

中央大学経済研究所年報 第42号 抜刷

(2011年9月30日 発行)

金型づくりにおける情報化技術の発展と
日本の金型メーカー

——新興諸国メーカーの急激なキャッチアップと日本の逡巡——

中 川 洋 一 郎

分業構造研究会

金型づくりにおける情報化技術の発展と 日本の金型メーカー

——新興諸国メーカーの急激なキャッチアップと日本の逡巡——

中 川 洋 一 郎

かつては日本のお家芸とまで言われた金型産業が非常に大きな転換点に立たされている。自動車や電機などの耐久消費財の最終組立メーカーが海外に生産拠点を展開してきたうえに、近年では開発拠点までも海外へ移転する動きがあるからである。金型は、ユーザー企業の企業活動と密接な関連があるために、ユーザーの開発拠点の海外展開は、ユーザーとともに海外展開するべきか、あるいは、新しい情報化展開に活路を見いだすべきかという点で、日本の金型企業にとって大きな試練を与えている。一方、韓国、台湾、中国など、新興諸国における金型生産の発展も著しい。これら新興諸国の金型メーカーは技能に依存することなく、数値化された技術が体現されたソフトと工作機械を大規模に導入するという、情報化技術を駆使して、日本との距離を一挙に縮めた。日本の金型企業にとって、技能を数値化すればするほど、虎の子の技能が技術として海外移転されていくという、きわめて悩ましい事態に陥っているのである。

はじめに

日本の金型産業が厳しい苦境に陥っている。かつて金型は日本のお家芸とも言われた。しかし、近年、新興諸国の金型メーカーが、技術力を急速に向上させて、日本の金型メーカーを尻目に、市場シェアを大きく獲得しているからである。特に韓国が金融危機に陥り、IMFによる金融的管理を受け入れて、大きく構造転換してから、金型産業の変貌が著しく、日本の金型メーカーにとって、強力な競争相手として登場してきた。

1998年以降、現在までの日本の金型製造業を取り巻く状況は、エンドユーザーによる金型の海外調達の変化する拡大によって特徴づけられる。97年以前から続いている国内需要の一層の縮小と、生産拡大の支えであった輸出の減少による、受注単価の下落と生産の減少によって、日本の金型産業は出口の見えないトンネルに入っているようである。そして、エンドユ

ユーザーの海外生産シフトが、金型の海外調達へと波及・拡大した最も大きな要因は、急速に技術力を向上させた韓国、台湾の金型製造業の台頭に求められる。

1. ユーザーの海外移転と新興諸国における消費財産業の発展

市場シェア変動の背景には、まず、日本のユーザー（電機機器、自動車などの最終製品メーカー）の生産拠点の海外移転および新興諸国の耐久消費財生産メーカーの台頭が挙げられる。最終組み立ての拠点が地理的にシフトし、成長する機械工業の集積が海外に出現しているとき、その消費財生産地に、典型的な資本財産業である金型づくりが移転していくのは、自然なことであろう。製品開発やメンテの際に、ユーザーと金型メーカーが近接している方が、望ましいからである。金型づくりの海外移転には、現地ローカルメーカーの台頭と、日系金型メーカーの現地移転という2つの側面から検討できよう。

川上部門である金型産業の海外進出は、ユーザーである組立加工メーカーの海外展開から始まったのであり、日本の金型産業は、90年代に入ってから多国籍化の動きを見せ始めた。このことは、日本企業の多国籍化がさらに深く浸透したことを示しているが、一方では、中小企業が多い金型産業の国際展開は、生産技術のデジタル化やユーザーの多国籍化により、従来の日本企業とは異なった特徴を見せている。熟練型産業は、顧客である国内組立加工メーカーの多国籍化・現地化に伴い、国際的な競争を強いられるようになったのだが、金型産業の国際化は、技能・熟練移転の難しさと、何よりも金型産業には零細企業が多いという点で、難しさを抱えているのである¹⁾。

この点、日本の金型メーカーにおける海外志向の弱さ・営業力の弱さを指摘することができる。韓国・台湾メーカーは外国顧客志向が強いのに対して、日本の金型メーカーは国内顧客への志向が強いのである。まず第一に、日本の専門金型メーカーには依然として取引先が3社以下という取引先集中度の高い（従って、特定顧客と閉鎖的な取引を続けている）企業が3割弱存在する。他方では、11社以上の取引先という企業群も26%存在する。取引先分散という意味では、二極分解しつつあるとも、あるいは目下取引先多様化へ向けて変化しつつあるとも理解できる。しかし、その増加した場合の取引先にも国外ユーザーは相対的に見て非常に少ないのであり、韓国・台湾の金型メーカーの取引先と比べて、際立っている。日本のメーカーは基本的に国内市場で新たな取引先を見いだそうとしているようであるが、これは、国内における取引先競争戦に巻き込まれることを意味する。

次いで、第二に、韓国企業は3社以下の取引先という企業群は日本よりも比率は低い。し

1) 行本勢基 (2003) 「熟練型産業における技能の国際移転—中部圏金型産業の事例から—」『国際開発研究フォーラム』24, 名古屋大学大学院国際開発研究科, 292ページ。

かし、取引先分散がまだまだ不十分と見られる4~6社を取引先とする企業群が全体の約60%を占める。他方、11社以上の取引先をもつ企業群は7.1%と低い比率に止まっている。韓国では全体として取引先分散が進み出したところ、または分散への過渡期にあるとも思われる。そのことを示しているのが、国外ユーザーを取引先とする企業群が回答企業42社中20社で、全体の48%を占めるという多さである。斎藤栄司らの1994~95年頃の聞き取り調査は相対的に大手の企業群を対象としていたが、国外ユーザーとの取引を試み始めていると答える企業が多かった²⁾。

