

平成 15 年度
新製造技術に関する調査研究報告書
— 製造技術の情報化促進 —

平成 16 年 3 月

社団法人 日本機械工業連合会
財団法人 製造科学技術センター

序

戦後のわが国の経済成長に果たした機械工業の役割は大きく、また、機械工業の発展を支えたのは技術開発であったと云っても過言ではありません。また、その後の公害問題、石油危機などの深刻な課題の克服に対しても、機械工業における技術開発の果たした役割は多大なものでありました。しかし、近年の東アジアの諸国を始めとする新興工業国の発展はめざましく、一方、わが国の機械産業は、国内需要の停滞や生産の海外移転の進展に伴い、勢いを失ってきつつあり、将来的に対する懸念が台頭しております。

これらの国内外の動向に起因する諸課題に加え、環境問題、少子高齢化社会対策等、今後解決を迫られる課題が山積しているのが現状であります。これらの課題の解決に向けて従来にもましてますます技術開発に対する期待は高まっております。わが国機械工業における技術開発は、戦後、既存技術の改良改善に注力することから始まり、やがて独自の技術・製品開発へと進化し、近年では、科学分野にも多大な実績をあげるまでになってきております。

これらのグローバルな技術開発競争の中で、わが国が勝ち残ってゆくにはこの力をさらに発展させて、新しいコンセプトの提唱やブレイクスルーにつながる独創的な成果を挙げ、世界をリードする技術大国を目指してゆく必要が高まっております。幸い機械工業の各企業における研究開発、技術開発にかける意気込みにかげりはなく、方向を見極め、ねらいを定めた開発により、今後大きな成果につながるものと確信いたしております。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業に係わる技術開発動向等の補助事業のテーマの一つとして（財）製造科学技術センターに「平成15年度新製造技術に関する調査研究－製造技術の情報化促進－」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成16年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会長 相川賢太郎

序 文

わが国の製造業は、これまで日本経済の発展に牽引役として大きな役割を果たして参りました。しかし、長期にわたる経済の低迷、経済産業のグローバル化、中国を中心とするアジア諸国の経済発展、そのなかで目覚ましく進展する情報通信技術等によって厳しい国際競争に遭遇し、さらには地球環境保護、省資源・省エネルギーへの対応等克服すべき課題が山積しています。

申すまでもなくわが国の製造業のなかで機械産業は、その中核をなして参りましたが、その発展基盤は、持ち前の器用さと勤勉さによって培われてきており、世界のものづくりにおける絶対的な優位性を確保し、これが競争力の強みの原点であります。しかし、高度成長期の申し子となった高コスト構造体質は、コスト競争力を低下をもたらし、ニーズの多様化と相俟って市場環境は益々厳しさを増しており、これまでの競争力を維持しつつさらなる強化を図っていくためには、中長期的観点からの創造性に富んだ研究開発とともに目覚ましい発展を続ける情報技術を駆使した製造物の一層の高付加価値化、高精度化、低コスト化を効率的に進めるための技術開発に取り組むことが急務であります。

情報技術の有効活用に関しては、流通等の分野では大きな前進が見られますが、機械産業における製造現場における製造・加工技術と情報技術との融合化は、製品品質の差別化を図り競争力強化の実現に大きく寄与するものであります。

このため、当財団では、機械産業の競争力の一層の強化に資するため、加工技術・情報技術ならびにこれを結ぶ全体システム等、様々な角度から現状の実態を踏まえて情報技術を取り込むべき技術課題について調査・検討を実施いたしました。

本報告書は、これらについてまとめたものであり、これからの製造業の持続的発展と一層の競争力の進展に寄与することを願っています。

本事業の実施にあたり、ご支援いただきました（社）日本機械工業連合会ならびに経済産業省に御礼を申し上げますとともに協力をいただきました委員の皆様方に対し、深く感謝を申し上げます。

平成16年3月

財団法人 製造科学技術センター
理事長 亀井俊郎

目 次

	頁
序	
序 文	
目 次	
第1章 調査研究の概要	
1.1 背景と目的	1
1.2 調査研究体制	1
1.3 調査研究項目・スケジュール	2
第2章 活動内容	
2.1 製造業の現状と製造科学技術の現状	3
2.1.1 わが国製造業とくに「ものづくり」の現状	3
2.1.2 製造科学技術振興のための体制	5
2.1.3 経済産業省における産業技術政策の基本的な考え方	7
2.2 分野別の現状	12
2.2.1 情報システムの現状	12
2.2.2 加工技術の現状	26
2.2.3 情報技術と加工技術融合の現状	30
2.2.4 製造システムの現状	35
2.3 研究開発テーマの提案	38
(1) 計測技術とデジタルエンジニアリングによる現物融合化技術	38
(2) 設計品質高度化技術の研究	40
(3) 設計生産知識の動態保存に関する研究	42
(4) マイクロ加工におけるインプロセスモニタリング技術とプロセス制御技術	44
(5) バーチャル加工作業習熟システム	46
(6) 半導体製造現場における高度情報化生産システム	48
(7) 高度デジタル・マニュファクチャリング推進のための機器オブジェクトと シミュレーション・サービス・モジュールのライブラリー構築	51
(8) 動的自動計測システムと高速物理情報伝送システム化技術	53
(9) カスタマイズ型加工機械における加工機能の継続的拡張技術	55
(10) ハイパーシステムインテグレーションDNA戦略による新たな製造戦略の展開	57
(11) 製造物トレーサビリティシステム	60
(12) 高齢者社会における消費者志向生産システム	62
(13) 先端研究機器開発のための製造技術・情報技術のインフラ整備	64
2.4 製造技術の強化の方向について	66

第1章 調査研究の概要

1.1 背景と目的

わが国の製造業の主導的役割を果たしてきている機械製造業は、長期にわたる景気の停滞によるデフレ経済によって国内需要が低迷するなか、良質で低廉な労働力、技術習得の速さ、勤勉さが指摘される中国を中心とする東アジアへの生産拠点の移転を展開している。しかし、単に低廉な労働コストを追求した形での日本企業のアジア進出は過ぎて、今は、海外展開によってトータルコストを如何に抑え、研究開発や設計を含めそれぞれの市場ニーズに対応していけるかどうかの時代になっている。生産を海外に移転することは、製造技術そのものが海外に移転することであり、それが再度、日本に戻ることはないと理解すべきである。そこで国内に何を残すか、何が残せるか、何を残しておくべきかである。

製造業のなかでも機械製造業は、あらゆる製造業に道具としての機械を供給する基軸の産業であり、今後とも果たすべき役割は極めて大きい。

機械の製造技術は多数の部品から構成され、その一つ一つの品質は優れた加工技術がベースであり、製造現場において経験の積み重ねによって編み出された技術・技能やノウハウによってそれを可能にしている。しかし、それを今後如何にして伝承していくかが大きな課題とされ、熟練技術者が「暗黙知」として習得している技能・ノウハウ・経験を分析して「形式知化」し、これを情報システム技術によってデジタル化（ソフトウェア化、データベース化）するために、現在、国家プロジェクトとして、金型の設計分野を対象にした「デジタル・マイスター・プロジェクト」の研究が進められている。

これは、わが国の独創的技術を情報技術と加工技術の融合化によって実現しようとするものであるが、日進月歩の半導体技術とデジタル技術を今後、単なる情報の伝達手段としての機能に止まらず、製造技術そのものへの活用を駆使することによって、加工技術の高度化、製品の高品質化、高性能化、製造の高効率化、低コスト化を図り、日本独自の付加価値の高い製造技術を確立し生産システム全体としての比較優位を構築していくことが、競争力を高めていかなければならない。また、それがわが国機械製造業がこれからも培った競争力維持・強化し、発展を続けていく唯一の道であると考えられる。

このような基本認識の下に本事業は、機械の製造技術を構成する全体システム系、加工系、情報系及び全体システム系の各分野毎に製造現場における問題点を抽出・分析し、解決のための技術開発の方向性について調査研究を行うことを目的としている。

1.2 調査研究体制

財団法人 製造科学技術センター内に製造技術高度化調査委員会を設置した。

構成メンバーは、製造に係わる加工技術、情報技術、システム技術の専門学識者によって構成した。

技術高度化調査研究委員会委員名簿

[委員長]

新井 民夫 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授

[委員]

大高 哲彦 日本ユニシス（株）理事
大森 整 理化学研究所 中央研究所 素形材工学研究室 主任研究員
小野里 雅彦 北海道大学大学院 工学研究科 システム情報工学専攻 教授
鈴木 宏正 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授
高橋 哲 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 助教授
寺本 孝司 大阪大学大学院 工学研究科 電子制御機械工学専攻 助手
中尾 政之 東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構連携部門 教授
中塚 久世 (株) マイクロ・シー・エー・デー 代表取締役
福田 好朗 法政大学 工学部 経営工学科 教授
森 和男 独立行政法人 産業技術総合研究所 総合企画主任
安田 定一 コンピューティップス（株）代表取締役
藤田 義文 経済産業省 製造産業局 産業機械課長

[事務局]

瀬戸屋 英雄 (財) 製造科学技術センター 専務理事
黒田 武夫 (財) 製造科学技術センター 総務部長兼調査研究部長
川原 哲也 (財) 製造科学技術センター ロボット技術推進室 主任研究員

1.3 調査研究項目・スケジュール

(1) 調査研究項目

- ・ 情報システム分野、加工技術分野、生産システム分野及び製造システム分野における現状把握。
- ・ 同分野におけるそれぞれの問題点・課題の抽出
- ・ 研究開発テーマの提案

(2) スケジュール

(本調査研究事業は、以下のとおりの委員会を開催して実施した。)

第1回委員会開催 平成15年 9月10日(水) 東京大学 本郷キャンパス
第2回委員会開催 平成15年11月 7日(金) (財) 製造科学技術センター
第3回委員会開催 平成15年12月16日(火) 東京大学 本郷キャンパス
第4回委員会開催 平成16年 3月 1日(月) (財) 製造科学技術センター

第2章 活動内容

2.1 製造業の現状と製造科学技術の現状

2.1.1 わが国製造業とくに「ものづくり」の現状

(1) 製造業を取り巻く環境

1) 概況

内需の低迷によるデフレが続くなかであって、リストラ等によるコスト削減努力と外需の増加が寄与する形で収益面に漸く持ち直しが見られる。しかし、利益は財務体質改善のために債務返済が優先されており今後は、企業の持続的な発展、製造業の中長期的な成長、生産性の向上の持続的な発展のためには設備投資と研究開発の拡充により、収益率の向上に努めることが求められている。

内需は堅調に推移しているものの国内総生産の実質成長率は微増にとどまっており、不安定な雇用情勢による不安から消費支出増加は懸念含みの状況にあるが、外需は、中国を中心にアジア地域向けが増勢傾向にあり、GDP成長率への寄与度を高めている。

2) 業況

生産・売り上げは、堅調な輸出の貢献によって持ち直しを示し、人件費の圧縮・在庫調整等のコスト低減努力により収益面の改善に反映してきてはいるものの自動車、情報関連機器を除き内需の回復力に未だ力強さが見えないなかで、機械工業等殆どにおいて先行きに不安を抱えたままの状況が続いており、事業の再編や生産の集約化の動きが続いている。

3) 研究開発投資と設備投資

民間の研究開発投資は、厳しい経営環境のなかにあるものの付加価値向上の源泉として確保に努力しているが、しかし、今後、少子高齢化の急速な進展によって、労働および資本の供給不足が懸念されており、製造業として自律的成長を実現していくためには、技術立国としての競争力を維持強化し、「ものづくり」のための優れた技術を発展させながら伝承していくためには一層の確保努力が必要である。

一方、設備投資はこの10年の間、供給過剰感から生産増を目的とした設備投資は減少傾向を辿ってきたことから、水準としては10年前の半分程度の規模にとどまっている。この結果、設備年齢（ビンテージ）は、米国との比較で見ると、10年前に、日本が9.3才、米国が7.3才であったのに対して、現在は、日本12.0才、米国7.9才と、その格差はさらに大きく広がってきている状況にある。

4) 経済において果たす役割

わが国の製造業は世界でもトップクラスの高い労働生産性を有するとともに高度な製造技術の強みによって輸出の稼ぎ頭として国内経済の安定に大きく寄与している。仮に競争力が失われれば、輸出の減少し、外貨獲得も困難となり、為替レートの切り下げ、雇用の悪化を招き国内経済は大きなダメージを受けることになる。

(2) 事業環境の変化

低迷が長引く国内経済、回復力の弱い内需、デフレの長期化のなかで、経済規模が急速に拡大する中国、ASEAN4等東アジア諸国の低廉な労働コスト等の有利な条件を活かした生産拠点の海外展開続いている。この結果として、労働集約型の製品や汎用品としての競合品の逆輸入が増大している。しかも、時を追って

1) 海外展開の進展

製造業の海外展開の始まりは円高や貿易摩擦問題への対応するための現地生産化であったが、近年における海外展開は、低廉な労働コストとともに中国に代表される巨大市場形成を見込んでの対応であり、企業にとっては業容の発展・拡大と生き残りのための苦渋の選択であり、この動きは今後さらに拡大していくことが予想されている。これは、企業にとっては、存続のための苦渋の選択でもある。海外生産拠点に対する投資が拡大するなかで、生産比率は上昇を続けており、製造業全体では、既に30%台に達している。これが真に国内の空洞化を招いている。

2) 海外展開による国内空洞化対策

生産の海外移転は、国内では、空洞化や海外製製品の逆輸入の増加をもたらすことになるが、海外生産する製品と国内で生産する製品との競合関係が起らないように棲み分けが必要であることは申すまでもない。

この場合に、付加価値の高い製品の生産、また、高付加価値化のための研究開発については、常に日本発としての役割を担っていくことにより、相互発展を図っていくことが重要である。

(3) 課題と必要な競争力強化

今後、対外投資の進展が続き、中国等アジア諸国への生産移転が進んでいくことを念頭に一層の競争力の強化に取り組むことが必要であり、この場合に国内において技術力を初めとするコスト削減等の競争力を強化し、国内経済の推進力としての役割を引き続き果たしていかなければならない。

このためには、①高付加価値化のための技術、情報技術の戦略的な活用、②開発した技術の保全管理などに取り組むことが必要となる。

先述のとおり、今後、わが国において投入される労働や資本の伸びが懸念されており、創造性に富んだ革新技術の実用化によって経済成長に果たしていく役割は、これまで以上に重要な意味をもつことになる。しかも、技術革新の速度は一層速まり、国際的な競争は激しくなることは明らかである。

このため、具体的に技術開発プロジェクトをより効率的に推進するためには、開発リスクの軽減の観点から産学官による補完関係の下に取り組まれることが期待される。

出所：「製造基盤白書（経済産業省・厚生労働省・文部科学省編）」

2.1.2 製造科学技術振興のための体制

(1) 内閣府における科学技術基本計画 [図 2.1-1 参照]

1) 基本方針

「科学技術基本法」に基づきわが国が目指すべき国の姿を実現していくための方針は、つぎのとおりである。

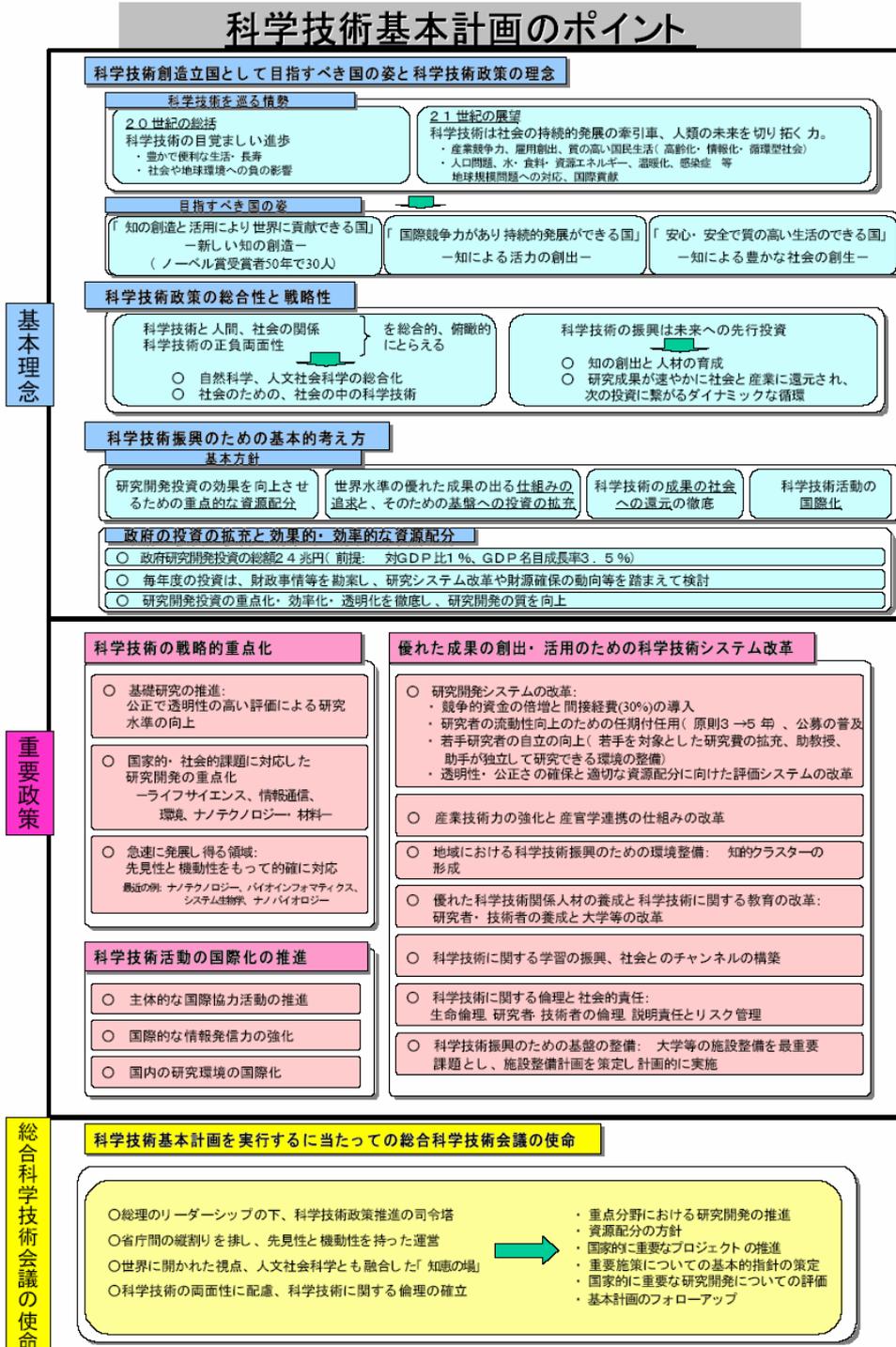


図 2.1-1 < 科学技術基本計画のポイント >

- ① 研究開発投資の効果を工場向上させるための重点的な資源配分を行う。
- ② 世界水準の優れた成果の出る仕組みの追求と、そのための基盤への投資の拡充を行う。
- ③ 科学技術の成果の社会への一層の還元を徹底する。
- ④ わが国の科学技術活動の国際化を推進する。

2) 科学技術の戦略的重点化

国際競争力の維持・強化、少子高齢化、地球環境問題への対応等、直面する国家的・社会的な課題を解決し、豊かで安心・安全な社会の構築・維持すべく重点化し、また急速に発展し得る科学技術の領域には先見性と機動性をもって対応する。

- ① 国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化
- ② 経済や産業の活性化により、持続的に発展を遂げ、国民が安心して安全な生活を送るために、重点分野に投資を行う。重点化の方針は、
 - ・ 新たな発展の源泉となる知識の創出（知的資産の創出）。
 - ・ 世界市場での持続的成長、産業技術力の向上、新産業・雇用を創出（経済的効果）。
 - ・ 国民の健康や生活の質の、国の安全保障及び災害防止等（社会的効果）。において、とくに寄与の大きいものを評価し、*ライフサイエンス、*情報通信、*環境、*ナノテクノロジー・材料の4分野を特定し、重点的に資源配分することとしているが、加えてエネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティアの4分野についても、国の存立にとって基盤的で、国として取り組むことが不可欠な領域を重視して推進することとしている。
このうち、「製造技術分野」の領域は、つぎのとおりである。

「わが国の生命線ともいべき経済力の生命線であり、わが国でしかできない高精度加工技術が存在するなど、世界的にも最高水準にある。今後、これらの高度な技術を基に、革新的な技術の開発を行うことが重要。具体的には、高精度技術、精密部品加工技術、マイクロマシン等の高付加価値極限技術、環境負荷最小化技術、品質管理・製造現場安全確保技術、先進的ものづくり技術（特に情報通信技術・生物原理に立脚したものづくり革新に資する次世代技術）、医療・福祉機器技術等。

2.1.3 経済産業省における産業技術政策の基本的な考え方

(1) 研究開発プログラム

1) 基本方針

わが国社会、経済を巡る課題の解決を図るとともにわが国に持続的発展や国際競争力の向上を強力に推進する。

このため、社会ニーズや市場の動向、国内外の技術動向、国際競争力動向、産業技術戦略上の位置づけ等について俯瞰的な視点からの分析を行った上で、政策目標を定め、その目標を達成するために必要な、研究開発課題の設定、資源配分、成果の政策上の活用の方策、政策実現のための環境整備や他の政策との連携等まで含めたパッケージとしたプログラムの立案・実施にあたる。

2) 目的

基本方針に基づくプログラムの狙いは、つぎのとおり。

- ① 政府開発投資の費用対効果の向上（目に見える形での成果の創出）
- ② 重複的投資、不用な投資を回避することによる研究開発全体としての効率性の向上。
- ③（当該分野における）民間部門を中心とする研究開発投資の誘発の期待。
- ④ 産業政策遂行上の‘ツール’としての‘技術’の比重向上（‘研究開発のための研究’からの脱却）

