

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高速ミリングに対応した統合制御システムの開発」

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 株式会社 電通国際情報サービス

目 次

1.	研究開発の概要	- 1 -
1.1.	研究開発の背景・研究目的及び目標	- 1 -
1.2.	研究体制	- 5 -
1.3.	成果概要	- 10 -
1.4.	当該プロジェクト連絡窓口	- 16 -
2.	本 論.....	- 17 -
2.1.	研究項目とその概要.....	- 17 -
3.	全体総括.....	- 21 -
3.1.	研究開発後の課題.....	- 21 -
3.2.	事業化の展開予定.....	- 22 -

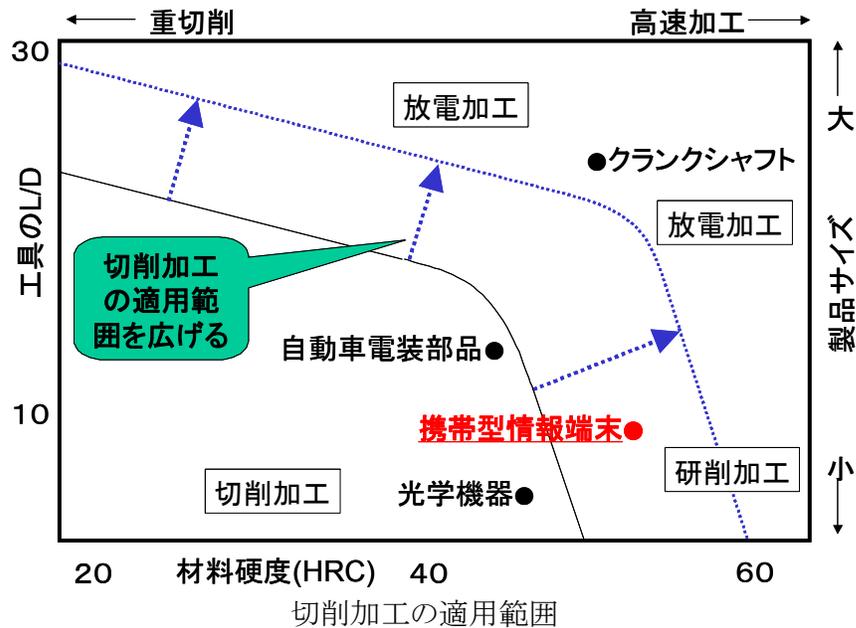
1. 研究開発の概要

1.1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

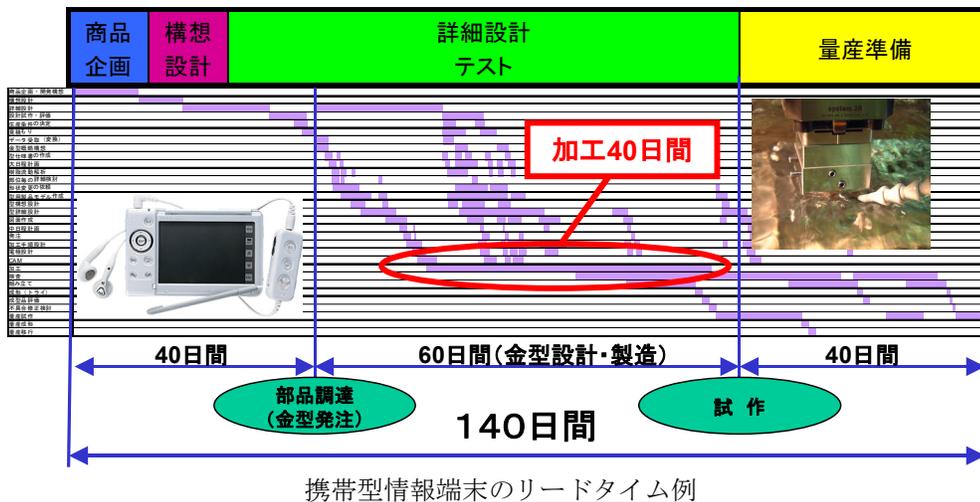
1.1.1. 研究の背景

携帯電話や携帯オーディオプレーヤー、PDA など携帯型情報端末は、高機能化と小型化のみならず、軽量化や高強度化、意匠性の向上などを求められている。そのため、こうした製品は部品の配置や部品間の隙間、重量、強度などを厳密に管理しながら 3 次元 CAD によって緻密に設計されており、複雑な意匠を持ちながら多くの部品を納めるために各部品の形状は複雑化し、集積度も上がっている。そのため使用される部品は複雑化しながらも高精度化が求められており、その製造における要求精度は非常に高くなっている。

高精度な製品の量産は金型設計技術、金型製造技術、成形技術等の高度化によって支えられるが、特に金型の加工精度に大きく依存しており、複雑な形状を持った金型製品部の加工の高精度化は携帯型情報端末の高機能化、高精度化のキーファクターであると言える。また、携帯型情報端末の軽量化と高強度化を両立するために、部品の材質には薄肉でも強度の高いアルミニウムやマグネシウムの合金、強度が強化された機能性プラスチック(エンジニアリングプラスチック)が利用される。これらの金型には高い強度や耐摩耗性が必要であるため、金型の製品部には一般的に高硬度な焼き入れ材料や切削性の悪い難削材料が使用される。近年では新しい工作機械や工具が開発され、その適用範囲が広がってきてはいるが、現状では高硬度材料や難削材料の加工には放電加工が欠かせない。しかし、放電加工では加工時間予測や精度維持が難しいなどの問題があるため、高速マシニングセンタ (MC) による切削加工への転換が望まれている。



携帯型情報端末はライフサイクルが特に短く、適切な時期に適切な数量の製品を市場に投入する必要があるため、製品のリードタイムを短縮しなければならない。特に金型の設計・製造が占める割合は非常に大きく、携帯型情報端末の一例では 140 日間のリードタイムのうち金型の設計・製造が 60 日間で占めていた。そのうち加工工程は 40 日間であり、金型製造期間の約 67%、製品リードタイムの約 29%を占めている。その結果、携帯型情報端末メーカーは、金型製造メーカーに対して金型のリードタイムの短縮を強く要請している。



前述の通り、現状では携帯型情報端末用金型の製品部の加工には放電加工が欠かせない。放電加工は電極マスタの加工など他の工程と組み合わせる必要があり、その結果工程が複雑で、工程数が多くなってしまふ。また、放電加工自体、単位時間当たりの除去体積が極端に少ないなど、放電加工と関連する工程が全加工工数に占める割合は非常に大きい。放電加工の高速化も研究されているが、相変わらず電極マスタの製作工程が必要であるなど抜本的な解決策とは言えず、切削加工への転換が望まれている。そこで、金型の製造工程のうち特に製品部の放電加工と関連する工程をMCによる直接的な切削加工へ転換することで金型製品部の加工工程を単純化し、さらにMCによる加工を効率化することで携帯型情報端末用金型の加工工数を劇的に削減し、金型の短納期化を実現しなければならない。

日本の携帯型情報端末メーカーがその優位性を維持し、競争力を確保するためには、製品が高い機能や優れた意匠性を持つのはもちろんのこと、製品の低価格化への対応や利益率の向上を目的として製品製造原価を低く抑える必要がある。携帯型情報端末の製造コストにおいて使用される金型の製造コストが大きな割合を占めているため、金型製造コストを削減できればその効果は大きい。

金型メーカーは、従来から各工程の効率化や工程のコンカレント化を行い金型製造コスト削減に努力してきたが、金型製造工程のうち特に製品部の放電加工をMCによる切削加工に転換することで加工工程を単純化し、MCによる切削加工をさらに効率化することで携帯型情報端末用金型の加工工数を劇的に削減し、金型の短納期化と同時に低コスト化を実現することが望まれている。

1.1.2. 研究の目的

難削材の加工を必要とする高精度金型の製造期間を短縮する

高硬度難削材を用いた携帯情報端末用金型等においては、MC切削加工の適用率が低く、金型製造期間のボトルネックとなっている。そこで、ソフトウェアによる最適制御により、MC切削加工の適用率を高くし、放電加工を減らして、金型製造の工程変革を可能にする。その結果、高精度な金型の工期を削減し、川下・川上両産業の製品開発サイクル短縮により両者の国際競争力向上に寄与する。

