

旧型自動車部品用金型の保管がもたらす問題点とその解決方法 についての試論

～「川上・川下連携フォーラム」¹における検討を題材として～

高橋 武秀* 内田 研一** 相馬 達也***

Problems and the solution for the safekeeping of the die/moulds of the auto parts for old model automobiles.

Takehide Takahashi Kenichi Uchida Tatsuya Soma

Abstract

The issue of auto part's dies/moulds safekeeping, in particular old dies/moulds for service parts which have been not in production line, has caused a serious problem (ex. financial burden of die/mould storage cost, loss of storage space in factory, etc) for Japanese auto parts manufacturers.

Authors are going to extend their views on this issue and especially suggest new business model by utilizing Rapid Prototyping method with 3D technologies to respond order of service parts that might occur isolated and lot is quite small.

This article composed of three parts. In part one and part two, Takahashi reviewed historical sequence of the issue and actions taken by both carmakers and auto-parts makers.

Furthermore, Takahashi reviews the possibility of making use of 3D technology and Rapid Prototyping technology as the resolution of this issue, and discusses the significance the metallic material price that have been skyrocketing in these days.

Also in part two, Uchida evaluates in-depth the development and application of rapid-prototyping technologies. He also introduces the progress of "KWAKAMI-KAWSHIO-Forum" sponsored by the governmental entity "The Organization for Small & Medium Enterprises and Regional Innovation, JAPAN" (SMRJ) and the proposal made by the Forum. The Forum which run 2 years had invited members from auto-parts makers, experts of RP technology, academic personnel and last but not least those who from metal-recycling business.

In part three, Soma reports the result of experiment, which successfully evidenced RP technology is applicable to the issue.

* (社)日本自動車部品工業会副会長・専務理事／早稲田大学日本自動車部品産業研究所客員研究員／東洋大学国際地域学部客員教授

** きわみ工房株式会社取締役 CMO

***株式会社ツクルス代表取締役社長

¹ 川上・川下フォーラムの制度概要については

http://www.smrj.go.jp/keiei/dbps_data/_material/_chushou/b_keiei/keieitech/pdf/koubo.pdf 参照.

1. 本稿の目的及び構成

後段において詳説するように自動車用部品、特に旧型の補給部品にかかる金型の保管問題はかねてから自動車部品メーカーにとって深刻な問題であった。本件は、一人自動車部品産業に固有な問題ではなく、金型を利用する産業全般にわたる問題点(例:金属プレス産業ビジョン²)として、つとに認識されてきた問題である。

本稿は三部に分かれる。第1部及び第2部の一部で、自動車部品産業における金型保管問題の経緯・進展の状況を概観した後、本件に対する新たなソリューションを与える契機としての3次元(以下、3Dとする)技術・ラピッドプロトタイピング(以下、RPとする)技術の活用の可能性、並びに近時、高騰を続ける金属資源価格問題の視点を導入することの意味について高橋が執筆した。

また、同じく第2部では、内田が3D技術の導入等による技術の実生産への展開・応用と新たなビジネスモデルの成立可能性について検討を行った二次にわたる「川上・川下フォーラム」の経過及びフォーラムの提案について紹介した。

第3部では内田のビジネスモデル成立の根幹を形成する金型からの直接の3Dデータの読みとり、並びに3Dデータによる金型の再構成実験の結果等について相馬が執筆した。

第1部 自動車用旧型補給部品問題の本質と経緯

2. 自動車用補給部品問題の本質

(1) 金型の特色

金型とは、材料の塑性または流動性の性質を利用して、材料を成形加工して製品を得るための、主として金属材料を用いてつくった「型」の総称であるとされる。例えば自動車のボディーは金属の塑性を利用して金属板をプレス金型によって成形加工することで出来上がり、電話機など樹脂製品はプラスチック材料を金型によって射出成形することで出来上がる。このように金属、プラスチック、ゴム、ガラス等の広範な素材を、それぞれ目的とする製品に成形加工するために使用される機械・器具の総称が広義の金型である。

このように、金型は「同じもの」を「大量」に「繰り返し」生産するときに利用されている。換言すれば、このような方式でのものづくりを行う際に、その特質がもっとも生きる「ものの作り方」と考えることが出来る。

金型の部品を構成するスタンダードな材質は、鋳鉄とモリブデン・タンゲステン等で構成されているダイス鋼(高合金工具鋼)であるとされるが、当然のことながら用途によっては高速度工具鋼や超硬合金も多用されている。

(2) 金型に対する意識

①部品製造に利用される技術

自動車は構成部品点数が2～3万にも及ぶと言われる。部品製造から組み立て作業を経て完

² <http://www.nikkin.or.jp/news/pdf/061124.pdf> 参照。

成車に至るまではプレス、溶接、切削・掘削、鋳造・鍛造、塑性加工、熱処理、塗装など多彩な製造工程を何段階も通る。これらの工程で用いられている一連の基盤の技術の中に一層の精度向上や不良率の低下、コストダウン、軽量化などさまざまな目的を達成するために次々に新たな生産技術が取り入れられている。こうした一つの工程ごとの改善に加え、ITによって工程全体をトータルにフレキシブル化するなどの対策も進んでいる。

②金型利用による製造技術の特質

上に述べた様々な工程の多くで「同じものを大量に作ること」に秀でた金型が利用されている。藤本（2003）は「企業は製品設計情報を創造し、調達活動を通じて素材を入手し、生産活動を通じてその設計情報を媒体である素材なり仕掛品なりの上に転写する」³と説明するが、この視点に従えば、「金型」は設計情報の転写のためのほぼ最終段階に位置する装置であると把握することが出来る。プレス金型について「プレス金型は、たどえていえば、鋳であり」と述べている例⁴があるが、藤本の説く「情報の転写」という概念の説明としては極めて適切な例示といえよう。

③「金型」の持つ情報価値

現場では金型の重要性は藤本の提起した「製品設計情報」の「転写」という概念をより深掘した形で認識されている。図表1は後述する「自動車旧型部品の保持再生産に関する調査フォーラム～3Dデータアーカイブ&RP技術による解決可能性について」（以下、2006年フォーラムと略す）の第1回で、フロア及び参加者から寄せられた発話をPolarisシステム⁵で可視化した図である。右斜め上方の黒ノード「生産・使用」と「製品・困難・精度」の島の間をブリッジする赤ノードとして「必須・指示・細かい・入る」の単語群が見いだされる。これは藤本のいう設計情報の製品化の際に、「外観形状等を示す設計図書」を例えば金属板の上に転写する「金型」の製造に必須な金型段階でのみ付加される「技能」の世界に属する情報、「技術者」から見れば言語化されていない「暗黙知」としか認識できない情報の重要性が発話者間で認識されていたことを示している⁶。即ち、金型に体化されている「設計言語外の金型上のみに記載されている情報の重要性」は「金型を扱って仕事をしたことがある人」に暗々裡に共有された常識となっていることが看取される。この意識は後に詳細を説明するが、「金型の廃棄が許諾された場合に、なお現場から型が廃却されない」事象の原因となっている。

④補給部品市場の欧米との比較

日本の補修部品市場を欧米と比較した場合、図表2に示すとおり自家用車の平均保有年数が短い傾向がある。「車齢が10年を越える車両は全保有台数の13%にしか満たず、部品の交換需要が増える前に廃車にされる等、日本の補修部品の市場規模は欧米に比べると小さい」⁷。このため、例えば米国のように補修部品の製造・販売を専業とする部品メーカーは育ちにくい。

日本では、家電の補給部品の供給保証は公正競争規約⁸により、最も保持期間の長い冷蔵庫、

³ 藤本隆宏『能力構築競争』中公新書、2003年、28頁。

⁴ <http://www.nc-net.or.jp/kouza/introm/nkg2.html>参照。

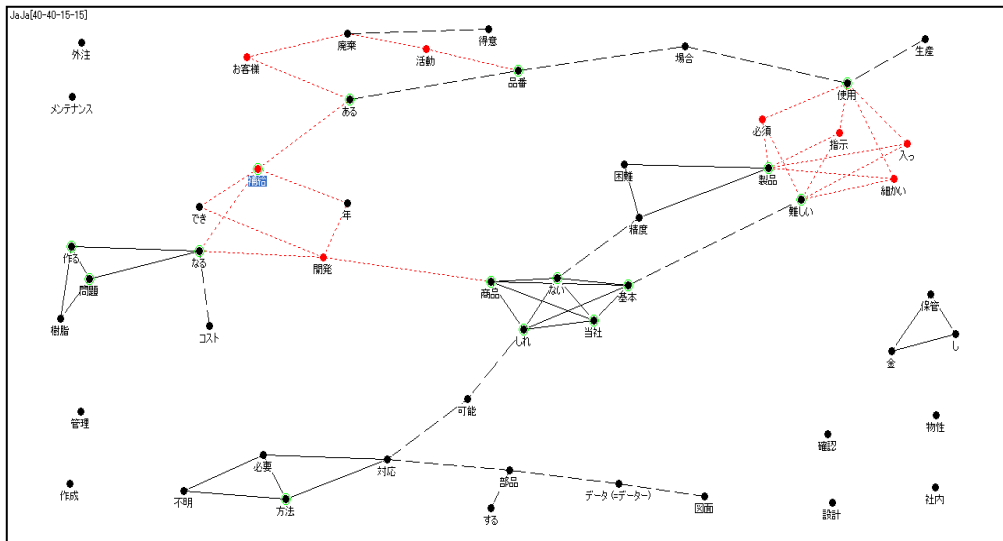
⁵ 大澤幸生「キーグラフ～チャンスと周辺事象の関係を視覚化する～」『チャンス発見の情報技術』東京電機大学出版会刊、2003年、121頁。

⁶ 個々の係数の意味については<http://www.dcs.shef.ac.uk/~sam/stringmetrics.html>参照。

⁷ 日本貿易振興会「対日アクセス実態調査報告書 補修用自動車部品」（2002年3月）

⁸ 家電業界の公正競争規約については<http://www.eftc.or.jp/code/notation/03.html>参照。

図表 1 Polaris による 2006 年フォーラム 第 1 回会合議事録の解析結果



(出所) 筆者が polaris によってフォーラム議事録から作成.

