしたり連動させたりすることも可能です。

これは映像と文書データを同期させているものです[OHP 55]。それぞれこちらの方がSMILというXMLをベースにした言語で書かれており、ここで説明される技術文書もXMLで統一されています。このような映像に対して可視化するために、動画像でアニメーションすることもできます。

このようなシステムを使うことによって、従来のようにキーワードをただ検索するのではなくて、形式知と暗黙知を双方向に検索し、提示することが可能です。

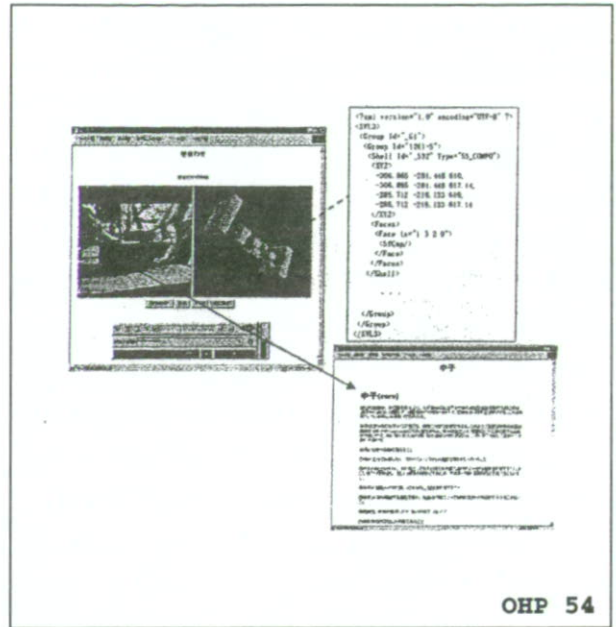
ビデオライブラリーと大きく違うのは、我々のシステムはホームページと基本的に同じ構造なので増えた知識は枝葉を増やすようにどんどん追加していけば良く、容易にデータベースの更新を行うことができます[OHP 56]。ビデオライブラリーの場合では、次に新しいものをつなげようとしたら例えば第10巻までであれば11巻目に新しいデータをつなぎ合わせるということしかできません。今回のこのシステムというのは、ホームページを毎日更新するのと同じような感覚で、増えた知識情報をデータベースに追加することが出来ます。

また撮影は、1つの作業に対して、だいたい3方向から撮っています。画面に出てくるのは1方向のみしか出てきませんが、画面を変え、視点を変えることによって、また別のデータも得られます。そのためにこのメディアを同期化させて、それを切り替えしながら、自分で必要な視点から見られるような工夫もしています。

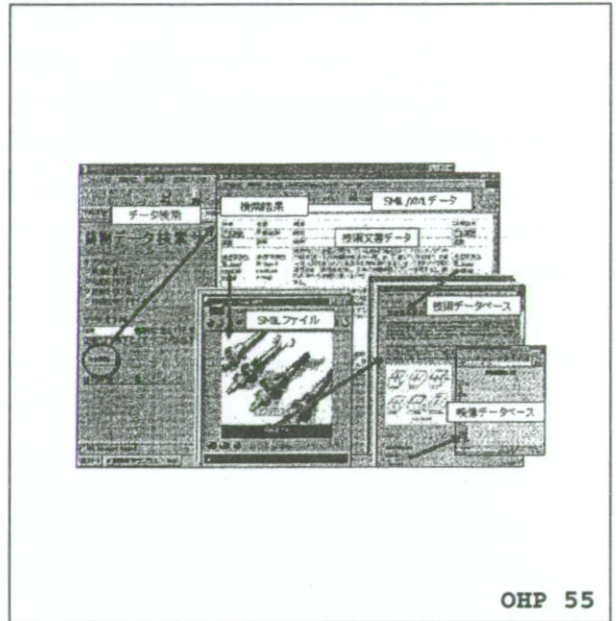
インターネットとマルチメディア技術というものを使いまして、熟練技能者の知識を表現する方法や、インタラクティブなシステム開発の事例を簡単にご紹介いたしました。我々のシステムを用いると、ビデオライブラリーなどのみでは得られないような知識を少し発展した形で技能を継承できるのではないかと考えています。今後はまた、最初に上げた研究計画を基に発展させていくつもりです。

【質疑】

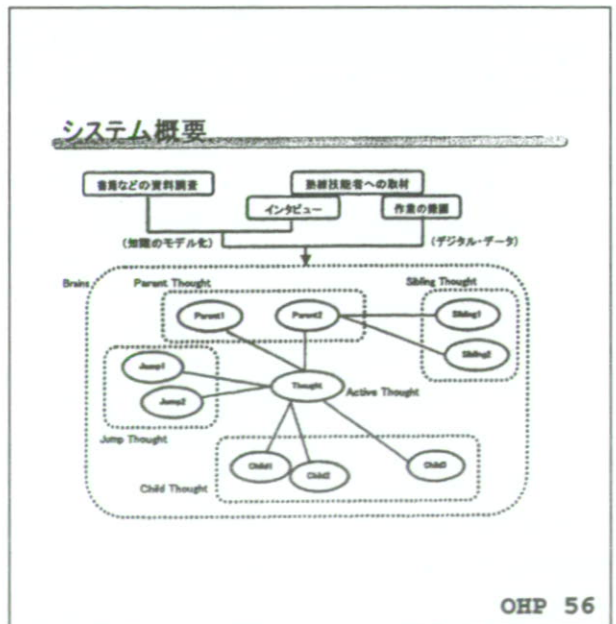
—私はガラスを製造しているのですが、似たような工程があるのでたいへん参考になりました。質問ですが、先生のお考えでは、デジタル化しにくい部分、あるいはできない部分というのは切り捨てるのでしょうか。あるいは例えば



OHP 54



OHP 55



OHP 56

工程などを変えることによってできるようにするのでしょうか。その観点についてはいかがでしょうか。

綿貫 デジタル化できない部分は無く、基本的にはすべてデジタル化できます。少し申し上げるのが不足していた面があるかもしれません。先ほどご説明したのは、暗黙知のような深い知識や技術を要するような技能は形式知化できないという意味で、つまりそういった技能の伝承の際には、人間に形式知化したデジタルデータを無理矢理与えるのではなくて、映像データをそのままを効果的に与えようということなのです。

私は、熟練技能が100%自動化出来るとは思っていません。やはり高度な技術というのは人間が継承していくものです。人が継承できるような形に暗黙知をデジタル化し、その暗黙知が上手く人に伝わるようなインタラクティブなシステムを構築することによって、深い知識の伝承については対応していこうと考えています。浅い知識の伝承においては例えば新人研修用とか他分野での転用が利くような比較的汎用な暗黙知を併せ、暗黙知を表現するための映像・動作などのデジタルデータについてはある程度の形式知、つまり技術文書なり技術的なデータと併せて提示するということによって、暗黙知も形式知化できると考えています。ですからそのような暗黙知については形式知化して、その情報は例えばロボットの制御や工程の自動化のために応用し、そのような応用が出来ない部分に関しては、人間に対してより伝えやすい情報として、暗黙知をデジタルアーカイブして提供するというようなことを説明させていただきました。

——例えば新しいガラスの材料を私どもは硝材と言いますが、その硝材の開発のときにはいろいろな物性を計ります。成形時に一番重要なのは高温時における粘性です。例えばX軸に温度、Y軸に粘性・粘度、Z軸に時間を取ったグラフを作るのですが、そのようなデータだけでは物性を同定することは難しく、最終的には結局、現場の技能者という職人に実際にガラスの溶融液をまかせてみるのです。職人さんはそのガラスの溶融液をモールドの中に入れて、そのときの手応えのようなものから彼らは例えばしゃぶしゃぶだとか、足が短い、長いだという独特な表現を使って物性を評価します。そのような、デジタルでは表現できない物性や成形のしやすさというものが現実にあるのです。そういうデジタル化が難しい部分が、材料開発や素材開発の段階でもあるような気がするのですが、その点について先生はどうお考えですか。

綿貫 鋳物もやはり同じです。例えば粘性というところであれば砂の粘性とか、実際に湯鉄を流し込むときには、湯鉄の粘性をサラサラだとかちよっとドロツとしているというように感覚的に表現します。そのような感覚的なものはある

程度、技術データよりも映像データに頼って伝えることを考えています。ただやはり体験しているのとは違うので、今のデジタルデータによる技能伝承システム以外に、一部分に関しては反力を介して粘性が体験できるようなデバイスを開発し用いるという試みも行っています。

しかしながらこれはあくまでも、どうしても伝えられない部分の一手手前の技術についてだけ有効な手法です。現場で1から10まで全部をオン・ザ・ジョブ・トレーニングで教え、賄うというのは非常に難しいと思います。そこで、どうしても体験しないとわからない部分に関してはオン・ザ・ジョブ・トレーニングでやり、それ以外の部分に関してはなるべく時間を短縮する意味でこの伝承システムを使うのです。映像にはいろいろな角度から見た情報もそうですが、それ以外にやっている人の声や音、色の変化など、静止画像で見ただけではわからないような情報というものがあると思います。そこで、動画を用いることで体得できる技術ということも実際にあります。動画では体得できない部分に関しては、オン・ザ・ジョブ・トレーニングをやっていくとか、あるいは砂の堅さであれば実際に砂を握る感覚を生じさせるようなデバイスなどを作りながら、体験できない部分はそういうもので補うのです。我々は現在、ヒューマン・インターフェイス・デバイスで補うというようなことと併用して研究を進めています。

ですからこの伝承システムだけでは100%の技能伝承は出来ません。どうしても深い知識や、体験しなければわからない臭いなど五感に頼る部分があるからです。熟練技能者ですと、臭いで今日はどのガスがどのあたりから出ているのだらうということがわかるのですが、そういうことの伝承はたぶんオン・ザ・ジョブ・トレーニングでやっていくしか今のところありません。

——鋳物の生産に関しては生産のウェットや比率だけではなく、日本と世界の間にははっきりとした技術の差があり、そこに日本の個性があるとおっしゃっていましたが、そこをもう少しお聞かせいただきたいと思います。

実はこの頃私は、技術の模倣という点で非常に心配しています。このようなデジタル化技術を使うと、完全なデジタル化は出来ないとしても、相当のところ動画や検索でわかるということになります。しかしながらこのような技術は我が国にとっては諸刃の剣で、我が国の技術の伝承には大変大きく役に立つのですが、こういうものを作ると必ずデータが流出するということを感じなければいけないし、知的財産権について全く保護のない状況の中では、非常に懸念されることです。このような情報の保護に関しては、スクランブルをかけるなどの検討があるのでしょうか。

綿貫 実はいかに情報を守るかという問題だけを検討して

いた時期もあります。例えばこのシステムを作ったとして、それが本当に良いシステムになっていけばなっていくほど、情報がもれた場合には痛手が大きいのです。システムを3つくらいのカテゴリーに分けるといっても、実はオープンにしても良い技術も非常に多く、そのような技術をオープンにすることで他の分野の人にとっては非常に有益な情報となるために、それをデジタル化するだけでも大きな価値があるのです。そういう汎用的な技術のデータベースについては、近いうちに公開する予定です。それはインターネット上や、あるいは有償でCD-ROMなどのメディアで配布するという形で公開することを考えています。

それ以外にもう少し深い知識については、コンソーシアムの中に入っている方だけに限定して公開します。その情報を不正にコピーできないようにキーワードを入れており、映像もそのままでは見られないような状態で配布し、あるキーワードを入れることによって見ることができるというものにする予定です。情報をコンソーシアム内だけで完全に管理することで、その中だけでは情報を共有することができるのです。

このシステムは、今の段階では私どもが開発していますが、そのうちに自分達にも使えるようにこのシステムを改良し、自分の会社の中だけで他には知られずに情報を蓄積する目的に使うということも考えております。社外に知られたくない情報に関しては、基本的なベースのシステム上に自分たち専用のライブラリーを作って管理します。人には知られずに自分たちの会社だけで技能伝承していくことも可能なのです。

そのように3つのカテゴリーに分けて技能データを管理しようと思っています。ただし、まだ研究が始まったばかりですので、誰もが容易に使えるシステムにはまだ出来てなく、近いうちにその部分についても改良をしていく必要があると思っています。

このように情報を管理しないと、情報を守りたいがために却って本当に必要な情報というものが含まれないデータベースとなってしまいます。現在、これは絶対知られたくないという情報に関してはインターネット上ではなくオフラインで、なおかつシステムを作るコンテンツ自体も、人に頼まなくても自分でできるようなシステムへの改良を進めています。そうすることによって有益な情報も組み込めるようなシステムにしたいと考えています。

——先ほど見せていただいたものは技能のデジタルモデルを作っているということだと思のです。このようなデジタルモデルには、それを使う熟練者が新たな暗黙知を生み出すきっかけになるという役割があり、そういったプロセスを支援するシステム作りを目指しているというお話がありまし

た。デジタルモデルには他に、例えば日本が持っている技能をデジタル化することによって他の国にコピーされることに対する1つの対策というか、むしろ積極的な意味での役割もあると私は思っております。その辺りについては、先生はどのようにお考えでしょうか。

綿貫 最終的には日本の鋳物などの産業は、今まであった技術をただ継承していくだけではもう生き残っていくことが出来ず、新しい産業分野への参入や、新たな製品開発、あるいは新たな技術や特殊な技術の創出ということが必要になると思います。技能伝承のひとつの積極的な意味としては、先ほど言われたように、暗黙知と暗黙知でさらに新たな暗黙知を創出することや、あるいは形式知と形式知を組み合わせることで暗黙知を創出するところがあります。

今回は我々のシステムを静止画像だけで紹介しましたが、このようなシステムを効果的に技能者に提示していくことによって、「ああ、これはこういうことにも使えるんじゃないか」という新しい発想が生まれてくるのです。このことは我々がコンセプトとして挙げている「新たな技術・技能の創出」ということで、我々のシステムを使っている間に「もしかしたら今作っている別の商品は、このシステムを使うともっと上手くいくかもしれない」あるいは「新たな工夫をしてここの経路をちょっと変えればもっと良いモノが出来ると。今までの不良はたぶんこれが原因だな」というように、新たな技術が別の新たな技術を引き出してくる場合があるのです。そういうことを実際に経験として持っています。これには使っている人にもある程度の知識や経験などのバックグラウンドが必要です。このような新たな発想が創出される経緯は理屈ではないので、文章にしたり説明をしたりすることが非常に難しいものです。形式知から形式知を見て暗黙知を創出するということは、確かに重要なことです。このシステムでも100%とは言いませんが、多少、新たな技術の創出の想像性をかき立てるようなきっかけになると期待しております。

——動画像の画面上にテロップが表示されているものがありました。例えば、「枠や模型に接する部分には、しっかりと砂を詰める」というテロップがあるのですが、どのくらいしっかりやるのかというのが技能だと私は思うのです。そういうものは、どのような形で表現するのでしょうか。私は技能者自身の言葉、音声で表現するのが一番伝わりやすいのではないかという感覚を持っております。その辺りはどのようにされていくのでしょうか。

綿貫 この動画像とテロップはリンクされており、実はこの砂を詰める場面では、「端のほうから詰めるとはどういうことですか」という質問に対する技能者の説明と、実際に固めている部分を別の角度で撮った映像、それに関する他の

インタビューへの回答が付加されているのです。例えば、「ここで隅のほうから」というのはどうしてかとか細部をどのような形に整えるのかなど様々な質問に対する回答です。それをまた現場の人の声と映像と実際にどうしてなのかという科学的な裏付けになるような解析例や論文なども合わせて、説明しています。

最初に出てくる画面は、代表的な例です。そこだけ見れば浅い知識は獲得できるというようなものにします。そこからさらに詳しく知りたい部分をクリックすると、より詳しい情報を見ることができるようになっています。

しかしながら、砂を例に考えてみると、砂というのはどういうものなのかとか、砂の分析結果、突き固め方の違いや用いた工具の違いによってどれだけ堅さが変わってくるのか、堅さが変わると鋳物の出来も違ってしまふのかというように、情報というものだんだん深く枝葉に分かれていくものです。一般的なホームページを想像していただくと分かり易いと思いますが、多くのHPの最初のページにはごくわずかな情報しか載せてありません。最初からそこに1000ページくらいに相当するテキスト情報があったら、あまりの情報量の多さにたぶんそのページを開くだけで大変で、ほとんどの人は見に行かないでしょう。詳細な情報は、深い階層にハイパーリンクしてあることが多いのです。さらにその一部分をもっと細かく見たいとなると、階層はどんどん深くなっていきます。我々のシステムと全く同じです。

ここがビデオと大きく違うところで、ビデオはもしさりと流されてしまったらその情報はもうそれ以上深く突き詰めることは出来ません。もしかしたら第10巻目にもっと詳しい情報があるかもしれませんが、それには1巻目を見たあとに10巻目を見なくてははいけません。我々のシステムでは、そういう疑問に思ったところやここは情報が足りなかったと思うところを必要ときに付け加えていって1つのシステムに作り上げていきます。ですから我々のデータベースに完成はなく、要するに世界中のホームページが完成にたどり着くことが無いのと同じように、毎日コンテンツが増えていくデータベースなのです。

——私はダイカスト製造をやっておりますが、やはり技能伝承についてずっと悩んでいました。私が今持っている気持ちというのは、伝承技能というのは最後の10%ぐらいが本当のポイントになるということです。我々が40年間積み重ねた技能をどうやって伝承していくかということにこれまで取り組んできましたが、なかなか思うようにはいきませんでした。それで何をやったかという、システムを変えるのではなくて、定年退職という制度をやめたのです。20歳から60歳くらいまで積み重ねてきた技能を、60歳になっても65歳になっても70歳になっても、それを伝承して欲しい

ということを今、実際にやっています。だから私どもの会社には定年は無いということです。ダイカストの場合はちょっと模様が違うので、また別の機会でお話が聞けるようなことがあったら、ダイカスト製造における技能のデジタル化についてのご意見も聞きたいという気になりました。

綿貫 逆に、ダイカスト製造の現場をいろいろと取材させていただければ、その情報も我々のシステムの中に組み込めると思っていますので、ぜひともよろしくをお願いします。

——鑄造とダイカスト製造とで共通の工程もあると思うのです。良いモノを作るために、金型の湯鉄の流れるところをヤスリーこすりというのがあります。

綿貫 そうですね。表面をちょっと撫でてみて、ここだということ箇所を削るとかですね。どうしてそこを削っているのか、職人さん本人に聞いても実はわからない場合もあって、これは長年の経験だということもあります。あるいはしっかり説明される場合もあるし、その時々で違います。技術者によってもまた表現の仕方が違います。技術者というのは、自分が持っている技能をなかなか表現しづらいいと言いますか、技能をうまく伝承出来ない一つの理由としては、自分の体では身に付いているのだけれども教えるときには「とりあえず見ておけ」としか言えない場合があるということが挙げられると思います。

——同じ良い製品を作るのに、そのヤスリーこすりでも、Aさんはこういうこすり方をする、Bさんはこういうこすり方をするというようにまた違うこともあります。それで製品の出来は両方とも良いということになると、そのような技能をシステム化するのには難しいのではないかと思います。

綿貫 鋳物の場合で恐縮ですが、いろいろな人にやらせようとそれぞれで工程が違います。そのような技能のデジタル化については、同期化という言葉を用いましたが、同じ工程でもいろいろな人達のやり方を同時に見せることによって、見ている側がそれらのやり方を比較してその中で何かを感じ取るとか、こっちのやり方の方が何となく自分には合っているなというようなことを把握できるように、このシステムの中ではしています。

形式知という形ではたぶん矛盾した事象が2つ存在してしまうのですが、それも一応この技能伝承システムの中では、1つに定めずにそういう方法とこういう方法というように枝葉に分けて、同時に見られるようにしています。どちらかのやり方だけを一方的に削除するようなことは今のところはしておりません。たぶんそれが技能だと思うのです。——ありがとうございます。時間となりましたので、これで終わりにさせていただきます。(拍手)

(第5回：平成13年12月6日)

4. デジタルマイスタープロジェクトの現状と展望

講師：小島俊雄氏（産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センター長）

【講師紹介】

本日は産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センターのセンター長でいらっしゃいます小島俊雄先生から、デジタルマイスタープロジェクト（ものづくり・IT融合化推進技術）の現状と展望という題でお話させていただきます。

小島先生は、昭和44年に東京大学大学院工学系研究科修士課程を修了され、当時の工業技術院機械技術研究所に入所されました。昭和58年には工学博士の学位を、東京大学から受領されております。現在は日本工業標準調査会の委員と精密工学会の理事をお務めでいらっしゃいます。研究論文は40編以上、特許も3件ほどお持ちでいらっしゃいます。このような経歴を踏まえて、工作機械技術振興協会から論文賞、日本規格協会標準化文化賞、それからニコグラフ論文コンテストの奨励賞などをお受けになっていらっしゃいます。（以上、主査杉浦）

【講演】

産業技術総合研究所

まず初めに、産総研とはどういうものであるかを簡単にご紹介したいと思います【OHP 1】。平成13年4月1日に独立行政法人産業技術総合研究所が発足いたしました。理事長は吉川弘之です。独立行政法人になることは行政改革の一環だった訳ですが、その過程で若手の人に工業技術院の研究所における改革の必要性を認識してもらい、自分達でどのような研究所を作っていたらいいかということ、行政の人と一緒にワーキンググループを作って考え、そして改革に取り組みました。このような改革のきっかけとなっ

たのは、国研としてのミッションが不明確になってきたこと、産業界の研究開発力がどんどん大きくなっていったこと、国の研究所であるが故にいろいろな制約があったこと、それから経済産業省（旧通産省）にあるにも関わらず産業界のニーズの把握が十分でなかったということでした。行政改革の一環としてリフォームされる時には、このような状況から脱却するためにいろいろな新しい試みをしようではないかと考えたのです。発足時は3200名の常勤職員で、研究員は2500名程度です。日本の公的研究機関としては最大級の公的研究機関として発足したわけです。

産業技術総合研究所では現在、例えば北海道から九州までの会社や大学、大学院の学生など、いろいろな外部の人と共同研究をしていますから、そういう人を含めると今年の9月のある日で約1万名の人が働いていたということです。そのような、外部の人が多い研究所だとお考えいただければと思います。

独立行政法人は別個の法人格を持っています。例えば私達は労働基準法や安全衛生法などの適用を受けます。それまでは国家公務員だったのでそういうものからは除外されていたのですが、現在ではすべての意味で労働基準監督局の査察を受けます。それから制約も一部解除されます。例えば定員の枠から外れる、会計法上弾力的な運用が出来る、そして運営交付金を自由に出来るということから目的に合った形の運営が可能となるのです。そこで我々は、独立行政法人になることによって民間では困難な事業の効率的、機動的、効果的な実施が出来るということを強みとして、現在の独立法人産業技術総合研究所が発足しました。

改革の必要性の認識
ミッションの不明確化、産業界の研究開発の発展。
機構定員・定数等の制約、ニーズ把握が不十分

独立行政法人 産業技術総合研究所

別個の法人格
制約の一部解除
(定員、会計法、運営交付金)
民間で困難な事業の
効率的・機動的・効果の実施
成果の自律性・透明性、評価で反映

平成13年
4月1日発足

行政改革の一環として
旧通産省産業技術院の15研究機関等をリフォーム
3200名(研究員2500名)の最大の公的研究機関

OHP 1

産総研の組織

産業技術総合研究所 組織図

フラットな組織

ミッション重視
自律的・機動的運用

OHP 2

研究ユニットの比較

	研究センター	研究部門
研究テーマ	産学・社会にインパクトを期待 達成目標が明確・ミッション対応 戦略に基づいた先進的研究	中長期戦略の実現 分野融合新技術領域の開拓 技術的最先端性で競争力の発揮
設置期間	1期(3-7年)限り	一定の継続性
ユニット長	産総研内外からの人材で専任	主として産総研内から重用
研究管理	センター長のポリシーステートメ ントによるトップダウン	ボトムアップ型であり、研究者各 人の自発的発意中心
組織とサイズ	10名以上十産学から数十名 研究チームを構成 同一拠点内に集約	概ね50-100名 研究グループは3人以上
方針	研究資源(人、もの、予算)集中	中期計画で配分

OHP 3

これは産総研の組織図です【OHP 2】。企画本部というところは全体のマネジメントのようなことをやっている部門です。ただし、トップダウン的な意味での企画本部ではなく、我々は研究所なので研究ユニットというのがもちろん組織の中心になります。研究ユニットは大きく、研究センターと研究部門とに分かれており、非常にフラットな組織になっています。工業技術院の時の15の研究所と計量研修所の16機関がまとめられたものが今では全部で50ぐらいの研究ユニットに分けられていますので、ある意味で組織が細分化されたと言えます。このような組織の細分化の理由は、欧米やいろいろな所の研究所を見学した結果、50名から100名ぐらいから成る組織というのが機動的で、同時に改廃も容易であり、研究所の1つのユニットとしては適しているのではないかということによって決まったそうです。

ミッションを重視した自律的、機動的な組織の運用が出来るようにということで、研究ユニットに対する研究支援部門が非常に強化されています。例えば産学官連携部門などには、研究のバックグラウンドを持った100名ぐらいの人が働いています。今までのように併任で1年間働くと研究に戻って来るということでは必ずしもなくて、そのプロフェッショナルを目指すというような運営も出来るようになりました。

研究ユニットというのは、大きく研究センターと研究部門とに分けられます【OHP 3】。研究センターは23あり、私はその研究センターの1つを担当しております。まず研究部門は、中長期的な戦略を実現する、分野の融合や新技術領域の開拓などを行う組織です。独立行政法人は4年ごとに中期計画と中期目標を立てて、その成果は外部で評価されます。もちろん毎年の評価もあり、その結果は組織の改廃やボーナスなどに響いてきますが、そういう形で運営が行わ

背景

- 中小企業基盤技術研究会(2000. 6)
 - 製造業を支える中小企業の技術と技能の状況調査
 - 技術と技能の維持発展のための課題の検討
- ものづくり懇談会(2000. 5)
 - 9つの提言
- 国家産業技術戦略(2000. 4)
 - 機械・製造技術分野の戦略 MT+ITなど
- ものづくり基盤技術基本計画(2000. 9)
 - (中小企業ものづくり基盤技術振興法)
 - ものづくり基盤技術の研究開発推進など

OHP 4

れています。もちろんこれは機動的なものです。研究ユニットはこのような2つの組織に分けられています。

研究センターというのは1期が3年から7年で必ず終わり、延長されることは無い組織です。ですから私達の研究センターも、どんなに長くてもあと6年ほどで終わりになります。それに対して研究部門は、どちらかと言うとボトムアップ的に、長い時間をかけて研究を行います。研究部門というのは次のセンターを作るような研究を行う所で、人材に関しても内外から一番良い人を集めてきます。研究センターの組織サイズとしては、立ち上がった段階で10名以上の職員に外部の人も含めて、40～50名ぐらいです。このぐらいの組織サイズで、集中的に研究をやります。産総研全体の方針としては、この研究センターを当面盛り立てていき、人、物、予算を集中させていこうと考えております。

我々のものづくり研究技術センターというのも、「ものづくり・IT融合化推進技術」というプロジェクトをやるために出来たものです。次に、このプロジェクトの紹介をしていきたいと思えます。

ものづくり研究技術センター

産総研にもものづくり先端技術研究センターが作られた背景についてご説明します【OHP 4】。当時、中小企業基盤技術研究会というのがその1年前に組織されて、2000年6月に報告書を出しています。それから小淵元総理大臣が1999年12月に急遽、ものづくり懇談会というのを招集しました。これは5月に最終のレポートを出しております。そしてそのレポートには9つの提言というものが書いてあります。これは、製造業全体に対してこれからどのような政策をやっていったらいいかということ提言したものです。その他に国家産業技術戦略というものが経済産業省の中で

1年半程かけて行われていました。その中で機械・製造技術分野の戦略として、MT（マニファクチャリング・テクノロジー）とIT（インフォメーション・テクノロジー）の融合を図ることが大事だということが言われています。それからもう1つはものづくり基盤技術基本計画というものが作られ、そういう基盤技術の研究開発が国として大事だというようなことが言われました。最終的には科学技術基本計画に取り入れられています。そういう状況を背景にして、私達のセンターが創られたということです。

これはものづくり懇談会の提言から抜粋しました【OHP 5】。9つの提言があると申し上げましたが、その中には技能の技術化をやりなさいということが書いてあります。これはほとんどそのままの文章を持ってきたのですが、「ものづくりが人づくりであるということ」を十分に踏まえた上で、情報技術の活用により技能を可能な限り技術に置き換え、情報技術と製造技術を融合した生産システムを構築することに着手しなければいけない」とあります。それから「技能」という言葉の定義は「長期間の経験の蓄積によって特定の人に身に付くものであり、標準化されていないものである」とし、これに対して「技術」というのは「客観化することが可能で、再現性のあるものである」というように定義しています。

また、この提言の中では、「暗黙知の形式知化」という言葉が使われています。「現在のものづくりの現場というのはいろいろな技術がどんどん複雑に統合されて人間の能力を超越してしまい、主観に基づく洞察や、経験に基づく勘というようなものが通用しないような状況になってきている」という認識が書かれています。もちろんその他にも空洞化などのいろいろな原因が存在しますが、そのような現状を踏まえ、形式知化された技術を情報技術と融合させることで、工程全体のQCD（クオリティ、コスト、スピード）を劇的に短縮することが可能なのではないかということを提言している訳です。これはある意味で言うと、研究開発のプロジェクトを国でやりなさいと言っていることだと思います。それが私達のセンターの土台になっています。

それから、ものづくりは強い「人」づくりからとあります【OHP 6】。これは、これからのものづくりでは技能を技術化することが要となりますが、提言では、さらなる技能の開発に努めることが重要であり、常にそういう優れた技能があることによって初めて客観化して、標準化して、技術化していくことが出来るとあります。すなわちどのように技能を技術化したとしても、ITを活用することで技能を技術化してそれを再現するという行為には、おのずから限界があるということを意味しているのです。新たな技能を創出し得る「人づくり」ということが非常に重要だということです。

技能の技術化

ものづくりが「人」づくりであることを十分踏まえた上で、情報技術の活用により「技能」を可能な限り「技術」に置き換え、情報技術と製造技術を融合した生産システムを構築する新しい試みに着手することが必要である。
「技能」は長期間の経験の蓄積によって特定の人に身に付くものであり、標準化されていないものである。これに対し「技術」とは客観化することが可能で再現性のあるものである。

暗黙知の形式知化

現在、ものづくりの現場が、分野によっては極度に複雑化し、人間の能力を超越してしまい、主観に基づく洞察、経験に基づく勘とも言うべき「暗黙知」が通用しない状況になっている。
IT技術の活用により体系的・論理的に整理され「形式知」化された「技術」を、設計・試作・設計製作の各段階について、3次元CAD、データベース等を駆使し図面や書類を用いないことを実現し、インターネット、イントラネット等により各工程を一気通貫でつなぐことにより、工程を劇的に短縮することも可能となる。

ものづくり懇談会「提言」より抜粋

OHP 5

ものづくりは強い「人」づくりから

- 更なる技能の開発に努めていかなければならないことを忘れてはならない。優れた技能があっても初めてその客観化、標準化を目指すことが出来る...
- 技能を技術として覚えた機械には直ちにはそのような応用は期待することには困難でありITの活用による技能の再現には、自ずと限界があることにも配慮する必要がある...
- 強い「人」づくりがなければ、日本のものづくりの優位性を維持できないことを忘れてはならない。

中小企業の情報化の推進

- 我が国のものづくり産業の強さの源泉である中小企業の情報化を積極的に進めることが、我が国ものづくり産業の国際競争力を維持・向上させるためには不可欠であり、大企業の情報化から取り残されることなく、コンピュータネットワークを活用した電子商取引等経営の向上や生産工程の高度化(開発工程の3次元CAD化への対応等)に取り組むことが重要である...

ものづくり懇談会「提言」より抜粋

OHP 6

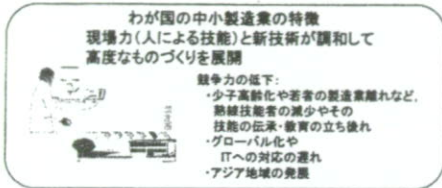
デジタルマイスター関係プロジェクト

- 金型分野におけるデジタル・マイスター技術開発(助成)
金型設計・製造支援アプリケーションの高性能化に関する技術開発
金型設計・製造における熟練技能者の技能をCAD/CAM等の設計・製造支援アプリケーションに技術として組み込んで活用するシステムの高度化技術開発
生産機械の高精度化、高効率化等に関する技術開発
金型加工機械及び金型を使用する製品成形機械について高精度化又は高効率化及び省エネルギー化に関する技術開発
- 金型設計・製造に特化した技能の技術化に関する研究開発(委託)
金型設計・製造に関する熟練者の技能の抽出・整理・体系化手法の確立、手法を活用して技能情報の収集、体系化で適切な構造を有するデータベースシステム仕様の作成
- 超精密型の加工・計測技術の研究開発(委託)
超精密型技術(非球面、微小矩形断面形状の2種の超精密型の加工・計測技術)の開発
- ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発(委託)

OHP 7

ものづくり力強化に向けた支援策

現場における工夫、改善提案を会社全体で受け止め、より高度な技術革新を生み出していくノウハウ、すなわちこれまで我が国の企業がものづくりの過程の中で培ってきた組織知 ― 精神、伝承、強化



↓
新技術と互いに補完し合いながら発展する
技能を情報通信技術(IT)による強化と技術化支援

目的： 中小製造業のものづくり力強化

OHP 8

若干の関連補足(1)

「デジタルマイスター」

さらば製造業 日本経済新聞社 1999.8
日経産業新聞で1998に連載、第2章未来からのモノづくり

デジタルマイスターの挑戦

3次元データを自在に操る技術者群
+「熟練や判断なし業務」による情報工場化

「技能の技術化」ジレンマ

コピーの容易さ、デジタル情報共有の有用性限界

「中小製造業の特徴やモデル」

繰り返しパターンを事前に想定できない状況
定量的、具体的な全体像のイメージの不足

OHP 9

そして中小企業の情報化の推進については、コンピュータネットワークを活用した3次元CADや、そのような図面レスの生産活動に率先して取り組んでいくことが必要であると書かれています。

以上のような提言や経済産業省の中のいろいろな動きを受けて、現在は製造産業局である産業機械課と中小企業庁の技術課でデジタルマイスター関係プロジェクトが計画されました【OHP 7】。これは、NEDOで管理する産業技術の研究開発プロジェクトとしてスタートしました。実際のプロジェクトの動きとしては、まず「金型分野におけるデジタルマイスター技術開発」について2テーマあります。このテーマは産業機械課がプランを立て予算を取ってきて、NEDOに依頼したものです。それからもう1つ、「金型設計・製造に特化した技能の技術化に関する研究開発」について1つのテーマを委託研究でこれも産業機械課が進めています。それから「超精密型の加工・計測技術に関する研究開発」について、これも1つのテーマを委託研究で進めています。すなわち委託研究の2つを加えると、産業機械課が推奨する4つのテーマが、NEDOでのデジタルマイスター関係プロジェクトの中にあるということです。

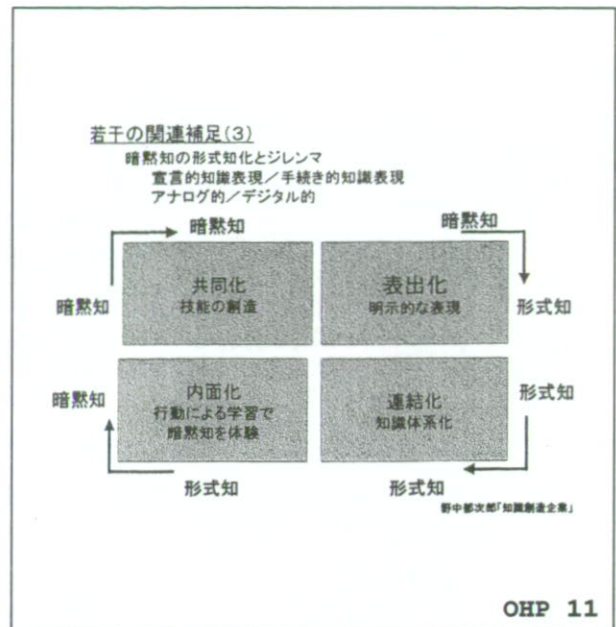
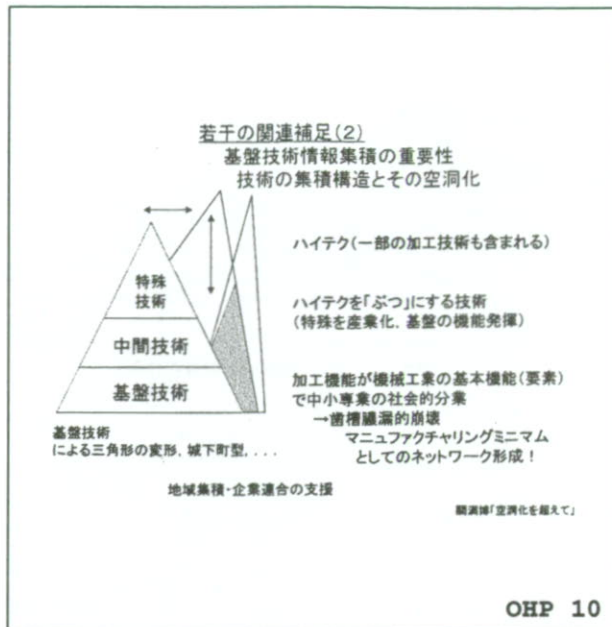
これらのテーマについて簡単に説明しますと、これからの日本の製造業では金型が特に重要となるため、金型分野に集中して技能の技術化についての研究を進めようとしています。そしてそのような研究は実際には企業に対する助成金であったり、企業を含めた研究開発部隊の集まったところに対する委託研究などによって進められていきます。最後に挙げている「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」というのは実は2テーマあり、それをあわせると全部で6テーマになります。これが中小企業庁の技術課で最初に立てられたプランです。それがNEDOに依託されて、

NEDOで基本計画を作って公募して、提案を受け付けて、私どもが採択されたという経緯です。「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」については、後ほど説明いたします。

ものづくり懇談会とは、中小企業のものづくり力強化ということで、中小企業庁技術課がNEDOに依頼して作ったプロジェクトです【OHP 8】。そのものづくり懇談会の前文にありますように、日本のこれまでの強さを支えてきたのは、いわゆる組織知であると言われていました。そこをより一層強化していくということが、これからの日本の製造業、特に中小製造業のものづくりには大事なことです。現在はそれをITというものを使ってやっつけようとして取り組んでいます。

デジタルマイスター

「デジタルマイスター」という言葉が初めて用いられたのは、私の調べた範囲では、日経産業新聞で1年ほど連載された「さらば製造業」という記事です【OHP 9】。その第2章に「未来からのモノづくり」という章がありまして、そこで初めてデジタルマイスターへの挑戦ということが書いてあります。ここではインクスの山田真次郎社長がインタビューを受けておられ、おそらく山田さんがデジタルマイスターということを知って初めて言われた方ではないかと思います。その記事ではデジタルマイスターとは、3次元データを自在に操る技術者群であると書いてあります。そういう人たちが基本的な製造に関するすべての技術のところを管理し、その他の部分は熟練技能や判断力を必要としない業務にして、例えば金型工場などの全体を情報工場化するということが「未来からのモノづくり」に書かれてあります。「デジタルマイスター」という言葉は最初、こういう意味で使われていたということを補足させていただきます。



それから技能の技術化には、よくジレンマがあると言われます。というのも、技能の技術化というのは簡単に言えば技能をデジタル化することです。デジタル化することとは当然、その内容は簡単にコピーすることが出来ます。つまり、苦勞して技能をデジタル化しても結局はコピーされてアジア地域などを利するだけになってしまう可能性があるということです。ただこれは、あくまでもこのようなプロジェクトを進めるにあたってのジレンマの1つです。私は、もう1つのジレンマがあると思っています。それはデジタル情報の共有についてのジレンマです。先に述べたとおり、技能情報のデジタル化だけではすべてが十分というわけではなく、その有用性にはもちろん限界があります。そのような限界があるにも関わらずデジタル化を進めていっても、そのデータを有効に使って新しい技能を創り出すということは容易なことではないというジレンマもあります。こういうジレンマをいかに克服するかということが、私どものプロジェクトの大きなテーマの1つであると思っています。

それから中小製造業とはどういうものかということを補足しますと、例えばトヨタ自動車のような車を大量生産している企業では、設計や製造というのはライン化されており、繰り返しパターンというものを事前に想定されている中で作業を進めます。それに対して中小製造業というものは、もちろん企業によっていろいろ違うかも知れませんが、そういう繰り返しパターンを事前に想定し得ない状況の中で非定型的な業務をこなすことの出来る技術を持っているというのが特徴であろうと思っています。

中小製造業については、関満博先生という一橋大学の先生が1998年に出された「空洞化を超えて」という本の中でも扱われています【OHP 10】。関先生は、技術という物を基盤技術、中間技術、特殊技術からなるピラミッドのように考

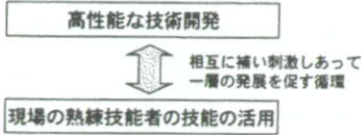
えたらどうだろうかというモデルを呈上されています。最終的にその本の中で主張されているのは、やはり企業、特に中小製造業としてはマニファクチャリングミニマムとしてのネットワーク、すなわち地域集積や企業連合の支援を形成していかなければいけないということです。今はそこが歯槽膿漏的崩壊の過程にあるのではないかと警鐘を鳴らしておられます。基盤技術というものをこういう三角形で考えると、例えば三角形の頂点の部分伸ばしていくということは、三角形全体の技術を膨らましていくことです。それがこのような鋭角三角形になってしまっているということは、例えば企業の下請けなどのように全体として1つの目的のために、細い形の製造分野での技術の集積が起こっている結果であると言われていています。これは城下町型と言っていますが、このように技術の偏りが原因となって生じる三角形の変形について、著書の中でいろいろと検討されています。これは私達が製造における基盤技術というものを考える上で、大変役に立つものであると思います。

それから暗黙知の形式知化については、現在これは知識工学などと呼ばれていますが、用いられる表現としては宣言的な知識表現や手続き的な知識表現などがあります【OHP 11】。特に技能に近いものには手続き的な知識表現を用い、技術には宣言的な知識表現を用いるのが適していると言われています。単なるアナロジーではありますが、技能はどちらかと言えばアナログ的であり、技術はデジタル的であると言われています。

「暗黙知」についてはマイケル・ボラニーという人が初めてこの言葉を用い、野中郁次郎先生の「知識創造企業」という本の中で、日本の企業の強さというのはこのような形式知と暗黙知の変換の全体のプロセスにあるということが言われています。必ずしも適切な言葉ではないかも知れま

NEDOデジタルマイスター関係プロジェクト
ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発

日本の製造業の競争力、高い「ものづくり力」の実現



技能継承への危惧、諸外国台頭でコスト競争力低下

- ※ 属人的な技能の客観化
- ※ デジタル技術に置換、共用可能デジタル情報で集積
- ※ 中小製造業者自身による保有技術のデジタル技術化

OHP 12

せんが、暗黙知を形式知に変え、形式知全体を連結して体系化し、それからその形式知について熟視することで新たな暗黙知を創造し、そしてその暗黙知を暗黙知として共同化する。こういう一連のパターンがスパイラルを描くようにつながっていくことで、製造に関する技能と技術が発展していくとされています。「知識創造企業」という本は、このことをいろいろな企業における新製品開発などの実際の例を挙げて説明している本であります。

NEDO のデジタルマイスタープロジェクト

NEDOで基本計画が作られたデジタルマイスター関係プロジェクトの「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」について簡単に説明します【OHP 12】。先述のとおり、技能と技術というのはお互いに刺激し合って、スパイラルを描きながら発展していきます。最近では、技能継承への危惧、諸外国の台頭によるコスト競争力の低下ということが日本で言われています。こういったところを何とか技術開発で克服していこうというのが、このプロジェクトの大きな目的です。

NEDOの基本計画の中で、デジタルマイスター関係プロジェクトには産業機械課の4テーマと中小企業庁の2テーマがありますが、その中小企業庁の2テーマについて説明します【OHP 13】。その範囲は一般機械部品製造の中小企業で、そこで一番重要な技能というのは加工です。その加工の熟練者の技能というものを体系化して、技術化する手法を開発して欲しいということが1つです。それからそこで使われるソフトウェアを、中小企業が自分達で使えるようなものにするということがもう1つです。このソフトウェアが今CADシステムなどのように巨大化していますが、それを使いこなすには、自分の企業のプロセス用にアプリケーショ

NEDO基本計画(提案書の締切 平成13年10月16日)

※ デジタルマイスター関係プロジェクト6テーマの中の2テーマ

(1) 研究開発の目的・目標

- 一般機械部品製造の中小製造業向け、加工全般にわたる熟練者の技能を分類・体系化、加工技能の技術化を支援する方法(H19)
- 設計・製造業務の基幹情報(製品モデル情報)企業間、企業内各部門での共用・有効活用基盤技術
- 中小製造業者自身によるシステム開発を実現(H17)

(2) 内容・テーマ

- ①「加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発」
- ②「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」

OHP 13

①「加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発」

技能の技術化、熟練技能者の技能を抽出・体系化、技能と技術の関係を解明、情報基盤として加工条件DB、加工事例DB、活用機能として実現

内容

- (1) 中小製造業で行っている加工全般を対象(各加工方法ごと)
- (ア) 共通使用可能な技能、知識を調査及び加工実験で収集・整理・体系化して加工条件データベース及び加工事例データベース
- (イ) データベース活用機能
 - ① 製品欠陥発生時の事前予測支援
 - ② 製品欠陥の原因推定支援
 - ③ 加工条件データ、加工事例データからの事前準備業務支援
- (ウ) 既存技術と技能との対応関係を明らかにし、技能、知識の収集、整理、体系化手法の確立
- (2) データベースと活用機能を②の開発成果に絡込

達成目標

- (1) 加工条件DB、加工事例DB
 - 有効データ件数100件以上、初回の検索で適切な回答、使いやすいDB基本機能、ユーザによる自社専用DBへの拡張可能
- (2) データベース活用機能
 - 加工事例データの全数検索、初回の検索で適切な回答、選択基準・導出アルゴリズムの明示、使用者の追加、修正可能

OHP 14

ンプログラムを書いたり、手直しをしたりしなければなりません。そういったことを中小製造業の機動的な活動に適した形で、自分自身でモデルを作って実現できるような、新しいシステム開発の手法を作り上げようという2つのプロジェクトになりました。これはNEDOで計画されてこのような2つのテーマになったわけですが、具体的なテーマとしては、「加工全般に渡る技能の技術化に関する研究開発」と、「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」というテーマです。

まず「加工全般に渡る技能の技術化に関する研究開発」のテーマについて説明します【OHP 14】。これは、技能の技術化というものを、熟練加工技能者の技能を抽出・体系化し、それを加工条件や加工事例ごとにデータベース化するというように具体的に実現しなさいということです。これをプロジェクトとしてどういう形で評価できるようにすればい

②「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」

内容

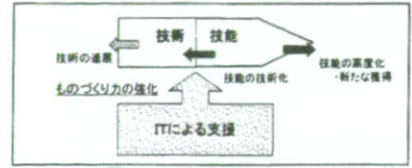
- 低価格化、中小製造業者自身による保有技能のデジタル技術化支援・
 (1)基幹情報(製品モデル情報)の共有・有効活用実現のシステム構築・
 構成等に関する規約の整備。
 (2)ソフトウェア部品の整備。
 (3)有効活用促進の共通基盤プラットフォーム実現
 (ア)製品モデル情報管理機能:
 国際標準の汎用形式部品データの作成・編集・削除等のデータ操作
 管理することができる機能
 (イ)3次元形状情報の品質確認機能:
 境界表現を用いた立体データの基本数値量の計算・確認機能
 (ウ)設計変更情報の管理・通知等機能
 設計変更の自動通知機能

達成目標

- (1)立体形状情報、加工指示・加工品質情報を完全に交換可能
 (2)アプリケーション開発工数を50%以上低減可能、ユーザ修正可能
 (3)インターネット化の徹底、修正可能、独自アプリケーション網込可能
 中小製造業者のシステム開発スキルの向上に貢献

OHP 15

ものづくり先端技術研究センターのミッション
 中小製造業の「ものづくり力=技能+技術」の強化に関する研究開発



ものづくり先端技術研究センターの研究開発課題

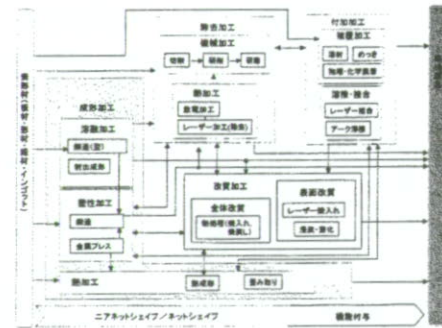
- ものづくり力強化支援技術の研究開発
 1 加工全般にわたる技能の技術化手法
 2 設計製作支援アプリケーションのプラットフォーム
 ※ 中小製造業の有する重要技能の加工を対象

OHP 16

いかということとはNEDOでいろいろ考えられました。それは、(ア)(イ)(ウ)に示す内容を実現し、その実現したものの例えば数や性能といったもので評価するというものになっています。例えば実際に製品の加工で欠陥が発生した時にそういったことがどのくらい事前に予測出来たか、それから実際に起こった時にその原因を推定するのにどのくらい支援が出来るだろうかということを考えます。それらを踏まえた上で、実際にどれくらいのデータ件数でどのような性能を有するデータベースを作るのかを提示するということが基本計画の中で示されています。

次に「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」について説明します【OHP 15】。これはCADやCAMなどのシステムを作るための基盤になるソフトウェアモジュールを作るというものです。ライブラリーのようなものを作るという研究開発の基本計画ですが、システムを開発するのに用いると、従来よりも開発工数を50%以上少なく出来るというような手法の開発を目的としています。そしてこの計画では、そのシステム開発を中小製造業のユーザーが自分達で実現できることを示しなさいという基本計画になっています。

このような基本計画はNEDOが与えた条件で、それを公開して提案を公募しました【OHP 16】。プロジェクトでは「ものづくり力の強化」というものが大きな目標ですが、このものづくり力というものについて若干説明させていただきます。ものづくり力というのは、中小企業庁の基盤技術研究会等で議論されていた時に作られた造語で、おおざっぱな意味としては、「技能+技術」です。これからの世の中は技能を技術化していくので、図では技能のグレーの部分がページュの部分に変わっていき、結果としてグレーの部分が少なくなってページュの部分が増えていきます。それか



提案で取り上げる加工法とその順序関係と位置づけ

OHP 17

ら技術というものは、技術自身で発展していくため、このページュの部分はさらに大きくなっていくでしょう。そしてスパイラルという意味では、技能は少なくなるのではなく、また新たに暗黙知が生まれます。それがさらに形式知化され、そして新たな技能が生まれるというような形で全体が発展していくのでしょうか。我々はその全体をものづくり力と呼び、そのものづくり力をITで支援するということを考えている訳です。我々の研究センターの研究開発課題というのは、こういうプロセスをいかに設定されたテーマの中で実現していくかということです。それを7年間でやっといこうと取り組んでいるわけです。

