

愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

博士論文



中小企業の ICT を活用した技術経営と技術伝承に関する研究

The research of the Management of technology and Vocational initiation using the information and communication technology for the small and medium size company

2010年3月

B07805 富田茂

指導教員 近藤高司教授

論文要旨

近年ものづくり現場で情報技術（ICT）が生産性の向上や技術情報の一元化などの目的で活用され始めた。ものづくり現場での ICT 環境構築例としては、高速インターネットの敷設や 3 次元 CAD（Computer Aided Design）の導入と 3 次元 CAD データの活用した加工（CAM=Computer Aided Machining）、解析（CAE=Computer Aided Engineering）などがある。このような ICT 環境を構築して高度且つ高速なものづくりを行うことをデジタルエンジニアリングと定義し、先行研究にはない技術経営上の課題を議論する必要がある。本研究では主に中小企業向を対象としたデジタルエンジニアリングを活用した技術経営（ICT の導入や運用、業務拡大）について研究した。また、熟練技術者が大量に退職し若者への技術伝承が停滞する所謂 2007 年問題についても研究した。これは国際化するものづくり環境で日本人技術者が海外で活躍するようになり、技術をどのようにして外国人に伝承するかという問題と同義である。これらの問題はデジタルエンジニアリングを活用することで解決できることを示した。

第 2 章では、モノづくり現場で活用されている ICT として 3 次元 CAD が重要であることを議論し、中小企業が 3 次元 CAD を導入する際の効果的な選定例について議論した。

中小企業で 3 次元 CAD を導入し大企業からの受注環境を整えたとしても、それを操作する技術者を養成することは困難と思われる。第 3 章では、中小企業における 3 次元 CAD 技術者の採用や養成に関する議論を行った。

中小企業ではものづくり工程の ICT 化が進むにつれて、社内で高度な社内教育を行っていかねばならない一方で、産業を支える人材はよりよい学校現場での技術教育によって輩出されると考えられる。第 4 章では、日本のものづくり現場における ICT 化の現況調査を行い、技術情報のデジタル化に関する検証を行った。そして企業で行われる技術教育を学校での技術教育に活用する例について議論した。

ものづくりを行う企業で技術伝承をより早く正確に行うことは技術経営上で効果がある。一方、ものづくりの現場は海外へ移転し、世界中で同時に技術情報を共有しなければ、均一な品質を保つことができない。つまり日本人技術者が外国人技術者を効率よく養成しなければならない。当然日本語が通じないという言語の問題や、逐次進化する技術開発情報を如何に共有し続けるかが課題となる。第 5 章では、技術情報を一元化し ICT を活用して技術伝承を行う手法と効果について議論した。

中小企業では 3 次元 CAD データを他工程で活用する例に乏しい。第 6 章では、3 次元 CAD データを用いた検査システム開発を行った例をもとに、中小企業における 3 次元 CAD データの効果的な援用事例について議論した。

中小企業が 3 次元 CAD などの ICT を導入し大手企業との受注と生産体制が整えば設備投資の回収は可能である。しかし新規の大手顧客を営業開拓した場合、その顧客が使っている 3 次元 CAD データと互換性のあるデジタルエンジニアリングに関する新規設備導入が必要となる。第 7 章では、中小企業が下請け構造から脱却するための ICT を活用した 3 次元 CAD 等の共同利用システムについて議論した。最後に第 8 章では、中小企業が下請け構造から脱却し技術開発を促進するために ICT を活用した進化型ネットワークについて提案を行った。

ここで検証された仮説は、デジタルエンジニアリングを活用した技術経営に関する点では次の通りである。

- i 下請けを行っている中小企業が大手と同様な 3次元 CAD などのデジタルエンジニアリング環境を構築するのではなく、自社がものづくりを行う上で必要な設計情報を取得できる機能に絞って構築することが可能である。
- ii 3次元 CAD 技術者を養成する場合、デジタルマニュアルを用いて短期に操作教育を行うことが可能である。
- iii デジタルエンジニアリングを活用して技術伝承を行うことは、一定の成果があり、熟練者の技術情報を半永久的に保存・学習できる。
- iv 3次元 CAD データを援用した検査システムの開発事例を示し、設計や製造工程だけでなく幅広く活用できるデジタルエンジニアリングの将来像を示した。
- v ICT 環境が広くインフラとして整備されるにつれて、3次元 CAD などが地域で共有できる事例により、中小企業の技術経営を促進するシステムを示した。
- vi 中小企業が技術経営課題として公的資金を活用した技術開発を行う場合の ICT を活用した不正利用を防ぐシステムを示した。

目 次

第 1 章	序論	1
第 2 章	中小企業が 3 次元 CAD を導入する時の経営的効果的な 選定例と検証	
2-1	緒言	3
2-2	大企業における 3 次元 CAD の活用事例	3
2-3	代表的な 3 次元 CAD と大企業の選定状況	4
2-4	中小企業における 3 次元 CAD の活用事例と課題	10
2-5	中小企業で 3 次元 CAD を導入する際の必要条件 と効果検証	12
2-6	結語	13
第 3 章	中小企業における効果的な 3 次元 CAD 技術者採用・ 養成の検討	
3-1	緒言	16
3-2	企業・産業が利用する効果的な 3 次元 CAD データの活用例	16
3-3	中小企業の 3 次元 CAD データ活用の必要性和 課題	17
3-4	中小企業に求められる 3 次元 CAD 技術者の要件	17
3-5	企業での 3 次元 CAD 技術者育成方法調査	18
3-6	3 次元 CAD 教育の効果的实施例	26
3-6-1	実践型教育法	26
3-6-1-1	2 次元 CAD 教育の撤廃	
3-6-1-2	実践型教育法および教材開発	
3-6-2	ソリッド型ミッドレンジ CAD の活用	28
3-6-3	サーフェイス型ミッドレンジ CAD の活用	31
3-6-4	OJT におけるハイエンド CAD の活用	31
3-6-5	デジタルエンジニアリングの援用	31
3-7	結言	32
第 4 章	技術情報のデジタル化に関する検証	
4-1	緒言	34
4-2	日本国内企業の ICT 活用事例	34
4-3	学校で ICT を活用した教育手法例とその効果 検証	44

4-4	産学連携による教育題材の製作と共有	53
4-5	結語	53
第5章	デジタル化技術伝承の経営的評価と課題	
5-1	緒言	62
5-2	技術伝承の必要性	62
5-3	従来の技術伝承（アナログ）時の課題	63
5-4	デジタルで技術伝承を行った活用例	66
5-5	デジタルデータを用いた技術伝承実証実験例	68
5-6	中小企業が活用する技術伝承データの作成方法	74
5-7	技術伝承に使うデジタル手法を取り入れる アナログ手法の比較した経営的な観点 からの優位性	75
5-8	結言	76
第6章	中小企業の検査工程における3次元CADの活用例	
6-1	緒言	79
6-2	企業における3次元CAD活用事例	79
6-3	3次元CADデータを援用したカメラ画像 マッチングシステム（CAV）の開発と特徴	81
6-4	CAVの機能概要	82
6-5	CAVの課題	94
6-6	結語	94
第7章	中小企業における3次元CADシステムを導入した ビジネスモデルの検証	
7-1	緒言	100
7-2	ものづくり地域での3次元CAD導入方法	100
7-3	中小企業支援のための3次元CAD利用を支援 するセンタ設営提案	105
7-4	結語	106
第8章	情報技術（ICT）を活用した中小企業技術開発支援 ネットワークの構築に関する検討	
8-1	緒言	109
8-2	東海地方でものづくりを行う企業の意識調査	109
8-2-1	調査方法	
8-2-2	調査結果	

8-3	公的資金による技術開発支援制度の課題	111
8-4	公的資金を利用する中小企業の問題	112
8-5	中小企業向け公的支援による技術開発費の 在り方	113
8-6	結語	114
第9章 結語		119
	本論文と関係する発表論文リスト	124
	その他の発表論文リスト	127
	業績及び発表	128
謝辞		

第1章 序論

情報通信技術 (ICT) を活用することで、生産ライン等の管理・自動化、在庫管理システム等の生産性向上やグループウェアツールとしての活用による業務の円滑化がなされ、品質の安定、高付加価値製品の提供および製造機能の柔軟性が最終的なメリットとして期待される。ものづくりを行う企業においては3次元CADシステムを用いたデジタルエンジニアリングによって、開発速度を速め、同時にものづくり情報の一元化をおこなっている。大企業内で3次元CADデータなどの情報技術を活用したものづくり工程を構築すれば、大企業は部品などの製造工程を受け持つこととなる中小企業に対して互換性のある3次元CADデータの取り扱いを期待する。当然、中小企業もこれに追従したいが、「高度な情報通信技術を活用できる人材がない」、「人材を育成する時間がない」、「高度な情報通信技術を導入する資金がない」といった理由によりできていないのが現状である。しかも、中小企業が大企業のように高価な3次元CADシステムを多く配備することは、3次元CADデータを専門で取り扱うのでなければ、設備投資の回収は難しい。また、得意先が複数あるときは、3次元CADデータ種類も複数なので、高価な3次元CADシステムのバリエーションも考えて導入しなければならない。ものづくりを行う中小企業がICTを導入しなければものづくり産業のグローバル化に乗り遅れてしまうと考え、著者の技術経営の経験と実績に基づき、設備投資と人材育成について学術的に分析し提案を行うこととした。

企業がICTを導入すると、様々な文書や技術情報が電子化されて保存される。当然企業間の取引や連絡などはemailを代表とするデジタル手法が主流となり、FAXや手紙など紙を媒体とするアナログ手法の利用頻度は下がってきた。しかし一方で電子化された情報を印刷して保存している現状も否めないと思われる。よって企業でのICTの利用と活用状況を調査することとした。また、企業で技術情報がデジタル化され技術手順書として企業内教育に活用されている事例を検証することとした。そして企業内教育手法を学校内技術技能教育に援用できるかということを検証し、ICTを利用することで紙の使用を削減し環境に配慮した新しい教育題材の効果的な活用を検証することとした。

ものづくりを行う中小企業には人材が少ないので、熟練技術

者から若年技術者への技術伝承を促進できず、その意味での「人材を育成する時間がない」ことも中小企業のリスクとなっている。つまり中小企業では人材が少ないのに関わらず人伝えの技術伝承に頼っているのではないかと考え、そのリスクについて検証することとした。また著者が ICT を活用した技術情報のデジタル化に関する公的実証実験で得た成果について報告し、その成果を企業の技術伝承に活用できないかを検証することとした。また、中小企業が技術伝承時に ICT を活用して行う場合の課題を抽出するために、導入実例を用いた実験と検証を行うこととした。

資本力のある大企業は 3 次元 CAD に代表されるデジタルエンジニアリングツールを設計から検査に至るまで活用できるので、導入効果は高いと言える。中小企業は 3 次元 CAD データを大企業から受け取り、製品づくりに利用するので、自社内の設計部署で活用することは少ない。つまり中小企業で 3 次元 CAD データをより活用できる工程が多ければ技術経営上好ましい。よって本研究において 3 次元 CAD データの新たな活用方法を開発することとした。

本研究で検証する仮説は、ものづくりを行う中小企業が 3 次元 CAD データで発注を受ける図面レス時代において、デジタルエンジニアリングを利用した技術経営に関する点では次の通りである。

3 次元 CAD などの導入の仕方

3 次元 CAD データを取り扱う技術者の育成の仕方

技術者育成用に技術情報をデジタル化した産学連携の技術教育の在り方

ICT を利用した技術伝承の仕方

3 次元 CAD データを援用した新システムの開発例

フローティングライセンス式 3 次元 CAD を活用した地域仮想 CAD センタ構築の提案

末章では、中小企業が不況に強い自立した技術経営を行うには新規技術開発が必要であることを前提に、各中小企業が競争力を確保するために公的支援を受けながら技術開発を推進することを提言した。また公的支援に慣れていない中小企業が公的資金を誤って利用した場合の事例を示し、公金不正利用等のリスクを回避できるネットワークシステムについて提案した。

第2章 中小企業が3次元CADを導入する時の経営的効果的な選定例と検証

2-1 緒言

工業界では3次元CADを用いたデジタルエンジニアリングによって、開発速度を速め、同時に情報の一元化を行っている。大企業では、多くの3次元CAD技術者を採用するとともに、3次元CADを配備し、工程間で無駄のない情報の連携を行っている。そのため、下流工程を受け持つこととなる中小企業では、大企業から受注する製作案件について、同じく3次元CADデータを取り扱わなければならない。しかしながら、中小企業が大企業のように高価な3次元CADを多く配備することは、3次元CADデータを専業で取り扱うのでなければ、設備投資の回収が可能であるか検証する必要がある。また、上流工程（得意先）が複数あるときは、3次元CADデータの種類も複数となるため、高価な3次元CADのバリエーションも考えて導入しなければならない。そこで本研究では、中小企業が3次元CADを導入する際の考察点と判断考課配分をまとめ、効果的にデジタルエンジニアリングへ対応する事例と検証を行う。

2-2 大企業における3次元CADの活用事例

1995年以降、パーソナルコンピュータの処理能力や記憶容量が大幅に向上し、劇的に普及した¹⁾。また自由にデータのやり取りが行える、インターネットという通信インフラストラクチャーも進化・浸透した²⁾。それまで高価格なコンピュータで処理していた3次元CADデータは、安価な環境で運用できるようになり、またデータの移動も迅速にできるようになった。そのため、大企業ではそれを活用したものづくり工程部門での情報の一元化をいち早く検討し始めた。基本的には、上流工程からは設計情報の早期展開（素材手配や設計変更などの情報）、下流工程からは製造要件を設計情報に織り込ませることに意義があると言える³⁾。図表2-1に年代別ものづくり工程に使用する設計情報の特色と、それらを使用した場合のメリットおよびデメリットを示した。2000年代以降、3次元CADを利用したものづくり工程では、図面データを作成するのにやや時間はかかるものの、不具合の発見、原本複製や類似設計が容易となり、製造企業のものづくりの効率を大きく改善した。

また、大企業はコスト削減のため、海外に生産拠点を創設する。そ

うした場合でも、3次元CADデータの活用は有利に働く。なぜなら、3次元CADデータは2次元図面とは異なり、海外現地の言語に全部分を翻訳しなくてもよいからである。国内においても、2次元図面で出図するのではなく、3次元CADデータのみ（いわゆる図面レス）で工程間設計情報をやり取りする取組も増えてきた。2次元図面に細かな寸法などの情報を記載する手間が設計工程で省けることで、製造側も必要な寸法を自ら3次元CADデータから読み取り、活用できるという特色がある。例えば自動車業界のトヨタ自動車関連企業では1999年ごろから下請け業者に対して、取組（サプライチェーンマネジメントの一部として）を始めている。図表2-2に知的創造における国際・国内分業方法例についてまとめた。

さらに、一度作成された3次元CADデータは、図表2-3で示すように様々な工程にも転用できる。例えば、製造用の加工データ（CAM=Computer Aided Machining）、コンピュータ解析（CAE=Computer Aided Engineering）や形状検査、取扱説明書用のイラストなどにそのまま利用することができる。製造用の加工データに流用する例（3次元CADデータから直接加工機用の加工データを作成すること）では、効率の良い加工経路を検証することで、無駄な工具の移動を省いたり、工具と材料との干渉なども避けたりすることが可能であり、技術経営的にも非常に効果が高い。

2-3 代表的な3次元CADと大企業の選定状況^{4), 5)}

大企業が利用している代表的な3次元CADの種類と特徴を図表2-4に示す。大企業では導入する3次元CADの選定を設計部門と製造部門の両方に近い部署が担当する。なぜなら、現在の設計環境に即した導入を決定しなければならないし、生産設備とのデータの連携も重要であるからである。また、設計データを可能な限りダイレクトに生産設備に流用して、加工等を行うことが効率化に貢献するからである。したがって、その企業が以前より持っていた2次元CADデータを援用できる3次元CADシステムを導入しがちであることは当然の傾向である。このことが、図表2-4で示すように多種類の3次元CADシステムが存在する理由の一つである。

また、企業の業種によっても3次元CADの導入に特色がある。金型業界であれば金型を切削することに注力して開発された3次元CADを業界全体として導入することが、3次元CADの開発要求を広く取り入れることができ、互いに効率的であるからである。この場合は、業界団

体や業界向け学会の移行に左右される傾向がある。企業の製品種（量産設計品か都度設計品）による 3 次元 CAD 導入にも特色がある。量産設計品であれば 3 次元 CAD データの構造としてパラメータで規格化しておけば、簡単に相似設計が可能となる。都度設計品の場合は、設計工程に係る負荷が一時期に集中することが予想されるので、安価な多数の 3 次元 CAD で構成すると効率が良い。

大企業では自社内で異なる 3 次元 CAD を導入している例もある。トヨタ自動車では、ボディー系に CATIA をユニット系に Pro/E を多く導入している。自動車の様に車種展開で変化する部分（意匠を重視する自動車のボディーや内装など）と変化しない部分（機能を重視する＝制御や駆動ユニットなど）で設計工程が別会社のように異なるからである。

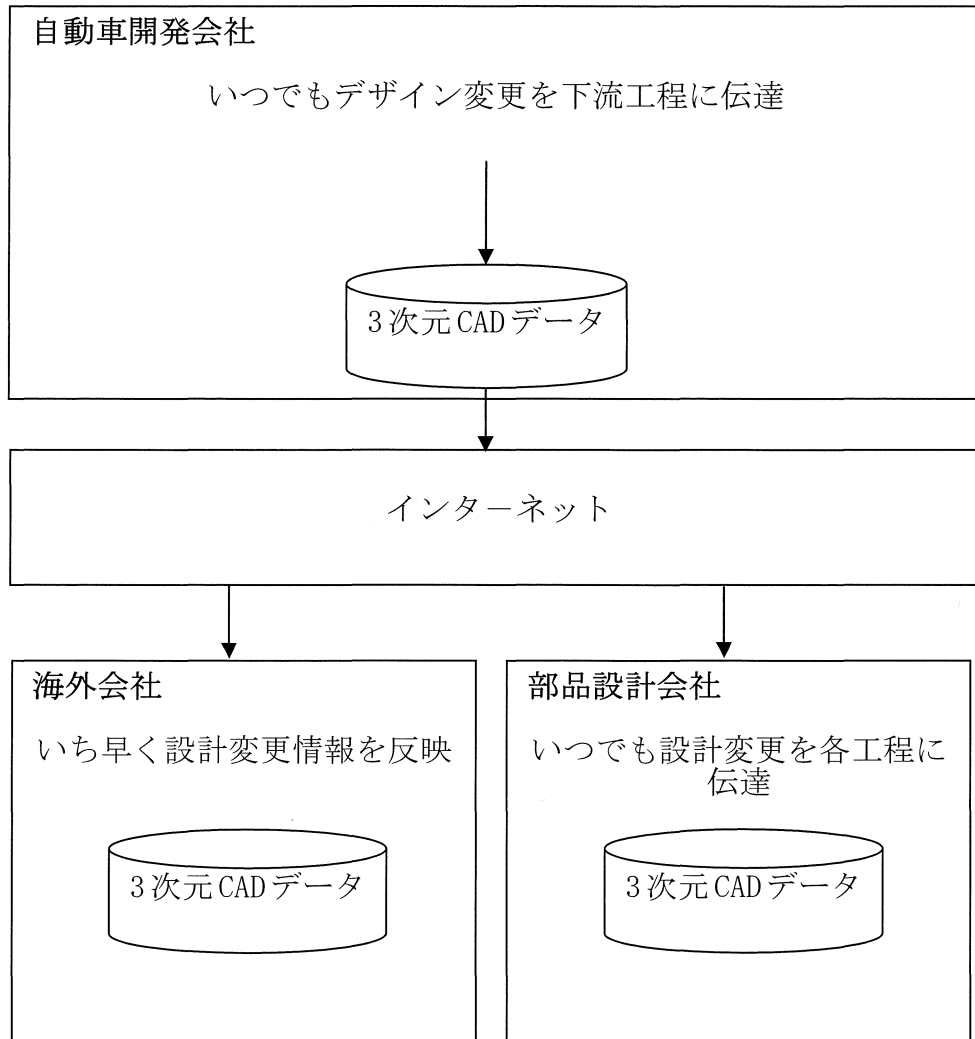
松下電器では世界同時製品立ち上げ戦略を行うために、インターネットで世界中の自社 3 次元 CAD データを共有することのできる 3 次元 CAD（トヨタケーラム社製 Caelum XXen）を取り入れた例もある。

これらの状況からわかるように、大抵の場合、大企業が下流工程である中小企業のことを考えて 3 次元 CAD の導入機種を選定しているとは言いがたい。

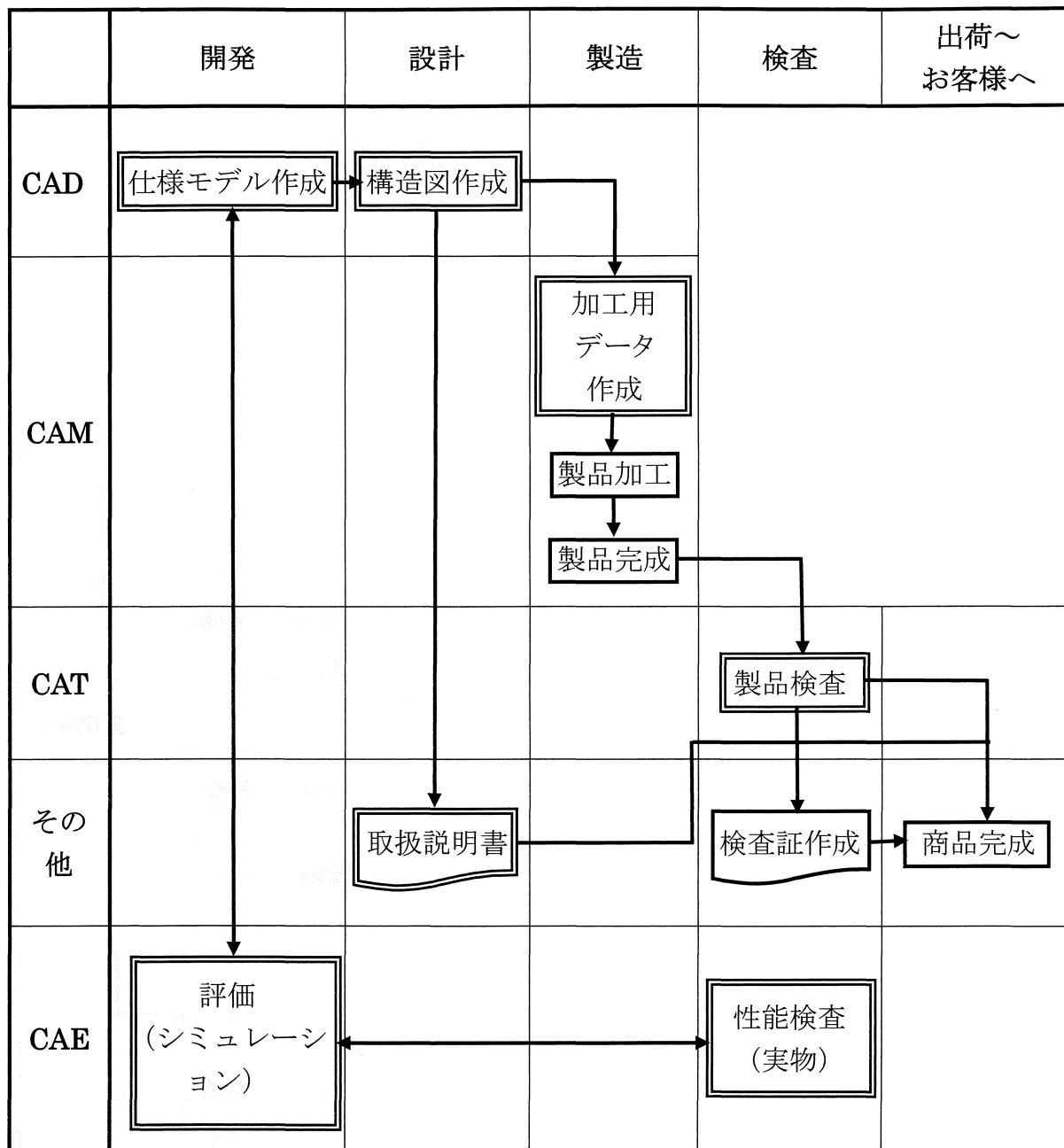
図表 2-1 年代別ものづくり工程

年代	特色	メリット	デメリット
以前		<ul style="list-style-type: none"> ・図面化 早い 	<ul style="list-style-type: none"> ・類似設計 難 ・原本保管 難 ・熟練者 要
1990年代		<ul style="list-style-type: none"> ・図面化 早い ・類似設計 容易 ・原本複製 容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・不具合発見 難 ・熟練者 要
2000年以降		<ul style="list-style-type: none"> ・不具合発見 容易 ・類似設計 容易 ・原本複製 容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・図面化 遅い 熟練者 要(当分間)

図表 2-2 知的創造における国際・国内分業方法



図表 2-3 3次元 CAD データの他工程への転用例



 ・・・3次元 CAD データを利用

図表 2-4 代表的な 3 次元 CAD と特徴

3 次元 CAD ソフト名	価格 (円) と カテゴリー	Maker	特徴	主要 User	販売実績 (Maker 自称)
CATIA V 5	4, 489, 400 (High-End 版)	ダッソー システムズ	実績をもつ V 4 を 全面的に再構築	トヨタ自動車 ソニー	シェア No. 1
Pro/E Wildfire 3. 0	4, 199, 000 (High-End 版)	P T C	強力なパラメトリ ック機能	NISMO コマツ オリ ンパス	出荷本数 38, 100 本
ICAD/SX	1, 548, 000 (Mid-Range 版)	デジタル プロセス	後付パラメトリッ ク機能搭載	産業機械 工作機械	40, 000 本 (国内)
Caelum XXen3. 6	1, 260, 000 (Mid-Range 版)	トヨタ ケーラム	拠点間での「チーム 設計機能」	松下電器 ブリヂストン	3, 200 本 (世界)
SOLIDWORKS	1, 248, 450 (Mid-Range 版)	SolidWorks	使い勝手のよさ	日立製作所	520, 000 本 (世界)
Autodesk Inventor 11	1, 092, 000 (Mid-Range 版)	Autodesk	「設計」に専念でき る	アサヒ工業 さわだ建設	500, 000 本 (世界)
UGS Solid Edge V20	895, 000 (Mid-Range 版)	UGS PLM solutions	図面作成機能は好 評	森精機 リコー	3 年で売上 は 35% 上 昇
Think iD	787, 500 (Mid-Range 版)	think3	大規模な機械設計 に対応	BMW マツダ 東芝 コクヨ	50, 000 本 (ライセン ス数)

2-4 中小企業における 3 次元 CAD の活用事例と課題

大企業が導入する 3 次元 CAD を決定すると、下請けである中小企業は、3 次元 CAD の導入に関して、積極的に追従しなければならない。なぜなら、最近では製品の情報が、図面レスで 3 次元 CAD データのみで配給されてくるようになってきたため⁶⁾、同じ CAD システムでなければならないからである。

しかし、いくら安価になってきたとは言え、中小企業にはまだ投資効率という観点からは、安易に導入できない。ここで中小企業における一般的な 3 次元 CAD 導入例と投資回収について、A 社（キャリアオ技研株式会社）の導入例から検証する（図表 2-5 参照）。

例えば、High-End 版の CAD1 台を 10 年稼動した場合で考えると、7810 万円/10 年・人・台となり、65 万円/月・人・台が月平均のコストとなる。これを中小企業の加工単価（工作機械で加工を行う場合の見積もり用の加工賃 3500 円/時間とした）で検証すると、185 時間/月稼動となり、一人の月稼働時間は 8 時間/日*21 日=168 時間/月であるので、大まか 110%の 3 次元 CAD と技術者の稼働を期待されるのである。以上の結果からわかるように、人件費が 0 円と仮定した場合でも 5 年間で総額 1330 万円の維持費がかかる。1 ヶ月 168 時間とすると、約 1320 円/時間の維持費である。新入社員の 1 ヶ月分の賃金に匹敵する維持費とも言える。なお、High-End 版 CAD とは、細かい形状設定が可能で高価な CAD のことであり、これに対して、操作が比較的単純で直観的に取り組みやすく、安価な CAD は Mid-Range 版 CAD と呼ばれる。

逆に投資回収とするための検証するとき、5 台/5 年稼動と仮定した（ソフトウェアの税務上の償却年数が 5 年であることを援用した）。図表 2-5 に示すように投資総額 20530 万円/5 年 5 台 5 人であるが、これは製造原価 68.4 万円/月・台、売上価格（1995 年から 2005 年までの日本国内情報サービス業の統計）は、1,830,024 円/月単価=10,893 円/時間単価となる。この結果、原価率 37%となり、これを専業とする場合は事業上成り立つ結果と言える。

つまり、中小企業で 3 次元 CAD を活用しようとした場合、専業として 3 次元 CAD データを取り扱うのであれば事業として成り立つが、加工用データを整備するだけに 3 次元 CAD システムを導入するのであれば 3 次元 CAD システムの稼働率を考えると経営上はこの工程単体では成立しにくい。また、3 次元 CAD 技術者の確保と養成は、専業で 3 次元 CAD 業務を行わないのであれば、人的流失が経営上の投資リスクに大きく関わることも課題である。

図表 2-5 投資すべき要素と価格

NO	投資要素	導入システム例		
		CATIA V5 (High-End 版)	SOLIDWORKS (Mid-Range 版)	CATIA V5 (1台) と SOLIDWORKS (4台)
①	3次元 CAD システム(ソフト)	400 万円/台	100 万円/台	800 万円
②	3次元 CAD システム(ハード)	60 万円/台	30 万円/台	180 万円
③	3次元 CAD システム保守料	60 万円/年・台	20 万円/年・台	140 万円/年
④	3次元 CAD 導入教育費	90 万円/人	20 万円/人	170 万円
⑤	3次元 CAD データ授受システム構築費	100 万円/社	同左	同左
⑥	通信費	36 万円/年	同左	同左
⑦	3次元 CAD 技術者採用費 (20歳代の技術者を想定)	200 万円/人	同左	同左
⑧	3次元 CAD 技術者人件・管理費	600 万円/年・人	同左	同左
5台導入5年5人稼働の総額		20,530 万円	17,530 万円	18,130 万円

2-5 中小企業で3次元CADを導入する際の必要条件と効果検証

前述のとおり、客先の3次元CADシステムに合わせた導入は必須とはいえ、中小企業にとっては設備投資の回収が困難である。ではどのようにしたら、効果的に3次元CADシステムを配備できるかを次に検証し提案する。

(1) 外部専門3次元CADデータ会社への外注委託

最も迅速な経営的な対応が期待できる方法である。この場合特徴は、

- ・ 設備などを持たなくても良い。当然メンテナンスに係る費用も不要。
- ・ 即日、様々な3次元CADデータに対応することができ、一定の品質を確保できる。
- ・ 作業単価はやや高め(3次元CAD業界の標準的な時間単価は約6000円/時間)だが、1月当たりの稼働率が100%以内であるならば、社内設備より効率がよい。

であり、注意すべき点は、

- ・ 対客先への機密保持上の課題
- ・ 短期納期に対する課題
- ・ 自社の生産工程の上流を委託するので、主従関係が逆転し、自社生産計画に多大な影響を受ける

である。

(2) 専門派遣社員の活用

現在、ほとんどの大企業が導入している例であるが、派遣社員(3次元CAD技術者)は流動性が高いので、技術とノウハウが蓄積できないという問題点がある。

(3) 高性能3次元CADシステムと安価な3次元CADの併用

3次元CADデータの互換性については諸説あるが、基本的に同種の3次元CADデータ(一般的に生データと呼ばれている)でなければ、瑕疵(一般的には文字が化けるなどの現象を示すが、3次元CADデータの場合は表現された形状が欠落する(面がはがれるといわれる)などの現象)を担保されない。しかし、図表2-6で示すように、この導入例を実施している中小企業も多い。この場合特徴は

- ・ 客先と同種の3次元CADシステム(高価なシステムである場合)をgatewayとして1台設置するので、3次元CADデータをやり取りする場合不具合は生じない。
- ・ Gatewayから下流に配備する3次元CADシステムには互換性を検証した汎用の3次元CADデータ共通フォーマット(例 IGES形式)

や STEP 形式など) でやり取りして、自社工場で加工用に必要な CAM データを作成できる。

である。この場合注意すべき点はやはり設備投資回収にかかる問題であろう。前述のように検証すると、図表 2-5 で示すように、High-End 版を全数投入した場合と比べて、-10%のコスト効果が見られる。


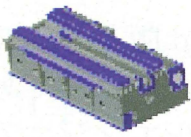


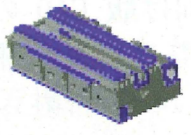


2-6 結語

中小企業において、大企業に追従するべく 3 次元 CAD などのデジタルエンジニアリングシステムを導入する際には、技術経営的に考察して、導入価値と投資効率を十分に図らなければならない。

今回本研究で提案した、High-End 版と Mid-Range 版 CAD を組合せたシステム構成で運用している事例は、今まであまり推奨されてこなかった。なぜなら、経営者がデジタルエンジニアリングシステムを深く理解すること無く、大企業のシステムを模倣することが堅実と考えられてきたからである。しかしながら、技術経営という立場では、ソフトウェアに投資する多大なリスクと投資回収を考えなければならない。したがって、大企業において高価なシステムの導入に 2 転 3 転する過渡期に、中小企業は早期より de facto Standard として自社内のシステムを統合し、多くの大企業から支給されてくる様々な 3 次元 CAD データに対応しなければならない。これを可能とする一例として、本研究での提案は非常に有意義であると考えられる。中小企業の本業として、「ものづくり」がそうしたシステムの過渡期動向に左右されないためには、3 次元 CAD ソフトメーカーが大企業向け版 CAD (3 次元 CAD のコマンド数が多いもの) と中小企業向け版 CAD の値段を区別して販売するのが最良であるが、今回の調査でそうした都合の良いパッケージは見当たらなかった。

今後、より一層の 3 次元 CAD オペレータの需要拡大に対して、大学教育においても 3 次元 CAD 教育が求められるようになる。卒業生全員が大企業に就職し、大学においても潤沢な教育資金があれば、High-End 版 CAD のみを教材とする CAD 教育を施せば良いが、実際日本をささえている中小企業への就職も無視できないのであるならば、教育題材も 3 次元 CAD ソフトメーカーの戦略に押されることなく進めてゆくべきではないだろうか。

図表 2-6 Mid-Range 版を活用した 3 次元 CAD の配備例

導入	図例	実際の工程	CAD	導入用途
得意先		生データで運用 	A社製 高機能な 場合が多い (例 CATIA)	開発や設計に 利用 (基幹業務)
中小企業	↓ データの授受 		A社製 高機能な 場合が多い (例 CATIA)	変換に利用
	↓ 	汎用データに変換して運用(例 iges など) 	B社製 安価で必要性能を持っている (Mid-Range 版)	必要データ整備
	↓ 	CAMデータに変換して加工 	-	加工用のデータ作成 (基幹業務)

10%コストダウンが可能となる

参考文献

- 1) 情報処理学会歴史特別委員会：「日本のコンピュータ発達史」 オーム社 (1998)
- 2) 小豆川裕子, 内藤孝一および石川裕子：「インターネット社会の10年 新しいインフラで変わる生活, 変わる社会」中央経済社 (2005)
- 3) 延岡健太郎：「MOT [技術経営]入門」 日本経済新聞出版 (2006)
- 4) 「徹底解説 CAD・CG 06-07年版」 日経BP社 (2006)
- 5) 「機械設計 別冊CAD・CAE 2007」 日刊工業新聞社 (2007)
- 6) 自動車工業会 自工会におけるCADに関わる標準化活動
http://www.jnx.ne.jp/download/seminar/0603_cad.pdf p. 26
(アクセス日：2009年7月15日)

