

平成 21 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「IT を活用した川下事業者との情報共有による金型製作の短納期化、
コスト削減に資する研究」

研究開発成果等報告書

平成 22 年 3 月

委託者 関東経済産業局
委託先 財団法人にいがた産業創造機構

目 次

第1章	研究開発の概要	
1-1	研究開発の背景・研究目的および目標	1
1-2	研究体制	3
1-3	成果概要	3
1-4	当該プロジェクト連絡窓口	5
第2章	研究開発内容	
2-1	工程最適化に関する技術開発	7
2-2	各種データベースの構築及び活用に関する技術開発	9
2-3	情報統合化に関する技術開発	12
2-4	加工技術の高度化に関する技術開発	21
最終章	全体総括	31

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

《低コスト化と短納期化》

自動車・電気製品において、海外製品との価格競争、悪化し続ける経済情勢の中、製品の低価格化や低コスト化を推し進めており、その影響は、金型製作・成形における低コスト化への強いニーズとなっている。

すなわち近年、顧客からの金型費用の提示額は従来比平均で約30%ダウンとなっているが、その一方で、従来は金型総コストに対する材料費の割合は概ね10%前後で推移していたものが最近では原材料費高騰により20%を超える事例が特に大型の金型で多くなってきている。

これに伴い、従来以上に金型加工費が利益に直結する構造となり、利益確保のために金型加工費のコストダウンが必須となってきている。

また、生産拠点が海外にシフトしている現状では、金型製作・成形業者の利益確保が非常に厳しい状況にあり、製品メーカーからのコストダウン要請への対応も困難である。成形試作回数をいかに減らすかが早急に解決しなければならない課題となっている。

また、製品メーカーにおいて、競争激化の状況の中、製品の差別化を図るべくデザイン、軽量化、新製品・新モデル化などを短期間で開発販売している。この影響は、金型製作・成形における短納期化への強いニーズとなっている。

以上のような背景により、**金型・成形業者一体となって、短納期化・低コスト化に有効なノウハウの蓄積・活用方法を研究することが必要となっている。**

《研究目的》

(1) 金型の低コスト化や短期間製造等を可能とする新素材・新製造技術の構築

以下の点を総合的に実施することで、低コスト化・納期短縮を図る。

①設計・加工工程の正味工数短縮

・過去の類似物件に関する見積り・設計情報の利用環境構築による設計工程の効率化、迅速化

・加工と組み立て方法を考慮した設計ノウハウを設計者間で共有する環境構築による加工時間の短縮・加工コストの低減

②各工程における空き時間の削減

・最新版管理、図面確定時期の管理による見積もり、設計時の待ち時間の削減

・確定したパーツ毎での順次材料手配、加工指示による工程着手の早期化による納期短縮

・出荷前計測、計測後の検査情報提供における検査待時間の短縮

③工程戻りによる工数増抑止

・成形品の品質不良(寸法・外観等)に伴う金型の再加工の回数削減

④高精度加工技術、高速加工技術、工具性能・耐久性向上技術の確立

- ・機械加工時の工具負荷の均一化を図ることにより、機械加減速を抑えることによる高速加工化と、工具耐久性の向上。及び仕上げ工数の削減

(2) 高度な計測技術の確立

従来は、製作した金型による成形試作品の測定を成形業者側で実施しており、出荷～再製作や微調整依頼までの間2～3日、その後の再作成、微調整に最低 2 日間程度を要していた。

微細高精度の金型においては、成形業者側で製作した金型を測定する場合もある。これに対し、3次元測定器（非接触）等により精度等を測定し、再製作、微調整などを実施した後出荷することで、以下を実現する。

- ①成形業者からの再製作や微調整依頼の減少
- ②金型製作の受注から最終出荷までのトータル工期短縮
- ③高精度金型の加工初期段階の精度検証
- ④成形試作回数の低減化

(3) IT等を活用したフレキシブル生産技術の向上

IT等を活用し、以下のように生産技術の向上を図りコスト削減、短納期化への対応を実現する。

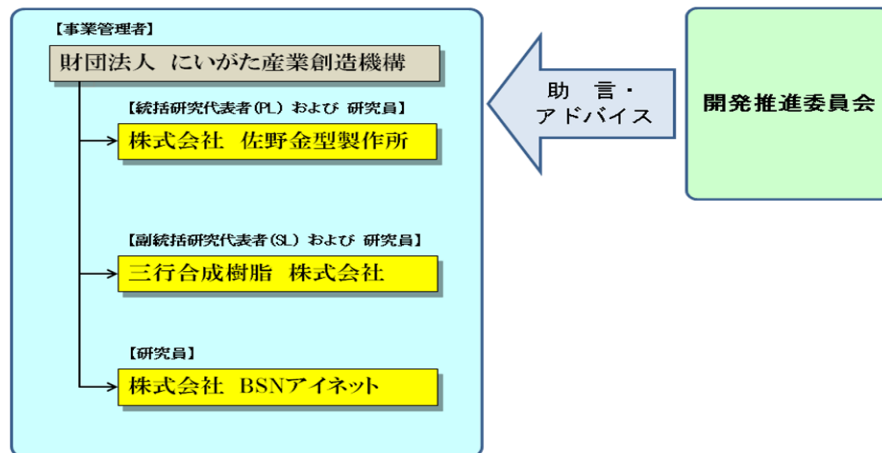
- ①各種ノウハウ、過去の実績などを簡便に参照することで、設計・加工生産性を向上させる。
- ②人手による工程計画作成から、IT 等による最適な工程計画をリアルタイムに作成する。
- ③他案件の進捗、材料手配状況などを総合的に判断し、柔軟に工程変更、優先順位変更に対応できるようにする。

以下に各研究課題の成果目標をまとめた。(表 1-1)

(表 1-1 成果目標)

研究項目	成果目標
工程最適化技術開発	・成形業者への80%の案件について発注元要求納期への対応を実現 ・成形業者への70%の案件についてT0～T3での要求コストへの対応を実現
各種DBの構築及び活用に関する技術開発	・金型設計ノウハウの共有による設計効率の向上を実現 ・過去の図面等を迅速に検索、参照できる環境・体制を構築 ・材料特性に起因する製造不具合の抑止 ・材料調達コストの削減 ・成形特性に起因する製造不具合の抑止
情報統合化に関する技術開発	・工程計画作成効率の30%向上 ・工場単位、企業単位ごとの製品分類別、加工分類別、顧客別などでの原価把握実現 ・製品コスト見積りの精度向上 ・セキュリティを強化したデータ交換技術によるCADデータ送信事故0件 ・共通コードによる金型情報の共有化の実現 ・製品メーカーからの成型受注から最終出荷までの工程情報共有化実現 ・複数機械の加工同時制御を実現 ・作業効率・機械稼働効率20%アップ
加工技術の高度化に関する技術開発	・磨き、手仕上げの工数の削減 ・高速設定での加工による加工時間の短縮 ・工具寿命、耐久性の向上 ・加工途中の工具破損による加工ロス防止

1-2 研究体制



総括研究代表者(PL)
株式会社佐野金型製作所 取締役営業技術部長 佐野 靖規

副総括研究代表者(SL)
三行合成樹脂株式会社 企画部 部長 斎藤 耕一

1-3 成果概要

(1) 工程最適化に関する技術開発

実証で登録データが少なく、数値的な検証評価にまではいたらなかったが、データ登録による、各種情報の保全性・検索性の向上がはかられたことは確認できた。流用性については、データが少ないため効果を推測するにとどまった。

登録による時間的負荷が確認できたが、それについては、機能面での研究不足と操作習熟度の低さによる2要素がからんでいる。

顧客から、成形業者、金型業者までの一連の業務プロセスを分解し、個々に測定検証したことで、ネックとなるプロセス、及び、プロセスでの改善点を見出すことができたことは成果であった。

以下実施した具体的な研究課題は、納期短縮／コスト削減を行う手法としてなり得ることは確認できた。今後の研究継続により、次期以降に成果として効果が期待される。

(2) 各種データベースの構築及び活用に関する技術開発

「金型管理システム-統合DB」の構築により「設計データベース」、「材料データベース」、「成形データベース」などの、各種ノウハウの情報が蓄積可能となった。情報量が少ないため、利活用することでのコスト・時間短縮までには至らなかったが、情報

の正確性・機密性・利便性を認識することができ、情報量増加にともなってその利活用性の効果もあがると予想できる。

過去に製作した金型における情報は整理されていないので、「金型管理システム-統合 DB」への情報蓄積を行うか、今後検討が必要である。このように金型の試作成形から量産成形(実績)までを一貫して情報収集し、活用・評価について継続研究することにより、これらの情報を新規金型の設計情報へフィードバックできることでトータルコスト・納期削減へ結びつけることができる。

(3) 情報統合化に関する技術開発

《工程管理》

NC フライス作業の時間短縮が図られた。この結果は、DNC および新型 CAM における機械稼働率の向上や加工時間の短縮による効果も考えられるが、それらの効果は現時点では限定的と推測され、基本的には金型管理システムによる工程管理の効果と考えられる。また、NC フライス作業の後工程である放電加工や仕上工程における作業時間の減少が見られたのは、後述する新型 CAM の副次的効果と推測される。全体的にシステム導入による効果が確認された工程は機械が関係する工程である。今後、更なる効果を追求することを考えた場合、作業担当者のスキルに依存する工程についても検討する必要があると考えられる。特に現状は設計工程が金型製作時間を決定する上で重要な要因となっているので、今後の課題として設計工程における更なるシステムの有効活用についての検討を行う予定である。

《企業間ネットワーク技術開発》

セキュリティ強化されたネットワークは川上・川下業者一体となる情報共有・効率化に十分有効な手段となり得ることがわかった。データの機密性の確保・活用性を考慮した仕組みとして、ネットワーク自体でのセキュリティを確保(VPNワイド、ファイヤーウォール)し、データベースサーバのアクセスにおけるログイン制限(会社/担当者ID/パスワード)、そして、登録データ情報の個別公開・アクセス制限(公開、更新、非公開の設定)の構築ができた。

上記設定されたセキュリティ配下の中で、データベースからの直接メール送信(添付データはDBへアップロード)や各種情報交換を可能にした。

《遠隔操作技術及び自動加工技術開発》

DNC 方式採用によりNCデータコピー工程が不要となり、1プログラムに対して数分単位の時間短縮を可能にした。また、1ヶ所の操作端末から複数加工機へのデータ一括同時転送テストも問題なく行えることを確認した。これにより、プログラマー・オペレーターそれぞれの専任分担が始めて実現し、担当者がそれぞれの役割分担に専念出来るため、NC データ作成時間における加工機停止時間および段取時間の減少が見込まれ、その結果、機械稼働率が向上し加工工程時間短縮が可能となった。