エアコンディショナーの性能部品で9年間などと定められているのとは異なり、自動車補給部品の供給年限は拘束力を持つ形で定められていない。これは特定の車種の製造が打ち切られても、自動車メーカー側が極端に言えば“1台でもユーザがいる限り”その1台のための補給部点を準備しておくことが求められていると考え、補給部品の供給体制を維持しようとしていることによる。そのため補給部品及び金型の長期保有傾向に拍車がかかり、自動車部品産業レベルでは“万が一”の旧型補給部品再生産に備えて保存期間の約束などが明確にならないまま、金型だけを保管し続けるといった現象が起こることになる。さらに欧米よりも日本の消費者の方が品質に拘る傾向が強く、補給部品にも新車と同じ品質の部品が要求されるといわれていることが更に金型を廃棄しにくくしている。

図表 2 自動車の市場規模と特性

	乗用車保有台数(万台)①	年平均走行距離(Km)②	車齢10年を超える保有数③	平均車齢(年)④	平均使用年数(年)⑤
日 本	4,206	9,896	13%	5.84	9.96
米 国	18,319	18,870	40%	8.30	n.a
英 国	2,398	14,720	27%	6.20	n.a
ドイツ	4,191	12,600	23%	6.75	12
フランス	2,748	14,100	30%	7.50	n.a

(出所) 日本貿易振興会「対日アクセス実態調査報告書 補修用自動車部品」(2002年3月)

3. 金型保管問題の顕在化

近年、自動車の高性能化、電子化に伴い部品点数は増加の一途をたどっている。加えてモデ

ルチェンジ期間が短期化し、多種多様な部品補給が要求されている。その結果、自動車部品メーカーは膨大な数の補給部品をストックしておく必要に迫られる。殊に、金型の重要性に対する認識が強ければ強いほど、補給部品及び再生産に備えた金型の保管は必須不可欠のものと認識されるようになる。一方、増大する一方の金型保管のためのコストは今後、部品メーカーの競争力を削ぐ重大な要因であり続ける可能性がある。

この問題は、かねてから自動車部品業界において重要な問題と認識されており、02年2月には日本自動車工業会・企画調査ワーキンググループと自動車部品工業会に設けられた研究会が共同調査を行い「旧型補給部品・提言書」がとりまとめられた。この提言のまとめられた02年当時、利用可能であったデータによれば、日本の乗用車の平均車齢は5.60年、平均使用年数は9.96年⁹であり、乗用車の長期使用が強く意識されだした時期に当たっている。提言の内容は補給部品の生産年限に関するものなど金型保管に限らない広がりを持つが、提言をとりまとめたこと自体、自動車アSEMBラーと部品メーカーが問題意識を共有して問題の解決に努めたいという意識が明確に示された点でエポックメイキングな共同レポートと評価されている。

自動車工業会・自動車部品工業会の共同レポートの中では、補給用部品の金型保存の問題について、特に自動車メーカーの品番廃止の情報が部品企業における「金型や在庫、廃却の検討～廃却作業」に繋がっておらず、このため部品製造者の事業場に多くの型・在庫を抱えているという問題点が共同で解決すべき問題として認識され、両者の協調行動の端緒となっていた。金型保管・旧型部品の再生産問題は金属プレス、鋳造、鍛造などに代表される素形材産業界においても「宿痾」として認識されており、例えば「中小金属プレス加工業における取引関係に係わる調査研究報告」¹⁰においても金型保管費用の問題が挙げられている。この調査研究報告は、中小金属プレス業界の立場から金型保管問題が重要な解決を求めるべき問題であることを強く主張しており、関係先は自動車関連産業に限定されるものではないが、特に中小企業にとって金型の保管、そこから派生する問題の重要性・深刻性が示されている。

4. 問題解決の困難性の露呈

02年に示された自動車製造・自動車部品両業界の補給部品問題にかかる共通認識を基盤におき、両事業者間では問題解決のために相応の努力が開始されたものの、問題が一気に解決に至ったわけではない。問題の解決を遅らせた原因には、

＊02年の共同レポート以降も車両保有年数の長期化、平均車齢の高齢化などは進んでおり、平成19年（07年）における乗用車の平均車齢は7.09年、平均使用年数11.66年と一層長期化している¹¹。

＊一方、マイナーなものを含めモデルチェンジサイクルは短縮する傾向にある。

とされ、型の数がますます膨大な物になっていったという事情がある。

このような背景を踏まえて、02年共同報告は旧型補給品問題、特に旧部品用金型問題の「全

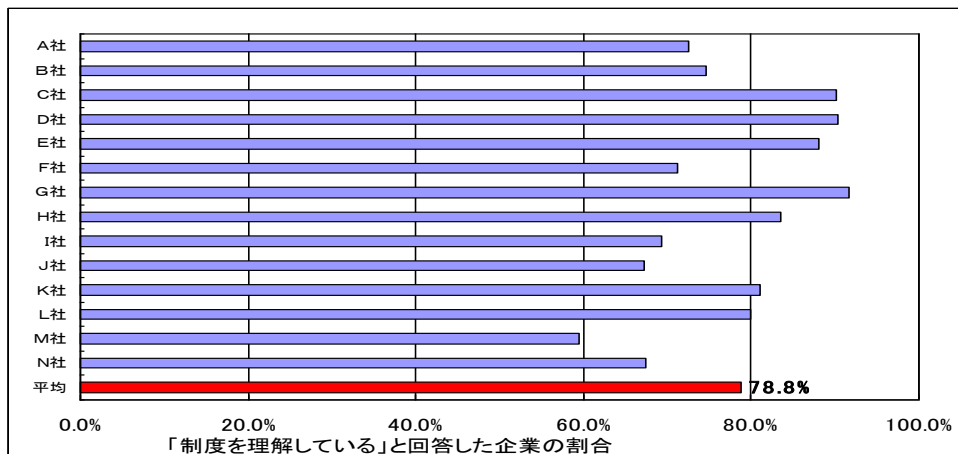
⁹ 平均車齢についてはhttp://www.airia.or.jp/number/pdf/03_3.pdf、平均保有年数についてはhttp://www.airia.or.jp/number/pdf/03_32.pdfを参照。

¹⁰ 2006年度実施<http://www.jsbri.or.jp/new-hp/work/business/h18-5.html>参照。

¹¹ 注7に同じ。

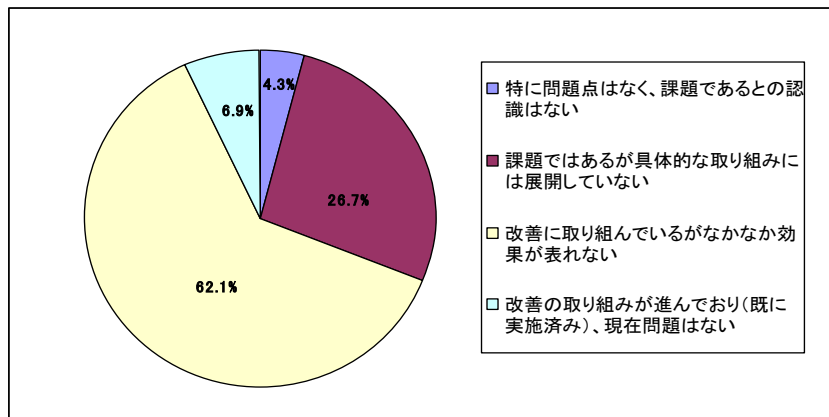
面的な」解決には必ずしもつながらなかったとの認識が 06 年末前後から部品メーカー側に再度広がっていた。この部品メーカー側の「暗々裡の共通認識」をうけて、日本自動車部品工業会は 07 年時点で会員に対して再度、旧型補給部品用金型問題についてアンケート調査を実施した（回答社数 110 社）。アンケートに対する回答では、納入者の立場から見て、自動車メーカーの担当者自身の自社の金型廃棄のルールについての認識・意識が高まってきているとの評価がなされた（図表 3 参照）。さりながら「(旧型補給部品用金型問題は) 現在問題が解決している」との認識を示した社は回答 110 社のうち 4.3%に過ぎず、62.1%の企業が「改善に取り組んでいるが効果が表れていない」との認識を示すばかりでなく、26.7%の企業が「課題として認識しているが具体的な取り組みを行っていない」と回答をした。さらには「改善に取り組んでいないが効果が現れていない」とする社が 6.9%を占めており、旧型部品用金型保管問題事態が改善の方向に向かって進展していないことが明確に反映されている（図表 4 参照）。

図表 3 自動車メーカーの旧型補給部品精度の理解について



(出所) 日本自動車部品工業会（2007）「旧型補給部品用金型問題についてアンケート調査」

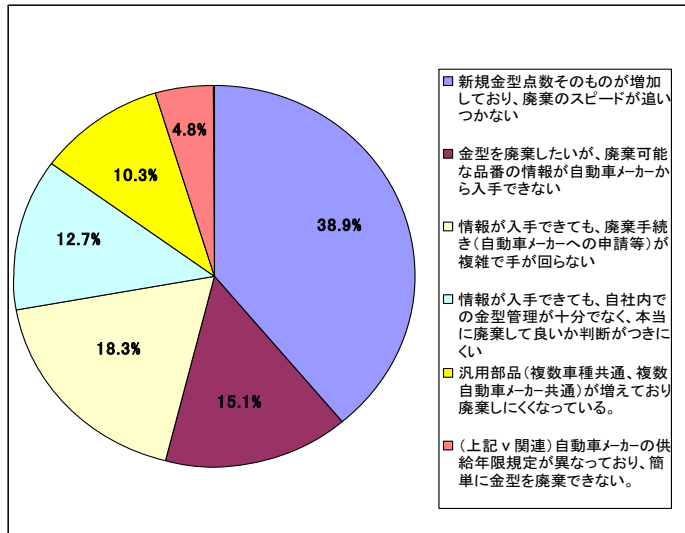
図表 4 部品メーカーでの旧型補給部品問題の経営課題としての位置付け



(出所) 図表 3 に同じ。

このような事態が発生する理由としては「新規金型点数が増加しており、廃棄が追いつかない」(38.9%)、「金型廃棄の情報を入手しても、廃棄手続きが複雑で手が回らない」(18.3%)、「金型の廃棄情報が入手できない」(15.1%)、「自社の金型管理が十分でない(判断がつかない)」(12.7%)、「汎用部品が増加している」(10.3%)等が挙げられている(図表5参照)。

