

No.136

March 1, 2008



Information

作業部会報告

21世紀型ものづくりと社会へのメッセージ

—技能の明日を考える—

21世紀型ものづくりと社会・若年者啓発作業部会

社団法人

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

- 1) 国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。
- 2) 国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。
- 3) 国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。
- 4) 上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。
- 5) 上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

21世紀型ものづくりと社会へのメッセージ —技能の明日を考える—

まえがき

ものづくり大学学長 野村東太

2005年度と2006年度の2年間にわたり、工学アカデミーの作業部会で検討した結果を、「21世紀型ものづくりと社会へのメッセージ」という表題で報告書にまとめ、ここにご報告する。

今回は、様々な「ものづくり」のうち、おもに製造業を中心に、しかも、技能分野の未来に比重を置いたものとなっている。また、個別分野での未来像や提案は四半世紀後を一応の目安としている。

なお、内容は下記の目次通りで、それぞれの項目を各委員が分担して執筆した。委員によって意見に多少の差異はあるが、統一見解にまとめて、無難ではあるものの存在が薄い報告書になることを避け、各委員の項目ごとの主張や提言を、出来るだけそのまま報告することにした。

また、今回は学術的な正確さもさることながら、何よりも多くの方々に広く読まれることを念願して、できるだけ「難しいことを易しく述べる」「主張を鮮明にする」ように努めたつもりだが、いまだに不十分だと深く反省している。ちなみに、各章の冒頭に、その章の要旨をつけた。

目次の詳細と執筆委員の構成は次の通りである。

目次内容

まえがき：

(野村東太)

1. 「もの」と「ものづくり」の実状は	(野村東太)	1
1.1 「もの観」と「ものづくり」の大変化		1
1.1.1 所有権から利用権へ		1
1.1.2 価値観の多様化と主人公の交代		1
1.1.3 環境がものづくりを変える		2
1.2 若者は、なぜ「ものづくり」から離れたか		2
(現代社会の課題と大人の反省)		
1.2.1 見えないものづくりと他人事社会		2
1.2.2 生産体制と失われた自己実現		3
1.2.3 ものづくりの斜陽化と技能伝承の課題		3
1.3 技能の明日はどうなるのだろうか		3
1.3.1 科学・工学・技術・技能の区別は何か		3
1.3.2 技能の未来像(消える技能、残る技能、育つ技能)		4
1.4 技能の情報は、なぜ伝わらないのか		5
(体感・体得情報の欠如と断絶の時代)		
1.4.1 自得情報・自創情報の不在		5
1.4.2 情報伝達欠如・欠落の社会		5
1.4.3 重大情報断絶の危機		6
1.5 ものづくりの正道に帰ろう		6
(知財権の隆盛はものづくりの危機か)		
1.5.1 知財権推進は人類の幸せか		7
1.5.2 知財権の大幅開放が正論ではないか		7
2 ものづくりに関わる国の政策	(飯塚幸三)	9
2.1 ものづくりと社会・経済		9
2.2 近年における国の政策		10
2.3 これからのものづくり政策		12
2.4 政策の成果と将来		13
2.4.1 ものづくり技術の維持		13
2.4.2 新たなものづくり		13
3 2025年の技能と情報通信技術の関わり	—現状と提言— (小島俊雄)	15
3.1 はじめに		15
3.2 ものづくり現場のデジタル情報処理と技能		15
3.2.1 製造現場のデジタル技術情報処理		15
3.2.2 技術予測から見た2025年における情報通信技術と 製造技術の状況		17
3.3 製造技術情報基盤の政策支援		20
3.4 まとめ		21
4 技能研究における課題と提言	(岩田一明)	22
4.1 技能の価値再見と研究への動き		22

4.2	技能研究の現状	23
4.2.1	技能上達のプロセスと特徴	23
4.2.2	技能研究の主な流れと代表的な概念	24
4.3	研究の方向と提言	26
5	技術及び技能の本質的な側面と 産業・生産構造の変化を踏まえた望ましい伝承への提言 (伊東 誼)...	29
6	2025年へ向けた技能振興の具体策 (木内 学)	36
6.1	緒言	36
6.2	「特定産業技能」の指定(認定)、高度化、保持、継承の支援	37
6.3	「特定産業技能者」の認定(認証)、技能力強化の支援	38
6.4	「特定産業技能者」の顕彰、社会的地位の向上	38
6.5	「特定産業技能者」の組織化	39
6.6	「先導的特定産業技能」の開発	39
6.7	「産業技能記録運動」の展開	40
7.	「ものづくり」のための「人づくり」は(野村東太)	42
7.1	人づくりの根源を改めよう (ものづくり以前の重大な教育問題)	42
7.1.1	形式知偏重・体得知軽視の反省	42
7.1.2	平均能力養成の弊害と学育思想の復権	43
7.2	ものづくり大学の「人づくり理念」	43
7.2.1	人づくりの原点に立つ	43
7.2.2	ものづくりの原点から出発する	44
7.2.3	総合的なものづくり能力を目指す	44
7.2.4	感性と倫理観を持つ人間づくり	44
7.2.5	産学協同の学育を目指す	44
7.3	臨場・臨物工学と「ものづくり学会」創設の提言	45
7.3.1	既存の工学系大学教育の反省	45
7.3.2	臨場・臨物工学の創設	45
7.3.3	「ものづくり学会」創設の提唱	45
	まとめ (野村東太)	47

委員構成

飯塚幸三 (日本計量振興協会会長)
伊東 誼 (神奈川工科大学客員教授、東京工業大学名誉教授)
岩田一明 (大阪大学名誉教授、神戸大学名誉教授)
木内 学 (帝京平成大学教授、東京大学名誉教授)
小島俊雄 (K. K. ゲンテクシステムズ代表取締役)
野村東太 (ものづくり大学学長、横浜国立大学名誉教授)

なお、委員会の検討過程で、長谷川幸男(早稲田大学名誉教授)および井上憲太(コンボン研究所所長)両氏の意見を伺った。

1 「もの」と「ものづくり」の実状は

ものづくり大学学長 野村東太

要旨

21世紀型の「ものづくり」を語るに当たって、まず、「もの」そのものが、現在そして未来に向かってどのように変化し、人々や社会が、その大変化をどのように捉えているのか、その鍵として「所有権から利用権への変化」「価値観の多様化と主人公の交代」「環境がものづくりを変える」の3つを挙げた。

ついで、「若者のものづくり離れ」の原因を、広く社会的・歴史的背景から探り、その鍵として「見えないものづくりと他人社会の現状」「現代生産体制と失われた自己実現の夢」「ものづくりの斜陽化と旧来型技能伝承の課題」の3つを挙げた。結果として、ものづくり離れの大半の原因が現代社会の中にあり、これらをつくってきた大人側に責任があることを述べている。

さらに、技能の未来像について、「消える技能、残る技能、明日育つ技能」の3つに分けて言及した。また、技能情報が伝承し難い原因を、現代社会が抱えている「自から体得し、自ら創る情報の不在」「情報伝達の不備と断絶」「重大情報の断絶」の現代情報3大欠陥と関連させつつ述べた。

最後に、最近クローズアップされている知的財産権の問題に言及し、知財権の擁護・推進が人類の幸せに繋がるのか疑問を呈し、「知財権の開放が正論ではないか」と延べ、知財権の促進は「ものづくり崩壊の危機なのではないか」と警鐘を鳴らし、ものづくりによる日本立国の正道に帰ろうと述べている。

1.1 「もの観」と「ものづくり」の大変化

ごく最近になって先進国で実現した「豊か過ぎるような、飽食・物溢れの社会」は、人類の永い「もの欠乏」の歴史上で初めての経験であり、「もの」に対する価値観、つまり、「もの観」の激変をもたらし、ひいては「ものづくり」に対する考え方や対応の仕方も大きく変えた。

この変化の内容を要約すると、下記の5つであると思う。

1.1.1 所有権から利用権へ

1) 衣食住に不可欠な「基本的なものの獲得」が容易になると、ものの物質的な希少価値は相対的に低下し、「もの」や「ものづくり」に対する価値観も大きく変化してきた。

2) 「もの」が一応満遍なく行き渡ると、もはや、ものの所有量の多寡が個人のステータスを示さなくなってきた。財産としての所有権や占有権は価値が低減し、合目的な利用権や使用権へと価値を変貌しはじめた。このことは、「ハードとしてのもの」から「ソフトとしてのもの」への価値の移動でもあり、たとえば、ものを所有しないしは専有しないで、必要な時に必要なものの利用だけを享受するレンタルシステムの展開などは、その典型と考える。土地や別荘やオフィスも、車や事務機器のレンタルも、この傾向上にある。

1.1.2 価値観の多様化と主人公の交代

1) もの溢れの現実、人々に「本当に必要なものとは何か」を考えさせはじめた。

個人や消費者にとっては、量から質への志向となり、価値観の多様化と個性化が進んできた。ものづくりは、供給者側の論理による平均的少品種大量生産と大量販売・大量消費の図式から、需要者側の論理、つまりカスタマイゼーション(顧客特注)による多品種少量生産の流れとなってきた。これは、主人公が生産者側から消費者側へ変わったことを意味している。

この主人公の交代は、「教育の主人公が教師から学生へ、医療の主人公が医師から患者へ、行政の主人公が役人から市民へ」と交代しつつある社会全体の傾向と同一の流れとして把握する必要がある。

2) 平均的な価値を基準とした少品種・大量生産は、ものを広く大衆に行き渡らせる功績を果たしたが、同時に、つくり手の心を感じない、生産者の見えない無責任なものも生み出した。

人々は、利益を求めて短期間で回転する大量生産・大量消費の社会に疑問を持ちはじめ、高質で優良なものをつくって、長期間大切に使用しようとする志向が生まれてきた。つまり、ものの消費促進と短期回転による生産向上のシステムに反省が生まれてきた。当然ながら、ものづくりの基本的な姿勢の転換でもある。

1.1.3 環境がものづくりを変える

1) もの溢れの時代を迎えて、人々は、「もの」や「ものづくり」の恩恵と同時に、負の部分にも目を向けはじめた。環境汚染や地域格差など、ものづくりの倫理が課題となってきた。工場公害汚染や廃棄物処理の問題、さらに、地球レベルの温暖化・砂漠化や化石燃料枯渇の問題など、人類や動植物の生存や成育のために解決すべき多くの課題が生じてきた。

言い換えれば、必要なものと不必要なもの、善いものと悪いものが明確になってきた。同時に、大量生産・消費や短期回転・使い捨ての考え方、ひいては、経済や効率優先の生産体制の仕組みも反省が求められてきた。

2) ものづくりと同時に、ものの使われ方、つまり、使途責任が問われてもきた。戦争や貧困に寄与するもの、つまり、人類・生物の絶滅や生活の格差拡大や健康や文化の破壊などに寄与するものの否定であり、為政者だけでなく科学者・技能技術者・生産者も、ものづくりの段階からその生産責任が問われてきた。

1.2 若者は、なぜ「ものづくり」から離れたか

(現代社会の課題と大人の反省)

若者がものづくり離れに至った主な原因は、大きく次の3つであると考えている。その原因の多くは、現代社会の根源にかかわるものであり、一朝にして払拭できるものではないが、戦後、われわれ年長者が営々として築き上げてきた社会構造や生産構造、さらに、生活態度に至るまで、今や、再考すべき時に来ていると考えざるを得ない。少なくとも、若者に「ものづくり離れ」の責任があるとは思えない。

1.2.1 見えないものづくりと他人社会

1) 若者は、生まれた時から[もの溢れの生活]をしてきた。したがって、ものの不足や欠乏の苦難、言い方を変えれば、「もの」の有り難味、つまり、「ものの恩恵」を体験していない。「もの」や「ものづくり」を軽んじる根源は、まずここにある。

このことは若者の「理工系離れ」にもつながる。敗戦後、科学と技術により獲得した豊かな物質文明と長寿社会の恩恵を、生まれた時から豊かな環境にいる若者が、肌

でその有り難味を感じることは困難なのである。

2) 「ものづくり」の現場が日常生活の身近になく、見えない。したがって、ものに触れる機会も、自らものをつくった経験もなく、感動もない。感動がなければ人は興味も持たず、行動も起さない。当然ながら、ものづくりの楽しさや喜びも味わったこともない。これが現状である。

3) 現代は、分業で他人任せの社会である。たとえば、衣服縫製・食糧生産・住宅建設などの基本的な衣食住から、保育・教育・医療・調理・掃除洗濯・冠婚葬祭に至るまで、多くは自ら手を下さず、他人がつくったものを金の代償で手に入れるだけの社会であり、現状のものづくり離れは、この「他人まかせ社会」「現代他人ごと社会」の「ものづくりへの反映」でもある。

1.2.2 生産体制の課題と失われた自己実現

1) 現代の分業大量生産体制の下では、個人は、とかく、巨大な「ものづくり工程上の一歯車」となりやすく、生産全体の把握も困難で、自らの労働の位置付けや意義も実感し難く、したがって使命感も達成感も少なくなり、若者にとって自己実現の夢も得難くなっている。端的に言って、現代の多くの企業は、使命感と働き甲斐が感じられ難い現状にある。

2) 科学技術の進展により、NC機械をはじめ高精度な機械加工化や自動化・自働化やIT化が進み、従来型の一般技能者の人手による加工需要が急減した。このことは、結果として従来型の中小企業需要の減少や従来型一般技能者の処遇や生涯所得の低下をもたらした。つまり、旧来型一般技能者の誇りをも失わせてきた。

1.2.3 ものづくりの斜陽化と技能伝承の課題

1) ものづくりの現場が次々と海外に流出し、国内のものづくり、とくに製造業の空洞化が実感として感じられはじめてきた。また、国内建設業についても、人口の減少にともなう公共投資の激減は既に始まっており、若者にとって、ものづくりが斜陽産業と見えても不思議ではない。

2) 旧来の技能伝承の多くは、教えるよりも自ら習い学ぶという、自主的に物事を修得の長所はあったものの、如何せん、親方を中心とした職域固定、技能独占、情報専有、生活支配の4つに支えられた徒弟制度によって成立していた。したがって、現代の社会環境から見ると時代錯誤の面が強く、後継者育成手法としても不適切な点があり、若者への魅力を失ってきた。

1.3 技能の明日はどのようなだろうか

日本ものづくりを支える原点は技能にあると思うが、未だに科学、工学、技術、技能の定義も不明確で、技能の位置付けも明確でない。また、明日の技能は新しい視点の技能に大きく変わると予測しているが、この点も不鮮明である。ここでは、この点を私なりに述べる。

1.3.1 科学・工学・技術・技能の区別は何か

私の今回の報告では、科学・工学・技術・技能という言葉は、次のような意味で使用している。

1) 科学 (Science) とは、普遍的・体系的・論理的で、経験的・合理的に実証が可能な原理・原則的な知識。

2) 工学 (Engineering) とは、科学の原理を工業生産に応用して生産内容を向上

さすための体系的な学問。

3) 技術 (Technology) とは、科学や工学を実地・実物に応用して、自然の事物を改変・加工し、具体的な「もの」にする技。

4) 技能 (Skill) とは、技術分野のうち、視覚・触覚・聴覚・味覚・嗅覚などの五感により体験・体得した能力を基に、思想や理念をもって自然の事物を改変・加工し、具体的な「もの」にする技。

1.3.2 技能の未来像(消える技能、残る技能、育つ技能)

技能の将来について、私は、既存技能の多くが消えていくものと予測しているが、なかには今後も存続すると思う技能もあり、さらに、これからは、従来とは異なった新しい視点の技能が展開し、重点がそこへと移っていくと予想している技能もある。

具体的には次の通りである。

1.3.2.1 消える既存の技能

従来の一般的な技能は、いずれ消滅すると思うが、技能のレベルによって存続の可能性や期間は、次のように変わると予測している。

1) 通常技能：このレベルの通常技能は、開発途上国における代行化が進み、同時に、日本では技能情報のデータベース化や ICT 化や、さらに高性能の NC 機械やロボットによる生産の自動化・自働化・計測化なども進行して、時期は技能の内容で異なるが、その多くは次第に消滅すると思う。

2) 高度技能：通常技能よりは長く存続すると思うが、通常技能の場合と同様の理由で、いずれ大半は消滅してゆくと予測している。

1.3.2.2 残る既存の技能

下記のような既存技能は、将来も存続、ないしはその一部は今よりも発展する可能性があると予想している。

1) 超高度技能：超高度の感性に基づく体験・体得知により得られた卓越した技能の一部は存続すると予測する。たとえば、非球面レンズの研磨・きさげ、ナノレベルの加工、特殊な保全技能などの一部がこれに当る。