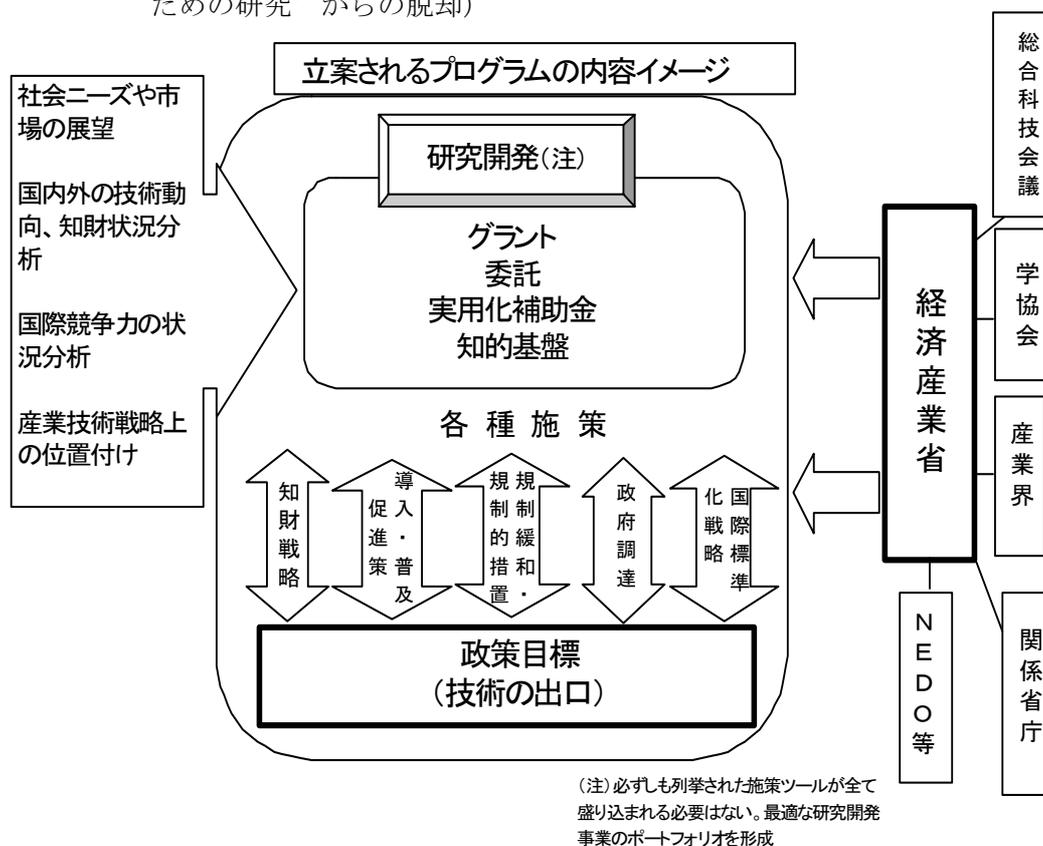


図 2.1-2 〈研究開発プログラムのイメージ図〉

3)本プログラムによる研究開発支援

① フォーカス21型研究開発プロジェクト

短期間で実用化、事業化に直結するプロジェクトについて、*ライフサイエンス、*情報通信、*環境、*ナノテクノロジー・材料の重点4分野について資金を重点投入して支援。

表 2.1-1 〈分野別の研究開発プログラム〉

研究開発分野	プログラム	進行中の テーマ件数
ライフサイエンス	健康安心プログラム	9
情報通信	高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム	10
	情報通信基盤ソフトウェア開発促進プログラム	1
	新製造技術プログラム	2
	宇宙産業高度化基盤技術プログラム	1
環境分野	地球温暖化防止技術プログラム	7
	次世代低公害車技術開発プログラム	1
	民間航空機基盤技術プログラム	1
ナノテクノロジー ・材料	ナノテクノロジープログラム	7
	革新的部材産業創出プログラム	2

備考：進行中のテーマ件数は、平成15年度現在のもの

製造技術については、情報通信分野で「新製造技術プログラム」が取り上げられている他、他のプログラムでも機械産業を中心とした製造技術関係のテーマが多数含まれている。

② 中小企業・ベンチャー挑戦支援事業（スタートアップ支援事業）

事業性・新規性の高い技術、ビジネスアイデアを持つ中小企業・ベンチャー企業に対して、事業化の確実性を高めるために、実用化研究開発とその成果の事業化への助成に加え、コンサルティングを併せて国が一体的に支援。

③ スピンオフベンチャーの育成（埋もれる技術・人材の積極活用と需要の創造）

大企業等で眠っている技術シーズを活用する研究開発型ベンチャーを支援。

④ 技術経営（MOT）人材の育成強化

企業における高い技術力を実際のビジネスにつなげることのできる技術経営（MOT）人材の育成強化を支援。

⑤ 産業連携ソフトウェア工学実践拠点の整備

ソフトウェアの競争力今日か強化に向け、産業界と大学との連携拠点を整備し、ソフトウェアエンジニアリングに関する実践的な技術開発・人材の育成を支援。

ソフトウェアは経済社会のインストラクターに
 ↓↓
 ソフトウェアの不具合を原因とするトラブルが続出
 ↓↓
 ソフトウェア工学(高品質のソフトウェアを効率良く生産するための技術体系)の実践の強化

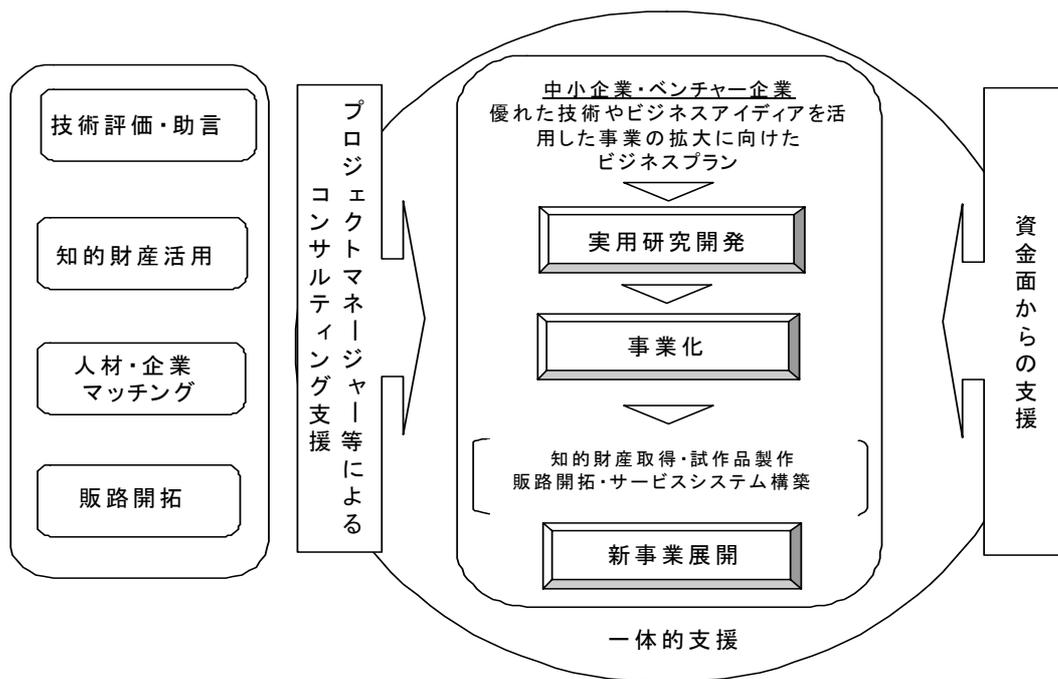


図 2.1-3 〈スタートアップ支援事業のイメージ図〉

⑥ 産学連携の推進

- ・産業界から重視されている基礎・基盤研究開発について、大学等の基礎研究能力活用して大学等の研究者に実施させ、産業技術力強化に資する大学研究を促進。

⑦ 地域における実用化技術開発の推進

- ・地域における新産業・新事業を創出して地域経済の活性化し、大学等の技術シーズや知見を活用した産学官の強固な協同研究体制の下で実用化に向けた高度な研究開発を支援。
- ・地域経済の活性化を図るため、中堅・中小企業による新分野進出やベンチャー企業による新規創業といったリスクの高い実用化技術開発を支援。
- ・新製品開発・新規分野進出を図る中小企業を支援。

⑧ 産業クラスターの形成

- ・地域における産学官のネットワーク形成
 - －研究会・交流会・セミナー等の開催
 - －電子メール・ホームページによる情報の提供・交換

- ーコーディネータによる産学官・企業間の交流連携促進
- ー専門商社の紹介等販路開拓支援
- ー民間による産業クラスター形成の中核となる推進組織の活動支援
- ー大学発ベンチャー企業への経営面の支援を強化
- ・地域特性を活かした技術開発等支援
 - ー地域における漢学官コンソーシアムによる研究開発
 - ー中堅・中小企業によるリスクの高い実用化技術開発の支援
- ・起業家育成施設の整備等インキュベーション機能の強化
 - ー産業連携の中核となる大学連携型起業家育成施設の整備

(2) フォーカス21型研究開発プロジェクトの製造技術プログラム

1) 目的

IT等最新の技術を導入し、プロセス技術の革新を図ることにより、わが国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を目指す。

2) 政策的位置付け

2001年3月閣議決定された科学技術基本計画において国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化分野として指定。

3) 目標

2007年度までに現在の製造に要する時間やコスト等を半減することを目標に、製造プロセスの合理化と新たな高付加価値を創造するプロダクトイノベーションの環境を整備。

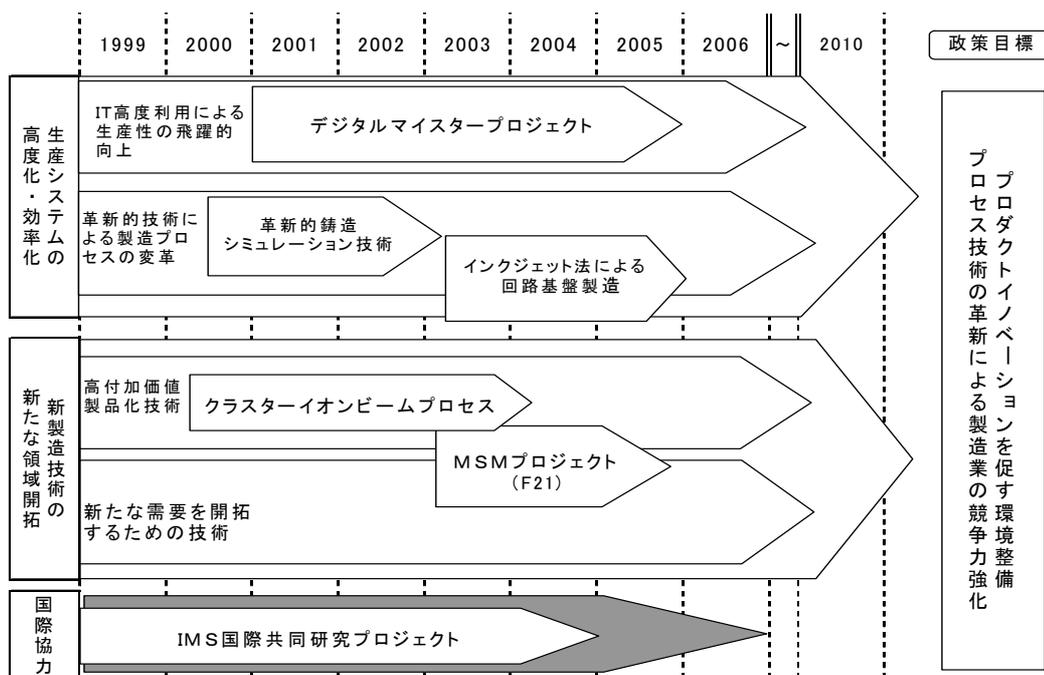


図 2.1-4 〈 新製造技術プログラム基本計画 〉

4) 研究開発プロジェクト（関連プロジェクトのみ）

① デジタルマイスター

設計・製造現場に、「暗黙知」として存在する技能やノウハウを科学的な分析を通じて「形式知」化し、情報技術を活用して、ソフトウェア化、データベース化する手法等の開発。

情報技術と製造技術が融合した時間・コスト・品質で競争力を強化する新生産システムを開発。

加工工程の効率化・生産の省エネルギー化。

a. 技術目標・達成時期：2007年度

2003年度：金型設計・製造に係る熟練者の技能をCAD/CAM等の設計・製造支援アプリケーションに組込んで活用するシステムの高性能化、金型加工機等の高速・高精度化、複雑局面形状等を有する超精密金型を高精度加工・計測する技術の開発。

2007年度：金型設計・製造分野をはじめ、一般製造分野に関する技能の抽出・整理・体系化手法を確立。それを活用してデータベース等を開発して新しいものつくりの方法を提案。

b. 研究開発期間：2001～2007年度

② IMS (Intelligent Manufacturing System) プロジェクト

先進国の製造業が共通して抱える環境問題や製造現場での省エネルギー推進等の課題を国際的な協同研究により効率的な解決を目指すプログラムにおいて設計・製造工程の効率化等次世代高度生産システムの研究開発。

a. 技術目標・達成時期：2004年度

多様なユーザーニーズに対応できる柔軟で効率的な生産システム等次世代高度生産システムに必要な技術基盤の確立。

b. 研究開発期間：1995～2004年度

5) 研究開発実施上の留意事項【フォーカス21の成果の実用化の推進】

当プロジェクトは、以下の要件の下に研究開発成果を迅速に事業化に結び付け、産業競争力強化に直結させる。

- －技術的革新性により競争力が強化できること。
- －研究開発成果を新たな製品・サービスに結実する目途があること。
- －短期間で新たな市場が想定され、大きな経済波及効果が期待できること。
- －産業界も資金負担と市場化に向けた具体的な取り組みされていること。

6) プログラムの評価

プログラムの期間は、2002～2007年度とし、2005年度に中間評価、2008年度に事後評価を行う。

7) 国際標準化戦略

各プロジェクトの成果として得られたなかから国際標準化すべきものについては、適切に実施する。

2.2 分野別の現況

2.2.1 情報システムの現況

(1) CAD技術

(1-1) CAD技術の現況

モノづくりを支援する情報ツールとしては、設計・製造準備のためのCAD/CAM/CAE、それらのデータを管理し仕事の流れを制御するPDM/PLMツール、製品の部品構成やバージョンなどを管理する製品構成管理ツール、生産スケジューリングツール、さらには受注から部品調達などを効率化するERPやSCMがある。ここでは、設計に関連するCADシステムを中心に述べる。

3次元CAD導入による、設計の効率向上、品質向上、期間短縮の効果についてはすでに疑問の余地がない。ダウンサイジングやシステムの価格低下によって中小企業も含めて普及が加速している。また、他社との共同開発や受注を受注する上でも、3次元CADの利用は必須となって来ている。その一方で、企業競争力の上では、3次元CADの一般的利用だけでは差別化ができず、その「使いこなし」がポイントとなっている。特にフィーチャー、パラメトリック機能を活用し、繰り返し行われる定型的な設計を手続き化して（“ナリッジ”化）、大幅な設計効率化を達成することは、その代表例であろう。例えばデジタルマイスタープロジェクトにおいても報告されている。システムベンダー側も、“パラメトリック”、“フィーチャー”だけではアピールしないので、このような定型的な設計手続きを記述できる機能を用意したり、また、その開発のコンサルティングや請負業務が増えている。

このようなCADは、いわゆる“部品の詳細設計”と呼ばれる設計に対応したものである。一方、設計過程は、詳細設計だけでなく、概念設計、意匠設計、基本設計、生産設計があり、また、曲面設計を主体とするものと機構部分を主体とするものなどがある。特にデジタルエンジニアリングによって開発期間を大幅に縮小している自動車業界では、意匠設計が開発期間短縮のネックとなっており、その計算機支援が重要課題となっている。特に意匠性に優れたサーフェスモデルを生成するには、現在でも相当に工数がかかっている。たとえば、スケッチを用いたコンセプト段階から、スムーズにサーフェスモデリングに繋がるような機能が必要であるが、決定版はないようである。

システムの普及によって、設計や製造準備の段階で様々なCAD/CAMシステムが利用されているが、それらをシームレスに運用することも重要なポイントである。しかし、そのためのデータ一元化にも問題があり、連携を阻害する要因となっている。異種CADを利用する場合のデータが受け渡しがうまくいかないという問題から、同じシステムであっても、作業目的に対して、そもそも必要な精度・形式のデータがきちんと得られない場合も多い。これらはデータ交換の問題とかPDQ (Product Data Quality)の問題として総称されるが、製品開発からみればできて当たり前の“付加価値の低い”課

題であり、早急な解決が待たれている。しかし、寡占化が進む CAD 業界において、CAD ベンダーから見ると、他社 CAD へのデータ受け渡しを可能にすることは、” 囲い込み “戦略と反するものであり、最優先課題とはなりえない。また、IGES や STEP などの規格も広く利用されているが、基本的にデータ品質の問題に対応する機能はない。また、ユーザーからみると、これら規格を利用する場合には、変換効率（トラブルの発生率）が悪い、トラブルに対するサポートがない、などの問題がある。これに対して、データのヒーリング機能が各 CAD に用意されるようになり、また、PDQ チェッカーやヒーリングツールなどが利用されている。

CAD モデルが設計生産の情報統合の基盤となっていることは言うまでもない。一方、CAD モデルそのものではなく、CAD モデルから生成したポリゴンなどの、いわゆるビュー用モデルの利用が活発である。例えば、製品の組み立て状態の 3 次元モデルを用いて、設計・製造の多角的な評価を行う DMU(Digital Mockup)や、ネットワークを介して設計のコラボレーションを行うシステムなどが挙げられよう。3 次元モデルのビジュアルな視認性と、部品の干渉や隙間計算の機能は、設計早期における設計意図や製造要件の共有化や検証に大きな効果を持っている。また、後工程においても、大まかな素材設計や製造性検討、作業指示書作成のためのイラスト作成などには、完全な CAD データがなくてもこのようなビューデータだけで十分に行えるため、特に金型の外注などにおいて利用され始めている。

もう一つの特徴は、3 次元スキャナーなどの 3 次元形状計測技術の発達により、実体物の 3 次元形状情報が高速かつ高精度に獲得できるようになってきていることであろう。最も代表的な分野は、リバースエンジニアリング (RE) と呼ばれ、特にクレイモデルなどからの密な表面点群のデータを用いて意匠設計 CAD 用の自由曲面を生成するものである。RE 技術は工数や品質の問題はあるものの、十分実用の域に達しており、様々なシステムが開発・販売されている。RE だけでなく、測定機の高精度化、高速化による新しい 3 次元計測のアプリケーションが期待されている。その一つは、実体計測によるモデルと CAD モデルとの連携である。例えば、実機試作実験において、その実体計測データから CAD データを修正したり、また製造現場において金型などを計測し、CAD データとの比較を行って、その保守などに利用されている。

(1-2) 現状システムに対する課題抽出

以上のように情報システムの利用は進んでいるが、本調査研究の目的にもあるように、更なる製品開発力強化のための課題が山積していることも事実である。現状に対する情報システムの課題を抽出するためのいくつかの観点について述べる。

① 情報化による業務改革のための課題抽出

最も重要なことは、情報システムを使って、どのような業務の進め方や仕組みを実現したいか、というビジネスプロセスを考えることであろう。そして、その中で必要となる情報モデルや、それを処理するためのツールを考えることになる。このような分析を進める上で、そのガイドラインとなるリファレンスモデルを設定し課題抽出することは有効である。

② 製造情報システムを取り巻く環境に基づく課題抽出

前述のように CAD の欧米システムによる寡占化・デファクト化が進む中で、その影響を十分に検討し、対応を考えておくことは重要であろう。特に、企業の情報システムの基幹となるものについては、それが不安なく運用される、また機能拡張されることが必須であろう。また、製造情報システム、特に CAD/CAM には、モノづくりの“文化”が色濃く反映され、それが設計者や技術者の思考や仕事の仕方に影響を与えるのはいうまでもない。その意味では、日本がその固有のモノづくりの強みを強化しようとするほど、日本の製造に適合した情報システム開発への要求はむしろ高まる傾向になろう。しかし、現状では、それにきちんと対応できる体制にあるとは言えない。このため、官、民、学がそれぞれどのような役割を果たすべきか、戦略的に検討されるべきであろう。例えば、現在の CAD と同等あるいは+ α の機能をもつ CAD を開発することは、事業性からみても、国策としてみても適当ではない。むしろ寡占化の進むこれらのシステムをインフラとして捉え、その上に、日本のもつ設計技術、CAD 技術を実現し、また、これからの成長力のある製品開発の支援を行うための情報システムの構築を考えるべきであろう。

③ 世界最先端のデジタル化製品開発システム構築実験による課題抽出

現在の CAD がそのアーキテクチャ、コンセプト共に成熟の域に達しており、その延長で、上記のような新しい CAD の在り方を探っても展望はない。その一方で、研究レベルでは、様々な新しい技術が開発されて来ている。ブレークスルーを見出すためには、例えば超短リードタイムと高品質設計（最適設計、試作レス、誤りなし）などの目標を掲げて、研究シーズとしてある最先端情報技術をテコ盛りしたシステムの構築を通じた研究開発と実証実験を実施するのは有効な方策である。デジタルマイスターはそのような試みの一つともいえるが、使われるコア技術に必ずしも新規性を求めるものではなかったために、“深い技術”は育たなかったように思う。

(2) 設計知識活用技術

日本における設計の特徴は、非常に少ない設計プロセスと柔軟性に富んだ設計方法にある。設計プロセスが少ないために、柔軟に新たな構造や工法を組み入れることができ、短期間に密度の高い設計が行える。その反面、高度で総合的な設計能力が必要とされ、設計内容が設計者の技量に大きく依存する。設計スキルの維持・伝達を行っていくことが不可欠であるが、近年設計スキルの低下が顕著に見られ、日本の製造業衰弱の大きな要因となっていると考えられる。

一方、欧米では設計は多くのプロセスから成り、概要設計から徐々に詳細化を行う手法を取っている。これは、常に多くの設計要件を意識しながら総合的な設計判断が行えないためであり、高い設計コストと長いリードタイムを必要とする。トップダウンに設計要件を下流プロセスに伝達するワークフローを持っており、浅い設計スキルであっても設計を遂行できるシステムと言える。しかし、設計手法の変革を行い難く、新たな加工技術や新たな構造に柔軟に対応し難いシステムである。

日本と欧米では、こういった設計文化の違いがあるため、設計知識の捉え方にも大きな違いがあり、日本で必要とする設計知識は欧米のそれとは全く異なる。

設計知識の活用を考えると、設計をプロセスとして捉えることが重要である。なぜなら、日本のモノづくりの強さを支えてきた設計能力の高さは、日本独自の合理的な設計プロセスにあったからである。