営業能力および情報収集能力が育っていないのが、日本の金型産業の弱点であると、斎藤栄司によって指摘されている。すなわち、金型生産と取引において、日本的企業間関係は効率的ではあるが、その一方で、いくつかの問題がつきまとっている。その最大の問題点のひとつが、少数の特定ユーザーとの閉鎖的継続的取引関係の中で、そのユーザーの専属的外部事業所ともいべき性格が強まり、金型メーカーの独立性が失われてしまうことが多いことである。その結果、営業能力および情報収集能力が育たず、当該ユーザーが発注量を減らすと小・零細規模であるために簡単に経営がゆきづまることになってしまう³⁾。

2. 金型づくりにおける情報化技術の発展

2-1 技術による技能の代替

金型の市場シェア変動の第二の根拠は、近年急速に向上した情報化技術である。近年の日本の金型メーカーの苦境の一因には、新興諸国（韓国、台湾、中国など）の金型メーカーの技能力向上が著しいことがある。その技能力向上を支えたのが情報化技術である。情報化技術の神髄は、技能が数値に置き換えられて、ソフトウェアや工作機械に機能として織り込まれるところにある。コンピュータ化された機械は、ある程度の基礎的訓練を受けた作業によって、容易く数値に置き換えられた技能を実現してしまう。長年、日本の金型産業において培われてきた技能が、情報化技術の発展によって、数値に置き換えられて、易々と新興諸国の金型メーカーに移転していったのである。

海外シフトの背景には、ハード（機械）・ソフト（設計）の技術革新により、日本の強みであった技能部分が技術に置換されてきたことが大きい。その中で、日系金型メーカーの中には、円形など複雑な形状部分の成形において収縮を加味した金型設計などでの熟練による

2) 斎藤栄司 (2002b) 「アジア金型産業の国際比較研究—日本、韓国、台湾、プラスチック金型専門メーカーのアンケート調査に基づく分析—」『経営経済』38, 103-148, 大阪経済大学中小企業・経営研究所, 113ページ。

3) 斎藤栄司 (1998) 「金型産業研究試論—その技術的特質、小規模経営および長期継続的取引の理論的考察—」『中小企業季報』1997-4, 1-11, 大阪経済大学中小企業・経営研究所, 8ページ。

ノウハウ、提案力が強みとして打ち出されている。こうした強みを支える設計部門と製造現場の統合を強化するために、主としてCAD/CAMを担当する若年層と現場で20年以上の経験を持つ熟練者との交流研修が重視されている⁴⁾。

ここで問題となるのは、日本の技能の強みとは、単に技術に代替されてしまうような技能だけであったのかという点である。必ずしもそうではないはずである。本来は、技術に代替されないような技能こそ日本の強みであったのではないかとと思われる。

2-2 新興諸国金型産業における情報化技術の発展

新興諸国の中でも、特に韓国の金型産業の成長ぶりが顕著である。韓国金型メーカーの発展については、いくつかの事情がある。まず、徹底した情報化である。

1995年が韓国金型産業において大きな転換期となった。その年に、同国金型メーカーのかなりの部分が、徹底した情報化を進めたのである。海外情報をインターネットで収集し、設計については3次元CADを、加工については高速NC工作機械を稼働させるという生産体制への切り替えを図った。日本的な技能依存の方法ではいつまでも先行する日本メーカーの後塵を拝し続けるという判断もあった。徹底した機械化・自動化で精度の引き上げ・納期短縮を狙ったのであり、それまでの技術と技能の蓄積に基づいて、大胆な情報化投資を実施した。結果から見れば、その高額投資は成功した。特に、すでに成熟段階の電気・電子製品用のプラスチック型分野では標準化が進み、既存のデータを活用して受注から設計・加工までを3次元データで統一して(CIM構築)、24時間交替労働で一気に納期を短縮する企業も登場してきた。それを支えるエンジニアリング、工作機械など周辺産業の韓国企業のレベルアップも進んだ。その結果として、標準化されたタイプのプラスチック型では、要求される品質レベルへの対応や、納期、価格の面で台湾や日本の企業に追い付くメーカーも登場してきた。2000年には、利益の少ない日本のユーザーとの取引を縮小させ、社員の英語教育を進めて欧米メーカーとの取引開拓に向かう上位企業が出てきていた。この点、台湾との共通性があると言える。最近では、上位メーカーではなくむしろ中堅メーカーが日本メーカーと技術提携し、その下請け加工をするなどの形で日本向け輸出を増大させているようである⁵⁾。

韓国金型メーカーにおける情報化の特徴は、2次元を飛び越えて、一挙に3次元化したことにある。韓国では、製品、設計データの3次元対応が進んでいる。例えば、江頭が報告する事例で、A社では製品図面は基本的に3次元のCADデータで受け取り、その後の金型製

4) 平井昌夫(2004)「金型産業の現状と今後の方向—問われる国際競争力と企業の対応—」『信金中央金庫』3(1), 53-70, 信金中央金庫, 69ページ。

5) 斎藤栄司(2002a)「アジアにおける金型供給機構と日本の金型産業—中国, 台湾, 韓国, 日本の金型産業の現状比較から—」『調査季報』62, 1-25, 国民生活金融公庫総合研究所, 16ページ。

作も3次元データを使って行なっている。B社でも金型設計以降の工程は3次元のCADおよびCAMデータをもとに行っている。韓国の金型製造業が産業として本格的に立ち上がったのは80年代に入ってからで、90年代に入って設立された企業が多くを占めている。こうした企業も含め、日本の金型メーカーが80年代に2次元のCADを導入したのに対して、CAD/CAMの本格的な導入が遅れた韓国では、2次元を経ることなく直接3次元のCAD/CAMを導入する企業が多い。以上の2点に加え、韓国における金型産業の成長の源泉の背景として、新鋭の工作機械などへの積極的な設備投資と取引への電子メールの早期の導入など新しい技術への迅速で柔軟な対応を見ることができる⁶⁾。