1.1.3. 研究の目標

放電加工をMC加工に置き換える工程変革の実現

定量的な目標

- ・高精度金型の製造期間50%削減
- ・難削材の加工時間を30%短縮

- ・MC加工の切削不具合の80%減少
- ・加工コストの20%減少

定性的な目標

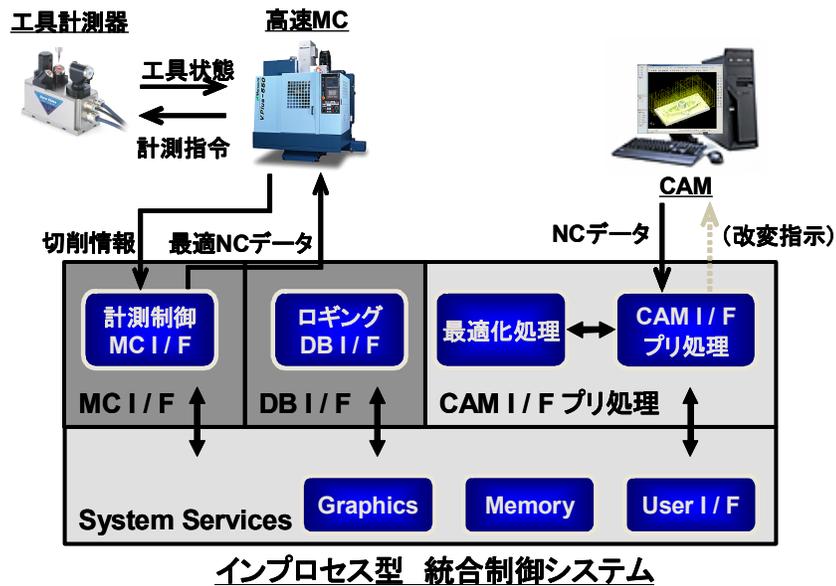
高速MC加工技術の向上

1.1.4. 研究の概要

高硬度鋼材における高速な切削加工を実現するためには、過度な切削負荷や切削負荷の急激な変化に起因する加工の不具合をなくさなければならない。しかしながら、現状の高速MCを用いた切削加工においては、与えたNCデータ通りに忠実に動作させる、あるいは、NCデータの工具軌跡の曲率を判断して、送り速度を制御することしか実現できていない。また、切削負荷に関して全く考慮されていないため、工具が破損して工具負荷が0になったことすらも分からないため、加工の不具合をなくすことは到底出来ない。

さらに同じように、NCデータを作成するためのCAMシステムにおいても、工具軌跡の曲率から送り速度を変化させることは可能であるが、ここでも、切削負荷は全く考慮されていない。

そこで、本研究開発においては、下図に示すようなCAMと高速MCの間で、両者と通信を行いながら、工具負荷を考慮した加工の最適化を実現するインプロセス型統合制御システムを開発する。



本システムでは、切削負荷を数学的に導出し、NCデータの送り速度を最適化する機能をもつ。最適化されたNCデータは、高速MCとの間の通信機能によりMCコントローラへ供給し、切削負荷を考慮した高速MC加工を実現する。また、CCDカメラ型の工具計測器を高速MCに実装することにより、工具破損の有無をCCDカメラから得られた画像を用いて自動検知する。工具破損の検知が行われた場合は、本システムは自動で工具交換の指令をMCに行い、工具破損による加工の不具合を解消する。

本システムは、近年のソフトウェア開発手法として着目されているオブジェクト指向型の開発手法を取り入れて開発する。この為、各機能をモジュール単位で開発できるため、将来的にシステムの機能拡張をする場合に、モジュール単位でこれを容易に行う開発手法を適用する。

本事業の開発対象は、以下のモジュール群の開発を予定している。高速マシニングセンタでの高速加工における工具欠損状況を監視し、工具の欠損状況に応じて工具交換など必要な処理を割り込んで実行する「計測制御・MC I/Fモジュール」、切削除去量と工具欠損の状況を一元的に記録する「ロギングD/Bモジュール」、工具の切削負荷を一定にし、NCデータの最適化を行う「CAM I/F・プリ処理モジュール」を開発する。これらにより、高速マシニングセンタの切削状況を定期的に監

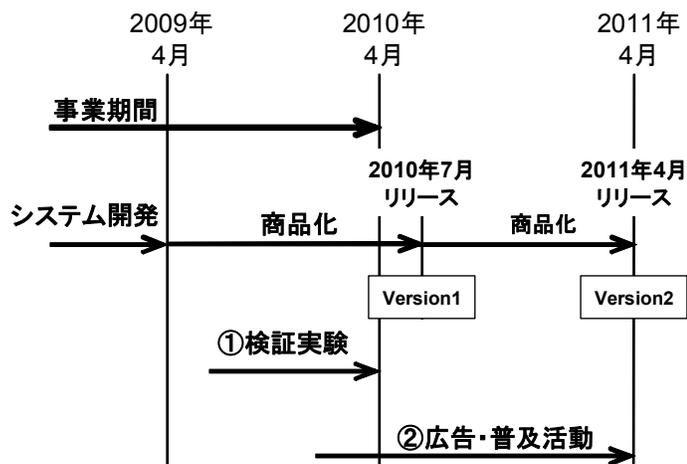
視し、突発的で異常な切削負荷状況の収集を行う。さらに、収集・記録した情報を加工作業者に分かり易く提供する「UIモジュール」を開発することで、加工作業者による切削状況に合った切削条件の選定を支援する。

これらのモジュール群は、「インプロセス型加工制御システム」として統合することにより、一連の操作が可能なシステムとして構築する。

また、前述したように、将来的な機能向上が容易な構造で開発するため、本事業の成果物を活用し、事業化において段階的な機能拡張を目標としている。委託開発事業として実現する機能と事業化の開発目標は以下の通りとする。

No	主な開発要素	本事業の開発対象	事業化の開発目標	実現できる機能
1	NCデータの送り速度の最適化	◎	-	NCデータのF値を改変する
2	工具破損検知による自動工具交換	◎	-	設定間隔で工具破損を検知し、破損時には自動工具交換指令を実行
3	NCデータの削除	◎	-	低切削負荷の部位のNCデータを間引く
4	CAM接続インターフェース	◎	-	統合システムとCAMとを接続するI/F
5	NCデータの追加	-	◎	高切削負荷の部位のNCデータを追加
6	工具摩耗の予測制御	-	◎	工具の摩耗の進行状況を予測する
7	加工精度の予測制御	-	◎	切削物の加工精度を予測する
8	加工工程のパラメータ編集	-	◎	CAMとの通信により加工パラメータを編集する(XY、Zピッチ等)

事業化（商品化）に対しては、下図のように2段階で実施する。



2010年7月に予定しているVersion1では、主な開発要素1と2を実現したシステムとして事業化を予定している。予定している8までの全機能は、2011年4月のVersion2で実現予定とする。

(事業化に関する補足事項)

①の検証実験は、以下の2種類の実験を行う。

(ア)共同開発型メーカー3社の協力を得てシステムの効果検証

金型工業会の技術部会である「生産システム研究会」に検証ワーキンググループを設置し、3社の技術者が中心となりシステム開発者と協議し、効果検証を進める。

(イ) 金型工業会の会員企業に対し、機能限定システムを無償配布して検証実験を実施

日本全国に存在する金型工業会の会員企業の希望者に対し、無償配布を行う。そのため、検証実験者が集まって議論をするのは、物理的に困難である。そこで、金型工業会が1994年から開設している、インターネット上の金型技術に関する会議室である「金型ヒントフォーラム」を活用

して、検証結果や機能要望を広く議論する。これにより、より実践的なシステムの開発が実施できる。

②の広告・普及活動は、電通国際情報サービスと金型工業会が主体となり実施する。

具体的には、電通国際情報サービスが毎年主催している「生産革新セミナー」や、金型工業会が主催する「インターモールド」などで、積極的に広告・普及活動を実施する。

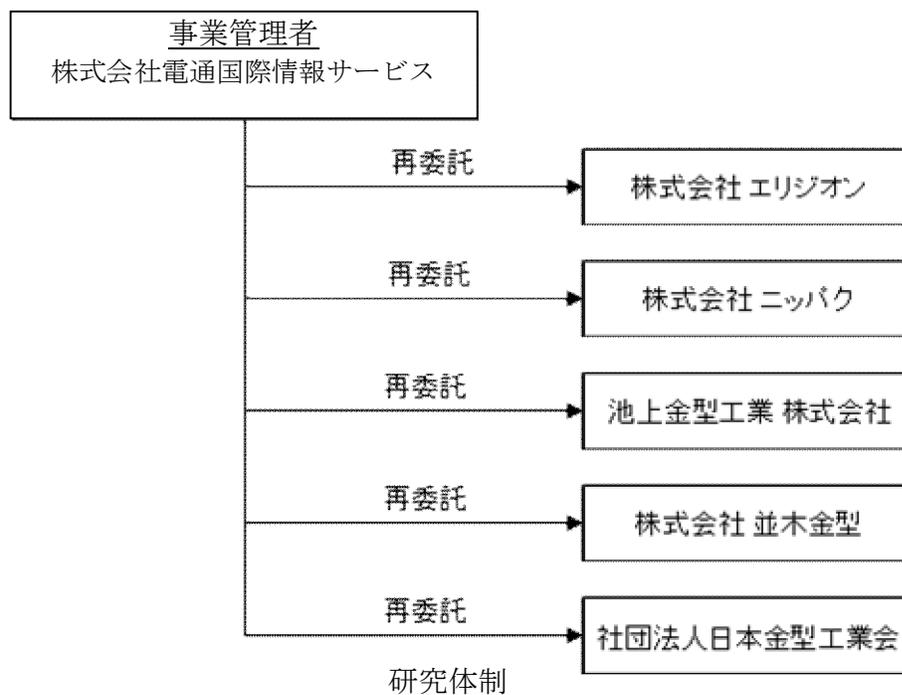
1.2. 研究体制

1.2.1. 研究開発のテーマとスケジュール

実施内容		4-5月	6-7月	8-9月	10-11月	12-1月	2月	3月
開発	① 計測制御・MC I/Fモジュールの製作							→
	② CAM I/F・プリ処理モジュールの開発							→
	③ ロギング・DB I/Fモジュールの開発							→
	④ UIモジュールの開発							→
	⑤ インプロセス型加工制御システムの開発							→
管理	全体会議				11月中旬			3月初旬
	進捗会議	2回	2回	2回	2回	2回	2回	1回
	報告書の作成							→