2 つ目の着眼点は、設計からの出力情報を充実させる事にある。設計からの出力情報は後工程に製造すべき内容が明示されたもので、設計意図までも汲み取れるものでなくてはならない。近年の 3 次元ソリッド設計の進展に伴い、資材調達セクションや製造セクションなどへの設計情報の出力形態が変化してきているが、設計作業の簡素化と称して必要な情報さえも出力していない運用が見受けられるが、その結果、設計内容の妥当性検証が不十分なものになり、従来では見られなかったような大きな設計ミスが散見される状況にある。下流工程に設計情報は、下流工程のためのみならず、設計内容の妥当性検証のために必要な情報でもある。

(2-1) 定型的設計プロセスの徹底した自動化技術

定型的な設計の自動化を考える場合、設計の本質を捉えた自動化を行う必要があるという事に注意すべきである。設計内容や製造にまつわる技術、環境も刻々変化している。そういった変化に追従できない柔軟性のないシステムは、急速に陳腐化するばかりでなく、結果的には取り返しのつかない競争力の減退をもたらす。

定型的な設計は現在、最も自動化技術の適用が進んでいる分野であるが、設計出力情報を充実させて設計品質を上げることが必要である。資材調達のための BOM 情報は、部品コードが非常に複雑で CAD システムの想定している仕組みだけでは完全な部品コードを生成できないものがあるが、そういった事が手作業の存在を必要とさせ、不正確な情報を発生させる要因となっている。加工・組み立てに必要な情報は、全ての後工程がコンピュータで駆動され自動化されているわけではないため、設計内容を後工程の作業者が視認できることも必要であり、加工工程などを柔軟に外部の業者に発注するためにも必要な情報である。現状はそのために、手作業で情報生成を行っていることも多く見られる。

設計の本質は、設計のプロセスに着目したシステム構築により可能となる。形状創成などの設計行為のみに着目するのではなく、形状創成が必要な理由、設計意図を明確にした上で、形状創成を行い、設計意図を満足するかどうかの判断を行うべきである。これにより、設計行為の意味や妥当性をシステムが判断できるようになる。形状創成にのみ着目している限りは、更なる自動化は望めない。なぜなら、形状そのものから設計意図を汲み取る事は不可能だからである。

(2-2) 知識獲得・表現・実装・利用・保守のための手法

設計要素は、「設計要件の明確化」、「設計手法の決定・実行」、「設計評価の実行」の 3 つの行為から成り立っている。最初に、「設計要件の明確化」で、どのような内容の設計が必要とされるかを具体的にイメージする。次に、「設計手法の決定・実行」で、明確化された設計要件を、いかなる方法で具現化するかを考え、

ある一つの方法で実際に実行する。最後に、「設計評価の実行」において、実行された設計結果が設計要件を満たすかどうか判断する。もし、設計要件を満たしていないと判断した場合は、2つ目の設計手法を変更するか、設計手法を変更してもダメな場合には、上位の設計要素に立ち返る。こういったプロセスが設計の基本行為である。

現実に、この通り設計を行えば設計ができるという設計手順書は何処にもない。これは、どんなに努力をしても文章表現仕切れないためである。しかし、新人の設計者に適切な指導を行えば、確実に設計者として育てることが可能であることも事実である。このことは、設計行為が特殊なノウハウではないという事を意味する。設計者を指導する場合には、明確な設計意図を持って設計行為を行わせ、的確な妥当性の判断を行っているかどうかの観点からの指導が重要である。こういった観点での設計経験が、設計スキルを向上させているのである。

現状、欧米製のCADシステムなどで想定され実装されている知識管理システムは、評価式のみに着目しているものが多く、そのため、本来の設計意図の表現ができず、形状を生成するなどの結果としか関連を定義する事ができない。また、知識の定義方法もIF文形式で書くなどの方法しか用意されていないなどの実装面での問題も多い。

設計をプロセスとしてとらえ、意味のある設計行為として設計知識を蓄えることが必要である。

(3) 知識共有・コラボレーション技術

設計レビューは、知識の伝達・共有が行われる典型的な場面である。設計レビューは、設計内容の成立性・妥当性を検証する場であるが、そのみならず設計レビューアと設計者とが互いに設計ノウハウを伝え合う場でもある。特に日本においては、設計レビューを通じて設計スキルが伝授されていくといっても過言ではない。

設計レビューアは、先ず設計結果内容から、設計者が設計要件をどのように捉え、どのように具体化していったかを、設計結果から把握する。もし、設計内容の表現が不十分で、設計者の考えた設計意図が表現されていないとしたら、設計レビューアは設計者の設計意図を汲み取れないばかりか、設計の妥当性を判断することが困難になる。その結果、大きな設計上の問題を製造現場に流してしまうことになるばかりか、設計者に対して適切なアドバイスさえできない。設計者は自分自身の考えた設計内容を明示的に表現する事が重要である。

3次元形状の外観からは、有用な情報を見出すことは難しい。機械の本質である機構は必ず機械の内部に存在し、複数の部品が組み合わさったものであるからである。また、機械動作の内容を表現することが重要であるが、通常設計では、仕事の完結した静的な状態でのみ表現する。従来手法では、断面図上にストロークなどの寸法表現などによって機械動作の方向や距離を表していた。これは、動的な機械の内容を静的に表現する手段の一つであり、設計意図表現の一種でもあった。設計レビューは、こ

うというような設計者が明示した設計内容をもとに行われるものであり、その表現方法の確立と、それを図面表現のように産業界共通のものとするのが急務である。

動的なシミュレーションは、機構の評価に非常に有効であるが、現状のシステムのほとんどは、幾何的な内容に着目した設定を行わせるため、煩雑で利用しづらい。動的な要素を、機械要素として取り扱い、容易に確実に設定できるようにする必要がある。

設計・製造拠点が世界中に分散化する中、コラボレーション技術は重要である。設計レビューや日常の技術的な確認が遠隔地との間でも十分に円滑に行い知識共有するための技術開発が不可欠である。

現状のインターネットのインフラを利用した Web 会議システムでは、キーボードやマウス動作などの入力と画面出力イメージを取り扱ったアプリケーション共有が実現されているが、特に画面出力イメージのデータ転送量が多いため、図形表示に OpenGL などを使用している CAD などのアプリケーションでは使用に耐えない。アプリケーションが操作を実行した結果である画面イメージを転送するのではなく、アプリケーションの操作メッセージそのものを、他者のアプリケーションに転送して操作実行をそれぞれのアプリケーション内で行う形態での実装が必要である。将来的には、操作共有するメッセージを定義し、そのプロトコルを受け入れる任意のアプリケーションで実行できるようにすべきであるが、まずは、設計レビューなどの技術ディスカッションを目的としたアプリケーションの開発を行い、情報技術を活用できるようにすることが先決である。

(3-1) 製造部門と設計部門の連携、製造からのフィードバック

設計部門で必要な情報と製造部門で必要な情報とは異なる。また、必要な知識も同レベルではない。例えば、加工条件などの詳細な値などを設計者が知る必要はないが、加工対象形状やその周りの形状をどのように設計すべきかという観点で、どのような加工方法があり、それぞれにコストや品質、加工機械が限定されるかなどの内容を把握して設計に生かす必要がある。

生産技術セクションは、設計と製造の両者の間で、技術的な方向性を示し製造業務をサポートするためのセクションがある。製造からの技術情報のフィードバックを要約したり、不具合内容を要因解析して、設計やその他のセクションに伝達する役割を持っている。高度な技術判断が行える生産技術セクションの存在は、日本の製造業の強みを支えていた大きな要因であったが、彼らは、設計内容を如何に合理的に不具合なく製造するか技術的な役割を担っていた。昨今、中間セクションを無くそうする傾向が高いが、設計者と製造の間など、相反するニーズを持つ者同士を仲介する役割があることを忘れてはならない。

(4) 設計知識・設計属性の抽出・体系化

設計情報は、形状情報と属性情報に大別される。

設計属性は、3次元形状に次の3種類の情報が付加したものに大別される。

断面図・矢視図による設計意図情報

部品属性情報

加工属性情報

(4-1) 設計属性、設計要件

- 断面図・矢視図による設計意図情報

断面図と矢視図は、設計意図を表現する手段として不可欠のもので、これらに勝る手段は見つからない。断面図は、3次元形状を断面平面で切断した平面上に存在し、寸法や注記により、設計意図などが表現される。平面図や側面図などは、矢視図の特殊な状態として、矢視図に含まれる。矢視図は、3次元形状を矢視方向からみた2次元平面ビューで、その上に寸法や注記などが付加される。断面も矢視も2次元情報として深さ方向の成分を無くすことで、曖昧さがなくなり簡潔に設計意図を表現することができる。アプリケーションでは、3次元形状表示の状態から、断面や矢視の存在を示し、見たい断面などを直接指示してシームレスに閲覧するような機能性が必要である。従来の図面手法である断面矢視図は少ない紙面で多くの情報を表示するための手段であり、データの保持方法が電子媒体になり、3次元形状から断面や矢視を直接閲覧できるようになれば不用である。

(4-2) 製造属性、製造要件

- 部品属性情報

部品属性情報は、部品や素材などの資材調達のための情報である。資材調達の様々な状況に適合させるような工夫が必要である。

例えば、複数の部品が組み合わされたセット部品が、セット部品としての部品コードと、その中の1部品を示す単品部品コードを持つ場合がある。また、納入先企業の規格部品として規格されている場合には、部品メーカーコードとは異なった部品コードを持つ場合がある。設計段階で、こういった資材調達の様々な状況を想定した部品属性情報を付加させることは合理的ではなく、設計における部品属性情報を基準にして、実際の調達方法に合わせたマッピングを資材調達部門サイドで行うべきである。

- 加工属性情報

加工属性情報では、切削加工や研磨加工などの何らかの加工を必要とする部位の加工内容を示すものであるが、加工が完了した時の加工面粗さなどの量だけではなく、その加工面の利用用途が明示される必要がある。

現状の製図法における、仕上げ記号（三角記号）は、加工面の利用用途を示す情報として使われている。例えば、△△は、公差内の精度を確保して、部品をはめ合わせるなどの部位であることが読み取れ、単に、表面粗さ R_y の値が省略された表現ではない。逆に、 R_y の表面粗さの値だけがあっても、加工面の利用用途が類推できない。

設計サイドで付加する加工属性情報には、細かい加工条件などの製造サイドの情報を含めるべきではない。あくまで、設計において意思決定した情報のみを保

持すべきである。加工方法や加工条件などの情報は、設計における加工属性情報を基準にして、製造サイドで付加されるべきである。これは、情報の流通性や保守性、情報の寿命の観点で重要である。製造期間の短縮のために、何もかも設計サイドで情報を付加しようとする動きがあるが、加工ショップも定まっていない設計段階での加工に関する詳細な情報付加は、加工方法の選択自由度を失わせ、新たな加工技術の適用をし難くするため、行うべきではない。

(5) 設計情報品質高度化技術

日本の製造業のほぼ共通した強みは最終製品の品質の高さ、品質織り込み期間の短さであることは良く認識されている。製品品質は意匠性の高い乗用車のような製品、精密機器、船舶、建築物、プラント、電気・電子製品など分野が変われば品質の着眼点や優先が大いに異なると思われる。ここでは筆者が或る程度業務で経験している意匠性の高い製品について考察する。一口に意匠性の高い製品の品質と言っても、その要件は見える／意識できるものだけでも製品の見栄え、機能、性能、安全性、耐久性、環境適合性、リサイクル性など多岐に渡る。この他に設計初期には明示的でないが設計が煮詰まるにつれて判明して処理される品質や、見栄え品質と機能品質と製作コストのせめぎあいなどのように干渉する要件をバランス良く満たす設計の調整などが現実には行われる。本稿では意匠性の高い製品、特に乗用車開発における品質の取り扱いを具体例として現状、将来の一層の短納期、高品質を実現するための課題、課題実現の基礎としての IT 基盤、品質の評価・適合技術などについて以下に検討する。

(5-1) 品質の取り扱いの現状と課題

まず乗用車のスタイルデザイン工程であるが、ここでの着目品質は明らかに見栄えが中心となる。一つの曲面内および複数の曲面にまたがった十分な滑らかさ、全体の形のマーケットニーズへの適合性などが一部クレイモデルでの現物検証も含めて検討される。本工程へのエンジニアリングシステムの適用は進んでいるが、その役割は形状モデリング機能、滑らかさ検証機能、CG 技術を活用した全体の視覚的検討などが主である。次のボデー設計工程は内版の設計が役割であるが、着目品質は機能、安全性が中心である。エンジニアリングシステムは形状モデリング、図面作成の他に視界検討機能、衝突／落下／急ハンドルシミュレーションほか多種多様な機能でこの工程を支えている。エンジン設計では形状モデリングの他に機能、性能、耐久性検討などの各種シミュレーションが行われる。型設計工程では着目品質は機能、成形性が主眼である。成形性検討には、プレス成形シミュレーション、熔融樹脂の流動／凝固解析、熔融金属の流動／凝固解析などがある。型製作工程では加工品質が主な着目点となる。以上、確認すべき品質は各工程で検討されているが、総じて言えることは；

- ① 品質確認はエンジニアリングシステムの機能を活用して実施されており、データベースに残るのはその結果としてのプロダクトモデルのみである。つま

り品質の考え方、判断、現状の状態にした理由などは殆ど残らない。従って腕の良い設計者の技術の伝承にエンジニアリングシステムのデーやベースは貢献できていなし、過去の設計の再利用に関しても、その範囲は結果として残っているプロダクトモデルの再利用に限定される。

- ② 品質要件は個々独立ではなく相関する。この品質要件のせめぎあい、その解決策（妥協解）としての優先付けや判断も一切残らないし、ましてや最初から明示的にできないが重要性の高い品質要件などはエンジニアリングシステムのデータベースには一切残らない。

一方国際規格に関しては、ISO TC184/SC4 で開発されている ISO 10303(通称 STEP)がプロダクトモデルの表現に関してかなり充実してきた。製造業の実務で必要なアセンブリモデル、ライフサイクルモデルなども実務に適用可能な機能群になりつつある。しかし、複数社で協業して開発する製品の実務適用上極めて重要な設計品質やプロダクトモデルデータ品質の問題は未だ手付かずであった。ようやく最近後者に関して国際規格開発に着手する機運が出てきた状況である。

(5-2) 品質保持・保証の仕組みの構築

前項の分析から明らかのように品質に関わる技術者の思考／試行／判断は殆ど全てが人間系で賄われている。高技術、的確な判断力などの民主化による技術の伝承、技術者の底上げのためには、明示的でない品質要件も含めて思考や判断がデータベースに残る仕組みの構築が不可欠である。これによって以下の効果が予想される。

- ① 上級設計者の品質織り込み負荷の大幅低減
- ② 下級技術者のスキルアップの高速化
- ③ 日本独自の品質という付加価値のデータベース化による新規ビジネスの構築

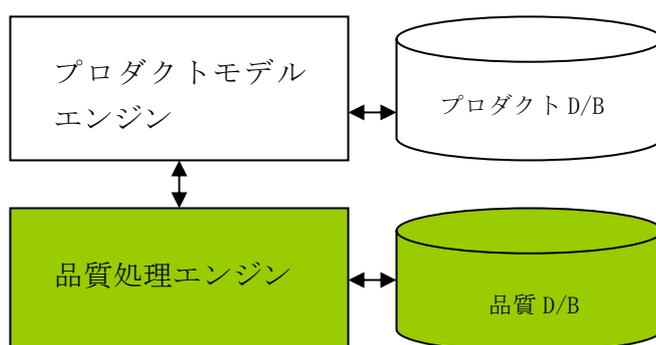


図 2.2-1：品質エンジニアリングシステム イメージ

(5-3) 品質の評価・適合技術

品質の IT 化の課題は具体的設計対象を規定し、品質処理エンジンが具備すべき機能、品質 D/B に蓄積する品質基準、品質判断を整備する必要がある。例えばエンジン設計、プレス型設計、時計などの精密機器設計などを順次対象とするこ

とにより、対象に依存しない共通な機能／仕組み、対象に依存する機能／仕組みなどが判明し品質エンジニアリングシステムのシステム仕様が徐々に固まる。品質 D/B の内容が充実すれば、そこに蓄積された事実を有効活用した自動設計も実現可能性が高まり、高い技術を持つ技術者の品質織り込み負荷の軽減が可能となり、彼等に更に高度な品質判断を検討する余裕を与え得る。また、新人設計者が品質 D/B の内容の学習や、それを活用した自動設計システムを使用することにより、品質判断を早期に身につける道も開ける。

(6) キラーアプリケーション開発支援

自動車の衝突実験を実験と同程度以上の精度でシミュレーションできるシステムの出現が数億／一回の費用を要する衝突実験の回数を大幅に減らし、更に候補の複数案を設計の比較的早い段階で衝突シミュレーションによって絞り込むことを可能にしたと言われる。このような大きな経済効果、設計工程改革を生み出す課題はまだ山積している。本稿ではその幾つかについて紹介する。

(6-1) 超精密レンダリングシステム

CG(Computer Graphics)技術の設計サイクルでの適用も近年大分現実的になっている。図 2.2-2 に乗用車のスタイル審査(形状、色)を従来の物理モデルベース(クレイモデル+実塗装)からデジタルモデルベース(CAD 曲面モデル+高性能レンダリング)に置きかえることを可能にするレンダリング例を示す。



図 2.2-2 乗用車レンダリング例 (トヨタ自動車(株) 殿提供)

この技術は従来のクレイモデル作成や塗装に要する期間／コストを要求しないから種々の形、色を自由に試せるだけ出なく、気象データ、環境データと組み合わせることにより、意図した車が曇りのミラノの町を走っている様子などを精密に Virtual 空間で表すことが出来る。この Analogy で種々の応用も考えられる。このシステムは今日現在世界の最高水準にあるが、このシステム周辺に使い勝手を高める機能を整備して、一体化したものを日本発のキラアアプリケーションとして世に出すことを提案する。整備すべき周辺機能とは；

- ①データ収集、データ管理機能
- ②プロダクトデータ授受機能(形状、材質)
- ③形状データヒーリング機能
- ④一部のモデリング機能(デザイン初期段階で未定義な形状の補完)

などである。

(6-2) 薄物大型射出成形専用システムの開発

欧米の一部の自動車 OEM(DaimlerChrysler, Audi, etc.)が従来の鉄板のプレスによる乗用車パネル作成を熱可塑性樹脂成形に置きかえる研究・実験を進めている。本手法は言わばプラモデルの延長として乗用車パネルを作成しようというものである。従来法では80－120点数となるパネル部品数が本手法では4－5部品に圧縮される。

現在耐久性、リサイクル性、衝撃吸収性などの観点での新材料の開発と厚さ2－3mmの巨大な樹脂製品の成形を可能にする特殊成形機に開発に焦点があたっているが、本手法を支えるエンジニアリングシステム開発は世界的に未着手である。このエンジニアリングシステムの機能要件は以下である。

- ①高精度溶融樹脂流動／凝固解析システム
- ②高精度溶融金属流動／凝固解析システム

冷却して取り出したものが即製品として使われることから上記要件は自明であろう。

- ③立ちの深い凸基準の専用加工システム

この3要件は独立性が高いため選択的なシステム開発も意味がある。

(6-3) 高機能 Viewer 開発

一般に一つの製品の開発に絡む人間、部門、会社は遠隔地も含めて多岐にわたる。Interoperability, Collaborationのキーワード実現はCADシステム共有、データ交換では不十分な現状がある。この課題を解決するために手軽に、安価に、高速に必要な設計情報を共有し、技術的な議論を可能にする Viewer に対する潜在ニーズは非常に大きい。既に市場には数多くの Viewer が存在するが、**‘手軽に、安価に、高速に必要な設計情報を共有し、技術的な議論を可能にする’**要件を十分満足すると認知されているものは未だ存在しない。日本の設計の強みを具備した高機能 Viewer 開発もキラアアプリケーションの1つの候補と考えられる。

(7) 情報化技術の普及による製造業の強化

技術立国を進めるには、日本の強みを支援することにより製造業を強化すること、及び知的財産を生み出し、それを利用して国内産業を付加価値の高い産業に転換していくことが求められている。

これらを加速するためには、情報化技術の支援が不可欠である。

(7-1) 製造業と情報化技術

製造業と情報化技術との係りは、次の4つの角度より考えることができる。

① モノ作りを直接的に支援する情報化技術

モノ作りを支援する情報化技術は、技術部門と生産部門、あるいは個別技術と管理統合化技術のそれぞれ2つに分けられるが、業種・製品によっても異なり多岐にわたる。

- 個別システムには、CAD、CAM、CAE、CAT、デジタルモックアップ、工程設計、各種シミュレーションなどがあり、多様なソフトウェアが支援している。
- 管理統合化システムには、PDM（設計情報管理）、MRP（下記のERPとの対で製造系）、部品表（設計・生産用）、FA（生産設備の制御）、MES（業務と生産設備の制御とを繋ぐ）などがあり、様々なシステムが支援している。

これらの情報化技術の内、一部の分野を除いて、主要なものは欧米製品である。個別の情報化技術は、それぞれが尖った優れたソフトウェアであることに加えて、統合化されることが重要である。統合化の方法は、開放化と分散化であり、相互接続、及び戦略的な標準化または戦略的な隠蔽化が重要になる。

また、製品形状の作成と加工のソフトウェアは一定の水準に達しており、設計意図の表現、シミュレーション、実際のモノとコンピュータ上に構築した仮想世界との比較評価など、製造業の高度化を支える情報化技術にも目が向き始めている。

② モノ作りを間接的に支援する情報化技術

モノ作りを間接的に支援する情報化技術には、調達・販売・物流・補修・財務・経理・人事など、様々な業務を支援するためのシステムを含む。ERPなどの基幹系業務システム、企業内・取引先を含むグローバルなネットワークなどを含む。

この分野には、製造業においても、膨大な情報化投資が行われている。とくに、大型のERPシステムは欧米製のソフトウェアが主力になっており、仕事の仕方の欧米化を要求されている。また、製造業の企業文化でもある部品表を、ここに含む場合もある。

③ 製品そのものに組み込まれる情報化技術

機械系の製品であっても、製品そのものに組み込まれる電気系・情報系の比重は徐々に増加している。とくに、一般消費財の場合、製品への付加価値の決め手が製品そのものに組み込まれるソフトウェアやLSIチップによることも多々発生している。同様のことは、生産設備にも言え、外部からの情報により作動する機械が、システムを組み込んだ付加価値をもつ機械に変身することもできる。

設計・加工技術などで差別化できる範囲、知的財産権により差別化できる範囲もあるが、組み込まれているソフトウェアやLSIチップが、模倣しづらい高度な付加価値をもつ製品に結びつく。