リクエスト機能により加工機の操作画面や LAN 接続されたネットワーク PC からのデータ転送操作が可能となった。

また、従来方式では無人運転時におけるデータ送信エラー等のトラブルによる加工異常終了を時間ロスなく確認することは不可能だったが、DNC では携帯電話へのメール通知機能により稼働状況の把握が可能となり、トラブル対応時間の短縮には効果大と考えられる。

(4) 加工技術の高度化に関する技術開発

①高精度加工技術の開発

仕上加工において、高度な精度設定を行うことによって、高い形状再現性を有し、かつ、均一な構成点を有する NC データの作成が可能となり、後工程の磨き・手仕上げ工程時間を短縮した。

②高速加工技術の開発

荒取加工においては、NC データにおける G01 長さの均一化による主軸の加減速の変動低下により、実機での加工時間の短縮が確認できた。

一方で主軸の加減速による速度変動低下の副次的効果である工具への加工負荷の安定化により工具摩耗の減少が確認された。

③工具性能・耐久性向上技術の開発

取残し量の検出精度の向上および取残し加工における

- ・角度判別による加工方法の最適化
- ・鋭角切削部への R 挿入処理の追加
- ・切削追込み量および回数

等のパラメータ設定を行うことで、エアカットによる加工時間の増大や、想定外の工具への加工負荷による工具破損の発生を未然に防ぎ、加工安定化と加工時間ロスの防止の両立が可能となった。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

新潟市中央区万代島5番1号

財団法人 にいがた産業創造機構

産業創造グループ シニアエキスパート 天城 和哉

TEL:025-246-0068 FAX:025-246-0033

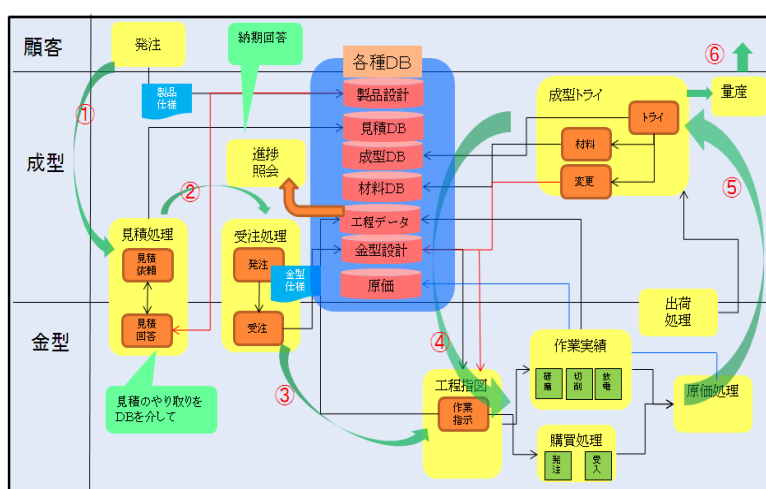
第2章 研究開発内容

2-1 工程最適化に関する技術開発

金型製造におけるプロセスを最適化するうえでは、金型製造工程のみならず、川下事業者との密接な工程情報の交換が必要となる。川下事業者での受注から金型製作・成形開始までを一体のプロセスと考えた。

つまり、顧客→成形業者→金型業者→材料仕入先・外注加工業者までに介在する各プロセスにおいて、次章以降において説明する課題を研究することで工期短縮／コスト低減がどのように図れるのか、その手法を検討した。

現行業務プロセスに研究課題を取り込んだ以下のような流れを想定作成し、そのフローを前提に業務を詳細に分割して研究に取り組んだ。(図 2-1)



業務の流れ ①→②→③→④↔⑤→⑥ (図 2-1)

左記フローにおいて、金型製作の短納期化への対応策として、

- ① 設計および加工工程の所要時間短縮
- ② 各工程内の空き時間(待ち時間)短縮
- ③ 三次元測定器の導入による出荷前検査の精度向上を図り工程戻りを削減、減少

④作業の細分化による工程着手の早期化、などの方法が考えられ、それぞれをどのように組み合わせることで最適となるか研究開発を行った。

また、成形及び金型製作プロセスの各工程実績を収集・活用することで、プロセスの評価、再構築を迅速に実施することができる。したがって、どのような実績をどのように収集すべきか、またそれをどのように再利用すれば低コスト化、短納期化に資することとなるか、その方法を研究する。このとき、案件ごとに迅速にかつ誰でもが判断でき、工程設計を行うことができることを考慮した。

このためには、過去の類似金型生産実績、要求納期、生産実態(設備稼働状況、要員負荷状況、材料手配状況など)を総合的に考慮することが必要となり、そこにITを活用することにした。

業務工程を以下の7つに分類し、それぞれの業務毎にその作業を分割し、実際の運用における評価ポイントとして5つの項目にわけ、点数評価並びにコメント評価を行うことで実施した。

評価ポイントグラフは、各項目をいくつかに集計平均した値で評価した。

(検証シナリオに基づく評価)

《評価ポイント》

運用：使い勝手、操作性

安全：データ保全、間違い防止

品質：実務の質、データ活用性（蓄積、検索、実務への反映）

コスト：金銭

時間：作業時間

《評価点》

2：効果大 1：効果あり 0：変わらず -1：悪化

①見積処理

顧客から成形業者への見積作業とその回答、及び金型業者への金型見積依頼に関する作業。

②発注処理

成形業者から金型業者への金型製作発注に関する作業

③金型設計

- ・発注にもとづく金型設計に係る作業
- ・T O 前での設計変更に伴う作業
- ・T O 後での設計変更に伴う作業

④工程管理

- ・金型製作における作業指図
- ・材料手配
- ・材料受入
- ・実績管理
- ・進捗管理
- ・加工作業における自動化
- ・加工作業における精度向上化

⑤成形トライ

成形トライに係る作業並びにトライに係る経費の集計

⑥原価計算

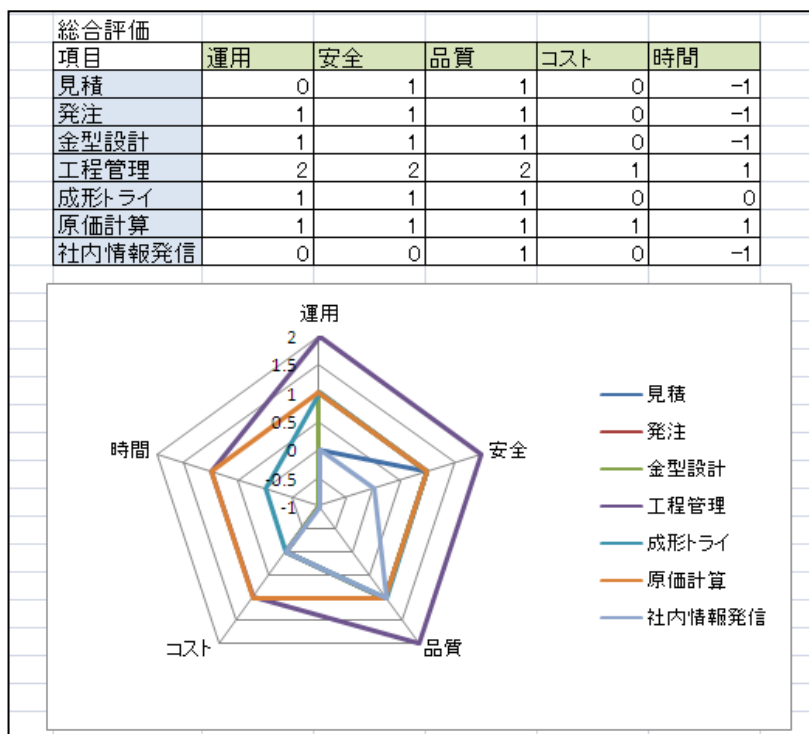
金型製作に要した原価集計・分析

⑦社内情報発信

業務全般において、社内における各種情報発信に係る作業

各プロセスを総括して評価ポイントした結果は以下の通りとなった。(表 2-1)

(表 2-1)



①基本的にはデータベース構築によるデータ登録が主体であったため、データ登録によるデータの保全性、検索性が向上した。しかし、登録自体に時間がかかるという傾向が随所に見られ、その操作性、及び習熟度合の見極めが必要と判断し、次期研究課題として取り上げることとした。

また、流用性に関しても、研究期間が短く、データ蓄積がほとんどできなかったため実証検証に値するまでにはいかなかった。今後実運用していきながらデータ蓄積が進むにつれて効果が表れてくると推測されるに留まった。(見積情報・金型情報・成形情報等)

②工程管理・原価計算については、顕著に効果が表れた。指図作業においては、金型受注からの設計図・正式図面、CADデータからの部品展開、作業指図、発注作業という一覧の作業がスムーズに流れ、事務作業全体が効率化された。

③加工作業においてDNC導入による複数加工機へのデータ伝送、DNCマシンからのエラーデータメール受信を実現させたことによる効果として、

- ・一担当複数機対応による加工機稼働率の向上
- ・エラーデータの遠隔地確認による異常終了検知のロスタイムの解消
- ・作業者のプログラム・オペレータ作業からの分離による、待ち時間・段取り時間の短縮が見込まれ、さらに研究を重ねることで加工時間全体での時間短縮を図ることが可能と思われる。

④原価計算は、加工指図に一貫の作業として処理することで、自動的に原価データとして集計され、原価集計にかかる作業時間を短縮した。また、類似案件での見積時の参考原価としても流用でき、見積精度向上へ期待できると判断した。今回の研究では、時間的制約もあり、検証データ不足ではあったが、どのプロセスのどの部分を改善すべきかのポイントを押さえることはできた。今後実運用を兼ねてデータベース情報への登録量を増やしていくことで、登録検索機能の操作性や、登録過程までの業務改善点を顕在化させ、工程最適化を進展させる。また、実際の金型製作に関してはさらに研究を重ねることで、加工時間全体の短縮を目指すこととした。

2-2 各種データベースの構築及び活用に関する技術開発

成形・金型製作における短納期・低コスト化に対応する手法の確立に向け、各種ノウハウ等のデータベース化に関する課題について、「設計データベースの構築」、「材料データベースの構築」、「成形データベースの構築」の研究により解決方法を検討した。各種ノウハウ(金型開発・金型製作・成形などに必要な技術や知識などの情報)が担当者の経験やスキルに依存していることから、各種ノウハウの情報整理および情報活用のため「標準化」や「各種情報のデータベース化」が有用であると考えた。

これらのことを踏まえて、下記における分野別課題の研究を進めた。

①データベース構築による各種情報の蓄積と活用方法の検討

金型発注元 ⇒ 成形業者 ⇒ 金型業者までの各工程における重要情報の蓄積と情報伝達を安全に効率的におこなうためのデータベースを構築する。

「設計データベース」、「材料データベース」、「成形データベース」は、1社単独での完結情報でなく、各社での情報共用による業務効率化を目指し、共用データベースとして構築し、企業間でのアクセス権を設定し、関係者以外の閲覧を抑止する仕組みを検討した。