まず、加工全般に渡る技能の技術化手法についてお話しします【OHP 17】。どのような製品も、多くの加工工程を経て作られます。関先生の本にも、自動車工場での加工工程の分類などがなされていて、基盤技術による加工が非常に重

提案する中核技術と手法

加工技能の形式的モデル化手法

- オブジェクトによる表現手法と情報の共有
- 加工法を総合的、横断的に捉えた情報集積技術
- 前加工、後加工、加工品位に着目した集積
- インターネット上の分散型情報集積の運営
- 分散形式で、開放型システムによる柔軟性、拡張性

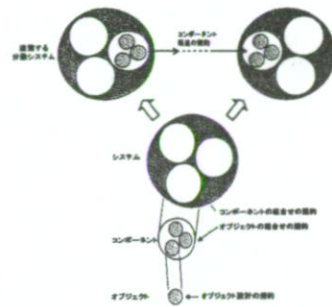
目標

加工技能の共通定式化、加工プロセス全体モデルの実現
中小製造業200社の自社資産情報集積で実用上の有効性評価

注:

- ※ 共通使用可能な技能、知識を調査・加工実験で収集・整理
加工条件データベースと加工事例データベース
- ※ データベース活用機能
 - ① 製品欠陥発生 の事前予測支援 ② 製品欠陥の原因推定
 - ③ 加工条件データ、加工事例データからの事前準備業務支援
- ※ 既存技術と技能との対応関係を解明、
技能、知識の収集、整理、体系化手法の確立

OHP 18



分散システム、システム、
コンポーネント、オブジェクトの関係と規約

OHP 19

要であるということが言われています。今回の基本計画の中で言われている加工法というのは例示されており、表になっています。例えば私達が馴染み深い加工には、工作機械で削る切削や砥石で削る研削、研磨、ワイヤーカットの放電、あるいはメッキや溶射、溶接、それから焼き入れ等の表面改質などが挙げられます。このような加工法がここには21個書かれています。もちろんこれ以外にもたくさんあり、型を使うような加工が主になっている成形加工なども含まれています。我々の課題はそういったものを作るという幅広い分野の加工法全体をにらんで、加工全般で共通的な技能や基盤的な技能を技術化する手法というものがどういふものであるかということを考えなさいということです。

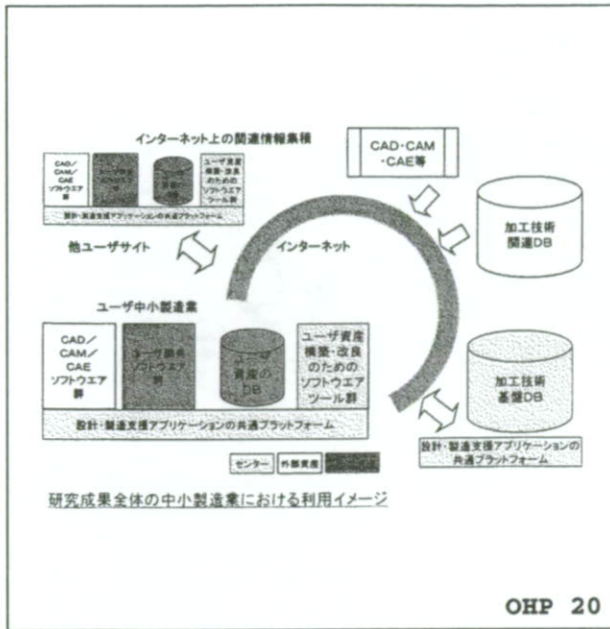
我々は注文が与えられると、まず製品が作られるまでの全体の過程を考えます。製鉄所からインゴットや圧延材など、そういう素形材として出て来たものが一般の機械部品になるまでのプロセスにはいろいろな加工工程があります。その一連の加工工程全体をにらんで、そこで行われている技能というものが前後関係を含めてどのようなものであるかということ进行分析し、その結果をデータベースとして集積するのです。そのデータベースの作り方を含めて、加工技能の技術化の手法を体系化していくことを考えるということを提案しているわけです。

以上をまとめますと、我々が提案した中核技術というものは一連の加工法全体を横断的にとらえた情報集積技術であります[OHP 18]。それから加工技能というものを形式知化する際の手法を、ソフトウェアにしやすい形にするものであります。現在のソフトウェアのアーキテクチャー（構造）の主流な手法であるオブジェクト手法という考え方に基づいて、最初から技能の技術化というプロセスを定式化していこうということです。それからもう1つは、時代のニーズに合

わせて、インターネット上での分散型情報の集積によっていろいろな場所に散在している情報集積の結果を連携させる有効なシステムを確立していこうという、以上の3つの共通的な手法を中核に置いています。後は切削加工や放電加工など、それぞれの加工ごとの特徴を生かした、技術化された技能の情報集積データベースを構築していこうということも計画しております。

このNEDOの基本計画は提案書が締め切られたのが10月で、正式にNEDOから研究を始めてもいいと言われたのが12月の始めでした。ですから今年度の計画がちょうどスタートしたところで、まだ成果のようなものは得られていません。我々の目標としては具体的には中小製造業の200社に我々の研究成果を使ってもらい、そこで我々の提案したシステムの有効性を検証していきたいと思っています。実際に使ってもらおうというのは、本当に大変なことだと思っています。機械製造業の中小製造業の数というのは、およそ10万社と言われています。10万社の中の200社というのは本当にわずかかも知れません。しかし、200社に使ってもらい、そこで有効性が立証できればそこから我々のシステムが広がっていくことになるのではないかと期待しております。せっかく独立行政法人になったのですから、いろいろな形の共同研究が出来ます。今の体制の利点を大いに活用し、とにかく良い評価を得るために自由に研究開発をするという考え方で取り組んで欲しいと言われておりますから、ぜひ実際的なシステムの開発をやれたらと思っています。

それから設計製作支援アプリケーションのプラットフォームのほうですが、オブジェクト手法という考え方を基に簡単に説明いたします[OHP 19]。これは非常に大雑把な絵ですが、オブジェクトというのは処理とデータとが一体化されたものと思っただければと思います。それは1つのモ



ジュールで、それが集まってコンポーネントになり、コンポーネントが集まってシステムになります。このシステムが集まって、統合されたシステムとして全体の機能を発揮するというようなものです。そういう非常にシンプルな考えなのですが、その間で処理のやり取りをします。コンポーネントの中のオブジェクト同士が、相互作用をしたりします。そういうところのやり取りの規約、プロトコルとも言いますが、これをきちんと決める。例えば加工の技術に関するプロトコルであるというようなことをきちんと決めて、このような体系化されたソフトウェアシステムの構造を実現することによって、中小製造業のユーザーが自ら自分の業務に一番適した形を、常に改良を重ねながら、ソフトウェアとして実現できるようにしたいと思っています。これは全体としてどのようなソフトウェアを作っていくかというプラットフォームに関する目標です。

インターネットというインフラを利用して

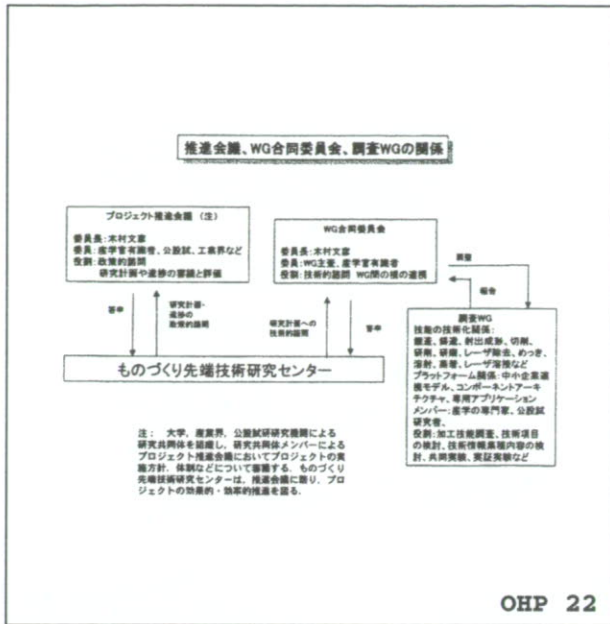
これは、我々のシステムのユーザーである中小企業同士がインターネット上でいろいろな企業連携を利用して仕事を行い、その資産がネットワーク上に共有されていくというような企業群としてのシステム利用の具体的なイメージを描いたものです[OHP 20]。ブルーの部分は我々が開発しようとしている基盤となるソフトウェアです。それはプラットフォームであり、その上に例えば現在のCAD・CAMシステムであるとか、市販のもの、あるいはユーザーが開発した解析プログラムといったものが載る訳です。もちろんユーザーが公開していない資産、例えばいろいろな技能を技術化したノウハウのようなもののデータベースもここに集積されます。我々はそういったソフトウェアを作り、またいろいろなソフトウェアのツール群も一緒に提供することを考えて



います。

それとは別に、そのデータベースのコンテンツにつきましては、例えば加工技術に関する基盤的な情報の詰まったデータベースというものをこのプラットフォームの上に構築してインターネット上に公開します。このようないろいろな企業群のデータベース、あるいは市販されている工具メーカーの加工技術に関するデータベースなどの公開されているデータベースを連携させることによって、ユーザーである中小製造業が自らITとMTを融合させていくことを支援していこうと考えている訳です。

実際のやり方を示しますと[OHP 21]、我々がセンターとして行う中小企業支援の具体的な姿の1つの特徴は、公設試験研究機関と非常に密接に連携して研究を進めていくということです。公設試験研究機関については後ほど改めて説明します。我々は、全国の中小製造業の方がインターネットを介して我々の研究成果を新たな開発に利用したり、或いはソフトウェア製品を作って商売をするというような動きが出て来ることを期待しています。その一例としては、例えばある部品を毎月1000個ずつ、6カ月間作って欲しいという注文が来た時に、自分達の加工設備で出来るのだろうか、出来ない場合には隣の企業でこの部分は加工してもらって、それを引き取って製品として出すなどということが出来るだろうかというような、高い精度で実的なシミュレーションが可能な支援システムを作ろうと取り組んでいます。ユーザーのニーズの中には、自分達が持っている加工のノウハウを資産として集積することは可能だろうかというようなものも入ってきます。そのようなユーザーのニーズに我々のセンターが人的なネットワークも含めて、全国の産総研のいろいろな地域センターや、公設試験研究機関や大学、企業と連携しながら具体的に応えることのできるような

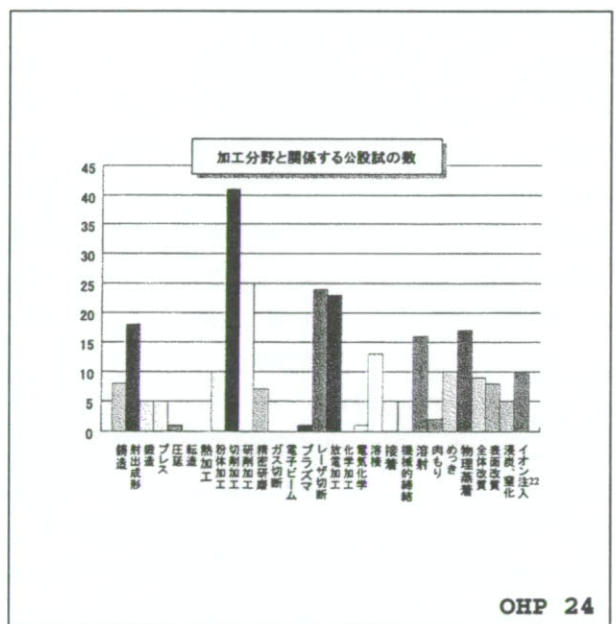
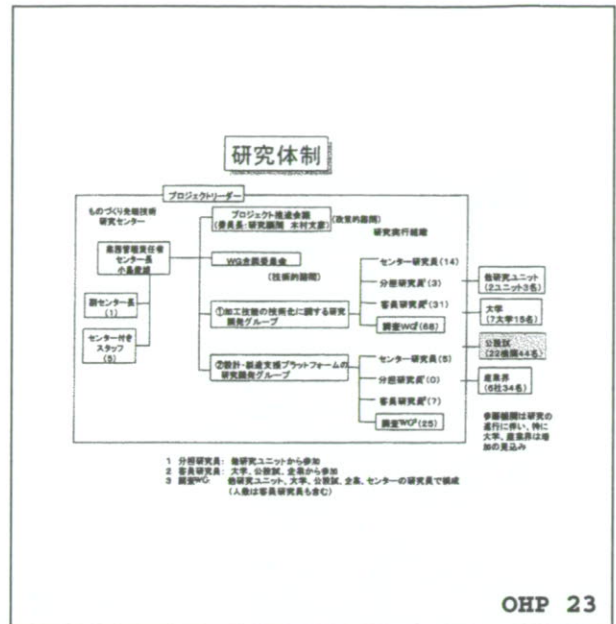


システムの確立を計画しています。

これは全体の組織図を示したものです [OHP 22]。我々のセンターの中にプロジェクト推進会議やワーキンググループを作って共同研究をしていきます。こういうことが出来るのも、今回の独立行政法人になって初めてです。例えば今まで委員会のようなものを作る時には公的な財団などをお願いしていたのですが、これからは、研究費の中で必要に合わせて委員会を組織しその事務局を作ることも、またその委員をお願いしたりすることも出来るようになりました。

これはその研究体制を示したものです [OHP 23]。技術的諮問委員会と政策的諮問委員会、そして我々のセンターが作る2つの開発グループがあります。我々のセンターのメンバーはこの2つの開発グループ、加工技能の技術化に関するグループと、②プラットフォームの開発に関するグループに分かれており、それぞれセンターの研究員が何名いるということを含弧内に書いてあります。人数は①のセンターの研究員が全部で14名、②は5名です。開発グループにはセンターの研究員以外に、外部からいろいろな方が参加しておられます。例えば、産総研の中の他の研究ユニットから参加している方などがおられます。また、WGの主席などは大学の先生をお願いしており、他に公設試験研究機関から44名の方を主として客員研究員という形でお招きして一緒にやろうと考えています。もちろんその他に、今は少ないのですが、産業界のメンバーにも入っていたいております。こういった研究共同体のようなものが産総研の中に作られているわけですが、いろいろなセクターの方に参加していただく組織体制を作っていこうと考えています。

ここで、公設試験研究機関についてお話したいと思います。この図は様々な加工分野について研究を行っている公



設試験研究機関の数をまとめた調査結果です [OHP 24]。

公設試験研究機関というのは都道府県立あるいは政令都市立の職員から成る、地場産業の技術支援機関です [OHP 25]。具体的な仕事としては、技術指導、技術相談、依頼試験、技術開発などです。依頼試験は現在だんだん少なくなっており、技術指導、技術相談、技術開発が主な仕事内容です。機械金属関係では全国に67機関、全体としては120機関ぐらいあり、6000名ぐらいの職員が働いています。その中で加工関連に関係している技術的な職員というのは、だいたい700名程度です。我々はこの700名の内の少なくとも1割の人に、私達のセンターで客員研究員として一緒に仕事をさせていただけるような体制を作っていきたいと考えています。そういう方々は、地場の中小製造業を主体とした企業群と直接接して技術相談や共同の技術開発をされていらっしゃる方々です。これからは、新しく得られた

公設試：公設試験研究機関

都道府県立、政令指定都市立の地場産業の技術支援機関

- 技術指導・相談、依頼試験、技術開発
- 機械金属関係の機関 67機関

加工関連分野に所属する技術職員 約700名
(約120機関、6000名の内数)

- コーディネーター役として、技術の中核を担う役割
例：地域新生コンソーシアム研究開発
- 中小製造業の技術の現状・問題点、将来動向などを産学官連携研究で開発、その事業化推進においてものづくり先端技術研究センターと連携

OHP 25

ものづくり先端技術研究センターにおける研究成果と展開イメージ

高付加価値製品のものづくりへの移行、業に実用化していく環境を前提とした製造業

- 進化するメカニズムを内包する製造業、産総研・公設研連携による「開拓研究」

中小製造業向けものづくり支援

インターネット上での公開

(インターネット加工技術便覧+実証現場構築)+情報基盤環境の確立

- 1年後
加工種目別技能項目固定、プラットフォーム基本仕様開発
- 3年後
基盤的加工情報集積と公開
プラットフォームの連携機能の実現
- 5年後
企業内加工技術情報集積と
基盤情報集積の連携、実証現場との連携
企業間のプラットフォーム活用連携の実現
- 7年後
自立的ネットワークの確立
改良手法の実現、加工技能の技術化方法論の評価

OHP 26

技術を普及させたり、技術の中核を担う役割としてのコーディネーター役というものがかんたん重要になっていくと思います。我々は、公設試験研究機関の職員の方々にコーディネーター役として我々のプロジェクトに参加していただき、彼らが持っている地場とのつながりを生かしていただくことで、結果的に我々のセンターで開発した成果を企業につなげ、普及を進めることができると考えています。もちろん産総研の中でもいろいろな形の連携を、直接的にやらせていただきたいと思います。

今度、産総研で客員研究員という制度が出来ました。この制度は例えば、実際に地方の公設試験研究機関の人に私達のプロジェクトについての実験や研究に年間1カ月を割いていただき、その成果を持って帰ってさらに発展させるというような形で我々とお付き合いくださいとお願いするものです。我々はその公設試験研究機関の研究員の方と、例えば研究発表を一緒にするといったことなども含めて一体となった組織を作っていこうということを始めています。こういうことも今までの国の研究機関では少し窮屈でなかなか出来なかったのですが、今回は、このプロジェクトに必要な人とセンターが判断した人にはすぐに参加してもらうことが出来る体制になっています。

これ[OHP 26]は具体的な指標のようなものですが、加工技能の技術化に関する研究が7年間、そしてプラットフォームの開発に関する研究が5年間と、長い研究期間が設定されています。もちろん3年と4年後に中間評価がありまして、それまでに何らかの成果が出ていないと、いろいろな意味で私達のセンターおよびプロジェクトは困難な立場に立たされることになります。当面の目標としては、インターネット上に加工技術に関するデジタル化されたいろいろなノウハウや技能のようなものを集積したデータベースを作ろうとし

ています。これは今までの便覧のようなものよりもずっと説得力を持ち、加工法全体に渡って有機的な構造を持っているようなものにします。それからもう1つは我々のところに、マシンを使ってすぐに実証できる実験工場のような拠点を作ろうとしています。そういう2つの目標を実現し、それらを包むインターネット上の情報基盤環境も作って、我々のセンターを皆様から利用していただけるような形にしていこうということを考えています。それで1年後、3年後、5年後、7年後という期間で、要素研究から初めて全体がネットワーク化されるまでの目標を立てています。7年後に我々のセンターは解散しますが、その時にはその組織で培われた財産や人的なネットワークというものが自律的に動いていくように考えています。例えばいろいろな地域で集積されている加工群、マニュファクチャリングミニマムと関先生が言われたものだと思いますが、そういったところで自立的に動いていくようにしたいと考えています。理想的な姿ですが、企業がいろいろな形の競争力を持つことが出来るように我々の成果が展開されれば一番ありがたいと思っています。

溶接工程における事例

具体的なイメージを持っていただくために、アーク溶接について少しお話しさせていただきます [OHP 27]。厚生労働省だと思いますが、そこには技能士という職があります。これは現在133種目あって、およそ200万人が資格を持っているそうです。その頂点を決めるのが技能オリンピックというものだと思います。その中で溶接には技能士はないのですが、溶接協会の資格というのがあります。第2種は3万8000人、第1種は7000人、それからJIS認定の資格者というのが27万人いると言われています。溶接協会では

若干の関連補足(4)

「技能士」

133種目、200万人、技能オリンピック

例：溶接の技能

溶接協会の資格

第2種 38,000人

第1種 7,000人

その他 JIS資格者 270,000人

- 資格者の雇用による施工が安全性の条件で
基盤技術の維持・強化に関する技術情報
リポジトリは基盤技術情報集積として重要

OHP 27

若干の補足(5)

ものづくり・IT融合化推進技術とは何か
加工技能の技術化とは何か

先行的なワークによる1段目のイメージ

加工技術DB

インターネットによるユビキュタスな情報源利用

アーク溶接の使命

安全性の高い施工、より困難な材料の継手加工

理由：

原子力発電所における溶接ミスに起因する事故

ゴミ焼却炉の温度管理、寿命の長期化

国産ロケットのエンジン部分のトラブル

これまでは生じなかったトラブル事例

OHP 28

3年ごとに資格を更新しなければいけないということになっているそうです。これは、溶接が安全性に関連する特別な加工であるためです。例えば船の溶接などは造船会社に聞いてみますと、資格を持っていないと作業をさせないということです。橋の溶接なども同様で、溶接加工というのはある意味で言うと、誰がやったかで出来が決まるような技能依存が常に存在する加工であるということだと思います。もちろん現在では随分ロボット化されていますが、依然として条件など、非常に難しいものがあります。

長年アーク溶接の技術指導を一生懸命やっていた人がいました。我々はその人のノウハウのようなものを技術化して、インターネットに載せていこうということをや5年前からやっていました。これは今日でもインターネット上ですぐ見ていただくことができます。産総研のものづくり先端技術研究センターにアクセスしていただければ、そこにリンクしております。(平成14年4月現在：http://www.aist.go.jp/aist_j/organization/organization.html)

次に技能の技術化という具体的なイメージとは何かということについて、野中郁次郎先生のお話なども含めて簡単にお話ししたいと思います [OHP 28]。

アーク溶接にも、安全性の高い施工や、より困難な材料の継手加工というような技術動向があるだろうと思います。例えば最近では、原子力発電所における溶接ミスに起因する事故がありました。ゴミの焼却処理場では、肉もりと言って炉壁に使っている耐熱材料がどんどん落ちてくるのを補修する作業をやるために、よく操業が止まったりします。そういったことにならないような溶接加工とはどういうものかというのは、現在大きな話題になっています。それからこの前の国産ロケットのエンジン部分のトラブルなども、溶接の問題だと言われています。これまで国産ロケッ

ユビキュタスな環境における 加工技術情報連携—アーク溶接

インターネット利用・WWW上の連携

- 情報のDB化が進む
- 情報源としてWWWが重要視されてきた
- Webサービスが増大 ASPの出現
(加工分野もあり)
- WWWページ記述言語XMLの進化

OHP 29

トではいろいろなトラブルがありますが、その中でも特に、今までは生じなかったトラブル事例というものも多くあります。これはまさに技能の技術化や、最近よく言われる技術の空洞化というようなものの、1つの大きな現れではないかと思っています。そういったものに対して幾分でも寄与できるのではないかと思います、5年前ぐらいから我々がやっている仕事について、具体的な技能の技術化のイメージを掴むためにお話ししたいと思います。

いろいろなところで、インターネットを用いた現状への寄与を試行錯誤している人はいます。そういう人が多く遍在する、ユビキュタスな環境における連携を可能とするようなものを作ることを我々は考えたのです [OHP 29]。

アーク溶接に用いる溶接棒には、自分が溶けていくものや断熱線で溶けない電極のものなど、幾つか種類があります [OHP 30]。そして図のように、2つの物をアーク溶接で



溶かして接合していきます。簡単に言いますと材料を吸熱して、そこに溶接棒の溶接金属を溶かし込んで、2つの物をくっつけていくわけです。ところが例えば2つの材料が違ったり(異材溶接)、材料自体がクラッド材という重ね合わせた材料だったり、元々溶接するのが難しい材料だったりすると、青色の字で示した条件を選ぶのが難しくなります。この条件を誤ると先ほど挙げたような事故につながるため、そういうことにならないような条件は何だろうかということ、私どもの昔の機械技術研究所でいろいろと実験をしました。そこで得られた結果を、こうすることによって安定した溶接施工が実現できるとインターネット上で情報公開したので。

分散する加工知識を結集してより安全な溶接というものを多面的な情報で掌握し、ユーザーがどうしたらいいだろう、こんなことで困ったといった時にそれに対する回答、あるいは回答を出すための支援ができる、すなわち技能の技術化を一段階ステップアップするような、知識の書庫というものを作ろうというのが先の目的です[OHP 31]。その目的はまた、安全で確実な、健全でサラウンドな溶接を実現するという事です。しかもそれを「こうやればいいですよ」というブラックボックスで出すのではなくて、例えば溶接に関する金属冶金学というような観点から理屈をきちんと示し、そしてそれを利用する人がそこで学んだことにより、別の場面での応用力も付くという形の知識書庫を作っていこうということです。

実際にインターネット上で公開されている溶接アプリケーションを挙げますと[OHP 32]、金属材料研究所というつくばにある研究所は溶接のことをやっていて、研究成果をインターネットで公開しています。それから君津にあります新日鉄の研究所の百合岡博士がやはり溶接の専門家、その

分散する加工知識を結集し、安全な溶接加工を多面的情報で掌握し、ユーザの問いに回答支援、技能の技術化を一段階ステップアップする知識書庫

豊富な経験を有する技能者の確実な情報集積結果をユーザ加工事例や最適加工条件決定計算、冶金学によるユーザ支援機能として公開

- 安全で確実、良好な溶接施工の実現
- システムの核は加工事例データベース
リポジトリはWWW上で連携し、成長する

OHP 31

溶接アプリケーションの数々

開発者	内容名	入力	出力
NAIS	溶接用C/Tデータベース	化学組成、冷却速度	母材硬さ
		熱処理(鋼のT)	熱処理、冷却速度
DMRC	溶接熱影響部加工条件	材料名、板厚	溶接条件
		炭素当量と変換温度 Car _{eq}	炭素当量、変換温度
Dr. YUKIOKA	transformation temperature	化学組成	溶接条件
		熱履歴と溶接冷却時間 Thermal history & cooling time	入熱、冷却速度
Dr. YUKIOKA	熱影響部最高硬さ Maximum hardness at a weld heat affected zone	化学組成、溶接条件、板厚、予熱、冷却速度	硬さHv
		最低必要予熱温度 Minimum necessary preheating temperature	化学組成、溶接入熱(条件)、溶接金属特性値、板厚
Dr. Bobbu ORNL	TTT-CCT図解 See TTT and CCT Diagram with Steel Composition	化学組成、冷却速度	graph(TTT,CCT)

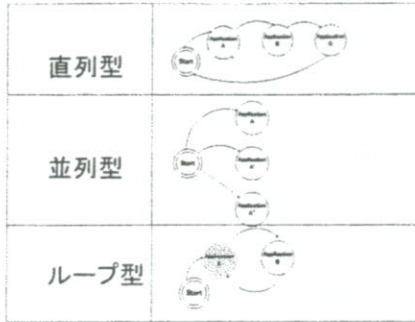
OHP 32

人も溶接に関するいろいろなご自身の経験や、これまでの研究成果を公開されています。それからオークリッジ・ナショナル・ラボラトリーでも日本の金属材料研究所と同じようなことをやっています。以上のようなものが現在インターネット上で公開されているわけですから、それらの情報集積を連携させることによって新しい機能が出て来ることが考えられます。

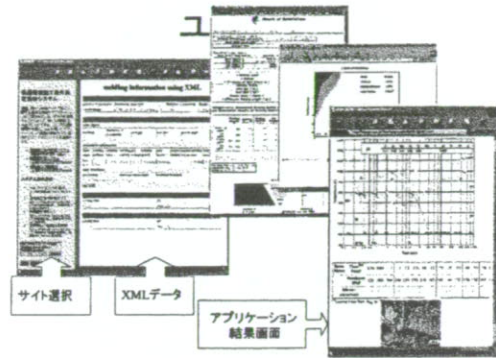
それらのサイトをいろいろなパターンでつないで、連携させて、処理をするということです [OHP 33]。

これはその一例で、溶接の部位解析結果です [OHP 34]。アーク溶接ではパスと言って何回もかけて少しずつ溶接金属を持っていき、材料同士をつなげていきます。そういった時の電流やいろいろな条件をどうしたらいいかということ、私達の実験結果を基に、こういう条件でやったら大丈夫です、健全な溶接になりますと説明しているものです。

連携形態(物理的パターン)



OHP 33



OHP 34

SM400Aへ

ユーザ入力

材料: SM400A
母材厚さ: 12mm

溶接施工条件

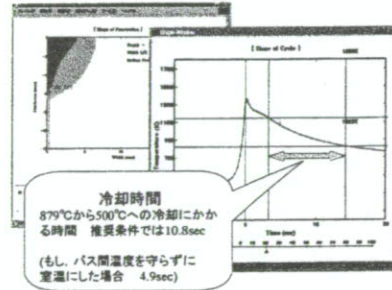
	溶接法	溶接ワイヤ	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	ワイヤ進送速度 (mm/min)	溶接速度 (mm/min)
最終層	TIG-2Y-G	YGT30	200	14.0	100	25
中間層	MIG-1Y-G	YGW17	250	20.0	110	60
初層	TIG	YGT30	190	12.0	80	13

バス間温度 [150°C]



OHP 35

SM400Aへの適用



OHP 36

しかもなおかつその溶接で1回盛って、次を盛る時にはそのバス間の温度を150度にしてから次の溶接をやるということを、時間はかかりますが絶対に守らなければいけませんと言っています [OHP 35]。それには理由があります。

これは金属材料研究所のシミュレータで、これもインターネット上で公開されています [OHP 36]。溶接というのは急熱、急冷で、800度から500度まで急冷するときに掛かる冷却時間で、例えばマルテンサイトなどの層の析出量が変化し、結果として溶接部位の硬さが変わってしまうのです [OHP 37]。これで割れやすい溶接だとか、割れにくい溶接というものが決まってしまう。全体が決まる訳ではないですが、ほとんどが決まってしまう。

そういったことを計算するような、一種のプログラムのようなのがあります [OHP 38]。プログラムと我々のデータベースとを連携させて、実際の実験結果ではどのくらいの

SM400

SM400A冷却時間と硬さ

230Hv 近辺
安全な溶接条件を確認できる。
(350Hvを越えると溶接後割れが生じやすい)

バス間温度を守らなかった事例で計算させると硬くなる事を予測できる

冷却時間 (sec)	0.8	1.2	1.8	2.5	3.3	5	6	9	12	18	25	36	48	
硬さ(Hv)					545	308	279	281	258	206	206	196	185	177

OHP 37



堅さになるか、そして溶接部位の冷却速度はどれくらいであるかだということをプロットしてみると、溶接部分がだいたいどのくらいの堅さになるかということを事前に予測できるのです。そういうことが可能となるため、私達1カ所だけでやるのではなく、例えばこの場合には金属材料研究所のような、他の研究機関で得られた結果と合わせてお互い比較することによってより正確な、あるいはより新しい知見が得られることが期待出来ます。

熱履歴などに関しても、先ほどのオークリッジなどいろいろな研究機関で得られている結果と合わせても、だいたい同じ傾向になっていることが分かっています。ある意味で言うと、互いの結果を合わせることはそれぞれのサイトの評価にもつながります。互いに比較することによって、傾向が同じであるというような新しい知見が得られたりもします。今は5つですが、こういったサイトがたくさん増えてくれますと、例え自分達が少ししか情報を持っていなくても、他で得られている結果を合わせることによって加工に関する新たな知見が得られるというようなイメージのことをやっていこうと思っています。これは、マイケル・ボラニーや野中先生の言われている技能の技術化と対応づけられる、暗黙知の形式化化というスパイラルのダイナミックなプロセスとオーバーラップするのではないかと思います。

技能と情報技術との融和を目指して

私は今後、コンピュータで作る技能モデルとは何かということが重要になると思っています【OHP 39】。モデルというのはまねが出来ること、技術で再現が出来ることだと思います。そのようなことが出来るような情報集積をしていこうというのが我々の目的です。この全てを私達の小さい集団だけで出来るわけではありません。今は使えなくても、例え

アーク溶接における経験の吟味

モデル再現(まねが)できること
そのための情報集積

情報集積の役割

- 一歩先のデータ(即利用不可のデータ)
 - 基盤技術データ
 - 基準の説明・解釈機能
 - 自身の情報集積の評価
- 技能の技術化と野中モデルとの対比

※ 毎月のアクセス件数:コンスタントに10,000弱

吟味(つづき)

- 干物(ひもの)データは要らない
 - 基盤技術データ
 - 基準の説明・解釈機能
 - 自身の情報集積の評価
- ひま(時間)がない
 - 徹底した自動化支援、習慣へ
- すぐに答えがでてくるか(使いものになるか)
 - 一実施例の集積、公設試(人的支援)との組合せ

ばあと5年後にはこういう技術動向で、この辺の技術が重要になってくるだろうといったことで、私達が先行して1歩先の情報集積をしていくわけです。そういうふう役に立てていただけることが出来るのではないかとことを想定しています。

先ほど紹介した我々のWebサイトは、溶接という割合狭い範囲の情報公開ですが、最近ではコンスタントに毎月1万件ぐらいのアクセスがあります。あまり情報が増えていないサイトで常にそのぐらいのアクセスがあるということは、かなり多くの方に見てもらっていて、しかも継続して覗いていただいているということが言えると思います。これからどんどんいろいろな分野の技術情報の集積を精力的に行って新しい情報を積んでいけば、そこからただ見ていただけるだけのサイトではなく、一緒に何かやりましょうというような形のサイトに発展していけばと思っています。

こういうことを会社の方などに説明すると、いろいろな形のご批判をいただきます[OHP 40]。私達が作るデータというのは、どちらかと言うと干物のデータであると言われるのです。要するに誰でも知っているようなデータだから、そういうデータは要らないということです。それについては関先生の三角形モデルを用いて、基盤技術データというものの重要性をご説明しています。それから自分たちの技能を技術化して資産データを作りたいけどとてもそんな余裕はないということにつきましては、徹底してシステムを自動化して、特別なことをしなくてもそういう資産データが集積されていくような仕組みというものを含めて考えていきたいと思っています。それから実際に使えるレベルのものが本当に出来るのかということについても、随分ご批判のコメントを頂戴しています。それにつきましては公設試の人と一緒にあって、人的な支援も含めて対応して早く1個でも2個でも成功例を作っていきたいと思っています。

我々のプロジェクトは今スタートしたばかりであり、提案された内容を吟味することが大切です[OHP 41]。まず、技能の技術化とは何かということですが、それはやはり暗黙知を形式知化することで、それはつまりデジタル化してデータベース化することだと思います。その時に、形式知化したことによって整理された知識からまた新しく暗黙知を得るというスパイラルを実現できる人というのが、本当の意味でのデジタルマイスターではないかと思っています。

技能のモデル化とは、まずまねが出来るということだと思っています。そのモデルが現場でもコンピュータ上でも比較でき、また忠実に再現できるということで、私達の研究も評価してもらえたらありがたいと思います。それは企業に評価してもらうという意味が一番大きいですが、そう思っています。

加工技術の情報集積は有益か否かについては、デジタル化してデータベース化することによって最も利するのは、アジア地域ではないかと思っています。先ほどのジレンマの話です。ただ日本としては例えば地域ごとに機動的にネットワークしていく中で集積した情報を共有し、一歩進んだ形のものを常に実現していくというような支援につながるのではないかと思っています。ただ私達は全部の研究成果をインターネット上で、無料で公開しようとは思っていません。何らかの形で、まず日本の中小製造業に役に立つようなところからやっていきたいと思っています。

【質疑】

—現実問題として、加工技術や技能はどんどん中国などに移っていつているのではないかという気がします。そういう意味では、日本だけに固執してカスカスの知識を寄せ

提案内容の吟味

技能の技術化とは何か

技能のモデル化とは何か

デジタルマイスター

加工技術情報集積 (DB, 活用機能) は有益か

デジタル化してDBでうれしいのはアジア地域ではないか

どんなことなの？
暗黙知(個人的で、永年の経験によって得られた資産、表現困難)を形式知(デジタル知-DBなど)に

それを使って、新しい(整理された)暗黙知を得る。そしてそれを形式知(デジタル知)に

それを使って「まね」ができる(現場でも、コンピュータの上でも良い)。そして比較ができ、その再現性の忠実度・情報量で評価

OHP 41

集めるのではなく、むしろ中国の大学や現場とうまくネットワークを組んでやっていくような構想なり視野というのはお持ちでしょうか。

小島 このプロジェクトを始める1年前の1月末に、中国、韓国、シンガポール、マレーシア、インド、タイから我々と同じような形の機関や大学の方に来ていただいて、こういうプロジェクトを始める予定があるので一緒にやりましょうというワークショップを開かせていただきました。残念ながらいろいろな事情がありまして、今年は第2回目をやろうとお約束しているのですがまだ出来ていません。そういう形で、アジア地域の研究期間とも一緒にやれるところはやっていこうと考えています。そういう視野は持っておりますが、まだ具体的にどういう形のものになるかは分かりません。ただ我々のセンターにはたまたまですが、韓国など外国の方が現在3人おります。彼らは学生ですがそういう人も多と思いますので、人を通じていろいろなネットワークを組んでいくということがこれから大事なことだと思います。

そのワークショップにはアメリカの人も来たのです。軍の方ということで、どこかからそのワークショップのことを聞いてこられて、事前に行ってもいいかと聞かれて、もちろん結構ですと申し上げました。その方は、このプロジェクトはうまくやったらすごく良いプロジェクトになると励ましてくださいました。アメリカの人にとってもこういうことを日本がやるようになったということは、ある意味で言うとは半分は期待をしているのですが、半分はどうなるか見物しているという感じのことを思っていたらよかった。そういうことから、私達がやろうとしていることが、良くも悪くも注目されているということで今ご指摘いただいたことを是非生かしていきたいと思っています。

—巨大なデータベースのようなものを作られるということですが、これは自然言語としては何を使うのでしょうか。現在はグローバル化がどんどん進んでいるということで、当然世界戦略的に考えなくてはならない面もあるので、何語でこれを作るのかということが非常に大きな問題ではないかと思えます。

小島 アーク溶接につきましては、英語を基にして今までやってきました。ただ当面は、やはりまずは日本語で作ることになります。実際問題として100%近くの情報日本語で集積をしていくことになるからです。

—最初の方に技能の技術化についてお話された中では、技能という属人的な暗黙知を形式知化することという話でしたが、溶接の話の中では技能を知識によって裏付けし、それを整理して便覧化するというのでしょうか。本当の意味での技能と言うか、属人的な技能というのは、データベース化できない面が大きいのではないかという気がします。

小島 それはおっしゃる通りだと思います。まだきちんとご説明できないのですが、技能にはレベルがあると思うのです。そして技能と言われているものの中にも、サイエンティフィックな見方をすればきちんと説明ができるものがあると思っています。また、これを技術化するのとはとても無理だというような技能ももちろんあります。技能にはそういう幾つかの層があると思います。このような技能に対して我々がやれることは、技能をレベル別にきちんと峻別して、ともかく1つでも2つでも技能を技術化して使える形にするというところがまずは出発点だろうと思っています。

—技能というのは技能を持っている人が現場で一生懸命ものづくりに励みつつ、さらにその中で新たな暗黙知を体得していった増えていくものと理解しておりました。現在よく言われていることですが、そのような技能をコンピュータ等で技術化すると、その先の技能の進歩が止まってしまうというような話を聞きます。その辺についてはどのようなお考えをお持ちでしょうか。

小島 私達は暗黙知と形式知の変換のスパイラルが確立できれば、技能を技術化してもその先進歩はあると思います。しかし実際のファーストステップとして、技能の技術化の最初の段階でもいいから、誰が見ても技能が技術化されると認められるものを示せと言われると、やはり自分の経験としてもまだ無いのです。やはりまだそのようなレベルだと改めて思わざるを得なかったのです。それについてはおっしゃる通りであります。技能が技術化されてそこで進歩が止まってしまうのも、それで十分なものも私は実際にはあると思います。ただ先ほどの溶接加工や切削加工などの加工技術に関しては、例えば材料ひとつをとってみてもそれがリサイクル材だったりするといろいろな成分が入っていたり

など、突き詰めていくと実用上完全に技術化することは簡単なことではないと思うのです。そういう意味で、ものすごく難しい技能でなくても必ず残される技能が加工の分野ではあるのではないかと今のところ思っています。

—私自身の2、3の体験というか、人から聞いた話を含めてですが、三菱重工が深く関係をしていた例のロボットの問題についてです。これは1回だけでなく2回ぐらい失敗しており、その原因は溶接の先端技術ではなくて基盤技術、つまり溶接のある意味では初歩的な技能の劣弱化から来たということ当該企業の専門家から聞きました。要するに我々の20年、30年前の技能者だったら起こらないような失敗であったということです。表向きはきちんとやったようですが、硬さや冷却のスピードだとか、おそらくそういう条件の制御がきちんと出来ていなかったために、割れてしまったりひびが入ったということなのでしょう。

それからもう1つ、たまたま昨日、食品加工技術と包装機械技術の融合化の協会がありました。昔産業機械課におりました時に、有名なロボットすし機械を開発した鈴木さんという人がおられました。二十数年前のそのロボット機械の立ち上げの時、彼が大変それを自慢しておった時に私は、すし職人の何とも言えない米を握る柔らかさと言いますか、あまり堅すぎない、すかすかしない握り方というのが簡単には技術化できない究極の技能で、このロボットにはそれが欠けているのではないかと言ったわけです。すると彼はムキになりまして、毎年挑戦して昨日も「また新製品が出来たから見てください」と言われるのです。彼はまず米の蒸し方、炊き方から始まって、そのロボットが握る湿り具合と言いますか、そういったものも含めての技術化に毎年挑戦しているのです。素人の私がちょっとした思い付きで言ったことを、彼は真剣に取り上げてくれました。確かに年々改良されています。ご承知かどうか、今の回転すしのすし飯はほとんどロボットが握っているのです。あれはのれんの後ろにロボットがありまして、職人が前にいて握っているように見えるのですが、実は機械が握っているのです。それからホテルの宴会で大量に出されるすしは、全部と言っていいほど機械が握っています。そのロボット寿司機械のシェアの70%を占めている鈴茂という有名な世界的ロボット機械メーカーが、今技能を出来るだけ技術化しようと取り組んでいます。ただしこれは永遠の課題ではないかと私は思っています。先ほど暗黙知と形式知化の変換のスパイラルについて言われましたが、彼は今も常に、一般のすし職人の技能に注目しています。だから私は、技能というものは止まってしまうのではなくて、モノにもよりますけれども、自然とスパイラルになるものではないかと思う訳であります。以上は私の感想でございます。

1つだけ、先ほどのご質問に反するかもしれませんが、先ほどからジレンマということが言われておりますが、オープンにすることができ、協力していけるところは協力していくということは当然のことです。これは発展途上国に限らず先進国に対してもそうです。先ほどの大使館の軍事専門家は、何うところではロケットなどの安全性を左右するのは溶接技術だということですから、おそらく宇宙技術への応用等も含めて、興味を持っていらっしゃるのでしょうか。そういうところを偵察に来ているのではないかと思います。励ましてかつ警戒しているということだと思いますが違いますか。

小島 その通りです。

——やはりそうですか。私はそうだと思います。それはそれとして日本の特に中小企業が独自に生きていく道は、ナノテクノロジーと並んで製造業にあるのではないかと思います。そういった背景を踏まえた上で、技術化のジレンマについて考えるとどうなのでしょう。常にオープンに寛容に技術を伝播していくというのは、限界があるような気がするのですが。

小島 先にいただいたご質問とも関係すると思います。今の段階ではまだはっきりとした答えを持っていないのですが、私は仮説を立てながら試行錯誤を繰り返していく中で、私どもの産総研でやるスタンスなどを少しずつ明確にさせていただきたいと思っています。少し猶予を頂戴したいと弁解だけしか今はありません。

——現在は中国が世界の工場になると言って、日本の企業もどんどん中国へ出ていっています。あるいは今日本に在るいろいろなものづくりの製造業が中国へ移って、国内製品と同じ物が安く入ってくるということが起きています。そういうことの結果、日本におけるものづくり業が空洞化しているという議論があります。今年の早い時期に日経新聞だったと思いますが、中国にまねの出来ない技術を日本が持つようにすればいいというような論文が出ていました。そういう論文の内容と先生が今話された内容とが少し矛盾するような感想を持ったのですが、その辺はどうでしょうか。

小島 先ほども申し上げたのですが、現段階の私の考えはあくまでも仮説で、間違っていることも十分にあると考えております。今のようなお話の企業というのはたくさんあるだろうと思います。あえて暴言なのですが、私達のプロジェクトのお客さんになってもらえる会社というのは、ご自身の会社でどんどんやっていくだけの技能を持っている会社であると思います。これはあくまでも仮説なのですが、そう思っています。

先ほど関先生の話などを紹介しましたが、マーケットとい

うのは、企業の集団が機動的に地域の産業集積機構としての役割を演ずるところにあるのではないかと思います。そこで競争力の鍵となる技術レベルを上げていくには、技術の三角形モデルから、技術全体を支える基盤技術をしっかりやっていくことが大事になります。私は関先生の本を読んでこのことをすごく納得しました。私達のプロジェクトでは当面、この部分をユーザーとして想定していくのはどうだろうかと考えています。

——私はダイキャストの金型工場を持っているのですが、日本の金型工場というのはどんなに大きくても150人から200人ぐらいまでの工場です。ところが中国ではプラスチックの金型工場などを含めて、そういった金型工場に従事者が4000人という規模の会社があるとファインテックの中川先生がおっしゃっていました。ちょっと簡単には考えられない規模です。その辺にその技能と技術とのジレンマと言いますか、そんなものがもう生まれているのかと今感じました。

小島 おっしゃる通りだと思います。中川先生には私どものプロジェクトの推進会議のメンバーにもなっていたております。中川先生は、特に中国との対比で憂いておられます。そこで、我々のプロジェクトでやはり中国の技術を見せてもらうという計画を現在進めています。やはりきちんと現状を見ておかないと、勝手な仮説を作るとんでもないことをやってしまうかも知れないので、まずきちんと自分達なりに得心がいくまで現状を確認してこようと考えたのです。そういうようなミッションを来年度にやらせていただくということで、今計画をしているところでございます。その結果次第でまた別の考えを持つようになるかも知れませんが、現段階ではまだ何もやっていないということです。

——正直言って大変びっくりしたのですが、先生のお話をお伺いしながら、うちの会社の職人の顔を思い浮かべて、彼らにこういうことが出来るだろうかということを考えておりました。徹底した自動化と言われましたが、その点について疑問を感じました。例えば講習会を開けばいい、あるいは実物を見せればいいのか、いろいろあると思いますが、やはり中小企業はある種時間がないのです。会社の外に出るのも非常にはばかれるという時に、いったいどうやって自動化を進めればいいのかと今考えていました。ご参考になるかどうかわかりませんが、私どもで15年ほど前に、従来は手で巻いていたガラスの熔融液をロボットに巻き取らせるという技術を開発しました。その時、職人さんにモデルとなってもらって、その動きをCCDカメラで撮って分析してロボットにティーチングしたのですが、最初の半年から1年は、ロボットといえどもなかなかきこちない動きでやっています。それを見て職人さん自身が自分の下積み時代のこと

を思い出して親近感を覚えてきたということで、今では各ロボットにニックネームまで付いています。そのように、模型でも漫画でもいいので、現場の人達に実際の動きを何とか見せられるようなことをやっていただければ、その技術はある意味で普及するし、例えば町工場の職人さん達も納得するのではないかというような感想を持ちました。

——今日は大変有意義なお話を伺いました。ありがとうございました。

小島 これからもぜひご指導をいただきたいと思います。よろしく願いいたします。（拍手）

（第6回：平成14年1月17日）

5. モノづくりの現場からの報告〔1〕金型技能の伝承・育成の試み

講師：松浦元男氏（株式会社樹研工業 代表取締役）

【講師紹介】

松浦さんは昭和10年、愛知県名古屋市のお生まれで、昭和35年、愛知大学法経学部経済学科をご卒業され、アイセロ化学に入社されましたが、昭和40年に樹研工業を設立して、エンジニアリング・プラスチックを手がけられました。

現在は株式会社樹研工業、株式会社ジュケンマシンワークス、有限会社ジュケンファインツール等々、4社の代表取締役をいらっしゃいます。国内ばかりではなくて、韓国、台湾、中国、シンガポール、タイ、マレーシアの、海外関連各社の取締役もいらっしゃいます。

経済、経営、技術、教育、子育てなど、いろいろなところから要請されて、ご講演をなさった経験をお持ちでいらっしゃいます。趣味は音楽で、作曲、編曲、ピアノ、シンセサイザー演奏、ラジコンライダの製作と飛行というのも趣味でいらっしゃいます。著書もたくさんございまして、お手元に『父と息子の永い付き合い』というご著書を頂戴しております。（以上、主査杉浦）

【講演】

経歴にありませんでしたが、10年ほど東京でバンドマンをやっています、浅草のストリップから始まって、最後は米軍のキャンプから有楽町界隈の、いまでいうライブハウス、当時はジャズ喫茶と言いましたが、そんなところで演奏したり、青春を謳歌していました。ですから、音楽は趣味というよりも、もう半分商売でした。

そのときに覚えた音楽でシンセサイザーを弾くことを覚えて、シンセサイザーをいじってみたら、あとでパソコンが全く同じ構造をしているということがわかったので、パソコンの理解が年齢の割に速かったんです。シンセサイザーは入力がパソコンと違って白と黒の88鍵のキーボードで打つんですけども、パソコンは77のキーで打つ。フォントの変更はシンセサイザーですと音色の変更ですし、どうして記憶、メモリがたくさんあったほうがいいのかは、結局シンセサイザーでも四分音符1つに信号が490ありますから、やっぱりメモリが多いほうが処理が速い。パソコンを数台並べつなぐと、おもしろいことに、信号は一列で電線の中を通ってきますから、あとから来る信号が遅れるんです。だからADSLとかISDNなど、通信速度が遅いほうが良いということはよくわかるんです。全然違ったところからずっと概念が理解できたものですから、パソコンも非常に早く取り組むことができました。

樹研工業は、現在社員が70名程ですが、パソコンが200

台前後、そのうち40、50台は全部なかで適当につくったパソコンを動かしたりしています。他の中小企業と比べると、僕がやっていますから、社員一同、パソコンに対してまるっきり抵抗がなかったというのが実態で（笑）、パートも含めてみんなメールアドレスを持っていて、パソコンはコミュニケーションにとっては大変良い道具だと思っています。

私どもの総合カタログは、よそのカタログと違っていて、私どもの思想と哲学とシステムをできるだけ広くお伝えするために、ちょっと週刊誌風に読み物のようにしております。できればカタログを持っていた方、特に技術の方なんかはお手元に置いていただけるような、そんなカタログにしたいという主旨で作りましたので、ちょっと文字が多くなっております。

「2000年大変革前夜」という資料は、毎月1回社内で行われている勉強会で配布された2、3ページのテキストを、社員の各自の勉強のために適当に抜粋した記録です。

サンプルは腕時計の中に入っている、モジュールが100分の6という大きさの歯車で、リコー、カシオ、香港のウェルデン、スイスのスウォッチに納入しております。もう一つが重量が10万分の1グラムの歯車です。モジュールが1000分の25で赤い点々のように見えます。歯数が9枚あり、外径0.269、つまり1ミリの中に4つくらいかみ合いをさせれば、5つ入ることができます。おそらくこれは世界で一番小さいプラスチック歯車だろうと思っています。