④ 環境・社会インフラを支える情報化技術

環境・社会インフラを支える情報化技術には、Internet、InternetVPN、VoIP、Internetのブロードバンド化、携帯電話、GPS、デジタル放送、デジタル家電などを含む。

環境保全・リサイクルだけでなく、Ipv6をベースにしたユビキタス環境、ユニバーサルデザインなども含めて、環境・社会に根ざした新たなビジネスチャンスが製造業にも生まれる。

(7-2) 研究開発と情報化技術

知的財産を生み出し、それを利用して国内産業を付加価値の高い産業に転換していくには、情報化技術により、研究開発を支援し加速化することが重要である。

① 研究開発の特性

研究開発に用いる知識は、情報とは別物である。すなわち、情報は情報化技術で蓄積・探索・加工したデジタル情報化した種々雑多の情報群である。

一方で、知識はそれらの中から一般的・普遍的・共通的なものを一連の繋がりをもった連想シナリオとして抽出して、最終的にはそれで脳に刺激を加えて新たな生産の仕組みや、新商品、新材料を産み出すことである。たとえば、まず加工機械が停止する原因を情報として収集し、次に確率の高い要因から停電復帰、工具破損、NC暴走のような故障シナリオとして整理し、最後にそれらを回避するための新形状工具や新カッターパス創成方法のような新たな新技術を技術導入や新規発明で導入することである。

情報収集とシナリオ抽出は、上記の情報化技術でも可能であるが、最後の新技術創造はコンピュータだけでは実施できず、たとえば構成員の討論の場を用意して、フェイスツーフェイスで脳を刺激することが重要である。

② 日本の製造業での研究開発の特性

日本の製造業では、新技術創造を、大部屋の中で、概念を日本語を用いてハンドリングし、常に目的の what to do がぶれないように、コンカレントに実施することが、これまでも生産文化の特徴とされてきた。この手法は、今後とも新商品の開発速度を高めるキーファクタとなろう。

③ 研究開発の囲い込み・統合化

当然のことながら、脳に直接叩き込まれた知識は暗黙知となり、企業外や海外から見えなくなる。さらに暗黙知を有するヒューマンリソースは待遇を良くして脳の中身の流出を防ぐから、外から見ると囲い込みになる。また「餅は餅屋」で特に加工装置を分業化して韓国や台湾に半導体や液晶ディスプレイの知識が流出した失敗を反省して、すべての研究開発を統合的に囲い込む動きが出ている。

知的財産や技術を軸にした囲い込みは、研究機関・大学にまで及んでいるし、膨大な研究開発投資を背景にしたグローバルな企業の提携・統合化も進んでいる。グローバルに異なる分野・企業・人種が集う場合、暗黙知を形式知化して特許としての権利を確保しておくことは重要である。

④ 研究開発を支援する情報化技術

研究開発を支援する情報化技術は、1) ① モノ作りを直接的に支援する情報化技術に含まれる。しかし、② に示したような、シナリオ抽出・脳の刺激に貢献して研究を加速する有力な情報化技術はまだない。コンテンツが主体になると思われるが、日本語をベースに、成功例を積み重ねる必要がある。

(7-3) 日本の製造業の強み

日本の製造業の強みは、製造業の業務を企画・設計・製造・営業・補修に分けると、これまでは製造にあった。それは明治以来、企画・設計で成功した欧米製品の国産化を主業務としていたからである。製造の現場では、高い教育水準と多くの暗黙知の蓄積を背景に、技術と技能の協調が、高いモラル上に構築されている。

今後は、顧客に商品を供給するまでの時間を短縮化することが望まれる。

欧米の製造業のように責任体制が明確だと、これらの業務をオーバーラップして短期間化することは、基本的には難しい。いい意味でミッションが明確でない日本の場合には可能で、自動車産業では、その強みが現実のものになっている。

もう一つ重要なのは、ビジョンを描き、そこから具体的施策を作り、強固な意志で実行することであり、すべてにスピードが求められる。戦後の製造業を支えたカリスマ経営者がリタイアした現在、日本企業が不得意な部分である。

日本においても、情報化技術はその意志決定速度を高める有効なるツールである。日本人の脳に適合する日本語や、それで記載された多年蓄積された形式知を最大限に活用できれば、大いなる力を発揮すると考えられる。

(7-4) 最終顧客と直結したビジネス

情報化技術主体で製造業が運営されると、生産文化はグローバル化して、日本は一つの生産ルート的一部分、たとえば精密部品工場として生きることになる。このようにならないためにも、最終顧客と結合してビジネスを行なう必要があり、情報化技術は、最終顧客との意志疎通に使うことが重要である。

今後は、素材を大量生産する業種とともに、個々の顧客の要求機能にマッチングした多品種少量または一品生産の業種が主体となろう。後者の業種のためには、営業や補修の業務において、情報化技術で要求機能を細かくトレースして、受注と共にプル生産で工程が始まる生産形態が、一般的になろう。

2.2.2 加工技術の現状

(1) 社会的、技術的背景

自動車部品に代表される機械部品の加工には、鋳造や鍛造などの成形加工技術を始めとして、切削や研磨、放電加工などの除去加工技術、溶接やめっきなどの付加加工技術、また熱処理などの改質加工技術など、様々な異なる加工法が用いられる。わが国はこうした加工法において、特に加工精度や加工能率において諸外国の追従を許さない高度な加工技術を生み出し、その結果、高品質な部品を安定して供給することで国際的に高い競争力を確保してきた。しかし、最近では以下のような社会的、技術的背景や問題が機械部品加工を行う製造業に顕在化し、その優位性も次第に維持することが難しくなる状況になってきている。

1) 社会的背景

・ 生産拠点の海外展開

世界的な製品の低価格化から、特に製品価格の大きな部分を占める人件費削減の点から、中国や東南アジアを中心とする海外に工場の移転が急速に進んでいる。また、自動車を中心として現地生産化も部品加工の海外移転に拍車をかけるようになってきている。

・ 諸外国の技術的追い上げ

工場の海外移転の結果、わが国の加工技術も同時に諸外国への流出につながり、相対的な技術格差が縮小しつつある。

・ 地球環境への対応

地球環境問題は局所的な問題から温暖化対策などの地球規模の問題に発展し、循環型経済社会の構築が早急に求められつつある。加工工程は一般にそのプロセスで大きなエネルギー消費を伴い、また廃棄物や有害な放出物を発生する場合もあることから、地球環境対策がますます強く要求されている。

・ 優れた加工技術者確保の困難性

今後確実に進む少子高齢化や若者の製造業離れにより、高度な加工知識や技能をもつ技術者の確保が困難になってくることが危惧されている。

2) 技術的背景

・ 微細化への流れ

わが国の加工技術が得意とする高精度加工技術をさらに極限化することによって、高付加価値化による差別化で競争力向上を図るとともに、新規産業創出の観点からもマイクロ化・ナノ化が様々な加工法共通に求められている。

・ IT化への対応

インターネットとそれを支えるコンピュータ技術に代表される情報通信技術の進展にはめざましいものがある。その時間的・空間的拘束を越えて情報を受発信、共有化できる機能を利用して、製造業では生産管理などの間接部門では情報通信技術の導入により省力化、効率化、省資源化が進み競争力向上に大き

な貢献をしてきている。これに対し、加工現場においては情報通信技術の導入が遅れており、速やかな情報通信技術との融合化が求められている。

(2) 現状を踏まえた技術的アプローチ

加工技術を取り巻く社会的、技術的背景は、競争力の向上に向けた高付加価値化や新加工技術を目指したいいわゆるシーズプル型と、社会ニーズの課題解決に求められるニーズプル型の技術開発を促してきた。

1) シーズプル型の技術開発

機械部品加工を中心とする国内の製造業にとって、製品の短納期化と低コスト化の追求は生き残るために不可避である。そのための加工技術開発の大きな流れの一つは、精度を維持しつつも加工の高速化を実現することである。

除去加工の中心となる切削や研削では、高速加工がこの10年来最も盛んに技術開発が進められてきたテーマである。特に切削における小径ボールエンドミルを用いたミーリング加工が高速加工の中心的位置を占めている。ミーリングで高速・高精度加工を実現するためには、高剛性・高馬力で低速から高速まで高精度に回転できる主軸や高速・高精度の位置決めが可能な送り駆動系、それらの動きを適切に制御できるNCを装備した工作機械の開発、また小径でも剛性が高く長寿命の工具の開発、さらにCAD/CAMデータの精度向上に関する技術開発が特に重要である。

一方、近年、ナノ・マイクロ加工に関する技術開発が大きな注目を浴びている。情報機器用部品のニーズの高まりと同時に、微細化による加工技術のカプセル化での諸外国との競争力確保を目的に、国としての重要な技術開発政策にも取り上げられたために、様々な加工分野でナノ・マイクロ化への取り組みが活発化している。微細な凹凸面の分布するテクスチャ面の創成や複雑な自由曲面の加工、3次元微細形状の創成、機能性表面性状の発現・制御などを主な目的として、除去加工を始め付加加工、成形加工などの多くの加工分野で共通の課題になっている。加工原理ばかりでなく、それを実現する加工機械も含めて新しい提案が多数出されるようになってきているが、産業的なキラーアプリケーションがまだまだ十分に示されない。

被削材としては、高付加価値化が期待できるチタンやAl-Mg系合金、光学材料、セラミックス、複合材、半導体材料などのいわゆる難削材や高品位加工が要求される被削材の需要が高まってきている。

情報化に対応する技術開発としては、加工プロセスを情報システムで利用、表現するために、プロセスの情報を検出するモニタリング技術ならびにシミュレーション、データベース開発が中心である。モニタリング技術としては、加工制御や状態監視を主な目的にリアルタイムでプロセス情報を検出するための技術、加工結果を機上で評価するためのオンマシン計測技術などの開発が進んでいる。しかし、加工プロセスのリアルタイム検知については、加工機械の自律化など高度制御機能実現の要となる技術としての必要性が叫ばれ続けているにもかかわらず、加工環境に適合するセンサの登場が遅れているなどの原因で十分な技術開発が進んでいない。特

にナノ・マイクロ加工の分野では、製品の加工後の計測も含めて加工モニタリング・計測技術の開発はほとんど進められていないのが現状である。

加工プロセスのシミュレーションシステムの開発は、プロセス現象をコンピュータ上で直接表現することを可能とするため、加工と情報を結びつける最も重要なアプローチの一つである。シミュレーションシステムを開発するには加工プロセスのモデル化が必要になるが、熱流体や塑性現象で比較的プロセスが表現できる鋳造、鍛造などではシミュレーションシステムの開発が先行している。しかし、様々な加工法では、加工プロセスにおいて複雑な現象が重畳するため加工機構の解明が十分に進んでいるとは言えず、特にプロセスの物理、化学、電気化学などの現象に基づいたシミュレーション技術の開発が不十分である。

2) ニーズプル型の技術開発

地球環境への対応技術の開発が最も盛んに行われており、実用的にもかなりのレベルに達しているものもある。加工に必要なエネルギーの削減、素形材量の削減、環境負荷物質の削減、リサイクル・リユース性の向上など様々な観点からのアプローチが行われている。各種加工法の中でも中心的な加工法である切削や研削では、加工液量を極少化することを目的に冷風、ミスト、MQL、ドライ、セミドライなどの加工技術の開発が行われている。鋳鉄や鋼材、アルミ合金素材は基本的加工がドライで行われることが多いが、より加工精度や加工品位を高めるには油材の有無が重要と言われているため、近年ではドライ加工が困難な素材も含めてセミドライ化の傾向が強くなってきている。

情報社会へ対応するための技術開発は、加工機械を含めたショップフロアのネットワーク化などを中心として情報技術分野で開発された技術を加工システムに取り入れることが中心である。加工機械内外の情報コミュニケーションを容易にするための制御装置のオープン化が中心的技術開発課題となっている。

グローバル化や消費者ニーズの多様化に対しては、決め細やかな製品開発を迅速に行うことが重要となるが、これに関してはいわゆるオンデマンド生産技術など生産工程全体としての取り組みが求められ、その中で加工技術としての対応が具体化してくるものと考えられる。

(3) 加工系と情報系の融合化に向けた課題

生産システムの中で直接製品との係わり合いをもち、製品の品質や性能を決定付ける大きな役割を担う工程が加工系である。にもかかわらず、情報化は生産管理から進み、加工系は生産情報システムから見れば最下位に位置づけられて情報化は最も遅れている。こうした加工系の情報化を進展するための技術的課題を考えるにあたっては、大きく2つのアプローチに分けることができる。その一つは情報通信分野で開発された技術を加工系に導入することである。もう一つはその逆に、加工系を如何に情報技術で記述、表現、利用するための技術を開発するかということである。この2つの観点から、現状を踏まえて加工系と情報技術の融合を図るためのニーズを考えてみたい。

1) 情報通信技術の加工系への適用

管理部門や設計部門ではコンピュータや情報ネットワークを中心とした情報通信技術をいち早く導入し、省力化、効率化、省資源化が大幅に進展してきている。生産システム全体の効率化等をさらに推し進めるには、加工系もこうした情報系の中に組み入れなくてはならない。つまり、加工系を情報ネットワークに組み入れること、およびそれを用いた新たな情報利用環境の創出が重要である。

・ 加工系の情報ネットワーク化

情報ネットワークに加工プロセス情報を組み入れることは、生産管理や制御を高度化する上で重要である。しかし、加工プロセスの情報検出用センサの情報を始めとして、制御情報などがいまだ上位情報系との一元化が図られていない。そこで、加工系の情報のもつリアルタイム性、高速大容量性などに適したネットワーク化技術の開発が求められる。

・ 加工プロセス制御、管理技術

様々な加工プロセス情報がリアルタイムで利用できれば、所望の加工が自律的に行える高度な適用制御機能をもった加工システム系の実現につながる。また、加工現場がグローバルに展開する中、新たな技術発展の要となる加工プロセス情報をどこでもリアルタイムに取得できることにつながり、的確な生産管理あるいは技術管理の実現が期待される。

・ 保守、保全

安定した加工を実現するためには、加工系の予防保全や遠隔診断の重要性も指摘されている。情報ネットワーク化のアプリケーションの一つとして期待される。

2) 加工系の情報系への展開

加工系を情報系で扱えるようにするための技術開発は、プロセス情報を検出し情報ネットワークへ発信できる技術を開発すること、また加工プロセスをコンピュータ上で表現することが当面重要な技術開発課題である。

・ 加工のモニタリング・計測技術

加工プロセス状態に関する情報の検知、発信は、生産システムの最適制御・管理の上で最も重要である。加工モニタリングに関してはこれまで多くの技術開発が行われてきているが、情報の信頼性や検出精度、導入コストなどの面においてまだ問題点も多い。特に、近年、ナノ・マイクロ加工のニーズが強まるにつれて、ナノ・マイクロ加工に適した加工状態のモニタリング技術や加工物の計測・評価法が開発が求められている。

・ 科学的・工学的加工プロセス現象の追及

多くの加工現場ではまだ熟練者の存在が重要である。その一つの理由が、加工プロセスのメカニズムが十分に解明されていないため、加工設計や診断などには作業者の経験や勘が求められるからである。そこで、加工プロセス現象の科学的追及を深め、客観性と汎用性をもった加工モデルを求めることが挙げられる。加工モデルが構築されれば、それはシミュレーションなどで情報システムの中で取

り扱うことを可能とし、加工系と情報系の融合化の中心的課題になることが期待される。

- 人のもつノウハウや意思決定プロセスの明示化

加工設計や加工診断には作業者の経験に基づく認識や判断が必要となる場合が多い。こうした属人的な機能や知識をできる限り情報システムで蓄積、利用できるようにすることは、技術の継承や技術者の高度化に重要で、これがわが国の国際競争力の向上の重要なアプローチと考えられる。「暗黙知の形式知化」はこれまでも叫ばれてきたが、より科学的な方法論も含めた本格的展開が求められる。

2.2.3 情報技術と加工技術融合の現状

生産システムは、情報技術と加工技術の融合システムであるという観点から、現状の課題について分類すると、

- ①情報技術が利用されていない加工技術の再認識
- ②情報技術を利用することで独自化、差別化される加工技術の再検討
- ③情報化技術と加工技術の融合両立のための方法論の検討と、それにより生み出される新たな生産システムの体系化の必要性

などが考えられる。

①については、現在、情報技術が利用されていない加工技術を集積・整理することで、なぜ、情報が利用されていないのか、情報技術が必要ないのか、また情報技術を利用できない要因は何かを検討・整理する必要があると考える。その意味で、情報技術とは無関係に生産活動として動き、発展してきた加工技術にはどのような背景があるかを再認識し解析する必要がある。例えば、これまで、工作機械や加工作業が単能的であり、情報技術を適用するのが困難、もしくは適用することは必ずしも効果を生まない加工技術などについて分類整理が必要と考えられる。

②については、情報技術を利用することはできるが、より積極的に利用することで、独自性、差別化が一層進展する加工技術の再検討を進める必要があると考えられる。その意味で、加工技術として、情報技術を少なくとも利用しているが、さらなる高度化のためには情報技術をさらにどのように発展・展開するのが適切であるかの検討を行い、それを有機的に加工技術に組み込むための検討を進める。例えば、工作機械や加工技術が、何らかのセンシング技術により加工作業のモニタリングを情報技術として利用しているものが多いが、さらにこうした情報技術をどのように発展・展開すれば、加工技術としての独自性、差別化ができるのかの再検討が必要と考えられる。

③については、情報化技術と加工技術とを融合させた、新たな生産システム技術体系化の方法論を検討し、それにより生み出される新たな技術シーズの創出を考える。その意味では、情報技術としても、加工技術としても新規のものとなる可能性が高く、また両者が融合することで、これまでに存在しない、全く新規かつ著しい競争力を発現する生産システム技術を創出する可能性がある。こうした意味では、シーズ創出に留まらず、ニーズとの融合というフェーズに入り込む可能性が高いと考えられる。また、そのためにも情報化技術と加工技術とのインタラクションが必須であると考えられる。例えば、マイクロ・ナノファブ리케이션という新しい加工技術に関しては、いまだ情報化技術・インフラともに未熟であるが、情報化技術の進歩とともに、新たな生産システム技術として体系化できる可能性が高い。また、加工技術はある意味では情報転写と言われるため、転写し易い情報化、情報化し易い加工との融合を考えて行く必要があると考えられる。

こうしたことから、加工に使い易い情報と、情報化し易い加工と、の両面において、インタラクティブな生産システム化技術の課題の存在が認められる。

イメージしやすい例としては、特殊微細加工として fs(フェムト秒)レーザー応用があるが、これは新しい加工技術でもあり、ニーズ要求も希薄であったため、加工ソフトウェアや制御技術が皆無に近く、加工ソフトウェアをどのように開発して制御するかの方法論が検討されてこなかった背景がある。このような特殊加工に関して、専用CAMに盛り込むべき機能やパラメータなどの仕様の模索により専用ソフトウェア開発の動きも現れるなど、新しい加工技術から情報技術へとアプローチが進む場面がある一方、この fs レーザー加工そのものが、ソフトウェアや情報技術による制御や計測・評価に耐える必要がある。つまり、加工技術として制御できないパラメータやリピータビリティに欠ける要素がある場合は、情報化を進展させてゆくことは本来的に困難であることに他ならない。加工技術と情報技術のインタラクションが取れることは、情報化技術と加工技術の両面において新規の仕様策定や新技術開発のためのルールの創出につながるものと思われる。このような情報・加工融合により新規の生産システムを創出して行く上で、特に加工技術の情報化技術側からみた時の設計方法論の欠如の存在が認識される場合がある。

生産システム構築の大半の場合、物理情報と加工技術との融合・制御が必要となるため、何がどのような機能仕様（要求仕様）を満たす物理情報であるかの決定・検証と、加工技術・機械システムの性能との差異の検討・補正手段の検討、そしてこれらの間での情報を取り扱うためのシステム化が不可欠なアクションとなると考えられる。機能仕様については、ニーズにより多岐に亘るために、どのようなデータ形式か、計測については必要な物理量レベルまでの抽象化プロセス、その同時・何チャンネル、何ビットでの取り扱いが必要か等、そして加工についての計測・制御を含めて、情報物理量との比較とともにシミュレーションのできるインタラクティブな製造支援環境の構築が不可欠と考えられる。こうしたことにおいて、物理情報の抽出、導出、特定、利用、転送等の方法論については、ニーズである機能仕様の持つ意味・意義の理解がキーとなるが、機能仕様の設計者は必ずしも現実的あるいは先端的な加工の知識を持たないため、機能仕様の意味の検証・検討が不可欠となる。一方、加工技術・加工システム側からのアプローチとしては、加工プロセス・システム仕様が長年のカルチャーに基づく経験が反映されがちであるとともに、一般に公称仕様値と実仕様値に乖離があることから、何が現実的な精度仕様等であるかを十分に把握・検証する必要がある。そのためのシステム・インフラ整備も不可欠となる。このような現状として、今後不可欠なアプローチについてまとめると次のようになろう。

- a. 加工技術から情報技術へのアプローチとして
 - ・加工プロセスの制御に必要なパラメータの導出
 - ・センシングやモニタリングに必要なパラメータの導出
 - ・各パラメータの物理量の検討とセンシングの方法論の検討
 - ・センシングされた各パラメータの転送・記録・評価方法論の検討等
- b. 情報技術から加工技術へのアプローチとして
 - ・機能仕様から加工プロセスへの要求パラメータの選別

- ・要求パラメータと、加工制御パラメータとの整合性の検討
 - ・要求パラメータに適合する各加工制御パラメータのキャリブレーション
 - ・制御・計測、システム化のためのソフトウェアとしての操作性、使用感の検討
- c. 加工・情報融合システムとしてのアプローチとして
- ・生産システムとしての安全性の検討
 - ・生産システムとしての合理性、最適化の検討
 - ・生産システムとしての製造技術システムにおける位置づけの検討
 - ・生産システムとしての機能限界の評価およびアップグレード機能の検討

こうした個々のスタンスを融合する上で、いわば物理、工学いずれからのアプローチについても受容できる技術的・人的リソースとそのインフラ構築が不可欠と考えられる。両者間での機能モデルと機械モデルの検証シミュレーションツールとしては技術的リソースと言えるが、人的リソースの介在によって初めて現実味を持つ形になると考えられる。その意味で、これらの融合役としての人的リソース発掘／育成環境の整備も不可欠と考える。

いくつかの研究課題事例については後述されるが、このようなアプローチ加工・情報融合技術化により、目指すべき期待効果について、一般概念として分かりやすい言葉で表現を試みると、次のようなものが考えられよう。