2-3 3次元データによる職人技能の排除

さらに、同じく江頭によって、韓国・台湾では、3次元CADデータへの対応が進んでいる様子が報告されている。ヒアリングを行なった企業の設備保有状況を示した表によると、韓国では10人未満の小企業においても3次元CADを導入している企業が多く、韓国、台湾ともに中堅以上のプラスチック金型製造業においては、3次元CADが広く普及している。そして、CADを利用した金型設計ばかりでなく、金型の受注に際して発注者からの製品データも、インターネットを活用して3次元のCADデータが送られることが一般に行なわれている。しかも、ここでの3次元CADデータの多くは、3次元ソリッドモデルおよび3次元サーフェスモデルとよばれるもので、2次元CADによる作図が平面上の紙図面を画面上に表現したものに近いのに対して、求める物の立体図形を、特にソリッドモデルでは、内部構造も含めて画面上に表現するものである。必要な形状を画面上で確認できるだけでなく、必要な形状データの作成を画面上での作図によってそのまま行なうことができる。従って、2次元データでは、発注者から提供される製品形状に関するデータのみでは、その製品を再現するにはデータを読み取る側の勘と経験を必要とする場合が多いのに対して、完成度の高いソリッドデータやサーフェスデータでは、必要な製品形状に関するデータをすべて抽出することが可能である。少なくとも、3次元データの活用は、金型設計者が製品データを読み取るうえで、職人の勘と経験に依存する余地をなくすとともに、設計された形状を機械加工で忠実に金型に反映させるうえでも大きな力を発揮している⁷⁾。

韓国金型メーカーにおける3次元データの活用のメリットは、金型づくりから「勘と経験」を排除するところにある。CAD/CAMにおける3次元データの普及によって、江頭の

6) 江頭寛明(2001a)「金型作りからみた韓国, 台湾, そして, 日本—プラスチック金型製造業のケース—」『産業能率』9, 13-18, (財)大阪能率協会, 17ページ。

7) 江頭寛明(2001b)「韓国, 台湾におけるプラスチック金型産業の現況」『産開研論集』14, 1-12, 大阪府立産業開発研究所, 7ページ。

挙げるB社では、受注の際の製品データは基本的に3次元のデータで受け取り、2次元データで受け取る場合でもわざわざ3次元データに変換しなおしてから金型設計にとりかかっている。また、A社、B社ともに金型製造においてCIMを導入しており、受注から金型設計、金型加工にいたるデータの流れを統合し、コンピュータを利用して集中管理している。データの統合管理においては金型製造に関するノウハウを客観化し標準化することが重要となり、B社の事例に見られるように、作業現場における作業員による勘と経験を極力排除する必要から、3次元データへの対応は特に重要なものとなっている⁸⁾。

3. 日本メーカーにおける情報化技術採用の逡巡

日本金型メーカーが世界の金型生産におけるシェアを縮小させた第三の原因は、金型メーカーそのものが情報化技術採用の面で逡巡してきたからである。日本の金型メーカーは、熟練の結実である技能を基礎に、丁寧な仕事ぶりで評価を勝ち得てきたが、海外ユーザーによる発注に応じることができなくなってきた。上記の情報化技術による後発国の金型メーカーによるキャッチアップとも関係するが、海外ユーザーにおける開発・設計段階での情報化技術の進展は、3次元CAD・CAMによる作業を大幅に拡充させており、図面もいわゆるソリッドと呼ばれる3次元で発注されている。

3-1 日本のユーザーにおける3D情報化の遅れ

なぜ、日本の金型メーカーは、情報化推進において、韓国、台湾などの新興諸国の金型メーカーに後れを取ったのであろうか。その点、日本のユーザー（金型の購入会社である家電や自動車などのメーカー）の責任が大きいと指摘されている。

第一に、日本の金型ユーザーに比べて、欧米のユーザーの方が、製品データの作成における3次元CADの利用が進んでおり、こうした欧米メーカーとの取引経験も、韓国の金型メーカーが3次元CAD導入を進めた要因になっていると考えられる。江頭が行った大阪のプラスチック用金型メーカーへのヒアリング（2001年10月2日）でも、3次元CADを導入し、発注企業からの製品データも3次元CADデータの割合が増えているものの、金型の構造や加工形状のチェックなど金型製作の要所では2次元CADで対応の方が容易で、3次元CAD活用の必要性は認識しつつも、思うように活用できない、とのことであった⁹⁾。

韓国メーカーによっても、「日本メーカーは3次元に大きく遅れている」と指摘されている。江頭が報告するところによると、A社は、金型の製造工程を徹底して標準化することに

8) 同上、4ページ。

9) 同上、12ページ。

よるCIM構築を進めており、金型製造の流れは、部品図から型図面を起し、組み立て図面から各種データの抽出まで、すべて3次元CADデータをもとに進められている。同社によれば、2次元データでは職人の勘と経験、判断の要素が残るため、3次元のデータにするのに手間がかかる。この点、日本のユーザーは3次元での対応に遅れており、今後日本企業からの2次元データによる受注には、3次元データへの変換にかかるコストを受注価格に上乗せして請求する予定、とのことであった。また、同社は今後、アメリカからの受注を全体の6割まで引き上げる予定である。欧米との取引拡大のためには、人材の意識改革が必要で、入社後6カ月間に英語の集中教育を実施、幹部コースの人材にも、週1回の英語教育を行うことで、社内で使用する言葉を英語ベースに切り替える取組みを進めている¹⁰⁾。

3-2 日本のユーザーによる設計変更の多さ

第二に、発注後の設計変更による対応の問題である。日本のユーザー、特に家電メーカーは、台湾やシンガポール、また韓国の金型メーカーも指摘するところだが、金型発注後の設計変更が欧米ユーザーに比べて格段に多い。これに即応できるのは技能による対応である。コンピュータをプログラミングし直して小刻みな設計変更に対応するのは時間がかかり過ぎる。日本の家電製品の競争力はこうして日本の金型メーカーの技能に依存するところが大きく、トータル品質の高さからの利益の大半はユーザー側が手にしてきたのではないだろうか。そのことが大手ユーザー自身の3次元CADの導入・活用の遅れをもたらしたのではないだろうか。家電製品以外の分野でも同様のことが、程度の違いはあれ指摘できるであろう¹¹⁾。