10万分の1グラムの歯車

私たちはオイルショックというとてもない事件を経験して、1つは経済的に見て、為替の変動ということをしかり覚えました。そしてもう1つ、大事なことは省エネと省資源だということで、とにかく小型の部品をきちっとつくれるようにしていこうと、時計の歯車で、1000分の2グラムくらいのもをつくるという目標に立てました。当時、ビデオでも歯車は直径が2、3センチでしたが、小さなものをつくっていくうちに8ミリビデオが出たんです。ソニーが発明する前に、われわれはいったい次のビデオは8ミリでいくんだろうか、4ミリでいくんだろうかということ社内をよく議論しました。

下請け企業というのはソニーも行けば、松下も行けば、東芝にも行くし、シャープにも行くし、サンヨーにも出かける。そうすると断片的にいろいろな話が入ってきます。「おい、韓国のデウでは日本が小さいビデオをつくるらしいとい

うことを言っているぞ」なんていうわさを外国から聞いて、向こうに行ってみて、実際にムービーを買ってみると重たくてしょうがない。これは小さくなるだろうということで、軽薄短小なんていうのは、もうずいぶん前から始まっていたわけです。結局はそういった小型の家電製品などの小さな部品の受注ができたのですが、そのなかの1つが腕時計の仕事になりました。

1000分の2グラムの小さな歯車でメカをつくって、実際に見本市に並べてみたら、8ミリビデオあるいはウォークマンなどの小型のAV機器の部品の受注が比較的順調にできました。そのときはまだ時計の注文はなかったのですが、しばらくたってから、リコー、カシオから引き合いがありました。系列という問題で、新興の会社はウォッチの部品をうまく買えなかったようなんです。そこへ、われわれのような全くの門外漢がプラスチックで歯車をつくり、これでいいんじゃないかということで、急にプラスチックのほうへ動いたのではないかと想像しております。こうして時計屋さんとの商売が始まりました。

始まってみると、もっと小さな部品をということで、1万分の1グラムというターゲットで同じような歯車をつくりました。いまから6年ほど前です。これは見本市の会場で実際に生産してみせたところ、皆さん大変びっくりして、すごいね、小さいねと喜んでくれましたが、それ以上何の反応もなかった。こっちは、なんだ、人が一生懸命やったのに、つまらないと思いつながら、よし、それじゃあ、もういっちょ小さいのをつくってやろうということで、その10分の1をターゲットにして、10万分の1グラムという歯車を実際に4個取りで見本市の会場で量産して見せたんです。来た人が、「おい、看板だけじゃなくて、ちゃんとつくったらどうだ」と言うから、「いや、つくっているんです」と言っても、つくっているのが見えないものだから、うそだ、うそだなんて言われたんですけど、この事件で大変おもしろい結果がそのあと出てくるんです。

中小企業の大事なことの1つは、売名行為です。これを一生懸命やらないと、なかなか大企業はこっちを向いてくれません。最近IT、ITと言われている1つのネットワークが、中小企業の売名行為にとって、ものすごくいい力になる。私たちは94年には社内のネットワークができあがってましたので、95年の春からインターネットを使っておりましたが、98年か何かの見本市にこの歯車を出したときに、日本の新聞社、雑誌社、大学、公設の試験場が、こんな小さなものができているんだしたら、ひとつそのプロセスや品物をうちのホームページに載せてもいいだろうかというお問い合わせをいただきまして、どんどん載せてください、もうそうしていただければうちはありがたいと申し上げました。ど

こがどういうふうに乗せられたか、それは定かではありませんせんけれども、私たちが見つけたのは、清水の公設試験場のものと、名古屋の工作機械の雑誌社、これはホームページで見つけたんですけども、非常に上手に取り扱ってくれていました。

ヨーロッパの会社の紳士性

われわれも知らなかったんですけども、そういったホームページというのは、意外と外国の企業やら、外国の試験場がときどきはのぞいているらしいんです。おもしろい品物、あるいはおもしろい技術を発表しまして、ホームページに載ってしまいますと、私どもの経験ですと、だいたい3カ月から半年くらいで北半球にうわさが広まってしまうというのが実感です。3カ月から半年たってみたら、世界中のそういった小さな部品をつくっている、必要とする会社からいろいろ具体的なお引き合いをいただいて、それが実際に受注につながってきました。

私たちは、日本に多く存在する中小企業が産業界を支えているというふうには思っておりますが、しかし脚光を浴びるのは大企業です。私の経験から、日本の大企業はある意味非常に傲慢で、自分たちがいなければ世の中動かないと思っているようなところがあります。それに対し、ヨーロッパの会社と実際に具体的に付き合ってみますと、非常にジェントルマンでびっくりします。

具体的に名前を申し上げますと、スイスのスウォッチという時計のグループがあります。いろいろな小さな会社が集まって1つの大きなグループをつくっているんですが、私どもはそのなかのETAという会社とSMHという会社の両社とお付き合いがあります。最初、役員の方は2人でお見えになりまして、「実は、お前のところと取引したいんだ。ついでに、君はスウォッチという時計を知っているか」「そんなものだれでも知っていますよ。おれだって、いままでヨーロッパへしょっちゅう行っていたから、みやげでトータルでもう200くらい買ったんだ」と言ったら、「そんなに買ってくれたか。今日は201個目のやつを」と言って、おみやげを置いていってくれた。そして、ある品物をご注文いただいた。

その製作途中で、実は設計変更したいという話がありまして、「型図、金型の図面を見せてもらえないか」「いいですよ。どうしましょうか」と言うと、「またあとで連絡する」と言って、2、3日後に突然タクシーで乗りつけて来られました。「どうしたんですか」と言うと、「型図を見せてもらいに来た。見せてもらいに来たけれども、あなたは拒否してもいいよ」「なぜですか」と言うと、「型はわれわれが買った。だけど、その設計図は樹研工業に著作権がある

ので、われわれは見せていただきたい。だけど、君は拒否するんなら、それでいいよ」「いや、拒否なんかしていません。ぜひどうぞ見てください。あなたのほうが小さな品物については一日の長があるんだから、ぜひいろいろあるんだったら教えていただきたい」というふうにして、その型図をお見せしたんです。

その場で、とにかく2日泊まって、品物の設計変更を全部完了されて、「一番金型に対してダメージのない変更をしたので、ぜひこれで見積もりを出していただきたい」ということで、改めて見積もりをしました。そのときに「ほかにまた何かあったらご指摘いただきたいので、これをお持ち帰りください」と言って、型図のコピーを、受注した品物が3つあったものですから3種類ともお出ししましたら、大変恐縮されて、「この型図をコピーをしてほかへ回したり、勝手にあだこうだということに利用したり一切しないから、そのことについて誓約書を書いて置いていきましょう」と言うから、「そんなことをしていただくなくても、お言葉だけで結構です」ということで、金型図面をお持ちいただいたんです。某日本大企業であれば、「おい、型図を持ってこい」というのに対して、スウォッチは持って帰るだけでも「いくらお払いしたらいいでしょうか」ということなんです。スイスと日本という距離をどういうふうにパソコンで縮めることができるだろうかという話が出たときにも、うちの提案で、これは非常に簡単なソフトでできるんですけども、お互いに専用のパスワードでホームページを立ち上げて、相手に言いたいことを自分のホームページに書き込んでダウンロードしてもらう。そうすると、違ったところへ情報を送るという間違いがありませんので、そういうやり方をしようということ提案したら、なかなか理解されなくて、こちらからうちの係の者が飛んでいって、向こうでそのソフトを全部セットアップして説明すると、それに対して「いくらお払いしたらいいでしょうか」「いや、そんなもの、ちゃんと既製品のソフトにやり方が書いてありますから、それでいいですよ」ということだったんです。

日本の会社は中国に対して、著作権を認めないとか、特許をどうだとか非難していますけれども、小さな歯車がきっかけであちこちの会社と取引してみると、いままでずいぶん不当に扱われたなという憤りも若干感じます。

実はスウォッチからの依頼は、当初、部品の依頼ではありませんでした。スウォッチが使いたい専用機をつくってくれということでした。私どもはセクションとしては、プラスチックの部品を売る事がメインですけれども、そのほかに金型もつくっていますし、その金型を乗せて運転するインジェクション・モールドイング・マシンも専用機をつくっています。ステッピングオーダーの部品なものですから、なか

にマグネットが入ります。それをインサートといいまして、中にマグネットを入れて、その外側に歯車を付けていくという仕事になるわけですがけれども、それを自動化した機械をつくりたいという注文でした。

中に入れる焼結金属の永久磁石というのは、外径が2ミリくらいで、真ん中に0.5ミリくらいの穴が開いており、厚みが1.5ミリくらいの非常に小さなものです。それを金型の中に挿入する。時計ですから非常に小さなステッピングモーターがコンコンと動いていますけれども、そのモーターコアをつくってほしいということでした。やがて3カ月経って、そのマシンができたから1回見に来ませんかということ連絡すると、スイスから見に来られた。

見た途端に、「まことに申しわけない。機械を注文したんですけども、お金は払うけれども、機械を持って帰るわけにいかない」「どうしてですか」と聞くと、「実はこの機械でこの部品をつくるのはマレーシアの工場の予定だ。この機械はスイスなら運転できる。日本もできるでしょう。しかし、残念ながら、マレーシアに持っていっても、たぶんまともな運転はできないと思う」。こういうことをヨーロッパの方はピシッとおっしゃるんです。

ところが、日本人は人類みな平等で、愛に燃えていますから、日本でできることはどこでもみんなできると思うんです。われわれが30年も40年もかかって積み上げてきた技術が、そんな簡単に1年や2年でできるはずがない。それを大企業の方たちは平気でできるというふうなお考えです。ですから、そういう考えの人たちが海外でいろいろやっていると、次から次へといろいろな問題が出ている。それは会社の中核部へは上がっていないと思います。そのために日本企業は非常に大きな損をしていると思うんですけども、その点、ヨーロッパの人たちのほうが1日の長がありまして、はっきり見極めて、これは日本人なら運転できるけれども、ほかではだめと判断されるのです。

もう一つ、イギリスにブライタックスという自動車部品の会社があります。ドイツに買収されましたが、社員が1万人近い会社です。その会社が買収した韓国のブンジョンという自動車部品の会社に、私どもの専用機が5台入っていました。そしてあと15台、私どもの5台と色も形もそっくりの機械が入っているんです。それらはすべて、われわれの機械をばらしてつくったものです。

オーストラリアの技術屋の方が買収した会社に行かれて、現場を見たら、おもしろい小型の機械が動いている。だけど、技術屋の目から見ると5台だけ全然動きが違う。なんだろうと思って調べてみると、その5台は私どものところの機械だった。だから、オーストラリアに帰る途中でどうしても日本によっておたくを訪問したいということで立ち寄り

れました。

私は韓国が私どもと同じ機械をそっくりそのまま半値以下で、だいたい200万弱で売っていることを知っていたものですから、「韓国のご覧になったのなら、それは韓国のほうが安くていいですよ」という話をしたら、いや、君のところのほうが欲しいから、いろいろ具体的に装置を付けて見積もってくれないかということで、向こうさんからいろいろな条件が出て、それを単純にサーッと見積もったら、だいたい1台1200万円くらいになったんです。「200万円くらいを考えていたら大変ですよ。これだけのことをやったら1200万円くらいかかりますけど」という話をしたら、「それで結構だからやってもらえるか」「やります」。

交渉事というのは非常におもしろいんですね。日本の大手の会社ですと、自分のところの取引条件が一方向的にドンと出てきて、もうそれで終わりなんです。それに対してブライトックスのオーストラリア工場は、まず最初に「3台注文するけれども、途中でキャンセルするかもしれない。そのときは賠償金は払わない。その代わり、お前のところは納期が遅れたら1000ドル罰金を払えよ」という条件を出してきました。「うちはLCをもらえないなら一切つくらない」と返事を出したら、向こうが「LCは面倒くさいから、そんなことを言わないで、3分の1払うから取り掛かってくれないか」というメールが来た。

これが感情的に怒りも何もないんです。ただ、自分のところに有利なことを一生懸命言いながら、どんどん本当のネゴシエーションといいますか、こっちも「そんなこといったって、お前のところは知らない会社だから、前金で全額くれればすぐかかってやるけれども、お金を払ってあげなければ、かかる気は何もないよ」と言うのと、「そんな冷たいことを言うな。じゃあ、半金でどうだ」と言うから、「まあ、おい、半分金くれるって言うからやるか」ということで、「半金を振り込んでくれたら、すぐ仕事にかかるよ」と言うのと、2日後にはもう振り込まれたんです。「お金が着いただろう。すぐかかれ」、そういう意味なんですよ。

結局3台つくって納入したのですが、専用機というのは、運転がスタンダードと違っていろいろな特殊なところがあります。だから「専用機だからトレーニングしなければいけないけれど、どうするんだ」と言うのと、「ぜひ日本から来てくれないか」ということで、「どうしてそっちから来れないんだ」と言うのと、「人数が多いので、全部連れていくわけにいかないから、悪いけれどもお前のほうから1人出してくれ」「じゃあ、そうしましょう」と言うのと、向こうからやがてメールが来て、「受け入れる条件として交通費は申しわけないけれども、エコノミークラスの金額です。それからホテルは6日間とります。月曜日から土曜日まではコーチをして

欲しい、これについては1日、日本円で5万円、日当を払います。」と言う。

日本でそういった運転のコーチ料を払ってくれた会社というのは1社もないんです。何も言わなくても、ヨーロッパの一流会社はちゃんと払ってくれるんです。結局、日当5万円ですから6日間で30万円。それじゃあ、その30万円を使って、もう2人、いろいろなかたちの専門家を出しました。金型のメンテナンスのコーチと機械の運転のコーチと、もう一つは品質管理のやり方のコーチと、その3人を送り出してサービスしたところ、大変感激されまして、すぐさま追加注文が出てきて、現在も続けて仕事をやっているんです。そういう知的労働にお金を払ってくれる大企業というのは日本では皆無です。その代わり肉体労働はストップウォッチでちゃんと計ってやってくれますけれども……。

そういう点で、いま皆さん、ものづくりをいろいろ心配されていますけれども、私が一番心配なのは、後継者ができるとかできないとか、技の伝統が継がれるとか継がれないとかというよりも、正直言って、心ある中小企業の本当のわざ師の仕事が日本の企業に売られなくなる可能性があるということです。最先端の技は外国企業に売るといような風潮がわれわれの世界でも若干起きています。

大手の家電メーカーの部長さんが、日本で買わなくなると、世界中どこでも安いものから買うからいいぞということをおっしゃっていましたが、それは全く逆の話で、ITのおかげでわれわれのマーケットが世界中に広がってしまったんです。ですから、もうこれから先、あなた方がごちゃごちゃ言っていると、あなた方のところへ最先端の技術を売るとは限りませんよ、ということなんです。

一番いい例がプロ野球でしょう。最先端の技術を持ったイチローが、日本の球団へ技術を売らずにアメリカの球団に技術を売ってしまっているんですから。ああいう状況が生まれてくるのは、私は一番問題だと思うんです。日本の大企業の中にはわれわれに対して何十年間も現金で払ったことがなく、全部手形で払う企業があります。しかし、こういった企業は外国へ出て行ったときに、外国企業には現金で払うんです。逆じゃないかということなんです。非常に自分の足元をばかにした話なんです。

ひそかに下請けの企業が何を考えているか……。いつかひっくり返してやろう。下請けのおやじの考えていることは怖いからな。平気で実行しますから。私たちは1軒のお客さんに対して、売り上げの依存度がだいたい5%を超さないようにしています。たった5%、この5%が大事なんです。5%の売り上げ構成をしようと思ったら20社あればいいんです。5%ですと、気に食わなければ、「ああ、来月からお前のところ、品物入れないよ」と言ってしまえば終

わりなんです。経営は苦しくもなんともないです。1割を超えますと、ちょっとそうは言えないんです。だからなるべく5%で抑えておいて、寄らば切るぞという顔をして商売するというのが一番気持ちのいいところなんです。

中小企業における財務戦略の重要性

しっかりとした技術を持って、そしてその技術の裏づけで商売しますと、大企業さんでも、聞くところはちゃんと聞いてくれます。そのへんの技術開発とマーケットをどうするかということが、中小企業にとって一番大事なことです。その2つを実現するために、自分のところの財務をどうしておくかということ、これは大企業と違いまして、簡単に株式を発行して増資できる体質ではありませんので、どうやってお金をためていくか、脱税をしないでどうやってためていくか。単純に言うとうる節約しか方法がないんです。

どこまで突き詰めて節約をしていくかということもありますので、戦略としては中小企業に大事なものは、そういったお金の戦略、財務戦略です。これがほとんど本屋さんに出ている経営の本には出ておりません。全部大企業向けの本でして、本当の中小企業がどうやって資本を増やしたらいいか、税務署に対してどう渡り合ったらいいか、そういうことはほとんど書いてありません。

新しい企業をつくる時に、たとえば日本の風土のなかで若い人が企業を起こすということになると、家族が一番反対するんだそうです。これは日本の中小企業の社長がすべて保証しなければいけないからで、身元保証、連帯保証の問題で一族親戚、家族はみんな反対するわけです。

私たちは中小企業同士お互いに保証します。人の保証をして、その弁済を何回したかというのは、やっぱりその人の経営能力で判断されます。このような状況なので、本当の中小企業に必要な資金がなかなか手に入らないのが実状です。

私どもの地元で技術科学大学という大学があって、産学共同とかいろいろ言われています。この産学共同というのも、大企業ですと、比較的いろいろな接点があります。大企業ではサイエンスが主力の事業が多いものですから、割合大学との接点があるんですが、われわれのような技能を中心とした企業ですと、なかなか接点がない。それで産学共同なんていうのは、言っているだけで、やるチャンスは全然ないと思っていたんですが、いろいろとおもしろいことが起きています。

1つは不況という問題で、大企業の技術屋さんが、2つもドクターを持っていても、会社が成長しないために役員にもなれそうにないということで会社を辞めてしまう。そのような人たちがけっこう大学の先生になっている。また、銀行

の調査部長さんが大学の先生になったりして、結局純粋な先生ではなくて、企業から行かれた先生が意外とおもしろいんです。

この人たちは、大学の先生になったにもかかわらず、まだ気分は大企業の部長さんです。だから、いとも簡単に僕らと呼ばつける。純粋な大学の先生はそう簡単に呼ばないんです。「もしお時間があって、おついでがありましたらぜひどうぞ」ということなんですけれども、元部長さんは、「おい、ちょっとこういうわけでおもしろいことがあるから来ないか」「ああ、それはお邪魔してもいいですけど」「いつ来る?」ともうその場でアポイントです。

行ってみると、行ってみただけおもしろいことがある。そういう先生方とだんだん接触が始まってわかったことは、サイエンスでつくれるものというのは、意外とコピーがうまくできる。しかし、技でできるものは意外とコピーができていないということに気がつきまして、ますます中小企業は技を磨く必要があります。

職人技能のとらえかたにおける国民性

私どもは日本中の家電メーカー、カメラメーカー、それから電子部品、ほとんど日本中の会社とわずかながらずお取引させていただいております。合併企業もアジアに点在しています。大手のメーカーが中国やアジアへ工場をおつくりになって、最初におやりになることは、中国や華僑の方の「必ず日本と同じいいものがつくれます。問題ないですよ。」という口車に乗ってしまうことです。それはもちろんそういった技術を持った会社もないとは言いませんけれども、本当に数えるほどしかありません。その口車に乗ってしまっ、日本から出て行った大企業の工場の方が、値段につられてそういうところで金型をおつくりになって、結局はうまくいかない。

その不良品をそのまま組み立てて半製品にして、日本の本社へ送る。本社でその不良がわかる。突然うちが呼び出されて行ってみると、「なんだ、樹研さん、お宅のところの中国の部品だけれども、こういう不良を入れてくれちゃ困るよ」と。見てみると、見たこともない部品なんです。「これはうちのじゃありませんよ」「いや、お前のところだ」。調べてみたら、結局われわれの知らないところで、お客様の現地の責任者の方と私どもの現地の社員との間の話で、内緒内緒でつくってしまった部品なんです。

それで私は3年程前に現地の社長を全部集めて、日系企業に対しては金型は現地で一切つくってはいかん。全部日本サイドでつくった金型を使うべし。もしそれが使えないんだったら、樹研の名前を降ろせ、資本も全部返せというきつい通達で、みんなそれを守るようになりました。そうした

ら、もうそういう問題はなくなっただけですけども、そのうちにひょっと変なことに気がつきました。どういうわけか、中国で使っていると、私どもがつくっている金型は寿命が短いんです。私どもの金型は、200万ショット保証しているんです。場合によっては500万ショット保証するんです。

それはどうして保証するか。精神論ではなくて、金型というのは、私どもは高級ステンレス系の高級工具鋼でつくっているんですけども、この材料は日本のものではなくて、スウェーデンのものを使っています。スウェーデンのメーカーで、私どものサイズに鍛造してもらって、それを輪切りにして使っているんです。そうすると、単純に言いますと、ファイバー方向がそろってまして、焼きいれしてもきちっと規定の寸法で動いてくれます。それから、はずみだとかそりも、ヒノキの正目を使っているようなことになりまから、生じない。

ところが、華僑や中国のそれはそんなことには一切配慮がなく、一発目がいいものができれば、それでいいということなんです。われわれは本当に孫子の代まで使えるようなものをつくるんですけども…。ところが、中国やタイで私のかつた金型が50万ショットとか30万ショットで壊れてしまう。物が小さいものですから製品を押し上げるピンの径も0.1ミリとか0.2ミリというピンを使うものですから、それが型減りしたり折れたり、引き上げてきた金型を調べてみると、どうもこれはおかしい。

いったい何が起きているんだろうということで、急遽私どもから品証の連中を2人チームで現地に調査に行かせてみたら、なんと使っているのが色もかたちもそっくりな、違うメーカーの機械を何台か使っていて、機械の精度が悪いものですから金型が壊れてしまう。またみんなを呼び集めて、もうそっくりさんの機械はやめろ。いくら半値で機械を買っても、金型を一つ壊せば、もうそれで終わりじゃないかということ話を話して、アジア関連だけで30台くらい機械を廃棄処分させました。

これを総合的に考えますと、アジア全体を考えたときに、われわれの考えているような技に追随してくるには、ちょっとまだ時間がかかるんじゃないかと思われま。私たちが21世紀に向かって機械のコストをちょっと下げようか、これだけ海外で買ってもらえるということになると、高いままで申しわけないから、コストダウンを考えようということで、機械部品を韓国と台湾の中堅企業へ発注して、去年の11月に試験的にずいぶん輸入したんですけども、精度が悪い物にならない。

じゃあ、お前のところは、そんなにいい会社へ部品を発注しているのかというと、それは私どもは愛知県の豊橋市で、隣が豊川市、もう片方が蒲郡市なんです。その地域にあ

る、とうちゃん、かあちゃんの鉄工場へ部品を発注するんですけども、入ってくるシャフトとか基盤は、韓国の中堅以上の会社あるいは台湾の一流会社で切削したもの、穴あけしたもの比べても精度が一桁違います。結局、われわれは海外からの部品調達を考えるのはやめようということになりました。

機械部品の精度の影響がどのくらいなのかといいますと、精度の悪い部品で機械を組み上げて動かしますと、動いてはいけないところが、手で持って目をつぶっていますと、わずかに触れるんです。要するに、1000分台の誤差がずっと積み重なってきて、力が加わるとシリンダーが動いたりするんです。だから、精度の低いものを購入して実際に使うと、それによって起こる振動で、精度の高い金型が壊れてしまう。

考えてみますと、世界中の国々はそれぞれ固有の文化があつて、そして固有の歴史があるんですけども、技術という点から見ると、日本の場合は江戸時代から非常に職人技というものがもてはやされて、江戸時代の風物詩を読んでも一番もてたのが若い一人前の大工で、次は左官だったようです。お金なんかあまりなくなつて、技のすごい人がやっぱり女にもてた。平安時代から日本にはそういう風土があつたということを韓国の学者が書いていましたけれども、全くそのとおりだと思います。

そこへいくと、韓国の金型工場なんかときどき呼ばれて見に行くんですけども、われわれがよだれをたらして欲しくなるようなすごい機械が並んでいるんですが、できあがつた品物がどうもわれわれよりも精度が一桁悪い。これは結局そういう技に対する国民の評価がないんじゃないか。韓国の若者に聞いてみますと、韓国ではどうも職人が社会的な地位が一番低いという風土が前からあつたようです。じゃあ、何が高いんだというと、それはやっぱり哲学や宗教だという。どうやら、そういった学問に対しては非常に評価をしていて、みんな勉強はしたがるけれども、なかなか技を極めようというところには情熱が傾かないのが韓国文化じゃないかと思うわけです。

一方、中国の人々、台湾も含めて華僑の人々を見てみますと、とにかくいくらもうけたか。つまり、経済活動の根本は付加価値にあるということなので、僕らがまだマーケットもなく、売れる見通しもたつてないこんな小さなギアを血道をあげてつくるなんていうことは、華僑の人々にしてみたら信じられないことなんです。今日つくったものは明日売れて、明後日もうけなければならないならば承知しないですから、いつになったら売れるかわからないようなものをつくっている社長なんてとんでもないということなんでしょうけれども、それはやっぱりお国柄の違いであると私たちは思っ

おります。

スウォッチの話から始まったんですけれども、スウォッチが最初に私どもへ注文してきたのは、実は自動車のスピードメーターでした。スピードメーターにステッピングモーターを使って、さらに正確な数値を出していこう、軽量化していこう、そして部品の点数を減らしていこうということで、基本特許をスウォッチが持っていて、世界中の自動車のスピードメーター、ガソリンメーター、温度計、回転計、これらがおそらくこの数年以内に全部ステッピングモーターに替わります。大変大きな部品の変更だと思えます。

これを察知しましたので、私たちは本当にプラスチックのギアがスピードメーターに使えるのだろうかということで、パソコンを使ってシミュレーションをしてみたんです。どういふシミュレーションかといいますと、自動車というのは、マイナス40度から、だいたいプラス100度前後の間で使われます。金属の歯車ですと、伸び縮みしても線形膨張率がプラスチックの10分の1以下ですから問題ないですが、プラスチックの歯車というのは、線形膨張率がアルミの10倍くらいありますから問題が出るだろうと考えられます。歯車に使いえないいろいろな樹脂の線形膨張率を入れて、温度を変えることによって歯型がどうなるかということシミュレーションしていきますと、マイナス40度になると、もうがたがたになってしまい、おそらくそういう状態で回転させると針が揺れてしまう。それからプラス100度前後にいきますと、ロックしてしまつて動かなくなる。これはサイクロイド・カーブでやっても、インポリユート・カーブでやっても同じ結果なんです。

なんとかそうならない歯型のカーブはないだろうかということいろいろシミュレーションして、結局、正確には2種類、そういう歯型を見つけることができました。スウォッチがやっているんだしたら、先々日本のメーカーも必ずそうするから、先にこの歯型の特許申請しておこうということで特許を申請したところ、まもなく日本のメーカーから同じようにスピードメーターに使う部品の発注、引き合いがありました。あるメーカーは「それを成型する専用機をつくってくれ」、あるメーカーは「その金型をつくってくれ」、あるメーカーは「部品をつくってくれ」。

その方たちに全部シミュレーションして、こういう歯型を使わないと、最終的におたくは困りますよという説明をしたら、皆さん納得して、あるメーカーは、「おお、いいことを言ってくれるな。ぜひそれをうちに使わせてくれ」。あるメーカーは「何を生意気言っているんだ。そんな下請けのプラスチック屋が偉そうなことを言うんじゃないよ」といふふうな態度で、さっさとインポリユート・カーブをお使いになって、結局は実装テストをやられたら、ひどい目にあっ

て、それからあわてて飛んでこられて、「この間の歯型の話だけど、元へ戻してうちに使わせてくれないか」というから、「だからはじめから言ったじゃないですか」ということでやったりした。

私たちはそれで日本の特許さえ持っておけば、人から攻められないからいいだろうということでいたんですけれども、日本のメーカーは一部、アメリカで生産するというものですから、それではこれはアメリカでも著作権を取っておかないとということで、日本に出してからまだ1年もたっていませんでしたが、すぐアメリカへ特許申請をしました。実はこの歯型を開発したのが中卒の職人なんです。この職人たるものが、まさにデジタルマイスターなんです。アナログもちろんマイスターなんですけれども、デジタルもほとんどマイスターなんです。いま50歳で、彼を見ていますと、中学で勉強して、完全に勉強仕切れなかったのが補習で高校へ行って、それでもまだだめだったやつが大学に行けるんじゃないかというくらい優秀なんです。

職人技能とIT

この間、岡野工業の社長さんにお会いしましたが、6人で7億稼ぐプレス屋さんですけれども、考えてみたら、私のところも専用機のセクションが5人で年商6億です。上手にITを使いますと、インクスの山田社長が言っていますけれども、生産性が10倍になる。われわれの専用機の設計部門がまさにそうなんです。

金型もどうなっているかといいますと、私は実は通産省で基盤技術研究会か何かに一昨年呼ばれて、橋本先生と一緒に机を並べさせていただいたんですが、そのときに第1回目にインクスの山田さんが高速マシニングで切削していくという技をプレゼンテーションされました。実は、全く同じことを同じ時期に考えて、私どもは高速マシニングを設備して、それはインクスの機械よりもはるかにいい機械をやったんですけれども、向こうのほうが先に行ってしまった。

どうしてだろうかと思ってみたら、私は三次元のCADというのは二次元のCADの延長線上だと思っていたんです。インクスは携帯電話の外側のケースですから、三次元の曲線があるんですけれども、われわれは全部メカ部品ですから三次元の曲線はない。二次元の図面で全部表現できるから、三次元のCADはいらないという判断でした。これが大変な判断ミスでして、三次元に取り組むのが、結局インクスに5年くらい遅れてしまいました。三次元のCADというのは二次元とは違うんだということ、あそこで認識させられまして、現在は十数台使っています。そうしますと、従来の職人技を極めたやつが、そういうデジタルを極めますと、非常におもしろい結果が出てきます。新

しい歯型の開発なんていうことは、たぶん専門家の方はどれも考えにならなかったと思うんです。

私は新しい歯型のことを、金沢工業大学学長の石川さんが見えるときに話をし、とにかく温度によって歯型が変わるとピッチサークルが非常にうまく動いて、常に動いたピッチサークルがかむような歯型なんですというふうなお話をしましたら、先生は一生懸命会議の間中、計算しておられまして、帰り際に、「ねえ、松浦さん、秘密は圧力角ですな」と言うから、「もうばれちゃったんですか」という話で大変びっくりしたんです。まさに学者の方の実力を見せ付けられたんですけれども、私どもが開発した歯型は、ポイント、ポイント、非常に細かくプロットして、そのプロットした場所によって全部圧力がかかった形のカーブでつないでいくという歯型なんですけれども、これなんかもアナログ的な技があったうえでデジタルをしっかりと理解したのだから開発できたのだと思っています。

もちろん生産性の問題ですけれども、それまでは私も機械を設計していたんですが、たとえば機械を設計して、緊急停止のスイッチをあちこち付けていくんですけれども、実際にできあがってみると、操作盤の前で操作していると、スイッチに手が届かないとか、いろいろな事件があります。そういう点が三次元のCADで人間と一緒に入れておきますと、事前にちゃんと届くとか届かないとかということがわかるものですから、全然違った世界だなということがよくわかったわけです。

私どものデジタルマイスターのような工場長をやっているのはタナカというんですけれども、金型工を育てるときに何を一番はじめに教えるかといいますと、一番はじめはやっぱり焼き入れを教えているみたいです。それも電気の焼き入れをさせるんじゃなくて、全部バーナーを使ってプロパンガス、あるいはトーチランプを使ったりして、焼きあがってくる色の判断から温度の具合をきちっと教えて、そしてできあがったときに目的どおりの硬度が出ているかどうか、どういふふうに油に入れるかという、そういう全く昔の鍛冶屋風の焼き入れで目的の硬度を出せるかどうかを教える。

それが終わると、今度はスリーブという穴の中を通す、刀の鞘みたいなものなんですけれども、スリーブをつくるのが砥石のついたものを回すんですけれども、この機械が機械と言えるようなものじゃなくて、全く目盛りも何もないものなんです。それで頭の中のイメージでとにかく押す側のやつをもって合わせては、やりながら、5ミクロンを削ったような気がするとか、1ミクロン削ったような気がするとか、そういうイメージでやっていく。だいたい新入社員は半年目くらいに焼き入れの教育が終わりますと、スリーブの教育をするそうですけれども、だいたい50本つくらせると、はじめは

48本がだめでも、2本できれば恩の字だ。その二つをやりこなすと、だいたい次のちゃんとした仕事をやらせてもらえるというのが、うちの金型工場の基本のようです。

新入社員が4月に入ってきて、ある一定の教育時間があるんですけれども、そこで焼き入れの練習を始めるのがだいたい6月ごろ、つまり暑くなり始めたころから焼き入れをやらされる。これまた大変苦難の技なんですけれども、これを夏に覚えて、そしていよいよスリーブが冬に向かって始まるんです。こっちは油が出てきますから、油だらけでやります。大変辛い仕事らしいです。

実際には、いまスリーブというのは全部外で買っていますが、スリーブを覚えると、メーカーさんがつくってきたものをいちいち確かめなくても、内径をのぞくだけでだめとかいいとか簡単に判断ができるようになる。それは自分の手でやらないとわからない。このへんが非常におもしろいところですね。

デジタルというのは最近のことみたいですが、実は音楽に使う音符というのは、デジタル的な記号の最初のものだろうと思います。バッハが記録を残し、モーツァルトが記録を残し。でも、それはちゃんとトレーニングした職人が弾かないとバッハにもならないし、モーツァルトにもならない。いまのシンセサイザーでもそうです。一方で、シンセサイザーで作った音楽は多用されていて、たとえばニュース番組だとかスポーツ番組、ちょっとしたドキュメンタリーの番組、ほとんどの番組に使われている音楽が、実はデジタルミュージックです。

普通の人がお聴きになると、ほとんどわかりません。でも、私は聴くとすぐわかります。これはシンセサイザーで、しかも音源がこれはローランドだとか、あるいはこれはヤマハだという具合に、それぞれくせがある。ピアノもCDを聴けば、だいたい8割方メーカーさんがわかるんですけれども、そうでない方ですと、デジタル音源もアナログ音源もほとんどわからない。でも、これがもし信号が490じゃなくて、1000とか2000とか、つまりどんどん信号が増えてアナログに近くなってくると、これはもうだんだん区別がつかなくなる。ですから、金型技術にしても、現場の技とデジタルの技がどんどん相高まってくると、最後には一致するかもしれませんが、それはデジカメと一箱で、どれだけ画像が増えても、伸ばせば当然すき間も伸びてくる。すき間がある以上伸びるということになるだろうと思います。

今はとにかく時代が時代ですし、ITをうまく使わないと何かにつけ能率が悪いものですから、私たちはそれはそれでどんどん使っていますが、しかし一方で、そのITを上手に使うために、そういう職人技をどうやって伝承していくかということは、考えてみれば、非常に単純な焼き入れとかあ

るいはスリーブをつくるとか、ドリルを研いだり、あるいは刃物をつくったりなんていうことは、今ではほとんどしないようです。そんなものは既製品が十分あるということなんです。

私は若いときトロンボーンを吹いているときに東京で大変著名な音楽家2人の方にお仕えたことがあります。2人とも偶然韓国人なんです。1人の方はこの間、朝鮮に帰って亡くなられたんですけれども、この人は大変なジェントルマンで、本業はお医者さんなんです、ジャズマンとして世界的に有名になられた方で、ヨシダジュンという方です。韓国名でキロウゲン、字は一緒ですけども、そう読んでいます。もう1人は在日韓国人で、トムデジヒロという人がいたんですけれども、この人と一緒に並んでトロンボーンを吹いていたんです。

とにかく間違ったこともわからないんだけど、僕は左側で吹いていましたので、彼の左足が飛んできて、僕の向うずねを蹴飛ばすんです。はじめはなんで蹴飛ばされたかわからない。そのうちにだんだんわかるんですけれども、それでも蹴飛ばされるものだから、もうステージ上があるときには、ズボンの下に段ボールを入れて(笑)、プロテクターをはめて上がるんですが、もろともせずに蹴飛ばされるんです。

譜面台がありますから、お客さんのほうから見えないんです。的確に蹴飛ばされるものですから、もうかなわんなどと思って、するとそのうちに来るなどわかって、僕がさっとよけると、「おお、なんだ、自分がちょっと間違っているということが少しわかってきたんだな」ということで、それが最大のほめ言葉だったらいいんです。それでも、あるときにあまりくだらない練習をさせるものですから、もう怒っちゃって、「おれでもよそへ行けば一人前に扱ってくれるのに、なんであんたはおれを子ども扱いするんだ」と言ったら、「だって、お前、子どもだもん」というような話で、「そこへ座れ」と言われて、いきなり頭を張り倒されまして、非常に気の短い方でした。

「お前は音楽を芸術だと思っているのか。それは芸術家になりたいだろうけれども、お前やおれは芸術家にはなれっこないんだ。まずは音楽をやる以上、音職人にならなきゃだめだ。芸術はそのあとだぞ」ということをまず言われて、そして「ひょっとして、お前はおれのことを音職人としては日本一だと思っているんじゃないか」と言うから、私は「あなたが日本一だと思うから無理なことでも何でも聞いて、こうやって練習しているじゃないか」と言ったら、「それは困る。それは君、誤解だよ。おれは世界一だよ」ときたから、もうまいっちゃってね(笑)。

つまり、職人技というのは世界一の人間がこうしなさい、

ああしなさいと言ったときには、理由もなくやりなさい。それができたらお前の御託を聞いてやろうじゃないか。もし、その御託が正しければ、そこからお前は一流一派が始まるんだ。お前はとにかくおれのところに弟子に来たんだから、先生のやることを全部やれるまでは黙ってやれ。こういうことを教えられまして、私はそのままそれを金型工場に言っているんです。とにかくタナカの言うことは二つ返事で全部やれ。それができるようになったら、自分で意見を言えということ、最初の課題が少なくとも焼き入れとスリーブづくりはもう黙っていて目盛りなし。温度計なし。目と耳だけでちゃんといいものを目的のものをつくる。

焼き入れでもいろいろな材料がありますけれども、タナカがずっと渡して、これでHRC55をねらいなさいとか、60を入れなさい。金属なんておもしろいものですね。私は専門家じゃないから、はじめびっくりしたんですけれども、入れすぎると、いとも簡単に割れるんですね。

それから、最近あちこちで心配されていますのは、後継者問題ですが、これは経営者の責任でして、やっぱり経営者が後継者たちに対して、しっかりした給料を払うということが大事だと思います。しっかりした給料を払うためにはもうけなければいけない。そのもうかる仕組み、つまり生産性をどう上げるかということは社員の責任ではありません。これは経営者の責任ですから、それをきちっと組み立てて、できるだけ高い給料を払えるような仕組みをつくる。

そういう技で勝負するのが中小企業ですが、最近、大企業のみねをして、定年制だとか役職定年だとかやっているから技がおかしくなっていくてしまう。塚原ト伝は定年制で引退したということを知りませんが、宮本武蔵も定年で引退したということを知りませんが、そういう塚原ト伝とか宮本武蔵というのは、企業の中にいっぱいいるんです。

特に中小企業の技を持っている人というのは、その人が辞めれば確実に会社は損ですから、私たちは定年で何だということよりも、技というものを年齢とは関係なくきちっと残していく。

もう一つ大事なことは、工業高校という存在です。これをなんとかもうちょっと、ちゃんとした学校にしたい。これには1つは工業高校から大学へ進学しやすいように、なんとか制度ができないだろうか。それから、工業高校の最後1年間を延長して、実務だけの別科をつくってはどうか。これは市内の工業に提案しているんですが、そういう費用は全部地元の中小企業が持てばいいじゃないか。希望の生徒には1年間、月給5万円くらい小遣いを払えるようにしろ。それは地元の企業が1社1人スポンサーになれば、それでことは足りるんだから、なんとかそういうことをできな

いかという話をしています。

ちなみに先ほど申し上げました専用機をつくっているグループは5人で6億、これは全部工業高校出身です。大学を出ていません。それから私どもの金型が、世界で一番小さな歯車だと威張っていますけれども、これをつくっているグループも全部工業高校出身なんです。非常におもしろいことに、うちは13、14名の金型のグループが一つありますが、そこが全部豊橋工業高校出身なんです。そして、機械設計製作をしているほうのグループが、どういうわけか全員豊川工業高校出身なんです。全く偶然ですが、それが学校のカラーだろうか、どうだろうか、非常におもしろいなどと思っています。

私は技能オリンピックというのがありますね。私どもは、もう全然憧れも問題も何も持っておりませんけれども、企業のなかでのそういった技師をどうやって育てていくかですね。デジタルマイスターと言われる緻密な新しいものを…、実際に10万分の1グラムの歯車には手作業の入り込む余地はなく、全部計算ですが、そういうものはまた手作業をちゃんと極めた人でないと計算できないのです。コンピュータが計算してくれるわけではない。どういう温度で、どういう圧力で型の中に打ち込んだら、この小さなものがどのように変形するか、どう縮むかというのは、理屈も何もない。頭の中のイメージでシュリングゲージを打っていくわけです。これは教科書もありませんし、トライ・アンド・エラーで彼の頭の中に入っている数字が打たれていくということになると思います。

【質疑】

—金型などの基盤技術では韓国、台湾等が追いついてきているとはいうものの、おそらくライバルではないでしょう。一般論では、アジアに技術移転をとか、アジアはわれわれの仲間である等言っておりますが、私も日本人ですから日本の技術がいかにひたひたと迫ってくるアジア人のランナーを振り切れるかということをご心配しております、おそらく組み立て技術では彼らも十分追いついてくるでしょうから、非常に微細な加工技術を中心とした、歴史的なわが国のものづくりの技術こそ、彼らに勝るものではないかと思っております。お話を伺い、ある意味では私はわが意を得たりというか、わが国のものづくりの生きる道がそこにあるのかなということで大変意を強くしました。

中小企業は大企業のまねをしてはいけないことを、技術面等でおっしゃいました。定年制の問題もおっしゃいましたが、1つお伺いしたいのは、御社のお立場で能率給というか、そういうわざ師については技の程度に応じた報酬、最近ストックオプションなどいろいろありますけれども、そうい

うやる気を起こさせる、或いは大企業のように一般的、平均的な報酬ではないわざ師に対するわざ師なりの報酬というものが、おありになるかどうか、お教えいただきたいと思っております。

松浦 評価のお話ですけれども、どこかで金銭の評価というのは、将来は必要になると思いますけれども、いま職人たちの一番の感心事はお金の問題よりも、自分の技を評価してくれるかどうか。それから、会社が評価することよりも、非常にありがたいというか、うれしいことに、技を極めたやつは仲間内から尊敬されるんです。これが彼らにとっては一番の勲章みたいですね。私たちの給与制度は半分が年功序列で、半分が評価制度、能力給になっていますけれども、それ以外に絶対評価で金型部門だけは技能評価をしているんです。これも1年生のうちはいいいんですけれども、それぞれが極めてきますと、評価の対象でなくなってしまうんです。

とにかく中小企業というのは人数が少ないものですから、うまくまとまっちゃうと、よくやったといってインセンティブを与えるようなことになかなかならないんです。それだけでもわかる仕組みをつくって、少なくとも隣近所の中小企業に比べたらもう圧倒的にいいボーナス、圧倒的にいい給料を払うということが、会社をまとめていく上において一番基本的な条件だろうと思っています。

ちなみに、だいたい中小企業ですと、豊橋ではたぶんボーナスが一番いいと思います。それから労働時間が短いです。年間1870～1880時間ですから、1900時間を切ったのも、もう7、8年前ですから非常に短いと思います。年末年始の休暇がだいたい10日くらいあります。それから連休が10日くらいありますから、夏休みと、その近所でまた話し合っ、前後に自分で有給休暇をくっつけて、20日くらい休む者もいますから、だいたい長期の休暇では半数くらい日本にいないみたいです。それがアジアに点々と仲間内がいるものですから、そういう連中のところへ行っ、みんなただで泊まって歩いているものだから、なかには遊びに行っ、ついでに仕事をやってきたりするものいます。それはそれで大変おもしろいと思っ見ています。

—現場で技能を教わる人は工業学校を出た人で、設計等々にかかわるのは大学を出た人ということですか。

松浦 いや、いや、設計も全部工業高校です。大学卒はほとんどいません。うちは実は採用がはじめるころは、来てくれれば御の字だったもので、そのくせがずっと残ってしまっ、いまでも先着順に採用するというのが、うちの基本です(笑)。

—先着順ということと関連しますけれども、技能というのは会社に入られて、非常によく訓練をなさるようすけれど

も、訓練を受けるとほとんどの人が技能を身につけることができるのでしょうか。やはりなかなかそうはいかない人もいられるのでしょうか。

松浦 いや、全部身につくと思います。ここが日本人のおもしろいところで、他のアジアの国と違う点です。とにかく日本人は好き嫌いは別にして、技能に対してみんな価値観を持っている。学力のレベルも一定程度あって、三角関数もわかれば代数もわかる。こんな国は、アジアへ行ってみてもないし、その点、非常に手っ取り早くものを覚えてくれるということだと思います。

ちなみに、私どもで女性で1人、金型工がいます。大学の理学部を卒業した子です。はじめ総務に配属されていたら、毎日腐ったような顔をして出てきまして、「毎日腐ったような顔をしているけど、あんた、もっとかわいい顔だったけど、どうした?」と言ったら「仕事がおもしろくないんです」「何がやりたいの」と言ったら、「CADをやりたい」「設計でもしたいの」と言ったら、「ぜひ」「じゃあ、いずれそういうふうにしてあげるから、とりあえず練習してごらん」と言って、CADをインストールしたパソコンを1台持たせてやって、「うちで練習してこい」と言ってから10日くらいたった頃に「要らない」と言って、それを返しに来たんです。「やめたの?」と言ったら「あんな古臭いのはだめだから、私は最新鋭のやつを買いました」と言うから、「あら、そう、恐れ入りますわ」ということで、1カ月もたったら、「全部自由に使えますから、配属を変えてください」と言う。「それじゃあ、行きなさい」ということで金型の設計部隊へ、うちは設計専門職はいないんです。何でも1人でやる。うちは屋台村の集団みたいなものですから。

そうしたら、そのうちにCAMもやりたいと言いだした。CAMデータをつくらうとしたら、現場を知らなきゃどうもCAMデータがうまくつくれないということで、本人が「すみませんけど、現場に入れてくれませんか」「そのきれいな手が油だらけになるよ」「そんなことはかまいません」。結局、彼女は現場へ入って、手動でフライスから旋盤から平研から全部始めて、いまはマシニングセンターをCAMデータでどんどん削る。最近はもう月に4つくらい金型をポンポンつくるんです。

たぶん女性では非常に珍しい例だと思うんですが、非常にいい金型をつくれます。あれは女性の特有なんですね。非常に繊細でね。

——韓国の車メーカー、現代の重役さんと話す機会がありまして、その重役さんは何を言っていたかといいますと、自動車づくりは日本には絶対勝てないと自分で言っているんです。「なぜですか」と言ったら、韓国人は妥協するということなんです。日本人は絶対妥協しない。最後の最後まで追及

してくる。その差が自動車の製品の品質の差になっていると言っていましたね。

松浦 いまから5、6年前、デウの連中が僕が非常にオーディオにうるさいということを知っているものですから、ソニーのウォークマンをまねたものを持ってきて聴いてくれと。それを聴いて、ソニーのヘッドホンに替えてまた聴いてから、「ちょっとヘッドホンを替えて、聴いてみろ。ワウ・フラッターがどうのこうのというのは、この程度でいいだろう。だけど、ヘッドホンを替えるだけで、これだけ音が変わるんだよ。ソニーのヘッドホンでソニーのやつを聴かせてやるから聴いてみろ。全然違うだろう。」という話をしたら、韓国人の技術屋はこういうことを言うんです。「それは松浦さん、ソニーと比べてもらっちゃ困る。われわれは韓国なんだ」と言うから、「それでは絶対に追い越せないよ。日本の会社はみんなアメリカと比べて追い越そう、イギリスと比べて追い越そう。それもアメリカでもナンバーワンの会社と比べて追い越そうということで、結局追い越せなかったものもあるけれども、そういう努力をするんだよ」ということをデウの連中にも言ったことがあるんですけども、全くおっしゃるとおりです。すぐ妥協しちゃうんです。——匠の技の高いレベルの人の給料の査定がしにくいとおっしゃっていましたが、私のところの給与制度というのは、ちょっと変わった給与制度をとっているんです。年功序列、終身雇用は100%ないことなんですけれども、そのなかでいまおっしゃった、匠の技を持っている人を別給与体制にしまして、それに専門職給という言葉をつけまして、専門職給は別の評価ランクがつくってあるんです。結局従業員が2つに分かれてきまして、一方は専門職給、技術の高い人、もう一方は人の取りまとめがうまい管理職といいますか、この2つに途中から分かれるようにしたんです。専門職給は無敵なんです。意思と能力と体力があれば、いつまでもおつてくれという言っているんです。

松浦 いまそれに気がついて、そうなっている中小中堅企業は田舎のほうへ行くと結構ありますね。私の知っているところでも、この間、社員の方が亡くなられたなんて言っていて、「ええ、あの人、まだいたの? いくつだった?」と言ったら、「93だった」なんて(笑)。

——工業高校の方が優秀で、処遇をいろいろというお話がありましたが、私は日本工業大学というところに関係しておりまして、日本工業大学というのは、工業高校卒が8割か9割いるんです。それが大学に来るんですが、そういう大学教育は余計なことなのか、さっき別科ということもお話しになりましたけれども、そういうプラスアルファがあるともっとよくなるということでしょうか。

松浦 余計なことじゃなくて、本当に望ましいことだと思います。

ます。たとえば、僕らが高校を卒業する所に、絵描きになろうとして芸大に入るときに数学の試験があったり、国語の試験があったり、かつてそういう時代がありましたけれども、いまの工業高校の生徒はなんにも工学博士になるわけではない。理論をどうするわけじゃない。とにかく日本の具体的な企業の技をキープしていくグループですから、そのところができないからだめということじゃなくて、もうちょっと別の評価でもうちょっと勉強を続けさせてやるとか、そういうルートがあったらいいんじゃないかという気はします。——「中卒を探れ」と言っておられる方がいますね。高校、大学で7年でしよう。中卒を7年教育したら、はるかにレベルの高い人間が育つ……。

松浦 実は僕は中卒の人にそれを言われたんです。東海銀行にイシハラという専務がいて、もういま退職したんですが、これが中卒なんです。あるときに彼の推薦で、ある大学へちょっとお話しに行くと、そのときに彼も一緒にいて、帰りがけに「おお、松浦君、君はよう勉強しとるけども、どうだ、5トンか10トンか」と言うから、何を言っているのかな、ああ、これは読んだ本の目方だなと思ったから、「10トンは超えてないけれども、5トンは超えています」と言ったら、「そうだろうな。だけどおれは15トンを超えているかな」、こういうことなんです。「お前は永久におれに追いつけないよ」と言うから、「どうしてですか」と言ったら、「だって、お前大学行っちゃったもの。おれは中学を卒業してからずっと勉強しているんだよ。お前大学を卒業するまで勉強してないだろう」（笑）。もう恐れ入っちゃってね、なかにはそういう人もいますけどね。