(⑥：研究開発管理業務)

1.2.2. 研究組織

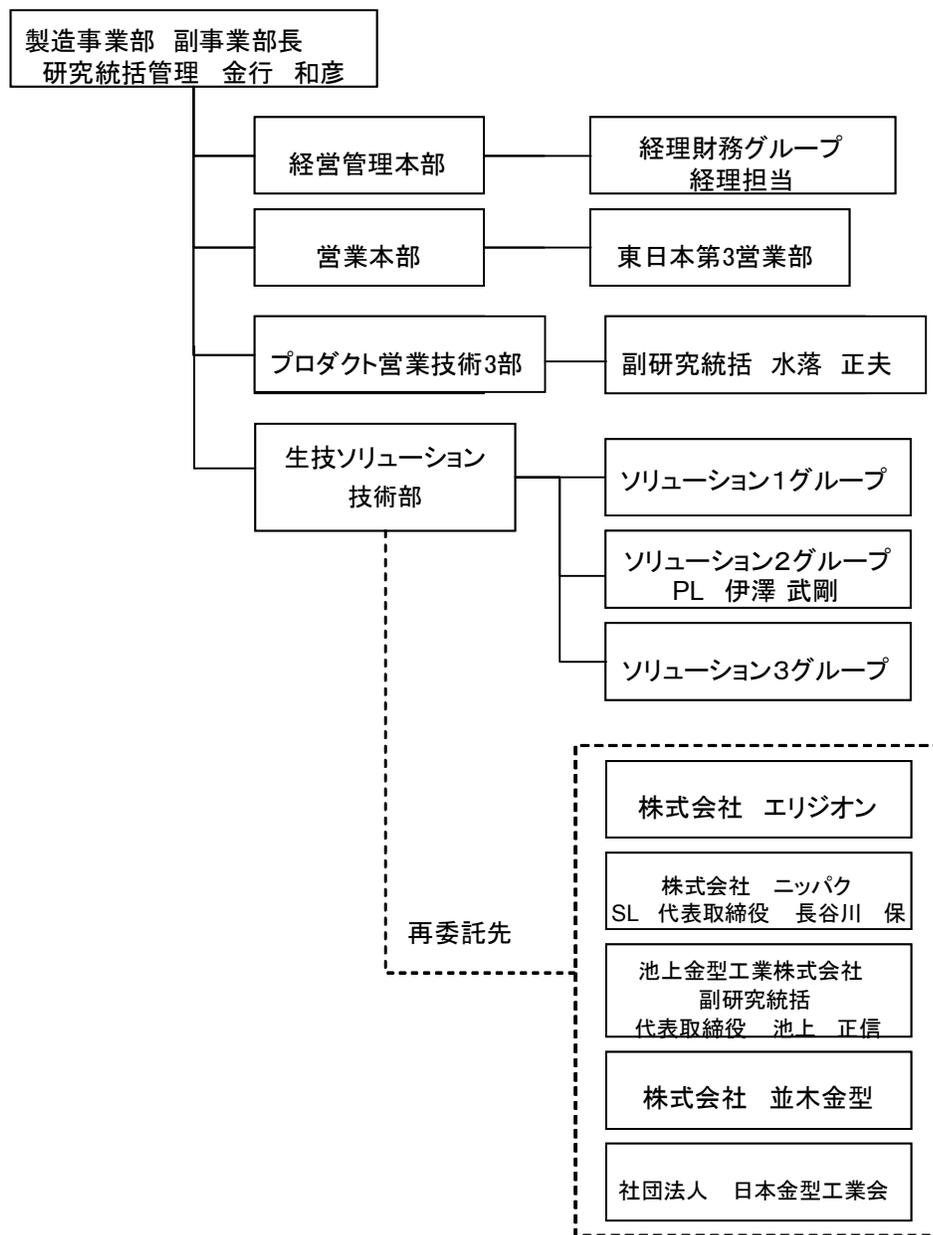


総括研究代表者 (PL)
 所属：(株)電通国際情報サービス
 役職：プロジェクトディレクター
 氏名：伊澤 武剛

副総括研究代表者 (SPL)
 所属：株式会社 ニッパク
 役職：代表取締役
 氏名：長谷川 保

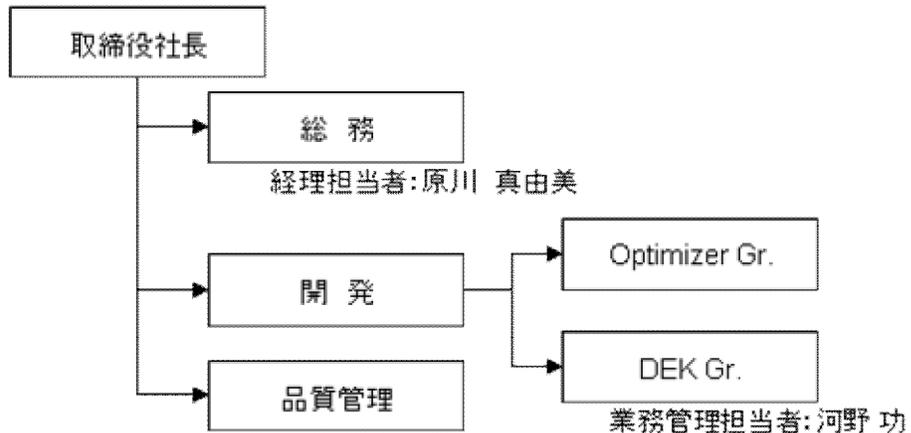
1.2.3. 管理体制

1.2.3.1. 事業管理者「株式会社 電通国際情報サービス」



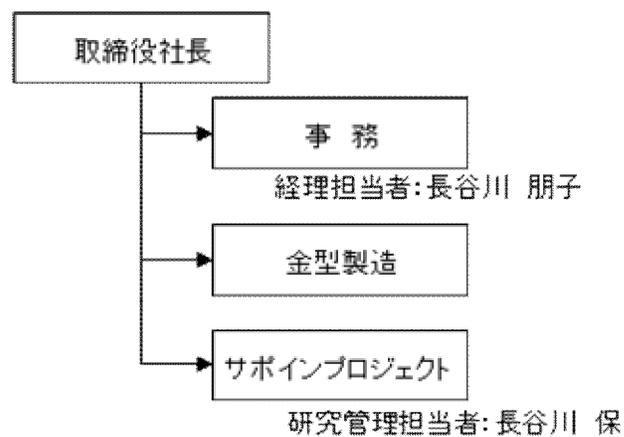
管理体制図

1.2.3.2. 再委託先 「株式会社 エリジョン」



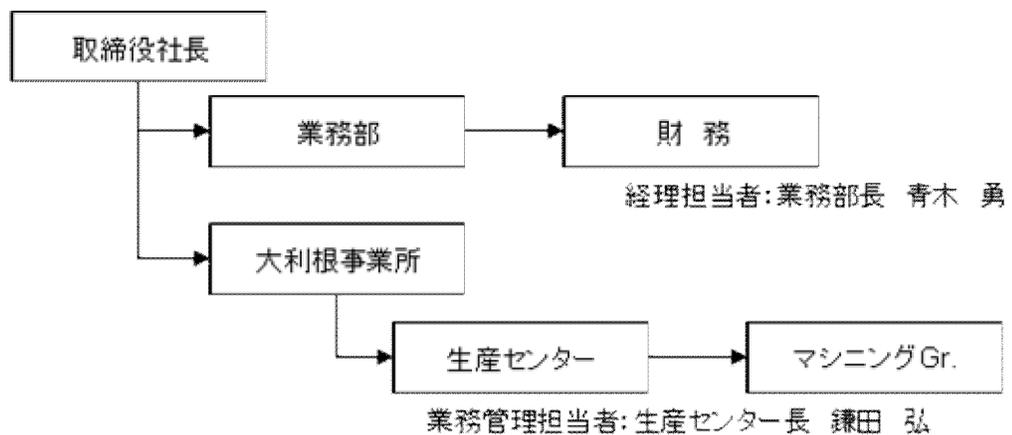
管理体制図

1.2.3.3. 再委託先 「株式会社 ニッパク」



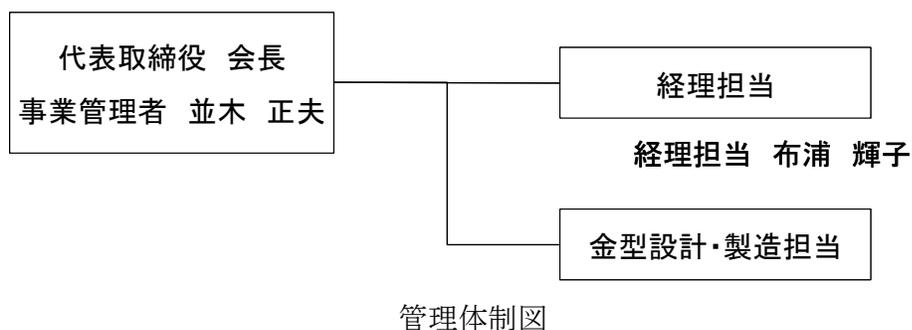
管理体制図

1.2.3.4. 再委託先 「池上金型工業株式会社」

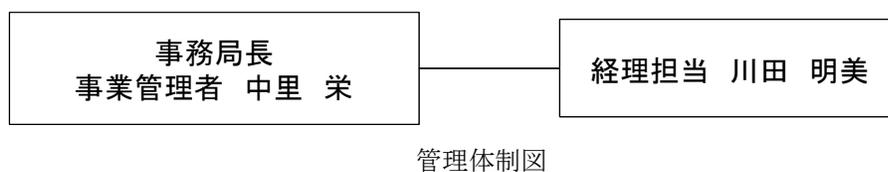


管理体制図

1.2.3.5.再委託先 「株式会社 並木金型」



1.2.3.6.再委託先 「社団法人 日本金型工業会」



1.2.4.研究者名

管理員及び研究員（氏名，所属・役職，実施内容）

【事業管理者】 株式会社電通国際情報サービス

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
金行 和彦	製造事業部 副事業部長	⑥
水落 正夫	製造事業部 営業技術3部 副部長	⑥
伊澤 武剛	製造事業部 生技ソリューション技術部 2G プロジェクトディレクター	⑥

②研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
水落 正夫(再)	製造事業部 営業技術3部 副部長	⑤
青木 利明	製造事業部 生技ソリューション技術部 3G プロジェクトディレクター	①②③④⑤
関根 宣之	製造事業部 生技ソリューション技術部 1G	①⑤
伊澤 武剛(再)	製造事業部 生技ソリューション技術部 2G プロジェクトディレクター	①②③④⑤
樋口 涼一	製造事業部 生技ソリューション技術部 1G	①③⑤
武田 伸一郎	製造事業部 生技ソリューション技術部 1G	①③⑤
平井 香菜	製造事業部 生技ソリューション技術部 2G	①③⑤

【再委託先】

株式会社エリジオン

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
相馬 淳人	開発 ゼネラルマネージャー	①②③④⑤
河野 功	開発 マネージャー	①②③④⑤
都築 健久	開発 マネージャー	②
大石 正博	品質管理 スタッフ	②
野竿 賢作	開発 スタッフ	②
中原 太樹	品質管理 スタッフ	①②③④⑤
高瀬 啓一郎	開発 スタッフ	②
福元 淳	開発 スタッフ	②
笠木 宏隆	開発 スタッフ	②
竹中 陽一	開発 スタッフ	②

株式会社 ニッパク

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
長谷川 保	代表取締役 社長	①～⑤
斎藤 克宏	金型製造担当	①～⑤

池上金型工業株式会社

氏名	役職・所属	実施内容(番号)
鎌田 弘	大利根事業所 生産センター長	②④⑤