図表5 旧型補給部品金型点数が増加している理由

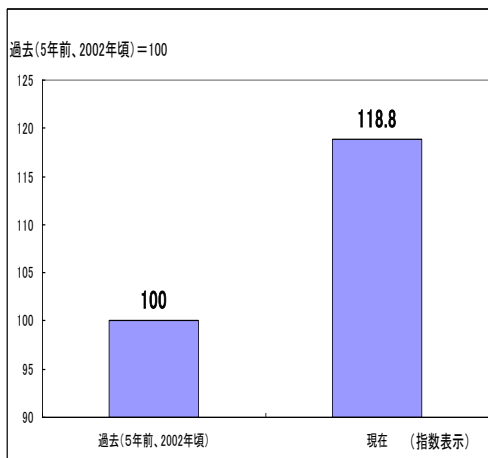


(出所) 図表3に同じ。

この調査結果より、

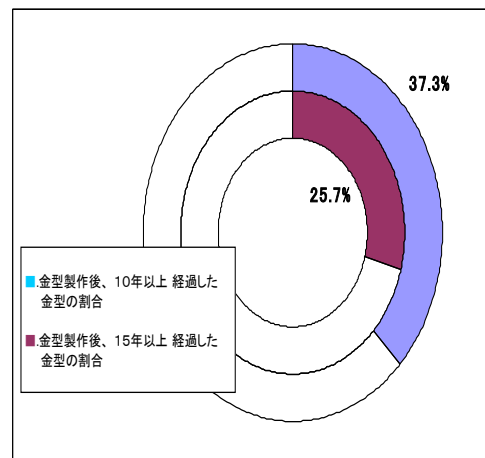
イ) 新規金型の点数増加が金型の廃棄可能と判断された点数を遙かに超えている実態。

図表6 旧型補修部品の金型点数



(出所) 図表3に同じ。

図表7 現在の総金型点数の中で金型製作後「10年以上」「15年以上」経過した金型点数の割合



ロ) 金型実物が持っている実物情報の重要性についての暗黙的な共通認識があり、仮に廃棄が許諾されても、現場が「捨て難い。」と感じている事実。

ハ) 旧型補給部品用金型保管コストの再生産品価格への転嫁・配分ルールが必ずしも確立していない。

ニ) 量産ラインからはずれ、減価償却期間が徒過しても使用されない状況が長期化した金型は、管理コストのみ必要とする「ロスセンター」であるため、金型保管にかかる金型管理コストを極小化したいという意識は時間の経過に従って特に管理サイドで強くなる。

という点が明らかになっている。

これらの要素が相まって「今後なお使用するかしらないかの不明な金型ではあるが、再生産へ向けてもう一度作り直す時に技術的な対応が可能かどうか自信も持てないし、此处に置いておく」と発注先と縁がつながり続けているのだから捨てるのもなあ…と言う漠然とした恐怖感を支えとして、発注者との約束事が明確にならないまま受注者により金型が保管され続ける。しかしながら、管理状態は千差万別である」という管理構造が発生するものと考えられる。

これは前回共同レポートの時点から取られた状況解消のための努力が必ずしも十分には進展していない事に由来する。

5. 金型の調達などを含む「取引慣行」に対する新たな評価軸の設定

4で指摘した金型の管理に関する認識が部品メーカー間では共有化されつつあった時期に、経済産業省は、「自動車取引適正化研究会」を発足させ、自動車関連企業の調達慣行全体に注目して、自動車メーカーの特に部品調達担当セクション、部品メーカー、素形材メーカー、学識経験者を委員として各種検討が行われた。

これは自動車関連産業の出荷額が約 46 兆円と我が国製造業の出荷額の 16%を占め、関連業界を含めた就業人口は全就業人口の 7.7%に達すること、就中、自動車メーカーが自らをトップにしたピラミッド型の分業構造（メーカーと取引のある一次サプライヤーにはより多数の二次サプライヤーが取引関係を持ち、二次サプライヤーはさらに三次サプライヤーが取引関係を持つといった数次にわたる重層的な取引関係）を通じて外製率が高いこと、また部品メーカーとの長期継続的取引が存在することに着目した結果である。

この研究会には、当然のことながら自動車部品工業が持つ問題意識は持ち込まれ、広範囲に活発な議論が行われた。

※「自動車産業の調達慣行を「協調投資」を促す調達慣行（いわば「協調投資促進型調達慣行」）として改めて位置づけ、公正競争と競争力強化を同時に促す仕組みとして更に洗練させ、広く浸透を図っていくべきである」

※「ただし、こうした関係が効果的に機能するためには、メーカーとサプライヤーの間において、成果をシェアするインセンティブを与えるような仕組みが構築されなければならない。特に、取引関係が開始される前に、あらかじめ成果のシェアに関する約束が明確化し、取引条件に関する不確実性を可能な限り除去しておく必要がある」

等の指摘が行われ、更に、適正化するべき調達慣行の類型と、望ましい取引実例をとりまとめ

た「自動車産業取引適正化ガイドライン」¹²が2007年6月に公表された。

同ガイドライン上、補給品生産に関しては「量産の終了した補給品の製造委託契約を結ぶ場合、原材料費及び型製造費等について量産時とは異なる条件を加味しながら、委託事業者・受託事業者が十分に協議を行い、合理的な製品単価を設定することは、我が国製造業の競争力の観点から見て望ましい。この場合、量産終了後、速やかに補給品支給期間、価格改定の協議が行えるよう、委託事業者が生産状況を明確に伝えることが重要である。また、こうした望ましい取引を実践するためには、量産時における当初の契約の際に、補給品支給期間、量産終了後の価格決定方法等について、あらかじめ具体的に内容を合意して取り交わしておくことが望ましい」¹³としている。また、金型保管に関しては「型の保管は、柔軟な生産体制の構築のためにメリットがある面もある。委託事業者は、型の所有権が委託事業者・受託事業者のいずれに帰属するかを契約上明確にした上で、必要に応じ、受託事業者と協議の上、型の保管に必要なコストを負担し、製品製造終了から一定期間経過した型は委託事業者が引き取るか、廃棄費用を負担した上で受託事業者に破棄させるような取り決めを、製品発注時点で結ぶことが望ましい。また、取り決めがない型についても、受託事業者は、製品製造終了から一定期間が経過した型について委託事業者に引き取りまたは破棄を要請し、委託事業者は型の必要性を十分考慮した上で、引き取りまたは破棄、若しくは必要なコストを負担した上での継、続保管要請を行うことが望ましい。なお、金型保管・破棄については、各社ごとにルールが存在しているものの、部品メーカーでは不満も多いことから、適正な運用を図るため、業界の基準となる基本モデルを作成することが望ましい」¹⁴と記述し、補給品問題、補給品に関する金型問題は協調的投資慣行を共有する関係者が今後なお解決に向けて相当の注力をしなければならない分野であるとの認識を示した。

6. 従来の論議に対する評価

旧式補給品金型保管の問題は、その解決のために02年段階では「廃番情報の流通」という事業者間のインターフェイスの改善によるソリューションに焦点が当てられた。

取引適正ガイドラインでは、「廃番情報の流通」に加え、「適正なコスト負担」という観点がソリューションの一環として付加された。02年以前の状態から見れば確かに、一歩ずつソリューションが積み上げられてきている。

しかしながら、先にも述べたように大量に同じ物を生産する時に生かされる金型の特性は、限定個数をたまにしか作らないで良い需要に対する生産方式とは基本的に相性が悪い。

廃番金型点数を新規作成金型の点数が凌駕している現状では、再度生産現場に振り返る可能性が皆無と思われるものを含めて膨大な点数の金型が常に受注側に在庫され続けなければならないという構造は不変であり、需要に答える方法としての相性が悪い生産方式の発生させる現場での歪みは解決されていない。

¹² http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/torihiki/download/07620car_guide.pdf参照。

¹³ 注12に同じ。

¹⁴ 注12に同じ。

第2部 「川上・川下フォーラム」の経過及びフォーラムの提案

第2部では、第1部で述べた金型の廃棄しにくさ、廃棄する側の心理面にまでわたるストレスを軽減するため、3D技術の導入等によるRP技術の実生産への展開・応用と新たなビジネスモデルの成立可能性について検討を行った二次にわたる「川上・川下フォーラム」の経過及びフォーラムの提案について解説する。