2) 伝統的・技能：伝統技能を継承・保存すること自体に意義のある分野も続くと予想する。たとえば、次のような技能である。

- ・歴史的建造物の修復・保全技能 (宮大工、左官、瓦職人等)
- ・博物の修復・保全技能 (古美術や古文書等)
- ・遺産機能の保存技能 (蒸気機関車・古代船の運行等)
- ・歴史的製法の保存技能 (タタラ製鉄・和紙漉き等)

3) 芸術的・技能：製作者の感性や命を具現する個性的・芸術的分野の技能は残り。一部は発展すると続くと思う。たとえば、以下のような技能である。

- ・美術・工芸分野の技能 (民芸品、陶芸品・織物・家具等)
- ・無形文化財の保全技能 (伝統的民芸・祭り・儀式等)

4) 経済的・技能：一品特注の製作などで、技術的には機械のみによる加工が可能でも、それ専用の機械の設置が採算合わない分野の技能は残ると思う。つまり、現状の大量生産向きの工作機械では製作が不採算な分野で、たとえば、以下のような分野の技能である。

- ・試作分野の製作技能 (試行錯誤検討品・試供品等)
- ・少数特注品の生産技能 (特殊な高質・個性品等)
- ・個別対応品の製作技能 (義足・義歯・義眼等)

1.3.2.3 明日育つ新技能

明日の日本を背負う技能は、今までとは異なった次のような技能だと思っている。この新技能は、実は私が、「ものづくり大学」の学生が身につけてくれることを願っている理念の一つでもある。

1) 創造的 skill: 現場で現物に実際に見て触れて体感し、着眼し発想し、さらに創造へと展開する、つまり、「感性と体得知に基づく創造的叡智を持った技能」は、今後ますます重要で大きく進展すると考えている。従来型の頭脳のみ知識や調査分析や統計処理だけでは、決して新たな飛躍は生まれないからである。なお、この点については7.1.3の「現場・臨物工学」の項でも述べる。

2) 無形的 skill: 既存の skill は、有形のものをつくる skill が中心で、五感と身体の動きに頼る skill が主であった。しかし今後は、これだけでは不十分であり、科学・技術知識やマネジメントの素養を持った skill も不可欠である。

つまり、ものづくりを企画し設計する skill、各種情報を処理し自らも情報を創る skill、ものづくりの最適な手段やシステムを創る skill、新たな生産組織を運営・経営する skill など、「無形なものを生む skill」が非常に重要になると考えている。

3) 魂伝承 skill: 体験・体感・体得の仕方や、体感・体得記憶の保全方法、さらに、これを他人にも伝えて身体や頭脳の働きにも変換する skill は、今後、急速に進んでくと予測する。きわめて解決困難な課題であるが、現代のものづくりには、学問的な知識や技術以前に、かつての巨匠たちが秘めていた崇高な倫理観と「ものづくり魂」の伝承が、まず不可欠だからである。

なお、この問題については、1.4「技能の情報は、なぜ伝わらないのか」の項でも述べる。

1.4 技能の情報は、なぜ伝わらないのか

(体感・体得情報の欠如と断絶の時代)

技能に限らず、体感・体得情報が極めて欠如・欠落している現代、しかも、最も重大な情報が断絶して伝わらない現代、その危機的な状況と起こりうる危機について、以下に述べる。

1.4.1 自得情報・自創情報の不在

情報通信技術(I.C.T. Information & Communication Technology)の時代と喧伝され、人々は、一見、溢ればかりの情報を得ていると錯覚しているが、実は、各個人が自ら獲得し、消化し、智慧として昇華し得た情報は極めて貧弱で、しかも、若者たちが自らの情報を自ら創造するに至っては、ほぼ欠落していると言っても過言ではあるまい。

この主な原因は、既存の教育が、物事を智識として一方的に注入するのみで、自ら気づき、感じ、疑問を持ち、自ら問題に取り組み、解決を探り、確信の持てる情報を自ら確立する機会を阻んできたことにあると考える。

現代の若者の多くは、自ら情報を創ることの意義や重要さに気付かず、創った体験もなく、創る方法も知らない。とくに、自ら経験し体得する情報に至っては、ほぼ皆無に近いと思う。現代教育の危機はここにあると考える。

1.4.2 情報伝達欠如・欠落の社会

現代は、情報伝達欠如(I.C.A. Information & Communication Absence)の時代だと

思う。まさに、I. C. T. 以前の基本問題である。家族・地域・学校・職場のあらゆる所で人々は孤立しているように見える。身の回りの人々とのコミュニケーションの欠落は、今や危機的状況にあると思う。

たとえば、家庭内では家族個々人が既に孤立している。一家揃っての食事や談笑や会話や団欒は殆んど失われつつある。とくに、多くの子供たちは祖父母・両親・兄弟と接触する機会も失い、極めて異常な孤独状況にある。

具体的には、孤居(独りで居る)、孤寝(独りで寝る)、孤食(独りで食事する)、孤楽(独りで楽しむ)、孤勉(独りで勉強する)、孤考(独りで考える)の6つである。私はこの現状を「家庭の6孤(個)悪」と命名する。

わが子の異常に気付かない親兄弟、同じ居間にいても別々のTVやゲームや読書をしている家族、自分の部屋に引きこもって堂堂巡りの孤考を繰り返す若者、独りでは死ねずに共通の死因も無いのに死ぬ目的だけで集まるインターネット自殺、情報の溢れる社会とは一体何なのだろうか。

専門化と分業化により、現代社会は急成長した。しかし、一方で生産も学問も他の部門はブラックボックス化し、相互の情報は分断され、結果として、生産の無責任態勢や学問の蝸壺化が進行したのも事実である。

建築の耐震偽装や生命科学のデータ偽造の発生、軍需産業に無定見に群がる科学者や企業人を見るにつけても、倫理なき情報社会下のものづくりは如何にあるべきかを見直さねばなるまい。情報と技能や技術を論ずる以前の、人類社会の根源的な重大課題である。

1.4.3 重大情報断絶の危機

現代は、情報通信断絶(I. C. B. Information & Communication Break)の時代だと思う。体験に基づいた極めて重大な体感・体得情報は、時を経て人が変われば何時しか断絶し、伝わらない。これが、情報社会と言われる現代の実態であり、重大な盲点であると思う。

たとえば、悲惨極まりない戦争の体験と実態の伝承は、今や風前の灯火である。戦争体験のない世代にとって、悲惨な事実も歴史的な知識でしかなく、その実態と痛みは伝わらない。敗戦後の飢餓も路頭の苦難も伝わらない。

のみならず、人々はオイルショックの体験すらも忘れ、バブル時代後の地価暴落の体験も既に薄れつつある。国土の人口過密や兎小屋生活の酷評も忘れて今や少子社会の到来を騒ぐなど、現在の情報断絶社会は、まともな社会とは思えない。この点、教育界・政界・官界・報道界、いずれの使命も責任も大きい。

体験・体感の非伝達は、体験・体得を原則とする技能の非伝承とも全く同根であると思う。体験・体感により生まれる叡智や創造力は、同様ないしは類似の体験・体感により生むしかないと考える。戦争や殺戮の悲劇は体験や体感の反復を許されないが、幸いにも技能の体験や体感の再現が可能である。伝達の方法は、現在の段階では、体感や体得の共有しかないように思う。

1.5 ものづくりの正道に帰ろう

(知財権への傾斜はものづくりの危機では)

最近、わが国で急速にクローズアップされてきた知的財産権への関心は、裏を返せば、日本の「ものづくりの衰退」と「ものづくり離れ」の実体を端的に現していると

思う。

1.5.1 知財権の推進は人類の幸せか

近年の日本で強い関心と呼んでいる知的財産権の強化推進、いわゆるプロ・パテント(Pro Patent、知的財産権を含む権利強化)の問題は、強化推進が研究開発を促進さす上で必要不可欠であり、一定の権利は擁護されねばならない。

しかし、最近のように、全面的かつ広範囲で長期に及ぶ権利主張となると、本当に人類に幸福をもたらすのか否かについては疑問があり、扱い方次第では、開発途上国の進展を阻害し、世界的な不平等と格差を拡大する結果になりかねない。

もともと、知的財産権の問題は、日本やドイツなどの優良な「ものづくり」に押されて1980年代にアメリカにおける「ものづくり」が大きく衰退しはじめ、止むを得ず彼等が防衛のために自国に有利な知財特許権へと逃避したことに端を発している。

その当時、アメリカの市民が日本の自動車を叩き壊す映像が世界に放映されたのは象徴的である。

ひるがえって、現在の日本は、当時のアメリカと非常に似ていると思う。中国はじめ成長著しい開発途上国に、ものづくりの面で追い上げられ、今や、プロ・パテントに逃避しようとしているのであろうか。最近の日本における知的特許権への熱狂振りには、「ものづくりの衰退」と「ものづくり離れ」の追認にも近いように感じられる。

世界中がこのままの傾向で推移すれば、いずれ中国やインドなども知財特許権で追従すると思う。困窮するのは、常に特許の恩恵に預かれない後進開発途上国の人々になりかねない。

知的特許権の保護は、科学・技術や産業の促進や展開には、動機付けの意味も含めて必要不可欠だと思う。しかし、バランス失った過度の権益保護と排他は、逆に科学・技術や産業の遅滞を招きかねない。なかでも、基本特許の囲い込みは、所有者には高利益だが反社会的な側面も大きく、開発途上国に発展阻害と疲弊をもたらしかねない。結果として、不平等な格差の拡大は抗争や戦争を招き、世界の平和を脅かす原因にもなると考える。

1.5.2 知財特許権の乱用は大問題である

本来、知財特許権、とくに基本的特許などは、可能な限り公開し、広くその恩恵を世界が共有すべきものであり、第二次世界大戦後から1980年代半ばまでは、いわゆるアンチ・パテント(Anti Patent、知的財産権を含む権利強化反対)が世界共通の認識でもあった。つまり、特許による過度の権益擁護と排他独占は、先進国の不当な利益享受であり驕りであると考えられていたと思う。

模造品や偽造品の横行は、発案し創造した当事者や先進当事国にとっては非常に不愉快でもあるが、多くの開発途上国では、廉価な模造品や偽造品によって、先進国の利便さの一部や文化の香りの恩恵に浴すことができているのも現実である。日本も、敗戦後の極貧状況下には、戦勝先進国の模造品と偽造品の廉売によって生きてきた面も大きい。つい先日までのことである。

これらを考えると、新たな創造や展開のためには、知財特許権による利益の一部は確保せねばならないが、その行使については、特許による権利は可能な限り抑制し、恩恵はできるだけ広く世界に開放すべきものと考ええる。開放によって、開発途上国の発展が促進されれば、結果として、先進国も含む人類社会全体が潤うことになると思う。いずれにしても、今後とも積極的な論議が不可欠である。

敗戦後の日本の復興と繁栄は「ものづくり立国」にその基盤を置いてきたことによ

る。知財特許権もさることながら、今後も日本は、優秀な技能や技術に支えられた高質な製品を提供することによって世界に貢献し、かつ、自国も潤うようにするのが正論のように見える。これこそが「ものづくり立国」日本の正道と思う。

注1：なお同時期にアメリカは、先進5カ国蔵相会議のプラザ合意(Plaza Agreement)により、ドル安を他国に認めさせて自国の産業を防衛した。

2 ものづくりに関わる国の政策

社団法人日本計量振興協会会長 飯塚幸三

要旨

ものづくりを代表する製造業はわが国の経済・社会を長らく支えてきた。バブル経済のころから、いわゆる空洞化も含めてその衰退が懸念されてきたが、90年代に入って不況の打開策としても製造業の競争力の強化は政府の施策として継続的に採りあげられてきた。とくに90年代末期からは「ものづくり基本計画」策定や、ものづくりにおけるIT活用など多くの施策が講じられてきており、最近では第3次科学技術基本計画や経済成長戦略の中でも「ものづくり技術」が採りあげられているが、これまでのところ高度技能の維持に必要な人材の育成やものづくりに関わる知的財産の確保など、大切な問題はまだ解決しておらず、思い切った施策の展開が期待されている。

2. 1 ものづくりと社会・経済

現代社会において、ものづくりは経済・文化を支える重要な要素となっているが、その内容はきわめて多様化している。伝統工芸や美術、デザインあるいはファッションのように美的な価値を与えるものづくりが高度工業化社会ではますます重要な地位を占めるようになってきているが、この作業部会が対象としているものづくりは主として製造業におけるものづくりである。特に資源の少ない我が国が戦後の高度成長により全世界の15%の経済規模に到達したのは、そのものづくりの力によることが大であったことは疑いない。国内総生産に占める我が国製造業の比率は1970年の36%をピークに現在の21%程度まで漸減してきた(図2.1 平成17年度ものづくり白書図112-1)。しかしこの比率は図2.2 同白書図112-2に見るごとく現在でも米国、英国、フランス等より高く、ドイツとほぼ同等

であり、今後も当分は我が国最大の産業分野であり続けることは疑いなく、我が国の生存にとって必須である。また雇用面から見ても、第3次産業の就業者数が増え続けているとはいえ、製造業就業者数はまだ全産業就業者数約6300万人の約2割を占めており、今後も世界に冠たる高品質を保ちつつ、生産性を向上して競争力を維持・強化していくための優秀なものづくり人材を確保することは国家的課題である。

表2.1は「国勢調査」(業種別統計*1)と総務省統計局による「労働力調査年報」(職種別統計*2)から抽出した就業者数の推移であるが、製造業就業者総数は1985年から20年での間に12%減となっており、職種別では専門職が71%増に対して、作業者は16%の減となっている。このことは専門職的な仕事が増えて、単純労働の作業が減少していることを示しており、今後もそのような傾向が続くものと予想される。

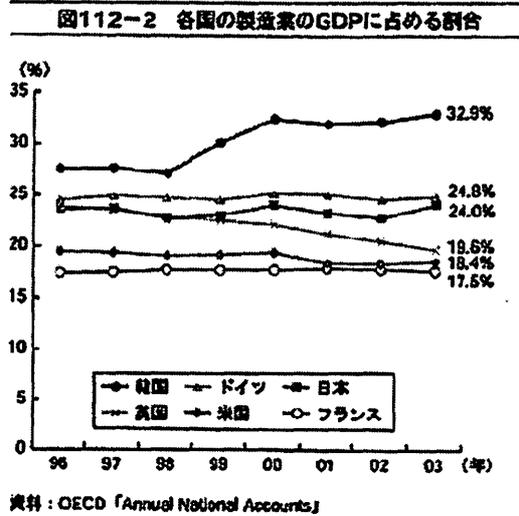
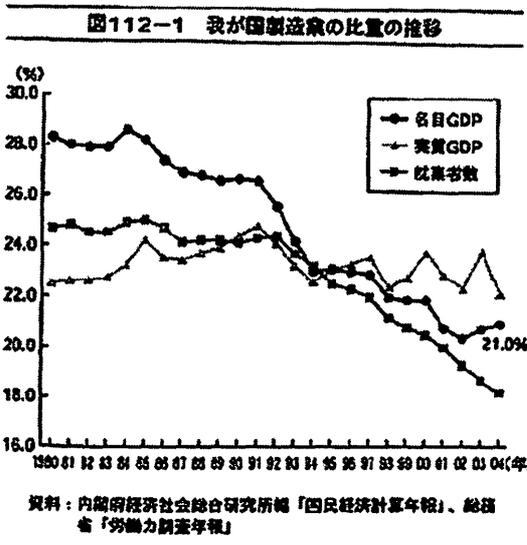


図2. 1 平成17年度ものづくり白書（図112-1、図112-2）

表2. 1 産業別および職種別就業者数の推移（数はすべて万人）

西暦年	1985	1990	1995	2000	2004
*1 製造業	1397	1464	1356	1233	1223
建設業・鉱業	536	591	669	631	634
*2 専門職技術職	538	690	790	856	920
製造建設等作業者	1689	1702	1687	1580	1415