菅野 義照	大利根事業所 マシニンググループ長	②④⑤

株式会社 並木金型

氏名	役職・所属	実施内容(番号)
梅田 健介	金型製造担当	②④⑤
矢野 智裕	金型製造担当	②④⑤
根本 秀司	金型製造担当	②④⑤

社団法人 日本金型工業会

氏名	役職・所属	実施内容(番号)
中里 栄	事務局長	⑤

1.2.5. 協力者

氏名	所属・役職	協力依頼の概要
碓井 雄一	(独) 産業技術総合研究所・工学博士	NC データ最適化手法構築支援 システム動作検証
澤井 信重	(独) 産業技術総合研究所・工学博士	NC データ最適化手法構築支援 システム動作検証
西川 昌弘	(株) ソフィックス・代表取締役	MC コントローラー制御方法支援
田口 方昭	(株) ソフィックス・取締役	MC コントローラー制御方法支援
大塚 裕俊	大分県産業技術科学センター・工学博士	切削抵抗推定式の構築支援
中島 秀人	(株) 大昭和精機・IT 事業部 次長	工具姿の計測方法支援
天谷 浩一	(株) 松浦機械製作所・開発研究部 部長	切削実験及びシステム評価支援

○(独)産業技術総合研究所からの協力内容

- ・産総研が所有する切削 DB の実験値の公開依頼
- ・切削理論と最適化処理アルゴリズムの指導

○(株)ソフィックスへからの協力内容

- ・MC コントローラーの外部制御方法の支援

----- 平成21年度 略的基盤技術高度化支援事業「高速ミリングに対応した統合制御システムの開発」-----

- ・MC コントローラーの外部 UI 仕様説明
- ・各種プロトコルの指導
- ・MC コントローラーのメモリアドレス操作方法の指導

○大分県産業科学技術センターからの協力内容

- ・切削抵抗と工具磨耗の数学的推定式の構築支援
- ・より高度で精密な送り速度の最適化処理アルゴリズムの指導

○(株)大昭和精機からの協力内容

- ・工具寿命管理手法と工具計測管理手法の指導

○(株)松浦機械製作所からの協力内容

- ・MC コントローラーへの Focus 1 を利用した外部接続方法と実機での検証方法の指導
- ・MC コントローラーのキャッシュメモリによる先読みの影響がない工具交換の方法の指導

1.3. 成果概要

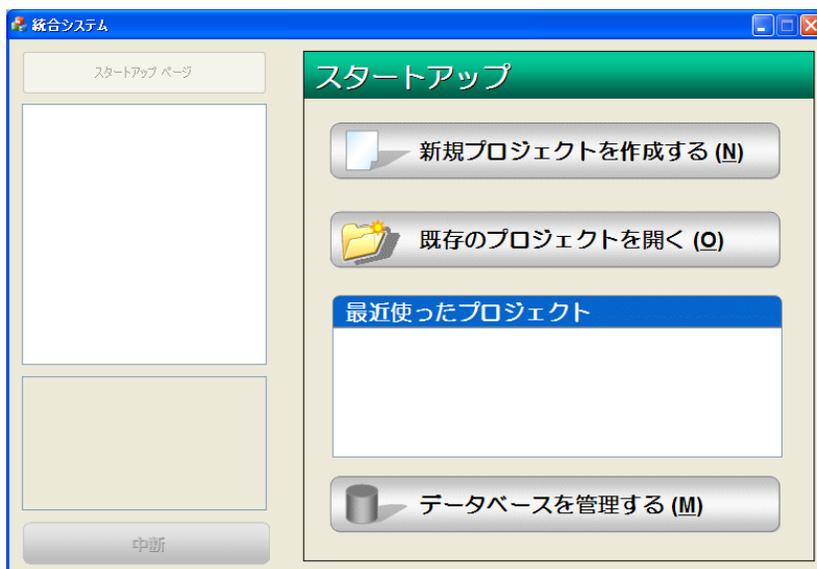
本研究開発は、下記の表に示す 5 つの研究・開発テーマに分類して開発を進めた。その結果としてこれらのテーマがどのように開発されたのかを、成果物である統合システム（インプロセス型加工制御システム）の動作画面を明示し紹介する。

研究項目	概要
①計測制御・MC I/F モジュール	高速 MC との通信処理と工具欠損状況の計測モジュールの開発
②CAM I/F・プリ処理モジュール	加工シミュレーション技術を応用し、加工の進捗に合わせて切削除去量と工具欠損状況を一元的に扱うためのプリ処理、および切削負荷を一定にする最適化処理モジュールの開発
③ロギング・DB I/F モジュール	大量のデータを効率的に処理し、工具欠損状況による MC の制御や切削加工の結果解析に必要なデータを提供およびその保存モジュールの開発
④UI モジュール	高速 MC 加工のインプロセス制御に適したユーザインターフェースや、切削加工の結果解析に適したユーザインターフェースのモジュール開発
⑤インプロセス型加工制御システム	①～④のモジュール群を統合し、MC による高速加工をインプロセスで制御するシステムの開発 実機での動作検証をし、従来手法からの有効性を確認する