ア) 使えば使うほど精度が良くなる生産加工システム

→情報技術を利用することで、生産システムの技能化を図ることのできるシステム構築。

イ) オンデマンド生産システム（加工・計測・組立システム）

→ユビキタス技術などを応用しながら、大量～少量まで柔軟に対応できる生産システムのコンセプト化。

ウ) 極限精度を求める観点から、モニタリング技術の高度化

→精緻な加工における極限精度を求めるために、生産のモニタリング技術の高度化が不可欠となる。特に、微細化、高速化が必要となる。

エ) 生産システムの高度化の観点から、4次元加工データベース構築

→生産システムの最適化の観点から、時間軸を含めたデータ構築を行い、上述の効果実現をさらに進歩させる。

一方、こうした新しい機能が求められる生産システムとして、近年、マイクロ／デスクトップファクトリーへの深化・進展が見られる。図 2.2-3¹⁾は、実用化されているデスクトップファクトリーを例示する。生産対象サイズに応じて、ダウンサイジングされたシステムであり、高効率化、エネルギー効率化、スペース効率化、生産の微細化・高密度化、クリーン化、そしてコストダウンが期待される。ここで言う微細化は、単純に小さくすることではなく、生産対象物に応じ、オンデマンドでの微細化を意味するものであり、生産システム分野の一つの流れを呈するものと考えられる。日本に独自のものづくりを確実に残し、進歩させて行く上で、マイクロ／インテリジェントファクトリーへの注目が集まっており、着実に実用化が進んでゆくと考えられる。



図 2.2-3 デスクトップファクトリーの例

参考文献

- 1) 三協精機製作所ホームページ <http://www.sankyoseiki.co.jp>

2.2.4 製造システムの現状

製造システムに関しては、製造技術の高度化といえども、古くて新しい問題がそのまま取り残されている。これは、製造システムを取り巻く環境が、1990年代までの重装備の自動化量産システムから柔軟性のある多品種生産、さらにはセル生産に代表されるようなローコストの変種変量生産へ変化しているため、従来の自動化技術や生産技術を直接的に発展させるのではなく、新しい環境に適応した自動化技術、生産技術に変えていかないとならないために生じている。また、1990年代を境に、日本の企業、特に製造業が、グローバル展開し、海外における生産が日常化してきたこと、特に、低労働賃金の国々との競争環境において、生産していかなくてはならないこともその原因のひとつとして挙げられる。

このような現状において、わが国の製造システムにおいては、製造コスト、特に、製造の直接労務費や自動化設備の投資回収費に対する視点が重要になってきている。また、高付加価値部分の国内生産化、設計や製造準備のオフライン化などが検討されてきている。

そこで、現在では、セル生産などのローコストで変種変量生産が可能な製造システム、製造の監視やライン変更、加工条件の変更などをラインサイト以外の場所から支援する遠隔システム、生産管理や生産計画などの製造基幹システムと現場の管理、制御システムの統合などが問題として、クローズアップされてきている。

このような現実の中で、今後考えられる生産システムの形態を予測することは、非常に困難であるが、国際会議や標準化団体の中では、次のような課題が議論されている。

- ① 製造情報システムと基幹システムの統合
- ② 実績管理システムとトレーサビリティ
- ③ リスク管理とメンテナンス
- ④ 生産システムにおける情報セキュリティ

(1) 情報システムの統合

製造システムにおいては、1980年代のCIM (Computer Integrated Manufacturing) の提案から、今までさまざまな情報統合の提案がなされてきているが、十分とはいえない状態である。この分野は、SAPを中心とした欧州の製造基幹システムが、パッケージソフトウェアの主流になっており、その占有率は高くなってきている。そのため、多くの企業が、生産計画、基幹システムと製造業現場情報の統合に、SAPを用いるようになってきている。さらに、アメリカを中心に、SAPとMES (製造実行システム)との統合で、情報統合を実現しようとする試みが行われている。たとえば、アメリカの標準化団体のひとつであるISAは、1996年にISA-SP95の企業モデルを発表し、さらに、2000年には、ISOの規格としてそのSP95を提案して、現在その審議が続けられている状態である。

SP95は、組立産業や機械製造業を対象とした製造モデルの提案であり、生産管理

情報から製造の制御情報、進捗を含む実績データなどの情報のつながり方を UML 記述で記述したモデルである。

これは、生産の基幹情報と実績情報のインターフェイスを定義して、ERP パッケージと MES プラットフォームを繋げるための役割を考えようとしている。

しかしながら、日本の企業では、プロセスや製品寿命の長い製品群では、SAP の実績は高いが、組立系の製造業においては、SAP の導入実績は、それほど多くない。これは、一般的には、日本型企业形態に対する仕組みが含まれていないと言われている。ところが、何が日本型なのかだれも認識していないし、それを取り上げて、ソフトウェア化していないところが問題である。カンバン方式やトヨタ生産方式などさまざまな取り上げ方をされているが、ソフトウェア化はされていないので、現場主導型で行われている。

(2) 実績管理システムとトレーサビリティ

製造システムのもうひとつの古くて、新しい問題のひとつに、実績管理とトレーサビリティがある。この問題は、従来は、工場内の生産実績と工場内の仕掛品を追跡する必要性から生まれたものであり、バーコードや二次元バーコードや RF タグなどで仕掛品を追跡して、品質管理情報、進捗情報、在庫管理情報として管理するものであった。この場合、一工場内に閉じたシステムとして、作られているので、それほど問題が生じていない。これが、SCM(Supply Chain Management)のなかで用いられったり、PLCM (Product Life Cycle Management) で用いられったりする可能性が検討されると多くの問題が生じると考えられている。SCM では、前工程での生産物の生産状況、生産条件の記録、PLCM では、使用状況、回収のための情報などを記録する仕組みなどが求められてくる。特に、安価で、普遍性のある、情報の基盤の構造（データ構造など）の確立やデータの改ざん防止や不正使用の防止などセキュリティの問題や企業や時代を超えた情報の利用の普遍性など困難な問題があると同時に、これらの情報の利用形態などを含めて問題を解決する必要がある。

(3) リスク管理とメンテナンス

昨今の事故や重大な故障を考えると製造業におけるリスク管理と設備メンテナンスが重要になってきている。リスク管理は、自分の工場内だけでなく、SCM 全体に関するリスク管理、リスク分散などが重要になってきている。また、長期にわたる無事故の重要性が問われてきている。従来のリスク想定範囲が、物理的にも広範囲になってきていること、時間的にも長期にわたっており、対象範囲が級数的に広がってきている。その中でリスクの発生を少なくする方法、たとえば6シグマの管理など、発生確率が少ないものに対する対策も重要である。また、発生した場合のリスクの抑制方法などが今後考えられていく必要が出てくる。

(4) 生産システムにおけるセキュリティ

製造システムの情報化が、進展してきており、情報の開示と秘匿が大きな問題となってきた。情報を共有することの利点は、今まで、コンカレントエンジニアリングや SCM などのビジネスモデルで実証されてきているが、クローズドな系列関係からオープンな調達環境に変わりつつある現在、情報の秘匿と開示のバランスが重要になってきており、その一側面として、セキュリティの問題がクローズアップされてきている。製造業のセキュリティを取り上げ始めているのが、アメリカであり、アメリカの標準として、ISA-SP99 が公開され始めている。

2.3 研究開発テーマの提案

(1) 計測技術とデジタルエンジニアリングによる現物融合化技術

日本の製品開発力を強化し、世界に先駆けた製品を出し続けるための競争力を実現するには、モノづくりのIT武装、すなわち、CAD・CAM・CAEに代表されるデジタルエンジニアリング技術が必須である。しかし、これらの従来技術は世界的に普及したために、もはやそれだけでは差別化できず、国際競争において十分な競争力を与えるものにはならない。

本課題の最大の特徴は、最新の計測技術をベースにして現物とデジタルエンジニアリングを結び付け、現場のレベルが高い日本固有のモノづくりの強みをデジタルエンジニアリングに織り込むことである。従来のCAD・CAM・CAEを中心とした仮想設計技術は、この現物からのアプローチが欠けていたために、日本固有の技術とはならず、また欧米のツールに依存してしまっており、十分な競争力を実現できていなかった。

一方、既存のCADは、コンピュータ性能が低く、通信技術も発達していなかった時代のエンジニアリングスタイルをもとに作られ、今日まで互換性にとらわれながら進化してきた。劇的に進化した情報インフラを低価格にすることのできる今日では、これらを活用する、新しいスタイルのエンジニアリングがあり得ると考えられる。本課題では、情報技術と上記の現物アプローチとの融合によって日本のモノづくりのためのデジタルエンジニアリングの新しい次元を開く研究開発を行う。図 2.3-1 は、以上述べた本課題の基本的な目的を表したものである。

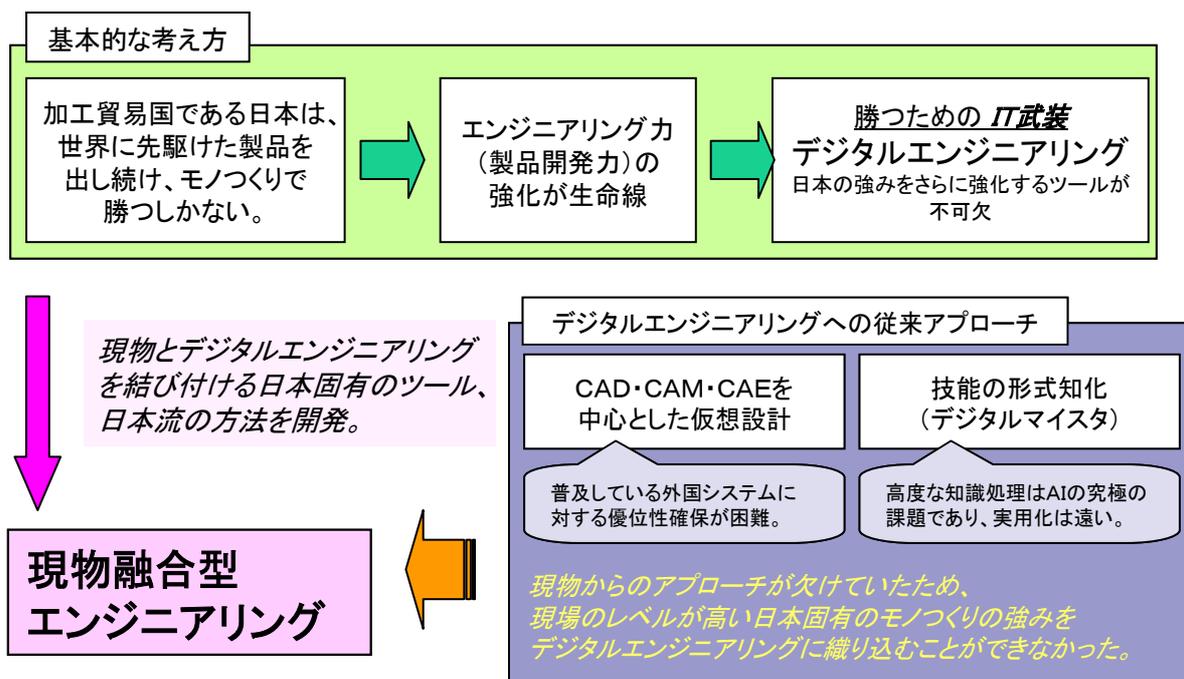


図 2.3-1 現物融合型エンジニアリング

研究課題の項目としては、図 2.3-2 に示すように、デジタルモデルをフル活用するような新しいデジタルエンジニアリングシステムの開発と、そのためのモデリング技術やシミュレーション技術などの要素技術に関する研究開発となる。たとえば、現物と CAD モデルの比較では、スキャナーなどの計測機器から得られる表面点群やポリュームデータから 3 次元モデルを生成し、さらに、それを CAD モデルと比較可能なものに再構成するための技術が必要である。そしてこの比較技術をベースとして、CAD へのフィードバックや、現物モデルによる CAE モデルの生成とシミュレーションなどを行うことができ、設計段階での高精度な性能予測が可能となる。また、このようなモデル再構築技術は、現状でもリバースエンジニアリングなどの技術があるが、作成工数の上で問題があり、また、その現物を設計した CAD モデルとの対応が悪く比較が難しいなどの問題がある。

同様の課題は列挙に暇がなく、計測技術とデジタルエンジニアリングの統合した新しい設計解析手法を実現するために、次のような項目について幅広く研究開発することが急務となっている。

- ① エンジニアリングプロセスの具体化
- ② デジタルモデルの活用技術の開発
- ③ エンジニアリングツールの開発

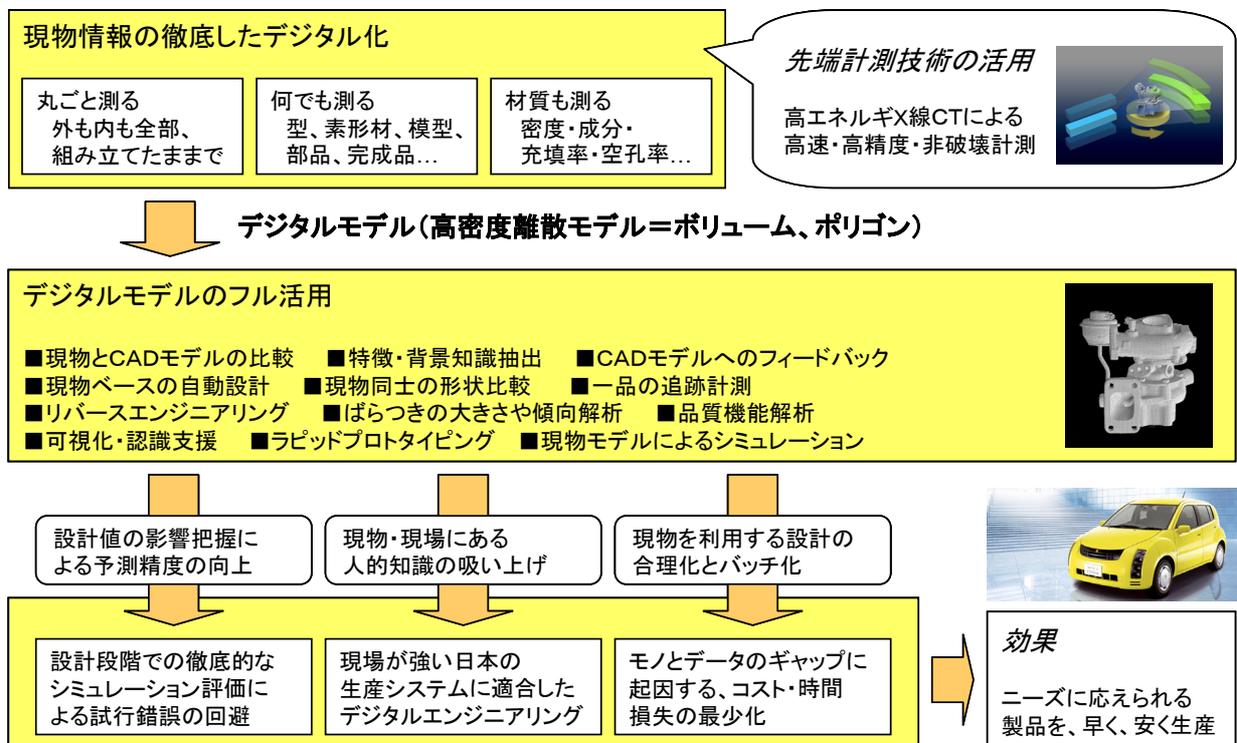


図 2.3-2 現物融合型エンジニアリングのアプローチと課題

(2) 設計品質高度化技術の研究

1) 研究概要

日本の製造業の強さの根幹にあるのが品質の高さであることは異論のないところである。つまり、最終製品の品質の高さ、製品開発工程での品質の醸成（作りこみ）の早さが競争力の源泉になっている。典型例は乗用車であり新車開発期間が欧米競合に較べて最短であること、故障しにくいことなどが日本の自動車産業が世界を牽引する原動力になっている。

しかしその実現は優秀な個々の設計技術や生産準備技術を総合的に機能させる優秀なマネージャの統率力、個々の技術者の意識の高さ、創意工夫など人間系に強く依存する。

人間系に依存している以上作業の効率化、技術の民主化に限界があることは自明である。従って今後一層競合力を高めるための鍵は IT 技術を活用していかにしてこの限界を打ち破るかにある。

本研究では我が国製造業の強みの源泉である設計品質に着目し、設計品質の一層の高度化を可能にする日本独自の IT 基盤の構築を研究する。

2) 必要性

安価な労働力を基盤としたアジアの製造業の追い上げが我が国の製造業を圧迫している現状の打破は急務である。アジアの安価な労働力と共存して日本の強みを維持するためには、品質という我が国製造業の武器を徹底的に洗練させて差別化を図ることが不可欠である。

3) 準備状況

3D エンジニアリングシステムは近年機能的には長足の進歩を果たしている。

その結果、本件で提案する品質エンジニアリングシステム構築のための要素技術は以下のように整備されてきつつある。

- ①精密な形状処理技術、特に形状特徴、パラメトリックモデリング技術
- ②知識の表現も含めたデータベース技術

これらを基礎に品質を本格的に扱うエンジニアリングシステムを構築する環境は一通り整備できていると考えられる。

4) 提案する政策

現在品質に関わる技術者の思考／試行／判断は全て人間系で賄われている。

高技術、的確な判断力などの民主化による技術の伝承、技術者の底上げのためには、明示的でない品質要件も含めて思考や判断がデータベースに残る仕組みの構築が不可欠である。これによって以下の効果が予想される。

- ①上級設計者の品質織り込み負荷の大幅低減
- ②下級技術者のスキルアップの高速化
- ③日本独自の付加価値（品質）のデータベース化による新規ビジネスの構築

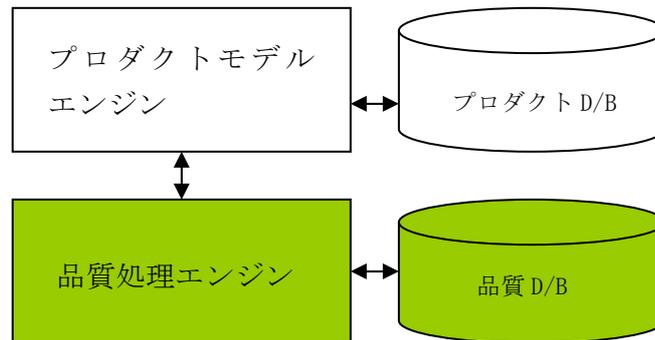


図 2.3-3 品質エンジニアリングシステム イメージ

品質の IT 化の課題は具体的設計対象を規定し、品質処理エンジンが具備すべき機能、品質 D/B に蓄積する品質基準、品質判断を整備する必要がある。例えばエンジン設計、プレス型設計、時計などの精密機器設計などを順次対象とすることにより、対象に依存しない共通な機能／仕組み、対象に依存する機能／仕組みなどが判明し品質エンジニアリングシステムのシステム仕様が徐々に固まる。実際の設計を通して品質 D/B の内容が充実すれば、そこにある事実を有効活用した一定の品質基準を満たす自動設計も実現でき、高い技術を持つ技術者の品質織り込み負荷は大幅に軽減され、更に高度な品質判断を検討する余裕を彼等に与えることが可能になる。また、新人設計者が品質 D/B の内容の学習や、それを活用した自動設計システムを活用することにより、品質判断を早期に身につける道も開ける。

5) 研究規模

3 年間、5 億円。

6) 期待される効果

- ① 上級設計者の品質織り込み負荷の大幅低減
- ② 下級技術者のスキルアップの高速化
- ③ 日本独自の付加価値（品質）のデータベース化による新規ビジネスの構築
- ④ プロダクトデータの品質向上は米国商務省 NIST の報告によれば全世界で年間一兆円を越す経済効果があるとされる。本提案はそれを設計品質の領域に広げる物であり、年間数兆円の経済効果が見込まれる。

(3) 設計生産知識の動態保存に関する研究

1) 研究概要

生産システムは多くの設計者、技術者、作業員などの知恵の結晶であるが、それは明示的に記録されていないため、時間の経過に伴い失われてしまう。本研究では、設計生産に関する業務実施環境がデジタル化するのにあわせて、設計や生産における優れた知識や技能を有する人の作業を仮想世界に記録し、再利用することを目指した動態保存手法を確立し、知識集約型の実現を目指す。

2) 必要性

厳しい国際環境において日本の製造業が生き延びていくための唯一の道は、製品の開発と生産に投入される知識と技能の密度（空間的および時間的）を飛躍的に向上させ、国際競争力のある商品を短時間で市場に投入することであろう。そのためには、優れた設計者や生産技術者、技能者の知的生産性を向上させることと、そうした人材を多く育成していくことが必要である。

3) 準備状況

国内においては、経済産業省が推進するデジタルマイスタープロジェクトにより、生産の知識や技能をデジタル化して再利用することに対する関心が高まり、多くの取り組みがすでになされている。また、ナレッジマネジメントの名称のもとに企業として知識を管理・運用していく必要性の認識が高まっている。

また、生産をとりまく業務の環境は、CAD/CAM/CAE や PIM、グループウェアなどデジタルのツールが普及してきており、業務において扱った対象や実施した操作などの記録をデジタルとして獲得することは以前と比べ容易となってきた。

4) 提案する政策

本研究を推進するための政策として、システム開発に関する政策と、知識利用・流通に関する体制整備に関する政策の2つに大きく分けられる。

システム開発に関しては、

- デジタル作業環境で使用するツールから作業履歴を取得、再現できること
- 作業員の音声やジェスチャの自動認識を用いたデジタル化
- 生産に関するオントロジーの整備
- 3次元データを直感的に操作可能なユーザインタフェースの開発

などの項目があげられる。

また、知識利用・流通に関する体制整備としては、

- 知識や技能に関するコンテンツの権利の法的整備
- 知識や技能の提供者に対する対価の算出基準の制定
- 知識や技能の流通・利用の体制の整備
- 教育システムの整備

などがある。

5) 研究規模

システムの開発に関しては、年間5億円（人件費を除く）、関係する研究者数は20名程度を考えている。

6) 期待される成果

生産における知識と技能の記録・伝承と、知的生産性の向上



図 2.3-4 仮想生産の技術を用いた動態保存システムの例（大阪大学／北海道大学）

(4) マイクロ加工におけるインプロセスモニタリング技術とプロセス制御技術

1) 研究の概要

数ミクロンから数ミリ程度の3次元微細形状創成を行うマイクロ機械加工を対象にして、加工プロセス現象をインプロセスで検出するためのセンサ、信号検出システム、センサ信号処理技術を開発する。さらに検出したセンサ情報を用いることによって、所望の加工を自動達成できる機能をもったマイクロ加工適応制御システムを開発する。