第3章 中小企業における効果的な3次元CAD技術者採用・養成の検討

3-1 緒言

自動車産業では、3次元CAD（コンピュータの画面内で3次的に物体を正確な寸法を付与して表現できる設計製図手法）により作成した形状などのデータを基に、事前設計検証や製造工程における諸般の要件を開発現場、量産設計現場および製造現場の各技術者が打ち合わせして、ラインアウトまでの期間の短縮と品質の確保を行っている¹⁾。

最近では、自動車部品構成要素点数はますます多くなり、部品レベルの3次元CADデータのやり取りが大企業と中小企業の間で多くなった。したがって、中小企業においても、3次元CADを操作できる技術者が多人数必要となったが、人材不足による技術者採用難が2007年時点では深刻化していた。また、企業経営において良い人材を採用することは必須課題であるが、採用段階で人物の内在能力（3次元CAD作業に向いているか）の程度を見極めることは難しく、採用後の効果的な技術者育成のあり方を各社が検討している。

先行研究では、WEBサーバーシステムを導入した授業により再現のある授業が可能²⁾としており、又eラーニングの特性を活かしたWeb上で学習できる3次元CAD教育システムは有用³⁾と検証されるなどICTを活用した教育方法の効果を示していた。また、50人を超える受講者向けにはアクティビティ型教材よりドリル型教材が機能する⁴⁾ということも検証も報告されていた。そこで本研究では、3次元CADを取り扱う技術者の採用と育成について効果的に、かつ短期間で稼働させる事例について報告し、3次元CAD技術者の採用、教育から稼働までの効果的な手法について論じる。なお、ものづくり企業における最上流工程の人材を早期に活用する手法は、見えない資産価値を分析する上で重要な経営指標になるものと考えられる。

3-2 企業・産業が利用する効果的な3次元CADデータの活用例

現在、自動車業界内大企業では開発から設計、生産技術、製作、品質保証、取扱説明書、営業カタログに至るまで3次元CADを利用している。3次元CADでは、形状など細かいところまで作りこんであるため、実際の形状を表現してあると同時に、内部構造を見たいときには画面上で分解でき、必要な部分だけを見ることが可能である。以前は、開発当初から2次元の図面により検証を行っていたため、図面（3面図）が読み取れなければ、形状や動作・機能が想像できなかった。いわゆる理系人材でないとその領域で活躍できなかった。

1990年代に入ってから、パーソナルコンピュータ（PC）の爆発的な進化と廉価化が追い風になり、3次元CADソフトもPCで操作可能となった。自動車

などの開発では、当初より 3 次元 CAD データを用いることにより、形状の確認が誰(いわゆる文系人材や初等理系人材)でも容易にできるようになった。すなわち、開発コンセプトの形状を示した 3 次元 CAD データに対して、設計要件を加味しながら部品設計をすることが可能となった。また、部品製造においても、3 次元 CAD データを利用することにより、製造要件を考慮した部品設計が可能となり、また、加工用データをダイレクトに展開できるようになった。これらのことにより、開発スピードの向上はもとより、形状や機能の変更が生じた場合でも、2 次元の図面でやり取りしている時代より、格段に早く正確に情報が伝わるシステムが構築できた。

3-3 中小企業の 3 次元 CAD データ活用の必要性と課題

そうした背景から、中小企業は、部品製造などを依頼している大企業から、3 次元 CAD データをダイレクトに利用するよう求められるようになった。大企業の 3 次元 CAD データに中小企業がアクセスできる通信環境を構築することで、設計変更への対応や寸法表記などについて、情報を一元化できる。このとき、3 次元 CAD データの性格上、同じ CAD ソフトを用いた方が情報の欠落が無いので、中小企業においても大企業と同様の 3 次元 CAD システムの導入とそれを取り扱う 3 次元 CAD 技術者が必要となる。

大企業では、高度で高速な開発を執り行う必要があり、高度なシステムを導入し、高度な知識を持った技術者を確保する企業耐力と教育体制が備わっている。一方、中小企業では、大企業との取引を円滑に進める上で、システムまでは同じものが構築できたとしても、技術者の確保とその技術者の操作能力レベルの維持は難しいものと考えられる。これは、中小企業が 3 次元 CAD データを取り扱える専門技術者を確保できたとしても、常に 3 次元 CAD 業務があるわけではないため、日々の作業に付帯して 3 次元 CAD 作業を行う、いわゆる兼業技術者として活躍することになるからである。したがって、3 次元 CAD 技術者が 3 次元 CAD の操作方法を忘れてしまうという問題が生じてしまう。

3-4 中小企業に求められる 3 次元 CAD 技術者の要件

中小企業での 3 次元 CAD データを取り扱う技術者としての要件を考察する。

前述のとおり、中小企業内では、3 次元 CAD 技術者は 3 次元 CAD に触れる機会があまり無いので、入社する時点で 3 次元 CAD 業務を希望する新入社員などを採用できない。また、学校で 3 次元 CAD などの教育を受けた新入社員は稀有であるため、新卒または中途採用した者に対して、3 次元 CAD を取り扱うことができるように社内教育をしなければならない。当然採用段階で基本的な素養を見抜くことが求められる。

A 社（キャリア技研株式会社）の場合、2007年現在までに、3次元CAD業務を希望するおよそ3,000人に対して面接を行ってきた。その面接から3次元CADを取り扱う者の十分条件が見えてきた。中小企業に求められる3次元CAD技術者の要件を考察すると

- ① コンピュータに対してアレルギーがない。
- ② 座り仕事に対してアレルギーがない。
- ③ 細かい作業の繰り返しに対してアレルギーがない。
- ④ 頭脳での立体的な創造や配置感覚がある。

が十分条件であると考えられる。

④の立体的な感性を検証するためにA社が執り行っている例では、サイコロを援用した立体的考察能力の判定をしている。採用段階では、図表3-1に示すように、サイコロの実物を渡して展開図を判読させると、その能力がわかりやすい。

ここからわかるとおり、3次元CAD技術者にはいわゆる理系的人材でなくとも適用可能であることが類察される。実際A社の実績では延べ100人のうち60%がいわゆる文系学校出身者であるが、理系の人材以上に成果を挙げている実証例もある。

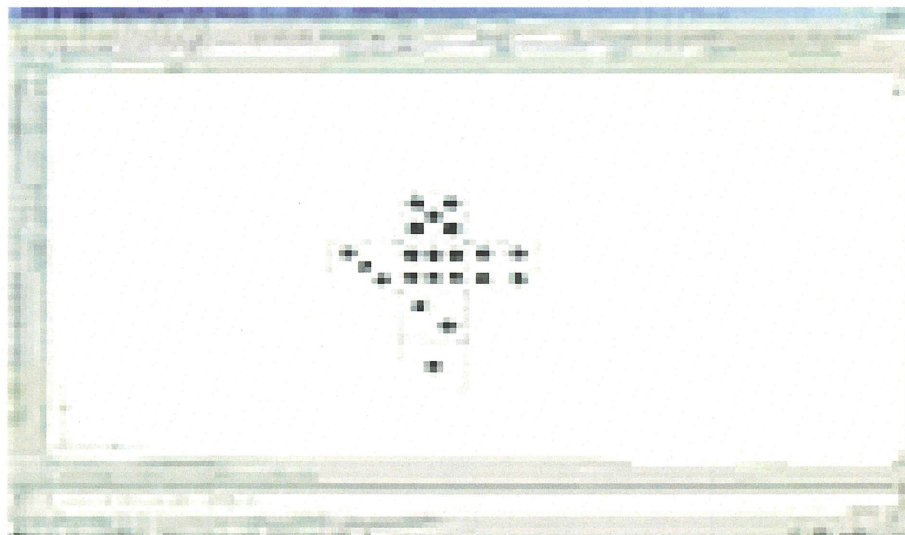
3-5 企業での3次元CAD技術者育成方法調査

国内の主要企業における3次元CAD技術者教育などの実態を把握するために、図表3-2に示す条件で、アンケート調査を施した⁵⁾。

図表3-3に示すように、自動車、家電、航空機および産業機械メーカーの企業、合計49社にアンケートを送り、26の有効回答（有効回答率53%）が得られた。図表3-4には、有効回答が関東、中部、関西のいずれの企業からのものかを示すが、家電メーカーについては中部の企業からの有効回答は無く、航空機メーカーについても関東の企業からの有効回答はなかったものの、一業種の回答が関東、中部、関西のいずれかに集中することは無かった。これら得られた回答は3次元CAD研修の開催概要について集計された。また電話でのヒアリングでは、3次元CAD研修はどのように取り組んでいるか、研修者への評価はどのように行っているかを確認した。さらに、訪問調査では、2社に対して3次元CAD研修の実態や研修環境、問題点などを確認した。

その結果、研修の対象技術者は図表3-5のようになり、彼らへの3次元CAD教育は、図表3-6で示すように、社内関係者による社内研修で行っている例が多いことがわかった。また、研修期間については、ばらつきはあるが、長めで13日であった。さらに、研修で使用するカリキュラムは、図表3-7に示すように、社内の研修担当が専属で作成している例が多い結果であった。なお、カリキュラム内容は企業機密事項として、開示してもらえなかった。

図表 3-1 採用試験において立体的考察能力を判定する
サイコロとその展開図



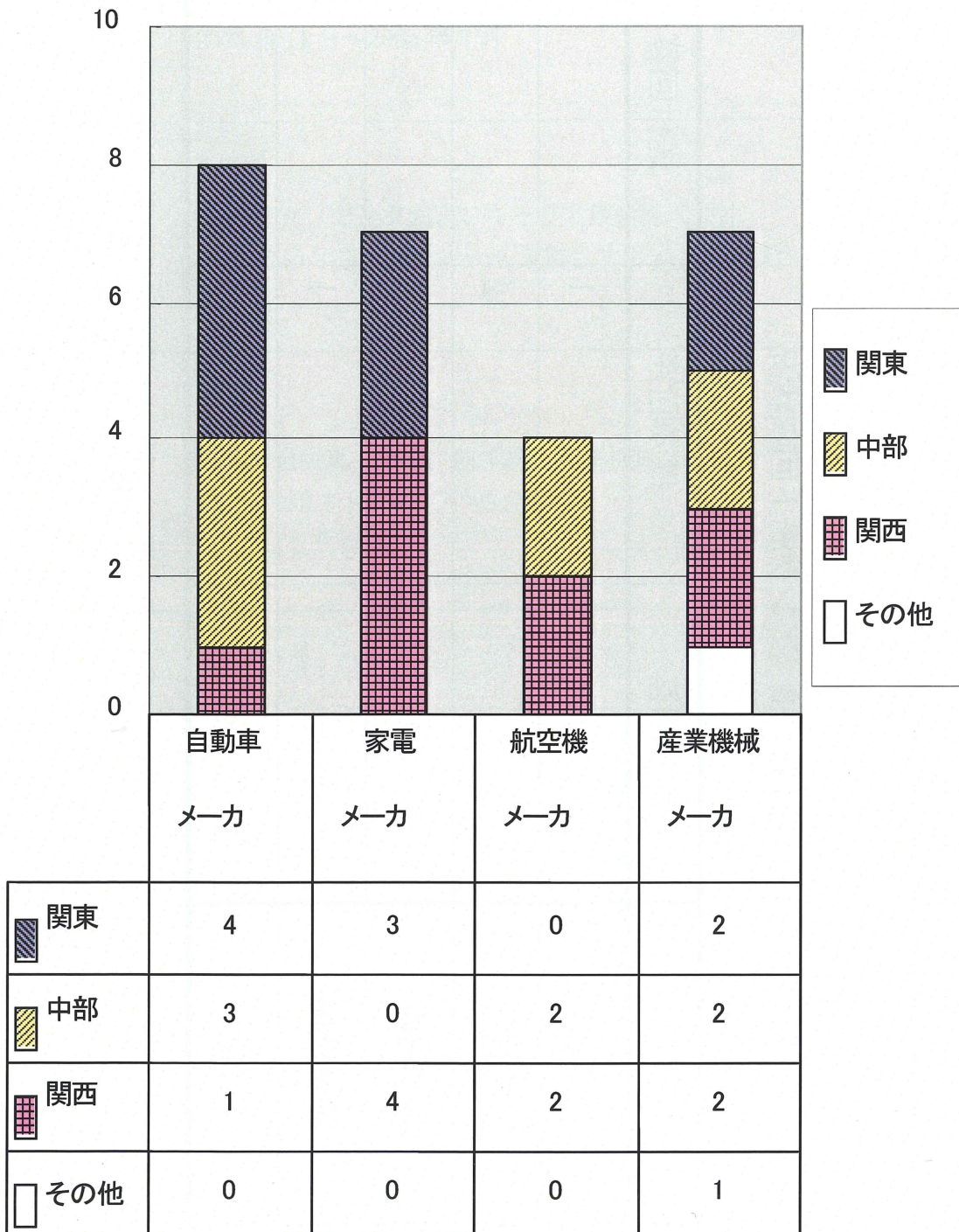
図表 3-2 アンケート実施条件

<p>期 間</p>	<p>2004 年 11 月～2005 年 3 月</p>
<p>実施主体</p>	<p>(株)VR テクノセンタおよびキャリオ技研株式会社 (平成 16 年度ベンチャー企業総合サポート事業該当企業)</p>
<p>対 象</p>	<p>国内の自動車, 家電, 航空機, 産業機械メーカーで 3 次元 CAD を利用している企業</p>
<p>調査手順</p>	<p>上記対象企業から 49 社を抽出 ↓ アンケートを送付 ↓ 電話でヒアリング調査 ↓ 訪問調査</p>

図表 3-3 アンケート回収状況

	有効回答	無効回答	送付回答
自動車	8	1	12
家電	7	2	14
航空機	4	0	6
産業機械	7	1	17
合計	26	4	49

図表 3-4 地域別有効回答数

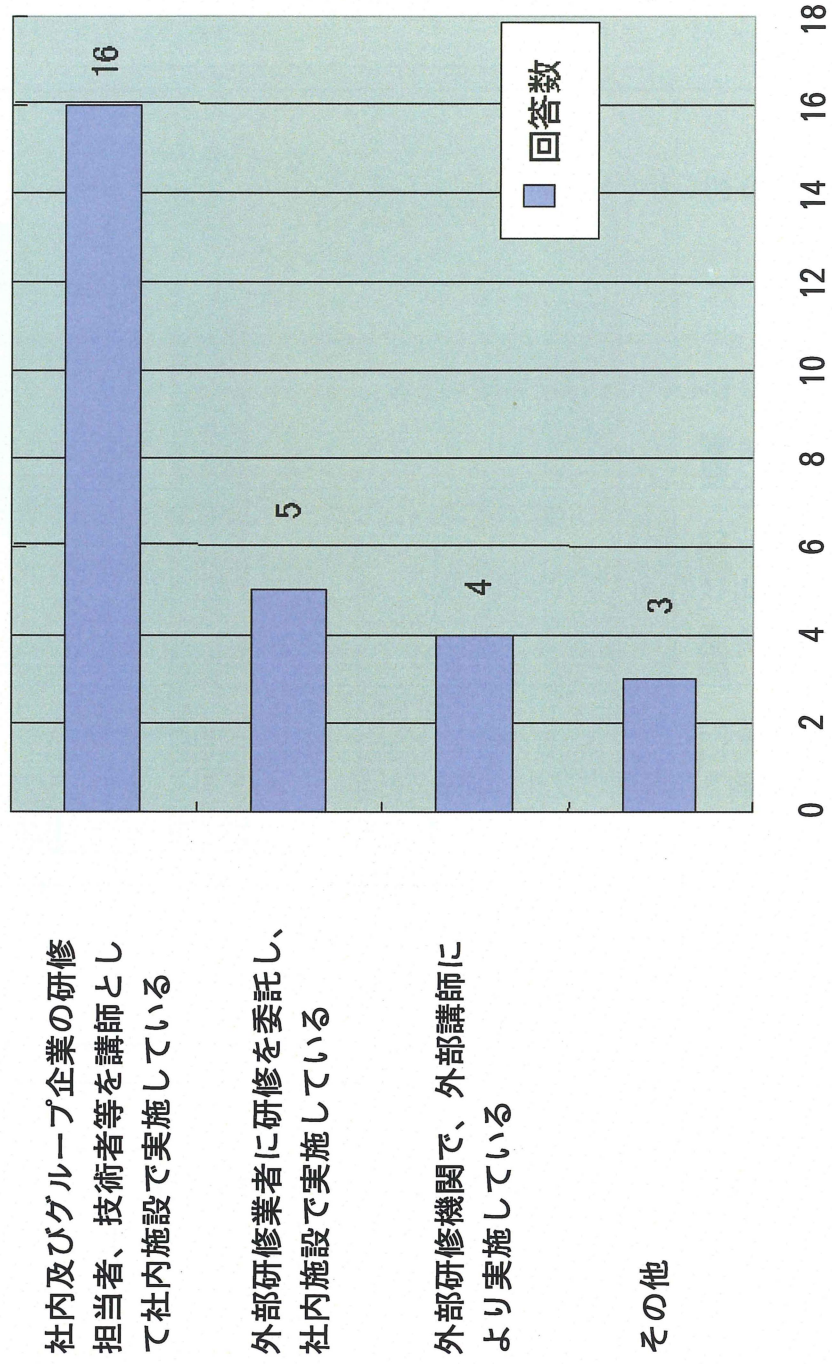


図表 3-5 3次元 CAD 教育対象技術者

番号	質問内容	社数
①	CAD 初心者全員	3
②	CAD 初心者で受講を希望する者	12
③	設計技術職の新入社員研修の一環として全員受講	7
④	経験 3 年未満の設計技術職全員	0
⑤	経験 3 年未満の設計技術職で受講を希望する者	3
⑥	経験 3 年未満の設計技術職で社内から選抜した者	1
⑦	その他	6

図表3-6 3次元CAD教育担当者

問：御社では、3次元CAD技術研修対象者に対して、どのような形で教育・研修を実施していますか。該当する項目を○で囲んでください。(複数回答可)



図表3-7 3次元CAD研修用カリキュラム

問：3次元CAD技術研修カリキュラムはどのように作成されていますか。該当する項目を○で囲んでください。(複数回答可)

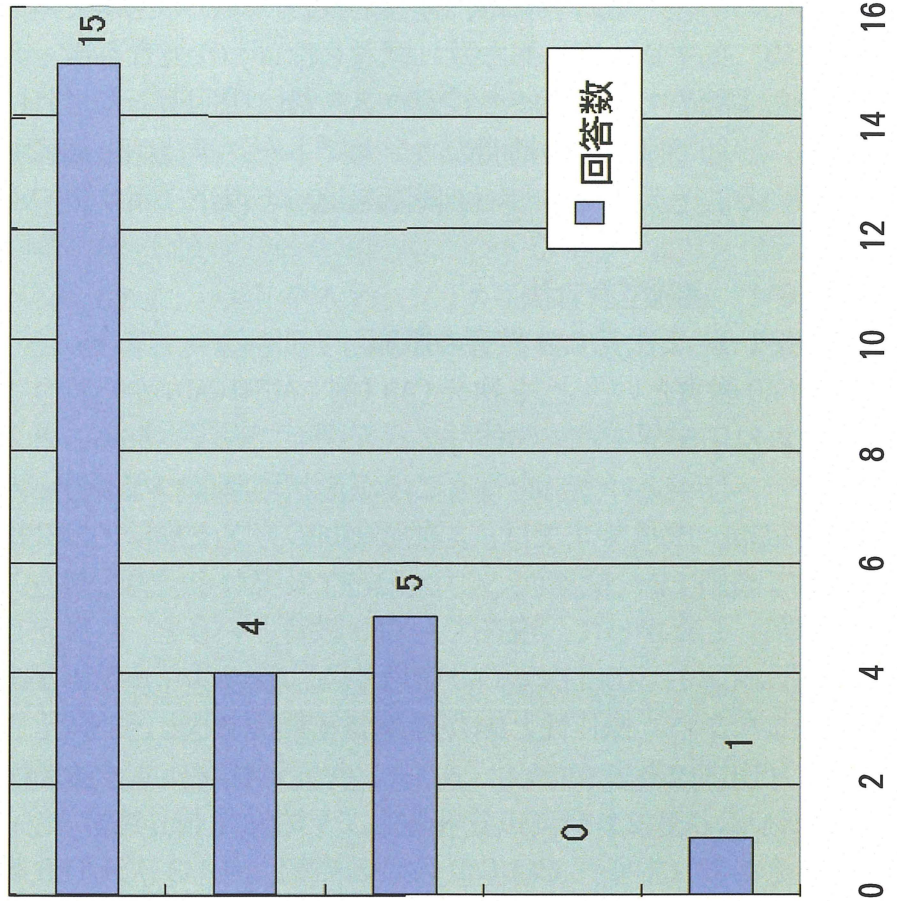
社内またはグループ企業研修
担当部署、担当者等が作成し
ている。

外部に委託して自社専用のも
のを作成している。

外部研修業者のものを作成し
ている。

市販テキスト等に準拠したも
のを使用している。

その他



3-6 3次元CAD教育の効果的実施例

採用直後の新人に、まずは3次元CAD技能教育を施さなければならない。ここでは、10年に及び試行錯誤した結果、A社が行っている手法とその効果について述べる。教育は、経営的投資リスクの回避と本人の適正を判断するために効率良く実施しなければならない。なぜなら数ヶ月の研修後に、少なからず辞めて行く者への投資ロスを最大限回避しなければならないからである。A社では、その期間のコンセプトを、達成感と徹底した演習形式においている。その手法について段階を追って以下に示す。

3-6-1 実践型教育法

3-6-1-1 2次元CAD教育の撤廃

CAD教育というと、2次元CAD(例 AUTO CAD)から行うことが通例である。それは工業界では、物体は2次元図面で表現されることより、その模倣(トレース作業という)を行うことが形状理解につながると考えられているからである。1995年までは、3次元CADのソフトウェアは2次元CADのものに比べて高価であったので、3次元的な表現から教育を行うことは考えられなかった。したがって、現在でもCAD教育というと、2次元CADから行い、次のステップとして3次元CADを取り入れるカリキュラムが多いようである。しかしながら、操作性という観点から考察すると、2次元CADと3次元CADには互換性はあまりない。また、3次元形状を作成する過程で2次元輪郭を描くが、これも2次元CADを経験していないと操作できないとは考えられない。

そこで、本研究ではCAD教育の当初より、3次元CAD教育を行っても操作習得と形状理解には問題がないのではないかと仮定した。その仮定を検証するために、20人の未就業者向けのCAD教育カリキュラムを設定し、教育効果の分析を行った⁶⁾。実験はシンプルで月曜日と火曜日に2次元CADの教育を行い、木曜日と金曜日に3次元CADの教育を行い、「3次元CAD操作の習熟に一般的な進捗から遅れがないか？」および「2次元CAD操作と混乱してしまうことはないか？」という2項目について調査した。その結果、受講者のなかに習熟が遅いという者は居らず、また受講者自身、2次元CADと3次元CADとは関連教育であるという意識もなく、どちらかという2つの別のソフト操作を習得したという感想が全員から得られた。このことから、3次元形状を作成する場合は、3次元CAD教育を当初より行っても問題がないということが明らかとなった。この実績からA社では3次元CAD教育をCAD教育の当初より取り入れることにした。この方法では、3次元CAD操作技術者を短時間で教育できるので、経営的メリットを得ることができた。

3-6-1-2 実践型教育法および教材開発

次に3次元CADの操作教育に使用する教材について検証を行うために、まず、一般的なCADメーカより出版されているテキストに準じて操作教育を行った。基本操作（いわゆるマウスの動かし方やいろいろな表示機能の説明）ともいえる内容が約10%（SOLID WORKS社製 基本操作マニュアル 総302ページ）を占める。このマニュアル構成は一般的ではあるが、初心者には言葉の意味や心理的な取っ付き易さという観点では配慮に疑問を感じた。

前述のCAD教育の当初より3次元CADを取り入れていく教育方法の結果を踏まえ、また、基本的な操作教育方針を実践型、つまり「習うより、慣れよ」とし、その手法を体系化した。以下のステップ1からステップ3までの手順は、我々が提案する、受講者が短時間で操作方法を習得できる効果的的操作教育である。

ステップ1 最初の3時間だけは、3次元CAD専門技術者が一般形状として、立方体、円柱、三角錐などを描画できるように講義で指導する。

ステップ2 その後1時間ほどで、形状の加工として、穴あけ、面取り、面削りなどの技法を講義で指導する。これだけで基本的な形状はおおよそ描画できるようになる。

ステップ3 それ以降は、徹底的に演習を行う。演習問題は日常的に親しみのあるもの（机、タイヤ、鉛筆、携帯電話）が良い。

本手法を実際に操作教育に適用することにより、教育効果を検証した⁷⁾。検証は、住環境として当該CAD産業がすくない地域（岐阜県飛騨市神岡町）で、操作教育だけではなく、CAD端末自体を見たことが少ない高校生（23人）を対象に行った。実施機関は2004年11月の3日間である。教育題材として活用したのは、机、椅子などの木工製品をつくる技術の教科書補助教材とした。3次元CADで木材部品の形状をつくり、木工製品を組み付けるまでを行った。木材部品は、2 x 4などの単純形状から、穴あけや削り貫きをあたかもものこぎりで切り落とすがごとく、3次元CADで形状加工を行うといった操作教育を行った。結果は、2日後には全員が2次元加工形状を3次元CADで表現することができるようになった。

これにより、従来のマウス操作の基本から教える手法ではなく、当初より講師の動作に準じた模倣動作を繰り返し行い、その後演習を繰り返し行う（慣れさせる）本教育方法が、効果的な操作教育であることが明らかとなった。

次に実践型（慣れさせる）の具体的教材の開発とその効果を考察する。大半のCAD操作マニュアルは複数のつながりある手順群で1ページとしている。こうした技能習得型のマニュアルとして重要なことは、受講者が正確にマニュアルどおりに模倣することである。なぜなら、手順を飛ばして行えば必ず手詰まりを起こし、不具合を生じて作り直しを強いられるからである。4種

類の3次元CADの代表的なマニュアルを分析してみた。何れのマニュアルも、1つの参照画面と数字で示した手順から、説明を行っていた。しかしながら、こうしたマニュアルでは、習得段階で操作に手詰まりが生じたときに、どの手順でマニュアルどおりに行わなかったかを自ら発見することが困難である。つまり、多くの操作手順が必要な題材を説明する場合には不向きといえる。

このような欠点を補うためには、単純な説明を続ける構造ではあるが、1手順の説明に1ページを費やすという考え方が最良であると考えられたため、このようなマニュアルを実際にパソコンで作成した。これにより、手詰まりが生じた場合に1手順について1ページ毎の説明に戻って検証することが可能になる。使い勝手の良さを確かめるために、実験をしてみた。1つのグループでは通常の手順群で説明のあるマニュアルで操作教育を行い、もう1つのグループでは1手順に1ページのマニュアルで未就業者向けにその習熟度を確かめた。結果は残念ながら習熟度に差異は現れなかった。理由は教育の効果は各人のやる気に依存してしまうからである。しかしながら、作業に手詰まりがあり、わからなくなった場合に、どの手順まで戻ればよいかという観点では、顕著に1手順1ページで示されている本マニュアルのほうが使いやすいとした声が多かった。技能系マニュアルでは、1つ1つの操作が手順どおりに説明されていることが、より早い習熟につながる。A社では、この経験からすべてのマニュアルで、できる限りこうした1手順1ページ形式にして新人教育用に活用している。図表3-8に1手順1ページ形式マニュアルの画面例を示す。

3-6-2 ソリッド型ミッドレンジCADの活用

3次元CADについて市販されているCADの種類を調査したところ、様々な仕様で各社が開発していた⁸⁾。そこで、CADとしての導入価格で大きく2種類に分類し、また、性能別で2種類に分類した。なお、一般的な表現では、操作が比較的単純で直観的に取り組みやすく、安価なミッドレンジタイプと細かい形状設定が可能で高価なハイエンドタイプに分けられる。そして性能的には、無垢から削り取ったり付け加えたりして形状を整える、ソリッド型と面形状を組み合わせて形状を整える、サーフェイス型に分けられる。

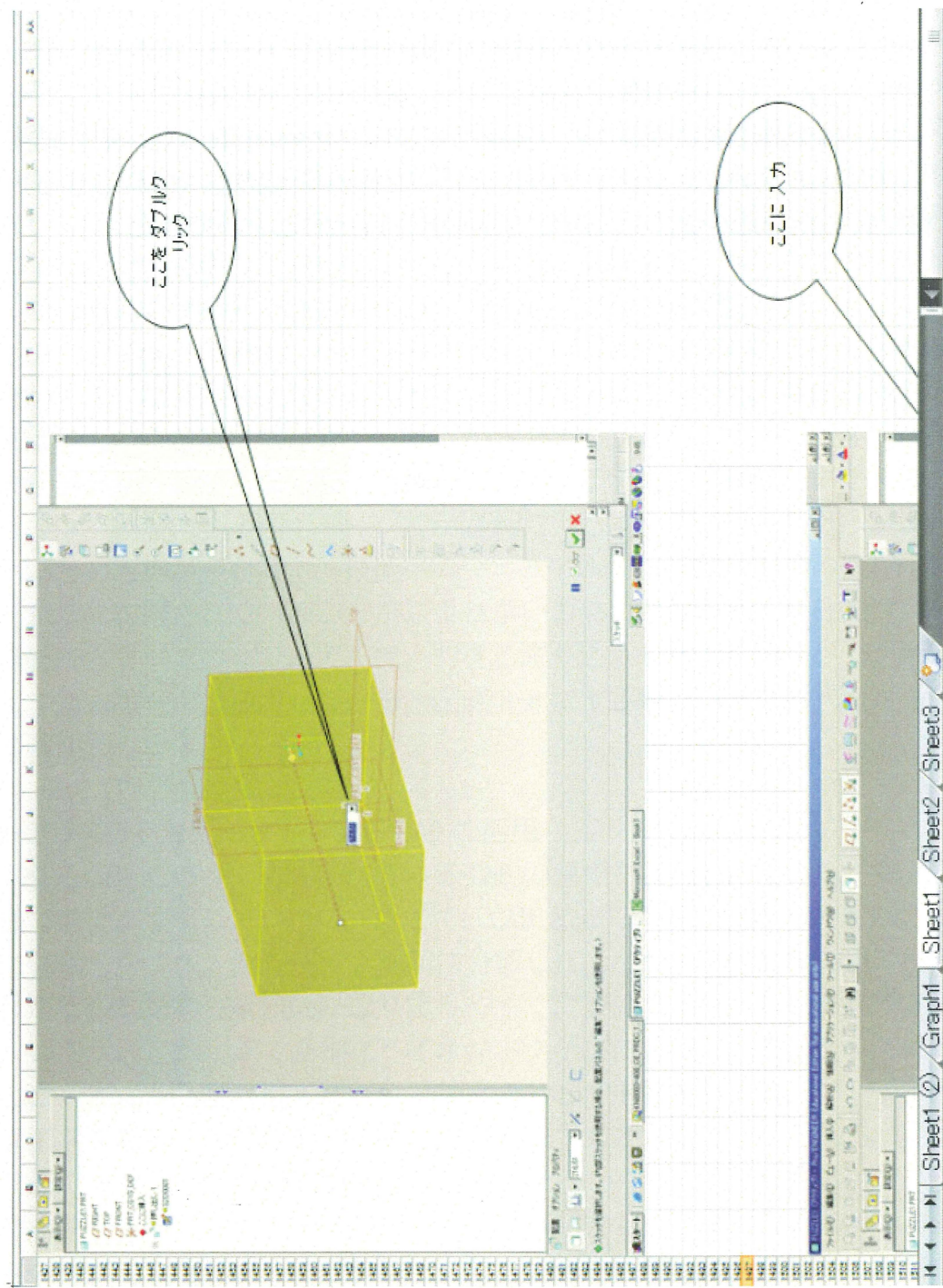
業務で3次元CADの操作ができるようになるためには、最終的にはソリッド型とサーフェイス型の両方ができることが望ましい。また、ハイエンドタイプの操作もできるようになれば、3次元CADを活用した生産戦力として十分である。

そこで、短期間で複数の3次元CAD操作技術を教育する手順を考察する。当初は新人には操作がわかりやすく、安易に形状を作成できる(達成感のある)ソリッド型ミッドレンジタイプの3次元CAD(A社ではSOLID WORKS(ソ

リッドワークス社製) や Caelum Xxen (株)トヨタケーラム製) を採用しており, これらは安価で直感的な操作性が良いと思われる) からは始めることで操作教育の効果を検証した。

実証方法は, 3次元CAD操作未経験の未就業者(90人)に3日間のソリッド型ミッドレンジタイプの3次元CAD操作教育を行った。教材は, 前述の実践型(慣れさせる)の教材を使用した。場所は岐阜県人材チャレンジセンターで, 教育終了後に受講した失業者からアンケートを取った。その結果, ソリッド型ミッドレンジタイプの3次元CAD操作を実践型(慣れさせる)の教材で行った99%の受講者に対して達成感を持たすことができた。

図表 3-8 1 手順 1 ページ形式マニュアルの画面例



3-6-3 サーフェイス型ミッドレンジCADの活用

次に、行う3次元CADの操作教育は、面形状をすぐに作り出せるサーフェイス型ミッドレンジタイプの3次元CAD（当社が採用しているのはthink-design（think3社製））を使用した。安価で前述のソリッド型3次元CADとコマンドボタンの配置が似ているので、ソリッド型3次元CADを経験した者には相似作業として取り組みやすいことが重要である。教育に使用する教材は、実践型教材で演習主体の研修を行う。この時点で大体の3次元CAD技術者としての素養が計れる。ちなみに、A社に入社した80人の技術員の平均教育期間は1.5週間ほどで終了している。受講者は、ソリッド型とサーフェイス型3次元CAD終了時点で、自分が表現したい形状はおおよそ3次元CADデータとして出力できるようになっていた。

3-6-4 OJTにおけるハイエンドCADの活用

上記の3-6-2および3-6-3をおおよそ3週間程度で終了した者は、3次元CADで基本的な形状を作りこめる（線形または非線形な2次元パスを第3次元方向へ形状をつくること）。ハイエンドCADを研修用として準備することは、投資効率がよいとはいえない。したがって、OJT（実際の業務をしながら操作を覚える方式）により活用させることが最善といえる。

3-6-5 デジタルエンジニアリングの援用

中小企業内の3次元CAD技術者は、3次元CADを時々しか操作できないので、高度・高速な操作が身につけにくい傾向があり、また基本は3次元CAD作業以外の業務が本業、さらに3次元CADデータ処理が会社の本業でないといった理由により、3次元CADのソフトウェアおよびハードのバージョンアップに予算を充てられない。したがって、技量の向上どころか、維持ですら困難な環境と言わざるをえない。そこでこうした中小企業で3次元CAD技術者を育成するには、デジタルマニュアルの活用が効果的である。ここでいうデジタルマニュアルとは、いつでも・どこでも・誰でも・何回でも学習できる内容を持つものとしている。インターネットの爆発的な発達（広く普及）と発展（レスポンスの向上）により、電子化された情報をサーバに記憶させておき、インターネットに繋いでおくだけで前述の環境は中小企業でも簡単に作り上げることができる。したがって、中小企業は経営的メリットを得ることができ、CADオペレーターの技能の維持も可能となる。

3-7 結言

大企業で3次元CADデータの活用が進むにつれて、中小企業もついて行かねばならない。そして、中小企業では限られた資本力の中で短期間にこうした新技術に対応できる技術者を養成しなければならない。

本研究では、そのための人材確保と教育方法について提案した。教育に使用する3次元CADの種類は最小の投資で行うことを可能にする提案を行った。また、教育に使用する教材についても新規開発し、その効果を検証した。特にこの教育教材でポイントとなる点は、熟達者がもっとも単純な操作手順をパッケージ操作として標準化し、最初から最後まで教育の期間中は、繰り返しそのパッケージ操作を受講者に習得させることにある。演習を多く取り入れることが非常に効果のあることを提案する内容である。

さらに、教育方法としてのデジタルエンジニアリングの援用は、3次元CAD操作だけでなく、他の技術取得や技術伝承にも大きな効果が期待できる。デジタルエンジニアリングによる技術修得・向上は、3次元CAD操作だけでなく、様々な技術取得にも活用できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 近藤高司, 鈴木達夫, 統合化生産における情報技術の活動と動向 3D-CADによる設計改革, 工業経営研究学会, Vol. 14, p. p. 80~83, 2000.
- 2) 伊藤照明, 日本機械学会誌, vol14 p. p. 408-409, 2004年11月
- 3) 天野昌弘 澤井猛ら, 日本設計工学会論文集, Vol. 2006 春 p. p. 31-32, 2006年
- 4) 中園篤典, 人間学研究 (広島修道大), Vol. 7 p. p. 75-88, 2009年
- 5) 岐阜県, 平成16年度ベンチャー企業総合サポート事業調査報告書, 「3次元CAD技術者向け研修に関するアンケート調査」, 2005年3月
- 6) 中日新聞, 「目指せCAD技術者」, 19面 2006年7月22日.
- 7) 中部経済新聞, 「モバイルCAD教育実用化」, 5面, 2005年2月5日.
- 8) 徹底解説CAD・CG 2006-2007年度版, 日経BPパソコンベストムック, 東京, 2006.