7. 2006 年川上・川下交流事業¹⁵

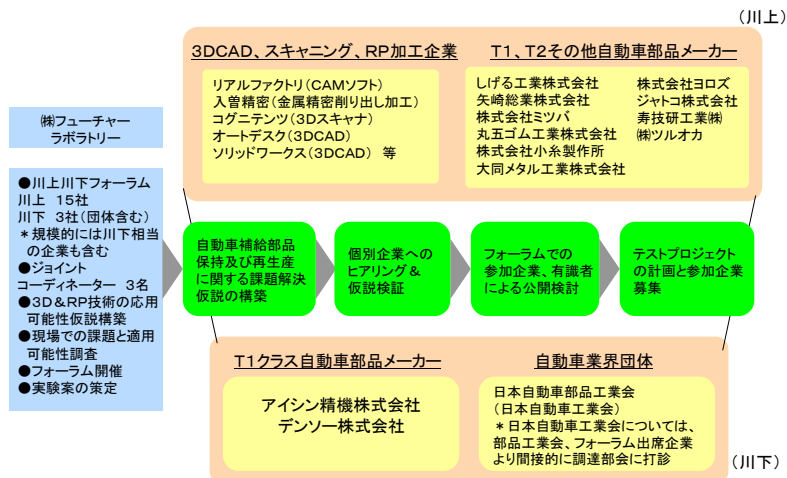
2006 年には、第1部で指摘した意識構造から金型の「3Dデータ」と当該データの立体出力を含むRP技術の利用によって離脱することが可能であるか否かを検討するため、「自動車旧型部品の保持再生産に関する調査フォーラム～3Dデータアーカイブ&RP技術による解決可能性について」が中小企業基盤整備機構の支援を受けて実施される「川上・川下交流事業」で採択された。

このフォーラムは金型の保管という問題に対して『「金型」に対する「思い入れ」』を緩和して、問題設定の構造を変化させ、「金型を保管しなくとも用は足りる」という前提からの新たなソリューションを見いだそうとする試みであり、自動車部品メーカー、CAD システムプロバイダーなどの参加を得てスタートし、各種調査を行った。

(1) 開催概要

06 年フォーラム参加企業は、大手、中堅自動車部品メーカー、旧型補給部品流通企業、業界団体等であり、旧型補給部品保持及び金型保持コストに関する課題について約8か月に渡り、

図表8 実施内容と参加企業



(出所) 「平成18年度川上・川下ネットワーク構築事業」報告書より抜粋。

¹⁵ <http://www.smrj.go.jp/keiei/tech/kknet/index.html> 参照。

10社の自動車部品メーカーへのヒアリング調査と、2度のフォーラム、専門家による6回の技術検討会を開催した。

技術検討会では金型製造、RP、3DCADデータ、3Dスキャニング技術の専門家も検討に加わり、実務レベルの状況も踏まえた議論を行った。

(2) ヒアリング結果の概要

本フォーラムと技術検討会のために実施したTier1、Tier2クラスの自動車部品製造企業10社に対するヒアリング調査から得られた結果を以下に示す。なおヒアリング調査は守秘義務締結の下行われた経緯があるため、下記では結果の一部を示すに留める。

①金型の自社保管コストは正確に把握できていないことが多い。

金型の倉庫料、メンテコストなどの保管コストは、保管者自身が正確には把握できていないケースが多かった。「総額が多額であり算定は困難」、「全体は明確な数字は把握していない」、「ライン横で保管されている補給部品などのコストは把握できない」、「金型の保管場所、管理に困っている外注先は多い」等の回答があった。

②自社外注先が所有・管理している金型はその個数からして十分な把握が出来ていない。

部品を発注している先に保管されている金型は、発注元から預けている場合と外注先に所有権のある2つの保有パターンがあるが、特に後者の外注先保有の金型の実体は把握できていないことが多かった。「自社保有の金型の何倍もある」、「数百ある取引先で所有、管理している金型の数までは分からない」、「自社が所有して、保管を外注先に依頼している金型の数は固定資産台帳で把握できているがそれ以外は不明」等の回答があった。

③廃棄を指示されても万一に備えて金型を保管していることが多い。

アッセンブリーメーカーと協力した部品点数統合化活動、品番削減活動は定期的に進められており、本来これに合わせて不要金型の廃棄も進むべきだが、実際には廃棄が進んでいない実態が多くみられた。「〇から△年に一回、総合化活動ということで、お客様にお願いして、在庫の見直し活動を行い、廃番にする部品を特定化している」、「毎年の品番増加に対し削減数が追いついていない」等の回答があった。

更にアッセンブリーメーカーからの廃番通知に対応して、外注先には部品、金型の廃却の依頼をしているが、外注先が保管に困っているにも関わらず廃却しないケースも目立っている。

「毎年生産打ち切りに伴い、外注先に金型の廃却を依頼しているが、実際に外注先で廃却が進んでいるかは不明」、「外注先は廃却を指示されても万が一に備えて金型を保管しておくケースが多い」等の回答があった。

これらのコメントから「金型」がないこと、即ち、金型現物が持つ非技術用語領域を含む情報量の喪失に対する「恐怖」、管理コストが利益には直結しないため、厳密な管理は行わないままである現場の実情が示され、この内容は07年に行われた自動車部品工業会実施のアンケートによって再確認されていることはすでに述べた。

(3) 検討内容

このような調査結果を受け、技術検討会、フォーラム本体において、金型のリサイクルを進めるためのビジネスモデルを中心とした議論が行われた。その中で、この調査を行った06～07

年にかけて鋼材価格の高止まり等、資源価格の高騰が目立ち始め、旧型補給品用金型に利用される可能性がほとんど無いまま保管され続けている「金属資源」のリサイクル価値は金型廃棄のタイミングの判断に大きな影響を与える可能性があることが指摘された。

また、金型廃棄による情報喪失の恐怖に対し、金型廃棄前に 3D スキャニングを行ったデータを保管、必要に応じて当該データよりオリジナルの金型、あるいは金型を使って生産された補給部品を金型を利用せずに直接再生産する技術に関して、対象部品の種類と材質を選べば対応できる可能性があることが示された。

これらのアイデアをまとめた結果、金型保管問題に関して「3D 技術と RP 技術を活用した金型のリサイクルを進めること」が旧型補給用部品問題の一つの解決方策となりうることが示された。

8. 2007 年川上・川下交流事業¹⁶

2007 年は 06 年のフォーラムでの検討結果を受け、「鋳鍛造・切削・プレス・金型技術と自動車産業におけるマテリアル・サイクル・ネットワーク構築事業」を実施、具体的な金型問題解決のためのビジネスモデルの在り方について検討を行った。

(1) 開催概要

07 年は、約 7 ヶ月に渡り、2 度のフォーラムと専門家による 6 回の技術検討会を開催した。技術検討会では、3D スキャニング及び RP 技術の専門家に加え、保険の専門家も検討に参加、金型リサイクルネットワークのビジネスモデルとしての成立可能性まで検討を行った。

また、本事業と並行して「旧型補給部品用金型の現物から 3D アーカイブ化し、更に、このアーカイブ化したデータから金型を再度作成する実験」等も行われた。この実験は、所期の成果を挙げ、非言語情報の集積である金型からデータを直接抽出し、高精度に再現することが可能であることが実証された。この実験の結果については相馬が第 3 部において詳述する。

(2) 金属資源価格問題が作り出した新たな変数

継続的なビジネスモデルを確立するためには、モデルが循環する中で経済的付加価値が継続的に発生することが必須である。マテリアル・サイクル・ネットワークの継続的な循環においても同じであり、そのために重要なポイントとなる金型の金属資源として経済価値についてまず触れておく。

①レアメタル供給問題への認識の深化

先にも述べたとおり、自動車部品製造には各種の金型が用いられる。金型は特殊鋼から構成されるオス・メス両型とこれを保持し、圧入あるいはせん断などの際に掛る力を支え、あるいは製品を排出する際に用いられるバネ材、ベッドとなる鋳鉄など様々な金属資源が用いられている¹⁷。特に、特殊鋼には各種の希少金属（レアメタル：コバルト、ニッケル、バナジウム、

¹⁶ http://www.smrj.go.jp/keiei/dbps_data/_material/_chushou/b_keiei/keieitech/pdf/H19saitakusaki.pdf 参照。

¹⁷ <http://www.geocities.jp/tukuba777/home.html> に、プラスチック射出成型機の作動原理についてのアニメーションが所蔵されている。

タングステンなど) が含有されている。これらのレアメタルは、その供給地の偏在性など、いずれも供給構造に問題が潜在していると指摘されてきている¹⁸。

そればかりではなく、「レアメタルの多くは特殊な工学的特性を示すものであり、代替性に乏しい。例えば高硬度・耐摩耗性・耐熱性を発揮することから高速度工具高に転嫁されるタングステンと同等の性能を有する代替物質は、現時点では発見されていない。また耐食性・耐熱性を発揮することからステンレスに転嫁されるクロムとの完全な代替性を有する元素はないと考えられている。このように他の鉱種等へ代替困難な鉱種については当該好手に関して供給障害が発生した場合は代替可能な鉱種に比べ、供給の安定性は低いと考えられる。」¹⁹ このため「特殊鋼の添加物として使用されるレアメタルの場合は、スクラップ原料をそのまま熔融する形で再使用することが可能であり、この場合のリサイクルコストは低廉であることから、経済性が成り立ちやすい」²⁰というコンセンサスは、資源工学の関係者には少なくとも平成 18 年当時に成立している。

②自動車部品製造現場でのレアメタルを必須の素材として用いる特殊鋼使用実体の例

高橋が聞いた A 社の例では、ある事業年度中に、自社の金型内製部門が社内生産部門に提供した金型は 370 型、これに用いられた金属資源の総重量は 1,250 トンであり、特に特殊鋼 (SKD 鋼) は約 270 トンであったという。また、同社で現在保管中の取得後 7 年度以上を経過している金型は 8,100 型存在し、仮に直近の型数と使用金属資源量の関係をリニアに当てはめると、金属資源総量は約 27,365 トン、SKD 鋼の使用比率もリニアに当てはめると 5,910 トンの SKD 鋼が金型の一部として在庫されている可能性がある。

これら金型の償却期間は耐用年数表上では二年であり、上述した 27,365 トンに及ぶ金属資源を用いた長期保管中の金型の残存簿価は約 2 千万円と計上されている。帳簿上償却済みの金型をすべて物理的に廃却する旨意志決定され、全量鉄スクラップ H2 特級として取引が成立したと仮定すると鉄スクラップ価格 (H2 特級) 46,500 円/トン²¹を乗じて得られる価値は 12 億 7 千万円強となる。