2. 2 近年における国の政策

バブル経済期には自他ともに認める世界最強のものづくり国家であった我が国は、バブル経済の崩壊、そして引き続く金融危機の下で長期的な不況に見舞われ、米国を始めとする先進諸国の巻き返しと周辺の新興工業国の追い上げもあって、製造業の競争力は著しく低下してしまっただ。このような危機的な状況から脱出するため、我が国製造業はいわゆるリストラによって不採算事業を整理し、あるいは業務提携や設備廃棄によって筋肉質の企業体質への転向などに努力を傾注してきた。同時に国全体としての競争力の向上を図る必要が痛感され、主として米国をモデルに、研究開発体制の強化と、その成果としての新事業の創生に向けての施策が次から次へと打ち出された。

その第1弾が1995年の科学技術基本法の制定、そしてその翌年から5年間すなわち1996年から2000年にわたる第1次科学技術基本計画の策定であった。ここでは研究開発基盤の整備が目玉とされ、主として大学の施設が整備される一方、競争的資金の拡大と研究開発を担う人材の育成のための大学院の拡充が図られた。実用技術開発面では、

産学官の連携強化と人的交流促進が図られたが、ものづくりについてはそれまでの民間活力に期待するだけで、国としての施策は希薄であった。

こうして第1期が終わり、続く第2期基本計画は2001年1月に発足した総合科学技術会議の了承を経て、同年3月に閣議決定された。ここでは科学技術創造立国が標榜され、ライフサイエンスなど重点4分野を指定するとともに、競争的資金が一層拡充され、研究成果の活用を考慮した新たな管理システムとして、第1期に形成された研究評価体制が硬直的に実行される一方、研究資金の傾斜配分が進められた。しかしものづくりの基礎となる製造技術については、その重要性が指摘されてはいるものの、大学発ベンチャーの支援など間接的な施策に止まっていた。

この間に中国沿岸部など近隣諸国の経済発展は目覚ましく、我が国の製造業の競争力は著しく低下して生産現場を海外に移転せざるを得ず、いわゆる空洞化が懸念される状況になってしまった。そのような事態に対処するため、1999年3月には総理の下に産業競争力会議が設置され、2000年4月に国家産業技術戦略がとりまとめられて技術革新のための産学官連携、大学改革、創造的人材の育成、政府の制度改革などが提言された。政府の動きと前後して1999年3月には議員立法により「ものづくり基盤技術振興法」が制定され、それに基づいて翌2000年9月に「ものづくり基盤技術基本計画」が策定されて、ものづくり研究の実施、ものづくり事業者と大学の連携、熟練ものづくり労働者の活用、ものづくり産業の集積、ものづくり学習の振興などを図ることとなった。また上記の法律に基づく年次報告が平成13年から「ものづくり白書」として経済産業省、文部科学省、厚生労働省の共同で毎年国会に提出されてきている。こうしてものづくり技能の学習と伝承、技能者の育成などに関わる施策が関係省庁の政策に反映されてきており、ロボット創造競技会（ロボフェスタ）などの開催、ものづくり体験学習の支援とインターン制度の創設、ものづくり学習指導者の育成などのほか、従来から行われてきた技能者表彰制度（現代の名工）、職業訓練（能力開発）、技能五輪国際大会への派遣、同全国大会開催などのほか、2005年からは「ものづくり日本大賞」が新設され、総理による表彰が行われるようになり、最初の同年には25件、59名が受賞した。

一方、地域経済・社会の活性化を図るためには地域で活躍している中小企業のものづくりを支援することがかねてから課題となっており、地域における知的資産・技術力を集積してイノベーションを支援するための施策として、古くは頭脳立地法（テクノポリス）、リサーチコアが提案され、最近では地域コンソーシアム、産業クラスター、あるいは知的クラスターなどの名前で各省庁がプロジェクトを推進してきた。中小企業の活性化については経済産業省は継続的に様々な施策を実施しており、特に技術基盤の強化のため、技能の技術化、すなわち熟練技術者により暗黙知として継承されている技能やノウハウをIT技術を活用してソフトウェア化、データベース化するプロジェクトを実施した。すなわち2000-2003年には金型製作を対象とした「デジタルマイスター」プロジェクト、2

001-2005年には加工全般に関わる技能の技術化、並びに設計・製造を支援するソフトウェア作成のためのプラットフォームを開発する「ものづくり IT 融合化」プロジェクトが実施され、それぞれ生産技術の高度化に成果を挙げた。

中小企業に特化したものではないが、上記の技能の技術化（暗黙知の形式知化）の流れに沿って本アカデミーが関係した案件としては、2000-2001年度に新製造技術プログラムの一つとして経済産業省から委託を受けた産業技術知識基盤構築事業がある。産業技術に関する知識約10万件をデータベースとして集積し、ネット上での知識交流のプラットフォーム創生が試みられた。

2.3 これからのものづくり政策

不況にあえいでいた我が国の製造業の大部分はこの2-3年、すっかり活力を取り戻しつつある。これは前記の各種政策の効果と言うよりは、各企業の努力と国際環境の変化によるところが大きいと考えられる。したがって今後も現在の競争力を維持するために、また、まだ十分に回復したとは言えない地方経済と中小企業の復活のために、新たな戦略の策定と実行が必要であり、ものづくりについても新たな政策による支援が期待されている。

まず本年（2006年）3月に閣議決定された第3次科学技術基本計画では、政策課題対応型研究開発の推進4分野の一つとして、エネルギー、社会基盤、フロンティアと並んではじめて「ものづくり技術」が採り上げられた。

また財政・経済一体改革会議が策定し同年7月に発表した「経済成長戦略大綱」では、我が国を世界のイノベーションセンターに位置づけ、高度部品・材料産業とものづくり中小企業の強化が謳われているが、その下敷きは経済産業省が2005年5月に発表した「新産業創造戦略」と2006年6月に発表した「新経済成長戦略」である。後者では、我が国の強みが、高度な機能や品質を実現するための優れた部品や材料を供給する産業や高水準の製造設備を支える工作機械・計測機器などの関連産業の集積、さらにそれら大中小企業のメッシュ構造的連携にあるという認識に立って、重要な部品・材料産業と中堅・中小企業の一層の強化が必要であることが強調されている。そのための施策として、中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律（中小ものづくり高度化法）の制定が準備されており、ものづくりに関わる技術力高度化のための指針の提示、研究開発に対する支援、ものづくり技術者等の人材育成、技術継承の円滑化、知的財産管理のための体制作り、ものづくり教育の充実など、総合的な施策を強力に推進することとされている。

上記施策と関連して、経済産業省では2005年度から技術戦略マップ作りを始めている。当初の20分野は2006年4月に公表された第2版では24分野に拡大されたが、それらは大きく4分野にくくられており、製造産業分野がその一つとなっているが、その他の分野でもものづくりに関係する課題が多く含まれている。具体的なマップ作りは新エネルギー・産業技術総合研究機構(NEDO)に設置された産官学の専門家によるタスクフォ

ースによって行われ、過去の政策評価や今後の施策の策定に利用されつつある。

2. 4 政策の成果と将来

前節までにこれまで国がものづくりの支援のためにとってきた あるいはこれからとろうとしている種々の施策を示したが、本節では、我が国のものづくりに対するそれらの施策の効果と今後について考察する。

2. 4. 1 ものづくり技術の維持

1900年代後半には我が国の製造業の競争力には赤信号が灯っており、いわゆる3K問題として若者の製造業離れ、高齢化社会、小子化問題などの諸問題が山積していた。そのような状況下で、これまでの製造業が保有する技術資産をどのように継承すべきかが第1の問題であった。特にいわゆる暗黙知に属する技能が、後継者の不在と熟練工などの退職により継承されずに失われていくことに産官学各層に強い危機感が生じていた。技術という形式知と比べて、技能という暗黙知は属人的であり、継承には遙かに大きな困難が伴うものである。そこで考えられた対策が、ひとつは技能者に対する社会的関心の高揚であり、もう一つが前記施策に見られるような技能の技術化であった。

マスコミにおける「現代の匠」シリーズ記事、プロジェクトX番組、政府による現代名工の表彰制度、ものづくり学習の強化などが、技能についての社会的関心を高めたことは事実であるが、その成果は今もって不十分と言わざるを得ない。事実、理工系学部へ進学する学生の成績は他学部と比べて低位にあると言われており、3K問題が喧伝された当時から事態が改善されたとは言えない。2006年版中小企業白書でも中小企業へ就職する若者が依然として少ないこと、それによって技能の継承ができないでいることが指摘されている。ものづくり人材の確保のためには総理大臣による大賞の授与も一つの評価として効果はあると思われるが、国として特に大切な高度技能については、それによって名工の生涯の生活が保証されるような現実的な贈賞制度も検討されるべきであろう。

一方で進められている暗黙知の形式知化は、当面の技能者不足への対策と生産性の向上、さらには技能の教育・伝承にとって大きな効果があると考えられ、また人間の能力の機械化は技術の進歩にとって常に挑戦すべき課題でもある。しかしその結果として、いわゆる名工の活躍の場が少なくなることは避けられず、技能者の減少による技能の停滞など悪循環も懸念される。さらにノウハウが形式知化されることによって、技能が流出・拡散し、企業の競争力、ひいては国の競争力を損なうことも大きな問題として懸念される。技術者・技能者が定年退職後、あるいは現役のままでも海外企業にノウハウを伝授してしまうことが問題視されているが、個々の問題は各企業の技術管理体制に任されるべきものとしても、一方では高度技能者の処遇の改善、他方では技術ノウハウの管理体制の強化策について工夫すべきものと考えられる。

2. 4. 2 新たなものづくり

これまでの我が国製造業の強みは、技術者が製造現場を熟知し、あるいは現場技能者との密接な協力により、「ものづくり」が進められてきたことにあったと考えられるが、最近では徹底的な合理化を図るとともに、環境に適応し、かつ省資源あるいは脱資源のものづくりを指向して、設計段階から生産、検査、出荷さらにはその後の保守に至るライフサイクル全体のプロセスの考慮が必要とされることもあって、技術と技能の協力関係が希薄になってきていることは大きな懸念材料となっている。

このような状況を打開し、製造業が国際的にも競争力を維持するためには、これまでの産業分野、技術分野を乗り越えて、技能と技術を効果的に融合できる知的製造業を考える必要があると考えられ、本アカデミーにも2002年から3年にかけてその検討のためのタスクフォース（筆者が主査）が設置され、2002年8月には産学官に向けての提言をまとめた。その骨子は感性を大事にし、分野に囚われない自由な発想による企画と構想、そのための人財育成、長期的な視野も含めた揺るぎない戦略のもとでの研究開発などであった。また知的製造業の取るべき戦略として、真似の出来ない製造技能とノウハウの活用、およびノウハウを設計に織り込んだ製品開発などを指摘したが、これらは前記の暗黙知と形式知の統合、すなわちこれまでの技術の蓄積と経験あるいはノウハウの融合などと相通じるものである。国としてもこのような知的製造業を育てるためのインフラ作りの視点で各種政策を進めて行くことが望まれる。

以上

3 2025年の技能と情報通信技術の関わり ―現状と提言―

株式会社ゲンテクシステムズ代表取締役 小島俊雄

要旨

2025年における技能の特徴を情報通信技術と製造技術に関する現状と技術予測調査結果に基づいて推定し、必要とされる施策について、部会における検討結果を示す。具体的には、デジタル機器やシステムの利用に関する技能が現状より重要性を増すことが予想できる。そして、①製造現場における技能が情報通信技術を利用した形式で利用されていくこと、②機器やシステムの操作や作業に関する技能がシステム化された技術と密接に関係する融合が必要であることを示し、③その実現に資する基盤技術情報の整備について提言する。

3. 1 はじめに

「技能」は人によって定義が様々である。ものづくりにおける運動や作業と不可分の技術情報処理を指すという技能の面は共通している。21世紀を迎え、技能の新しい側面が課題として認識されるようになってきた。すなわち、ものづくりに用いられる機械システムがコンピュータソフトウェアで制御され、また、CAD/CAM/CAEを初めとする開発・設計等の知的活動の支援にもコンピュータソフトウェアが不可欠な状況になってきて、ものづくりに関係する情報処理の役割や「技能」との関係についての検討が必要になっている。

本稿では、ものづくりに関係する情報通信技術(以下ではICT)の現状と2025年における状況についての調査結果を分析し、機械産業を中心とするものづくりに関するICTと技能の関係について取りあげる。そして、部会における議論を踏まえ、2025年における技能の特徴や技能の進化について考察する。

技術と技能の関係は、相互に影響しあい、その結果、それぞれが発展してきた。そして、日本のものづくりの強さは技術と技能の融合にあると云われてきた。しかしながら、近年、製品開発に際して、人材を鍛えるプロセスを省略し、簡便なデジタル道具に操られた若年設計者が急増していることへの危惧も指摘されている。これらの視点を考慮しながら、人の創造力と判断力を活かす技能の進化を支援する方策を提言する。

3. 2 ものづくり現場のデジタル情報処理と技能

3. 2. 1 製造現場のデジタル技術情報処理

NC工作機械が導入・利用される以前の機械工場や加工現場には、工作機械メーカーや材料メーカー、工具・ジグメーカー等から、マニュアルやカタログ、技術資料等の紙を媒体として技術情報が提供されていた。また、加工現場においては、加工図面やそこに書き込まれた注釈等、紙媒体で加工現場に提供される情報によって加工が進められた。加工技術は担当する技術者・技能者の個々人に帰属し、個々の経験が加工現場に関する技術者

集団としての資産として、一部は作業標準書としてまとめられていた。技術情報の殆どは、個人、あるいは、技術者集団に共有され、職場での訓練をベースにした技能と一体化していた。すなわち、ヒューマンコミュニケーションをベースに、明示的な情報としては、紙媒体が情報共有の基盤であった。属人的な技能は、上記の明示的な技術表現を的確に理解し、作業や業務の品質や効率を改善・維持する主要な役割をも担っていた。

2006年現在、製造現場では、例えば、NC工作機械のように、何らかの形で情報通信に関係する機器（システム）が数多く利用されている。NC工作機械の制御情報は、オペレータコンソールや工場内LAN等を介して制御装置に入力されて、機械を制御し、加工の結果をオペレータや外部に出力する。当初は、NC工作機械の起動や停止は加工現場の作業者が担当していた。NC工作機械の制御で用いられる技術情報、工具の軌跡や加工速度等は、NCソフトウェアを利用して作成され、（手動）工作機械の操作とは異なるデジタル技術情報の処理が主要な役割を分担するようになった。例えば、1970年代に開発が進められたEXAPTは、技術者・技能者に全面的に委ねられてきた加工条件の決定を支援する処理を工具経路の作成というプログラム機能とは分離したデータ処理として実現していた。このデータベースを指向する取り組みはその後も進展しており、製造現場における各種のデジタルデータの利用が進んでいる。そして、インターネット時代を迎えて、インターネット上のものづくり技術情報を有効利用することも日常的な業務になってきている。

このように、2006年における技能は、技術者・技能者のヒューマンネットワークを基盤にした情報共有・性能の確認に基礎をおいてきているが、業務の進行の範囲が拡大し、必要となる情報が格段に大量になっていることを反映して、デジタル情報処理に直接、関係する技能が重要な役割を演じるようになってきている。そして、この傾向は今後も続くと考えられる。例えば、加工に関する新たな着想をCAD/CAMシステムの操作の履歴情報、インターネットによる参考情報の入手方法、シミュレーション結果を評価する方法等において、新たな技能の役割が、従前にも増して、格段に大きくなっていくであろう。

情報通信に関する総務省の調査によれば、2006年1月現在、個人のパソコンによるインターネット利用者数は、推計6600万人である。これは、2000年と比較すると3倍である [1]。その利用法としては、Webページの閲覧による情報の取得に止まらず、情報の発信が飛躍的に進んでいる。総務省によれば、2007年度末には、Blogをアクティブに利用している人は約300万人、SNSは約750万人と推定されている [2]。このようなICT基盤の進展は今後も加速されると考えるのが自然である。デジタルデバイドは、近年、若干、減少していると云われている。これらの傾向を考え合わせると、2025年には、製造現場のほぼ全ての人が、2006年に実現されている機能、そして、今後、幅広く使われていく機能を使うことが想定できよう。

製造技術やこれまで培われてきた技能に関する情報を、より効果的に製造現場で利用

していくことが期待される。これらの情報は、最終的には技術者や技能者によって調整されて適用されることから、他企業、他現場がそのままでは「真似されにくい」形式となる。この事態は、デジタル情報に関係する技能ではどうなるであろうか。現在でも、インターネット上には、ものづくりの基盤的な技術情報が大量かつ多様な形で公開されている。これら技術情報の品質向上や評価を通して、よりの確な適用の具体的に方法が開発されるであろう。そこでは、各企業における製造に関する情報資産は、一般的（汎用的、基盤的、標準的）な製造関連情報と区別することで、製造現場に固有の情報と融合した、独自の形になって、結果として、「真似されにくい」形になっていく。