②設計データベースの構築

これまで金型設計に関する技術的情報は、金型業者及び成形業者が必要に応じて(金型設計の都度)情報収集や情報交換を行っていた。

情報収集や情報交換においては、過去類似金型の書類探し・担当技術者へのヒアリング・材料への問合せ・仕様打合せ会議・仕様書作成など多岐にわたり、金型受注～金型設計着手までの時間や手間がかかっていた。

これらの問題解決のため、金型設計におけるノウハウを蓄積し、金型業者及び成形業者で共有することで、類似条件での設計不具合の発生防止及び設計効率の向上に有効なデータベースを構築する。

③材料データベースの構築

金型鋼材及び被成形材の特性を調査し、これらの情報を整理することにより、情報収集の時間短縮が期待できると考えた。これらの問題解決のため、金型及び被成形

材の材料特性に関する情報を蓄積し、金型業者及び成形業者で共有することで、材料特性に起因する製造不具合の発生防止に有効なデータベースを構築する。

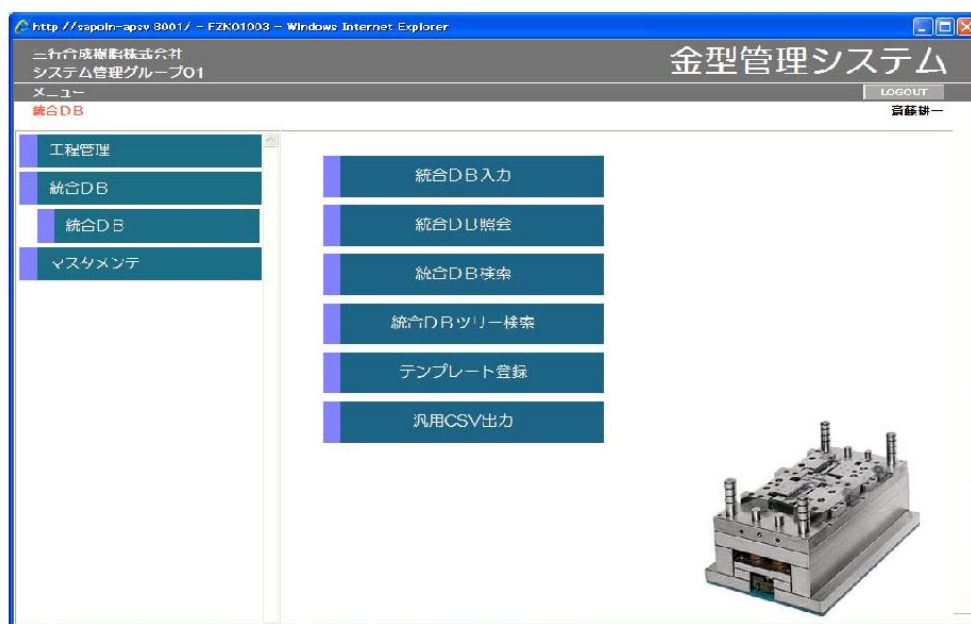
④成形データベースの構築

材料特性(難燃性樹脂の腐食性ガスの発生と金型対策・ガラス繊維含有樹脂による摩耗と金型対策など)や金型の品質(製品寸法、外観品質、成形性など)の情報は、成形業者から金型業者へ修正依頼書や不具合連絡にて情報伝達されて、金型の修正をしていた。これらの情報を、金型の試作成形から量産成形(実績)まで一貫して情報収集し、活用・評価することにより、新規金型の設計情報へフィードバックすることを検討した。これらの問題解決のため、材料特性、金型履歴、製品形状に関わる設計情報・成形条件及びトライ結果等を蓄積し、金型業者及び成形業者で共有することで、材料特性や製品形状に起因する成形不具合の発生防止に有効なデータベースを構築する。

金型製作に必要な情報として「設計データベース」、「材料データベース」、「成形データベース」があるが、これらを各社で情報共用する環境として、共用データベースを構築し、企業間でのアクセス権を設定し、関係者以外の閲覧を抑止する仕組みを検討した。

ユーザーの利便性を考慮して、共用データベースの機能としては、「業務フローに関連した登録・参照手法」、「テンプレート使用による入力統一」、「参照リンク付け」、「添付ファイルの全文検索」などが必要と考えた。

仕様検討を繰り返し行い、共用データベースを「金型管理システム-統合 DB」として構築した。構築した「金型管理システム-統合 DB」のメニュー画面を以下に示す。(図 2-2)



(図 2-2 「金型管理システム-統合 DB」のメニュー画面)

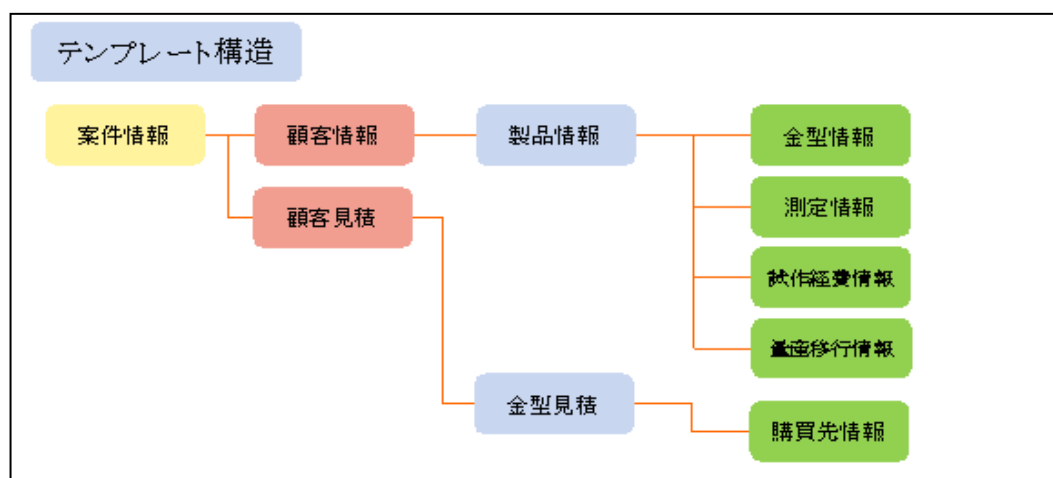
各情報の登録は、「テンプレート(情報の入力先)」に行うこととし、システム利用者が容易に情報登録・参照できるように利便性を重視して設計を行った。

また、「テンプレート」はシステム利用者がデータ項目を追加できるようにし、運用中でのテンプレート設計の改良が可能な仕様とし、システム変更工数の削減が期待できる。テンプレートの一例を以下に示す。(図 2-3)

The screenshot shows a web browser window with the URL 'http://aspin-opav/B901/98Screenid-FNA02003 - FNA02003 - Windows Internet Explorer'. The page title is '三行合成樹脂株式会社 システム管理グループ01'. The main content area is titled '登録' (Registration) and '新登録' (New Registration). It contains a form for entering data, with fields for '会社' (Company), '分類' (Classification), '名称' (Name), '表示順位' (Display Order), and a table for '項目' (Items). The table has columns for '項目' (Item), '内容' (Content), '出力/入力' (Output/Input), '情報公開' (Information Disclosure), and '削除' (Delete). The table lists items like '顧客名' (Customer Name), '工場名' (Factory Name), '顧客担当(営業)' (Customer Representative (Sales)), '顧客担当(技術)' (Customer Representative (Technical)), '顧客見積' (Customer Estimate), '製品仕様' (Product Specification), and '引合内容' (Quotation Content). Each item has a checkbox for '出力/入力' and a '削除' button. At the bottom, there are buttons for '開じる' (Open), 'キャンセル' (Cancel), '修正' (Modify), and '削除' (Delete). A footer note says 'Copyright (c) 2005-2010 株式会社RSNアイネット All Rights Reserved'.

(図 2-3 「金型管理システム-統合 DB-案件情報」のテンプレート画面)

「業務フローに関連した登録・参照手法」や「テンプレート使用による入力統一」については、テンプレートの構造を(図 2-4)のように設計することでテンプレート情報の関連付けが可能となった。



(図 2-4 テンプレート構造例)

「金型管理システム-統合 DB」の構築により「設計データベース」、「材料データベース」、「成形データベース」などの、各種ノウハウの情報が整理されて蓄積可能となった。

過去に製作した金型における情報は整理されていないので、「金型管理システム-統合 DB」への情報蓄積を行うか検討が必要である。

今後は、この情報を金型の試作成形から量産成形(実績)まで一貫して情報収集し、活用・評価について検討することにより、これらの情報を新規金型の設計情報へフィードバックすることが理想的だと考える。

短期間でデータベース構築およびデータ入力であったので、現状では蓄積されたデータが少なく、運用継続が必要であり、情報公開機能やデータ検索方法、データ蓄積などは、今後の運用次第では「金型管理システム-統合 DB」のシステム拡張や変更が必要と考える。

他のシステムやファイリングされて散在している「金型」に関する情報をさらに整理して、情報照会の効率化や標準化により、業務スピードの向上を目指す。

2-3 情報統合化に関する技術開発

2-3-1 リアルタイム工程管理技術

新たに工程管理ソフトを活用することで、

- ・設備稼働率の把握と負荷調整
- ・ネットワークを介してのスケジュール状況をリアルに表示することでの円滑な受注・納期調整
- ・工程進捗把握による納期厳守と負荷調整
- ・作業実績収集による原価把握と類似案件見積での精度向上

を実現し、納期短縮・コスト削減を可能とする。

具体的には、

- ① 金型製作工程に特化した工程管理システムの開発
 - ② 金型製作にかかる原価管理システムの開発
- を実施する。

上記金型管理システムの導入により、加工工程においてどのような効果が得られたかを検証するため、金型管理システムの導入前後における比較検証を行った。

比較検証の手法としては、金型を数種類のパターンに分類し、各種類の金型におけるそれぞれの工程に対する効果について検証を行うこととした。金型のパターン分類においては、金型製作時間に影響を与える要因を抽出し、それらを組み合わせたものを金型管理システム導入以前および導入以後の金型に当てはめることとした。金型製作時間に影響を与える要因については検討の結果、以下の4項目を抽出した。

①製品サイズ

他の要因を除外すれば基本的には製品サイズの大型化に伴って金型製作時間を要する傾向を示す。製品サイズにおいては、金型製作実績を考慮して大・中・小・極小の4パターンに分類した。

②スライドコア

金型の製作難易度は金型製作時間に大きく影響するが、製作難易度の指標の1つに金型構造が挙げられる。金型構造の難易度は製品におけるアンダーカットの有無、つまりスライドコアの有無に関係する。

③プレート数

製品(成形品)のゲートの種類は最終顧客からの要望や成形性を考慮して決定されるが、ゲートの種類は主にモールドプレートの構造およびプレートにおける加工内容に関係することから、金型製作時間に影響を与えることとなる。