2) 研究の必要性

ドリル、エンドミル、旋削、研削などの機械加工、またレーザーを用いた高エネルギー加工を用いた除去加工は、ますますナノ・マイクロ化の傾向に向かいつつある。現状技術では加工を実現するための技術開発が中心となっているが、実用化に向けては加工メカニズムの解明や安定した加工の実現が重要となる。そのためにはプロセスモニタリング技術と加工制御技術の開発が必要であるが、加工そのものが微細であるため、形状的また物理量的にも従来の加工と比べると微細な量が検知できる機能や性能がモニタリングに求められている。

3) 研究開発内容

マイクロ加工技術はMEMSなどを実現する上での重要技術である。そのため、機械加工や高エネルギー加工によって様々な3次元微細形状を創成する加工技術の開発が行われている。しかし、加工プロセスのモニタリングおよび適応制御技術の開発はまだ十分なものとはいえない。そこで、数ミクロンから数ミリ程度の機械加工によるマイクロ加工を対象にして、以下のような技術開発を行う。

① マイクロ加工プロセス検出用センサ技術

微細ボールエンドミルおよびドリル加工を対象にして、加工制御に必要な3成分加工力、工具損耗、加工精度、加工品位に関する物理・化学量を検出できるセンサを開発する。特に、数mNの分解能をもつ力センサ、損耗センサが一体化された微細工具、オンマシンでサブミクロン以上の分解能をもつ形状精度検出センサ、加工変質層などをオンマシンで検出できるセンサを開発する。

② 信号処理技術

工具の損耗や異常振動など加工を阻害する様々な加工異常を、センサ信号からリアルタイムで処理する信号技術を開発する。

③ マイクロ加工適応制御システム技術

リアルタイムで得られた加工プロセス状態に関するセンサ信号を用いて、加工異常などに対応しながら目的の加工を継続するためのアルゴリズム、ならびにそのアルゴリズムに基づいてリアルタイムに加工プロセスを制御するための制御システムと加工機械メカニズムを開発する。

4) 期待される効果

マイクロ・ナノ加工はわが国の産業競争力強化の重要な課題として、総合科学技

術会議などで指摘されている。しかし、いまだ多くの技術が研究開発段階にあるが、本技術により、産業化に必要な安定した品質が常に確保できる技術が実現される。また、モニタリング機能は加工プロセスのメカニズム解明にも寄与でき、加工の高度化や新たな加工法への発展へも期待できる。

5) 開発費用、期間等

総開発費用：5億円

開発期間：3年

(5) バーチャル加工作業習熟システム

1) 研究の概要

加工に求められる知識や作業技能を迅速に習得するとともに、技能継承、作業性の事前検証による作業の高信頼性化などを目的にして、バーチャルリアリティを用いて加工作業を事前に体験できるシステムを開発する。当面、溶接などの手作業に頼ることの多い加工法を対象にして、加工プロセスシミュレーション技術および3覚提示技術の開発を行う。

2) 研究の必要性

溶接や鋳造など、加工作業には熟練技能を伴うものが多い。作業者の高齢化に伴いこうした熟練技能の伝承がスムーズに行われなくなってきており、その結果産業の弱体化につながるものが危惧されている。そのため、若者が加工現場に入りやすい環境と、熟練技術を容易かつ短時間に習得できる支援技術の確立が求められている。

3) 研究開発内容

若者にとってはとく「泥臭い」イメージに取られやすい加工作業に対して、バーチャルリアリティ技術を利用して、加工作業の習得を短時間にかつ魅力を感じながら行うことを可能とするシステム技術の開発を行う。本研究開発では、作業者の手作業に依存することの多い溶接や鋳造（特に注湯作業）、研磨などを対象にして、加工プロセスを作業内容の変化に追従してシミュレーションするための技術、および作業内容とその結果を人間の3覚（触覚、聴覚、視覚）を通じて入力・提示するための技術を開発する。

①加工プロセスシミュレーション技術

溶接、鋳造における注湯作業、平面研磨作業を対象にして、加工プロセスの形状的、物理的現象などを、時間的に常に変化し続ける作業者からの作業入力に対して、3次元的にシミュレーションできるアルゴリズムならびにシステム技術を開発する。

②3覚提示技術

人間のもつ視覚、聴覚、触覚の3覚に働きかけて、シミュレーションシステムに作業の入力、およびその結果の提示をバーチャルリアリティを用いて提示する技術を開発する。たとえば、視覚としては的確な作業指示のために実空間と融合化したヘッドマウントディスプレイ技術やシミュレーション表示用実空間大3D表示装置、聴覚としては実作業音再現技術、触覚としては手作業の位置入力と同時に力覚、すべり覚（動き+対象物品位など）も提示することができる入力・出力装置技術を開発する。

4) 期待される効果

バーチャルリアリティという若者にとって魅力を感じる技術により、ものづくりに入りやすい環境が提供され、人材不足から来る製造業の弱体化を防ぐことができ

る。また、様々な加工作業をバーチャル作業空間で短時間に経験することにより、高度な技能を持った作業者を容易に育成することができ、技能の伝承や教育に関する問題解決につながる。加えて、加工プロセスの事前検証にも利用できるため、加工目的を実現するための作業設計が短時間に行えることも可能になる。

5) 開発費用、期間等

総開発費用：7億円

開発期間：4年

(6) 半導体製造現場における高度情報化生産システム

1) 概要

近年、半導体デバイスは、コンピュータにとどまらず、携帯電話、デジタルカメラ PDA(Personal Digital Assistance)といった携帯型デジタル機器から、ゲーム機、大型薄型テレビ、DVD レコーダ等の情報家電に至るまで、我々の日常生活の非常に広範な領域で用いられており、今日のデジタル情報化社会の基礎となっている。今後も、IC タグに代表される新規未開拓分野の発展が期待されるなど、半導体デバイスのますますの高性能化が望まれている。このような背景の下、次世代の半導体製造生産システムとしては、時代に応じて変化する社会ニーズに沿った高付加価値半導体デバイスを、如何にして、無駄なく効率的に安定供給するかが至上命題となっている。

そのためには、半導体製造システムを構成している各基盤技術を個別に発展させるだけではなく、生産システムトータルでの発展・最適化が不可欠であり、各基盤技術を縦横に結びつける情報化システムの適用が不可欠である。すなわち、最新の半導体製造生産システムと情報化システムを高度に、融合・運用させることで、上述の命題を解決する次世代高度情報化半導体デバイス生産システムの構築が期待される。

2) ニーズと現状

次世代の半導体製造現場において最適な情報システム促進手法を検討するにあたり、まず本節では、半導体製造現場固有の特徴を考えたい。これまでの半導体デバイス製造の歴史をふりかえると、半導体製造現場が本質的に有している固有の特性として、以下の二点を挙げる事ができる。

① 多工程製造特性

ウエハ製造工程から、マスク製造工程、フォトリソグラフィを中心とした前行程モールドイング、実装へと至る後工程など、非常に多岐にわたる複雑な工程を経て、一つの製品デバイスが製造される。

② 製造技術早期更新特性

各工程では、最先端の製造技術が投入され、常に更なる高精度化・スループット向上・歩留まり向上を求めた更新が行われている。特にクリティカルな工程では、その時代時代の最先端科学の適用が不可欠となっている。

これらの二大特性は、半導体製造の歴史が始まって以来、半導体製造現場が本質的に有している固有の特性ということができ、次世代の半導体製造生産システムにおいても、これらの特性を考慮することが肝要であると思われるつまり、半導体製造現場へ高度情報化技術を適用する際、上述の二大特性に、如何に親和性高く整合する情報システムを導入するかが重要である。また、二大特性の一方だけではなく、両特性に対して同時に情報化を促進することが、永続的でトータルな高度情報化半導体デバイス生産システムの構築につながると考えられる。

3) 期待される成果・波及効果

前節の考察のもと、半導体製造現場固有の二大特性を考慮した、高度情報化半導体デバイス生産システム概念図を図 2.3-5 に示す。これは、市場ニーズを適切に捉えた製品仕様の決定、製品デバイスの設計から製造・検査・出荷、さらには次世代に至る生産技術自体の開発も含めた半導体デバイス生産システムトータルでの最適化を図るものである。システムの主要な特徴を二大特性に対応させて記述すると以下のようなになる。

① [多工程製造特性の観点から]

生産ラインを構成している多くの製造装置、多岐にわたる技術分野といった、組織・分野の枠組みを超えた情報流通システムを展開するとともに、各工程内に設置された検査システムの取得情報を収集・解析・評価し、対象工程に迅速かつ適切なフィードバックをかけることが可能なシステム。本システムの実現には、革新的検査自動化システムの開発が不可欠となる。

② [製造技術早期更新特性の観点から]

現在、稼働中の製造・検査装置のみならず、各製造装置ベンダーが個別に次世代に向けて開発を進めている最先端製造装置の情報も同時に取得し新規設備の導入により刻々と変化する生産システムを時系列で安定化可能なシステム。本システムの実現には、生産ラインを一貫したシミュレーション技術の開発が不可欠となる。

今日の多品種少量生産時代においては、デバイス品種と生産量の変動に迅速に対応できることが必須であり、上述の二大特性を勘案した生産システムにより、時系列を越えた生産ライントータルでの情報処理・評価を適切に行うことができれば、時代によって大きな変化が予想される市場ニーズに対しても柔軟かつ最適な生産ラインの構築が可能となることが期待される。

最後に一例として、デバイス製造上、特に重要な工程の一つである半導体チップの実装工程に注目し、提案システムの期待効果について具体的に考察する。現在、半導体チップの実装現場においては、CSP(Chip Size Package)を目指した種々の技術(BGA(Ball Grid Array)、FCBGA(Flip Chip BFA))、あるいは、WL-CSP(Wafer Level-CSP)など、多様な高密度実装技術の研究・開発が行われている。そのような状況下、バンプ接点構造の採用は著しい普及を見せている一方、その実装方式やソケット、検査用配線、接点の微細構造化は困難を極めているそのため、製品を出荷する上で最も重要な意味を持つプローブテストシステムの効率的な運用が困難となっている。微細接点確保のためのメカニカルシステムは半導体チップの機能設計レベルと連動して進めることで実現が可能と考えられ、メカニカルシステム化と信号処理に必要な情報スペックとの高度な融合を行うことでより安定した最終プローブテストが実現可能と思われる。また、この安定したプローブテストの実現は、確度の高い検査情報がシステムに流通する事を意味し、二次的・三次的な作用により生産システムトータルとして、より高い生産性に結びつくことが期待される。

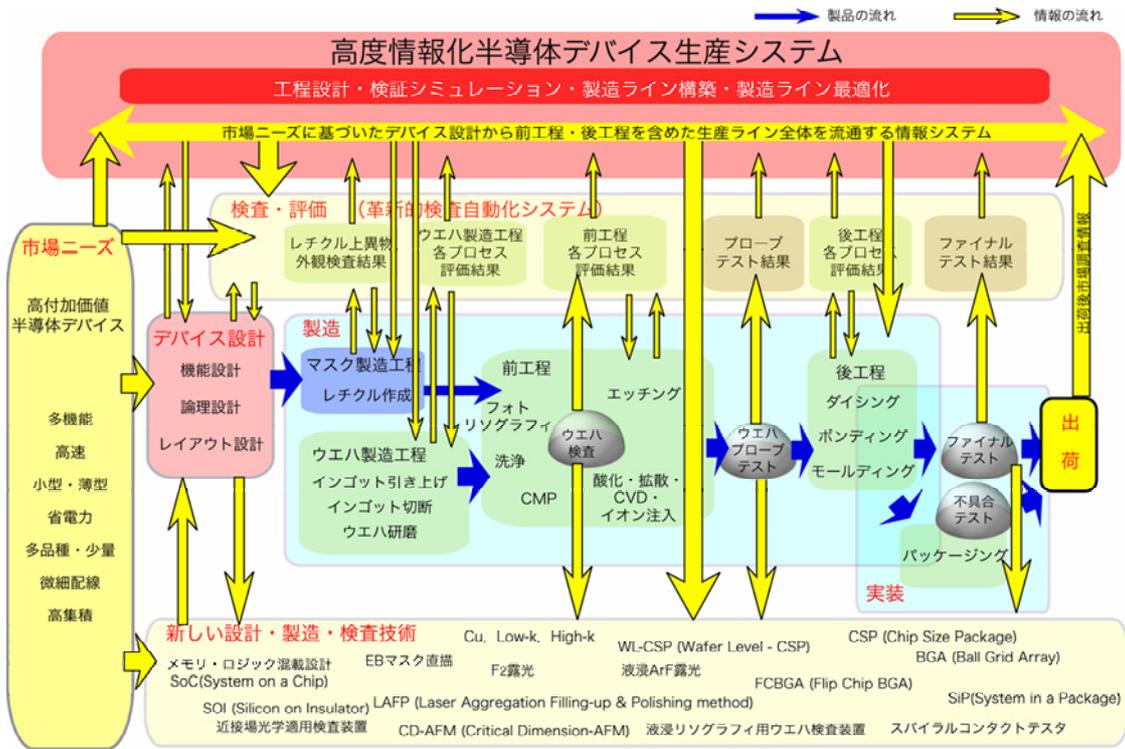


図 2.3-5 高度情報化半導体デバイス生産システムの概念図

参考文献

- 1) ㈱アドバンストシステムズジャパンホームページ : <http://www.asjp.co.jp/>

(7) 高度デジタル・マニュファクチャリング推進のための機器オブジェクトとシミュレーション・サービス・モジュールのライブラリ構築

1) 研究概要

仮想生産(Virtual Manufacturing)を中核とする生産活動のデジタル・モデリングとシミュレーションを行う高度デジタル・マニュファクチャリングを、効率的に推進するための生産システム要素のオブジェクトモデルと、シミュレーションで必要となる各種のサービスモジュールのライブラリを構築し、ビルディング・ブロック方式でユーザが効率的にモデル構築とシミュレーションを行う環境を実現する。

2) 必要性

生産システムのデジタルモデルを用いた事前評価や情報統合管理は今後の生産において必須の技術であると考えられるが、その実現と普及においてはいかにして容易にモデルを構築し、総合的なシミュレーションを可能とするか、という点にある。これに関しては、生産システムを構成する各機器のメーカーが必要となる機器オブジェクトとシミュレーション用のサービス・モジュールを開発、提供することで、ユーザの負担は大きく削減できる。それによって、デジタル・マニュファクチャリングの実用化と普及に大きく貢献することが期待される。

3) 準備状況

本研究を実施するための状況は整いつつある。まず、生産システムを構成する機器の製造メーカーにおいては、3次元CADを使用することが多くなり、機器の3次元モデルの準備は容易となっている。また、オブジェクト指向技術、分散シミュレーション技術、データベース技術、物理指向シミュレーション技術、形状処理技術、コンピュータグラフィックス技術、人工現実感技術などの関連技術の発展により、大規模で詳細な仮想生産が可能となりつつある。

また、製造企業側においても、デジタルモデルを用いた業務の高度化と統合化に対する意欲も高く、本研究で提案する内容の実現が求められている。

4) 提案する政策

本研究に関する政策としては、大きく以下にあげる3つの内容がある。

- 高度デジタル・マニュファクチャリングのための構成技術の開発【技術開発】
- ライブラリのコンテンツの標準化と関連ツールの提供【標準化】
- 構築されたライブラリの運用と認証【認証等】

技術開発に関しては、最新の情報通信技術の動向を踏まえて、高度デジタル・マニュファクチャリングの構成技術を継続的に開発、高度化をはかっていく。特に、ライブラリのコンテンツを取り込んで仮想生産を実行するプラットフォームの開発を中心に実施する。

標準化については、関連企業において機器モデルやシミュレーション・サービス

・モジュールを開発する際のインタフェースと、記述内容や処理内容を規定する。
規定に際しては各種の国際標準や、記述手法などに従う。

認証等については、こうした高度デジタル・マニュファクチャリングの信頼性を向上させ、取り組みを促進することを行う。たとえば、デジタル・マニュファクチャリングを行うことによる各種の手続きの簡略化や補助金の支給、各種監査システムとの連携などが考えられる。

5) 研究規模

技術開発に関しては、年間5億円（人件費を含まず）、従事する研究者数20名を想定している。

6) 期待される成果

製造業におけるデジタル化の飛躍的促進と国際競争力の強化

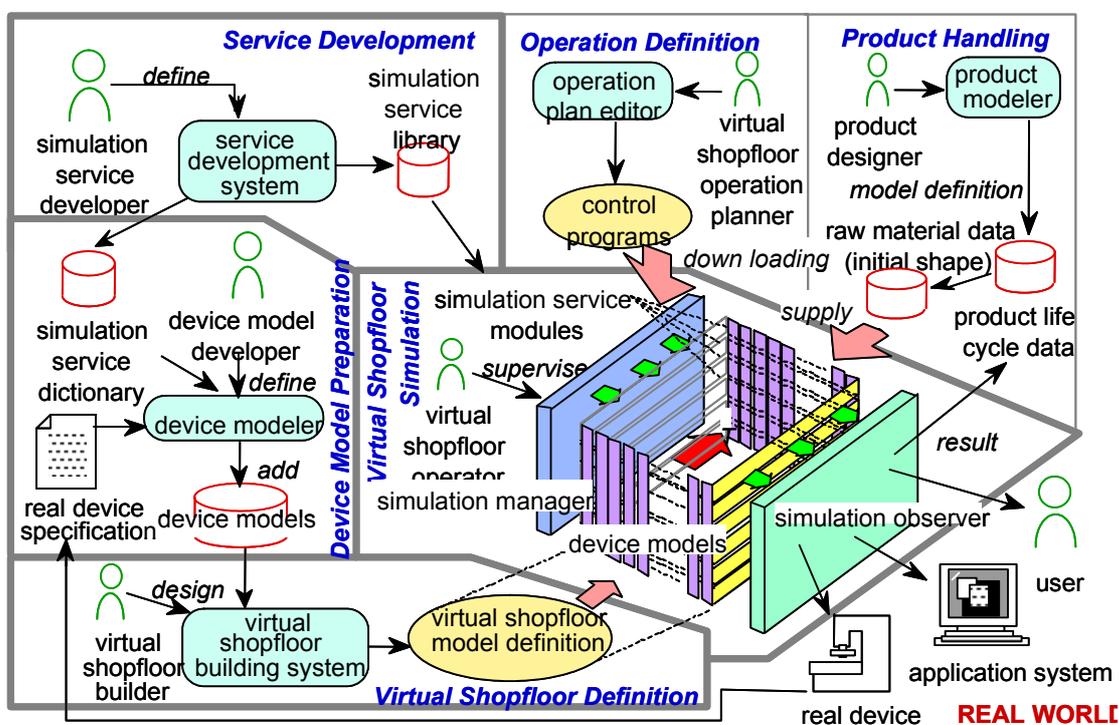


図 2.3-6 仮想生産構築の枠組み (VirtualWorks の例)

(8) 動的自動計測システムと高速物理情報伝送システム化技術

1) 概要

本研究テーマでは、高ノイズ環境下での高密度実時間計測技術をもとに、計測された多チャンネル実時間情報の処理と計測情報のプロセス制御への利用のための基盤技術を開発する。特に、加工システムにおける実時間動的精度保証技術を主たる研究対象として研究を進める。具体的には、加工システム上での計測のための要素技術の構築、多チャンネル・非均一情報の系統的かつ高速な伝送技術、大量で複雑な構造を有する物理情報をもとにした加工精度制御手法の確立、といった課題に取り組む。

2) ニーズと現状

わが国の製造業が優位性を維持しつづけるためには、大量生産による価格優位性を維持するのではなく、品質の優位性にもとづく高付加価値製品の製造へシフトすることが必要であるとの指摘がなされて久しい。近年では、高精度な工作機械の情報化が進むにつれ、海外の製造企業でも比較的短期間に品質の向上を図れるようになってきている。すなわち、これまでに行われてきたような個別企業による改良型の機能向上ではなく、新たなシステム設計原理に基づく革新的な機能向上を実現しうる基盤技術の確立が不可欠であると考えられる。そして、革新的な基盤技術を有する世界的に傑出した製造拠点を育成することにより、日本におけるものづくり全般に対する確固たる技術インフラを提供し、国内で生産を行うことへのインセンティブを提供できると考えられる。

特に、部品加工における精度向上に関しては、製造現場における加工による製品精度の検査はインライン化が進んでいるものの、いまだ動的な精度計測の自動化は進んでいないのが現実と言える。実時間で動的な精度計測保証技術が実現できれば、付加価値の高い高品位部品の迅速な加工を実現することができ、製造業の競争力強化に大きく寄与すると考えられる。

本研究テーマは、加工中に発生する多様な物理情報を大量かつ高速に収集し利用することにより、既存の加工機械では実現することの出来ない高精度・高信頼度・高能率な加工を目指すものである。そのためには、センシング技術、データ表現および伝送技術、多チャンネル情報をもとにした状況理解と制御技術、といった技術開発が必要である。

現在、ユビキタスセンシングネットワークなどの大量情報計測に関する概念的な提案がおこなわれている段階であり、本研究課題のような明確なターゲットを有するシステム構築による、情報処理アーキテクチャのブラッシュアップが求められている。

さらに、デジタルマイスタープロジェクトにより、多くの製造現場における加工情報の基本的な整理が進行している。この成果は生産知識のデジタル化として体系化され、物理情報をもとにした状況理解や制御に関して基礎的な知見を与えるもの

と期待される。

このように、本研究テーマを実現するための要素技術の構築は難易度が高いものであるが、現在進行中の技術開発・プロジェクトとの連携を強化することによりチャレンジしうる段階に来つつあると考えられる。

3) 期待される成果・波及効果

本研究の成果を製造現場の加工機械に導入することにより、信頼性の高い高精度加工が実現されると考えられる。特に、大量の物理情報をもとに加工プロセスに対する理解も深まることが期待されるため、効率的で失敗の少ない加工が実現できると期待できる。

また、本研究の成果として期待される、高ノイズ環境下での動的自動計測技術と、高速物理情報システム化技術は、製造現場のみならず、交通インフラの進歩や産業機械のインテリジェント化にともなって重要となっている鉄道・車両・ロボットなどに用いられる高速回転体、高速移動体などの耐久性の評価に対しても貢献すると期待される。