製造現場に関係する通信・情報分野（ICT）に関して、製造プロセス全体のデジタルシステム化と、製造プロセスの物理・化学的な原理のコンピュータによる解析という2つの大きな視点がある。例えば、コンピュータによるシミュレーション結果と計測によって確認され、製造現場で実用化され、その情報が企業全体のシステムの中に蓄積・共有され、活用されるというシナリオである。そして、現在は、デジタル化された基礎情報の体系的な整理や収集が開始されたものと推察できる。

3. 2. 2 技術予測から見た2025年における情報通信技術と製造技術の状況

文部科学省では、5年ごとにデルファイ法に基づく、技術予測調査を行っている。最新の調査は、2030年をターゲットとして、2003年に実施され、2005年に報告書がまとめられている[4]。この調査の結果から、本題に関係する2025年のICTの予測を推定して述べる。この調査は広範で継続的な予測である点に特徴がある。このうち、本部会に直接関係する分野は、2005年の調査結果では、「製造」、「情報・通信」および「ナノテク・材料」である。本文に関連して、3分野で取り上げられた「技能」に関する課題フレームを表3.1にまとめた。製造技術およびナノテク・材料に関する予測を左側に、ICTの予測を右側に区分けし、社会的適用の予測時期の時系列に沿って整理している。

製造技術の立場から、技能に関連する課題フレームには、2025年までに実現が予測されている技術課題が多い。「熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他の者による再利用や学習を可能とするサポートシステム」、「ものづくり、製造技術の暗黙知（基本技術・技能、ノウハウ、経験などの）を形式知化する技術の確立による、技術の伝承が着実におこなえる技術教育プログラム」及び「製造現場における人間のリアルタイム動作解析に基づいて、ヒューマンエラーの可能性を警告するシステム」は、2018年から2020年にかけて社会的な適用時期を迎えるとする判断が平均的である。現在、熟練技術者・技能者に委ねられている知識獲得、知識発見、知識創造等は、2025年には、一定範囲で実現されていることになる。現在のデジタル化が、基礎情報の蓄積であるとする、その継続によって、部分的な支援が開始され、それが企業や製造現場に役立つ形に定着していることになる。このような状況を実現するために関係すると思われるICTについては、「ネットワーク化されたグローバルだが雑多な情報源(Web等)を百科辞典(エンサイ

クロペディアとして利用できる技術)は2014年が、「指定するテーマに関連した価値の高いと思われる新情報や知識をネットワークから自動抽出・提示するシステム」は2016年が、それぞれ社会的な適用予測時期となっている。熟練技術者・技能者間の情報再利用・共有等の支援の高度化については、当面、技術革新の進んでいるインターネット関連技術の適用を衷心に進んでいく可能性が高いことを示しているといえよう。

上記の技術予測調査における製造技術の課題フレームとしては、例えば、「ビーム技術(イオン、電子、レーザー)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化によるオンゲストロームオーダーの超精密プロセス技術」について2018年が社会的適用時期であると予測している。このほかにも、薄膜形成技術等についての課題フレームも取り上げられている。これら製造技術の進歩によって、「それを使いこなす技能」が新たに必要になって、また、その技能が次の技術を生むことに繋がるという関係は保持されていく。

このような連鎖を支援することに、ICTが利用されることが想定できる。情報通信分野の予測において、「人間の創造や直感のモデルが作られ、いろいろな分野で機械の作り出す新発想の有用性が証明される」という課題の技術的実現が2025年、「辞書等のジェネラルな知識に加え、個人の知識、経験、情報などを大量に蓄積し、記憶装置を拡張、増強する働きをする身に付けて自然なインターフェイスで利用できる外部脳機能システム」は2027年、「人間の脳に記憶されている情報を電氣的、磁氣的にコンピュータが読むことができる技術」が2036年とそれぞれ予測されている。また、これらの課題については、実現そのものについての否定的な意見が認められる。このようなことから、適用分野における継続的な努力が製造技術分野の「技能に係る技術」の実質の進展に重要であることを示している。

以上をまとめると、2025年には、現在と比較して、

- ・ものづくりで、製造技術者・技能者が利用するデジタル情報の質や量は格段に進む、
- ・2025年において、ものづくり関連でICTを使いこなす技術者・技能者の割合は、現状よりも格段に増加している、
- ・2025年のものづくりにおけるICTは、製造技術の基盤構築を支援することになるが、同時に、その時点における製造技術の適用をスムーズに実現する「技能」の支援という役割を担っている、

といえよう。なお、この様な情報処理においては、「異種の情報群の統合」という側面が重要課題として、製造技術分野、情報・通信技術分野の両方で取り上げられている。

ものづくり関連ICTの現状について、長年、自動車会社のICT化を開拓してきた技術者による見方が発表されている[5]。自動車技術会誌では、現在のものづくり関連ICTは、「複雑な操作履歴としてノウハウを織り込むCADを器用に使いこなして、日本の競争力を確立した自動車企業・技術者群に敬意を表する」という表現に集約できる。すなわち、

表 3. 1 技術予測調査[4]における技能関連課題

社会的適用予測時期		
製造(一部にナノテク・材料を含む)	年代	情報・通信
	2014	ネットワーク化されたグローバルだが雑多な情報源(Web等)を百科辞典(エンサイクロペディアとして利用できる技術)
強度、じん性、疲労特性等に優れた構造材料の性能を劣化させない溶接技術(ナノ)	2016	指定するテーマに関連した価値の高いと思われる新情報や知識をネットワークから自動抽出・提示するシステム
熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他の者による再利用や学習を可能とするサポートシステム 3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造(仕上げを含む)できる迅速金型製造技術(ナノ)	2018	
多種製品について、製品ごとの生産量が迅速かつ柔軟に調整することのできるリコンフィギュラブル(再構築可能)な製造システム ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験などの)を形式知化する技術の確立による、技術の伝承が容易におこなえる技術教育プログラム	2019	
寸法、形状が1nm級の精度で制御できる産業加工技術 製造現場における人間のリアルタイム動作解析に基づいて、ヒューマンエラーの可能性を警告するシステム	2020	
ネットワーク化された各種マシン・装置がシステム内部や外部の環境に応じて変化する柔軟性、安全性、保守性に優れた自立適応システム	2022	
オンゲストロームオーダーまでの長さ、変位、表面粗さの測定やフェムト秒オーダーまでの計測が、製造工程で実用的に使える技術	2023	
	2025	人間の創造や直感のモデルが作られ、いろいろな分野で機械の作り出す新発想の有用性が証明される(技術的実現)
	2026	地球シミュレータの1万倍の演算能力の1万倍の性能演算能力のハイプロダクティビティコンピューティング
個人個人に特異な性質(体質、感性、五感、ストレス、遺伝情報等)を計測、解析し、それに基づいて商品設計が行われたカスタマイズド製品を作るための技術	2027	辞書等のジェネラルな知識に加え、個人の知識、経験、情報などを大量に蓄積し、記憶装置を拡張、増強する動きをする身に付けて自然なインターフェイスで利用できる外部脳機能システム
	2028	裁判官、弁護士、弁理士等の専門職の現在の仕事を5割ほど代行するソフトウェア(エキスパートシステム)
具体的なニーズが形成されていない時点で、人間の求める価値を発掘し、具現化するためのシミュレーション技術 製造における情報・知識を表す世界共通言語(ソフトウェアを含む)が確立し、人間-機械-情報系におけるコミュニケーションが文化や言語の違いを越え、意図を含めて正確に伝わるインターフェイス技術	2029	
脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発サポート技術	2035	
	2036	人間の脳に記憶されている情報を電気的、磁氣的にコンピュータが読むことができる技術(人間の訓練と合わせる)
ロボットと人間の協調作業において、人間の脳波の高精度な検出を利用してロボットを制御する技術	2037	

使い手の日本の技術者・技能者に支えられているという見解である。他方、「しかしながら、技術者の要求を満足するシステムを実現する技術開発が現時点での課題である」と述べている。企業コミュニティで共有されている知見の集積がそのプロセスを含めて競争力の源泉であるという見解については、前述した文科省の調査に並行して進められた、CAD/CAM/CAEに関連した専門家の「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」がある。これは個人の見識にもとづく発展シナリオの作成で、現状分析、将来の見通し、日本のとる

べきアクションという3部構成になっている。この中に、「製造技術」分野の「容易に真似の出来ない設計」がある。自動車会社のICTを開拓し、推進してきた両者の当面の実現すべき課題と技術開発の方向に関する見解が一致している。

3. 3 製造技術情報基盤の政策支援

「2025年までの近未来」という時代設定に関しては、上記の考察から得られる、現実的な具体性をもつ新たな分野として、デジタルシステムにおける技能の獲得・運用・評価・改良のPLCAサイクルを考察した。これは、これまでの身体的な経験を通して学ぶ技能（スキル）と全く違うものではなく、これまでの技能（スキル）に付加される技能（スキル）の分野に技術者を誘導するためにも必要な概念である。現在の主要な技能（例えば、技能検定で指定されている技能科目）は、旋盤作業等、身体的な運動と直接関係する技能が主なものである。本文で述べたように、デジタル機器やCAD/CAMシステムのように操作やその結果が直接デジタル情報として記録できる場合の技能の重要性が増している。これは、ソフトウェアの機能が貧弱であるとか、安定していないというような問題ではなく、ソフトウェアは、ある（固定した）モデルに基づいた処理（計算）結果であり、なぜ、そのような操作をしたか、「情報」の処理結果を「製造」という物理的な現象に適応する結果の分析・評価は、将来的にも、その時点での最先端の知見に関係するもので、常に必ず存在するものであり、技術者・技能者に委ねられる部分が大きく、また、主要である。そして、このような新たに生じてきている技能の分野については、既に、CADについて触れた。その他、CAM/CAEあるいは、CAxと呼ばれるすべての分野で、現在はまだ有効利用されていない大量の情報が日々生まれ、蓄積されつつある。これらは、情報技術の総合としての技能として捉えることができる。このカテゴリーの技能について、いわゆる形式知から暗黙知を導くプロセスでも有効である。

これまで述べてきたように、2006年におけるインターネット上の技術情報の量は、日々、急速に拡大しつつある。このような、多面的な情報基盤整備について、現在においても一部で部分的に実施されている「可能な」方策を例示する。すでに、日本工学アカデミーでは、2001年から2年間、産業技術知識基盤構築事業の中で、技術情報を、人や文献のデータベースとして収集、インターネットでの公開する事業を行った。また、基盤技術情報（共通的に利用できる汎用データ、教科書的なデータとそれらの利活用知識）基盤については、産総研が受託したにおけるものづくり・IT融合化促進技術開発プロジェクトも実施された。これらのフォローアップも行われているが、利用されるマーケットというビジネスモデルの確立が重要な方向である。

このような基盤技術開発の政策支援は、今後も重要であり、ビジネスとしての展開も見込めるが、標準化や教育の見地から、ガイドラインとして、公的な側面からの支援が今後必要である。そこでは、ICTは、道具をどのように使いこなすか、また、使いこなす

のに便利な道具としてどのようなソフトウェアが登場するかについて具体的に考えることが重要である。

3.4 まとめ

2025年の機械産業を中心とするものづくりとICTの関係について調査・検討した。そして、ものづくり関連ICTに関連する重要な課題として、ICTそのものでなく、その時点での最先端のICTを、技術者・技能者が、個人、そして、集団の基盤として使いこなすことが焦点になることについて述べた。以上をまとめると、

2025年に向けた課題の一つとして、

「その時点での最先端ものづくり関連技術情報の利用法や流通を、デジタル情報（データ）の獲得から保守の全体プロセスについて支援する技術」

が課題であり、課題解決には、技術者や技能者を総合的に支援するシステムの開発が重要である。そして、そのシステムとしての開発に並行して、

「情報（コンテンツ）の継続的な集積を行うこと」

がポイントである。より具体的な提言として、「企業で利用可能な、ものづくり基盤技術情報の提供」があり、企業における技術情報資産の一層の活用を助成する基盤技術情報（コンテンツ）とそれらを安全に利用するための標準手順、映像等、種々のレベル、分野の多様な情報へのアクセスなどのインターフェイス等がある。合わせて、「企業技術者・技能者、学生、高齢者等が利用可能な設備の充実」を望みたい。関係者が、個人レベルで、週末を含む自由な時間に、最先端の機器やシステムを利用して、現実に「ものづくり」を実施することができる拠点施設で「ものづくり」を自由に実践できる場の設定である。

これらの施策は、常に見直しを行い、例えば、3年の計画を3回実施するというような、10年単位の長期方策として、製造現場が主体となる形式で実施する必要がある。

参考文献

- [1] 通信利用動向調査：<http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/>
- [2] 通信利用動向調査：<http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/>
- [3] 国立社会保障・人口問題研究所：<http://www.ipss.go.jp/syoushika/>
- [4] 科学技術動向研究センター：科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査、NISTEP REPORT No. 98、2005.5. (<http://www.nistep.go.jp/nistep/thema/sandtf.html>)
- [5] 加藤廣：自動車のデジタル開発プロセス-経緯を振り返り現状を知る- (vol.60, No.6, 17/24, (2006))
- [6] 科学技術政策研究所：平成15年度～16年度科学技術振興調整費調査研究報告書、科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査、(2005.5).
- [7] 日本工学アカデミー：産業技術知識基盤構築事業、2001-2002

4 技能研究における課題と提言

大阪大学・神戸大学名誉教授 岩田 一明

要旨

本章では、まず、近年、顕在化し始めた、技能の価値再認識への機運、技術と技能との関連ならびに技能の本質解明に関わる研究の動きを概観する。次いで、技能上達のプロセスに関する最近の考え方、従来における主な研究の流れ、技能研究の注目概念である「暗黙知と関係性」の要点に触れる。その後、今後の技能研究の深化に関わる4項目の提言、すなわち、①学際的研究、②技能対象概念の拡張、③組織・文化の技能研究、④技能に関する民産学官の交流組織の設立と活動、の必要性とその要点について述べる。

4. 1 技能の価値再見と研究への動き

20世紀終盤の頃より、企業や個人に絡む経験知、熟達知、暗黙知といった考え方に対する関心が理系、人文系、医学系、芸術系など多分野に亘って急速に高まってきた。言い換えれば、経験に基づいて物事の奥義を極め、深いレベルに到達する能力に対する関心の増大である。たとえば、企業にあっては、トヨタ自動車〔株〕のように、生存のための企業ビジョンとして、①戦略構想力と②ものづくりの組織能力を掲げ、後者の組織能力 DNA の一項目に暗黙知（知恵）を明示する例も見られるようになった。また、国際的には米国ハーバードビジネススクールとタフツ大学の研究者達によって、「Deep Smart: 現実の問題に対して、経験を生かした高度な判断能力」が競争力の源泉として不可欠であり、人材育成の根本であるとの考え方が提案された〔1〕。さらに、個人に関しても「神の手や神の目をもった医師による治療」、「教育の効果的実施」、「安心な対話と語り」といったことへの願望が陽に表出化するようになった。このように、過去半世紀にわたって比較的看過されていた、経験や熟練にともなう技能の価値が再認識される時代へと戻り始め、これらの本質解明への希求機運が高まり始めたように思われる。

技能や熟練の研究の動向を記述するに先立って、ものづくり、とくに製造業におけるものづくりの技術と技能の相関に関して少し触れておきたい。

一般に、ものづくりではそのライフサイクルにわたって、多くの形式知や暗黙知などの知がかかわっている。たとえば、製品企画や設計・デザインなど初期の段階では暗黙知とされるノウハウなどの役割が大きく、他方、生産やサービスなどの後段階になると暗黙知よりも形式知の占める割合が相対的に増加する。最近のデジタル化はこの流れを加速させている。しかし、たとえ相対的な役割の割合が変化するとしても、設計者や作業者の暗黙知が不必要となることはない。これは新しいものの創出が人間に依拠している限り、新規に生まれた形式知である技術を活用するには、その時点で活用のための新しい技能が求められるためである。言い換えれば、ものづくりにおいては、新規な「もの」を生み出す「技