④入れ子材

入れ子材は主に、成形材料の特性や金型のライフサイクルにより決定されるが、概略、真空焼入れ処理の有無に大別される。真空焼入れ処理を行う入れ子材の場合、基本的には、焼入れ処理工程で発生する寸法狂いを防止するため、切削仕上加工の前段階で焼入れ工程を行う必要がある。よって、焼入れ処理を行う場合は、段取りも含めて焼入れ工程分だけ焼入れ処理を行わない場合よりも工程が多くなり、更には、焼入れ工程による材質硬度上昇に伴い、後仕上加工において加工効率が低下するため、より金型製作時間は増加することになる。

金型管理システム導入後における金型製作実績は10型であった。これらを上記要因と組み合わせて金型分類パターンを作成した。金型管理システム導入後における金型分類パターン一覧を表2-2に示す。結果、金型管理システム導入後においては、5パターンに分類されることが判明した。

(表 2-2 金型分類パターン一覧(金型管理システム導入後))

製品サイズ	スライドコア	プレート型	入れ子材	分類コード
大 500以上	なし	2	焼入なし	
			焼入あり	
		3	焼入なし	
			焼入あり	
	あり	2	焼入なし	
		3	焼入あり	A(3型)
中 200～500	なし	2	焼入なし	B(1型)
			焼入あり	
		3	焼入なし	
			焼入あり	
	あり	2	焼入なし	
		3	焼入あり	D(2型)
小 200以下	なし	2	焼入なし	
			焼入あり	C(2型)
		3	焼入なし	
			焼入あり	
	あり	2	焼入なし	
		3	焼入あり	E(2型)
極小 10以下	なし	2	焼入なし	
			焼入あり	
		3	焼入なし	
			焼入あり	
	あり	2	焼入なし	
		3	焼入あり	

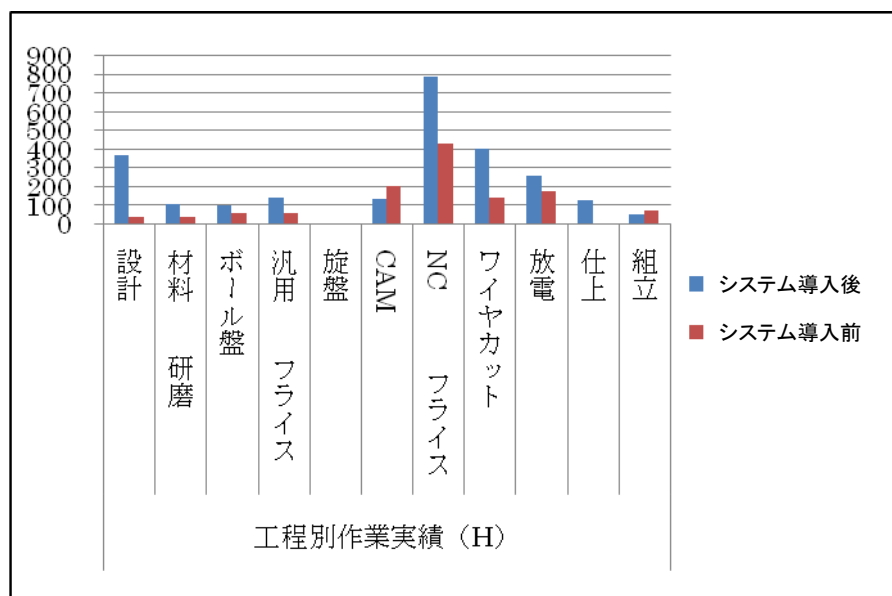
同様に、金型管理システム導入以前においても金型のパターン分類を行った。金型管理システム導入以前においては、加工設備の能力を考慮し、2007年以降分で集計を行った。金型管理システム導入以前の金型分類パターン一覧を表 2-3 に示す。

(表 2-3 金型分類パターン一覧(金型管理システム導入前))

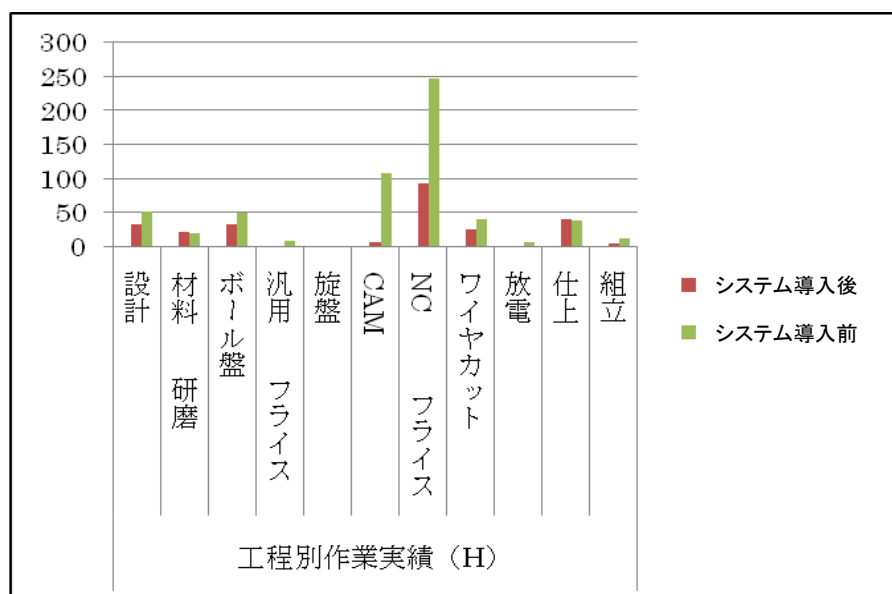
	分類A	分類B	分類C	分類D	分類E	分類対象外	合計
2007年	2型	—	2型	7型	7型	58型	76型
2008年	1型	—	14型	10型	5型	38型	68型
2009年	—	1型	10型	2型	7型	40型	60型
合計	3型	1型	26型	19型	19型	136型	204型

集計の結果、上記分類に該当するのは 68 型と製作実績全体の約 37%であった。分類においては、分類 C～E への偏りが確認されたが、この偏りの傾向は製作実績と同様の傾向を示していた。つまり、このボリュームゾーンに対して金型管理システムによる効果が確認されることが理想的であると考えられる。

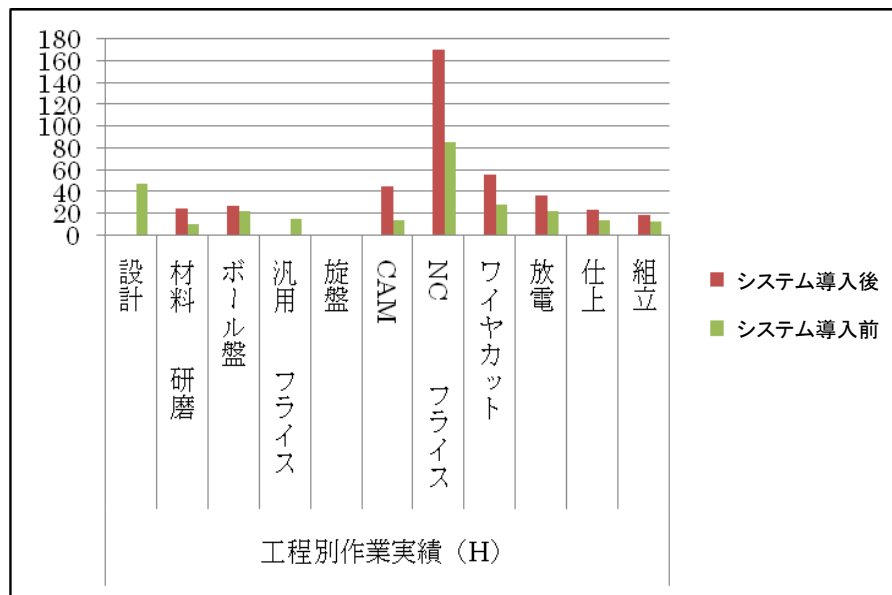
以上より、金型分類パターンおよび金型製作実績の集計結果をもとに、各分類パターンにおける金型管理システム導入前後の工程別作業実績の比較を行った。分類 A～E までの比較結果を図 2-5～図 2-9 に示す。



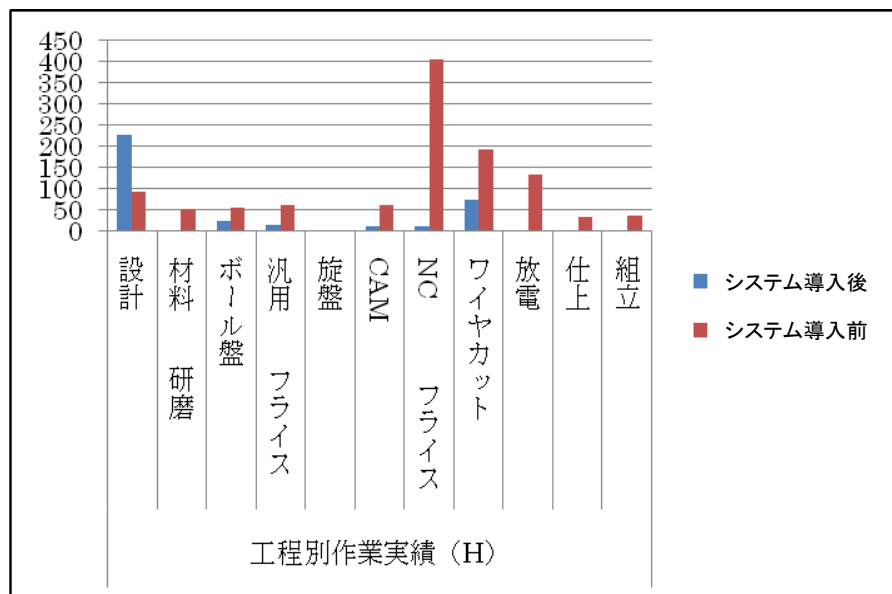
(図 2-5 工程別作業実績比較(分類 A))



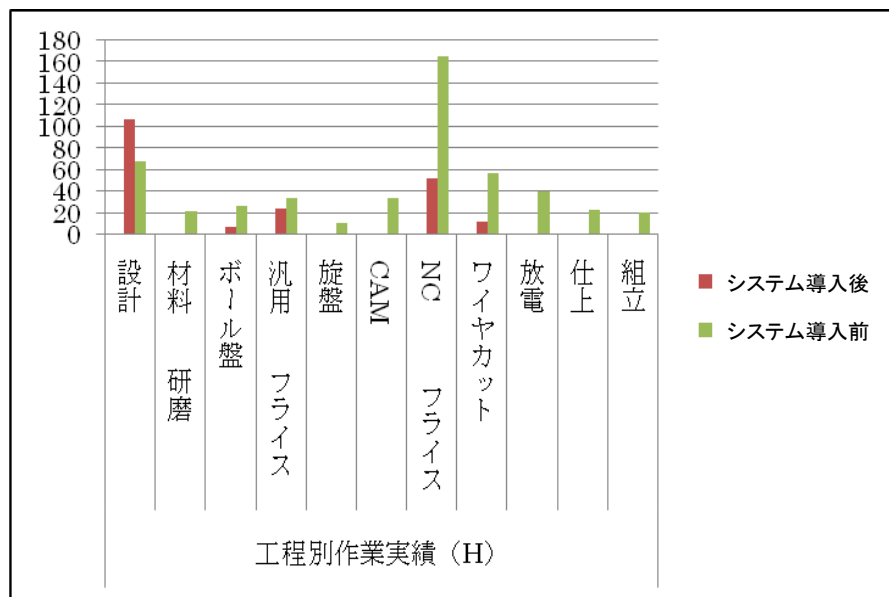
(図 2-6 工程別作業実績比較(分類 B))