金型発注後の設計変更が欧米ユーザーに比べて、日本のユーザーは格段に多いとしたら、それは、図面がまだ確定しないうちに発注を急ぐという体質に依っている。いずれにしろ、日本の金型メーカーからすると、過度の設計変更に対して、3次元CADの導入・活用によって対処するよりも、技能の水準を高めて、応急的な対応によって凌ごうとするし、数年前まではそのアナログ的な対応で凌いだのである。情報化導入の遅れの一端はユーザー側にもあろう。

なぜ、日本では情報化技術採用に後れを取ったのであろうか。

日本がCAD・CAM導入に遅れたのは、資金が欠乏していたこと、ソフトウェアが高価であったこと、そして、上記にも指摘したユーザー側の情報化の遅れを理由として挙げられる

10) 江頭寛明(2001a)「金型作りからみた韓国、台湾、そして、日本—プラスチック金型製造業のケース—」『産業能率』9, 13-18, (財)大阪能率協会, 16ページ。

11) 斎藤栄司(2001)「日本における基盤産業の行方—岐路に立つ金型産業と産業政策との乖離—」『中小企業季報』4, 1-10, 大阪経済大学中小企業・経営研究所, 8ページ。

だろう。まず、日本の金型製造業における CAD の導入状況は、現状では 2 次元から 3 次元への移行期であり、着実に進んでいるとはいえ、韓国、台湾に比べると 3 次元 CAD の導入に遅れが見られる。その要因として、第一に、90 年代後半以降の金型価格の低下と金型需要のアジアシフトという、日本の金型産業が置かれた厳しい状況の中で、金型メーカーの設備投資余力が小さくなったこと、第二に、韓国、台湾に比べて日本での 3 次元 CAD ソフトの価格が大幅に高かったこと、第三に、欧米のエンドユーザーに比べ、金型の発注側自身の 3 次元 CAD への対応が遅れたこと、の 3 点を指摘することができる。3 次元ソフトが日本では大幅に高価であったという指摘は、注目すべきであろう。もしそれが事実であるのなら、不正な使用が行われていたということであろうか。

しかし、上記の理由だけでなく、日本の製造業における最大の利点に関わる問題がある。「いい製品を作ってお客様に喜ばれよう」という、心根そのものである。同じく江頭によると、3 次元 CAD 導入の進展度合いとも関連することであるが、韓国、台湾と日本のプラスチック金型製造業の間に、金型製造に関する姿勢の違いが認められる。つまり、韓国、台湾においては、金型製造のコンピュータを活用したシステム化や企業内外の分業体制によって、金型に求められる精度と納期をいかに効率的に実現するかに金型づくりの重点がおかれている。これに対して、日本の金型製造業においては、企業内に蓄積された金型に対するあらゆる技術、ノウハウを駆使して、最終的に求められる成形品の精度を実現させるための完成度の高い金型づくりが重視されている¹²⁾。

ここで江頭が述べている「最終製品が大事」という、日本メーカーの伝統的な姿勢が裏目に出ているという指摘は、非常に興味深い。韓国・台湾メーカーは「言われたとおりに作る」という姿勢なのであり、それは、ヨーロッパ・アメリカの金型メーカーも大同小異で、ほぼ同じ姿勢であろう。そのような姿勢は、むしろ、欧米メーカーには合っているのではないだろうか。

3-3 日本における属人的技能の重視

その理由の第一に、日本における属人的技能重視が情報化技術採用の遅れを招いたことが挙げられる。

韓国では、加工にいたる 3 次元データの流れを統合管理し、最新鋭の CNC 工作機械を導入することによって CIM を構築、高精度で効率的な金型製造システムを確立する企業が見られる。こうした金型メーカーでは、経験や勘といった要素をできるだけ排除し、企業内に

12) 江頭寛明 (2001b) 「韓国、台湾におけるプラスチック金型産業の現況」『産開研論集』14, 1-12, 大阪府立産業開発研究所, 10 ページ。

蓄積された金型製造技術・ノウハウを客観化、標準化することによってコンピュータを使った統合管理に適合させ、新鋭の工作機械を駆使することによって、属人的な要素を補おうとしている。3 次元 CAD の導入は、金型の設計と最新の工作機械の効率的な稼働を確保し、高精度の金型製造を実現するための主要な要素となっている。この点、金型ユーザーとの長期継続的な取引関係の中で、金型ユーザーのニーズを満たし、高度の成形性を実現する金型づくりに関する技術・ノウハウとそれに基づく取引先への提案を重視してきた日本の金型製造業が、属人的な経験と勘に基づく技術・ノウハウを発揮する余地の少ない 3 次元 CAD の導入で、韓国、台湾に遅れた要因の一端をここに見ることができる。

新興諸国の金型メーカーの姿勢は、「要はお客を獲得することであるから、技術とノウハウは、日本から獲得すればいい。自分からは積極的に技術開発しなくてもいい。新しい技術開発には関心がない」というように要約できよう¹³⁾。ひところ、お客の要望を先回りして型にその要望を織り込むのが、日本の金型産業の強みだ、すなわち、金型は「真心産業」だと形容された面影は、韓国金型メーカーの前では、影も形も消えている。

韓国は国内市場が、日本に比べて狭隘である。従って、韓国金型メーカーは、自国向けだけでは経営が成り立たない。韓国金型メーカーも、当初から、国際市場向けの経営を採用してきた。また、国際市場で適応できないようなメーカーは生き残れなかった。顧客も積極的に欧米ユーザーに狙いを定めて、営業をかけてきた。取引関係はドライな欧米型であるが、欧米の金型メーカーで積極的に営業をかける企業は存在しない。韓国金型メーカーは、取引関係は欧米企業だが、営業をかけるという点で日本型というように、ユニークな企業形態を取って国際市場に参入したことになる。

