

技術革新とスキルの変容

—金型産業における歴史的変遷からの検討—

D056245

浅井 敬一郎

広島大学大学院国際協力研究科博士論文

2009年3月

<目 次>

| | |
|-------------------------------|----|
| 序章 本論文の目的と構成 | 1 |
| 第1節 本稿の背景と目的 | 1 |
| 第2節 本稿の構成 | 3 |
| 第1章 先行研究の検討と分析枠組み | 8 |
| 第1節 日本の金型産業における競争優位の決定要因 | 8 |
| 第2節 金型産業における技術革新に関する研究 | 12 |
| 第3節 スキルの類型 | 14 |
| 第4節 技術革新に伴うスキルの変容研究 | 20 |
| 第5節 本稿の分析枠組みと分析手法 | 23 |
| 第2章 日本における金型産業の特徴 | 29 |
| 第1節 はじめに | 29 |
| 第2節 金型の概要 | 30 |
| 第3節 日本の金型産業の現状 | 31 |
| 第4節 日本の金型産業の発展史 | 36 |
| 第5節 小 括 | 42 |
| 第3章 倣い型彫り機導入による金型製作スキルの変容 | 45 |
| 第1節 はじめに | 45 |
| 第2節 倣い型彫り機 | 46 |
| 第3節 倣い型彫り機導入以前の金型製作とスキル | 48 |
| 第4節 倣い型彫り機導入後の金型製作とスキル | 50 |
| 第5節 スキルの変遷の分析 | 53 |
| 第6節 小 括 | 54 |
| 第4章 NC直彫り加工導入による金型製作スキルの変容 | 57 |
| 第1節 はじめに | 57 |
| 第2節 NCの技術的変遷 | 58 |
| 第3節 事例分析 | 59 |
| 第4節 小 括 | 66 |
| 第5章 3次元ソリッドデータ導入による金型製作スキルの変容 | 71 |
| 第1節 はじめに | 71 |
| 第2節 3次元ソリッドCAD | 72 |
| 第3節 事例分析 | 74 |
| 第4節 小 括 | 78 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 第6章 中国プラスチック金型メーカーにおける技術革新とスキル | 82 |
| 第1節 はじめに | 82 |
| 第2節 事例分析 | 84 |
| 第3節 事例の考察 | 88 |
| 第4節 小 括 | 90 |
| 第7章 分析結果の統合と結論 | 92 |
| 第1節 事例分析から導出された技術革新と4類型のスキルの変容 | 92 |
| 第2節 先行研究との比較から見た本論文の意義 | 94 |
| 第3節 今後の課題 | 96 |
| 参考文献 | 97 |

序章 本稿の目的と構成

第1節 本稿の背景と目的

戦後の復興期から現在に至る過程で日本はアメリカ型の大量生産、大量消費社会を一つの理念型として追求してきた。そこで日本の量産技術にとって、部品の品質、精度を決定づけるマザーツールとしての金型製作技術の向上は不可欠の課題であった。本稿のテーマは、日本の産業発展過程で重要な役割を果たしてきたこうした金型製作技術、とりわけ金型産業の国際競争力向上に大きな貢献があったと考えられる「技術革新とスキルの変容」について分析することである。

民生用品のための金型製作が本格化した1950年代後半以降から数十年にわたって、日本の金型産業では継続して積極的な設備投資が行ってきた。そのことにいくつかの周辺条件の付随することが必要だったにせよ、ともかくも長期的な拡大と革新に成功したことが1980年代以降、日本の金型産業に国際的な競争優位をもたらした1つの要因と考えられる。

この競争優位の背景には設備投資によって実現された技術革新に加え、それに対応したスキルの形成と利用があったことはすでにいくつかの先行研究によって明らかにされている（田口直樹，2001他）。1990年代後半頃までは、金型製作技術の海外移転には金型製作スキルを移転することが不可欠であるため、大変困難であるという見解もあった¹（井野・佐藤，1994・1995，河野，1995，浅井，1998）。

田口直樹（2001）では、1960年代から1980年代の一貫した設備の高度化と技術蓄積の中でも汎用機械ならびにNC（Numerical Control：数値制御）工作機器の導入状況を主論点として分析している。その中でとくに1970年代後半からのNC工作機械の全般的浸透と、こうした新技術導入によってより重要性を増した仕上工程での技能が（日本の金型産業の）競争力として結実したとしている。

¹井野は論文刊行時（1994年，1995年とも）、技能系出身の管理者（現代の名工）であり、日本最大手の自動車部品メーカー、日本電装株式会社（現、株式会社デンソー）工機部型工場長であった。当時タイにおける金型専門会社（日本電装タイランド・ツールアンドダイ社）へ技術移転の指揮をとっていた。その後、この金型専門会社の社長に就任する。また佐藤は日本電装工機部企画主任部員であった。

他方、河野は日本の大手電機メーカーである松下電器産業株式会社の技術者であり、金型設計、CAE解析部門を経て、論文刊行時、生産システム技術センター型技術部・部長であり、シンガポールにおける金型専門会社（松下テクノロジー・シンガポール社）へ技術移転の指揮をとっていた。その後、この金型専門会社の社長に就任する。

なお筆者は、井野、河野に対し1995年から1997年の3年間に井野（タイ）、河野（シンガポール）に対し、現在抱えている問題点、スキル伝承方法（教育訓練方法）、人事労務制度について各々のべ20時間以上のヒアリングを行った。

加えて大阪府立産業開発研究所（1997）のデータを援用し、1990年代半ばのNC直彫りの段階（倣いモデルレス加工段階）についても①「構想設計」、②「NCデータ作成」、③「仕上加工」から「トライ・修正」それぞれの一人前になるまでに要する時間を指標に、スキルの重要性を示し、「日本の金型産業は過去の技術蓄積のもとに各企業独自のノウハウをこれらの機器に結合させることにより高い競争力を保持したといえる」と結論づけている。

他方、Aoshima. et. al (2006)では、3次元ソリッドCAD (Computer-Aided-design: コンピュータ支援設計) の導入を通じて、製品設計部門の負担が増えることにより、内製金型部門における設計スキルのスキルレス化²が進んでいるとの結果が得られたとしている。

ただし、こうした技術革新とスキルの変容に関する先行研究は、必ずしも包括的な形で整理に成功したとはいえない。仮に素材特性による制約条件や加工方式の成熟に伴う特殊条件を無視したとしても、後述するように先行研究が取り上げた技術革新およびそれに伴うスキルの変容と同等あるいはそれ以上に影響のあった事例があると確認できるように思われるからである。また、技術革新後のスキルについてのみ言及し、技術革新前のスキルの状況が明確でないため、前後の変容が十分に分析されていない研究も見られる。この場合、革新前のスキルの特徴が革新後のスキル変容のあり方を規定する要因としてはたらくメカニズムを十分に捉えられないという問題点が残る。

本稿においても、1950年代から現在に至るまでの金型産業における主要な技術革新とスキルの変容について技術革新前のスキルが及ぼした影響に配慮しながら分析を試みる点は、新たな貢献となるものと考えている。ただし、これまでに分析されてきたスキルの内容と技術進歩の相対関係を加味しながらいくつかの技術革新過程を分析対象に加えたいと思う。その上で、対象とする技術革新前後のスキルの構造と変容についてケーススタディを行った結果について再考し、それをもとにスキルの変容と技術革新における日本の経営管理の特性について明らかにすることを目的としたい。

² スキルレス化とは、工学技術の導入によって、これまで必要とされてきたスキルが不要となること、もしくは多くの方がより低いレベルのスキルで容易に目標を達成できるようになることと一般的には理解されている。

第2節 本稿の構成

本稿の構成は以下の各章により構成される。

第1章 先行研究の検討と分析枠組み

第1章では、先行研究の検討と本稿の分析枠組みを提示する。浅井（2009）「金型産業における技術革新とスキルー先行研究の検討ー」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』、第5号、pp. 1-15.（掲載決定、校正中）を加筆、修正したものである。第1節では、日本の金型産業における競争優位の決定要因という視点から経済学、経営学を分析視座とした金型産業研究の変遷について概説する。第2節では、金型産業における技術革新に関する研究について馬場（2005）を中心に検討する。第3節では、先行研究の分析からスキルを「定型的スキル」、「クラフト型スキル」、「知的推理スキル」、「文脈スキル・管理統合スキル」の4つに類型化する必要性を訴えることとする。第4節では、労働社会学における議論を中心に、技術革新に伴うスキルの変容に関する研究についての検討を通じ、技術変化に伴うスキルの変容性分析の必要性から「不要となるスキル」、「新たに必要となるスキル」、「継続して必要となるスキル」の3つに分類しておくことの意味を示しておかねばならない。第5節では、本稿の分析枠組みおよび分析手法を提示する。すなわち、金型製作における技術革新によって金型製作スキルが変容してきたことに注目し、こうしたスキルの変容の実態を第3節のスキル内容の類型と第4節のスキルの必要性という2つの観点から分析するものである。とりわけスキル内容の4類型のうち、もっとも上位に位置する「文脈スキル・管理統合スキル」が組織の中でどのように位置づけられてきたかについてより立ち入った考察を進めてみたい。第5節の最後に、本稿の分析方法および分析対象とする技術革新について述べる。前者については事例分析を用いることとその意義、後者については「倣い型彫り機導入」、「NC直彫り加工導入」、「3次元ソリッドデータ導入」の3つの技術革新を取り上げることと、その妥当性を示す。

第2章 日本における金型産業の特徴

第2章は、浅井（2008a）「日本における金型産業の特徴」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』、第4号、pp. 1-12. を加筆、修正したものである。第3章以降において議論する「金型産業における技術革新とスキルの変容」の事例検討に先立ち、日本の金型産業の特徴について概観する。第1節では、本章の目的について述べる。第2節は、金型の概要について述べる。具体的には金型の種類を機械統計の8分類にもとづいて解説し、金型の現在の

製作工程およびプラスチック用金型の基本構造例を示し、各々の製作工程に必要とされるスキルについて検討する。また本稿で検討する3つの技術革新によって金型製作工程がどのように変化したかについて図示する。第3節では、日本の金型産業の現状を工業統計表、日本貿易月表をもとにまとめる。第4節では、日本における金型産業の史的過程を明治期から第2次大戦までと第2次大戦以降に分けて検討する。その上で工業統計表から見た戦後の金型産業の推移について、出荷額および成長率にもとづいて分析する。

第3章 倣い型彫り機導入による金型製作スキルの変容

第3章は、浅井(2008b)「倣い型彫り機導入における金型製作とスキルの変容」『日本経営学会誌』、第21号、pp.80-90.を加筆、修正したものである。戦後の金型製作において最初の大きな技術革新といえる「倣い型彫り機」導入前後の技能系従業員におけるスキルの変容について、トヨタ自動車工業株式会社(当時)の自動車ボディ外板用プレス金型のうち絞型を事例として分析する。第1節では、先行研究において、倣い型彫り機の導入はスキルの変容、つまり「名人芸のスキルレス化」をもたらしたという見解と「肉体労働の軽減」に過ぎないという見解があることを示す。第2節において「倣い型彫り機」の説明を行う。第3節では倣い型彫り機導入以前の金型製作方法とスキルについて検討する。第4節では倣い型彫り機導入後における金型製作方法の変化とスキルの変容について述べる。そして第5節では倣い型彫り機導入が金型製作スキルにどのような影響を与えたかについて、「不要となったスキル」、「新たに必要となったスキル」、「継続して必要となったスキル」が何であったかを示し、倣い型彫り機の導入によるスキルの変容を示す。最後に第6節では本章の小括として、それまで熟練作業者がひとりで金型製作を行い、「文脈スキル・管理統合スキル」を保有していた段階から、倣い型彫り機の導入に伴い、製作型数が増加し、分業が行われるようになった結果、トライ担当者が高度の「文脈スキル・管理統合スキル」を保有するようになったことを提示する。

第4章：NC直彫り加工導入による金型製作スキルの変容

第4章では、金型製作スキルに影響を与えた技術革新のうち、NC技術が与えた影響について検討する。第1節では、本章の概説を述べた上で、第2節においてNCの技術的変遷について説明し、先行研究およびヒアリングから「NC直彫り加工(=倣いモデルレス加工)導入」がもっとも金型製作スキルの変容に大きな影響を与えたことを示す。第3節では、

事例分析として、トヨタ自動車株式会社の内製大型プラスチック用金型部門をケーススタディの対象とする。この理由は、同社が最新鋭の設備を導入していたことに加え、大型プラスチック用金型部門が第3章において考察した大型プレス用金型よりも、金型材料が硬く、難切削である上、自由曲面が多く、NCプログラムが複雑であることからスキルの変容がより明確に現れたと考えられるためである。具体的にはインストールパネル用、バンパー用金型の金型製作工程の変遷から金型製作スキルの変容、スキル修得方法の特徴について分析する。第4節は小括として、新たに必要とされるスキル、不要となるスキル、継続して必要となるスキルについて整理する。ここでは「手工的」、「知的」の2軸にもとづく分類によってNC直彫り導入前と導入後のスキルの変容について分析した。結果として、「文脈スキル・管理統合スキル」が、25年～30年の現場経験を持つ工長層に加えて、構想設計技術者にも保有されるようになっていった。

第5章 3次元ソリッドデータ導入による金型製作スキルの変容

第5章は、浅井（2008c）「金型産業における技術革新とスキルの変容—3次元ソリッドデータの活用」『日本中小企業学会論集』、第27号、pp.86-99. を加筆、修正したものであり、3次元ソリッドデータの導入により、金型製作に必要とされるスキルがどのように変容したのかについて、ヒアリング調査をもとに検討する。先行研究としては、Aoshima et. al（2006）のように、3次元ソリッドCADの導入による大企業の内製用金型設計におけるスキルレス化の進展に関する分析がある。これに対し本章では承認図メーカーであるが共同開発は行わず、自社で育成した従業員で金型製作を行う企業、F社を取り上げる。F社は経済産業省の定める従業員規模で見れば中小金型企業であるが、3次元ソリッドデータを活用し、大企業の内製金型部門と対等にわたりあえるだけの競争力を保有する企業でもある。第1節では、大手完成品および部品メーカーの発注先であり日本の金型産業の圧倒的多数を占める中小企業においても、3次元ソリッドCADの導入が金型設計にスキルレス化をもたらすかどうかについての分析の必要性を提起する。第2節では、「3次元ソリッドCAD」を概説した上で、ソリッドデータ活用のメリット、課題について示す。第3節では、F社における3次元ソリッドデータ活用段階の2007年と、その前段階であるNC直彫り導入段階の1996年における金型製作方法および必要とされるスキルの比較を行い、3次元ソリッドデータの導入が金型製作方法、および金型製作スキルにどのような変容をもたらしたかについて考察する。第4節では小括として「不要となったスキル」、「新たに必要となったスキル」、「継続して必要となったスキル」が何であったかをまとめ、「文脈スキル・管理統合スキル」の保有状況が、構想設計技術者とトライ・修正技能者の双方による保有から、一定の条件下でCAE（Computer Aided Engineering：コンピュータ支援シミュレーション）

解析技術者による保有へとシフトしたことを示す。

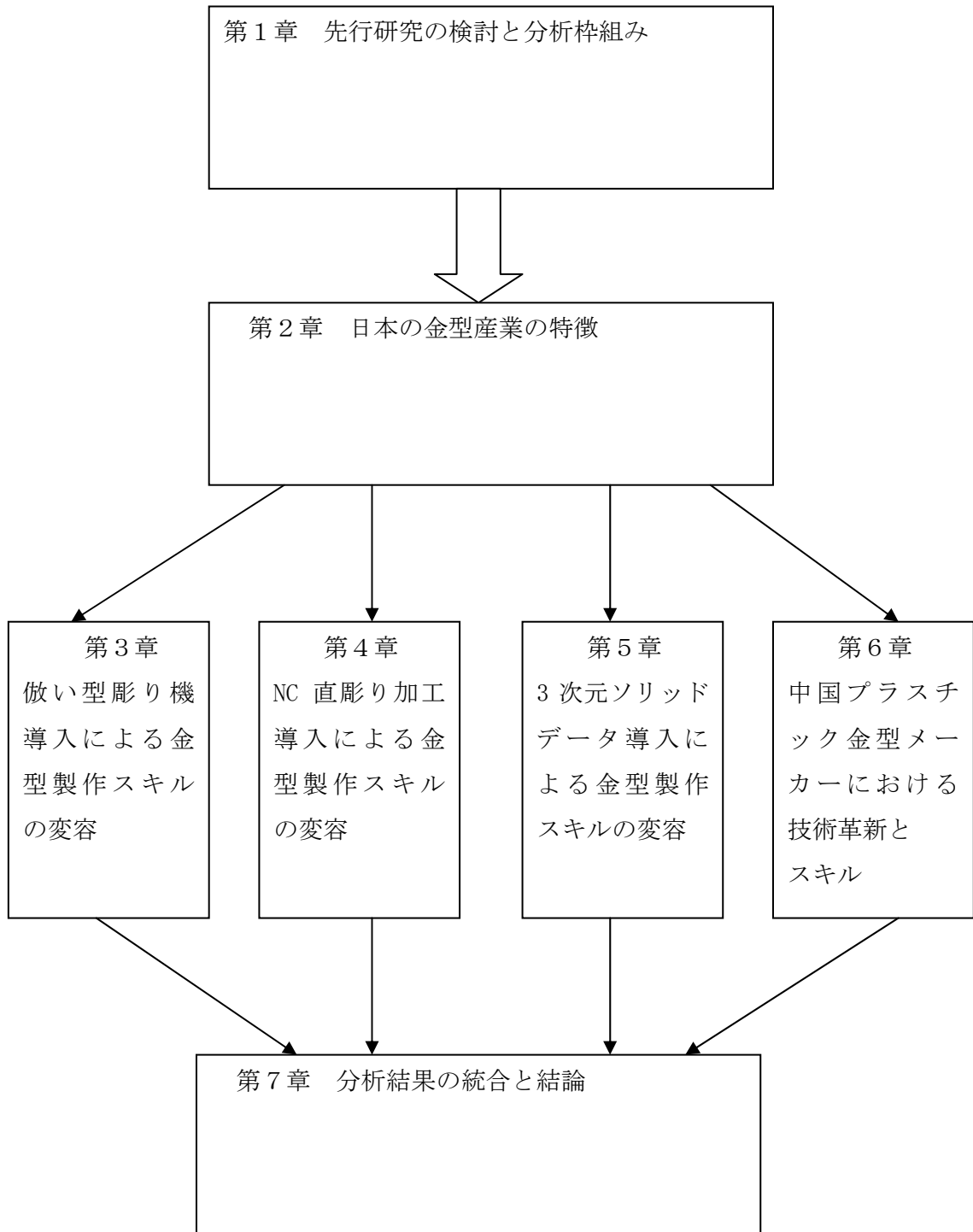
第6章 中国プラスチック金型メーカーにおける技術革新とスキル

第6章は、浅井（2007）「中国プラスチック金型メーカーにおける技術革新の導入とスキル」『日本経営学会誌』、第20号、pp.130-139. を加筆、修正したものである。井野・佐藤（1994・1995）、河野（1995）、浅井（1998）では、金型製作スキルは、日本においても海外においても重要であるが、海外への金型製作スキルの移転はきわめて困難であることが指摘されてきた。しかし21世紀に入り、急成長を遂げている中国のプラスチック金型メーカーを対象とした調査分析を行った。この調査は日本とは対照的に、自前で金型製作スキルを保有しない社会、企業においてどのように国際競争力を実現しているかを分析することを目的としている。調査分析の結果、技術革新への対応とスキルバランスについて興味深い事実が観察された。NC化の親展と一応の学歴のある労働力の過剰供給という条件の下で考えれば現代中国版のビジネスモデルないし技術革新パターンが形成されつつあったのである。そこで「最新設備の導入水準」および「4 類型のスキルのうち、組織レベルで保有するカテゴリ数」にもとづく分析枠組みを示す。第2節では、従来型の商業資本主義的志向の1社とそれとは異なる産業資本主義的志向の4社についての事例を紹介する。第3節では、事例分析の考察として、従来とは異なる産業資本主義的方法をとっている事例を中心に、日本の金型企業との比較を行う。

第7章では、本稿のまとめとして分析結果の統合的把握を試み、本稿なりの結論を明らかにした上で、今後の課題について述べる。

以上の各章の内容にもとづいて、本稿の構成をまとめると次頁の図序-1のようになる。

図 序-1 本稿の構成



出典：筆者作成

第1章 先行研究の検討と分析枠組み

本章では、経営学、経済学、社会学における先行研究において何がテーマとなり、どのような議論が行われてきたのか、「日本の金型産業における競争優位の決定要因」、「技術革新に伴うスキルの変化研究」、「金型産業における技術革新に関する研究」、「スキルの類型」の4点について検討する³。

第1節 日本の金型産業における競争優位の決定要因

経営学、経済学の範疇において金型を対象とした研究は、1990年前半以前には必ずしも多くなかった。それらの研究の中での焦点としては、日本自動車産業の競争力の源泉として自動車ボディの外钣プレス用金型の品質・精度の高さ、リードタイムの短さ（デザイン・イン：共同開発、共同設計）が注目された。

1980年代後半、ミシガン大学の研究グループが自動車ボディの外钣プレス用金型専門メーカーの日本最大手3社⁴や関連メーカーの調査を行い、上記の金型メーカーのデザイン・イン能力が開発期間を短縮し、構想設計⁵能力が金型製作コストを低下させたことを指摘している⁶。また、自動車メーカーの製品設計部門と内製金型部門とのデザイン・インが開発

³ 金型産業に関する調査は、戦後から1990年代半ば頃までは旧通商産業省やその関連組織によって随時、行われてきた。その後は、経済産業省の関連組織である財団法人素形材センターや財団法人機械振興協会経済研究所などによって毎年様々な調査が行われている。

金型製作に関する技術研究について、学会誌としては、『精密工学会誌（1933年創刊）』、『機械加工学会論文集（1935年創刊）』において1950年代後半より金型関連の論文が投稿され始めた。1960年には『塑性と加工（塑性加工学会誌）』が創刊され現在に至っている。

また業界専門誌としては、『型技術』誌（日刊工業新聞社刊）が1986年に創刊され、工学系研究者、金型技術者・技能者だけでなく、経営学・経済学の研究者による投稿も積極的に行われている。なお、『型技術』誌は、『プレス技術』誌（1962年創刊）から金型や木型など型技術専門誌として独立した雑誌である。

⁴ ここでいう日本の最大手3社とは、株式会社オギハラ（群馬県）、株式会社宮津製作所（群馬県）、株式会社富士テクニカ（静岡県）を指す。

⁵ 構想設計とは、ユーザーの作成した製品設計データをもとに、金型の仕様（成形する材料、成形機、価格、納期など）に基づいて、金型の分割方法、ゲートの配置、ランナーの長さなどの金型の構造を決定すること（高松，1982，p.94，浅井，1995，p.12）。ゲート、ランナーについては、本稿第2章，第2節（2）を参照されたい。

⁶ ミシガン大学の研究グループは以下の2本報告書にまとめられている。

・Ann Arbor（1988）“*Toward World Class Manufacture of Automotive Body Tooling and Manufacturing Effectiveness : Japan in Mid-1987, Prepared for the Tooling Task Force of the Auto/Steel Partnership Program*”, Industrial Development division, Institute

期間の短縮につながっている点を指摘したハーバード大学の研究がある⁷。

日本の研究者による業績としては、中央大学の池田正孝（1991a, 1991b, 1992）や同じく中央大学の中川洋一郎（1992）が代表的な研究といえる。同論文では海外の外販ボディのプレス金型が6型、つまり目的の形状までプレス成形するために6工程必要であるのに対し、日本では金型を複雑にすることで4型、つまり4工程で目的の形状にできることを指摘している。

この方法が実現できる背景として、いかに多数のプレス加工を一つの金型で行うか、その構造を決める金型構想設計能力（スキル）の高さ、仕上研磨スキルの高さ、スプリングバックを考慮しながら、トライ・修正スキルによって金型を完成させる能力の高さを指摘している。こうしたスキルと上述した金型メーカーとユーザー、内製金型部門と製品設計部門とのデザイン・インを行うスキル、これらを競争力の源泉と評価している。

1993年以降、バブル崩壊後の不景気の中で金型産業が注目される中、大阪経済大学中小企業経営研究所による金型プロジェクト研究、その代表者である斉藤栄司、大阪府立産業開発研究所および江頭寛昭、田口直樹、青島矢一などの研究が実施された。以下において諸研究の概略を述べる。

大阪経済大学中小企業経営研究所（1996）による金型プロジェクト研究では⁸、1993年から1995年にかけて金型メーカーとユーザー（電機や自動車の部品メーカーなど）との企業間関係（取引関係、分業関係）に着目し、日本の金型産業の優位性を韓国、台湾を中心とするアジアのプラスチック金型企業との比較において明らかにしようとしている⁹。具体的には、日本の金型メーカーはユーザーとの間で、製品設計におけるデザイン・イン、金

of Science and Technology, The University of Michigan.

・Ann Arbor (1988) “*Toward World Class Manufacture of Automotive Bodies, A Status Prepared for the Tooling Task Force of the Auto/Steel Partnership Program*”, Industrial Development division, Institute of Science and Technology, The University of Michigan. なお筆者の探した範囲では、日本の図書館等にこれらの報告書はなく、この報告書を手に入れた中川洋一郎（1992）は、オギハラから拝借したと記述している。

⁷ Kim, B, Clark. and Fujimoto, T. (1991) “*PRODUCT DEVELOPMENT PERFORMANCE*”, Harvard Business School Press. (田村明比古訳、『製品開発力』, ダイヤモンド社, 1993年)

⁸ この号は、金型特集号となっており、斉藤英司「金型産業の国際比較研究—日・韓・台、プラスチック金型メーカーの聞き取りを中心に—」の他、1956年に交付された機械工業振興臨時措置法は中小金型企業の育成が目的ではなく、自動車、家電などの組立量産型産業を育成するための産業政策であったという内容の松岡憲司「戦略的産業政策と中小企業—金型産業を中心に—」, 日本の中小金型メーカーの生き残る方策としてデザイン・イン（共同開発）を中心課題として分析した、重本直利「金型産業における『デザイン・イン』と企業間関係—知的なものの価値と『もうひとつの二重構造』の考察—」などが掲載されている。

⁹ プレス金型とプラスチック金型の違いは以下の通りである。プレス金型は目的の形状に成形するのに複数の工程を経るため、それと同数の金型が必要となる。他方プラスチック金型では、通常1回工程で目的の形状に成形されるため1つの金型が製作される。

型設計におけるデザインレビューを行う。一方で金型製作については、企業間での工程分業をせず、全工程の金型製作を行うことを通じて技術を蓄積し、不良品率が低く、納期が短い生産体制を実現し、結果として相対的な競争優位が実現されていることを指摘している¹⁰。その後も現在に至るまで、所長の斉藤英司を中心に、取引形態を視点としてタイ、シンガポールそして中国への現地調査を続けている¹¹。

田口直樹（2001）は、量産型機械工業の主要なサポーターインダストリーとして高い国際競争力をもつ日本の金型産業における独立性の基盤を、歴史的過程を中心に、取引構造および産業政策とそれに伴う技術革新の導入という視点から考察した。その中で日本の金型産業が国際競争力を発揮できた根拠、また国際競争力を規定する要因として以下の3点をあげている¹²。

- ①金型産業の生産形態、すなわち欧米と異なり日本では、金型専門メーカーが存在し、金型メーカーがある分野に専門化することにより、当該分野の金型製作技術が蓄積され、高品質、低コストの金型が供給でき、競争優位を獲得したこと（pp. 62-63）。
- ②ユーザー企業とのデザイン・インや情報技術（NC 工作機械、CAD/CAM、CAE など）の導入とこれらを使いこなす困難性を克服することにより、ユーザー製品の市場における成熟化や国際競争の激化の中で、開発期間の短縮をはじめとした競争優位を維持したこと（pp. 101-132）
- ③機械工業振興臨時措置法¹³を契機に、金型メーカーの一貫した設備の高度化と設備に対応した技術（スキル）の蓄積を行ったことによる基盤技術の確保（pp. 135-156）

以上の3点のうち②が直接的に技術革新とスキルに関わる内容である。

②に関しては、1980年代から急速に金型加工設備のNC化が進み、金型製作の切削加工工程における技術発展が一定水準に達していることを指摘（p. 105）した上で、NC 倣い加工について、非常に腕のいい職人を使ってもモデルの材質の問題（石膏、木、樹脂）から

¹⁰ 他方、特に台湾については、企業毎に工程分業が進んでおりデザインレビューや擦り合わせといったことはないといえる。

¹¹ 斉藤の主要論文としては、「基盤産業としての金型産業再論—日本型生産システムにおける金型生産の意味と事業規模・取引関係について」『経済学雑誌』第100巻、第3号、1999年などがある。この他、2000年以降、継続して国内調査、海外調査を行う一方、ユーザーによる図面流出問題について日本金型工業会西部支部と共同で問題解決に当たっている。なお筆者は、1998年から2002年まで同研究所の特別研究所員として、台湾、韓国、タイ、シンガポールの調査を行い、2002年に論文「台湾プラスチック金型メーカーの環境変化への対応」を執筆し、2003年には報告書『アジアにおけるプラスチック金型産業の国際比較』を分担執筆している。

¹² 田口直樹（2001）は博士論文を加筆・修正したものである。なお、田口の博士論文のテーマは、『日本金型産業の競争優位の源泉』である。

¹³ 機械工業振興臨時措置法が金型産業に与えた影響についての研究として、田口直樹（2001）の他に米倉（1993）などがある。

経年変化を起し、誤差を発生させ、モデル製作費用、トライアウトの工数増による費用増につながったと指摘している。一方で1990年代から普及し始めた、倣いモデルレス加工、本稿でいうNC直彫りが金型の精度を上げ、工数低減による原価低減を方向付ける方法としている (p. 106)。

また熟練の変化についての言及では、大阪府立産業開発研究所 (1997) を引用し、1990年代半ばにおける初期のNC直彫り加工段階で構想設計工程、NCデータ作成工程が熟練を必要とする工程の1位、2位とした上で、必要とされる工程ごとのスキルをあげている (pp. 112-113)。ただし、まだこれら以外のスキルの重要度が低いとはいえ、仕上加工、組立、トライ・修正工程に頼らざるを得ないとしている。

さらに、佐々木 (1999) を引用し (p. 114)、NC直彫りをする上で後工程の工数を減らすために、仕上、組立、トライ・修正工程から構想設計工程に不具合の内容と対策例をフィードバックし、構想設計データの改善を求める。そしてこうしたフィードバックを積み重ねることにより構想設計のスキルをあげる。この結果としてスキルの重点を加工後の工程から設計にシフトさせようとしていることを指摘している¹⁴ (p. 115)。

最後に情報機器 (技術革新) を導入すれば簡単にものが作れるわけではなく、技術を使いこなせるか否かが重要であり、日本の金型産業は、過去の技術的蓄積のもとに各企業独自のノウハウをこれらの情報機器に結合させることによって高い競争力を保持してきたとしている (p. 129)。

Aoshima. et. al (2006) では大手製造業の製品設計部門と内製金型部門について分析し、3次元ソリッドCADの導入により、製品設計部門の負担が増え、内製金型部門における金型設計がスキルレス化していることを説明している。

また、Aoshima. et. al (2006) の共同執筆者である竹田陽子の研究は、当初3次元情報技術が製品開発組織に与える影響に注目した分析であった (竹田, 2000)。その後、竹田が委員長を務めた、素形材センター (2007) では、金型メーカーを含む素形材産業¹⁵の国際競争における3次元CADの戦略的活用について考察している。具体的には、3次元ソリッドCADを積極活用している企業群において、「製品の品質向上」、「納期短縮」、「工程削減」が、活用度の低い企業群より有意に高くなっていることをアンケート・データから実証している。

そして素形材産業においても、3次元情報技術が前工程の負担を増やし後工程の作業量が減少する、いわゆる「フロントローディング¹⁶」が確認でき、これが競争優位につながるとしている。これは、加工工程以降の工程が担っていたスキルの代わりに、前工程 (設

¹⁴ これは、仕上、組立、トライ・修正工程の負担を減らすと同時に、これらの工程における工数を低減させることを目的としていると筆者は捉えている。

¹⁵ 本報告書における素形材産業とは、鋳造、ダイカスト、鍛造、金属プレス、金型の5業種と規定している。本稿第2章、表2-1を参照されたい。

¹⁶ フロントローディングとは、「設計上の諸問題を製品開発のより早い時期に認識し、解決することによって開発期間とコストの削減をはかる戦略である (藤本, 1998)

計工程)において新たなスキルを修得させる必要があることを示している。

以上あげた先行研究は、技術革新、取引形態、生産システム、国際化¹⁷という個別の視座から金型産業の競争力を研究している。田口直樹、青島、竹田など複数の研究は、技術革新への対応が競争力決定要因の1つであることを指摘しているだけでなく、スキルの変容についても言及している。したがって、これら一連の研究が、「技術革新とスキルの変容」についての直接的な先行研究といえる。ただし、こうした技術革新とスキルの変容に関する先行研究は必ずしも包括的な形での整理に成功したとはいえない。実際には取り上げた技術革新およびそれに伴うスキルの変容と同等あるいはそれ以上に影響のあった事例があると考えられる。また技術革新後のスキルについてのみ言及し、技術革新前のスキルの状況が明確でない研究も見られる。

そこで次節以降において 1950 年代末から現在に至るまでの金型産業における主要な技術革新について検討する。

第2節 金型産業における技術革新に関する研究

技術革新とは、シュンペーター (1977) によれば、「イノベーションとは新しいものを生産する、既存のものを新しい方法で生産することを意味する」と記述している。生産とは、利用可能な物や力を結合することであり、イノベーションとは物や力を従来とは異なるかたちで「新結合」すること指す。そして具体的には次の5つの種類があると論じている。①新しい製品の開発、②新しい生産方法の開発(新技術)、③新しい市場の開拓、④原料の新しい供給源の確保、⑤新しい産業組織の実現である。

また武石 (2001) は、「ハードウェアなどに体化された狭義の技術だけでなく熟練作業業者によるノウハウの蓄積、組織・制度の見直しも重要な案件となる」としている。

本稿ではシュンペーター (1977) の②に該当する「新技術」および武石 (2001) の定義を踏まえ、金型産業における技術革新を「既存の金型製作を大きく変えた、ハードウェアやソフトウェアなどに体化された技術変化」と規定する。具体的には、倣い加工機、旋盤、フライス盤、研削盤、放電加工機・ワイヤーカット、マシニングセンタ、5軸加工機といった工作機械、これらの工作機械を数値制御(NC)で動かそうとする自動プロ、2次元NC、3次元NC、さらに設計情報をデジタル化するCAD、CADデータの3次元ソリッド化およびそ

¹⁷本章ではとりあげていないが、兼村智也は、日本の金型メーカーの競争優位という視点ではなく、「中国の基盤技術産業と東アジアの国際分業」を研究課題に掲げ、中国を中心とした調査を行い、日系企業のみならず、ローカル企業の取引慣行や国際分業の決定要因について研究している(兼村, 2007a, 2007b)。さらに、中国金型メーカーの競争優位について、受注構造、生産システムと組織、設備力(資本力)という視点から分析している(兼村, 2008b)

れに伴うCAE (Computer Aided Engineering : CADデータにもとづき、機構解析や構造解析、流動解析などによって設計精度を高め、CAM (Computer Aided Manufacturing : コンピュータ上の数値制御データによる製造) データを用い、刃具の干渉などの加工シミュレーションを行う)、CAT (Computer Aided Testing : コンピュータ支援検査) などが技術革新に該当する¹⁸。

金型産業における技術革新について、既に前節で検討した田口直樹 (2001) が機械工業振興臨時措置法による工作機械の導入、さらに情報技術 (NC 工作機械, CAD/CAM, CAE など) の導入の考察、また素形材センター (2007) では、3次元情報技術が素形材産業にどのような影響を及ぼしたかについて分析を行っている。

本節では、馬場 (2005) の類型を検討する。この理由は、1960 年前後から、2000 年代前半という他の研究では見られない長期にわたり金型産業における技術革新について分析しているためである。同書では、中小企業総合事業団の資料による「製作時間の機械化率」という指標を用いて金型産業における技術革新を次にあげる①～④の4段階に類型し、概説している。以下、馬場 (2005, pp. 160-163) を引用する。

① 技能集約型から機械集約型への変遷期 (1960 年前後～1970 年代半)

1956 年公布の機械工業振興臨時措置法 (以下、機振法) に金型製造業が指定業種化 (1957 年) される以前は、機械化の進展度は 2 割程度であり、8 割を手作業に頼る、技能者による職人技術主導の時期であった。その後、日本の量産型機械工業の発展に伴い、良質な金型の安定供給が重要な課題となった。こうした状況に対し、高精度加工ができる工作機械の導入が必要であるとの見解を持つ通商産業省 (当時) が機振法や民間からの融資を促進した。この支援策が効果を発揮して、金型メーカーにフライス盤や放電加工機などが導入され、機械化が進展した。この結果、機械化の進展度は 5 割程度にまで上昇した。また、金型の設計と加工は分離されて行われるようになった。

② 装置型への変遷期とデジタル技術の導入 (1970 年代半～1980 年代半)

この時期、金型産業は非常に景気が良く、機械設備を購入する資金も潤沢にあったという。コンピュータ技術が発達し、情報化技術の金型産業への導入が行われた。具体的には、マシニングセンタ、NC 治具中ぐり盤、NC 治具研削盤、NC 放電加工機・ワイヤーカットなどの NC (数値制御) 機器が導入された。この結果、機械化の進展度は 7 割程度にまで上昇した。

③ デジタル技術の進展と高度装置型への変遷期 (1980 年代半～1990 年代)

この時期になると、NC 化された金型加工機械と設計を結ぶ動きが活発し始めた。CAD/CAM の導入である。1990 年以降は CAD/CAM が普及技術となり、2次元から3次

¹⁸ この他、技術革新には、「新しい成形素材」、「新しい加工方法」、さらには技術革新に対応した「新たに必要となるスキル」も該当すると考えるが本稿では検討しない。

元になるなど一層の進化が見られた。また NC 工作機械は、コンピュータ利用の CNC 工作機械に置き換わった。この結果、機械化の進展度は 8 割程度にまで上昇し、金型産業における高度装置産業の生産形態は、ほぼ完成した。