(図 2-7 工程別作業実績比較(分類 C))



(図 2-8 工程別作業実績比較(分類 D))



(図 2-9 工程別作業実績比較(分類 E))

金型分類パターンおよび金型製作実績の集計結果をもとに、各分類パターンにおける金型管理システム導入前後の工程別作業実績の比較を行った。なお、今回の比較検証においては、金型管理システム導入後の金型製作実績が不十分であるため、十分な比較検証を行うことが出来なかったが、概ね以下の傾向が確認された。

- ① 分類の種類によりシステム導入の効果に差があることが確認された。この傾向は、金型製作実績のボリュームゾーンとそれ以外との大まかな分類と概ね同様である。よって、金型製作実績が多い、つまり得意とするゾーンにおいては、システム導入の効果がある程度は期待出来るという可能性が考えられる。
- ② システム導入による効果が確認された分類においては、NC フライス作業の時間短縮が顕著に表れている。この結果は、後述する DNC および新型 CAM における機械稼働率の向上や加工時間の短縮による効果も考えられるが、それらの効果は現時点では限定的と推測され、基本的には金型管理システムによる工程管理の効果と考えられる。また、NC フライス作業の後工程である放電加工や仕上工程における作業時間の減少が見られたのは、後述する新型 CAM の副次的効果と推測される。
- ③ 全体的にシステム導入による効果が確認された工程は機械が関係する工程である。今後、更なる効果を追求することを考えた場合、作業担当者のスキルに依存する工程についても検討する必要があると考えられる。特に現状は設計工程が金型製作時間を決定する上で重要な要因となっているので、今後の課題として設計工程における更なるシステムの有効活用についての検討を行う予定である。現状では希望とする分類に該当する案件を受注出来るとは限らないが、金型管理システムについては、今後とも引き続き運用して実績データを蓄積・分析し、更に精度良い検証を行っていく予定である。

工程管理を実施することは、部品単位での工程作成を行うことであり、それは時間と手間を要し工程作成者への負担増となった。また、従来の経験値に基づく工程所要時間での設定では、実績にかなりの差が出ることがわかり、精度的にはまだまだ不十分であった。しかし、工程管理を導入したことで、

- ①円滑なスケジュール調整と進捗把握に要した工数の削減
- ②材料手配ミス(誤発注、発注漏れ)の削減
- ③原価実績の収集による事務効率化と原価参照による見積精度の向上と見積時間の削減

を確認することができた。今後研究を重ねていくことで、効率良い入力手法の検討や運用習熟度の向上をはかり、工程管理の精度向上とコスト削減を目指す。

2-3-2 企業間ネットワーク技術開発

①セキュリティを強化した CAD/CAM データ送受信の実現

現在は、CAD データ等の送信は、メールへの添付又はフリーのデータ交換サイトを利用して行っている。しかし、メールへの添付忘れ、別データや古いデータの添付、送信先誤りなどにより、適切に CAD データが送信できない恐れがある。また、フリーのデータ交換サイト利用ではセキュリティ上の課題が多く、金型製造における基幹データの消失、改ざんの危険性も孕んでいる。

- ・セキュリティの強化された回線およびデータ交換用サーバの構築
- ・安全確実に CAD 等のデータ送受信を実現するシステムの開発

②川下事業者との情報共有・利活用技術の開発

- ・共通コードによる金型情報の共有化の実現
- ・製品からの成形受注から最終出荷までの工程情報共有化実現
企業間での共用データサーバを構築し、図面データ等の検索効率アップ、リアルタイムのデータ更新による設計効率アップ、過去の実績に基づいた見積書の作成効率アップを図る

《データ添付の仕組み》

考え方:

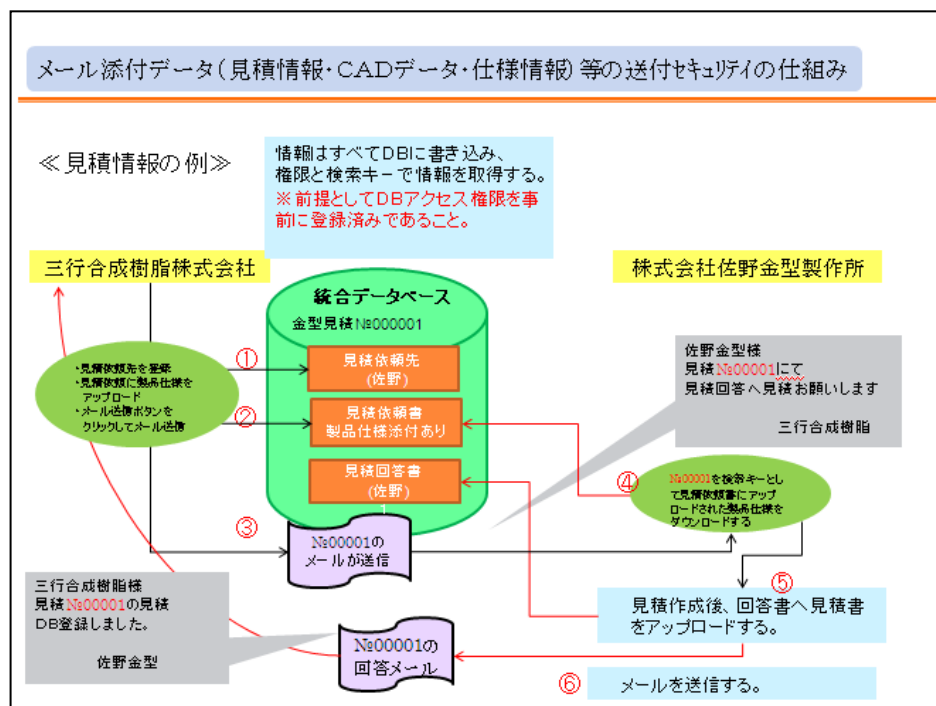
成形業社(三行合成樹脂)

- ① 統合データベースに見積依頼先を登録(佐野金型)
- ② 見積依頼書にそれに紐づく製品仕様をアップロードする。(公開先を佐野金型と設定する)
- ③ 見積依頼先に設定してあるメール送信ボタンで見積依頼のメールが送信される。
金型業者(佐野金型)
- ④ メールに記載された見積依頼No.で、DB検索を行い見積依頼書の添付データをダウンロードする。

⑤ 見積作成後、見積回答書に見積書をアップロードし、公開先を三行合成樹脂と設定する。

⑥ メール送信する。

以上の流れを踏まえた概要図(図2-10)を以下に示す。



(図2-10 概要図)

ネットワークを使用するの相互情報交換については、予想通りの結果が得られた。

特にデータの機密性の確保・活用性を考慮した仕組みとして、

- ・ネットワーク自体でのセキュリティの確保(VPNワイド、ファイヤーウォール)
- ・データベースサーバアクセスにおけるログイン制限(会社/担当者ID/パスワード)
- ・登録データ情報の個別公開・アクセス制限(公開、更新、非公開の設定)
- ・データベースからの直接メール送信(添付データはDBへアップロード)

を備えており、川下業者一体となる情報共有・効率化に十分有効な手段となり得ることがわかった。

今後の課題としては、

- ・DB登録への時間短縮(操作性、運用性の改善)
- ・見積回答でのメール送信が、DBから直接できない(メール送信はメールソフト)を次年度研究することでより効果が期待できると思われる。

2-3-3 遠隔操作技術及び自動加工技術の開発

DNC 方式ではメディアへの NC データコピー工程が不要となるため、1 プログラムに対して数分単位の時間短縮が可能となる。また、1 ヶ所の操作端末から複数加工機へのデータ一括同時転送テストも問題なく行えることを確認したが、これにより加工機毎の操作端末やオペレーターが不要となり、一人のオペレーターで複数の加工機操作が可能となる。このことにより、プログラマー・オペレーターそれぞれの専任分担が初めて実現し、担当者がそれぞれの役割分担に専念出来るため、NC データ作成時間における加工機停止時間および段取時間の減少が見込まれ、その結果、機械稼働率が向上し加工工程時間短縮が可能となる。また専任作業によってプログラマー・オペレーターともに作業員間のバラつき(個人差)が抑えられ、結果として仕事の質の向上にもつながることが期待出来る。作業員の専任分担については、今後、時期を見計らいながら逐次実施していく予定である。

DNC の操作性においては、リクエスト機能により加工機の実操作画面や LAN 接続されたネットワーク PC からのデータ転送操作が可能となっており、加工機毎に設定している NC データを従来通り使用出来ることから、現場作業員からも良好な評価を得た。DNC 導入初期においては、従来からの方法も併用出来るように設定したが、現在はすべての加工機において DNC 方式に円滑に移行済みとなっている。

また、従来方式では無人運転時におけるデータ送信エラー等のトラブルによる加工異常終了を時間ロスなく確認することは不可能だったが、DNC では携帯電話へのメール通知機能により稼働状況の把握が可能となっている。

ちなみに、現時点までで運用時の送信エラーの事例は確認されていないが、トラブル対応時間の短縮には効果大と考えられる。更に今回は、DNC に無停電電源(向上 S)を追加することで、従来発生していた瞬間停電によるデータ転送トラブルを未然に防止出来ており、一層のデータ転送の安定性が図れている。

DNC 導入により、NC データの転送ミスによる設備稼働停止リスクの回避およびデータ転送状況の監視による切削加工時間の時間ロスの低減が実現出来たことが確認出来た。

一方で、加工機運転時の加工トラブルには、NC データ転送エラー以外に工具破損による時間ロスが挙げられるが、工具破損の監視を行うには、加工機主軸からの加工負荷情報をモニタリングする必要がある。今回導入した DNC システムにおいては、拡張機能で対応可能であるため、今後の課題として検討の余地はあると考えられる。(現時点では未対応)

プログラマー・オペレーターそれぞれの専任分担を実現し、担当者をそれぞれの役割分担に専念させることで、NC データ作成時間における加工機停止時間および段取時間を減少させ、また、機械稼働率が向上することで加工工程時間短縮をはかる。また専任作業によってプログラマー・オペレーターともに作業員間のバラつき(個人差)が抑えら