4. 金型産業における情報化

4-1 日本メーカーにおける情報化

日本メーカーの情報化の進展具合を検討しよう。

例えば、インクスは、携帯電話の金型を 1998 年に製作したときは 6 日間かかっていたが、2002 年の時点では 45 時間にまで短縮していた。3 次元データを活用して、金型製作工程の短縮化を図っていた。3 次元 CAD は大きな役割を果たした。6 日間の金型製作工程において、3 次元データの一元管理をもとにした徹底した工程分析から工程の因果関係を明確にすることにより、滞留工程削減と工程のサイマル化を達成した。それを踏まえて、時間の金型製作工程においては、さまざまな工程における熟練労働者の技能をシステムに落とし込み、人の

13) 江頭寛明 (2001b) 「韓国、台湾におけるプラスチック金型産業の現況」『産開研論集』14, 1-12, 大阪府立産業開発研究所, 6 ページ。

判断が必要な作業を削減した。それにより工程変革を達成した¹⁴⁾。日産とインクスにおける3次元CAD導入の威力が語られており、滞留工程削減と工程のサイマル化が実現することで劇的な工程短縮が実現した。

インクス流のイノベーションの要諦は、1工程・1デシジョンという言葉に集約される。野中郁次郎によると、インクスによる急激な工程短縮の秘訣は「暗黙知の形式知化」にあるという¹⁵⁾。インクスは先行するプロジェクトで得たノウハウを「プロセス・テクノロジー」と呼んで体系化すると、国内メーカーを対象に設計製造工程短縮のコンサルティング事業に着手した。コンサルティング事業は今では収益の大きな柱になっている。コンサルタントはクライアント企業に出向き、職人技を持った技能者や技術者から聞き取りを行い、「1プロセス・1デシジョン」の単位で工程を分析して、自動化、マニュアル化、人間の判断に振り分ける。そして、それぞれのインプットとアウトプットの因果関係をもとに新工程を構築し、ネットワークに組み入れる。インクス社長の山田眞次郎によれば、「全工程のうちおおむね40%は完全自動化し、50%はマニュアル化して選択肢を与え、熟練の判断が必要なのは10%程度で、コンサルティングを行った62社で工程が半分以下に短縮された」という。インクス流のプロセス・テクノロジーが多く企業にとり入れられれば、日本のものづくりの生産性は飛躍的に高まる。ただ、どんなに精緻に分析しても、「IT化できないものは残る」と山田は言っている。

IT産業ではアメリカの後塵を拝しているが、日本はITと製造業を融合させた自動化によって生産性を高めると同時に、優れた知的資本を新たな知の創造へと集中させていく。日本の持続的競争優位のひとつの未来像がここにある。このケースのもうひとつのイノベーションは、工程の分析において「1プロセス・1デシジョン」というコンセプトを生み出したことである。アメリカで生まれたベルトコンベアによる大量生産方式は、科学的管理法による作業の標準化と分業制に基づいているが、科学的管理法では「行動」を分析単位としていた。これに対し、「判断」を単位とするインクス流はおそらく世界でも前例を見ないはずである。工程の分析はデジタル化を追求するが、その過程で暗黙知が生成されるのは、多分に暗黙知の世界に属するアナログ的な「判断」を分析単位とするためである。

インクスの納期短縮が実現したのは、データ一元化とCADの金型用のデジタル化にある。マニュアル化やITの利用が可能になった最大の理由は、設計から金型工程までをデジタルデータのままでシームレスにつなぐことが可能になったためである。多くの大手企業の設計

14) 藤川 健 (2005) 「3次元CADと金型産業—プラスチック用金型製造企業を中心に—」『商学論集』40(1), 88-117, 同志社大学大学院商学研究科院生会, 91ページ。

15) 野中郁次郎 (2006-12) 「成功の本質—ハイ・パフォーマンスを生む現場を科学する—」『Works』79, 37-41, リクルートワークス研究所, 37ページ。

段階では高価な汎用CADを導入し、3次元CADによる設計が行われている。しかし、金型製作工程においては、わざわざ図面に落とし込むという非効率的な作業が当たり前のように行われている。その理由の一つはCADの問題である。今までの汎用CADは航空機用が主流で、量産品の金型製作には向いていなかった。3次元CADデータを使って金型製作のための工作機械を制御するデータに落とし込むと、変換が不完全となってしまう。長時間かけて製造される航空機であれば、不完全なNCデータであっても製作工程で徐々に修正していき、最終的に完璧なデータとなるため問題はないが、量産金型には不向きだった。インクスの最大の強みは自社で開発した3次元金型専用CAD「KATACAD」にある。汎用CADで作ったデータでもKATACADに変換することで、データが欠けることなく金型製作が可能となった¹⁶⁾。

かつて日本の三大ボディプレス金型メーカーのひとつであったオギハラでは、2003年に経営不振から投資ファンドの出資を仰ぎ、創業者一族が経営の第一線を退いた。経営改革が進んだ1年後、2004年時点で、3次元設計を全製品の25%程度に導入していた。現場の連携を強化するため、ソフトウェアにも手を入れていた。それが、設計の3次元化である。精密部品向けの金型などでは3次元設計は当たり前であるが、オギハラが扱う大型の金型では2次元の設計図が主流だった。すでに3次元設計を全製品の25%程度に導入しており、この1年ではほぼ倍増した。誰もが金型の形状を視覚化しやすい3次元設計に切り替えることで、現場の技術者との情報交換をスムーズにし、工程の上流から熟練の知恵とノウハウを盛り込むという狙いがあった。「現場にとっては、難しい仕事ほど腕の見せ所という自負もある。しかし、いつまでも職人任せではなく、自動化できるところは徹底して自動化し、リードタイムを3割は短縮したい」と岩室本部長は述べていた¹⁷⁾。