④さらなるデジタル技術の発展期（1990 年代～）

1990 年代以降は大手企業を中心に CAD のネットワーク化（外部ネットワークを通じた CAD データのやりとり）が進んだ。また解析技術の高精度化と高速化により CAE システムの導入や、各生産工程での製品精度をコンピュータ利用した検査を行う CAT システムの導入が進められている。

このように馬場（2005）はまとめているが、機械化率の算定根拠に加え、スキルの側面への配慮が欠けている。よって本稿では次節以降において、「スキルの類型（第 3 節）」、「技術革新に伴うスキルの変容（第 4 節）」を検討した上で、分析枠組みを提示する。

第 3 節 スキルの類型

小川（1995）によれば、「スキルは技術の構成要素であり、技術は設定された目標を達成するための手段体型である。技術は、機械やソフトウェアに代表される『工学技術』と『スキルをベースとした技術』から構成されており、スキルは主として『こと』を達成する上での人に付随した熟達、勘、ノウハウと呼ばれるものであり、容易に言語や図形によって形式知化できない部分がある。」としている。

しかし技術革新によってスキルの工学化が起これ、スキルが工学技術に置き換えられる。」と規定している。このスキルの概念は、ポラニー（1980）の「暗黙知」の概念や「技能」の概念（ポラニー、1985）と類似している。ただし本稿ではすべての形式知は暗黙知化（内面化）可能と考え、暗黙知は、メタファーやアナロジーによって形式知化可能なものと不可能なものに分けられると規定する¹⁹。

スキルの把握は各社各様であり、その評価もそれぞれ異なっている。本稿では筆者が 1994 年から始めた日本および海外の金型メーカーの調査結果と、経営学（野中・竹内、1996 における暗黙知の議論や藤本、2006 のアーキテクチャ論など）や労働経済学（小池、2005 における知的熟練や林、1999 における文脈技能など）、そして認知心理学（波多野・稲垣、1983、野村、1985 の定型的技能、適応的スキル）における先行研究を検討した。

その結果、金型製作において必要とされるスキルに関わると思われる先行研究のスキル

¹⁹形式知は機械、ソフトウェアなど、言語化、図式化されたものである（野中・竹内、1996、p. 89）。

分析を紹介しながら本稿なりに必要と思われる分類を試みたい。

まず第一に Hatano & Inagaki(1983, pp. 27-36)および野村 (1989, pp. 149-150)は、認知心理学の視点から熟達者を「定型的熟達者」と「適応的熟達者」に分類している。このうち「定型的熟達者」はスキルの典型としての「型」を修得し、一定の条件下でのみ、そのスキルを発揮できるとしている（領域特殊性）。具体的には、与えられた課題に対して同じ作業を繰り返すことによって習熟し、その課題において遂行の速さと正確さが実現することと規定している。

しかし、新しい問題に対する柔軟性や適応性に欠けることが多い。このような定型的スキルは、金型製作工程全般においてまず必要とされるスキルといえる。これは低度の熟練、いわゆる「半熟練」を意味するものであり、すべての基本となるスキルである。

筆者がヒアリングした事例では、浅井（1995）のSA社における、詳細設計を行う新人設計者が、仕様書に従って組立図から部品図を作成することを繰り返す事例の他、浅井（1998）のMS社（シンガポール）が行っていた、キーパーソンに選定されず定着率が低いであろうと評価された作業者に対しては、教育訓練を行わず、同じ作業を繰り返させるだけに止めている。このような事例も定型的スキルに該当するといえる。

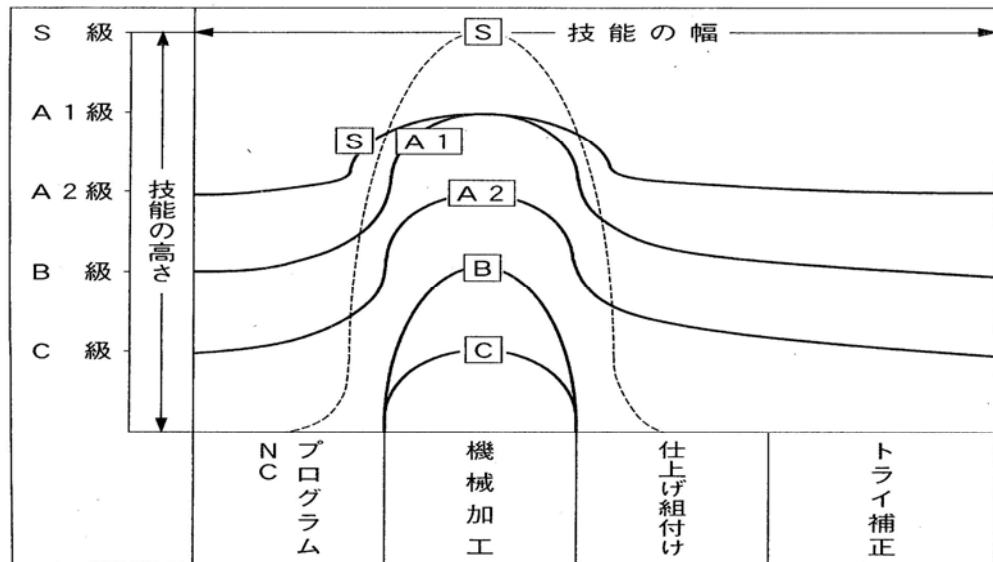
他方、「適応的熟達者」は勘やコツによって状況変化に適応することができる。そして新たな方法を考え出し、それを実行する際にどのような結果がもたらされるか予測することができるスキルを保有する。本稿ではさらに「適応的技能」を分類する。

第二に上記の適応的スキルの内容のうち、比較的古典的なものについて触れなくてはならない。中世以来、クラフトマンシップが形成された社会というのは決して多くはない。すでに彼らの間で見られたことであるが、道具、機械、装置などの限界を極限にまで突き詰めた加工を一つの高度な熟練として評価する伝統は我が国でも中世以来見られたことである。現在でも、具体的には1/100ミリの精度しか出せない工作機械を使用してミクロンレベルの精度を出すスキルや、研削盤を使用せず、ヤスリを使用し、ミクロンレベルの精度を出すスキルなどを指す。そうした高度なスキルを中馬（2001）は、「クラフト型スキル」と呼んでいる（pp. 77-99）。

クラフト型スキルに関して、特に2000年以前における筆者のヒアリングでは、現場作業員だけでなく、設計者、NCデータ作成者が、ヤスリがけや、汎用機械によってクラフト型スキルの修得をさせるケースがいくつかあった（浅井、1995のJ社、浅井、1996のF社、TM社など）。これらの事例の他、特記しておきたいのがトヨタ自動車における専門技能修得制度である（田口八郎、1997、浅井、2006b）²⁰。具体的には、図1-1のようになっている。

²⁰同社の金型部門における専門技能修得制度は、「現代の名工」である田口八郎を推進委員長として1990年代前半に進められたものである。なお本稿作成に際して、彼には最も長い時間、ヒアリングを行った。

図 1-1 トヨタ自動車金型部門における専門技能修得制度



出典：田口八郎（1997）p. 46 より引用

この制度は、クラフト型スキルをベースとし、スキルの幅と高さをC級→B級→A2級→A1級→S級と上がっていくものである。要する経験年数は、C級は1年以上、B級は5年以上、A2級は10年以上、A1級は15年以上、S級は25年以上となっている²¹。着目したい点は、同社では2通りのS級があることである。実線のS級は、ひとりで海外拠点を指導できることが到達目標となっており、クラフト型をベースとしたスキルの幅と高さ及び図1-1にはないが、高い指導力が要求されるレベルであり、後述する「文脈スキル・管理統合スキル」に該当する。他方、破線のS級は、ごく少数の人員を対象に特定領域のスキルを極めて高くする方向である。本稿では、これを「スーパークラフト型スキル」と呼ぶことにする²²。

第三に中馬（2001）は、生産プロセスにおける不具合の発生原因を迅速かつ的確に探り当てるスキルとして「知的推理スキル」を規定している。小池（2001, 2006）では、金型製作工程において組立・調整のベテランが構想設計者に金型加工のしやすさ、成形不良の回

²¹ なお、同社の保全工の専門技能修得制度については、石田他（1997）pp. 214-224に記載されており、S級に到達するまでに15年以上となっており、金型製作部門のスキル形成の方が時間を要することがわかる。

²² 本章の類型で、金型部門における専門技能修得制度を説明すると、C級は定型的スキル、B級がクラフト型スキル、A2・A2級そして破線のS級が知的推理スキル、実線のS級が文脈スキル・管理統合スキルに該当する。

避といった視点から金型構造の修正意見を言うスキルをあげている。

また組立・調整工程では金型部品が要求精度内に収まっていたとしても、実際に金型を組み、トライ成形をすると成形品の縁にできる「ばり」とよばれる、ギザギザ模様の成形不良が出る場合がある。この品質不良の出る原因を推理し、修正するスキルなどがある。

筆者がヒアリングしたケースでは、SA社におけるトライ・修正部門の担当者が、成形不具合を見て原因を推測し、加工データを直すことはさせず、自ら肉盛り（金型に金属を溶接する作業）して対応していた浅井（1995）。こうした対応が知的推理スキルが活用される典型的な例といってよいだろう。

この他、中馬（2006）では、ナノレベルの精度が要求される半導体露光装置の製作スキルについて、従来とは異なり、デジタル化の技術革新が進むことにより、現場の熟練技能者のクラフト型スキルだけでなく、知的推理スキルの弱体化を招く側面を指摘している。実際、近年ではナノレベルの要求精度の金型が出てきている。

ただし筆者がヒアリングしたケースでは、中馬（2006）のいう工作機械の製作工程と、工作機械製作完了後、この機械を活用して同金型製作を行うかという違いはあるものの、要求公差5ナノメートルの非球面小型プラスチックレンズ用金型の製作に際し、免震構造の恒温状態の部屋に工作機械を設置して金型製作を行っているが、量子力学の知識は必要となったものの、実用化までに1年の試行錯誤を繰り返し、現場の熟練技能者の知的推理スキルも依然として活用されていた。

第四に、林（1999）は、スキルの内容の標準化、規格化が十分になされておらず一定の文脈的知識・体験を有しているメンバーにとくに効率的に活用されるスキルを「文脈技能」と呼んでいる。各従業員の保有している工程と工程の関係性についての知識や経験など、標準化されていないスキルを「文脈技能」とした。このように従業員の持つ技術・技能がオーバーラップする結果、組織レベルでは冗長性のある構造を持つことになり、「文脈技能」を共有するメンバー同士の協力により新たな知恵を生み出し、課題対応能力を高めるとしている²³。ただし林（1999）「文脈技能」は、隣接する工程の範囲に関するスキルに限定されている（p.350）のに対して、本稿における「文脈スキル」とは、必ずしも隣接する工程に範囲を限定しない²⁴。

本稿における「管理統合スキル」は、金型製作工程を広範囲にわたり理解し、不具合があれば修正指示が出せるスキルと規定する。究極的には金型製作工程全体をコーディネートできるスキルである。これがもっとも高度なスキルと筆者は考えている。前掲した図1

²³文脈スキル・管理統合スキルの保有者は、現在では管理職であることがほとんどであるため、プロジェクト管理スキル、人間関係スキル（コミュニケーションスキル）といったスキルも必要となる。

²⁴浅沼（1997）では組織の枠を超えた企業間関係における文脈技能の発揮について「文脈技能」ということばを使用しているが、スキルの関係については、林（1999）と同様といえる。

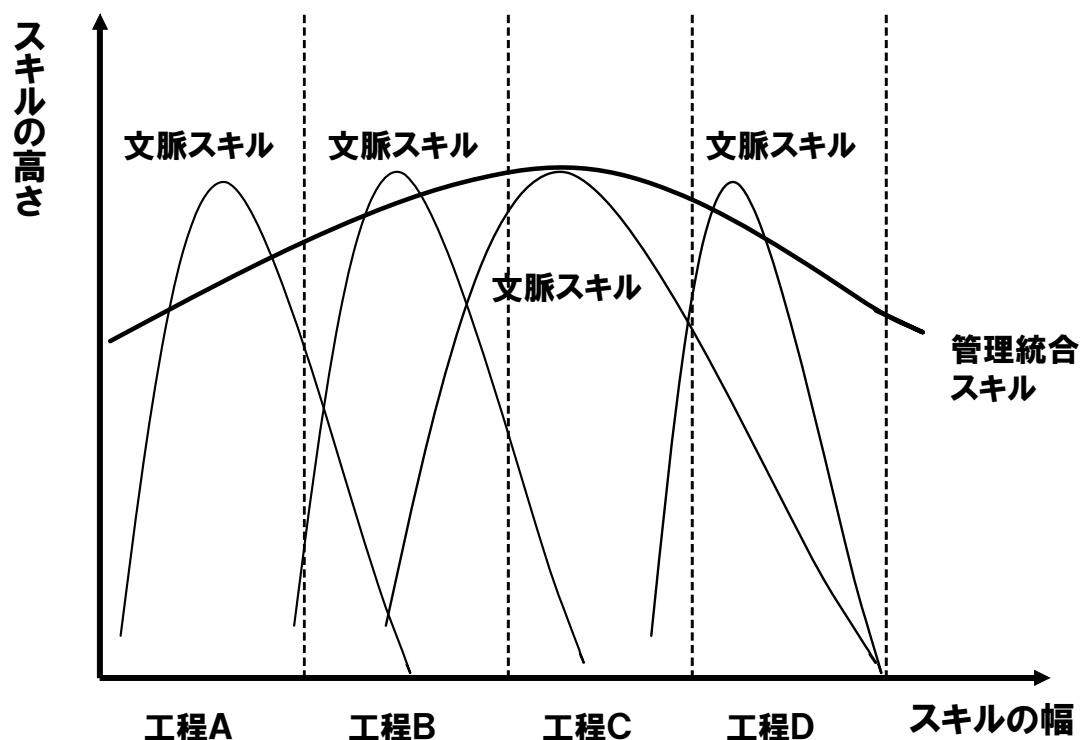
－ 1 における実線の S 級に該当する。

しかし現在では、工程の細分化（分業）が進展し、各組織に管理統合スキルの保有者が必ずいるわけではなく、複数の文脈スキルを保有したメンバーによって対応しているケースがある。さらには、意識的に管理統合スキル保有者を育成するプログラムを持っているとしても、その域まで達しない場合もある。そこで本稿では、組織として複数の文脈スキル保有者によって管理統合スキルを果たしているケースを勘案し、双方のスキルを同類型として扱い、「文脈スキル・管理統合スキル」と表記する。

筆者のヒアリングしたケースでは、J社のように、ひとりが1型の設計、データ作成、加工、仕上研磨、組立調整、トライ・修正を行っているケースや、DT社の工場長のよう
に、設計図面の出図以降の全工程について、ひとりで指導を行っているケースが、文脈スキル・管理統合スキルに該当するといえる（浅井，1995のJ社，1998のDT社）。

「文脈スキル」と「管理統合スキル」の関係を図1－2に示す。ただし図1－2では、文脈スキル、管理統合スキルの保有者は、定型的スキル、クラフト型スキル、知的推理スキルとの関係については表現できない。第3章、第4章、第5章の事例で明らかにするが、文脈スキルおよび管理統合スキルの保有者はともに定型的スキル、クラフト型スキル、知的推理スキルを修得している。

図 1-2 文脈スキルと管理統合スキルの関係



出典：筆者作成

なお藤本（2006, p. 309）は「アーキテクチャ（製品、工程の設計思想）論²⁵」の展開の中で、日本の製造業²⁶の競争優位として「インテグレーション（統合）の組織能力」をあげ、「部品設計の微妙な相互調整」、「開発と生産の連携」、「現場における濃密なコミュニケーション」に関わる能力が必要であることを指摘している。この異なる部品間、工程間、職能間、組織間も調整する能力については、本稿では「文脈スキル・管理統合スキル」と同義と考える²⁷。

²⁵藤本（2006, p. 309）では、アーキテクチャとして以下の基本タイプをあげている。「第1に「インテグラル型（擦合せ型）」で、製品機能と製品構造（部品）の関係が錯綜しているため、部品設計をきめ細かく相互調整し、製品ごとに部品やその接合部（インターフェース）を最適設計しないと製品全体の正確がよく出ない。第2に「モジュラー型（組合せ型）」で、製品機能と部品が一对一ですっきり対応しており、インターフェースが標準化しているため、あらかじめ別々に設計した部品を寄せ集めてもまともな製品ができる。」と規定している。金型産業は、原則として一品生産であり、製品設計部門と金型設計部門の擦り合わせが重要であると考えられることから、インテグラル型の性格が強いといえる。

²⁶ここでいう製造業とは、「インテグラル・アーキテクチャ」の産業を指している。

²⁷小池（2005）等で行われている「変化への対応スキル」は、スキルの性質そのものに基づく類型ではなく、スキルが発揮される場面（具体的な作業内容）に基づく一類型と考え、本稿では除くことにした。

以上のことから、金型製作において必要とされるスキルを「定型的スキル」、「クラフト型スキル」、「知的推理スキル」、「文脈スキル・管理統合スキル」の4つに類型化し、この類型に従って第3章以降の事例を分析する。

第4節 技術革新に伴うスキルの変容研究

労働社会学では1980年代から1990年代初頭において、技術革新によってスキルは不要になるか、新たに必要となるか、それとも双方が同時に起こるのかという議論がなされてきた。それでも近年に至るまで社会学者の間に一致した見解はないとされている（山下，1995, p. 123）。技術革新に伴い熟練（スキル）がどのように変化するかについて，Penn(1984, p. 35)では，1970年代以降，英米の社会学者の間には「スキル低下説」と「スキル高度化説」についての論争があると指摘されている。

Braverman(1974)は、「スキル低下説」を唱えた。具体的には、「技術革新は，省力化のために導入され，ワーカーの持つスキルの依存を減らすことを目的とする。スキルの不要となったよりルーチン化された仕事においては，（下部の階層の）ワーカーの裁量は制限される。他方，トップに近い特定の専門的スキル，管理スキルを行う仕事に責任・権限が集中する」というものである。第2節において検討した馬場（2005）も，「製作時間の機械化率」という指標を用いて分析を行い，スキルレスの方向のみが拡大していくことを前提に検討している。これはスキルの変容の一類型しか言及していないことになる。

他方，Spenner（1983）は「スキル高度化説」を唱え，「低スキルの手作業が残るのは，技術変化のサイクルが不完全な結果であり，技術革新が進めばこのような仕事は自動化されると考えている。そしてさらに高度に自動化が進むと，個人の自律性，スキル，意思決定権限が大きくなる。例えば組織レベルでは分権化に向かう傾向が見られる。」としている。

さらに Attwell(1992)では，労働社会学における技術変化とスキル変容の議論について既存研究および調査にもとづいてより包括的に，実態に即して分析している。具体的には，技術の変化（技術革新）によってスキルは消滅すると考えた Braverman は，これを de-skilling と呼んだ(Braverman, 1974)。

それに対して新しいスキルが発生する（これを upgrading-skill と Penn, et al, 1985 では呼んでいる）という論争があるが，これらは同時に起こるものであり，各々はあくまでも理論上もしくは推論上単独で存在する事柄としている。そして，「技術変化が起こったとしても，ある一部のスキルが不要となるだけで，重要なスキルは依然として残る」という議論や，再形成されるスキルについても言及している。また，こうしたスキルに含まれるものとして，「認知能力」，「職場における知識」をあげている。

なお、技術変化の後も職場に依然として残るスキルや、再形成されるスキルの概念については、筆者が検討した労働社会学の先行研究の中では、具体的な用語をあてていない。ただ、技術変化によっても継続して必要となるスキルと解釈でき、Zuboff (1988) の re-skilling と類似した概念と考える。しかし日本企業に見られるような、現在の製作上不要となったスキルをあえて修得させる re-skilling もある。これは過去のスキルを修得しないと改善ができないといった問題を解決するために行っているが、この点については Zuboff (1988) では言及されていない。

以上は、一般的な議論である。しかし、それらは金型製作におけるスキル形成についても援用できると考える。そこで本稿では技術革新によって金型製作工程において変容するスキルを、「不要となるスキル (de-skill)」、「新たに必要となるスキル (new-skill)²⁸」、「継続して必要となるスキル (re-skill)」と分類し、それらを個別の新技术導入段階での企業対応を考える手段としていきたい。

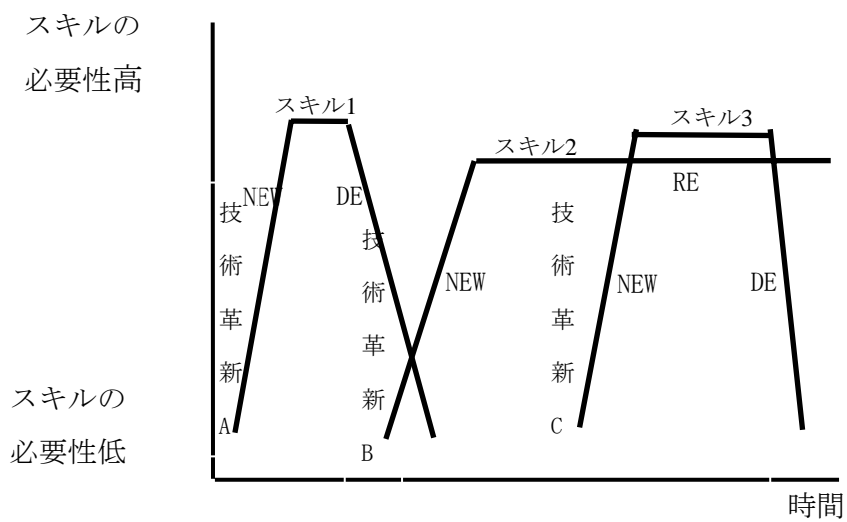
これら3つの方向のスキルの変容は、技術革新が起こるごとに繰り返されるが必ずしも同じ経路を辿るわけではない。基本的には図1-3のような概念図になると筆者は考えている。

技術革新Aでは、技術革新後、新たなスキル1が必要になり、それが維持されるが、技術革新Bによって不要となる。同時に新たなスキル2が必要になる。続いて技術革新Cによって新たなスキル3が必要になるが、スキル2は機械やソフトウェアに置き換えることができず、継続して必要となる。このような技術革新とスキル形成の関係を示したものが図1-4である²⁹。

²⁸新たに必要となるスキルは、newly-introduced skillと表現するのが適切であろうが、本稿においてはnew-skillと記載する。なおこの概念は、Zuboff(1988)で述べられている、「技術革新によって新たなスキルが必要になる」upgrading-skillと類似する概念である。

²⁹ ただし技術革新によって金型製作上、不要となるスキルの中にも、次の技術革新の対応や改善などのために必要と判断され、伝承されるものがある。これについては、浅井(2005b) p. 3を参照されたい。

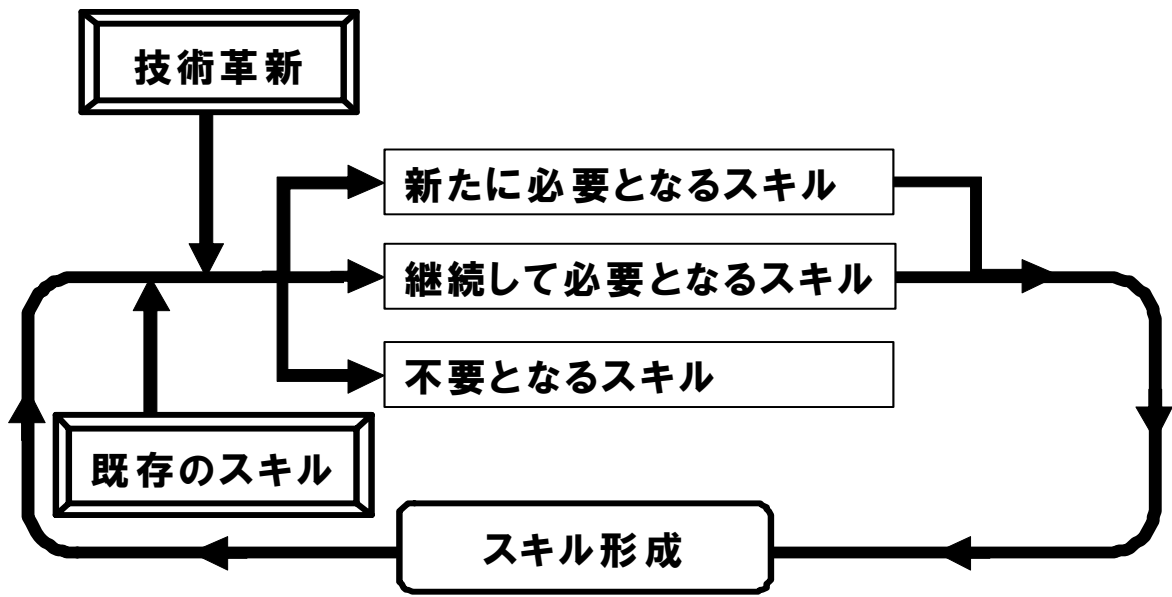
図 1 - 3 技術革新とスキルの変化



注：NEW：new-skill, RE：re-skill, DE：de-skill

出典：筆者作成

図 1-4 技術革新とスキルの相関図



出典：筆者作成

第5節 本稿の分析枠組と分析手法

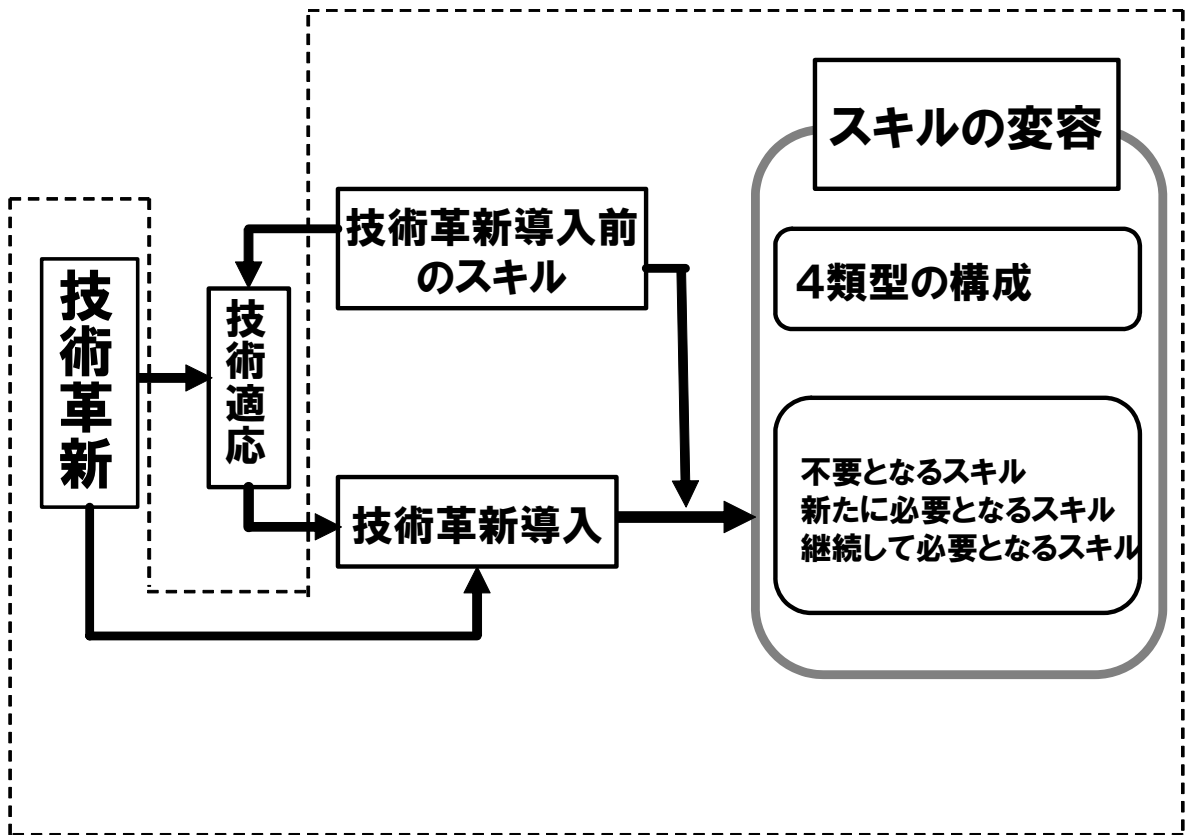
本稿の分析枠組みは、金型製作における技術革新³⁰とその対応者の変化により、金型製作に必要なスキルが変容するというものである。ただしある技術革新が導入される際、各々の企業が保有する技術革新導入前のスキル類型およびそれらの水準という初期条件が勘案された上で技術革新導入後のスキルが決定される。

また予算制約等の関係で上記の技術革新が導入できない場合であっても、技術革新の仕組みを理解し、自社の保有するスキルを活用して技術革新を代替する手段を導入する場合もある (Takeuchi, 1999)。

これらを図示したものが、図1-5である。スキルの変容過程では、第4節で示した4つのスキルの「構成 (その時代に必要となっているスキルの組み合わせ)」が変化し、それに対応した「スキル形成」がなされる。なお本稿では、技術革新が技術適応に与える影響には言及しない。図1-5の波線で囲んだ範囲について分析する。

³⁰第2節で述べたように本稿では、技術革新を「新しい生産方法の開発 (新技術)」に限定して用いる。

図1-5 本稿の分析枠組み



出典：筆者作成

他方、本稿では詳しく取り上げないが、社会的な条件の変化が及ぼす影響についても簡単に触れておきたい。本稿の事例である、第3章、第4章、第5章では、手工的スキルの蓄積から、知的スキルの蓄積に重点がシフトしている。ただし、スキルの類型から見ると大きな変化が観察されるとはいえ日本企業のスキルを重視する志向性については一貫して変化していない。こうした重点のシフトが可能になった背景として、①従業員の高学歴化、②IT化、③デジタル化の進展、④形式知の増化といういくつかの要因が働いている。本稿でそれらは①、②、③、④などによって加速されてきたと考える。

さらに事例について補足的に述べれば、第3章では、モータリゼーションによる金型製作数の増大という社会背景があり、第4章では、自動車産業の成熟により、より高精度な金型の要求という社会背景があった。第5章に関して言えば、ユーザーの国際展開が、価格面での競争激化を招き、コストダウンを強いられていた。なお、第6章では、日本企業とは対照的に、中国という工業製品製作においてスキルを軽視する社会背景を持つ企業の

方向について検討する。

次に本稿の分析方法について述べたい。第1節から第4節で論じたように金型産業に関する先行研究では、技術革新、取引形態、生産システム、国際化という個別の視座から金型産業の競争力を説明している。

ただし、こうした技術革新とスキルの変容に関する先行研究は必ずしも包括的な形での整理に成功したとはいえない。取り上げた技術革新およびそれに伴うスキルの変容と同等あるいはそれ以上に影響のあった事例があると考えられるためである。本稿は実際に技術革新に伴い金型製作スキルはどのように変容したのかについて事例分析³¹をもとに検討する。その際これらの事例を、第3節において検討したスキルの類型的アプローチを用いるとどのようにその変化を理解できるかについて注目していきたい。とくに、もっとも高いスキルである「文脈スキル・管理統合スキル」が組織の中でどのように位置づけられてきたのか、その変化についても考察を行うことにしたい。

本稿で分析する技術革新の事例分析は、金型製作スキルに大きな影響を与えたと考えられる工作機械やソフトウェアにおける技術導入とそれらに対応したスキルの変容に限定している。具体的には、金型工業会および機械振興協会の資料、馬場（2005）、並びに筆者の日本企業へのヒアリング調査の結果から、主要な技術導入による技術革新の成功事例として「倣い型彫り機導入³²（第3章）」、「NC直彫り加工導入³³（第4章）」、「3次元ソリッドデータ導入³⁴（第5章）」の3つについてヒアリング調査にもとづく事例分析を行っている（図1-6上段部分）。

これら3つの技術革新を筆者が選択した理由は以下の通りである。まず「倣い型彫り機の導入」は、これまでの筆者の調査から、従来は全て手作業で行っていた自動車ボディ外板用プレス金型の自由曲面（3次元形状）加工が、モデルを倣うという機械によって初めて機械化されたものであり、金型製作スキルも大きく変容していると考えられることである。

³¹筆者が金型産業の調査を始めたのは1994年からであるが、本稿のケーススタディに関するヒアリングは、1996年から2007年の12年間にわたって行われたものである。ヒアリングに応じてくださった方々は総数で150名を超える。当事者の了解が得られた場合を除き、基本的に社名、個人名は公表しないことを前提に行っている。ヒアリングに含まれる対象者の方々は、日本を代表する金型メーカーの技術者、技能者、中小金型メーカーの経営者、また大企業の内製金型部門の技術者、技能者、工作機械の技術者、営業職、大学を含めた公的研究機関の研究者である。国や地域別では日本が大部分であるが、タイ、シンガポール、台湾、中国においても行っている。

³² 倣い加工機とは、「モデル」と同じ形状を型板などにトレース加工する機械をさす。

³³ NCとは、数値制御を意味し、具体的には工作機械の工具の位置、回転数、送り速度などを数値情報で制御すること。NC直彫りと加工とは、倣いモデルを使用せず、NCデータを作成し、機械加工を行う。

³⁴ 3次元ソリッドデータとは、立体の内部まで定義した形状データを意味する。

次の大きな技術革新は NC 技術導入であるが、1970 年頃から日本の金型産業において技術が普及したものの、倣いモデルをトレースして NC データを作成する時代が 1990 年頃まで続いた。この方法は、あくまで倣い型彫り機をベースとした原理であるといえる。したがって倣いモデル作成を不要とし、最初から NC データを作成することにより金型を製作するという「NC 直彫り加工 (=倣いモデルを用いず NC データのみで行う加工)」の導入が NC 導入の諸段階の中でもっとも大きなスキルの変容を引き起こしたといつてよい。そこでプレス金型よりもより自由曲面が多い、大型プラスチック用金型製作を事例に選定した。

第 3 の技術革新は、3 次元情報技術である。初期のデータ形式であるワイヤフレームデータ (線データ) では 3 次元で定義する設計が可能になった。次のサーフィスデータ (面データ) では、切削シミュレーションが可能になった。しかし内部形状の確認ができないため、金型構造 (構想設計) によって、成形不良が出るリスクが高くなる。また、成形シミュレーションも高度なことはできなかった。他方、「3 次元ソリッドデータ導入」は、「設計情報が内部まで確認でき、それに伴いより高度なシミュレーションが可能になり、3 次元情報技術のなかでもっとも大きなスキルの変容がもたらされたと考えられる。そこで第 4 章同様、大型プラスチック用金型製作を事例に選定した。

以上の技術革新とそれに伴うスキルの変容研究に当たっては、事例分析の方法を選択した。なぜならケースの数は限定されるものの、技術革新によって金型製作スキルはどのように変容したのか、とくにスキルの 4 類型のうち「文脈スキル・管理統合スキル」が組織の中でどのように位置づけられてきたのかについて、アンケート調査に比べより深い分析が可能になると考えたためである。さらに第 3、4、5 章で取り上げた事例の金型を製作できる企業は、大企業の内製部門を含め、筆者の知る限り、各々日本では 20 社未満であり、アンケート調査が適しているとは考えられない。

なお第 3 章では、大手完成車メーカートヨタ自動車工業の社史ならびに当時を知る熟練技能者 (田口八郎³⁵) に 20 時間のヒアリングを行った。第 4 章では工学系学術論文および金型専門誌に加え、完成車メーカートヨタ自動車の元熟練技能者である田口八郎、大型プラスチック金型メーカーの B 社の元技術者、NC を内製している大手工作機械メーカーの C 社の技術者に各々 6 時間のヒアリングを行った。そして第 5 章では、大型プラスチック用金型メーカーの F 社の技術者 3 名に対し、計 6 時間のヒアリングを行った。

本稿では前述したように大型のプレス用金型と、プラスチック用金型を取り上げる³⁶。

³⁵ なお、本稿では一切の敬称を省略する。

³⁶ プレス用金型とプラスチック用金型では、成形素材の特性に大きな違いがある。プラスチック用金型の場合では、素材の収縮率と射出する際のガスの抜け方がわかれば、金型設計、加工データが作成しやすい。他方、プレス用金型ではプレスする金属板の弾性値によってスプリングバック (プレスの際の加圧力によって金型から離型する際に金属板の変形が戻ってしまう現象) が異なり、新技術の導入はプラスチック用金型に比べ困難である。ただし方向としては図 1-6 上段のような技術革新がある。

その理由は以下の2点からである。まず、『平成17年工業統計表³⁷・品目編（2008年1月刊行）』によれば、総出荷額1兆7478億円のうち、プラスチック用金型が37.8%、プレス用金型が34.8%を占め、双方の金型で総出荷額の4分の3近くを占めることである。次に大型になることによって、金型の構造がより複雑になり、金型の構造の決定（構想設計）や加工データ（CAMデータ）に非常に高いスキルが要求される。このため、技術革新によるスキルの変化を捉えやすいと考えられる。

これらの技術革新の他、先行研究では放電加工機や2次元CADの導入、ソリッドデータ導入以前の3次元CADによる金型製作スキルへの影響も指摘されているが本稿では除外する。これは以下のような理由からである。

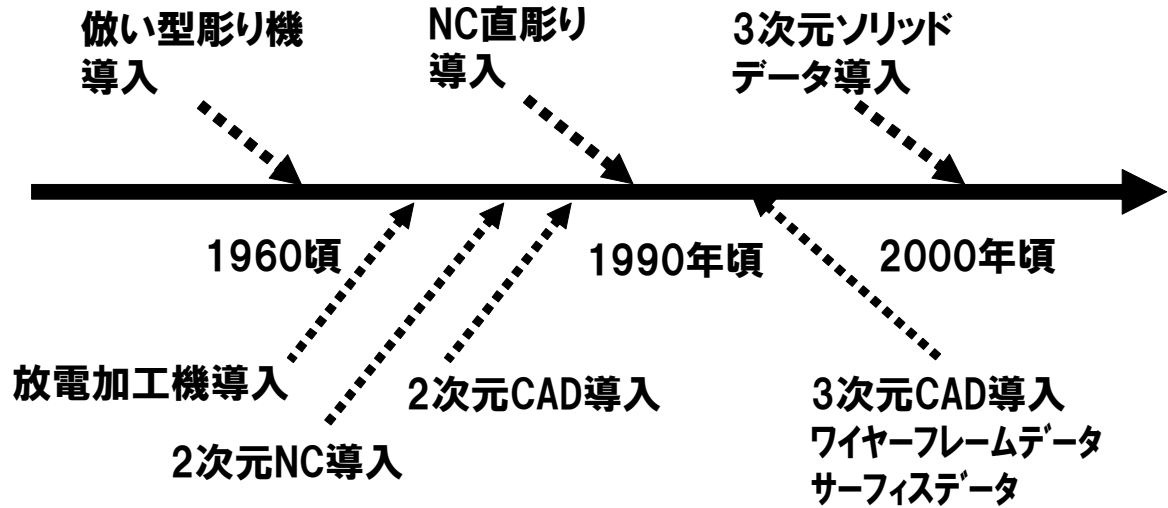
放電加工機は、複雑な形状や硬鋼材や工具径（R）以下のシャープなエッジの加工を得意とする機械であり、中・小物の金型製作に大きな影響を及ぼし、日本金型工業会（1977, p.126）でも「昭和30年代の画期的な加工手段となった」と評されている。しかし、本稿では大型のプレス用金型（自動車外板ボディプレス用金型）、大型プラスチック用金型（自動車のバンパー用やインストールパネル用金型）について検討するため、大きな影響があったわけではない。