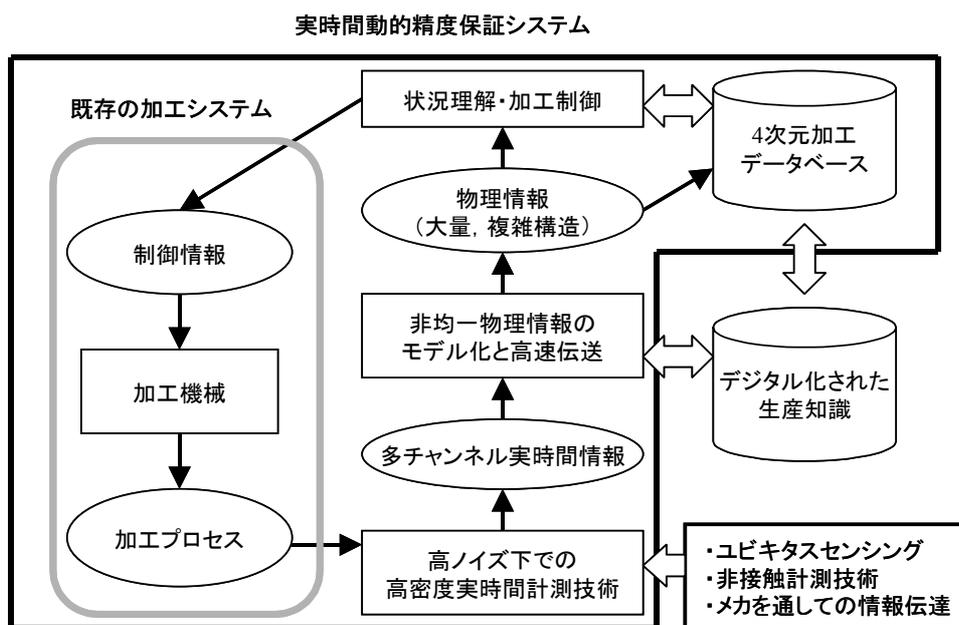


図 2.3-7 実時間精度保証システムの枠組み

(9) カスタマイズ型加工機械による加工技能の継続的拡張技術

1) 研究概要

本研究テーマは、ハードウェアから制御ソフトウェアまでを含めた加工機械全体をカスタマイズ可能とするモジュール化技術をもとに、作業者が継続的に技能拡張を行いつつ最先端レベルの加工を実現するための基盤技術の開発を行う。本研究により、カスタマイズ可能な加工機械を提供する機械ベンダー、カスタマイズした機械を所有する製造企業加工作業の実務を行いつつカスタマイズを実施する機械操作技術者の三者が技能を共有することが可能となり、少ない技術流出リスクのもとでの組織での技能共有が期待できる。

2) 必要性

わが国製造業における技能者の減少、流出といった問題は広く認識され、多くの研究プロジェクトが実施されてきた。これらのプロジェクトの多くでは、既存の技能・ノウハウの保存と共有もしくは人工システムによる代替を主なターゲットを目指した試みがなされてきた。これらの研究成果は、キャッチアップ型の技能伝承やノウハウの共有を促進するという側面も有すると考えられ、これまでわが国製造業が有していた技術優位性が弱体化する可能性も考えられる。さらに、固定化した技能・ノウハウは急速に陳腐化するといわれている。今後、技能レベルの向上や新たなノウハウの獲得を支援することにより、現存する技能の保存では達成できない次世代の競争力の源泉を確保することの必要性は、これまでもまして重要なものとなると考えられる。

さらに、技術流出リスクの観点からは、属人的な技能のみに依存することは望ましくなく、企業組織として技能を維持する仕組みの構築が大きな課題であるといえる。そして、企業の有する組織基盤が効率的かつ継続的な技能拡張を支援できれば、当該企業の製造技術に関する競争力は安定的に優位性を保つことが出来ると考えられる。

以上のように、人的・技術資源を統合しつつ継続的に加工技能を高めるための基盤技術を構築することは、わが国の製造技術の優位性を維持する上で重要な課題と考えられる。

3) 準備状況

本研究テーマでは、カスタマイズ可能な加工機械をメディアとした技能共有の基盤技術の確立を目的としており、①モジュール構造化や構成のパターン化に代表されるカスタマイズ可能な機械システムの構築手法、②カスタマイズされた機械システムの履歴や変更状態の維持・管理手法、③機械操作技術者の習熟過程のモデリング、といった技術が必要となる。機械システムの柔軟性の向上に関しては、従来からマルチエージェント研究を中心に再構成可能なシステムに関する研究は数多く行われてきた。特に、2000年以降では、米国において再構成可能型生産システム(Reconfigurable Manufacturing System)に関する研究プロジェクトも実施されてい

る。しかしながら、技能の埋め込み過程としての機械のカスタマイズと作業者の技能習熟について包括的に取り扱う手法については、一部で研究が始まった段階である。本研究においては、具体的な製造過程に対象作業を限定することにより、これまでに蓄積された加工技術に関するノウハウや技能者育成プログラムにおける技能習熟に関する知見をもとに、継続的な技能拡張支援の実現を目指すものであり、先導的な取組みとしての実現可能性は十分にあると考えられる。

4) 期待される成果・波及効果

本研究の成果を製造業に導入することにより、機械ベンダー、製造企業、作業者のそれぞれがカスタマイズされた加工機械を介して継続的に技能を共有しつつ拡張することが期待できる。このような技能拡張メカニズムが実現されると、加工のインフラ整備、加工アプリケーションの構築、加工システムの管理、の三者を相互に関連付けた形で分離することが可能となる。そして、工作機械メーカーに代表される製造機械ベンダーの技術コンサルティングビジネスなどのサービス産業化や、個別企業における安定的な技能確保、作業者個人の自発的能力開発といった付加価値の高い製造技術の維持に寄与できるものと考えられる。

さらに、機械加工などの従来からの研究の蓄積のある分野での成功例をもとに、マイクロ加工などの新たな加工技術分野への応用も期待できると考えられる。

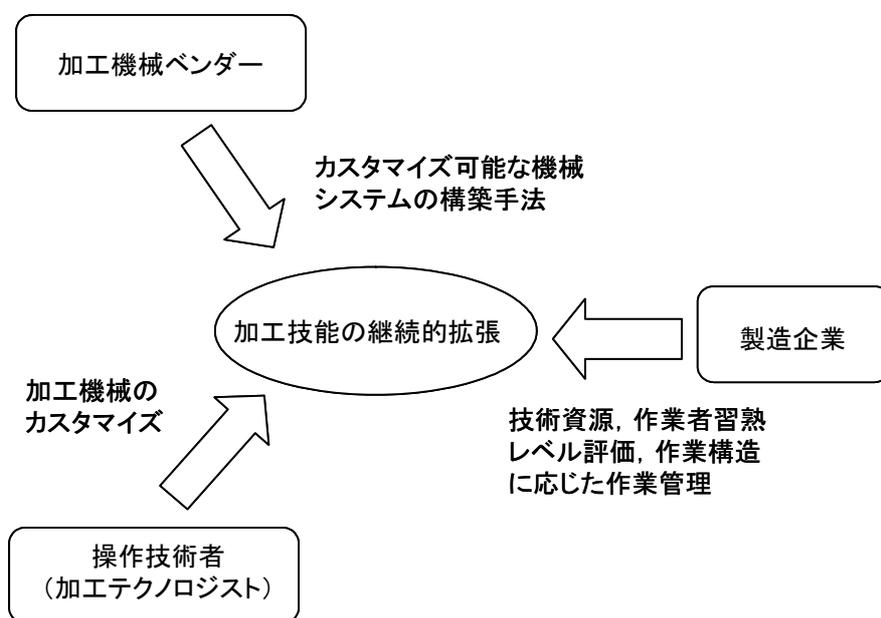


図 2.3-8 カスタマイズ型加工機械による加工技能の継続的拡張技術

(10) ハイパーシステムインテグレーションDNA戦略による新たな製造戦略の展開
(製造物DNA)

1) 研究の概要

製造・消費・廃棄・再利用における物と情報の流れの管理にITの最先端技術を利用することを提案する。すなわち、生産→消費→廃棄物再生→生産のサイクルを流れる資源・エネルギー、製造物、廃棄物等に材料の物理的性質、製造情報、製品性能等の情報（製造物DNA）を付与した「ハイパーシステムインテグレーションDNA戦略」を実現することにより、近年、泥縄的な対応を迫られている日本の製造業における国際対応を、強固なものに再構築し、かつ将来に向けて安定化する。

2) 必要性

製造業を価格競争で頑張らせる時代は終わっている。日本の製造業は、製品**ライフサイクル全体**に亘る価値創造を支援する体制を準備する必要がある。ハイパーシステムインテグレーションDNA戦略（製造物DNA）の構築のもとに、以下のような、個別の技術開発項目を設定し、その実現に向けて開発研究を進める。

- ①技術情報の国外流出防止
- ②高齢化・多様化に対応した、テーラーメイドシステム
- ③ラピッドマニュファクチュアリングシステムによる単品・高付加価値製品の生産
- ④ナノ・バイオ・医療分野への対応を意識した、加工システムの高性能化・ダウンサイジング化・IT導入による保守・技術情報の管理
- ⑤環境対応を意識した、インバースマニュファクチュアリング
- ⑥製造物DNAシステムの標準化（自動車、情報家電、医療機器分野が当面のターゲット）

3) 準備状況

すでに技術的な道具立てはタグ技術、2次元バーコード技術などで十分に出来ている。また番号付けの提案も終息しつつある。製造業が全体として取り組むことを決断すべき時と言える。

4) 提案する政策

製造物にその製品情報を付加する方法論の策定と標準化

5) 研究規模

まずは特定業種にて、試行的作業を進めて、その後全産業へ拡大する。試行に2ヵ年・全体展開は10年を必要とする。

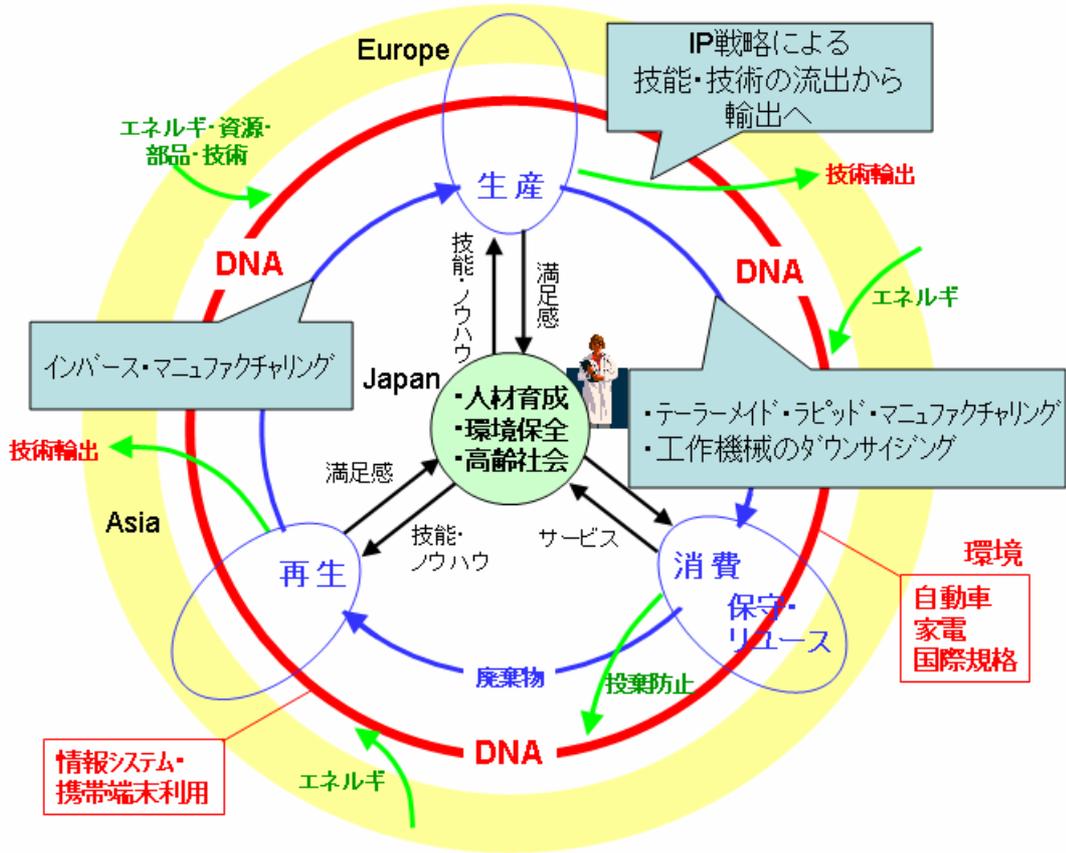


図 2.3-9 製造物DNA

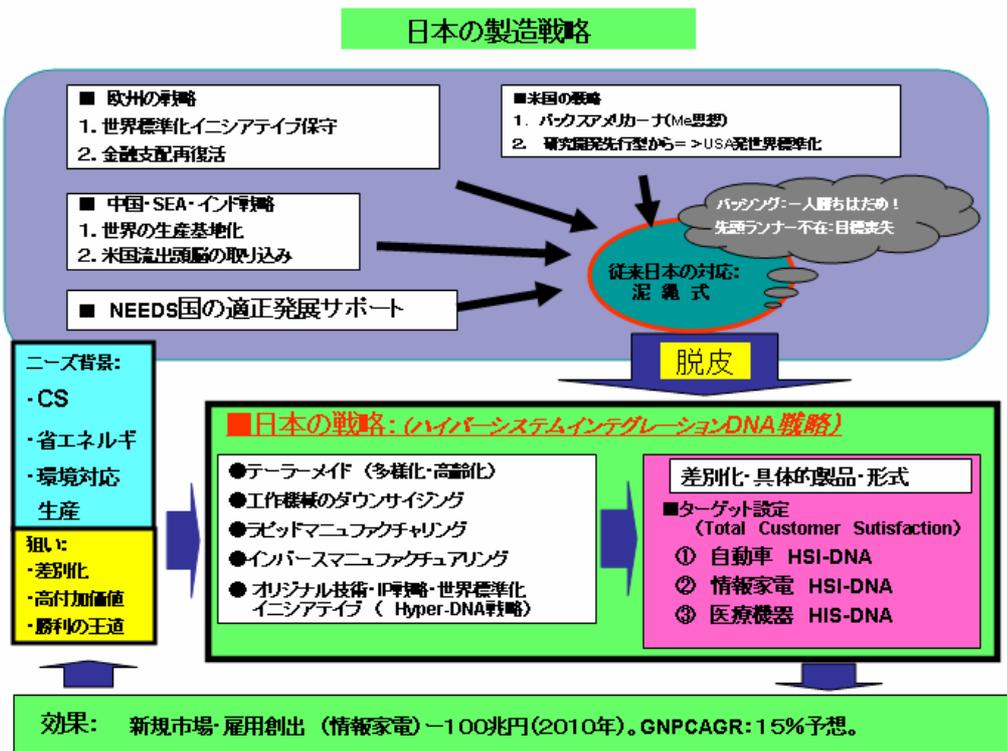


図 2.3-10 日本の製造戦略

6) 期待される成果・波及効果

製造物DNA戦略の当初のターゲットとしては、「自動車・情報家電・医療機器」を考える。この分野における製造物DNA戦略のもとでの、具体的な波及効果として以下の項目が予想される。

- ・IT関連業の活性化：DNAタグへの情報書込・読取技術、DNAリンクの構築など
- ・携帯端末など小型情報機器・移動形情報端への新たなニーズ
- ・製造装置のインテリジェント化へのニーズ拡大
- ・情報家電の高度化へのニーズ拡大
- ・ユーザーサービス・保守関連分野の活性化
- ・半導体産業の活性化
- ・環境対応技術の発展
- ・医療・福祉・教育分野での新たなニーズの発生

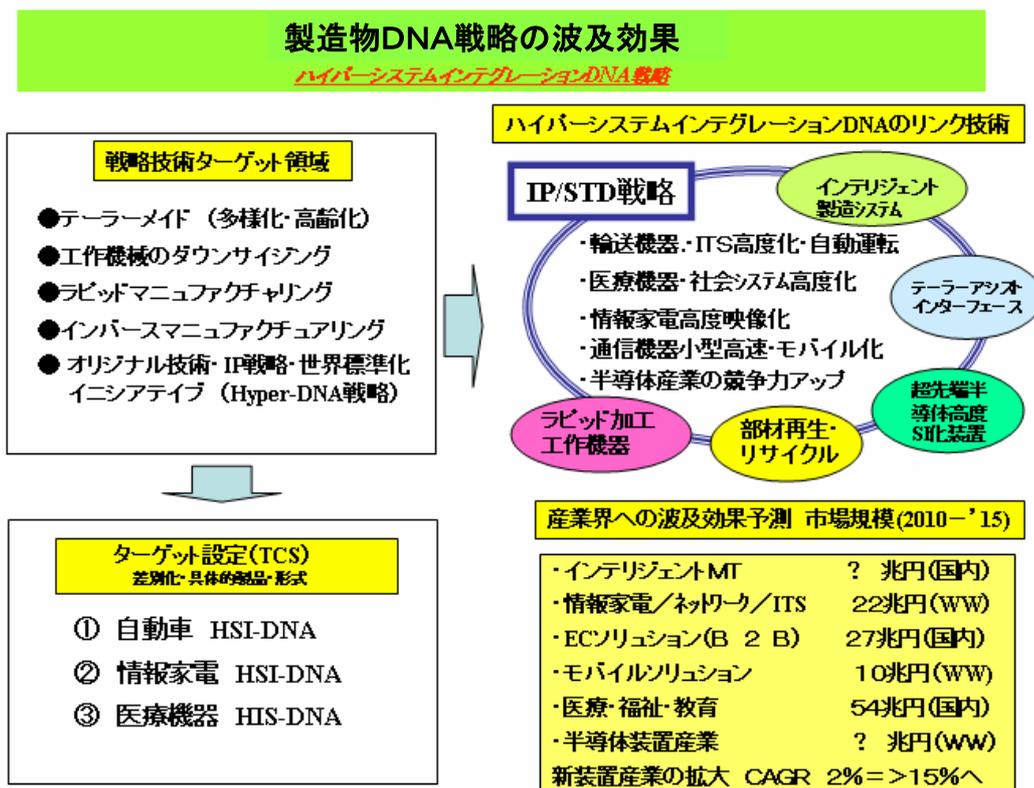


図 2.3-11 製造物DNA戦略の波及効果

(11) 製造物トレーサビリティシステム

1) 研究概要：

製造物の履歴は、バーコードや二次元コードやRF タグ、IC チップなど媒体の開発とともに発展してきている。しかしながら、その利用は、一企業や一工場のなかで閉じたクローズドシステムとして開発されてきている。製品のリサイクルやリユースなど工場や企業の壁を超えたオープンシステムでの利用が望まれてきている。このような状況の中で、製造物の加工履歴、使用履歴、保存履歴など製造物が歩んできた履歴を保存し、その活用をはかるシステムの開発とデータの保存形式の開発が重要になってきている。また、これらのシステムを利用したビジネスモデルも重要になってきている。ここでは、これらのデータ構造やビジネスモデルの基盤になるものについて研究を行う。

2) 必要性：

製造物の履歴は、一企業が提供し、利用するには限界がある。履歴をトレースし、活用するためには、そのような社会環境を醸成するだけでなく、安価に、容易に利用できる仕組みが必要になる。そのための、データ構造やデータ利用の仕組み、媒体などが重要な役割を果たすことになる。このような技術基盤を作成するためには、一企業の取り組みでは限界がある。そこで、業種を超えた協力関係に基づく研究開発が必要になる。

この研究開発は、技術的な開発だけでなく、ユーザーの立場や販売後のサービス、リサイクルやリユースなど環境対策など広い立場でビジネスモデルを含めた研究開発が必要になる。従来の技術開発ではなく、利用環境と利用に必要な最低限のフレームワークを規定して、そこから得られるビジネスを創生する研究になる。

3) 準備状況：

使い捨てカメラやコピーなど企業内で回収が出来るクローズドなシステムや危機管理がクローズアップされた食品においては、トレーサビリティシステムの構築が進み始めているが、オープンな環境において利用したり、利用目的や採算性などの問題があり、十分な利用がなされていない。

しかしながら、ユビキタス・コンピューティングなど、情報の利用環境は、徐々に整えられてきている。また、情報媒体も小型で大容量なリライタブルなものが開発されてきている。この研究では、これらの媒体や機器を念頭に置いたトレーサビリティシステムのフレームワークの作成は可能になる状況である。

4) 提案する政策：

製造物のトレーサビリティを実現するための共通的なフレームワークを開発する研究組織を作成し、データ構造やデータ媒体、可能性のあるサービスについて検討する。このような検討と平行して、業種ごとの特殊性を考慮したサービスやシステムの開発、または、そのシステムの利用を研究する研究組織をつくる。ここでは、そのフレームワークの基に業界ごとにビジネスモデルを形成して、その利用形態、

ビジネスモデルを生成していくことにより普及を図るとともに、実用的な枠組みを作っていく。

5) 研究規模

2～3年、数億円

6) 期待される成果・波及効果

製造物の履歴データの整備は、環境問題の中でリユースを回数や時間などのTimeBased管理から、Condition Based管理に変化させることになり、その効果は大きい。また、製造物に情報を持たせることで、そのメンテナンスなど製品の販売後のサービスに付加価値を持たすことができ、サービス業務の自動化、組織化が図られ、それらの産業の情報化が図られる。さらに、いち早く履歴データのフレームワークを用いることで、わが国の製造物の競争優位性が確保される。

(12) 高齢者社会における消費者志向生産システム

1) 研究概要

少子高齢社会がやってきたが、同時にこの社会は製造業にとって好ましい社会である。技術指向の強い世代であり、製造物に対して細かい注文をつけつつ、資産を十分に持つゆえ、必要なら購入するという行動をとる。そのため、個人の要求に適合する生産システムが求められており、かつ、産業として構築可能である。そこで、高齢者の要求を迅速に設計に結びつけ、大量生産の技術を個別生産に展開する。これは「あなた好みの設計生産システム」を実現することであるが、高齢者社会を考慮した「個人身体特性心理特性に対応する設計技術」の確立でもある。