第4章 技術情報のデジタル化に関する検証

4-1 緒言

産業界では ICT を活用した取り組みが急速に進んでいる¹⁾。特に製造業では効率や環境に配慮した経営においてその効果が大きい。なぜなら膨大に消費する紙として印刷する代わりに、各種情報を PC 等で閲覧できる形式でデジタル化し Digital Contents として印刷することなく活用するからである。また、技術伝承に代表される技術情報をデジタル化するうえでも ICT の活用なし効果的な活用はできない。

先行研究では、企業内の技術伝承の基盤となる document ベースの構築は XML や PDF できたが、今後業務、教育、訓練への適用が課題²⁾と、書類などをデジタル化し保存する意義は確認できた。またデジタル化された動画の活用事例として、ビデオ映像にベテランオペレータの価値ある知識（暗黙知）をメモ書きできるシステムにより知識の共同化と表出化ができ異常対応訓練に効果があったが、ユーザーのコメント入力課題³⁾と、社内訓練にデジタル化した動画活用の意義を確認できた。

そこで企業内で技術伝承用に作られた Digital Contents を学校教育で流用することにより教育水準の向上や環境に配慮した活動を行うことができると仮定した。

本研究では、まず若手を輩出する学校に対して、中小企業がどのような ICT 教育を望んでいるかをアンケート調査し、日本国内企業の ICT 導入状況についても調査した。その結果を踏まえて ICT 適用が期待される産業動向を検証し、ICT が活用できる適用例とその効果について提言する。ここで適用例として特に考察したいのは、ICT を活用した技術伝承手法。日本国内で開発されている最新の技術伝承例を調査報告する。企業内で作成したデジタルコンテンツを ICT を通じて産学で共有することにより実践や実態の即した教育内容となり、国内産学全体の効率（先生が教材を最新の情報に更新しなくてよい）化と環境に配慮した（教科書補助教材も paperless 化できる）効果が得られる事例と示し提言をする。

4-2 日本国内企業の ICT 活用事例

ICT 導入を進めている主体は大企業である。大企業は資本力、豊富な人材で最新技術を取り入れやすい。図表 4-1 に示すよう

に日本では中小企業の社数が大企業に比べて圧倒的に多い。また製造業における従業者規模別事業所数を、図表 4-2 に示した。産業全体の効率を向上させるためには大企業から中小企業まで一貫した ICT 化が好ましいことは議論を待たない⁴⁾。

そこで日本の東海地域にある企業に企業内 ICT 化に関するアンケート調査①を行った⁵⁾。東海地域の当時の経済状況は製造業を中心にした比較的順調な業況であることを示すために、東海地域の経済構造を図表 4-3 に示した。東海地域と全国との総生産額の構成比較を図表 4-4 に示した。東海地区の 1 人当たり県民所得を図表 4-5 に示した。調査①の主体は、総務省東海総合通信局が主催する「ものづくり現場における ICT 活用に関する調査研究会」であり、筆者はその委員として調査活動をしていた。調査は、日本東海地区に存在する企業 1500 社を 2007 年 5 月から 2007 年 9 月 30 日までアンケートを送付し 262 社の回答を得た。

調査 1. 企業内で ICT が実際に有効に活用されているかについては、

できている = 30%

できていない = 20%

どちらともいえない = 50%

とあり ICT が有効に活用されているとはいえない現状である。

調査 2. ものづくり現場で ICT の活用が有効であると考えられるものについて調査した例では、60%の企業が以下を挙げた（図表 4-6 参照）。

生産ライン等の管理・自動化や在庫管理システム等の生産性向上

業務手順書、マニュアル等のドキュメント作成による業務の標準化や技術伝承

よってこうしたニーズに応える ICT を活用した技術がないかを調査 3 で示した。

調査 3. さらにそうした ICT を活用した取り組みを詳細に分析するため、社内情報化および社内信 paperless 化の動向をアンケート調査②（愛知工業大学が関係する企業へのアンケートで行った（情報通信 101(36%), メーカー 70(23%), 商社 70(25%),

流通 45(16%)，合計 281 社)) した。その結果，情報通信系の企業では当然 ICT を活用できる人材教育を求めていることが顕著であった（図表 4-7 参照）。メーカーでは情報化と同時に paperless 化が進んでいる（図表 4-8, 4-9 参照）のは，環境を配慮した最近の経営改善を反映していると思われる。

調査 4. ものづくり現場で活用が期待される日本で開発された事例（アンケート調査①による）では，

事例 キャリオ技研株式会社は，教えている状況を全て簡易な VIDEO CAMERA で撮影し，短編の動画を手順に沿ってみる事ができる汎用ソフトの開発を行っている。業務手順書や Manual をデジタルで残し，遠隔地でも繰り返し習得できる実証例として産業界でも教育界でも活用できる事例である。

調査の結果，企業は ICT を活用した業務効率の向上を目指している。なぜなら ICT を活用することで，むやみに印刷することなく広く多くの人に情報を伝えることができるからである。つまり paperless を遂行することで環境に配慮した取り組みと同時に経費削減となり経営に良い効果を期待できる。また特に ICT 活用の効果を期待されているのは技術情報の共有化である。今までは技術は人から人へ伝承するために，face to face という手法で行ってきた。これからは ICT を活用することで技術情報をデジタル化し作業手順を伝承する技術開発が望まれる。

図表 4-1 規模別国内企業数

	企業数	人数
中小企業	4,197,719	約 3,000,000
大企業	11,961	約 1,300,000
公務員	N/A	約 5,000,000
備考	出展：2008 年 中小企業白書	出展：2006 年 総務省 労働白書

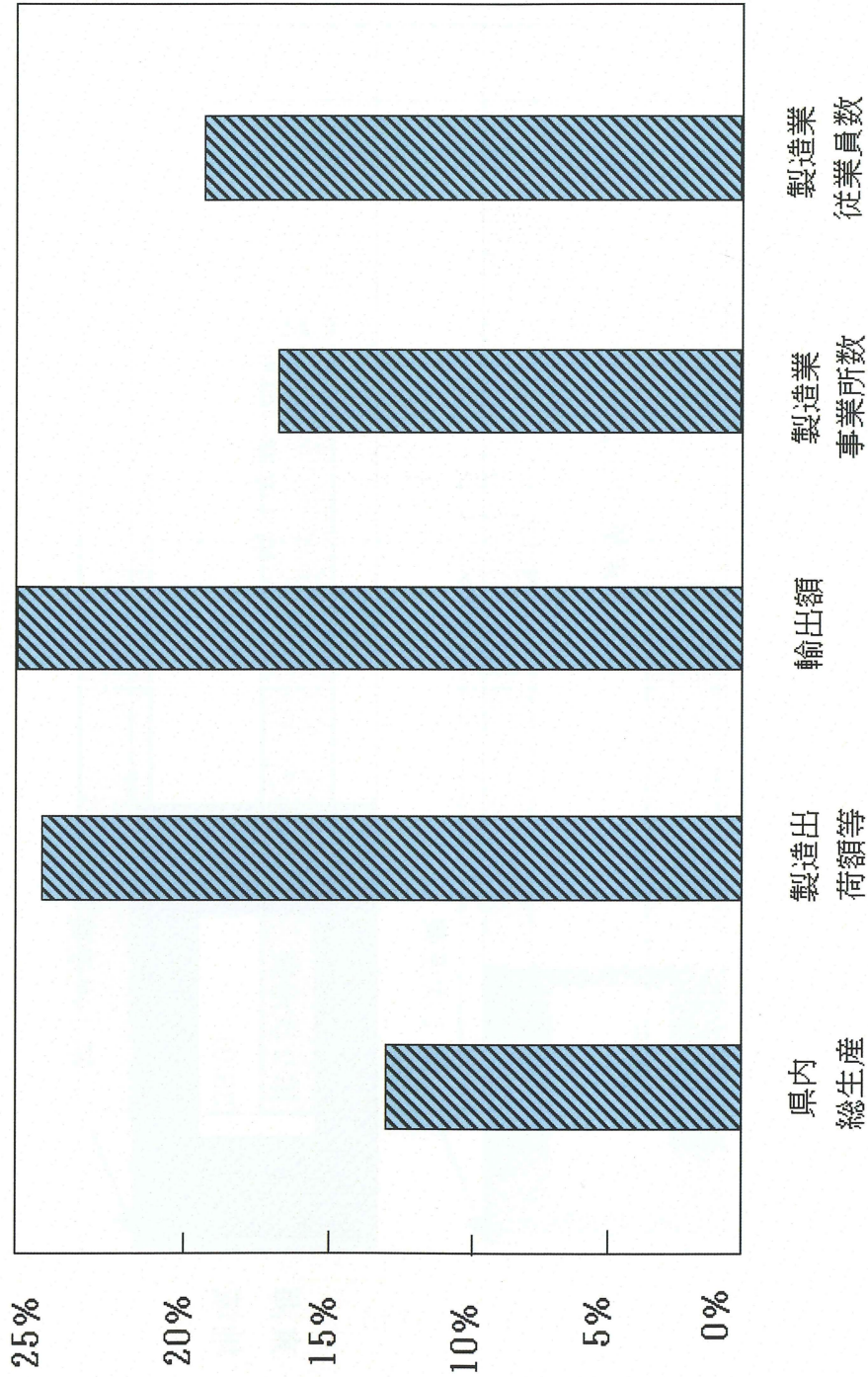
図表 4-2 製造業における従業者規模別事業所数

(注) ()内は構成比, %

県名 従業員規模	愛知県	静岡県	岐阜県	三重県	全国
1人 ～9人	34,200 (72)	16,475 (67)	14,060 (76)	5,837 (65)	406,162 (70)
10人 ～29人	8,772(19)	5,126(21)	2,993(16)	1,877(21)	110,029 (19)
30人 ～49人	1,869(4)	1,216 (5)	655 (3)	502 (6)	25,721 (5)
50人 ～99人	1,385 (3)	981 (4)	505 (3)	368 (4)	19,251 (3)
100人 ～199人	674 (1)	411 (2)	230 (1)	198 (2)	8,907 (2)
200人 以上	548 (1)	334 (1)	115 (1)	147 (2)	6,097 (1)
合計	47,448 (100)	24,543 (100)	18,558 (100)	8,929 (100)	576,167 (100)

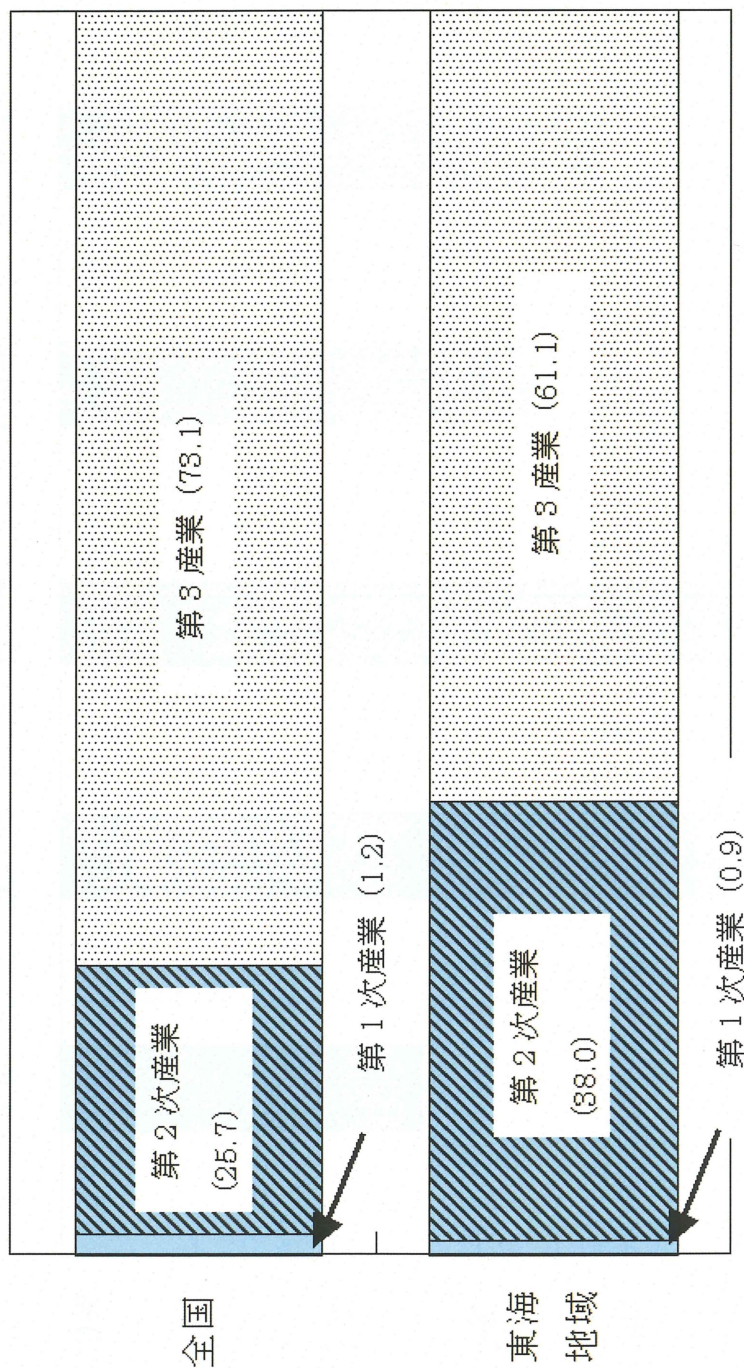
出典：総務省統計局 「平成16年度事業所・企業統計」

図表 4・3 東海地域の経済規模の全国比



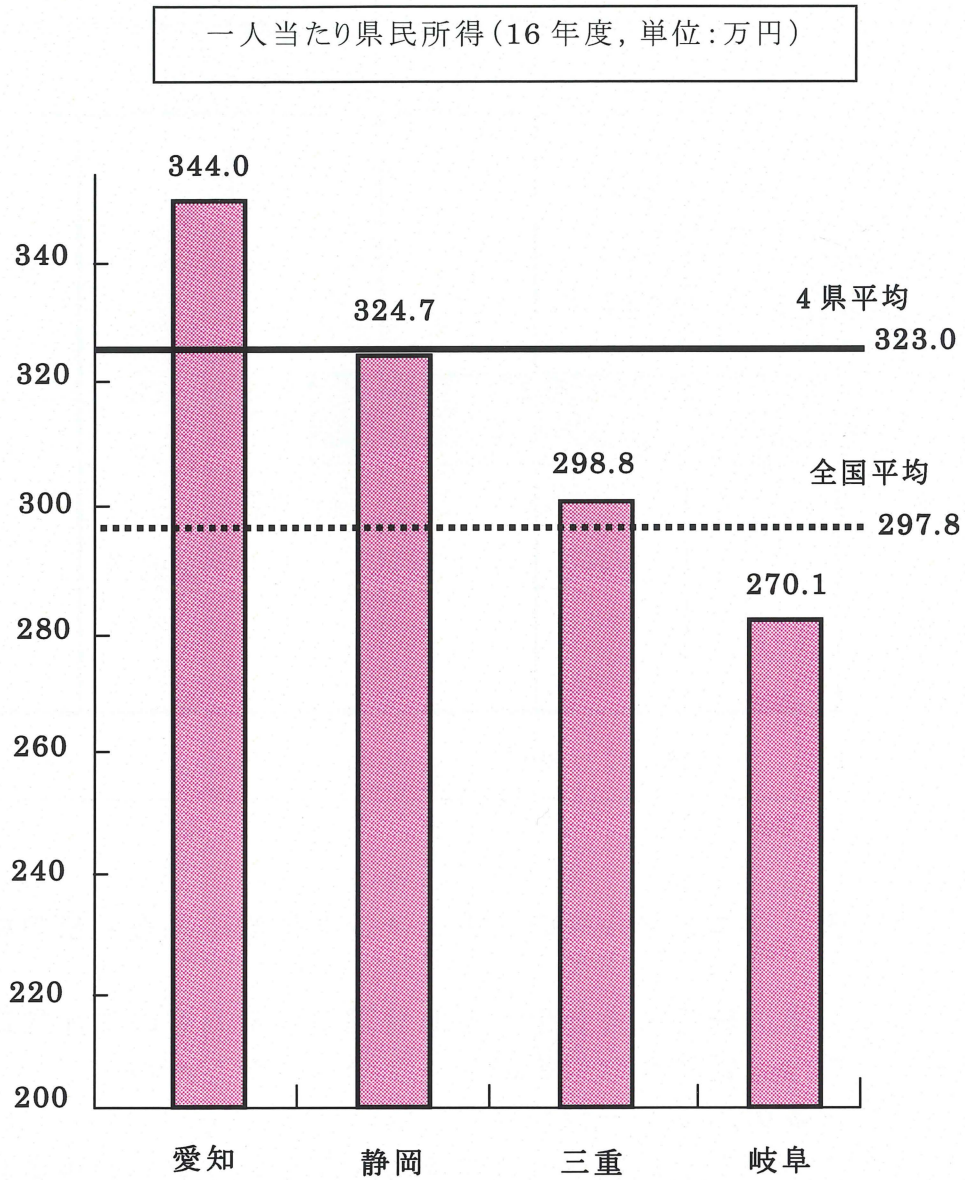
出典：東海地域の経済構造

図表 4・4 総生産額の構成比(%)《16 年度》



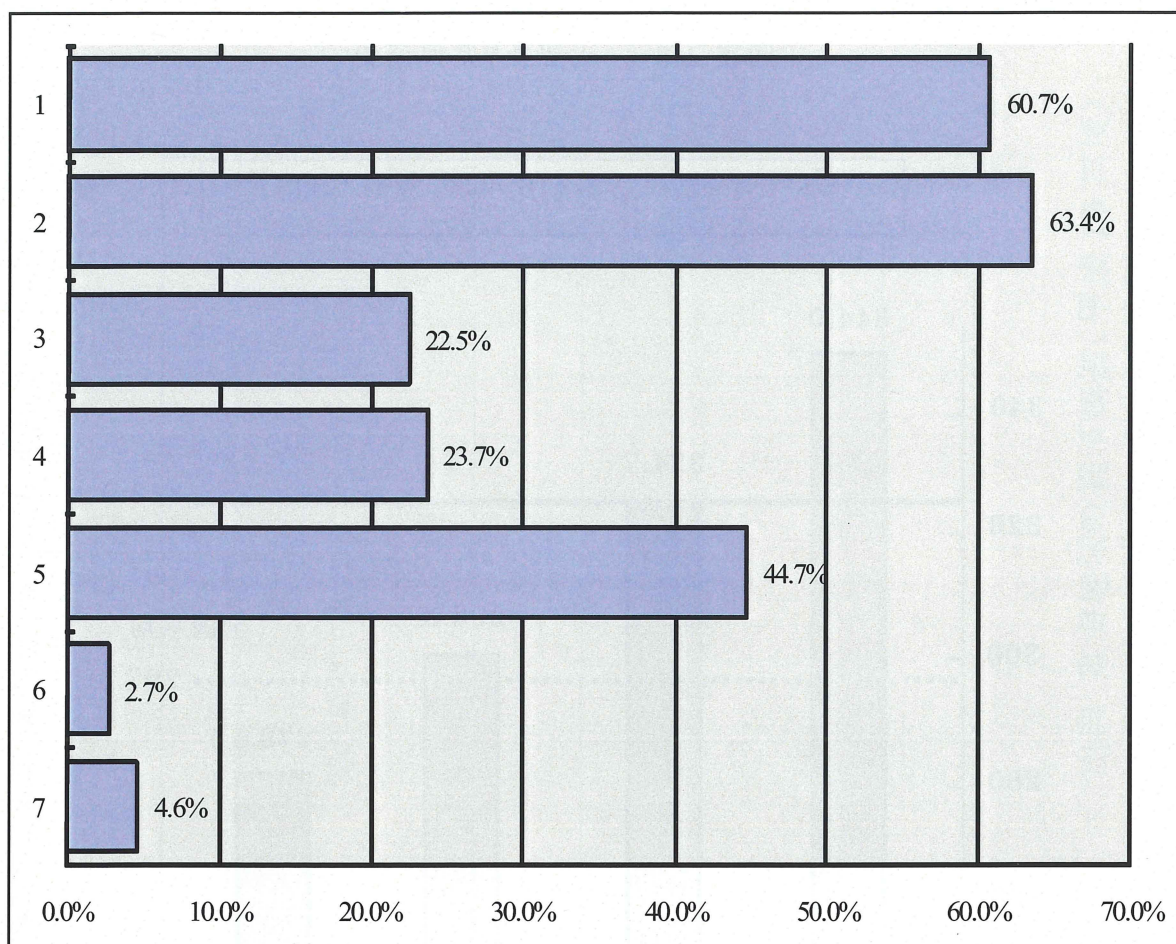
出典：東海地域の経済構造(平成16年度)

図表 4-5 一人当たり県民所得



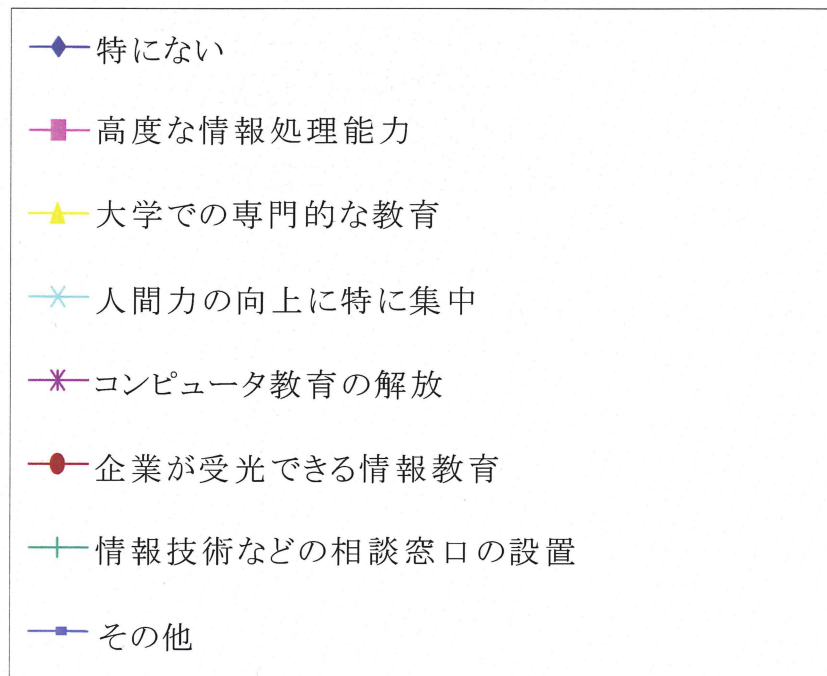
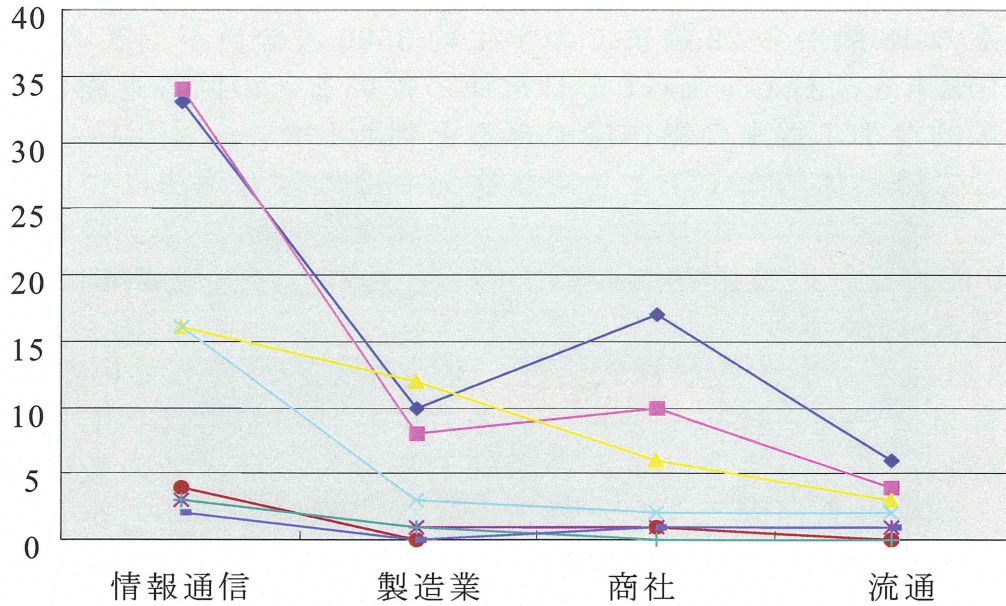
出典:東海地域の経済構造(平成16年度)

図表 4-6 ものづくり現場で ICT の活用が有効な例



- 1 業務手順書，マニュアル等のドキュメント作成による業務の標準化や技能伝承
- 2 生産ライン等の管理・自動化や在庫管理システム等の生産性向上
- 3 ウェブ閲覧や，電子商取引等のマーケティングツール
- 4 会計・経理等のパッケージソフト
- 5 メールやグループウェアなどのコミュニケーションツールとしての活用による業務の円滑化
- 6 その他
- 7 無回答

図表 4-7 大学に企業が求める教育例



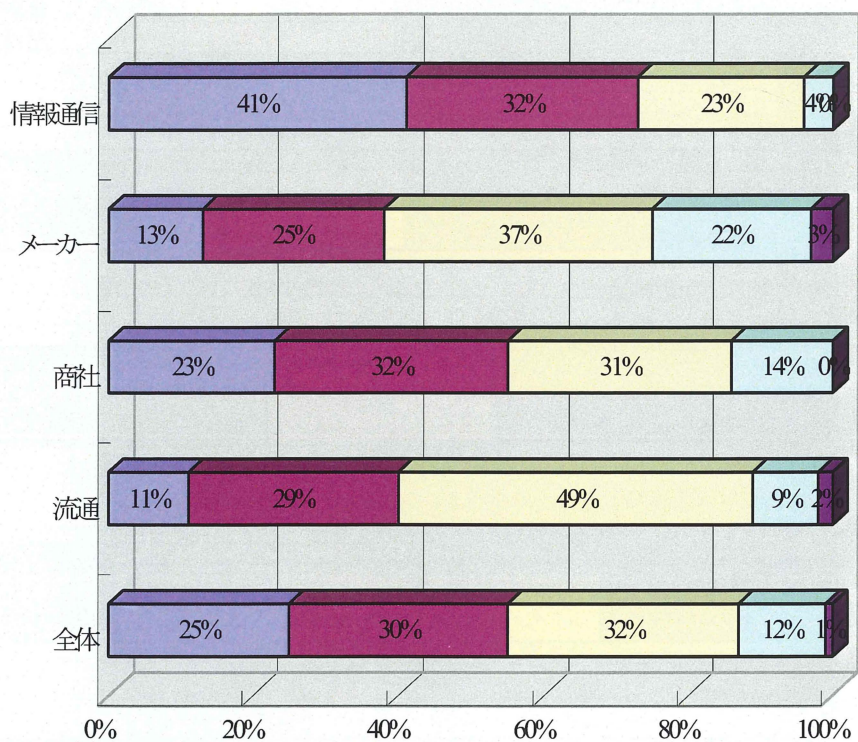
4-3 学校で ICT を活用した教育手法例とその効果検証

企業が技術情報をデジタル化し ICT を活用して企業内訓練をしている取り組み例を学校等の教育現場でも援用できるのではないかと仮定した。ただしパソコンをまったく触れたことのない人への教育ではなく、windows に代表される operating system 程度は体験した事のある人への教育手法を検証する。なぜなら、文系の 18 歳から 22 歳までの学生約 3500 人全員が、PC などの ICT 端末を所持し e-mail を日常使っているとの回答を得たので、基本的な ICT 端末の操作はできると判断した。

ここでは具体的な ICT として 3 次元 CAD の教育手法について考える。なぜなら、前述のアンケート調査②で半数以上の企業が CAD 能力を社内技術者に必要であると回答しているからである（図表 4-10 参照）。

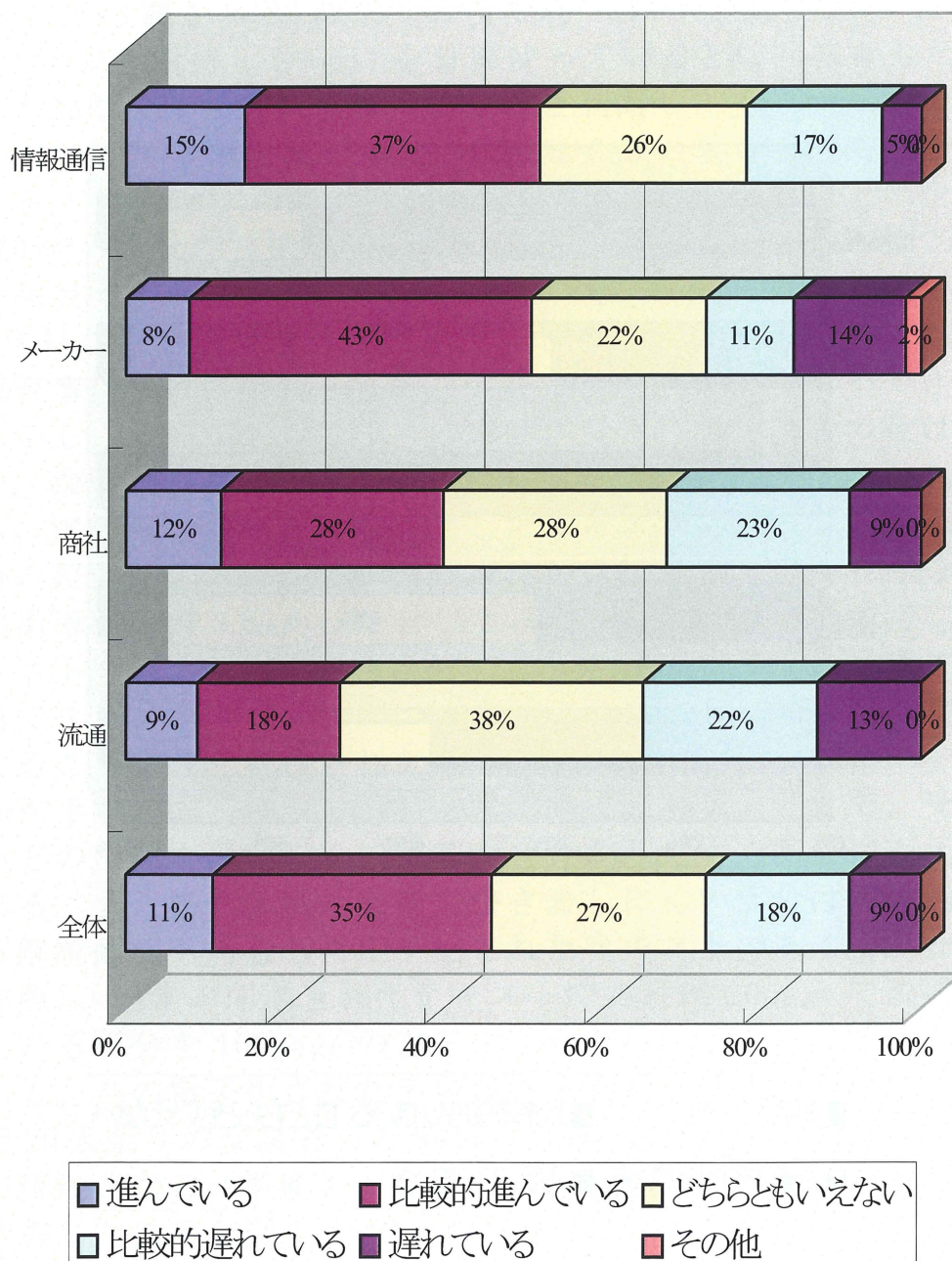
A 社（キャリア技研株式会社 名古屋市）が行っていた学校教育事例では、当初一般的なテキストを利用して行ってきた。しかし、その手法では 1 人の講師が受け持つ受講者の数は少ない。なぜなら通常こうした操作教育は個別指導となるからである。実際ソフトメーカーが出版したテキストを用いて、例えば 90 分の授業に 1 人の講師がいた場合、受講者 1 人当たり 3 分の個別指導時間が 3 回あったとしたら、10 人の受講者となる。教育コストを考えた場合、なるべく 1 人の講師で多くの受講生を担当できることが望ましい。つまりテキストをより分かりやすくすることが最も期待された。そこで A 社が開発したテキストは、操作手順を同じ符号で示し、常に完成図を示すことで、受講者がどの手順を現在行っているかを分かりやすく画面に表示してある。また操作手順を文章で書き表しにくい部分は、動画による解説画面も用意した電子化されたテキストである（図表 4-11 参照）。通常の印刷されたテキストであれば 20page で説明されている部分を 100page の電子化されたページを使っているのである。この電子化されたテキストを利用することで、講師 1 人で 20 人余りの受講者への Self-learning スタイルでの技能教育が可能となる（写真 4-1 参照）。この受講者の反応をアンケート調査した結果を図表 4-12 から図表 4-14 に示す。アンケートは、日本愛知県にある文系大学 2 年生から 4 年生までの 20 人の 3 次元 CAD 講座受講生である。