また2次元CADは大手自動車メーカートヨタ自動車において1980年頃から導入されているが（産業技術記念館, 2002, p.155）、CAM（NCデータ）と連動していなければ、それまでのドラフターでの手設計を機械に置き換えただけのComputer-Aided-Drawingに過ぎず、スキルの変容はほとんどないと考えられる（浅井, 1995, p.15）および価値総合研究所, 2006, p.9）。さらに3次元データについては、前述のようにソリッドデータの方がより形状を確認しやすく、より高度な解析ができることから、初期のデータ形式であるワイヤフレームデータ、サーフィスデータを除外することにした（図1-6下段部分）³⁸。

³⁷ なお、工業統計調査では成形メーカーやアセンブリメーカーの内製金型部門での金型出荷額は統計に含めない。

³⁸ このように本稿で取り上げる図1-6上段の技術革新は、限定的な条件で出していることに留意されたい。

図 1-6 本稿における分析対象



注：上段が本稿の分析対象であり，下段については本稿では取り上げない，その他の
主な技術革新である

出典：筆者作成

第2章 日本における金型産業の特徴

第1節 はじめに

金型は金属、プラスチック、ガラス、ゴムなどの原材料から同じ形の部品や製品を大量に成形する際に用いられる。金型によって成形される製品は、自動車、家電、各種機械部品、ガラス製品、建材、玩具、雑貨など広範囲にわたる。自動車、家電といった量産型機械工業では、ほとんどの部品が金型により成形され、組み立てられている。このことから最終的な製品の品質や精度は、金型の品質、精度に規定されているといえる。日本の製造業が世界的な競争力を保持してきたのは、その製品の部品精度の高さ、すなわち高度な金型技術があったためといえる。ユーザーからするといかに短納期、低コストで、高品質、高精度な金型を調達するかが鍵となる。とくにコストを抑えることはユーザーにとって開発費を下げることにつながる。

他方、金型メーカーの側からすれば、高品質、高精度の金型をいかに低コスト、短納期で供給するかが課題である。こうした課題に対応すべく金型産業は、金型製作に必要な工学技術（機械やソフトウェア）やスキルを活用してきたのである。

金型産業は、日本の高成長を遂げた量産型製造業を支える産業としてバブル経済崩壊まで戦後一貫して急成長を続けてきた。1985年のプラザ合意後の急速な円高が生じたときでさえ、若干の落ち込みにとどまった。金型産業がそれまで総体として順調な推移を辿った理由を探ってみると、次の諸点をあげることができる。すなわち、(1)大口ユーザーである自動車、家電産業が大きく成長したこと、(2)これらの産業が不況時には製品の種類を増やす打開策をとり、結果として金型需要が増えたこと、(3)金型産業は単品受注生産であるため量産による規模の経済が働きにくく、スキルを身につけていれば零細な事業者も十分に存立できる基盤があったことである。

しかしバブル経済の崩壊後、状況は一変し、出荷額は大幅に減少した。その後、1990年代後半に回復したものの、2000年以降、再び漸減する傾向にある。2000年以降の出荷額の推移の背景には、ユーザーが海外進出に伴って、現地で金型を調達する傾向を強めたことが主要な原因と考えられる。

他方、金型の中には高度な技術、スキルを必要とし、日本の企業以外に品質、精度、コスト、納期、複雑さといった諸点を満足させることのできるメーカーがないということも事実である。しかしユーザーからのニーズは減る傾向にあり、こうした企業の衰退は、この分野での専門的な能力の世界的喪失につながる。すなわち設計能力、高度な機械のプログラミングをする能力、長期的な取引を継続してきたことによる顧客のニーズについて蓄積された詳細な知識の喪失といったことである。

そこで本章では、次章以降において議論する「金型産業における技術革新とスキルの変容」の事例検討に先立ち、1) 金型とはどのようなものなのか、2) その製作工程はどのようなになっているのか、3) 各々の製作工程に必要とされるスキルはどういったものなのか、まずこれらの点について考察する。

さらにこの日本の金型産業が4) 歴史的にどのような発展過程を辿ってきたか、この点をセンサス統計や通産省（当時）の報告書などを通じて分析する。以上の2点を明らかにすることを通じて、日本の金型産業の特徴について明らかにする。

第2節 金型の概要

(1) 金型の種類

金型とは、同一形状の製品を大量生産するために素材の塑性（外圧を加えて変形させた時、外圧を取り去っても変形がそのまま残る固体の性質）または流動性を利用して成形加工するための金属性の型を指す。一般にそれらは各種成形機に取り付けて使用され、金型は一般に上型と下型、あるいは雄型と雌型と呼ばれる部分からなり、成形される部分が両型の間空洞として成型されるかまたは打ち抜かれるように構成されている。

金型による加工は切削に比べると次のような特徴がある。それはまず品質の均一化した製品が得られること、次に加工時間が短いこと、第3に加工屑がほとんど発生しないといった特徴である。このため金型は、現代社会を取りまく量産製品の製造に欠くことのできない手段として存在し、製品の低コスト、高品質化、短納期化を可能にした。

金型は成形材料の種類や成形方法などによって分類される。経済産業省「機械統計」では、プレス用、鍛造用、鋳造用、ダイカスト用、粉末冶金用、プラスチック用、ガラス用、ゴム用の8種類に分類している(表2-1)。他方、経済産業省「工業統計」では、鋳造用とダイカスト用、ガラス用とゴム用をひとまとめにして6種類に分類している。

本稿では大型のプレス用金型と、プラスチック用金型を取り上げる。その主たる理由は以下の2点にある。まず、『平成17年工業統計表・品目編』によれば、総出荷額1兆7478億円のうち、プラスチック用金型が37.8%、プレス用金型が34.8%を占め、双方の金型で総出荷額の4分の3近くを占めていることである³⁹。次に大型になることによって、金型の構造がより複雑になり、金型の構造の決定（構想設計）や加工データ（CAMデータ）に非常に高いスキルが要求される。このため、技術革新によるスキルの変化を捉えやすいと考えられる。

³⁹ なお、「その他」に分類されるものには、金型部品（モールドベース、ダイベースなど）、および付属品などがあり、プラスチック用金型、プレス用金型に次いで第3番目の出荷額となっている。

表 2-1 金型の種類

| | 用途 | 加工材料 | 成形方法 | 成形時の材料形状 | 成形品の需要部門 |
|--------|---------|-----------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| 金属加工用 | プレス用 | 鋼板 非鉄金属板 | 金属に強い圧力をかけて成形 | 板状 | 自動車, 家電, 雑貨など |
| | 鍛造用 | 棒鋼材 非鉄金属 | 金属塊を打ち叩いて圧縮成形 | 固体 (加熱, 常温) | 自動車, 建設機械など |
| | 鋳造用 | アルミ合金 | 溶解した金属を自然の重力で金型に流し込み成形 | 溶解状態 | 自動車, 一般機械など |
| | ダイカスト用 | アルミニウム 亜鉛合金等 | 溶解した金属に高圧をかけて金型に押し込み成形 | 溶解状態 | 自動車, 家電, 機械部品, 雑貨など |
| | 粉末冶金用 | 金属の粉末 | 金属粉末を圧縮成形 | 粉末状態 | 歯車, 軸受など |
| 非金属加工用 | プラスチック用 | 熱可塑樹脂 熱硬化樹脂 | 加熱溶解した樹脂を金型に入れて成形 | 溶解状態 | 家電, 自動車, 精密機械, 雑貨, 建材など |
| | ガラス用 | ガラス材料 | 溶解状態の材料を金型に入れ成形 | 溶解状態 | ガラス器物 雑貨など |
| | ゴム用 | 合成ゴム 天然ゴム | ゴム生地を金型に挟み蒸気で加熱成形 | 成形加硫の方法により様々 | タイヤ, 靴底, 工業用ゴム |

注) 分類は経済産業省『機械統計』による

出典: 国民金融公庫調査部編 (1989)『日本の中小機械工業』, p. 261 および, さくら総合研究所 (1992)

「モデルチェンジ周期の長期化と金型業界の対応」 p. 2 より筆者作成

(2) 金型の製作工程

ここではまず, 現在のプラスチック用金型の製作過程を例としてあげる(表 2-1)。まずユーザーより製品設計データが送付され, 金型メーカーにおいて「構想設計」が行われる。構想設計は, 指定された納期の中で要求される品質, コストを満たすために工程数, 作業時間を決定する。さらに金型の分割方法, ゲート, ランナーの配置⁴⁰などを決定する。

⁴⁰ ゲートは, 製品部 (キャビティ・コア) に樹脂材料を注入する入口を指す。他方, ラン

構想設計の途中段階および終了時に、ユーザーとの間でデザインレビュー⁴¹が行われる。

次に「詳細設計」がなされる。詳細設計では、もともと出荷額の高いプラスチック用金型を例にあげると、キャビティ・コア⁴²、モールドベース⁴³の設計をし、金型全体の「組立図設計」を行う。続いて金型を分割し、その各々の部分(部品)を設計する(「部品図設計」)。さらに金型部品加工用電極の設計、またエジェクタピン⁴⁴など標準部品を選定する。

第3に構造設計、詳細設計にもとづきCAMデータが作成される。

第4にCAMデータが作成されると加工が行われる。具体的には金型の素材をフライス盤⁴⁵などによって切削加工し、平らな板を作る。さらに型板⁴⁶のピンなどを加工して金型の外側の加工を行う。続いて「型彫加工」に移る。型彫加工はフライス盤、放電加工機・ワイヤーカット⁴⁷などを使用し、キャビティ・コアの複雑な形状を彫刻する加工を指す。

機械加工を終えた後、仕上ががなされる。これは機械加工された金型部品を研磨機、手作業による研磨により仕上を行う。仕上後、金型各部品の集積誤差を調整しながら金型に組んでいく「組立調整」がなされる。最後に「トライアル(試し打ち)」を行い、成形不良が出た場合には、金型を「修正」し、再度「トライアル」を経て、成形不良が出ていないことを確認し、金型は完成する。

このトライアル・修正工程は、非常に高い知的推理スキルが求められる。しかし2008年現在では、ユーザーからのコストダウンがより厳しくなり、「トライ・修正」回数を大幅に減らすことが求められている。本稿では第5章の事例においてこの対応について検討する。

ナーは樹脂材料の注入口から製品部までの通路を指す(図表2-3参照)。

⁴¹ デザインレビューとは金型メーカー作成した構想設計案に対して、ユーザーの立場から評価し、意見を述べること。

⁴² キャビティは、射出成形品の製品形状を構成する金型の固定側であり、彫り込み部(雌型)を指す。他方、コア(雄型)は射出成形品の製品形状を構成する金型の可動側を指す(図2-2参照)。

⁴³ モールドベースは、各種のピンなどを組み込み、金型作動を可能な状態に組立した金型の基底部のことを指す。つまりキャビティ・コアなどが組み込まれていない金型のことである。

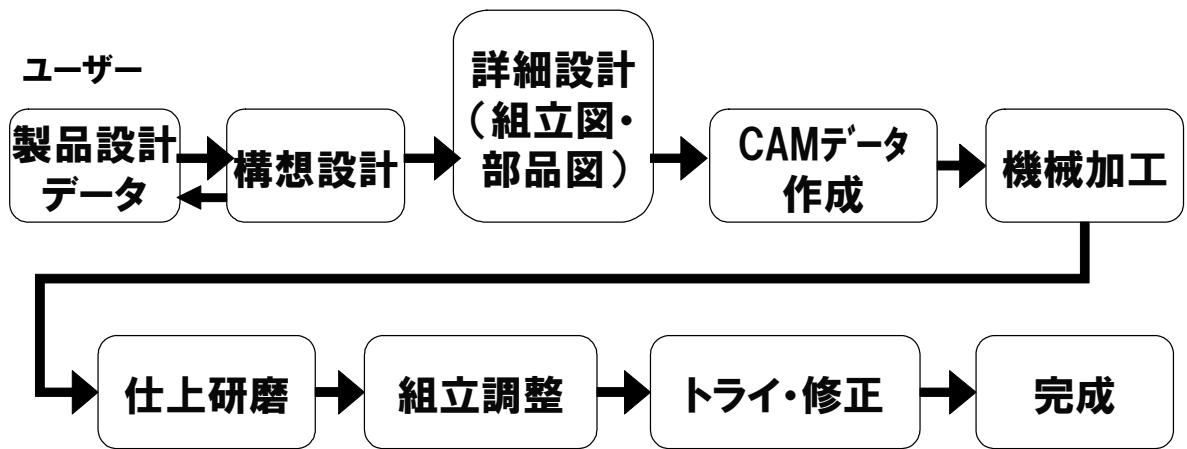
⁴⁴ エジェクタピンは、成形品を金型から離すためのピンを指す(図2-2参照)。

⁴⁵ フライス盤とは、刃具が定位置で回転し、工作物を切削する工作機械のこと。

⁴⁶ 型板は、金型を構成する主要な板状の部品を指す。固定側型板、可動側型板、固定側取付板、可動側取付板、受け板などの種類がある(図2-2参照)。

⁴⁷ 放電加工機は、加工液の中に被加工物と電極を相対させ、両者間に電圧をかけ放電させる。この放電で生じる熱によって被加工物を溶かし電極の形に成形する機械をいう。他方、ワイヤーカットはワイヤーを電極として放電し、加工物を切断する機械である。

図 2-1 現在の一般的なプラスチック用金型製作工程



出典 筆者作成

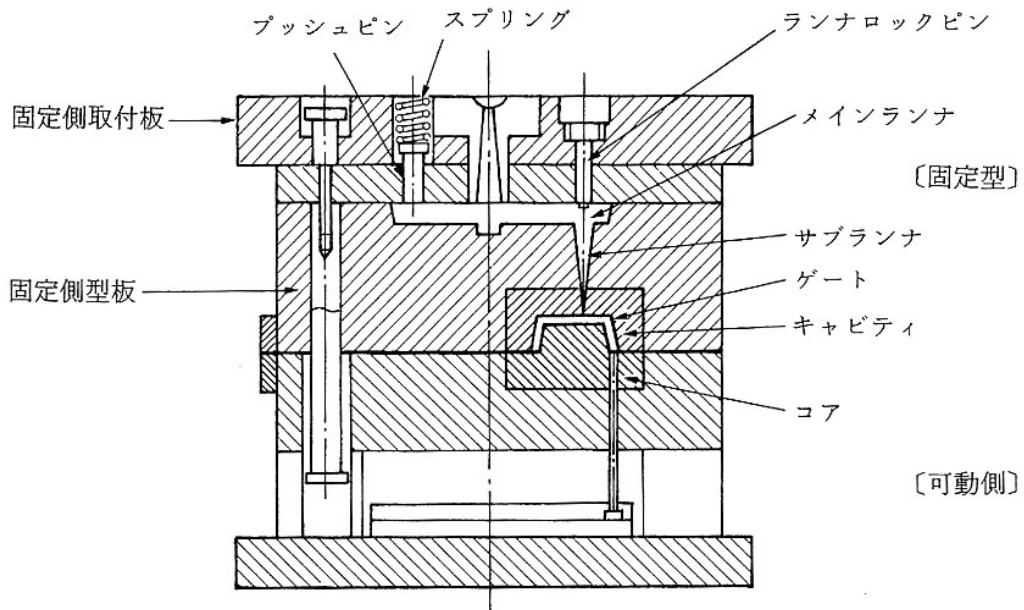
上記の金型製作工程の中で、とくにスキルが必要となるのが、「構想設計」、「CAMデータ作成」、「組立調整、トライ・修正」である。具体的には、「構想設計」を行うためには、「金型の構造」、「成形の機構」、「樹脂材料の特性」など複数の技術分野にまたがる形で金型全般について一通り理解していなければならない。次に「CAMデータ作成」スキルについては、作成者によりばらつきがあり、加工時間や加工精度に差が出るという。具体的には、加工する形状に応じて加工法、刃具の選択、工作機械の主軸の回転数、送り速度を決定するスキルをあげることができる。

また「組立調整」、「トライ・修正」工程では金型部品が要求精度内に収まっていたとしても、実際に金型を組み、トライ成形をすると成形品の縁にできるギザギザなどの品質不良が出る場合がある。この品質不良の出る原因を推理し、修正するスキルなどがある。

戦後、金型製作スキルに大きな影響を与えたと考えられる工作機械やソフトウェアにおける技術革新として本稿では、第1章で示したとおり、①倣い型彫り機が導入された段階、②NC直彫りが行われるようになった段階、③3次元ソリッドCADおよび超高速加工機の導入に伴い、データのみによる設計およびシミュレーションを用いて、研磨レスで金型加工ができるようになる段階を分析対象とし、第3章以降で分析する。

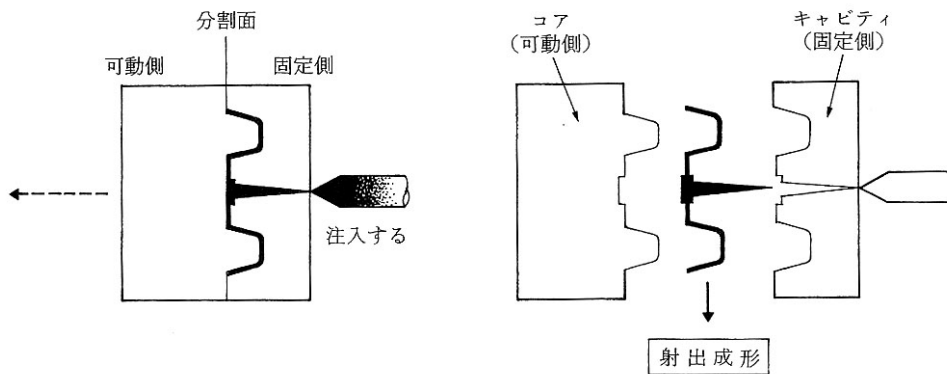
プラスチック用金型の基本構造例(図2-2)および、キャビティ・コアの基本構造例(図2-3)をあげ、各々の技術革新によって金型製作工程がどのように変化したかを図示したものが図2-4である。

図 2-2 プラスチック用金型の基本構造例



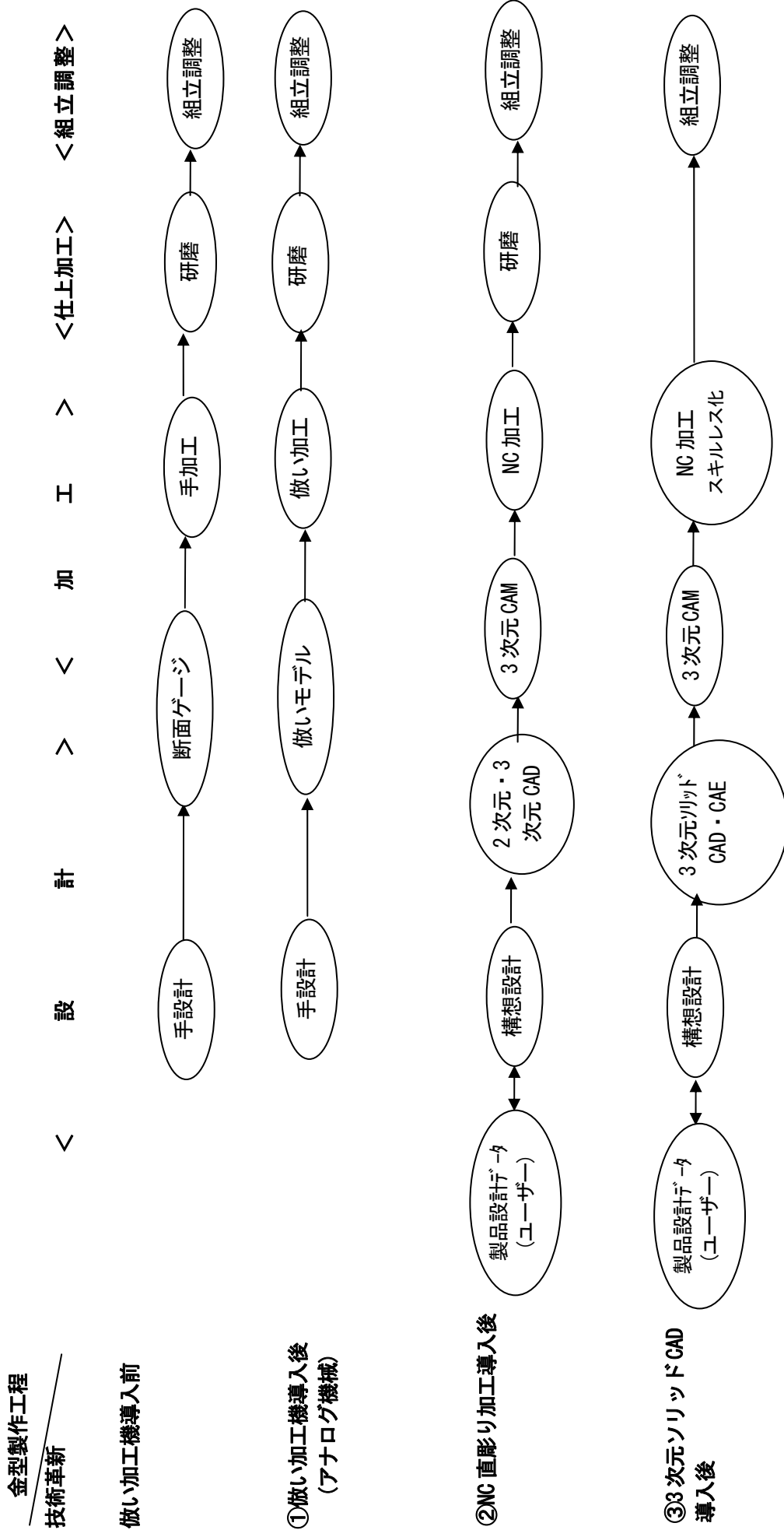
出典：『型技術』第9巻10号，p.55より引用

図 2-3 キャビティ・コアの基本構造例



出典：『型技術』第9巻11号，p.89より引用

図表 2-4 技術革新に伴う金型製作工程の変容



第4節 日本の金型産業の発展史

(1) 明治期から第2次世界大戦までの日本の金型産業

金型産業の歴史について詳しく書かれた資料は、ほとんど存在せず、金型産業を対象にした研究の多くが、「中小企業研究センター（1979）「第3章 量産成形産業の成立・発展と金型の製作」『金型工業の構造分析』を引用しているのが実情である。本稿においても同書を引用する。

日本の金型は現在、経済産業省「機械統計」では、8品種に分類されている。各品種について発祥の歴史を明らかにすることは困難であるが、その発展過程は、明治時代に各種成形加工機械とともに金型も海外から輸入された。中小企業研究センター（1979）によれば、「金型が日本において最初に使用されたのは、イギリスから貨幣製造機とともに金型が輸入され、1871年（明治4年）に開始された金・銀貨幣の製造をもって、日本における金型使用の—あらゆる量産性成形工業を通じて—嚆矢とするのがおそらく適切である。」としている（p. 20）。

また、同書によれば「富国強兵をスローガンとした明治政府は、小銃の銃弾の量産に迫られ、1880年（明治13年）東京砲兵工廠は、ドイツ人技術者ヘールを招き、小銃、薬莖製造について伝習を受け、翌1881年（明治14年）薬莖製造が始まった。その技術水準については、同書では、小山弘健『図説世界軍事技術史』を引用し、昭和期の薬莖と差異はなく、ほぼ完成の域に達しているとしている。そして1個の実弾用薬莖製造に使用される（プレス）金型の数は100前後が必要であった。」としている（p. 20）。

このように明治政府は、自らが緊急に必要とした2つの量産成型品（通貨と兵器）の製造に、先進的なプレス金型、プレス加工技術を導入し、これが日本における金型を用いた量産成型の端緒が形成されたということが出来る。なお金型が日本において工業的に製作されるようになったのは、日清、日露の両戦争による軍需の刺激に加え、工作機械が輸入されるようになった明治の末から大正の初めといわれている。

また、第1次世界大戦を契機として国力の伸長するに伴い、プレス工業、ゴム工業、ガラス工業等の量産型各種成形加工工業の発展とともに金型産業も徐々に発展した。昭和に入ってから、日華事変、第2次世界大戦にかけて、軍需品の発注、軍需関連工業の需要の増大につれて、発展をした。

(2) 第2次世界大戦以降の日本金型産業の推移

日本の金型産業が本格的な発展をするのは、1950年代後半からである。プレス加工部品の多い自動車産業の発展と共に金型産業の基礎が作られた。この時代の自動車の量産化とそのため金型製作に大きな影響を与えた技術革新の例として、第3章で検討する「倣い型彫り機」の導入があげられる。日本のモータリゼーションに伴い、複数車種更には新型モデル用の自動車外板用プレスが必要となったことが導入の直接的な契機となった。

高度成長期の自動車、電気電子等の量産型機械工業の発展、材料革命と呼ばれる新成形材料の開発やプラスチックの射出成形技術など、新しい成形加工技術の進歩によって金型産業は発展した。さらに工作機械の数値制御化（NC化）という技術革新が起こり、加工精度の向上が求められた。その後のオイルショックやプラザ合意後の円高などの激変する環境を乗り切り、多品種、短サイクル化に伴う新製品開発の活発化などにより再び発展した。

1990年代に入ると、金型の精度・品質は向上を求められ、ユーザーの多品種、短サイクル化に対応するために、それまでの倣いモデルをトレースして自由曲面（3次元）のNCデータを作成してはユーザーの要求するQCD⁴⁸に対応できなくなってきた。モデルを作成し、それを倣い加工し、仕上研磨によって精度を出し、トライ・修正を繰り返して良品を製作する方法では、ユーザーの要求するコストを満たせなくなったのである。このため、新たな技術導入がなされた。自由曲面が多いプラスチック用金型を中心に、倣いモデルを使用せず、3次元データのみを用いたCAMデータ作成と高速・高精度のNC工作機械による、金型の直彫り加工（モデルレス加工）が導入されるようになる。これについては本稿では第4章において考察する。

2000年以降では、3次元ソリッドCADによる設計技術の進歩、CAEによる金型加工における刃具の動き方についてのシミュレーションおよび成形シミュレーションをはじめとするデジタル技術を中心とした急速な技術革新が起こっている。ユーザーからのコストダウン、短納期化の要請は一段と強まり、金型産業は高額な設備投資が必要とされている。この対応については本稿では第5章において検討する。

他方ユーザーの海外進出に伴う金型の現地調達進展からコストダウン要求が厳しくなり、『2005年工業統計表・産業編』によれば2000年以降、出荷額は横ばいであるが、事業所数は1990年の1万3115事業所から2005年には9984事業所にまで減少している。さらに2007年以降の資材価格の高騰により金型材料が高騰し、金型への価格転嫁の困難さからますます厳しい経営環境になっている。

そして2008年以降、アメリカの金融危機の影響を受け、ユーザーの売上、利益が大幅に減少し、新製品開発を延期または中止したため、日本の金型産業はさらい大きな打撃を受けている。

（3）出荷額および成長率から見た日本金型産業の推移

1960年に初めて通商産業省『機械統計』に金型が分類として登場する。『工業統計』に統計として分類されるのは1967年からである。通商産業省重工業局（1960b, p. 217）によれば、1956年当時の金型の生産規模は101億円であった。その後1983年に1兆円を突破し、1兆円産業の仲間入りを果たした。そして1992年のピーク時には、ほぼ2兆円に達し

⁴⁸ QCD とはQ (Quality, 品質), C (Cost, コスト), D (Delivery, 納期) を意味する。

た。2003年から2005年では1兆5000億円から7000億円で推移している（表2-2）。

表2-2

金型出荷額(1967年～2004年) 工業統計表・品目編(従業者4名以上:出荷額は百万円、成長率は%)

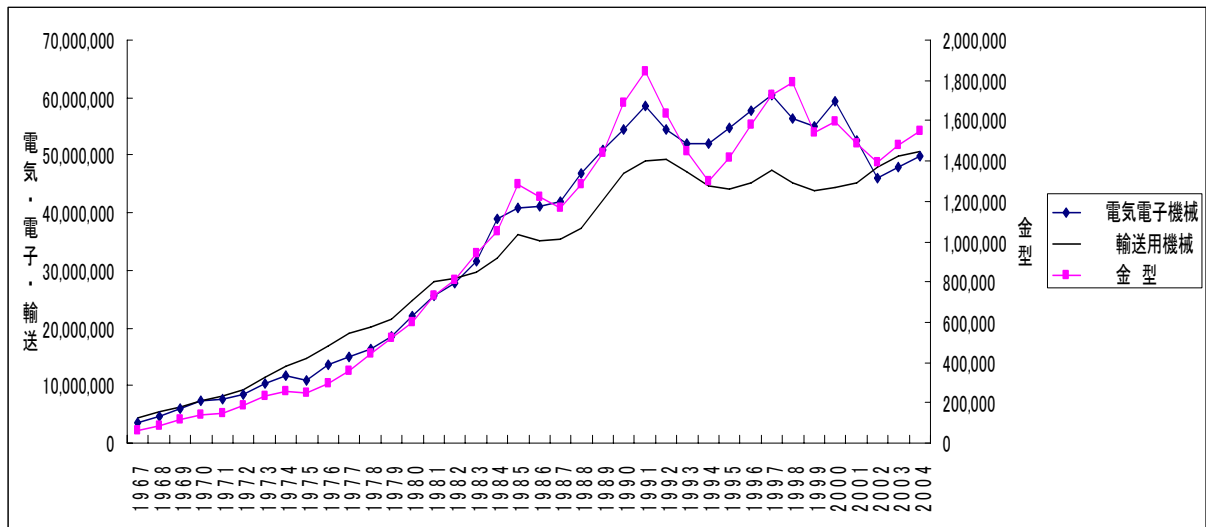
| 年次 | 元号 | プレス用金型 | | 鍛造用金型 | | 鋳造用金型 | | プラスチック用金 | | ゴム・ガラス用金 | | その他 | | 合計 | |
|------|-----|---------|-------|--------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 | 出荷額 | 成長率 |
| 1967 | S42 | 26,182 | | 951 | | 5,899 | | 17,066 | | 6,110 | | 9,983 | | 66,191 | |
| 1968 | S43 | 37,214 | 142.1 | 1,100 | 115.7 | 8,004 | 135.7 | 24,871 | 145.7 | 7,102 | 116.2 | 11,242 | 112.6 | 89,534 | 135.3 |
| 1969 | S44 | 53,020 | 142.5 | 1,956 | 177.8 | 10,907 | 136.3 | 33,703 | 135.5 | 9,194 | 129.5 | 14,899 | 132.5 | 123,678 | 138.1 |
| 1970 | S45 | 60,214 | 113.6 | 3,274 | 167.4 | 12,809 | 117.4 | 44,270 | 131.4 | 9,262 | 100.7 | 18,583 | 124.7 | 148,412 | 120.0 |
| 1971 | S46 | 62,668 | 104.1 | 4,188 | 127.9 | 12,277 | 95.8 | 50,487 | 114.0 | 9,176 | 99.1 | 17,875 | 96.2 | 156,669 | 105.6 |
| 1972 | S47 | 70,905 | 113.1 | 5,279 | 126.1 | 15,417 | 125.6 | 63,056 | 124.9 | 11,267 | 122.8 | 25,988 | 145.4 | 191,911 | 122.5 |
| 1973 | S48 | 92,300 | 130.2 | 9,519 | 180.3 | 16,075 | 104.3 | 81,070 | 128.6 | 14,564 | 129.3 | 31,762 | 122.2 | 245,291 | 127.8 |
| 1974 | S49 | 106,958 | 115.9 | 7,566 | 79.5 | 23,772 | 147.9 | 82,675 | 102.0 | 15,452 | 106.1 | 39,740 | 125.1 | 276,163 | 112.6 |
| 1975 | S50 | 98,682 | 92.3 | 6,368 | 84.2 | 22,410 | 94.3 | 86,760 | 104.9 | 16,483 | 106.7 | 41,353 | 104.1 | 272,057 | 98.5 |
| 1976 | S51 | 125,206 | 126.9 | 7,642 | 120.0 | 25,424 | 113.4 | 103,665 | 119.5 | 19,410 | 117.8 | 45,413 | 109.8 | 326,760 | 120.1 |
| 1977 | S52 | 160,714 | 128.4 | 9,073 | 118.7 | 32,207 | 126.7 | 131,652 | 127.0 | 23,486 | 121.0 | 49,291 | 108.5 | 406,423 | 124.4 |
| 1978 | S53 | 194,992 | 121.3 | 9,199 | 101.4 | 37,852 | 117.5 | 163,228 | 124.0 | 27,075 | 115.3 | 60,073 | 121.9 | 492,419 | 121.2 |
| 1979 | S54 | 217,831 | 111.7 | 11,835 | 128.7 | 44,686 | 118.1 | 192,258 | 117.8 | 30,668 | 113.3 | 69,276 | 115.3 | 566,554 | 115.1 |
| 1980 | S55 | 257,788 | 118.3 | 13,879 | 117.3 | 61,077 | 136.7 | 225,266 | 117.2 | 36,178 | 118.0 | 79,922 | 115.4 | 674,110 | 119.0 |
| 1981 | S56 | 277,863 | 107.8 | 14,517 | 104.6 | 72,029 | 117.9 | 269,187 | 119.5 | 40,699 | 112.5 | 93,217 | 116.6 | 767,512 | 113.9 |
| 1982 | S57 | 304,461 | 109.6 | 13,380 | 92.2 | 73,812 | 102.5 | 316,414 | 117.5 | 45,281 | 111.3 | 103,405 | 110.9 | 856,753 | 111.6 |
| 1983 | S58 | 351,386 | 115.4 | 14,984 | 112.0 | 75,890 | 102.8 | 391,826 | 123.8 | 46,903 | 103.6 | 118,184 | 114.3 | 999,173 | 116.6 |
| | 全数 | 373,114 | 122.5 | 15,470 | 115.6 | 78,243 | 106.0 | 408,697 | 129.2 | 49,102 | 108.4 | 123,090 | 119.0 | 1,047,716 | 122.3 |
| 1984 | S59 | 382,438 | 108.8 | 17,046 | 113.8 | 95,112 | 125.3 | 417,090 | 106.4 | 50,252 | 107.1 | 143,253 | 121.2 | 1,105,191 | 110.6 |
| 1985 | S60 | 497,103 | 130.0 | 22,893 | 134.3 | 95,615 | 100.5 | 484,689 | 116.2 | 59,122 | 117.7 | 147,317 | 102.8 | 1,306,739 | 118.2 |
| | 全数 | 520,704 | 136.2 | 23,630 | 138.6 | 98,549 | 103.6 | 503,297 | 120.7 | 61,641 | 122.7 | 152,003 | 106.1 | 1,359,824 | 123.0 |
| 1986 | S61 | 454,611 | 91.5 | 22,053 | 96.3 | 101,307 | 106.0 | 499,870 | 103.1 | 62,055 | 105.0 | 148,653 | 100.9 | 1,288,549 | 98.6 |
| 1987 | S62 | 425,901 | 93.7 | 21,595 | 97.9 | 93,267 | 92.1 | 482,631 | 96.6 | 61,130 | 98.5 | 160,018 | 107.6 | 1,244,542 | 96.6 |
| 1988 | S63 | 464,589 | 109.1 | 24,608 | 114.0 | 107,003 | 114.7 | 525,119 | 108.8 | 64,969 | 106.3 | 187,189 | 117.0 | 1,373,477 | 110.4 |
| | 全数 | 493,801 | 115.9 | 25,266 | 117.0 | 110,450 | 118.4 | 549,171 | 113.8 | 67,835 | 111.0 | 193,577 | 121.0 | 1,440,100 | 115.7 |
| 1989 | H1 | 519,409 | 111.8 | 28,431 | 115.5 | 122,728 | 114.7 | 610,089 | 116.2 | 75,388 | 116.0 | 204,855 | 109.4 | 1,560,900 | 113.6 |
| 1990 | H2 | 607,651 | 117.0 | 32,731 | 115.1 | 134,236 | 109.4 | 674,198 | 110.5 | 81,078 | 107.5 | 230,105 | 112.3 | 1,759,999 | 112.8 |
| | 全数 | 639,247 | 123.1 | 33,505 | 117.8 | 138,391 | 112.8 | 702,773 | 115.2 | 85,006 | 112.8 | 238,082 | 116.2 | 1,837,004 | 117.7 |
| 1991 | H3 | 687,066 | 113.1 | 36,468 | 111.4 | 136,952 | 102.0 | 751,170 | 111.4 | 85,525 | 105.5 | 259,387 | 112.7 | 1,956,568 | 111.2 |
| 1992 | H4 | 606,656 | 88.3 | 33,903 | 93.0 | 125,719 | 91.8 | 687,804 | 91.6 | 76,148 | 89.0 | 228,642 | 88.1 | 1,758,872 | 89.9 |
| 1993 | H5 | 522,853 | 86.2 | 32,182 | 94.9 | 109,526 | 87.1 | 593,790 | 86.3 | 67,087 | 88.1 | 208,219 | 91.1 | 1,533,657 | 87.2 |
| | 全数 | 550,227 | 90.7 | 32,980 | 97.3 | 113,069 | 89.9 | 619,773 | 90.1 | 69,802 | 91.7 | 215,833 | 94.4 | 1,601,684 | 91.1 |
| 1994 | H6 | 456,847 | 87.4 | 33,382 | 103.7 | 97,862 | 89.4 | 547,837 | 92.3 | 55,742 | 83.1 | 201,342 | 96.7 | 1,393,012 | 90.8 |
| 1995 | H7 | 499,091 | 109.2 | 37,849 | 113.4 | 99,276 | 101.4 | 584,556 | 106.7 | 63,489 | 113.9 | 227,090 | 112.8 | 1,511,351 | 108.5 |
| | 全数 | 527,478 | 115.5 | 38,703 | 115.9 | 103,005 | 105.3 | 611,337 | 111.6 | 66,217 | 118.8 | 235,387 | 116.9 | 1,582,127 | 113.6 |
| 1996 | H8 | 568,052 | 113.8 | 38,728 | 102.3 | 103,542 | 104.3 | 629,632 | 107.7 | 61,361 | 96.6 | 242,991 | 107.0 | 1,644,306 | 108.8 |
| 1997 | H9 | 630,853 | 111.1 | 43,144 | 111.4 | 122,621 | 118.4 | 698,124 | 110.9 | 63,657 | 103.7 | 275,542 | 113.4 | 1,833,941 | 111.5 |
| 1998 | H10 | 639,163 | 101.3 | 40,316 | 93.4 | 129,074 | 105.3 | 726,404 | 104.1 | 66,949 | 105.2 | 265,327 | 96.3 | 1,867,233 | 101.8 |
| | 全数 | 669,873 | 106.2 | 41,185 | 95.5 | 133,666 | 109.0 | 755,733 | 108.3 | 70,073 | 110.1 | 274,575 | 99.6 | 1,945,105 | 106.1 |
| 1999 | H11 | 550,253 | 86.1 | 49,132 | 121.9 | 123,513 | 95.7 | 642,787 | 88.5 | 59,886 | 89.5 | 233,065 | 87.8 | 1,658,636 | 88.8 |
| 2000 | H12 | 535,675 | 97.4 | 48,355 | 98.4 | 113,005 | 91.5 | 638,210 | 99.3 | 59,468 | 99.3 | 247,584 | 106.2 | 1,642,297 | 99.0 |
| | 全数 | 561,507 | 102.0 | 48,943 | 99.6 | 116,659 | 94.5 | 663,459 | 103.2 | 62,022 | 103.6 | 255,820 | 109.8 | 1,708,410 | 103.0 |
| 2001 | H13 | 520,459 | 97.2 | 49,898 | 103.2 | 116,396 | 103.0 | 608,038 | 95.3 | 55,817 | 93.9 | 233,004 | 94.1 | 1,583,612 | 96.4 |
| 2002 | H14 | 517,096 | 99.4 | 44,181 | 88.5 | 108,935 | 93.6 | 555,523 | 91.4 | 52,666 | 94.4 | 208,519 | 89.5 | 1,486,920 | 93.9 |
| 2003 | H15 | 543,667 | 105.1 | 46,885 | 106.1 | 103,381 | 94.9 | 578,702 | 104.2 | 49,425 | 93.8 | 230,056 | 110.3 | 1,552,116 | 104.4 |
| 2004 | H16 | 576,174 | 106.0 | 53,738 | 114.6 | 107,483 | 104.0 | 619,313 | 107.0 | 49,565 | 100.3 | 241,738 | 105.1 | 1,648,011 | 106.2 |