4-2 三条市の金型メーカーにおける情報化

一方、新潟県三条市にあるツバメックスは、金型メーカーの中ではきわめて積極的な情報化技術への投資を続けている。

社内に「ツバメックス・ネットワーク」を構築し、「くい込み情報」と称する過去の失敗事例を共有化している。ツバメックスは、最近、各部門間の連携強化に力を入れている。短納期の実現に向けて各部門での取り組みが進んでいる。それだけでなく、部門間の情報交換を積極的に推し進めつつある。短納期化には設計や製造に関する設備の導入だけでなく、

16) 週刊ダイヤモンド編集部 (2001) 「インクス—熟練技を数値化し、IT導入で納期を9分の1に短縮—」『週刊ダイヤモンド』2001年6月9日号, 89-22, ダイヤモンド社, 137ページ。

17) 熊野信一郎 (2004) 「オギハラ、透明な経営で伝統の技に光」『日経ビジネス』62-64, 2004年3月15日号, 日経BP社, 64ページ。

「情報」の共有も有効と考えているからである。そのためのひとつのツールが「ツバメックス・ネットワーク」である。これは社員がさまざまな情報を共有できる企業内ポータルサイトである。2001年に開設し、順次メニューを増やしている。例えば過去の設計データなどを取り出すことができる。そのほか、営業情報やデータ入出荷情報、社内開発ソフトのマニュアルといった情報がある。必要な情報（データ）を探すために、社内を駆けずり回る時間を減らせる。とはいえ、これまでは必ずしも“閲覧率”が高いとは言えなかった。ポータルサイトの意義は分かっているが、魅力的なコンテンツがなければ訪れたいはならない。そこで、最近加えた情報のひとつが「くい込み」情報である。製造工程などにおける過去の失敗事例である。失敗談を聞きたいというのは人の心理なので、閲覧率が上がるとともに、その失敗の要因や対策などをナレッジとして共有することもできるようになった¹⁸⁾。

ツバメックスにおける社内の連携は設計・製造関連の部門間だけではない。このシステムのおかげで、営業部門も連携に加わり始めた。工場の各工程や全体の稼働状況が分かれば、注文を積極的に取った方がよいのか、控えるべきかなどを判断できる。また、できるだけ正確な納期を発注先に伝えることができるため、相手の信頼を得ることもできる。昨年営業担当者が持ち始めたのが、工場各部門の負荷状況が一目瞭然になったデータである。受注情報と標準工数をもとに各工程の今後の負荷状況を予測してグラフ化したものである。このデータをより実態に即したものにするには、各工程のできる限り正確な稼働状況の把握が不可欠になる。「今のPOP（生産時点情報管理）システムの精度を上げるとともに、負荷状況のデータにリアルタイムに連動するシステムを構築中」と金型部の荒井善之は述べている。

同じく、ツバメックスでは、「部品表システム」を考案して、情報化を推進している。3Dソリッド設計において、さまざまな情報をソリッドモデルに付加し、これを有効活用することで、関連業務の効率化を図れるのであるが、この特徴を活かすカスタマイズのひとつ「部品表システム」では、プログラムによって自動生成される各定形部品に、あらかじめ、その部品の購買に関する情報も付加しておくことで、設計者が手間をかけずに部品発注に必要なパーツリストが作成される。さらに、この部品情報は自動図面化や加工工数管理などに利用される、という具合である。

ツバメックスでは、さらに実稼働率を高めるために、稼働管理システムを導入している。同社のプレス金型工場では1998年に稼働管理へのIT導入をスタートした。無人運転・自動運転そのものよりも、その時間の中で切り粉の発生している実切削時間がどれくらいになる

18) 日経情報ストラテジー編集部 (2004) 「ツバメックス、部門を超えた情報共有が『世界一』を作る」『日経情報ストラテジー』2004年4月号、日経BP社、74ページ。

かという“本当の稼働時間・本当の稼働率”を重視する同社は、①刃物がワークを削っている本当の時間、②その時の正確な加工条件、③機械非稼働時の作業者の作業内容の3点をテーマに改善に取り組んだ。例えば、理想的なNC運転時間（＝例えば月720時間）に占める実切削時間の割合を“切り粉率”という言葉で定義して、この値の改善を目指した。このような稼働管理システムを構築して、NC加工時間に占める実切削時間を自動集計し、加工機ごとの稼働率をまとめたところ、設備の新旧や仕事の受注状況との関連で、ばらつきがあるものの、切り粉率はいずれの加工機でも概ね30%という結果だったという。このような現実を踏まえて、エアーカットや早送りのために、工具がワークから離れる回数（ピック回数）を減らしたり、実際の加工条件（オペレーターの判断で行われている送り速度の見直し）など、切り粉率を高めるためのNCデータの改善や加工条件の検証を行い、切り粉率も40%程度まで高めた。

ツバメックスのシステム管理では、8人の専任スタッフがCAD/CAMや生産管理などの社内システムの構築とメンテナンスを担当している。このような工作機械の稼働データは、その上位レベルで稼働する生産管理システムとリンクしており、経営支援のために自社開発したデータベースやアプリケーションソフトに対して、加工時間、稼働率・出来高といった、機械別の作業実績と受注案件の進捗度のデータを供給し、完了予定（＝稼働の見通し）の予測や、CAMでシミュレーションした理論的な加工時間との比較など、生産管理・原価管理に役立つデータを算出する¹⁹⁾。

ツバメックスの事例で重要なのは、単にIT化（情報化）するだけでなく、システム全体を情報化する必要があり、そのための設備と管理・運営のための専任スタッフを当てていることであろう。

情報化の点で、プラスチック用金型に比べて、プレス金型の方が困難さがつきまとう。いわゆるスプリングバックという難点を解決しなければならないからである。スプリングバックの予測機能・補正機能を重視して、ソフトとして「JSTAMP-WORKS」を選定して、3次元設計を進めている事例として、フクダエンジニアリングがある。各社のCAEソフトの中から「JSTAMP-WORKS」を選定したのは、スプリングバックの予測機能・補正機能を重視したことによる。製品形状の複雑化、素材の薄板化・高張力化によって、プレス金型の製作は困難さを増している。実際、従来からの経験や勘による設計で製作した金型では試打を行うと、成形品の寸法がなかなか公差範囲に収まらなかったり、亀裂やシワといった不具合を起こす例が増える傾向にあった。今後は順次、3DでCADの台数を増やして3次元設計を