1.3.1. スタートアップ画面

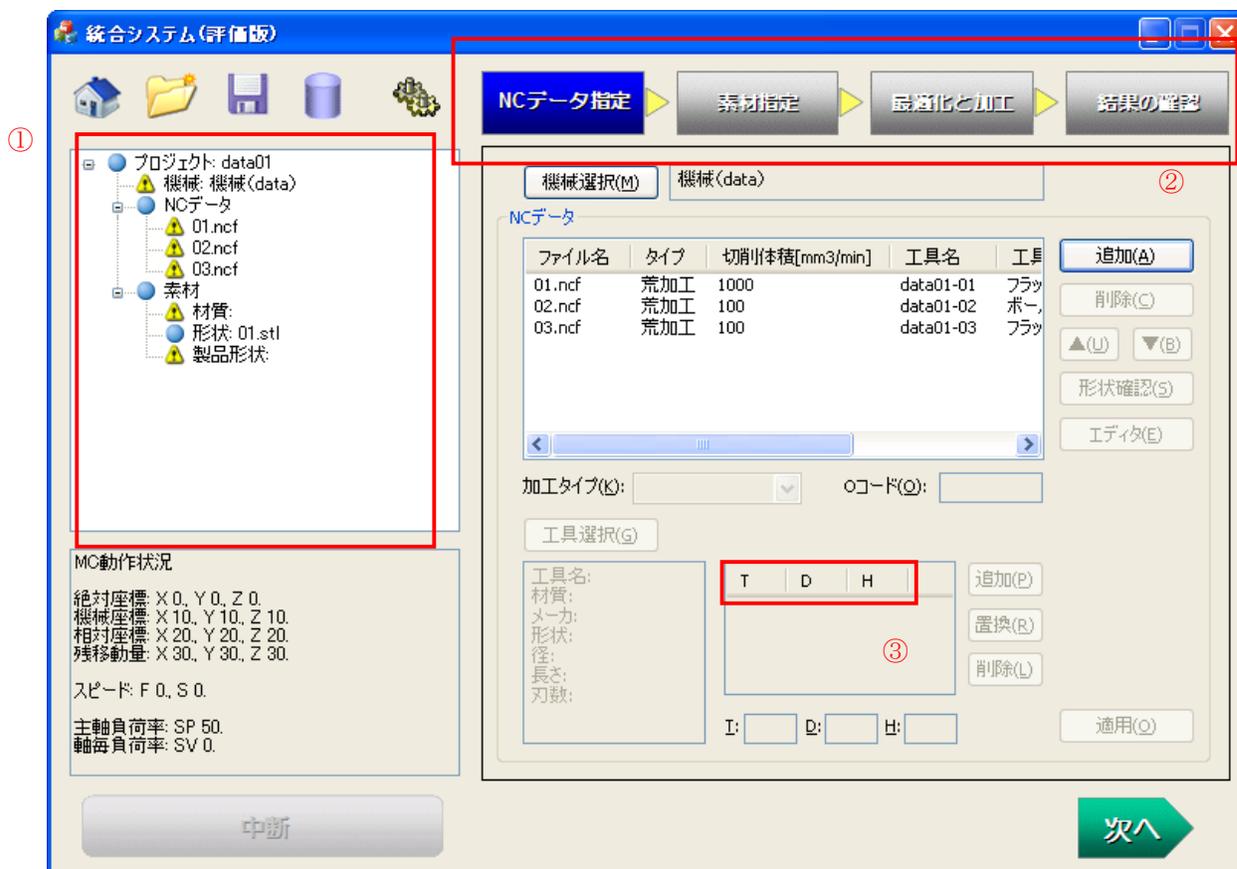
下図は、統合システムのスタートアップ画面である。システム立ち上げ時に最初にこの画面を表示する。スタートアップ画面は統合システムで扱うデータ群であるプロジェクトの作成／読込みの管理と DB 管理の入り口としての役割を持つ。

新規プロジェクト作成時は下に示すダイアログを表示し、既存プロジェクトを開く場合は Windows 標準のファイル選択ダイアログにてファイルを選択する。



プロジェクトを指定することで次の処理へ進む。

1.3.2. 統合システム操作画面

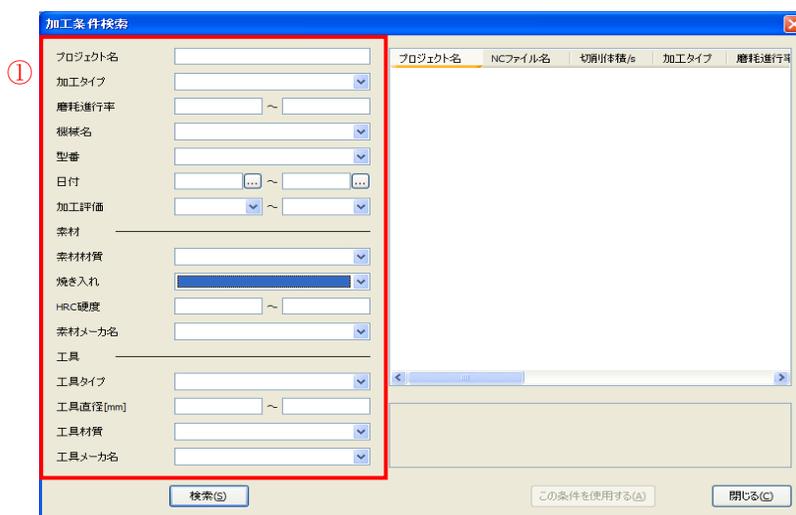


上図は、プロジェクト名設定後に最初に表示される画面で、NCデータの指定を行うためのものである。この画面により本システムのUIの基本イメージを説明する。

左上の①部は Windowsのファイルエクスプローラと同様にプロジェクトの設定情報を階層表示でわかり易く示している。それぞれの設定項目が設定済みであるかどうかは赤の×印等で常に表示され、未

設定項目がすぐにわかるようになっている。

右上の②部は各ダイアログをウィザード的に使用できるようにしたボタンで、「次へ」ボタンを押す事で左項目から順に進み、最後は結果の確認まで処理に迷わずに標準的な流れに合わせて操作する事を促す。途中で以前の設定に戻りたい場合もこのボタンにより操作順にかかわらずダイレクトに戻る事ができる。また、③ボタンにより工具破損時の代替工具の設定ができる。



このダイアログは前出の DB 管理ボタンを押したときに表示される加工条件検索ダイアログで、①の赤枠の中の項目を任意に設定して「検索」ボタンを押す事で、左側のリストボックスに検索結果が表示され、その中から適切な過去の実績情報1つを選択して今回の加工に適用する事ができる。

検索対象となるデータは下に示すようなテキストデータとして記述されており、この中から任意のキーによりデータを検索する。

プロジェクト名	NCファイル名	切削体積[cc]	加工タイプ	機軸名	型番	日付	加工評価	素材	素材材質	焼き入れ	HRC硬度	素材メーカー名	工		
Project1	p1nc1	2000	荒	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★	_LABEL_	NAK80	有り	40	大同アミスター	_LABEL_	ホール10	コ
Project1	p1nc2	1000	中仕上げ	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★★	_LABEL_	NAK80	有り	40	大同アミスター	_LABEL_	ホール	4
Project1	p1nc3	1000	仕上げ	20	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★★★	_LABEL_	NAK80	有り	40	大同アミスター	_LABEL_	ホール	1
Project2	p2nc1	2000	荒	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	ホール10	コ
Project2	p2nc2	2000	中仕上げ	40	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	ホール	4
Project2	p2nc3	2000	仕上げ	40	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	フラット	1
Project3	p3nc1	2000	荒	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	ホール10	コ
Project3	p3nc2	2000	中仕上げ	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	フラット	1
Project4	p4nc1	2000	荒	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	ホール10	コ
Project4	p4nc2	2000	中仕上げ	40	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	ホール	4
Project4	p4nc3	2000	仕上げ	40	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★★	_LABEL_	NAK80	無し	45	大同アミスター	_LABEL_	フラット	1
Project5	p5nc1	2000	荒	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/17	★★★	_LABEL_	NAK50	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	ホール	10
Project5	p5nc2	2000	中仕上げ	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★★	_LABEL_	NAK50	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	フラット	5
Project5	p5nc3	3000	仕上げ	10	V.Plus-550-1 V.Plus-550	2008/12/18	★★★★	_LABEL_	NAK50	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	フラット	1
Project6	p6nc1	2000	荒	10	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/17	★★	_LABEL_	NAK50	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	ホール10	ハイス
Project6	p6nc2	2000	中仕上げ	40	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/17	★★★★	_LABEL_	SKD61	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	ラジラス	5
Project6	p6nc3	2000	仕上げ	40	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/17	★★★★	_LABEL_	SKD61	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	フラット	1
Project7	p7nc1	2000	荒	10	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/17	★★★	_LABEL_	SKD61	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	ホール10	ハイス
Project7	p7nc2	2000	中仕上げ	10	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/18	★★	_LABEL_	SKD61	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	ラジラス	6
Project7	p7nc3	3000	仕上げ	10	V.Plus-650-1 V.Plus-650	2008/12/18	★★★★	_LABEL_	SKD61	無し	45	浜名湖素材店	_LABEL_	フラット	1