出典：経済産業省『工業統計表・品目編』1967年～2004年の各年版より筆者作成⁴⁹

工業統計で追跡可能な1967年以降における金型産業の成長率は（表2-3参照）、1970年代のオイルショック、1985年のプラザ合意後の円高の際にはじめて2年連続してマイナスになったものの、バブル崩壊までは、平均して10%から20%の成長率を示している。このような高い成長率を示しているのは、金型の主要なユーザーである輸送機械、電気機械といった量産型機械工業の飛躍的な発展と同じような経過を辿ってきたといえる（図2-5）。

⁴⁹ 1994年が増加しているのは、阪神淡路大震災のために一部の統計データが収集しなかったためである。

図 2-5 日本の金型産業と主要ユーザーの出荷額推移



出典：経済産業省『工業統計表・産業編』各年版より筆者作成

田口直樹 (2001) によれば、「とりわけ、二度にわたる石油危機によって、日本経済がエネルギー多消費型の重化学工業から、加工組立工業へ構造転換をしたその10年間、他産業と比較して非常に高い成長率を維持したことから『不況知らずの金型産業』とさえ言われていた (p. 28)。」また、西野 (1998, p. 10) によれば1994年のISTA⁵⁰加盟国全体の金型生産額は3兆円、1位の日本が1兆3000億円となり、構成比は43.4%となり、2位のアメリカの6527億円の約2倍に達している。おそらく日本の金型生産額は世界のトップクラスであることは間違いないと考えられる。もちろん、金型生産国はタイ、中国をはじめ他にも多数有り、構成比はあくまでも目安である。

(4) 日本の金型産業の特徴

現在の日本の金型産業の特徴として以下の諸点をあげておく。

①規模の零細性

『2005年工業統計表・産業編』によれば、金型産業では従業者20人未満の小規模事業所が全体の88.4%を占め、300人以上の大規模事業所は全体のわずか0.1% (12事業所) にすぎない。1事業所当たりの従業者数は10.6人 (9,984事業所, 105,892人) となっている。これは輸送用機械の54.3人、電気機械器具の32.9人に比べ、かなり低く、零細性が高い産業であることがわかる。また、約1万事業所の80%が20人未満の小規模事業所であ

⁵⁰ 1994年のISTA加盟国は、アイルランド、アメリカ、イギリス、イタリア、オーストリア、オランダ、韓国、スイス、スウェーデン、スペイン、ドイツ、日本、フィンランド、フランス、ベルギー、ポルトガルの16カ国である。また、西野 (1998, p. 10) によれば、

る。出荷額についても従業者 20 人未満の出荷額は、全業種で 10%程度であるが、金型産業では 20%を占めており、中小企業の占める大きさが金型産業の大きな特徴の 1 つである (表 2-3)

表 2-3 日本の金型産業の規模別事業所数と出荷額 (単位: 百万円)

| | 1970年 事業所数 | | | | | 1970年 出荷額 | | | | |
|-----------|---------------|--------|--------|--------|------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 1260 | 290 | 281 | 90 | 1921 | 10109 | 7645 | 16943 | 25516 | 60214 |
| 鍛造用金型 | 74 | 25 | 19 | 3 | 121 | 559 | 455 | 1897 | 363 | 3274 |
| 鑄造用金型 | 208 | 93 | 85 | 25 | 411 | 1832 | 2641 | 5335 | 3001 | 12809 |
| プラスチック用金型 | 669 | 261 | 188 | 46 | 1164 | 8137 | 9694 | 16553 | 9886 | 44270 |
| ゴム・ガラス用金型 | 161 | 54 | 50 | 8 | 273 | 1623 | 1560 | 4030 | 2050 | 9262 |
| | 1975年 事業所数 | | | | | 1975年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 2598 | 382 | 303 | 97 | 3380 | 29314 | 18446 | 27547 | 23375 | 98682 |
| 鍛造用金型 | 118 | 28 | 29 | 6 | 181 | 1551 | 904 | 2942 | 971 | 6368 |
| 鑄造用金型 | 350 | 99 | 95 | 25 | 569 | 4964 | 4743 | 9717 | 2987 | 22410 |
| プラスチック用金型 | 1474 | 279 | 238 | 54 | 2045 | 26862 | 17640 | 28206 | 14052 | 86760 |
| ゴム・ガラス用金型 | 345 | 41 | 54 | 7 | 447 | 4407 | 2028 | 7701 | 2347 | 16483 |
| | 1980年 事業所数 | | | | | 1980年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 3252 | 453 | 414 | 117 | 4236 | 69393 | 36764 | 75607 | 76023 | 257787 |
| 鍛造用金型 | 111 | 21 | 34 | 9 | 175 | 2251 | 2848 | 7376 | 1405 | 13880 |
| 鑄造用金型 | 471 | 112 | 125 | 30 | 738 | 13192 | 9570 | 24116 | 14199 | 61077 |
| プラスチック用金型 | 1954 | 361 | 319 | 56 | 2690 | 65390 | 39324 | 74555 | 45997 | 225266 |
| ゴム・ガラス用金型 | 391 | 61 | 62 | 7 | 521 | 8515 | 6351 | 15621 | 5690 | 36177 |
| | 1985年 事業所数 | | | | | 1985年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 3753 | 605 | 587 | 159 | 5104 | 109709 | 62695 | 150688 | 197612 | 520704 |
| 鍛造用金型 | 117 | 40 | 41 | 12 | 210 | 3401 | 4600 | 10246 | 5383 | 23630 |
| 鑄造用金型 | 521 | 152 | 163 | 44 | 880 | 17316 | 15853 | 45083 | 20297 | 98549 |
| プラスチック用金型 | 2572 | 578 | 535 | 102 | 3787 | 115113 | 84149 | 181284 | 122752 | 503298 |
| ゴム・ガラス用金型 | 441 | 87 | 82 | 14 | 624 | 13220 | 11410 | 24164 | 12846 | 61640 |
| | 1990年 事業所数 | | | | | 1990年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 3881 | 615 | 604 | 162 | 5262 | 145318 | 89047 | 185146 | 219736 | 639247 |
| 鍛造用金型 | 128 | 45 | 50 | 10 | 233 | 4148 | 6612 | 15689 | 7056 | 33505 |
| 鑄造用金型 | 556 | 167 | 173 | 52 | 948 | 22837 | 22166 | 58196 | 35192 | 138391 |
| プラスチック用金型 | 2888 | 623 | 622 | 147 | 4280 | 158440 | 112815 | 257064 | 174454 | 702773 |
| ゴム・ガラス用金型 | 467 | 73 | 88 | 13 | 641 | 18682 | 12555 | 35937 | 17832 | 85006 |
| | 1995年 事業所数 | | | | | 1995年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 3683 | 536 | 596 | 156 | 4971 | 108698 | 61471 | 157755 | 199553 | 527477 |
| 鍛造用金型 | 162 | 50 | 54 | 11 | 277 | 4818 | 7120 | 18852 | 7912 | 38702 |
| 鑄造用金型 | 533 | 144 | 164 | 33 | 874 | 20352 | 17668 | 47968 | 17017 | 103005 |
| プラスチック用金型 | 2892 | 571 | 601 | 149 | 4213 | 132373 | 91480 | 212783 | 174702 | 611338 |
| ゴム・ガラス用金型 | 435 | 74 | 86 | 14 | 609 | 14960 | 9441 | 29386 | 12429 | 66216 |
| | 2000年 事業所数 | | | | | 2000年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 3394 | 496 | 610 | 164 | 4664 | 102530 | 59890 | 180948 | 218140 | 561508 |
| 鍛造用金型 | 138 | 36 | 53 | 11 | 238 | 4238 | 5427 | 22819 | 16459 | 48943 |
| 鑄造用金型 | 517 | 123 | 176 | 37 | 853 | 19080 | 15278 | 51619 | 30682 | 116659 |
| プラスチック用金型 | 2821 | 547 | 654 | 145 | 4167 | 121960 | 84636 | 250431 | 206431 | 663458 |
| ゴム・ガラス用金型 | 425 | 65 | 84 | 13 | 587 | 14680 | 9232 | 28284 | 9827 | 62023 |
| | 2005年 事業所数 | | | | | 2005年 出荷額 | | | | |
| | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 | 1~9人 | 10~19人 | 20~99人 | 100人以上 | 合計 |
| プレス用金型 | 2614 | 464 | 593 | 165 | 3836 | 86311 | 61361 | 219006 | 240816 | 607494 |
| 鍛造用金型 | 118 | 33 | 55 | 15 | 221 | 4363 | 4551 | 21993 | 25639 | 56546 |
| 鑄造用金型 | 369 | 102 | 178 | 29 | 678 | 14691 | 14014 | 61807 | 33972 | 124484 |
| プラスチック用金型 | 2157 | 479 | 620 | 152 | 3408 | 92980 | 81730 | 261703 | 223736 | 660149 |
| ゴム・ガラス用金型 | 348 | 61 | 62 | 12 | 483 | 11942 | 9420 | 21696 | 10540 | 53598 |

出典：経済産業省『工業統計表・品目編』各年版より筆者作成

②機械装備率と手作業の並存

金型は成形品の形状、加工材料、加工方法などが多様なため単品生産に近い。しかし、製品の高精度化の要請から生産額に対して機械投資額が大きくなる傾向がある。データは古いが中小企業庁『平成 15 年度中小企業の原価指標』⁵¹によれば、直接工 1 人当たりの機械装備額は金型製造業で 260 万円となっている。これは製造業全体の 428 万円に比べ大幅に低い水準になっている。

他方、『平成 5 年度中小企業の原価指標』によれば直接工 1 人当たりの機械装備額は金型製造業で 395 万円となっている。これは製造業全体の 257 万円と比べ高額になっており、当時の金型産業の機械装備率の高さを示している。

このことから零細企業の多い金型製造業では十分な設備投資ができない企業多いことがわかる。他方、依然として熟練技能者による手作業に依存する企業も少なくない。とくに高度な精度が要求される工程では、この手作業の工程がいまだに重要になっている。

この金型は単品受注生産と機械装備率の低さ、手作業の併存という効率の悪さは、ユーザーにおける金型の内製率の低さにも表れている。経済産業省の『2005 年機械統計年報』によれば、2005 年度の金型全体の内製率は 25%程度にとどまっている。ユーザーにとっては、技術水準をクリアした金型メーカーが存在しているために内製するより外注する方が効率的であることが最大の理由と考えられる。

③地域性

金型産業は地域性の関連が強く、品目と生産地によって特色を表しているといわれる。金型メーカーは自動車、家電関連の企業が集積している中部、関東、関西地方に集中している。『2005 年工業統計表・品目編』によれば金型出荷額上位 5 都道府県は、自動車完成車メーカー、自動車部品メーカーが集積している愛知県がトップで 2700 億円を超えており、以下、大阪府、静岡県、神奈川県、埼玉県の順になっている。この 5 都府県で日本における総出荷額の 4 割を占めている。しかし近年、大口ユーザーの地方転出、道路や通信インフラの整備により地方への分散が進んでいる。

④輸出

金型の輸出額は日本が不況に陥った 92 年以降も増加し大幅な輸出超過が続けている。また、海外進出がいつそう加速した 21 世紀に入ってから、減少はしていないが頭打ちの状態である（表 2-4）。これは、精度、コスト、納期、複雑さといった諸点を満足させることのできる国は日本以外には無いという反面、ユーザーの海外進出の急増により輸出は減

⁵¹ 平成 15 年度調査が、『中小企業の原価指標』の最終年となる。

少する方向にある筆者は考える。

その理由として、金型の現地調達を進めること、1番型のみ日本で製作し輸出するが、金型メーカーに金型はもちろん、設計データ（図面）を提出させ、それ以降のリピート型は現地で製作するやり方が進んでいることがあげられる。

表2-4 金型輸出入額の推移（1991年～2003年、単位：億円）

| 年次 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 輸出額 | 2141 | 2154 | 2146 | 2407 | 2587 | 2839 | 3518 | 2980 | 2915 | 2943 | 3260 | 3250 | 3219 |
| 輸入額 | 218 | 193 | 139 | 145 | 184 | 259 | 368 | 428 | 366 | 381 | 425 | 452 | 467 |

出典：財務省『日本貿易月表』1991～2003年の各年版

第5節 小括

本章では、金型の基本構造と生産工程について概観し、センサス統計および金型製作スキルの変遷から日本の金型産業の発展を概観した。しかし本稿では戦後日本の金型産業の発展に少なからぬ影響を与えた政府の施策について触れることができなかった。

具体的には、中小企業の育成・近代化を目標に1956年に制定された「機械工業振興臨時措置法」をはじめとする施策である。これについては田口直樹（2001）、米倉（1993）に詳細な分析がなされている。なお、章末に参考資料として戦後の「金型製作設備の変遷」、「政府の施策と法律」「金型産業の動き」について年表を載せる。

次章以降、技術革新が金型製作スキルにどのような影響を与えたかについて検討を行う。

<資料>

表 2-5 金型産業関連年表

| 年 | 金型製作設備の変遷 | 政府の施策と法律 | 金型産業動向 | 時代のトピック |
|------|-----------------------------------|--|--------------------|------------------|
| 1947 | 軍需工場設備の放出 | | | |
| 1951 | 工作機械輸入再開 | | | 朝鮮戦争 |
| 52 | 工作機械など欧米企業との提携 | | | |
| 53 | MIT NC フライス開発 | | | 高度経済成長 |
| 54 | ジャパックス放電加工機発表 | | | |
| 55 | 倣型彫盤、旋盤普及 | 通産省国民車構想 | | |
| 57 | 富士電機 NC タレットパンチプレス | 機械工業振興臨時措置法 | 日本金型工業会 設立 | |
| 58 | 牧野フライス・K形堅NCフライス盤発売 第1回工作機械見本市 | 中小企業振興資金助成法 | | |
| 59 | | 金型仕上げ技能検定 | 日本金型輸出 株式会社設立 | |
| 1961 | 自動製図機の普及 | 第2次機振法 | | |
| 62 | MIT CAD 発表 | | | |
| 65 | 牧野フライス・マシンセンター発表 | 中小企業近代化促進法 | | |
| 66 | 自動プロの普及 | 第3次機振法 | | |
| 67 | CADAM | | 金型統一基本 契約書を作成 | モータリゼーション 起こる |
| 68 | 群管理 3次元測定器 | | | |
| 69 | 岡本 NC 平面研削盤 | | | |
| 1971 | | 機電法 | 日本金型共同部 品株式会社設立 | |
| 72 | 西部電機ワイヤーカット EDM | 輸出関連中小企業緊急 融資制度 | | |
| 73 | | ダイカスト金型機電法指定 | | 第1次オイルショック |
| 74 | 真空熱処理炉 | 中小企業信用保険法 中小機械工業救済特別融資 雇用調整法対象業種 | | |
| 76 | | 租税特別措置法による 特別償却 | | |
| 78 | | 産業転換投資促進税制 | | 第2次オイルショック |

| | | | | |
|------|------------------------|--------------------|------------|----------|
| | | 円相場高騰関連中小企業対策臨時措置法 | | ック |
| 79 | | 特定機械情報産業臨時措置法 | | |
| 1981 | 非接触次元測定器 PC-CAD の普及 | | | 貿易摩擦顕在化 |
| 85 | | | | プラザ合意・円高 |
| 87 | 3次元CADの普及 | | | |
| 88 | 5面加工機 | | | |
| 89 | 粉末放電加工機 | | | |
| 1990 | | | | バブルの崩壊 |
| 92 | | | 金型生産最高高を記録 | |
| 93 | 高速加工機 CAEの普及 | | バブル破綻の影響 | |
| 98 | | | 金型生産第2位を記録 | |
| 2002 | 3次元CADの複占化 | | | |
| 06 | | 素形材ビジョン | | |

出典：(財)金型技術振興財団 金型産業史調査研究チーム作成（2007年度）

第3章 倣い型彫り機導入による金型製作スキルの変容

第1節 はじめに

本章では、戦後の金型製作において初期の大きな技術革新となる「倣い型彫り機」導入前後の技能系従業員におけるスキルの変容について、自動車ボディ外板用プレス金型のうち絞型を例にとり検討する⁵²。本章で使用する資料は学術論文、業界専門誌、関連企業の社史、筆者が行った金型製作の熟練技能者⁵³へのヒアリングが中心である。

自動車ボディ外板用プレス金型製作における倣い型彫り機の導入とスキルの変容について、トヨタ自動車工業では、「従来、ニューマチック・ハンマー、ポータブル・グラインダー、やすりなどを用いて、型彫工のカンと経験によるいわゆる名人芸によって型をつくっていたものが、いっきよにこの機械で自動的に型を彫ることができるようになり、型製作時間の大幅な短縮をみるとともに、型製作能力ならびに型精度は飛躍的に向上することになった。」と記載されている（1967, p. 409）。これは、名人芸（＝スキル）の手作業による型彫り加工が、倣い型彫り機導入によりスキルレス化されたとする見解である。

他方、トヨタ自動車の金型技術者であり、金型のCAD/CAMシステムの開発に従事した牟田は、倣い型彫り機導入の効果について「手彫りや手仕上げを、労力（パワー）の面で工作機械や放電加工機とその工具に置き換えるというものであった」と記述している（牟田，2001, p. 394）。ここでは「手彫りや手仕上げ」を高いスキルが必要な職務ではなく「肉体労働」と捉えているため、倣い型彫り機の導入はスキルレス化につもたらした訳ではないと考えられている。むしろその後導入されるNCがスキルレス化につながったと評価している。

⁵²絞型に限定するのは第3節で述べるように、倣い型彫り機導入前は抜型しかなかったためである。ただし、田口八郎（田口八郎：2007. 8. 9.）は、「同一のマスターで倣い加工するといっても、絞型、抜型、曲型、寄抜曲型、それぞれの金型特有の製作スキルがある。」としている。絞型以外の金型製作スキルについては今後の課題としたい。

⁵³ ヒアリングの主要部分は田口八郎に対するものである。同氏の略歴は中部産業労働政策研究会（1997, p. 54）および筆者のヒアリングによると以下の通りである。

1953年：トヨタ自動車工業へ養成工として入社

1956年：車体技術部工機課へ配属，プレス型仕上・組付業務に従事

1963年：班長に昇格

1971年：組長に昇格

1977年：第3生産技術部工機課へ異動，プラスチック金型製作に従事

1978年：工長に昇格

1992年：次長職に昇格

1993年：「現代の名工」として労働大臣表彰

1998年：トヨタ自動車を定年退職

このように同じ社内の中でも見方によって、倣い型彫り機導入の影響は、「名人芸のスキルレス化」という見方がある一方で「肉体労働の軽減」という評価もあり、異なる解釈がなされている⁵⁴。そこで本章では、倣い型彫り機という技術革新によるスキルの変容の実態を再検討する。具体的には、どのようなスキルが不要になり、どのようなスキルが新たに必要となり、継続して必要となるスキルは何かを分析する。

本章の構成は以下の通りである。第2節において「倣い型彫り機」の説明を行う。第3節では倣い型彫り機導入以前の金型製作方法とスキルの検討を行う。第4節では倣い型彫り機導入による金型製作方法の変化とスキルの変容について検討する。そして第5節では倣い型彫り機導入が金型製作スキルにどのような影響を与えたかについての考察を行う。最後に第6節では本章の小括を行う。

第2節 倣い型彫り機

倣い型彫り機とは、型技術協会（1991, pp. 188-189）によれば、「モデル（母型）」と同じ形状を型板などに加工する機械である。一般にトレーサ（モデルに接触する棒状の部品）の信号によって刃物の位置を制御して形を写す加工法をいう（図3-1）。NC（数値制御）が発達する以前の金型の自由曲面や複雑な輪郭の加工の主力加工機であった⁵⁵。

倣い型彫り機の導入当時の状況について、トヨタ自動車工業（1967, p. 408）によれば「造型技術の近代化を図る方針を決め、昭和30年12月、当時すでに欧米で採用されていたモデルによる『ならい型彫り方式』の研究に着手した」との記述がある。他方、マツダ（2000a, pp. 268-269）では、「プレス金型製作においても1958年に倣い加工機が入り、3次元形状の石膏モデルを基準にして倣い加工するようになった。ある意味では技能と技術の転換点であったかも知れない。一中略—しかし局部形状の手仕上げは技能に頼るところが大であり、技能がもっとも開花した時代であったといえるし、プレス加工はいかにあるべきかを一生懸命考えていた時代であった」とある。

さらに自動車ボディ外板用プレス金型メーカー大手のオギハラ五十年史編集委員会（2002, p. 24）によれば、「昭和38年4月の設備投資の主力は米国から輸入されたケラーマシン（型彫機）、1台5400万円であった。その他に400tプレス—中略—を購入。この時の投資額は当社の売上高の2億7千万円とほぼ同額であり、まさに成長への挑戦であった」

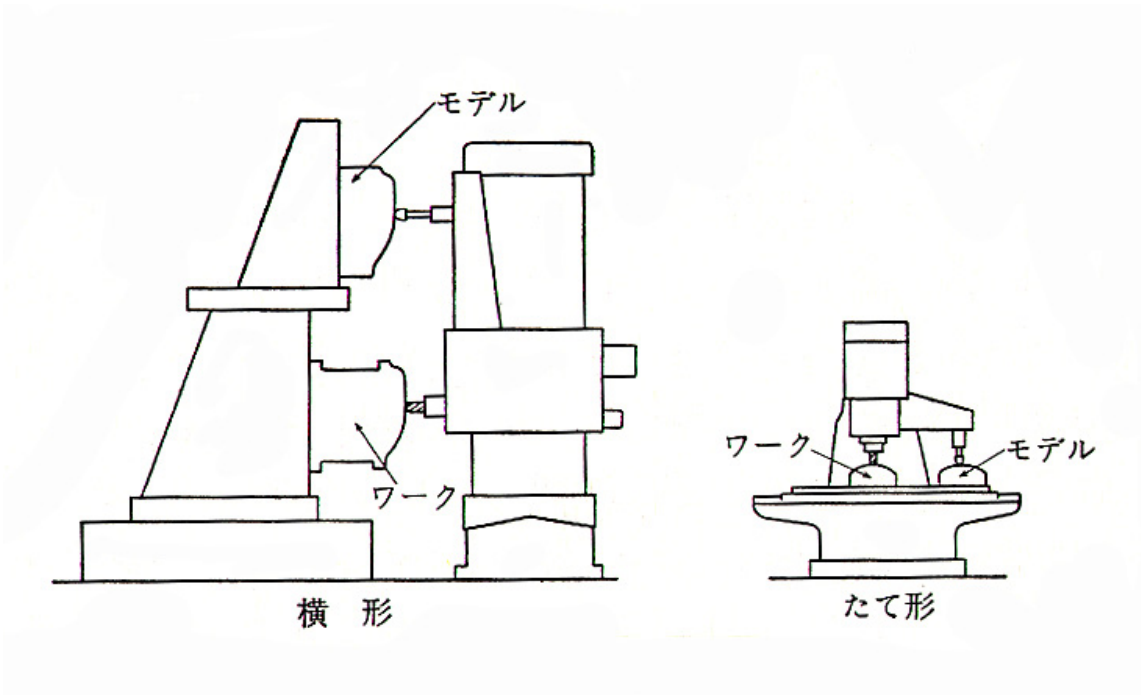
⁵⁴ この他、金型工業会（1977）では「かつて手彫りの名人に依存してきた部分を機械加工に置き換えることができ、金型の品質向上加工能率アップがはかられた」と記述され、「名人芸のスキルレス化」と評価している（p. 125）。

⁵⁵ 倣い型彫り機の分類、加工方法、モデルの製作方法については、片山（1965）を参照。

との記述がなされている⁵⁶。

なお倣い型彫り機導入が品質，コスト，納期に及ぼした具体的な効果については，外販用プレス金型メーカー（自動車メーカーの内製部門を含む）からは具体的なデータを得ることができなかった。ただし筆者が行ったある製造業者K社へのヒアリングでは中物プラスチック金型について，倣い型彫り機導入後，10年間（1965年から1975年）で加工精度は40%，コストは20%，納期は30%向上したとの証言を得ている。

図3-1 倣い型彫り機



出典：塑性加工学会（1975），p. 916 より引用

⁵⁶日本金型工業会（1977）によれば，約1000社への調査の結果，倣い型彫り機の保有台数について，1958年の1社当たりの保有台数は0.3台，1964年の保有台数は，0.9台と6年間で3倍になっている。中小金型メーカーに，このような設備導入の契機となったのが，政府の機械工業振興臨時措置法（1957年）による融資や日本金型工業会の長期割賦購入制度の実施によることが大きいと指摘すると同時に，「型師の名人芸からの脱却していく努力がなされたと見るべきであろう」との記述がある（pp. 120-121）。

また日本生産性本部（1959）によれば金型工場1社当たりの設備機械台数比較として，当時の1社当たりの倣い型彫り機の保有台数は，アメリカ3台（1958年），日本，0.01台（1956年）となっている（いずれもサンプル企業数不明）。またアメリカにおいては200人規模の工場では13台程度の倣い型彫り機を保有しているとの記述がある（p. 44）。

第3節 倣い型彫り機導入以前の金型製作とスキル

大手完成車メーカーのトヨタ自動車工業（当時）では、1952年にトヨペットクラウン（1955年発売）を独力で開発し、量産する方針を決定した（トヨタ自動車工業、1958, p. 374）。翌年の1953年には、ボディ外板用金型を内製する決定がなされた。1953年当時は乗用車よりもトラックの生産が主流であった。プレス金型は絞型のみしかなく、抜き加工、曲げ加工など、その他の工程は、外径トリミング機（ボールシア）を用いて抜き加工を行い、曲げ加工は鉄板をハンマーで仕上げるといふ手作業（鍛金）で行われていた。このトヨペットクラウン金型製作においては絞型に加え、初めて「抜型」、「曲型」、「寄抜曲型」のプレス金型が製作された（産業技術記念館、2002, pp. 154-160）。

同社では、1953年当時は倣い型彫り機が導入前であり、金型製作工程のほとんどを手作業によって行っていた。トヨペットクラウンの開発に当たっては、246型のプレス金型を外注の協力も得て8ヶ月間で製作したという（トヨタ自動車工業、1967, p. 407）。

田口八郎（田口八郎：1997. 7. 31.）によれば、トヨペットクラウンのボディ外板用プレス金型製作の際には、すでに金型設計部門があり、製品図面を元に金型設計図面を作成している。金型設計に続く金型製作工程は、「機械加工部門」、「仕上・組付部門」の2部門しかなく、基本的に「仕上・組付部門」が機械加工部門に指示をしながら金型製作を進めていた。金型加工は金型構造部の加工と製品形状部の加工に分けて行われていたが、機械加工部門は金型構造部の加工のみを行っていた。つまり仕上・組付部門の人員は金型設計以降、構造部加工を除き、原則ひとりで残りの全ての工程の作業を行っていた⁵⁷。

金型設計後、まず仕上・組付部門において「ケガキ」が行われる。これは型素材の黒色の鋳物に白色ペンキ状の「とのこ（砥石の粉）」を塗り、金型図面を見ながら三点ジャッキを用いて芯を出し、上下左右のとりしろが均等になるように手作業によって「ケガキ線」を入れる作業である。読図と金型構造を理解すれば1~2年の経験でできるようになるという。

ケガキが終わると型素材は機械加工部門に送られ、金型構造部の加工が工作機械を用いて行われる。一連の金型製作工程において工作機械が使用されるのはこの部門のみである。基準面の加工（プレーナー）、上下面の加工（ボーリング）、ねじ開け（ラジアルボール盤）などが行われる。また、ガイドポストピン（円筒研削盤・平面研削盤）などの金型部品の製作も行われる。工作機械による加工精度は、0.2~0.3ミリ程度であり、その後、仕

⁵⁷金型の大きさに応じて、数名のチームで金型製作を行うこともある。また、瀬川（1997, p. 57）によれば、分業方法については触れられていないが、マツダにおいても、ほぼトヨタ自動車工業と同じような金型製作方法（工程）であり、「呉海軍工廠で基礎を身につけた者や『仕事師』と呼ばれるいくつかの会社を武者修行した職人によって構成された技能者の大部分が（金型設計後の）すべての工程ができる技能を持ち合わせていた。」と記述されている。なお彼自身も現代の名工である。

上・組付部門において0.01ミリ程度の精度まで仕上げが行われていた⁵⁸。

機械加工部門において加工が行われている間、仕上・組付部門では計測用の製品部の断面ゲージを製作する。断面ゲージは金型図面を見ながら、真鍮の盤の上にケガキにより断面を1本ずつ引いていく。断面ゲージは形状の変化が少ない中央部は左右100ミリ幅、形状の変化の大きい端部は50ミリもしくは25ミリの幅で製作する。これを「原図引き」という。

機械加工部門での加工が終わると再び仕上・組付部門において製品形状部の加工、仕上げが行われる。切削用工作機械は金型構造部、金型部品の加工のみに用いられ、自由局面の多い製品部は加工、仕上ともにすべて手作業で行われていた。具体的にはまず、タガネにより製品形状に近いところまで10～15ミリの厚さ分をはつる⁵⁹。

タガネによるはつりが終わると、表面をなめらかにするために断面ゲージを当てながらポータブルグラインダーでさらに研削する。その後、ヤスリがけを断面ゲージと隙間無くぴったり合うまで研磨する。さらに手磨き用砥石で磨き、そして光沢が出るまでサンドペーパーで仕上げる。

次は金型の歪み修正を行う。歪み修正は、軍手を2枚はめて金型の表面を滑らせ、手の感触で歪みを見つけ、ヤスリで歪みを修正するものである。どこに歪みがあるかを見つけたとしても、どの部分をどれだけ削るかを正確に判断しなければ歪みは修正できないため、歪みを無くし、全体をスムーズな曲面にするスキルを修得するまでには、一定の経験が必要となる。田口八郎の場合、プレス型仕上・組付業務に配属後、6,7年かかったという（中部産業労働政策研究会、1997、p.56）。

続いて金型部品の組付、型合わせ、調整を行う。この工程は雄型、雌型双方が出来上がったところで、鉄板の厚さ分である1ミリの隙間があくようにアルミ板を細長く帯状に切り（自由曲面上にうまく置けるようにするため）、ベンガラ（二酸化鉄顔料）をつけ、金型の要所に置く。隙間が不十分であればアルミ板がつぶれベンガラが変化するため、その部分の雌型をグラインダーとヤスリでさらに削る。アルミ板を型の要所にのみ置くため、いかに少ない型合わせ回数で、どこをどれだけ削るかがスキルのポイントとなる。最終工程としてトライ補正が行われる。当時、金型製作部署にトライプレス機はなく、号口生産

⁵⁸当時の機械加工による加工精度はこの程度に過ぎなかったが、それでも「加工段取り（＝加工条件）」の設定が非常に難しく、現在の機械加工とは比較にならないほど高度なスキルが必要であった（田口八郎：2007. 8. 9.）。具体的には、切削ピッチ、回転数、アタッチメントの設定などである。これらに不備があれば切削断面が不均一になり、次工程の手作業での仕上げ研磨作業の負荷が大きくなる。

⁵⁹当時は、仕上工自らタガネを製作していた。鉄の丸棒を熱し、ハンマーでたたき、タガネの刃先形状する手作業による鍛造加工を行い、続いて研磨、焼入・焼戻といった熱処理を行う。刃先を研いでどの角度に仕上げるか、適切な硬度と靱性を得るための熱処理に高いスキルが必要とされた。タガネの製作、タガネによるはつりは、倣い型彫り機が導入される1957年まで続いたという（田口八郎：1997. 7. 31.）

しているプレスラインに金型を運んでトライ作業および補正作業を行っていた。倣い加工機導入以前の金型製作部門において必要とされるスキルを工程順に整理すると表3-1のようになる。

このように、仕上・組付担当者は、金型設計以降の全ての工程を見渡せなくてはならず、上記の定型的スキル、クラフト型スキルはもちろん、知的推理スキルに加え、管理統合スキルが合わせて必要となり、本稿でいう4つのスキル全てが必要とされる。なお、この時期の金型製作現場では、クラフト型スキルが知的推理スキルと不可分な形で結びついていることが多く、クラフト型スキルの修得者でないと、不具合の原因を推理できなかったり、不具合の修正方法かがわからなかったという。

表3-1 倣い加工機導入以前の外販プレス用金型製作工程（1953年）

| 機械加工部門 | 仕上・組付部門 |
|----------------------------|--|
| 加工段取り-B, C 構造部機械加工-B, C | 原図版へのケガキ-A (de) 断面ゲージ製作-B, C (de) 構造部仕上-B, C 製品部加工（タガネ）-B, C (de) 製品部仕上 ・グラインダー-B, C ・ヤスリ-B, C ・砥石-B, C ・サンドペーパー-B, C 歪み修正-B, C 構造部組付-B, C 型合わせ-B, C トライ-B, C 補正-B, C |

注：A：定型的スキル，B：クラフト型スキル，C：知的推理スキル

倣い加工機導入により不要となるスキルをdeと表す。

出典：ヒアリングより筆者作成

第4節 倣い型彫り機導入後の金型製作とスキル

トヨタ自動車工業（当時）では1957年、プレス金型製作工程に倣い型彫り機が導入されている（トヨタ自動車，1987b, p. 119）。導入に至る過程は、「プレス部品の精度に問題があり、手直し作業するため全体の生産性はなかなか上がらなかった。この原因は、プレス金型の造型技術の遅れにあったので、昭和30年12月に楠兼敬らが中心になって、倣い

型削り方法の研究を開始した。これは型の製作を従来の手作業に代えて、マスターモデルすなわち原寸大の立体モデルを製作し、これを基準として倣い型彫り盤で造型作業を行うというものである」（トヨタ自動車，1987a，pp. 335-336）。

金型製作数の増加，倣い型彫り機の導入に伴い，1957年から金型製作の分業が進む。具体的には「モデル製作」，「機械加工」，「仕上・組付」，「トライ」，「補正」に分業するようになる（田口八郎：2003.10.29.）。

まず「モデル製作部門」は，クレーモデルが完成した後，部品ごとに1：1のフルスケールモデル（＝マスターモデル）を製作し，それを転写し，金型の曲面加工のための倣い加工用モデル（＝クレーモデル），曲面合わせのためのスポッティングモデル，ゲージ，チェッカーを専門に製作する部門である。このようにマスターモデル製作は，プレス金型製作の基準となるものであり，大変重要なものである。ただしモデルの製作スキルは，金型製作と質的に全く異なるスキルであり，連続性は無かった。

同社の場合，クレーモデルなどの試作品を製作していた部署から人員が配属されたわけではなく，金型製作部門の人員がクレーモデル製作部門に出向き，必要とされるスキルを修得し，戻る形をとった。田口八郎は，「金型製作部門の人員が，技術部のクレーモデル製作部署に勉強に行き，マスターモデル製作は金型製作部署の担当者がやっていたからね。私の見かけない顔ぶれはいなかったから」と述べている（田口八郎：2003.12.29.）。

このことからモデル製作部門のスキルは，倣い型彫り機の導入が決定された1955年の時点から試行錯誤を重ね，蓄積されていたと考えられる。トヨタ自動車（1987a，p.336）によれば，「マスターモデルの材料は石膏を用いた。石膏は固まると1メートルにつき約1ミリ膨張するため，石膏の材質や水の温度を工夫した」とある。このように材質の特性を勘案して，いかに精度の高いモデルを製作するか，そして倣い型彫り機のトレーサーが食い込まない固さにするかといったスキルがマスターモデル製作のためには必要であった。