2) 必要性

団塊の世代の高齢化することによって、高齢者の絶対数が増えることは既に広く知られている。世界的に見ても 1 位が日本（3300 万人 [2015 年]）、2 位がアメリカといわれている。この高齢者社会は年金問題を引き起こすなど否定的側面が協調されているが、資産の 3 分の 2 を支配することから、経済支配権を有する市場を形成するという面も持っている。この市場は国内市場であり、身体的特性・要求においても日本特有部分が多く、国内製造業の競争力が高いと予想されるのではあるが、今の製造業は大量生産指向が強すぎて、この市場への対応が危うい。

3) 準備状況

個人の Wants/Needs を翻訳する機能／人間が必要であり、そのための情報技術開発が必要となる。幸い、このような個人の要求を汲み取る方法論は感性工学や心理学の分野で発達しており、また、Prototype 技術も進展している。また、大量生産技術の典型である型技術が低価格になってきており、型の管理コストを低減することで、いわゆる Mass-Customization が可能となる。このように技術的課題はほとんど経済的問題になりつつある。

4) 提案する政策

Mass-Customization とよばれる製品寿命は長い、一回の生産個数は極めて少ない製造システムを構築する。

個人の要求を汲み取り、同時に本人が自覚していない個人の要求を顕在させる設計システムの構築。

5) 研究規模

それぞれ 20 億円, 4 年間を要する。

6) 期待される成果・波及効果

今後の団塊の世代が退職した後、新しい購買層となることから製造業は自分達の市場として狙っているが、その手法を支援することで、今後世界中で観測されるであろう高齢社会における製造技術を提供可能となる。

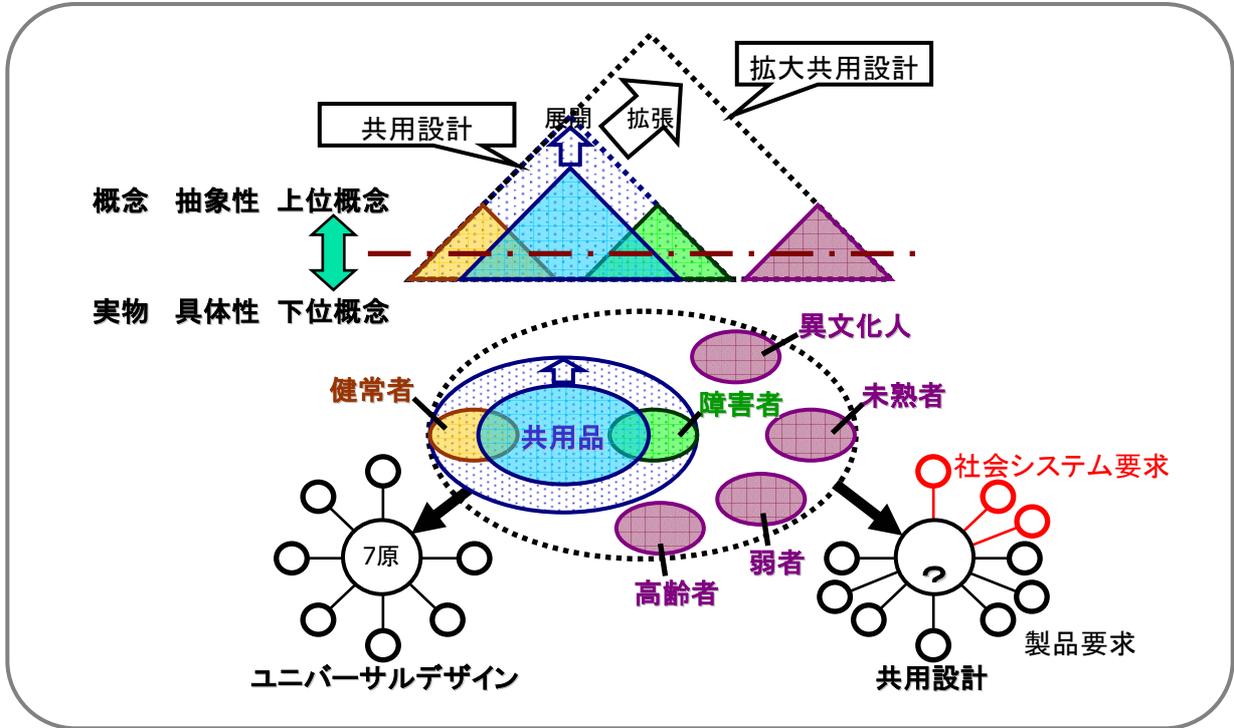


図 2.3-12

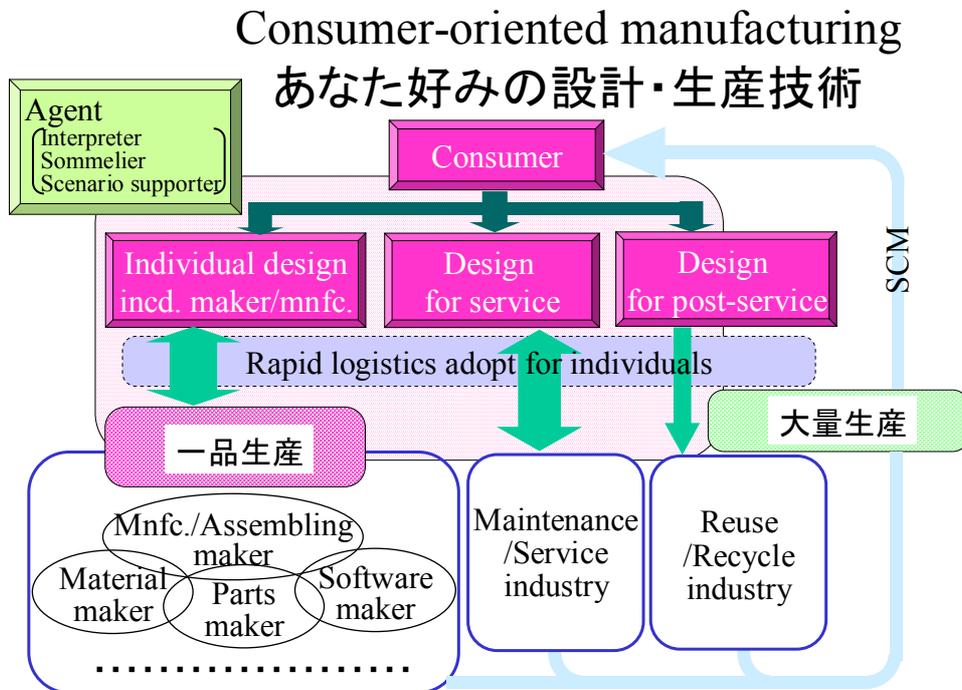


図 2.3-13 あなた好みの設計生産システム

(13) 先端研究機器開発のための製造技術・情報技術のインフラ整備

1) はじめに

先端研究機器として、例えばバイオチップ開発、光学デバイス開発、電子デバイス開発、そして光・電子、バイオ電子、バイオ機械、光・機械などの複合デバイス開発などである。機能設計と加工技術の微細化と計測評価方法論の整合性が取れておらず、加工・情報融合化により先端的研究機器開発技術のインフラ整備を進める。

(図 2.3-14) 下記に具体例を示す。

2) 先端光学デバイスの開発

先端光学デバイスは、光・電子分野に広く関係しており、将来の我が国の産業基盤の一つとして一層の進展が期待されている。近年、その研究開発およびニーズはマイクロ素子と大型素子に二分される傾向があると考えられる。マイクロ素子は、工業的には DVD 等、光記録メディアのピックアップ光学系が、また大型素子は天文用大型光学系などがある。これらはいずれもほとんど異なるスタイルにより開発されており、一貫性がないことと、基盤技術インフラの整備が不可欠と考えられる。マイクロ光学素子に関しては、1個製作する技術と、量産化のための技術に大きな差異があり、これらを柔軟かつ連続的につなぐための技術シーズの創出が不可欠と考えられる。特に、量産化のための成形技術の短期での構築には、成形シミュレーションを含めた情報技術の援用が不可欠である。一方、大型素子に関して、特に大型天文機器用素子については、基本的に1個の開発技術が主体となるが、そのサイズ故に、加工時の負荷による変形や重力との相関を考慮した(変形、光学機能)シミュレーション技術および計測技術が不可欠となる。また、生産システムについても、誤差過大となった場合、取り返しが効かないことから、十分な精度モニタリングによるフィードバックを可能とする情報化技術が不可欠になると考えられる。これらの間の共通課題と、非共通課題の洗い出しを行うとともに、後者の実現による産業への寄与にかかる効果の十分な評価・検討を進め、システム開発を進めることが必要と考える。

3) 先端バイオデバイスの開発

バイオデバイスに関しては、近年、ポストゲノム時代において研究が進む蛋白・低分子とのアフィニティ解析に用いられる機器およびツール開発がある。蛋白に関しては、蛍光標識を持つ蛍光蛋白とのアフィニティ解析のためのチップおよび発光波長およびインテンシティ解析のためのインストルメンテーションがある。反応チップについては、ガラス担体にうまくスポットティングを行うメカニカルシステム、およびハイブリダイゼーションのための時間/雰囲気制御、また光検出部などから構成されるシステムとマッチする設計の最適性が求められる。エレクトロスプレー法を用いた塗布技術やアレイヤーも開発が行われている。低分子に関しては、反応メカニズム自体多様であり、その検出のために、蛍光標識を二次的に利用する方法等が検討されているが、現段階では検出原理を含めて、基礎的なアプローチが進め

られている。

しかしながら、これらの機器開発において、反応基板・担体の研究開発はまだまだ解析的なアプローチがなされていない状況と言える。基板の表面状態やぬれ性が、コーティングやスポットティングに際して、物理的に作用・機能させることについて、さらなる検討・研究が必要と考えられる。アーティファクトを生じない検出に関わる担体加工技術、成形技術、および材料について、表面解析やイオンプレーティング技術などを含めた新しい研究アプローチが不可欠となる。

また、当該目的のための機器開発は、特異な反応メカニズムやプロセスモニタリングに関わる情報技術の反映が不可欠であり、また開発機器は量産化されるものも、特注品のいずれもある。やはり、こうした意味でも、オンデマンドでの機器開発体制に関するインフラ整備が急務と考えられる。

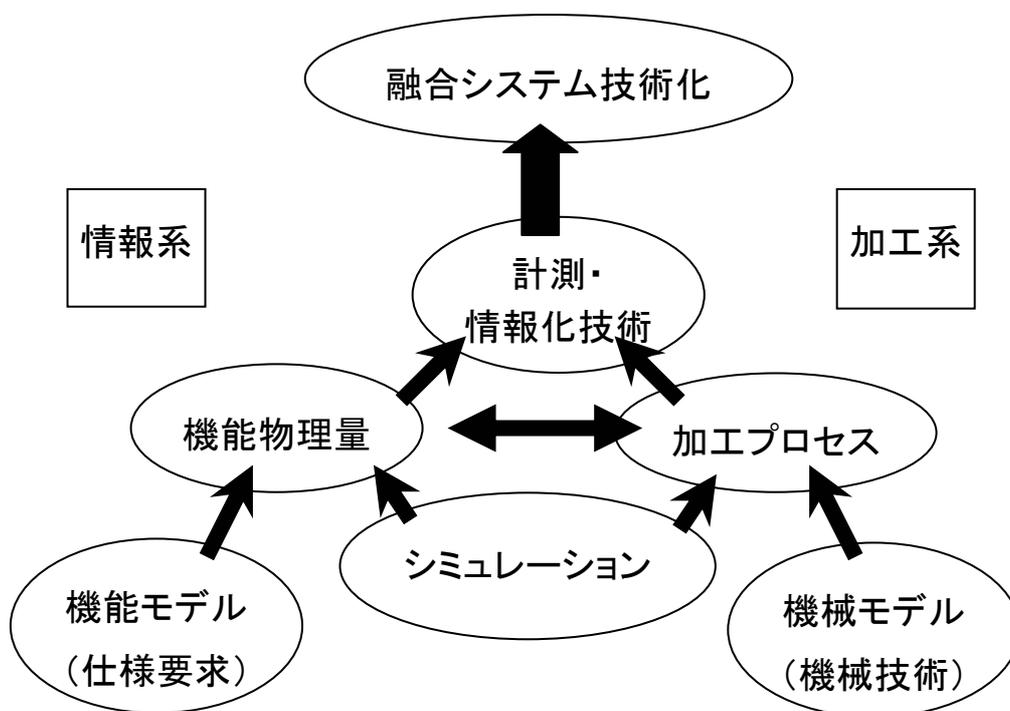


図 2.3-14 情報加工融合化全体システムの概念

参考文献

- 1) 光赤外将来計画検討会地上大望遠鏡班ホームページ：
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/elt/>

2.4 製造技術の強化の方向について

日本の製造業は、いま過小評価されている。組立産業の中国移転が加速し、あたかもすべての製品が中国製であるかの錯覚に陥っている。日本の製造業は現在、競争力もあり、実際、製造業の輸出によって外貨を稼ぎ出し、その外貨で食料とエネルギーとを輸入している。この構図は、知識産業やバイオ産業が今後、製造業に取って代わる時代がくるまで継続せざるを得ない。ところが、日本国内には製造業に対して否定的な視点が生まれている。

- 製造業はピークを過ぎたのだから、元には戻らない、
- モノが作れば売れる時代は終わったので、モノを作る産業は大変だ、
- 中国の市場サイズを考えれば、中国でモノを作ったほうが良いに決まっているなどと部分的・一時的な現象をあたかも全体に当てはめる論理が横行している。実は製造業にも問題がないわけではない。経営者たちが、
 - 薄利多売の大量生産の論理に支配されすぎて、多品種少量生産や変種変量生産への対応が遅れた
 - 80年代の成功体験から、狭い技術を守っているだけでよいとの志向が生まれたことはそのとおりであろう。結果として、市場の多様化への適応ができなくなってしまったのである。

このような背景のなか、本委員会は生産システム、加工技術についての議論を重ね、製造業を活性化するために何をすべきかを議論した。現在、世の中で横行している2～3年のうちに成果を得られる「短期的方策」を求めるのではなく、10～15年後の日本の製造業が活性化するために、いま取るべき技術政策や研究テーマを提言することを追及した。

その結果、次に示す13のテーマが選ばれた。これら13個のテーマは技術ロードマップのように技術的関連性を明示的に示したものではない。また、現段階の提案では、政策としての波及効果や施策の緊急度を議論したものでもない。今年度の報告書としては、まず考えるテーマを網羅することで技術的課題の特徴を描こうとしたのである。それゆえ、相互の関連に関する議論はまだ薄い。それぞれの専門家が1年間の議論の中で探し出してきたテーマであり、それぞれ必然性を持って提案されている。それ故、幾何情報が入っていないロードマップのようなものと言える。

表 2.4-1 提案された13のテーマ

(1) 計測技術とデジタルエンジニアリングによる現物融合化技術
(2) 設計品質高度化技術の研究
(3) 設計生産知識の動的保存に関する研究
(4) マイクロ加工におけるインプロセス・モニタリング技術とプロセス制御技術
(5) バーチャル加工作業習熟システム技術
(6) 半導体製造現場における高度情報化生産システム
(7) 高度デジタル・マニュファクチャリング推進のための機器オブジェクトとシミュレーションサービスモジュールのライブラリー構築
(8) 動的自動計測システムと高速物理情報伝送システム化技術
(9) カスタマイズ型加工機械における加工機能の継続的拡張操作技術
(10) ハイパーシステムインテグレーションDNA戦略による新たな製造戦略展開
(11) 製造物トレーサビリティシステム
(12) 高齢者社会における消費者指向生産システム
(13) 先端研究機器開発のための製造技術・情報技術のインフラ整備

表 2.4-2 製造技術のテーマ分類

対象 技術	情物一致	動的システムへの 対応	持続性社会の構築
情報処理	現物モデル (1)	カスタマイズ (9)	統合ライフサイクル (12)
加工	知識の動的保存 (3)	加工習熟 (5) 超高速物理伝送システム (8)	インフラ整備 (13)
情報—製造融合	品質 (2)	インプロセス技術 (4) シミュレーション (7)	トレーサビリティ— チング (11)
製造システム	製造物 DNA (10)	On Demand (6)	(製造物 DNA (10))

委員会の議論の中で浮かび上がってきた製造業活性化の方策を表4.3-2に分類する。ここに列は技術の適用対象の大きな分類を、行は技術の分類を示す。情報処理は製造システムを記述し、モデル化し、情報処理の立場で製造システムを高度化することを意味している。それ故、縦の分類が全て製造システムに関連していることは当然であるが、その中でも議論の範囲がどこにあるかを示したものと理解願いたい。一方、横の分類をどのように取るかは著者の好みに任されている。ここでは、製造業が現在求めている技術は何を解決するための技術なのかという視点で3つに分類した。

- (1) 「情物一致」：すでに製造技術に関連するモデルは多数構築されている。FEMで代表される物を細かい要素に分割して、それぞれの関係を簡単なモデルで記述し、計算機を駆使して全体の整合性が取れる結果を求める方法がそのひとつである。また、生産計画のように論理的な前後関係をすべて満たしつつ、評価関数を最適にする解を導出するものもある。モデルの方はどんどん精緻になっていくが、実は現物との一致が取れていない。この典型は「生産計画」を立てておきながら、一方で「棚卸し」は避けて通れないという現場の数量管理と計算機モデル内での数量管理の不一致は良く知られている。リバーエンジニアリング、幾何モデルによる製品モデル化の際の内部構造の測定、技術とそのモデルの作成などが今後の製造業はこの視点が益々重要となる。
- (2) 動的システムへの対応：日本の製造業が弱くなったのは、社会の要求、特に消費者の嗜好が頻繁に変化することに対応できなくなったのだからであるとの主張が存在する。製品としての多様化が進んだだけでなく、技術自体が多様化している。そのために、今までに比べて、動的な変化をこまめに取り込んでいく技術を重視する必要がある。
- (3) 持続性社会への対応：これは説明の必要もないであろうが、日本はドイツなど西欧諸国以上にこの技術を蓄積して、技術競争力を高めるべきであろう。

以上の分類は縦横の欄に今回調査したテーマ以上に多くの施策候補があることをうかがわせる。特に、製造技術の高度化のためには情報技術の適用を強力に推進することが必須であり、今後、この調査研究は情動的な視点から研究テーマ・施策テーマを構築していく必要があるだろう。

一方、製造業が創出する製品と価値とを考えてみよう。大量生産型生産システムにおいては機械化を徹底的に推し進めない限り、国内では価格競争力はないであろう。それ故、製品は量が出なくても、価値が高いものとなり、製造システムは当然多品種中小量生産となる。つまり、利益の上げ方の考え方を大量生産コスト競争力指向から脱却しなければいけないことは自明である。たとえば、これらかの製造業が作るべき製品を次のように表現することができる。

- 条件1： これからの製造業は、(1)コピー困難性（製造本拠地移転困難性）、(2)競争力保持性、(3)雇用特性、に優れた製品を作っていかなければならない。
- 条件2： 国内市場（ならびに対象とする国際市場）は、(A)持続性社会の構築、(B)個の感性に基づく製品仕様、が要求されている。日本国内では(C)高齢社会という特徴ある構造が存在する。
- 条件3： GDP の中心は第3次産業へ移行するので、第3次産業、特にサービス産業の生産性向上が求められ、製造業の技術をこの高効率化へ適用すべきである。

この条件は極めて妥当な考えであろう。提案された技術テーマにもそのような製品を指向する状況がみてとれる。また、持続性社会の構築のためには、適量生産・適量消費・ゼロ廃棄を追及していくことが求められ、そのためには、製造業の産出物はもっと「脱物質化」することが求められよう。図 2.4-1 にサービスを中心とする新しい製造形態を示す。この脱物質化とは、決して物質を使っちゃいけないという意味ではなく、物質的な部分での価値よりもコンテンツ的な価値が製品として重要視されることを意識して製品設計をすることを意味している。今後、益々知識利用型の製品が求められる中、このような製造業への脱皮も重要であろう。

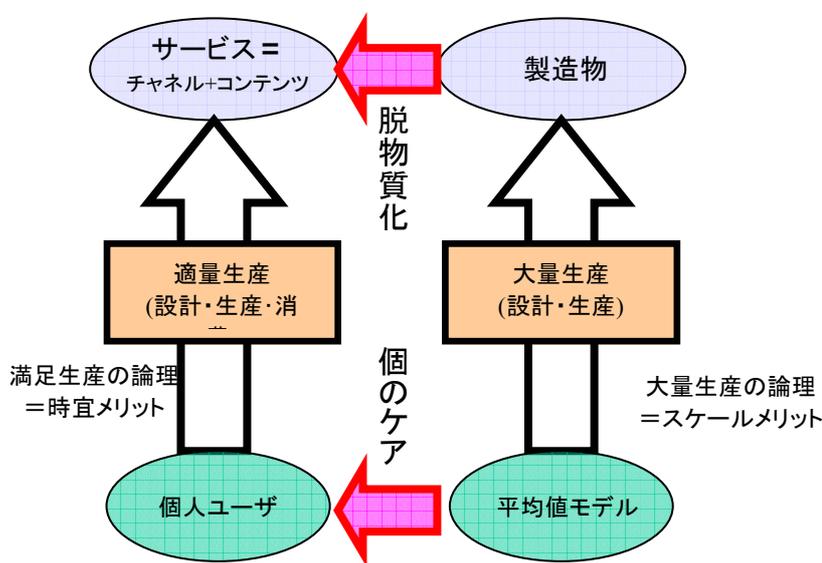


図 2.4-1 大量生産技術から適量生産へ

(参考文献)

1. 工業統計表（産業編）平成13年版 経済産業省
2. 製造基盤白書 2003年版 経済産業省・厚生労働省・文部科学省
3. 日本の機械産業 2003 (財)機械振興協会 経済研究所
－ ‘再活性化’ の兆しと新たなモノづくりへの挑戦 －
4. わが国製造業の現状に関する調査研究 (財)機械振興協会 経済研究所
5. 基軸技術コンセプトからみた機械工業の課題 (財)機械振興協会 経済研究所
－ 日本オリジナルの機械工業を目指して －
6. 機械産業の新展開 日本の産業システム 4 NTT出版
7. 日本製造業復活の戦略 メイドインチャイナとの競争と挑戦 日本政策投資銀行
8. 生産管理の辞典 朝倉書店



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

非 売 品
禁無断転載

平 成 1 5 年 度
新製造科学に関する調査研究報告
— 製造技術の情報化促進 —

発 行 平成16年3月

発行者 社団法人 日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目5番8号
電 話 03-3434-5384

財団法人 製造科学技術センター
〒105-0002
東京都港区愛宕1-2-1
第9森ビル7階
電 話 03-5472-2561