なお、このデータはユーザーが手入力するものではなく、本システムを使用して加工を行うことによって実績として蓄えられるもので、ユーザーはその中から必要な情報を利用する事で過去の実績を活用できる仕組みとしている。

実績を蓄える際に、それぞれの加工の評価を5段階でユーザが記録として設定することができ、その評価も次回実績を利用する際の目安とすることができる。

1. 3. 3. 統合システム素材設定画面



NC データの設定が終わり、「次へ」ボタンを押すと上図のように素材形状・素材材質及び製品形状の設定ダイアログに移行する。このダイアログでは製品形状及び素材形状として既存の STL ファイルを指定して認識させる事ができる。特に素材形状指定はシミュレーション処理を行う際に必須の情報となる。

1. 3. 4. 統合システム最適化と加工画面



素材設定までが完了すると、上図の最適化と加工ダイアログ表示となり、NC データ毎にシステムに行わせる処理を個別に指定を行い、「実行」ボタンにより処理を行わせることができる。

個々の NC データに対して設定できるモードは以下の 2 つである。

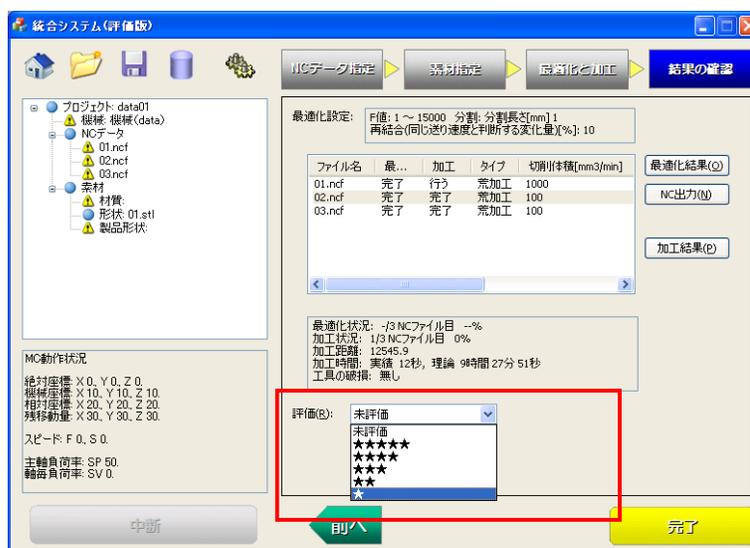
処理名	具体的な処理内容
最適化	NC データに対するシュミレーション処理を行い、送り速度を調整した NC データを生成する。
加工	統合システムの FTP 機能を用いて工作機械に対して NC データを出力して加工を行う。この場合は工具の折損等のチェックを行うことがかのうであり、工具磨耗を計測することも可能となる。

また、実行中は左下の「中断」ボタンが有効となり、このボタンを押す事で現在加工中の NC データの加工が終了した時点でシステムの実行を停止させる事ができる。

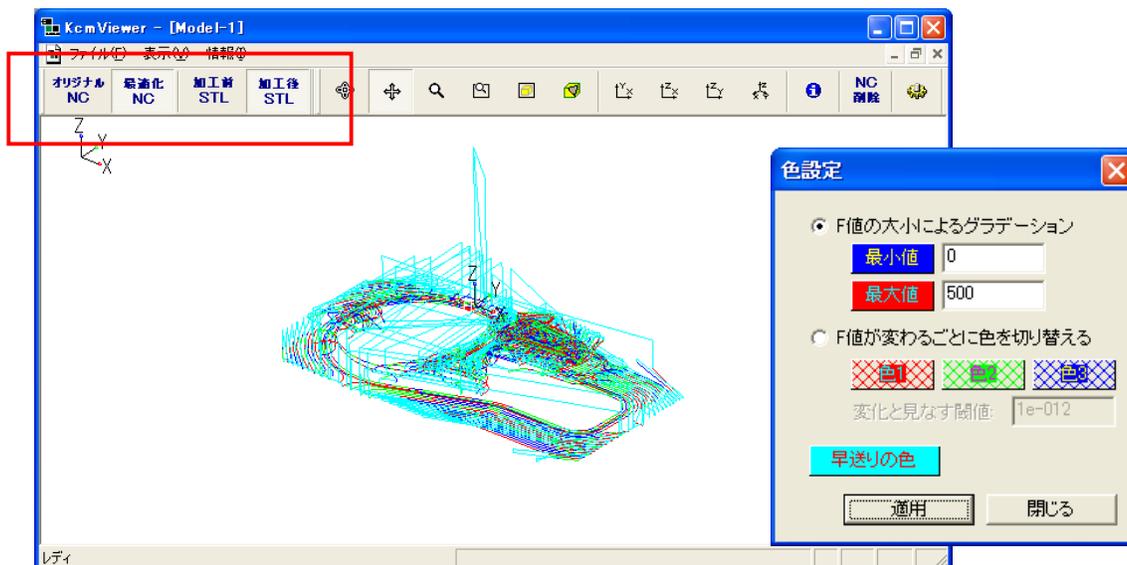
さらに、まびきボタン押下により NC データの削除画面が下図のように表示され、任意の NC データを削除することができる。同様に CAM 通信ボタン押下により CAM 通信 I/F が起動する。

1.3.5. 統合システム結果の確認

「最適化と加工」ダイアログにて「実行」ボタンを押すと、この結果の確認ダイアログに移行する。加工が終わったデータについては「評価」欄でユーザのこの加工に対する評価を指定する事でこの加工の情報を加工の実績として参照する際にこの評価も合わせて参照できる。「完了」ボタンを押す事でこの評価値を含めて後で参照できる実績データとして加工条件情報が登録される。



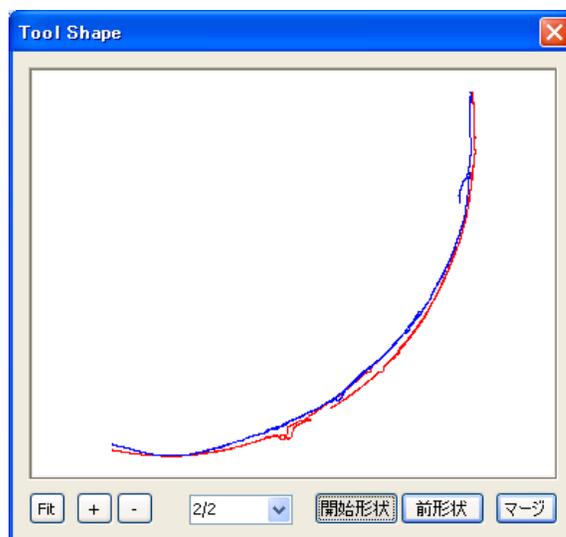
「最適化結果」ボタンを押す事で下に示すようなグラフィックウィンドウを表示し、選択した NC データのパス表示を行うことができる。このとき表示されるウィンドウは、これまでの成果モジュールにおける不要な機能を削除してシンプル化したバージョンとしている。また、オリジナルの NC と最適化後の NC を見比べることができるよう赤枠で囲んだボタンを用意し、任意に切り替えて表示する事が可能である。



また、上図の表示は送り速度の大きさに合わせたパスのグラデーション表示を行っている。この機能は、パスビューワに対して新たに追加した機能で、左図のような設定の場合、送り速度がゼロの場合を青とし、送り速度が 500 以上の場合は赤色表示とし、0~500 の間は青と赤をその送り速度の比率に合わせて混ぜた色として表示している。

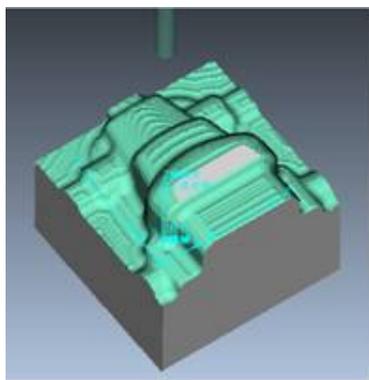
その結果、上図では赤が濃いほど送り速度の速い同である事がわかる。また、「F 値が変わるごとに色を切り替える」は、モード切替でこれも使用できる。