次に「機械加工部門」は，従来の工作機械を用いた構造部加工および倣い型彫り機を使用した製品部加工を行う。そして，「仕上・組付部門」では，ヤスリを使用した構造部仕上をおこなう。倣い型彫り機導入によりタガネによるはつりは不要となり，ヤスリ，砥石，サンドペーパーによる研磨を行い，製品部仕上を行う。歪み修正作業は従来通りの方法で行われる。そして，構造部の組付，スポッティングモデルによる合わせ，加工・仕上された金型部品の型合わせを行う⁶⁰。

⁶⁰ グラインダーによる研削は，製品部仕上では不要となったが，スポッティングモデル合わせ，型合わせの工程においては必要であった。これはモデル自身の歪み，刃具の「逃げ」などにより倣い型彫り機の精度がまだ低かったためである（田口八郎：2007.8.9.）。構造部や製品部の機械加工および仕上加工では，知的推理スキル（＝問題発見，解決スキル）の必要性が，歪み修正や型組付，トライ，補正に比べ相対的に低い。しかし，全く不要と言うわけではないため，これらの工程に必要とされるスキルを表3-1，表3-2においてB,Cとした。

「トライ部門」は文字通り、トライプレス成形を行う部門であり、倣い型彫り機導入前と同じ方法で行われていた。「補正部門」はトライ後、不具合を修正する部門であり、この部門の作業も倣い型彫り機導入前と変わらなかったという。

トライの際、不具合があった部分の修正は、「補正部門」が担当する。この他、設計変更への対応も「補正部門」の仕事であった（田口八郎：2003. 10. 29.）。倣い型彫り機導入後、金型製作部門において必要とされたスキルを工程順に整理すると図表3-3のようになる。

倣い型彫り機導入によって、新たな分業体制がとられた。倣い型彫り機導入以前の仕上・組付担当者が、モデル製作部門、トライ部門、補正部門に配属された。作業者については、定型的スキル、クラフト型スキル、加えて知的推理スキルが求められた。そして管理者には、金型設計以降の全ての工程を見渡す、文脈スキル・管理統合スキルが必要とされ、本稿でいう4つのスキル全てが必要とされている。ただし、金型設計部門の擦り合わせは、まだこの時代にはではなされていなかった。

表3-2 倣い加工機導入後の外鋳プレス用金型製作工程とスキルの変容（1958年）

| モデル製作部門 | 機械加工部門 | 仕上・組付部門 | トライ部門 | 補正部門 |
|---|--|--|---------------|--------------|
| マスターモデル製作-B, C (new) 倣いモデル製作-B, C (new) スポーティングモデル製作-B, C (new) | 加工段取り-B, C (re) 構造部機械加工-B, C (re) 製品部機械加工-B, C (new) | 構造部仕上-B, C (re) 製品部仕上 ・ヤスリ-B, C (re) ・砥石-B, C (re) ・サントペーパー-B, C (re) 歪み修正-B, C (re) 構造部組付-B, C (re) 型合わせ-B, C (re) | トライ-B, C (re) | 補正-B, C (re) |

注：B：クラフト型スキル，C：知的推理スキル

新たに必要となるスキルをnew，継続して必要となるスキルをreと表す。

定型的スキルは金型製作全般においてまず必要とされ，全て作業において必要となる。表3-2では，定型的スキルだけの工程が無いいため，Aの工程が無い。

出典：関係者へのヒアリングにより筆者作成。

第5節 スキルの変遷の分析

倣い型彫り機導入以前の1953年当時の金型製作工程および倣い型彫り機導入後の1958年の金型製作工程（金型設計以降）をまとめたものが前述した図表3-3、図表3-4である。

まず、倣い型彫り機導入によって「不要となったスキル」は以下の通りである⁶¹。「原図盤へのケガキのスキル（定型的スキル）」、「断面ゲージの製作スキル（クラフト型スキル）」そして、金型製品部仕上スキルのうち、「タガネの製作スキル（クラフト型スキル+肉体労働）」、「タガネによる金型製品部のはつりのスキル（クラフト型スキル+肉体労働）」、「グラインダーによる金型製品部の研削スキル（クラフト型スキル+肉体労働）」である。

次に、「新たに必要となったスキル」は、「金型製品部の倣い加工機による加工スキル⁶²」、「マスターモデル製作スキル」、「倣いモデル製作スキル」、「スポッティングモデル製作スキル」である。

第3に「継続して必要となるスキル」は、「金型構造部加工スキル⁶³」、「金型構造部仕上スキル」、金型製品部仕上スキルのうち、「ヤスリによる研削スキル」、「砥石による研磨スキル」、「サンドペーパーによる研磨スキル」、「歪み修正スキル」、「型合わせ、トライのスキル」、「補正スキル⁶⁴」である。

このように倣い型彫り機の導入によるスキルの変容を工程別に整理した場合、第1節で示した先行文献のように「名人芸のスキルレス化」、「肉体労働の軽減」という側面だけでなく、倣い型彫り機という技術革新によるスキルの変容を、新たに必要となるスキルや継続して必要となるスキルを含めて包括的に捉えることができた。

さらに視点を組織レベルから個人レベルに変えてみると、第4節でも具体例を示したように、中馬（2001）が指摘しているような「技能の分離化（2部門から5部門での分業）」と統合化（トライ部門のベテランが金型設計以降の金型製作工程全体の管理統合スキルを

⁶¹ 「不要となったスキル」としてあげた項目のうちとくに「ヤスリがけ」は基礎技能研修として現在でも行っている企業もある。企業によって方法やその評価は異なるが、これは金属の特性、加工特性などを知った上でスキルの蓄積の大切さを認識するという点で共通していると見ることができる（日刊工業新聞社、2007、p.24、p.57他）。

⁶² 高木（1980、pp.2-3）によれば、日本に導入当初（1950年代後半）の倣い加工機では、トレース精度の低さへの対応、ピックフィード（加工工具の移動量）の決定、工具の回転数といったことを考えるスキルが必要とであったという。このため倣い加工機による加工スキルを「新たに必要となるスキル」に分類し、表3-3においてクラフト型スキル、知的推理スキルが必要とした。

⁶³ 倣い加工機導入直後では、構造部加工の工作機械はほとんど変化しておらず、本章第3節に記述したスキルが、継続して必要となっている（田口八郎：2007.8.9.）。

⁶⁴ 型数の増加による設計変更対応のための新たな補正スキルが必要になったことはわかっているが、本稿では技術革新の導入とスキルの変化という点に絞って議論するためこの点は分析の対象外とし、「継続して必要となるスキル」に分類する。

発揮する) という傾向が同時に進行していること」もわかる。

また倣い型彫り機導入前に発揮されていたスキルが導入後の金型製作スキルに与えた影響、すなわち図1-5で示した「技術革新導入前のスキル」の影響に関しては、組織レベルでみた場合にモデル製作スキルを除いて同様のスキルが必要とされたため、こうした部分に関してはそれまでに蓄積されたスキルを活用することができた。導入前は仕上・組付担当の各技能者が、表3-2の機械加工部門(水平加工、直角加工のみ行う)以外の全てのスキルを保有していた。したがって、これらの技能者は管理統合スキルを保有していたと断言できる。導入後はより多くの金型製作に対応するために分業が進んだ。その結果、各従業員に求められる個々のスキルの範囲は狭まった。もともと文脈スキル・管理統合スキルを持っていた従業員に、より狭い範囲の担当を求めたことから分業への対応は容易であったという⁶⁵(田口八郎:2003.10.29.)。

第6節 小括

倣い型彫り機という新技術の導入は、車種の増加に対応する意味もあり、分業を伴うことになった。組織レベルにおいて「知的推理スキル」、「文脈スキル・管理統合スキル」の重要性がより認識されるようになった最初の段階といえる。また各作業者にどのようなスキルを修得させるかという視点からも、倣い型彫り機導入に伴う分業は、「仕上・組付部門」の作業者が金型設計以降のほとんどの工程をひとりで行っていった段階から、分業を前提とした人材育成を検討するようになった最初の契機といえよう。

分業によって「文脈スキル・管理統合スキル」を保有している人材が少なくなる不都合が出たのではないかと筆者は考えた。これに対し田口は、「例えばトライ担当者は、以前の仕上・組付担当者の保有する研磨加工、型合わせというスキルは保有していないであろうが、車種の増加により、倣い加工機導入前よりトライを繰り返すことにより、以前の仕上・組付担当者に比べて金型構造についてはより精通するようになるため大きな問題は生じなかった」と回答している。

1958年時点でのトライ作業は成形性、作業性、安全性などを見るという位置づけであった。トライをするまで金型の善し悪しがわからない時代であった。このためトライ担当者は「鉄板特有の癖をつかみ、金型製作全体の工程に精通した人材でなければならなかった」という(田口八郎:2003.10.29.)。

したがって「定型的スキル」の修得から始まり、「クラフト型スキル」や「知的推理スキル」さらには「文脈スキル・管理統合スキル」を身につけて、手工的および知的な

⁶⁵ ただし、モデル製作部門は、金型製作とは全く異なるスキルが要求される(それまでのスキルが活用できない)ため、この田口八郎の発言には含まれていない。

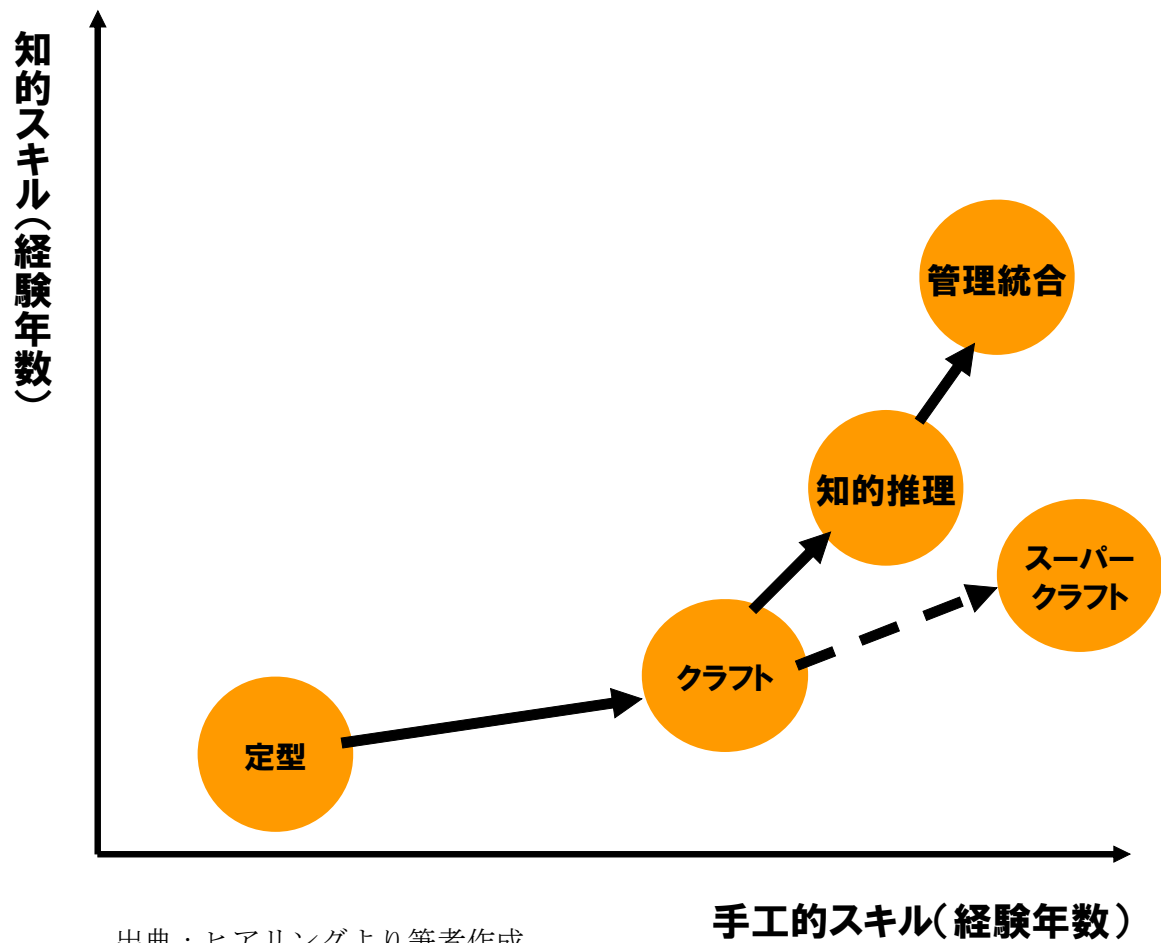
内容のいずれのスキルにも通暁することが求められる。戦後のごく初期の段階に、本稿でいう4種類のスキルを修得し、蓄積していった事例があったのである⁶⁶。

第1章において規定したスキルの類型にもとづき、スキルの相互関連について「手工的スキル」、「知的スキル」の2つの要因から整理し、倣い加工機導入時の技能者における各スキルの相互関係を図3-2に示す。倣い加工機が導入された時代は、手工的スキルをベースとし、クラフト型スキルの幅を追求していかなければ知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを發揮できず、主に技能者がこれらのスキルを保有していた。まず定型的スキルがベースとなる。次にクラフト型スキルを修得し、知的推理スキルを發揮できるようになり、最終的には、文脈スキル・管理統合スキルを修得するのである。なお図3-2のスケールはスキル修得のための経験年数を一応の目安として示したものである。図3-2中にある「スーパークラフト」は、ある工程について、ずば抜けた「クラフト型スキル」を保有するスキルである。このような人材は多くは必要ないものの、自ら申し出てこのようなスキル形成をするという（田口八郎：2003.10.29.）。スーパークラフト型スキルの保有者は、管理統合スキルは發揮しないが、その工程における知的推理スキルを發揮する。

最後にQCDの向上についてであるが、トヨタ自動車（1987a, p.336）によれば、具体的な数値は示されていない。それでも、倣い型彫り機導入によって、「型の精度を向上させただけでなく、型の製作時間を大幅に短縮することができた。」との記述がある。

⁶⁶倣い加工による金型製作スキルは、現代のCAD/CAMをさらに発展させる上で貴重な技術であること（倣い加工からは、3次元曲面＝自由曲面をどのように設計、加工すればよいか、そのためのNCデータの作成、加工を考えた設計をどうすればよいかなど、現代のCAD/CAMに影響を与えている）、階段を1つずつ上がるスキルの蓄積が重要であることを、村瀬他（2007, p.87）は指摘している。

図3-2 倣い加工機導入時の技能者における各スキルの相互関係



<ヒアリング一覧>

- 田口八郎ヒアリング : 1997年7月31日,
2003年7月4日,
2003年8月4日
2003年9月9日,
2003年10月29日,
2003年12月19日
2007年8月9日
- K社ヒアリング : 2007年7月21日

第4章 NC直彫り加工導入による金型製作スキルの変容

第1節 はじめに

本章ではNC直彫り加工（3次元形状を倣いモデルを製作せず、NCデータのみで加工する方法）導入前後における大型プラスチック用金型（自動車のインストールパネル、バンパー用金型）製作スキルの変容についてトヨタ自動車の事例を中心に検討する。

田口直樹（2001, p. 106）はNC直彫り加工前の金型製作について、「高精度のNC倣い加工機を使用しても、非常に腕の良い職人を使っても、モデルの材料に木、石膏、樹脂などを使用しているためモデルは経時変化を起し、誤差の発生は不可避である」と指摘している。本章では、次節において詳説するように、NC直彫り加工（モデルレス加工）の導入が、それ以前のNC関連の技術革新導入よりも大きなスキルの変容をもたらすと考え、技術革新とスキルの変容についての分析上、重要な事例研究になるものと考えた。

「NC」とは、日本機械学会（1972, p. 27）によれば「工作物に対する工具の一をそれに対応する数値情報で指令する制御」と規定され、小堀・春日（1994, p. 12）によれば「工作機械で加工を行うときに数値情報によって機械の動作を制御することをいう。具体的には機械の動作の手順、刃具の位置、刃具の送り速度などの一連の動きをプログラムとして機械を制御する」と規定されている。

さらに小堀・春日（1994, pp. 16-17）によれば、「CAMとはコンピュータによる生産支援のことである。生産のための加工方法、加工手順、加工機などを決定し、NC工作機械などを制御するときに必要な各種情報を生成することをいう。CAMは狭義の意味ではNCプログラムの生成だけに限っているものから、生産準備全体を対象とするまで広範囲にわたっている。」と記述されている。そこで本章では、NCデータとCAMデータとを同義で扱うことにする。

本章で使用する資料は学術論文、業界専門誌に加え、筆者が行ったヒアリングが中心である。トヨタ自動車の内製金型部門の熟練技能者（キャリア45年、現代の名工）である田口八郎、自動車向け大型プラスチック用金型（自動車のインストールパネル用金型、バンパー用金型）技術者（キャリア47年）の広瀬洋吉および、日本の工作機械に搭載されているNCの過半数を占めるファナック製ではなく、NCを内製している工作機械メーカーの技術者の長谷部孝男（キャリア38年）へのヒアリングが中心である。

本章の構成は、第2節においてNCの技術的変遷について概説し、NC直彫り加工導入がもっとも金型製作スキルの変容に大きな影響を与えたことを示す。第3節では、事例分析として、トヨタ自動車の内製プラスチック用金型部門のうち自由曲面が多く、NCプログラムが複雑な、インストールパネル、バンパー用金型について検討する。具体的には、金型

製作工程の変遷から金型製作スキルの変容、スキル修得方法について分析する。第4節では、まとめとして、新たに必要とされるスキル、不要となるスキル、継続して必要になるスキルについてまとめたのち、文脈スキル・管理統合スキルの保有者が、25年～30年の現場経験を持つ工長だけでなく、構想設計技術者の双方にシフトしていることを示す。

第2節 NCの技術的変遷

トヨタ自動車の金型用CAD/CAMシステムの開発技術者である牟田（2001）は、手彫りや手仕上げをスキルレス化したものは、倣い型彫り機の導入ではなく、NC導入であるとしている（p.394）。これはどの段階のNCなのであろうか。本節では、NCの技術的変遷について概説する。

NCが導入される以前は、汎用（非NC）倣い加工機による加工が行われていた。倣い加工とは、「モデル（母型）」と同じ形状を型板などに加工する機械である。一般にトレーサ（モデルに接触する棒状の部品）の信号によって刃物の位置を制御して形を写す加工法をいう⁶⁷。モデルの素材（石膏など）によって収縮があり、トレース精度もモデルの精度に左右される。このため仕上研磨そしてトライ修正は欠かせないスキルであり、第3章で記述したように文脈スキル・管理統合スキルは、トライ・修正部門の技能者が保有していた。

NCの起源は、稲葉・研野（1970）、稲葉（1982）によれば、1952年にアメリカMITの研究所で開発されたNC用プログラミング言語にさかのぼる。日本では1956年にNCが富士通信機製造株式会社（後のファナック）によって開発されている。

第2段階のNC（実用化の段階の2次元NC）は、自動プロと呼ばれるものである。具体的には、「工具をどのように動かすかを言語で記述し、工具経路（ツールパス）を計算し、NC工作機械への命令（Gコード）に変換して、紙テープに出力する。これをNC工作機械に送って、加工する」ものである（日経産業新聞、1993）。

馬見塚（1998）によれば、2次元NCの導入によって大手自動車部品メーカーでは、1970年代、汎用から2次元NCデータにより工作機械の生産性が3倍に上がったとの記述がある。しかし日経産業新聞（1993）が指摘しているように、2次元NCは3次元曲面を処理できないという問題点が残っている。

第3段階として、稲葉・研野（1970）、稲葉（1982）が述べているように、1970年には日本において自由曲面加工（3次元加工）に対応したNCの試作が始まっている。これは倣い加工をNC化したものである。NC倣い加工は、倣いモデルをトレースし、それをNCデータに変換して加工を行うものである。しかし、汎用（非NC）倣い加工機と同様にモデルの

⁶⁷倣い加工の詳細については、第3章を参照されたい。

材料としては石膏などが用いられ、温度や湿度の変化によって形状が微妙に変化する。このため、モデルをトレースしてNC加工したとしても、要求精度にはならず、仕上研磨が必要となる。

工作機械メーカーの技術者である貝原（1987）が述べているように、3次元NCといっても、倣いモデルをデジタイジング（もしくはスキャニング⁶⁸）してデータを読み取り3次元NCのデータを作成する段階では、モデルを数値データとして取り込むため、NCデータの質（加工精度）という点で問題が残った。さらに3次元NCプログラムの長さは膨大になるため、途中でNCテープの交換が必要となり、連続無人運転は不可能であった。このため倣いモデルを無くし、金型設計データ（3次元CAD、2次元CAD）もしくは図面からNCデータを作成し、機械加工を行う「モデルレス加工（=NC直彫り加工）」と呼ばれる方法が研究された。

貝原（1987, p. 102）が指摘するように「2次元NCのプログラム作成は、NC装置の持つ機能もしくは電卓程度で可能である。金型加工で期待されていることは、3次元形状をモデルレスで加工すること」であったが、NC直彫りによってはじめてそれが実現した。

NC直彫り加工導入以前では、倣いモデルの誤差から生じる加工誤差を修正するために、仕上研磨スキル、トライ・修正スキルが重要であり、これら加工工程以降の工程が金型のQCDを規定する。

他方、NC直彫り加工導入後では、倣いモデルを使用しないため、ユーザーからの要求精度が高くなれば、NCデータの作成時間、機械加工時間が長くなり、品質が上がったとしても、コストおよび納期は長くなる可能性が高い。このため加工時間を短くするためには、導入前とは異なるNCデータの作成スキル（例えばNCデータを軽くするプログラミングスキル）が重要になる。これは同時に、工数低減による原価低減につながる（清，1992, p. 94）

第3節 事例分析

本節では、大手自動車メーカーであるトヨタ自動車の内製大型プラスチック用金型製作部門（インストールパネル用金型、バンパー用金型）を事例分析の対象とする。なぜ大手自動車メーカーの内製部門を選んだのか。その理由は、まず、設備投資資金が潤沢にあり最新鋭の設備に投資をしていたことである（田口八郎：2008. 1. 31.）。そしてその設備に対応した、金型設計スキルや工作機械の加工データ作成スキルが要求されるためである。

また、第3章と異なり大型プレス部門ではなく、大型プラスチック用金型部門を選んだ理由はとしては以下の3点があげられる。まず金型材として、プレス金型は鋳物、プラス

⁶⁸自由曲面形状のモデルを倣いながら、その軌跡を直線近似してNCフォーマットに変換し、NCデータとして出力する機能。

チック用金型は鋼材が使用される。このためプラスチック用金型材の方がプレス用金型材より硬く、NCプログラム作成スキル修得が困難であること。次にプラスチック用金型は、素材特性が金属より安定的であるにせよ、プレス金型に比べ自由曲面が多く、構想設計および加工のプログラム（NCデータ作成）がより複雑になる点からも、スキル修得に独自の困難が付随すると判断することができる。さらにインストールパネル用金型、バンパー用金型は、プラスチック用金型の中でもっとも難易度が高く、高いスキルが要求されると考えたためである⁶⁹。

本節の記述の多くは、田口八郎へのヒアリングにもとづいている。田口はトヨタ自動車の内製金型工場でプレス金型製作に24年間、その後、プラスチック用金型製作に20年間従事したベテラン技能者である。とくにプラスチック用金型に関しては、同社のプラスチック金型製作の立ち上げから関わったメンバーのひとりである。なお田口の経歴の詳細については第3章を参照されたい。なお同社では、内製金型工場においてインストールパネル用、バンパー用といった大型プラスチック用金型⁷⁰のNC直彫り加工を1989年から開始している。

以下では、NC直彫り加工導入前（3次元NC倣い加工）と導入後の金型製作工程について概説し、スキルの変容について検討する。

（1）NC直彫り加工導入以前の金型製作工程

まず、社内の製品設計部門よりマグネットテープで製品設計データが送られてくる。データの形式は3次元のCADデータ（ワイヤーフレーム）である。金型の構想設計が行われ、抜き方向の角度と成型材料ごとの成形収縮率を加味して変換し、構造部、製品部の金型設計データを作成し、下請けや製品設計部門とのデザインレビューを経て次の工程に移る。

その後、製品設計CADデータにもとづき、金型加工用の設計データが作成される。自由曲面部分は金型加工用のマスターモデルが製作され、マスターモデルをスキャニングしたCAMデータが作成される。金型構造部分は金型設計CADデータを元にCAMデータが作成される。

製品部（3次元形状部）加工は、倣い加工による荒加工、仕上加工を行い、NC加工によ

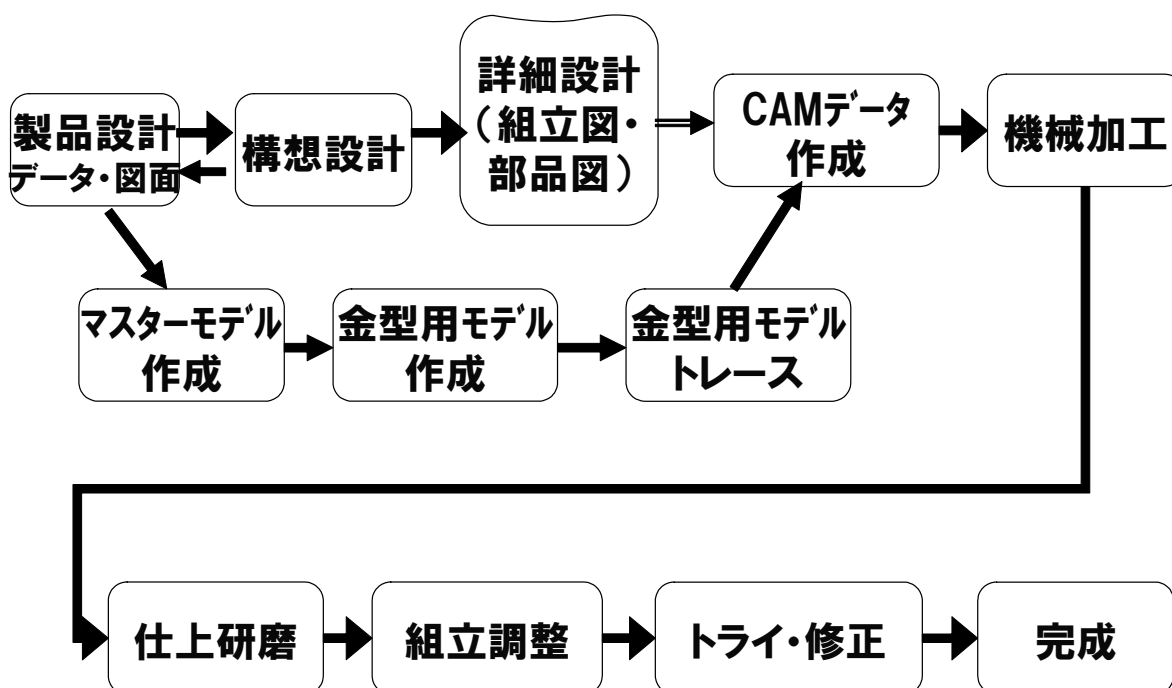
⁶⁹ インストールパネル、バンパー用金型がプラスチック用金型でもっとも難易度が高いと判断したのは、兼村智也「中国における大規模金型メーカーの存立要件」（日本中小企業学会全国大会報告、2008年9月13日）の配付資料の中にトヨタ自動車とは異なる日本の完成車メーカーのプラスチック用金型のランク分けとして、最も難易度の高い金型に、意匠性、保安性の観点からインストールパネル用金型、バンパー用金型があげられていたためである。

⁷⁰ トヨタ自動車工業（当時）では、アメリカの安全基準に対応するために、インストールパネルは1973年より、バンパーは1977年よりプラスチックが採用され、それに伴い大型のプラスチック用金型が必要になった（産業技術記念館、1994、p.172）。

る仕上加工，放電加工，ワイヤーカットによる加工が行われる。仕上研磨は手作業によって行われる。構造部加工は，CAM データにもとづいて荒加工，仕上加工，放電加工，ワイヤーカットによる加工が行われる。仕上研磨は手作業によって行われる。

金型構造，製品部の加工が終わると，組立調整が手作業で行われ，トライ・修正を経て完成する。これらの金型製作工程を図示したものが図 4-1 である。

図 4-1 NC 直彫り以前（3次元 NC 倣い加工）による金型製作工程



注：機械加工には，切削加工および放電加工を含む

詳細設計から CAM データ作成間の矢印は，水平直角加工，穴あけ加工
などの 2次元加工用データを指す

出典：ヒアリングより筆者作成

(2) NC 直彫り加工導入後の金型製作工程

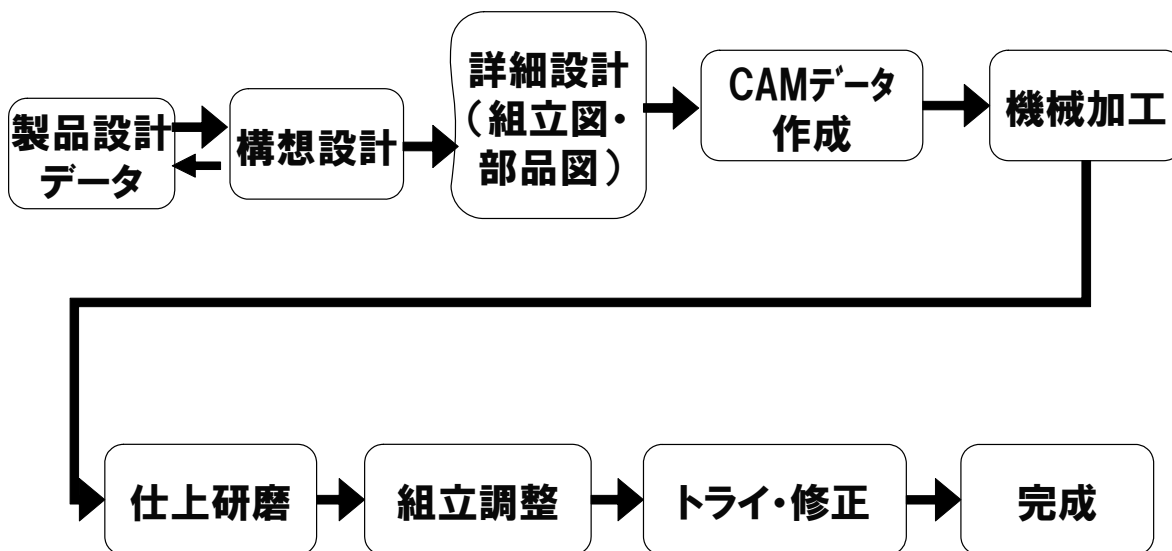
まず，社内の製品設計部門より製品設計データがオンラインで送られてくる。データの形式は，3次元の CAD データである。金型構造設計について，構想設計，組立図設計，部品図設計は以下の手順で行われる。まず，製品種類別に標準化された約 30 件の型構造のデータベース（標準型構造データ）より製品データに合う標準型構造を選択する。この方法

で不足するデータに関しては、金型部品単位で登録されている標準部品データから選択する。

次にエジェクタピン、冷却方法といった製品形状により異なる部分やこれまでにない形状の作成は、設計標準やノウハウが織り込まれたマクロプログラムを用いて設計を行う。マクロプログラムは、素材の厚みや温度によるプラスチック成形材料の収縮率、金属のスプリングバック比などを考慮したものである。これはNC化以降の過程でストックされてきたものである。

他方、製品部（自由曲面の製品形状部）の設計は、製品設計のCADデータに抜き方向の角度と成形収縮率を加味して変換し、金型設計データを作成（3次元のCADデータ）した後、CAMデータが作成される。加工は、金型構造、製品部ともに荒加工、仕上加工、放電加工、ワイヤーカット加工すべてNC化されており、磨きも一部NC化されてきた。そのことが、一部企業におけるCAEの統合機能を強化させるに至っている。ただし、最終仕上、組立調整は、手作業によって行われている。以上、NC直彫り加工導入における金型製作工程を図示したものが図4-2である。

図4-2 NC直彫り加工導入後の金型製作工程



注：機械加工には、切削加工および放電加工を含む

出典：ヒアリングより筆者作成

(3) 倣い型彫り導入前後における金型製作スキルの変容

NC 直彫り加工導入以前の NC プログラム（データ）作成スキルは、金型加工用倣いモデルをトレースしたデータをベースに金型の加工形状の状態をみて、下記のスキル修得をすることが必要であった。

- ①形状によって、どのような加工法を選択するのか
- ②スピンドルの回転速度の決定
- ③カッターの径の決定
- ④カッターの突き出し量の決定
- ⑤カッターの送り速度の決定
- ⑥カッターの干渉のチェック

である。そして、仕上研磨，組立調整，トライ修正スキルは継続して必要であった。

他方，直彫り加工導入後は，倣いモデル作成スキルが不要となる。NCデータ作成に関しては，上記の6つのスキルは継続して必要であった。ここでは新たに必要となるスキルとして，「倣いモデルなしで形状を製品設計データから金型形状コンピュータ上でモデリングを行い⁷¹，NCデータを作成するスキル」が必要となる。さらにこのNCデータ作成スキルが，加工精度，加工スピード，連続加工時間（24時間加工を目指す）を決める。

さらには NC データの作成方法によって仕上研磨工数を減らすことができることとなった。そのため，NC データ作成者のスキルは非常に重要となった。ただし，工作機械メーカーや素材メーカーからの情報提供も進むようになる。そのため，関連スキルの外部化が進んでいる点は軽視できない。

しかし，一方で，この方法をとる場合，倣い直彫り導入以前が倣いモデルをトレースしてデータを作成していたことと比較し，モデリングだけでも人間が作成するデータ量が大幅に増加する。このため，データを軽くするスキルも求められる。これは2008年時点でもあまり変わっていないと考えられる。

NC 直彫り導入前のスキルの展開状況が導入後のスキルにどのような影響を与えたかについては，以下のように考えられる。上記の説明にあるように，導入前には，ただ倣いモデルをトレースしてNCデータを作成するわけではなく，①から⑥の6つのスキルを保有し，NC データを作り込んでいった。この基礎の上に，導入後にはコンピュータ上でのモデリングスキル，連続加工を可能にする NC データ作成スキル，NC データを軽くするスキルとい

⁷¹当時，同社ではすでに3次元のワイヤフレームのCADによって金型が設計されていた。そのデータを元にモデリングをしていったのである。しかし筆者がヒアリングを行った他の多くの金型メーカーでは2次元CADが主流の時代であり，CADのデータを利用せず，図面にした上でNCデータを作成しており，NCデータ作成には高い能力（スキル）が要求されていた。

ったスキルが付加されていったといえる。

(4) スキル修得方法

では、実際にどのような方法によって同社が NC 直彫り加工に対応した NC データ作成スキルを修得したのか。田口八郎へのヒアリングをもとに検討する。

まずこのスキルを修得するために以下の部署から人員が集められ、1 つの「組」となっていた（自由曲面担当 19 名）。

① 倣いモデル、木型モデルの若手担当者

倣い加工から NC 直彫りへの切り替えにより、モデル製作が徐々に不要になっていた。このメンバーの中でプログラミングに抵抗の少ない若手を異動させた。

② 切削加工担当者

切削加工のプログラムを作る以上、切削加工を理解しているプログラマーが不可欠と考え、異動させた。20 名の中から 5 年程度の経験者を 2～3 名選抜した。

③ 2 次元 NC データのプログラマー

元々、同社では構造部加工の経験者が 2 次元 NC プログラムを行っていた。そのメンバーを 3 次元のプログラム作成メンバーに加えた。

元 2 次元 NC データのプログラマーが核となり、元モデル作成担当者、切削加工担当者とともに、社外の講習会への派遣や加工の熟練技能員からのアドバイスを受けながらスキル修得を行った。しかし短期ではなかなか人材が育たなかったという。慣れたやり方をやめて NC 直彫り加工による金型を製作する方針をたてたものの、スキルが十分でなかったためデータの供給が追いつかず、ぎりぎり納期に間に合うこともしばしばあったという。

そこで以下のような方策をとった⁷²。

① NC データの作成者は常に加工現場に出向き、加工状態について議論し、加工スピードを上げ、高精度にするにはどうしたらいいかを考える

② NC データの作成者は技能員であるが、金型設計のすぐ近くの部署に所属し、金型設計者と密接に擦り合わせを繰り返す

また金型設計者は、トライ・修正現場に出向き、型構造や成形条件等について確認する

③ さらに、仕上組付部門担当者も、トライに立ち会い、仕上組付上の問題点を確認する

⁷² 藤本隆宏、キム・クラーク（1993, pp. 265-267）によれば、自動車開発部門で異なる部門間での連携調整を積極的に開発、導入しようとしたのは 1980 年代と記述されている。

他方、田口八郎へのヒアリングでは 1960 年代後半から金型設計、製作工程内の異なる部門との議論（擦り合わせ）は、当たり前のように行われており、上記の NC 直彫りの際に取った方策は、当たり前に行われていたことを「制度化」したものにすぎないとしている（田口八郎：2008. 1. 31.）。

- ④ 仕上研磨に時間がかかるようであれば、カッター軌跡（ピックフィード）を短くするプログラムを作成し、砥石をかけるだけの状態まで切削データの質を上げる（ただしデータ作成工数は多くなる）

上記のような取り組みの結果、同社のプラスチック用金型設計技術者である加藤（1995, p. 69）によれば1991年頃から3次元設計データ（CADデータ）と加工用データ（CAMデータ）の一元化（同一のデータを使用する）を開始することができた。NC直彫り加工比率は、1989年が15%、1991年が33%だったのに対して、1993年には70%に達している（田口八郎、1994, p. 33）。そして1997年には100%になったという（田口八郎：2008. 2. 20.）。

加藤（1995, p. 70）によれば、金型製作総工数が直彫り導入前の1988年を100とする、1993年には88まで減少している。一方でNCデータ作成工数のみを見ると増加しており、その半分程度が刃具の干渉を含めたチェック・修正に当てられているという。このことから、当時の金型製作においてNCデータ作成の正確さと速さが重要なスキルの1つであったと解釈することができる⁷³。以上のことから、NC導入をスキルの変容という視点から評価すると、1970年頃から続いた自動プロ、2次元NC、3次元倣いNCの導入より、さらに大きなインパクトがあった^{74, 75}。