私どもの中には、会社に入ってから勉強する人もたくさん

いまして、それは日本人のとてもいいところだと思いますし、女性でも休暇を半年とか10カ月とか取って、改めて外国の大学へ行って言葉を勉強して帰ってくる人もいます。それから自動機なんかでも日本にいるからなんですけども、シンガポールの政府の方から、会社中シンガポールに出たことないかというふうな冗談を言われたことがあるんですけども、真剣に考えてみると、われわれはシンガポールに行ったらだめなんです。

なぜかという、専用機も設計しますでしょう。部品がいま言ったように、豊川、蒲郡のおっちゃんがつくと最高の部品なんです。制御回路はそうとう複雑な制御回路なんです。これもこういうふうに機械を動かしたいんですということをやれば、そんなものを設計してくれる技術屋さんは町中にごろごろいるんです。そういう技術屋さんは海外へ行ったらいません。大学とタイアップしなければ。ここが日本のおもしろいところで、町の電器屋さんが平気でやりますからね。だから、結局は日本から動けない。

最近ブッシュさんが2010年をめどに相続税をゼロにするなんて言っていますけれども、あれでまた優秀な企業はアメリカへ行っちゃいますよ。日本で業績を上げて、毎年ずっと税金を払っていきますと、自社株の評価額が上がっちゃいますからね（笑）。

——どうもありがとうございました。まだまだお話は尽きませんけれども、残念ながら時間がまいりました。皆さん、もう一度拍手をお願いいたします。（拍手）

（準備回：平成13年7月10日）

6. モノづくりの現場からの報告 [2] 工作機械における先端デジタル技術開発

講師：松浦正則氏（株式会社松浦機械製作所 代表取締役社長）

【講師紹介】

松浦さんは昭和12年3月のお生まれで、昭和30年3月、現在の福井商業である福井県立乾徳高等学校をご卒業になられ、現在の福邦銀行である福井相互銀行に入社されました。その後退社されて松浦機械製作所に入社され、副社長を経て、昭和60年10月には株式会社松浦機械製作所の代表取締役社長にご就任されて現在に至っております。その間アイ・エム・エヌ株式会社の代表取締役社長、ヨーロッパのマツウラテクニカルセンター株式会社の代表取締役社長、ドイツのマツウラマシナリー有限公司の取締役社長等々、海外のマツウラ関係の会社でも社長としてお務めでございます。公的な活動では社団法人日本工作機械工業会理事を務められ、その間同工業会の国際委員会委員長、経済調査委員会委員長等々をご歴任でございます。

松浦先生あるいは松浦機械製作所に関する記事は、いろいろな雑誌、新聞等で報道されております。その中でごく最近、『日刊工業新聞』の「工作機械のトップに聞く」という対談がございました。そのテーマは「変化の速さに対応するためにITを活用する。高品質を目指す」というものです。本日のお話は「町工場の先端デジタル技術開発」ですから、まさにこの問題のお話をいただけたらと思っております。（以上、主査杉浦）

【講演】

学があるわけではなくて、おやじの跡を継いだ2代目でございますので、昔で言う鍛冶屋のせがれの話というところでお聞き届けいただければたいへんありがたいと思います。

工作機械をとりまく現状

我々、工作機械の製作に身を置いています中で、工作機械の現状がどうなっているかということについてOHPを使いながら話をさせていただきます。これが工作機械の現状でございます【OHP 1】。日本の工作機械は1981年ごろから生産量で世界のトップに躍り出ました。それからずっと、2001年に至るまでの20年間、伸び続けています。

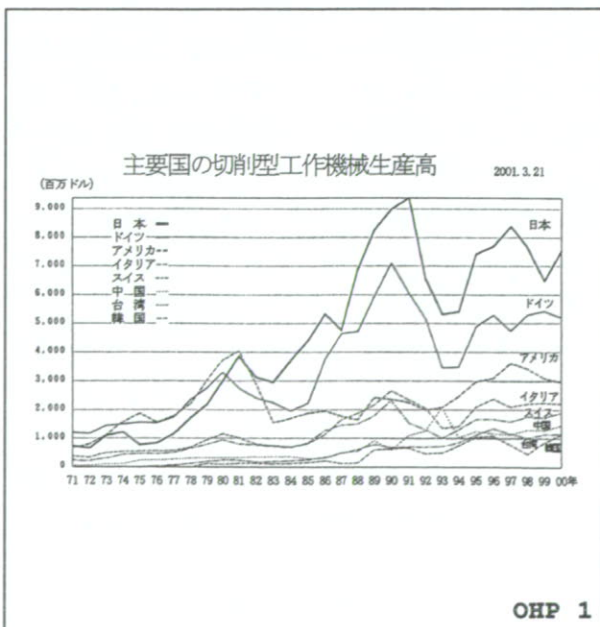
その最大の理由の1つは、日本の自動車産業、家電および電子産業が輸出型になり、その業容が拡大したためです。我々の工作機械産業も質が上がり、自動化も進みました。特に自動化に伴ってはNCというコントロールの安定化があります。それはファナックの稲葉社長にやっていたきましたファナック3000Cという、当時としては画期的なNCと融合化することで自動化では一挙に世界のトップレベ

ルに躍り出ることができ、それがいま海外に伸びていき世界一のシェアをこの20年間続けた最大の要因になりました。

今まではそれで非常によかったのですが、最近これが変わってきたのは、消費、要するにその国がどれくらい工作機械を必要とするかという点で、完全に日本は落ちはじめ、日本に客がないということがたいへん問題となっております【OHP 2】。工作機械の消費の順番からいくとアメリカがいちばん多く、次が西ドイツで、日本はスイスに次いで5番目となっております。要するに、今日本から工作機械を使う産業が流出していることが大きな問題点と言えます。

さらに日米の比較の中でいちばんこたえますのは、いま日本が持っている設備のヴィンテージが非常に古く、アメリカのほうがはるかによいという点です【OHP 3】。要するにこれから先、日本がいちばん困るのはヴィンテージ、つまり持っている設備が古いのに設備投資の更新が行われない、もしくは行う力がないということです。この点についてもこれから考えていく必要があるというのが工作機械の現状です。

まず、工作機械が伸びた最大の理由は自動車や、基幹産業である家電の2つのピラーが急速に伸びたことで、それにつられる形で工作機械も伸びました。しかし、日本のもう1つの問題点はその産業が伸びる手本のあった時代が、80年代の終わりまでであったということです。特にアメリカンライフスタイルへの憧れから、三種の神器、つまり、自動車、電気冷蔵庫、電気洗濯機というモデルのあった時代です。この時代には、我々はキャッチアップ型の開発でよく、生産技術的な、改良、改善に焦点を絞ればすぐ市場を占拠でき

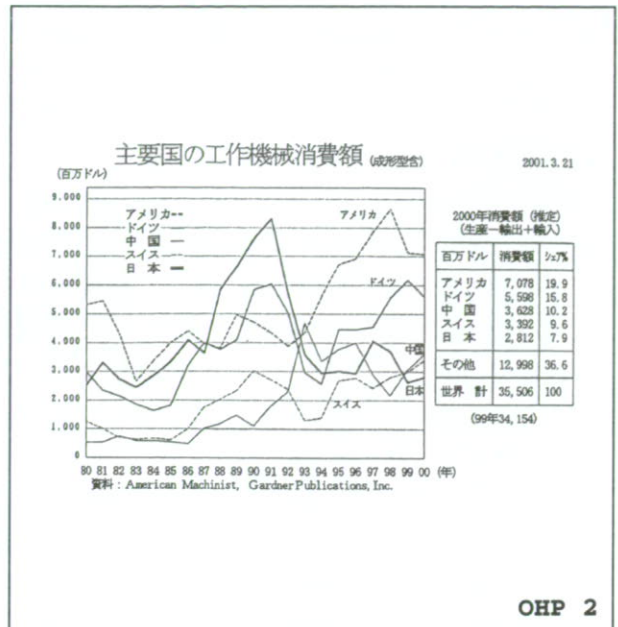


たわけです。

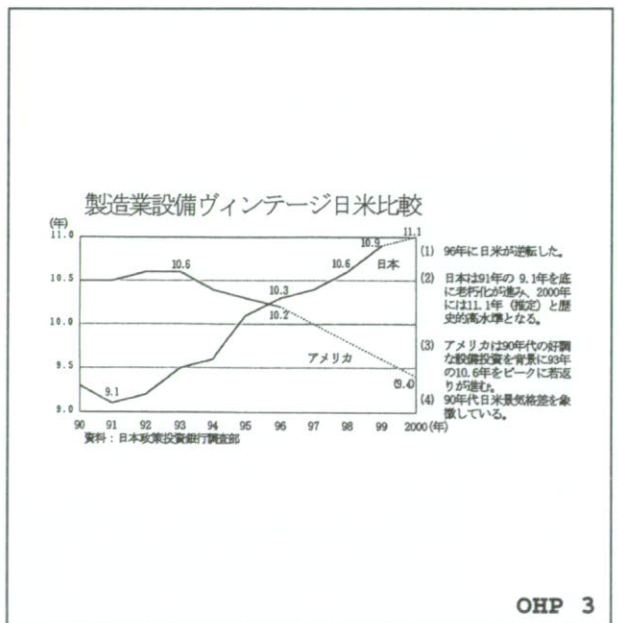
そのような時代があったが故に、開発という点で今は後れをとっています。このことが90年代から、我々が抱える問題点の1つとして出てきたと言えます。今この時点で、日本の工作機械業界が転換期に来ていることは間違いがありません。確かに生産量は世界一ですが、それは使うほうの産業ではなくなっています。これもこれから我々が考えていくべき1つの問題であろうと思います。工作機械の世界的な市場規模を見ますと、1988年から昨年、2000年に至るまで市場規模はそれほど変わっていません【OHP 4】。しかし、先述のとおり産業構造が変化したために、日本の市場規模は逆に小さくなっています。ここが1つ問題です。その中でいちばん伸びているのはやはりアメリカです。アメリカは工作機械のメーカーは少なくなっているけれども、使う側の規模が大きいのでマーケットとしては非常に大きくなります。急速に伸びているのは中国です。ドイツは西ドイツのみの数字ですから、東ドイツと合併したときの数字がどうなるかはわかりません。これを比較するのは難しいかもしれませんが、それでも現状は日本よりは大きいものです。

先日シュツットガルト、ミュンヘン其他のお客のところを回って見たときには、ドイツの景気は決して悪くはありませんでした。工作機械メーカーの同業者は受注残を6カ月以上持っていますし、その最大の客は自動車産業です。ダイムラー・ベンツ、BMW、フォルクスワーゲンが非常に活況を呈しており、これがドイツの製造業を支えていることから、やはりそういう産業が国の中にどう居座ってくれるかということが1つ我々も考える必要があるところでしょう。

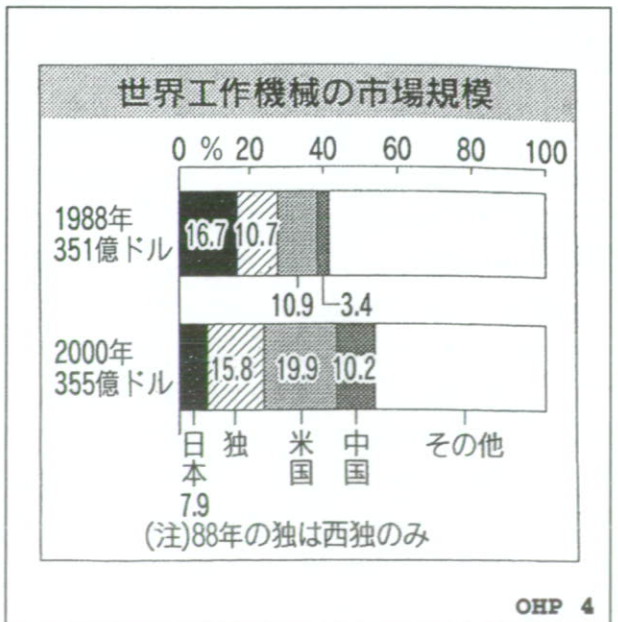
もう一点、工作機械に携わりながら、技能という面についてどうするのかという問題がありますが、ドイツでは7、8年前に確かドイツ工業会と自工会とがドイツで会合を行ったとき、向こうの会長は若い人たちが技能者になることを嫌っているために、将来、働き手がいなくなるかもしれず、技能が途絶えること、特にマイスター制度が維持できるかということについて心配をされていました。会長はドイツもあらためて機械業界のありようを考えなければいけないとおっしゃったのですが、何社か訪ねてみるとちゃんと技能者に対する教育が機能していました。その規模は100人から上の1つの企業体では社員の1割弱ですから、2年間の修養年限で技能者教育をやる事を社会的義務というか、責任として企業経営者が意識しているということには私も驚きましたし、そういう点では基礎、基盤になるところはしっかり守られていました。午前中は学校に行き、そして午後には企業にいるマイスターがヤスリがけから、今ではNCの操作から修理まで簡単なソフトウェアも含めて教える。そして2年で



OHP 2



OHP 3



OHP 4

現場に出していくとおっしゃっていましたがドイツの技能者教育の現状はたいへん興味深く、同時に反省させられました。

以上のような問題を含む中でこれから我々が何を考えていかなければならないかということを見ていきたいと思えます。現在の状況に至った最大の理由をひも解いてみますと、日ごろ思うのは3つの変化がいま同時に起こっているということです。

同時に起こっている3つの変化

1つは国際政治の枠組みが80年代から変わったことです。政治の安定は経済の安定の要因であるわけですが、このところがそれまでは二次元連立方程式でした。米ソの2つの超大国が仕切っていた時代から、ソ連という国がなくなってアメリカが力を持ちました。そのときには日本も中国もヨーロッパもインドも、その将来、それぞれがリーダーカントリーになるという多極化への動きがありました。しかし湾岸戦争が終わってみると、アメリカ一極という答えがとりあえず出され、このことがいろいろな意味で、我々に問題点をもたらしています。政治のことは別として、とにかく国際政治の枠組みが未だ安定していません。アメリカは自分が強いと思っており、それを阻止するところが出てくるでしょう。これからの最大のライバルを中国と意識するかは別として、そういう動きが行われています。

もう1つは社会構造が変わっていく事でしょう。工業化社会から情報化社会へ変わるということの実感を今、味わっています。特に1990年には我々は1兆4200億円という受注と生産額を持ったのが、93年には5300億円まで落ちました。その間、何が起きたかという情報化社会によってグローバル化が進みました。情報化社会というのは、初め聞いたときには、コンピュータがネットワークするだけで何事が変わるわけでもなく、せいぜいパソコンがどうなるのかなというぐらいにしか思わなかったのですが、いま思うとその進展の具合は驚異的なものです。

グローバリズムというのは地球を1つに、単一市場化してしまいました。そしてその原則に一物一価というものが働き出しました。これが世界中を巻き込んで、ものすごい動きをしています。私どもがわかったことは、世界のあらゆる業種、産業が最適地を求めて動いているということです。逆に言うとバンドラの箱を開けた、おもちゃ箱をひっくり返したようなものでして、力の強い人が自分はこの大事と取っていき、他の人々は残ったものでやるしかありません。ところが最初に取りつた人たちが、これはだめだと思うと人が持っているものも取っていくのです。このような争奪戦が世界中で行われているということは、実は中国の世界工場化という現象がわが国に対して多大な影響を及ぼしている

というふうに認識できるのでしょうか。この点で工作機械市場規模が世界の4番目でしかないというのは、産業構造の根底が世界的に変化をしていることに伴う市場規模の変化ではないでしょうか。質的にも変化を起こしていると認識をしないとたいへん危ないと思えてなりません。私どもは、この変化が今後どういうふうに進んでいくかを見ていく必要があります。我々のところで一度ありましたのは、スウェーデンの鉋山機械の油圧機器を作っているところへ機械を納めました。するとその会社が突然、アメリカに買収された途端にそこを閉鎖して最も適地であるアメリカと合併してしまっただけということがありました。また、イギリスのコマーシャル・ハイドロリックという油圧機器メーカーも一瞬にしてその地からいなくなり、効率化を求めて動き出しました。ボッシュもまた、世界中のボッシュが再編成の中で最もコストと近いところの自動車メーカーに何を提供するかというところでお互いに競い合うということです。私どもが80年代から90年代の初めまでに持っていた世界の多くの取引相手というのは、どんどん場所も変える、地域も変えていくという具合です。

コストワイズに動くものですから、これまでありましたCOCOMの問題なども関係なく、いちばん安く生産できるところへ産業が移り、そして瞬間的に消えていくわけです。先日、YKKのファスナーの事業担当をしている副社長にお目にかかったときには、メーコンの工場のお客がいなくなったという話がありました。リーバイスという1万7000人ぐらい抱えていた会社が、一瞬にしてメキシコに移ってしまい、YKKのアメリカメーコン工場はリーバイスアメリカ本社に供給するためにあったのに、移転に伴ってメキシコの工場が忙しくなり、YKKのアメリカ工場は仕事が一瞬にしてなくなったそうです。これは当然起こり得ることだとはわかってはいたけれども、現実になってみてその対応に苦しむ。一方では仕事がどんどん無くなるのに、例えば中国ではどんどん工場が大きくなっていき、そこはフル操業して年に倍々ゲームのように設備が増えていくのです。そういうことが私どものお客さんのところでどんどん行われているとしたら、我々はマーケットの変化に十分に気をつけていく必要があります。構造変化というのは世界中で起きているということです。

このような状況の中で、我々が今いちばん困っているのはコスト高です。コスト高というところでは、日本はどうにもならないというのがございます。それに対して中国は日本と比べると30分の1、高くても10分の1ぐらいではないかという感じがします【OHP 5】。これは去年の比較だと思えますけれども、日本の1カ月の製造業の賃金が約38万円、ところがアメリカは28万円、ドイツにしても32万円で、要

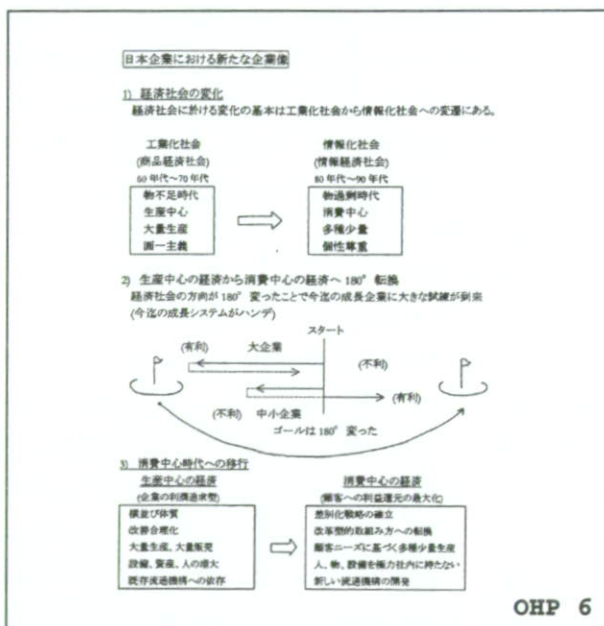
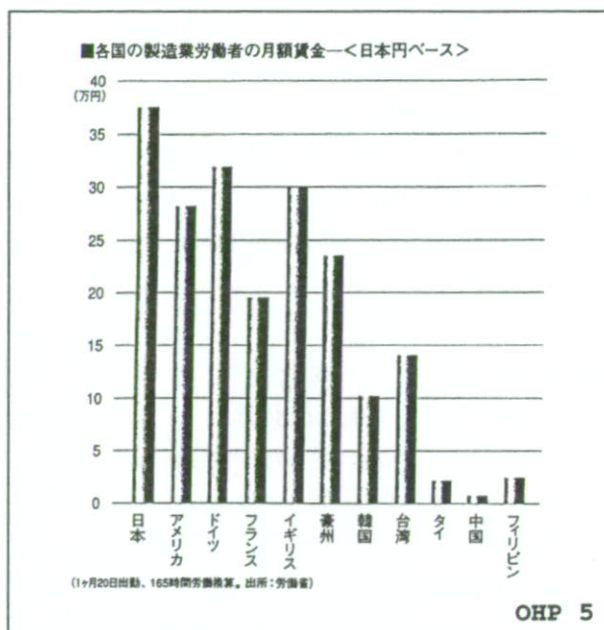
するに、日本は世界一人件費が高いのです。中国はまだ1万円ぐらいですので、下手すると39分の1です。これくらいコストが違っていると、過去の成功例の中で物づくりをやっているだけでは、中国にキャッチアップされるのは当然の話です。福井の織物屋さんにしても、今急速に力をなくしているのは、同じ津田駒さんの自動織機の最新鋭のものを中国が持っているからです。裕福になった日本とは違って、中国人は技能もありますし、飢餓意識というか、生き残ろうとする力があるため、猛烈な勢いで伸びています。

特に去年、広東省にあるファクスコーン社という台湾のプラスチックモールドをやっている会社に行きましたが、ここでは設立からわずか12年で従業員は3300人、その平均年齢は23.4歳、平均給与が5000円と聞きました。作っているものはアップルコンピュータのiMacのデスクトップのフレーム一式や、デル、コンパックなどです。CAD/CAMの部屋は、それぞれパソコンが150台ずつあり、24時間動いていました。ちょうど見学していたときに居た女性は清華大学を出てIQが200以上と言っていました。CADを使ってデザインをやっており、デザインのやり取りを1日半か2日で決めたら、金型が5日ぐらいででき上がり、1週間後には万単位の物を打ち出すという具合です。

その工場を見せていただいて驚いたのは、夜8時半過ぎにQC運動や小集団活動を行い、いろいろな討議をしておりました。そしてきれいに機械を使っていますし、世界一流の機械を集めていました。こういうものを見ると、今のままでは日本の産業は持って行かれるなどという感じがしてならなかったですね。そういう意味では、情報化社会の中での変化のスピードというものは、我々ではもうどうにもなりません。逆に言えばこのままやっていたのでは、日本に産業がなくなる1つの動きだなどという感じがしてなりませんでした。

そのような意味で私どもは、社会構造の変化に日本の産業が全部洗われ出しているところの原因に今の不況もあるのだろうと心配しております。特に去年はITを含めたハイテクに夢を膨らましすぎました。そのバブルに今ちょうど遭っているわけです。夢をかけるのはいいのですが、将来をしっかりと見据えてやる必要があるというのが2つ目の変化です。

もう1つの変化は産業構造が変わっていることです。これはどういうことかという、石油ショック以来、今までの大量消費型ではなく、地球の資源には限りがあり、そこに環境保全という意識が1つ加わりましたが、もうむちゃなことができないという時代に至っています。我々のところでも、省資源、省エネ、環境対応型の動きをちゃんと基盤に入れ始めました。それが我々の物づくりの中でも「常にリサイ



クルを考える」とか、「環境にやさしい」とかいう動きにつながっているのではないかと思います。これはこれで技術革新にとってはたいへん良い1つの衝撃というか、ショックというか、提案をしてくれているなどと思います。

プロダクトアウトからマーケットアウトへ

そんなふうに我々は工作機械の現状を見ているわけですが、この変化のスピードの中で、今後どんなふうに考えていこうかということをもう1つの面からとらえてみます [OHP 6]。

1つは日本の今のありようの中で、情報化社会の変わりようを企業というのはこんなふうに見ておけとうちの社員に言っていることです。我々がアメリカをモデルにして1980年の終わりから90年の初めまでやってきたキャッチアップ型の工業化社会では、アメリカにあるものを日本用に直せば

十分でした。左ハンドルを右ハンドルに直したり、日本の小型化に合わせたり、自動化するというところで製造業というところにプロフィットがありました。規格とか販売というところは無視しても、工業化社会ではその物を市場に流し込めばよかったのです。特に我々が戦後味わったのはそういう社会でした。物不足時代ですから、物があれば買ってくれます。生産中心であり大量生産、画一主義でもよく、これに使用する工作機械をどんどん作ってきた。

ところが情報化社会となり、グローバルにコストが比較され、世界が1つのマーケットになり、一物一価という原則が働き出すと、すべてが日本に残ることがなくなってきました。コスト見合いのところまで全部なくなっていくときに、実は物が余り出したのです。我々の物づくりの観念を消費中心、多種少量へと変える必要がありました。市場に求められているのは、同じ物をずっと作るような自動化機械ではないということが顕著に表れてきているのが今の時代だと思います。

このことはつまり、プロダクトアウトからマーケットアウトへの方向転換です【OHP 7】。うちの社員に言っていることは、量産ということを考えるより、お客がいかにか多品種少量、一品物を作りやすくしてさしあげるかを考える必要があるということです。変化に対応できることが大事であり、受注生産販売ということをお客さんがやっているのだからこれに合うような形にする必要があるということです。それから、量産ではなく個別生産体制なので、いろいろな物が混ざり合って流れていき、そしてその数量も変わります。日替わりメニューの変種変量と、当社の谷口常務が言いましたが、毎日毎日に変化し、同じ物が続かず、その数も売れるときはガツと売れるし、売れない物はすぐ変わっていきます。変種変量、数量も一定ではありません。1本から対応するような、お客様が商品開発マンという意識で、お客様の目線の高さに合わせた物づくりを可能にするような生産システムを作るのが我々の役目だというふうに今盛んに言っています。

しかし、社員からはなかなかその回答が出てこないのです。出てこないというよりは、お客と対話することに慣れていないのです。だからどこをどうやっていいのかがわからず、今はとにかく来たクレームを解決しています。クレームに新しい商品の芽があるはずだということで、質の良いサービスを迅速に行うようにして、そこから次の商品の開発を考えていくというようにやっています。そんなふうにして時代の変わりようをいかに社内に意識付けるかということに腐心をしているところが、現在の松浦機械の現状でございます。

総ての構造をマーケットアウト型へ変える
経営構造を逆転することで市場創造する

プロダクトアウト		マーケットアウト
在庫販売	→	受注生産販売(ハーフメイド)
量産体制	→	個別生産体制
ロット販売	→	1本から対応
原価積み上げ価格	→	戦略的価格
販売体制の強化	→	購買体制の強化
情報発信基地	→	情報受信基地
売る為のカタログ	→	ユーザーの規格書
専門家が商品開発	→	お客様が商品開発マン

OHP 7

4つのIT

その中で我々が今考えていることは何であるかということ、これから何が日本の中に残っていくのかということ。90年代までは日本がアメリカの情報、手本をもとにして工業力を上げながら日本の国力を上げていきました。アメリカはそのために自分の身を削られていったということで、ソ連という国が仮想敵国でなくなった後、仮想敵国ナンバーワンは日本だと騒ぎはじめた頃、アメリカはどうやらステージを変えたようです。そのステージは3つありました。

1つはインフォメーションテクノロジー(情報工学)、2つ目が金融工学(ファイナンシャル・テクノロジー、FT)、3つ目がバイオテクノロジーです。アメリカの産業がこの3つにステージを変えて90年代に突入すると、その準備をしていなかった日本は一遍に情報が途絶えてしまいました。それが「失われた10年」に匹敵するのではないかと私は解釈しています。その中で日本が今後取り組んでいくとすれば、ITというところでは日本は物づくりを含めてまだ可能性が非常に高いと思います。特に日本の携帯電話に対しては私どものお客であるノキア、エリクソンというところも、たいへん注目しています。

我々が行くと日本のITの情報を欲しがりますのは、やはり日本の携帯電話の動きが世界の注目の的となっているからでありましょう。特にiモードに対しての関心は非常に高いものでした。このITというのはこれからの可能性がります。ファイナンシャルテクノロジーというのは残念ながら、これは手遅れだと思います。もう1つはBT(バイオテクノロジー)でしょう。これは日本の国のありようというか、自然の位置付けも非常にいいので、ある意味では今の酵母も含めた工業レベルを含めれば世界に決して劣っていないという感じがします。ここにも日本の未来をかけると

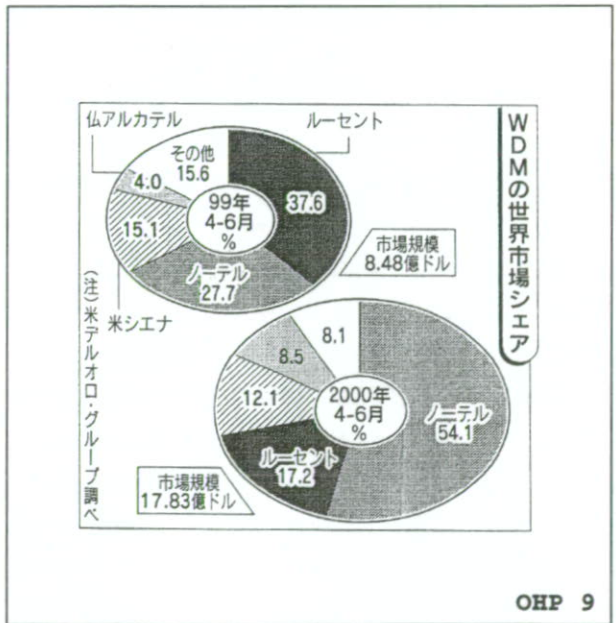
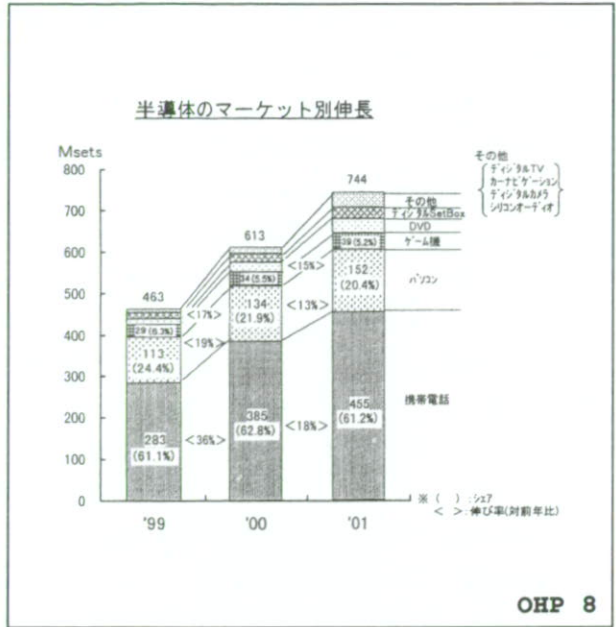
ころがあります。もう1つはETと私は言っていますけれども環境技術です。エンバイロメントとかエコロジーといひましようか、そういうところをどう捉えていくかというのは日本の次の柱になるのではないかと思います。ここにターゲットを置いた物づくりにはどのようなことがあるかということが、私どもが現在追っているところです。

その大前提になるのは、日本が生き残るとすれば2つの方法しかないということです。1つは世界に無いものを作るという方法で、もう1つは今までのものを作るとしたら、世界に無いやり方、作り方をするという2つの方法です。世界に無いものを作るというのは、これは基礎的なところを積み上げ、世界の将来に向けてどんなものができて、その中で日本はどこを担当するかという予測を立てた上でその過程に自分が方向付けをするということです。これはたいへん難しいことです。特に中小企業には難しいので、それよりも世界に無いやり方、作り方という方が可能です。私どもとしてはこれからやるとしたら、物づくりの中でのスピードや変化に対応する要素を簡単に制御できるようにし、それからできればナノテク、微細に絞ろうと、今動いています。

特にIT、BT、ETにナノテクをいかにうまく融合し、かけ合わせるかが重要となります。いずれも大きいものとか、巨大なものを作る必要はありません。持ち運びが便利でパーソナルなものに進んでいくのでしょうか。具体的に言いますと、胃カメラの代わりにカプセルを作って、ゴクッと飲めば自動的に悪い箇所を検索してちゃんと患部を治療していくというような医療機器を何か開発して、そのカプセルに微細なレーザー装置を載せたり、メスを載せたり、いろいろなことをやれば人間はそんなに痛みを感じずに今までとは違った医療を受けることができるでしょう。そういった観点から、微細加工というのは非常に役に立つ技術だと言えます。

IT 急落の原因

ただ、ITがなぜこんなに急転したのかということはこの間検証してみました。これは私の独断ですが、急転した最大の理由は、マーケットに対する考え方を間違えたことであらましよう。これは半導体マーケットの伸長状況を予測した99年から2001年までのあり方です [OHP 8]。このITというものは、アメリカの基本的なステージを欠いた戦略でした。アメリカはスーパーハイウェイというゴア副大統領が提案した技術で光通信網を全米に張り巡らせ、それにおける次世代のインターネット社会、ネット社会をつくろうとしました。そのときの情報端末は、おそらく彼らはパソコンと規定したのであろう。なぜかというとなーザンテレコムの一



テル、それからルーセント・テクノロジーもそうですが、それに引かかるフルカワさんとかみんなのところは、光通信を扱う会社というのをここ1年非常に立ち上げました。立ち上げた最大の理由は、パソコンがネット社会の唯一の情報端末とすれば必ずワイヤーが必要となります。これがラストワンマイルで、それがこの年代から一気に3倍から4倍に拡大して、この21世紀初頭には整うと仮定して動いたのではないかとこの節が見えます。

例えばそのことをいちばん物語るデータがここにあります [OHP 9]。これを見ていると、まさしくそれに夢をかけたのだろうなという感じがします。これはWDMの世界シェアの典型的な変化の状況を示します。ここでいちばん注目していただきたいのは、わずか1年でシェアがひっくり返っていることです。ノテルが99年の4月から6月の第2クオーターのシェアが27.7%ですが、翌年の第2クオーターはノー

テルが54.1%となっています。どうして私がこれに注目したかといいますと、私どものカナダの子会社がこの1年間で売り上げを2.5倍に伸ばしたからです。どうしてそんなに機械が売れるのだろうかと思ったら、オタワの近くにありますノーテルの光通信関係の仕事が一挙に倍々ゲームで伸び、そのためにカナダ会社は空前の利益を上げました。

それが、今年に入ったら全く仕事がないのです。そのノーテルは先日、NHKで放送されましたように9万人いる従業員のうちの3万人を解雇し、なんと今年1年の赤字の予測が2兆円を越すといいます。1年でこんなに様変わりするのかと思うほど変わってしまいました。そこで、どうしてそのようになったのかと調べてみると、99年から2000年の間に市場規模がちょうど倍になっています。市場規模が倍になったということは、ノーテルの売り上げは実質、1年間で4倍に伸びたということです。4倍に伸びるとするのは危険な兆候なのですが、ノーテルはこれが続くと思った上、携帯端末に取られるということも予想していなかったのです。そこが実は今のIT関連のハイテクが、非常に苦しんでいる要因だということがようやくわかってきました。去年3月ごろにワシントンに行ったときに、携帯電話の伸びがこのとおり【OHP 10】予想されることから、日本の森総理がITのネットワークを5年間で決めたデシジョンは、5年後に再評価されるよと言われました。残念ながら5年を待たずして、日本は1周遅れからトップに躍り出ででしょう。世界最新鋭のネットワークができあがるのが国家的に決まったということはたいへん意義が大きいということで、励まされもし、うらやましいともされましたが、その理由は先に挙げた背景にあります。

その携帯電話も2つの要因で現在、伸び悩んでいます。1つは新しい第3世代の携帯電話のイメージを先に言い過ぎたためです。もう1つは、ヨーロッパが権利を高く売すぎてコスト高にしてしまったことです。なぜこのことが問題となるかといいますと、日本ではもう携帯電話はほぼ飽和していて6000万台以上です。これから伸びる携帯電話のマーケットは、次のようなところだというのが1つのデータで出ています。2004年まで見ても、携帯電話は日本ではほとんど伸びず、アメリカもだいたい倍ぐらいの伸びでそれほど伸びないでしょう。これはモトローラも含めて、アメリカの無線の領域がある程度制限されているためです。これが光通信というものに移った理由です。これは安全保障、軍事的な要請もあって、携帯電話が伸びない要素になります。伸びるとすればヨーロッパがちょうど倍に、中国が2.5倍に、アジアが2倍に、南米が2.5倍程度といった地域になります。アフリカは3倍といっても実際には6000万台程度です。ところがいちばん大きい伸び率が期待されるヨー



OHP 10

ロッパが、先述のとおり、権利を高く売すぎてコスト高を招き、普及に歯止めをかけたことが今、問題となっています。

シスコシステムズにいる友人は、今年3月に伺ったときには社員を大事にしたい、だからできるだけ時間外勤務を無くしたりしながら今のITというか、ドットコム・バブルを乗り越えたいと言っていました。しかし先日送られてきたメールでは、ついに7500人を解雇して、なんとサーバーから持っているインターネット用のいろいろな機器類、約7000億円を償却、廃棄処分にすると言っていました。今のところ、このIT関連の問題が非常に大きいと言えます。

これからの新しい道を探る

ただ私がこの状況中で1つ見いだせるのは何かというと、シスコシステムズがいま持っている機器類7000億円も捨てるということは、1年後に復活するのか2年後に復活するのとは別として、おそらく、この先同じ技術が次のITに使われないということを感じたのだろうということです。逆に言うと、新しい技術革新がここでも起きているということです。それが例えば福井にあります村田さんが、今までの1.5m/m²ぐらいのタンタルコンデンサーを、今は0.3m/m²ぐらいの大きさにまでしたことです。そして、日立が作ったICも非常に小さいものです。お札の中に刷り込んで、印刷では複製できないものができあがっているということからすると、微細加工という技術を最大限に生かした部品の開発がこれから猛烈な勢いで進むとすれば、市場にあり余っている1億台以上の携帯電話ならびにその部品は使い物にならなくなるということを感じたのかなと思います。

そういう意味では、新しい産業の芽がもう出ていると思っ

FT、ETに、ナノテクをかけ合わせろというのは決して間違っていないと思います。もっとナノに近いところの加工を容易にできるようにしていくことが、日本が生き残る道の1つである、「世界にないものをつくる」というターゲットの1つとしては間違いがないでしょう。

たまたま私どもは高速加工をこれまでずっとやってまいりました。最高で1分間に7万5千回転の機械をヒューズ、エアクラフトに納めました。そのときに、イージス艦に載っている新しいレーダーであるアクティブ・フェーズド・アレイ・レーダーの導波管を作るお手伝いをしました。これを機会に、高速加工ということを極限まで突き詰めるためにキーテク、キーエレメントにいろいろな意味でトライをしてきました。

今から7年前に、高速加工の技術の中にリニアモーターの技術を取り入れました。いちばん困ったのは加工精度の点で、リニアモーターというのは速く送ることはできましたが、我々としてはできるだけ精度のいいものができるか、微細加工に向くようにできないかとずっと試作を繰り返してきました。すると今から3年ほど前、技術屋から非常に面白い現象が出ていますという報告を受けました。それは何かというと、0.1ミクロンオーダーの制御で繰り返し精度がちゃんと出ていると聞いたのです。0.1ミクロンで送れるというなら、刃物を付けて削るというよりは刃物を使わないでできる加工方法を考えてみようかというのがレーザーをやるうと決めた1つのねらいです。

そのときにやったのはガスレーザーというのは一般的になりすぎていますから、YAGレーザーで自由に持ち運びができるような製品にしようということで挑戦をして、今進んでいる開発が幸いにも地域結集型研究プロジェクトにご採用いただいて、ちょうど丸2年目になっています。YAGレーザーというものは微細加工をするという点では1つの大きな夢のあるツールだと私どもは思っています。そこでいろいろな研究を大阪大学、国の研究所、スタンフォード大学などを交えて進めています。

先日もミュンヘンのレーザー展を見ながら、シュツットガルト大学やチューリッヒ、フランスの大学などがいろいろな点を尋ねてまいりました。彼らが今どういうレベルの研究をやっているかといいますと、特にドイツはレーザーの研究は国を挙げてやっていますので、今いちばんのライバルと規定していいのではないかと私どもも思っています。研究開発統括は福井大学の小林先生で、いろいろな情報を集めながら、福井という小さなところでレーザーの発振機とそれの機械的な応用、薄膜の加工の3つに絞って研究を進めています。微細加工、ナノテクに近いところをやるとしたらこれまでの切削でなくてもいいのではないかとということで、要する

に基板技術を利用しながら、新しいものをめがけていくことをやっています。ただ我々はあくまでも企業ですので、大学を含めた産学官の研究の中でこれまで陥っていた、グッドレポートだけを出せばいい、論文だけを出して研究は終わりということではなく、とにかくビジネスモデルとして売れる商品を1つでも作ってみたいと、この5年間やってまいりました。何かこれで商品として社会に役立つひとつのモデルケースを作ろうということで、この2年ぐらいの間にプロトタイプを作り、最終的に完成するまでにまとめてみたいと、今やっております。

現状を踏まえて、このIT産業については決して悪くはありませんが、我々工作機械も含めて日本の製造業は過去を振り返ってみても、もうとどまるどころはありません。何故なら同じ物であれば中国の方が安く生産できるということが、だれが見ても明々白々だからです。そのキャッチアップするスピードは予想以上に速いものです。どうやら我々がやらないといけないのは、1つは日本の変化、スピード、それにしなやかさを最大限に生かした産業の開発です。いかに先頭を走り続けるかということもひとつですが、そのときには世界に無いやり方、作り方を考えていかないと、これまでと同じことをやったのでは、情報が流れ出るということになってしまいます。

ファックスコーンのデザインセンターに行ってみると、ある大手メーカーの研究所から開発されて、いま量産試作をしている段階の自動車部品の図面がそこにあり、日本からの情報がこんなにも簡単に抜け出ると驚きました。どこからか日本の情報はすべて流れ出ていると思ったほうがいいということです。ましてや過去にやってきた物づくり、看板方式だとかいろいろなことはすでに世界の常識となっています。だから後ろを振り向いて、もう一度あの製品を改良しようと考えても日本の残る道はないのです。常に前へ進むしかない方向付けるより仕方がないかなというのが私の意識です。

もう1つはできればステージを変えたいということです。要するに中国や他の国がやろうと思ってもできないようなステージに変えるということです。それはひとつにはナノテクというステージでは、中国はそんなに簡単にキャッチアップはできないでしょう。あらゆる条件、いろいろな研削器具などがそろわなければできません。もう1つは変えたら材料から変えたいということです。幸いに省資源、省エネというのは地球的な命題です。特に環境に対して配慮をするという観点からすると、材料、素材から変わっていくということは間違いのないでしょう。その新しい素材の加工方法を、我々独自で編み出すということもステージを変えることに役立つのではないのでしょうか。そこで地域地域から

どういふ連携プレーを經由して、情報を共有するかということはいへん大事なことです。今の筑波から含めて国が持っている情報、大学が持っている情報をいかに中小企業まで広めていくか、それぞれが自主的に、自分のコア技術にうまくかけ合わせて開発を進めるかというネットワークを開発できないものでしょうか。

私どもが地域結集型プロジェクトで感じたことはこういうことでした。私どもがレーザーを取り上げてやりたいといって、1企業だけでやったときにはなかなか情報が集まりません。阪大がそういう分野に優れているということだけはわかって戸をたたくのですが、なかなかどの先生のどんな研究室がというのは付き合ってみるまでわかりません。ところが地域結集型プロジェクトに認められて、「福井がこんなことをやります、手を挙げてください」と言うのと、一遍にネットワークができました。この価値はたいへん大きいものです。中小企業がいちばん困るのは、どこにどんな情報があって、どんなことをやっているかということで、そこへのアクセスが簡単にできる方法があれば、いくらでも自分の力に合わせて動くことができるのです。

そういうネットワークができるようにするというのも、中小企業が持っているコア技術を次の時代に転換させる大きな推進力になりますから、特に地元にある大学はこのような声をうまく拾っていただきたいと思います。また私どもは工業技術センターの所長さん方も月に1回ぐらい雑談をしますが、これは、何が、どこで、どう評価されており、その評価の基準から、今やっていることが正しいのか、遅れているのか、進んでいるのか、横に逸れているのかというようなことをディスカッションしながら方向を決めていて、これを通して情報のネットワークが大事だということがわかってきました。

物づくりのところでお考えいただきたいのは、このような情報のネットワークの確立であります。

日本では工作機械市場が縮小していき、大きく成長していくのはアメリカであり、ドイツであり、中国その他であります。我々はヒューズやエイジス艦に載るようなアクティブ・フェーズ・アレイ・レーダーを製作していたり、ミサイルの部分品や、自動車の部品も作っていたりしますから、安全保障の絡みから、世界のどの国へも簡単に輸出するというふうにはいきません。しかし、少なくとも日本の製造業が伸びるということではこのグラフ(OHP4)を見る以上、どうも違うのではないかという気がいたします。量産ではなく、中身がそうとうな勢いで変わるのではないのでしょうか。それがどの方向に行くのかということ、私どもはナノテク、微細加工の中で残るものはもう一度あらためてITだろうと考えております。ITは「いつでも、だれでも、どこで

も」と簡単に使える、持ち運び便利な機器類に凝縮していくのでしょから、いろいろな意味で小さく長持ちするものに向かうでしょう。それもお客サイドに合わせて日々変わるという1つの方向が見られるとしたら、徹底してお客さんの目線に合わせた物づくりをしていく必要があると思います。もう一度我々が考えなければならないのは、このことの集約化が私どもの作る工作機械だろうと考えています。

数ではなく、お客の目線に合わせた物づくりをしていく時代です。つくられる側も、つくる側もグローバルプライスというものが働き出しますから、性能が良いから高い物を買ってくれと言っても買ってくれません。コスト的にはたいへん厳しい中での生産となります。その上、今の日本には無い産業が生まれてくるとすると、材料も変わり、加工方法も変わります。この変化にどれくらい柔軟に我々工作機械メーカーが対応し、量ではなくてクオリティ、それも未来型のクオリティをどう実現するかということが課題としてあるだろうと思っています。

このように、わが社も含めてこれからの工作機械業界は、新しい時代のステージへとできるだけ早く変わっていくために、具体的に開発を進めているリニアモーターを使ったレーザー装置を併用した物づくりの機械や、生産システムに夢として今トライしているということを申し上げて私の話を終わりたいと思います。

【質疑】

—私どもはNC工作機械の生産量、競争力が物づくりを支えているというふうによく説明しているのですが、今の社長のお話ではマザーマーケットである日本の市場は縮小しているということで、たいへんショックなお話でした。ただ私の知識では、工作機械の需要の6割ぐらひは直接、間接的に自動車産業、次いで電機電子産業であったと思います。電機電子産業は確かに海外移転がかなり進んでいるということで市場が縮小しているということもわかるのですが、しかし自動車産業は最盛期に比べると確かに落ちてはいますが、ある程度の国内生産を維持しているのにどうして国内市場が縮小してしまうのか、教えていただければと思います。

松浦 現在、国内の保有車台数は7000万台程度でしょう。それがだいたい10年から11年ぐらいで新たに買い換えられるとして、国内需要は1年間におよそ600万台となります。自動車産業が今持っている設備の能力は、トヨタを含めて年間1370から1380万台作れるもので、つまり過剰設備となっているために、新しい設備投資はもう行われなのです。特にオートバイメーカーのヤマハやホンダによると、オートバイの125ccを日本で作ることはやめにしたという

ことで、私は今後、自動車産業は急速に縮まらなうと思ひます。

もう1つは工作機械メーカー自体、生産性が2倍、3倍の機械をどんどん作っていますから販売台数的には伸びないのです。生産性が3倍であれば3倍の値段で買っていただけかという、そうではありません。だからある意味では機械の生産性はよくなるのに、販売台数は減少し、機械の値段も上がらないという現象は自動車産業が国内に残っても生じます。自動車産業が輸出した分も含めた1380万台をピークにして、どんどんこれから市場規模は縮まっています。

要するに企業は、需要の多いマーケットに近いところへ工場を移してきます。そういうことからすると工作機械の需要の6割が直接、間接的に自動車産業であっても、機械を入れ替えるときに能力を上げたものを入れていきますから、その後の市場規模としては伸びないということが起きて不思議でないかなというのが私どもの今の認識です。——さっきもヴィンテージの問題がございました。自動車関連産業としての設備過剰という見通しの話もありました。新しいものはあまり入れてないのでしょうか。

松浦 現段階ではこれが事実だと思います。デンソーさんに行ったときに平均の機械寿命が工場の中に書いてあったのですが、「18年」と書いてありました。本当は7、8年で新しい機械に入れ替えてもらうと工作機械も売れるのですが、これが壊れないのです。

——先ほどマイスターの話が出ていましたけれども、松浦社長の考える技能とはどういうものなのかということも1つ伺いたと思います。もう1つは技能というのはどこまでIT化なりデジタル化できるのかという点について、IT化、デジタル化する場合には従来の工程、作り方と全く違うものにする必要があるのかどうかということをお聞きしたいと思います。具体例を申し上げますと、私どもは例えば歯医者用のガラスの金型を作っていますけれども、いくらやっても、例えば3次元測定機で測ってもサブミクロン程度までは繰り返し精度はちゃんと出ています。実際それでガラスを作ってして光を当ててみると、どうしても筋ができてしまうのです。この原因について考えられることは、今の機械ではたぶんそのようなことはないと思いますけれども、ワイヤーが使い始めのもの比べると、ある程度使い込んだものは伸びてしまっているとか、例えば小数点以下の何けた目を四捨五入するかなどということ。後者のほうは技能とはあまり関係がないので、ワイヤーの伸び、あるいは機械の置かれている基本条件などが技能に属するのかなというようにことを思いました。

それから技能をデジタル化、IT化する具体例としては、

従来は人の手でワイヤーを巻き取っていましたが、それを十数年前にロボット化しました。CCD画面に職人の動作を撮って、融接用のロボットにティーチングしたのですが、どうしてもそれでは限度があるということでした。そこで数年前に全く別の方式を開発して、現在それに変わつてあります。技能のデジタル化といっても、お話のなかに後ろを振り向かないで将来を見ろとありましたように、デジタル化するにもある程度限界があり、工程にしろ、作り方にしろ、やり方にしろ、そこから変えていく必要があると思っています。単に技能をデジタル化するだけではある程度先が見えてしまうのではないかという気がします。

松浦 私は、いまのお話にあつたいちばん最後の答えと同じ考えです。現状をいくらデジタル化しても、デジタル化した途端に世界はやり方を知るでしょう。工作機械というのは、例えばネジ、ベアリング、今のところのギアボックスというもののモーターの変換にインバーターを使って簡単にできるようにするなどのいろいろな工夫をして量産化、標準化を進めました。

例えば我々が参画した当時の工作機械の製作は、技能と良いギアができればいい工作機械は作れませんでした。それを簡単な電気に置き換えたことによって参入障壁をどんどん下げていったので、本当は標準的な工作機械であればどこでも8割方まで簡単に製作できるのです。あと2割ができないのは何故かということ、日本の中でも50サイクルと60サイクルと電源が違いますし、温度も違いますし、季節によっても変化があります。このような変化は、機械の今おっしゃるようなサブミクロンオーダーまできて、なぜみんなができないかということの答えだろうと思います。機械は変化を簡単に追隨できるように万能ではありません。標準的な物まではできたとしても、あとひとつの詰めはやはり人間がやるのです。それをドイツ人はよく知っています。私が言いたいことは技能を軽視することはやめたほうがいいということです。技能をいかにうまくデジタル化していき、これからの物とミックスさせるかということが1つ大事なことです。

もう1つはデジタル化、自動化していくということは、つまり製作の条件を全部そろえなければいけないということ。ところが今から変えようとしているのですから、条件が全部そろはずはありません。ここのところを変えて差別化したい、ステージを変えたいと思うときに、おおよそのところまでデジタル化することはできても、100%デジタル化することは難しいと思います。もう一度、技能オリンピックを徹底してやって、日本人が物づくりに喜々として参画する仕組みを作っていくことが大事ではないかと思ひます。一時期には日本は物づくりに世界のトップでありまし