術」と「技能」が常に対になる形で進歩してきたからである。さらに言えば、「ものを生み出す技術と技能」と「つくりを実現する技術と技能」は相互に融合する形で輪廻的に進展することを意識する重要性を示唆しているように見える。

とはいえ、過去に生み出された技能のすべてが、永遠に継承されねばならぬことを意味するものではない。継承されるべき技能と役割の終了する技能があることに留意しておきたい。たとえば、現段階で生き残っている技能の特徴としては、(a) ある物の作業結果の品質が、数千、数万といった多数の物の品質に影響を及ぼす連鎖増幅型業務の場合、具体的には金型製造や生産設備の組み立て調整など、(b) 理論として解明されていなくても熟練者には実現可能、言い換えれば実践が理論に先行している場合、たとえば新材料の加工や原動機の故障診断など、を挙げることができる。また、国際的な技能オリンピックの課題の変遷をみても、終了した課題、追加あるいは変更された課題は少なくない。

4. 2 技能研究の現状

4. 2. 1 技能上達のプロセスと特徴

経験の積み重ねにともなう技能レベルは向上する。経験時間にともなう技能レベルの変化はおおよそ図4. 1のようにまとめられる。

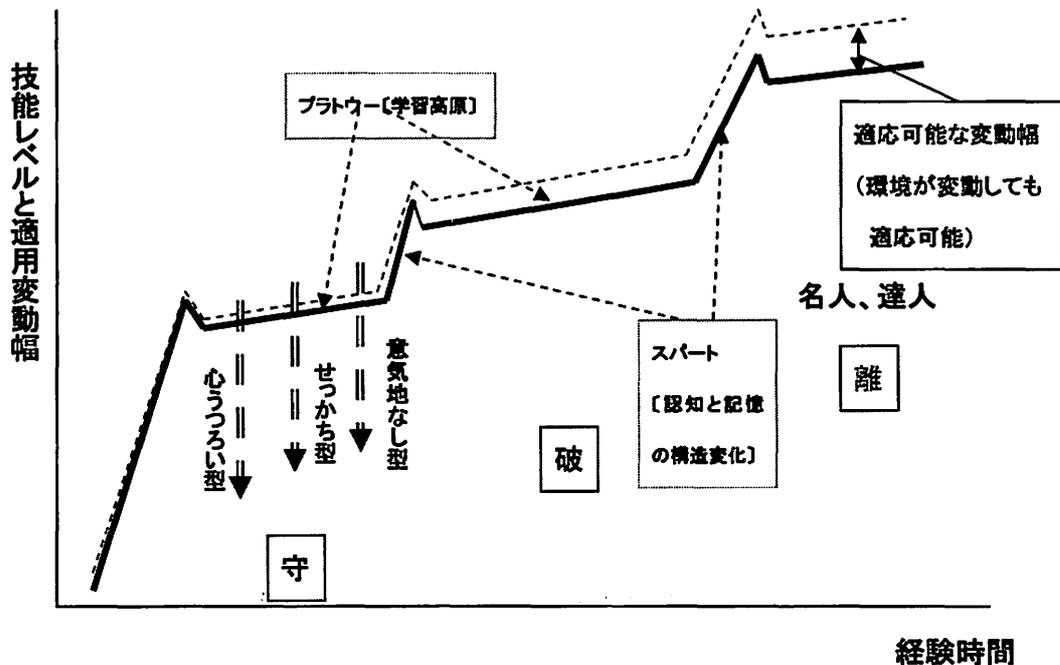


図4. 1 経験時間にともなう技能レベルの変化

経験開始直後、初期の段階では急速に技能レベルが向上する。しばらくするとプラトー（学習高原; plateau）とよばれる停滞期に入る。プラトー状態における対処の仕方には個人差があり、心うつろい型、せつがち型、意気地なし型などが認められており〔2〕、いずれも途中で挫折するタイプである。しかし、プラトー段階を超えるとスパートと一般に呼

ばれる次の飛躍が待っている。このスパートが一段落すると再びプラトー状態に入る。この時期を越えると次のスパートに入り、いわゆる名人や匠といわれるレベルに到達する。言い換えれば、高度な技能をもった名人や匠あるいは熟達者への道は一筋縄にいかないのである。何故、プラトーに陥るのか、何故、経験を継続すればプラトー状態を脱却できるのか、といった理由や身体内のメカニズムの詳細は現段階では明確ではない。今後、この道〔プロセス〕をより良く理解することが技能を知り、活用する上で緊要であることは言うまでもない。なお、上記の3段階を、武道の分野では守、破、離と呼ぶ。技能の分野では未熟練者〔初心者〕、熟練者、熟達者〔高度熟練者〕に相当するものと思われる。

技能上達プロセスについては、種々の分野で多彩な特徴が指摘されてきているが、分野を超えた主な共通的な特徴として、以下の諸項目をあげることができる。

- ① 経験の継続によって上達のレベルは向上する。ただし、個人差や組織差は厳然として存在する、
- ② 上達は経験時間に対して直線的でない。その過程でいくつかのバリアー〔図4.1に示す3段階のバリアーが多い〕が存在する、
- ③ 熟練レベルが向上するほど、環境変動に対する適応性が増してくる、
- ④ 上達プロセスにおいて、分野特有の型、パターンが見出される、
- ⑤ 刻々と変化する周辺状況、道具などの要因が複雑なインタラクションを持つ、
- ⑥ 熟達には身体のみならず、脳内活動を含めた全知全能が関与する、
- ⑦ 上達には注意・意識集中力が深く関与する、
- ⑧ 上達プロセスの生成原因を現在利用中の自然言語で表現することは例外を除いて困難である。技能言語が一部の分野には存在し、比喩などによる表現も多い。

4. 2. 2 技能研究の主な流れと代表的な概念

従来から行われてきた技能研究の中心的課題は、「何故、人間は能力と種類が限られた身体的資源を用いて、様々な仕事において、優れたパフォーマンスを獲得することができるのか?」、「新規の類似問題にたして保持している技能をどのように活用すればよいか?」、「技能者が保持している卓越した技能を最も効率的に伝承するにはどのように考え、対処すればよいか?」、「新しい問題解決のための新規の技能をどのように創出すればよいか?」などである。

長年に亘る技能研究の系譜〔3〕をみると、分析的・記述的アプローチと統合的・構成的アプローチの両面が含まれる。両アプローチは独立した流れを形成しているというよりは相互作用を持ちながら概念を深化させてきているとみるのが自然であろう。

分析的・記述的アプローチの古典としては、心理学の行動主義研究(1913年)がある。これはそれまでの心理学が内観と呼ばれる思考の自己観察結果にもとづいていたのに対して、計測可能な外部からの刺激に対する反応の変化として人間を記述しようとしたアプロ

一チである。1960年ごろになると、行動主義研究の限界が指摘されるようになり、認知革命と呼ばれる一連の研究へと進化した。これは、外部から観測可能な情報のみを重視するのではなく、内部状態に対する一定の仮説を認め、情報処理システムとしての分析を重視するという立場であり、認知心理学を経て認知科学へと繋がる研究アプローチである。情報処理アプローチの手法は多くの成果をあげたのではあるが、非言語性、身体性、状況依存性といった点での課題を残した。ここで、非言語性とは、技能は現存中の自然言語を用いて表現し、また第3者に伝承することは例外を除いて困難であることを意味している。このため、一部の分野では、いわゆる技能言語が開発されてきた。同時に、この課題解決に向けて、暗黙知〔4〕の概念との関わりが注目されるようになった。さらに、昨今では、技能は個人という閉鎖系内で把握できるものでなく、その周辺の多くの関係者や社会・環境との関係、また技能相互の関係の中で理解すべきとの視点から、いわゆる「関係性」に着目すべきとの考え方が浮上してきた。また、技能発現には身体動作と脳活動は物理的連結を維持しているとの視点から、最近発展の著しい脳科学分野から技能の本質に迫るアプローチが不可欠と指摘されていることに注目しておきたい〔5、6、7〕。暗黙知と関係性についてはこの節の最後で簡述する。

他方、統合的・構成論的アプローチに関しては、人工知能やロボティクスのように一般的な知能実現のための方法論をもとに技能を取り扱うアプローチと、個別の熟練作業の分析や機械化からのアプローチがなされてきた。人工知能研究から派生した知識工学では熟練者の有する知識・ノウハウを論理形式で記述・利用するエキスパートシステム研究が数多くなされた。使用された論理も一階述語やフレーム、またファジイ論理やニューラルネットワークなどのソフトコンピューティング技術の適用も多岐に亘る。また、ロボティクス研究においては挿入作業におけるRCC(Remote Center of Compliance)やインピーダンス制御の枠組みでの技能移転の研究が成果を挙げた。この流れの中で、人間の脳内での情報処理モデルや随意運動制御モデルに関連付けて複雑な行動を説明しようとする研究も生まれた。さらに、きさげ作業や金型磨きなど、ものづくりの分野で個別的な熟練作業を対象にした自動化研究が行われたが、これらの研究から一般的な方法論が導出されるには至っていない。

以上のように、多くの技能に対する概念が分析・記述的研究により提案されてきた反面、個々の研究の枠組みを超えた情報の共有や共同作業は少ないことが分かる。以下、今後における研究を進める上で、留意しておきたい基礎的な概念である暗黙知ならびに関係性について要点に触れておきたい。

(1) 暗黙知

暗黙知の概念は周知のように、ポラニー(M. Polanyi)による「我々は語るることができるより多くを知ることができる」という命題から導出された知の体系であり、それは言語的・分析的な取り扱いのできない非言語の知が対象である〔4〕。ここで、暗黙知の概念をもの

づくりにおける技能の獲得に適用してみると次のようになる。技能の獲得とは、作業目標（例えば、優れた平面をきさげ加工で仕上げる）とそれにかかわる人間のさまざまな活動（例えば、きさげを動かす、加工面を眼で見る、手で触るなど）が協調的なシステムを構成して、そのシステムにおいて自らの行動を意味づけることと理解される。言い換えれば、統合されたシステム全体が暗黙的にきさげ加工の技能としてとらえられていることになる。すなわち、作業目標と技能を対等なレベルで同一視したり、技能を個々の活動に還元することは困難だということになる。さらにいえば、作業目標は具体的な活動を通してのみ感知できるものであり、同時に個々の五感などの活動も作業目標という文脈の中でしか意味を定位することができないという、不可分の関係にあるということである。これらの論点は情報処理モデルでの人間の作業遂行の記述だけでは着目されなかった技能理解の特徴であり、技能に共通する原理を考える上での貴重な視点を提供しているといえよう。

（２）関係性

技能の関係性は、技能遂行者や状況、環境など、知的な行為を取り巻く様々な要因相互の関係を考慮に入れたアプローチこそが本質に迫れる道であるとの考え方からの提案である。技能の関係性については今後深い検討が必要であるが、これまで指摘されている主要要因には、道具、環境、運動、言語、共同行為、組織、社会、認知的要素などが含まれる。これら諸要因のもつ意味のポイントを、2、3の要因に限って述べれば、①道具：道具あるいは他者は決して外にあるのではなく、単に外部から個体に影響を及ぼす以上の存在である、②環境：自己に対峙する環境でなく、動的なかかわりの中で規定される固有環境であり、生体の認知活動の変化に伴って新しく立ち現れる。③運動：身体が環境の情報を抽出し、それに同調し、調節することにかかわる。④共同行為：技能者と配置されている道具が一つのシステムとして構造化され、認知活動が人と人、人と道具の間に分散していて、個人を超えた一つのシステムとして機能している、などとなる。そして、これらの関係性の成立は暗黙的、即興的に構成され、また、経験に応じて変化するところに特徴がある。

今後、暗黙知、関係性をはじめ、アフォーダンス〔8、9〕、状況論〔10〕などの諸概念にも配慮しながら、本質的な解明が進められることを期待したい。

4. 3 研究の方向と提言

前節で示した研究の流れを俯瞰的に検討した結果、今後における研究の視点として、以下の4項目を提言したい。

（１）文系、理系、医学系の壁を越えた学際的研究の必要性

4. 2. 2項で述べたように、技能の本質を解明する研究が長年にわたり多面的に続けられてきたが、今後に残された課題も少なくない。たとえば、一例として人間の手を動かす行為を考えてみる。手を動かすと簡単に言っても、経験を積むにしたがって手を動かす場の状況や道具などに配慮しながら、暗黙的に上手に動かすことができるようになる。こ

の手を動かす行為は動かす人の脳のある部位が興奮状態になることによって実践される。言い換えれば、脳と手は物的状態として因果的閉鎖性をもっている。したがって、行為のパフォーマンスを外部から観測することや行為者の主観にもとづいた判断のみからメカニズムを説明することでは十分でなく、脳科学との連結関係で仮説・証明が進められることが求められる。他方、行為は従来から心的状態との関係で、たとえば、法則関係、理由関係また因果関係などが説明されてきた。広義の心理学との連携である。同時に心的状態は、その根源としての合理性、志向性、意義といった哲学的な問題ともつながっていることからみれば、この連携も必要となる。ところが、心的状態の意思と脳状態との関連は现阶段では未知の状態といてよい。このような現状から見ると、理系、文系、医学系の壁を越えた、いわゆる真の学際的研究が、技能の解明には不可欠であり、今後の重要な方向と考えられる。

(2) 技能対象概念の拡張の必要性

産業資本主義時代のものづくりは「つくり」に中心がおかれていた。このため、工場に設置された機械や設備をより効率的に稼働させることが求められ、稼働に従事する作業者の技能に高い価値と関心が払われた。言い換えれば、従来における技能と呼ぶ多くの場合には「物をつくるために機械や設備を巧みにあやつること」や「高度な物をつくるため、必要となる道具を自分に適した形に部分修正・補正する」ことが主対象となってきた。この技能の重要性は今後とも継承されていくであろう。

ところが、20世紀の終盤になり、ポスト産業資本主義への移行が始まるにともなって、競争力の根源が「つくり」から「もの」へと変化した。新規な「もの」の創出が競争力として認められるようになったのである。この変化は、作業者の作業に関わる従来の技能とは一味異なった、新しい視点からみた技能へ目を向けさせることとなった。すなわち、従来の身体的な行為や運動を中心とする技能から、知的な活動を実践する新しい技能に着目することが必要なことを示唆したのである。この新しい技能は、従来の概念からはかなり拡張されたものとなる。

たとえば、以下のような多様な諸項目が含まれる。

- (a) もの（ハードウェア、ソフトウェア・情報）をつくるスキル
- (b) 仕組みを創成するスキル〔仕組み創成スキル〕
- (c) システムをマネジメント（管理）するスキル〔マネジメント・スキル〕
- (d) グループ内外などで意思疎通を図るスキル〔コミュニケーション・スキル〕
- (e) 人を動かすスキル〔リーダーシップ・スキル〕

なお、従来の技能概念を拡張させていることを明示する意味で、ここでは技能に代わってスキルという用語を用いていることをお断りしておきたい。今後は、拡張された技能を対象としながら、その獲得、伝承、活用、創出に関わる解明が不可欠となろう。

(3) 組織・文化の技能に関する研究の必要性

従来から、技能の研究は個人を対象としたものが多かった。今後は、「個人を対象にした技能」の研究を深めるとともに、「グループやチーム、さらには組織や文化を対象にした技能への拡張」が望まれる。たとえば、企業組織には、ときに企業文化といわれるように、その企業独特の問題解決に対する考え方、マネジメント・スキルやコミュニケーション・スキルが内在している。これが時に成功につながり、ときに失敗をもたらす。現代における組織社会を考える場合には、この種の組織の技能を解明する研究が不可欠となろう。さらには、組織を含む社会や文化がもつ技能にも目を向けていくことが必要と考えられる。

(4) 技能に関する民産学官の交流組織の設立と活動

ものづくりの重要性とそこにおける人の役割と価値を考え、社会の啓発を促進するための母体として、民産学官の交流組織と活動が重要である。そこでは、高度な技能に関する研究成果を社会にフィードバックさせるとともに、社会に広く点在する情報や要望を交流させ、より豊かな社会の構築に寄与することを企図したい。この趣旨の組織の設立を早急に準備すべきと考える。

最後にあたり、今後の技能研究に課せられた課題は膨大であり、成果を得るには情熱と忍耐そして時間が必要となろうが、その成果への期待はまことに大きいものがあると思われるのである。

参考文献：

(1) D. Leonard & W. Swap, *Deep Smarts*, Harvard Business School Press (2005)

(池村千秋訳：「経験知」を伝える技術、ランダムハウス講談社、[2005-6]) .