一方で継続して必要となるスキルも残さざるを得なかった。また加藤（1995, pp. 70-72）によれば、仕上研磨レスを目指した高い加工面品質加工をするためにNCデータを作成したところ、データ量が実に従来の20倍になったという。こうしたデータの実用化は納期・コスト面から現実的ではなかったため、金型製作工程における、仕上研磨スキル、トライ・

⁷³ 1995年当時は、CAMにおいて刃具の干渉チェックを行っていた。しかし本章とは異なる企業の事例であるが、第5章で述べるように、2007年にこの種の作業がCAEのようなシミュレーションソフトによって行われている部分である。

⁷⁴ 他方、今回の事例と同じ金型を製作している中小企業の専門メーカーの中には、設備投資負担の重さ、データ作成のスキルの問題から、3次元NCは鋼材の切削加工ではなく、倣い加工を併用し、納期を大幅に短縮することでユーザーからの受注を増加させている戦略をとる企業も存在した（広瀬、1993、広瀬 2008. 2. 23.）。

ただし現在では、金型をモデル作成して倣い加工によって製作する企業はほとんどなく、CADデータから3次元NCデータを作成している企業が多い。ただし依然としてCADデータをそのままCAMデータとして使用できる企業は少ないのが現状である（第5章参照）。

⁷⁵ 尾高（2001, p. 227）のように、金型製作のデジタル化の成果について引用と断りつつも「システム化（製品設計、金型設計、金型製造の一体化）によって工程数が減少し、誤差のはいる余地が少なくなってきただけでなく、定量化の難しい技術から解放されるようになってきた。—中略— CADから超合金切削までを統合したので設計から製造まで1回ボタンを押すだけで（ターン・キーで）すんでしまう。さらに熟練技能者が要らなくなった。必要なのは仕上げ加工程度で、それも簡略化してきた。」と記述されているものもあり、とくに下線部分に関しては、筆者の1993年から2007年までの金型メーカー調査、研究ではこのような企業はなく、誤解としか思えない。なお、下線部の引用の出典に関しては、長沢竜二（1988）「設計／生産システムにおける情報化の現状」CGP研究会報告1988年8月1日に基づくとしている。

修正スキルは、継続して必要であったと言よう。

第4節 小括

事例の企業では、NC 直彫り加工の導入によって NC 作成スキルが新たに必要となった。プラスチックの場合、収縮率一定の条件を獲得しやすいし、素材としての安定性が大きいにせよ、倣い加工が無くなってモデル作成スキルが不要になり、仕上研磨のスキルも導入前と比べ重要性が低下している。一方で NC 直彫り用 NC データの作成に関しては、非常に高いスキルを必要とされている。第3節の事例から、「NC 直彫り加工導入によるスキルの変容」を「新たに必要となるスキル」、「不要となるスキル」、「継続して必要になるスキル」によって整理すると表4-1のようになる。

表4-1 NC直彫り加工導入によるスキルの変容

| スキルの変容 | 具体的内容 |
|--------------|--|
| 新たに必要となるスキル | (1) モデルレスによる3次元NCデータ作成スキル ①倣いモデルなしで形状を製品設計データから金型形状をコンピュータ上でモデリングを行い、NCデータを作成するスキル ②仕上研磨工数を減らすNCデータ作成スキル ③NCデータを軽くするスキル (2) NCデータ作成のしやすさ、金型構造や射出成形技術を考慮した上での金型構想設計スキル（金型設計技術者） |
| 不要となるスキル | (1) 倣いモデル作成スキル |
| 継続して必要となるスキル | (1) NCデータ作成スキル ①形状によって、加工法を選択するスキル ②スピンドルの回転速度の決定スキル ③カッターの径の決定スキル ④カッターの突き出し量の決定スキル ⑤カッターの送り速度の決定スキル ⑥カッターの干渉のチェックスキル (2) 仕上研磨スキル ⁷⁶ |

⁷⁶なお、仕上研磨のスキルは年と共にその重要性が低くなっている。以前は熟練技能者の

| | |
|--|------------------------------|
| | (3) 組立調整スキル (4) トライ・修正スキル |
|--|------------------------------|

出典：ヒアリングより筆者作成

次に「手工的」スキルと「知的」スキルにもとづく分類を用いると、NC直彫り導入前では、組立調整、トライ・修正のベテランが「知的推理スキル」を発揮している。そして導入後ではNCデータ作成メンバーが金型設計を含めた各工程のメンバーと擦り合わせを繰り返しながら、「知的推理スキル」を発揮しようとしている。

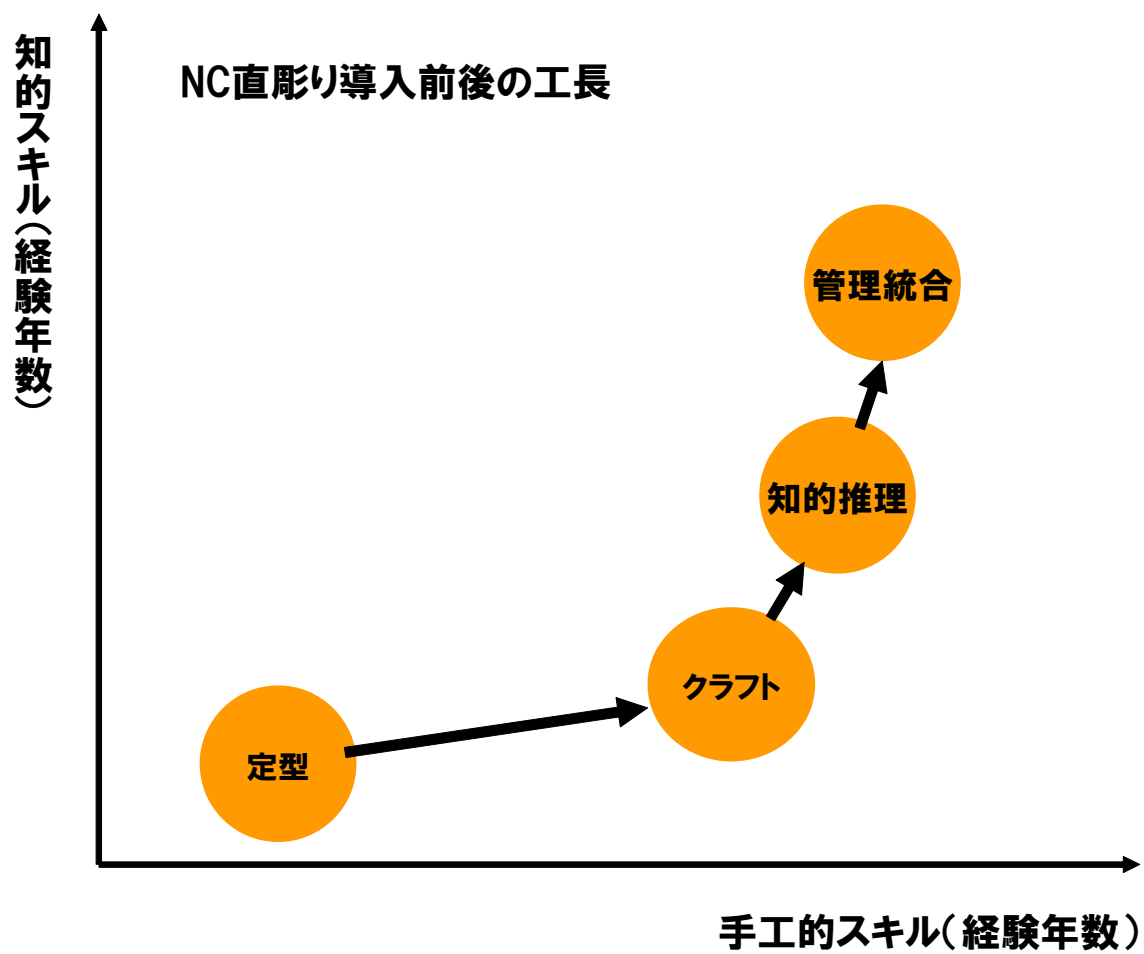
この段階では「文脈スキル・管理統合スキル」も依然として技能員が保持していた。しかし、その人数はかなり限られるようになっていた。田口八郎からのヒアリングによれば、NC直彫り導入の前後ともに「文脈スキル・管理統合スキル」を発揮するのは、25年から30年の経験のある7～8名の「工長（部署の総人数は220～230名）」であったという⁷⁷。加えて、第3節（4）で記述したように、金型構想設計者が、NCデータ作成者、トライ・修正メンバーと擦り合わせを行い、「文脈スキル・管理統合スキル」を発揮し始める兆候があったという（田口八郎：2008.2.20.）。

これらを図示すると図4-3、図4-4のようになる。

高いスキルが必要であったが、第5章の事例では、パートが担当している。

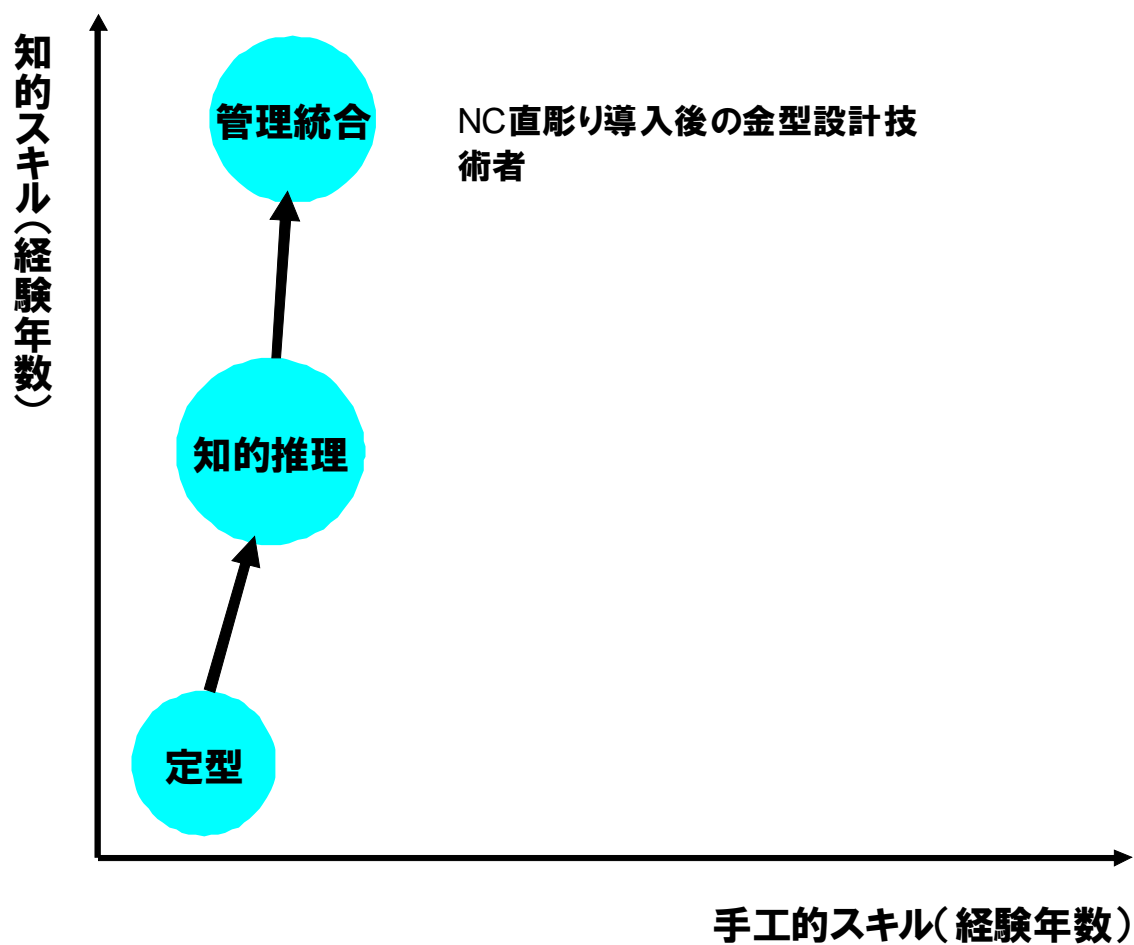
⁷⁷ 1994年の同社の技能系従業員の階層は、一般、エキスパート（EX）、シニアエキスパート（SX）、組長、チーフエキスパート（CX）、工長、課長、次長の9階層となっている。なお、工長の中から1名の課長が選ばれるが、この評価基準は本稿で取り上げるスキルの4類型ではなく、部下とのコミュニケーション能力、部下からの信望が最重視されたという。

図 4 - 3 NC 直彫り導入前後の工長におけるスキルの相互関係



出典：ヒアリングより筆者作成

図 4-4 NC 直彫り導入後の金型構想設計技術者におけるスキルの相互関係



出典：ヒアリングより筆者作成

<ヒアリング>

- ・ 田口八郎 : 2008年1月31日・2008年2月20日
(元大手自動車メーカー内製金型部門技能者：キャリア45年間)
- ・ 広瀬洋吉 : 1996年1月12日・2006年10月27日・2008年2月23日
(元大型プラスチック用金型メーカー技術者・社長, 現コンサルティング会社代表取締役：
キャリア47年間)
- ・ 長谷部孝男 : 2008年3月13日
(大手工作機械メーカー技術者：キャリア38年間)

<参考資料>

表 4-1 草創期における NC の変遷

| | |
|--------|---|
| 1952 年 | アメリカの MIT(マサチューセッツ工科大学) で数値制御(Numerical Control) 工作機械の研究を公表。※ 機械はシンシナティ社のフライス盤 |
| 1954 年 | アメリカのベンディクス社が NC カムフライス盤を開発 |
| 1956 年 | 富士通信機製造株式会社が日本最初の NC(数値制御装置)を開発 機械は、合資会社天田製作所製タレットパンチプレス |
| 1957 年 | 池貝鉄工株式会社の倣い旋盤を改造した同時 2 軸制御 NC 旋盤試作 |
| 1958 年 | アメリカのカーネィ&トレッカー社がマシニングセンタを開発 |
| 1958 年 | 牧野堅フライス製作所が NC フライス盤を開発 (磁気テープ指令) |
| 1958 年 | 日立精機株式会社が NC フライス盤を開発 (磁気テープ指令) |
| 1959 年 | 通産省機械試験所が NC ジグ中ぐり盤 Jidic を開発 |
| 1959 年 | 富士通信機製造株式会社が電気・油圧パルスモータ完成 |
| 1961 年 | 牧野フライス製作所がフライス盤のテーブル昇降用に「ボールねじ」採用 |
| 1961 年 | 日立製作所が NC 複合工作機械開発。国産マシニングセンタ (MC) 1 号機 |
| 1963 年 | 池貝鉄工株式会社が A20 形旋盤を開発。親ねじに「ボールねじ」を採用 |
| 1963 年 | 大隈鐵工所、絶対位置検出方式の NC 装置 (OSP) を自社開発 |
| 1965 年 | 富士通信機製造株式会社がシーメンス社に対し、パルスモータの製造および販売のライセンスを供与 |
| 1968 年 | 国鉄、池貝、富士通が群管理システム (COMPU-TURN) 開発 |
| 1970 年 | 機械振興協会技術研究所で同時 5 軸制御 ⁷⁸ NC 工作機械を試作。第 5 回日本国際工作機械見本市に出品。機械本体：新日本工機株式会社、制御装置：富士通信機製造株式会社FANUC250a、電気油圧パルスモータ |

出典： 稲葉・研野 (1970)、稲葉 (1982) より筆者作成

⁷⁸ 5 軸加工とは一般的な X, Y, Z の 3 軸に、回転駆動 2 軸を付加した工作機械

第5章 3次元ソリッドデータ導入による金型製作スキルの変容

第1節 はじめに

本章では、第1章において示した3つの主要な技術革新のうち最も新しい3次元ソリッドデータ⁷⁹の導入により、金型製作に必要とされるスキルがどのように変容したのかについて、ケースをもとに検討する。

Aoshima et. al (2006) のように、3次元ソリッドCADの導入による大企業における内製用金型設計のスキルレス化の進展に関する研究が発表されている(図5-1)。しかし大手メーカーの外注先となる、圧倒的多数を中小企業が占める金型産業においても、3次元ソリッドCADの導入が金型設計にスキルレス化をもたらすのであろうか。

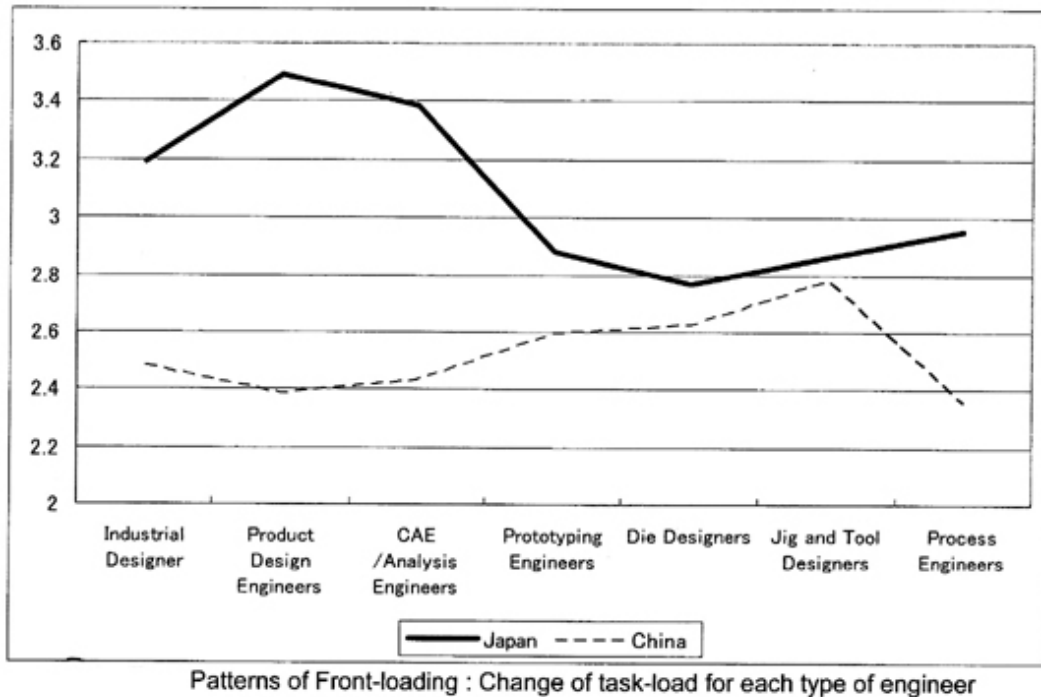
3次元ソリッドCADを活用し、大企業の内製金型部門に対等に競争できる中小金型企業は少なくない。これらの企業には2つのタイプがある。①承認図メーカーとしてユーザーと共に共同開発を行う企業、②承認図メーカーであるが共同開発は行わない企業である。このうち①の企業については、浅沼(1997, p.193)他ですでに言及されている。

そこで本章では、多数を占めているにもかかわらず、これまで余り分析がなされてこなかった上記②に該当する企業についてプラスチック用金型を製作しているF社を事例として取り上げ、考察する。筆者はF社に対し、1996年(NC直彫り導入後)と2007年の2時点でのヒアリングを実施した。これらのヒアリング結果の比較にもとづいて3次元ソリッドデータの導入が金型製作方法、およびスキルにどのような変容をもたらしたかについて分析する。

本章の構成は、次節において3次元ソリッドCADについて概説する。第3節では、事例とするF社の1996年と2007年の金型製作方法の比較を行う。そして第4節においてまとめと課題について検討する。

⁷⁹ 3次元ソリッドデータとは、立体形状の面の構造情報、面の裏表情報、面に対して立体の実体のある位置情報、立体の内部情報を付加したデータである。他方3次元ソリッドCADとは、3次元ソリッドデータによって設計を行うコンピュータ設計支援システムである。

図5-1 3次元ソリッドCAD導入による職種別作業負荷の変化



注 : 「大幅に減少」から「大幅に増加」の5ポイントのリカースケール

出典 : Yaichi Aoshima, Yoko Takeda et. al (2006), “Diffusion of 3D-CAD and its impact on product development processes: A comparison between Japanese and Chinese companies”, *Yokohama Journal of technology management studies*, vol.5, p.37.

第2節 3次元ソリッドCAD

3次元CADは、「もともと複雑な形状や図面で表現しにくい曲面形状を工作機械で正確に加工するためのものであった。3次元CADは、3次元CAMから発展したものである。しかし現在では特殊なものではない。内部の機構を含め、製品やユニット部品全体を3次元で設計するのが、ふつうになりつつある。複数の設計者が3次元データを共有しながら設計作業を進めることにより、設計時間を大きく短縮できるため普及した」とされている（価値総合研究所、2006、pp.7-8）。

自動車産業では1970年代から3次元CADの導入が始まった。当初はワイヤーフレームと呼ばれる、立体を輪郭で表現するデータ形式であった。その後1980年代前半になると、サーフィスと呼ばれる、立体を表皮部分のみで表現するデータ形式になる。さらに1980年代後半には、立体を内部構造まで定義できる、ソリッドとよばれる形式のデータで設計

する CAD が採用され始めた。

このソリッド CAD も当初は、完成車メーカーによって自社で作成したもの、市販のものが混在していた。2000 年頃には、ハイエンドと呼ばれる CAD は、日本の場合、「Unigraphics」「IDEAS」「ProEngineer」「CATIA」「CADCEUS」という 5 方式に収斂されていった。数年後にはさらに寡占化が進み、ほぼ「CATIA」と「Unigraphics」が市場の大半を占めるようになった。大手自動車メーカーの場合、「CAD ベンダーと共同開発した自社製の CAD から、2002 年、CATIA へのシフトを決め、2006 年より CATIA をベースにカスタマイズした CAD が稼働する（井上、2005、pp. 134-136）」とされている。

また、「金型業界での 3 次元 CAD の普及率は、92%（サンプル企業数 82 社）にのぼり、設計の 3 次元化のニーズがとくに強い」（素形材センター、2007、p. 1）。利用している 3 次元 CAD のソフトウェアの数については、「金型産業では、3 種類以上の企業が半数を占め、素形材産業（金型、鋳造、鍛造、ダイカスト、金属プレス）の中で最も高かった。なお、6 種類以上という企業比率も 12.8%あり、非常に高い比率となっている」（素形材センター、2007、p. 21）。この調査結果は、ユーザー側は CAD の方式を統一しつつあるが、金型メーカーはそれに追いついていない実態を表しているといえよう。

3 次元ソリッド CAD のメリットについて、筆者なりに以下の 4 点を指摘したことがある。

①構想設計（金型構造の決定）の時間を短縮できる

3 次元設計することにより、あらゆる方向から形状を表示することができる。

それ以前は 2 次元の図面を見て、3 次元の製品を想像し、考えた結果を再び 2 次元の金型組図および部品図といった図面の中に表現するという、数日も時間を要する方法をとっていたが、その必要がなくなるためである。

②アンダーカット処理などの金型構造を決める際にデータベースが活用できるため、類似の構造の金型設計がずっと容易になる

③加工時の刃具の干渉シミュレーションや成形解析が容易になる

④ブーリアン演算によって製品設計データを反転させ、キャビティ形状（雌型）を容易に作ることができる（浅井、2002、pp. 32-33）

他方、課題として素形材センター（2007）は、以下の項目をあげている。

①コストがかかる（初期投資、保守・点検料、バージョンアップ・入れ替え）

②人材教育に時間がかかる

③顧客からのデータの質が低い（とくに共同開発を行っていない金型メーカーの場合）

④異なるシステム間でのデータの互換性が不十分

⑤顧客からのノウハウの流出（素形材センター、2007、pp. i - ii）

こうした課題は残されている。それでも 3 次元ソリッドの活用は、ユーザーからのデータの確認、CAM への出力等の理由から金型設計に必要であると回答した金型メーカーが 6

割を占めている（素形材センター，2007，p. 19，p. 25）。

第3節 事例分析

本章の事例は、プラスチック用金型を製作しているF社である。同社については、1996年および2007年にヒアリング調査を行った。以下にその概略を述べる。

（1）NC直彫り加工による金型製作とスキル（1996年）

まずユーザーより製品設計データが3次元サーフィスデータの形式で送られてくる。構想設計には2次元CADを使用し、10年以上の経験者を1型につき1人、担当させる。

構想設計が終わった段階でユーザーとデザインレビューを行う。組立図設計については、構想設計をもとに実施する。組立図設計にもとづいて部品図の設計は、5年未満の設計経験者が応援者として対応し、チームで行う。

次にCAMデータの作成は、5年程度加工現場を経験した技能者によって行われる。CAMデータはCADデータとは連動しておらず、組立図、部品図データを図面にした上で作成される。したがって金型構造の設計に関して、CADは電子ドラフター的な役割しか果たしていない。しかし切削加工は、倣いモデルレスの直彫り加工ですべて行われており、CAMデータ作成能力は高いといえる。加工は、荒加工、仕上加工、放電加工による加工のすべてがNCで行われる。最終仕上は手作業によって行われる。その後、組立調整が手作業で行われ、トライアルを経て完成する。

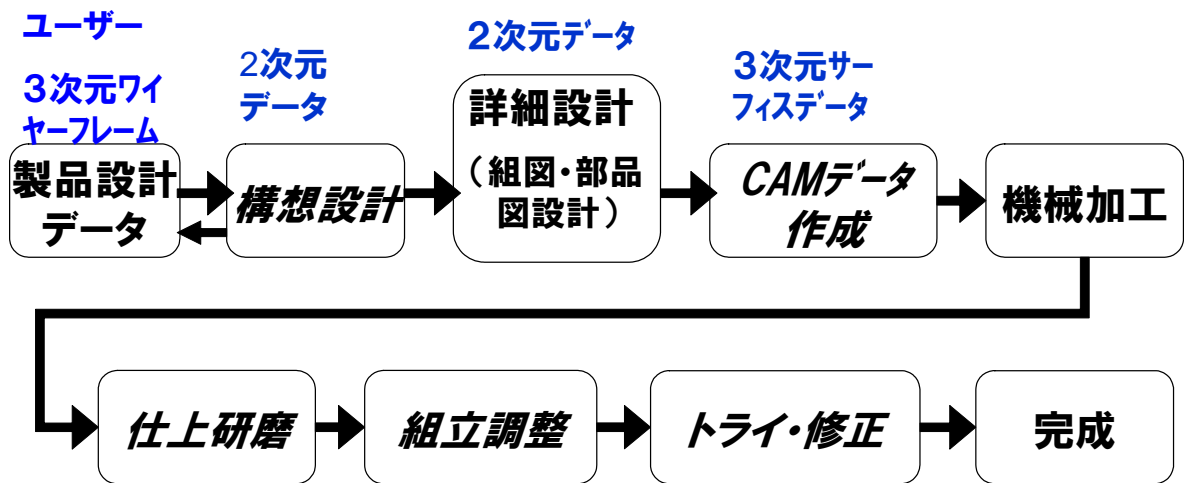
スキルが必要とされる工程としては、

- ・製品設計、金型設計、金型加工、射出成形を考慮した構想設計のスキル
- ・組立図、部品図を設計するスキル
- ・工作機械・工法・ツールに対応したCAMデータを効率的に作成するスキル
- ・手作業による研磨スキル
- ・組立調整スキル

がある。

設計を担当する技術者は、入社後6ヶ月間、加工現場で実習後、2次元CADを用いてOJTで部品図設計→組立図設計→構想設計の順に技能を修得していく。構想設計ができるようになるまで約10年かかるという。CAMデータ作成者は、5年程度加工現場を経験させた上で配置し、OJTで技能を修得していく。詳しくは浅井(1996)を参照されたい。当時、知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを保有していたのは構想設計者および組立調整のベテランであったという。なお、この時代の金型製作工程は、図5-2のようになる。

図5-2 3次元ソリッドデータ導入前（NC直彫り加工）のF社の金型製作工程



注：斜体文字は、高いスキルが必要とされる工程

出典：ヒアリングより筆者作成

(2) 3次元ソリッドデータ導入による金型製作とスキル (2007年)

まず、ユーザーより製品設計データが3次元ソリッドデータで送られてくる。ユーザーと同じCADシステムでデータを受け取った後、データ変換を行い3次元CADシステムによって構想設計を行う。構想設計が終わった部分からCAE解析（強度解析，流動解析）に進み，必要に応じ構想設計を変更する。構想設計の途中および終わった段階でユーザーとデザインレビューを行う。

続いて完成した構想設計をもとに組立図設計を実施する。その際，複数の設計者が3次元データを共有し，チームとして作業を行う。部品図は外注し，外注先が2次元CADで設計する。その後，設計データをもとに3次元CAMデータを作成し，機械加工，仕上・研磨加工，組立調整の後トライ，修正を経て金型が完成する。現在のF社の金型製作における特徴として，とくに設計段階の以下の2点をあげておかねばならない。

①データの受け取りはユーザーと同じCADシステムで行う。構想設計ではF社でカスタマイズした3次元CADを使用している。CAD間のデータ変換はうまくいかないが，ユーザーのソリッドデータは完璧ではないため，いずれにしても独自に作成する必要があり，設計者にとって使いやすいシステムを使用している。

内製金型部門や共同開発をしている企業であれば，製品設計の過程において金型構想設計者が入り，製品設計データが精緻化されていく。しかしF社のように共同開発を行っていない企業に対しては，より初期の粗い製品設計データが渡っている。

②CAE による解析では構想設計で作成したソリッドデータを活用している。同社は「構想設計段階で品質を作り込む」こと、即ち CAE 解析により不具合を発見し、構想設計者にフィードバックし対策を講じている。このためソリッドデータの存在価値は大きいという（金型製作工程におけるフロントローディング）。

スキルが必要とされる工程としては、

- ・ 構想設計および、CAE の解析スキル
- ・ 工作機械・工法・ツールに対応したソリッドデータによる CAM データを効率的に作成するスキル

がある。2007 年現在の F 社は CAE の解析にとくに力を入れている。このような方法を志向したのは、ユーザーからのコストダウン要求が強くなったためである。

組立調整、トライ・修正工程のベテランによる経験に頼った、トライ、修正、確認の繰り返しでは、予想外の赤字に陥ることがあった。このため、キャリア 20 年のベテランの指導の下、CAE 解析によって構想設計の精度を高め、トライ・修正の回数を従来の 4、5 回から 1、2 回に減らすことができつつある。この実現のためには CAE 解析という新たなスキルが必要であった⁸⁰。

CAE 解析では計算結果が現象と整合しているかどうかを判断するスキルが重要である。適切な結果を得るためには、解析目的に応じて形状や設定条件を単純化して計算規模を小さくするスキルが求められる。また、この CAE 解析のスキル修得には、「金型の構造」、「成形の機構」、「樹脂材料の特性」など複数の技術分野にまたがる形で金型全般について一通り理解していなければならないという。これは本稿でいう文脈スキル・統合スキルに該当するものである。なぜなら、定型的スキル（もしくは、知的推理スキル）だけでは計算結果は出せても、有効な判断が下せないためである。育成には最低 5 年間は要するという⁸¹。しかし、従来のような人材育成の時間的余裕が無く、大きな課題となっている。

以上のことから、F 社のソリッド設計の問題点をまとめると以下ようになる。まず、構想設計時における問題点としては、

- ・ ユーザーのデータが不完全なため、データの再作成が必要となる

⁸⁰ このパラグラフの記述は大きな意味を持つと筆者は考える。第 3 章の 1950 年代末には、「トライ・修正」スキルは、「文脈スキル・管理統合スキル」を必要とする非常に高いスキルであった。第 4 章における NC 直彫り加工においても継続して必要なスキルであった。同様に本章第 3 節（1）の 3 次元ソリッドデータ導入前（NC 直彫り加工）においても高いスキルが要求される工程であった。50 年間続いた「トライ・修正」スキルによって最後の金型品質の作り込みをするという金型製作が、ユーザーのグローバル化によるコストダウン要請によって大きく変化した事例といえる。

ただし、トライ・修正が 1 回であっても残っているということは、この担当者のスキルがなければ最終的な良品の金型を完成できないことを意味する。

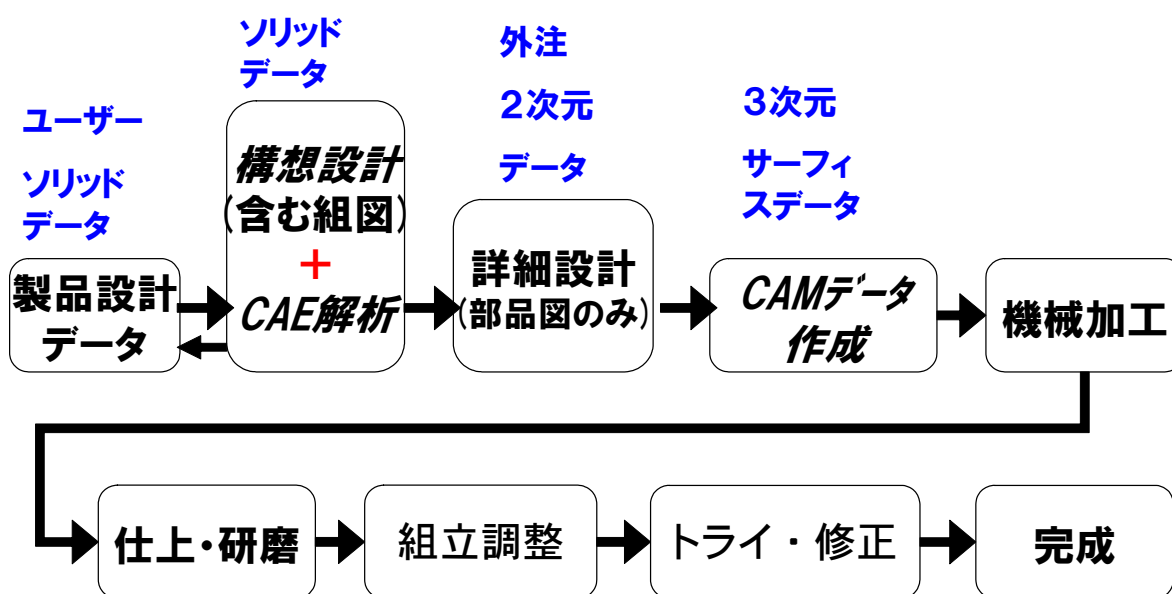
⁸¹ CAE のシミュレーションを推進している部門トップのエンジニアは、何年にもわたり、トライ・修正担当者として擦り合わせを行っていることを記しておく

・ユーザーと異なるシステムで設計するためデータ変換によるロスが発生する。
 があげられる。これらは第2節(2)で引用した素形材センター(2007)のソリッドCADの課題の③と④に該当する。

CAMデータ作成スキルについては、作成者のスキルによりばらつきがあり、加工時間や加工精度に差が出るという。具体的には、加工する形状に応じて加工法、刃具の選択、工作機械の主軸の回転数、送り速度を決定するスキルがあげられる。

こうしたスキルが重視されるようになった背景には、1996から2007年の10年余りの間に起こった新たな加工法の開発、工作機械の主軸の高回転化、新たな形状、太さの刃具の開発といった技術の変化がある。これらの技術革新に対応した結果として従来の方法でCAMデータを作成するとより複雑に、より重いデータになるところを、「データ作成者のスキルにより加工精度、加工時間を大幅に短縮することができる」といった点を指摘できる。なおこの時代の金型製作工程は図表5-3のようになる。

図5-3 3次元ソリッドデータ導入後のF社の金型製作工程



注：斜体文字は、高いスキルが必要とされる工程、
 細字は以前に比べスキルレス化された工程

出典：ヒアリングより筆者作成

第4節 小括

F社ではユーザーと同じCADシステムで製品設計データを受け取りながら、金型構想設計では別のCADシステムを使い再度、データを作成している。自社で構想設計を行うという体制を生かして、金型構想設計データをより精緻化した結果、トライ、修正の回数を減少させ、コストを削減したという。この過程でF社では3次元ソリッドデータをベースとしたCAE解析スキルが「新たに必要」となった。こうしたF社の方法は、Aoshima et.al (2006) が述べている大手内製金型部門が製品設計ソリッドデータをそのまま金型設計工程が使用することと比較して大きく異なる。

「継続して必要となるスキル」については、構想設計のスキルがある。3次元ソリッドデータを導入した2007年には、構想設計がCAE解析とセットになり、より精緻化されている。構想設計と同時に組立図設計も行っている。

次にCAMデータ作成スキルがある。NC直彫り加工を行っていた1996年、3次元ソリッドデータの導入した2007年とも3次元データではあるが、現在では、後工程に負担をかけないように、加工法、ツールの形状、回転数、送り速度を考慮した、より精緻なデータ作成スキルが求められている。

また、「組立調整スキル」、「トライ・修正スキル」については、継続して必要なスキルであるが、前述のように回数が減ったため、スキルの重要性が下がっている。

「不要となるスキル」について、部品図設計スキルに関しては付加価値の低い工程として外注している。また、仕上・研磨スキルについても、現在ではベテランにかかわって、パート従業員が行っている。

なお本稿における4つのスキルの相互関係は、F社の場合、NC直彫りの段階では、技能者は図5-4-1、技術者は図5-4-2のようになる。そして3次元ソリッドデータの導入のCAE技術者は図5-5のようになる。NC直彫りの段階では、理論は技術者が熟知しているが、技能者の経験が技術者にフィードバックされ、構想設計技術者、トライ・修正技能者双方が知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを發揮していた。そして現在では、CAE解析技術者が中心となって知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを發揮している⁸²。

知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルについては、NC直彫りの段階の段階では構想設計者と組立調整、トライ・修正のベテラン双方が保有していたが、3次元ソリッドデータの導入の段階ではCAE解析責任者にシフトしている。このようにF社に関して言えば、より川上工程において、知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルが必要とされている。F社におけるNC直彫りの段階における文脈スキル・管理統合スキルを保有した技

⁸² F社の従業員区分では、「技術者」は「設計者」および「CAE解析担当者」であり、「技能者」は「CAMデータ作成者」、「加工」、「組立調整」、「トライ・修正」担当者である。

能者と3次元ソリッドデータの導入における文脈スキル・管理統合スキルを保有しているCAE技術者について図5-6に示す。

本章の事例は、前工程で品質を作り込む、いわゆるフロントローディング移行のプロセスとして理解することが可能である。結果として前工程の重要性が増し、その中で前述したように「解析目的に応じて形状や設定条件を単純化して計算規模を小さくするスキルが求められる。また、このCAE解析のスキル修得には、『金型の構造』、『成形の機構』、『樹脂材料の特性』の知識が必要となる。」