た。その技術をうまく使いこなしていくデジタル化がこれからの日本の生きる道ではないかと思うのです。

いちばん大事なことは変化していくスピードに遅れないで、先に先に動けるようなシステム、或いはネットワークを日本の物づくりの中につくっていくことでしょう。機械だけに頼るというのは問題だろうと私は思います。デジタル化ですべてが解決することはありません。やはり人間が参画するところをうまく利用できるかどうかでありましょう。そうとすればもう一度、技能オリンピックに日本がチャレンジする仕組みを奨励することが重要でしょう。これから省エネ、省資源、環境保全の方向へと日本のステージが変化していく中で素材から変わるとすれば、技能者を育成していかないとデジタル化だけで全てが解決するとは思えません。

——どの部分をデジタル化すべきで、どの部分に人が携わっていくのかという見極めについて教えていただきたいと思います。

松浦 私も今自分が模索中ですが、例えば材料の選択をするときには、先にこういうモノをつくるというコンセプトがあります。このコンセプトを満たすような材料の選択というのは、機械がやってくれるわけではなく人間がやらないといけません。その材料の標準的な加工までは機械にもできるかもしれないけれども、材料によって全く違ったデータを機械に入力しなければならないとすると、そういうデータ作りもやはり人間がやらなければいけません。新しいことを試みるとき、初めのトライアルはすべて人間がやるように、人が関わる場所というのはどうしても残るだろうと思います。

標準的なところ、或いは一般的なものまで人間の手に頼るというのは時代に逆行してしまいますから、そこまでのデジタル化はできるだけ早く進めるということはあると思います。そういう進歩はあっても、最初と最後だけは人間がかかわる余地を残さないと良い物にはできないと思います。

——私どもは、ちょうど3年半前に給与制度を根本的に変えました。なぜそれに取り組んだかといいますと、やがて匠の技に依存しなければ企業の経営が成り立たなくなる時代が来ると考えたからです。我々はこれまで、20歳前後で採用して60歳定年で、ようやく匠の技ができたころに「定年だから、おまえ辞めろ」というばかなことをやってきたわけです。それを廃止しようということで、定年制をまず廃止しました。そして匠の技を生かしていこうと今やっているところですが、それは間違った方向ではないでしょうか。

松浦 私は間違っていないと思います。ファクスコーンに行き行って驚きましたのは、私のよく知っている、「現代の名

工」と言われて紫綬褒章をもらったその人が技術指導をしているのです。彼が前に務めていたところでは、新しい試作品をつくらうと思うと、どんなに早くても半年かかったと言います。しかしファクスコーンでは1週間もすれば、彼がやってくれと言ったことをちゃんとやってくれるのだそうです。物づくり屋としてはこんなうれしいことはありません。しかし、祖国に対しては何か後ろめたい気がすると言っていました。

その会社の社長は台湾の人で46歳ですが、「松浦さん、なんで日本は逆さまのことをやるのか。本当は技能の若い人から解雇するべきなのに、いい技術を持った人から先に解雇している。それは我々にとってはたいへんうれしいことだけれど、あなたのお国にとってはたいへん大きな損失をもたらしているよ」と言っていました。ある意味では、今は技術に給与を付けていく時代で、年齢に関わらず何ができるかという時代に我々は来ているように思います。

私どもが何故これを感じたかといいますと、カナダ、イギリス、ドイツに子会社がありますが、これくらいの仕事ができる人にはこれだけ支払いますという、ちゃんと人が集まってきます。ところがその人を国内に移動しようと思うと年功序列にあてはまらなくなります。今わが社の本社のほうの給与体系が混乱し始めております。本当は、年齢にかかわらず、仕事ができる人に相応の給料を払うなり、相応の待遇をするということがこれから大事になっていきますから、会社の目的が何かということをはっきりさせないと生き残れないのです。以上のことから、定年を廃止して匠を年齢に関係なく生かすという方法は、私はこれからの正しい行き方だと思います。

——松浦社長は松浦機械製作所を素晴らしく発展させられたと同時に、国土といえますか工作機械業界全体の発展にたいへん貢献をされた方でありました。相変わらぬ日本の産業に対する思い、情熱に感銘を受けました。

2つお伺いしたいのですが、1つはナノテクノロジーについてです。4つのTを前提とするナノテクノロジーの分野が、わが国において共通して生き残っていく分野であろうということは、私も全く同じ思いであります。具体的には素材を含めた、微細加工を中心とする部品産業の分野が産業としても、あるいは工作機械等のツールの分野でも、これから期待ができるのではないかと思います。その場合、先ほどアメリカの市場、資本財が10年に及ぶ好況で、国内では供給する分野が少なくなる反面、需要が大きく伸びて工作機械をはじめ、半導体製造装置等の輸入が急速に伸びました。アメリカの場合には例えば日本の半導体メーカー、コンピュータメーカー、それから自動車メーカーなどが挙げられますが、特に自動車メーカーがアメリカに大幅な工場の増

設等を行っています。日本から見ると対外投資、アメリカから見ると外国企業による対内投資が増えているところが、先ほどの供給産業としては工作機械が衰退し、マーケットとしては大きく拡大している背景の1つではないかと見ております。

わが国の場合には残念ながら、アメリカ等の先端企業のわが国に対する投資、つまりわが国から見た対内投資市場がいろいろな制約があって広がりがありません。一般的な組み立て産業が、中国の工場にとって代わられるのは必至ですから、やはり対内投資環境を超先端分野で、日本の企業だけではなくてアメリカあるいはヨーロッパの企業が日本に投資できるような環境が、これは企業の努力だけではできませんから政策的にも必要ではないかと思う面が1点です。

もう1つは先ほどお教えいただいた、日本の企業のトップシークレットがすぐに外国に知られてしまうというところは私もかねてから気になっています。先般のアメリカの経済スパイ法ですが、あれは本当にけしからん法律だと思っ反、確かにアメリカというのは口では全く自由な市場だと言いながら、自国のトップシークレットが対外的に漏れるのを軍事的な面からだけではなくて、産業競争力という面からも強く防止しています。

そこで、このような法律、政策が日本でも必要なのかなと考えております。実はアメリカの経済スパイ法は不思議な法律でして、企業が企業を訴えるものではありません。連邦司法当局が、FBIが企業に代わって企業を訴えるわけです。原告は全てFBIで、被告が企業になるわけです。これはアメリカの企業でもあれば外国の企業でもある。不思議に思って、なぜ原告が秘密を取られた企業でないのかと聞きましたら、アメリカの司法省がこう言うのです。アメリカの企業は訴えたがらない。訴えて裁判になっても、証拠を提出したりして長引くだけで時間がかかる。もう1つは、訴えたがために自分の企業のイメージが著しく害される。その程度の秘密管理しかできない企業かと逆に企業の管理能力が疑われるので、仕方がなく、FBIが企業から情報を取って原告になるのだということを言っています。産業スパイ法ができたのは1996年ですが、今では百数十件の案件があります。この法律は企業の知的財産の保護の、少なくともシンボリックな盾にはなると思います。このような点について、どういうふうにお考えなのか教えていただきたいと思ひます。

松浦 私は当社が生き残るとしたら2つの条件があります【OHP 11】。1つは生産性でも機械なら、資本財の輸出に徹することです。要するに、我々は工作機械屋ですから物づくりのシステムを売ろうということです。ただ工作機械ではなく、システムソリューションという考え方でやったほう

生き残る製造業二つの条件

**一、生産設備、機械など
資本財の輸出に徹すること**

**二、高度技術を駆使した
高付加価値の
部品開発に徹すること**

OHP 11

がいいでしょう。

もう1つは高度技術、部品開発に徹することです。これは日本としてはデバイス国家でしょうね。すべてを日本が持つというのは非常に難しいし、必要とされる部分が常にあるということは相手に正当に評価されたから、そんなふうを考えていく必要があると言えらと思ひます。

そして、質問にあったように、アメリカは我々の最大のお客です。ですから日本の市場が小さくなくてもアメリカのマーケットをうまく利用していけば、十分に我々は飯が食えていく。これは間違いありません。ヨーロッパにおいてもドイツが伸びるということでしたが、これも間違いがないでしょう。ましてや微細加工とか物づくりの変化に対応するようなソリューションが、もしも簡単にできるとすればこれは強さがあります。私どもではMAM72という24時間、同時5軸でやっていく機械はいまでも世界に対してアピールしています。要するに変化と物づくりの対応が簡単にできるということは、1つの我々の答えかと思ひます。

後半の質問については、アメリカとオープンマインドで物を開発しながら、日本がアメリカにとって必要とされる国づくりを今後していくとすれば、企業の知的財産を保護することは日本が生き残るために必要なことではないでしょうか。思い切っこれに関して政策的に何かできれば、情報を共有しながらお互いに物をつくっていくことが可能でしょう。ただそのときに、日本から簡単に秘密が抜け出る今のような仕組みをどうやって止めるかという点については、アメリカの法律をよく吟味して日本流にしながらアメリカの了解の下でやれるような方法を考えていかなければいけないことは事実でしょう。これをやらないとアメリカはオープンにしてくれませんが、仲間にくれませんが。

ただアメリカはこれからの中国を含めた、それに対応する

次の世代の力に今おそらく戸惑っているのだらうと思います。そうすると今が本当は、政治的にもアメリカと日本が手を結ぶ絶好の機会なのです。物づくり屋としてはアメリカの生産設備を常に日本が提供できるように、またアメリカに必要とされることは日本の安全保障上、大事な事であるとすれば、ただ設備を提供するだけではなくて、開発まで含めたネットワーク化、グループ化、融合化というのをうまく実行できる方策をつくるのが、私ども工作機械、マザーマシン屋としてぜひやってほしいことだと申し上げておいたほうが良いと思います。

——今日のお話の中で、地域プロジェクトにご参加なさっていろいろなインフォメーションが入りやすくなった、それからネットワークづくりが非常に重要であるという話をうかがいました。大学や国立研究所は独立行政法人になりましたが、通産省の研究所が産業技術総合研究所ということになりました。いろいろな変わろうとしています。

その1つは産業界との連携を非常に強くしようというものです。例えばセンターが二十いくつありますけれども、その中に物づくり先端技術研究センターが設置されました。そういうふうに変わろうとしておりますけれども、それに対する何かご希望などがございましたら、お聞かせいただければたいへん参考になるかと思えます。

松浦 当社の例ですが、いま私は福井県機械工業協同組合の理事長を仰せつかりましてグループの変革をどうするかと考えています。私どもが地域プロに行ったのは、たまたまキーテクのところでは0.1ミクロンという制御が可能になるという報告を受けたからです。新しい分野とか技術開発するというのはトップの意思が大事です。それから何か研究をやる人をすぐ大げさに研究所がいるとか、大学とか、あるドクターがいなければならないとかではなくて、1人でもいいので学歴を問わず、やる気がある人をうまくトップがフォローできればいいのです。

今度のことはかねがね技術のほうの片隅で書類整理をしていた男がいて、彼にリニアをやらないかと持ちかけました。彼は技術屋で、制御技術習得のためにパークレーに2年間行って帰って来たら、そういう変わり者というのは日本ではグループの中に受け入れられなくてはじき出されておりました。でも技術に籍を置いて何かしらやっておりました。そいつを呼び出して、「おまえ、このテーマで人のやったことがないということをやれよ」と持ちかけたのです。うちの中でリニアをやれ、やれと言っても、基本的に会議の席ではだれも手を上げません。そいつの背中を押して、「おまえ、これで男を上げろ」と言って、そいつのやることは社長というか、トップが全面的にフォローしました。そいつがスボイルされそうになると抱え込んでプロテクトし

たということで、やる気のある人間をどうやって見いだして、それを継続的にフォローするというのはトップの役目です。そうすれば1つの物事は進むのです。それがリニアモーターのマシーンを作るきっかけになりました。

そいつがその研究を進めながらボンと持ってきたデータを、今度はタカオカという者がまとめます。このタカオカも途中入社で、以前も開発をやっていた男ですが、どうもアカデミックすぎてうちの泥くさい技術屋には受け入れられませんでした。それを引っ張り出して、「それならおまえ、レーザーでモノを加工するなり何なりすることを勉強してみろ」と持ちかけました。レーザーとは何ぞやというから勉強しに行ったら、本人は論文を全部調べてどこの大学が進んでいるかを調べてマトリックスを作ってくれました。

そのタカオカが「社長、金くれ」と言うから「金はない」と言うと、金をどこから引っ張り出そうと応募して合格しました。今度は「人をくれ」と言ってきたので、人もいないから大学のこの先生のところに行って、来年か再来年マスターかドクターを出る学生を1人、レーザーを用いた研究テーマで論文を取りそうな子がいたら目印付けて来るように言いました。先生には学校を卒業したら籍は当社に入れるけれど、また先生のところに助手として出し、その学生の月給はこちらで払うのでどうでしょうという交渉をしてこいと言って決まりました。キーマンとそれとを入れて物を開発するというのを大学とやったわけです。

それを今の県が新しい基盤技術を始めるために何かないかというので、当社が持っているリニアの技術でこんなことをやろうとしているというのを基盤に、大学のキーマンと当社と工業試験所の3社でプランニングして科学技術庁に持ち上げました。それが福井県として採用されたというわけです。これで何をやりたかったのかというと、産学官協同でオリジナリティあるものを作ることです。これまでは先に手本があってそれを改良、改善すればよかったものを、自分独自のものを作ろうとしたとき、どうしても中小企業を含めて頭となるところがないのです。今持っている資金からいっても、人、物、金には限界がありますので頭脳となるものを持つことはできません。いかにうまく地元にある大学の頭脳と、中小企業を1つのグループ化していくか、つまり一緒に共同作業していくかというモデルケースをやったという面も1つあります。

中小企業にやる気はあるのですが、問題はもう1つ上になるときに技術情報が入って来ないことです。要するに、だれかが研究を進めてくれるとか、大学と一緒に受けて持ってくれるなどということが必要であるということです。ある意味では、今までのアカデミックな大学の研究というのはグッドペーパーさえあればそれで認められてきまし

だが、ブツとして泥くさいところまで実験してくれるように、各大学なり試験所が中小企業レベルまで降りてきて手を貸してもらえそうな仕組みを作る必要があるでしょう。

やる気と技術情報があってリスクは中小企業が全部抱えているわけですから、むちゃなことはできません。今のベンチャーみたいに思わぬことでポンとアイデアが浮かんで、それにエンジェルがバツと付いて、一発儲けたら続かないというものではなくて、中小企業のよさは自分の全財産をかけてやっていますから、やると決めたらとことんやるだけの意思力、行動力があります。これに技術情報とやっていることに対する時々の評価、例えばあなたのやっていることは正しいとか、これくらいレベルまで来ていますよとか、もっと上げないと商品にはなりませんよという評価を常にできる仕組みをどこかで公に、あまり手間のかからないようにつくっていただけると、開発型とかオリジナリティというものが出てくると思います。大げさな変わり方はしなくても、ひと味変えた物づくりが全国に生まれ出るだろうと思います。

その仕組みを、いま松浦機械は作ってみようとしています。これが産学官の一つの利用の仕方です。アイデアはこう、大学はこういうふうに使えということを実例でいま盛んに言っているところです。要は技術情報を、中小企業が常に簡単にアクセスできるような具体的な方法として手を貸していただける仕組みと、やっていることに対する評価を常にやっていただける仕組み、方向を間違えてないかどうか、今のレベルはこうだという評価をしないと、間違っている方向で金をつっ込んだら無くなってしまいますから、以上のような仕組みをどのように作っていくかということが、大事なことでありと産業技術総合研究所の方などに考えてもらえたらありがたいと思っています。

——松浦機械製作所は超高速回転を日本で最初に手がけられたわけですが、そういったアイデアの源泉みたいなものに関して、また、人材をどうやって利用するのか、どうやって育てていらっしゃるのか教えていただけたらと思います。
松浦 ちょうど1985年までは普通の工作機械でどこの会社も右肩上がりに伸びていましたから、自動化をうまく進めていけば当社も生き残れました。最も変わることを余儀なくされたのはプラザ合意の時です。円が268円から130円まで上がり、要するに値段が倍になったわけです。性能は同じで値段だけ倍になっても誰も買ってくれません。そのときにどうやったら生き残れるかというところを突き詰めてみました。

するとまたまコア技術として、YKKさんに高速加工機のための金型加工機を1970年代に我々は作っておりました。それはYKKさん用の専用機で、それはそれで生産は終わっていました。そんなものはジッパーの金型ですから、

世の中に必要なわけではありません。そういうコア技術を見て2倍に売りたい、生産性が倍から3倍になれば価格が倍になっても売れるだろう。だから高速加工にこう考えたわけです。

その一足飛びに倍にするというときに、昔取ったもので片一方は微細加工の専用機だった技術をここに持ってきて、普通のマニシングセンターの生産性を倍に上げるまでに一遍に改良しようと思いました。要するに、自分の持っているコア技術でこの社会の変化にどうやって対応するかとぎりぎりまで追い詰められたことが高速加工に突き進むきっかけとなったのです。そのときにやったことは、はっきり言えば主軸モーターがまだ無かったのです。そこで、パークレーにやった三浦の学歴を見ると、モーターを研究してきたとあるので呼び戻しました。「おまえ、モーターを作ったことがあるならこんなモーターを作れ」と言いますと、「私、模型用モーターみたいなものしかやってこなかったでそんな主軸モーターはできない」と言うのです。「いや、あんなもの、機械屋がやることだ。一遍モーターを作っている安川電機の九州工場に行つてずっと見てこい。そして我々が望む高速スピードのモーターを作れ」というのが始まりです。

だからそんなに難しいことは考えないでやらせればいいのです。主軸モーターの開発を手がけてわかったことは、モーター屋さんというのは自分が作りやすく、儲かる物しか作らないということでした。私どもがお願いしたモーターは、みんなやりたがらない物なのです。当社には金型もありませんでしたから、仕方がないのでコアは安川さんで全部抜いてもらって、まき線のやり方を日東電工さんに行つて習いました。日数をどこかで空けてもらいまして、自分でモーターを作り上げたのがうまくいった原因です。我々が要求するアイテムは自分で作ってみて、数が出るようになってからモーター屋さんの標準になりました。1人でもいいからやる気があれば、学歴には関係ないですね。ある意味では追い詰められた今のような状態というのは、企業にとって新しい物を生み出す絶好の機会です。過去を捨てなければいけないですからね。そうでしょう？ 過去を捨てなければいけないといっても、前に進まないといけませんからいま持っている中でベストを自分で考えるには、今の状況は最もいい時期でしょう。

これに1つ、今のように国が持っている技術情報をオープンにすることと、評価を簡単にしてその現場においていただく。我々が筑波に行かなければいけないというのではなく、中小企業はそんなことをやっている暇はないですから国の方からお出向きいただいて、現場でこれがどうかという評価をお願いできたらたいへんありがたい。その仕組みを作ればいいし、これはインターネットを使えば、昔より非常に

簡単にできると思います。ドイツでもどこでもクレームが起きるとその問題箇所をデジカメで撮りまして、それをすぐ会社へ送ります。画像で見ると言葉での説明は要りません。私はこういう事を利用することが可能だと思いますからやっていたきたいと思います。

それからもう1つだけお願いしたいのは、もしもこれにA社が携わった時には、この携わった当人は継続していただきたいということです。すぐに人が代わっては困ります。せっかく人間関係ができたのに、また代わりましたなんてい

うと、考え方も、やり方も違うために戸惑ってしまいますから、できれば1年か2年、少なくとも3年ぐらい、形が見えてくるまで同じ人が応対をしていただくという仕組みを作ってもらえたらと思います。

——ありがとうございました。まだまだお話をおうかがいしたいのですが、たいへん残念ながら時間となりました。どうもありがとうございました。

(第1回：平成13年8月7日)

7. モノづくりの現場からの報告〔3〕3次元CAD技術

講師：山田真次郎氏（株式会社インクス代表取締役社長）

【講師紹介】

山田真次郎先生は1949年に広島県呉市でお生まれになり、1974年に青山学院大学理工学部機械工学科をご卒業後、三井金属鉱業株式会社に入社されました。三井金属では自動車のドアロックの設計に携わっておられ、1985年に日本で初めてのキーレスエントリーを開発されました。これにより三井金属とクライスラー社との間でドアロック開発の受注契約が成立し、クライスラー社のドアロックを全面的にご自分で設計されたドアロックに切り替えることによって10年間で1000億円という契約をお取りになりました。

その後、デトロイトで開かれたオートファクトショーで光造形機に出会ったことをきっかけに独立を決心され、三井金属時代の同僚の方5名と株式会社インクスを立ち上げられまして、代表取締役に就任されました。

政府関係では小淵元首相在任の折に私的諮問機関としてモノづくり懇談会というものが作られ、そのメンバーとしてご活躍されました。特に「製造業という出力機械とITというエンジンを融合させることによって新しい生産システムができる。これはまさに日本でしかできないモノづくりである」ということをプレゼンテーションなさっています。（以上、主査杉浦）

【講演】

インクスという会社

我々の会社の紹介をさせていただきます。我々の会社のやり方は、そのままあらゆる製造業に使えるものだと思います。例えば、これから説明する金型の製造方法は従来の10分の1ぐらいの時間で作れるものです。つまり、従来は製造に4カ月かかった金型を10日程で作ることが出来るのです。すでに4社ほどの大企業のコンサルティングをさせていただいており、実際に10分の1ぐらいの製造期間になっています。他に、全く異業種の建設業の工事期間を短縮しようということで同じようなコンサルティングをやっておりませんが、そちらも3分の2ぐらいまで短縮できます。

私どもはこのような工程を短縮していく新しい技術をプロセステクノロジーと呼んでいます。今まではコンピュータを用いて3次元化することで金型製造スピードを速くするというを目指してやってきていました。この技術開発によって当然製造スピードは速くなりましたが、これはすでに他の会社でも取り組んでいることです。我々は今年の初めからいろいろな大学と共同研究を始めまして、プロセステクノロジーの技術が一般解のように、いろいろな製造業の工程を

速くできるということを証明しつつあります。金型だけではなく、プロセステクノロジー技術によって製造速度の速い製造業ができるということも頭に入れて聞いていただくと、非常にわかりやすいと思います。

今、私どもは資本金が8700万円の中小企業です。従業員が180名程おり、大卒あるいは大学院の高度な教育を受けた人達を入れています。それとは別に、インクスエンジニアリングサービスという子会社がありまして、これは2年前に設立した派遣会社です。現在従業員は120名程で、急激に人を増やしていますので今年年内に150名ぐらいになってくると思います。従って、正社員が330名ぐらいの会社です。

インクスデータサービス、これは金型のデータを作る会社で、30名程が働いています。インクスというのは仕組みを作る会社で、作った仕組みの中で働く人達はアルバイトやフリーターの方々です。その人達が実際に金型を作っています。インクスが仕組みを作る会社であるということをここで強調したいと思います。

インクスの売り上げは、90年7月27日に会社を設立しまして、90年11月の設立後3カ月ぐらいから単月黒字になっており、それ以降は基本的に単月黒字です。95年から96年で2倍に成長していますが、これはこの96年に自動車産業が一斉に三次元化を始め、我々がこの波に乗ったためです。インクスの売り上げは97年から22億、30億とだいたい1.5倍ベースの成長が続いていますが、99年には33億に留まっています。この理由は後で説明しますが、我々は決算が12月で、ちょうど年度末の98年12月に蒲田に金型工場を造りまして99年の1年間は金型工場の立ち上げを行いましたので、10%しか成長しなかったわけです。金型工場が立ち上がった2000年の時点で44億の売り上げで、これに子会社のIESと連結すると45億ぐらいになります。従って、その後順調に回復してきています。今年の売り上げが連結で約75～76億になります。つまり、インクスは十分成長し始めているということが言えると思います。

我々のお客様は、電機関連が53%、自動車と自動車部品が34%です。99年から金型製造を始めたために電機の割合が高くなってはいますが、それまでは自動車が6割ぐらいでした。今年の前半までは携帯電話などが主要な品目だったのですが、後半になるとまた自動車が増えてきている状況です。去年は、自動車が全体の半分を占めているのではないかと思います。お客様はキャノン、ホンダ、ノキア、トヨタ、ソニーと非常に広範囲に渡っています。こういった各

産業における世界のトップ企業と直接お付き合いをさせて頂いています。金型の主な用途は携帯電話だと思われていますが、むしろ携帯電話は我々の売り上げの中の1割もありません。現在ではその中の2割ぐらいが減少していますから、実際の減少率はせいぜい全体の中で2%程度です。その代わり自動車が伸びて70億にまで成長しています。ここで言いたいのは、これだけいろいろな会社の金型に我々の技術が使われているということです。つまり、どの産業にも使える技術をインクスが持っているということのひとつの現れです。

我々は、98年から戦略的に毎年たくさんの新卒者を採用しました。毎年33名ずつ過去4年間で132名の新卒者を採用しています。そのうちの百数名が残っていますから、現在180名の社員のうちの110名ぐらいは過去4年間で採用した新卒者です。新卒者ばかりですから30代以上が40人しかおらず、平均年齢も27歳ぐらいの非常に若い企業です。これは何故かと言うと、新しい製造業では古い知識を持った人はそれほどたくさん必要ではなく、むしろ新しく採用して無垢なところから鍛えた方が非常に効率的だからです。

先ほどインクスエンジニアリングサービスと言いましたが、こちらは現在120名ほどおりまして全員20代です。社長は40代ですけれども、役員も20代にやらせています。両社合わせて350人のうち30代以上は40人程で、20代でももうマネジメントできる人材が育ち始めています。

来年も4月に55名の新卒を採用します。55名のうち最も人数が多いのは東大出身で、11名入ってきます。そのうちの7名は大学院修了者です。あとは早稲田と慶応が10名ずつ、京大、東工大、名古屋大、中央大、明治から各1人ぐらいです。新しい形の製造業であれば若い優秀な人達も十分来てくれるということです。今年の4月の採用も33名のうちのだいたい6割が大学院出身者ですから、非常にハイレベルな人達が集まってくれるということです。

我々の仕事の10%は3次元CADの「教育」です。お客様のために3次元で「設計」するというのが20%ぐらいで、3次元で「試作」をするというのが20%、「高速金型でモノを作る」というのが25%ぐらいです。それから、「コンサルティング」は売り上げの40%ぐらいまで達しています。これは、我々と同じ設計、試作、金型の一連の仕組みを社内に構築するというもので、1件あたり数億の単位で引き受けています。我々はこれを実業と知業と呼んでいますが、実際にモノを作っている仕事が6割、モノを作って得た知識を売るという仕事が4割となります。一昨年从去年、去年から今年にかけてこの知業の部分が増えています。我々と同じようなやり方でやっていけば製造工程が速くなるとい

うことがわかってこられたので、そういう引き合いが非常に多くなってきているのです。

製造業の産業革命

今日お話しするのはIT開発工程の構築についてです。現代は製造業の産業革命が起きていると言われていますが、製造業は日本の生命線であります。食糧とエネルギーの大半を輸入に頼っている日本は、何かモノを輸出しなければ輸入できないのです。今、輸出が非常に落ちていますが、輸出ができないと輸入もできません。輸出品目の中身を調べると、70%が工業製品です。工業製品が輸出の大半を占めているのですから、製造業は日本の生命線と言っても過言ではないのです。

製造業の中を見ると、GDPが500兆として、製造業は150兆となります。そのうち金型産業は1.5兆です。これが意味していることは、大きく言ってしまうと、製造業は自動車も携帯電話も、金型がないと製造できないということです。金型というものは非常に重要な位置を占めている基盤産業なのです。今1兆5000億の金型産業はどのぐらいの規模かと言うと、世界の42%を占める規模です。アメリカは18%、フランスとドイツは約9%程ですから、日本の金型産業が非常に大きなポジションを占めているということがわかります。つまり、日本は部品を製造する装置を作るという技術が非常に高いわけです。この金型産業を支えている金型企業は約7000社程です。その7000社で1兆5000億を割ると1社あたり2億となります。7000社のうち94%の企業が従業員34人以下、80%が9人以下という中小企業の集まりが150兆の製造業を支えていると言っても過言ではないのです。

金型産業の構造的な問題として、出所は明確ではありませんが従事者の平均年齢は52.5歳とあります。本田技研の平均年齢が42.5歳ですから、そんなには違わない数字です。いずれにしてもこのぐらい高い数字であるということは、職人の技を誰が継ぐのかということところがやはりこれから大きな問題になってくると思います。

こういったバックグラウンドの中で、現在、IT技術によって製造業の産業革命が起きています。これは大企業から始まっており、98年10月からほとんどの企業が開発期間2分の1ということを行い始めています。今はだいたい3分の1から、世界でトップシェアの企業は10分の1ということを行い始めています。できるだけ速く新しい製品を開発しなければいけないと捉えているわけです。

これは何故かと言うと、量産の概念が変わってきているからです。量産というのは末永くモノを作るという概念だったのですが、例えば「モーニング娘。」は発売日に8時間で

100万枚のCDを売っています。「プレイステーション2」は2日間で100万台売っています。2日間で100万台売るということは、発売日前に100万個作っており、発売日後はほとんど生産しないということです。携帯電話もだいたい6カ月に1回モデルチェンジをしますが、そのライフサイクルは6カ月前に開発し、発売日前に100万個ぐらい生産し、発売日と同時に大ヒットした後は一瞬で売れなくなるというものです。だから、ボンボンと爆発量産という山のような生産をしているわけです。つまり、日本の製造業のほとんどが発売日前に大量生産をしておくというスタイルに変わってきているわけです。

これに対応するのがセル方式という組み立て方式です。例えばトヨタのアルテッツァという車は、発売時は8400台という販売台数のベストセラーカーでした。ところが6カ月後には4000台、1年後には1800台、2年後には1500台と、1年間で4分の1まで落ちました。つまり、4年間の生産の半分以上は販売開始から半年ぐらいで売っているわけで、例えば、8000台の生産ラインを引いても半年で4000台になってしまうわけです。その生産キャパシティを埋めるものを次々に出していかなければいけないために3カ月おきに新しい車種が出てくるのです。トヨタの昨年の実績では12カ月で11種の新車種が出ており、今年はお盆世界で三十何車種の新車を出されます。トヨタはこれらの車をどんどん開発していかなければいけないのです。

ホンダも社長が向こう2年間に20車種ということをお言われています。ホンダは年間3車種の開発が限度だったのですが、それを3倍に増やすというわけです。そのためには何をするかと言うと、開発人員を増やすか、開発期間を短くするかという2つしか方法がありません。現在の状況では、研究所その他を3倍に増やすというわけにはいきません。そうすると、どうしても同じ人数で開発期間を短くして開発コストを減らしていかなければならず、これが開発期間を3分の1にあるいは10分の1にという要求が出ている根拠です。これは自動車メーカーも電機メーカーも全く同じような要求を持っています。自動車も、旬のときに旬の製品を次々に発売していかないと生産キャパシティが維持できないのです。ずっと末永く作る製品なら中国で作ればいいのだが、こんなにボンボンと開発して作って売れるモノはまだ日本でも作れるのです。こういった産業がまだ日本にも残っています。むしろ、こういった産業しか残っていないと言ったほうが正しいのかもしれない。

開発期間はリニアにコストと連動します。人数や設備などをほとんど使わないので、1年で1車種だったところを1年で2車種開発できれば、開発コストは2分の1になるわけです。要するにスピードが速くなれば、その分コストは落

ちてくるということです。

インクスでの金型製作の実際～ビデオ上映～

開発というものは開発工程を指しており、我々の今の話では量産製品の開発を前提としています。携帯電話を開発したいということになると、まず設計をします。設計をするために設計図を描きます。設計図を描いた後は、この設計図で本当に動くかどうか試すために試作品という物を作ります。そのために図面を描くわけです。金型の試作屋さんに図面を渡すと、試作品を作ってくれます。設計をし、図面を描いてそれを基に試作をし、最終的に金型を作るというのが開発工程です。現在でも、どんな産業もすべて図面を描いています。我々が現在進めている新しい開発工程では、コンピュータを使って3次元で設計をします。一切図面は描きません。図面を描かないまま試作をし、金型を作るという工程を構築したのです。

88年11月に私は光造形という技術に出会いました。今まで日本の強みだった、設計者が図面を描いて神業的な職人さんが作ってくれるという従来の開発工程が、コンピュータと光造形装置があれば職人さんの手がなくても試作ができるようになるのです。従来の工程は今でも世界一速いものです。しかし、それにずっとすがりついていると逆に弱みになってしまいます。日本に早くこの事を知らせようと思い、私は会社を辞めたのです。当初は設計から試作までと思っていましたが、工程が金型まで繋がらないと答えにはならないということで、我々独自の金型屋のCADを93年あたりから開発し始めました。

98年12月に金型工場を作り、99年に立ち上げてやっと設計から金型まで一貫した仕組みを社内で作ることができたわけです。この工程全部を、実際にお客様にお見せることによって、「ああ、このやり方でできるのか。本当に速くなるな、これをそのままくれ」ということが今我々に求められているコンサルティングです。

私どもはビジネスをしなければ生きられません。工程を作ることだけではビジネスにはなりませんから、例えば3次元CADを教育するという事業や、お客様に代わって設計するというのもひとつの事業です。お客様に試作を作って提供するというサービスも行っています。あるいは現在、金型工場で金型を速く作るという実験を行いながら、同時に金型を作ってお客様に納めるというサービスもしています。

本日皆さんに来ていただいているのは新宿のテクニカルセンターで、ここでは設計や教育を担当しております。川崎のソリッドリアリティセンターという工場では光造形を使って試作を行っています。蒲田の金型工場では、設計、

試作、金型という開発工程の3つのセンターを光ファイバーによって24時間オンラインで結び、あたかも1つのフロアのように動かしています。ここで実際に働く人達はほとんどがアルバイトです。アルバイトの人達同士は、お互いに顔も見たことがなく、言葉を交わすこともありません。伝達はすべてネットワークで行っているからです。ネットワークで行えば言葉での誤解が一切生じません。このように完全に作業を分けることで、例えばこの工場のシステムをボンとメキシコに持って行っても、アルバイトの人でもできる作業ですからそのままメキシコの人に教えればできる仕組みになっているのです。現在アルバイトを多く使っていることの理由のひとつには、あまり字を読まなくてもいいような教え方をするという大きな目標があります。

では、実際にやっている事を紹介しますと、東京テクニカルセンターという所では3次元CADの教育、3次元データの作成、そして3次元データ設計サービスということをやっています。インクスエンジニアリングサービスでは派遣業としてエンジニアの派遣を行っています。我々はお客様に教育をしている会社でもあるので、採用した社員を再教育して新たな機能を身につけさせて派遣するということが出来るわけです。

大企業に対しても教育を行っています、すでに1000名以上の受講者があります。我々は独自の教科書で教育をしています。3次元CADというのは世界の4大CADと言われているのですが、キャティア、プロエンジニア、アイデアス、ユニグラフィックス、この4つだけしか日本の産業では使われていません。我々はこの4つの製品すべてをサポートしており、各CADに対して2000~2600ページぐらいのテキストを、更新しながら作っています。

では、この教育がどのぐらいの値段かというのと、2か月間で300万円、1か月150万円です。学校はここ、新宿のテクニカルセンターですから、うちに来ていただき、近くのホテルに泊まっていたいで缶詰め教育をします。それでも1000名の方がもうすでに受けられています。例えば、ホンダが360人ほど受講されており、1人あたり300万ですから10億近いお金をいただいているわけです。開発期間が非常に早くなるので、それだけのお金を出しても教育を受けた方が得なのです。こういった形で自動車メーカー、あるいは大きな会社に教育をさせていただいています。

我々自身、3次元CADを120台持っています。CADはだいたい1台あたり500万~1000万円です。それを自分達で持って、インクスとインクスエンジニアリングサービス、約200名の社員が使っています。自分達で設計し、教科書も作り、かつそれを教育するというので、エンジニアリングがサイクルをしているわけです。2か月ぐらい教えた

ら、今度はまた設計に戻り、あるいは教科書を作ります。教科書を作ったら、また教えるという形を順次繰り返していきます。これだけの教育をお客様にできる会社ですから、自分達で3次元CADのエンジニアを派遣するというのもできるのです。

例えば東芝のリプレットの場合、3次元CADを使うと、目的の立体の図面が無くてもデータを基に設計し、試作を作り、金型を作ることができます。この流れがちゃんと一気に通貫でいけば、開発期間を10分の1まで短縮できるということがわかり始めました。だからお客様も300万払っても習おうとされるわけです。

では、3次元のデータから図面無しでどうやって試作を作るかを説明します。現在我々は光造形装置を24台保有しています。GMが27台あり、これは世界第2位です。光造形の原理を簡単に説明しますと、光造形というのは、まずコンピュータ上で3次元データを0.1ミリ間隔くらいに薄くスライスします。実際には現在では0.05ミリ間隔です。そして、紫外線を照ると固まるという樹脂が装置内に入っています。液体樹脂の表面から0.1ミリ下がったところにエレベータを止めます。エレベータ上に0.1ミリの液体樹脂が乗っているわけです。先ほど作った0.1ミリ単位の断面データの最下段のデータを取り出し、この形状に沿って紫外線レーザーをエレベータ上の液体樹脂に照射します。これで、0.1ミリの厚さの樹脂が断面データどおり固まります。これを最下段として、さらにこの硬化した樹脂の上に液体樹脂を0.1ミリ厚さ分乗せ、この樹脂上に一段上のスライス層の形状に沿ってレーザー光を照射します。この操作を繰り返して0.1ミリの断面をどんどん重ねていくことによって立体を作っていくわけです。そうすることによって、どんな物体でも3次元データさえあればモノができるということになります。

光造形の工場は、新宿から完全にオンラインでコントロールされています。社員2名、アルバイト4名の6名で1シフト、24時間、365日動いています。

光造形技術によって、6時間くらいでリプレットが立体になってくるわけです。従来は人間の手で2週間ぐらいかけて作っていたモノが、8時間程でアSEMBルして確かめながら造ることができるわけです。パソコンだと6時間ぐらい、携帯電話だと45分ぐらいで造ることができます。

最後に、金型の作成について説明します。日本の企業で3次元データから一気に通貫で金型を作れるところはありません。つまり、本当の意味で開発期間を短縮できてはいないのです。そこがコンサルティングの大きなポイントになるわけですが、我々は一気通貫で、3次元データから図面無しで金型を作るという技術を開発しました。

金型は日本が42%作っており、アメリカは18%ですから、金型という概念を含んだCADは日本が作るべきだということを94年に通産省に提案いたしまして、95年から3年間にわたって補助金をいただいて我々はKATACADというものを独自で開発いたしました。

97年から1年間、われわれは自分たちで開発したソフトウェアが本当に使えるかどうか研究しました。そこでできるということがわかったので、98年末に蒲田の金型工場を作りました。99年は先ほど言いましたように売り上げは10%しか伸びなかったのですが、現在では月産150型ぐらいのキャパシティを持っています。今後、第2工場を作りますから、だいたい300型ぐらいの月産のキャパシティを持つこととなります。

3次元CADにはキャティア、プロエンジニア、ユニグラフィックス、アイデアスという世界4大CADがあり、これらは航空機用ですべて海外のものです。今大企業はこれを使ってどうやって設計するかを我々から習ったり、あるいは独自でやられています。これによって作られたデータを、STEPという国際標準のデータフォーマットで我々の中に持ってきます。われわれのKATACADの特徴は、まず金型設計ができるということです。それと金型を加工するNCパースを全自動で作れるということです。もう1点は、全自動で出したNCパースは5万回転以上の高速ミリング加工機に対応しているということです。こういう物は今のところ、世界でKATACADだけです。

アルバイトがつくる金型

ここで簡単にCADを使った金型製作について説明します。例えばデンソーの携帯電話の場合、我々が携帯電話の3次元データを受け取ると、まず光造形で45分ほどかけてサンプルを作り、それが3時間程で工場に来ます。これ以降の操作は全部アルバイトがやる作業です。

我々はアルバイトを採用したら2週間ぐらい社内で教育します。その後は各工程に分かれてそれぞれの作業をしてもらいます。金型というのは鋼焼き機でいうところの型の方で、この中にメリケン粉を入れたら鋼焼きができます。この金型を作るためにお客様から受け取るデータは製品の形、つまり鋼焼きの方のデータが来るわけです。また、金型は製品を取り出すために上下に割るということをしします。製品の形状が非常に複雑なため、金型を割るのも非常に大変なのです。我々のKATACADでは、どこで金型を割るかということを読んでいきます。これに対して、作業者が割る位置を決めていくわけです。従って、モノを見ながら対話形式で作業を進めます。そういった作業をアルバイトがやっていくわけです。

金型の割れる位置を1周分ぐるっと決めるのにだいたい10分から15分ぐらいでできます。従来は金型設計者が図面を見ながら、頭の中で金型構造を想像して割る位置を決めていました。それがだいたい2週間ぐらいかかっていたのですが、今ではアルバイトが15分ぐらいでやってしまうわけです。

では、実際に金型の設計をしていきます。(デモ開始)画面の真ん中が製品で、上下がそれぞれ金型の上下部分です。まず、金型を想定した四角い箱を作っています。我々は世界中の携帯電話の6割を受注していますが、これに対して全て1種類の標準化した型で対応しています。

画面上には先ほど決めた、金型を上下に割る線が表示されています。この線に沿って、今から型の中の方を自動的に割っていきます。では計算をします。今、この計算ができるコンピュータは、デスクトップだったら30万円ぐらい、高いラップトップだったら100万円ぐらいします。今、計算が終わり、上下に分かれる位置が決まりました。これで、金型を実際に作っていきます。このぐらいの速度でどんどん金型を設計していきますから、もう金型の図面なんて描かなくてもいいのです。

本来、何も無い状態ならこのまま金型が出来上がります。ところが、例えば携帯電話では穴があいた部分があります。金型は上下に割れますから、そのような穴は中に金属を通さないと穴にならないわけです。ですから、このような場合は差し込んだ金属が一旦抜けてから金型が開くという作業になります。これをスライドと言います。中の金属を抜いてから上下に割るのはアンダーカットです。携帯電話にはアンダーカット箇所が20カ所ぐらいあります。今から、携帯電話のアンダーカットの部分の設計をお見せします。

まず、穴の開く部分にスライドという物をつけます。我々はスライドの部品も標準化しており、4種類の標準部品で世界中の携帯電話に対応できます。これは携帯電話に限った話だと普通は思われるのですが、例えばインストールメンタルファンやインストールメンタルダッシュボードなどでは、それ専用の部品を作れば良いわけです。全然問題なくそれができます。

次に、積み木を置くみたいに配置をしていくわけです。スライドを置いて、これを取り付ける計算をすると、先ほどまで無かった四角い穴が開いています。幅が20ミリだったら、少し大きい、例えば20.1ミリという、モノが入る大きさの穴が開いているわけです。この時点で、穴を加工するNCデータ、つまり加工データはもうファイルされています。アルバイトは決まった位置にパーツを置くだけです。置いた瞬間に加工データはファイルされています。技術的な話になりますが、内側からスライドする物も標準化されていま

す。6種類の内側スライドだけで世界中の携帯電話を作っています。6種類の中から選んだ1つを積み木のように置いていくだけです。

出張している部分に対しては、先ほどの携帯電話の形状にピンを切っていきます。この計算を今から始めますが、これは技術者の人が見たら非常に驚くところです。自動的に計算ができて、複雑な3次元曲版がピンの上に自動的にできて、先ほどなかった穴が開いています。幅が10ミリだったら、10.1ミリの穴が開いています。この穴をワイヤーカットという物で切りますが、その加工データもすでにファイルされています。つまり、アルバイトの人達があそこにピンを置くだけで自動的に装置が加工までやってくれるのです。

このような形でアルバイトの人が設計をやっていきます。アルバイトの人は、型を割る人は朝から晩まで型を割るだけで、スライドを置く人は朝から晩までスライドを置くだけです。だから、データがベルトコンベアに乗せられているようにアルバイトの前を次々に流れて行きます。コンピュータのデータが流れていくのは実際には見えませんが、流れ作業が進んでいるのです。1つの作業が非常に単純な作業で、私はこれを単純頭脳労働と呼んでいます。だんだんこういった作業形態に日本も変わっていくのではないかと思います。

従来は、非常に熟練した金型設計者が2週間以上かけて300枚ぐらいの図面を描いてこれを設計していました。我々は20時間程でこの設計が終わります。新しいバージョンでは、4時間ぐらいで設計を終わらせることが可能となっています。

各金型工場、あるいは各大手メーカーからも、同じ方式で作業が設計から金型まで流れる仕組みを作って欲しいということで我々にコンサルティングを依頼されます。その中では当然、我々のソフトウェアも使っていただきます。

ビデオを使って紹介しますが、これが教育の風景です。こういった形で大企業の皆さんを教育しています。教育費が1人300万円です。次にこれは我々の設計ルームですが、1台1000万円のCADを使って、我々の社員が設計をしています。3次元で設計したデータが、図面を引くことなくそのまま試作工場にオンラインで送られます。こうして送られたデータを基に、試作工場で作立体モデルを作るわけです。

アルバイトや社員は細かい後仕上げ、あるいは洗浄とかそういった作業もします。45分ぐらいでだいたい出来たから、アSEMBルしながらも3時間程度で作れます。これを今度はバイク便で新宿に運びます。光造形で試作をするサービスの場合はそのまま完成品をお客様のところに届け、

金型を作る場合は新宿に持ってきて続きの作業をします。

金型設計はパソコン上で我々独自のソフトを使ってアルバイトがやります。こういう金型は加工するデータを自動的にコンピュータで計算するので、パソコンに並列処理をさせるという仕組みを作りました。NCデータという機械加工をするデータの並列処理というのは、世界中のCADの理論では出来ないのですが、我々のKATACADはCADの理論が違いますから、並列処理ができるのです。これは世界で初めてです。

並列処理するなら自分のところでコンピュータも作った方が早いということで、この中に1台ずつ、全部で21台の自前の並列処理用のコンピュータが入っています。

現在も新たに作っていますが、現在200台以上のコンピュータで並列処理をしています。例えば、1つのCPUで100時間かかる計算を100台のコンピュータでやれば1時間で済むわけです。こういった形で、計算処理の高速化を進めています。ファラオという我々の会社全部をコントロールしているスーパーサーバーコンピュータが2台ありまして、どちらも同じ機能を持っていますが、1台が壊れたらもう1台がすぐにバックアップするという仕組みになっています。このファラオはここにある全てのコンピュータと全ての光造形機械、そして全ての工作機械につながっています。社員やアルバイトの人は入社するとまず自分の名前とIDを入れてファラオにログインします。ログインしたら、ファラオはAさんがそこにいることを知っているわけです。それがまず出勤確認です。それと同時に、Aさんが金型を割るというファンクションを持っていると、彼の目の前にファラオの方から何をやりなさいという指示を出してきます。その指示を受けてAさんは仕事に取りかかります。そしてファラオは例えば15分で終わるはずの仕事に1時間経っても2時間経っても終了宣言が出ない場合、マネージャーに、この人はまだ仕事が終わっていませんよとメールを送ります。そのメールはマネージャーの携帯電話に届きますから、どこにいても、社内にいても外にいても全部連絡が入ってきます。マネージャーは異常時しか管理していないのです。すべてのアルバイトの人の仕事はファラオによって管理されているわけです。ファラオの指示に従って仕事を始めると、ファラオは、この人はこのコンピュータで何をしているかを把握します。ですから、この人の仕事は何時に終わるはずだというスケジューリングを立てられるわけです。

この積み上げが、機械まで全部つながっています。この機械が何をやっているかを全部ファラオは知っています。これを我々はプロセステクノロジーと呼んでいるのですが、こういった新しい管理システムがないとこの会社は動かない

のです。

次に蒲田の工場です。これは最初買った三井精機の3万回転する9000万円の工作機械です。3台買いました。NCデータをこの機械に送ると、この機械が加工するわけです。我々は並列処理ができますから、どんどんNCデータができます。しかし、機械の方がその速度についていけなくなりました。機械をもっと欲しいがこれは9000万円もするし、重さは15トンもあるので、もっと良い物をということで今度は我々独自で工作機械を開発しました。これは我々が開発した工作機械です。設計を我々でやって、OEMで作ってもらっています。販売権も我々が持っています。4台並んでいますが、同じ機械が16台あります。これは第1回目で作ったもので、5万回転のスピンダルがついた工作機械です。重さは10分の1の1.5トンになっており、加工速度は5倍ぐらいに速くなりました。

第2世代の機械は、サイズも90×90×180(cm)で、畳1畳に2台入ります。先ほどの15トンあった機械が、畳1畳に2台入る、750キロになりました。これは最初の工作機械の7倍速い速度で動いています。

ここでの作業もすべてアルバイトがやっています。社員1人、アルバイト3名が1シフトで三十数台の機械を動かしています。ここでの作業はすべてバーコードで管理されています。アルバイトにやってもらうことはセブンイレブンの商品管理と一緒です。その作業とはまず、自分が何をやっているかということを入力で知らせます。このコンピュータはファラオに直結していますから、ファラオが全部コントロールしています。アルバイトが自分の名前と何をやっているかということを入力すると、ファラオの方からデータを送ってくれます。アルバイトは単に機械のスイッチを入れて、安全を確認してスタートボタンを押すだけです。そうすると自動的に作業が始まります。この仕組みによって、アルバイト3人で三十何台の機械を管理することができるわけです。

これは0.4ミリのマイクロカッターを使って深さ10ミリぐらいの加工をしているところですが、こういった加工技術も、カッターも我々が開発したものです。このカッターも、スピンダルもOEMで作ってもらっていますし、工作機械もOEMで作ってもらっています。それを動かすソフトウェアもわれわれが開発したもので、この全部のセットが無いと一連の加工ができないのです。ですから、仕組みごと丸々我々と同じ物にしたいというお客様は機械も我々と同じ機械になります。

このような流れで金型を作ることによって、非常に早く、図面無しで金型を作ることができるわけです。こういった複雑な金型が、現在では6日間程でできます。

ITの能力を生かす出力装置を

我々はこの仕組みを作り上げる中で、技能の科学的な分析ということを行いました。非常に優秀な職人を2年半雇い、その人がどのような工具をどのように使って金型を作っているのかということをつと観察したのです。職人さんの作業を科学的に分析して、彼がやった通りトレースするのではなく、例えば職人さんが表面を何ミクロンか合わせるために研磨をすれば、その完成品をお借りして表面の形状を測定し、何ミクロンにすれば完成と認められるのかということを全部分析したわけです。そして、IT、工作機械、アルバイトそして非熟練者を組み合わせてその職人さんの技を再現できるように仕組みを作り上げたのです。この開発に2年半から3年ぐらいかかりました。それを標準化して、マニュアル化して、アルバイトにできるようにしたわけです。

「インクスには職人はいない」「アルバイトが金型を作っている」と言われておりますが、携帯電話は従来製作に45日かかっていたものを6日にしました。我々が10日で作れることを示すと、10日で作る会社もだんだん出てきています。一度こうやって目標を示せば、どんどん日本も速くなるのです。我々がやったことは、作業の細分化と細分化した作業の科学的分析です。そしてその作業技術を標準化し、マニュアル化しました。そして、人間がやることとITがやることと機械がやることをちゃんと区別したわけです。より使いやすい工作機械の開発ということもやりました。