19) 寺崎武彦 (2006) 「株ツバメックス・金型部、金型3Dの嚆矢、世界中から注目される金型メーカーに成長」『型技術』21(10)、日刊工業新聞社、60-62ページ。

推し進めつつ、成形シミュレーションも使いこなすことで、狙いどおりのプレス部品を最も効率よく成形できる金型づくりにつなげる計画である²⁰⁾。

プレス金型メーカーの場合、情報化の主眼は、トライアウト後の修正を極力減らすことに置かれている。プレス金型大手で一番問題視しているのが、トライアウト後の修正の多さである。ナンバーワン・トライアウト後の修正をいかに短くするかという目標に3年前から取り組んでいるが、明確に効果が現れるには至っていなかった。金型づくりの全体工程を見直して、トライアウトして、直ちにOKとなるような澁みのないものづくりが大事なのであり、例えば、プレス金型を客先に納入して、現地立ち上げ後、金型メーカーの社員が短期間に（例えば、1週間で）帰社できるような金型づくりが目標である。そのための情報化推進に他ならない²¹⁾。

4-3 金型産業における情報化の限界

プレス金型における情報化技術の難しさは、現場の技能・経験を取り込むところにあるが、それも単に要素技術だけではなく、それらをいかにとりまとめるかという調整技能にかかっている。例えば、かつて日本の三大ボディプレス金型メーカーのひとつであったM社社長は、シミュレーションで読めないような現場の経験があると述べている。すなわち、ハイテン鋼など、材料が新しくなったときに、プレス金型を使って成形する場合の型の歪み・プレス歪みがどのくらいになるか、それを情報化して取り込もうとしている。今までの経験値を、フィードバックして本番の設計に生かしていくのだが、現段階（2005年）では、過去の経験値の半分も活用できていない。歪み自体も、メーカーの現場で実施したトライアウトで出た歪みとユーザーの実際の量産で使うプレスで出た歪みの差も存在する。従って、大型の金型の場合、材料の新規性に纏わる困難さの他に、実際に量産段階にはいる際に、最終的なまとめ段階でどれほど時間を短縮できるかが問題である²²⁾。

さらに、情報化技術を推進するという場合、ものづくりで最先端技術を持つ日本の金型メーカーにとって、ものづくり技術の対外流出という懸念材料もある。ものづくり（MT）は、何をどのように作るのかという観点で見ると、技能という側面が強い。MTは、ヒトに委ねられる世界であるのに対して、情報化（IT）はコンピュータとネットワークの世界であり、両者の融合は容易ではない。ものづくりを情報化するという視点では、まず、一番見えやすい形式がデータベースであろう。そこで、データベースを構築して、その後に自社技術を抽

20) 寺崎武彦（2004）「自動車用プレス金型メーカーの事例検証、フクダエンジニアリング株式会社」『型技術』19(2), 97-100, 日刊工業新聞社, 99ページ。

21) 型技術編集部（2005）「激変の時代をどう乗り切るか」『型技術』20(1), 14-26, 日刊工業新聞社。

22) 同上, 25ページ。

出し、それらを整理するシステムを構築することで、情報化を進めることが考えられる。自社の中で、自社技術を門外不出の技術として確保する仕組み作りがまず必要であろう²³⁾。

おわりに

数年前まで日本の金型産業の隆盛を支えてきた根拠のひとつが、日本型の取引慣行であった。あえて数値化せずとも迅速に顧客ユーザーの意図するところを汲んで、プロの金型メーカーとしてのノウハウを製品たる金型に注ぎ込む。日本型取引慣行が、あえて情報化技術に頼らなくても、開発部門と加工部門との意思疎通を解決できた。しかし、近年の情報化技術の進展によって、いわば日本的「仕上げの丁寧さ」をスキップして標準化に集中しても、大量生産普及の時代にあっては、それなりの汎用品ができるようになった。つまり、新興諸国における組み立て工業は、標準的な製品に集中し、それに相応しい金型技術を用いて、その状況に適応して発展してきたのである。

日本と新興諸国との情報化の違いを大胆に図式化してみよう。日本で現場の金型メーカーにおける情報化の進め方は、「技能→技術」であったと言えるだろう。つまり、現場における現存の技能を出発点にして、その目に見えない技能を数値化しようとしてきた試みと考えることができよう。属人的技能を重視して、属人的技能を情報化技術によって顕在化させ、数値化することで、新しい状況に対応しようとしている。

一方、新興諸国メーカーにおける情報化は、技能の基盤がなかったのが幸か不幸か、数値化できる技能そのものがほとんど存在しなかったもので、いきなり技術が体現されたソフトと専用機械の導入によって行われてきた。数値化された技術でもって、技能に置き換えるという、「技術→技能」という方向であった。新興諸国メーカーは、標準品を大量生産するという産業振興策に適う戦略をとってきたのである。

日本の「技能→技術」という方向を情報化技術によって推進しようというプログラムが、「デジタルマイスタープロジェクト」である。熟練技能者の暗黙知をITを使って形式知化しようというのが、この「デジタルマイスタープロジェクト」であり、これによって数値化された技能は、一般化されることで販売されて、技能伝承へと貢献することが期待されている。技能の伝承は、今の時代において、それほど簡単ではない。技能の伝承には長期間を要するし、誰でも習得できるというものではなく、人材自体にある程度の高い能力が要求されるからである。この問題に対し熟練技能者の暗黙知と言われる技能を、ITを使って形式知化するのが「デジタルマイスタープロジェクト」であり、国家的なプログラムによって研究