更に現在は廃金型については行われていない方式 (自動車本体についてはすでに「精密解体」として一部企業²²が実施している) であるが、廃金型を精密に分解し、使用されている特殊鋼などの資源がすべて特殊鋼等の資源として回収するとし、これを A 社の例に当てはめると以下の通りとなる。

在庫金型中の特殊鋼がすべて SKD 鋼であると仮定し、3 月現在の SKD 鋼市中相場 786 千円 (SKD61 種)²³を保管中の金型の特殊鋼重量 5,910 トンに乗じて資産額を計算すると約 46.5 億円となる。従って特殊鋼以外の部分 (21,455 トン) には鉄スクラップ (H2) 価格を乗じて得られる 9.97 億円を合算すると、金型として保管されている金属の資産価値は上限で約 56.47 億円と試算される。

¹⁸ 資源戦略研究会報告「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」(2006 年 6 月)
<http://www.meti.go.jp/press/20060614003/20060614003.html>

¹⁹ 注 18 の 10 頁より引用。

²⁰ 注 18 の 18 頁より引用。

²¹ 08 年 4 月の「安値・東京」日刊産業新聞による。

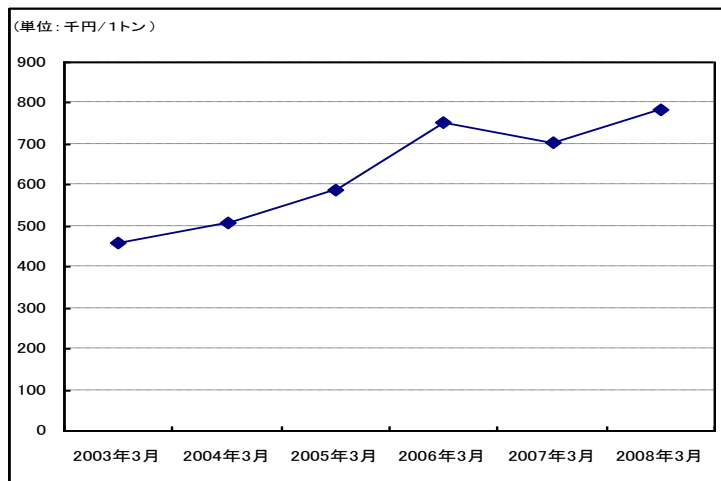
²² <http://www.tsuruoka.co.jp> 参照。

²³ 鉄鋼新聞 2003 年～2008 年の 3 月初旬発刊分よりデータを抜粋。

資源賦存量の世界的不均衡問題，金属資源需給の変化を背景にした構造的な価格高騰は，旧式金型は再生金属資源として評価出来るという視点を創発し，長期間利用されないまま置きかかれている金型を「希少資源の鉱山」として利用できるのではないか？という評価軸を自動車部品メーカーに導入させる契機となる。

金属資源問題は，金型廃棄のタイミングの判断は金型に用いられている特殊鋼の価格と再利用の可能性，金型の簿価，金属資源として再利用するとして自社内で再資源化するのか，委託加工して自社に持ち戻り再使用するのか，極上質の金属資源として売却するのかなど，広範な変数を視野に入れて決定されるべき課題であることを示した。具体的には以下に示す式が金属価格の高騰によって現実的な意味を持つようになってきたことになる。

図表9 ダイス鋼（平鋼）SKD61 種



(出所) 鉄鋼新聞

$t=n$ 期に廃棄して資源としての再利用を目指すかどうかを検討する対象となる金型は，当然 n 期には稼働しておらず，利益は上がっていないと前提する。この場合 $t=n$ 期において金型の廃棄を可とするか否かは，金型の再資源化によって得られる利益と金型を再度使用する可能性及びその可能性が発生した場合の再度作り直さなければならない際のコストを主たるリスクの変数とする以下の式の正負によって示すことが出来る。

$$D(t_n) : (M_v t_n - M_v t_0) - V b t_n - T t_n - S(t_n) - Fr(t) - K$$

$$D(t_n) : \{ (M_v t_n - M_v t_0) - V b t_n - T t_n - S(t) \} - K - P_{(t)} \cdot (C_R \cdot M v t_n + P r t f)$$

定義は以下の通り。

$M_v t$: 金型の t 期での金属資源としての評価額。添え字は期を示す。即ち 0 は取得期， n は廃棄を決定した期を表す。

$$M_v t = W_{mt} \cdot P_{mt}$$

W_{mt} は金型に利用されている金属の量， P_{mt} は t 期における当該金属の取引価格を表す。添え字によって期を表示する。

($M_v t_n - M_v t_0$) は金型に用いられている金属の価格差益を表す。

$Vb t_n$: 金型の金型としての廃棄を決断した n 期の簿価。廃棄の検討対象金型が長期保管されていることを前提とすれば 0 として計上してよい。現行規定上 $n > 3$ ならば $Vb = 0$ となるが、途中で改良等の投資が行われていれば n 期に簿価として残存する可能性はある。この場合、金型の廃却の際償却処理が必要であり、価格差益から控除する事となる。

$Tt n$: 金型廃棄の際に必要な措置コスト（廃棄場所までの物流費など）。

$S(t_n)$: 廃却期までに累積している保管コスト。期毎に経費として損金処理が行われていれば税務会計上は計上する必要はないが、管理会計上認識されるべきコスト。

$P(t_n)$: t_n 期に判断された t_n 期以降に廃棄金型を再作成する事態が起こる確率。通常、主観的に設定される係数。 n までに相当の時間が経過している場合再作成の見込みが薄いと判断するというのが現場の実情であるから、時間の経過の逆数として想定する。

$$p t_n = \alpha t^{-n} \quad (0 \leq \alpha < 1)$$

Fr : 金型を再作成する際に発生するコスト。将来における金属資源コストの想定は困難であるので n 期の現在価格で代替する。

C_R (技術的な難度によるコスト) $= \beta t$

$\beta > 1$ なら、時間が経過すればするほど技術的な再作成コストが増す。

$\beta < 1$ なら、再作成コストは時間の経過に伴って減少する。

$Prtf$: 作り直した金型によって得られると期待される利益。

K : 心理的抵抗感をコストとして表示。

上に導出した $D(t)$ は解が正 (>0) ならば、 Tn 期において金型を廃却して金属資源として売却することは将来の金型再制作リスクとの対比でも実行すべきオプションであることを示す。

(3) 金型リサイクル阻害要因とフォーラムの成果が示唆する解決の方向性

06 年フォーラムの提示した、

A : RP 技術などの利用による金型再制作の際の技術的リスクの低下

B : データによる保存に切り替えることによる保管スペースの削減等のコストメリット

といった結果は、A によって C_R の低減を、B によって $S(t)$ の縮減を図る機序を発見し、従来に比べて早期の金型廃棄の意志決定をサポートする材料を提供した。

07 年フォーラムの際取り込んだ変数である金属資源価格は最近の高騰の結果、($M_v t_n - M_v t_0$) の項を常時「正」とし、しかもその幅が巨大化する事を示している。つまり $D(t) > 0$ に導かれる可能性を従来に比べ圧倒的に高くしていると考えられる。

更に、フォーラムの検討過程で得られた金型の廃棄阻害要因を、主な金型保有者である中小部品メーカーからの視点でまとめた場合、大きく分けて再制作費用問題(Fr)、技術情報喪失問題(Cr)、心理的問題(K)の三つの要因が存在することが浮き彫りになってきた。

そこで 07 年では、この三つの問題についてより具体的な解決策の方向性について検討を行った。なお検討対象となるのは部品の定常発注が終了し、実質的に再使用の見込みもなくなった金型に絞って検討を行った。定常発注が続いている、もしくはまだ定常発注終了から間もない部品の金型については、再使用の可能性が高いので保管をしておくことが妥当と考えられるため、議論の対象からは外している。

①費用問題の解決の方向性

金型のリサイクルが進まない最大の理由は、定常発注がなくなった部品の金型をリサイクルに回した後、再生産の必要性が生じた場合、再度金型を製造するコストを発注側が負担することが稀である点があげられる。2 年にわたる関係者からの聞き取りでは、自動車部品業界では取引慣行上、長期間、場合によっては実質的には永久の部品供給保証をしているケースも多く、その場合、部品の購入単価は量産時の価格と同一とされるのが基本であるとされた。そのため金型廃却時には、低価格の部品であれば、受注側のリスクで作り溜めをしておき、突発的な発注は作り溜めした在庫分で賄う方法をとっていることが多いようである。しかしその場合、作りだめのコスト、在庫保管コスト、金型保管コストは部品製作企業側の負担となる。

実際、06 年のヒアリング調査でも、低頻度品の再生産のための費用負担について悩みを抱えているケースが多く、「(再生産時に) 金型に以上があった場合、改修費用がかかるがその費用を回収できない」、「金型メンテ費と金型調査費(探し)と取り出し、費用回収が可能なら再生産自体は問題ない」等の回答があった。結果として定期受注は終了し、最後の発注から相当期間経過している部品でも「万が一」の生産に備えて、予防的に金型を保管しておこうという自己防衛心理が働くことになり、金型リサイクルが進まないことになる。

従って、このようなコスト負担を軽減し、貴重なレアメタルを多く含む特殊鋼を金型のリサイクルの方式でリサイクルするためには、万が一金型再使用が必要となった場合に金型を作りなおすコストを捻出する方法を準備しておく必要がある。

その際、注目すべきは実際に廃棄した金型を再生産するような機会が、どの程度の頻度で発生するかである。06 年の調査においても、定量的な回答は得られなかったものの、「体感的には事業場が保有するすべての金型の 1 つについて 1 年に 1 回あるかないか」、「1 千回に 1 回程度」といったような表現での回答が得られた。この点を金型の経済的価値と合わせて考えた場合、金型リサイクルによって発生する経済的価値を、将来再生産が必要になった場合に備えて積み立てておく、保険的な仕組みが機能する可能性が見えてくる。