(2) G. Leonard, *Mastery—The keys to success and long-term fulfillment*, Dutton, a division of Penguin Books, USA (1994) (中田康憲訳、達人のサイエンス、日本教文社 [2004-2]) .

(3) 例えば；岩田一明、「スキルの科学」を考える、精密工学会誌、Vol. 68, No. 10, (2002) pp. 1263-1266.

(4) M. ポラニー、暗黙知の次元、紀伊国屋書店 (1980) .

(5) 川人光男、脳の計算理論、産業図書 (1996)

(6) H. Imaizumi et. al., Human cerebella activity reflecting an acquired internal model of new tool, *Nature*, Vol. 403, 13 Jan. 2000 (2000).

(7) K. Doya, What are the computations in the cerebellum, the basal ganglia, and the cerebral cortex, *Neural Networks*, Vol. 12, No. 7 (1999).

(8) J. J. ギブソン、生態学的視覚論、サイエンス社 (1985) .

(9) 佐々木正人、アフォーダンス—新しい認知の理論、岩波科学ライブラリー、(1994) .

(10) 上野直樹、仕事の中での学習、状況論的アプローチ、東京大学出版会 (1999).

5 技術及び技能の本質的な側面と

産業・生産構造の変化を踏まえた望ましい伝承への提言

神奈川工科大学 客員教授 伊東 諄

要旨

本章では、技能や技術の伝承の重要性が喧伝されているにもかかわらず、「該当する技術や技能の本質的な側面」を十分に深く理解することなく、表面的な議論が先行している現在の問題点をまず指摘している。ついで、技術の発展や代替部品の新規開発などにより消滅した技術や技能、依然として存続している熟練技能などに関わる、幾つかの調査結果を示して、技術や技能の本質の解明が緊急に望まれることを主張している。更に、そのような調査結果を基に、熟練技術や技能の伝承に関わる二つの提言を行っている。

他国の正式な技能の資格である「マイスター」を平然と流用する風潮に象徴されるように、我が国に於ける「技術及び技能の重要性や伝承・保存」に関する議論は、その重要性にも拘わらず、表面的なレベルに留まっているのが一般的である。この原因の一つは、敢えて云えば、該当する技術や技能を本職とする人間を差し置いて、マスコミ、技術評論家、文系で技術を論じる方々等が「当該技術の専門家的振舞い」の下で、報道を行い、論評を展開し、論文を記述すること等にある。その一方、例えば、間違いや誤解に基づく報道に対して、技術者や技能者が沈黙を守って、なんら反論や論評を行わないこと、あるいは反論をテレビ局や新聞社に伝えても理解されず、無視されることも、この悪しき風潮を増長させている。この「技術者や技能者が余分なことに口を出さない」という態度は、これ迄の我が国の技術者や技能者の育成体制によるところが多く、例えば、プロジェクトチームを構成して新製品開発を行う際には望ましい面も多々あった。しかし、「専門家的な振舞い」の下での誤った発言が横行し過ぎる現状は、我が国の将来を考えた時に看過できるものではなく、技術者及び技能者が声を大にして、該当する技術や技能の「本質的な側面や正しい知識」を世の中へ発信すべきである。

そこで、本章では、その一助として、まず、技術の進歩とともに消えていった技術や技能、新しい要素部品やユニットの出現により、それらへ置き換えられた技術や技能、あるいは新しい技術の出現で現れてきた在来では考えられなかった、新たな必要、不可欠な技能などについて行った幾つかの調査例のうち、代表的なものを示している。これらの例示は、前述の非専門家の方々へ技術や技能の奥の深さを啓発すると同時に、技術者や技能者自身に対しても改めて自己の保有する専門知識の見直しの重要性を認識頂くのに役立つで

あろう。

次いで、ここでは同時に、近未来の環境下では、依然として高度な熟練技術や技能として残るものも例示して、それらは熟練技術者や技能者の「技」として伝承すべきことを主張している〔注1〕。なお、熟練技能の中には、技術に置き換えられるにもかかわらず、特に経済的な理由から技能として保存すべきものもあることに留意すべきであろう。

注1：ここでの例示は、機械加工の主役であり、筆者の専門領域である工作機械を対象に、元浦和製作所の油井氏の協力を得て行っている。又、調査は、エレベータ（元三菱電機の蟹江氏の協力）、蛍光表示管（元双葉電子の荒井氏の協力）、転がり軸受（元日本精工の佐藤氏の協力）、新幹線車両等についても行っていて、それらの結果を眺めてみると、熟練技術及び技能の本質に関する体系的な調査研究の緊急性と必要性を示唆できる。

なお、最近のマスコミによる「物づくり」の報道では、技術と技能の区別を判っていないことが多く、その結果、「技能のみで物づくり」が可能であるかのような錯覚を視聴者に与えている。しかし、物づくりでは、「技術と技能の巧みな融合」が不可欠であり、この融合の面で世界を凌駕しているのが我が国である側面を強調すべきであろう。

図5. 1は、工作機械の製造で核となる熟練技能が、どのように新たに出現した技術や部品、ユニットに代替されたかを示している〔注2〕。図5. 1では、例えば、工作機械で必要、不可欠な「形状創成機能（必要な部品の形状を形作るための機械の動き）」を具現化するための「きさげ仕上」が、汎用のNC（数値制御）旋盤やマシニングセンター（MC）では、リニア転がり案内という要素部品に置き換えられている。このリニア転がり案内は、ボールねじと並んで汎用のNC旋盤やMCを生産する上で不可欠であり、革新的な要素部品と位置づけられ、敢えて云えば、この部品の普及が韓国や台湾の工作機械が、市場の状況によっては、我が国の工作機械と競合する一つの要因ともなっている。周知のように、汎用のNC旋盤やMCは、我が国が得意とする機種であり、市場規模が大きいにもかかわらず、工作機械技術の先進国と云われるドイツを抑えて世界市場を席卷している。

それでは、工作機械の設計・製造技術の面で我が国がドイツを凌駕しているかと云えば、それは必ずしもそうではない。例えば、図5. 1中に示してある「きさげ仕上」は、工作機械技術及び熟練技能の本質的な側面を象徴するものである。前述の汎用NC旋盤やMCの生産では、多くの場合に、リニア転がり案内と云う要素部品の実用化によって「きさげ仕上げ」は用いられなくなっていて、別の見方をすれば、これが我が国の国際市場に於ける優位性の駆動力である。しかし、図5. 1中で「依然として熟練技能として存続」と位置付けられているような「きさげ仕上げ」の技能の面では、ドイツに対して我が国が優位にあるとは言い切れず、それは大形工作機械で顕在化している〔注3〕。ちなみに、この「きさげ仕上げ」について、別の表現をすれば、「熟練技能とは、真の平面を作ることの本質を

理解すること」となり、その具現化が「三面摺合せ」技能である [注4、5]。なお、図5.1中の「ねじ切りに於けるバイトの切込み方法」は、1960年代までは、熟練旋盤工の有する代表的な伎倆であり、(1)ねじの谷の部分でバイトを左右に振るか、あるいは(2)ねじ山の斜面に沿ってバイトを送り込むかを行って切込みを与えていた。しかし、NC化により、そのような伎倆がなくても簡単にねじ切りができるようになっている。

注2：工作機械の一機種である「旋盤」で加工を行う際には、工作物をチャックで把持することが多い。このチャックの爪は、長期間に亘って把握精度を維持するために、一般的には焼入れされているが、高精度の加工では、焼入れされていない爪を用いて、工作物の径に合うように爪を予め加工して工作物を把持する。この焼入れされていない爪を現場用語で、図中に示してあるように、「生爪」と称する。又、これ迄加工していた部分と逆の部分加工するために工作物を把持し直すことを現場用語で「トンボ」と呼ぶ。

注3：「きさげ仕上げ」に例示されるような、肌理の細かい技術報道を行うことが、我が国のマスコミには求められている。しかし、現実には、当該技術に対する彼我の比較を正しく、判り易く解説する態度が欠如しているという大きな問題が内包されている。ここで、別の例を挙げておこう。それは、我が国では、2000年代近くになってから普及し始めた「ノンステップバス」である。英語表現も問題であるが、筆者は寡聞にして、既に1995年に英国、Sheffield市の路面電車(Siemens+Duewag製)が老人と子ども、並びに歩行困難な人々向きのステップレス車両を運行し、お客の要請に従って随時乗降できることに触れている報道をこれ迄見たり、聞いたりしたことがない。このような、ある技術の彼我の適切な比較がない報道を是とする風潮は、技術者や技能者に要求される「第三者的に合理的な判断ができる」という基本的な資質を涵養する面で問題である。すなわち、これから技術や技能の分野を志す、国際的に活躍すべき若い人々に過った知識を与える恐れが大きく、ぜひとも是正すべきである。

“Supertram takes to the streets”. *IEE Review*, 17-3-1994; 40-2: 54-55.

注4：このような「きさげ仕上げ」が熟練技能であることを示す表現と似たようなものは、対象とする製品や産業によって異なると考えられるものの、各分野に古くから伝えられている決り文句として色々と存在する。そこで、それらを収集することは、熟練技術や技能の本質を把握する上で有用であろう。但し、このような決り文句は、同一産業に所属する企業であっても、現場用語と同様に、企業毎に異なるので注意が肝要である。例えば、かつての池貝鉄工では、熟練設計技術の表現として、「据わりの良い図面は、好適な設計結果の印」、あるいは「なんとなく良い感じを与える(組立)図面で産み出される機械は故障がない」なる文言が用いられていた。

注5：「きさげ仕上げ」の品位は、「坪当り」という指標で評価される。ここで、「坪当り」とは、1インチ平方(25.4mm平方)の基準面積内での接触点の数を示し、一般的な工作機械の案内面では、10～20位である。ちなみに、坪当り40ともなると、経時変化による結晶粒のあばれを考える必要があり、最高の熟練きさげ工でなければ仕上げるのは難しく、しかも完成するまでに年単位の時間を要する。

図5.2は、工作機械の設計面、すなわちソフトウェア的な側面についての事例である。工作機械の高速・高精度化、あるいは高速・重切削化の進展にともなって、従来以上に「熱変形」が設計上の大きな問題となっている。しかし、熱変形の設計計算では、熱的境界条件の設定が難しく、それは機械内の熱伝導、機械から外部への熱伝達が正確に把握できないことによっている。そこで、例えば「熱放散係数」という曖昧な指標を用いて、その推定の良さが機械の性能を左右している。しかも、この熱放散係数の推定は、CAD化が進んだ現在でも熟練設計者に頼っているところが大きい。

ここで、試行した熟練技術及び技能の本質的な側面を探る調査で得られた、興味ある事項を幾つか以下に列記しておこう。

(1) 工作機械の構造設計では、軽量・コンパクト化が達成目標であり、そのために鋳造構造では、鋳物の縮みと砂落としを考慮した、図5.3に例示するような、二重壁、隔壁、リブ等の適正な配置が重要である。この設計知識は、熟練技術の代表例であるが、新素材、例えば、レジンコンクリートやIso Truss™ Grid構造[注6、7]の開発により、熟練技術から一般的な技術へ位置付けされる傾向にある。

(2) 工業先進国や工業化途上国でのNC工作機械の利用の普遍化により、切削条件の選定やツーリング技術には特段の技能は不必要と信じられている。しかし、意外にも、「切削工具の切れ味の把握」や「仕上げ面の品位の目視判断」と表現されるように、一般的にNC情報として与えられる切削条件では、望まれる加工目標を達成できず、そこには熟練技能者による細かい修正が必要である。同じような状況は、エレベータ生産でも認められ、部品の溶接歪みの最小化や残留応力の低減は、依然として熟練技能者として残っている。

(3) 転がり軸受の生産では、重大な欠陥品の発生、又、連続不良品の発生阻止を目的として、熟練技能者による五感を用いた異常検出が大きな役割を果たしている。この場合、常には発生しない異常であり、又、経験の積み重ねが熟練技能者の育成に不可欠であるために、当該技能の「人から人への伝承に時間を要する」という大きな育成上の問題が存在する。敢えて云えば、非専門領域の方々には理解できない熟練の側面、すなわち熟練には、持って生まれた天性の資質が非常に重要な役割を果たす側面があることを考えると、この種の熟練技能者の育成は、頭の痛い問題である。

(4) 蛍光表示管の生産では、熟練技能の大部分を残しながら、新しい技術を導入して製

品の機能・性能の向上を図っている。要するに、熟練技能の技術による置換えという単純な図式ではなく、「在来からの熟練技能と新しい技術の融合」が必要、不可欠な領域である。

注6：レジコンクリートとは、セメントコンクリートに於ける水の代わりにプラスチックを用いたコンクリートであり、プラスチックコンクリート、あるいはポリマーコンクリートとも呼ばれ、代表的なものは、商品名「グラニタン」である。グラニタンは、破碎した花崗岩を骨材（90～95%、最大寸法15mm位）として、それをエポキシ樹脂で固めたコンクリート。スイスの研削盤メーカー、Studer社が広く使っている。

注7：Iso Truss™ Grid材は、炭素繊維複合材料を蛇籠のように編んだ構造材であり、軽量化・高剛性な構造を実現できる可能性が高い。2003年には、ドイツ、Elektornik-Entwicklung社により、5軸制御ガントリー方式大形プロセッシングセンターの構造本体に採用されている。

ここで、以上の他に、経済的な理由で熟練技能が伝承されるべき事例を紹介する。それは、転がり軸受の自動化加工ラインの異常検出であり、センサー技術により自動検出できる可能性は非常に高いと考えられる。しかし、開発に多額な費用や長い時間を要すること、更にはラインの設備費が増大することを勘案すると、熟練技能者の五感に頼る方が「物づくり」としては得策とされている。

最後に、本章に関わる提言を纏めると、次の二つになるであろう。

(1) 図5. 1及び5. 2に例示したような、かつては熟練技術及び技能とされていたものの、新技術の出現や代替部品の開発などで消滅したもの、あるいは現時点で熟練技術及び技能とされていて、それが今後とも続くと考えられるものなどについて、幅広く系統的な調査研究を行い、熟練技術及び技能の本質的な側面を明らかにすること。又、そのような研究結果に基づいて熟練技術及び技能の望ましい伝承方法を構築すること。なお、社会や技術の進歩とともに、熟練技術や技能の質が変化することも考慮すべきであろう。

(2) 該当する分野を専門とする技術者や技能者が疑問に感じるような報道を行ったり、技術問題にもかかわらず技術者にコメントを求めないマスコミ、あるいは当該技術の本質を把握せずに、表面的な評論を行っている文系の方々に対して、質の高い的確な情報を入手できる技術者及び技能者へ接触できるように仲介する窓口の仕組みを、少なくとも、工学アカデミーに設けること。