図表 4-8 社内の情報化について

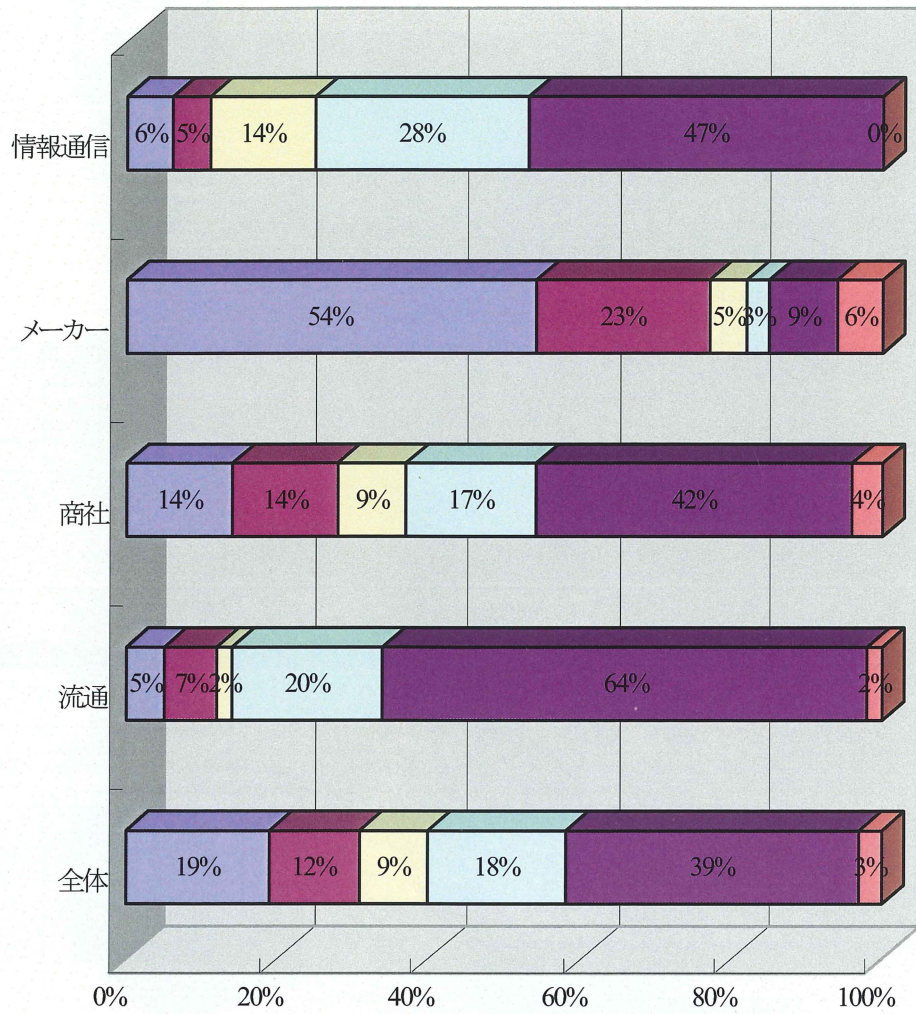


進んでいる
 比較的進んでいる
 どちらともいえない
 比較的遅れている
 遅れている

図表 4-9 社内情報化及びペーパーレス化について



図表 4-10 CAD 操作能力を必要とする企業



進んでいる
 比較的進んでいる
 どちらともいえない
 比較的遅れている
 遅れている
 その他

図表 4-11 電子化されたテキスト例

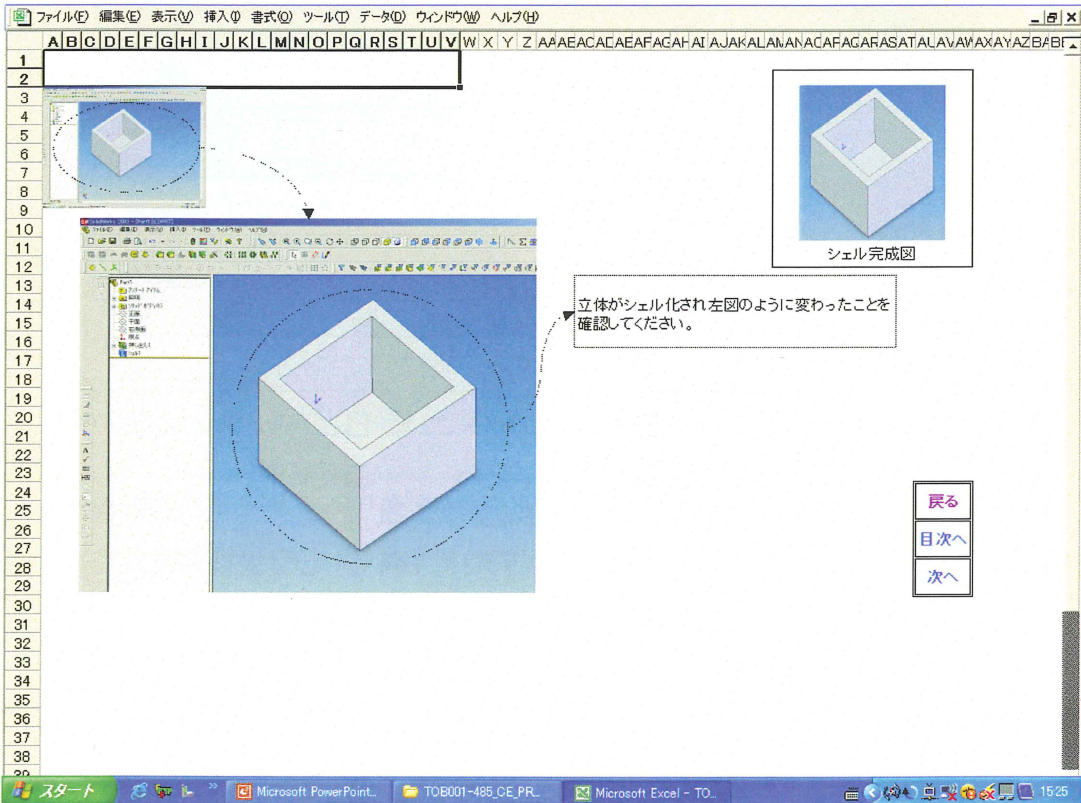
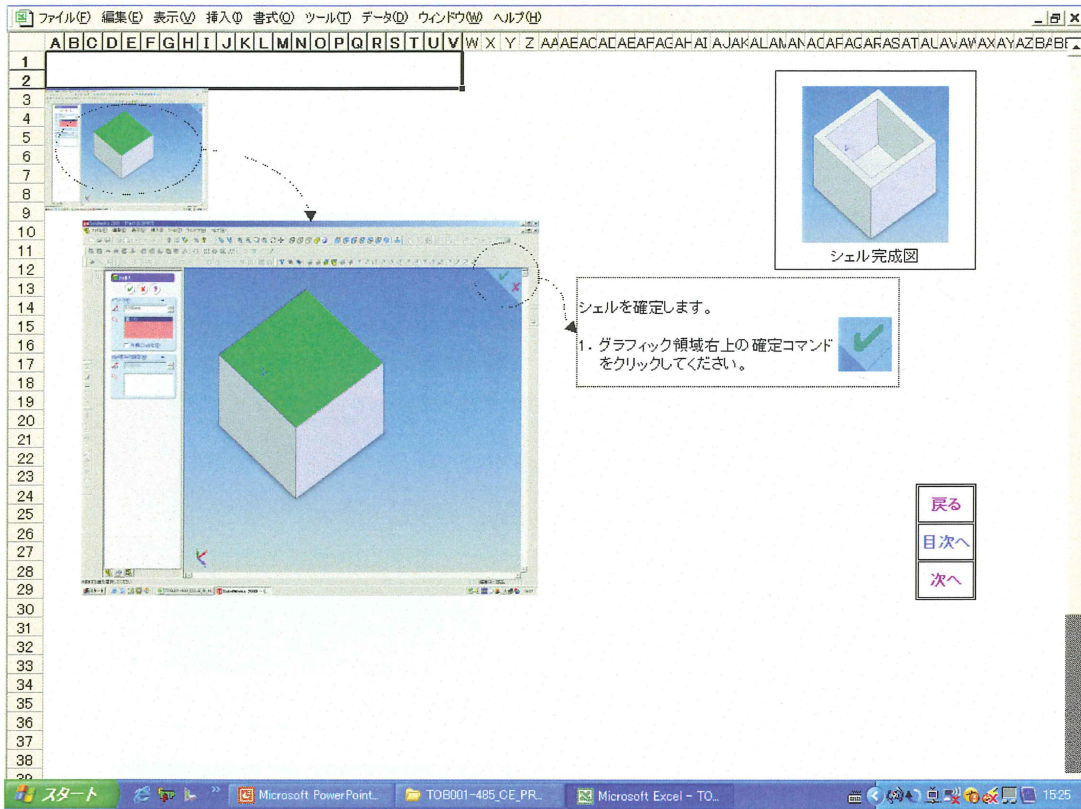
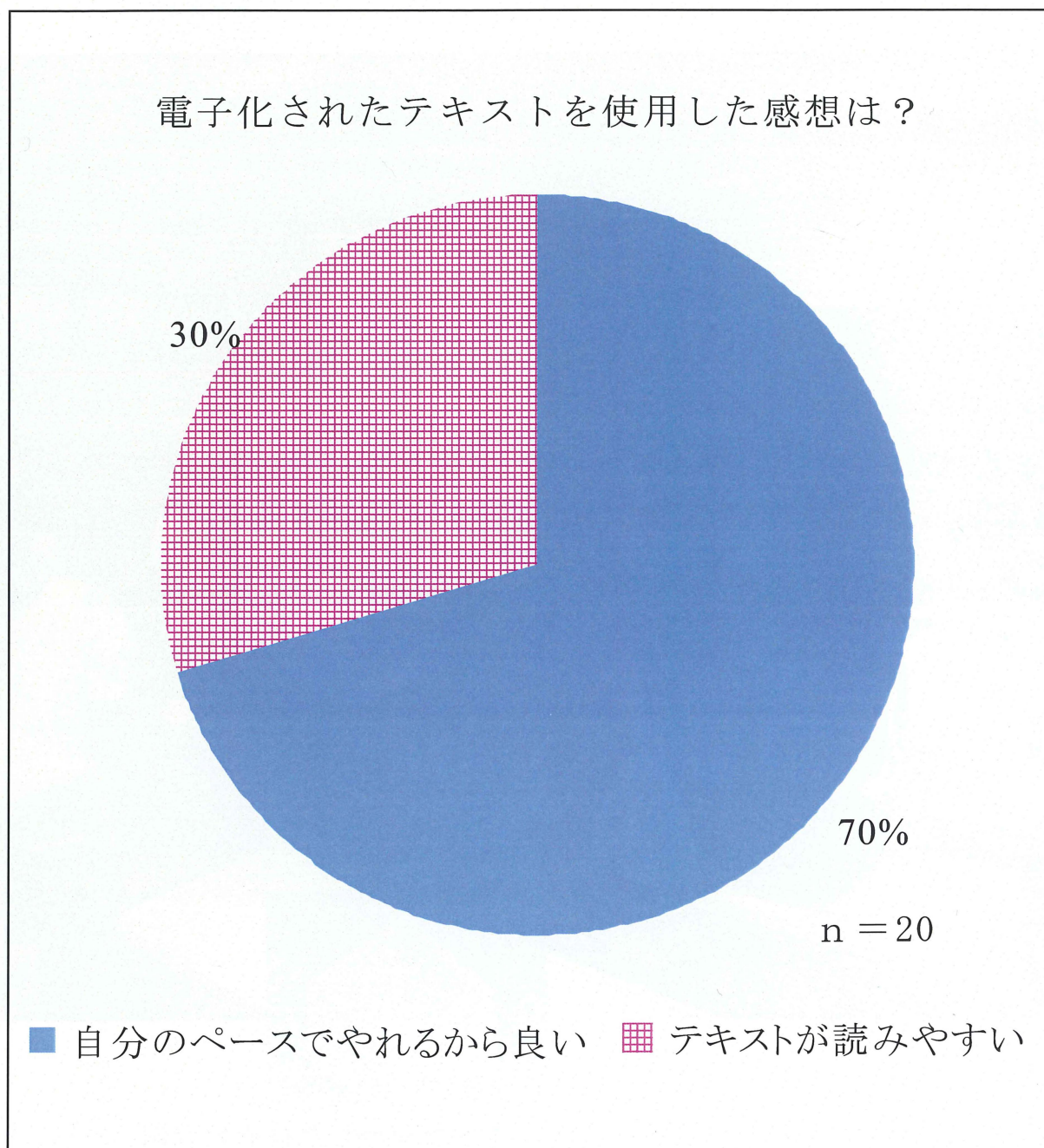


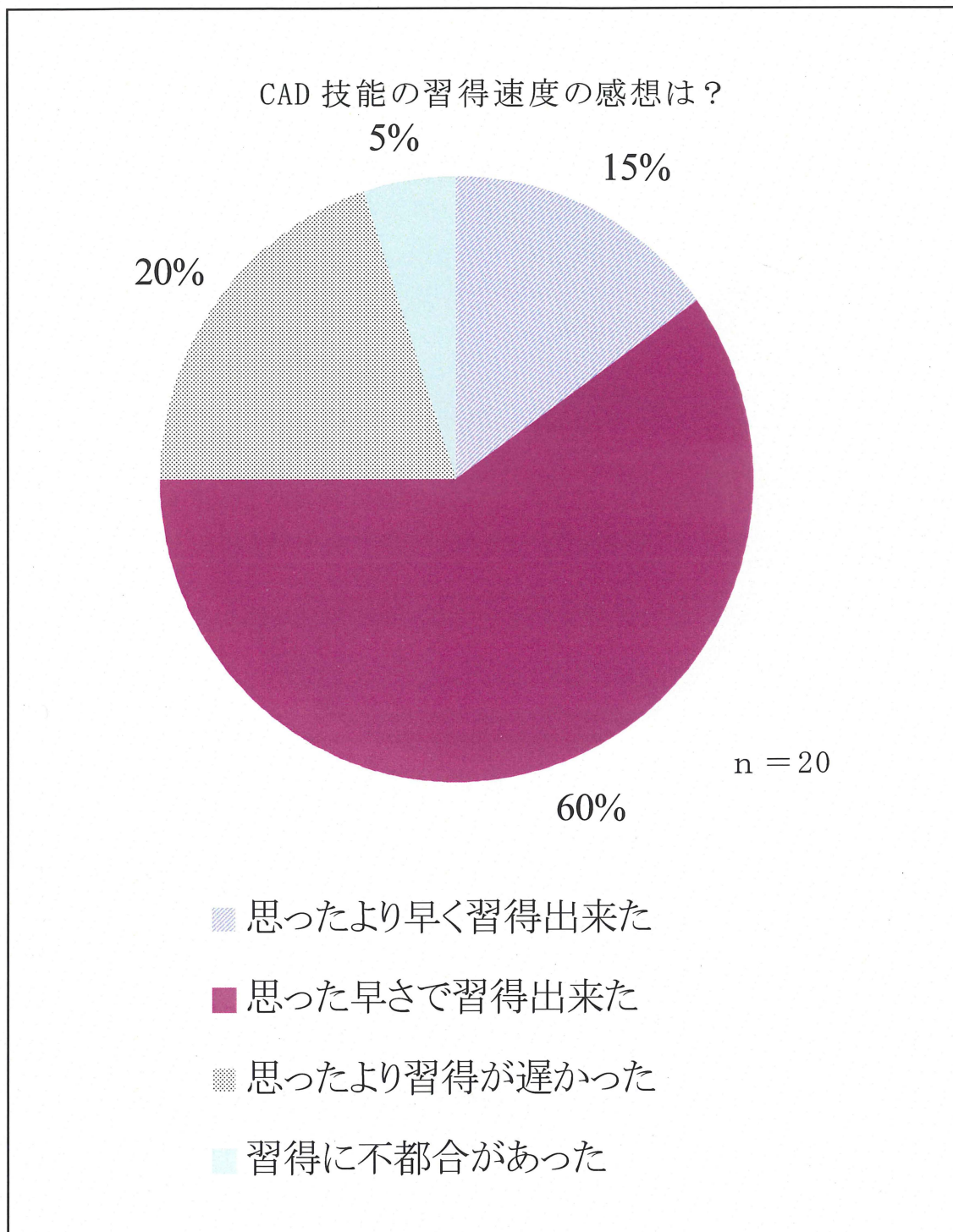


写真 4-1 電子化されたテキストを利用した技能教育例

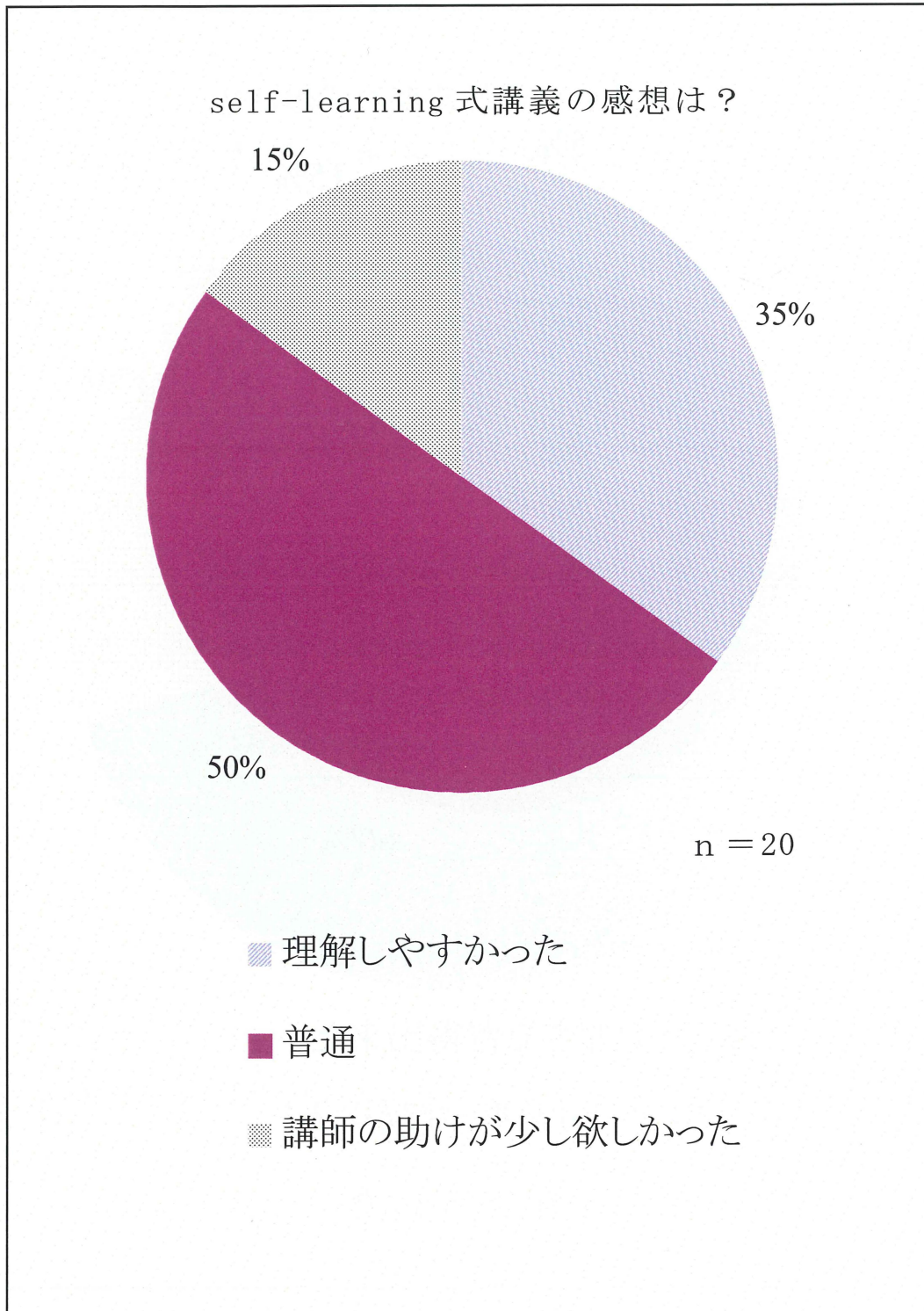
図表 4-12 文系大学生 CAD 受講の感想



図表 4-13 文系大学生 CAD 受講の感想



図表 4-14 文系大学生 CAD 受講の感想



アンケート結果を検証すると、電子化されたテキストを活用して教育を行った場合、以下の特徴により教育効果を上げているといえる。

1. 受講者のペースで習得できる
2. 受講者の質問に、1手順ごとに戻って再確認することができる
3. テキストの作成および修正が容易

一方で印刷物として配られるテキストから得る情報は一覧性があり、紙には個人ごと自由にメモ書きなどができる⁶⁾。よって、簡単な要素を説明したテキスト（写真 4-2 から 4-7 参照）と情報量の多い ICT を活用した e-learning 型デジタルコンテンツの両方を使って教育現場で活用することが望ましいことがわかった。

4-4 産学連携による教育題材の製作と共有

ICT を活用して教育をおこなう場合の社会インフラ整備について考察する。現在、インターネットから得る情報は膨大である。しかし情報の正確さについて保障されたものではない。つまり読者が正確な情報を得ることができないのである。よってこれを解決するために、以下を提唱する。

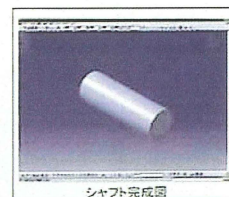
1. インターネットから得られる情報に品質規格を設ける
2. 共通 FORMAT を用いて内容を見易くかつ入力しやすくする
3. 企業は paperless などの環境に配慮した活動として、公開テキスト情報を作成する
4. 教科書利用専用の検索サイトを作成する

4-5 結語

ICT を活用した情報共有は、企業内でもその伝播力と情報量から大いに効果がある。3次元 CAD 等の操作教育は特に ICT を活用することで講師・受講者ともに効果が上ることを報告した。授業で使用するテキストはデジタル化し、1手順には1ページを用いて製作することを提案する。なぜなら作る側にも使う側にも取り扱いが容易であるからである。そして、簡単な要素を説明した印刷された配布型テキストと情報量の多い ICT を活用した e-learning 型デジタルコンテンツの両方を使って教育現場で活用することが望ましいことがわかった。

デジタル化されたコンテンツは paperless であるため、ICT を活用することは地球環境に配慮した活動と考えられる。企業や学校で作成したデジタル化された教育コンテンツを共有することで、より高度で正確な情報を得やすくなる。デジタル化されたコンテンツはより高度・正確であるためには、最新の ICT を活用した手法を取り入れ、または整備してゆかなければならない。本研究はそうした教育と環境と経営を両立できる最新の ICT 活用手法について考察した。

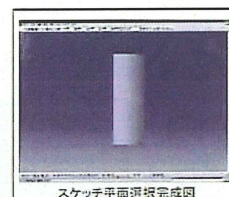
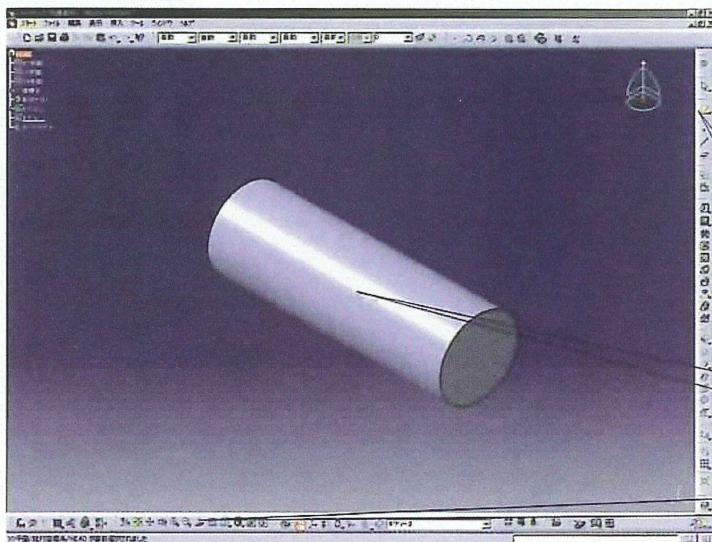
HEAD
 11 シャフト
 11.1 シャフト



- シャフト
をクリック
- 長方形のスケッチ
をクリック
- OK を
クリック
- 更新
をクリック

MSS003-226_085LE_20080120

HEAD
 12 スケッチ
 12.1 スケッチ平面選択



- 挿入
ボディー
をクリック
- スケッチ
をクリック
- XY平面
をクリック
- 垂直ビュー
をクリック

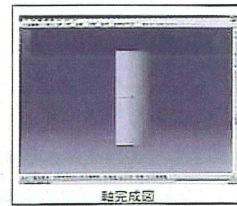
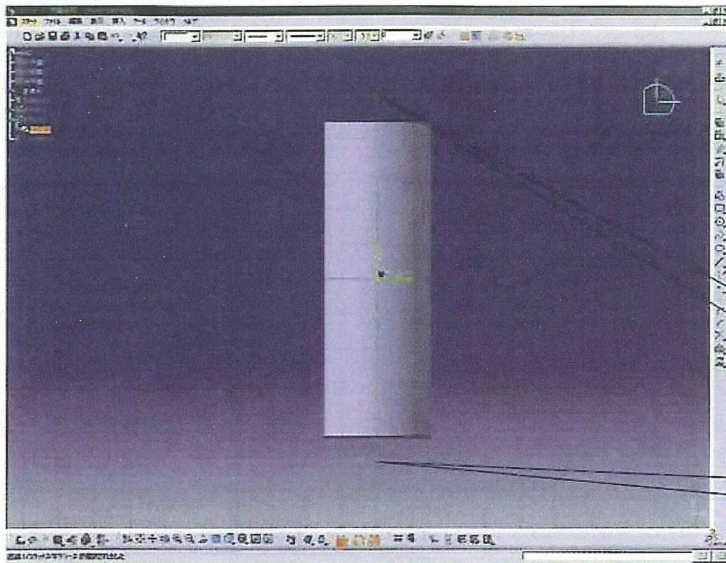
MSS003-226_085LE_20080120

写真 4-2 要点をまとめたテキスト例

HEAD

12 スケッチ

12.2 軸



軸
をクリック

Y座標軸上の
任意の場所をクリック

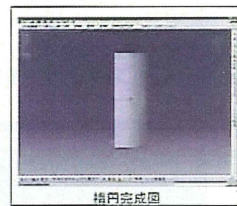
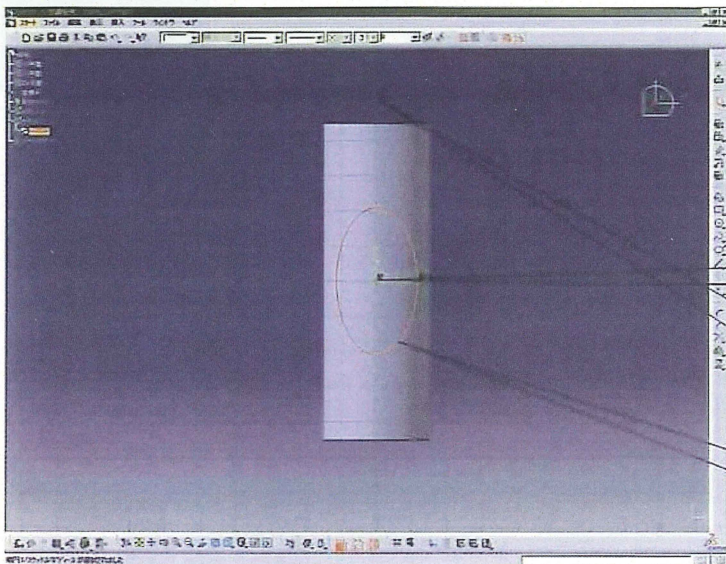
Y座標軸上の
任意の場所をクリック

MSB003-225_085LE_20080120

HEAD

12 スケッチ

12.3 楕円



楕円
をクリック

原点をクリック
(楕円の中心)

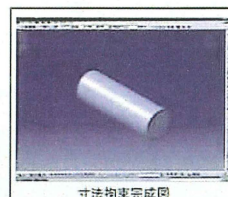
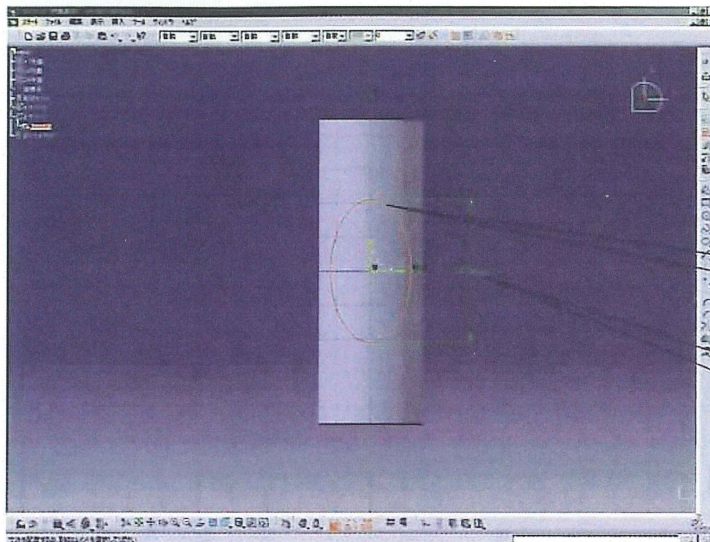
Y座標軸上の
任意の場所をクリック

任意の場所
をクリック

MSB003-225_086LE_20080120

写真 4-3 要点をまとめたテキスト例

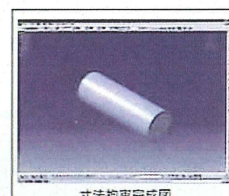
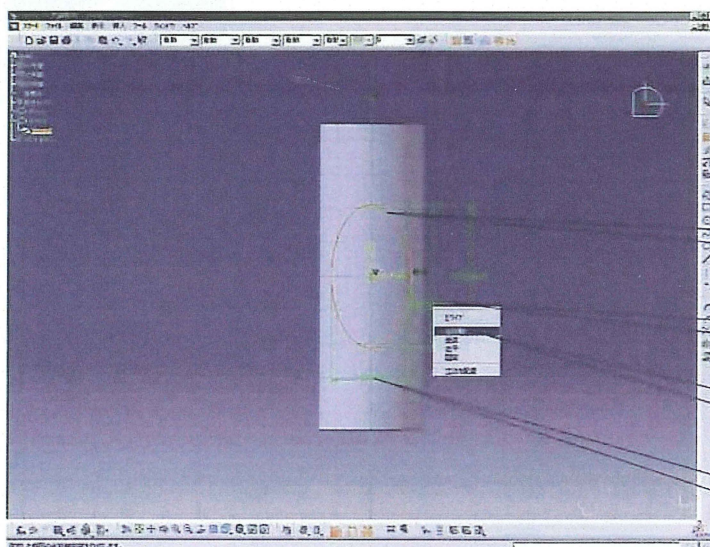
HEAD
 12 スケッチ
 12.4 寸法拘束



- 拘束ををクリック
- 楕円のスケッチをクリック
- 任意の場所をクリック

MSB003-226_086LE_20080120

HEAD
 12 スケッチ
 12.4 寸法拘束

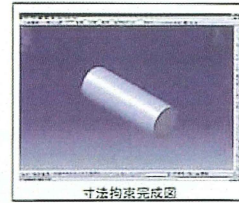
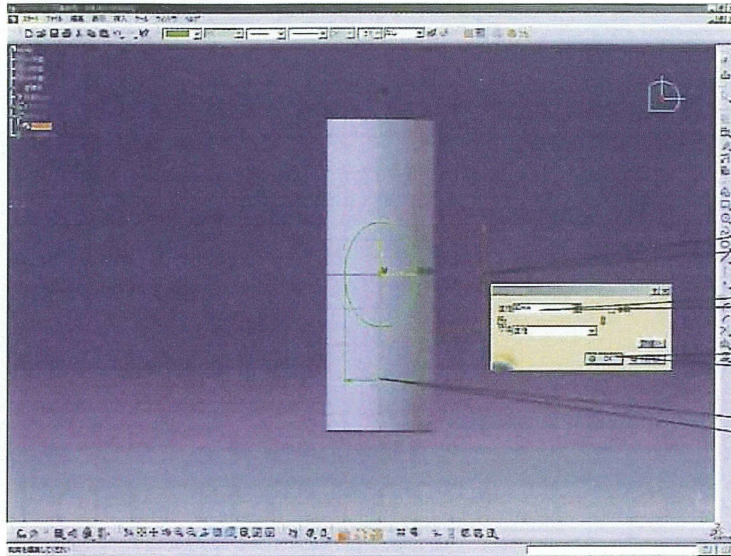


- 拘束をクリック
- 楕円のスケッチをクリック
- 任意の場所を右クリック
- 半短軸をクリック
- 任意の場所をクリック

MSB003-226_086LE_20080120

写真 4-4 要点をまとめたテキスト例

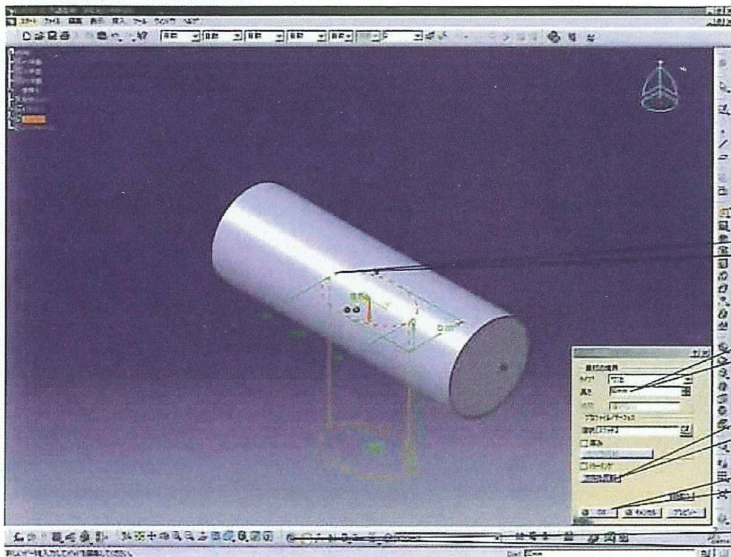
HEAD
 12 スケッチ
 12.4 寸法拘束



- 拘束をクリック
- 寸法値をダブルクリック
- 長径を入力
- OK をクリック
- 短径も同様に寸法拘束
- ワークベンチ終了アイコンをクリック

MSB003-226,086LE,20080120

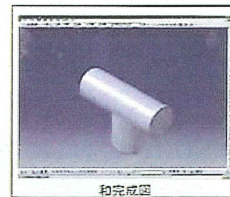
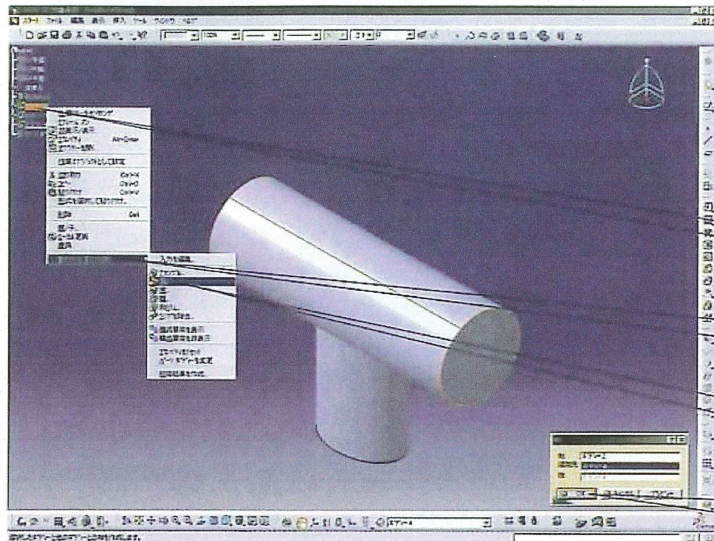
HEAD
 13 押し出し
 13.1 押し出し



- パッド (押し出し) をクリック
- 楕円のスケッチをクリック
- 押し出す長さを入力
- 方向を反転 方向を反転 をクリック
- OK をクリック
- 更新 をクリック

MSB003-226,086LE,20080120

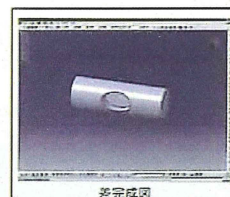
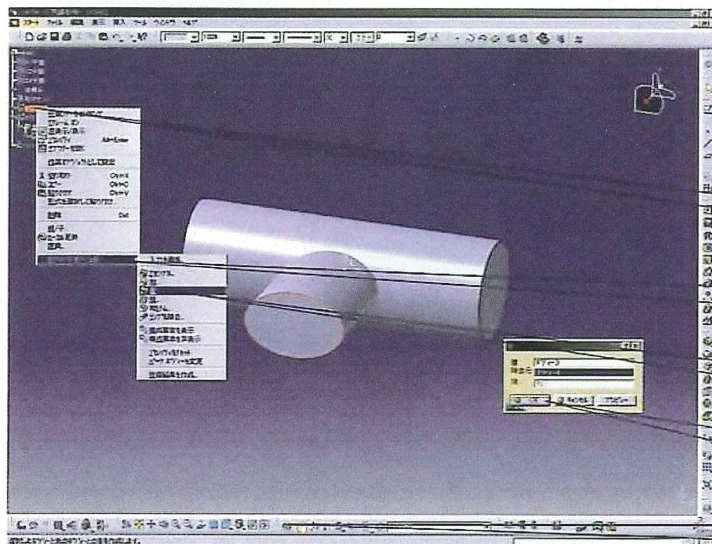
HEAD
14 ブール演算
14.1 和