②技術情報喪失問題の解決の方向性

金型のリサイクルが進めない二つ目の理由として、金型そのものに含まれる技術情報の喪失とそれに伴う再生産の困難性が挙げられる。実際の現場では金型の実物と図面にはずれが生じている場合が多い。これは円滑な生産を実現するために、現場では“表面をなでる”ことで金型の微妙な修正が日常的に行われており、その実物修正が図面修正にまで及んでいないケースが多いためである。従って、廃棄を認められた金型を保存していた 2 次元の図面通り再生したとしても、廃棄してしまった元の金型の性能は発揮できない可能性が高い。

但し、これは「コストをかけてでも最高精度の金型で最高精度の部品を大量に再生産する必要がある」場合に生じる懸念ともいえる。補給部品再生産用の金型リサイクルのタイミングは、実務上は金型生産後 10 年以上経過してはじめて発生してくるケースが多い。定常使用することがない金型は生産ラインから遠ざけられ、倉庫に保管されており、場合によっては野積みされ

ているケースすら多くみられる。日常的なメンテナンスも行われているとは言い難く、錆が浮いていてそのままでは設計精度は期待できないと思われる状態にある場合が多いと言うことはアンケート先から指摘が多かった点である。極論すれば、ラインから離れて10年以上経過した金型からは最高精度の技術情報は既に喪失しており、金型を保有していれば新品と全く同じ部品を再現できるとは可能性はかなり低いとも言える。

従って、旧型補給部品の再生産は、金型の保管コストと保管による機会損失を考慮すると必ずしも保管金型現品を起点とするのが最適解ではないとも考えられる。例えば、定常生産が終了し、金型を倉庫に移送する際、言い換えれば金型の情報劣化が生じる前に3Dスキャニングをかけて、比較的良好な状態の金型の3Dデータを保管しておき、一定期間金型を保有した後リサイクルに回す方法が考えられる。重要なのは、金型に有形無形に付随する技術情報であり、これが3Dスキャニングにより保全されるのであれば、必ずしも金型を保有し続ける必要はなくなる。

しかし、それでも残る金型精度への拘りに関しては、上記のような方法の適用対象となる補修部品を限定することが考えられる。実際、06年度の調査でも、3DスキャニングデータとRP技術を組み合わせて低頻度品発注品に対応することは、品質、コスト面から見てほとんどの補給部品は適用が難しいという回答が多かった。「おそらく困難。製品の再現性（材質、特性、精度等）が障害」、「樹脂の積層品は耐熱性が問題、樹脂型を作るにしても表面仕上げが問題」等の回答が得られた。同時に、対象部品を限定することで適用が可能な領域も見えてきた。「『走る、曲がる、止まる』の基本機能に関わる部品は難しい。安全性、精度があまり関係ない製品が良いのでは」、「エアインテークホース、外装品に期待」、「ゴム部品などのサービス品にはいいかもしれない」、「ダッシュボード周りの塞栓などは可能なのかもしれない」等の回答が得られた。

つまり車の構造体部品や駆動部分等、車の走行そのものに係る重要部品については補修部品であろうと最高精度が必要であるが、「内装部品の一部など車の走行に直接関わらない補修部品を少量生産する」というケースであれば、“コストをかけた最高精度”ではなく、“適切なコストで適切な品質”を実現する3DスキャニングとRP技術による部品再生産技術の適用余地は十分あると考えられる。この方式による再生産の技術的検証については、第3部で詳しく触れる。

③心理問題の解決の方向性

金型のリサイクルが進めない三つ目の理由として、受託メーカー側が、金型を保有していることで発注元と心理的なつながりを維持したいという期待感が挙げられる。また「心血を注いで製作した金型に対する現場技術者の愛着」も大きな要因である。これらは心理的な問題であり、強制的に改めることはできない。リサイクルしても、問題は発生しないという実績を重ねることで、徐々に心理不安も解消されていくと予想される。

但し、そのプロセスの中で重要になってくるのが、金型廃棄に対する発注元の理解と自動車部品業界全体でのコンセンサス形成である。部品生産を受託する協力企業側としては、金型リサイクルに関して独自判断できる裁量範囲は少なく、発注元の意向、業界慣行に判断が大きく左右される。

そこで“発注元の了解が取れる範囲で小さく始める”という発想で、リサイクル対象とする金型を、発注元から廃番指定が来た部品用の金型に限定することが考えられる。廃番していさ

れた部品の金型であれば、理論上金型の再生産は発生しない訳であり、発注元からも書面で廃番指定が来るので、間接的に文書としての保証も担保されている。

(4) フォーラムの提案

金型の再生産の目的は、金型自体ではなくそれを使って生産する補修部品であり、その必要数量は、新品を量産していた時よりも著しく少量であることが予想される。筆者が聞いた例でも「15年前のある車種の右ウィンカーが年3個くらい必要になる」といった具合である。このように、量産時の金型とリサイクル対象となる金型では生産条件一つとっても前提条件が異なるため、まずリサイクルの前提条件を整理し、解決の方向性を下記にまとめる。

①金型リサイクルの前提条件と解決の方向性

金型リサイクルの前提条件として重要な点と解決の方向性を以下にまとめる。

(前提条件)

- 1) 対象となるのは補修部品再生産用の金型（実体としては量産終了後10年以上経過）。
- 2) 再生産金型の必要が生じた場合でも必要な部品数は量産時に比べてごく少量。
- 3) 発注元に対して金型再生産のコスト負担を要求できない。

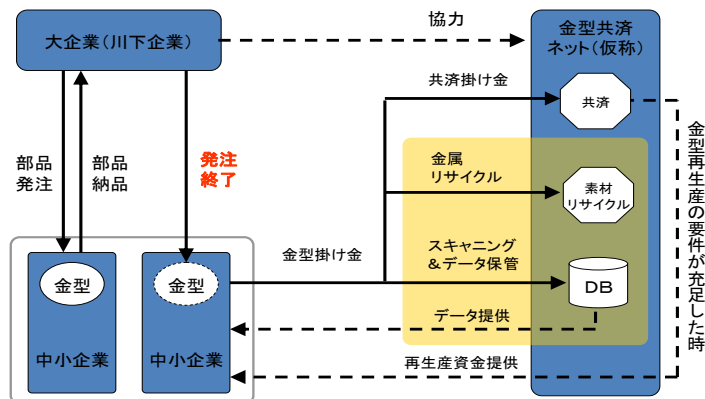
(解決の方向性)

- 1) リサイクル対象とする金型を、発注元から廃番指定が来た部品用の金型に限定する。
- 2) 金型現品ではなく3Dスキャニングデータを保管、必要時にRPによる再生産を行う。
- 3) 金型リサイクルによって発生する経済的価値を金型再生産に備えて積み立てておく。

以上の三つの解決の方向性をまとめ、継続的な事業サイクルとして成立させるためのモデルとしての提案が下図である。

図表 10 金型リサイクルネット ビジネスモデルイメージ

本事業で目指すネットワーク全体像～金型共済ネット(仮称)



(出所) 「平成19年度川上・川下ネットワーク構築事業」セミナー資料より抜粋。

(流れ)

- 1) 廃番指定された補修部品の金型を3Dスキャニングする。

- 2) スキャンング終了後、データ品質を確認した上で、金型をリサイクルに回す。
- 3) 金型リサイクルによる収益を将来的な金型再生産に備えて積み立てておく。
- 4) 金型再生産に必要なが生じた場合、積立金の一部を取り崩して再生産費用に充てる。

なお、1) のスキャンングに関しては、本来長期保管による情報劣化前の撮影が好ましいが、上記の仕組みが定着するまで当面は金型リサイクルへの投入段階になる。

以上の仕組みは、3Dスキャン機材や人材の確保やリサイクル、積立の仕組みを新たに構築する必要があり、当然1社でその投資、維持コストを負担することは難しい。実際、06年の調査でも自社単独でこの方法を導入するにはコスト、設備投資、人材育成などが必要になる点が指摘された。「投資に対する採算性が障害」、「(自社でやるならば)RP技術者の育成が必要」等の回答が得られた。金型保管側の心理的な障壁も考え合わせると、業界横断的な仕組みとして成立させる必要がある。

②実行上の問題と留意点

リサイクルネットワークが実際に成立、継続的に機能するためには、解決すべき点、留意すべき点が存在する。現時点で把握されているポイントを以下にまとめる。

1) RP技術の活用

以上の議論では、金型リサイクル後、その金型を使用した補修部品が必要となった場合、再度金型を作り直すことを前提として検討を行ってきた。しかし、新車発売から10年以上経過して大量の補修部品が必要となるケースは、海外向け等ごく稀なケースと考えられる。ほとんどのケースでは数個から数十個という発注単位と予想される。従って、そのような量の生産に対応するためには、金型の必要性そのものの検討を行う必要がある。3Dデータがあれば、削り出しや樹脂積層方式等のRP技術の適用により、1個から数十個程度であれば十分生産可能であり、少なくとも金型を再生産するよりもコストは安く済み可能性が高い。

06年の調査でも、少量の部品再生産には削り出しで対応できるものが適当であるという意見が聞かれた。「3Dデータを元に、削り出しで作るやり方であれば可能かも」、「樹脂型を削り出しなどで作り直すのならば可能かもしれない」、「(自社製品では)樹脂成形部品(単独成形品)に対応可能」等の回答が得られた。

また、自社で十分なRP技術を保有していない場合でも、こうした技術を保有している中小企業は試作メーカーとして数多く存在しており、こうしたメーカーは3Dデータの扱いにも問題ないケースが多い。実際大手部品メーカーと協力企業の間での受発注はIGES形式の3Dデータで行っている例も増えており、事実上の業界標準3Dデータフォーマットであれば連携も問題ない。06年の調査でも「3Dデータは、部品データをIGESなどの中間ファイル形式での提供が多い」、「外注先に合わせてデータ変換して提供するが、IGESデータ形式が多い」、「IGES形式が多い」等の回答が得られた。