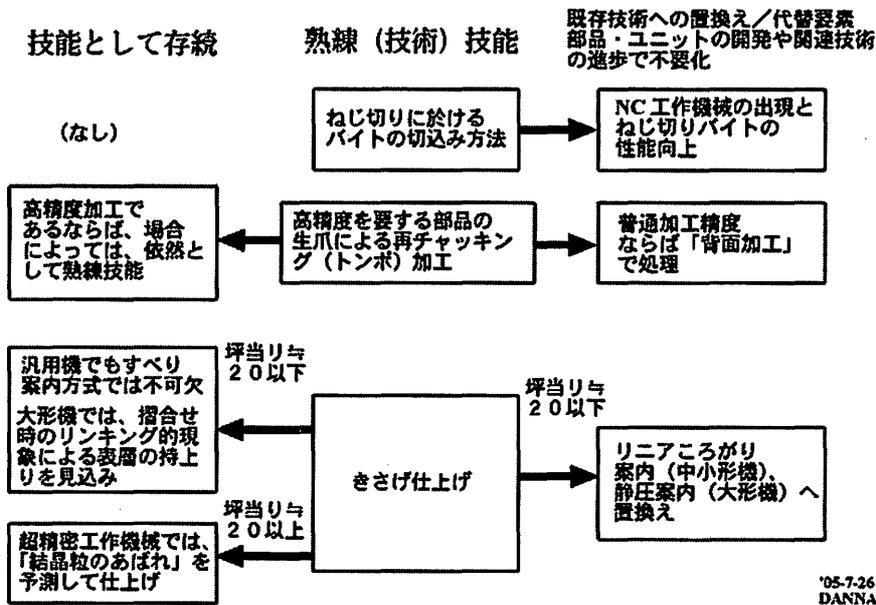


図5. 1 工作機械の生産に見る熟練（技術）技能の状況（1）

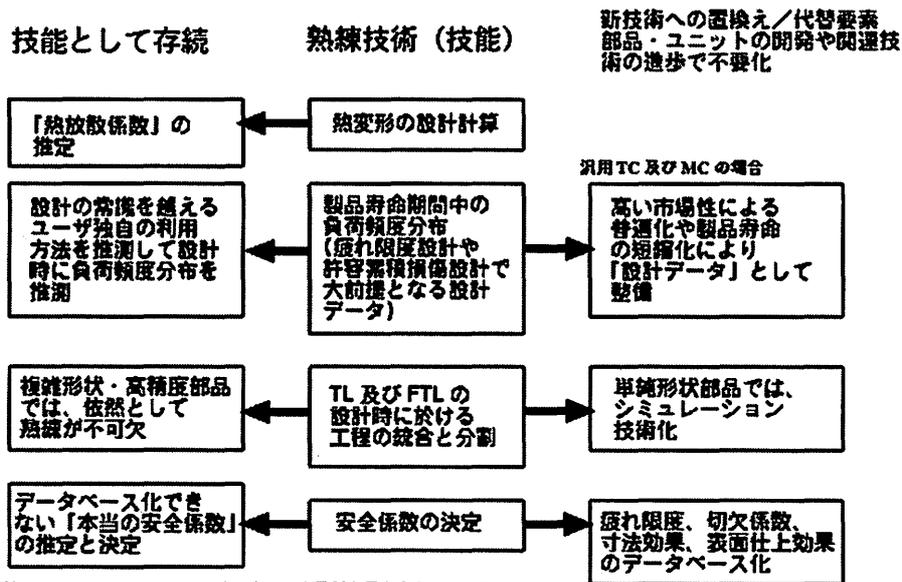


図5. 2 工作機械の生産に見る熟練（技術）技能の状況（2）

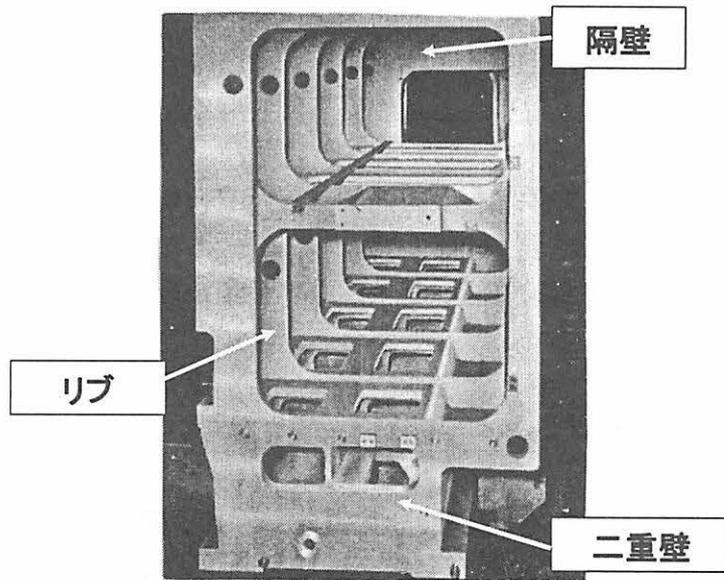


図 5. 3 工作機械の代表的な構造の例 - プラノミラーのコラム

6 2025年へ向けた技能振興の具体策

提言まとめ

政府は、日本の産業の発展と繁栄が、我国の優れた産業技能および産業技能者に大きく依存している事実を広く社会に示し、国家戦略として、優れた産業技能の保持・継承を確実に推進し、加えて、先導的な産業技能の開発および産業技能者の育成を図り、我国産業の持続的な高度化と発展を実現していく必要がある。

上記目的の達成に向け、政府・自治体・産業界・学界が協働する「特定産業技能振興組織（仮称）」を設立し、以下の事業を体系的・調和的に実施する。

- (1) 特定産業技能の指定（認定）、高度化、保持、継承の支援
- (2) 特定産業技能者の認定（認証）、技能強化の支援
- (3) 特定産業技能者の顕彰、社会的地位の向上、組織化
- (4) 先導的特定産業技能の開発、振興
- (5) 特定産業技能の記録・保存

6.1 緒言

本提言は、主に、現在我国が保持する高度産業技能の維持・継承と、それらを担う有能な産業技能者の支援に必要または有効と考えられる施策を纏めたものである。他方、本提言ではあまり具体的に述べないが、これらの施策とは別に、我国産業が、将来において保持・継承するに値する先導的な産業技能を新たに生み出すための施策も重要であることは、論を俟たない。産業の発展・変化が急激に進行している現在、将来の産業に求められる技能も大きく変化しつつある。このため、産業技能の保持・継承は、単に従前の技能を伝えていくとする発想だけでは対処できない。我国が持続的な発展を期するためには、先導的な新産業技能の開発・振興とそれを担う人材の育成を強力に進める必要がある。

以下、産業技能の振興に際して、下記の点に特に留意すべきである。

(1) 高度な産業技能は、単に経験や感によってのみ習得され発展するのではなく、進歩・拡大を続ける各種産業とともに生み出される新たな理論、技術的成果、科学的知識などによって触発され、先導され、進化していく。したがって、優れた産業技能の開発・育成・保持・継承を実現していくためには、先進科学技術による技能の先導が欠かせない。我国の高度な産業技能力の保持・継承にとって、先進科学技術と産業技能との協働関係を推進できる枠組を強化することが重要である。

(2) 産業技能者の育成に際しては、関連する産業技術にかかわる原理・法則・理論、あるいは、科学的知識・技術的成果などについて、技能者の目線から学習できる機会と場を提供する必要がある。産業技能者の立場に立った、産業技能者の言葉で語られる教育は、今後の我国産業の発展と、それを支える高度な産業技能者の育成にとって不可欠である。

原理・法則・理論などにかかわる知識・理解によって武装した産業技能者は、持てる技能能力を十二分に発揮出来るようになる。また、原理・法則・理論などに裏打ちされた産業技能能力は強固であり、発展性に富むものとなる。産業技能者の成長には、かかる学習による広い視野の獲得が欠かせない。

以下、提言する「特定産業技能振興会」が行う各事業の基本的な考え方について示す。

6. 2 「特定産業技能」の指定（認定）、高度化、保持、継承の支援

「特定産業技能振興会」は、我国産業の国際的優位性を確保し、その発展と繁栄を確かなものとするために、我国が保有し続けることが必要不可欠と考えられる産業技能を選び出し、「特定産業技能」として指定あるいは認定し、その保持・継承のみならず、更なる発展・高度化のために必要な支援あるいは助成を行う。すなわち、以下の事業を行う。

- (1) 「特定産業技能」を選択し、指定（又は認定）する。当面、年間 500 件程度の指定を 10 年間続け、約 5000 件の「特定産業技能」を指定する。
- (2) 指定（認定）された「特定産業技能」の保持、継承、高度化などを推進する機関・組織・個人の活動に対して、「特定産業技能助成金（仮称）」を交付し、支援する。
(事業費：20 億円／年)
- (3) 毎年、新たに助成をすべき「特定産業技能」の選択を行うとともに、助成を継続すべき「特定産業技能」の見直しを行う。

注) 近年、我国の産業技能継承の危機が叫ばれているが、その議論の内容は極めて抽象的であり、我国にとって、如何なる産業技能の継承が必要であり、その継承が途絶えた場合、どのような影響が発生し、どの程度の損害が発生するのか、具体的に示されないままに、観念的な議論が続けられている。本「特定産業技能振興会」設立の狙いは、産業技能の保持・継承の問題を、具体的な戦略論あるいは戦術論としてとらえ、費用対効果の考え方も入れて、具体的な対応策を講じることにある。

また、通常、高度な技能や匠のワザと言われるものの中には、現在の技術的成果や科学的知識を活用することにより、容易に、機械・機器に置き換えることが出来るものも多く含まれており、それらの技能に頼り続けることは、むしろ産業・技術の発展の障害になる場合もある。

故に、この機会に、各産業について、必要とされる技能の抽出と内容の検証を行い、我国の産業の将来にとって不可欠なもの、保持・継承すべきもの、育成強化を図るべきもの、などを明確にすることは、我国の産業技能能力の更なる高度化を実現する上で、時宜を得た施策であり、大きな効果が期待できる改革でもある。

6. 3 「特定産業技能者」の認定（認証）、技能強化の支援

職業労働としての技能の認定に関しては、既に、いわゆる「技能検定制度」がある（表1参照）。その基本理念は、「職業生活設計に即して、必要な職業訓練および職業に関する教育訓練を受ける機会が与えられ、併せて、必要な実務の経験がなされた後、これらにより習得された職業に必要な技能及び技能に関する知識について、適正な評価を行うこと」であるとされている。即ち、現行の「技能検定制度」は、受検定者が、職業労働に必要又は有用な技能および関連する知識を保持している程度を評価し、認定することを目指している。

他方、本提言でいう「特定産業技能者」の認定または認証制度は、国として将来の産業を支えるに不可欠と考える「特定産業技能」を選び出し、それらを保持する技能者又は組織・機関を選び出し、認定し、その技能の保持・継承あるいは技能向上を目指す活動を支援しようとする制度であって、現行の「技能検定制度」とは、その狙いが本質的に異なる。即ち、個々人の「職業技能の習得」を支援するのではなく、国として、これからの産業に不可欠な「特定産業技能」を保持し、その発展・継承に対する貢献が期待される高度且つ有能な技能者あるいは技能者の集団を支援することを目指す。

即ち、以下の如く実施し、運用する。

- (1) 「特定産業技能者」を認定し支援する制度とその運用は、前項の「特定産業技能」にかかわる支援制度と同様な枠組による。支援の対象は、個人・組織・機関である。
- (2) 認定された「特定産業技能者」には、一定期間、「技能高度化助成金」が与えられ、その技能向上と保持・継承活動に要する資金が提供される。

（事業費：20億円／年）

- (3) 制度発足後、毎年500人（又は、組織・機関）程度の認定を行い、10年かけて、合計5000人（組織・機関）程の「特定産業技能者」を認定することを目指す。

6. 4 「特定産業技能者」の顕彰、社会的地位の向上

「特定産業技能者」として認定された技能者に対して、社会が、その技能の保持に対して敬意を表する趣旨を具体的に表わす「称号」あるいは「肩書」、例えば、「特定産業技能士」、「卓越産業技能者」などを定め、称号として贈り、日常の社会的活動・私的生活において、それを用いることを推奨する。

この制度は、これまで各産業において、現場作業を担う職能者として一律にみなされてきた技能者を、個々人が保持する技能の内容や技能の水準によって、適正に評価することを目指している。例えば、本提言でいう「特定産業技能者」は、当該産業の重要な一翼を担っている専門家であることを、産業界のみならず社会全体が明確に認めること、あるいは、認めていることを示すための制度であり、称号である。

同じく、組織・機関・企業等に対しては、「卓越産業技能組織・機関・企業」などの名称を贈呈することが望ましい。

6. 5 「特定産業技能者」の組織化

「特定産業技能者」の社会的立場を高めると同時に、それら技能者が、相互に、知識・経験・情報等の交換を行い、みずからの保持技能力の更なる練磨や高度化を図る契機を得ることが出来るよう、「特定産業技能者」の組織、例えば、「特定産業技能者協会（仮称）」を結成することも、「特定産業技能者」に対する支援策として検討すべきである。

専門職能集団の一員となることにより、技能者各人は、自らの社会的位置と役割を理解しやすくなり、そのことが、意欲や自信を生み出していく。また、当然のこととして、組織を通して、広く外部の技能者との結びつきが生まれ、新たな経験・知識・情報の交換が可能になる。多くの場合、技能にかかわる情報は、文書化されておらず、人と人との交流を通してのみ交換・伝達が可能である。

研究者・技術者が、学会等への出席を通して知識や情報を獲得し、自己能力の向上を実現していくのと同様の意味で、技能者の組織化は、技能者にとって、極めて貴重な自己啓発の機会を得ることになる。その結果生まれてくる技能者の総合的な能力の向上は、国全体でみると、膨大なものとなる。

なお、この組織化は、国の産業振興施策の一環として実施されることが望まれる。すなわち、技能者個人の負担にならない形で組織化が行われ、運営されていくことが望ましい。

また、「一般の産業技能者」についても、「特定産業技能者」の場合と同じように、組織化が考えられて然るべきである。その効果あるいは影響は、極めて大きく且つ広範である。但し、この問題については、本提言とは別途に検討するものとしたい。

6. 6 「先導的特定産業技能」の開発

「特定産業技能」の中でも、特に先端的あるいは先導的な技能は、当該産業および関連する科学・技術の発展と共に、拡張し成熟させて、新しい技能体系として作り上げていく必要がある。周知のごとく、先端的・先導的スキル開発が、科学・技術の開発と発展を左右する 경우가多く、かかる技能の開発に遅れをとると、当該産業分野での指導力の喪失はおろか、関連市場からの撤退を余儀なくされることにもなる。このような意味から、先導的な技能の開発支援は、「特定産業技能振興会」の重要な役割である。

また、将来を担う「特定産業技能者」の育成は、先導的スキル開発を通して、最もよく実現できると考えるべきである。

このような見地から、以下の事業を推進することが望まれる。

- (1) 「特定産業技能振興会」は、世界の産業動向・技術動向の分析に注力し、将来必須になると予想される先導的産業技能の掘り起こしを他に先んじて行い、それらを育成し、拡張する事業を推進する。

- (2) 各産業分野における技能シーズ・技能ニーズを広く探索し、また、そのような技能シーズ・技能ニーズの開発・育成事業を広く公募し、それらを財政的に支援する。
- (3) 将来の「特定産業技能者」への道を目指す若者への強力な動機付けを行う。具体的方策としては、「特定産業技能振興会」が提示する先導的技術課題あるいは技術課題にかかわる競技会・展示会等を開催し、優秀技能開発者あるいは卓越技能獲得者に対して、相当額の褒賞金を授与する。
若い人材が、かかる先導的あるいは先端的技能の開発や発展のために身を投じることによって生涯を賭ける価値がある、と実感できる程度の報奨金制度を設定し、挑戦する機会を提供する。
- (4) 年間400人程度の、「特定産業技能者」を目指す、優れた若手技能者に報奨金を提供する事業を行う。かかる事業を、当面、10年継続する。(事業費：20億円/年)

産業技能の分野において特に優れた技能者が、スポーツの一流選手なみの報酬を受けたとしても、なんら不思議でも不合理でもない。むしろ、そのような機会が与えられていないことこそ、不合理であるというべきである。産業社会において技能が果たしている重要な役割を説いて、報酬無しにの辛さを要求するのは、論理的・倫理的に矛盾しており、片手落ちと言うべきである。

6. 7 「産業技能記録運動」の展開

この運動は、当面、継承者がいない技能の消滅を防ぐために、当該技能の保持者および周辺の関係者によって、対象となる技能を画像と音声で記録する運動を、全国的に展開するものである。

技能を記録する手段として、画像と音声を用いることは、極めて、有効である。一方、産業現場の技能を、文章で記述することは困難である。何故ならば、通常、技能の内容は、論理的に整理されておらず、定量化もされていない。ましてや、成文化もされていないのが普通である。又、現場の技能者は、殆どの場合、文章による記述を苦手としており、実際問題として、文章による技能の記録・保存は極めて難しい。

一方、近年に至って、画像と音声による記録・保存の手段は著しく発達し、且つ、極めて安価に利用できるようになった。何処でも、誰でも、画像と音声による記録が容易に行える状況が生まれている。

そこで、画像・音声の撮影・記録用機材の貸し出し、編集機器の使用機会の提供、その他、撮影・記録費用の助成などを通して、「産業技能記録運動」を展開し、産業現場における技能保持者の作業の様子などを逐一撮影し、記録として残す運動を全国的に推進する。可能な限り、音声や音の記録も同時に行うことが望まれる。

これらの記録・保存運動は、一般的には、当該産業技能にかかわる人々による撮影・録音を前提としている。記録された内容の有効性に疑問を抱かれる向きもあるかもしれないが、将来、これらの記録を見る人は、当該技能に係わる技能者であり、専門家の視点から、問題解決の糸口を求めて見ることになる。その場合には、部外者には分らない多くのヒントが読み取れる筈であり、極めて有用な技能情報資料となる。