- 挿入 ボデー をクリック
- 追加するボデー を右クリック
- ボデーオブジェクト 進行-2 オブジェクト をクリック
- 和 をクリック
- OK をクリック

MSB003-226_086LE_20080120

HEAD
14 ブール演算
14.2 差



- モデルを見やすい 位置に配置
- 除去するボデー を右クリック
- ボデーオブジェクト 進行-3 オブジェクト をクリック
- 差 をクリック
- OK をクリック
- 更新 をクリック

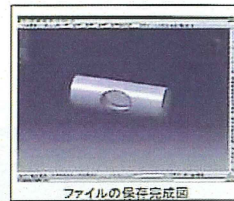
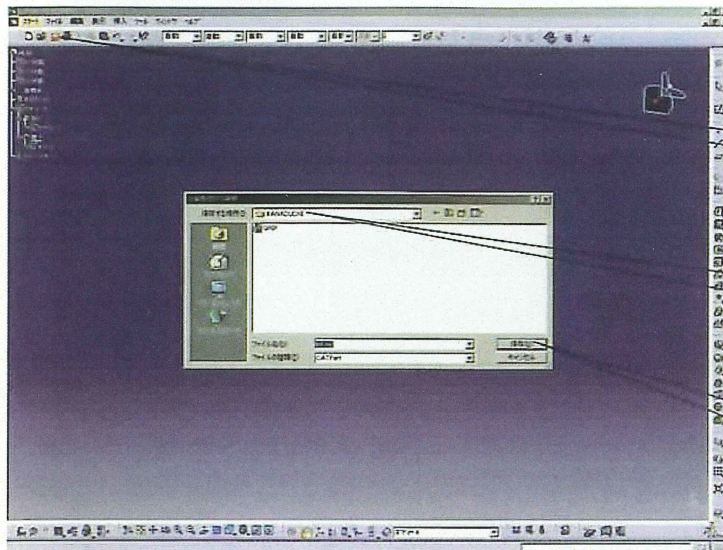
MSB003-226_086LE_20080120

写真 4-6 要点をまとめたテキスト例

HEAD

15 ファイルの保存

15.1 ファイルの保存



上書き保存
をクリック

保存先が、作成した
作業フォルダで
あることを確認

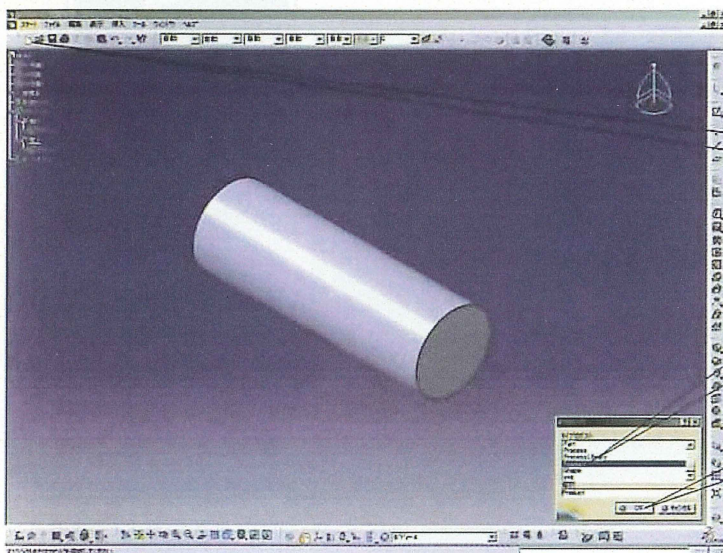
保存
をクリック

MSB003-226_086LE_20080120

KANADUCHI

16 ファイル新規作成(Product)

16.1 ファイル新規作成(Product)



新規作成
をクリック

Productをクリック

OK
をクリック

MSB003-226_086LE_20080120

参考文献

- 1) 小豆川裕子, 内藤孝一および石川裕子 「インターネット社会の10年 新しいインフラで変わる生活, 変わる社会」中央経済社
- 2) 太田衛 高岡良行ら, 人工知能学会研究会資料, Vol.25 p. p. 28-31, 1999年
- 3) オーランパンピン・オーパット 黒岡武俊ら, 日本 plant human factor 学会誌, vol.7 p. p.10-19, 2002年1月
- 4) 目崎貞義, 『校正技術の伝承と人材育成』, 計測技術, p. 24, 2007.
- 5) 総務省, ものづくり現場における ICT 利活用に関する調査検討委員会報告書 p. 24, 2007
- 6) 小宮山宏, 「課題先進国」日本, 中央公論新社 p.180, 2007年

第5章 デジタル化技術伝承の経営的評価と課題

5-1 緒言

現在の日本は、加工産業で栄えている。したがって、加工技術が次世代に受け継がれていかなければ、産業はおろか、国力が衰退する問題にまで波及するものと考えられる¹⁾。出生率の低下、子供たちの理科離れ、現場における外国人労働者の台頭も技術伝承に悪影響を与える要因であると考えられる^{2) 3) 4)}。この様な中、日本では、団塊世代の技術者が技術伝承を若者に向けて行う必要性を2007年問題として重視してきた。それは大企業の中の問題ではなく、大企業を支える中小企業の問題でもある。

本研究では、人伝えに頼る技術伝承手法とデジタルエンジニアリングを援用した技術伝承の手法を考察し、中小企業が行うべき技術伝承の手法と内容について提案する。また、人伝え技術伝承の最大の欠点である「情報劣化」を、次の200X年問題として提起し、情報劣化が起こらないデジタル化技術伝承の優位性と今後の活用課題を考察する。

会社事業運営上の手順が代々残され、システム構築されているかどうかは、ものづくり企業に限らず、企業のリスク回避能力を診断する上で重要な要因である。

5-2 技術伝承の必要性

日本は現在までもものづくりで栄えてきた。もちろん流通・販売などの産業無しに、島国である日本にとって外貨取得は難しかったと思われる。天然資源が少ないことも、加工産業が発展した一因であるものと考えられる。また、大陸とは地続きでなく、民族が移動できないため、伝統技能などは少なからず地場または血族で受け継がれてきた。例えば棟梁や武芸や芸能などがその代表的な例である。

現在、ものづくりの場が中国等へと流出している現象は、依然として、日本は加工産業で栄えているといえる。よって加工技術が次世代に受け継がれていかなければ、産業はおろか、国力が衰退する問題にまで波及するものと考えられる。同時に日本の出生率の低下も技術伝承に大きな悪影響を及ぼすものと考えられる。

学校現場では、学生が理系に進学しなくなる傾向により(い

いわゆる理科離れ), ものづくり現場に就職しなくなった。例えばものづくり現場に就職したとしても, 彼らは理科学的な知識を学校で学習してきていないので, 技術伝承の現場で熟練技術者との間に戸惑いが生じる。

さらに, 外国人労働者が日本の工場現場で勤務し, 現場作業を彼らに任せてしまうことも, 日本人技術者が経験値(いわゆる暗黙知)を得る機会を失いかねない⁵⁾。若者の転職率の増加も同様である。折角若者に技術を教えても離職してしまえば全くの無駄になってしまう。

このような状況下, 中小企業では, 離職した技術者の補充のために採用活動を施すが, 大企業の宣伝的な求人活動の前では歯が立たない。これはインターネットが普及した現在, 求人情報もそのインフラ上で発信されるが, 求人情報は検索条件を入力すると自動的に選択淘汰され, ある条件以上の大企業名しか検索結果として現れない。どんなにコストをかけて求人活動を行っても, 周知すらされない現状である。この現象は公的な求人媒体も同様である。

以上のように, 中小企業では, 生産現場において技術伝承が成され難い状況である。中小企業で技術伝承が十分に行われない場合, そこから部品などの供給を受けている大企業に多少なりとも悪影響がある。技術伝承が大企業で行われているのは当然である。なぜなら, 大企業には, 技術伝承を行う組織的, システム的, 資金的余力がある。反面, 中小企業は, 人的にも最小限の人数で事業を行っていることが多いので, 日々の品質確保に邁進し, 将来のことにまで投資できないのが現状である。したがって, 早急に中小企業の技術伝承に大企業が助けを差し伸べなければならない。

5-3 従来の技術伝承(アナログ)時の課題

従来の技術伝承の手法について考察する。一般的に技術伝承を行う場合, 以下の手法が挙げられる。

- 現場で熟練技術者が実技指導する。
- 手引書などに手法や手順, 数値などのデータを記述する。
- ビデオカメラで撮影した動画として実録する。

上記手法は古くから用いられているので, 大まかなことは伝わる。また, 数値化できる例などは, 学会論文などの最高例でもわかるとおり, 反復性が確保されており(いわゆる形

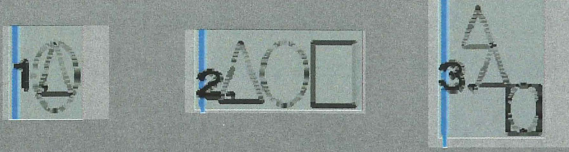
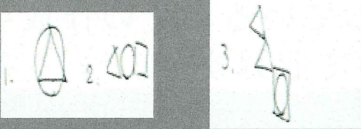
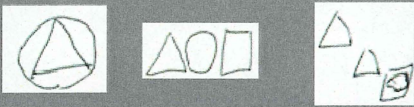

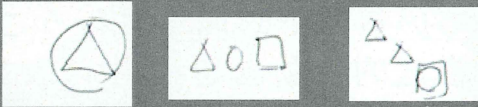
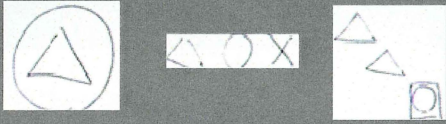
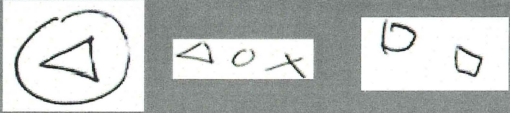
式知), 完全に伝承することができると言える。

しかしながら, 数値化できない部分, また文章で表現できない部分もある。これは暗黙知と呼ばれる⁶⁾。暗黙知に入る要素は, 従来の伝承方法では完全に伝えきれない。熟練技術者が若者に実技指導する際, こうした暗黙知の伝承が行われやすいといえるが, 表現が曖昧なので, 指導を受けても自分なりの解釈とコツを自らの体系に合わせて修得し, 繰り返し精度を出すことになる。これは従来手法であれ, 最新式の手法であれ, 授受が共に人間の感性という変数であるので簡単に解決できない。

そこで従来の技術伝承方法による情報劣化を検証するために簡単な実験を行った。いわゆる「伝承ゲーム」である。伝承ゲームは6人(偏差値がほぼ同等で同年代)程度で行った。これは受け手が情報0として遺伝学的な考察では, F0世代は100%とすると, F1世代では50%になり, F6世代では1%にまで情報が劣化する単純計算となる。また, 最初の受け手(本研究ではこれが新入社員)がもつ情報を0%とし, それ以降の受け手が情報を100%もっているとすると, F1世代では50%となるが, F2世代では75%, F3世代では87.5%, F6世代では98%となり, 遺伝学的にはほぼ純血(100%)にもどったとされるので, 6人まで情報を伝承(遺伝学的には交配)させてみることにした。伝承内容は, 音階・翻訳・図形・一筆書き方法・無意義な文字列・有意義な文字列などである(図表5-1参照)。実験結果はF6世代まで伝承したのち検証したが, すべての検証で情報が劣化した。

つまり, 情報が劣化することを前提で従来は技術伝承をおこなっているので, 従来方式での技術伝承で課題となることは, 伝達の精度ではなく, 受け手である熟練者が受け手の理解度に合わせて時間と労力を裂かねばならないことである。よって, 技術伝承を行っている間は生産活動が止まってしまうのである。

図表 5-1 伝承ゲームによる検証例

start	
1	
2	
3	
4	
5	
6	

5-4 デジタルで技術伝承を行った活用例

インターネットが広く普及した現在における技術伝承方法について考察する。インターネットをインフラとして利用することを前提とするならば、必然的にデジタルデータを活用することになる。具体的な事例⁷⁾をもとに説明すると、A社(キヤリオ技研株式会社 名古屋市)では、3次元CADの操作方法などについて技術伝承を行う場合に、デジタルエンジニアリングを多く活用している。その作成手順を以下に示す。

- ① デジタルビデオで収録する。
- ② 必要な箇所はデジタルカメラで撮影する。
- ③ EXCEL等のパソコンソフトで手順を箇条書きにする。
- ④ 文章で表現できないときは、デジタルビデオの動画データにリンクを設定し、クリック(パソコン操作)によりすぐ閲覧できるようにする。
- ⑤ 最終的に、インターネットで閲覧できる形式で保存し、サーバパソコンにデータを保存する。

作成にかかる時間は、内容によるが、ビデオを援用することで作業説明の文章表現を考える手間がなくなっているので、圧倒的に早いことが類察される。

実際に利用するときは、写真5-1で示すように、作業画面と閲覧画面の2つのディスプレイを用いるとよい。これは、最近のPCには横長の画面を2画面に分けて出力する機能が標準的に装備されているので、簡単に行うことができる。

以上のように徹底的に動画を利用することに特色をおいてデジタルエンジニアリングを活用している。



写真 5-1 2画面を用いたセルフラーニング

5-5 デジタルデータを用いた技術伝承実証実験例

前述の手法を用い、他の業界でも効果的な技術伝承用のデジタルデータが作成できるかを検証した。検証した実験は、2005年11月から2006年3月の期間で、溶接、出版、輸送機械、金型、精密機械、陶磁器、教育、繊維の8業種の企業を対象として行われた。なお、この実験は、キャリア技研株式会社（技術情報デジタル化モデル事業受託企業）が岐阜県より受託し、行った。

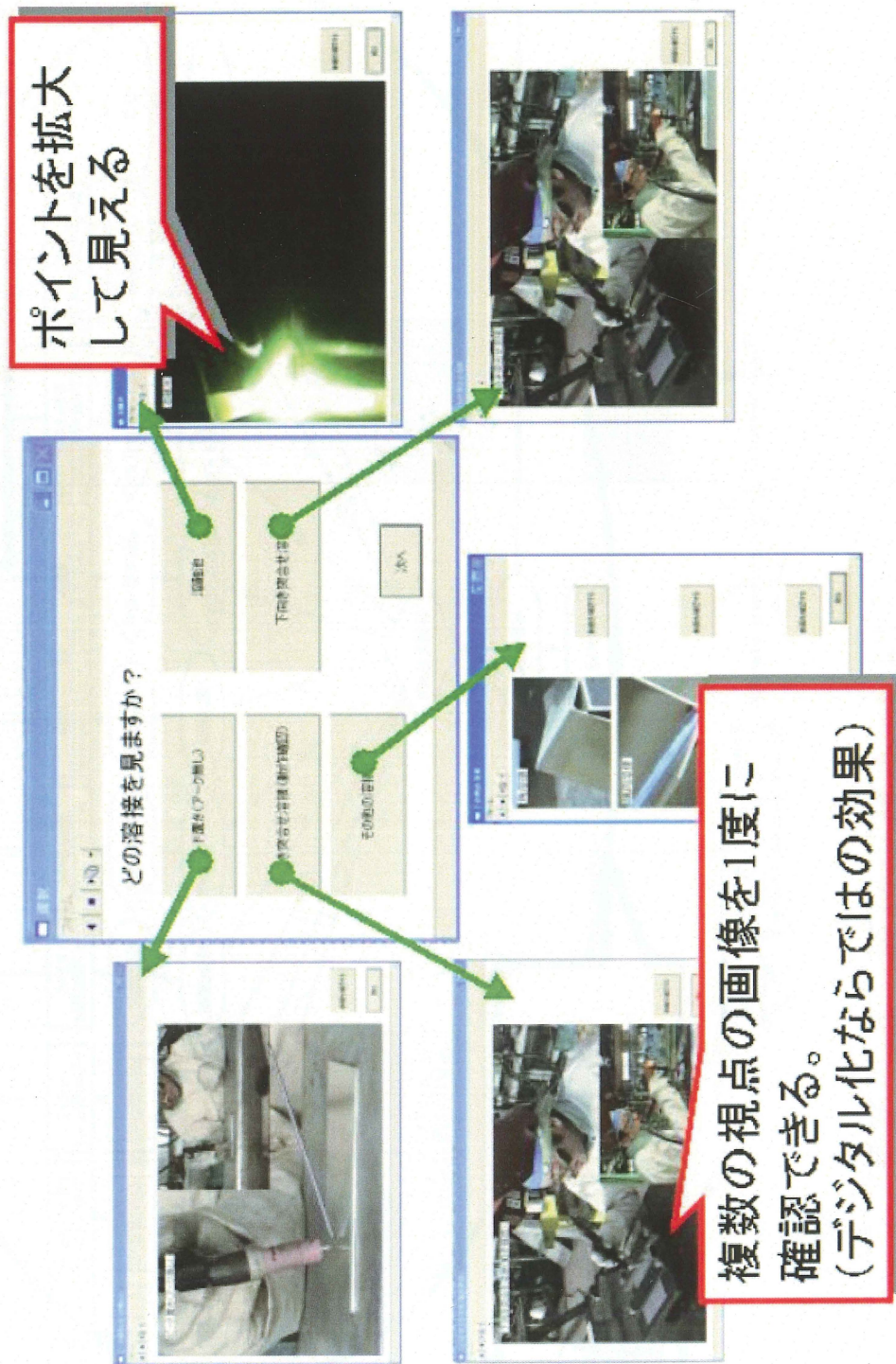
実験当初は同社が各企業から伝承したい技術について聞き取り調査をした。そして以前より紙などの媒体で保存してある技術伝承用の資料や写真などを、デジタルデータ（スキャナーなどを利用してPCに読取り、汎用版とした）にした。また、実際にデジタルビデオカメラに実演を収録した。このとき2台のビデオカメラで違うアングルから収録をし、編集段階で2画面を同時に見られるようにしたので、通常の見学では見ることの難しい対面の状態も1画面で把握できるようにした。さらに、編集では文字情報なども挿入した。これにより、図表5-3で示すように、必要な情報としての手順と失敗注意喚起などについても盛り込むこと（テロップ）が可能となった。

そして工程に準じて確認画面を作り、直列または並列で画面データを繋げることで、図表5-4に示すように、フローチャートが出来上がった。フローチャートが出来上がったことで、業務の全体の流れがわかるようになり、管理者へのいわゆる、「業務の見える化」が達成できた。

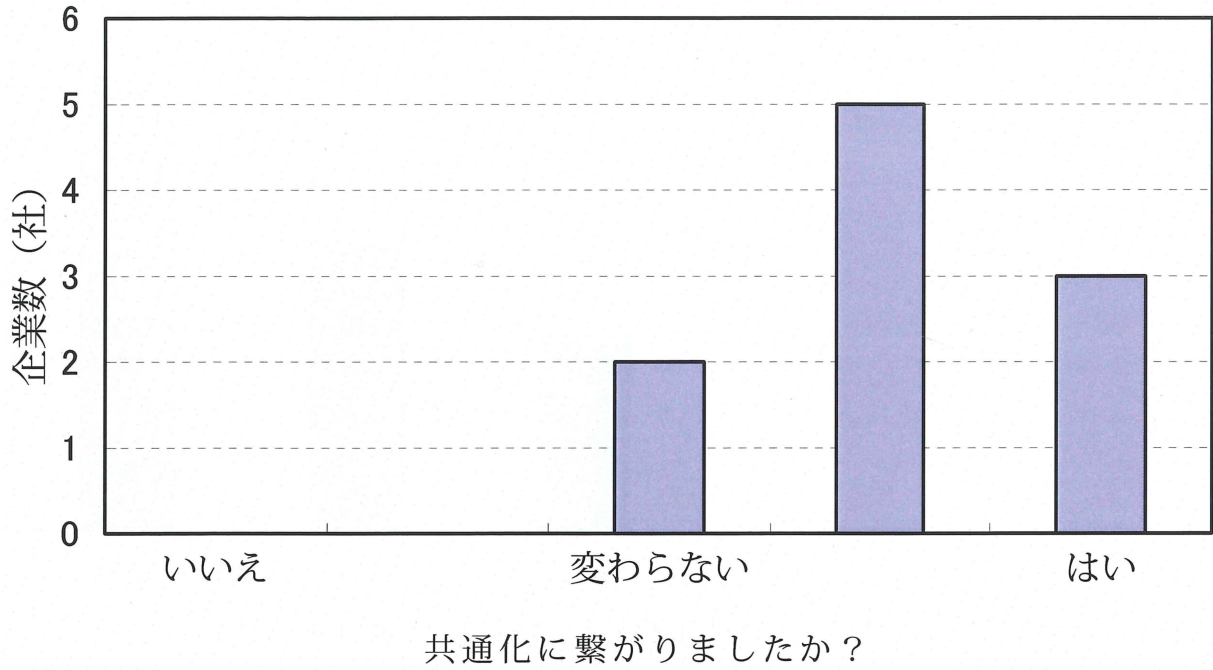
最終的に出来上がった技術伝承例は、10データとなった。これらのデータを、実験期間中に実際に各企業で利用してもらい、その出来具合と活用に関するアンケートを行い、集計した。なお、アンケート調査では、質問に対する回答を5段階で評価し、選択してもらう方法をとった。以下、アンケート調査結果を示す図5-5は、すべて5段階評価の結果であり、良好な結果であったと言える。また、アンケート調査表の中では、技術伝承データのことをノウハウと表現した。

図表 5-3 技術伝承データー画面例

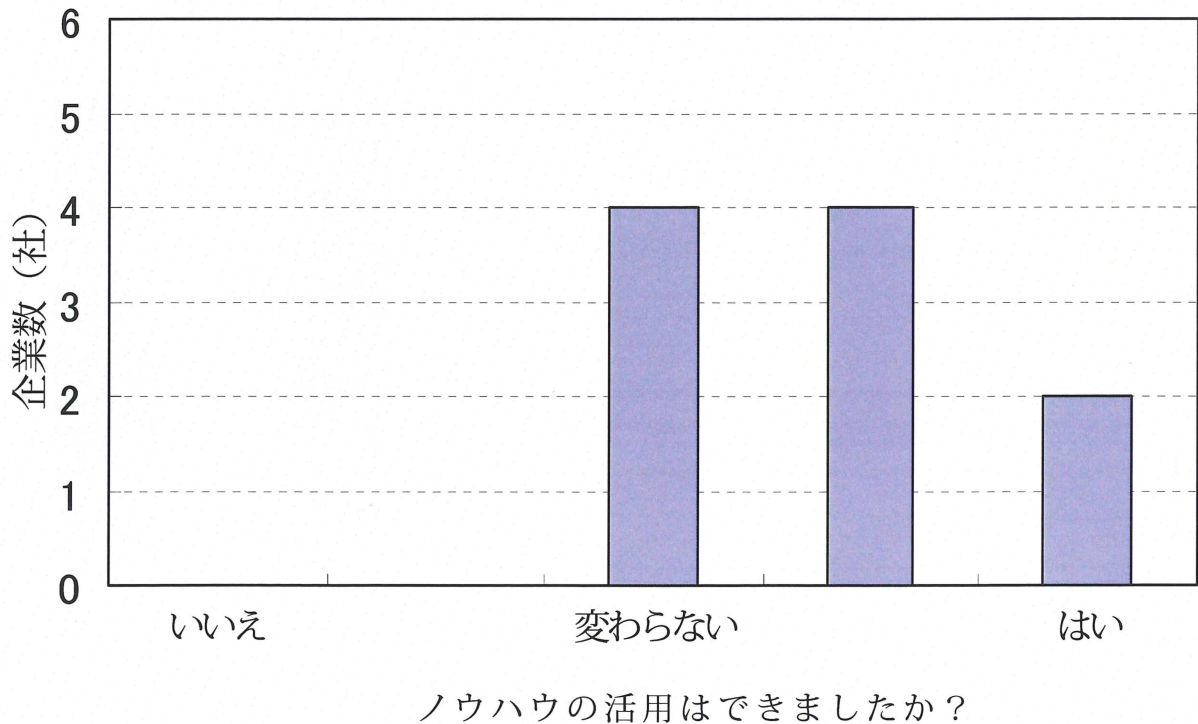
各種類溶接動画確認



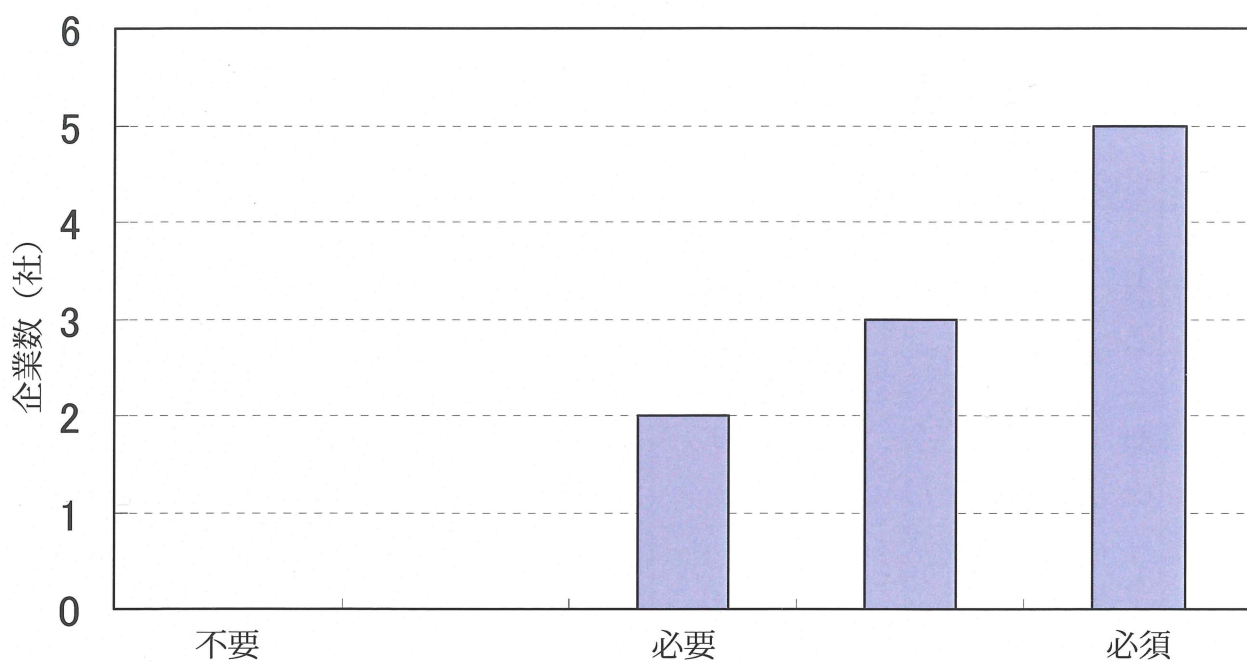
図表 5-5 (a) 共通化について



図表 5-5 (b) ノウハウの活用について

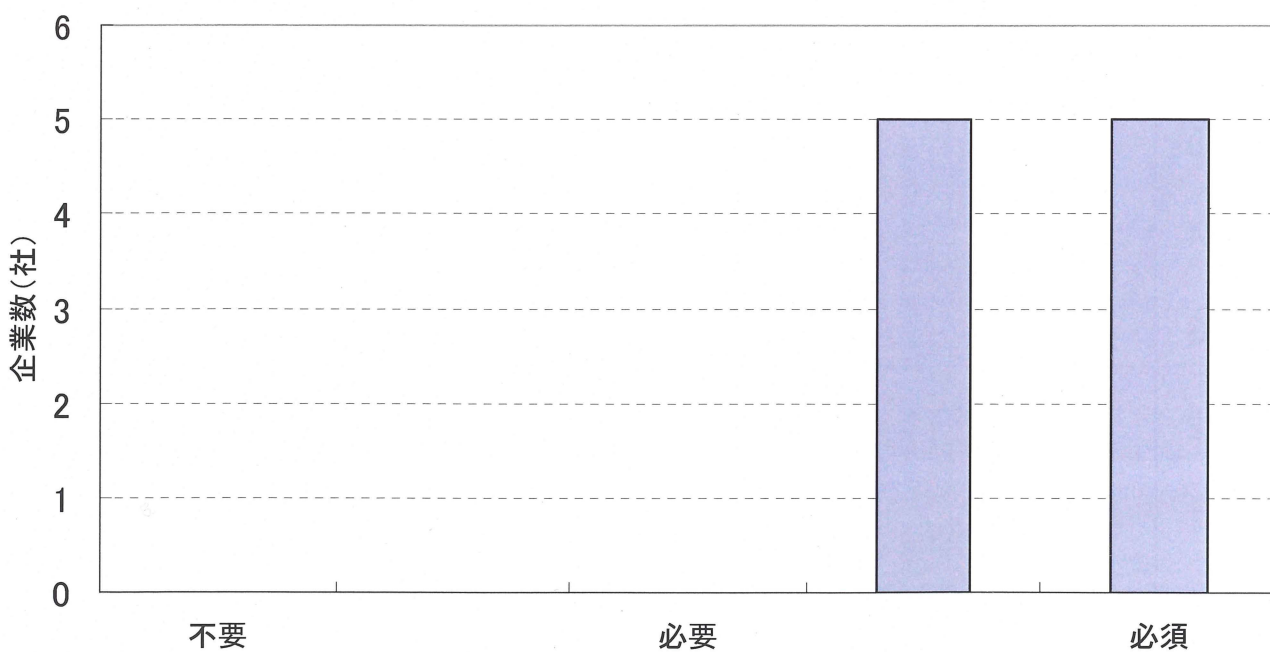


図表 5-5 (c) ノウハウのデジタル化の必要性について



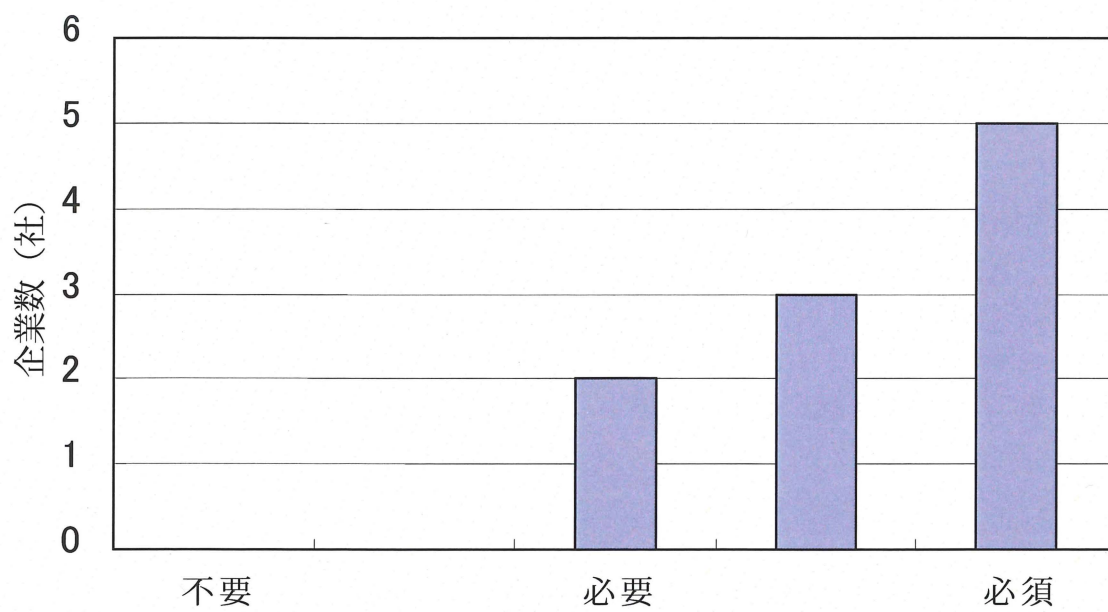
ノウハウのデジタル化は必要と感じましたか？

図表 5-5 (d) 静止画として残すことの必要性について



動画静止画に残すことは必要と感じましたか？

図表 5-5 (e) ノウハウのデータベース化の必要性について



ノウハウのデータベース化は必要と感じましたか？

アンケート調査検証を行った結果、「共通化に繋がりましたか」と「ノウハウの活用ができましたか」という質問については、図表 5-5(a), (b)に示すように、各企業共に大まかに達成（否定的な回答は無）できたようである。共有化のためには、全社員に技術情報データの取得方法や取得用の社内インフラ（社内 LANなどを援用）の整備・徹底が必要であるが、今回の実験では一部分の技術伝承データしか作成していないので、徹底活用までは取り組まない企業が多く、効果が現れなかった。

また、ノウハウのデジタル化の必要性については、図表 5-5(c)に示すように、「ノウハウのデジタル化は必要と感じましたか」という質問に対して、必要と認める回答が顕著であった。デジタルによる技術伝承を体験した企業は、デジタルでノウハウを残すことの必要性を感じるようになり、図表 5-5(d)の「動画・静止画に残すことは必要と感じましたか」という質問の結果が示すように、動画・静止画などのデジタルツールの利用が技術を伝承する上で非常に有効であることを感じるようになった。また、図表 5-5(e)の「ノウハウのデータベース化は必要と感じましたか」という質問の結果が示すように、社内のノウハウをデジタル化するだけでなく、データベース化し、必要なときにすぐに使用できる環境にしていくことが望ましいと感じていた。これらの結果から、全体を総括して技術伝承データをデジタルデータとして活用する有用性が確認できた。

5-6 中小企業が活用する技術伝承データの作成方法

実証実験の結果、中小企業で技術伝承用のデジタルデータを作成する場合、自社内で作らず外部の技術伝承データメーカーに依頼する方が良いと思われる。なぜなら、業界内または社内で常識的に使われている単語（主に省略型が多い）は、時として新入社員には通じないことがあるからである。そうした言葉も分かりやすく、一般的に表現しなければならない。

もし、仮に社内の熟練者が技術伝承用のデータを作成した場合、単語や手順なども、わかりきっていることとしてカタカナだらけの表現や初歩手順を飛ばしたおおまかなものになりかねない。大企業であれば、組織が細分化専門化されてお

り、一人の人間が社内の全工程内容を把握せずに定年を迎える可能性が高い。したがって、デジタルデータは、一般的な分かりやすい表現になりえる。

中小企業では、従業員は兼業で様々な業務を日常的に行う。また絶対的な人数が大企業より少ないので、社員間での情報共有がなされ易く、会社の全容が把握しやすい。したがって、社内固有の表現や単語を使いまわし、結果として技術伝承という観点では、デジタルデータは、すぐに新人がわかる内容で無くなる。技術伝承のデータは、誰が見てもすぐに内容を把握出来易く無ければならないので、中小企業向けの技術伝承データは社外者が作ることを提案する。

5-7 技術伝承に使うデジタル手法を取り入れるアナログ手法の比較した経営的な観点からの優位性

アナログ情報（本や人伝えなど）と比較した場合、デジタル化されている情報は、コンピュータを操作しなければ得ることができない。デジタル化されたデータの優位性として、以下の点が挙げられる。（図表 5-6 参照）

- ページを飛ばし読みするなど、手順を飛ばすことができないので、確実に手順道理に実行させることができる。
- 手順ごとにデジタル処理を施すことにより、完全に終了しないと次の手順に進めないようにすることや、閲覧にパスワードなどの入力を求めることにより、権限以上の作業をさせないようにすることができる。
- 手順完了などの時間や担当者について、記録(log 情報)をコンピュータに保存できる。