次に、加工結果ボタンを押下することにより、工具計測器で撮影した写真データを自動的にその最外形を抽出し、プロファイル形状を描画できる。



描画したプロファイル形状は、測定したタイミング毎に記録される為、結果をそれぞれ比較して表示できる。これにより、工具磨耗の進行が時系列的に把握できる。

1.3.6. 開発物の成果



【加工時間の短縮例】

計画していた項目の開発・実装を行い、それぞれ実機でのテストで動作の検証を行い、正常動作することを確認した。効果検証として、開発した統合システムの定量的な効果測定を行なったところ、以下のように加工時間を30%程度短縮できることを確認した。

また、本委託開発事業終了後の事業化の段階では、機能開発を予定しており、これらで活用する要素技術のほとんどを開発できた為、事業化の段階での開発リスクの検討も行なえた。

【短縮例】	NC ファイル名	最適化処理	デフォルト F 値		最適化 F 値		切削	
			最大	最小	最大	最小	切削時間%	切削長%
	02-04_NX.ncf	No	5000	100	—	—	100%	—
	04.out_NX.ncf	Yes	—	—	5000	100	74%	8%

1.4. 当該プロジェクト連絡窓口

管理法人

株式会社 電通国際情報サービス 本社(最寄駅 JR 線 品川駅)

〒108-0075 東京都港区港南 2-17-1 京王品川ビル

製造事業部 生技ソリューション技術部 伊澤 武剛

e-mail izawa.taketoshi@isid.co.jp

TEL 03-6713-5530 FAX03-6713-9906

2. 本 論

2.1. 研究項目とその概要

本研究開発の成果物である「高速ミリングに対応した統合制御システム」は、高速 MC のコントローラーがもつ Focus 1 ポートを利用し、直接コントローラーのメモリと通信して制御する。一般的に、コントローラーとの通信による制御方式は、その制御タイミングの時間的な反応速度の要求度合いにより方式が異なる。本研究開発では、「インプロセス型制御」方式を採用し、数十 msec 程度の実現しやすい現実的な方式を採用している。また、「高速ミリングに対応した統合制御システム」の開発は、大きく分けて以下の 5 つの研究項目で分類し、開発を行なった。

研究項目	概 要
①計測制御・MC I/F モジュール	高速 MC との通信処理と工具欠損状況の計測モジュールの開発
②CAM I/F・プリ処理モジュール	加工シミュレーション技術を応用し、加工の進捗に合わせて切削除去量と工具欠損状況を一元的に扱うためのプリ処理、および切削負荷を一定にする最適化処理モジュールの開発
③ロギング・DB I/F モジュール	大量のデータを効率的に処理し、工具欠損状況による MC の制御や切削加工の結果解析に必要なデータの提供およびその保存モジュールの開発
④UI モジュール	高速 MC 加工のインプロセス制御に適したユーザインターフェースや、切削加工の結果解析に適したユーザインターフェースのモジュール開発
⑤インプロセス型加工制御システム	①～④のモジュール群を統合し、MC による高速加工をインプロセスで制御するシステムの開発 実機での動作検証をし、従来手法からの有効性を確認する。

2.1.1. ①計測制御・MC I/F モジュールの研究・開発

2.1.1.1. 開発の目標

19年度購入した工具計測器(Dyna Vision)を用いて、欠損状況計測システムの評価テストをユーザー環境で実施し、統合システムが工作機械 (MC) と通信し、切削の状況に応じて必要な制御が実行できることを確認する。具体的には、開発した下記の 5 つの機能に関して動作確認を実施する。

- ① 工作機械を無改造で統合システムからの制御を可能にする機能
- ② 工具計測器を制御する為に、NC データを自動で改変する機能
- ③ 工具計測器を制御し、統合システムからの命令により自動工具計測をする機能
- ④ 工具計測器を制御し、工具磨耗を実測する機能
- ⑤ 工具計測器からの画像を判断し、工具破損時の動作を制御する機能

2.1.1.2. 開発の成果

開発の目標に対する成果は以下のようになった。

- ① 工作機械を無改造で統合システムからの制御を可能にする機能

FANUC 社製コントローラーの品番に i がつく、i シリーズ (厳密には 16i シリーズ以上) であれば、標準機能としてある FOCUS 1 ポートを利用し、工作機械にマクロ変数を登録しておき、それを呼び出し制御することで、今回開発した統合制御システムが、工作機械を無改造なままで利用できることを実機で確認できた。

- ②工具計測器を制御する為に、NC データを自動で改変する機能

①の制御方式を活用するために、統合システムが自動的に工具計測用の NC コードを追記できるようにした。定義した仕様を実際に統合システムへプログラムとして実装し、これが仕様どおりに NC データを改変動作することを確認できた。

③工具計測器を制御し、統合制御システムからの命令により自動工具計測をする機能

①、②で開発した機能を用い、実際の工作機械を使って自動で工具計測器を制御できるかの検証テストを実施した。この自動工具計測の機能を使うと、下図のように工具の姿が工具計測器から写真で得ることを確認した。



図 工具計測の様子

④工具計測器を制御し、工具磨耗を計測する機能

③で開発された機能により得られた工具形状の写真（ラスターデータ）から、工具の最外径の輪郭をスプライン曲線（ベクターデータ）でなぞり、描画する機能を開発した。これにより、加工前と加工途中、加工後の工具の磨耗状態を比較計測することが可能になった。

⑤工具計測器からの画像を判断し、工具破損時の動作を制御する機能

④で開発した機能を用いて、工具破損を検知し、自動的に工具交換命令や加工中止の命令を送る機能を開発した。この機能は、工具が破損した場合は、写真自体に工具が撮影されないため、その破損を自動で検知できる。このため、自動で工具交換の命令を指示し、実行できる機能を開発した。ただし、工具の一部が欠けてしまうような工具欠損の場合は、輪郭形状を描画できるが、欠損量を自動で測り、制御する仕組みは開発していない為、事業化に向けてこの機能の開発検討が課題として残った。

2.1.2. ②CAM I/F・プリ処理モジュール

2.1.2.1. 開発の目標

CAM I/F に関しては、昨年度に実装する仕様検討まで行なっていた為、今年はその開発と統合システムへの実装を目標とした。また、プリ処理モジュールに関しては、システム操作の利便性を考え、入力パラメータを軽減する仕組みの構築を目標とした。

2.1.2.2. 開発の成果

CAM I/F に関しては、その機能としては、NCデータの再生成が必要な時にCAMと通信できる仕様とし、統合システムへ実装した。

結果的に、この機能により、統合システムで最適化だけでは対応できないNCデータの軌跡そのものの改変やZピッチなど、CAMの演算機能が無ければ改変できない機能をCAMと通信することにより可能となった。

なお、市販されているすべてのCAMとのI/Fを開発・検証することは、現実的ではないため、本研究開発では手始めに、Siemens社製NX/CAMに対し、開発を実施した。I/F自体の仕様は、非常にシンプルにした為、今後はより多くのCAMとの接続機能の開発と検証を実施する予定であ

る。ただしこの予定は、事業化時の課題テーマのひとつとして実施することにした。

次に、プリ処理モジュールは、パラメータ入力作業を軽減するために、NCデータのヘッダーに工具情報などをREM文として挿入しておき、それらを読みこむことにより、作業の軽減を実現する機能拡張を行なった。この為、CAM側のポストプロセッサに工具情報等を出力する軽微なカスタマイズが必要となり、この点を今後の事業化に向けた課題として残した。

2.1.3. ロギング・DB I/F モジュール

2.1.3.1. 開発の目標

ロギング機能自体は既に開発を終了しているが、実際に工作機械が稼動している最中のネットワーク負荷が掛かった状態で、FOCUS1ポートから出力されるデータがどの程度サンプリングできるのかの限界値を調査する。

2.1.3.2. 開発の成果

ロギングのサンプリング間隔を設定できるパラメータを実装し、この機能を使って実際に工作機械を稼動した状態でサンプリング間隔の限界値を調査した。

サンプリング間隔のパラメータを5秒間隔から徐々に減らして行きテストを実施したところ、1秒間で15回位までは計測できることが分かった。この間隔でストレス無く計測できている為、工作機械から得られる切削パラメーターとしては十分な量を取得できることが分かった。

今後の事業化に向けた課題としては、得られた情報をグラフィカルにポスト出力する機能開発の要・不要の検討がある。

2.1.4. UI モジュールの研究開発

2.1.4.1. 開発の目標

開発した以下のモジュールに関して、開発者向けに機能を検証するUI仕様の傾向が強かった為、実際にシステムを使って頂ける現場の方々の意見を取り入れて、使い勝手を考えたUIに改良する。主な改良点の目標を以下に示す。