現在は産業革命が起きていると最初に言いましたが、前回の産業革命を見ると、それは蒸気エンジンの開発によって起きたのではなく、自動織機や自動紡績機という出力機が発明されたことによって布の爆発的な生産が起きたのです。今回も同じで、ITでいくらデータをぐるぐる作ってもそれだけでは何も生産されません。アメリカは今、バブルで踊り場にいますが、ITをいくら駆使しても対価となる価値は生まれないのです。ITは蒸気エンジンと同じで、いくら回っても物を生まない。これに対して、ITエンジンの出力性能に見合った出力機を作るというのがこれから必要なことだと思うのです。

日本は部品の開発が出来るということがひとつの大きな強みだと思います。部品を製造する装置を加工する装置や、工作機械の25%は日本が作っています。且つ、ITのデータを工作機械に送るNCコントローラの70%も日本が作っています。日本は物を作っていく高い技術は持っているのです。ですから、ITエンジンに見合った新しい出力機の開発というのが、これからの日本の大きなテーマではないかと思っています。あるいは日本でしかできないのではないかと考えています。

これができれば、加工時間が10分の1あるいは20分の

1に短縮されることによる生産性の向上が期待でき、これこそが爆発的な生産性の向上と呼ばれている産業革命の起爆剤となると思っています。日本は、ここがまだかろうじて強いということです。アメリカのIT技術は進歩しているけれども、新生産システムは日本でしか発明できないのです。ぜひ日本から産業革命を起こしたいと考えております。

【質疑】

—質問の1つ目は、光ファイバーを使ってデータのやりとりをしておられますが、膨大な3次元データの送信速度に対する不安はないのでしょうか。それから2つ目は例えば全部出来上がった後に客から設計変更の申し出などもあると思いますが、そういう設計変更に対して今までどういうふうに対応してこられたのでしょうか。その2点をお伺いしたいと思います。

山田 光ファイバーでデータを送る速度については、今のデータの量でもまったく問題ありません。速ければ速いほど良いのですが、工作機械を動かすという点では、全く問題なく動いています。

設計変更については、今までのように設計変更をやる会社は、競争力を持ってないのです。というのは、金型1個を10日間で作って1000万円頂くとします。設計変更によって作業日数が2日間増えた場合、2日分ですということで、例えば200万円を追加で頂くことになるのです。だから、だいたいお客の方が設計変更しないのです。設計変更をするような会社は、10日で金型を作っても結局変更して製作日数が伸びるので、速く作る意味が無いのです。現在、従来通り図面を描いて設計変更をしている会社は、最終的には競争力が無くなると思います。フィンランドのとある会社は、これで良いというデータを、スパッと我々のところにオンラインで送ってきます。

—建設に関してインクスでコンサルティングをやっていらっしゃる上で、例えばこうやったら良いのではという提案は、社長自身のアイデアですか。それとも訓練された従業員のアイデアですか。

山田 訓練された従業員です。金型も建設も考え方は同じです。実際にどうやって進めるのかということは彼らの方が知っているわけです。相手の状況に応じてこのプロセスはこういう形に持っていきたいと、我々が考えるわけです。そうすると、非常に速く並列処理でできるようになるのです。

—それは山田さんのような天才でなくても、誰にでも出来るものなのでしょうか。

山田 それがなかなか出来ないのです。今、うちにそういうことを専門にやるチームが幾つかあります。それが入れ

ば出来るのですが、だいたい皆さん、こうやって話を聞かれたら、大企業の方も、これをやればいいんだと帰ってやるのですがだいたい失敗します。失敗してからやっと頼みに来られるのです。

そこで、じゃあその原因は何かと言われても、なかなかうちも説明できないのです。なかなか口で表現できないと言うか、まだ概念として無いのです。

—みんな今まで苦労してきているんですね。

山田 加工時間をいきなり10分の1にするという、大きな作業ですから。これはだいたい1年ぐらいかけて作り上げていきます。我々の会社から30人ぐらいの技術者が入って、向こうからも70~80人出してきましたので、総勢100人ぐらいのチームでやります。そのチームでお客の会社の既存の仕組みを完全に作り変えてしまうわけです。相手はみんな世界のトップ企業ですから、腕自慢が揃っています。でも、逆に言えばその方達の存在が会社のシステムを作り変えることを難しくしているのです。その方達というのは、60年かけて技術を積み上げてきて、加工期間を4か月にした方々なのです。我々がしようとしていることは、その人に「あなたの人生は全部無駄だったのです」と言うようなものです。あなたがいるから加工期間を10日にできないのです。だから一番技術を持っている人が実はネックになるのです。もちろん、彼らが悪いということではありません。彼らが4か月にしたから我々が10日にできるのです。金型作りについては彼らのほうが上手いし、加工も向こうのほうが上手いです。ただ、工程をこういうふうにしましょうというのは、我々の方が上手いのです。ITとネットワークというキーワードによって工程を大きく変えることが出来るのです。

—それは山田さんという天才がいて、最初の金型システムを山田さんがお考えになったからでしょう。それを、そこそ優秀な人間であれば再生産できるのでしょうか、それとも山田さんが側にいないとだめなのでしょう。

山田 今、再生産できつつあります。現在、ひとつの再生産できるものに、概念として、一般解としてまとめあげていくことを研究しています。プロセステクノロジー概論という感じで、本を出そうかと思うぐらいです。それが一般解になれば、パン屋さんだって速くなるわけです。

—ご説明の中で、KATACADを使うにあたって、標準化したパーツを使っているとありましたが、発注側に対して、そういうKATACADによる作業ということを想定した発注というような制約はあるのでしょうか。

山田 ありません。むしろ世の中にある制約よりももっと自由にやってもらうことができます。世界中どこから発注が来ても、我々の方がそれに完全に対応しますということで

やっています。本来は抜き勾配や交差とかそういった細かなところまで全部指示してくださいと言うのですけれども、我々は交差も抜き勾配も要りません。そのまま、設計したとおりのデータをくださいという体制です。

—そのKATACADというのは、自由に設計されたものを受け止めて、CADの標準タイプに変換するというのですか。

山田 そうです。

—金型ではよく、何万ショット打ってもぶれないとか、そういうところが熟練技で、そういう面で精度を評価していますが、例えば先ほどの高速5万回転のスピンドルエンジンなどではそういう精度も保証されるのでしょうか。

山田 精度と何万ショット打っても壊れないということは別の問題です。精度良くモノを作るというのは工作機械で出来るわけです。熟練の指がどのくらいの精度を出すかという2ミクロンです。2ミクロン出すと技能オリンピックでチャンピオンです。3ミクロンだと、6位とか5位になっちゃうんです。つまり、そこら辺の技術者はほとんどそんな精度は出していないのです。では、今の機械加工ではどのくらい精度が出るかと言うと、温度管理をしっかりと、そういった知識を持っていれば5ミクロンです。つまり、普通の金型は全く問題無く作れるということです。精度をあと2ミクロン出そうと思えば、さらに研磨とかそういったものが必要になります。しかしながら、熟練の人達はこれからいなくなるのですから、機械でちゃんと精度を出すという概念を持つことが必要なのです。ですから精度は機械で出します。機械で出せば全く問題はあります。このような考え方に基づいて、大企業も金型工場も、我々のやり方を導入しようとされているわけです。

それともう1点、何万ショット打っても壊れない金型というのは、技能で作られるものではなく、そういう金型構造なのです。要するに金型構造、金型の知識、金型を設計するノウハウによるものなのです。それはそういう積み上げられたノウハウを、設計する段階のソフトの中に打ち込めば良いわけです。従来の設計では、そのようなノウハウが優秀な設計者の中だけに入っていたりするために全く公開されていないのです。だから彼がいないと設計できないとか、彼がやるとすごいということになるのです。しかし、そういった重要なノウハウをちゃんと引き出してもらわないとその人がいなくなったときに困るわけです。引き出したものを標準化することが必要なのです。しかしそれを一番反対するのは誰かと言うと、一番うまい人なのです。その人の40年の人生を1年間で全部教えてくれ、それをマニュアル化したら誰でも出来るようになります、という話をしているわけですから当然です。

手による技能と技術というものを分けて考えることが必要です。技術というのは再現性があります。指でやる技能というのはこれまで再現性がなかったのです。それを我々が機械加工によって再現性あるものにしたということです。

—こういうシステムはどこまで応用できるのでしょうか。自動車のボディのプレスや金型などはかなり体系化されて、ひずみなどを考慮しながら、あるいは修正しながらやっています。そこが、ITを使いながら熟練的に何か修正をするというようなことを聞いたことがあるのですが、そういうところのシステムにも基本的に応用は可能なのでしょうか。

山田 修正するという事は、修正する人はどれくらい削れば良いのかわかっているわけでしょう。そのデータをコンピュータの中に入れて、同じように削れます。その人がどれくらい削るかということ、寸法を測定しながら標準化していけば、必ず出来ます。

結局、人間が物理的にやることは機械にも出来ます。例えばIC工場ではICを生産するのに、誰も熟練工が必要だとは言わないですね。何故かと言ったら指で制御できる世界では無いからです。人間と機械が戦っているのは金型の世界だけです。それは金型の制御が2ミクロン単位だからです。IC工場になると指で制御できないので、全部機械でやります。例えばファナックのナノマシンのように、1ミクロン以下の精度を出す機械は世の中にあるのです。

そして自動車のボディのプレス、つまりスプリングバックの話ですが、人間がこのように直そうと思っている形状をちゃんとコンピュータの中で定義すれば、後は機械でできます。プレスは金型の中で生じるスプリングバックによって製品形状と金型の形状が違ってくるため一番難しい加工でしょう。この技術の標準化は大変だと思います。

—現在、そのような試みはされているのですか。

山田 いえ、プレスには手を出していません。プレスは寡占というか、80年代にだいたい勝負がついていますから、これから新たにやるとなると、100台単位の大型工作機械を入れないと勝負になりません。我々が何故携帯電話を選んだかということ、コンパクトな工場で出来るため、世界市場に対抗できるわけです。そういうわけで携帯電話を選んだのですが、プレスへの応用は最後になってくると思います。現在のプレスのやり方というのは、ある意味では1世代古いやり方になってくると思います。

—もし、プレス加工のコンサルティングを頼まれたら挑戦されますか。

山田 やらないということはないです。

—企業経営の観点からですけれども、インクスは気前よく開発した技術を教育とコンサルティングで普及させておられます。大変心強い話ですが、そういうノウハウが普及した

後は、インクスはどういった技術を軸に経営を進めていかれるのでしょうか。

山田 まずは、今の我々のシステムが普及するということは、我々のソフトウェアが広く使われるということです。そうすると、年間億の単位でメンテナンス料を頂くことになります。我々のシステムを一旦導入されると、他のソフトはそう簡単には導入できないわけです。これによって、このソフトがある程度の競争力を持っている間は、我々のメンテナンスケアを受けなければなりません。また、同じ仕組みを内部に作られたとしても、問題は何%を内製できるかです。今、電機メーカー内部で作っている金型は全体の1%ぐらいです。今は内製化を上げようとしていますから、20%ぐらいまではたぶん作れると思います。しかし、その20%を内製できるようになった時に、残りの80%は誰が作るかというのが問題なのです。そうすると、我々と同じ仕組みで作っているわけですから、我々と同じシステムを持っているところに発注するしかありません。結局、その80%の金型も我々のところに入ってくるのです。

では、我々が持っている技術はそれだけかと言うと、そうではなく、我々はこれから知識を売る産業になっていきますから、知の源泉というものを常に作り続けられる企業にならない限りはこの先生き残ることはできないと思います。ある意味で知識を換金するために、我々は金型を速く作るという技術を持っているわけです。その換金方法の1つは、金型を作って販売するというものです。そしてもう1つは金型を高速で作る知識を教えてお金を頂くというコンサルティングです。

基本的にどこが大切かと思ったら、この換金方法はビジネスモデルなのですが、ビジネスモデルがいくら良くても知識が生まれない限りは無意味です。ですから、最後は、知の源泉を絶え間なく生み出せる仕組みを作っていこうと思っています。

——新しいプロセステクノロジーを使うと、単に製作期間が短くなるというだけではなくて、たぶんコスト構造が変わると思います。高級設計者とか高級技術者の人件費が減るといような現象が起きるでしょう。もし、中国が同じプロセスを同じように採用してきた時に、日本の人件費を落とすことができれば中国に対してもまだ戦えるのかと直感的に思ったのですが、その辺はどうでしょうか。

山田 中国が同じ仕組みを持ったら、それは中国の方が人件費は安いですから、同じモノを作るのであれば中国に軍配が上がるでしょう。おそらく我々のこのシステムが生きられるのは、過渡期の間だけでしょう。ですから10年か15年くらいで違う知にシフトしていかないといけないと思っています。しかしこの事は、我々だけではなくて、すべての

製造業に当てはまると思います。10年や15年くらいは、競争力を維持できると思います。ただ、世界マーケットには限界がありますから、ある程度のところでそのマーケットは魅力を失い始めます。しかし、コスト面での競争というのは、製作時間を10分の1にできればコストも10分の1にできるのです。現在、金型の材料費はコストの10%です。それ以外の90%は人件費プラス稼働費です。製作期間が10分の1になれば90%が9%になるので、金型がそれまでの19%のコストで出来るわけです。製作期間が短くなることによって、非常にコスト競争力が出てくるわけです。

——あるアイデアを出されたときに、それをシステム化して機械を動かすということは、つまりソフトウェア製作技術が非常に大きな役割を果たすと思います。お話の中で、知の源泉を絶えず生み出す能力をしっかりと養っていくことがインクスの将来において非常に重要になるとありました。ということは、アイデアがあって、それを実現するアビリティをお持ちの方をしっかりと職員の中に抱えていらっしゃるというふうに理解してよろしいですか。

山田 そうですね。基本的に我々はアルバイトを使って金型を作っていますが、インクスの社員はそのような作業は全然していません。インクスの社員はほとんど研究職なのです。その上の30代とか40代の人達は、人件費が高いのです。30歳を過ぎたら1000万ぐらいの人件費がかかるような非常に高いレベルの技術者であり、経営をやっている人達もそうです。我々はなぜ来年もそういうレベルの高い人材を採用するかと言うと、うちで鍛えるという自信が来ているからです。自分達で人材を育てていこうということを決心したわけです。

今でも、年間に4、5人は実績と非常に高い技術を持った人を採用するということを行っています。そういった人を中心に、新たな研究を進めるのです。

それと同時に、大学との共同研究もやっています。実際には入ってくるお金がないと研究ができないので、金型工場などで得た利益で、インクスの中の6割ぐらいの人間が研究をやっているという状況です。現在も、新しい金型工場を造るにあたって、34人が8カ月ほど、何も生産しないで次の工場をどういうふうにするかということだけを研究しています。そのときにおもしろいのは、なまじ昔を知らない若い人の方がアイデアが出るし、すごく優秀だということです。若い人は無口なのですが、彼らは非常に優秀で、性能としてはものすごく良いのです。採用から1年目の人であっても、放っておいてもいろいろなアイデアを出してきます。そういったアイデアはすぐに採用して実験させてあげるわけです。そうすると、その中に新しい発見があるのです。アメリカで例えばビル・ゲイツが20代で会社を起こしたりでき

るというのは、けっこう理解できます。若い人は非常に優秀で、当初は経験者が核になった方が良いのかと思っていたのですが、今では3年目にもなると全部責任者です。

先ほどCADを操作してくれた彼女もナレッジセンターという我々の知識を集約するセンターのマネージャーです。まだ20代です。そういう人達が知識を集約してくれるのです。教科書なんか全部彼女の下で若いのが書くのです。

——指示待ち人間が多いとか、そういうお話をよく伺うのですけれども、インクスに入る人はそうではないわけですね。

山田 彼らの方が賢いから黙っているだけです。社員に聞いてみると、うちに入っている人の友達はみんな大手企業に入っているのです。彼らもみんな、大手企業を通った人がそれを断って来ているのです。お互いに話していると、友達からこんなメールが来ていましたと見せてくれるんですけども、その中に「上司が全くITのことをわかっていない。こんな会社じゃだめだ」というのがありました。そういうことは若い人は絶対に上司の前では言わないんです。それはこういうふうに行った方がいいですよと言えるような環境がまだ日本には無いからです。今の若い人はあまりしゃべらないとか、無口だとか言っていますが、新しい人たちの性能は、100年前の大学卒と今の大学卒の性能が全く違うように、私は30年近く前に大学を出たわけですが、それと今の大学卒の性能がどれだけ違うかと言ったら、100年前よりもっと差がありますよ。というのは、この30年の間にとんでもないことが起きているのですから。今入ってくる人達は、大学のときにみんなコンピュータを使っていますから、持っている性能が全然違うわけです。だから、そういう性能をうまく使っていくことが必要なのです。

その反面、現在では、おそらく昔のように教育を受けていない人達がそれほど性能を持っていないようです。昔はある程度、もっと一定の性能がありました。今、我々はアルバイトを雇っているということで、その両方の性能を使っているわけです。

——外国人はお使いになったことがございますか。

山田 1人中国人はいますけれども、それは東大の研究所の博士課程を出ていますから、外国人とは言えないかもしれません。

——日本で教育を受けた人ですね。

山田 ええ、東大を出ていますからね。他に使ったことはありません。だから、そういう苦勞をあまりしていないですね。

——今、1年目の人が非常に良いアイデアを出すというのは、そういう場面には山田社長ご自身が陣頭指揮をやっていらっしゃるからですか。それとも入社3年目ぐらいの社

員が責任者でやっていて、そこで自由にやらせていると1年生がアイデアをいろいろ出してくるということでしょうか。

山田 そうですね、両方あります。例えば、お客さんの中に送り込んでいるのは、入社3年目とか4年目ぐらいの社員で、その中に1年目の社員も混ぜてしまうわけです。そこだけでも彼らはひとつの文化を創って行くわけです。

私がここで今やっているのは、さっき言ったような研究チームの三十何人を集めて週に1回、私自身も参加して会議を行います。私自身はそこで指示をするのではなくて、方向性だけを示すのです。そうすると、彼らがまた次の週にアウトプットを出してきます。私が彼らに厳しく要求するのは、何をやったかとか先週これをやりましたという発表ではなく、何が出来て、先週のアウトプットは何かを示すということです。何がアウトプットで今の問題は何で、何について決めて欲しいのかという、この3つを会議で示せということです。そうすると必ず、先週はこういうことがここまで出来ましたというアウトプットが出てこないといけません。今はこれをずっとやっています。そうすると、社員がどんどん成長していくのが見えます。

特に女性が良い働きをします。頭脳だけで勝負できる世界ですから。さっきの女性も慶応のSFCを出て、スチュワーデスを3カ月やって、こんな馬鹿な仕事は辞めたといって時事通信社に入って、その後うちへ来たのです。すごい女性です。また、全体的に建築系出身の社員が多いです。今は、建築学科を出ても就職先が少ないのです。しかしながら、建築系の知識を身につけている人は考え方がよりグローバルというか、より大きな範囲でものを考えられると思います。

——毎年三十何人ずつコンスタントに新卒者を採用していらっしゃると思いますが、将来的にその人達の処遇を考えると、その人達の生産性は毎年上がっていくかもしれませんが、それがどこまで続くのか疑問です。それから、30代後半の人数が少ないとおっしゃっていましたが、今の若い人達が30代、40代になった時の処遇がどういう形になるのか、ちょっと心配だと感じました。

というのは、中国のある会社ではどんどん新しい人が入ってくるのですが、ある年齢に達するとみんな独立していくからどんどんフレッシュになるということでした。安い給料の人を雇えるから問題ないという回答だったのです。しかしながらインクスの場合には、将来的に給料が上がるとなると、どんどん生産性を上げていかなければいけないと思うのですが、そのへんはどうお考えでしょうか。

山田 日本も既に、優秀な人が入社してきても、彼らの方はずっといるつもりで来るわけではないんです。我々の中で得た技術を使って何かしようと考えているんです。その間

に、我々は計算をして、だいたい4年目からはその人がいなくても儲かるような仕組みになっています。いてくれればもっと儲かるのですが。同時に、競争に敗れる人は去っていきます。だから、残ってくれる人は競争に勝たないと、給料も上がっていかないのです。同じ4年目の社員の間でも年収に200万ぐらいの差があります。見ていますと、やはり競争に勝てない人は去っていきます。

そういう意味では、新陳代謝を速くして、若いエネルギーで、簡単な頭脳をたくさん使っている面もあります。簡単な頭脳というのは言い方がおかしいですが、全部頭脳労働だとしても、研究段階でも繰り返し同じことをしなければいけない単純頭脳労働もあります。こういったものは若い、1年目がやるわけです。3年目や4年目になると、もっとクリエイティブなことをやっていくわけです。ただ、研究の核になるのは30代とか40代の人です。その人達はやはり残

しておかなければいけません。そのような必要な人材については全く別の処遇をする必要があります。それには他の会社に取りられないような年収も出します。おそらく日本も、10年以内には、必要な人には何億と支払って残ってもらうというやり方をしないと、結局は他に取りられる時代になります。そうじゃない人は自分の才能に合った部門なり産業に行かないと、この競争の中では生き残っていけないと思います。

こういう時勢ですから、あえて元気のある話をしていませうけれども、日本もまだまだ捨てたものではないと思っています。

——大変素晴らしいお話を、ありがとうございました。

(拍手)

(第3回：平成13年10月4日)

8. モノづくりの現場からの報告 [4] デジタル化はどこまで可能か

講師：横田悦二郎氏（黒田精工株式会社社長室室長）

【講演】

私は、昭和43年に大学を出て、その時に金型の仕事をやりたいと教授に言うと、「お前、何を考えているのだ」と言われました。当時は自動車産業や電機産業が花盛りで、クラス60人の中で金型へ行くやつはいないぞと言われた時代でした。それでもと言って黒田精工を紹介してもらい入社しました。金型を扱っている長野工場で、まず金型を作る機械、平面研削盤の開発をしました。次に、当時日本ではまだ盛んではなかった放電加工機の開発をしました。金型は面白いと思っていたのですが、実は当時は作り方を全く知りませんでした。工作機械を作ってお客さんに納めに行くときに、作った本人が自分で機械を納めに行くのですが、そこで初めてなぜ平面研削盤のような工作機械の高さが1メートル75センチでなければいけないかを知りました。鴨居の高さが1メートル80センチしかないのに、下にコロをかませて鴨居をくぐらせて動かすには1メートル75センチが限度の高さなのです。また、機械は大安に入れるということになっているのに、私が間違えて先負の日に機械を持って行ったら午後まで表で待たされたという経験もあります。機械を入れる時には神主さんが来て祝詞を上げてからでないといスイッチを入れてはいけないという事も、そこで初めて知ったわけです。

その後、放電加工機的设计、開発に移りましたが、これは日本よりも海外で売れました。不況だったオイルショックの時にシンガポールに100台まとめて売れて、会社でバンザイバンザイと言っていると、中で使われていたICが、海外で作られたICなので湿度に弱くて壊れてしまい、納めた100台の放電加工機が全部動かなくなる可能性があるということで、「お前行って直してこい」と言われて慌てて現地に向かいました。100台ぐらいなら1カ所にあるのだからすぐなおせると行ってみると、すでに売りさばかれていて、マレーシア、タイ、インドネシアへ一台一台直して歩いたのが東南アジアと金型のお付き合いを始めたきっかけで、今から23年ほど前のことです。

当時はまだマレーシアにも金型を扱うところが無く、香港にもまだあまりなかったもので、行くたびに金型の作り方を教えてくれという話がきました。その後、当時は社長だった今の黒田会長と中川先生との間で、「どうも金型というのは表に対してアピール度が足りない。だから技術として認められていない。認められるためには型技術の業界を作ろうじゃないか」という話になり、始まったのが型技術協会の最初だったように思います。

その後、会長からアジアの中でアジアの金型工業会の集まりを作ろうという話になり、それでまたアジアの中を飛び回って1992年に作り上げたのが今のFADMA（アジア金型工業会協議会）という機構です。現在10カ国が加入しております。1カ月から2カ月に1回ほどアジアの金型屋の集まりを開いており、アジアの中での金型の状況がつかめるものになっています。

現在は黒田会長が国際金型協会（ISTMA）の会長にいられたものですから、今度はそれで走り回っております。

私は今まで、平面研削盤の設計・開発、放電加工機の設計・開発、精密金型技術の開発、そして米国の大手コンピュータメーカーの人たちと一緒にHDDのハードディスクドライブヘッドのスライシングマシンの開発などを行いました。

その次にポリシングマシンの開発、これは非球面レンズの金型を磨くための機械が当時はまだなく、それを作り上げました。今では非球面レンズ以外に造幣局のコインの金型を磨くのにも使われています。φ300ミリのウエハーではその平面度が非常に重要になるということで、平面度測定機の要素開発もやってまいりました。

技能と技術

「技能」と「技術」という言葉はよく用いられますが、その解釈はいろいろあり、黒田精工としての考え方を技術管理部にいたとき明示してみました【OHP 1,2】。大辞林などに書いていることと当社の解釈はかなり違い、当社では理論付けがないと技術とは言いません。理論付けをしてそれが繰り返し何回も使えるものが技術である。技能は理論ではなく、経験に基づいた職人技が技能であるという解釈をしています。大辞林では技能とは「物事を行う腕前」なのですが、ちょっとそれは違うと思います。

技能というものは臨機応変な対応ができるもので、技術というものは技能の後追いであり、いつも技能が先に行っているのだということを社内では言っています。つまり、最先端の高精度機械と言われるものには必ず技能から作られている部分があるということです。最近では技能者はそのうち機械に置き換わっていくと言われることもありますが、私はそうではなくて、技能というのは常に進歩するものであると思っています。

技能屋さんというと偏屈だとか変わり者だとか言われる人がいますが、私は技能屋さんが大好きです。私がいろいろな機械を作ってきた中でどうもうまいかない時に図面を

黒田精工における技能と技術の違いへの解釈

技術とは

- ①物事を巧みにし遂げる技
- ②自然に人為を加えて人間の生活に役立てる様にする手段
開発された科学を実際に応用する手段

三省堂「大辞林」

当社での解釈

最新の科学知識を生産・加工に利用する手段であり、
確固たる裏付け理論があり繰り返しに耐えるもの

OHP 1

技能とは

物事を行う腕前

三省堂「大辞林」

当社での解釈

生産・加工に利用する、経験に基づいた職人技
又は匠（たくみ）の技

OHP 2

持ってそのおじさんのところに行くと、おじさんはそれを眺めながら、「横田これな、ラップするといいんだよ」と言ってちよいちよいとラップしてくれて、そうするとびたっとまくいくということがありました。どうしてですかと聞くと「こんなもん、理屈じゃねえや」と、今から30年前はよく言われました。まじめな立派な方々が多いと思います。ただ、世間には頭に鉢巻きをしているような人だという印象になっていて、あまりカッコ良くないとおもわれがちですが、今の最先端の技術を使った製品、例えば、新幹線、宇宙衛星、望遠鏡等はほとんど職人の腕が生み出しているものです。

技能の成り立つ要素としては、触覚や視覚などの五感というものがあって、精密分野では味覚というのは除いております[OHP 3]。実は私どもの会社の技能者が定年で辞めていく時にこの話をしたら、「臭いと味というのは必要なんだ」と言われました。例えば技能者の方は砥石をなめる。そしてちょっと味が違うとか、加工している時の臭いが違うぞということと言われるので、技能者の方は五感全部を使うのだと今では思っております。味覚と臭覚はなかなかデジタル化できないものだと思っておりましたが、最近になってこれらを扱う学問が出てきたようですので、デジタル化が可能になるかもしれません。

黒田精工の得意とする技能

黒田精工は、1925年に日本で最初のゲージ会社として設立されました。第一次世界大戦後、日本の国会が、ドイツが戦争に負けた原因分析を徹底的にしたという議事録があります。そこで結論は、アメリカはゲージを持っていたが、当時のドイツにはなかった。それが負けた理由だということで、創業者の黒田三郎氏が国策で黒田精工という会

技能の成り立つ要素 (1)

人間の五感（六感）を利用

↓

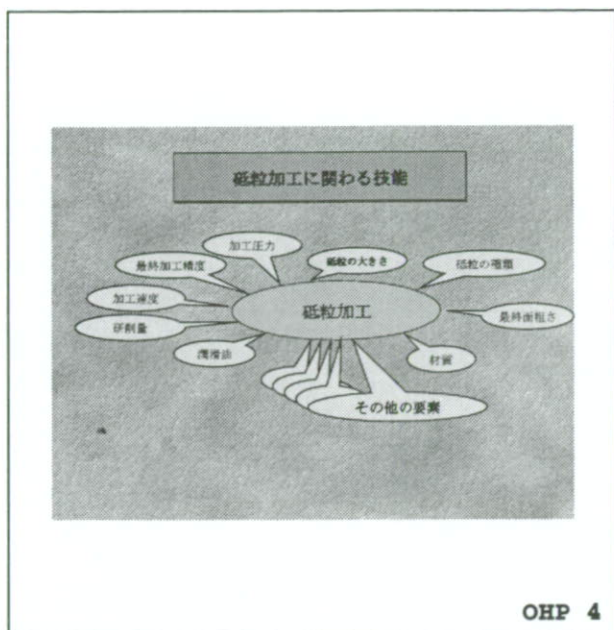
視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚
+
感（第六感）

↓
精密加工の分野

視覚・聴覚・触覚+感

OHP 3

社を作ったのです。その後、軍需工場としてやってきたのですが、三郎氏の息子が現在の会長である黒田会長は1944年に東大の現在は精密工学科である造兵学科、いわゆる兵器を作る学科を卒業しました。当時の日本は戦争に負けて兵器を作ってはいけないということになっていたために仕事がなく、鍋や釜を始め、いろいろな物を作りました。金型、ゲージ、ボールねじ、ロボットと多様です。その中で黒田精工がずっと持ちつづけている技能の1つに、「ポリシング技能」、つまり物を磨く技能があります。この技能の要素としては、砥粒の種類、大きさ、加工圧、潤滑油、ポリシング速度、対象材料等々、要素が多く、データ化しにくいもので、この作業については技能に頼らざるを得ない部分があります。同様に、「研削技能」も要素が多すぎるためにデータ化が難しい工程です。砥粒加工にかかわる技能には、砥粒の大きさ、加工圧力、研削量、砥粒の種類、面の粗

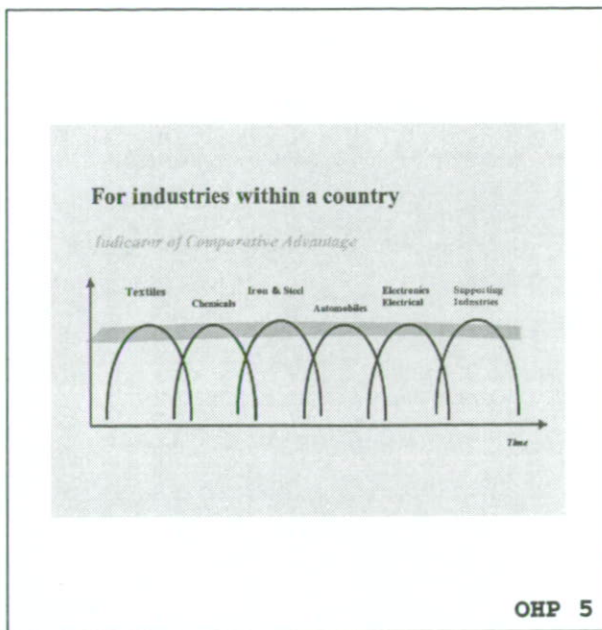


さ、材質、回転数、機械の合成など山ほどあり、それが複雑に絡み合っています [OHP 4]。従って技能をデータ化しようとしても、ものすごい量のデータですからなかなかうまくいかないわけです。

私は昔、NC平面研削盤を作っていました。機械の中にデータを入れておいて、お客さんの方でスイッチさえ入れれば全部できるというものを作ったのです。これは、当社にある金型のデータを一生懸命に集めて作ったのですが、それを金型屋さんへ持って行ったら「こんなもん使えねえや」と言われてしまいました。金型作りは一社ずつ全部作り方が違うということを当時の私は知らなかったのです。つまり技能を持っている人の頭の中はみんな違うし、砥石も違う。そこにこの機械があれば全部できますよと持って行っても、使いものにはならないわけです。NC平面研削盤やNC成型研削盤が未だにできていないのは、これらが技能が中心の加工だからということでしょう。社内でもNCは使っていますが、実際に使う砥石の選定などは最終精度や材料によって全部変えているので、結局は職人さんの勘と経験で動いています。

ただ職人さんにも好き嫌いがあるって、例えばA社の砥石を使っていて、ある日安いからというので他のものに変えたら、職人さんが一斉にブーイングを起こして朝から仕事をしなかったということがありました。「技術屋が勝手に決めるんじゃない」と言われて、またA社に変えたのです。しかし、安い方の砥石もそのまま置いておいたら、ある日職人さんが、「やっぱりこっちもいいね」と言って使い始めたということがありました。つまりどこかに何か人間的な要素があって使ったり使わなかったりするところがあるので、ここがまた難しいところかなと思いました。

もう1つ、当社が持ち続けている技能に「キサゲ作業」が



あります。これはスクレイパーといって工作機械を作るときにの技能で、確実に面を合わせる作業なのです。職人さんに「工作機械のキサゲの目的は何?」と聞くと、「そんなものは平らなものを平らなものの上で走らせたなら平らに走らないだろう、だからそれを防ぐのがキサゲだよ」と言われたのを覚えています。これは、真の精度を求めめるための作業で、加工機械ではできないものです。

最近、台湾へ行って工作機械作りを見てきたのですが、キサゲがうまいので、これにびっくりしました。欧米のキサゲの方法と日本とは違うのですが、台湾では、日本のキサゲをそのまま使っていて、非常に驚きました。確実に面を合わせることも知っていましたし、平らに作ることも知っていました。日本の場合はだんだんキサゲをやるところがなくなって、最近では長島精工さんがキサゲをやっているということで新聞に載ったりしてニュースになっているほどです。他にも、当社では精密測定技能や精密切削技能を持っています。

基盤技術の展開過程と技能のデジタル化

日本の技術は繊維産業から始まり、化学、鉄、自動車、電機と推移し、現在日本から外に出ていくものはサポーティングインダストリー、つまり金型などの基盤技術です [OHP 5]。その技術者たちが流出を始めていて、大きな問題になっています。技術移転の順序をみると、日本からNIES、それからASEANに行き、中国、ベトナムやインドに行くと考えられます [OHP 6]。現在はサポーティングインダストリーがどこまで動いているかという、これは繊維産業もまったく同じ動きをしてきたわけですが、中国まで行ってしまっています。20年前に私が放電加工に取り組んでいた頃はまだNIESにありました。それがFADMAを作った1992

年ごろにはASEANに行っていました。そのころはまだ規模が小さかったせい、あまり注目されていませんでした。ところが中国に移った途端にもすごい勢いで力を持ったのです。人口が13億もいる国ですから当然です。黒田会長と私はASEANに移った時に危機感を感じてFADMAを作りました。現在はベトナム、インドにもう移り始めており、FADMAの初代会長は黒田会長なのですが、現在はインドの工業界の会長がアジア金型工業会の会長をやっております。

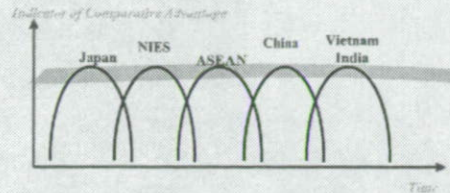
インドは基盤産業をヨーロッパから取り入れています。このヨーロッパ型の教育を受けた人たちが文化の中で覇権を握ろうとしているという状況に最も危機感を感じます。NIES、ASEANそして中国の場合には日本の基盤産業の文化が流れているのでまだ何とかなっているが、インドが出てくるとこれはヨーロッパ型で、日本のスタンダードが通用しなくなってくる可能性があります。

技能職は、仕事がなくなると海外に行ってしまいます。そういった背景から技能を技術に置き換える試みが進められています。それをすると日本から技能がなくなるのではないかという話がありますが、技能は進化していますので、新しい技能がまた出てきます。つまり技術が永久に技能の影を追うように進んでいくので、空洞化は絶対にあり得ないと私は思っております。ただし、必要が無くなっていく技能はあります。それは進歩しない技能で、使用範囲が狭いものや、日本に必要性がなくなった技能は消えていくでしょう。デジタル化が可能な技能とは汎用的な生産技術系の技能です。デジタル化できない技能はどんどん先へ進化していくわけです。

当社は技能のデジタル化に1925年の創業以来取り組んでいます。そうしなければ企業は生き残っておりません。その基本は、「測れるものは作れる、測れないものは絶対に作れない」というものです。このことは、必ず新入社員にたたき込みます。モノを作るには測らなければだめだ。測れないものは絶対に作れない。それは当たり前のことです。目の前にある鉛筆1本を作るにしても、長さや径はどれくらいかを測るという基本ができなければ絶対に同じ物を作ることはできないのです。78年間、ずっと測る作業のデジタル化ばかりやってきているわけです。そのデジタル化はまだ終わっておらず、その技術はどんどん進化しています。

しかし、測る作業というのは金額に換算しにくいもので、高収益を上げる事業にはなりません。例えばお客さんへのアピールがなかなかできないことがあります。また、現在私どもの会社にはアメリカの資本が33.4%入っているため、社内で高価な測定機を買う場合など、何かやるときに

For a particular industry (e.g., textiles) shifting among countries



OHP 6

はアメリカにお伺いを立てながら動いています。その時に彼らは、その投資に対してどのくらいの利益が返ってくるかということが予想できなければ投資はできないと言います。今まで私どもがやってきた会社とアメリカの会社とは捉え方が大きく違っており、私は経営企画部としてその間に入って非常に悩んでいるところです。測定機を買うことによってどのくらい生産量が上がるか、どのくらい高収益になるのかと言われても、直接金額ベースで換算することは難しいのです。

一方、アジアに行くと、まったく測ることをしないままモノを作っています。アジアではNC化がどんどん進み、機械にセットすればある程度のものは自動で作れるようになりました。彼らは出来上がった製品は機械が作っているのだから立派なものだと思込んでいるわけです。ですから測るという作業がまったくありません。工場にも測定機を置いていたところはなく、あってもせいぜいノギスが置いてあったり、100分の1のダイヤルゲージが置いてあったりするだけです。それで精度をたずねると、1ミクロンだと言うのです。しかしそれは、機械が1ミクロン精度で作れるものだというだけで製品の精度が保証されているわけではない。つまりは測るということの基本を知らないのだなと思いました。

黒田精工が高収益の会社になかなかないのは、測る仕事が高収益を上げる事業につながっていないからです。アジアでは、そういう技術は金にならないので重要視していません。アメリカが衰退していった理由の1つには、この測る技術への軽視があったのではないかと私は思っております。日本が今一番得意なのは測ることをきちんとやるということで、これを日本の技術として深めていけば、私は製造分野でのアジアの主導権を握れるのではないかと考えて



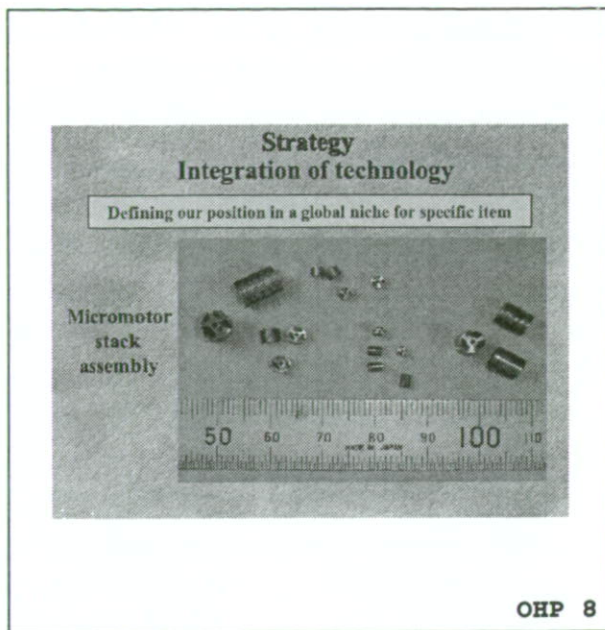
OHP 7

います。

測る技能のデジタル化については、私が会社に入った当時は、10分の1ミリぐらいを自動で測れるようにしろという話がありました。その後100分の1ミリを自動化しろという話になって、現在は1000分の1ミリを自動化し終わっています。今は100分の1ミクロンオーダーのところの自動化を試みています。平面の測り方ひとつにしても、どんどん進化しています。平面以外の長さだけでなく、測るという技術は山ほどあります。これらの技術では日本が絶対的な優位にあると思っています。ISOなどのようにヨーロッパに牛耳られているものは単なる規格ですが、職人芸を持っている測る技術については、今後日本が頑張れば覇権を握ることも可能でしょう。ただそれには測ることに対しての価値観をもっと見出していく必要があります。

モータコアの金型製造

我々はモータコアの金型を製造しています [OHP 7]。モータコアの金型には、モーターを回す心金とその外側の部分があります。OHPに載せている金型がだいたい5000万円ぐらいのもので、このようなモーターが、家電、自動車など、現在ではあらゆる分野に使われています。私が小学校に通っていた時代には1軒に1台しかモーターがありませんでした。井戸ポンプのモーターが我が家で最初に入れたモーターで、その次に扇風機が入って2台目になったかなと思っていたのですが、現在ではだいたい1軒に400個ぐらいのモーターがあります。これは文明度とほぼ比例して増えているように思います。小さいものでは携帯用のバイブレーションモーター、コンピュータのハードディスクのモーター、ビデオディスクのモーターなどで、大きなものでは洗濯機、冷蔵庫、クーラー、掃除機など、あらゆる家電製



OHP 8

品にモーターが使われて、モーターの生産量は年々増大しています。

昔の日本はモーターの生産立国だったわけですが、今では家電のモーター製造の主力はマレーシアと中国です。日本はモーターの製造から手を引いて全部中国に持って行かれたという状況です。私どもで作っている金型も、当時は松下、東芝、日立、三菱など、全て日本国内のユーザーだったのが、現在は75%が輸出で日本に納めることはほとんどありません。あるのは自動車メーカーに納めているものぐらいです。自動車には1台で70から80ぐらいのモーターが積んであって、窓の開閉や、ワイパーを動かしたり、座席を動かしたりするものからセルモーターまで、いろいろなモーターが使われており、そういうモーターはまだ日本でも作っております。最近では電気自動車があって、国内で開発をしています。それが私どもの生産量の25%ぐらいです。ただこれもそろそろ海外に行くかもしれないと危惧しています。

モーター金型は、世界中で大手4社で作っています。日本に2社、米国に1社、イタリアに1社で、この4社が世界中の精密モーター金型シェアの約8割から9割ぐらいを占めているのが実状です。しかしながら、モーター金型製作の利益率は良くありません。あまりユーザーが多くないのです。日本でも不特定多数の会社に売れるわけではなくて決まったところにしか売れず、量は増えないのです。

最近ではマイクロモーターの製造もしています [OHP 8]。一番小さいモーターは下に示している目盛りで見ると径が2ミリで長さ2ミリのもので、携帯電話用のバイブレーションモーターです。携帯電話の生産量が落ちて、ヨーロッパではまだバイブレーション機能が普及しておらず、音楽会などでうるさいという文句が出るようになってから欧州のメー

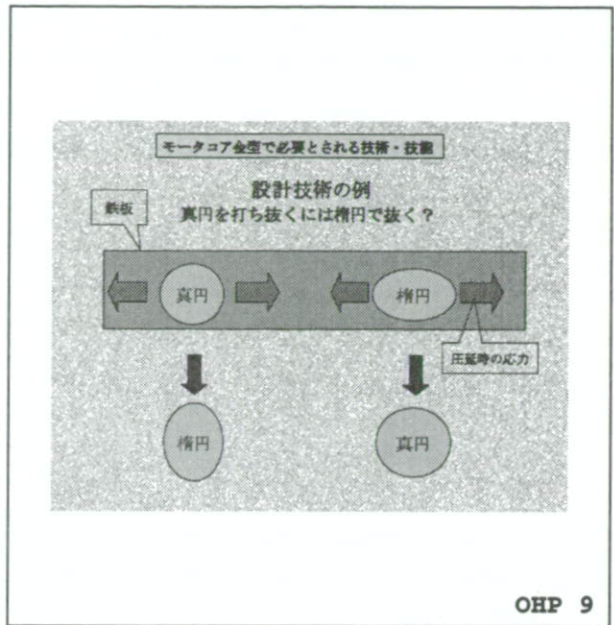
カーが使ってくれたので、生産量は年々伸びています。金型は売らず、モータコア自体を売っています。2ミリ×2ミリと非常に小さいので100万個でもケースに入れてどこへでも持って行くことができます。モータコアは日本で作ってからベトナムに持っていき、巻き線をして、中国に持って行ってからケースに入れて製品にして世界中に出しています。大きめのモーターはカメラ用のモーターで、フィルムの自動巻きやレンズの出し入れ用のモーターです。もう少し大きなものになるとハードディスクドライブ用のモーターやフロッピーディスクを回すもの、ビデオを回すものなどです。いずれも、金型を売らないでモータコア自体を売っています。

金型を売らない理由の1つは、精度の高い金型を使うには良い腕がいるのですが、技能者の流出などによって、お客様自身の技能の低下で金型が使えないのです。これは例えば性能の良い車を動かすためには良い腕が必要であるのと同じ事です。こういったことから、お客さんの方でも金型はいらないから部品を持って来いという話が多いのです。特に電子産業は電機産業と違って金型を使う技術者の養成をしてこなかったのが、私どもの利益確保が少しできているという状況です。

モータコア金型で必要とされる技能は設計技術です【OHP 9】。例えば、モーターが薄板を抜いていくときに、鉄板は引っ張られて押し出されているので横に広がっているわけですが、これを真円でトンと抜くとできあがったものは楕円になってしまいます。昔のモーターは楕円でもだいじょうぶというアバウトのところがありました。しかし今は1ミクロンぐらいの誤差の真円でなければ動かないという精度のモーターになっているので、最初から楕円で抜かないと、できあがり真円になりません。

どの程度の楕円率にして抜くかは、どういうプレスを使って、どういう材料を使って、どのスピードで誰が抜くかということがわからないと出てきません。例えばA社でB社のプレス機を使ってCさんが抜くときにはこのぐらいの楕円率でいいだろうとなるのですが、この金型をそのままマレーシアに持って行くともう違ってしまいます。従って誰がどこでどの材料を用いてどうやって抜くかを聞いてからでないと楕円率は出てきません。このことは設計者の頭に全部入っていて、設計している時にどうやって誰が抜くのかということとわかっている上で楕円率を決めていくのです。

これはまた作る品物によっても違います。大きな鉄板をスリットにするときには、外側のところで作ったスリットと、真ん中のところで作ったスリットでは応力が違うために同じにはならないのです。どこの会社はどういうふうに作っていくのかを考えないとできないわけです。そういう技能も



OHP 9

含まれている設計技術をデジタル化することは、簡単ではありません。

モーターをつくる場合、鉄板は右から左までの大きさが1メートルから1メートル半です。パンチとダイを抜くギャップがほしい1ミクロンとか2ミクロン、大きくても3ミクロンぐらいで抜きます。3ミクロンのギャップで抜くということは、パンチとダイのどちら側にも3ミクロンのギャップがなければいけません。1メートルの金型であるとする、その周囲温度が1度上がれば数ミクロンの単位で伸びます。それを、マレーシア、インド、サウジアラビア、どこへ持って行ってもギャップが変わらないように上下を組み立てなければいけません。最後は、組み立て屋さんが「これはどこへ持って行くの」と言いながら、現場の状況を勘案して組んでいるというのが現実です。

このように、モータコア金型は、設計技術以外に、研削技術や組み立て技能が必要とされます。

日本の技能の重要性

日本が持っている技能は非常に重要なものであると思っていますが、その中には生産拠点が移動するものもあります。技術的に安定したものや、大量に消費されるもの、市場が日本だけではなく世界共通のものなどは、どんどん動いて行ってしまうのはしかたない。しかし、技術的に不安定な最先端のものや多種少量の生産品、市場が日本に限られており文化適合が必要なもの——例えばモーターの作り方というのは日本で考案されたものなので、かなり日本的な文化が入っているものです——、製造に工夫が必要なもの職人の腕が必要なものについては、絶対に日本に残っていくと思います。

その中で金型産業の位置付けを考えてみます。戦後の日

本の成長の影に金型作りがあったことは皆さんご存じの通りだと思います。昭和32年の機械振興法がバックアップをしてくれて金型をどんどん作れるようになりました。工作機械産業の繁栄も金型産業の発展がその背景にあったのですが、どうしても金型技術というのは表に出ていきませんでした。しかし日本には高精度の金型技術は絶対に残ると思います。ただし、日本に残る金型というのは2種類しかないと思っています。1つは精密なリードフレームやモータコアのような超精密なプレス金型、そしてもう1つは大型精密プラスチック金型です。大型精密プラスチック金型ではどの程度の大きさを大型と言うかということ、32インチのテレビのキャビネット以上の大きさのものと私は認識しています。その2つの金型は残りますが、残念ながらそれ以外の金型の製作技術は中国、台湾、韓国はすでにほぼ日本と肩を並べたかなと思います。

日本に残る産業の中のコアコンピタンスは、私の会社から言えば測定技能と測定技術だと思っています。特に測定技能については、現在日本は世界一だと思っています。その世界一の技能を測定技術に置き換え、その技術でアジアの中で主導権を握っていくかということこれからじっくり考えていけば、まだまだ日本という国の製造業は十分に生き残っていけるのではないかとと思っています。

【質疑】

——日本に残る2つの金型について、具体的にどういう製品をお考えですか。

横田 アジアの中をずっと歩いて回ると、100円ショップで見ると金型の金型は絶対に日本には残らないだろうと思います。しかしながら100円ショップには、日用品がすべて置いてあるのです。残念ながらコンピュータ用のプラスチック金型も日本には残る可能性は少ないです。日本には市場がないからです。

——どういうものが残るのかということ、例えば自動車のボディ型などのように、大きく設備が必要なものは残ります。また、設備投資型のもの、大型の精密プラスチック金型なども残ります。ただし大型といっても精度の高いものについてだけです。テレビのキャビネットの32インチの裏表というのは非常に大きいものです。プラズマディスプレイパネルテレビみたいなものは金型がよくないと曲がってしまいます。最初から曲げて作って最後の完成品は真っ直ぐになるというのもプラスチック製品特有の性質です。その辺の技術が必要となるので、これも日本に残るだろうと思います。

——精密プレスがなぜ日本に残るかということ、1つはプレス金型というのはプラスチックと違って進歩しています。私どもの金型でもそうなのですが、最初は蹴っ飛ばしと言って、作