デジタルで技術伝承データを作成活用することが効果的であることは、現在のインターネットを援用したインフラ環境の爆発的な普及と広がりによって大きく依存していると仮定できる。また、技術伝承内容は、新技術の導入などで常に改良が施される。当然そのデータも追従しなければならない。その観点からアナログと比較した、デジタル化の優位性として、以下の点が挙げられる。

- いつでも修正ができる。
- どこでも見ることができる。
- 何度でも繰り返して見ることができる。
- 言語に翻訳することなく伝えることができる

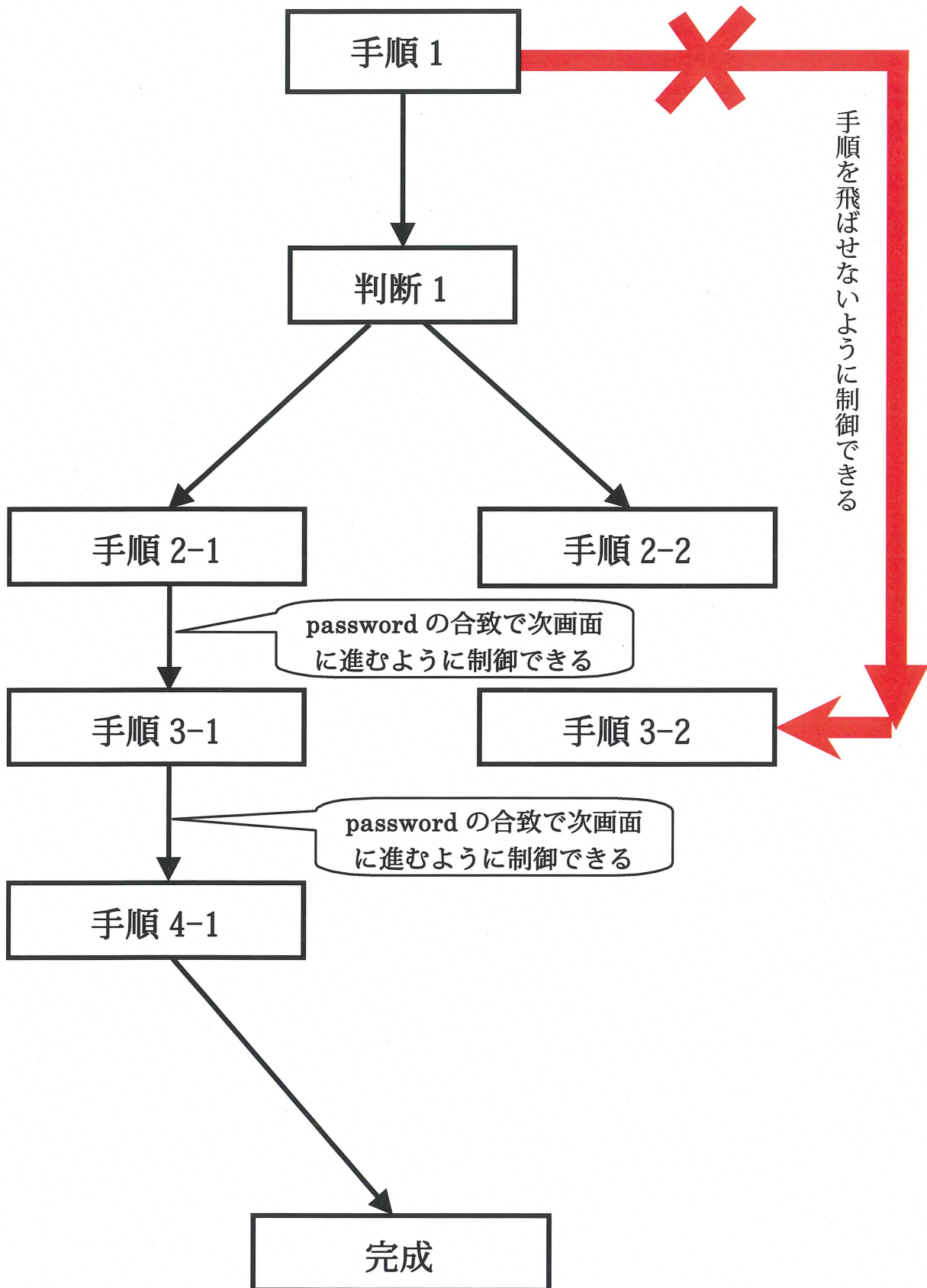
以上により、経営的な優位性は、デジタル手法の方が技術伝承を授ける側と受ける側の同時拘束時間を失くし、かつどちらかが出張して教授する必要がないので、距離的な問題を解決できることにある。また動画は言語に翻訳する必要がなく外国人への伝達に優位である⁸⁾。ただし、従来の人伝えによる手法とデジタル手法の情報量が同じという前提である。

5-8 結言

本研究では、「デジタルで技術伝承を行う経営的な効果と課題」として、主に技術伝承情報をデジタル化した場合の効果を実証事例から検証した。一方で、人間には理解や表現の個体差があるが、デジタル化された情報の優位性についても検証した。従来方法である人から人への言い伝えを続けた場合、大きな情報劣化が生じ、人が死ぬという人的リスクまで考慮すると、2007年問題といわれた現象が永遠に続く。本研究でデジタル化された技術情報が中小企業継続的な事業活動を支える資産となり、Internetなどを使えば伝える能力（早く、いつでも、どこでも、正確に）が高いことが考察された。また、デジタル化された技術伝承データの資産的な価値についても聞き取り調査をした。8社への聞き取り調査の結果では、300万円程度と軒並み揃った回答であった。これは今回実験に参加した企業の資本金および売上に比例した回答ではないと思われる。基本的に中小企業が心理的負担の少なく且つ最大限投資できる直観的な金額と考えられる。本研究ではデジタル化することの優位性を結論付けるものであり、この資産的な価値は別途の研究で述べるが、いかに中小企業の人伝えによる経営的なリスクを少額に考えている現状を示すものである。

よって経営的な観点から、いち早く企業がもつ、人が持つ技術情報をデジタルで残し人の命のリスクを担保するべきである。

図表 5-6 デジタル技術を援用した技術伝承の優位性



参考文献

- 1)石川良雄,『計装エンジニアの人材育成と技術の伝承』,計測技術, p.27, 2007.
- 2)伊藤実,『日本における外国人技術者の現状』,日本機会学会誌, Vol.101, p.2, 1998.
- 3)木内養育,『社会・労働運動年表』, p.p.130-137, 旬報社, 東京, 2007.
- 4)黒川清ら,『今,なぜ,若者の理科離れか』,財団法人日本学術協力財団, p.33, 東京, 2005.
- 5)厚生労働省,『労働経済白書(平成19年版—ワークライフバランスと雇用システム—)』, p.p.33-35, 国立印刷局, 東京, 2007.
- 6)安富歩,『複雑さを生きる』, 岩波書店, 2004.
- 7)中部経済新聞,『技術と知恵をデジタル化』, 第4面, 2007年5月22日.
- 8)中川威雄,『製造業グローバル化の中での日本の素形材産業—知中国進出のすすめ—』, 素形材, Vol.48, p.p.2-8, 2007.

第 6 章 中小企業の検査工程における 3 次元 CAD の活用例

6-1 緒言

工程内や工程間で使用する製品検査システムはセンサー技術や通信技術を用いて早く正確に情報を取り分けることが求められている。そして情報技術を活用することで、生産ライン等の管理・自動化、在庫管理システム等の生産性向上やグループウェアツールとしての活用による業務の円滑化がなされ、品質の安定、高付加価値製品の提供および製造機能の柔軟性が最終的なメリットとして期待される¹⁾。ものづくりを行う企業においては 3 次元 CAD システムを用いたデジタルエンジニアリングによって、開発速度を速め、同時にものづくり情報の一元化をおこなっている。大企業内で 3 次元 CAD データなどの情報技術を活用したものづくり工程を構築すれば、当然検査工程での活用も求められる。例えば 3 次元 CAD データと非接触式形状検査装置で形状比較するシステムなどがある。（写真 6-1 参照）

本研究では 3 次元 CAD データと非接触でカメラ撮影した対象物のデジタル画像をデジタル処理し、外観形状比較して合致検出を行うシステムの開発状況について報告をする。

6-2 企業における 3 次元 CAD 活用事例

1980 年代初頭から、コンピュータネットワークで統合された経営は、従来のような、伝票、報告書、口頭による組織内コミュニケーションにさらに強力な手段を付加することになり、環境適応のスピードと組織効率を向上させた。企業全体の共通情報がデータベースとして処理、蓄積され、必要なデータを必要なときに検索、利用することで、各業務遂行における、フレキシビリティ、クォリティー、デリバリーおよびコストの追求が図られた。特に技術・設計部門では、CAD による図面設計のデジタル化が進んだ²⁾。

1995 年以降、パーソナルコンピュータの処理能力や記憶容量は大幅に向上した。また自由にデータのやり取りが行えるインターネットインフラストラクチャーも進化、浸透した³⁾。デジタルデータにより統合された環境は安価に構築できるようになり、またデータの移動も迅速にできるようになった。これにともない、CAD も 2 次元から 3 次元に転換され、大企

業はいち早くそれを活用し始めた。

3次元CADへの転換は、手書き図面から2次元CADへ転換した事例とは根本的に異なっている。2次元CADは手書き図面で書かれた三面図を電子化するために利用された。一方、3次元CADは、形状において任意の点座標の位置及びベクトル情報を持っており、設計業務の効率向上だけではなく、商品開発プロセス全体の改革を促進する能力を秘めている。とくに開発プロセスの同時並行化（コンカレントエンジニアリング）や問題解決の前倒し（フロント・ローディング）を可能にした。

より具体的に述べると、3次元CADによって商品段階における製品設計者と生産技術者間のコミュニケーションを促進することができる。また、3面図で検討するより、3次元CADを用いた立体視設計によって、製品設計者が自ら生産条件を盛り込んだ設計図面を作成しやすくなる。これによって、フロント・ローディングが促進される。さらに、3次元の設計データがあれば、設計者自身が比較的高度な解析（CAE = Computer Aided Engineering）を実施できる。したがって、実験解析部門との複雑な調整を行うことなく、設計段階で解析ができる。これによっても、フロント・ローディングが促進される⁴⁾。

また、3次元CADの設計データはCAE以外にも、図表6-1に示すように製造用の加工データに流用することができる（CAM = Computer Aided Machining）。3次元CADデータから直接加工機用の加工データを作成し、効率の良い加工経路を検証することで、無駄な工具の移動や工具と材料との干渉などを避けることができる。さらに、CADデータと製品とをコンピュータを使い形状比較すること（CAT = Computer Aided Testing）で形状などの品質確認（Reverse Engineering）も自動化できる⁵⁾。これらのことは、試作製作などのリードタイム短縮に大きく貢献している。

得意先からのコスト削減と短納期という要求が高まるなか、中小企業が競争力を確保するためには、在庫を適正に管理するとともに、リードタイムの短縮を図っていく必要がある。このような状況下、ものづくりにおけるデジタル統合および3次元CADの導入は企業が競争優位性を確保することに大きく作用する。

6-3 3次元CADデータを援用したカメラ画像マッチングシステム（CAV）の開発と特徴

大企業の下請けを行っている中小企業は3次元CADを設計工程で利用するよりも製造工程に利用することが多いと思われる。なぜなら多くの中小企業は製品加工が主な業務であり、3次元CADデータを設計などの工程に利用することは少ない。当然3次元CADの設備稼働率は大企業の稼働率と比べて低いと思われる。そこで中小企業に導入された3次元CADをより利用するために、製造の後工程である検査工程で活用できるシステム（CAV）の開発をした。

CAV（Computer Aided Vision）は、設計部署で作られた3次元CADデータをデジタルサンプルとして、デジタルカメラで撮影した検査対象物の画像を情報処理し外観形状を比較して合致検出を行うシステムである。

従来、検査対象物をカメラで撮影し情報処理して検査する場合、見本とする画像と比較して検出するため、実物の製品サンプルを作らなければならなかった。

CAVでは3次元CADで作った3次元CADデータをデジタルサンプル（3次元モデル）として利用するため、実物のサンプルを作る必要がないことが特徴である（図表6-2参照）。

またCAVは3次元形状合致判定を1つのカメラで予測検知していることも特徴である。検査対象物のカメラ画像とCAV内にある3次元CADデータを様々な角度から見た姿勢情報とを合致検出させている（図表6-3参照）。デジタルサンプルを3次元CADで自由に作り変えることができるので、例えば、30%欠けたGearを3次元CADデータでデジタルサンプルとして作り、実物と形状比較検出を行いCAVで見つけ出すようなことも可能となる。またCAVはインターネットを通じて活用できるので、設計変更により検査対象物の形状などが変わり、離れた場所にある複数の工場内検査システム情報を自動的に変更できるなどの特徴がある。設計部署で作られた3次元CADデータを援用するので、一見微小な変更であっても厳格に運用できる。また、外国人などが混在する工場であっても、図面等の文字情報を翻訳して運用しないので、意思疎通上の問題も排除できる。

6-4 CAV の機能概要

CAV が形状合致判定をする画像処理手順の概要を以下に示す。

- A) 基本的な開発は、C 言語（図表 6-4 参照）
- B) デジタルカメラと CAV を install してあるパソコンとを接続（図表 6-5 参照）
- C) デジタルカメラからデジタル画像をパソコンに入力（図表 6-6 参照）
- D) デジタル画像からノイズ除去処理（図表 6-7 参照）
- E) 3次元CADで作ったデジタルサンプルを多方面から見た画像と合致条件比較処理
- F) 合致条件（所謂しきい値）から合致結果の表示（図表 6-8 参照）
- G) 処理終了

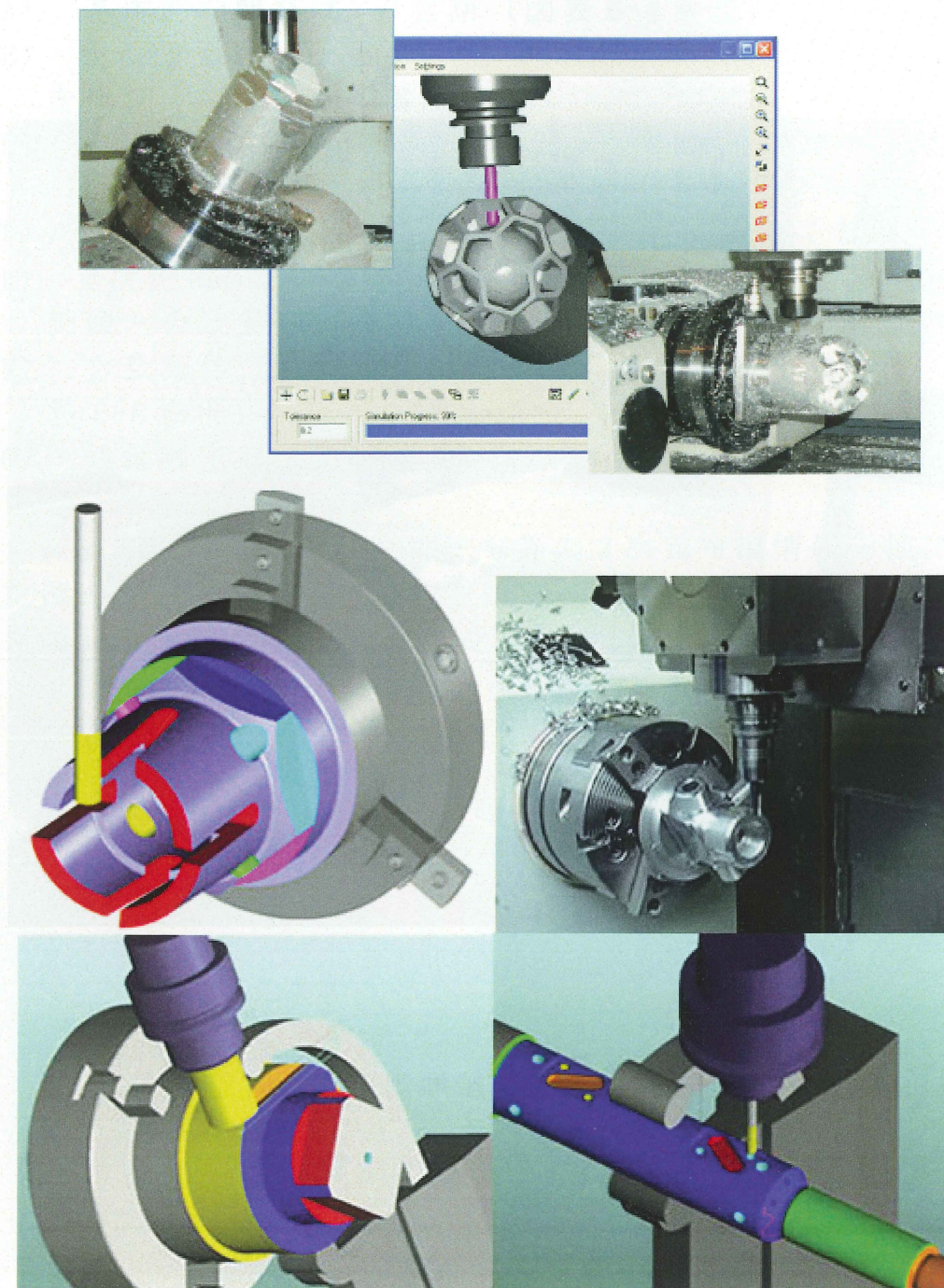
図表 6-9 に CAV でバーコード等の 2次元可視情報を検出した例を示した。

図表 6-10 に CAV で信号機の色を強調検出した例を示した。

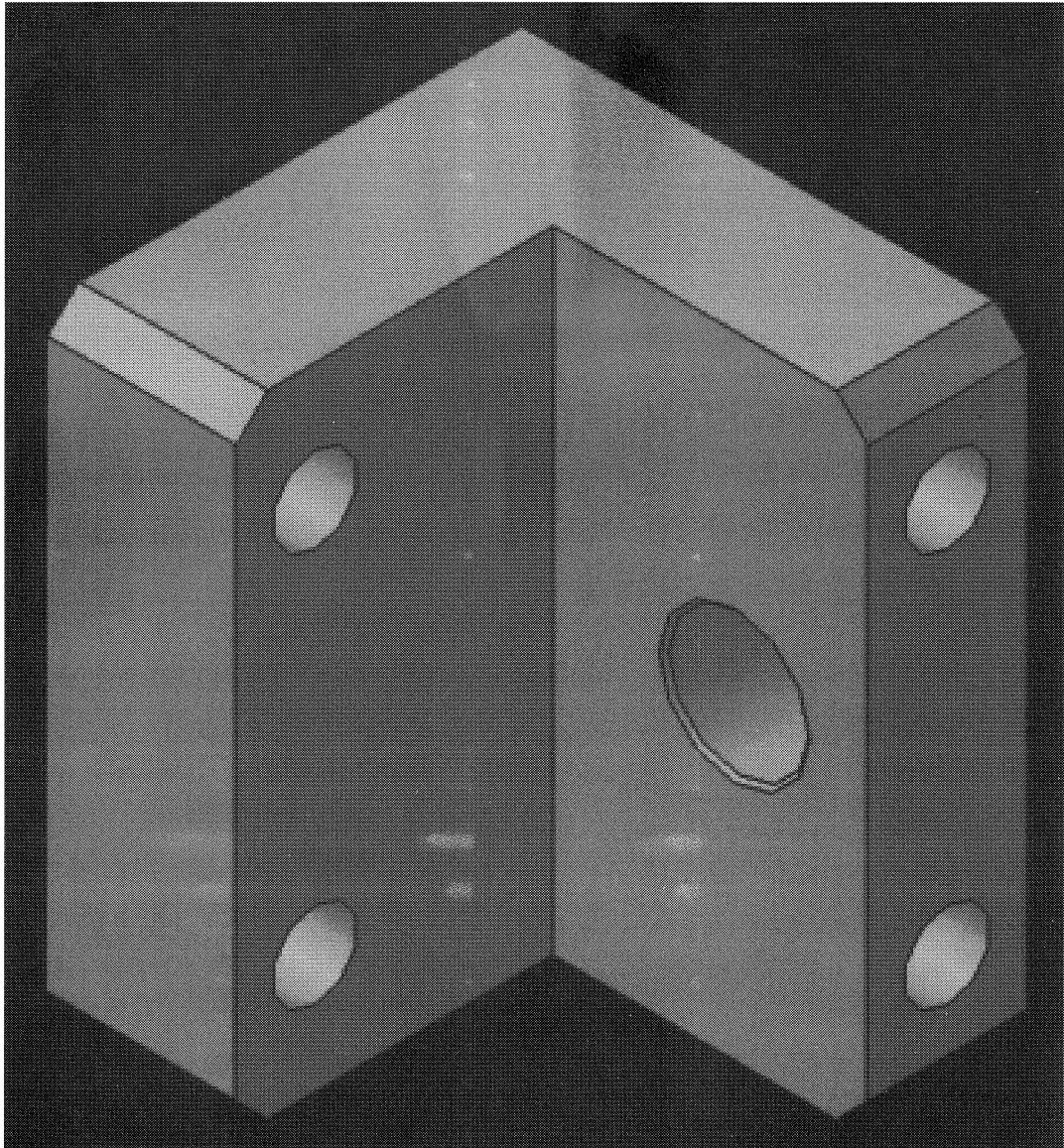


写真 6-1 3次元非接触測定器の例

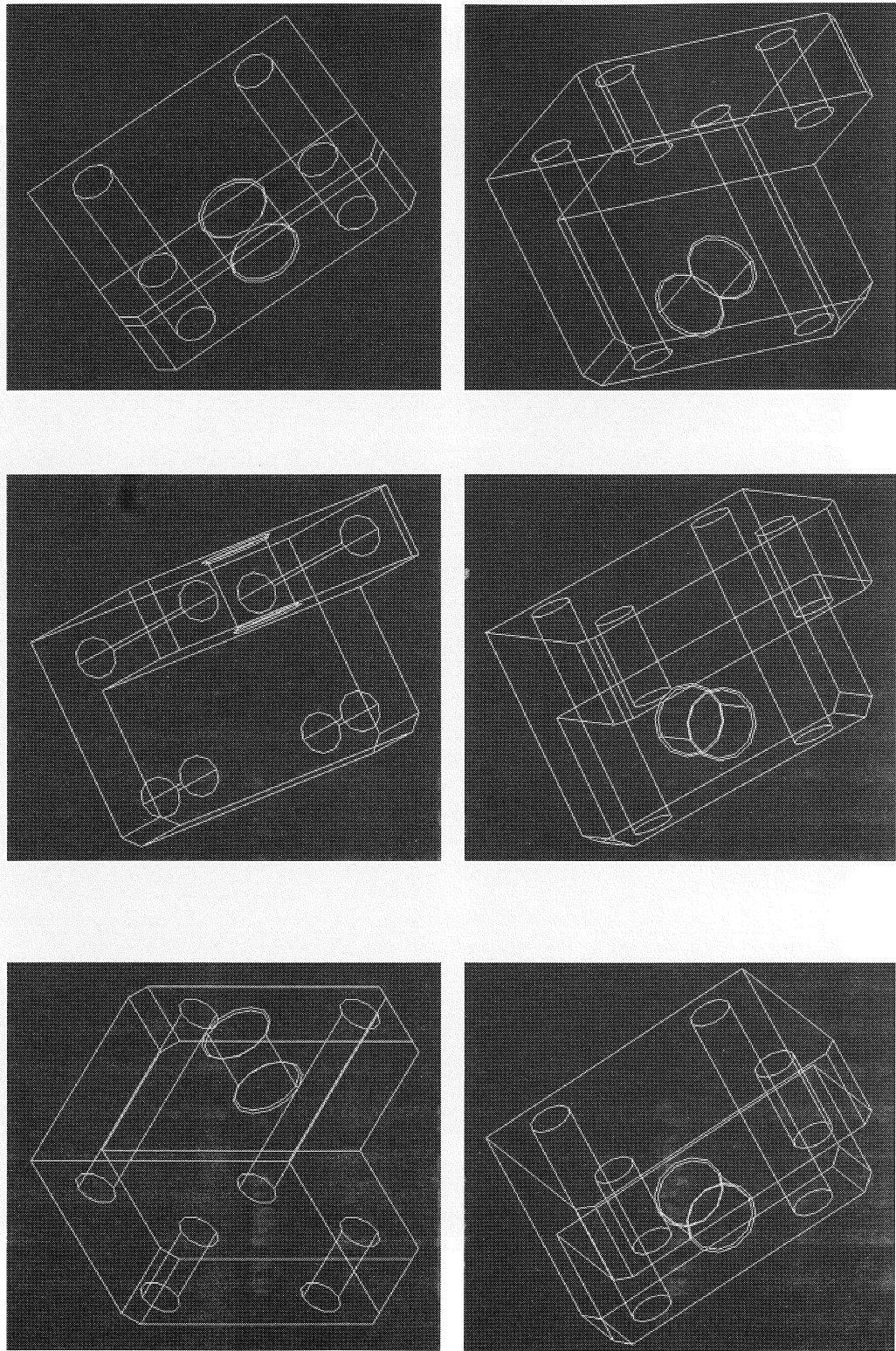
図表 6-1 3次元 CAM の例



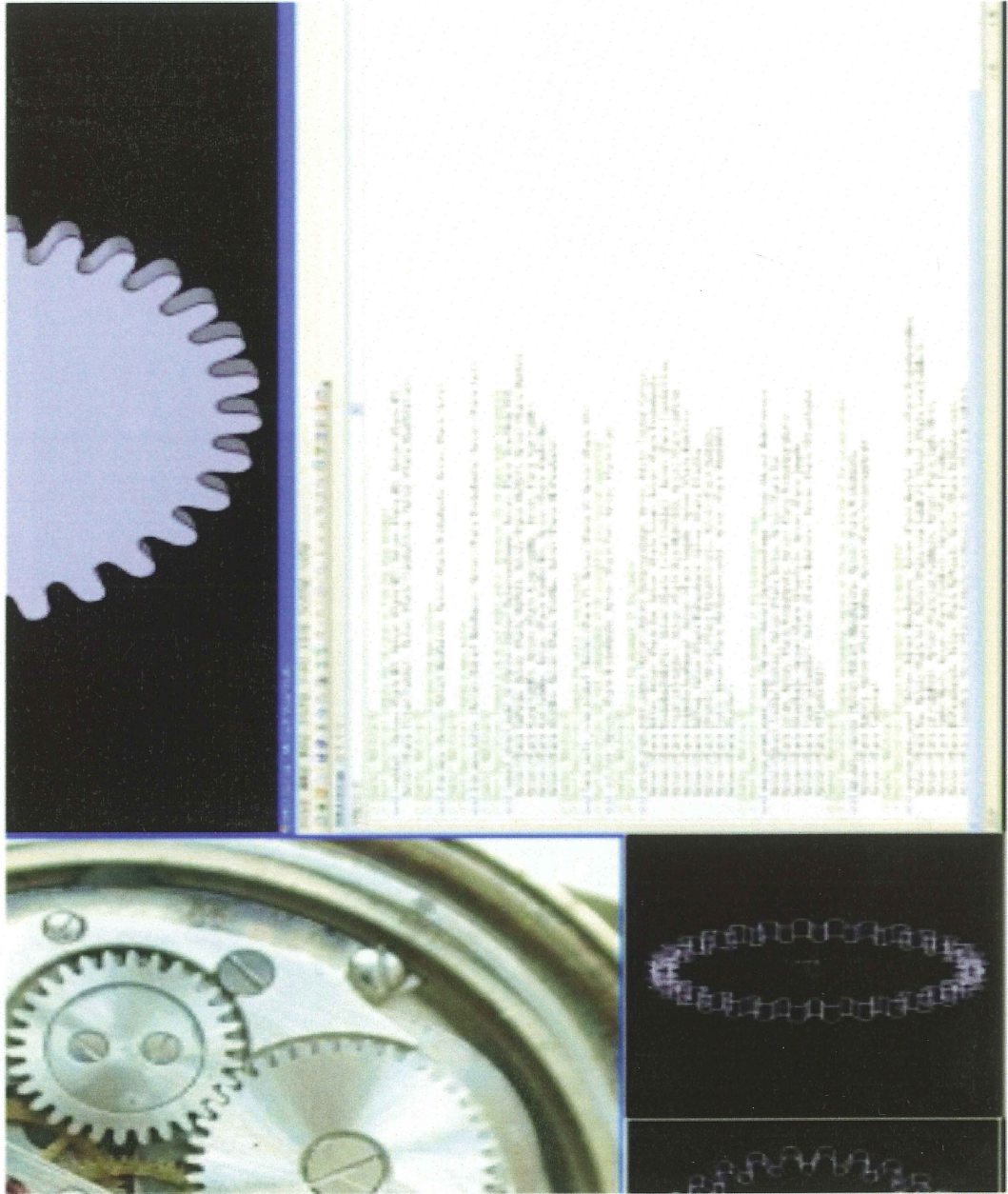
図表 6-2 3次元 CAD で作ったデジタルサンプル



図表 6-3 様々な角度からのデジタルサンプルの姿勢



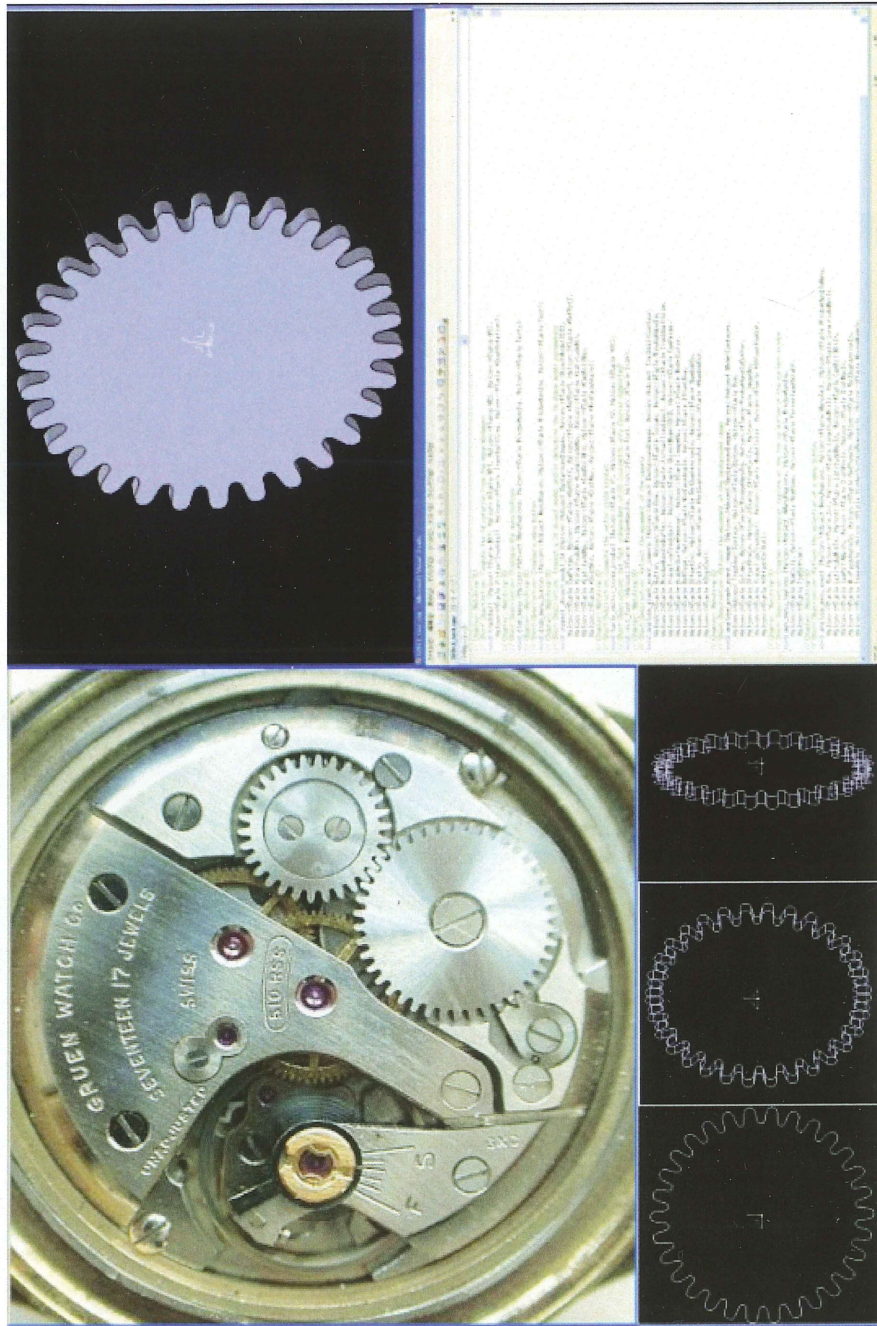
図表6-4 C言語を用いたCAV開発画面例



図表6-5 C A V に接続したデジタルカメラ



図表 6-6 CAV による画像処理例



デジタルサンプルを CAV に入力

図表 6-7 CAV による画像処理例



ノイズ除去処理中

ノイズ除去処理完了

図表 6-8 CAV による画像処理例

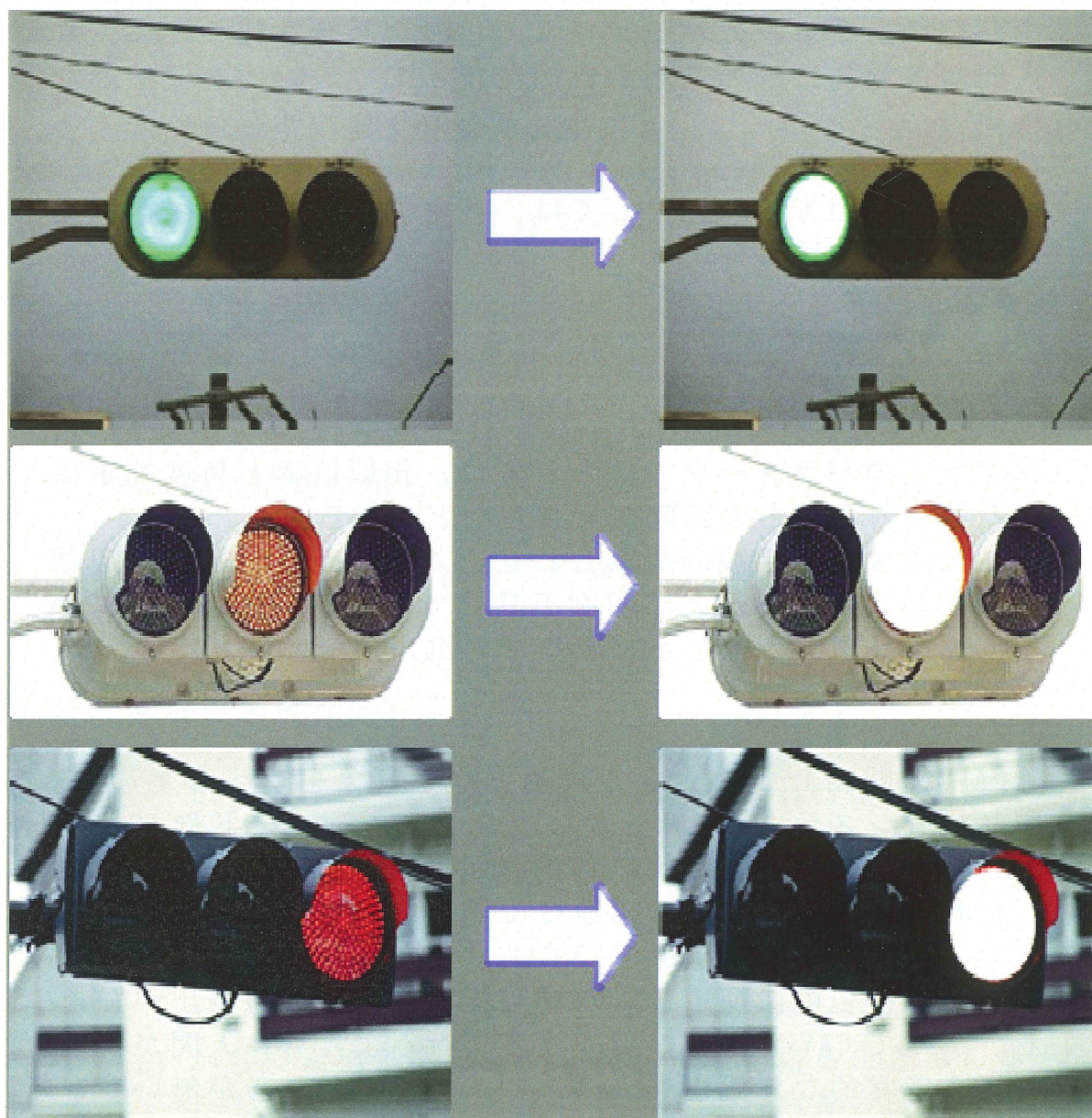


外觀形状致結果表示完了

図表 6-9 CAV による 2 次元バーコードなどの情報読取例



図表 6-10 CAV による信号色の強調検出



画像処理手順の中で合致条件としてノイズの除去が最も重要なパラメータとなる。ここで言うノイズとは、デジタルカメラで撮影したデジタル画像の中で、合致条件上で不要な画像を示す。ノイズ除去とは例えば画像の中から赤い丸形状を抽出する場合、まず青色部分を画像から抽出し、画像から青の要素を除去する。次に黄色で同じ画像処理をする。必要があればその他色処理や形状による画像処理を施し最終的に誤検出しないソフト上のパラメータの組み合わせを行う。つまり人間が視覚的に物の判別を自然に行っている行為を機械的な検出方法やソフト上のパラメータの組み合わせを行うのである。