- ア、Workの3次元データ(STLデータ)のモデル移動UI
- イ、切削Volumeを切削速度から計算できるエクセルでの計算支援UI
- ウ、NCシミュレーションの結果とNCデータの重ね表示UI
- エ、工具プロファイル形状のグラフィック表示
- オ、CAM I/F用のUI
- カ、NCデータとWorkの配置操作のUI

2.1.4.2. 開発の成果

計画した目標ア～オまで、すべて統合システムへ実装できた。

UIは、基本的にウィザード形式を踏襲しており、非常に簡単に操作できることを心がけた。実際に評価ユーザーに対し操作教育を行なった時に、1時間半の説明でほぼ全員の方が一通りの操作を習得できた。



図 UI の例

2.1.5. インプロセス型加工制御システムの研究開発

2.1.5.1. 開発の目標

本研究開発で計画したすべての詳細モジュールまでが完成した為、これらのすべてをフレームワーク上に統合し、目標とするすべての機能の動作確認を実施する。動作確認すべき詳細な内容は、期初に作成し、実施計画書に記載した以下の項目である。

No	主な開発要素	本事業の開発対象	事業化の開発目標	実現できる機能
1	NCデータの送り速度の最適化	◎	-	NCデータのF値を改変する
2	工具破損検知による自動工具交換	◎	-	設定間隔で工具破損を検知し、破損時には自動工具交換指令を実行
3	NCデータの削除	◎	-	低切削負荷の部位のNCデータを間引く
4	CAM接続インターフェース	◎	-	統合システムとCAMとを接続するI/F
5	NCデータの追加	-	◎	高切削負荷の部位のNCデータを追加
6	工具摩耗の予測制御	-	◎	工具の摩耗の進行状況を予測する
7	加工精度の予測制御	-	◎	切削物の加工精度を予測する
8	加工工程のパラメータ編集	-	◎	CAMとの通信により加工パラメータを編集する(XY、Zピッチ等)

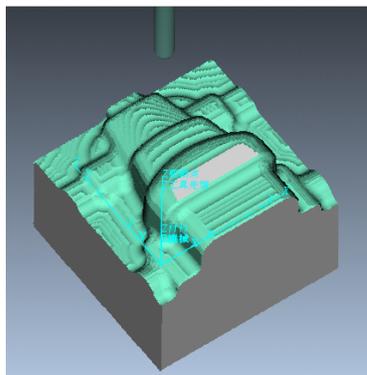
表 開発対象項目

表の中で、NO1～4までを、委託開発事業の開発対象としている為、ここまでを動作検証の対象の目標とする。結果として、完成した統合システムのユーザー評価を実施し、実際に活用されるであろう現場の生産技術者の方々の意見を収集し、より優れたシステムとなるように、改良を重ねることができた。開発作業は、計画していたすべての動作検証において正常動作を確認した。

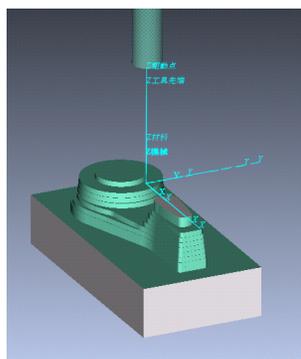
2.1.6. 定量的な成果

開発した統合システムを用いて、実際のNCデータを最適化処理することによって、どの程度の定量的な効果があったのかを計測した。

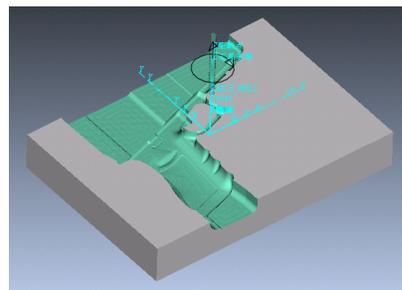
【例1】



【例2】



【例3】



【例1】	NCファイル名	最適化処理	デフォルトF値		最適化F値		切削	
			最大	最小	最大	最小	切削時間%	切削長%
	02-04_NX.ncf	No	5000	100	—	—	100%	—
	04.out_NX.ncf	Yes	—	—	5000	100	74%	8%

【例2】		デフォルト F 値		最適化 F 値		切削	
NC ファイル名	最適化処理	最大	最小	最大	最小	切削時間%	切削長%
01.ncf	No	1800	500	—	—	—	—
01.out.ncf	Yes	—	—	4206.48	13.524	78%	79%

【例3】		デフォルト F 値		最適化 F 値		切削	
NC ファイル名	最適化処理	最大	最小	最大	最小	切削時間%	切削長%
05.ncf	No	1200	120	—	—	—	—
05_out.ncf	Yes	—	—	4432.27	212	71%	88%

当初の開発目標値は切削時間短縮の30%であった為、近い数値まで達成できている。

3. 全体総括

3年間の委託開発事業において、下の表で示すように計画していた NO1～4 までの研究開発をすべて終了できた。そのため、本節では今後の研究開発の方向性を示す。

3.1. 研究開発後の課題

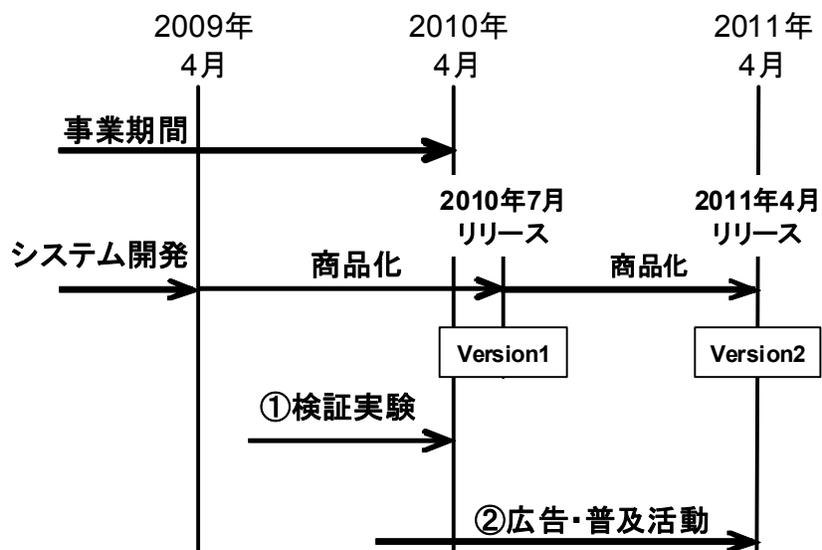
事業化に向けての今後の課題は、当初の計画通り以下の表の No5 以降の機能開発があげられる。

No	主な開発要素	本事業の開発対象	事業化の開発目標	実現できる機能
1	NC データの送り速度の最適化	◎	-	NC データの F 値を改変する
2	工具破損検知による自動工具交換	◎	-	設定間隔で工具破損を検知し、破損時には自動工具交換指令を実行
3	NC データの削除	◎	-	低切削負荷の部位の NC データを間引く
4	CAM 接続インターフェース	◎	-	統合システムと CAM とを接続する I/F
5	NC データの追加	-	◎	高切削負荷の部位の NC データを追加
6	工具摩耗の予測制御	-	◎	工具の摩耗の進行状況を予測する
7	加工精度の予測制御	-	◎	切削物の加工精度を予測する
8	加工工程のパラメータ編集	-	◎	CAM との通信により加工パラメータを編集する (XY、Z ピッチ等)

事業化に対するマーケティングリサーチを実施している最中であり、2010年3月末現在の予定では、2010年7月の商品化を予定している。リサーチの途中経過では、表中の5番以降もニーズが高く、事業化に向けて以下の計画で鋭意開発中である。

- ①NC データの追加 ⇒ CAM I/Fにより実現し、2010年5月に開発終了予定
- ②工具摩耗の予測制御 ⇒ シーズは確定しているが、より具体的なニーズが明確でないため、開発終了時期は未定
- ③加工精度の予測制御 ⇒ 機能拡張により、2010年6月に開発終了予定
- ④加工工程のパラメータ編集 ⇒ CAM I/Fにより実現し、2010年5月に開発終了予定

3.2. 事業化の展開予定



2010年3月末の時点では、以下の要領で事業化を計画している。

- ・ 初回リリース予定
 - 2010年7月を予定
- ・ 広告・普及活動
 - 日本金型工業会を中心に実施予定
- ・ 販売網
 - 電通国際情報サービスが販売を担当し、既存の販売網を活用

ただし、研究開発後の課題でも述べたが、工具磨耗の予測制御に関する開発スケジュールの目処が現状ではたっており、この機能なしで事業化を開始するか？それとも事業化の開始時期を2011年4月のVersion2の商品化スケジュールへ初回のリリースを変更し、この機能を実装済みの状態で販売開始するかは、現在のところマーケティングリサーチ結果を参考にしながら検討している最中である。