2) 金型の管理体制整備

以上の議論では、再生産の必要がある補修部品と保管されている金型が対応しており、すぐに必要な金型が特定可能であることを前提に検討を行ってきた。しかし実際には、金型は複数の金型部品から構成され、一部の部品は他の補修部品の生産に使用されている等、複雑な構造になっており、必ずしも必要な金型が簡単に特定できない状態にある場合も多いと予想される。

第1部で引用したアンケート結果にも示唆されているが、A社のように金型の保管点数等を

システマティックに把握するメカニズムを持っていない事業者がかなりある事、特に二次以下の下請けに保管されている金型の管理状況が十分把握されていないと言う部品業界側の現況がある。仮に金型を精密に解体するという事態が起これば、当然の事ながら、型の材質、用途等精密な管理が必要になる。今後更に、このような新たな管理コストを含め、金型由来の資源をどの様に低コストで回収し、どの様にして使うかなどを特殊鋼メーカーなどと共同して検討することは、今後の希少金属資源制約から、部品産業がいささかなりとも自由を得るために今後真剣に検討すべき課題である。

3) 金型リサイクル情報の履歴管理

以上の議論では、主に部品製造を受注する中小部品メーカー側の視点にたって議論を進めきたが、もう一方の当事者である大手部品メーカーからみた場合、金型リサイクルにあたって懸念されるのが金型に付随する技術情報の流出である。実際リサイクル企業の質は玉石混交状態であり、信頼できるリサイクル企業と協力して金型リサイクル過程をマニフェストで管理、リサイクルプロセスと廃棄証明の履歴管理を実行する仕組みが必要となる。マニフェストの仕組みを整備済みのリサイクル企業も現れ始めており、本仕組みの推進にはこのような企業との連携が必須となる。

4) データの蓄積

以上の議論では、10 社程度のヒアリング結果と専門家の所感をベースに検討を行ってきた。しかし、金型リサイクルの仕組みを本格的に稼働させていくためには、金型を金属資源として売却した結果の資金を積立て、必要に応じて再生産用に投入するという仕組みが、確率論からみて成立し得るかどうかの検討を行う必要がある。再生産が頻発するようでは、すぐに積立金が枯渇してしまうため、実際にどの程度の確率で金型の再生産が必要になるかデータを蓄積すると共に、資金的制約から解放された安易に金型再生産を行うモラルハザードが生じないようにルール整備を行う必要がある。

第3部 金型からの3Dデータ読みとりと金型の再構成実験結果について

9. はじめに

第3部では、第2部で解説した2006年4月から2008年1月まで実施された「川上・川下フォーラム」と並行して実施された、金型からの3Dデータ読みとりと金型の再構成実験結果について述べる。

金型は膨大な情報の塊である。金型を製造するための情報は機械部品そのものを製造するための情報にも匹敵し、多数の部品で構成される金型は、そのまま機械であると解釈することも可能である。以下は、3次元精密測定による金型情報のアーカイブを行うことを主目的としているが、金型の再生に向けた情報は紙媒体を含め本来膨大である。3次元精密測定のための情報に固執することなく、すでに存在する図面、CADデータ、指示書、仕様書等旧来の媒体による情報も併せてデジタル化し、以下に述べる3次元精密測定情報と不可分なものとして共にアーカイブすることで、よりスムーズに再生を行う事が可能となる。

本プロジェクトにおいては、再生について技術的な関心が寄せられる場合が多く、またその技術的裏付けも既に確立されているものであるが、再生の技術自体は本プロジェクトの中では補助的な要素であることを認識すべきであろう。なぜならば、金型を再生し部品の即納体制を取ることを本義とするのであれば、本来金型は廃棄せず湿度、温度、防錆、場所などを厳重に管理した上で保管する方が効率的だからである。しかし現実には、通常再生が行われないまま長期間保管されている金型の保管状態は好ましいものであるとは言えず、非常に多くの場合、金型が保管されていても実際に再生に耐える状態であるとは言い難い。この3次元精密測定情報を元にした再生技術は、瞬時に金型を再生し部品の再生を目指すものではなく、金型の保管が中小企業に及ぼす経営的負担を低減することを本義として行われるべきであり、金型廃棄＝リサイクルに際して、正確で大量の技術情報をアーカイブすることで、金型廃棄にまつわる心理的な忌避感を和らげ、不測の事態である再生の要請に際しても、何の情報も残していないという最悪の事態を回避するためのものであることを確認されたい。

10. 金型の選定

(1) 対象となる部品、金型の選定基準

- ①アセンブリーメーカーから再生停止の通知が出ている部品
- ②形状が比較的単純で、強度、耐熱性などが比較的厳しく求められない部品（例：内装品のノブ、つまみ、外装部品等）
- ③10cm×10cm×10cmの立方体内に納まる程度の部品
- ④今回の実証実験では、寿技研工業株式会社（愛知県豊田市）の協力を得てトヨタ自動車株式会社製乗用車ウィンドウ枠部の樹脂部品金型を対象とした。

図表 11 今回対象とした金型



図表 12 同金型から生産される樹脂部品

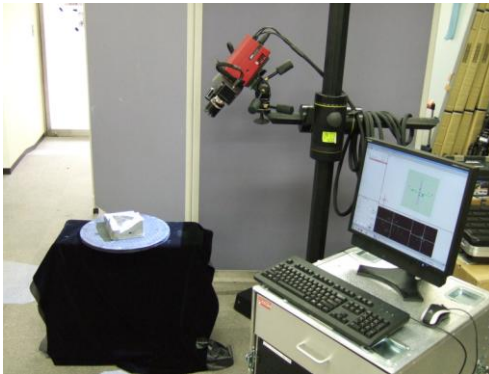


(出所) 図表 11～24 は全て筆者撮影による。

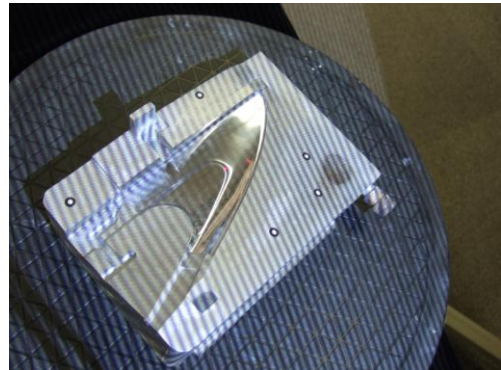
(2) 3次元精密測定&アーカイブ

レーザー光による精密3次元測定技術により、金型の形状情報をもれなく正確に記録し、保存することが可能である。また、対象となる金型の形状情報とそこから生産される部品との形状は、製造上の要件（金型は、材料を金型から取り出した後の変形などを見込んだ形状となっている）により正確にポジ・ネガの関係にあるとは限らないため、生産された部品の形状も金型同様に測定し、3次元形状情報としておくことで、より多くの情報量をアーカイブすることが出来、3次元形状情報から金型の再生産を行う際、有用なものとなる。

図表 13 3次元測定機による測定



図表 14 レーザー光による精密測定



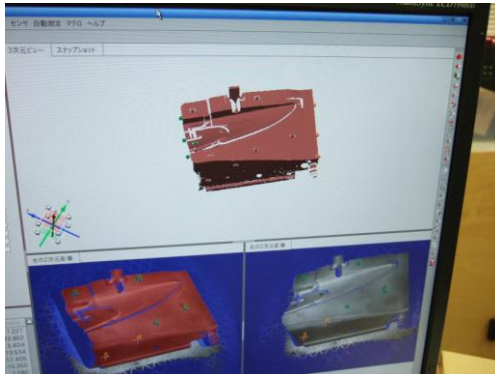
形状情報の測定は、金型の大きさや形状的特徴によりその測定の手間が異なる。レーザー光による測定ショット数（カメラのシャッター回数のようなもの）を増やすことで対応可能であるため、その大きさに限界はないが、ショット数が多い＝金型が大きいと、測定コストは上昇する。そのコストは主に人の手間によるものである。

形状的特徴については、測定機の測定角度を変えることで対応可能であるため形状についても限界はないが、レーザー光が到達しない箇所については測定不能である。レーザー光が到達しない箇所は、その多くが成形時に材料が到達しない箇所であるとも言え（そうでなければ金型から成型した部品がはく離しないことになる）、その典型が金型内部に位置する冷却水用の穴

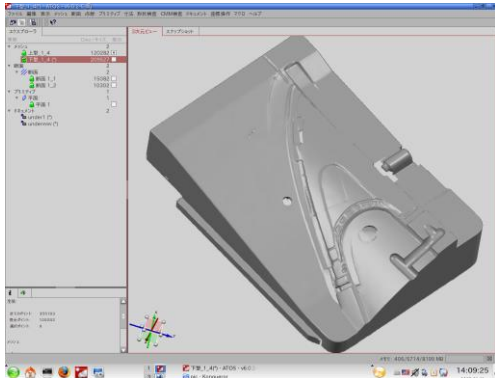
であり、樹脂材料などを注入する注入口等の穴形状である。これは、前述の書類等により情報が残されている場合が多く、こういった情報についてもデジタル化し（TIF、PDF等のデータ）、3次元精密測定形状データとセットにした状態で保管することにより、よりスムーズな再生産への体制を整えることが可能となる。