業者がプレス機について一発ずつガシャンと抜くようなものでした。その次にトランスファーといってロボットみたいなもので自動的にガシャコン、ガシャコンと抜いていくのができました。それから順送りと言って自動的に金型の中に板がスーッと送られていくような装置になっていき、現在はプレス金型の中で製品が組み立てられていきます。ですから私どものモータコアの場合、薄板がどんどん抜かれていくのではなくて、固まりがコロ、コロと出て来るわけです。つまりお客さんの方では機械から出て来た固まりをそのまま巻き線屋に持って行けばいいのです。昔はベラベラした板をパートの人が精度よく積んでから接着をして巻き線屋へ持って行っていました。今では技術が進歩して、金型の中で積んでいるわけです。積み方は非常に難しいもので、現在私どもではレーザーを導入して小さなレーザー溶接スポットを開発し、そのスポットで溶接して金型の中で積んでいます。つまり、レーザーと金型が組み合わされている機械になっております。このようにして、これまでの40年間は毎年新しい金型を作ってきています。前の年の金型は古くて次の年の金型は新しいということになっています。それに対してプラスチックの場合は、大きな金型技術の進歩が止まっているので、機械の精度が良くなってくるとすぐアジアに追いつかれるのではないかとと思っています。

——プレス技術は、中国は日本に比べて40年、台湾は10年、韓国は20年ぐらい遅れていると言われており、そのとおりだと思います。日本のプレス金型技術はそういうことで生き残れるだろうと思います。

——設備投資型と申し上げましたが、私どもの長野工場では現在の生産量で月に約2億円の売り上げしかありません。だいたい10型ぐらいしか作っていないのですが、そのための設備を全部揃えると約200から300億円はかかります。1台の機械で10億とか5億、例えば測定機は1台3億するものが揃っていますから、そうすると結果的に300億くらいはかかってしまうのです。200から300億の設備投資で月の売り上げが2億ぐらいにしかならないのです。それで利益率が5%だとすると、銀行も投資をしてくれません。つまり利益率がとても悪いのです。

——中国の人たちは儲けたいわけですから、儲からないようなものには投資しないという意味で、精密プラスチック金型、精密プレス金型と設備投資型の大型のプラスチック金型は多分日本から抜けないだろうと思います。日本でそういうものを作れるところはどのくらいあるかということ数十社ぐらいだろうと思います。

——今のお話では大きな設備投資をしても利益率の低い産業が日本に残るということでした。設備投資の点だけではなくて、それを作る職人芸を持った人も日本にしかないの

で結果的に日本に残るといことになるかと思いますが、利益率の低いものが残っていくということは、日本人の技術的な腕の高さを証明するものであるとはいえ、経済的な観点からはどう理解したらよいのでしょうか。

横田 利益率が低いものが残るのは、利益を取らない体質が今まで金型屋にあったということが原因だと思います。日本の金型屋は良いものを作ってお客さんに納めて、お客さんが喜んでくれるとそれで大満足なのです。次に納めるときにはもう少し良いものを作って納めようとするのですが、そのときにも高い金額ではなく、前と同じ金額しか請求しないのです。前と同じ値段で、もっと良いものを作って出そうと考えるのです。これは日本の金型屋さんに限った話ではなく、日本人の気質だと思います。それに対してアジアの人たちというのは、お客さんがこの金型を使って儲けるのなら、自分でもそれを使って儲けようという気になるわけです。ですから專業金型メーカーがなかなかアジアでは育たずに、全部内作に近いもの、内作メーカーでパーツメーカーなのです。金型の專業メーカーもいくつかはあるのですが、韓国から入ってくる金型をみると、1号機目はものすごく出来が良い金型なのです。しかし、2号機目からはだんだん品質が落ちてくるというようなことが起こります。これは日本とはまったく逆の現象です。つまり前は良い物を作りすぎたけど向こうの会社で使うにはこれで十分だな、もうちょっと手を抜いて儲けよう、というふうになってくる。日本のメーカーの考え方との間には大きな違いがあります。ですから日本の金型屋は自分が創った価値に対するリターンをもう少し明確にすると、私は儲けることができると思っています。

日本の金型はアジアの金型より値段が高いというおかしな印象を多くの方が持っています。決して高いのではなく、韓国との価格差を調べますと日本を100とすると韓国は80ぐらいで、台湾は70ぐらいです。後のメンテナンスなどを考えるとほぼ同じ価値です。同じよりも日本の品質がちょっと良いので、日本の方が安いかも知れないと思っています。ですから値段が少し高くても、日本の金型はまだ十分やっつけていける商品だろうと思います。中国の人件費は日本の40分の1だという話がありますが、中国の作り方をしていますとまだまだ日本の40倍以上の時間をかけています。今はまだ、労賃だけでは計れないというところがあるのです。

私は日本の金型屋が示している製品価値は低すぎていると思っています。こうなった原因を考えると、金型を作っていくときの生産業形態や営業形態に原因があります。今までの金型屋は営業を持たず、親会社の下請けでした。100万でやってくれと親会社に言われたら100万で仕

事をやるわけです。前が100万だったんだから今度は80万にしろよと言われればこれも「はい」となるわけです。結局、儲けるという概念がない。例え儲けても、あの機械が欲しい、この機械が欲しいと言ってすぐ設備投資に使って、機械はこんなに良いものを持っているよと言って自慢するだけなのです。良い機械を買っていながら自分の服を良くしようとはあまり考えないのです。

——今までの日本の金型屋さんは、技術料も品質も量産品の価格に全部織り込んでしまっていました。アッセンブラーの方も最近では誤解してしまっていて、オープンアーキテクチャーみたいになって、世界中の一番安いものを集めればいいと思っているところがあります。コンサルティングや品質という部分も値段に入れるべきなのです。そこを今は中国ではこんなに安い、台湾ではこうなんだからと言っています。製造技術力やコンサルティング技術料を量産価格に入れているところでもし離脱したり、疲弊したらどうするかという思いは私を持っています。本当は技術の差額分をちゃんと付加価値にして取るべきです。今まで取ってきていないのは間違いなく問題です。

横田 その点について研究をしたことがあります。台湾の金型屋と日本の金型屋では、生き立ちも考え方もぜんぜん違います。例えば米国のコンピュータメーカーがパソコンの注文を中国に出していたとします。それを請け負うのは在中国の台湾系の金型メーカーです。つまり彼らの金型メーカーが中心になって部品をあちこちから集めながらコンサルティングして、最後は組み立てて売りに出してしまいます。台湾と中国とアメリカの関係を非常にうまく保っていきながら、そのビジネスの中心には金型屋がいるのです。

日本の場合、金型屋というのは部品製造の最後の下請けです。台湾の金型屋は組み立ての真ん中にいてあちこちへ采配を振っている。

台湾の金型工業会は現在「エバグリーン」という造船会社の役員が会長になっています。「なんでエバグリーンという金型屋でもないのが会長になっているのだ」と聞くと、「今後の金型は流通中心になる」と言うのです。その前の会長はテリー・コーさんといって、フォックスコーンという世界一のコネクターの会社の方だったのですが、これも台湾という国にいながら、中国の人間を使って物を作らせてアメリカに売り込むというやり方をしています。こっち側を向いて英語で商売をして、こっち側を向いて中国語で作らせてと、真ん中で非常にうまく商売をしながら、とうとう世界のフォーチュンの50位ぐらいに入る大金持ちになりました。この間お会いしたら、「今度中国に光ファイバーの生産工場を作ったから見に行ってくれよ。ちょっと金かかった。最初1500億円で済むかと思ったら

2000億かかっちゃってね、でも僕の自分の金だからいいや」という話でした。日本の金型屋はもっと中心に入って、コンサルティングのようなことをした方が良くも知れないと思っています。

——日本の生産体制も早く変わらないといけないと思います。例えばエレクトロニクスの世界では、コンデンサーや半導体製造装置やシリコンウエハーなどは日本流に言えば、昔はみんな下請けの材料会社や部品会社が請け負っていたのですが、それが会社の系列などにとらわれずに請け負えるようになると、最も技術力のあるところが寡占状態を作っていくようになります。海外ではすでにそういう昔のヒエラルキーが崩れていて、高い技能を持っていて高機能な製品を作れる数少ない会社が圧倒的な収益を占有する時代となっています。

しかし日本の金型や材料の一部の世界はまだ系列の家族意識の中でやっていて、そのために正当な対価が取られていないという現状があります。正当な対価が認められないと優秀な技能が死滅してしまうという可能性もあるので、その対策を早く進めることが重要だと思うのです。結局は、日本のここでしか作れないという特異的な技能には金を払うという考え方がまだ起こっていないということではないでしょうか。

横田 おっしゃる通りだと思います。ただそう簡単には技能にお金を払ってくれるようにはなりませんから、それは作る側が強くならなければだめなのです。技術力が弱いままでは、いくらそういうことを言ってもなかなかお金はもらえません。

——超精密プレス金型や大型精密プラスチック金型などの、世界で生き残っていくことの出来る金型製造技術を持っている会社は数十社にまで絞り込まれているわけですね。

横田 はい。その数十社の絞り込みの中でどういう金型屋が今後生き残っていくのかというと、私は2つの方法があると思っています。1つは大手の金型屋の周りに小さな金型屋が大同団結する方法と、もう1つは農協のようなシステムを作る方法です。農業ではナスを作る人はナスばかり作って、キュウリを作る人はキュウリばかり作っていて、例えば曲がったキュウリでも真っ直ぐなキュウリでも料亭向けのキュウリでも、それがちゃんと商売になっているのは農協という、営業をしてくれて、お金の面倒も見てくれて、構成までやってくれる非常に良いシステムがあるからです。その農協と同じようなシステムをもし金型屋の中に作る事ができれば、金型屋はみんなそれぞれの特徴を持っていますので、非常にうまくいくと思います。

現在、金型屋が弱いのは資金的な問題もあるのですが、みんな機械が大好きなものですから、まるで全員がコンバイ

ンを持って、田植機を持って、脱穀機を持って、1年に1度しか使わないような機械までそれぞれが持っているというような状況で、その借金に追われているのです。だから利益が開発投資に回っていかない。稲刈りをするところだけに、稲刈り機があればいいのです。農業の場合には季節があります。金型の場合には季節がないので、稲刈り機は一年中稲を刈れるわけです。私はこれを台湾方式と呼んでいますが、そういうふうにある程度専門家組織に変わっていく必要があると思っています。例えば、「全部の会社の機械を全てよこせ」と言って全部召し上げて、「研削盤は研削盤屋さん、あんた全部まとめなさい」、「放電加工機は放電加工機屋さん、あんたもまとめなさい」と言って、全体を専門組織に作り変えるのです。研削をやりたかったらその専門組織へ持って行けばどんな研削もできるというふうに組織を作り変えれば、非常に能率よく動いていく。そうすれば、技能はもっとデジタル化していくように思います。

金型屋の技能がなかなかデジタル化しないのは、ちょっとしか使わない技能をいちいちデジタル化しても仕様がなかったりしないかというところがあるからです。つまり1つの会社が持っている技能がものすごくたくさんあるので、金型屋の技能のデジタル化というのは非常に難しいのです。研削なら研削、放電なら放電という専門家組織に体系づけることができれば、技能のデジタル化はもっと進んでいくだろうと思います。1カ所に集まった組織でなくてもいいのです。こんなにIT化が進んでいる社会なので、相互をリンクさせるような形にできればと思っています。台湾を見ると、つくづくそういうふうだと思います。

中国の金型屋が最初は日本の金型屋ののれん分けのようにして伸びてきたのが、台湾や香港が中国に参入してきたことによって、全体として技術は香港方式に変わっています。これも、日本の金型屋が弱体化している、中国に仕事を取られている1つの理由なのかもしれないと思っています。

——サポーターイングインダストリーの伝播の話について、例えば金型技術がインドまで伝わっていくとヨーロッパ型の技術が入ってきて、それが問題になるという話がありました。日本型の技術が伝播して行ってヨーロッパ型の技術とぶつかったときに、どんな問題が生じ得るのかということをお教えいただけますでしょうか。

横田 様々な問題があります。私は文化風土型研究会というところでいろいろな地域の文化風土について研究していますが、ヨーロッパの金型作りと日本の金型作りは全然違うのです。まず歴史から違います。ヨーロッパ型の技術とは、ギルド世界から入ってきて出来上がった技術と、もう1つはドイツのマイスター制度によって作り上げられた技術と

が一緒になった複合型の技術です。

日本の技術というのはギルド型の技術が高度に現代化してきているようなもので、現在のアジア地域の中での金型作りというのは日本で作られたものになっています。規格や用語も全部日本で作られたものです。しかしながらインドはヨーロッパの影響を大きく受けている国ですから、どうしてもISOが規格だといえます。

つまり、ヨーロッパと日本の金型製作における違いは、金型の作り方が違うということが1つと、規格の考え方が違うという2つです。今は、黙っているとどんどんISOにやられてしまう時代です。例えば、ヨーロッパが言う「A」という部品名とアジアで「A」と言う部品名は全然違うという現象が起きて来ます。それをヨーロッパ側の規格であるISOが「A」という部品名はこう呼べと言って押しつけてくると、今まで日本式でやっていた図面が全部おかしくなってしまうわけです。金型の寸法でさえ向こうの規格に合わせなければいけないということになったら、大変です。

規格はやはり日本で取りたいのですが、これがなかなか難しい。例えばプラスチックの表面の光り具合をシボ規格というもので表現するのですが、ヨーロッパでの1の規格と、日本の1の規格が全く違う規格なのです。だから日本の中でこれを一定に決めてきて、アジアでもこうだよと決めてきたのに、インド側からこれは違うと言ってくると、全部違ってしまうのです。この規格についてはISOで一定に決められていないのですが、ヨーロッパの方の力が大きくなってくると、全体はそちらへ動いていってしまいます。そこで困るのは、ユーザーが日本人なのにヨーロッパの規格になるということです。

インドの場合は階級制度が厳然としてあって、エンジニアが入ってはいけない場所とか物に触ってはいけないという制約があるそうですが、日本の技術屋さんというのは現場に行っただけでヤスリをかけたります。金型作りにおいても、日本とインドとは作り方が違うのです。

インドだけでなくマレーシアもそうなのですが、マレーシアはイギリス型で、マレーシアの金型業界の90%は中国系ですが、政府がマレー系とインド系の民族で占められています。ですからなかなかマレーシアにある32の工業会をまとめることができなかった。それをマレーシアの中国系のトップの方に協力を求めて、3年かけてやっと今年の1月1日から1つの工業会としてまとめることができました。ところがマレーシアに行ってみると、勝手にまとめられただけだという話になっていました。

民族や文化などが異なっているということは、つまりは教育も違うということです。教育方針も違うために、いろいろな意識の差が生じます。

——金型專業はどこまで生き残れるでしょうか。つまり日本の金型は、最初の価格は確かに外国のほうが安いのですが、その後のメンテナンスなどを入れると日本のほうがトータル的には安く、ほとんどトントンだというお話も出ましたが、日本の金型專業メーカーもやはり、金型を作るだけでなくそれで部品を作るところまでやらないと儲からないと言われていています。しかしながら、本当にそれをやらないと将来生き残っていくことはできないのでしょうか。いずれ日本の金型の品質とコストが認められて、日本の方が製品は良いということで金型專業でもずっとやっていける可能性はあるのでしょうか。

横田 確かに專業でなく、部品までやらないと儲かりませんということも申し上げたこともあります。しかしながら実際は、今の金型屋が自分で部品屋までやったら負債がもっと大きくなってさらに状況が悪くなると思います。つまり、商売ができない人に部品産業はできないわけです。さらに專業化を進めていかないと、現在の設備投資効率の悪い作り方をしていたら生き残れないと思います。

金型という言葉は日本だけの言葉で、他の国にはそういった言葉はありません。金型というのは英語ではダイ・アンド・モールドというような言葉を使い、金型だけの括りがある工業会というのは海外では無く、国際金型協会、ISTMA（インターナショナル・スペシャル・トゥーリング・アンド・マシニング・アソシエーション）の統計を見ると、金型というのは治工具の分野まで含んだ広い括りになっています。

日本の金型屋は金型を作るだけです。昭和32年の機械振興法の実施の時に、金型がないと機械を買う時の償却年数が短くならないなど、いろいろな問題が出てきて、金型という産業が作られました。

私は金型屋というのは本来、デザイナーだと思っています。デザイナーでありコンサルティング業であり、つまりインクスの山田社長さんがやろうとなさっていることは本来の金型屋の生きる道だろうと思っています。日本の金型屋は今でも世界一の技能を持っており、ただ運用の仕方が下手なだけですから、そういった会社の下にリンクできれば数十社じゃなくてもっとたくさんの会社が絶対生き残ることができると思います。ただ運用を間違えるとだめです。金型屋さんが部品を作って売っても、結局は失敗するでしょう。

NHKの大内さんという解説委員の方から、一昨日電話を頂きました。黒田精工では2月から中国に工場を出したのですが、「黒田精工は何故、中国に工場を出したの」と聞かれました。大内さんには昔、中国に工場を出してはだめだ、出しても失敗する、と言ったことがあったのです。日本の金型屋が中国へ行ってうまくいっている例がなかったか

からです。「そう言っていたのに、何故出したの」と言われたのですが、我々は金型で行ったわけではないのです。日本の技能の中ではほぼデジタル化された技能を日本の中に残しておいても、採算性がとれないので、中国へ持って行って、それを使って安く部品を作ることにしました。そこにデジタル化した意味がでてくるのです。日本の中だけで技能をマニュアル化したりデジタル化したりしても、同じ所でかき回しているだけでは、ちっとも工場の採算性は良くなりません。せっかくデジタル化したら、それは表へ出す。そして、デジタル化した技能、つまり技術から生まれてくる新しい技能をどんどん日本の中に蓄積していく。技能は進化するわけですから、古いものはどんどん外へ出さなければだめなのだと言う意味で中国へ出したのです。

デジタルマイスターの話ではよく、これを進めると日本の産業はだめになってしまう、日本が持っている技能をデジタル化したらみんな外へ出て行ってしまわないかと言う人がいますが、デジタル化して外へ出せばいいのです。そうやって外に出す代わりに、日本の中でもっと別の技能を伸ばしていけばいい。古い技能は遅かれ早かれ、いつか出ていくわけです。ですから我々としては積極的にデジタル化して中国に出すことにしています。そうしないと会社全体が採算性の良い会社にならないと考えているのです。

同様に、日本全体が採算性を良くするには、持っている技能をどんどんデジタルマイスターでデジタル化して輸出してしまえばいいのです。製品は外で作ってもらえばいい。これからの日本は、もっとエンジニアリングのところを伸ばしていかなければなりません。先ほど言ったコンサルタントの技術も含めて、エンジニアリング技術を特に伸ばしていく必要があるのです。

つまり、今後日本の金型屋が生き残っていくためには、エンジニアリングやコンサルタントというような、今までとは違う形にしていかなないと、現状のままで生き残ることは非常に難しいと思います。

——先月、中国で組み立て加工製品の周辺分野を少し見てきたのですが、そこでいろいろ伺っていてまだ中国と差がある分野というのは、1つは切削加工、精密金型、計測技術そして研磨技術ということでした。もう1つは、材料のところがまだ差があるという話でした。コンデンサーの材料などのデータ蓄積や経験科学が主流となる分野は時間をかけてやらないといけないので、中国の人たちは全然やらないのだそうです。今のお話の中で出てきたプレスに関してですが、1つは金型の材料自体はクロムモリブデンなどを使っているのですが、中国の製鉄会社で作ることができるのかどうかということが1つと、モーターの軸心のところなどはクロム系ステンレスを使っているこれはもう中国でも作れると

聞きましたが、例えばモータコアの材料はケイ素鋼鉄で、これはまだ中国では作れないということですが、宝山ではサンプル品が出てきているという話もありました。そういった、材料という面から見て日本と中国との間に技術的な差はまだあると思われませんか。

横田 日本のケイ素鋼鉄は世界一の技術を持っています。性能の良いモーターを作るには日本のケイ素鋼鉄でないと作れないと思います。これは例えば黒田精工もロシアに金型を出してありますが、ロシアでは自分の国の鉄板を使いたいと言っているのですが、それは性能の良いモータを作る材料としては全然使い物にならないのです。又ケイ素鋼鉄自体の板厚は同じで材料も中身も同じであっても、その板厚にばらつきがあると抜く時に金型の刃物の欠けなどが起きてくるので、板厚が均一である日本のものでなければ高精度な金型を使う場合には駄目なのです。これは洗濯機などで使われている防振合板でもまったく同じだと思います。ケイ素鋼鉄については日本で作って出していけばそれで私はいいと思います。全部を一国でやる必要はもうないと思います。今はそんな時代ではないと思っています。

金型の材料もいろいろな種類の材料があります。これも日本の金型の材料でなければなりません。海外でも理解して、金型の材料を日本から買っています。こちら側から申し入れているのは、日本の金型材でなければ教えられないと言っておりますし、それで納得を得ています。金型によっていろいろ違いますが、例えば非球面ガラスであるとか、非球面プラスチックであるというような場合の金型材料などは、日本の金型材料でなければ使えません。つまりピンホールが1個あっただけでも、磨いたときにブツブツができてダメなので、これも材料は日本からみんな輸入しています。昔は重厚長大なものだと言われていたのが逆になりました。本当の基盤のところは、まだ日本が強い。工程の最後のところの軽薄短小の部分はみんな海外に持って行かれてしまっても、重厚長大が残ってくるのです。

——ほとんどの材料屋さんは商売が下手で、日本でしか作れないものなのに、海外と同じ値段で売ってしまっている話を聞きました。それは機械だけでなく、何でもそうです。外国に行っても、日本の会社同士が向こうで競争して価格を下げてしまっているという変な現象があります。

横田 金型の場合にはそれが日本の競争力を落としているのです。

——時間となりましたのでこの辺で本日の研究会を終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。(拍手)

(第7回：平成14年2月14日)

9. 日本のモノづくりの国際環境——中国の製造業をどうみるか

講師：富田健介氏（経済産業省製造産業局素形材産業室長）

【講師紹介】

富田さんは現在経済産業省製造産業局素形材産業室長でいらっしゃいます。昭和56年に東京大学工学部機械工学の修士課程を修了され、その年、通産省に入省されました。平成2年（1990年）に、日本貿易振興会（ジェトロ）ニューヨークセンター機械工業部長として赴任され、3年間アメリカに滞在されました。平成5年から中小企業庁、指導部技術企画課企画班長、平成6年から政策産業局総務課課長補佐、平成7年から工業技術院、総務部総務課技術第一班長、平成8年から機械情報産業局新映像産業室長等をお勤めになった後、平成10年から昨年13年の6月まで3年間、財団法人日中経済協会北京事務所、情報化協力室長として、北京にご滞在されました。まさに最近の中国の非常に大きな変化の中で中国をご覧になっていらっしゃる方でございます。（以上、杉浦主査）

【講演】

中国については、最近さまざまにマスコミでも大きく取り上げられており、また、日本の企業活動の中での中国の位置付けも非常に大きくなっており、その重要性は高まっています。

中国の製造業の全体像というわけにはいきませんが、とくにIT産業の一角であるパソコン産業と、日本にとっても重要な自動車産業の二つを軸に中国の実情をご紹介します。よろしくお願いいたします。

先週1週間中国に出張し、北京から天津、上海、無錫、蘇州と、主に北のほうですけれども、日系企業、中国のローカルの企業等、全部で16カ所ほど訪問し、工場の現場なども見てまいりました。そういった現場の印象も含めて今日はこちらをご紹介します。

マクロでみた中国の経済発展の状況

確認の意味で中国の全体的な経済の発展状況を紹介します【OHP 1】。中国の経済成長は改革開放路線を歩んで以降、順調に発展を遂げてきましたが、1989年の天安門事件の後、一時的に外国投資が停滞した時期がありますが、その後92年からトウ小平の南巡講和という歴史的なイベントがあり、その時期を境にまた活発な外国投資に支えられ発展をしてきました。一時期は10%を超えるような勢いで成長を遂げていましたが、ここ数年は7%から8%ぐらいの成長率を維持しています。2001年から2010年までの間（第

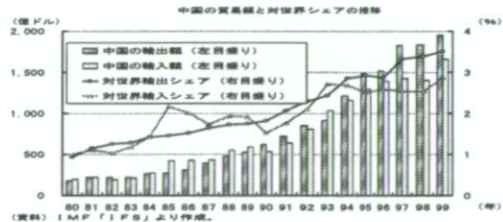
中国経済の台頭

- ①中国の経済成長は、世界各国で経済成長率の落ち込みが見られる中にあっても着実な成長を遂げてきており、その結果、中国経済の世界に占めるウェイトは高まっている。
- ②中国の貿易額、製造業における生産も着実に増加しており、世界に占める割合も高まっている。

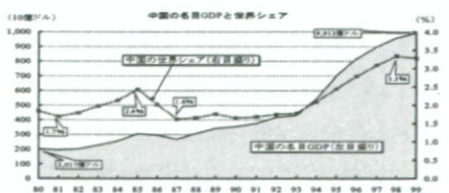
実質GDP成長率の比較

国	10年平均		実績										予測	
	85-90	91-00	93	94	95	96	97	98	99	00	10	11	12	13
中国	3.4	3.7	2.3	3.7	3.6	4.0	4.2	2.8	3.5	4.8	-	-	3.2	3.9
先進国	3.3	2.9	1.4	3.4	2.7	2.5	3.5	2.7	3.4	4.1	-	-	1.9	2.7
米国	3.4	3.5	2.7	4.0	2.7	3.4	4.4	4.4	4.2	5.8	1.2	1.5	2.5	2.5
EU	2.6	2.3	1.0	2.8	2.4	1.6	2.6	2.9	2.6	3.4	2.6	-	2.4	2.8
日本	3.9	1.2	0.5	1.6	1.6	3.3	1.9	1.1	0.8	1.7	0.3	-	0.6	1.5
OECD	4.2	5.6	4.4	7.9	7.5	6.3	5.7	4.4	7.9	8.2	7.7	-	3.8	5.5
発展途上国	4.7	5.5	6.3	6.7	6.1	6.5	5.8	3.5	3.8	5.8	-	-	5.0	5.6
アフリカ	2.0	3.1	0.2	2.4	2.9	5.7	2.9	3.3	2.3	3.8	-	-	4.2	4.4
中近東	3.4	3.5	3.3	0.3	4.3	4.8	5.4	3.6	0.8	5.4	-	-	2.9	4.6
中米米	2.3	3.4	4.1	5.0	1.7	3.4	5.3	2.3	0.2	4.0	-	-	3.5	4.4
アジア	7.3	7.2	9.4	9.0	9.0	8.2	6.6	4.0	6.1	6.9	-	-	5.9	6.3
中国	10.2	9.2	11.5	12.6	10.4	9.4	8.8	7.8	7.1	8.0	8.1	7.9	7.1	7.1

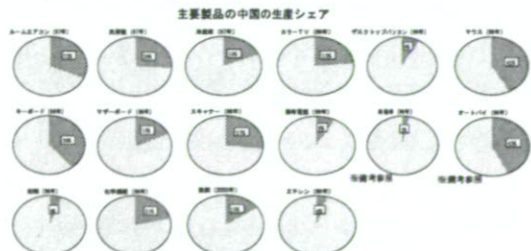
（備考）2001年四半期別のデータは各国統計による（前年同期比）。中国の2001年第二四半期は1〜6月の成長率を示している。
（資料）IMF「World Economic Outlook, May 2001」、内閣府、米国総務省、EUROSTAT等各国統計。



中国の貿易額と対世界シェアの推移



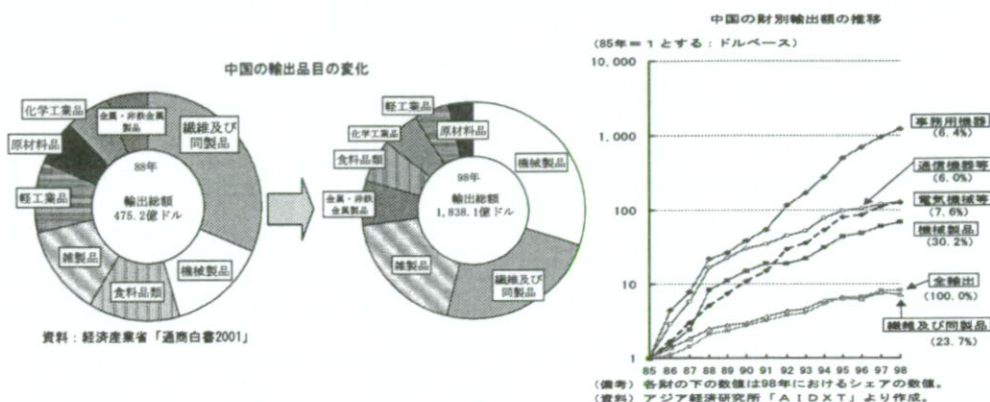
中国の名目GDPと世界シェア



（備考）1. オートバイのデータに米国は含まれていない。
2. 自動車は自動車生産国の生産台数上位16国の合計を世界計とし、中国シェアを算出した。
3. マウス、キーボード、マザーボード、スキャナーデータは台湾企業の中国での生産量を元に推計したものである。

中国の輸出構造の変化

中国の輸出品目は、従来繊維製品が最も高い割合を占めていたが、近年は、機械製品の割合が増加して最も高い割合となっている。特に事務用機器、通信機器、電気機械等の伸びが目覚ましい。



OHP 2

10次5カ年計画の期間)、平均成長率は予測で7%で、現状の成長率を維持していこうという経済運営です。

ただ、ここ1、2年の傾向を見ると、全体的に生産過剰、つまり需要を上回る生産能力をかかえて、全体としてややデフレ的な傾向が起こっています。経済の若干のかげりが出ており、去年、今年と、政府が大幅な財政支出で経済をなんとか支えているという面も一方ではあります。しかし、潜在成長率は非常に高く、今後とも7%前後の成長は十分可能だと、私は考えています。

主要製品の生産シェア(右下)をみると、白物(しろもの)家電、パソコン、電子関係の部品、オートバイと、さまざまな製品が世界で非常に高いシェアを有するようになっています。中国が市場として大きく発展を遂げているということと併せて、中国で作られたものが日本をはじめ欧米に輸出をされて、世界の中で使われ始めているという意味で新たな生産拠点としての位置付けが高まっています。

中国の産業構造も大きく変わってきており、輸出品目の構成で見ても、従来繊維関係、雑貨が大きな割合を占めていましたが、昨今では最も大きなシェアを占めるのは機械製品で、軽工業中心から機械工業中心の産業構造に転換しつつあります【OHP 2】。品目ごとの輸出額の推移(右側)をみると、たとえば事務用機器、通信機器、電気機械などが、85年に比べて大きな倍率で増加をしています。

中国への直接投資の動向をみると【OHP 3】、成長性の高い市場には活発な投資が入ってくるというのは世の常ですし、併せて人件費の安さ、その他低コストでものづくりができるという状況の中で、外国企業の中国への直接投資が大きく増加しています。

右側の表をみても、中国の経済の中における外国投資企業の位置付けの大きさがわかります。在中国外資系企業の貿易額と中国の貿易に占めるシェアを見ると、全体の輸出額の中で外資企業が担っている割合が折れ線グラフでプロットしてありますが、99年で約45%と、全体の半数近くが中国に進出した外資系企業が担っており、輸入についても50%前後で、中国の経済の中でいかに外資系企業が大きなウエイトを占めているかがわかります。

中国への投資を他のエリアへの投資と比較をしてみます【OHP 4】。各国からの直接投資を中国向け、ASEAN、韓国の3エリアで比較してみると、ASEANはアジア危機の影響もあって、95年のピークを境にどんどん減少しています。それに対して中国は92~93年あたりから大きく伸び、最近若干横ばいの状況ではありますが、すでに東南アジアへの投資を上回る投資の受け入れ国になっているという状況です。

電子情報通信産業の状況

中国への直接投資の動向

中国は市場の将来性への魅力、低コスト等から、多額の直接投資を受け入れており、中国国内に設立された現地法人が中国の輸出入額の半数近くを担っている。

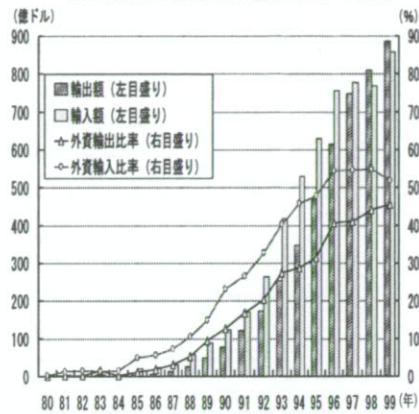
世界各国・地域の直接投資受入額の推移

(単位：億ドル)

1999年の順位	国・地域名	1990	1995	1996	1997	1998	1999
1位	米国	479	675	770	1,060	1,863	2,755
2位	イギリス	324	225	324	370	637	848
3位	スウェーデン	20	149	55	103	194	594
4位	ドイツ		120	▲32	117	201	522
5位	フランス	132	237	220	231	295	388
6位	中国	25	359	402	442	438	388
7位	ベルギー・ルクセンブルグ	81	105	147	120	227	384
8位	オランダ	123	115	78	118	372	342
9位	ブラジル	10	49	99	197	319	327
10位	カナダ	76	108	64	118	217	251
11位	アルゼンティン	18	42	43	88	67	236
12位	香港					148	231
13位	アイルランド	6	15	25	27	110	191
14位	日本	18	0	2	32	33	123

(資料) 経済産業省「通商白書2001」(IMF「IFS」)。

在中国外資系企業の貿易額と中国の貿易に占めるシェアの推移



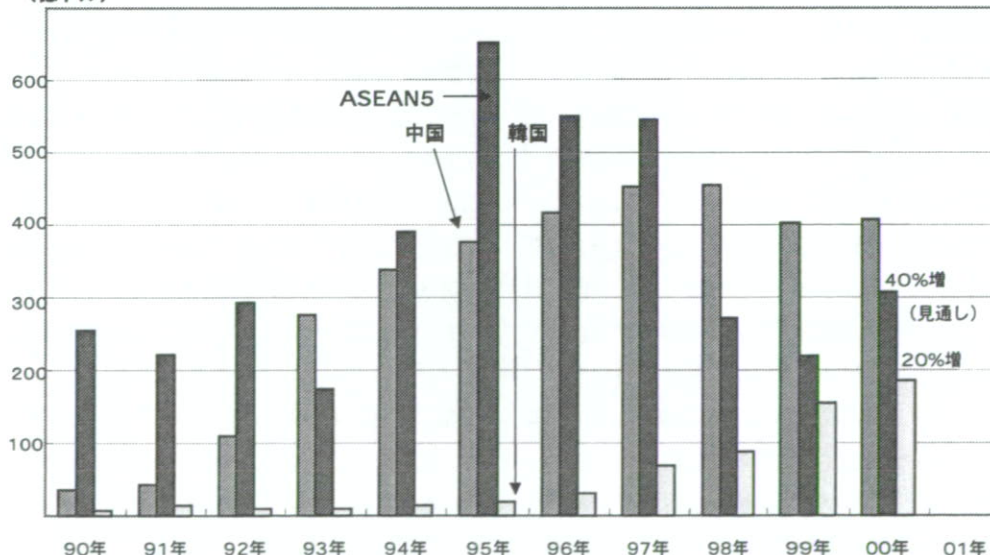
(資料) 中国国家統計局「中国対外経済統計大全」「中国統計年鑑」「中国対外経済統計年鑑」より作成。

OHP 3

各国からの中国向け直接投資(アセアン向けとの対比)

- ① アジア経済危機後、ASEANへの投資は減少。中国への投資がASEAN投資を上回る状況へ。
- ② 一方、韓国への投資は大幅に増加。欧米企業による大型M&Aが寄与。

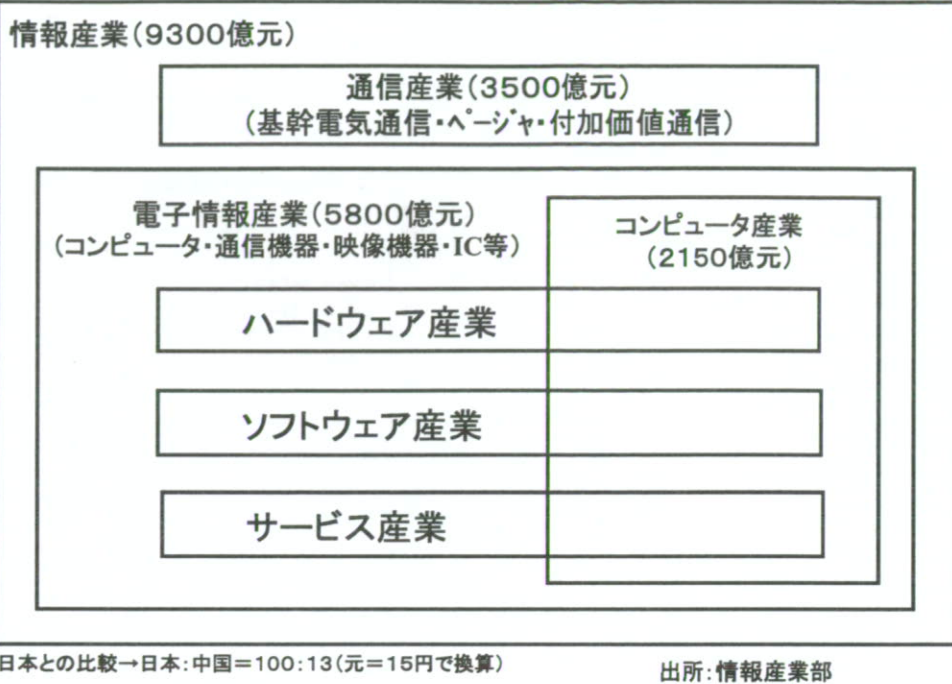
(億ドル)



注) 中国は実行A-E、その他の国は許可A-E、シンガポールは製造業部門の投資受入れ額。ASEAN5はシンガポール、タイ、フィリピン、マレーシア、インドネシア。出所) 『アジア経済2000』、経済企画庁調査局

OHP 4

中国の電子情報通信産業 ()は2000年時点



OHP 5

中国には情報産業部という官庁があります。これは日本の郵政省と経済産業省の情報分野を一緒にしたような組織です。そこが出している統計をもとに整理したものが、[OHP 5]です。通信産業と電子情報産業を全部合わせると9300億元、約1兆元の産業規模になります。それに相当する日本の産業規模(約100兆円)と比較するため、1元を15円で換算すると、日本の約1割強になります(左下)。産業規模としてはまだその程度ですが、産業としては非常に順調に発展をしてきており、全体の1兆元のうちの3~4割が電気通信業、いわゆる通信事業です。残りが電子情報産業で、さらにその中でコンピュータに関連する産業部門が約2000億元という産業構造になっています。

中国のコンピュータ産業の発展状況を、コンピュータに関連するハードウェア、ソフトウェア、サービスの三つに区分して、1996年以降の発展状況を見えます(OHP 6)。いずれの分野も20%を大きく上回る平均成長率で発展を遂げています。中でもサービスの成長率は非常に高くなっています。2000年のデータを見ると、全体の2150億元のうち1600億元がハードウェアで、他の欧米諸国や日本の構造と比べると、先進国ではハードウェアとソフトウェアサービスのバランスはだいたい半分、あるいは場合によってはソフトウェアサービスのほうが高いという状況ですが、中国の場合はまだまだハードウェア中心の構造です。ものづくりにや

特化した産業構造になっていることがわかります。

では中国の国内企業はどのぐらいの割合を占めているか。2000年の中国のパソコン市場の中でブランド別構成比をみてみます(OHP 7)。デスクトップPC(左)とノート型(右)に分けていますが、デスクトップPCのトップシェアがLegendで、これは聯想という中国の国内企業のブランドです。中国科学院という中国有数の研究機関がありますが、そこから研究者がスピニアウトして作った会社です。2番目にFounderという名前と呼ばれているブランドがあります。これは北京大学からスピニアウトした北大方正という企業のブランドで、10%ぐらいのシェアを占めています。Great Wallは長城という、これも国内ブランドです。上位3ブランドが国内ブランドで、それ以下IBM、HP、Dellなどのアメリカのブランドもありますが、基本的にはデスクトップPCは中国ブランドで埋め尽くされている状況です。他方ノート型のPCは、トップブランドはLegendですが、以下IBM、東芝、ACER、Dellと外資系がまだそれなりに堅調で、優勢を保っているという状況です。ただ、いずれはおそらくこのあたりも中国ブランドが少しずつ割合を伸ばしていくと私は見ております。

デスクトップ以外にも今後伸びていく市場として通信機器、あるいは携帯電話といった分野があります。現状ではデスクトップPC国産化率、国内ブランド率は80%に達して

中国のコンピュータ産業

- ・中国のコンピュータ産業は急成長しているが、ハード中心の産業構造にとどまっている。
- ・政府はソフトウェア産業の育成に力を入れている。

単位:億元

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	平均成長率
ハードウェア	715	1,040	1,155	1,305.5	1,600	23.0%
ソフトウェア	92	112	138	176	230	25.8%
サービス	113	148	187	238.5	320	29.8%
合計	920	1,300	1,480	1,720	2,150	24.1%

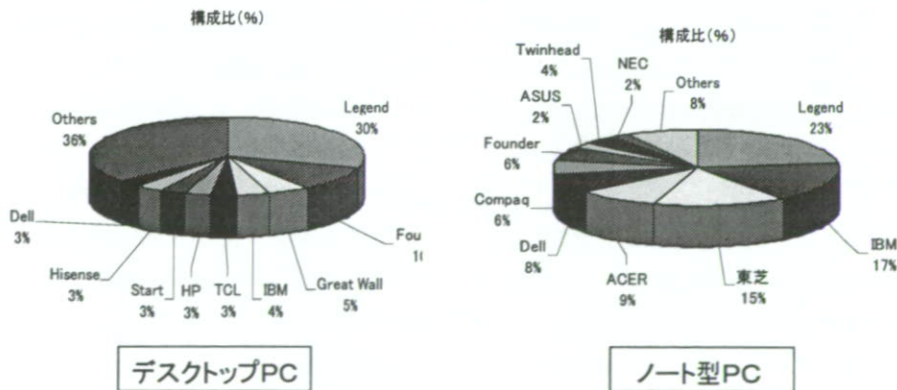
ハードウェア : コンピュータ及び周辺機器、ネットワーク機器等
 ソフトウェア : システム、サポート、アプリケーション
 サービス : 販売、情報サービス等

出展: 中国マイクロエレクトロニクス研究センター

OHP 6

中国のパソコン市場(2000年)

- ・デスクトップPCでは国産ブランド率がほぼ80%に達している。
- ・ノート型PCでは、外国ブランドが優勢を保っている。



出典: IDC2000

OHP 7

国産メーカーの市場シェア(2000年)

デスクトップPCの国産化はほぼ終了。デジタル通信機器、携帯電話機の国産化は今後の課題。携帯電話は、現状では外資系(モトローラ、エリクソン、ノキア)と大きな格差。

項目	国産化率	主要企業
デスクトップPC	80%	聯想、同方、方正、海信、海豐、TCL、実達
デジタル通信機器	10%	華為、中興、大唐、上海ベル、巨龍、聯想、実達
携帯電話	3~5%	波導、科健、海豐、廈華、東信、パンダ

出典：中国マイクロエレクトロニクス研究センター

OHP 8

いますが、通信機器や携帯電話はまだ中国のブランドのシェアは低いものです [OHP 8]。とくに携帯電話は、外資系の中でもモトローラ、エクソン、ノキアという世界のトップ3ブランドが7~8割のシェアをまだ持っていると言われています。

残念ながら日本のブランドのシェアは中国では大変低くなっています。おそらく中国国産ブランドよりもさらにウエイトは低いと思います。最大の原因は移動体通信の通信方式の違いで、中国はGSMというヨーロッパの方式を採用しており、日本とは方式が異なるので日本のメーカーは参入に大変苦勞している状況です。今普及しているのは第二世代ですが、あと数年の後には第三世代に移行していくと思われれますので、そういう中で各国企業のシェアがどう変わっていくかが大変大きな関心事項です。

デスクトップPCでも同様ですが、中国政府は非常に強力で国産化を推し進めており、とくに携帯電話については、外資系企業が生産能力を拡充する場合には国の許可を得なければいけないという規制があります。いわば生産割り当てのようなことを国が行っています。外資系企業については大変厳しい規制をかけて、国内企業にはかなり緩やかな生産割り当てを与えていると俗に言われています。そういったあからさまな国産化政策が、WTO以降どう変わっていくかは、まだ見えていませんが、ちょうど私が中国におりまし

たころはの中国政府は、そういう姿勢で一生懸命やっていました。

国内パソコンメーカーの発展過程

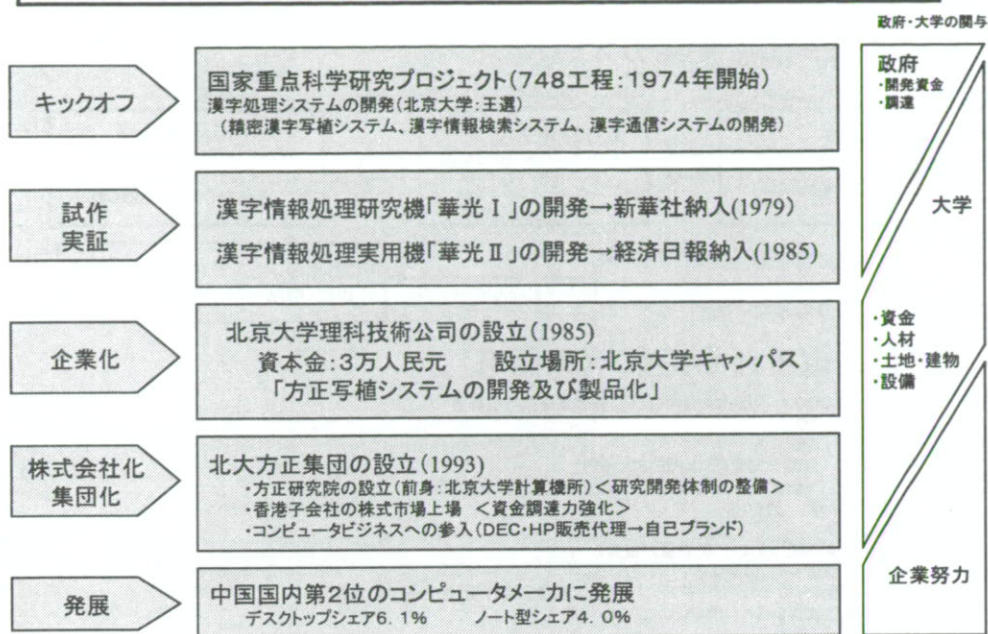
中国のパソコンメーカーがどういうプロセスで発展してきたかという事例を一つご紹介したいと思います [OHP 9]。北大方正 (Founder) というブランドで、現在中国第2のコンピュータメーカーです。

この会社のおおもとは国家重点科学研究プロジェクト (748 工程) で、1974 年に始まった中国の科学技術プログラムです。情報処理の分野の中にある一つのプロジェクトとして、漢字処理システムの開発が北京大学で始まりしました。コンピュータ化がかなり進むであろうという予測のもとに、漢字の文化圏であるために、漢字を処理していく固有のシステムが必要だという考えから研究開発が始まりました。漢字の写植システム、情報検索のシステム等々の開発を政府からの資金を得て行っていました。

北京大学の王選という方が中心になって研究がスタートしました。その後試作機がいくつか出て、漢字情報処理の写植も含めたシステムが開発され、中国ではその試作機を新華社や経済日報という新聞社に使わせたのです。1970年代の終わりから80年代のはじめのことです。新華社や経済日報といえ、中国ではある意味では政府機関の一角

中国パソコンメーカーの発展過程(北大方正のケース)

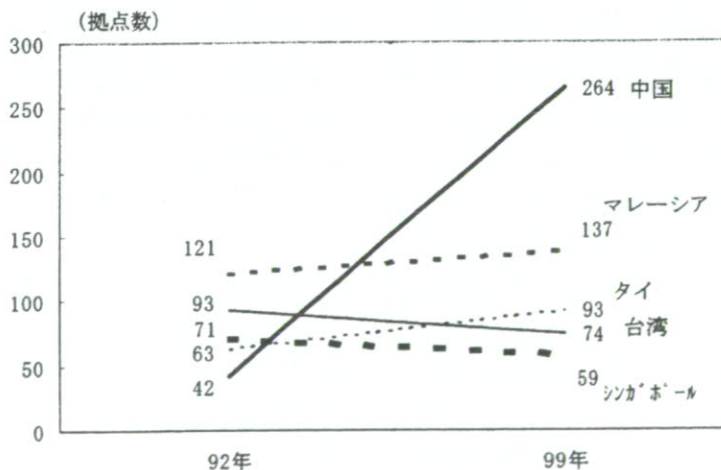
中国のパソコン産業においては、大学等の研究機関からスピナウトした企業が有力である。
(联想→中国科学院、北大方正→北京大学)



出典：中国のコンピュータ産業(本田英夫編)

OHP 9

日系電機・電子メーカーの生産拠点数の変化



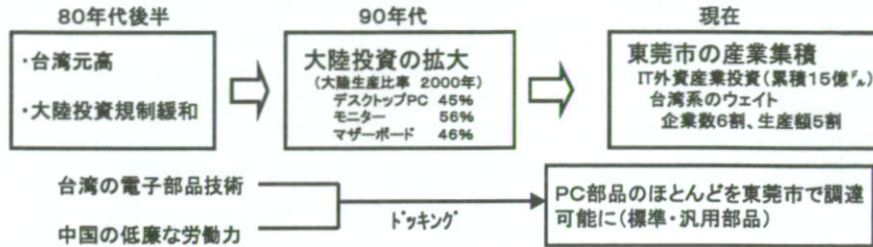
(資料) 日経新聞(00年12月9日付)より転載。

出典: 今後の機械工業の国際分業生産体制における我が国素材材
産業の戦略的対応に関する調査研究報告書(2001年3月) 日本機械工業連合会

OHP 10

中国の電子部品産業の発展 (例: 広東省東莞市の電子部品産業)

<台湾電子部品産業の大陸展開>



<台湾系電子部品企業A(東莞市)>

- ・従業員約1000人 うち85%女性、90%広東省以外出身者
- ・平均年齢 20才
- ・平均勤続 3年
- ・平均賃金 月額6000元(日本円約60000円)
 昼食代(1元)、住宅(ワンルーム8人相部屋)は別
- ・採用の競争率 約50倍
- ・工場の特徴
 - 研修期間は約2日(従業員が優秀)
 - 自動化ラインは少ない
(段取り替えのスピードアップ、検査工程は人海作戦(視力2.0の女性))
 - 金型技術レベルは高い(CAD-CAMを導入)

OHP 11

とも言え、その点は日本とは違います。報道を国がやっていますので、これは政府調達だと思っていい。国が開発したものを政府が自ら買入れて、試作機の実証をやったと捉えることができます。その後これはいけるぞというようになって、北京大学の中にまさに会社ができるわけです。これが北京大学理科学術技術公司という会社で、北大方正集団の原点です。

この点は日本と大学の位置付けが大きく違うところで、中国の場合は大学自身が経済活動を行うことは全く制限されておらず、むしろそれが前提になっています。北京大学、清華大学など、中国には理工系の大学がたくさんありますが、授業料収入と国からの補助金だけではとてもやっていけないということで、あとは自分たちで稼ぐことが前提です。つまり大学が営利事業をすることに何の規制もなく、むしろそれを国が奨励しているようにさえ見えます。ですから大学の設備を使って生産活動をやってもだれもがめませんし、大学のキャンパスの中に会社の事務所があっても、だれも不思議とは思わない。あるいは大学の先生が会社を経営していても全く不思議ではなく、まさに北大方正は北京大学自身が会社を作ったのです。1985年に、資本金から土地、建物、設備すべて大学のものを使って会社ができあがり、写植システムを売ることになりました。その後、どんどん業績を伸ばしていった分社化し、いわゆる集