れ高品質な製品供給を目指す。なお作業者の専任分担については、今後、時期を見計らいながら逐次実施していく予定である。

DNC に無停電電源(向上 S)を追加することで、従来発生していた瞬間停電によるデータ転送トラブルを未然に防止出来ており、一層のデータ転送の安定性が図れている。

2-4 加工技術の高度化に関する技術開発

金型製作工期短縮を実現するためには金型製作における各々の作業工程に要する時間を短縮することが必要である。作業工程は機械化された工程と人手による工程に大別されるが、人手による工程は担当者のスキルに依存するため工程時間短縮の早急な対応は困難であると推測される。一方で機械化された工程においては担当者のスキル以外の部分での工程時間短縮の可能性の余地は残されていると考えられることから、今回は機械化された工程をターゲットに工程時間短縮を目指すこととした。

ターゲットとする工程に関しては、現時点では機械化された工程において切削加工工程が最も多くの時間を占めている事実を踏まえ、切削加工時間の短縮が金型製作工期の短縮に有効であると総合的に判断した。

切削加工に関しては高速加工機(株式会社牧野フライス製 V33)を既に導入しており、導入前と比較して大幅な時間短縮を実現出来ているが、切削加工時の工具への加工負荷変動に起因する加工速度の低下・工具破損・加工面品質の低下等のトラブルにより、高速加工機のメリットを十分に生かし切れておらず、これらのトラブルへの対応が課題となっていた。

今回は対応策として加工時における工具の軌跡(加工パス)に着目し、新たに別のCAMを導入して加工パスの改善を図ることで工具への加工負荷の均一化を目指した。これにより加工速度を高速側へ引き上げることが可能となり、切削加工時間の短縮が実現出来る。また同時に加工面品質が向上出来るため、放電加工、磨き・手仕上げ加工、組立作業等の後工程における工程時間短縮への波及効果によってトータルでの工期短縮も期待出来ると考えられる。

そこで今回、様々な金型・工作機械・工具に各々対応した切削加工時の工具にかかる負荷を一定に近づける NC データ作成手法を研究開発した。

研究開発の課題は以下の通りである。

①高精度加工技術の開発

磨き・手仕上げ工数の削減を行うため、加工負荷を均一化し、刃物のチップング・ビビリを抑え、表面仕上げ品質を向上させる技術を開発する。

②高速加工技術の開発

工作機械の送り速度は通常、高負荷側に合せて低速度の設定としている。そこで、加工負荷の均一化により工作機械の制御による加減速を抑え、送り速度を高速側への設定にすることで加工時間を短縮する方法を研究する。

③工具性能・耐久性向上技術の開発

加工中の工具破損による加工ロスを防止するため加工負荷の均一化を図り、工具寿命・耐久性向上を図る方法を研究する。また、工具寿命を管理し事前に代替工具の準備などによる工具交換ロスを最小限とする管理方法も研究開発する。

2-4-1 高精度加工技術の開発

・薄肉リブ電極の加工

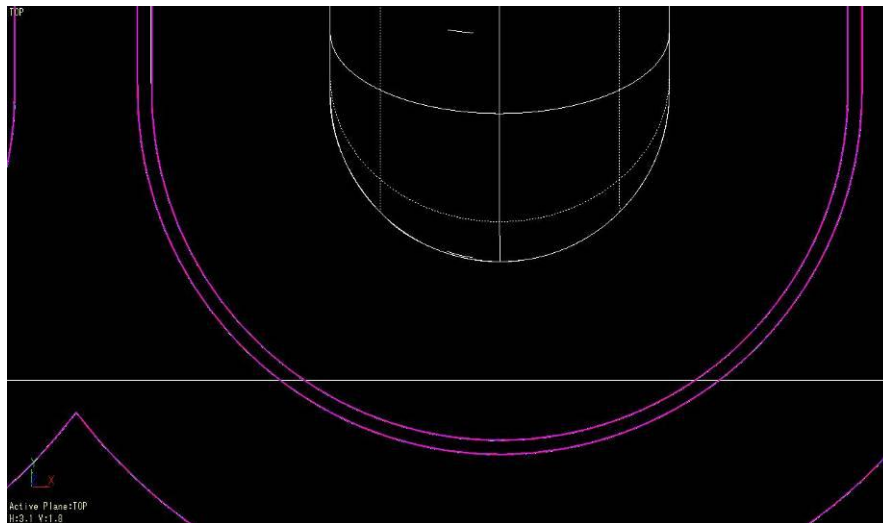
加工においては従来 CAM および CAM-TOOL とともに同一の切削条件にて工具破損やワーク形状の破損は確認されなかった。

図 2-11 に示す加工パスによる立ち壁の形状比較評価を行った結果、従来 CAM においては、図 2-12 に示すように、加工精度を仕上精度としたにも関わらず、R 曲面部では R 形状を削りとった或いは削り残しのような多面体の状態となっており、R 形状が正確に再現されていないことが確認された。精度設定に関しては、過去に実施した切削テストの結果において、精度を現状以上に細かくすることは無意味であったことより上記状態の改善は困難と考えられる。更には、立ち壁部の光の反射が左右にブレていることから、上記多面体の状態はそれぞれの Z 位置で異なっており、Z 位置毎に加工パスの構成点の配置が異なっていると推測される。このような Z 位置毎の構成点配置の変化が立ち壁部における工具加工痕の発生に起因すると推測される。

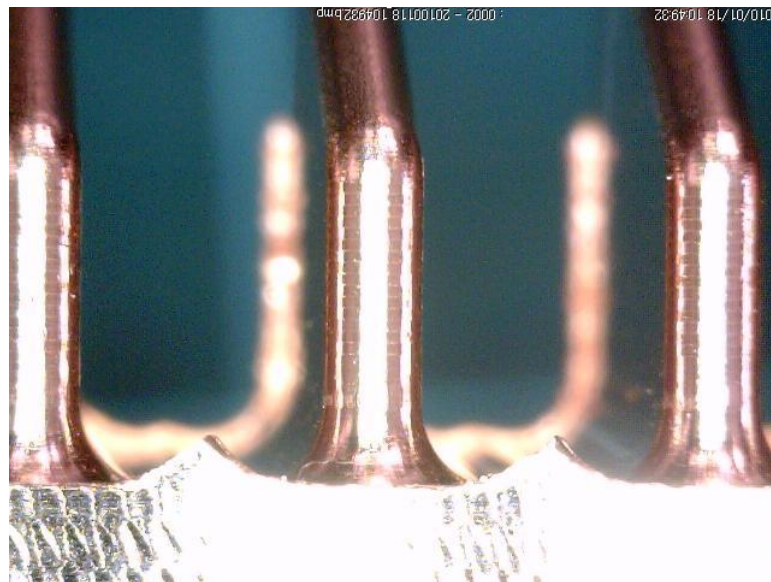
一方で CAM-TOOL においては、図 2-13 に示すように加工精度を仕上精度に設定すると同時に曲率に関する精度設定を追加することで、加工面は滑らかな R 曲面部を有しており、高い形状再現性が実現されている。更には、立ち壁部の光の反射にブレが確認されないことから、均一化された加工パス構成点が実現されていると推測される。

以上のことから、従来の仕上精度による高精度加工は十分に可能であるが、高精度加工においては面粗度、曲率判別角度、トレランスが同時に設定出来ることが必要条件であるため CAM-TOOL の優位性が確認された。

また、切削工程後の磨き・手仕上げ工程において、CAM-TOOL では高い形状再現性による作業効率向上に大きく寄与しており、結果、従来 CAM に対して 60%の時間短縮を実現している。

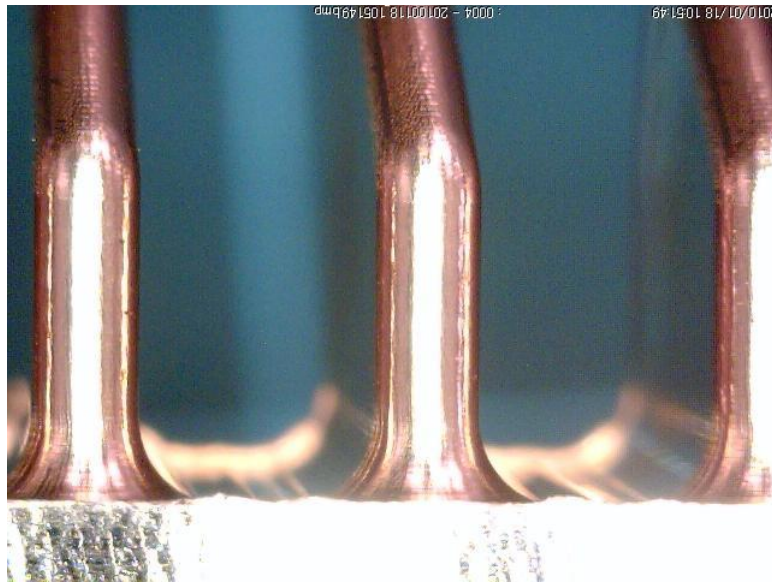


(図 2-11 立ち壁部加工パス(上面より表示))



(図 2-12 従来 CAM)