精密測定した情報は、3次元座標を持った多数の点の集合＝点群として、企業別に固有の番号を付加され容易に検索される状態で保存される。

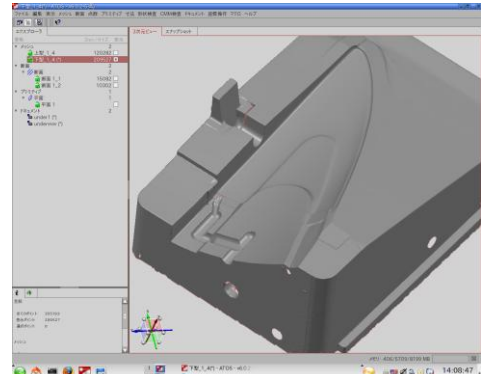
図表 15 測定した点群



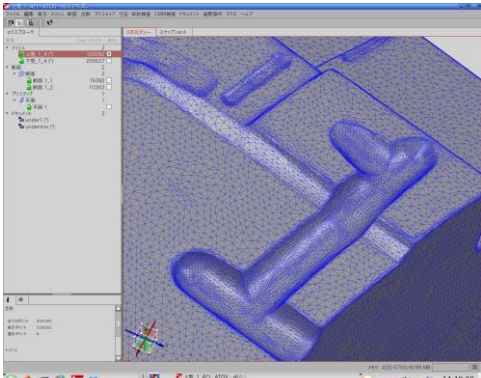
図表 17 PCに取り込まれたコア側の金型形状



図表 16 PCに取り込まれたキャブ側の金型形状

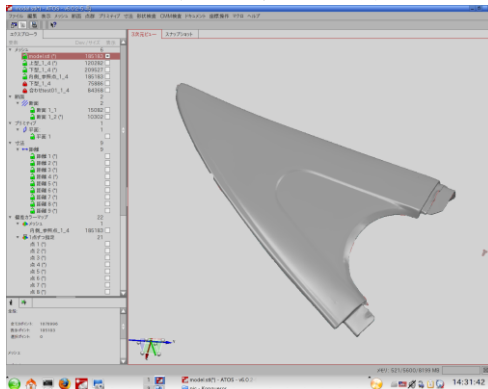


図表 18 手仕上げの形状なども精密に測定

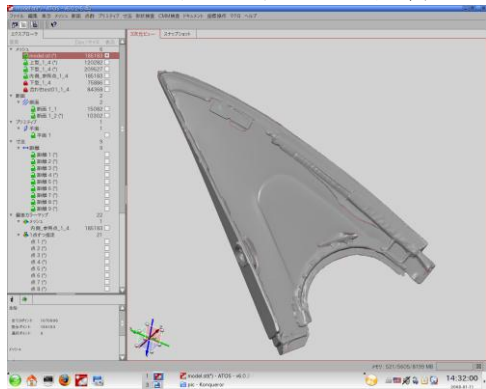


本質的に、材料の塑性変形を利用して大量生産を行う金型技術は、その材料と生産する形状の特徴によって、型と製品の形状は性格なポジ/ネガの関係には無い場合が多い。例えば、樹脂成型品であれば、金型で成形する際には材料が流動する程度に高温であるが、金型から取り出した後に材料が冷めるに伴い、ソリ・ヒケなどと言われる形状変化が生じる。同様に、塑性変形を利用した金属プレス成形の場合ではスプリングバックと呼ばれる弾性変形が生じる。これらの製造上の理由により、金型は程度の差はあれ最終的に製造したい形状を見込んだ形状となっているのが普通である。このため、金型の形状情報をアーカイブするには金型そのものの形状のみならず、同時に製造する部品の形状情報を測定し残すことで、再生産に向けより多くの情報量を残すことが可能となる。また、本項で触れた3次元精密測定技術は、金型とそこから製造される部品の形状情報を比較し、測定値を計測した上で解析することが可能となって

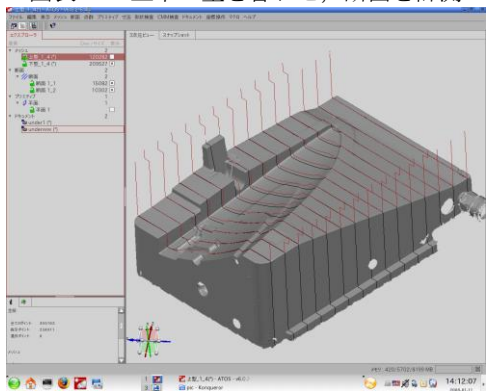
図表 19 部品の 3 次元精密測定表



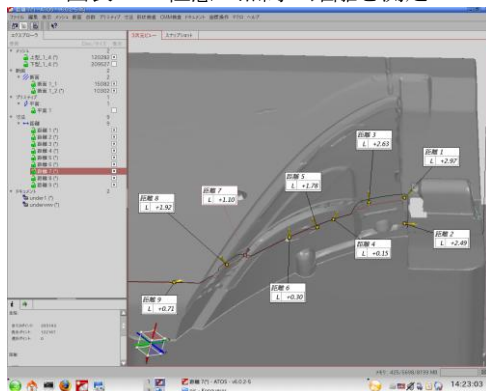
図表 20 部品の 3 次元精密測定裏



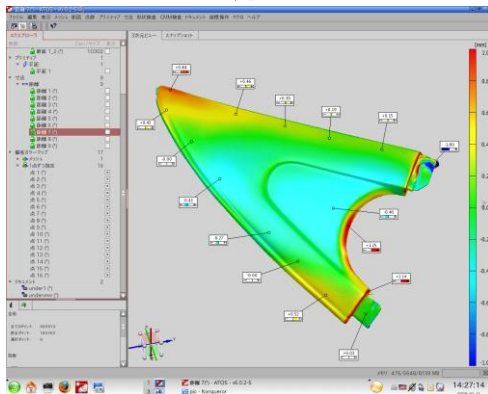
図表 21 上下の型を合わせ、断面を計測



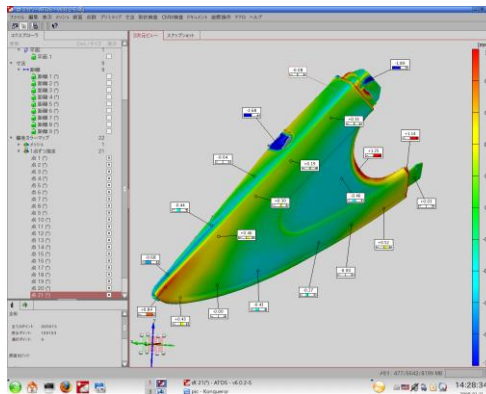
図表 22 任意の点間の距離を測定



図表 23 任意の点で製品と金型の距離を測定



図表 24 3 次元的な比較が可能



おり、再生産に向けて非常に有用な情報となる。

これらの精密測定技術は、実際に金型の複製というニーズによって発達し、すでに実用化されている。前述の製造上の理由により、金型は設計形状とは単純にポジ/ネガの関係ではなく、製造上の変形に対応するため職人的知恵による手仕事（磨き修正）が常に行われて来た。しかし、手仕事が入ることで金型は複製することが非常に困難なものとなり、故に世界同時生産を試みる際、大きな障害となって来た。これらの測定技術は、職人的知恵による手仕事をデジタ

ル化し、生産に耐え得る金型を複製するために現在用いられている。

しかし、今回、製造側で利用されているこの技術をリサイクル側で用いられて来たことはなく非常に画期的なことだと考えられる。

①再生加工

3次元精密測定により測定できるのは、「点群」と呼ばれる無数の点である。これらコンピュータ上の点情報は、3次元空間上に座標を持っており、それにより立体＝金型形状の測定結果を表現する。「点」の集合は見た目には「立体」であるが、これ元に機械加工を行うには点どうしの関係性を付け、「立体」とする必要が生じる。最も容易に行え、ソフトウェアにより自動化が可能な立体表現がポリゴンである。これは、直線で構成される無数の三角形パッチの集合により、立体を表現する手法である。

ポリゴンの状態をさらに推し進め加工精度を向上させるためには、サーフェスと呼ばれる状態にする必要がある。サーフェスは直線のみで構成されるポリゴンと異なり、曲線・曲面・曲面どうしの連続性により立体が表現される高精度なものである。ポリゴンからサーフェスへの変換もソフトウェアによりある程度自動化が成され、現在では多くの設計・製造プロセスで利用されている。

点群→ポリゴン→サーフェスのプロセスで行われる変換は、すべて近似によるものである。近似によるものである以上、精密な再現には確認と評価が必要となる。そのためには、過去存在した金型とそこから生産された製品との間の寸法差を踏襲し、再現する必要がある。これらコンピュータ上で行われる3次元形状データの処理は、現在通常行われている3次元CADによる金型設計と同等のものである。また、前述した測定不能な箇所への再現については、3次元精密測定情報と合わせて保管されている製図・仕様書・指示書等の情報を元に再現することが可能なものである。

これらの3次元CADによる処理の後、NC加工機での実際の加工となる。これには、3次元形状データにカッターパスを生成するCAMを使用し、カッターパスの生成(CL)にポスト処理を行うことでNC加工機を制御するコードを生成することが可能である。これによりNC加工機を制御し、金型の切削加工を行う。

これらの作業は、現在通常行われている3次元CAMとNC加工機による業務と何ら変わる事はない。この場合、元の金型を測定した3次元データからの再現性が問われることとなるが、レーザー光による3次元測定精度は、歪み精度にして0.1%程度であるため、長期保管されている金型の錆やくるいの状態と比較しても同等以上の精度で復元が可能であると考えられる。

②運用

以上に述べた、既存の金型（手磨きあり）をデジタルアーカイブし、そこからまた金型を再生することは、技術的には十分に可能なものである。唯一新たに必要となるのは、この再生プロセスを行う技術者の存在であるが、現在では3次元データによって金型の設計・製造を行う事は一般化していることから、その素地を持つ技術者も数多く存在する。現在すでに3次元データを使い金型設計・製造を行っている技術者に対し、デジタルアーカイブからの金型再生を行うための教育を施すことで、新たにこの技術を身につけることは比較的容易である。

③参考

なお、既存の金型（手磨きあり）をデジタルアーカイブし、その情報から金型を複製する試みは、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成13年度予算によるデジタル・

マイスタープロジェクトの一テーマでもある、「金型分野におけるデジタル・マイスター技術開発助成事業」においても、国内大手金型メーカー参画の上、一部実証が成されていることを付け加える。