23) 森和男・角野充彦（2005）「インタビュー、未来の金型工場への夢を具体化する研究開発が研究者の使命」『型技術』20(10), 1-5, 日刊工業新聞社, 4ページ。

開発が実施されてきた。要するに、技能者の有するノウハウをできるだけデータベース化し、後継者に伝承し易くするという目標のために、その手段としてITを駆使しようというものである。以上のことは一般のものづくりに共通するものであるが、とりわけノウハウの重要性の高い金型分野がひとつの例として取り上げられた。金型設計や加工計画の過程で、集積された適切なノウハウが次々とパソコン画面に現れ、初心者でもそれらを参照しながら設計を進めることができるようになっていく。今のところノウハウ自体はそれぞれの企業で独自に蓄積されたものを使うが、一般的なものはいずれ販売されることが期待されている。すでにかなり有効に活用された例も現れているが、しかし、デジタル化されれば、社外や海外に容易に流出する危険も増したことになる²⁴⁾。

言うまでもなく、情報化技術は、万能ではない。技能を数値に完全に置き換えることはできない。数値化されない技能は、これからも残るであろう。それでも技能を数値化していくこと、これは、最先端を歩む者の宿命であり、日本の金型産業がやらざるを得ない仕事なのであろう。組立工業のかなり大きな部分が成熟期を迎えている。特に、電機分野では、一般汎用品の組み合わせで適度な品質の廉価な製品が大量に作られるようになっていく。数値で置き換えられない技能の部分は、依然として残っている。超高級品や超精密品など、日本の金型でなければ製作できないような工業品は、これからも存在し続けるであろう。

しかし、皮肉なことに、技能が数値化すればするほど新興諸国への移転が容易になるといって、深刻な矛盾も存在する。新興諸国への日本の技能流出がより一層加速化するという懸念が大きい。技能を伝承しようという目的で推進されている日本の金型メーカーの取り組みが、情報化技術の全面的活用を可能にして、ソフトおよび工作機械への体現が容易となる。これまで金型製作ノウハウが韓国、台湾、中国などへ伝播してきた過程を一段と促進することになるかもしれない。

付記 本研究を行うにあたっては、2006年度特定課題研究費の支給を受けた。

引用文献

- 江頭寛明 (2001a) 「金型作りからみた韓国、台湾、そして、日本—プラスチック金型製造業のケース—」『産業能率』9, 13-18, (財)大阪能率協会。
 —— (2001b) 「韓国、台湾におけるプラスチック金型産業の現況」『産開研論集』14, 1-12, 大阪府立産業開発研究所。
 型技術編集部 (2005) 「激変の時代をどう乗り切るか」『型技術』20(1), 14-26, 日刊工業新聞社。
 熊野信一郎 (2004) 「オギハラ。透明な経営で伝統の技に光」『日経ビジネス』62-64, 2004年3月15日号, 日経BP社。

24) 中川威男 (2005) 「日本の金型産業論」『技術と経済』465, 2-11, (社)技術と経済の会, 9ページ。

- 斎藤栄司 (1998) 「金型産業研究試論—その技術的特質、小規模経営および長期継続的取引の理論的考察—」『中小企業季報』1997(4), 1-11, 大阪経済大学中小企業・経営研究所。
 —— (2001) 「日本における基盤産業の行方—岐路に立つ金型産業と産業政策との乖離—」『中小企業季報』4, 1-10, 大阪経済大学中小企業・経営研究所。
 —— (2002a) 「アジアにおける金型供給機構と日本の金型産業—中国、台湾、韓国、日本の金型産業の現状比較から—」『調査季報』62, 1-25, 国民生活金融公庫総合研究所。
 —— (2002b) 「アジア金型産業の国際比較研究—日本、韓国、台湾、プラスチック金型専門メーカーのアンケート調査に基づく分析—」『経営経済』38, 103-148, 大阪経済大学中小企業・経営研究所。
 週刊ダイヤモンド編集部 (2001) 「インクス—熟練技を数値化し、IT導入で納期を9分の1に短縮—」『週刊ダイヤモンド』2001年6月9日号, 89-22, 137, ダイヤモンド社。
 田口直樹 (2011) 『産業技術競争力と金型産業』277, ミネルヴァ書房。
 寺崎武彦 (2004) 「自動車用プレス金型メーカーの事例検証。フクダエンジニアリング株式会社」『型技術』19-2, 97-100, 日刊工業新聞社。
 —— (2006) 「(株)ツバメックス・金型部、金型3Dの嚆矢、世界中から注目される金型メーカーに成長」『型技術』21-10, 60-62, 日刊工業新聞社。
 中川威男 (2005) 「日本の金型産業論」『技術と経済』465, 2-11, (社)技術と経済の会。
 日経情報ストラテジー編集部 (2004) 「ツバメックス、部門を超えた情報共有が『世界一』を作る」『日経情報ストラテジー』2004年4月号, 74, 日経BP社。
 野中郁次郎 (2006-12) 「成功の本質—ハイ・パフォーマンスを生む現場を科学する—」『Works』79, 37-41, リクルートワークス研究所。
 平井昌夫 (2004) 「金型産業の現状と今後の方向—問われる国際競争力と企業の対応—」『信金中金月報』3(1), 53-70, 信金中央金庫。
 藤川 健 (2005) 「3次元CADと金型産業—プラスチック用金型製造企業を中心に—」『商学論集』40(1), 88-117, 同志社大学大学院商学研究科院生会。
 森和男・角野充彦 (2005) 「インタビュー。未来の金型工場への夢を具体化する研究開発が研究者の使命」『型技術』20(10), 1-5, 日刊工業新聞社。
 山田眞次郎 (2003) 『インクス流—驚異のプロセス・テクノロジーのすべて—』193, ダイヤモンド社。
 行本勢基 (2003) 「熟練型産業における技能の国際移転—中部圏金型産業の事例から—」『国際開発研究フォーラム』24, 名古屋大学大学院国際開発研究科。