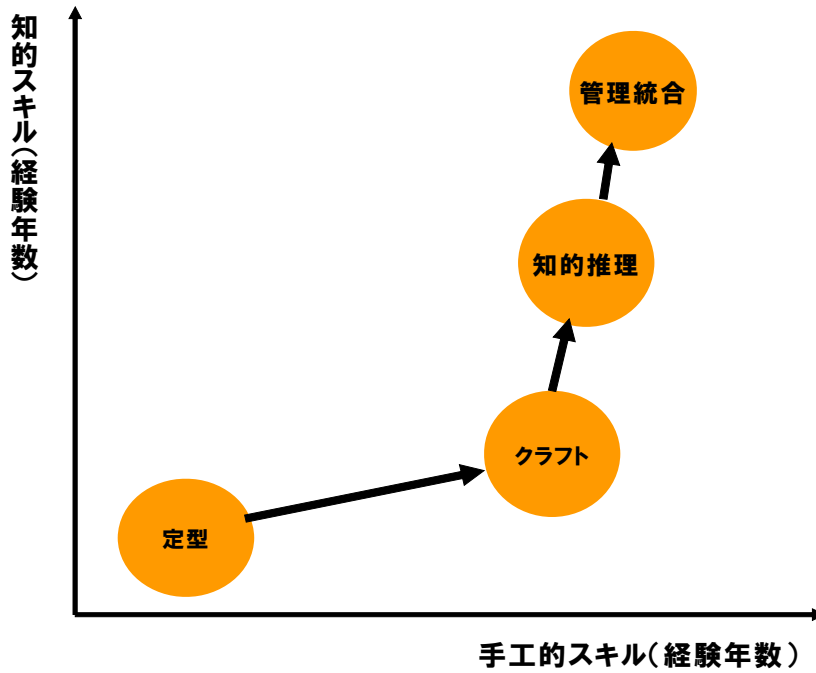
しかし、こうした専門知識さえ身に付けていればCAE解析を行えるというわけではない。CAE解析技術者のトップは20年間にわたり、トライ・修正担当者との擦り合わせを行っている。こうした経験を通じて、トライ・修正担当者が自らの職務の中で培ってきたノウハウを吸収してきたのではないだろうか。ヒアリングでは必ずしも明確な回答は引き出せなかったが、専門知識とトライ・修正担当者との擦り合わせ経験の両者がそろってはじめて「計算規模を小さくするスキル」が修得できたと考えられる。

以上のことからCAMデータ作成スキルは、ソリッドデータの導入前のスキルの上になりたっているものと評価できる。

今後の課題としては、人材育成をどう行っていくかがもっとも重視される。新たな技術革新が、新たな内容からなる文脈スキル・管理統合スキルの修得を必要としている一方で、分業が進展することにより、計画的に職務経験を重ね担当できる範囲を広げていくOJTによる人材育成が困難になっている。また中小企業自身にもその体力が無くなっている。この点については、行政をはじめとした早急な対策が必要であろう。

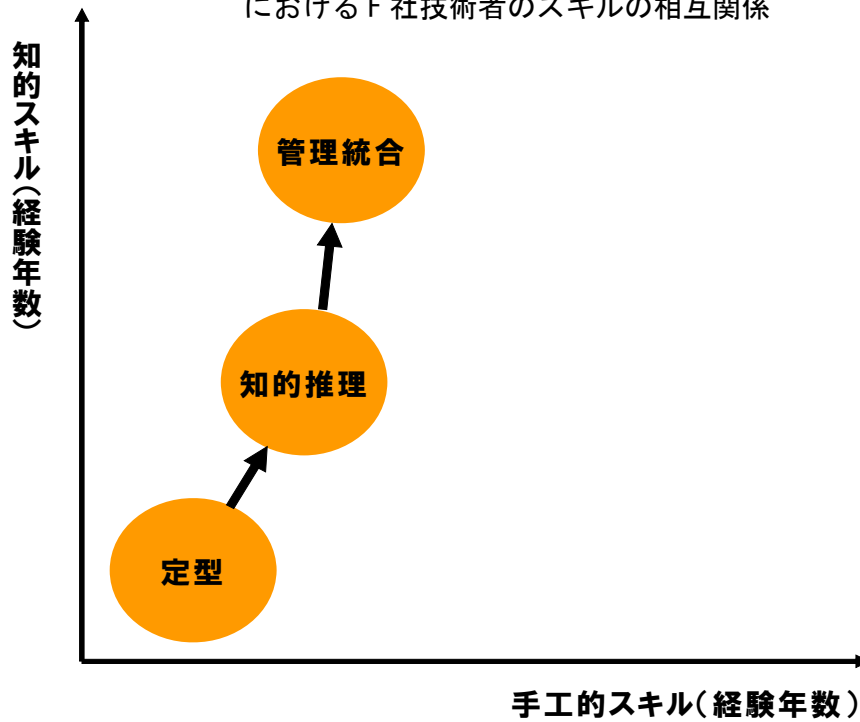
2007年時点では「手工的スキル」の現場体験なしに、「管理統合+CAE」スキルは育成されているが、これが望ましい形とF社が考えている訳ではない。1996年時点の設計者は、半年以上の現場経験が課されていたが2007年では無くなっている。ヒアリングにおいても現場経験があった方がよいという回答を得ているが、「金型の構造」、「成形の機構」、「樹脂材料の特性」など複数の技術分野にまたがる形で金型全般について理解していなければならない現状では、知的スキル偏重型にならざるを得ず、このスキルさえ十分に時間をとれない現実である。さらにF社と同種の金型に新規参入したB社では構想設計後、ほぼ自動的にソリッドデータを作成するCAD/CAMソフトを使用している。しかし不具合に対応できない場合には、金型製作キャリア47年間の技術顧問が対応している。こうした知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを外部からスカウトした人材で金型を完成させる方法は、浅井（2007）で指摘している新たな華人系企業と同様である。今後、日本の金型メーカーが知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを保有した人材を外部に依存し、育成ができなければ、国際競争力の維持は困難ではないかと筆者は危惧している。

図5-4-1 3次元ソリッドデータの導入前（NC直彫り加工段階）
におけるF社技能者のスキルの相互関係



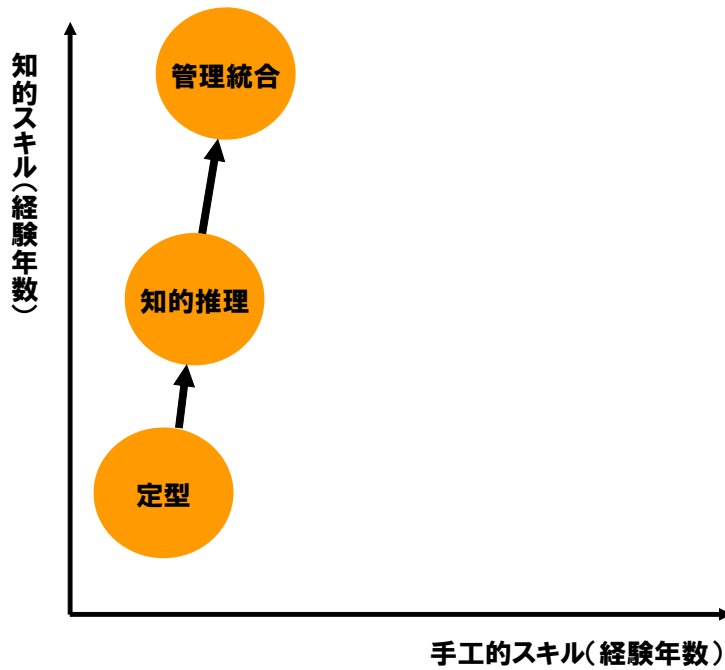
出典：ヒアリングより筆者作成

図5-4-2 3次元ソリッドデータの導入前（NC直彫り加工段階）
におけるF社技術者のスキルの相互関係



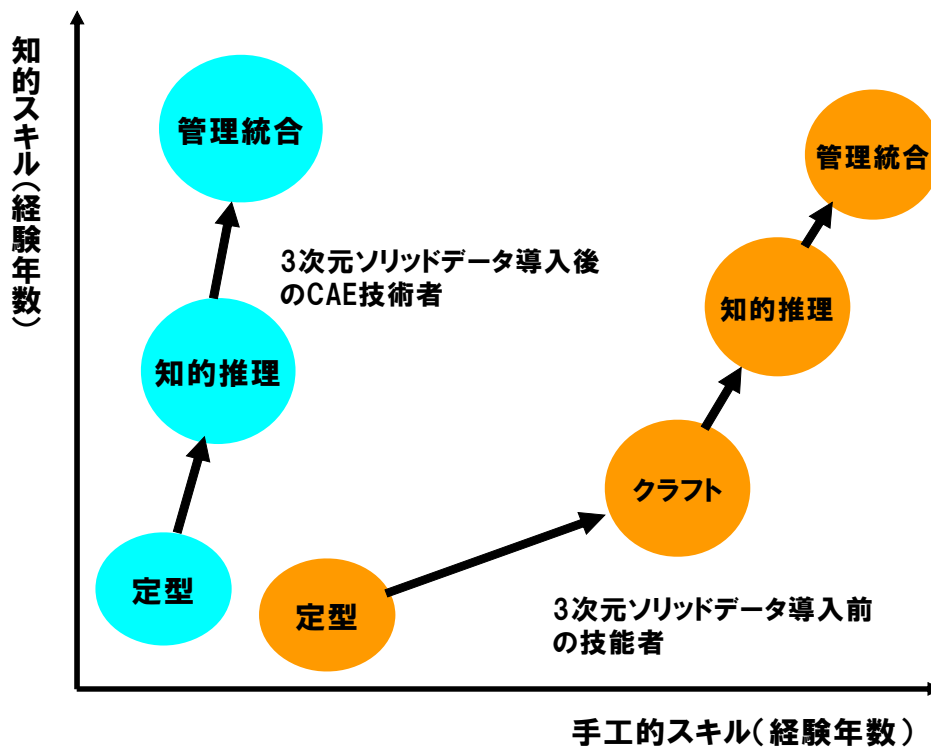
出典：ヒアリングより筆者作成

図5-5 3次元ソリッドデータ導入後におけるF社技術者のスキルの相互関係



出典：ヒアリングより筆者作成

図5-6 3次元ソリッドデータ導入前後におけるF社管理統合スキル保有者



出典：ヒアリングより筆者作成

第6章 中国プラスチック金型メーカーにおける技術革新とスキル

第1節 はじめに

自動車、電機製品等の量産部品の品質・精度を決定する金型は、その製作に高度な属人的スキルが必要とされてきた。このため1990年代末頃まで金型製作技術の日本から海外への移転は極めて困難であった（浅井，1998）。

ところが21世紀に入り、アジア諸国の金型製作技術の向上と日本の金型産業の空洞化が問題となっている。とくに中国では部品の組立が主流であったが、全ての金型ではないものの部分的には現地調達が可能になっている。World Trade Atlasによれば、中国から日本への金型の輸出額は、1998年から2005年の間に9倍になり大幅に増加している。とくにプラスチック金型に関しては、この期間に15倍となっている⁸³（表6-1-1，6-1-2参照）。

表6-1-1 中国金型輸出額（全種類、単位：100万ドル）

| | 1998年 | 1999年 | 2000年 | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 全世界 | 96 | 134 | 174 | 190 | 252 | 337 | 494 | 741 |
| 日本 | 9 | 9 | 15 | 21 | 32 | 42 | 60 | 81 |
| 香港 | 45 | 69 | 73 | 85 | 101 | 120 | 163 | 221 |
| アメリカ | 5 | 6 | 12 | 13 | 15 | 27 | 35 | 70 |
| 台湾 | 14 | 20 | 26 | 9 | 13 | 13 | 27 | 45 |

⁸³ World Trade Atlasとは、アメリカGTI社作成の、世界53ヶ国・地域の貿易統計データベース。データソースは各国の統計作成機関。アメリカの貿易統計の商品分類HS (Harmonized Commodity Description and Coding System) に基づく。輸出される金型の中には、雑貨用金型、カーショップで扱うドレスアップパーツ（バンパーなど）用金型などが含まれ、日本向け輸出専門の金型メーカーも出現しているという。しかし中国から日本に輸出される金型のうち、どのような産業、用途向けが増加しているか、どのレベルの精度、品質の金型が増加しているかについては統計および経済産業省、業界団体のインタビューでは明らかにはならなかった。なお中国の金型の輸出先として香港がもっとも金額が高くなっているが、多くは香港経由で他国へ輸出されていると考えられ、どの国や地域に輸出されるかについては追跡不能である。

表6-1-2 中国プラスチック金型輸出額(単位：100万ドル)

| | 1998年 | 1999年 | 2000年 | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 全世界 | 48 | 72 | 88 | 119 | 172 | 226 | 340 | 535 |
| 日本 | 3 | 4 | 7 | 11 | 17 | 23 | 31 | 47 |
| 香港 | 29 | 47 | 51 | 58 | 78 | 97 | 137 | 193 |
| アメリカ | 3 | 2 | 4 | 6 | 9 | 14 | 21 | 43 |
| 台湾 | 2 | 2 | 3 | 5 | 9 | 8 | 18 | 25 |

なぜこのような短期間に中国の金型の品質は急速に高まったのであろうか。この問いを解明することが本章の目的である。筆者が1995年から2002年に台湾やシンガポールにおける華人系企業を調査した際には、このような方向性を見いだすことはできなかった。低スキルで設計、加工可能な精度の金型を製作し、投資をできるだけ早く回収するという商業資本主義的発想の企業が多くを占めていた(斉藤・浅井他, 2003)。

しかし、2003年から2005年に中国において筆者が行った華人系金型メーカー(台湾資本、シンガポール資本、中国資本)の調査では異なったケース、すなわちより産業資本主義的な企業のケースがいくつか見受けられた。中国金型メーカーにこのような大きな変化が短期間に起こった理由として、金型製作における技術革新をあげることができる⁸⁴。

具体的には、最新鋭のNC工作機械や3次元ソリッドCAD⁸⁵およびこのCADのデータを活用したCAM、CAEといったソフトウェアなどの導入による「スキルレス化」があげられる。

しかし工作機械やソフトウェアの技術革新が進んだとはいえ、スキル集約産業と言われた金型産業において、スキルレスで果たして高い品質の金型製作が可能なのであろうか。本章では、第1章の「技術革新」および「スキル」の規定にもとづいて、企業数は限定されるものの、アンケート調査では得られないより詳細な分析を行うため、こうした企業の事例を比較分析する。具体的には「最新設備の導入水準」とそれに伴う「組織の保有するスキルのカテゴリ数」という視点から急速な進展を遂げた中国金型メーカーのヒアリング調査の結果を考察する。

本章の構成は以下の通りである。第2節において、筆者が調査した中国における華人系

⁸⁴ この他の理由として、日本金型工業会(2002)が指摘するように、ユーザーが1号型(最初の型)は日本の金型メーカーに製作させ、金型設計、加工データを提出させる。そして2号型以降を、そのデータを元に海外で金型を製作させたために、海外、とくに中国での金型製作が急速に進んだという見解もある。

⁸⁵ 最新鋭のNC工作機械とは、例えば主軸の回転数が3万回転を超えるものや、加工精度がミクロンレベルのもの、5軸制御加工機(X、Y、Zの直進3方向に加え、斜めの2方向からの加工が可能)などの機能を持った数値制御の工作機械を指す。

3次元ソリッドCADとは、製作物の表面だけではなく内部構造も含めて様々な設計情報をデジタルデータ化できるソフトウェアである。ハイエンドの3次元ソリッドCADにおいて高いシェアをもつのは、CATIAおよびUnigraphicsである。前者はフランスのダッソーシステムズ社、後者はアメリカのマグダネルダグラス社によって開発された。両社とも航空機メーカーであり、双方のCADとも金型向けではなく、航空機の設計向けに開発されたものである。

プラスチック金型メーカーの事例を説明する。第3節において調査結果の考察を行い、第4節において、小活および残された課題について検討する。

第2節 事例分析

2003年4月から2005年5月の期間に中国（上海，昆山，青島）において40社の金型メーカーのヒアリング調査を行った。本節では日系企業やプレス金型メーカーを除く，20社の華人系プラスチック金型メーカーのヒアリング調査について検討する⁸⁶。具体的な質問項目は，「製造している金型の品質・コスト・納期（QCD）」，「経営者・管理者の金型製作におけるスキルの必要性の認識」，「人材育成方法」，「日本人技術顧問の役割（保有スキル）」，およびこれまでのキャリア」，「最新鋭の工作機械，ソフトウェアの導入水準」である。

筆者のヒアリング調査と同時期の調査である，中国模具工業協会（2005）『中国模具工業年鑑』によれば，2003年の中国全土の金型企業数は2万社以上あり（p.51），本章で取り上げたケース，とくにX社，Y社，Z社は先進的な事例といえる。同調査によれば，プラスチック金型の平均的な精度は，2/100～5/100mm（p.7）となっているが，3社とも平均を上回っており，特にY社の精度は抜きんでている。これら20社のヒアリング調査では，2003年以前に筆者が調査した華人系企業同様，3分の2以上の企業が商業資本主義的な考え方であった（浅井，2002）。

しかし今回，より産業資本主義的な企業のケースがいくつか見受けられた。そのうちとくに特徴的であった3つの類型，および従来からみられた商業資本主義的な「W社」の4類型を取り上げる。なお，4社の概要は表6-2の通りである。

また，各社の詳細については以下に述べる。

⁸⁶ 調査企業の選定に際しては，上海，昆山地区では，日本のプラスチック金型メーカー向けCNCフライス盤，マシニングセンタにおいて7割のシェアを持つ工作機械メーカーの昆山工場に依頼した。青島のメーカーは中国最大の家電メーカーの金型製作子会社である。

表 6-2 4社の概要（2003年4月～2005年5月）

| | W社 | X社（昆山） | X社（深圳） | Y社 | Z社 |
|-----------------------------|----------|--------------------|-------------------|-----------|--------------|
| 設立年 | 2002年 | 2002年 | 1994年 | 2001年 | 1993年 |
| 従業員数 | 100名 | 2000名 | 4000名 | 400名 | 400名 |
| 生産能力 | 20型/月 | 120型/月 | *1 | 15型/月 | 100型/月 |
| 設計者数 | 20名 | 100名 | 200名 | 6名 | 35名 |
| 主要金型用途 | 家電、雑貨の筐体 | コネクタ | PC, 携帯電話, ゲーム機用筐体 | 歯車 | 洗濯槽 冷蔵庫内部 |
| 日本人技術者数（経験年数） | 0名 | 10名（40年以上のキャリアを含む） | | 1名（30年以上） | 1名（20年以上） |
| 3次元ソリッド ^o CADの台数 | 20台 | 54台 | 132台 | 6台 | 数台*2 |
| 精度 | 5/100mm | 1/100mm | 1/100mm | 5/1000mm | 1/100mm |
| 工作機械台数 *3 | 50台 | 350台 | 1000台 | 60台 | 80台 |

（出典）筆者作成

なお、これらのデータはすべて、ヒアリング当時のものである

*1：設備の稼働率を上げるために、モデリングなどの工程請負も行う等の理由から製作金型面数は明示されなかった。

*2：2次元から3次元の転換期であったため正確な台数は不明であった。

*3：先端的なマシニングセンタ，放電加工機，といったNC工作機械台数の合計

<W社>

最新鋭の工作機械，ソフトウェアを導入し，スキルレス化を進める。社内での人材育成は行わず，設備メーカーの行うトレーニングの範囲で製作可能な精度の金型を製作している。成形不良が出ないぎりぎりの精度（5/100mm）の金型を製作することによって，利益をあげ，投資を回収する。調査企業の約7割がこのような企業であり，すべて台湾系，シンガポール系資本の企業であった。ただしこのような方法が通用するのは，成形材料や金型の構造が類似した範囲にとどまることが条件となる。実際W社が製作していた金型は，浄水器の筐体，雑貨など，形状が単純で自由曲面が少ない上にモデルチェンジも少ないため，金型構造の変更はあまりない。加えて成形材料が変化することもほとんど無いという。

ただし，これらの企業が製作する金型は利益率が低く，金型専業では大きな利益を得ることができないため，成形工程や，場合によっては組立の一部も請け負っていることが多

い。なお、このような金型メーカーの企業戦略は、1995年から筆者が行ってきた海外調査を振り返ってみると、資本集約型の台湾企業やシンガポール企業に多く見られるパターンといえる。本章では「従来型華人系企業」と呼ぶことにする。

<X社>

台湾系資本の金型メーカーであり、筆者が訪問したのは昆山工場である。直接は訪問していないが、昆山工場にてヒアリングした深圳工場についても参考までに記述する。深圳工場は、昆山工場よりさらに巨大な工場があり、成形、組立の一貫工場も保有している。中川（2003）は、同社を従業員規模ではおそらく世界最大の金型メーカーであろうと評している。なお、現在の従業員規模は約2万人であるという⁸⁷。

双方の工場とも最新鋭の3次元ソリッドCADを導入し、CADベンダーからシステムエンジニアをヘッドハンティングし、もともと航空機の設計向けに製作された3次元ソリッドCADのソフトウェアを金型設計用にカスタマイズすることによって、より一層の金型設計のスキルレス化を進めている。さらに設計・加工データベース作成に専門要員を配置し、最新鋭の超高速加工機を用いて金型製作工程のスキルレス化を推進している⁸⁸。

また中国国内に3つの金型学校を運営し、専門学校、高校卒業者を対象に1年間の金型設計・製造技術を教え、卒業試験に合格した者を同社に配属している。その一方で日本の大企業で40年以上のキャリアを積んだ日本でもトップレベルの熟練金型技術者をはじめ、日本の大学において金型加工等を専門としていた研究者らを技術顧問として約10名採用している。これらの日本人技術者が、問題が生じれば知的推理スキルを発揮する、そしてこれまでの経験から金型製作工程を熟知し、ユーザーとの間で求められる擦り合わせスキルを含めた文脈スキル・管理統合スキルを発揮している。このようにX社の経営トップは、金型製作工程のスキルレス化を進める一方、スキルを保有した人材の重要性を強く認識している。

<Y社>

同社は、本ヒアリングに協力いただいた日系工作機械メーカーが、上海における顧客の中でもっとも精度の高い歯車用金型を製作する企業として推薦したシンガポール資本の金型メーカーである。

技術顧問として採用されているのは、日本の金型メーカーの経営者であったキャリア30年以上の技術者である。この技術者の方針により、NC装置の付いていないマニュアル旋盤を導入し、金型部品のNC加工比率を60~70%にあえて抑えている。これは作業者に鋼材を

⁸⁷なお、この企業グループについて詳しくは、「鴻海は敵か味方か」『日経エレクトロニクス』2006年7月31日号、pp.87-116を参照されたい。

⁸⁸このデータベースが威力を発揮するのは、同社が製作しているコネクタや携帯電話、PCの筐体向け金型は機種ごとの形状の差が比較的小さく、金型設計データをわずかに変更するだけで済むためである。ただし、3/1000mmの精度が要求される日本向けの携帯電話向け金型の筐体の製作は困難という。

削るとはどういうことか、刃先の形状管理をどうすべきか、どういった刃具の動きが効率的かということを実感させることで、より精緻なNCプログラムを作成させるためとしている。設計者に対しても希望者にはマニュアル旋盤での加工を経験させている。このような行為は、より幅広い経験を積ませるという点で日本的な人材育成といえるであろう。

またY社は歯車用金型を製作しているが、モデルチェンジサイクルの長い欧米企業が主要ユーザーであるため、要求ショット数は通常の日本向け金型（30万～50万ショット）の数倍必要とされる（150万ショット）。このため加工が難しいとされている硬度の高い焼き入れ鋼材を使用せざるを得ない。このような条件下で日本の金型メーカーと同等の5ミクロンの精度公差の金型を製作している。

しかし従業員の5年定着率は0%という状況のため、ユーザーからの製品設計データのチェック、金型構想設計などの高いスキルの必要とされる工程は全て日本人技術顧問が担当している。

<Z社>

中国最大級の家電メーカーの金型専門子会社である。筆者がヒアリングしたのは、洗濯槽や冷蔵庫内部向けの大型プラスチック用金型工場であった。

同社の金型製作方法は、単能工システムであり、ジョブローテーションも一切行われていない。作業者は前後の工程のことは基本的に知らないという。

また同社の現地人管理者⁸⁹は、とくにスキルが必要となる工程として「構想設計」、「CAMデータ作成」、「組立・調整」の3工程をあげた。とくに最終工程の「組立・調整」担当者は約100名おり、全従業員数の1/4という比率である。この比率は高すぎるのではないかと筆者は考え、「前工程の尻ぬぐいのためか？」とこの現地人管理者に質問したところ、そうであるとの回答を得た。

このような実態からわかるように、スキルレスで金型が製作できる訳ではない。とくに「組立・調整」担当を束ねる「技師」と呼ばれる10名の中国人熟練技能者は各々に作業ブースが与えられ、通常の作業者の数倍～十倍の給与を得ている。しかし彼らは同社で育成されたわけではなく、華南地区の日系企業で3年以上のキャリアを積んだ人材がスカウトされてきている。

またキャリア20年以上の日本人技術者が採用され、金型製作全体の指導を行っている。しかし、同社の労務管理政策から工程間のコミュニケーションを取ろうとはせず⁹⁰、問題が起こった際の状況等も正しく把握出来ないため、この日本人技術者は、知的推理スキルを発揮することができない。もちろん文脈スキル・管理統合スキルを発揮することも不可能な状況であった。

⁸⁹ この現地人管理者は、日本の国立大学において工学博士を取得している。

⁹⁰ 具体的には、問題が生じると、その原因を作った者に罰金が科されるシステムや、部署（工程）において、最下位評価の10%は解雇されるため、日本人ベテラン技術者の能力を発揮できないと考えられる。詳しくは、浅井（2005）を参照されたい。

第3節 事例の考察

第2節において検討を行った，W社，X社，Y社，Z社に加え，中国の零細金型メーカー，そして筆者が別途ヒアリングを行った日本の金型メーカー(大企業および中小企業)における現段階での技術革新の導入段階と，いくつかのカテゴリのスキルを保有しているかという視点からまとめたものが表6-3である。

表6-3 技術革新の導入段階と組織としてのスキルの保有

| 企業別, スキルタイプ別 | 日本 大企業 | 日本中 小企業 | W社 | X社 | Y社 | Z社 | 中国 零細 |
|-----------------|-----------|------------|----|----|----|----|----------|
| 定型的スキル | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| クラフト型スキル | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | × |
| 知的推理スキル | ○ | ○ | × | ○J | ○J | × | × |
| 文脈・管理統合スキル | ○ | ○ | × | ○J | ○J | × | × |

(出典) 筆者作成

注：○Jは，日本人のみが保有

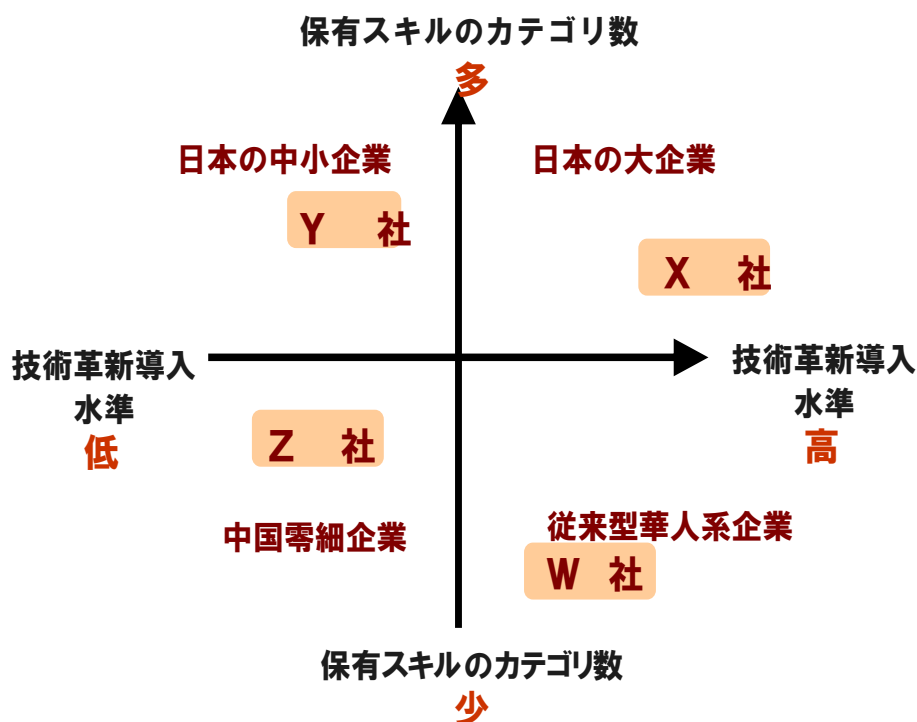
図表6-2をもとに縦軸に組織が保有するスキルのカテゴリ数，横軸に技術革新の導入水準という2軸により，前節の企業を分類したものが図6-1である。縦軸については4つのスキルのカテゴリのうちいくつを保有しているか，横軸は，最新鋭の設備投資に対する比較軸である。以下4つのタイプの企業について分析する。

まず，W社に代表される従来型華人企業の類型は，技術革新の導入水準は高いものの，人材育成は行わず，スキルの保有者も採用しないため，組織の保有しているスキルのカテゴリ数も定型的スキルのみにとどまり，この範囲で製作可能な金型を製作することによって投資を回収し，利益を上げる方向の企業群である。

次にX社は，大規模な設備投資による最先端の設備，ソフトウェアの導入に加え，分業，データベース化によってスキルレス化を進めている。前工程でのデータの作り込みによってデータによる金型製作が可能になっている。そして，スキルレス化できない部分は日本人技術者のスキルで埋めている。現実には，ミクロンレベルの金型製作は困難な水準であり，個々のスキルの水準は日本の大企業に及ばないものの，組織の保有するスキルのカテゴリ数は，日本人技術顧問により，日本の大企業より1カテゴリ少ないという比較的高

い水準になっている。

図 6-1 保有スキルのカテゴリ数と最新設備の導入水準による分類



(出典) ヒアリング調査より筆者作成

他方、日本の大企業は技術革新の導入水準が高く、組織内にスキルも保有している。また、これまでに蓄積した様々な金型製作の経験から、文脈スキル・管理統合スキルを保有し、製作する金型の精度も高い。しかし筆者がヒアリングを行った大手アセンブリメーカーB社の内製金型部門では、管理職が入社した時点ですでに分業の進展と同時に工程の高度化が進んでおり、管理職が金型製作工程全てを見渡すことができないことが問題となっていた（管理統合スキルの喪失）。X社においても、今後より高度な金型製作をする際に、同社における分業の進展と設備の高度化により、管理統合スキルに関する問題が生じると考えられる。この点は今後、注視していく必要があるであろう。

第3にY社の類型であるが、限られた投資資金の中で重点を決めて技術革新の導入をす

る点、マニュアル機械の導入によるクラフト型スキルを保有している点、より幅広い経験を積み、分業の幅が広い点、日本人技術者ひとりに依存しているものの、ユーザーとの間でデザインレビューを行うことを含め、高い管理統合スキルを有する点など、日本の中小企業と類似している点が多い。

最後に技術革新導入の水準が低く、定型的スキルのみを保有する類型には、中国零細金型企業とZ社が分類される。Z社は、中国を代表する大手家電メーカーの金型専門子会社であるが、競争が激しく利益率の低い製品向け金型を扱っているために、現在では技術革新の導入水準は高いとはいえない⁹¹。また工程間のコミュニケーションがとれない状況から、日本人技術者が管理統合スキルを保有していてもそれを発揮することができない。また、Z社の親会社は、製品ごとに金型専門子会社を数社保有しているため、変化への対応スキルを発揮する機会もあまりない。保有するスキルのカテゴリ数が少なく、定型的スキルと組立・調整の最終工程にクラフト型スキルを集中させることで金型を完成させる方法をとっている。以上の結果、Z社は中国零細企業と同じ類型に分類する。

第4節 小括

以上、ヒアリング調査の結果の考察から「なぜ、中国製の金型の品質がこの数年間という短期間の間に高まったのか」という本章の問いに対して、以下のことが明らかとなった。

まず「X社」は設備先端度が高く、スキルレス化を進める一方で、組織のレベルでみた際には、日本人技術顧問の採用により、保有するスキルのカテゴリ数が日本よりもずっと細分化されている。ただあえて分類するのであれば日本の家電業界における大企業に類似した方向の企業である。

また「Y社」のように、「X社」と比較すれば設備先端度は相対的に低いものの、高い金型製作スキルを有する日本人型技術者を採用することにより、組織の保有スキルのカテゴリ数も多く、高い品質の金型を製作している企業が存在する。これは日本の中小金型メーカーの方向と類似している。

このように「保有スキルのカテゴリ数」と「技術革新の導入水準」に着目した分析の結果、「W社」のような従来型華人企業が多い一方で、「技術革新の導入」だけでなく、ベテランの日本人金型技術者の採用による「高い金型製作スキル」を利用して高い品質の金型を製作する、新たなタイプの華人系金型メーカーが存在することが判明した。

これらの企業は最先端設備の投資を行い、金型製作に参入している。本章の事例の場合、日本企業と同様の設備に、数名、場合によっては1名の複数カテゴリのスキルを保有する

⁹¹ 『日経ベンチャー』2002年11月号、pp.144-145によれば、2000年当時のZ社は、日本と比べても先進的な金型工場であったと三洋電機の井植社長（当時）は回想している。

技術者によって金型を完成させている。このような手法をとることが、中国製金型の品質向上の1つの要因と考えられる。

従来の日本の金型産業では、多くの従業員のスキルの積み上げと技術革新への適応という方策で国際的な競争力の優位を保ってきた（スキル蓄積型）。しかし中国企業では、最新鋭の技術革新の導入をした上で、機械やソフトウェアでは対応できない部分については、複数カテゴリのスキルを保有する日本人技術者の対応によって金型の品質を向上させている（スキル嵌入型）。

他方で兼村（2008b）のように、今後 BRICS の経済成長に伴い、金型市場の拡大が見込まれるが、こうした市場でのニーズと比較すると日本の金型は過剰品質であり、むしろ本章で取り扱ったW社のような商業資本主義的な金型製作方法が中心になるとの見解を示している。

具体的にいえば、加工方式や素材特性が安定的で、（あるいは「成熟」していて）、かつ加工精度についての追加的要請がなされないような領域では、ほぼ完璧なスキルレスの条件が整えられること、技術革新によって、そうした領域が増えつつあることも事実である。

このような方向が、日本の金型産業の脅威となりうるのか、また他の国にも応用可能であるのか、これらについては今後の研究課題である。

第7章 分析結果の統合と結論

本章は本稿のまとめとして、技術革新が金型製作スキルにどのような変容をもたらし、それがどのような影響を与えたかについて、分析結果を統合し、結論を述べる。

第1節 事例分析から導出された技術革新と4類型のスキルの変容

本稿では、田口直樹(2001)、Aoshima.et.al(2006)、素形材センター(2007)を参照すべき先行研究として捉え、これらの先行研究で明示的に議論されなかった「技術革新とそれに伴うスキルの変容への対応」について、「倣い型彫り機」、「NC直彫り加工」、「3次元ソリッドデータ」の3つの技術革新に絞り、技術革新に伴うスキルの変容について事例分析を行った。

表7-1は、第3章から第5章までの事例を第1章で示した「金型製作スキルに大きな影響を及ぼした3つの技術革新」と「4類型のスキルの変容」をまとめたものである。

表7-1 事例における技術革新とスキルの変容

| 設備導入の段階 | ① | ② | ③ |
|------------|-----|-----|-----|
| 定型的スキル | re | re | re |
| クラフト型スキル | new | re | de |
| 知的推理スキル | new | new | new |
| 文脈・管理統合スキル | re | new | new |

(注) ・new: new-skill (新たに必要となるスキル)

・re: re-skill (継続して必要となるスキル)

・de: de-skill (不要となっていくスキル)

① 倣い型彫り機導入の段階

② NC直彫りの段階, ③3次元ソリッドデータ活用の段階

(出典) 筆者作成

この表は、技術革新が導入された前後の工数がどのように変化したかという観点から、ヒアリング調査を再検討した結果に基づいて作成したものである。「定型的スキル」は、技術革新によって機械やソフトウェアに置き換えられる。しかし、いかなる技術革新におい

でもスキルの基礎となるものでり、組織としては一定の工数を割かなくてはならない。

次に「クラフト型スキル」は、「倣い型彫り導入」の段階では、マスターモデルや倣いモデルの製作スキルを中心に新たに必要となるスキルがあった。継続して必要なスキルも、導入以前よりも型数が増加することにより、歪み修正や型合わせ、トライ後の補正スキルは実質的により難しいスキルの修得が必要であった。その後、②の「NC直彫り加工」の段階では、NCデータ作成のためにクラフト型スキルは継続して必要であった。③の「3次元ソリッドデータ活用」段階でもNCデータ作成スキルは重要であるが、クラフトスキルに依拠するものでは無く、「知的推理スキル」が求められるようになっている。

「知的推理スキル」は、いかなる新設備の導入においても不具合は生じるため、その問題発見、問題解決のためには、常に新たに必要となるスキルである。最後に「文脈スキル・管理統合スキル」については、分業が進むにつれて、複数工程、金型製作工程全体を見渡せるスキルは、ますます困難になり、その重要度を増している。

本稿でいう「文脈スキル・管理統合スキル」を保有している人材は、倣い型彫り機導入以前は、養成工などを除くと大部分のベテラン技能者が保有していた。その後、技術革新ごとにその比率が減少する。第3章において検討した「倣い型彫り機の導入（本稿の事例では1958年）」では、定型的スキルをベースとし、クラフト型スキルの幅を追求していかなければ知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを發揮できず、主に技能者がこれらのスキルを保有していた。

そして第4章で考察した「NC直彫り加工導入」段階では、キャリア25年から30年の工長クラスのベテラン技能者と構想設計技術者の双方が「文脈スキル・管理統合スキル」を保有していた。さらに第5章において検討した、3次元ソリッドデータが導入された段階（本稿の事例では2007年）では、CAE解析技術者が射出成形技術などの知識をベースとして、知的推理スキル、文脈スキル・管理統合スキルを發揮していた。本稿の事例を検討する限り、技術革新の進展によって、技能者から技術者へ「文脈スキル・管理統合スキル」がシフトしている。この理由として、納期・コストダウン要請から、トライ、修正回数を減らすことが必須命題となり前工程での品質の作り込み、すなわち金型製作工程におけるフロントローディングが必要となったことがあげられる。