精度設定:トレランス(加工精度)0.001 加工時間:145min 磨き・手仕上工程時間:150min
--



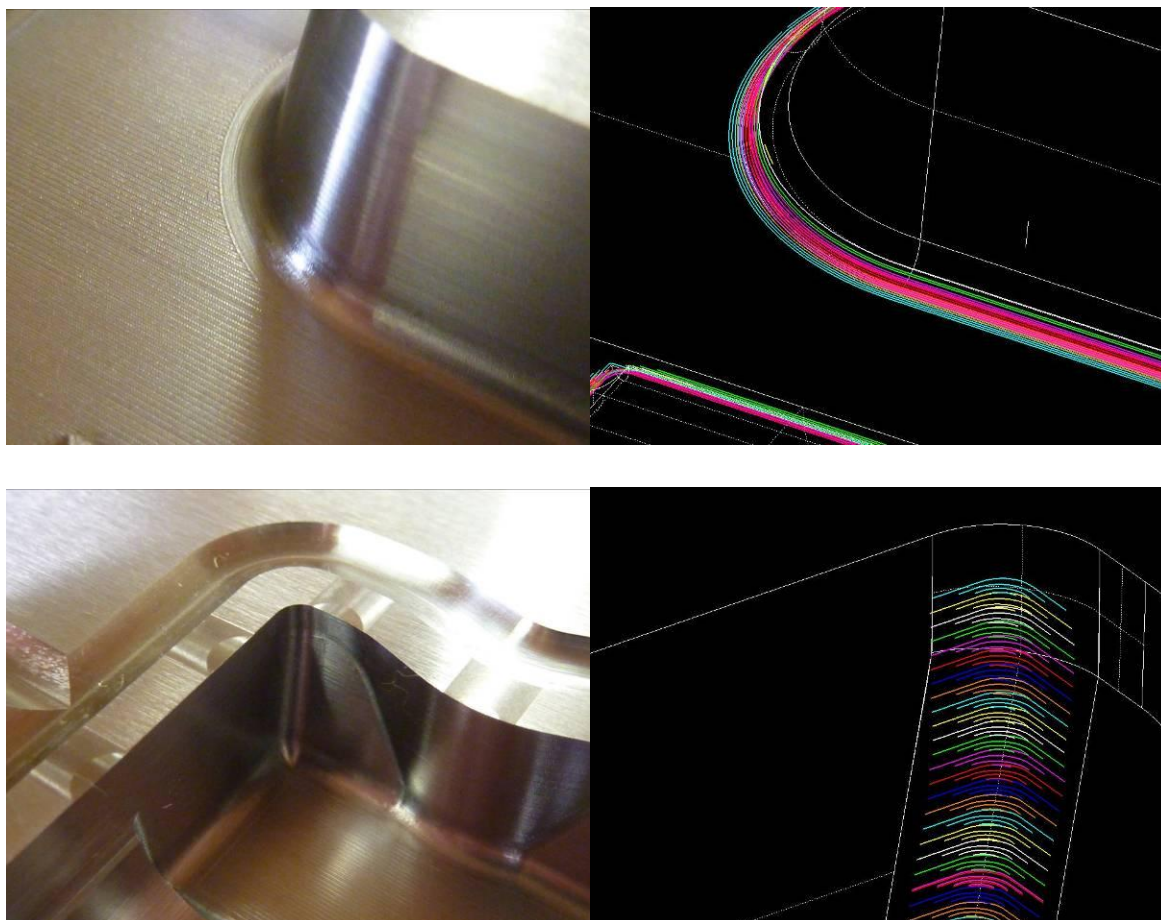
(図 2-13 CAM-TOOL)

精度設定: 面粗度 0.004 (加工精度 0.001 相当) + 曲率精度 (判別角度 5° + トランス 0.001) 加工時間: 190min 磨き・手仕上工程時間: 60min
--

・ 複数工具使用時の加工境界段差の改善

今回のワーク形状の加工においては、主加工工具径と最小工具径の差が小さく、また、最小工具がφ 2, L/D=6 であることから、加工条件としては標準条件が適応可能と考えられた。

結果、最小工具径でも工具破損は発生せず、問題なく加工を完了出来た。また、加工ワークへの食い込みやビバリ等の工具痕は確認されず、平坦部・立ち壁部共に良好な切削面が得られた。仕上加工における取り残し加工の加工パスの一部を図 2-14 に示す。

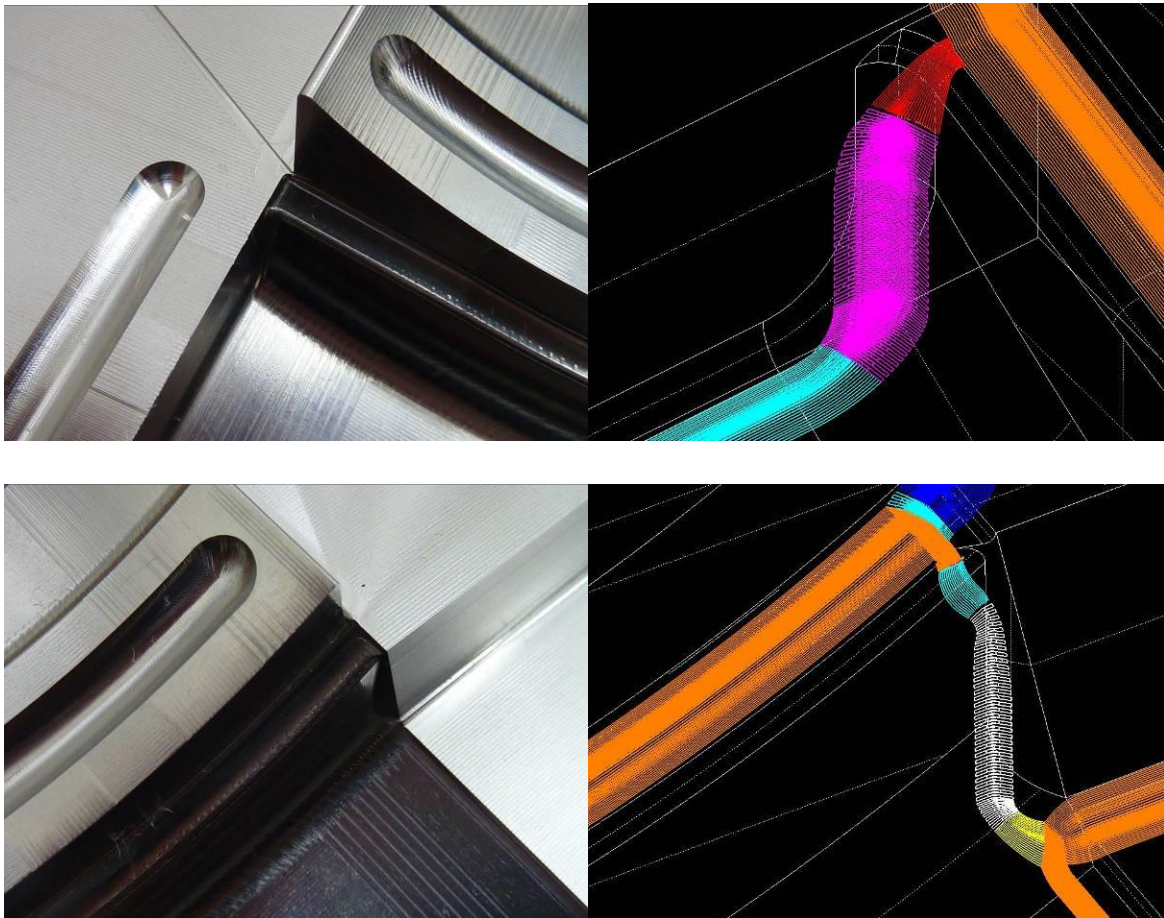


(図 2-14 取り残し加工における加工パス)

取り残し加工においては、図 2-14 の上段にあるように加工パスの乱れは発生しなかった。これは取り残し加工領域の検出精度が正確であることに起因すると推測される。また、図 2-14 の下段にあるように、取り残し部分に対する追い込みピッチ指定および外側から徐々に追い込むパス等の加工機能を用いることで工具への加工負荷の減少が可能となり、加工境界段差 0.01mm レベル以下に抑えることが確認出来た。

その結果、後工程の磨き・手仕上げ工程においても、従来の 2.5 日から 2 日と時間短縮が実現出来た。

その他、参考までに他の加工事例における CAM-TOOL による仕上加工時の取り残し加工パスの一部を図 2-15 に示す。



(図 2-15 取り残し加工における加工パス)

この加工事例における最小工具径は $\phi 1$, $L/D=8$ と今回の加工テストと比較すると厳しい加工条件であったが、工具破損を始め、ワーク形状への食い込みやビビリ等の工具痕は確認されなかった。また、加工境界段差は 0.01mm レベルを達成しており、後工程の磨き・手仕上げ工程においても従来の 4 時間から 1.5 時間と大幅な時間短縮が実現出来た。

以上のことから、仕上加工においても適切な追い込み加工を行うことで工具への加工負荷が減少し、加工境界段差 0.01mm レベルの良好な切削面を得ることが可能となる。

このことによって、後工程の磨き・手仕上げ工程の大幅な短縮が可能となり、結果として全体の製作工期短縮に大きく寄与することが確認された。

仕上加工においては、従来 CAM と比較すると高度な精度設定によって、高い形状再現性を有しかつ、均一な構成点を有する NC データの作成が可能となり、結果、後工程の磨き・手仕上げ工程において、元形状を維持した状態で短時間で容易に作業出来ることが確認された。

同様に、複数工具使用時の加工境界段差においても、追い込みピッチ指定や取り残し部分に対して外側から徐々に追い込む加工パス等の加工機能によって工具の加工負荷の均一化が可能となり、取残し加工における加工パスの乱れや加工負荷変動に起因する加工境界段差の改善が確認された。その結果、上記と同様に後工程の磨き・手仕上げ工程において工程時間短縮が実現出来た。

2-4-2 高速加工技術の開発

従来 CAM および CAM-TOOL の加工時間の比較を表 2-2 に示す。

(表 2-2 加工時間比較)

	従来CAM	CAM-TOOL
加工方法	一定ピッチ等高線 荒取加工2工程	可変ピッチ等高線 荒取加工1工程
計算加工時間	460min	363min
実機加工時間	570min	435min
時間比	1.24	1.20

結果、上記項目の全てにおいて CAM-TOOL の方が良好な数値を示した。

計算加工時間においては、従来一定ピッチで 2 工程を要していたものが可変ピッチによる 1 工程へ工程統合が可能となったこと、更にはエアカット削除および工具回避行動等の加工パスの最適化により時間短縮が実現出来たものと推測される。

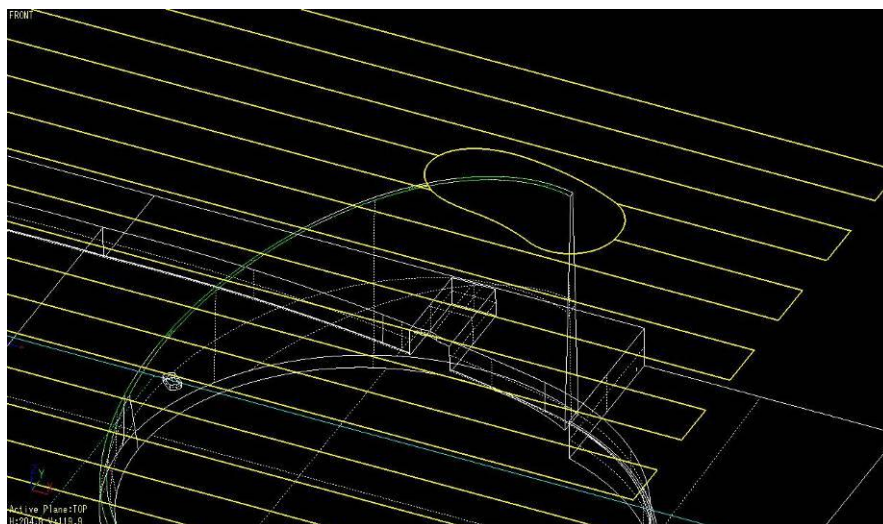
また、時間比(実機加工時間に対する計算加工時間の割合)において、CAM-TOOL の方が良好であったのは、切削加工速度が低下する割合が少なかったためであるが、これは NC データにおける G01 長さの均一化に伴う主軸の加減速の変動低下によるものと考えられる。この傾向は均一化された G01 長さに比例して顕著に現れると推測されるため、ワークサイズが大きい程、実機加工時間の短縮効果が期待出来るが、ワーク形状等により効果が必ずしも認められない可能性があるため、更に加工方法の最適化検討を行う必要があると考えられる。