機械的な検出方法の例としては、基本的に光学的な手法開発がある。例えば

各色のフラッシュを使用

赤外線カメラなどの特殊カメラを使用

歪みのないレンズを使用

などがある。

ソフト上のパラメータの例としては、相似倍率と角度補正による検査対象物との距離演算判定などがある。

CAV は画像処理手順の組み合わせを入れ替えることで検出結果が変わるので、例えば印刷不具合で別の色に塗装されている部品の異常検出などができるなど汎用性がとても広い。

6-5 CAV の課題

CAV を開発していく上で課題となる事象を述べるために、製品検査システムに CAV を使った場合とバーコードや IC タグなどを使った場合とを比較した（図表 6-11 参照）。

比較結果から CAV は検出速度で圧倒的に劣ることが想定された。検出方法も可視環境で CAV は使えるのに対して、IC タグなどは梱包内に埋め込んだ非可視状態でも情報検出ができる。よって CAV は単純な製品検査を行うよりも、人間が視覚で行う感覚的な外観検査、例えば、丸くて色むらが無いリンゴの検出などに向いているといえる。（図表 6-12 参照）

6-6 結語

CAV は単一カメラ画像から実物と 3 次元 CAD データを比較して 3 次元形状の外観検出を行うソフトであり、目視の検査工

程に代替利用することで効果が期待できると思われる。CAVは世界中の3次元CADデータとinternetを通じて接続し外観形状比較することで、モノを検出するシステムからモノを検索するシステムに活用できることが期待される。つまり世界中の3次元CADデータをデータサーバーに蓄積して検索に活用するので、データサーバーは建物ではない仮想CADセンタとして共同利用するコンセプトである（図表6-13参照）。検索までの手順を以下に示す。

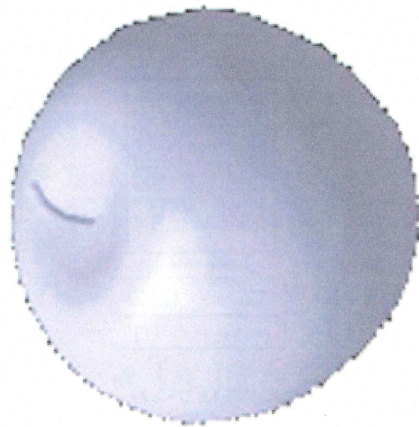
1. デジタルカメラで検索対象物を撮影し、デジタル画像情報として保存する。図の場合は自動車を撮影している。
2. CAVがインストールされているコンピュータにデジタル画像を読み込ませる。
3. CAVはインターネットを通じて仮想CADセンタのデータサーバーにある3次元CADデータを参照する。仮想CADセンタは工業製品に関する3次元CADデータを蓄積している。
4. CAVは3次元CADデータから様々な角度からのデジタルサンプル姿勢情報を得る。
5. CAVはデジタル画像と3次元CADデータからのデジタルサンプル姿勢情報との形状合致検索処理を行う。
6. 形状合致検索結果からそれに付随する検索対象物に関する情報をインターネットより取得する。
7. 検索結果を表示する。

以上のように、バーコードやICタグが無ければ検索できなかった従来のシステムから、外観での検索が可能となるため、異物混入した場合でもそれが何であるか？などの検索結果までを表示することが可能となる。消費地点で商品に張り付けられたバーコードなどの情報を消費者が使うことは滅多にないが、商品を消費者がカメラで撮り、画像をinternetを通じてCAVから検索結果情報として商品情報を得ることが可能となる。また、検索行為情報から商品がどの消費者にまで行き渡ったかなどもわかるようになる。最近の携帯電話に付属したカメラ機能をドライバーが活用することで、配送完了情報をCAVにより送受信し、検索等に活用することも可能となる。CAVの課題は検出速度であるが、その欠点を上回る機能開発や適用例を期待したい。

図表 6-11 CAV の長所と短所

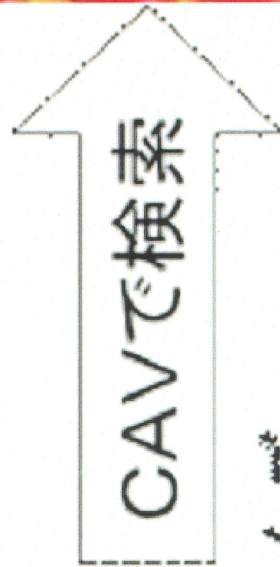
比較項目	CAV	IC タグ等
検出速度 例	遅い (3sec) 【短所】	早い (0.03sec)
検査情報	任意 【長所】	定型
検出方法	可視環境のみ 【短所】	非可視環境でも可能
検出システム構成	カメラ設置のみ 【長所】	各種センサーが必要
検出システム総額	安価 【長所】	高価
想定される不具合	見た目の錯覚	タグの貼り間違い

図表 6-12 CAV を使った曖昧検索例



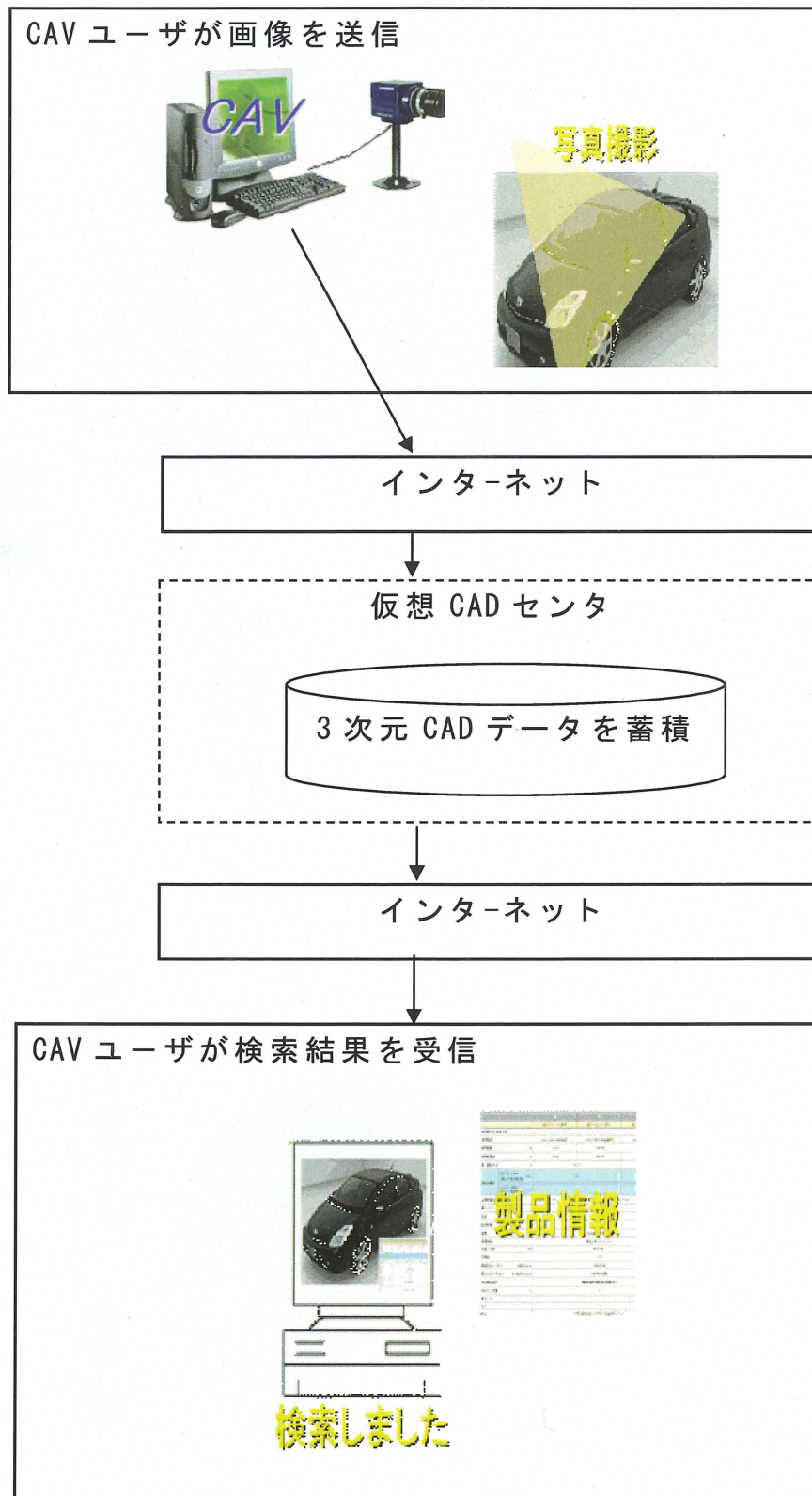
美味しそうなりんご

の3Dモデル



美味しそうなりんご発見!

図表 6-13 仮想 CAD センタ 概念



参考文献

- 1) 経営システム技術研究会編, CIM 経営高度化のために, 日刊工業新聞社, 1991
- 2) 情報処理学会歴史特別委員会, 日本のコンピュータ発達史, オーム社, 1998
- 3) 小豆川裕子ら, インターネット社会の10年 新しいインフラで変わる生活, 変わる社会, 中央経済社, 2005
- 4) 延岡健太郎, MOT[技術経営]入門, 日本経済新聞出版社, 2006
- 5) 日経 BP, 徹底解説 CAD・CG 06-07年版, 2006

第7章 中小企業における3次元CADシステムを導入したビジネスモデルの検証

7-1 緒言

ものづくりを行う大企業では、3次元CAD（CAD = Computer Aided Design）システムを用いたデジタルエンジニアリングによって、開発速度を速め、同時に情報の一元化をおこなっているが¹⁾、部品などの製造工程を受け持つこととなる中小企業では、大企業から受注する製作案件について、互換性のある3次元CADデータを取り扱わなければならない²⁾。しかしながら、中小企業が高価な3次元CADシステムを配備する際には、採算性などを勘案した経営判断を要する。本研究では、地域に仮想CADセンタを設立することで、ものづくりを行っている中小企業が3次元CADシステムを共有し、大企業各社から設計情報として3次元CADデータを受け取るビジネスモデルについて考察し、中小企業の効果的な3次元CADシステム導入の方法について提案する。

7-2 ものづくり地域での3次元CAD導入方法

中小企業における3次元CADシステム導入では、高額な導入価格が阻害要因となっている。したがって、ものづくりを行っている中小企業が集まる地域では、個別の企業が3次元CADを導入するのではなく、その地域で共有することが望ましい。例えば、各工業団地に地域仮想CADセンタを開設し、設備購入（CAD、プリンタ、得意先との強固な機密保持回線等）、メンテナンスおよび導入教育を協同組合などの組織で運用する仕組みを提案する。地域仮想CADセンタは得意先とインターネットで接続することで、ファイルの共有や納入仕様の確認、図面レスへの対応を行うことが望ましい。

こうしたコンセプトでつくられた類似例として、岐阜県各務原市にあるテクノプラザアネックス・テクノ2がある。ここでは、図表7-1に示すように多種類のCADを配備し³⁾、設備投資資金は総額数億円にも上る。利用率は75%（2008年4月から9月）程度である。実際の施設利用方法は、インターネット等で予約し、事前に費用を払う。また、施設を利用する上で装置を壊してはいけないので、実際は、当該施設が主催する研修を修了しなければならない。また、管理上、施設

管理係員が施設使用中に CAD 室に出入りすることがある，個人ファイルをシステム上に保存禁止，OS の環境設定変更不可などの利用注意事項がある。これらの注意事項は公設であるため当然の内容である。しかし，企業が一般的な業務として利用するには 1 日単位の利用ではなく，数日間から数週間の継続的な活用を必要とする。つまり毎日朝来るたびに利用端末が変わる可能性がある環境では不便である。この環境で作業をしていることを得意先に理解してもらうことも，機密保持の安全性という観念では大変難しいと考えられる。したがって，基本的な利用目的として，企業内技術者の操作教育用がまず考えられる。実際に著者が 5 年間（2002 年から 2007 年まで）同施設を利用し，得られた特徴（利点や問題点）とそのようになっている理由を図表 7-2 に示した。

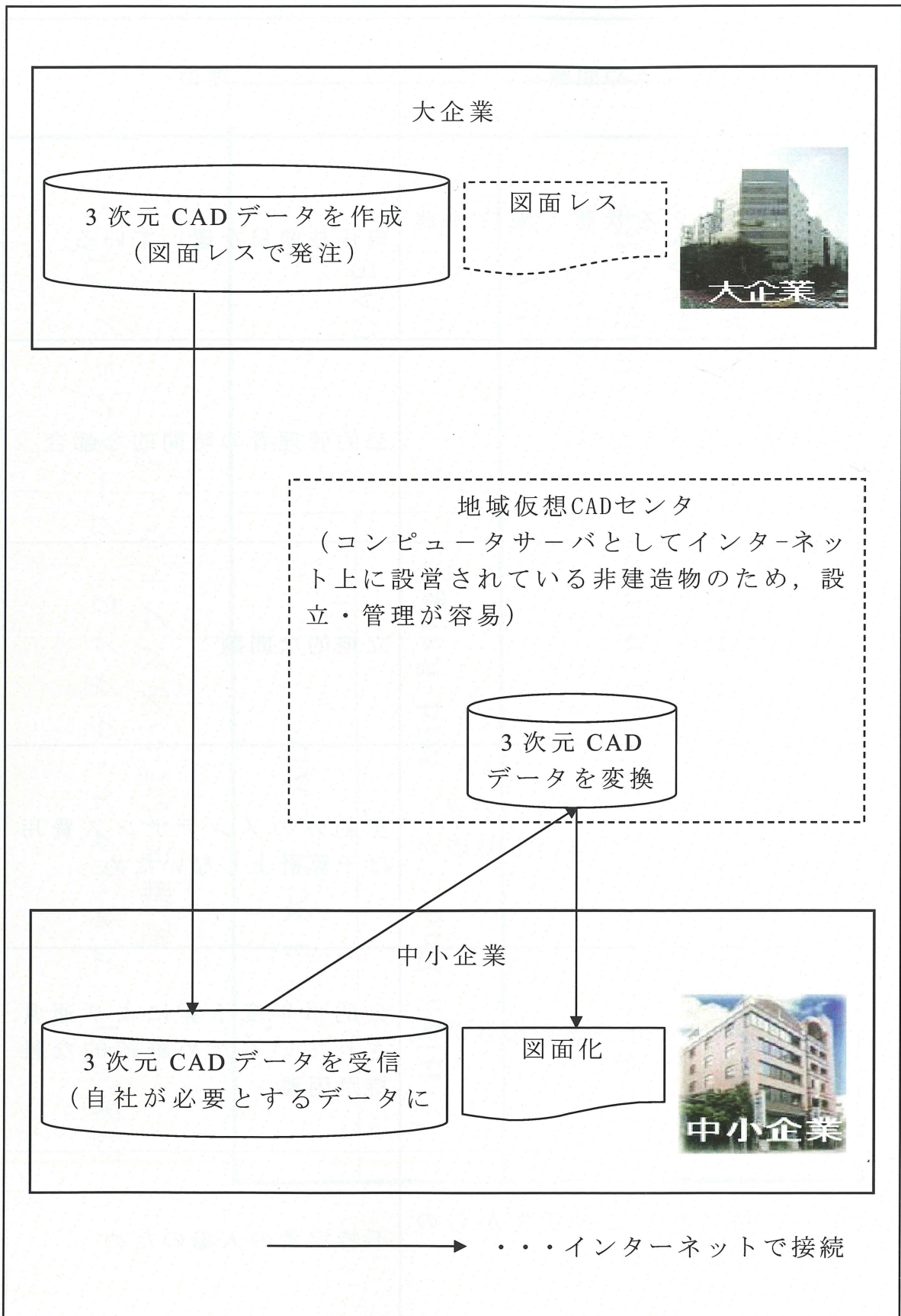
図表 7-1 アネットワークス・テクノ2 ワークシヨップに
 配備されているソフトウェア

3 次元 CAD		CAE
High-End	Mid-Range	
CATIA V4 CATIA V5 Pro/ENGINEER	<u>Unigraphics</u> Rhinoceros Solid Works	LS-DYNA <u>DesignSpace</u> <u>Magics RP</u> I-DEAS <u>ImageWare</u> Poly Works ENVISION

図表 7-2 公的 CAD センタの特徴

番号	特徴(利点や問題点)	理由
①	いつでも使える状態で維持管理されている	専任技能員を置いている
②	24 時間利用できない	公的管理者の時間的な都合
③	知名度が低い	立地的な問題
④	想定外のソフトトラブル（バグ）に、メーカーからのサポート対応が遅い	契約外のメンテナンス費用は予算計上しないため
⑤	ソフトの version が古い場合がある	公的単年度予算により運営されているため継続的な維持が困難
⑥	機密保持において得意先からの理解を得られない	不特定者の入場のため

図表 7-3 地域仮想 CAD センタの概念



7-3 中小企業支援のための3次元CAD利用を支援するセンター 設営提案

大手企業が3次元CADデータのみ(図面レス)⁴⁾で下請企業に発注する時代に向けた中小企業支援政策として、図表7-3に示すような、地域仮想CADセンターの設営を提案する。特徴は従来のような建物を建てるのではなく、その地域にデータ共有用のサーバコンピュータを設置し、インターネットにつないでおけば、運営できるところにある。サーバコンピュータには、CADソフト起動用のライセンスファイルをインターネットを通じて共用できる(floating license)ようにしておく(図表7-4参照)。地域の中小企業は、自社内のコンピュータにCAD基本ソフトのみを設定しておく。CADソフトを利用したいときのみ、サーバコンピュータからライセンスファイルを借用(時間課金される)する。こうしたfloating licenseを時間貸ししている先例は、土木業界専用2次元CADのUC-DRAW Ver.5(フォーラム8社製)がある。この製品は、インターネット上でアプリケーションとライセンスをdownloadし、最低2週間は購入しなければならないが、契約期間が終了すると自動的に使用できなくなる⁵⁾。

地域仮想CADセンターを活用することにより、次のA~Fのような効果が期待される。なお、これらの中には、前述の公的CADセンターが持つ問題点の解決策も含まれている。

A 操作手順もインターネットを通じて、地域仮想CADセンターの教育データから習うことができるので作業者の負担が低減する。(図表7-2の①を改善した)

B CADソフトの利用が24時間可能となるため、CADセンターとしても利用率が向上し、中小企業としても資産維持の負担がなくなる。(図表7-2の②を解決した)

C 立地的な問題がなくなるため、交通アクセスなどの配慮が不要となる。(図表7-2の③を解決した)

D 自社内で機密保持形態を確保できる。(図表7-2の⑥を解決した)

E knowhowを地域仮想CADセンターを通じて共有することで、地域内技術伝承が可能となる。

F 他地域と連携して必要なソフトを共有することやビジネスパートナーを見つけることが可能となる。

7-4 結語

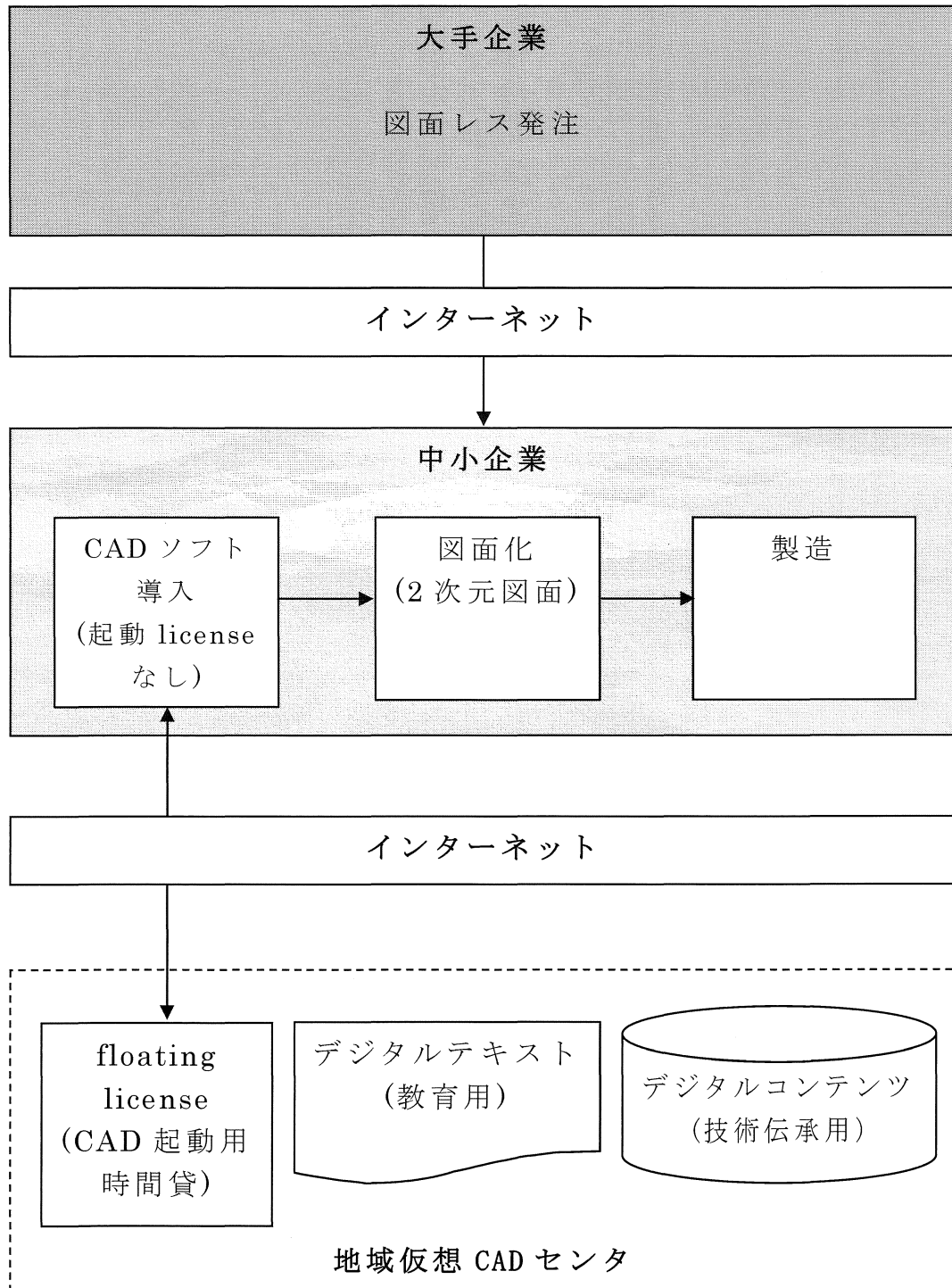
ものづくりを行っている中小企業は、大手企業から図面レスで発注を受ける、つまり、3次元CADデータから製造を行わなければならないことが予想される。

本論文では、中小企業が3次元CADに対応する中小企業支援政策として、地域仮想CADセンタを各地域に設立することで、中小企業が、現状稼働率は低いが高コストの3次元CADへの対応を迅速にし、中小企業のビジネスモデルを構築する可能性について考察した。

急速なICT化への対応を中小企業も迫られるが、ものづくり現場では、製造することに集中した設備投資を行うことが本質であり、CADデータを受け取り図面化するためだけに利用する3次元CADのようなICT設備は、できる限り地域内の共有資産として導入することを提案した。

その結果として、中小企業は稼働率の低いICT設備の投資を抑え、競争優位性を向上させることが可能となる。また、大企業は、企業ごとに異なる3次元CADを導入しているため、中小企業は得意先の大企業と同仕様のCADシステムを導入しなければならない。このような場合でも、中小企業は地域仮想CADセンタのfloating licenseを活用することで、そうした動向に対応できることを示した。すなわち、中小企業が離れた場所にあるfloating licenseを用いて、新規顧客から契約を受注できる可能性をマイクロファームの一形態として提案した。

図表 7-4 地域仮想 CAD センタの概略



参考文献

- 1) 延岡健太郎, MOT[技術経営]入門, 日本経済新聞出版社, 2006
- 2) 日経 BP, 徹底解説 CAD・CG 06-07年版, 2006
- 3) 岐阜県, アネックス・テクノ2 施設利用案内
<http://www.annextechno2.gr.jp/riyou/annai>, (アクセス日: 2008年9月30日)
- 4) 自動車工業会 自工会における CAD に関わる標準化活動
http://www.jnx.ne.jp/download/seminar/0603_cad.pdf
p. 26 (アクセス日: 2009年7月15日)
- 5) 株式会社フォーラムエイト 土木専用2次元汎用 CAD
<http://www.forum8.co.jp/product/uc1/cad/uc-draw-2.htm#rental> (アクセス日: 2009年7月15日)

第 8 章 情報技術 (ICT) を活用した中小企業技術開発支援ネットワークの構築に関する検討

8-1 緒言

2008 年秋に世界的な不況が突然日本の中小企業を襲った。この現象はこれから様々な論文で議論されるだろうが、不況時に大企業の下請けをしている中小企業は稼働率が落ちるので、自社の技術開発に目を向ける時間的な余裕が生まれる。しかし、中小企業にとって稼働率が落ちることは売上が落ちることを意味するので、新規技術開発を手掛けるための資金的な余裕がなければ実行できない。不況時に金融機関は中小企業に対しての融資に慎重になるであろうし、まして資金使途が技術開発ということになればさらに消極的になると思われる。なぜなら、技術開発の内容を金融機関で精査して判断しなければならぬし、何よりも金融機関には融資先を定数的に判断することが求められているので、技術開発支援などの定性的な判断をすることは避けたいと考えられる。

そこで中小企業の技術開発費用を国がその一部または全部を支援する公的制度（委託金・補助金や助成金）があり、中小企業が利用する選択肢がある。潜在的な技術力や発想を持った中小企業にとっては、政府お墨付きのブランド技術ともなる。では、こうした公的支援による技術開発制度を中小企業は広く活用できているであろうか。本論文では東海地区のものづくりを行っている企業に対してアンケート調査を行った結果を報告し、中小企業が公的支援資金を活用しやすくなる ICT を活用した仕組みを提案する。

また2009年に入り、日本国政府は経済・雇用対策として13,925,558百万円となる補正予算のもとに多くの補助金や助成金支給制度を出した¹⁾。しかし、こうした公的資金を利用することに慣れていない多くの中小企業が、公的資金の不正使用事件や目的外使用事件を引き起こしてしまう可能性がある。本論文ではこうした事件を未然に防ぐために必要なシステムを提言するものである。

8-2 東海地方でものづくりを行う企業の意識調査

2007年4月から2008年3月まで総務省東海通信局が「ものづくり現場における ICT 利活用に関する調査検討委員会」で

ものづくりを行っている企業にアンケート調査²⁾を行った。

8-2-1 調査方法

対象企業：1500社

回収結果：回収率は17.5%で262社（200人未満の会社が80%）

アンケート時期：2007年9月

アンケート方法：郵送・ヒアリング

8-2-1 調査結果

企業の生産形態については

「自社製品主体の製造業」は37.8%

「下請け製造業」は37.4%

「一部製品を製造する製造業」は12.2%

研究機関との連携経験については

「現在連携している」は11.5%

「過去に連携した」は14.1%

「連携したことはない」は72.1%

「無回答」は2.3%

具体的な連携例については、FA技術センタ、独立法人産業技術研究所、科学技術振興機構、各大学。

連携したことがある企業に対してその成果については

「製品の開発に成功した」は32.8%

「技術レベルが向上した」は49.3%

「社員の育成につながった」は35.8%

「成果はなかった」は19.4%

「その他、無回答」は9%

連携したことがない企業の理由は

「どこにいったらいいかわからない、近くに研究機関がない」は29.1%

「費用がかかる」は15.9%

「自社の技術を外部にしられたくない」は10.6%

「必要がない」は53.4%

「その他、無回答」は12.7%

以上の調査結果より、自社製品主体の企業または下請け企業は、研究機関などとの連携は少ないが、連携を取れば自社の成長に役立つことがわかった。連携を取れない主たる原因は、連携の仕方がわからないという認知度の問題といえる結果であった。科学技術振興機構による e-seeds やこの調査以

後の2008年7月に中部イノベネットが33機関を擁して企業の問題解決支援を始めたが十分に認知されなければ役割を果たせない。また、企業が外部と連携をしない理由のなかで、「自社の技術を外部に知られたくない」という結果もあった。大企業が大学やコンサルタントに知恵を借りた場合などに、対価を払わずに企業活動に流用または特許出願している事例などは多いのではないだろうか。つまり資金が無い者は知恵を出す、知恵の無い者は資金を出すという関係は平等であり、具現化するための発想こそ産業の源として位置付けられなければならない。知恵を出した者が特許を出して権利化し対価を求めればよいという議論もある。しかし特許出願には弁理士への出願代行依頼費用など多額の費用負担が生じる。中小企業は大企業に比べて資本力はないので、大企業が出願費用を出すという場合は共願となるべきであるが、大企業が単願をし、別途発行した覚書で中小企業に使用权を認める³⁾という例を著者は経験している。特許出願し公開されると大企業と共同で特許開発をした中小企業名が公表されることで、例えば敵対する大企業がその中小企業を買収し特許使用权を敵対的に行使することを好ましく思わないからと考えられる。また、大企業では共同開発を行った技術部署と特許出願する法務部署が分離されており、法務部署は自社の権利を守ることは特許を単願することと考えているからである。

8-3 公的資金による技術開発支援制度の課題

企業が利用できる技術開発向けの公的資金制度の課題について考察する。

技術開発を行う上で技術開発要員は不可欠である。しかし、大企業の下請けを行っている中小企業は常時技術開発をする資金的な余力や余裕を持った計画を持つことが困難である。また、高度な技術開発が実行できる人材が集まらないという現実も否定できない。そこで技術開発を行う際にこうした人件費を公的資金で国が支援すれば中小企業の技術開発活動は活性化することが期待される。しかし、この人件費使用を認める公的支援制度は少ない。岐阜県にある財団法人岐阜県研究開発財団（岐阜県各務原市）などの公的機関にヒアリングしたところ、技術開発用の人件費使用は「複数の公的支援を同一年度で受けていた場合、人件費の重複使用の恐れ」「公

的支援による技術開発を行いながら会社実務を兼業するなどの人件費の重複使用の恐れ」があり公的支援が難しいとのことであった。

次に成果についてであるが、出来上がった試作品所有者の一部は国という概念である。よって膨大な開発人件費負担は中小企業であったにもかかわらず、試作ラインや試作開発品を中小企業が売るとは国から許されない。当然試作ラインを通常の生産ラインに使用することも許されない。いつでも見せられるようにしておくために展示しておかなければならない実質の倉庫費用も中小企業にとって負担となっている。よって公的支援による技術開発成果の商用展開を許可し、商用として利益が出た場合には決算期に法人税として納税すれば免責となることを提案する。

8-4 公的資金を利用する中小企業の問題

公的支援による技術開発を行った結果、公正に費用処理されれば問題はないが、時に不正使用などの報道⁴⁾がある。先行研究でも、研究費の不正使用事例は大学の教員による不明瞭な費用処理などが報告されている⁵⁾。

そこで、公的支援による研究開発の各省庁別採択と不正受給などの問題発生件数について調査^{6) 7) 8) 9)}した。公表されているデータと各省庁への電話調査及び省庁からの資料提出により図表 8-1 にまとめた。

不正使用や目的外使用で報道された企業の実態も個別で訪問調査した。調査対象とした企業は、産官学連携で公的支援による技術開発を東海地区で行っていた中小企業のうち比較的最近報道された、代表者と直接面談できる B 社を選んだ。同社設立は 2003 年、資本金 7400 万円、従業員 7 人 本社所在地は岐阜県、事業内容は食材の応用・研究・開発、代表者 C 氏は 48 歳国立経済学部修士、技術と経営の両面に通じており民間主催の産学官連携ビジネス大賞を受賞するなど提案力も抜群であった。収益は食品関連商品を販売していたがブランド契約先の不祥事でうまくいっていなかった模様で、委託研究を続ける別の収益体制はなかった模様であった。そして B 社は公的センタが委託した研究を 2005 年度から 5 年計画で行っていた。2007 年度までの約 3000 万円分は順調であり、2008 年度の委託研究費も 800 万円を 2 回に分けて前払いされ

ていた。2008年度に入りC氏は研究体制の維持が難しいほど体調を崩した。また会社事業を続けるうえでもC氏が全面的に活動していたため会社そのものが停止状態になった。毎月の支払いに経理担当者が同銀行口座にある委託研究費を使用し、単年度で研究成果を出せないとわかった時には公的センタに返金する残高がなく目的外使用として報道された。委託研究の内容も社会的な価値があり、理想的な産官学連携事業であったが、委託された研究者でありまた中小企業の経営者であるC氏が体調を崩したことで、すべて崩壊したといえる。中小企業などが公的支援による技術開発を受託した場合、中核推進者は企業組織内で補欠者がおらず、実質個人が全託を受けて遂行し、個人の健康状態が公的支援による技術開発の行方を決めてしまいかねない脆さを露呈していた。また研究事業推進で困ったことがあった場合に、C氏のように1人で悩んでいる時に相談できる（例えば計画を延ばすなど¹⁰⁾）公的システムを講じておれば、無念な不正事件にまで発展しなかったと思われる。5年間の公的センタ助成事業応募資格停止（もっとも厳しい処分¹¹⁾）が言い渡されたが、有望な若手経営者が再起できるチャンスはあるのであろうか。委託研究成功のリスクを中小企業の経営者個人に背負わせている現状と、経営者の健康悪化という不測の事態に柔軟な対処ができない制度に safety net を設ける必要がある。

8-5 中小企業向け公的支援による技術開発費の在り方

中小企業が不況から立ち直るために、また下請け構造から自社製品主体の企業として自立するためには、研究機関などの公的機関と連携を取ることが有用であり、資金についても自社開発人件費が出る公的支援による技術開発事業に応募し採択されることで景気および雇用対策に効果が期待される。しかし中小企業が研究機関や自社に有用な公的支援を探し出すことは難しい。現在インターネット上に公的支援サイトが乱立しており、中小企業向けに整備統合されたサイト入口が望まれる。よってICTを活用した中小企業向けの技術開発支援ネットワークシステム（D-Net と称する）の設立を提案する（図表8-2 参照）。以下に図表8-2の解説を示す。