関連して、「産業技能の登録・預託制度」又は「産業技能バンク」の設立なども考えられる。ここで云う「産業技能の登録・預託制度」とは、産業技能に係わる個人あるいは企業・機関が、自らが保持し活用している技能が、当該産業分野において重要且つ有用であり、現在及び将来の我国の産業振興に役立つと考えた場合、その内容を文書・画像・音声などを用いて記録し、登録して、保存を委託することが出来る公的制度およびその執行機関である。この執行機関として、本提言の「特定産業技能振興会」がその任に当たることも可能である、

この制度並びに執行機関は、公的経費で維持し運用されるものとし、管理受託事業は有償で行う。また、預託された技能の内容は、原則非公開であるが、特定の手続きを経た利用希望者に、有償で開示される。

同様な意味で、この制度および執行機関は、「技能バンク」としての機能をも持つ。「技能バンク」の実施形態は、種々の形が考えられるが、目次までは公開、内容は非公開、特定の許可を得た者のみが有償で閲覧できる形態、などがあり得る。

この種の「登録・預託制度」あるいは「技能バンク」の構築と運用は、我が国の産業技能体系の充実と発展に、大きく貢献することが期待される。

(以上)

7 「ものづくり」のための「人づくり」は

ものづくり大学学長 野村東太

要旨

明日の日本における、あるべき「ものづくり」のための「人づくり」を述べるに当たって、まず、現状の「ものづくり以前の現行一般教育の重大な欠陥」を述べ、「人づくりの根源帰ろう」と提唱した。一つは頭脳知識の偏重つまり形式知偏重の悪弊からの脱却である。さらに、わが国の近代生産体制確立のための平均的な高能力人材養成のための教育の功罪に触れている。とくに、最近、目立ってきた画一的無感動教育の弊害を述べ、自ら学び育つ学育思想の復権を提唱している。

ついで、ものづくり大学の「人づくり理念」を述べている。具体的には、人づくりの原点である自らの問題意識をもとにした自主的な学び、現場での現実や現物に触れて感動することから始まる「ものづくりの原点」を始点とする育成を基盤としていること、そして、技能を通して「ものづくり魂」修得し、その上に、科学と技術による汎用性や、産学協同によるマネジメント能力育成を加味し、総合的なテクノロジストに育つことを目標としていることを述べている。さらに、最終的には、感性と倫理観を持つ人間を目指している。

最後に、既存の工学系学問の経過や大学教育の反省から、「臨場・臨物工学」と「ものづくり学会」の創設を提言した。

7.1 人づくりの根源を改めよう

(ものづくり以前の重大な教育問題)

「ものづくり」とこれに携わる人材の育成と復権には、前述した「若者のものづくり離れの原因」を払拭することが直接の課題であり、実践すべき義務と思うが、これに先んじて、既存の小中高校の教育、そして大学の教育にも多大の問題がある。これを根源から変えなければ、問題は解決しない。具体的に、この点を以下に述べる。

7.1.1 形式知偏重・体得知軽視の反省

1) 今までの頭脳知識偏重の教育は、人間として最も大切な知性 (Intelligence) と感性 (Sensibility) を失わせ、多くの場合、頭脳知識 (Knowledge) をのり越えて持つべき英知 (Wisdom) を失わせてきた。

このことは、ものづくりの基礎でもある感受能力 (Perceptive Capacity) と発見能力 (Serendipity) に裏付けられた創造能力 (Creativity)、そして、ものづくりの倫理 (Ethics) と道義 (Morality) を失わせる一大要因になっていると考える。

2) 小中高校における頭脳知識の詰め込み強要ないしは強制の教育、つまり、学ば側にとって現実感や問題意識や実利感の欠落したバーチャルな教育、そして、その一つの結果である偏差値による評価は、人間を極めて一面からしか捉えておらず、その弊害は極めて大きいと考える。

のみならず、形式知(頭脳中心の思考による知識)を偏重する現代社会では、体得知(体感・体得により身につけた智慧)を軽視しがちで、五感と体験を原点とする「もの

づくり技能」の分野も軽視ないし無視するという罪を犯してきた。結果として、技能者は学者や技術者の低位にある「認められない存在」に甘んじることになった。最近では、技能は「下級労働者の単純な手しごと」程度の認識に転落していた。この事実が、日本のものづくりを閉塞させたと言っても過言ではない。

7.1.2 平均能力養成の弊害と学育思想の復権

1) 既存教育の多くは、子供や若者側の視点からではなく、企業や国家の側から見て必要な人材を教育する、つまり、未熟な若者を教え育てるという論理で展開されてきた。その中心的な思想は、近代生産体制や国家管理体制を維持するために、一部のエリート教育を除けば、平均的な処理能力をもち、かつ指示命令を正確に素早くこなす人材の育成であったと思う。

このことが、その後の高度成長を可能にし、物質的に豊かな社会を生み出す原動力にはなった。しかし、そこには、子供や若者たちが自己実現のために自ら学び育つという「学育」の理念は軽視されていた。ものづくり労働者の人材養成は、まさにこの端的な実例であると思う。

2) 義務教育の期間には、家庭教育も含めて、ある程度の躰とリテラシー教育の強制が必要ではあるが、現状は、自我に目覚めた後の多くの若者に対しても、教育の場で既存の価値観と手法を一方向的に強制し、中高校から大学に至るまで、学びの場は、意義も実利も実感できない、「分らない、つまらない、おぞましい」場になり下がってしまっている。

ものづくりの「楽しさ」「面白さ」、そして「生き甲斐」と「喜び」を感じる学育の展開のために、産業界も官界も政界も、そして、何よりも教育界が変身せねばならないと考える。まず、大人が手本となる希望に満ちた社会を創ること、そして、親自身が偏差値や学歴の重視から脱却し、わが子を理解しない過度の期待を捨てるなどから出発せねばならないと思う。

7.2 ものつくり大学の「人づくり理念」

ものつくり大学は、「1.2 若者は、なぜ「ものづくり」から離れたか」の項で述べた「ものづくり離れの原因」の反省の上に立って、21世紀におけるものづくり世界を切り拓くべく、新たな理念のもとに創設した大学である。その主眼点は5つである。

以下、具体的に説明を加えるが、参考になれば幸いである。

7.2.1 人づくりの原点に立つ

自我に目覚めた以後の若者に対しては、既成の価値観や既成の概念などを伝えることも必要だが、本学では、これら既存の制度や枠組みに従って若者を教え育てるという従来型の「教育」とは異なり、学生が自ら学び自ら育つ「学育」に主眼を置こうとしている。

したがって、教師は、学生が自ら学び育つことを支援するのが役目であり、授業は業（わざ）を授けることでなく、まさに、学生自身が業を学ぶ「学業」であるべきと考えている。従来の「教室」も、一方向的に教え教わる場から、若者が自主的に学ぶ場、つまり「学室」と改めるべきであろう。

このために、学校は、まず「楽しい」「面白い」ところとを感じる場であることが最優先であり、次いで、結果として自然に「ためになる」ところと感ずる場でなければならない。

ものづくり大学では、今までの智識偏重の教育環境下では、あまり認められなかった若者、つまり居場所を発見できなかった若者にも、ものづくりを通して、その人間的能力が認められ、居場所を発見できる大学になることを目指している。少なくとも、偏差値で人間を評価したり選んだりはしないことを宗としている。

7.2.2 ものづくりの原点から出発する

実際の現場で実際のもを見て、触れて、ものの命を感じ、ものづくりに熱中し、ものづくりの喜びを体感することから出発することに原点を置いている。つまり、従来の基本技能による実際のものづくりを体験することを通して、かつての職人が持っていた「精魂を傾けるものづくり魂」と「熱中する生き甲斐と喜び」を体感・体得することが原点となる。

つまり、本学における技能の学育は、従来型の伝統的スキルを単純に継承することが目的ではなく、あくまでも職人魂に代表される「ものづくり魂」の体感・体得にある。したがって、旧来型の一般技能型の職人を再生産する意図はない。

なお、実際の学業は、具体的には、現場重視・実習重視の学育志向であり、実学はほぼ6割、座学はほぼ4割である。

7.2.3 総合的なものづくり能力を目指す

前述の「実技とものづくり魂」は、ものづくりの基本的必要条件ではあるが、十分条件ではない。このため、「技と魂」に「科学と技術」を加えて普遍性と汎用性のある近代生産手法を附加したものづくりを体得し、さらに、「マネジメント」の能力を加味して、具体的な商品化や流通化や経営化ができる可能性も持った人間の育成を考えている。

このことは、単にものを「作る・造る」だけでなく、考え、企画し、製品化し、営業できる、実行力のある創造的人間、つまり「創る」人間を理想像としている。したがって、ものづくりの技能・技術の体感・体得に加えて、たとえば、CADやCAMの能力に止まらず、CAEE(Computer Aided Engineering & Evaluation)(注1)の能力も必要と考えている。

これを図式で示すと次の如くである。

(技能・魂) + (科学・技術) + (マネジメント)

このような人間を、ものづくり大学ではテクノロジスト (Technologist) と称している。

7.2.4 感性と倫理観を持つ人間づくり

一般に、着眼や発想の飛躍は感性によって生まれ、決して調査や分析のデータだけでは生まれない。既に述べた如く、本学は、多くの既存教育で失われた感受能力・発見能力・創造能力の回復と復権を目指している。

ところで、ものは単につくれば良い訳では決してない。ものは使い方によって善にも悪にもなる。最後に、重要なのは、ものづくりに携わる技能者・技術者としての各自の倫理観と責任感の確立であると思う。

「ものづくりとは、ものを創ることである。ものづくりとは、事と次第によっては、ものを創らぬことである。」とは、私の考える「ものづくり大学の最終的理念」である。と同時に、この理念は、わが国ものづくりの最終理念でもなければならぬと考える。

7.2.5 産学協同の学育を目指す

産学協同は、ものづくり大学を支える基盤の一つである。物心両面から多くの支援

を企業から頂いている。たとえば、学生は4年間の在学中に3～6ヶ月、学生によってはそれ以上の、企業内での長期インターンシップを受けている。これは、学生・企業の両者から高く評価されている。

なお、専任教員の7割は企業出身者であり、非常勤講師のほとんどは現役の企業人や現役の職人である。

産学協同には当然ながら、節度が不可欠である。協同研究や共同開発も、大学として学問の自由と主体性は守らねばならない。その意味では、大学は経済的にある程度の自立ができる経済的基金を、保持し続けねばならないと考えている。

7.3 臨場・臨物工学と「ものづくり学会」創設の提言

ものづくりを、わが国の「立国の基盤」とするためには、次のような学問的な基礎を創らねばならないと考える。以下、その具体的内容を述べる。

7.3.1 既存の工学系大学教育の反省

既存の工学系大学における教育のほとんどは、いわゆる自然科学といわれる自然界の原理原則を最上位の基礎知識として伝授し、この原理原則を工業生産に応用した学問である工学の一部を、科学に次ぐ重要な専門知識として伝授するに止まっていた。しかも、これらは全て頭脳上の知識としてか教え込まれていなかった。

したがって、工学を支える現実的な技術は、さらに下位に位置付けられ、技術の修得は、皆無ないしは一部に限られてきた。しかも、本来は技術や工学や科学の生みの親であるべき実態に密着した技能に至っては、技術より低位にあたる最下位の単なる下級労働者の汚いきつい単純手仕事として、教育上は無視されてきた。結果として、ものづくりに関する高等教育は、現場や現実や実態から乖離することになる。

実際に、土を掘ったことも、木を加工したこともない工学士や工学修士が土木建築技師として現場に立ち、鉄を加工したことも、プラスチックを成形したこともない工学士や工学修士が現場で機械制作図面を描いているのである。驚くべき現実で、その弊害は明白である。

7.3.2 臨場・臨物工学の創設

ものづくり大学は、上記の反省の上に立ち、前述のような「ものづくりの原点」から出発することを基本理念としている。

「ハイテク(High tech)はロースキル(Low skill)により支えられている」と言われるが、これは適切ではない。「ハイテクはハイスキル(High skill)に支えられており」さらに「ハイテクは創造的ハイスキルにから生まれてくる」と言うのが真髄であると考える。

現場で現物に触れて、感じ、着眼し、発想し、これを推進して、新たな技術や工学に展開し、さらに科学にまで発展していくという、創造的スキルを基盤とした、従来とは逆方向の学育や学問研究の過程が今後は大切だと考える。私は、この創造的スキルの展開過程を「臨場・臨物工学」と名付けたい。

「全てが現場と現物の実態から始まる」というものづくりの原点に対する考えは、たとえば、医学でいえば、「全ては現場にいる目の患者から始まる」とする臨床医学の考え方に類似している。

7.3.3 「ものづくり学会」創設の提唱

大企業の研究開発部門などを除けば、従来から、ものづくり現場の作業の多くは、

与えられた図面をもとに、持ち合わせの旧来型技能で製品に加工するだけの、単純労働に近い作業と思われていた。当然ながら、体系化する学問とは縁遠い存在と考えられていた。ものづくりの学問的低位は、即社会低位と同意義に近かった。

しかし、現場と現物の現実こそが、学問研究の基盤であり、宝庫であり、未発掘の分野が無限に広がっているものと思う。ものづくりの復権と正道への回帰のために、現場と現物の現実を原点とした臨場・臨物工学を基にした「ものづくり学会」の創設を強く提唱する。

注1：CAEE(Computer Aided Engineering & Evaluation)には、評価項目として下記のような内容を含むものとする。

- 生産工程管理の必要条件と十分条件の区別とチェック
- 生産工程管理の記録・分析・評価とブラックボックス部分の監視
- 生産条件変化と製作工程・製品の弱点発見・フィードバックと自動修復
- 疲労・劣化・汚染等に対する耐久性・安全性のチェック
- ユーザー側の使用状況想定と製品の使用安全性評価
- 社会・環境・政治・経済・個人の使用環境と危険性のチェック
- 経験済み技能・技術を超えた、未経験の仮想分野に対する想定チェック

まとめ

ものづくり大学学長 野村東太

最後に、この本報告の内容を簡潔にまとめて、各章ごとにキーセンテンスとして述べると、次に示す通りである。

1章：近年の「もの」に対する価値観の激変とその原因を述べ、これに準拠した若者の「ものづくり離れ」の原因を示し、あわせて、技能の未来像を予測し、かつ、社会や技能を支える体感・体得情報の欠如と断絶を警告し、さらに、知財特許権への傾倒に警鐘を鳴らしている。

2章：わが国の「ものづくり」に関わる最近の状況や国の諸政策をはじめ、国を取巻く国際情勢を示し、策定された諸政策の効果と未達成の課題を例示し、さらに、将来に対する技能と技術の維持や知的製造業の育成などについて提言をしている。

3章：ものづくりに関する情報処理の現状を考察し、とくに、現場でのデジタル情報と製造技術の展開実態と、これらの未来予測を示し、ものづくり関連情報の集積や利用法についての課題と政策的な支援に言及している。

4章：技能の価値再認識の気運に触れ、技能研究の現状と在るべき方向を示唆し、さらに、技能対象概念の新たな拡張として、情報処理や組織創成や管理運営やコミュニケーションなどのスキル展開と、そのための研究の必要性を提言している。

5章：技能や技術の本質的な側面が世間的に十分理解されておらず、しばしば誤解を招いている点を具体的に例示し、熟練技能や熟練技術の本質解明と、一方で、報道関係者などに対する啓発と技能者・技術者側の説明不足を改善すべきことを提言している。

6章：将来にわたって伝承・保持・展開すべき特定の産業技能を政策として守るために、産官学協働の支援組織を創設し、これを中心に、特定産業技能の指定・承認やこれに関わる技能者の認定・登録・顕彰、さらに、特定産業技能の記録保存・活用等の支援、さらに、先導的技能の技能向上支援などを提唱している。

7章：「人づくり」に関して、頭脳知識偏重の現教育や近代生産体制維持を中心にした人材育成の功罪を述べ、画一的無感動教育から現場・現物に触れた感動を原点とした「自主的な学び」への転換を提言し、「ものづくり大学」での実践例も示している。なお、既存の工学系の学問展開や大学教育の反省から、「臨場・臨物工学」と「ものづくり学会」の創設を提言している。

2008年3月1日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20
建築会館4F

Tel : 03-5442-0481

Fax : 03-5442-0485

E-mail : academy@ej.or.jp

URL : <http://www.ej.or.jp/>