田口八郎（1994, pp. 76-77）は、文脈スキル・管理統合スキルの保持者が「職場の中に3割くらいいればいいと思っている」と記述している⁹²。倣い加工機導入後、約40年間、様々な技術革新により金型製作の分業が進み、職務経験を積む中で自然に「文脈スキル・

⁹²田口八郎（1994）で述べられている人材の条件として①プログラム、加工、仕上などの基本技能をしっかり身につけている、②実践技能は担当工程をすべてマスターし、必要な前後工程を経験している、③専門知識、関連知識を習得している。なお、基本技能を身につけるのに5年程度、実践技能を身につけるのに15年程度の時間をかけて育成するとしている。

管理統合スキル」を修得することが難しくなったため、より計画的に人材を育成する必要が出てくる。例えば本稿の第1章第2節で言及したトヨタ自動車の「専門技能修得制度（田口八郎，1997）」やマツダの「技能伝承道場（瀬川，1997）」のような体系だった人材育成である⁹³。

さらに、浅井（1996）において指摘しているように、中小企業では制約された予算の中でどのような、機械・設備、ソフトウェアに投資を行うかが非常に重要であり、全体を見渡して投資の意思決定をする意味でも、文脈スキル・管理統合スキルは重要といえる。

第6章からの知見は、中国における金型産業の成功のパターンの1つとして、1950年代末から技術革新に対応したスキルを修得し続けた日本的な「スキル蓄積型モデル」がある。他方、21世紀に入り急速に発展を続ける中国金型メーカーの検討から、最新鋭の設備は導入したものの機械やソフトウェアで補いきれない不足部分を日本人技術者が補う「嵌入式（隙間を埋める）」と筆者がよぶ新たなモデルが見られる。こうした方法をとることによって組織レベルで見た場合の「スキルの保有カテゴリ」を日本企業と同じレベルにすることが可能になった。両者は一見大きく異なるが、「環境条件に応じた技術革新の活用の極大化」という視点から分析すれば類似した方法といえるであろう。

第2節 先行研究との比較から見た本稿の意義

本節では、本稿で取り上げた主要な先行研究である田口直樹（2001）、Aoshima. et. al (2006)、素形材センター（2007）と本稿で得られた知見との比較から、本稿の意義について検討する。まず筆者の経営学分野における、先行研究を検討した限り、「倣い加工機導入」とスキルに関する研究は、これまで議論されておらず、この点を考察したことに本稿の意義がある。

次に、田口直樹（2001）では、日本の金型産業における競争優位の規定要因として、NC工作機械を中心とする情報技術の浸透と仕上工程での技能をあげている（p. 194）。ここでいうNC工作機械とは1970年代後半から1980年代を中心に検討したものである（p. 193）。この年代のNC技術は、NC倣い加工が中心であり、この技術は、「倣い型彫り機」の延長線上

⁹³ 「専門技能修得制度」は、技術革新の高度化によるスキルの空洞化、海外展開などに伴い、複合的スキルを有した人材育成の必要性の増大を背景として、個々人の成長に合わせ、専門知識、基本スキル、実践スキルを3本柱に体系的、計画的に修得させる1991年から開始された制度である。詳しくは、田口八郎（1997）を参照。またマツダにおいても技術革新による技能の空洞化や分業の弊害への対策として、「技能伝承道場」において基礎技能訓練を行うことにより応用力の育成や改善能力の向上を目指している。詳しくは、瀬川（1997）を参照。両者とも手工的スキルを主体とした技能者を一定比率意図的に育成することが必要と述べている。

の技術であるためスキルへの大きな影響はないと考えた⁹⁴。

実際、第3章の倣い型彫り機導入後と第4章のNC直彫り加工導入前では、実質的なスキルの変容は見られなかったとあってよい。この点を指摘したことと、むしろ「NC直彫り加工」がスキル変容に大きな影響をもたらしたことを示したところに本稿の意義があるといえる。

第3に Aoshima. et. al (2006) では、3次元CADの普及と製品開発プロセスの日中比較をしている。金型製作に関しては、議論の中心が内製金型部門であり、金型設計のスキルレス化が進んでいると指摘している。しかし、本稿の第5章で検討したように外注金型メーカーでは、金型設計スキルのスキルレス化は進んでおらず、新たに必要となるスキルが蓄積されていた。また第6章で筆者が指摘した中国メーカーの「嵌入型」のスキル保有についても言及されていない。したがって本稿の新たな貢献としては、同じ技術革新（工作機械やソフトウェアなど）の導入にもかかわらず、異なるスキル変容のパターンがあることを示したことがあげられる。

第4に、素形材センター（2007）では、3次元ソリッドCADの高活用企業群と低活用企業群との比較分析を行い、高活用企業群の「製品の品質向上」、「納期短縮」、「工程削減」の項目について有意差が出たことを指摘している。そして素形材産業（含む金型産業）においても3次元情報技術が、前工程の負担を増やし、後工程の作業量が減少する、いわゆる「フロントローディング」が確認でき、これが競争優位につながるとしている。スキルレスのみを指摘した Aoshima. et. al (2006) とは異なり、加工工程以降の後工程が担っていたスキルを前工程において新たな設計スキルを修得する必要があることを示しているが、具体的にどのようなスキルで対応しているかについては述べられていない。

以上の通り先行研究との比較から検討した結果、本稿の意義としては先行研究で捉えきれなかった歴史上の重要な技術革新とスキルの変容に関する事実を整理し、より詳細な形で示した点があげられる。

本稿のみで1950年代後半から現在に至る金型産業における技術革新とスキルの変容を包括的かつ体系的に示せたわけではないが、少なくとも先行研究を補完する事実について、事例研究を通じて明らかにし、より包括的な理解を進める上で、いくばくかの貢献を果たすことができたと考える。

⁹⁴ 田口八郎（1994, p. 74）においても、技術革新として、（汎用）倣い型彫りとNC倣い型彫りは同時代の技術として取り扱われている。

第3節 今後の課題

今後の課題としては、まず、技術革新とそれに対応したスキル形成によって、パフォーマンス指標となるQCDがどのように向上したかについての分析があげられる。関連の先行研究においても断片的ではあるがQCDの向上についての知見が得られている。「倣い型彫り機の導入」については、具体的な数値は示されていないが、トヨタ自動車(1987a, p. 336)によれば、倣い型彫り機導入によって、「型の精度を向上させただけでなく、型の製作時間を大幅に短縮することができた。」との記述がある。「NC直彫り加工導入」について、田口八郎(1994, p. 33)および加藤(1995, p. 70)の記述によれば、1993年のNC直彫り加工率は70%であり、同年の金型製作工数は、1988年を100とすると88まで減少している。そして3次元ソリッドデータの導入では、3次元ソリッドデータを活用したCAE解析によって構想設計の精度を高め、トライ・修正の回数を従来の4, 5回から1, 2回に減らすことができつつある(コストダウンと納期の短縮)。

技術革新に対応したスキルを修得することによって、QCDがどの程度向上したかについては断片的にしかわかっていないため、この点についてさらに研究を進める必要性は高い。

さらに、海外の金型メーカーの技術革新とスキルの関係について調査を行いたい。日本の金型産業が国際競争力を維持する上で今後どのような方向に進むべきかについての考察には、日本的なスキル蓄積モデルとのより詳細な比較検討が必要と考えられるためである。

<参考文献>

- 愛知県産業情報センター編 (1994) 『愛知県の金型産業』.
- 青島矢一 (1998) 「日本型製品開発プロセスとコンカレントエンジニアリングボーイング 777 開発プロセスとの比較」『一橋論叢』No. 120-5, pp. 111~135.
- 青島矢一・延岡健太郎 (2001) 「3次元 CAD 技術による製品開発プロセスの変革」『日本労働研究雑誌』第 498 号, pp. 1-11.
- Aoshima, Y., Y, Takeda, K, Nobeoka, S, Li (2006), “Diffusion of 3D-CAD and its impact on product development processes: A comparison between Japanese and Chinese companies”, *Yokohama Journal of Technology Management Studies*, vol. 5, pp. 25-41
- 青山英樹 (2003) 「金型用 CAD/CAM/CAE システムの動向」『機械と工具』, pp. 51-56, 工業調査会.
- 浅田保彦 (1997) 「金型製作工程におけるモデリングと CAM の位置づけ」『型技術』第 12 巻第 9 号, pp030-34.
- 浅井敬一郎 (1995) 「金型産業における企業競争力の源泉」『経済科学』, 第 43 巻 1 号, pp. 1-22.
- 浅井敬一郎 (1996) 「技術革新時代の技能形成—金型産業を中心に—」『商工金融』, 第 46 巻 10 号, pp. 20-37.
- 浅井敬一郎 (1997a) 「いま求められるマネジメントスキル再考—」『型技術』, 第 12 巻 4 号, pp. 62-66.
- 浅井敬一郎 (1997b) 「金型産業におけるスキルマネジメント」『塑性と加工(塑性加工学会)』, 第 38 巻 438 号, pp. 7-10.
- 浅井敬一郎 (1997c) 「技能創造に向けて—いま求められる技能とその育成—」『型技術』, 第 12 巻 12 号, pp. 18-22.
- 浅井敬一郎 (1998) 「技能集約産業における技術移転—海外拠点における技能伝承方法の確立—」『経済科学(名古屋大学)』, 第 45 巻 4 号, pp. 41-58.
- 浅井敬一郎 (2002) 「台湾プラスチック金型メーカーの環境変化への対応」『経営経済(大阪経済大学)』, 第 38 号, pp. 25-41.
- 浅井敬一郎 (2005a) 「イノベーションとスキル修得を目的とした人材育成のあり方」『型技術』, 第 20 巻 3 号, pp. 22-24.
- 浅井敬一郎 (2005b) 「工学技術の進展とスキルマネジメント—青島海爾模具有限公司(ハイアール金型専門会社)のケースを中心に—」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』, 創刊号, pp. 1-13.
- 浅井敬一郎 (2006a) 「グローバル化とスキルの捉え方」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』, 第 2 号, pp. 1-10.

- 浅井敬一郎 (2006b) 「『2007年問題』とスキル伝承」『型技術』, 第21巻6号, pp. 76-80.
- 浅井敬一郎 (2007) 「中国プラスチック金型メーカーにおける技術革新の導入とスキル」『日本経営学会誌』, 第20号, pp. 130-139.
- 浅井敬一郎 (2008a) 「日本における金型産業の特徴」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』, 第4号, pp. 1-12.
- 浅井敬一郎 (2008b) 「倣い型彫り機導入における金型製作とスキルの変容」『日本経営学会誌』, 第21号, pp. 80-90.
- 浅井敬一郎 (2008c) 「金型産業における技術革新とスキルの変容－3次元ソリッドデータの活用」『日本中小企業学会論集』, 第27号, pp. 86-99.
- 浅井敬一郎 (2009) 「金型産業における技術革新とスキル－先行研究の検討－」『愛知淑徳大学ビジネス学部紀要』, 第5号, pp. 1-15. (掲載決定, 校正中)
- 浅井敬一郎・竹内常善 (2004) 「中国型人事育成の新戦略」『中国型人材育成の新戦略』, 名古屋大学工業化叢書 I, pp. 106-124.
- 浅沼万里 (1990) 「日本におけるメーカーとサプライヤーとの関係－『関係特殊技能』の概念の抽出と定式化－」『経済論叢 (京都大学)』 第145巻1・2号, pp. 1-45.
- 浅沼万里 (1997) 『日本の企業組織革新適応のメカニズム－長期取引関係の構造と機能－』東洋経済新報社.
- Attewell, P. (1990) “What is skill? ”, *Work and Occupations*, Vol.17 No.4 Nov., pp. 422-448.
- Attewell, P. (1992) “Skill and occupational changes in U.S. manufacturing”, *Technology and the future of work*, Oxford University Press, pp. 46-88.
- 馬場敏幸 (2005年) 『アジアの裾野産業』白桃書房
- 馬場靖憲 (1998) 「知識ベース製品開発－3D-CADモデルと日本の可能性」『ビジネスレビュー』 第45巻3号, pp. 1-16.
- Braverman, H. (1974) *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*, New York, Monthly Review Press. 富沢賢治訳 (1978) 『労働と独占資本』岩波書店.
- 中部産業労働政策研究会 (1997) 「金型仕上げ, ミクロの感性」『産政研』1997年秋号, pp. 54-60.
- 中国模具工業組合編 (2005) 『中国模具工業年鑑2004』機械工業出版社.
- 中国模具工業組合編 (2008) 『中国模具工業年鑑2008』機械工業出版社.
- 張威宣他 (2005) 『郭台銘的鴻海帝國』天下雜誌股分有限公司.
- 中馬宏之 (2001) 「技術革新下における統合化技能の希少性: 日米プレスライン職場における事例から」『企業行動と労働市場』日本経済新聞社, pp. 77-99.
- 中馬宏之 (2006) 「イノベーションと熟練」『日本の企業システム』第4巻, 有斐閣, pp. 133-158.

- 中小企業研究センター（1979）『金型工業の構造分析』中小企業研究センター。
- 中小企業庁編（2007）『平成17年度中小企業の経営指標』，中小企業庁。
- 中小企業金融公庫調査部（1993）「下請分業構造の変化と今後の動向」『中小公庫レポート』
No. 93-2，中小企業金融公庫調査部。
- 中小企業金融公庫調査部（2004）「中国との関係を中心とした日本の金型産業の動向と方向性」『中小公庫レポート』，No. 2003-5，中小企業金融公庫調査部。
- 江頭寛昭（2000）「設備高度化とスキルの変化－金型製造業のケース」『産開研論集（大阪府立産業開発研究所）』第12号，pp. 13-20。
- Foley Paul and Watts Doug（1995），” Skills shortages and Training : a Forgotten Dimension in New Technology ”，*R&D Management* ，Vol. 24-3，pp. 279-289。
- 藤本隆宏（1997）「製品開発の産業間比較分析に関する温故知新的な試論－既存理論概念の適用可能性－」『ビジネスレビュー』第45巻2号，pp. 36-55。
- 藤本隆宏（1997）『生産システムの進化論』有斐閣。
- 藤本隆宏（1998）「自動車製品開発の新展開 フロントローディングによる能力構築競争」『ビジネスレビュー』第44巻1号，pp. 22-45。
- 藤本隆宏（2003）『能力構築競争』中公新書。
- 藤本隆宏（2006）「組織能力と製品アーキテクチャ」『日本の企業システム』第3巻，有斐閣，pp. 303-331。
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一（2001）『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣。
- 藤本隆宏・新宅純二郎（2005）『中国製造業のアーキテクチャ分析』，東洋経済新報社。
- 藤本隆宏他（2005）『リサーチマインド経営学研究法』有斐閣。
- 福井雅彦（1995）「直彫りか放電か」『型技術』第10巻第6号，pp. 18-22。
- Garud Raghu and Praveen R Nayyar（1994），” Transformation Capacity : Continual Structuring by Intertemporal Technology Transfer ” ，*Strategic Management Journal* ，Vol. 15，pp. 365-385。
- Htano Giyoo and Inagaki kayoko（1983），” Two Courses of Expertise ” Research and Clinical Center for Child Development ，Faculty of Education, Hokkaido University，pp. 27-36。
- 林 尚志（1999）「日本型人材育成システムの有効性と課題」『南山経済研究』第14巻1・2号，pp. 345-375。
- 林 尚志（2004）「日系メーカーアジア子会社における人材育成－『○型&□型』の融合に向けた取り組みをめぐって－」『南山経済研究』第19巻1号，pp. 1-34。
- 平沼 高（2004）「熟練労働者の熟練の形成と継承の問題点」『経営論集（明治大学）』第52巻1号，pp. 51-71。
- 広瀬洋吉（1993）「投資抑制の中での金型コストダウン 金型製作期間，1/2 への挑戦」『型

- 技術』第8巻13号, pp. 70-75, 日刊工業新聞社.
- 広瀬洋吉 (1995) 「CAD/CAMシステムによる金型製造の品質保証」『'95型技術者会議講演論文集』, 型技術協会, pp. 63-68.
- 広島大学大学院工学研究科・産学連携センター編 (2008) 『ものづくり技術・技能の伝承と海外展開』日刊工業新聞社.
- 池田正孝 (1991) 「日本における自動車開発支援型産業(1)ープレス金型産業ー」『経済学論纂(中央大学)』, 第32巻3号, pp. 127-147.
- 池田正孝 (1991a) 「自動車開発におけるサブシステムの新展開」『商工金融』, No. 92-2, pp. 3-24.
- 池田正孝 (1992b) 「自動車産業における開発ネットワークの新展開」『経済学論纂(中央大学)』第33巻1・2合併号, pp. 103-121.
- 池上恵蔵 (1977) 「機電法に基づく日本金型部品共同(株)の設立の思い出」『創立20年のあゆみ』, pp. 81, 日本金型工業会.
- 池上恵蔵 (1987) 「金型の技術動向」『創立30年のあゆみ』, pp. 199-205, 日本金型工業会.
- 生田久美子 (1987) 『「わざ」から知る』東京大学出版会.
- 稲葉清右衛門 (1982) 『ロボット時代を拓くー黄色い城からの挑戦ー』PHP.
- 稲葉清右衛門・研野和人 (1970) 『数値制御工作機械』大河出版.
- 井上 理 (2005) 「究極のデジタル車両開発」『日経ビジネス』2005年12月5日号, pp. 134-136.
- 井野登志雄・佐藤修 (1994) 「型製作技能の評価とレベルアップー海外金型部門の指導育成を通じてー」『型技術』, 第9巻12号, pp. 57-67.
- 井野登志雄・佐藤修 (1995) 「日本電装における金型の海外展開」『型技術』, 第10巻1号, pp. 53-57.
- 今岡日出紀 (1987) 「アジア諸国の熟練形成と日系企業の役割」『アジア経済』, 第28巻10号, pp. 67-87.
- 乾 正知 (2002) 「金型製造のスキルレス化実現のための一方策」『日本機械学会2002年度年次大会公園論文集5』, pp. 367-368.
- 石田光男, 藤村博之, 久本憲夫, 村松文人 (1997) 『日本のリーン生産方式ー自動車企業の事例ー』中央経済社.
- 泉輝孝 (1989) 「日系企業における技術移転とスキル形成」, 尾高煌之助編『アジアの熟練』アジア経済研究所, pp. 193-225.
- 価値総合研究所 (2006) 『最近の機械工業におけるデジタル化の実態調査研究』機械振興協会経済研究所.
- 型技術協会 (1991) 『図解 型技術用語辞典』日刊工業新聞社.
- 貝原紘一 (1987) 「NCフライスによる金型加工」『型技術』第2巻第5号, pp. 100-104.
- 神田敬一・阿部忠之 (1991) 「高品位型彫加工への取組み」『型技術』第6巻3号, pp. 45-50.

- 兼村智也 (2007a) 「東アジアにおける日経金型産業の国際分業の現状とその決定要因」『アジア経営研究』愛智出版.
- 兼村智也 (2007b) 「現地調査から見たタイの取引慣行」『素形材』素形材センター.
- 兼村智也 (2008a) 「中国における大規模金型メーカーの存立要因」『日本中小企業学会第28 年全国大会報告要旨』, p. 26.
- 兼村智也 (2008b) 「中国における大規模金型メーカーの存立要因」『日本中小企業学会第28 年全国大会報告原稿』.
- 型技術協会 (1991) 『図解 型技術用語辞典』日刊工業新聞社.
- 片山俊彦 (1965) 「倣いフライス加工による金型工作の要領」『プレス技術』第3 巻3 号, 日刊工業新聞社, pp. 43-48.
- 古岸道康・青山則二 (1993) 「独自システムとNC 加工で高精度な型作りを実現」『型技術』第8 巻4 号, pp. 123-129.
- 加藤 励 (1995) 「自動車用金型のCAD/CAM の現状と課題」『型技術者会議’95 講演論文集』, pp. 69-72.
- 久保田依秀・中川孝 (1995) 「プラスチック成形金型設計への3次元CAD の適用」『型技術』第10 巻10 号, 日刊工業新聞社, pp. 40-45
- 河野泰久 (1993) 「家電における商品の変遷とその工法」『型技術』第8 巻13 号, pp. 41-45.
- 河野泰久 (1995) 「海外での金型技術活動」『型技術』, 第10 巻1 号, pp. 69-74
- 経済産業省形材産業政策局調査統計部編『工業統計表・産業編 各年版』独立行政法人国立印刷局.
- 経済産業省形材産業政策局調査統計部編『工業統計表・品目編 各年版』独立行政法人国立印刷局.
- Kelly, M. (1990) “New process technology , job design and work organization : A contingency model”, *American Sociological Review*, Vol. 55, pp. 191-208.
- Kim, B, Clark. and Fujimoto, T. (1991) “PRODUCT DEVELOPMENT PERFORMANCE” , Harvard Business School Press. (田村明比古訳, 『製品開発力』, ダイヤモンド社, 1993 年)
- 国民金融公庫調査部編 (1989) 「金型製造業」『日本の中小機械工業』, pp. 255-300, 中小企業リサーチセンター.
- 機械振興協会編 (1983) 『日本の機械工業』機械振興協会.
- 岸本善男 (2002) 「続中国プラスチック金型事情」『機械と工具』4 月号別冊, pp20-25, 工業調査会.
- 小堀研一・春日久美子 (1994) 『CAD・CG 基本用語集』工業調査会.
- 小池和男 (2001) 「もの造り技能と競争力」『一橋ビジネスレビュー』第49 巻1 号, pp. 16-27, 東洋経済新報社.

- 小池和男 (2004) 「競争力を高める技能－金型仕上組立職場を例に」『経営志林 (法政大学)』第 40 卷 4 号, pp. 31-42.
- 小池和男 (2005) 『仕事の経済学 第 3 版』東洋経済新報社.
- 小池和男 (2006) 「もの造りの技能」『日本の企業システム』第 4 卷, 有斐閣, pp. 110-132.
- 小池和男・洞口治夫 (2006) 『経営学のフィールドリサーチ』日本経済新聞社.
- 国民金融公庫総合研究所 (1993) 「金型製造業」『調査季報』第 29 号, 国民金融公庫総合研究所.
- 神代和欣 (1999) 「熟練技能の構造と産業空洞化－金型磨き作業を中心として－」『日本労働研究雑誌』第 468 号, pp. 11-21.
- 久保田依秀・中川孝 (1995) 「プラスチック成形金型設計への 3 次元 CAD の適用」『型技術』第 10 卷 10 号, 日刊工業新聞社, pp. 40-45.
- マツダ技術技能の発掘ボランティアチーム (2000a) 『マツダ技術・技能史－自動車生産の歩み』マツダ.
- マツダ技術技能の発掘ボランティアチーム (2000b) 『マツダ技術・技能史－付録年表』マツダ.
- 松岡和彦・阿部忠之 (1992) 「金型微細形状加工システム」『型技術』第 7 卷 8 号, pp. 80-81.
- 松岡憲司 (1996) 「戦略的産業政策と中小企業－金型産業を中心に－」『経営経済』第 31 号, pp. 1-19.
- 三品和広 (1997) 「蓄積対組合わせ－日米経営比較の仮説－」『ビジネスレビュー』第 45 卷 2 号, pp. 75-83.
- 宮津製作所・三十年のあゆみ発行委員会 (1980) 『三十年のあゆみ』宮津製作所.
- 宮崎智彦 (2008) 『ガラパゴス化する日本の製造業－産業構造を破壊するアジア企業の脅威－』東洋経済新報社.
- 水野順子編著 (2003) 『アジアの自動車・部品, 金型, 工作機械産業－産業連関と国際競争力－』アジア経済研究所.
- 水野順子・佐々木啓輔 (2003) 『アジアの工作機械・金型産業の海外委託調査結果』アジア経済研究所.
- 森重功一 (2008) 「5 軸加工の現状と今後の動向」『型技術』第 23 卷 1 号, pp. 42-45.
- 村瀬眞澄他 (2007) 「ホンダ生産技術 (中国) 有限公司の現状と将来性－生産技術部門における金型の製作を中心として－」『大阪産業大学経営論集』第 8 卷 2 号, pp. 75-91.
- 牟田芳喜 (2001) 「金型の高速・高精度加工と CAM システム」『精密工学会誌』第 67 卷 3 号, 394-398.
- 村社 孝 (1998) 「中小資本財工業の国際化の過程と構造変化－(1)」『福山平成大学経営学部紀要』第 3 号.

- 村社 孝 (1999) 「中小資本財工業の国際化の過程と構造変化－(2)」『福山平成大学経営学部紀要』第4号.
- 武藤一夫 (1998年) 『CAD/CAM用語辞典』日刊工業新聞社.
- 武藤一夫・高松英次 (1995) 『金型設計・加工技術』日刊工業新聞社.
- 内藤勲・浅井敬一郎 (1999) 「スキル伝承と技術移転」『経営管理研究所紀要(愛知学院大学)』, 第6号, pp. 129-142.
- 中川威雄 (2003) 「中国製造業の驚異と脅威」『技術と経済』2003年8月号, pp. 26-43.
- 中川洋一郎 (1992) 「日本における自動車開発支援型産業(3)－アメリカ人研究者がみた日本のプレス金型－」『経済学論纂(中央大学)』第33巻3号, pp. 127-140.
- 中川洋一郎 (1998) 「自動車の大量生産における部品用金型の償却問題－日本・ヨーロッパ自動車産業の国際比較－」『経済学論纂(中央大学)』第38巻3・4合併号.
- 鳴島 弘 (1988) 「高速NC付きマシニングセンタによる高速・高精度加工」『型技術』第3巻第7号, pp. 62-63.
- 中山 力 (2007) 「3次元でいこう!」『日経ものづくり』635号, 日経BP社, pp. 50-65.
- 長尾克子 (2002) 『工作機械技術の変遷』日刊工業新聞社.
- 長尾克子 (2004) 『日本工作機械史論』日刊工業新聞社.
- 中島昌也 (1995) 『知識資産の再構築－製品設計とテクノロジートランスファー』日刊工業新聞社.
- 日本電装株式会社日本電装学園 (1984) 『学園三十年史』.
- 日本生産性本部 (1959) 『金型－中小企業金型専門視察団報告書－』日本生産性本部.
- 日刊工業新聞社 (2006) 「金型メーカーにおけるCAD/CAM/CAEの導入・活用状況」『型技術』第21巻11号, pp. 18-19.
- 日刊工業新聞社 (2007) 『事例に見る技術・技能伝承と人材育成－プレス/金型業界編－』.
- 日本金型工業会20年史編纂委員会 (1977) 『創立20年のあゆみ』日本金型工業会.
- 日本金型工業会30周年記念事業委員会 (1987) 『創立30年のあゆみ』日本金型工業会.
- 日本金型工業会 (2002) 『総合開発計画調査事業(中国金型産業の実態調査)』.
- 日経エレクトロニクス2006年7月31日号「鴻海は敵か味方か」pp. 87-116.
- 日経ベンチャー (2002) 「セミナー再録－井植 敏三洋電機会長兼CEO経営のスピードが評価されて中国の家電大手と包括提携を実現」『日経ベンチャー』2002年11月号, pp. 144~145.
- 日本機械学会編 (1972) 「数値制御工作機械用語」『日本機械学会誌』第75巻第648号, pp. 27-28
- 日本精密工学会編 (1984) 「いま『精密』とは」『精密工学会誌』第50巻1号, pp. 155-163.
- 日経産業新聞 (1993) 「CAD/CAM/CAE, より使いやすく, 実用化進んだ30年」6月23日付日経産業新聞, p. 19.

- 西野浩介 (1998) 『日本の金型産業をよむ』 工業調査会.
- 延岡健太郎 (1997) 「新生代 CAD による製品開発の革新」『国民経済雑誌(神戸大学)』Vol. 176, No. 6, pp. 63~76.
- 延岡健太郎 (2005) 「中国企業の情報家電における競争力—モジュラー型製品開発における組み合わせ能力の限界—」『国民経済雑誌』, 191 卷 4 号, pp. 35-49.
- 野村幸正 (1989) 『知の体得』 福村出版.
- 野中郁次郎・竹内弘高 (1996) 『知識創造企業』 東洋経済新報社.
- 沼上 幹 (2000) 『行為の経営学』 白桃書房.
- 貫井健 (1982) 『黄色いロボット—富士通ファナックの奇跡』 読売新聞社.
- 尾高煌之助 (1989) 『アジアの熟練』, アジア経済研究所.
- 尾高煌之助 (2001) 「デジタル化の史的文脈」『デジタル化の組織革新』, pp. 221-239, 有斐閣.
- 小川英次 (1993) 「生産システム革新のマネジメント」『油空圧』.
- 小川英次 (1995) 「技術革新時代に技能の意味を考える」『八事 (中京大学)』, 第 11 号, pp. 100-103.
- 小川英次 (1996) 『新起業マネジメント』 中央経済社.
- 荻原鉄工所 (1982) 『荻原鉄工所三十年史』 荻原鉄工所.
- オギハラ五十年史編集委員会 (2002) 『オギハラ五〇年史』 オギハラ.
- 大阪府立産業開発研究所 (1994) 『大阪の中小工業の基本構造—最近 10 年の歩みと当面する問題—その 3. 金型製造業』
- 大阪府立産業開発研究所 (1997) 『府下金型製造業における技能者』 大阪府立産業開発研究所.
- 大阪産業大学中小企業経営研究所 (1996) 「特集・金型産業研究」『経営経済 (大阪経済大学)』 第 31 号.
- 小関智弘 (1985) 『鉄を削る——町工場の技術——』 太郎次郎社.
- Penn, R. (1984) *Skilled Workers in the Class Structure*, Cambridge University Press.
- Penn, R., Scattergood, H. (1985) “De-skilling or Enskilling ? : An Empirical Investigation of Recent Theories of the Labor Process.” *British Journal of sociology*, vol36-4, pp. 611-630.
- Perrow, C. (1984) *Normal Accidents*, Basic Books.
- Polanyi, M. (1958), “Personal Knowledge : Towards a post-critical philosophy” , The University of Chicago Press. (長尾史郎訳 (1985) 『個人的知識—脱批判哲学をめざして—』, ハーベスト社.
- 労働研究機構編 (2003) 『高度機械技術 (金型・工作機械) の技術移転と国際分業に関する調査報告書』, 労働研究機構.

- ロバート K. イン (1996) 『ケース・スタディの方法』 千倉書房.
- 斉藤英司 (1994) 「日本の金型産業—プラスチック金型産業と家電産業との企業間関係の研究のために—」 『経営経済 (大阪経済大学)』 第 30 号, pp. 1-38.
- 斉藤英司 (1996) 金型産業の国際比較研究—日・韓・台, プラスチック金型メーカーの聞き取りを中心に— 『経営経済 (大阪経済大学)』 第 31 号, pp. 20-55.
- 斉藤英司, 浅井敬一朗他 (2003) 『アジアにおけるプラスチック金型産業の国際比較研究—日本, 韓国, 台湾におけるアンケート調査とその分析—』 金型技術振興財団.
- さくら総合研究所 (1992) 「モデルチェンジ周期の長期化と金型製造業界の対応」 『さくら総合研究所産業レポート』 No4.
- 産業技術記念館 (2002) 『産業技術記念館総合案内 第 3 版』 産業技術記念館.
- 佐々木圭吾 (1994) 「熟練と量産システムの研究」 『組織科学』, 第 28 巻 2 号, pp. 68-78.
- 佐々木圭吾 (1997) 「イノベーションと熟練」 『ビジネスレビュー (一橋大学)』 Vol. 45-1, pp. 180-187.
- 佐々木圭吾 (1998) 「組織と熟練の相克に関する考察」 『横浜市立大学論叢』 第 46 巻 2・3 合併号, pp. 287-312.
- 佐々木圭吾 (1999) 「CAD システムの設計の熟練—金型製造業におけるバグレポートの分析—」 『横浜市立大学紀要 (社会)』 第 2 号,
- 重本直利 (1996) 「金型産業における『デザイン・イン』と企業間関係—知的なものの価値と『もうひとつの二重構造』の考察—」 『経営経済』 第 31 号, pp. 56-69.
- シュンペーター (1997) 『経済発展の理論: 企業者利潤・資本・信用・利子・および景気の回転に関する一研究』 塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳, 岩波書店.
(Schumpeter, J. A. (1934) *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge: Harvard University Press.
- 瀬川正治 (1997) 「マツダツーリングセンターにおける技能教育と人材育成」 『型技術』 第 12 巻 12 号, pp. 57-65.
- 清コウ一郎 (1992) 「情報化・自動化の進展に対する技術・熟練構造の変化—中間報告」 『経済研究所年報 (関東学院大学)』 第 14 集, pp. 87-101.
- 蘇 慧文・吉原英樹 (2003) 「中国企業の市場主義管理・ハイアールの人事部」 (ディスカッションペーパー) 神戸大学経済経営研究所, J47 号, pp. 1~34.
- 篠崎吉太郎, 松原茂夫 (1991) 「金型概論」 『塑性と加工 (塑性加工学会)』 第 32 巻 361 号, pp. 157-162.
- 素形材センター (2004) 『素形材—特集「中国」—』 第 45 巻第 3 号, pp. 1~20.
- 素形材センター (2007) 『素形材産業の 3 次元 CAD を中心とする IT 化の現状と課題—ものづくりの国際競争における 3 次元 CAD の戦略活用—』 機械振興協会経済研究

所.

- 塑性加工学会 (1975) 『プレス加工便覧』 丸善.
- 孫健 (2003) 『ハイアールの戦略』 福田義人訳, かんき出版.
- Spenner, K. (1983) “Deciphering Prometheus : Temporal Change in the Skill Level of Work”, *American Sociological Review*, Vol. 48, pp. 824-837.
- Spenner, K. (1990) “Skill”, *Work and Occupations*, Vol. 17 No. 4 Nov., pp. 399-421.
- Takahashi, Y., ASAI, K. (2008) “Introduction of Microelectronics Technology and Its Impact on Skills : Comparative Analysis of Literature in Case of Japan” , Proceedings of 2008 Pacific Regional Conference on Human Resource Policy and Management. (CD-ROM, July 11-12, 2008. Garden Villa, Kaohsiung, Taiwan).
- 田口八郎 (1994) 「これからの型技能者」『型技術』第 9 卷 12 号, pp. 73-77.
- 田口八郎 (1997) 「トヨタ自動車における型技能者教育」『型技術』第 12 卷 12 号, pp. 43-47.
- 田口直樹 (2001) 『日本の金型産業の独立性の基盤』 金沢大学経済学部研究叢書.
- 田口直樹 (2007) 「中国市場における日系サプライヤーの技術競争力に関する一考察—蘇州開発区における金型・成形部品メーカーの事例から」『経営研究 (大阪市立大学)』第 57 卷第 4 号, pp. 15-35.
- 高木 豊 (1980) 「金型加工機械の進歩—倣いフライス盤とマシニングセンタについて」『金属』第 50 卷第 2 号, pp. 1-5.
- 竹田陽子 (2000) 『プロダクト・リアライゼーション戦略—3次元情報技術が製品開発組織に与える影響—』 白桃書房.
- 竹田陽子・青島矢一・延岡健太郎 (2005) 「3次元 CAD の普及と製品開発プロセスに及ぼす影響」『技術マネジメント研究 (横浜国立大学)』, pp. 1-12.
- 高松英次 (1982) 『金型製作の基礎知識』 技術評論社.
- 武石 彰 (2001) 「イノベーションマネジメントとは」『イノベーションマネジメント入門』, pp. 1-23, 日本経済新聞社.
- 武石 彰 (2003) 『分業と競争—競争優位のアウトソーシングマネジメント』 有斐閣.
- Takeuchi, J. (1999) *The Role of Labour Intensive Sectors in Japanese Industrialization*, United Nations University Press.
- トヨタ自動車工業社史編集委員会 (1958) 『トヨタ自動車 20 年史』 トヨタ自動車工業.
- トヨタ自動車工業社史編集委員会 (1967) 『トヨタ自動車 30 年史』 トヨタ自動車工業.
- トヨタ自動車 (1987a) 『創造限りなく—トヨタ自動車 50 年史—』 トヨタ自動車.
- トヨタ自動車 (1987b) 『創造限りなく—トヨタ自動車 50 年史・資料編—』 トヨタ自動車.
- トヨタ自動車貞宝工場 (1996) 『貞宝 10 年のあゆみ』 トヨタ自動車貞宝工場.
- 通商産業省重工業局 (1960a) 『日本の機械工業—その成長と構造— I 総論』 機械工業振

興協会.

通商産業省重工業局 (1960b) 『日本の機械工業—その成長と構造—Ⅱ 各論』機械工業振興協会.

通商産業省重工業局 (1966) 『金型製造業実態調査報告書』通商産業省.

鵜飼信一 (1992) 「中小機械工業の技術変化」『調査季報』第 23 号, 国民金融公庫総合研究所, pp. 1-43.

馬見塚達雄 (1998) 「平成の名匠, 最先端の技術者・研究者たち (202)」日本工業新聞.

宇都宮譲 (2003) 「近年の熟練論における研究の動向」『経済学研究』第 53 巻 2 号, pp. 59-70.

王曙光 (2002) 『海爾集団』東洋経済新報社.

八幡成美 (1989) 「タイにおける現地自動車部品メーカーの人材育成問題」, 前掲『アジアの熟練』, pp. -227-271.

山田剛良 (1994) 「金型製作の工程を変えるMC技術」『日経メカニカル』1-24, pp. 38-46.

山田眞次郎 (2003) 『インクス流—脅威のプロセステクノロジーのすべて—』ダイヤモンド社.

山下光明・近藤英哉 (1993) 「金型設計・製作における自動化技術」『精密工学会誌』第 59 巻 7 号, pp. 17-19.

山下充 (1995) 「熟練概念の再検討—熟練論に必要な社会学的視点とは何か—」『日本労働社会学会年報』第 6 号, pp. 113-133.

山下充 (2002) 『工作機械産業の職場史 1889-1945—「職人わざ」に挑んだ技術者たち—』早稲田大学出版部.

米倉誠一郎 (1993) 「政府と企業のダイナミクス: 産業政策のソフトな側面—機械工業振興臨時措置法の金型工業に与えた影響から—」『一橋大学研究年報 商学研究』第 33 号, pp. 249-292.

吉田弘美 (2007) 『トコトンやさしい金型の本』日刊工業新聞社.

Zuboff, S. (1988) *In the Age of the Smart Machine: The Future of Work and Power*, Basic Books.