- ① 企業が公的支援による技術開発（図表中補とする）を国に採択される前にはインターネットを通じて研究機関と

情報交換と連携を模索する。企業が研究依頼をした場合は成果に対価を支払う。研究機関は企業に公的支援による技術に関する情報を積極的に提示し連携を図るようにする。適切な技術開発事業について企業は D-Net で応募し、完成予定図は申請審査員が理解しやすいように 3次元 CAD などのデジタルエンジニアリングを用いて説明する。

- ② 公的支援による技術に応募し採択された時は、国から委託を受けたコンサルタントが中小企業に出向き月次の報告書作成や会計処理について監視、代行する。
- ③ 技術開発事業が終了し試作ラインまたは試作品が出来上がり、商品として買い手が現れた時には売上計上し、国へ納税をする。

この D-Net の特徴は、中小企業が本業である経営を行いながら、開発を進め易い点にある。ICT を活用することで申請や連携に費やす物理的な移動の手間や時間を省くことができる。申請や報告書作成に ICT を活用することで Paperless 活動を推進し環境対策に貢献できる。報告書を書く代行を専門家（例えば中小企業診断士）に委託することで中小企業は本業の経営を行う余裕ができ、慣れない書類作成に費やす手間や時間を企業と国ともに省くことができる。また、公的支援による技術を推進する中小企業にコンサルタントが頻繁に訪問することで不祥事を未然に防ぐことができる。

基本的に中小企業向けの公的支援による技術には開発人件費を認め、雇用対策と新規事業創出の両面の効果を求めるとよい。大企業と比べて中小企業は人材を失うリスクが極めて高いからである。公的支援による技術から生じた特許は国と共願することを提言する。なぜならこの特許は国の財産であり、大企業からの特許侵害に対して大きな抑止力となるからである

8-6 結語

本論文では、中小企業が自社製品を開発するために公的支援による技術開発を推進し、ICT とコンサルタントを活用した進化型ネットワークシステムを構築することで事前準備や手続き、報告書作成などの煩雑な作業が完了できるが、公金の不正使用を防ぐためには、face to face の支援が欠かせな

いことをまとめた。つまり中小企業が公的支援による技術開発を行う場合、経営者の健康が担保であるという人的リスクが避けられないので、公的支援による技術開発が採択された企業ごとに頻繁に個別訪問できるコーディネータが必要と提言する。

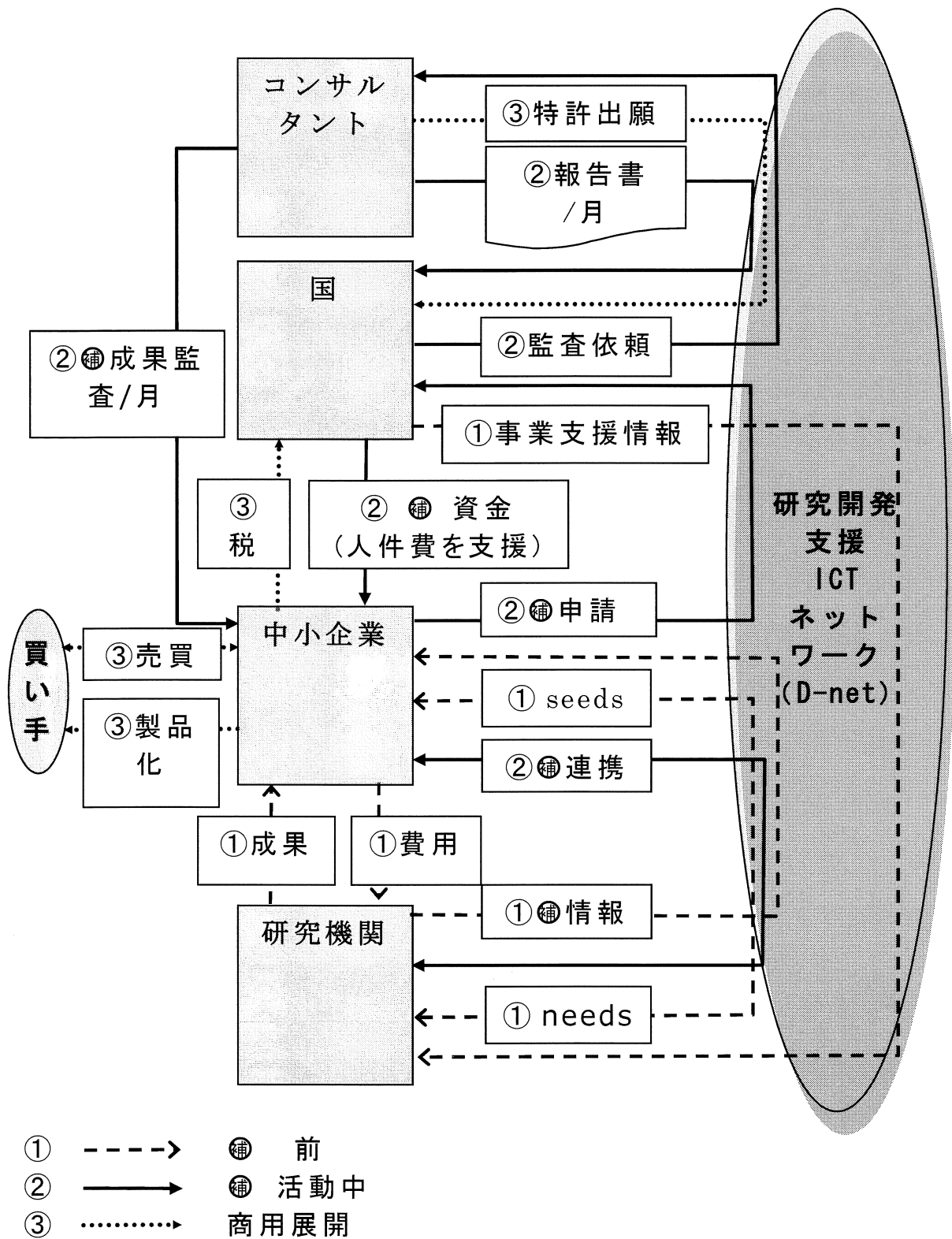
2009年6月12日に経済産業省が、全国中小企業団体中央会を通じて、国の平成21年度補正予算の成立を受けて、「ものづくり中小企業製品開発等支援補助金（試作開発等支援事業、製品実証等支援事業）」の公募を行った¹²⁾。コンセプトは、「近時の大不況は、我が国の競争力を支えてきた輸出関連ものづくり中小企業に直撃。このままでは、人材や技術の基盤が崩壊するおそれ」とあるが、中小企業むけに人件費支出を認めた、雇用対策の感が強い試作開発支援補助金制度である。公表から公募終了までの期間が短く、普段こうした申請に不慣れな中小企業にとって募集要項に沿って書類を整えることに苦勞をすすると思われたが、事前の予想を超えた応募であった。

この補助金の予算規模は541.7億円で上限1億円/件（1/3自己負担）であるが、事業終了後多くの中小企業が公的資金の使い方に慣れていない結果、不正使用あるいは主任担当者がいなくなることで正常に終了できない恐れがある。今からsafety netを構築する必要があると提言する。

図表 8-1 各省の技術開発資金使途問題件数
(2006年度～2008年度)

省庁	調査件数合計	適正受給件数	問題受給件数	問題受給発生率
文部科学省	43,813	43,788	25 ⁶⁾	0.06%
厚生労働省	4,136	4,134	2 ^{7) 8)}	0.05%
経済産業省	902	879	23	2.6%
環境省	389	389	0	0
農林水産省	348	348	0	0
総務省	223	222	1 ⁹⁾	0.45%
国土交通省	51	51	0	0
内閣府	25	25	0	0
合計	49,887	49,836	51	0.10%

図表 8-2 ICT を活用した研究開発支援ネットワーク



参考文献

- 1) 財務省 平成 21 年度補正予算発表
<http://www.mof.go.jp/jouhou/syukei/h21/hosei210427.htm> 2009 年 6 月 26 日現在
- 2) 総務省 「ものづくり現場における ICT 利活用に関する調査検討委員会」報告書 p.17, 69p.p.79-80 2007 年 3 月発行
- 3) 日本経営診断学会「経営診断のニューフロンティア」p.p.247 2006 年 10 月 10 日
- 4) 総合科学技術会議「公的研究費の不正使用等の防止に関する取り組みについて」p.3 平成 18 年 8 月 31 日発行
<http://gaibushikin.adm.u-tokyo.ac.jp/huseitaisaku/files/000guideline-cstp.pdf> 2009 年 6 月 26 日現在
- 5) 田中久徳 「競争的研究資金制度」pp.5 文教科学技術課 国会図書館発行 2006 年 12 月 6 日
- 6) 文部科学省「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン(実施基準)に基づく体制整備の実施状況について」p.p.9-20
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/011/shiryo/08060309/002/003.pdf 2009 年 6 月 26 日現在
- 7) 神奈川新聞社 2009 年 3 月 3 日報道
<http://www.kanaloco.jp/localnews/entry/entryivfeb0902856/> 2009 年 6 月 26 日現在
- 8) Livedoor ニュース 2007 年 4 月 12 日報道
<http://news.livedoor.com/article/detail/3070619> 2009 年 6 月 26 日現在
- 9) 独立行政法人情報通信研究機構 2009 年 10 月 23 日公表
<http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h20/081023/081023.html>
2009 年 6 月 26 日現在
- 10) 文部科学省研究振興局「科学研究費補助金の不正使用等の防止. 及び繰越について」p.4
<http://www.ocha.ac.jp/research/subsidy/kurikoshi/gaiyou.pdf> 2009 年 6 月 26 日現在
- 11) 文部科学省 科学研究費補助金の不正使用等の防止
http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/hojyo/06082406/005/005 2009 年 6 月 26 日現在
- 12) 中部経済産業局 平成 21 年 5 月公表
http://www.chubu.meti.go.jp/kikai/hoseiyosann/new_shiryou.pdf 2009 年 6 月 26 日現在

第 9 章 結語

本研究は、大企業が高度な ICT を導入している現状を分析し、ものづくりを行う中小企業がどのように ICT を導入および活用するかを議論した。また、技術経営と技術伝承の観点から ICT の導入と活用について議論した。特に ICT は自社で完結するものではなく、地域と連携することが ICT 設備投資の効率を上げることを事例で示し提案をした。

中小企業が 3 次元 CAD を導入する時の経営的効果的な選定については、本研究で提案した、High-End 版と Mid-Range 版 CAD を組合せたシステム構成で運用している事例は、今まであまり推奨されてこなかった。なぜなら、経営者がデジタルエンジニアリングシステムを深く理解すること無く、大企業のシステムを模倣することが堅実と考えられてきたからである。しかしながら、技術経営という立場では、3 次元 CAD のソフトウェアに投資する多大なリスクと投資回収を考えなければならない。したがって、大企業において高価なシステムの導入に 2 転 3 転している過渡期に、中小企業は早期より de facto Standard として自社内のシステムを統合し、多くの大企業から支給されてくる様々な 3 次元 CAD データに対応しなければならない。これを可能とする一例として、本研究での提案は非常に有意義であると考えられる。実際に著者が実業で行っている事例と技術経営の経験に基づいて議論を展開し、これから中小企業で多く導入される 3 次元 CAD の効果的な先行例を示した。

そして、さらに大企業で 3 次元 CAD データの活用が進むにつれて、中小企業では限られた資本力の中で短期間にこうした新技術に対応できる技術者を養成しなければならない。本研究では、教育に使用する 3 次元 CAD の種類は最小の投資で行うことを可能にする提案を行った。また、教育に使用する教材についても新規開発し、その効果を検証した。特にこの教育教材でポイントとなる点は、熟達者が最も単純な操作手順をパッケージ操作として標準化し、最初から最後まで教育の期間中は、繰り返しそのパッケージ操作を受講者に習得させることにある。演習を多く取り入れることが非常に効果のあることを提案する内容である。さらに、教育方法としてのデジタルエンジニアリングの援用は、3 次元 CAD 操作だけで

なく、他の技術取得や技術伝承にも大きな効果が期待できる。デジタルエンジニアリングによる技術修得・向上は、3次元CAD操作だけでなく、様々な技術取得にも活用できるものとした。

デジタルエンジニアリングを活用した技術習得例を基に技術情報のデジタル化に関する検証では、3次元CAD等の操作教育は特にICTを活用することで講師・受講者ともに効率が高まることを報告した。なぜなら、ICTを活用した情報共有は、企業内でもその伝播力と情報量から大変効果があるからである。授業で使用するテキストはデジタル化し、1手順には1ページで製作することが、作る側にも使う側にも取り扱いが容易であることを提案し実例を記した。また、デジタル化されたコンテンツはpaperlessであるため、ICTを活用することは地球環境に配慮した活動と考えられる。企業や学校で作成したデジタル化された教育コンテンツを企業と学校で共有することで、より高度で正確な情報を得やすくなる。デジタル化されたコンテンツはより高度・正確であるためには、最新のICTを活用した手法を取り入れ、または整備してゆかなければならない。本研究はそうした教育と環境と経営を両立できる最新のICT活用手法について考察した。

デジタル化技術伝承の経営的評価と課題では、主に技術伝承情報をデジタル化した場合の効果を実証事例から検証した。従来方法である人から人への言い伝えを続けた場合、大きな情報劣化が生じ、人が死ぬという人的リスクまで考慮すると、2007年問題といわれた現象が永遠に続く。本研究でデジタル化された技術情報が中小企業の継続的な事業活動を支える資産となり、インターネットなどを使えば伝える能力（早く、いつでも、どこでも、正確に）が高いことが考察された。また、デジタル化された技術伝承データの資産的な価値についても聞き取り調査をした。この資産的な価値は、いかに中小企業が人伝えによる経営的なリスクを少額に考えている現状を示すものであった。よって経営的な観点から、いち早く人が持つ技術情報をデジタルで企業内のICTシステムに残し、人の命のリスクを担保するべきと警鐘した。

中小企業が3次元CADを導入しても設計業務として利用することは少ないことが予想されたので、中小企業の検査工程における3次元CADデータの活用ソフトを開発した。このソ

フトを用いることで中小企業での 3 次元 CAD を活用した技術経営効率を高めることができると思われる。

そして中小企業が 3 次元 CAD に対応する中小企業支援政策として、地域仮想 CAD センタを各地域に設立することで、中小企業が、現状稼働率は低いが高コストの 3 次元 CAD への対応を迅速にし、中小企業のビジネスモデルを構築する可能性について考察した。

急速な ICT 化への対応を中小企業も迫られるが、ものづくり現場では、製造することに集中した設備投資を行うことが本質であり、図面化するためだけに利用する 3 次元 CAD のような ICT 設備は、できる限り地域産業の共有資産として導入することを提案した。その結果として、中小企業は稼働率の低い ICT 設備の投資を抑え、競争優位性を向上させることが可能となる。また、大企業は、企業ごとに異なる 3 次元 CAD を導入しているため、中小企業は得意先の大企業と同仕様の CAD システムを導入しなければならない。このような場合でも、中小企業は地域仮想 CAD センタの floating license 活用することで、そうした動向に公的支援を受けて対応できることを示した。すなわち、中小企業が離れた場所にある floating license を用いて、新規顧客から契約を受注できる可能性を提案した。

この研究を進めている時に、世界大不況が訪れた。国内のものづくり産業が週休 5 日になるほど、技術経営を停止させるほどの大不況であった。技術経営の最前線にいた著者は、不況時にこそ大企業の下請けをしている中小企業が、下請け構造から自立した製品をもった企業へと進化するために、自社の技術開発に目を向ける必要性を感じた。そこで公的支援や公的資金を活用した技術開発の取り組みについて考察をした。

現在、中小企業の技術開発費用を国がその一部または全部を支援する公的制度（委託金・補助金や助成金）があり、中小企業が利用することで潜在的な技術力や発想を持った中小企業にとっては、政府お墨付きのブランド技術ともなる。本論文では東海地区のものづくりを行っている企業に対してアンケート調査を行った結果を報告し、中小企業が公的支援資金を活用しやすくなる ICT を活用した仕組みを提案した。

そして、中小企業が自社製品を開発するために公的支援による技術開発を推進し、ICTとコンサルタントを活用した進化型ネットワークシステムを構築することで事前準備や手続き、報告書作成などの煩雑な作業が完了できるが、公金の不正使用を防ぐためには、face to faceの支援が欠かせないことをまとめた。つまり中小企業が公的支援による技術開発を行う場合、経営者の健康が担保であるという人的リスクが避けられないので、公的支援による技術開発が採択された企業ごとに頻繁に個別訪問できるコーディネーターが必要と提言した。

一方で、多くの中小企業が公的資金の使い方に慣れていない結果、不正使用あるいは主任担当者がいなくなることで正常に終了できない恐れがある。今からsafety netを構築する必要があると提言した。

この研究を通じて得られた知見及び成果は、中小企業のICTを活用した技術経営と伝承に関する点では次の通りである。

- i 下請けを行っている中小企業は大手と同様な3次元CADなどのデジタルエンジニアリング環境を構築するのではなく、自社がものづくりを行う上で必要な設計情報を取得できる機能に絞って構築することが可能である。
- ii 3次元CAD技術者を養成する場合、デジタルマニュアルを用いて短期に操作等の教育を行うことが可能である。
- iii デジタルエンジニアリングを活用して技術伝承を行うことは、一定の成果があり、熟練者の技術情報を半永久的に保存・学習できる。
- iv 3次元CADデータを援用した検査システムの開発事例を示し、中小企業が利用頻度の少ない設計や製造工程だけでなく幅広く活用できるデジタルエンジニアリングの将来像を示した。
- v ICT環境が広くインフラとして整備されるにつれて、3次元CADなどが地域で共有できる事例を提案し、中小企業の技術経営を促進するシステムを示した。
- vi 中小企業が技術経営課題として公的資金を利用した技

術開発を行う場合の ICT を活用した不正利用を防ぐシステムを示した。

今後の研究課題として以下を挙げる。

- i デジタルエンジニアリングを活用した技術伝承における遺伝学的なアプローチを研究課題とする。生物間の遺伝は生殖活動を伴って行われ生物の進化・変異が起こるが、技術伝承に代表される文化の遺伝は生殖活動を伴わずに起り、文化も進化・変異する。これは 1976 年リチャード・ドーキンスにより *memu* (ギリシャ語の模倣という意) と定義された (生物学の *gene* に対応している)。しかし、デジタルエンジニアリングを活用した文化の遺伝については十分な研究がなされていない。
- ii 国別の技術伝承のあり方を研究課題とする。京都花街の伝統芸能伝承のように日本には固有の教育手法と文化の継承方法がある。国際化するものづくり現場で他国の技能者が日本流の技能教育で効果的に学べるかは議論されるべきである。また、デジタルエンジニアリングを活用して、国民性を加味した (例えば結論から見せる手法や知識習得から始める手法など) 簡便な技術伝承用教育ソフトを開発し検証したい。これは日本に来る留学生への職業能力開発にも援用できる可能性がある。
- iii 企業内での技術者訓練内容や方法と、教育現場内でのものづくり教育とを比較し、産学連携した援用効果のある技術教育方法を研究してゆきたい。

本論文と関係する発表論文リスト

B07805 富田茂

No	学術論文名	発表年月	学会・学会誌	著者	対応章
1	中小企業が3次元CADを導入する時の経営的効果的な選定例と検証	2008.9	工業経営研究学会・工業経営研究, Vol.22, p.p.39-45	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第1章
2	中小企業における効果的な3次元CAD技術者採用・養成の検討	2009.3	日本経営診断学会・日本経営診断学論集, Vol.8, p.p.233-238	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第2章
3	Survey of existing conditions and examinations on information communication technology in the field of Japanese manufacturing	2008.9	ICIS & ISIS, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent System and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, p.p.553-557	Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Masahiro Nagai, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki	第3章
4	The effective educating method of 3 dimension cad used in the field of manufacturing	2008.7	The second International Symposium on Educational Cooperation for Industrial Technology Education -Developing Human Resources for Making Things- (AICHI University of	Shigeru Tomita	第3章

			Education) p.p217-222		
5	THE EFFECTIVE AND PRACTICAL USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) FOR THE VOCATIONAL INITIATION AND EDUCATION IN THE SCHOOL AT THE SAME TIME	2008.9	IJIE・The 13th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, p.p.732-737	Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Masahiro Nagai, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki	第 3 章
6	デジタル化技術伝承の経営的評価と課題	2009.3	日本経営診断学会・日本経営診断学論集, Vol.8, p.p.227-232	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第 4 章
7	THE EFFECTIVE SELF-TRAINING METHOD AS THE VOCATIONAL INITIATION IN ORDER TO TRAIN 3 DIMENSION CAD/CAM ENGINEERS USING DIGITALIZED MANUAL	2007.11	IJIE・The 12th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, p.p.550-555	Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki	第 4 章

8	中小企業における技術伝承支援デジタルコンテンツの開発およびその経済的効用の検証	2008.1	愛知工業大学総合技術研究所・研究報告, Vol.10, p.p.93-98	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第4章
9	ロジスティックにおける3次元CADの活用	2009.9	日本物流学会・第26回全国大会【招待講演】要旨集, p.p.1-2	富田茂	第5章
10	MHシステムでの3次元CADデータの活用事例研究	2009.1	マテリアルハンドリング協会・Material Handling Journal Vol.259, p.p.4-8	富田茂	第5章
11	中小企業における3次元CADシステムを導入したビジネスモデルの検証	2009.1	日本経営診断学会・日本経営診断学論集, Vol.9, 印刷中	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第6章
12	中小企業技術開発と不正使用に関する考察	2009.9	日本経営診断学会・日本経営診断学論集, Vol.10, 投稿予定	富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫	第7章

その他の発表論文等リスト

No	学術論文名	発表年月	学会・学会誌	著者
1	技術伝承における 技術情報デジタル 化の手法とその効 果測定	2007. 2	日本経営工学学 会・平成 18 年度日 本経営工学会中部 支部研究発表会, p. p. 42-43	近藤恭史, 富田茂, 近 藤高司, 鈴 木達夫
2	THE SURVEY OF COMPANIES' PRESENT CONDITION AND CONSCIOUSNESS ON INFORMATION LITERACY OF THE UNIVERSITY GRADUATES IN JAPAN	2008. 9	IJIE・The 13th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, p.p.86-90	Masahiro Nagai, Tokimasa Goto and Shigeru Tomita
3	The Ideal Information Education at University Composed in Consideration of Information Literacy Skills' Level of High School Graduates and Company Needs about Information Literacy Skills for New Recruits	2008. 9	ICIS & ISIS・Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent System and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, p.p.540-544	Tokimasa Goto, Masahiro Nagai and Shigeru Tomita,
4	アジア各国の教育 環境における IT 化 の現状調査とそれ を踏まえた低コス ト E-learning コン テンツの開発	2009. 2	日本経営工学学 会・平成 20 年度日 本経営工学会中部 支部研究発表会, p. p. 21-26	近藤記史, 後藤時政, 富田茂

業績及び発表

(査読付論文)

1. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業が 3 次元 CAD を導入する時の経営的効果的な選定例と検証」, 工業経営研究学会, 工業経営研究, Vol.22, p.p.39-45 (2008.9)
2. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「デジタル化技術伝承の経営的評価と課題」, 日本経営診断学会, 日本経営診断学論集, Vol.8, p.p.227-232 (2009.3)
3. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業における効果的な 3 次元 CAD 技術者採用・養成の検討」, 日本経営診断学会, 日本経営診断学論集, Vol.8, p.p.233-238 (2009.3)
4. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業における 3 次元 CAD システムを導入したビジネスモデルの検証」, 日本経営診断学会, 日本経営診断学論集統一論題, Vol19, 印刷中 (2009.10)

(論文発表)

1. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業における技術伝承支援デジタルコンテンツの開発およびその経済的効用の検証」, 愛知工業大学総合技術研究所研究報告, Vol.10, p.p.93-98 (2008.10)
2. 富田茂 「MHシステムでの 3 次元 CAD データの活用事例研究」, マテリアルハンドリング協会, Material Handling Journal Vol.259, p.p.4-8 (2009.10)

(国際 研究発表)

- ① Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki, 「THE EFFECTIVE SELF-TRAINING METHOD AS THE VOCATIONAL INITIATION IN ORDER TO TRAIN 3 DIMENSION CAD/CAM ENGINEERS USING DIGITALIZED MANUAL」, The 12th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice (IJIE), p.p.550-555 <MEXICO> (2007.11)
- ② Shigeru Tomita 「The effective educating method of 3

dimension cad used in the field of manufacturing」 The second International Symposium on Educational Cooperation for Industrial Technology Education –Developing Human Resources for Making Things- p.p217-222 <愛知教育大学> (2008.7)

- ③ Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Masahiro Nagai, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki, 「THE EFFECTIVE AND PRACTICAL USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) FOR THE VOCATIONAL INITIATION AND EDUCATION IN THE SCHOOL AT THE SAME TIME」, The 13th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice (IJIE), p.p.732-737<名古屋大学> (2008.9)
- ④ Masahiro Nagai, Tokimasa Goto and Shigeru Tomita, 「THE SURVEY OF COMPANIES' PRESENT CONDITION AND CONSCIOUSNESS ON INFORMATION LITERACY OF THE UNIVERSITY GRADUATES IN JAPAN」, The 13th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice (IJIE), p.p.86-90<USA Las Vegas> (2008.9)
- ⑤ Tokimasa Goto, Masahiro Nagai and Shigeru Tomita, 「The Ideal Information Education at University Composed in Consideration of Information Literacy Skills' Level of High School Graduates and Company Needs about Information Literacy Skills for New Recruits」, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent System and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems (ICIS & ISIS), p.p.540-544<名古屋大学> (2008.9)
- ⑥ Shigeru Tomita, Tokimasa Goto, Masahiro Nagai, Takashi Kondoh and Tatsuo Suzuki, 「Survey of existing conditions and examinations on information communication technology in the field of Japanese manufacturing」, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent System and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems (ICIS & ISIS), p.p.553-557<名古屋大学> (2008.9)

(学会招待講演)

1. 富田茂 「ロジスティックにおける 3次元 CAD の活用」, 日本物流学会, 第 26 回全国大会招待講演要旨集, p. p1-2 <愛知学院大学> (2009.9)

(国内 研究発表)

1. 富田茂 「デジタルエンジニアリングと物流 = 3次元 CAD 技術を援用した物流システム例とその効果」日本物流学会中部部会, <愛知学院大学> (2006.12)
2. 近藤恭史, 富田茂, 近藤高司, 鈴木達夫, 「技術伝承における技術情報デジタル化の手法とその効果測定」, 平成 18 年度日本経営工学会中部支部研究発表会, p. p. 42-43 (2007.2)
3. 富田茂「街興し 産業創生のための電気自動車の活用と適用検証」愛知学院大学経営管理研究所, <愛知学院大学> (2007.6)
4. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業における 3次元 CAD 技術者採用・養成に対する効果的投資の検討」, 日本経営診断学会中部部会研究発表会, <愛知工業大学> (2007.8)
5. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「デジタル技術伝承による経営的効果とその活用における課題」, 日本経営診断学会中部部会研究発表会, <愛知工業大学> (2007.8)
6. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業が 3次元 CAD を導入するときの経営的効果的な選定例と検証」, 工業経営研究学会第 22 回全国大会予稿集, p. p. 29-32, <大阪> (2007.9)
7. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「中小企業における 3次元 CAD 技術者採用・養成の検討」, 日本経営診断学会第 40 回全国大会研究報告要旨集, p. p. 78-81, <愛知工業大学> (2007.10)
8. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫, 「デジタル化技術伝承の経営的評価と課題」, 日本経営診断学会第 40 回全国大会研究報告要旨集, p. p. 203-206, <愛知工業大学> (2007.10)
9. 富田茂, 後藤時政, 近藤高司, 鈴木達夫「中小企業におけ

- る技術伝承支援デジタルコンテンツの開発及びその経済的効果検証」愛知工業大学総合技術研究所 産学連携共同研究，〈愛知工業大学〉(2008.4.18)
10. 富田茂「電気自動車の自動運行システムが解決する市街地交通物流課題と空飛ぶ自動車が解決する交通網課題」日本物流学会中部支部 研究発表，〈愛知学院大学〉(2008.7.12)
 11. 富田茂，後藤時政，近藤高司，鈴木達夫，「中小企業における3次元CADシステムを導入したビジネスモデルの検証」，日本経営診断学会中部部会研究発表会，〈愛知工業大学〉(2008.8)
 12. 富田茂，後藤時政，近藤高司，鈴木達夫，「情報伝達技術を活用した効果的技術伝承法」，工業経営研究学会第23回全国大会予稿集，p.p.85-88，〈明治大学〉(2008.10)
 13. 富田茂，後藤時政，近藤高司，鈴木達夫，「中小企業における3次元CADシステムを導入したビジネスモデルの検証」，日本経営診断学会第41回全国大会統一論題研究報告要旨集，p.p.25-28，〈東京大田区産業プラザ〉(2008.11)
 14. 近藤記史，後藤時政，富田茂，「アジア各国の教育環境におけるIT化の現状調査とそれを踏まえた低コストE-learningコンテンツの開発」，平成20年度日本経営工学会中部支部研究発表会，p.p.21-26(2009.2)
 15. 富田茂「MHシステムでの3次元CADデータの活用事例研究」，第22回マテリアルハンドリング協会関西支部特別講演による研究発表会〈帝国ホテル大阪〉(2009.8)
 16. 富田茂，後藤時政，近藤高司，鈴木達夫，「情報技術(ICT)を活用した中小企業研究開発支援ネットワークの構築に関する検討」，日本経営診断学会中部部会研究発表会，〈愛知工業大学〉(2009.9)
 17. 富田茂，後藤時政，近藤高司，鈴木達夫，「中小企業技術開発と不正使用に関する考察」，日本経営診断学会全国大会統一論題研究発表，p.p52-55，〈大阪商科大学〉(2009.9)

(一般招待 研究発表)

1. 富田茂「伝え遺すユビキタス式技術伝承」経済産業省素形材センタ

- 諸外国に負けない鑄造技術を向上させる人事育成，〈愛知産業会館〉(2007.7.20)
2. 富田茂「伝え遺すユビキタス式技術伝承」総務省東海通信局 ものづくり現場における I C T の利活用に関する調査研究会委員事例報告，〈総務省東海通信局〉(2007.8.6)
 3. 富田茂「デジタルエンジニアリングを活用した技術伝承例と効果 及び将来展望に関する研究」(社)中部航空宇宙技術センター，〈名古屋商工会議所〉(2008.3.21)
 4. 富田茂「ものづくり現場での情報伝達技術 (ICT) を活用した技術伝承に関する研究」経済産業省素形材センター 諸外国に負けない鑄造技術向上させる人材育成研究発表，〈東京・機械振興会館〉(2008.8.22)
 5. 富田茂「ベンチャービジネスから考察した技術経営」岐阜県主催 起業家育成事業，〈岐阜県産業経済振興センター〉(2009.1.17)
 6. 富田茂「大企業を支える中小企業の IT (3次元 CAD) 導入と活用に関する検証」(社)中小企業診断協会愛知県支部「工場管理(ものづくり)研究会」，〈愛知刈谷産業会館〉(2009.4.26)
 7. 富田茂「ICT を活用した技術伝承に関する研究」経済産業省(財)日本立地センター主催 (独)中小企業基盤整備機構 川上・川下ネットワーク構築事業，〈京都テルサ〉(2010.2.9)

謝辞

本研究と取りまとめるにあたり、終始懇切丁寧なるご指導を賜りました指導教員である愛知工業大学大学院近藤高司教授に深く感謝申し上げます。また本論文をご校閲いただきました愛知工業大学大学院鈴木達夫教授、山本勝教授に深く感謝申し上げます。

近藤高司教授には研究のご指導を通じて、研究の奥深さと人格形成の重要性について多く教えていただきました。国内学会や国際学会の両面に研究成果を発表できたことは、私にはとても貴重な経験でした。社会人博士課程として、様々な状況を深くご理解いただいたことに深く御礼申し上げます。

鈴木達夫教授、山本勝教授には学会活動を通じて研究者としてのあるべき態度と方向をご指南いただきました。未熟な私に学会活動を深く広く支えていただきました。ここに深く感謝の意を表します。

愛知工業大学後藤時政准教授には論文体裁作りから手解きいただき、国際学会にもご随行いただくなど、博士課程の全般を心身ともに支えていただきました。また本研究に関連して、後藤研究室の学生方の卒業研究を共に指導させていただくなど、多くの思い出と研究経験をさせていただき心より感謝の意を表します。

学会活動におきましては、日本経営診断学会会長をはじめ同学会に参加されている多くの先生方に、発表や査読についてご指導いただきましたこと深く感謝申し上げます。工業経営研究学会におきましても、会長の愛知工業大学大学院野村重信教授をはじめ多くの先生方にご指導いただきました。深く感謝申し上げます。博士課程中に単著として発表の機会をいただきました日本物流学会中部支部丹下博文教授には格別なご指導をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。国際学会では **IJIE** におきまして彼の地で温かく迎え入れていただきました愛知工業大学大学院池田良夫教授に深く感謝申し上げます。また共同研究共著としてご指導いただきました愛知県立大学永井昌寛准教授に感謝申し上げます。この他にも多くの先生方に御一人ずつ感謝を申し上げたいと思います。また研究教育活動の場を与えていただきました学校法人電波学園、愛知教育大学、名古屋大学に御礼申し上げます。

何よりも学会活動を通じて多くの師匠を持たせたことが生涯の財産であります。

企業経営者として研究を行ってきた間に 100 年に 1 度とい

われた不況を経験しました。すべてのことが閉塞停滞する時代に研究を進めることが、私の精神的な救いでありました。もし研究という生甲斐がなければ、不況に正面からまた客観的に対処できなかつたかもしれません。

この不況の中、キャリア技研株式会社を格別なご配慮の上救って下さいました弊社お得意先の皆様に心より御礼申し上げます。

またその様な時代に会社を支えてくれたキャリア技研株式会社の社員一同に感謝を申し上げたいと思います。大変難しい経営判断を共に行い行動してきました。そしてこの研究活動が会社の財産になるように私は貢献したいと思います。

私の両親も研究者でありました。きっと心配をしていたのかもしれませんが、この歳になって研究を志したのも年少からの父母の影響があったと思われまふ。

この論文を取りまとめる期間に妻は幼い子供たちの教育を行っておりまふ。家族の支えと理解があり、研究を続けることができる環境を整えてくれた妻に感謝申し上げたいと思います。また妻と幼い子供達を精神的にも肉体的にも支えていただいた妻の父母とその家族に深く感謝の意を表します。

いつかこの論文を私の子供達が読む機会があるかもしれません。そう思いながら博士論文を取り纏めてまふ。経営者として、父親として研究活動を始め、ここに研究者としての第一歩を踏み出すことができました。まだまだ完全ではありませんが、これから研究者として学術の発展に寄与したいと思ひます。

20年前に名古屋大学で機械工学を学び、キャリアという企業を起業して10年が経ちまふ。その間の技術者・経営者としての経験を少しでもこの研究活動を通じて後世に残しておきたいと思ひ愛知工業大学大学院経営情報科学研究科のご理解を賜りながら修めることができました。この地域では若輩者が起業して事業を推進してゆくには多くの難関があります。しかし若者が実力を持ち自ら起業し、大企業と同じ目線で事業を推進することは、とても大きな社会システムを作り上げることです。今後も自らの経験と業績を研究と教育活動を通じて学術的に遺し、若者が起業することを応援してゆきたいと思ひます。

尚本論文中の各商品名は各メーカーの商標です。