今回のワーク形状では実施しなかったが、参考までに別の荒取加工方法の加工時間との比較および加工パスを表 2-3, 図 2-16 に示す。

(表 2-3 (参考)加工時間比較)

加工方法	可変ピッチ等高線 荒取加工1工程	(参考)走査線 荒取加工1工程
計算加工時間	363min	330min
実機加工時間	435min	360min
時間比	1.20	1.09

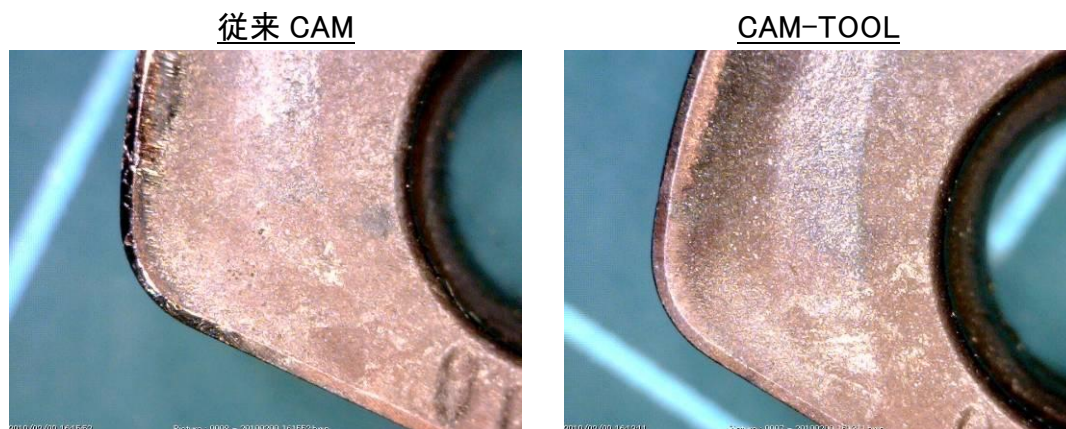
走査線荒取加工においては、図 2-16 に示すように形状部の最終輪郭以外を G01 直線切削とするため最も加工速度の低下が発生しにくいといわれている。実際の加工時間もそれに準ずる結果となったが、今回のようなワーク形状や高硬度のワーク材質等の条件によっては必ずしも最適とはいえないため、使用の際には検討が必要となる。



(図 2-16 (参考)走査線荒取加工の加工パス)

一方で、主軸の加減速による速度変動低下の副次的効果である工具への加工負荷の安定化について、工具の刃先チップの磨耗具合に関する比較を行った。

従来 CAM および CAM-TOOL による加工後の刃先チップの拡大図を図 2-17 に示す。



(図 2-17 刃先チップ拡大図(PX5 2Hr 加工後))

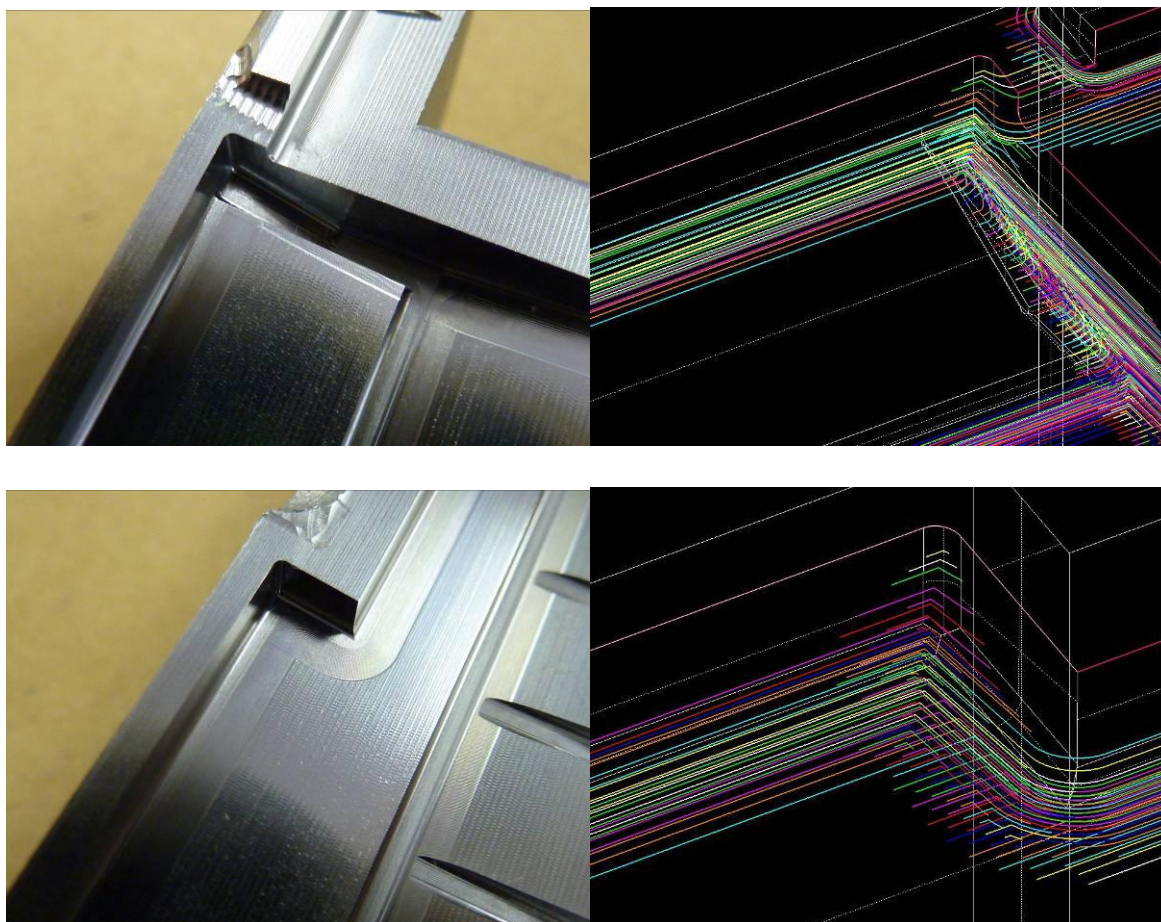
従来 CAM と比較すると CAM-TOOL においてはチッピングが存在せず、工具磨耗の減少も確認された。これは、加工負荷の安定化に起因するものと推測され、これにより工具寿命が延長すると考えられる。工具寿命の延長は工具交換回数の削減に寄与し、工具交換に伴う機械停止時間の減少による機械稼働率向上および工具コストの削減が副次的効果として期待される。

荒取加工においては、従来 CAM と比較すると NC データにおける G01 長さの均一化による主軸の加減速の変動低下により、実機での加工時間とシミュレーションでの計算時間との時間差（時間比）の減少が確認された。この効果はワークサイズに比例すると推測される。なお加工時間に関しては、ワークの形状やサイズで従来 CAM に対する優位性が認められない可能性があるため、今後の課題として、加工方法の最適化検討を行う予定である。

一方で主軸の加減速による速度変動低下の副次的効果である工具への加工負荷の安定化により工具摩耗の減少が確認された。これにより、工具交換に伴う段取り時間の減少や工具コストの削減が期待される。

2-4-3 工具性能・耐久性向上技術の開発

従来 CAM では切削条件を低速側に変更しても工具破損が懸念される事例である。CAM-TOOL では切削送り速度を高速設定の 50% にて加工したが、工具破損は発生せず、またワーク形状への食い込みやビビリ等の工具痕は確認されなかった。中取加工における取り残し加工の追い込み加工パスの一部を図 2-18 に示す。



（図 2-18 取り残し加工における追い込み加工パス）

CAM-TOOL による取り残し加工においては、従来 CAM と比較すると取残し領域の検出精度の向上および取残し加工における

- ・角度判別による加工方法の最適化
- ・鋭角切削部への R 挿入処理の追加
- ・切削追込み量および回数

等のパラメータ設定が新たに可能となったことにより、従来 CAM の課題であったエアカットによる加工時間の増大や、想定外の工具への加工負荷による工具破損の発生を未然に防ぎ、加工安定化と加工時間ロスの防止の両立が可能となることを確認出来た。更には、上記パラメータ設定による加工が1工程で可能となるため、CAM 作業担当者への負担が低減し、NC データ作成時間 (CAM 作業時間) の短縮への波及効果も期待出来る。

従来 CAM と比較すると、取残し量の検出精度の向上および取残し加工における

- ・角度判別による加工方法の最適化
- ・鋭角切削部への R 挿入処理の追加
- ・切削追込み量および回数

等のパラメータ設定が可能となったため、エアカットによる加工時間の増大や、想定外の工具への加工負荷による工具破損の発生を未然に防ぎ、加工安定化と加工時間ロスの防止の両立が可能となった。更には、上記パラメータ設定による加工が1工程で可能となるため、CAM 作業担当者への負担が低減し、NC データ作成時間 (CAM 作業時間) の短縮への波及効果も期待出来る。

最終章 全体総括

今回の研究では、短期間であったため、実績データを集積し利活用することでの効果検証にまでには至らなかった。しかし、各工程で得られた数値からおおよそ改善できそうな工程や業務を把握することができた。また、業務効率化・時間短縮・品質向上をはかることができた業務プロセスも実証できた。

今後、研究を重ねて実績データを集積することで利活用による効果が実証できるとともに、更なるプロセス改善点を見出すことでコスト削減・納期短縮を実証していくこととする。

(1) 工程最適化に関する技術開発

- ・すべての金型累計における実績データの集積・分析
 - ➔ 類型別(パターン別)時間短縮の研究
- ・DNC導入による、専任分担の実現(プログラマー、オペレータ)
 - ➔ NCデータ作成における加工待ち、段取り時間短縮・機械稼働率向上の実証
- ・樹脂流動解析ソフトの導入 ➔ 成形トライ工程の短縮

(2) 各種データベースの構築と活用に関する技術開発

① 加工データベースの構築

- ・鋼材加工におけるノウハウ・成形条件および金型設計に関連するノウハウの蓄積

② 樹脂流動解析データの各種データベースへの蓄積

- ・金型設計時への活用による設計～試作までの時間・コスト短縮を研究

③ データベース運用における利便性の向上

- ・登録・検索機能の向上
- ・メール格納・送信機能の向上
- ・DB登録情報のワークフロー化
 - ➔ トータル工数削減を図る

(3) 情報統合化に関する技術開発

① 各工程別実績の集積と分析

- ➔ 工程管理の精度向上

② 加工工程時の工具破損による時間ロスの研究

- ➔ 加工機主軸からの加工負荷情報のモニタリング方法の研究

(4) 加工技術の高度化に資する技術の開発

- ・複数事例での加工実験による効果検証