団企業になっていきました。こういう体制の中でも北京大学がいちばん大きな株主です。93年前後に写植のシステムから多角化してコンピュータ事業に参入し、北京大学にあった計算機研究所をそっくり会社の中に取り込んで、方正研究院を設立させ、研究開発体制の整備を行いました。

したがって、中国のパソコン産業の中で今有力な企業と言われているものの発展プロセスの中では、大学がまさに企業の苗床になった。その典型的な事例です。もう一つ联想という企業がありますが、これも実は中国科学院という研究組織から生まれ、基本的な構図は北大方正とほぼ同じと考えていただいて結構です。

輸出型生産拠点から国内市場重視へ

このような中国の発展状況の中で、日本企業も中国を目指して生産拠点の移転を進めています。[OHP 10]は新聞の転載ですが、92年から99年にかけての生産拠点数の変化を示しています。東南アジアはほぼ横ばいですが、中国は大変大きな割合で増加しています。

先週、上海から無錫、蘇州にかけての長江デルタ地帯をざっと見てまいりましたが、大変多数の日系企業が進出しています。従来は広東省の深センを中心にしたエリアに、日系企業が大変多く投資をしていました。それは、中国の国内市場というよりは、中国で安くものを作って、それをほか

の国に出していくという輸出型の生産拠点でした。とくに輸出の窓口として香港が近接していて地理的な有利さがあり、さらに政府の優遇策もありました。

最近、国内市場が拡充してきて、作ったものを全部海外に出すのではなく、一部は国内でも売っていかうという傾向にあります。その場合、中国の大きな消費地は上海、北京のあたりですので、生産拠点を広東省よりは長江デルタのエリアに展開をしたほうが都合がよいわけです。これが今全体として起こっている流れです。これは日系企業だけではなく、台湾系の企業なども全く同じ考え方をしています。中には広東省の生産拠点をたたんで、上海周辺に拠点を移すという企業もあります。

電子部品産業の発展

パソコンにしても、いろいろなIT製品にしても、生産のためには部品が必要ですが、その産業が今どう発展しているかをみてみます[OHP 11]。私が駐在していたころ、広東省の東莞というエリアの企業を見学したことがあります。東莞とは深センのちょうど北側に広がっている地域です。ここは台湾系の電子部品産業が集積しているエリアとして、今日本でも大変有名になっていますが、こういう産業集積ができるに至った経緯は、80年代の後半に始まります。台湾が、当時台湾元高ということで、ひところの日本のような状況ですけれども、台湾国内でものを作るというのが大変厳しい状況にありました。なんとか国際競争に勝ち残るために海外に拠点を設けたいということになったわけです。ただ当時は一今でも若干残っていますが、台湾政府は中国大陸に投資をすることを大変規制していました。しかし、産業界としてはもうやっていけないので、なんとか規制を緩和してくれという産業側の要望を出し、それにやや引きずられるようなかたちで徐々に規制緩和が進みました。それが80年代の後半で、90年代に一気に台湾からの大陸投資が拡大します。

非常に大きく拡大した結果、2000年の時点で見ますと、それぞれの品目ごとの中国大陸での生産比率は、デスクトップPCで台湾系が45%と半分近くも大陸で作っています。モニターやマザーボードといった部品関係も同じような状況です。その集積の中の一つの中心地が東莞です。東莞市にはITの外資系企業の投資で、累計で15億ドルぐらいの投資があり、台湾系はその中のほぼ半分以上と言われています。こういった台湾の積極的な投資の中で、台湾の電子部品技術と中国の低廉な労働力が一体になり、PC部品に必要なものはほとんど東莞で調達ができるということまで今発展を遂げてきているということです。

私が以前訪問した台湾系の電子部品企業は、ある意味で

一つのモデル的な事例ではないかと私は思っています。従業員が約1000人いて85%が女性です。従業員の90%は広東省以外の地域から来た人たちです。広東省のとくに深センや東莞というエリアは、今のような産業発展を遂げる前は大変うらさびれた寒村で、人口集積が非常に少ないエリアでして、そこが一挙に経済発展をしたので、広東省以外の人たちの流入で経済発展が支えられてきているというのが実情です。

中国の場合は厳格な戸籍制度がまだ残っていて、原則として戸籍はそう簡単には移せなくなっています。ですからここで言う広東省以外の出身者というのはほとんど出稼ぎで、非常に短期間工場で働くために出てきて、一定の期間が終わったらまた田舎へ帰っていきます。そういったあつ旋をする業者も広東省には多数あります。

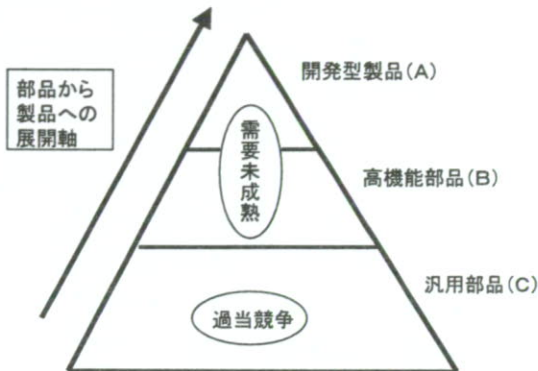
出稼ぎに来て、そこにいついてしまうことはないのかと思うのですが、これがやはりなかなかできないようで、戸籍がなくても住み続けること可能ですが、最大のネックは社会保障関係と子どもの教育のようです。とく地元の戸籍がないと公立の学校には入学できないという事情があるので、戸籍がないまま居ついてしまうのは大変住みづらいことらしいです。結局は稼ぐものを稼いだら田舎へ帰って、結婚して家庭を築くというパターンがいちばん多いと聞いています。その従業員の平均年齢は20歳くらいで、だいたい18歳から働き始めて、3年ぐらいいて帰っていく。そういう女性労働者が圧倒的に多いのです。平均賃金が月額で600元、昼食代や住宅費は別ですが、非常に安いのでお金は貯まるようです。工場に勤めるには大変競争率が高く、100人求人すると5000人ぐらい応募が来るという話があります。そういう倍率で人を採りますから、大変優秀な方が採用でき、大変短い研修期間でラインに入っていけるといことです。

生産方法は、日本のような自動化ラインはあまりなく、非常に人に依存した生産をしています。そのために、たとえば品種を変えるという場合、非常にスピーディーに対応できるのだということです。検査工程も、日本と違って大変視力のいい方がずらっと並んでやっています。こういうのを見ると、とてもこういう分野では日本は太刀打ちできないなと思います。

ここは金型も実は中で作っていますが、金型の技術のレベルもかなり上がってきているようです。日本と違うのはCAD、CAMの導入が非常に進んでいます。日本の場合、金型づくりはこれまで長いあいだ職人、非常に高い技能を持った方のエネルギーで支えられてきたわけですが、中国にはそういう熟練工がもともといませんので、金型の設計にはやはり三次元のツールが必要ということで、最初から導入

電子部品産業の中国戦略

(戦略パターン)



- ①オムロン
A、Bで70%、Cが30% (販売比)
収益率はCが大。利益はA、Bの開発
に還元
- ②アルプス電気
Bに特化。全量域外(日本等)に輸出。
- ③シーメンス(ドイツ)
A、Bで40%、Cが60% (販売比)
比較的C重視。
- ④台湾系・ローカル系
C重視。低価格量産。
A、Bについてはコピーで追隨

出所:企業ヒアリングにより作成

OHP 12

されているというお話でした。

電子部品産業の中国戦略

ここで一つ強調しておきたいことは、このような産業集積は台湾の技術があってこそ成立しているという点です。中国のローカル企業が自ら発展を遂げているという構図では基本的にはありません。もう一つあえて言えば、非常に流動性の高い生産方式をとっていますので、現場におけるノウハウの集積がないとものづくりができない製品を作るとは、広東省では非常に難しいと思います。

最近上海周辺に生産拠点を移すところが多いのも、中国市場もだんだん生産過剰になってきていて、付加価値を上げないと生き残れなくなっているからです。付加価値を上げるためには、現場のノウハウを積み上げていい製品を作っていくといかないといけないうことをだんだん気づき始めています。そうすると広東省のような雇用条件では、基本的には作れるものはある一定の限度がある。設計などが完全にパターン化しているもの、あるいは部品についても非常に標準化されたものをひたすら安く作るという生産形態においては広東省は非常に有利ですが、ある程度の付加価値を追求していくことになると、限界に到達してしまうということのようです。

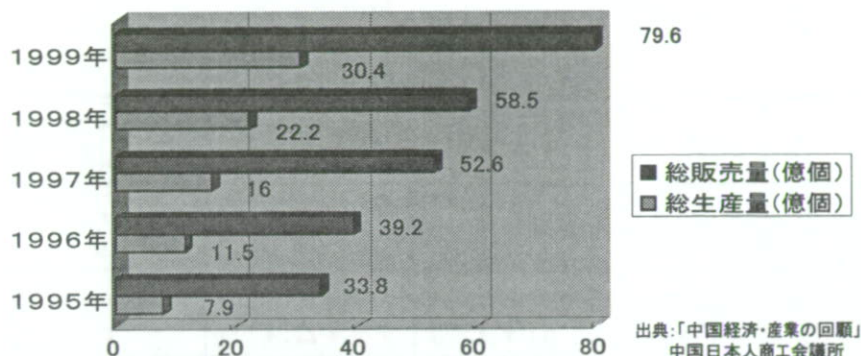
先週中国へ行って、いくつかの電子部品企業の話を開

いて私なりの整理をしてみました [OHP 12]。外資系企業の電子部品産業が中国戦略をどういうふうに捉えているかということです。中国の電子部品マーケットの構造は、一番下に汎用部品、たとえば広東省で作っているような標準的な汎用部品があり、その上に高機能部品、さらに部品産業としてはそういった高機能部品をうまく組み込んだ開発型の製品を今後開拓していきたいという意味で、いちばん上位に開発型製品が位置づけられる。上位の製品については、SEがつかないと売れないようなものを最終的にはやっていきたいと、電子部品産業のどの会社の皆さんも一様におっしゃっていました。

ただ私の印象では、汎用部品は極端に過当競争状況になっている。他方、高機能部品とか開発型製品というのはまだ需要が未成熟で、各会社ごとの戦略で見ますと、オムロンは、なんとかA、Bで7割、Cで3割と言っておられるのですが、これはいかにも日本的な企業のパターンのように見えます。しかし、実際は収益率はCが大きいので、今後はCを増やしたいんだとおっしゃっていました。収益率の高いエリアで利益を取って、これをA、Bの開発資金に還元していくという戦略です。

アルプス電気は、実は中国で売るということをまだ考えていなくて、中国で高機能部品を安く作り、日本その他の市場に出していくという戦略です。シーメンスは、これはオムロ

中国IC生産量・販売量の推移(95~99)



<中国の外資系半導体企業の投資状況(前工程)>

製造会社	投資額(百万米ドル)	外資比率(%)
モトローラ天津半導体廠	1,000	100
首鋼日電電子有限公司	380億日本円	40
上海華虹NEC電子有限公司	700	29
上海貝嶺微電子有限公司	77	60
上海先進半導体有限公司	200	72

出典:「中国経済・産業の回顧と展望(2000/2001)」中国日本人商工会議所

OHP 13

ンさんが狙っている戦略をすでにやっているということで、販売の60%をCに重点を置いています。台湾系やローカル系はC重視、逆に言うところCしかできないという状況で、低価格量産に今は特化をしています。A、Bについてはコピー商品でやっというこのようです。オムロンなどに聞きますと、ちょっと性能がいいのが出ると、必ずコピー商品が出回る。電子部品は、ある程度標準化した領域ではコピー製品が大量に出てくるという領域になっているようです。

半導体については生産量、販売量ともに95年から非常に増えてきています [OHP 13]。これも基本的には外資系の投資によって支えられています。いちばん大きいのはモトローラで、あとは日系の NEC が大どころです。外資比率は、日系では実はマジョリティーを中国側が握っています。モトローラは外資 100% でやっています。これをどう評価するかは非常に難しいところです。

自動車産業・自動車部品産業の動向

自動車については、きちんとした統計がありませんので、いつも数字を拾うときに苦労していますが、今回はホンダの最新のデータをもってきました [OHP 14]。輸入乗用車が今 47 万台、国産乗用車で 70 万台、商用車、トラックその他が 164 万台、全体で 240 万台というのが中国の市場の現状で

す。伸び率でいきますといずれも伸びていますけれども、とくに国産乗用車が急増しています。ただ全体の構造としてはやはりまだ商用車、トラックその他が割合としてはまだまだ多くなっています。

国内の乗用車の市場構造をみると [OHP 15]、上海・長春にフォルクスワーゲンの拠点ががあります。ここで作っている車(サンタナなど)の割合が全体の半分以上の52%です。次が天津汽車(ダイハツのシャレード)が11%、シトロエン、GM、ホンダと続いていて、なんとといっても圧倒的にドイツ系が優位です。

中国の自動車市場は乗用車でもまだ高々70万台で、まだ大衆需要に火がつくところまでは行っていません。これまでは中央政府、地方政府を含めての官用車需要が中心でした。ドイツ車のシェアが高いのは、中国政府がドイツ車を積極的に調達したという流れだったということです。日本の企業はその後を今追いかけているわけですが、遡ること80年代に中国は日本の優良企業に中国に進出するように協力を依頼したのですが、当時日本は中国よりまずアメリカだということで、アメリカの生産拠点を力を入れて、中国にはあまり出る余裕がなかった。その空隙にドイツ系が入ってきたというのが私の見方です。ただ、これまでの市場は、政府調達中心の市場だったわけですから、これからだんだん所得水準が上がって大衆車の時代に入ってくると、

中国の自動車市場の動向(販売台数の推移)

(単位:万台)

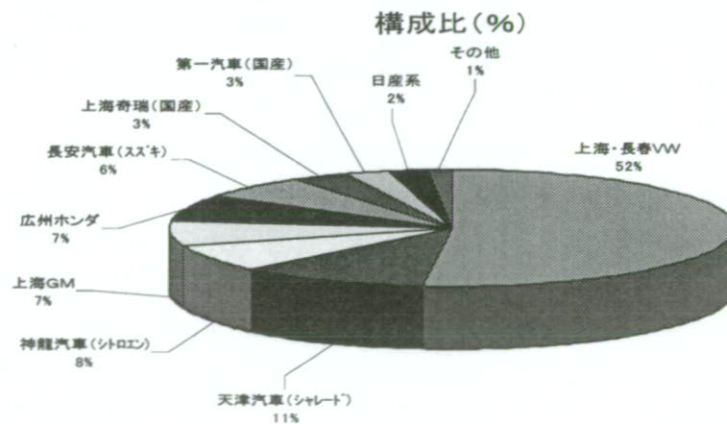
	1995年	2001年	増加率%
輸入乗用車	35.5	46.6	31
国産乗用車	34.2	72.1	111
商用車	102.1	164.2	61
合計	139.9	241.0	72

出典:ホンダ(中国)調べ

OHP 14

中国の乗用車市場(2001年)

- ・自動車市場の過半はVW(フォルクスワーゲン)で占められている。
- ・純国産ブランド(紅旗等)の割合は低い。
- ・今後、市場構造は、官公需中心から大衆需要中心へと変化。



出典:ホンダ(中国)調べ

OHP 15

トヨタグループ主要企業の中国展開(天津地区)

- ・2002年秋から新型小型車(1300~1500ccクラス)を生産開始予定(年間3万台)。
- ・立ち上がりの現地調達率 約60%
- ・ターゲット→ 30才代、インテリ、ビジネスマネージャ
- ・主要部品の現地生産体制はほぼ完了

会社名	所在地	合弁形態	グループ会社名	設立	主要製品
天津市客車橋有限公司	天津	技術援助	アイシン精機	1994年9月	ディスクキャリア
天津汽車電器有限公司	天津	技術援助	デンソー	1995年10月	ディストリビュータ
天津豊津汽車伝動部件有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	1995年12月	等速ジョイント
天津電装汽車電機有限公司	天津	合弁	デンソー	1995年12月	オルタネータ、スタータ
天津阿斯莫汽車微電機有限公司	天津	合弁	デンソー	1996年3月	小型モーター
天津豊田汽車発動機有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	1996年5月	エンジン、エンジン用鋳物
天津豊田汽車鍛造部件有限公司	天津	独資	トヨタ自動車	1997年2月	等速ジョイント、鍛造部品
天津愛信汽車零部件有限公司	天津	合弁	アイシン精機	1997年6月	クラッチ・ブレーキ部品
天津豊津汽車底盤部件有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	1997年7月	ステアリング、プロペラシャフト
天津電装電子有限公司	天津	合弁	デンソー	1997年7月	電子部品
天津電装空調有限公司	天津	合弁	デンソー	1997年12月	自動車エアコン
豊田汽車技術中心(中国)有限公司	天津	独資	トヨタ自動車	1998年2月	エンガリング
天津豊田汽車有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	2000年6月	新型小型乗用車
天津豊田沖圧部件有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	2001年2月	プレス部品
天津豊田樹脂部件有限公司	天津	合弁	トヨタ自動車	2001年2月	樹脂部品

出典:「中国におけるトヨタ自動車の活動」2001年4月版をもとに作成

OHP 16

おそらく市場の構造はまた大きく変わっていくのではないかと感じています。

今広州でホンダはアコードを作っていて、これが今7%ぐらいのシェアですが、2000cc から 2300cc ぐらいのものを作っていて、これがバックオーダー状態で、とにかく売れて売れてしょうがないという話です。5万台ぐらい作っているんですけども、作っても作っても注文が殺到しているそうです。ホンダの分析では、企業のエグゼクティブクラスの方がホンダのアコードに大変関心を持っている。つまり中国でもだんだんそういうお金持ちが出てきて、高級車に目を向け始めているという状況です。

[OHP 16] はトヨタグループの中国展開の状況です。乗用車だけに限っていますが、ほかに四川省でコースターの生産、東北の瀋陽だったと思いますが、ハイエースの生産もしています。これらはいずれも商用車です。乗用車については天津でやっていくという方針がもう固まっています。2002年秋から中国向けに開発された小型車、1300ccから1500ccクラスを年間3万台作る予定になっています。

今回天津に行って大変驚いたのですが、トヨタは1990年代の半ばから部品産業を自前で立ち上げ、グループ企業も一緒になって、重要部品と呼ばれるものはほとんど合弁あるいは技術援助で、すべて調達できるようなところまで展開しています。中国の企業の部品産業の力が伸びてきたとよく

言われるのですが、少なくとも自動車に関しては、私が伺った現場の方の見方を聞いても、中国のローカル企業が作っているものを自動車に使うのは難しく、例え指導したとしても、当面いい品質のものを納入してもらえないということのようでした。したがって全部自前でやるという考え方に貫かれているという印象を受けました。

日系の企業のヒアリングの結果、中国の自動車部品産業についてまとめてみると、[OHP 17,18] のようになります。

当初は、あるいは今でも基本方針としては現地調達が目標であるとはっきり言っておられます。しかし実際は現地調達がどうしても60%程度で、残りの4割は日本とか東南アジアから輸入をするということです。現地調達60%の中もほとんどがグループ企業の合弁・独資会社から調達をする。

合弁会社を立ち上げるという場合に、当然相手方の企業(中国の国有企業)と合弁でこれまで会社を作ってきたわけですが、その立ち上げにあたっての問題点をうかがいました。まず、意識改革だけで3年、5年は軽くかかってしまうということです。国有企業というのはお金がないものだから、出資の部分は多くの場合が現物出資です。たとえば建物あるいは設備を供給しますとか、あるいは従業員を供給しますというかたちです。つまり、従業員というのは相手方パートナーの元の職員が入ってくるので、再教育をして

中国の自動車部品産業の評価①

(合併・独資生産体制立ち上げの問題点)

- 基本方針は、中国政府の要請もあり、現地調達(100%)が目標。
- しかし、安定品質の部品を供給できるローカル企業がほとんどないため、実態は、
現地調達(60%)→ほとんどグループ企業の合併・独資企業
残り(40%) →KD(日本、東南アジアから輸入)
- 合併企業立ち上げに当たって、従業員の意識改革にほぼ3~5年を要した。
 - 品質管理への認識の違い。(不良品を工場の外に出さなければよい)
 - 現場の改善努力が生まれず。(余計なことをやって失敗すると責任とらされる)
 - 労働流動性が高く、熟練技能者、多能工、保守要員が育たない。技術や技能をまわりには教えない。(現場のノウハウの蓄積・継承ができない)
 - 技術者の定着率はさらに悪い。(引き留めるには高給が必要)
 - 生産効率向上への認識不足。(作業標準化・作業標準の必要性、「必要なものを必要なだけつくる」という考え方が理解できない)
 - 高性能の機械を買えばいいものができると思っている。(使いこなせない、こわれたら機械メーカーのせいにする、保守の必要性が理解できない)
 - 役得意識がつよく自己利益ばかり求める。(調達担当が平気でレポートをとる)
- ローカルの外部ベンダーを育成するのはもっと大変なこと。(現実にはそれだけの時間とコストをかけられない)

出典:現地日系企業ヒアリング
2002. 3. 4~3. 8

OHP 17

中国の自動車部品産業の評価②

(中国ローカル企業の実力は?)

- 金型
 - 精度の高いもの、大型、複雑形状などはまだ当分作れない。
 - 汎用品の金型は十分できる(値段が安い)。品質も向上している。
 - 種類別で見ると、樹脂型は比較的よくなっているが、プレス型は不得手。
 - CAD/CAMの導入・利用は日本より進んでいる(特に台湾系)。
- 鋳造品
 - 薄肉品はまだ成形できない(3mm以下)。いい原材料が手にはいらない。
 - 普通品の品質は上がっている。コストも安い。(日本:中国=2:1)
 - 品質管理能力は低い。(不良率 日本:中国=3%:10%)
- プレス
 - 深絞り、精密成形、順送プレスなどはまだ当分できない。
 - 品質にばらつきが多い。
 - 普通品の成形は問題ない。
- 鍛造品
 - 歩留まりが悪い(加工シロが日本の2倍以上)。
 - 温度管理が悪く品質がだせない。熱処理技術が低い。
 - いい材料(特に鋼材)が手にはいらない。
 - 普通品の成形は問題ない。

出典:現地日系企業ヒアリング
2002. 3. 4~3. 8

OHP 18

中国のオートバイ市場の動向

- ・中国では、日本車の模倣品・コピー品が市場の8割を占める。
- ・都市部での新規登録規制により国内販売不振
- ・供給圧力の存在から、東南アジア等への輸出が急拡大

単位:万台

	1997年	2001年
総販売台数	995	1,237
うち輸出分	10	288
うち国内分	985	949
うちホンダ合併販売	45(4.5%)	29(3%)

()内:ホンダ合併販売台数÷国内販売台数

2001年総販売台数のうち、商標侵害
コピー品
オリジナル

約136万台
約836万台
約265万台



総販売数のうち約80%
→ 模倣品・コピー品

参考)新規登録制限都市 30都市(98末)→79都市(01. 2)→114都市(02初)

出典:ホンダ(中国)調べ

OHP 19

いくこととなります。

具体的に苦勞した点を上げてありますが、まず、品質管理の認識が全く違うそうです。中国の会社では基本的には不良品を工場の外に出さなければよく、工程ごとに品質を管理するという考え方が全くない。いくら不良が出ても、検査のときにそれをはねればよいという考え方で。

現場の改善努力もなかなか生まれません。中国の場合、余計なことをやって失敗すると責任を取られるという考え方が非常に強いようです。先ほど広東省のケースでもお話ししましたが、労働の流動性が基本的に高いので、熟練技能者や多能工、保守要員が育たない環境です。また仮に育っても、その技術や技能を周りの人には全く教えようとしません。とくに保守は、機械の機能や能力、メカニズムを十分身につけていないとできないことなので、どの工場へ行っても育てるのに8年から10年はかかります。中国の場合にはなかなかいついてもらえないものだから、機械がすぐ止まってしまうということを言っておられました。

以上は、現場の技能者についての問題ですが、工場を管理していく技術者がさらに定着率が悪く、引き止めるのに非常に高い給料がいるということです。具体例をいくつかご紹介いたします。広東省にある金型の企業のケースですが、台湾系の金型企業で、従業員が1000人、約30人が技能者です。1985年に創業して、約15年ですが、技能者は最初か

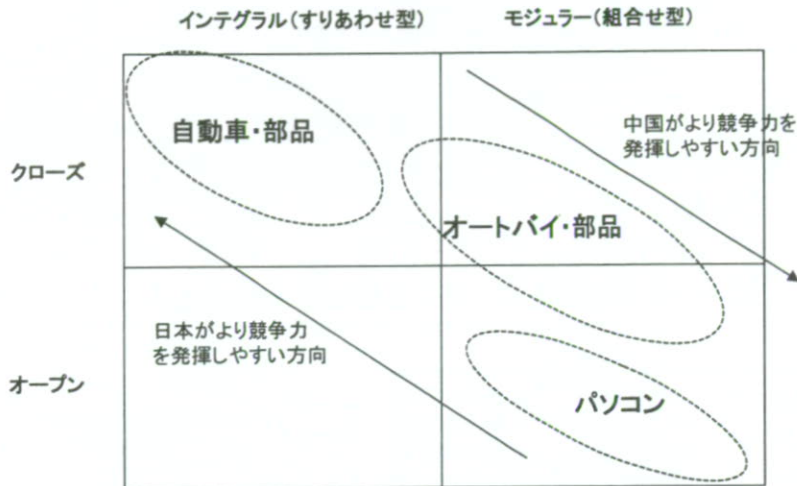
ら一人も辞めていませんというのがその会社の売りなのです。ところがその技能者にいったいいくらお金を払っているかと聞くと、月額1万円です。これは日本円で15万円。中国のエンジニアに対して月額で15万円払っている。これぐらい払わないと定着しない。15万円は、日本の半分ぐらいのイメージですから、世間で言われるように「中国の人件費は日本の20分の1」というのとは全く違う。よく考えなければいけないことだと思います。

もう一つの例(ハードウェアではなくてソフトウェア)なのですが、今ソフトウェア・エンジニアの相場がどんどん上がっていて、北京界限では月額2万円、3万円は当たり前だという話を聞きました。つまり無尽蔵に供給力のある労働力と、能力、資格等から見て一定のキャパシティーのある労働力はかなり違うということです。これを考えないと、安いと思って進出したら結局高くついたということがあり得るのではないかと思います。

生産効率の向上への認識の不足もあります。作業の標準化、あるいは現場の工程ごとに作業標準は、日本では当たり前ですが、そういう考え方がないようです。やれと言っても、なんでそんなことをやらなければいけないのかを理解するのにとても時間がかかる。また、いろいろところで聞きましたが、機械を買えばいいものができると思っていて、使いこなせずに壊した場合も機械のせいにするという

ビジネスアーキテクチャーによる産業分類と競争力

～藤本隆宏東京大学教授の理論をもとに作成～



インテグラル:機能と部品の関係が錯綜しているものづくり。部品間の緊密なインターフェース調整が必要。
 モジュラー:機能と部品の関係が独立。部品の組合せ(寄せ集め)で製品が完成。
 クローズ:部品・モジュール間のインターフェース設計ルールが1社に完結
 オープン:部品・モジュール間のインターフェース設計ルールが業界で標準化

OHP 20

のです。また保守の必要性が理解できないということもよく聞きました。

さらに、役得の意識が非常に強く、現場で自己利益の極大化を図り、たとえば調達の人が平気でレポートを取るといった話もあります。

合弁先の人材を教育して採算体制を立ち上げるだけでもこれだけの苦労があるので、全くどういう作り方をしているのかわからないようなローカルの会社からものを買うことは、自動車部品の場合は、全く想像の外ということのようでした。

ローカル企業についての評価についてもヒアリングをしました。金型、鋳造品、プレス、鍛造品とありますが、精度の必要なものは、現段階ではまだ作れないということです。ただ、汎用品についてはかなり力がついてきたという評価をよく聞きました。

オートバイ市場の動向

オートバイのデータはホンダのもので[OHP 19]。国内市場は頭打ちになっていて、その代わりに輸出が急増しています。国内の生産過剰が輸出ドライブになっているという状況です。これは、環境上の問題、交通安全上の問題で、新規登録制限都市(114都市)で登録制限を導入しているために、都市ではなかなか売れなくなっているのです。

農村では価格の問題があって売れないようです。驚いたのは、2001年の販売台数のうち商標侵害等が多いことです。商標侵害というのはホンダという商標をつけて売っているものという意味で、コピー品というのは商標侵害ではないんだけど、作っているものは全くのコピーというものです。これが2001年の販売台数1237万台のうちの8割を占めているのです。

ただ、私がここで申し上げたいのは、オートバイは実は模倣品ができるようになるのに中国でも15年かかっているということです。1980年半ばぐらいから模倣品が出始めて、売れるようになったのがここ最近だということで、模倣品を作るにも作るなりの技術集積というかノウハウの習得にかなりの時間がかかっているということを現地の方も言っておられました。

競争力の評価～ビジネスアーキテクチャーによる産業分類から

[OHP 20]は、今まで見てきたことを私なりに整理をしてみるとどういふことが言えるのかということ、生産管理、あるいはトヨタのご研究で著明な東大の藤本先生のビジネスアーキテクチャーという考え方もって整理をしてみたものです。藤本先生のお考えでは、産業分類とは、産業のそれぞれの技術特性に応じた分類の仕方があるんだというこ

我が国の素形材産業の課題

- 技術力の強化(高付加価値化、納期短縮)
- 経営リソースの革新(コンソーシアム形成、連携等)
- 設備の高度化(IT技術への対応等)
- 国際化(海外市場の開拓等)
- 商慣行の是正(支払条件等)
- 知的財産権の保護(ノウハウ・営業秘密・図面等)
- 人材育成(退職技術者の活用等)

OHP 21

とおっしゃってしまっていて、大きくインテグラル型とモジュラー型の産業がある。

インテグラル型は機能と部品の関係が錯綜しているものづくりで、部品間の緊密なインターフェース調整が必要である。典型的な例で車のカーエアコンを一つ例にとると、カーエアコンを設計していくためには、当然エンジンの排気量から、車のサイズ、車のボディを構成している材質とか、熱条件にかかわるあらゆるものがカーエアコンの設計にかかわってくる。だからカーエアコン一つ作るのに、車の設計全体とのかみ合わせ、すり合わせが当然必要になってくる。こういうものづくりが典型的なインテグラル型です。

モジュラー型というのはパソコンが典型的だとおっしゃるのですが、たとえば秋葉原で部品をかき集めてきて素人が組み立ててもできるという、部品の組み合わせだけで製品が完結するもので、とくに機能と部品が完全に独立をしているものです。当然部品の標準化がやりやすい。

縦軸のはクローズとオープンということで、モジュール間のインターフェース設計ルールが会社、会社の固有なものが存在するというのがクローズ型、オープン型というのはまさに業界で設計が標準化されているものです。

こうやって分類してみますと、クローズド型でインテグラル型というのがまさに自動車で、その対極にオープン型、モジュラー型というのがパソコンというかたちで存在する。

今中国のものづくりの中心は、とくに競争力のあるという意味ではこの右下に特化している。左上は、基本的には先ほどのトヨタのケースにあるように、トヨタの技術、トヨタの生産管理、あらゆるものを丸ごと持って行って中国のワーカーを単に利用するというだけの生産、要するに日本のものづくりそのものです。ですから中国がこの分野で競争力を持っているとはとても言いがたい。つまり、この分野は日本がまだ健全に競争力を持っている領域だと思います。このような整理ができるのではないかというのが私の仮説です。

我が国の素形材産業の課題と展望

日本の素形材産業にはどのような課題があるのかを考えてみます [OHP 21]。

中国があらゆる素形材の分野で、通常のものであればもうどんどんものづくりでき、日本なり外資系企業がどんどん投資をしていけば、技術の伝播は避けがたく、そういった意味で日本の置かれたポジションはだんだん厳しくなっていく。だから、やはり技術力を強化していくことが大変重要ですし、他方日本の素形材産業は中小企業が非常に多いので、たとえば研究開発を投資していくとか、あるいは海外市場を開拓していくというときの経営リソースがどうしても不足します。こういったものを企業間の連携あるいは場合によっては合併というかたちで再編していけないかなという思

いがあります。

知的財産権の保護についても、知らないうちに図面が中国で出回っているというようなこともあると耳にしますので、対応策を検討しなければならぬと思います。

私は3年間中国の方にいましたが、その間、日系、欧米系を問わず、いろいろな企業と話す機会があり、その中で中国でのビジネスの問題点をうかがいましたので、それを私なりに整理をしてみました【OHP 22】。

中国は市場経済だと言われていますが、依然として政府は大変大きな影響力をまだ持っています。国産化政策もさることながら、個々の投資案件についても、合併の認可そのものについてまで関与してきます。この大きな影響力を忘れてはなりません。

リーダーの意向が絶対の組織ですから、朝令暮改もままあるわけです。正規の手続きで許可をえたものも、ある幹部の気分次第で取り消しになるような場合があります。

国が定めた法人税率はありますが、実は地域ごとに異なります。財源のあるところは企業に対しては税金をまけて、国におさめる法人税を地方政府が負担をして法人税率を下げるということが許されています。企業誘致を一生懸命やろうというところは、誘致企業への法人税をまけるということをしします。しかも中国国内の企業にのみそういう優遇税率を適用している地域は、調べてみると結構あります。外資系企業よりも国内企業を優遇する政策です。

コネ・人脈の社会だというのはよく言われていることですが、なかなか人を信用しないし、信用した人とは付き合わない。だから組織的になかなかものが動きません。公私混同で、合併の相手先に食いものにされてしまうという話もよくあります。中小企業が海外に進出する場合、会社の管理をまかせられるだけの人材が少ないことが多い。したがって合併の場合には、日本の会社は工場の立ち上げや生産管理、技術面をやり、中国の会社は人事や財務を分担したところ、業績は好調なはずなのに利益が全然上がらない。不思議に思っているいろいろ調べてみたら、利益は実際上がっているが、日本の投資側には全然配分をしてくれなかったという話です。とにかく中国へ投資をしたら経営権を離してはいけないということでした。

取引リスクが大きく、債権回収が非常に難しい。売った代金が返ってこない。これはいろいろ聞いてみると、なるほどなと思ったのですが、先ほど品質が安定しないということを上申しましたが、たとえば100のものを作って、たとえば良品が80だとします。そうすると100の代金は払わず80しか払いません。しかしこれは理屈に合っているんです。つまり中国の社会だと、売ったものがすべて良品であるという前提に基づいて取引が成立していない。日

本だと良品率は100%とは言わないでも99%とかいうのが当たり前です。ところが中国ではそれは当たり前ではない世界なので、満額払わないというのもある意味では合理的だと中国の方はおっしゃるらしい。ただそれは盗人も三分の理というやつで、実際はお金がないから払わないというのがほとんどのケースのようで、取立屋というのも商売としてあるようです。

中国へ投資して日本人だけで会社を経営しようとしても非常に難しく、結局中国の人に頼らざるを得ないので、頼りすぎると、今度は逆に食いものにされてしまうリスクもあってバランスが難しいのです。

成功している事例のは、台湾系の方と組んでいる場合です。台湾系の方と、しかも非常に信頼関係ができていの方と一緒に投資すると、同じ中国人ですから、グレーな、アンダーグラウンドのことは全部やってくれる。自分たちは技術に特化すればいい。台湾の方は日本の技術を学んで、それで三方うまく話がまとまるということのようです。

私は、日本の産業は総じてまだまだ競争力のある部分がたくさんあると思います【OHP 23】。中国といっても、中国の固有の企業が力をつけているというよりは、実は日本や台湾などが投資した会社が新たに日本の企業の競争相手になっているというのが現実なのではないでしょうか。日本全体で見たときの技術のマネジメントをきちんとやっていたら、中国は何らおそれるに足りないという気がします。

【質疑】

——5、6年前、今富田さんがおっしゃった中国ビジネスの問題点のようなものがあって、なかなかいいものが作れないという話だった。私もそうだと思っていました。人間の心はそんなに変わるものではないと思うのですが、たとえば自動車部品などでもそこそこ使えるものができるようになってきているのは現実なのです。そうすると、あまり相手を信用しない、どんどん人が辞めて入れ替わるというビジネス環境の中で、いいものってどうやって作っているんだろうか、不思議でなりません。そのへんはどんなふうにお考えですか。

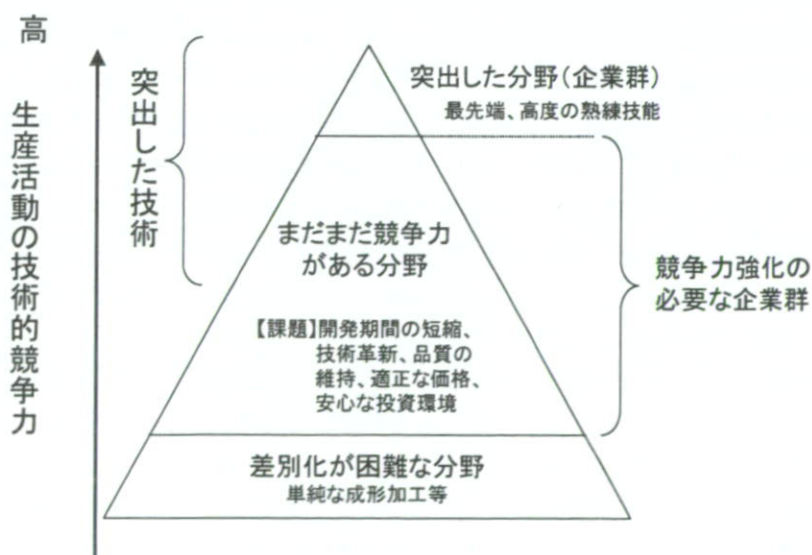
富田 いいものを作っているところは、よく調べてみると、結局日本の合併会社です。また、こういうケースがありました。铸件関係で台湾の企業が投資した会社があり、見学をしたことがあります。中国の国内では大変いいものができている。これは日本の会社から見ればローカル企業ですが、調べてみると、そこに日本人がいるのです。日本の铸件の会社をリタイアした方がおられて、この方が生産管理をほとんど見ている。要するにひと皮ふた皮めくってみないとなんとも言えないということだと思います。

中国ビジネスの問題点

- 依然として強力な政府の影響力(合併認可等)
- 制度の朝令暮改(「人治」の国→リーダーの意向絶対)
- 政府の国産化政策(ローカル企業優遇税制など)
- コネ・人脈の社会(日本＝性善説、中国＝性悪説)
- 公私混同(横領、役得、リベート→会社の金は自分の金)
- 高い交渉能力(相手の弱みを見抜く力)
- 高い取引リスク(契約、債権回収、..)
- 模倣品、ニセブランド
- 地域的多様性(税制の違い等)
- 労働力の流動性(有能人材の定着率の低さ)
- 本当に人件費は安いのか？

OHP 22

最後に



OHP 23

中国は力がついたという言葉だけで、本当に中国の固有のものづくりが変わったのか、あるいは何か本質的な変革が起こっているのかというのを私はまだ検証できていません。そういう動きもあるのかもしれないが、少なくとも私が見た範囲では、ひと皮をめぐってみると、結局そこに日本人の顔があったということが非常に多いです。

—働いている人たちはどんどん転職するから、リーダーがたまたま日本の方であったとしても、そんなにうまくいく話ではないように思いますが…。

富田 合併相手が国有企業である場合と、独資企業で一から立ち上げた会社とでは、状況が違います。新卒を雇って、最初から育成する場合にはうまくいくようですね。ただ国有企業での経験のある人の場合は、ある意味で日本とかけ離れた中国のものの作り方に一回ひたっています。そういう人たちを再教育するのは大変なことです。一概には言えないのですが。

—大学発のベンチャーや合資会社等々のお話をうかがってきましたが、これまで沢山あった国有企業は、今後どうなっていくのでしょうか。

富田 国有企業にもいくつか行ったことがあります。自動車関係の国有企業はソ連型の生産システムです。原材料から何から全部工場にインプットすると製品が出てくるという巨大な工場があって、全部内製をしています。したがって従業員は膨大な数になります。国有企業の最大の問題点は、福利や医療、あるいは従業員の生活環境にかかわることすべてを会社が丸がえでやってきたことです。この体質が変わらない限りは絶対に収益は出ないし、余剰人員は減らせません。

住宅問題一つ取っても、現在持ち家政策を強力に押し進めようとしています。従業員が持ち家でも持って、会社の住宅費負担を軽減しない限りはうまくいかない。これは1年や2年で変わるようなものではなく、おそらく相当長い時間がかかるのではないのでしょうか。リストラをしていっても、再生の見通しがある会社はいいですが、見通しがなければ、結局は何らかのかたちでつぶしていくしかないかもしれません。

中国政府から見ると、国有企業と外資との合併は、ある意味で、余剰人員を引き取ってもらったというメリットはあるでしょう。

—中国ビジネスの問題点の指摘は、主として日本を念頭に置いたお話だったと思いますが、欧米の会社はこういう点についてどんなふうの問題を解決しているのか、あるいはしていないのか。どうなっていますか。

富田 まず私が中国に行って感じたことは、日本の投資会社と欧米の投資会社の決定的な違いは、社長さんが中国人

か日本人かということです。つまり欧米の会社は欧米の方が自ら出て行って社長をやるというケースはほとんどありません。何らかのかたちで信頼のおける中国人のパートナーがいて、その人が現地法人の社長をやっています。つまり中国型の経営をします。収益が上があればそのままその人にやってもらえばいいし、だめならほかの人が変わってもらう。

日本の場合は本社の人が行って、中国人との交渉、契約すべてを日本人の手でやろうとする。ですから日本の感覚で進めてしまい怪我をする。だからこういう苦勞話があるのは日本の特徴かもしれないですね。欧米の方はこういう部分には最初から手を染めない。そこはもう中国の方にお任せなのです。

—フォルクスワーゲンなどはだいぶ昔から中国に進出していますが、そういう方式なのですか。

富田 そうです。最近新しく出てきた会社でもみんなそうです。それでも会社としてたとえば政府とのあいだでいろいろ調整が必要なことが出てくると、とくにアメリカの会社にはロビーイングという考え方あって、アメリカのロビーイングファームがちゃんと北京に出先を作って、ロビーイング活動を組織的にやろうとします。だから会社はロビーイング活動に関してちゃんとお金を出して、1社でできなければ業界で取り組むということを経営としてやっています。日本はそれがないですね。

—日本から投資する方はどうして欧米型の投資をしないのでしょうか。

富田 これは私なりの分析ですが、欧米の方は日本と比べると、中国市場をまず開拓したいという思いで来ているのだと思います。だからまず営業マンが来る。当然言葉の問題もあり、結局中国国内の営業は中国人でなければできないということがわかります。

一方、今までの日本の投資は、生産拠点として投資です。トヨタが典型的の例ですが、工場長が現地に行くわけです。日本の品質管理を持ち込んで、現地の人を教育するわけですから、これは中国人の人に任せるわけにはいきません。そして作ったものは外に出せばいい。これが今までの中国での日本のものづくりです。ところが中国でものを売っていこうと路線を切り替えようとした場合には、今の日本の生産拠点型の会社のマネジメントは大きく変わらざるを得ないと思います。

—鍛造品のためのいい原材料が手に入らないということですが、日本ですとJISなど規格品がありますね。そういうものもないのですか。

富田 詳しくないんですけども、規格というのはあるのではないかと思います。ただ、鋼材を中国国内で買っても、

品質が安定しないということをよく聞きます。おそらく規格の問題というよりは、ものづくり、品質管理の問題ではないのかなという気がします。

—ダイカストも品質が安定しないので、中国に出るといふことには、なかなかありません。

富田 鋳物の例ですが、スクラップの品質がものすごく悪く、6割のスクラップを日本から輸入しているという会社がありました。中国は自動車産業がまだ立ち上がっていないので、良質なスクラップが出てこないのです。だから実は中国でいいものを買おうとすると日本よりも高く、結局日本から輸入していたりします。あとは日系の企業から出てきたスクラップをもらってくるということで、非常に苦勞されていますね。

日本の場合にはダイカストというのは自動車の軽量化、アルミ化で発展をしてきたと思います。中国はまだアルミ化は難しいと思います。現在は、軽量化という考え方よりは、いかに安く作るかというのがポイントになっています。トラックの例でみると、5トン積みトラックが10万元、約150万円ぐらいで売っています。原価で売ろうとすると、とても軽量化など考える余裕はないでしょう。つまりマーケットの層が日本と比べると非常に低価格なので、軽量化のニーズが出てくるのはもうしばらくかかるのではないかというのが私の印象でした。

—エンジンをつくる場合も、まだ軽量化のメリットはないわけですね。

富田 マーケットが全然日本と違うのです。バルブメーカーから聞いた話ですが、日本での鋳物づくりをやめて、中国で鋳物づくりをやりたいと、中国の会社に交渉に行った。すると、同じようなものを日本では2万円ですべて売っていて、中国では5000円ですべて売っている。もちろん品質は悪いです。品質に関する技術をあげるから、とにかく2万円のものづくりをやってくれと頼んだら断られたと言います。「じゃああなたはいくら買ってくれるんですか」「年間500トンです」「そんなわずかなビジネスのために日本のスタンダードでものづくりをやったって、あなただけにしか売れないでしょう。中国の中でそんなもの買ってくれるところはないんですよ」と言われたという。つまりマーケットが全く違うということだと思います。

日本の品質のものを中国へ持って行って売れるかというのと、売れない。やはり中国のマーケットに合わせたものづくりとやろうと、考え方を考える企業もあります。中国の市場自体が変わっていくには、多少時間がかかるのではないかという気がします。

—問題点の指摘の部分で、労働力の流動性で、有能人材の定着率の低さとなっていましたけれども、日本から進出し

た企業などは給与体系はどうなっているんですか。

富田 トヨタのケースでは、ほとんど日本と同じような給与体系でやっています。他方、欧米の企業、中国系の企業は、日本で最近よく言われている能力給になっています。ソフトウェアの分野では、中国の会社でももうストックオプションが当たり前になっています。欧米の企業もストックオプションを使っています。日本の会社はそれをやっていないので、どうしてもいい人が採れないんだということをよく聞きました。

—最後のところで指摘されたように、オープンモジュラー型の製品については労働コストが非常に効くので、品質的にも標準化が進んだものを使えばほぼ国際商品ができる。でもすり合わせ型の商品になるとまだ大差がある。ただ一応製品は大量に作られているので、生産シェアを出すと中国は高くなる。実は全然異質のローエンドのマーケットを二重構造で作っていて、日本勢も出ていったときはあえて品質を落としてローエンドに合わせている。

だから世界の生産工場というときの表現は結構気をつけなくてはならず、大量に作っているぞという意味では中国は世界の生産工場になっているが、国際商品として輸出基地になってきているのは、エレクトロニクスなど一部製品に限られている。そして、国内市場が大きいからローエンドのマーケットも非常に大きいのではないかと思います。

富田 全く同感です。市場構造が違いますね。競争力が全体としては上がってきているけれども、上がっている分野というのは一つの類型があって、モジュラーオープン型で、それ以外のところはそれほど大きく発展しているわけではないということです。

—PL法や品質を保証するような法律は整備されているのですか。

富田 PL法はありますが、消費者の意識まで含めてそうになっているかという点、まだそこにはほど遠い感じがします。ただ、気をつけなければいけないのは、補償能力が高いということもあるのですが、日本企業が目の敵にされているところがありまして、たとえば一昨年の東芝のパソコン問題、三菱バジェロの問題は、マスコミに煽られて、それで結局ひどい目に遭っているというケースが多いです。

よく調べてみたら、たとえばバジェロの場合は不良品と言われていたのは実はにせものだった。純正部品ではなかった。そんなもののために補償できるかと言ったところには、もう世論が完全に三菱を敵にしていたから、動きが取れなかったという状況です。世論と実態とはすごくかけ離れているのは中国も同じで、気をつけなければいけないと思います。

—オープンモジュラー型はごく限られた分野ではあると思

うんですけども、技術的にも最先端を行っている分野があります。光学の薄膜の分野では浙江大学あるいは武漢で、ちょっと前のインドのバンガロールのような感じで、アメリカが通信業界の不況で戻ってきてベンチャーを立ち上げています。膜設計能力が中国人が優れているのか、あるいは単に母数が多いので優秀なのが出る確率が多いのか、よくわかりませんが、ちょっと要注意だなと最近感じています。ほかにそういう分野はありますか。

富田 ソフトウェア分野が該当するかもしれません。自動車産業でのものづくりは、突出した天才よりもチームワーク、あるいは水準のそろった労働力によるチームプレイが重要です。しかし、ソフトウェアは個人の力がかなり大きく影響します。光の薄膜というのはそういう分野なのかは私にはちょっとわかりませんが、いずれにしても個人の能力は中国の方はすごく高いし、しかも母数が大きいです。たとえば清華大学や北京大学などのトップクラスの理工系大学は何千万人という母集団の中から戦い抜いて残った人たちです。ですから日本の会社がソフトウェアの人材を採用してみると、もうとにかくレベルが高いというふうにおっしゃっています。個人的な能力がストレートに影響するような産業分野は、たしかに中国は非常に将来性があるのではないかと思います。

上海の交通大学では金型の設計をやっているんですね。フォードとかGMがお金を出して、共同でいろいろなことをやっています。欧米の自動車メーカーから見ても、高いコンピュータを使った設計能力にある一定の評価を与えているのではないかという印象がありました。繰り返しになりますが、強み、弱みというのはその産業の特質を細かくよく見た上で強い、弱いというのを論じないといけない。一律に中国はだめと言っているつもりでは全くなくて、強い部分も

あるし、そうでない部分もある。それは個別に見ていかなければいけないということだと思います。

——10年ぐらい前に中国へ行ったときに、今日お話を伺ったようなことを非常に強く感じました。ただ一つ気になりましたのは、一人っ子政策というのがそのころスタートして、その後罰則を伴って強化されていますね。それによる将来的な影響はどうなんでしょうか。

富田 一人っ子政策とは人口抑制の政策ですが、問題はどこに帰着するかというと、改革解放以来、沿岸部と内陸部のあいだで膨大な所得格差が広がっている。沿岸部は先進国になった。でも内陸は相変わらず最貧に近い発展途上国で、そこが人口激増区になっているわけです。沿岸部は先進型になっていますから、だんだん少子化に合ってくるが、内陸部は完全に取り残されてしまっている。トウ小平は沿岸部を豊かにしていけば、それがどんどん内陸に浸透していくというふうに半ば期待をもってあの政策をかけたんだと思いますが、現実には内陸には何の恩典もなく、相変わらず人口激増になっているという状況です。

だからといって農村だけ限定して一人っ子政策を維持して、都市部は解放することは政治的になかなかできません。今までのような発展パターンがどこまで続くかという一方で、政治的な安定や社会的な安定が実は問題になってくると思います。中国政府も格差の是正のため西部大開発という構想を掲げています。最近いろいろな意味で治安や風紀の取り締まりを始めているのも、世の中にいろいろな不満がたまり始めているからかもしれません。

——ありがとうございました。今日は大変貴重なお話を伺うことができました。皆さんどうぞもう一回拍手をお願いしたいと思います。(拍手)

(第8回：平成14年3月14日)