

平成27年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「リアルタイム制御を可能にするソフトハード一体型複合制御システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成28年3月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社ケイエスピー

目次

第1章 研究開発の概要	p 2
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	p 2
1-1-1 研究の背景	p 2
1-1-2 研究の目的	p 3
1-1-3 各研究開発項目に対する今年度の実施内容	p 3
1-2 研究体制	p 4
1-2-1 研究組織（全体）	p 5
1-2-2 管理体制と再委託先の実施体制	p 5
1-2-3 研究開発推進委員会	p 6
1-3 成果概要	p 7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	p 7
第2章 本論	p 8
2-1 電装盤の設計・製作	p 8
2-1-1 改造内容の概要	p 8
2-1-2 マルチタスク実証ハードウェア改造	p 9
2-2 実験用複雑加工データの自動生成開発	p10
2-2-1 3次元形状加工データ高速自動生成システムの開発	p10
2-2-2 CS輪郭制御3D形状対応	p11
2-2-3 先行制御の開発	p11
2-2-4 セキュリティの開発	p12
2-2-5 移動時間短縮	p12
2-2-6 その他高速化の機能開発	p14
2-3 複雑データ動作システム実証実験	p14
2-3-1 2.5次元形状加工データ高速自動生成システム	p14
2-3-2 全軸8軸同時制御加工プログラム	p14
2-4 まとめ	p16
2-4-1 当初の事業計画に対する履行状況の整理	p16
2-4-2 目標達成度	p16
2-4-3 研究内容・計画の改善努力及び情勢変化への対応努力	p16
2-4-4 研究開発体制の充実に向けた努力	p16
2-4-5 事業管理機関の事業運営に向けた努力	p16
2-4-6 各アドバイザーからの評価	p16
2-5 出願特許、発表論文等の技術成果物	p17
最終章 全体総括	p18
3-1 3か年の研究開発成果	p18
3-2 今後の課題・事業化展開	p19
3-2-1 事業化に向けたマネジメント	p19
3-2-2 市場・用途別ターゲット	p20

第1章 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

昨今、製造事業の熾烈な国際競争において、高精度で高品質ながら顧客の短納期要求を満たし、且つ生産性の向上による原価低減が求められている。また、加工対象が複雑になる中、さらなる高速加工が追求され、多軸・複合加工を行う高性能な工作機械が欠かせなくなっている。

ところが、多軸の工作機械の内部構造やシステムは容易に改変できるものではないため、基本的に1台数千万円する工作機械を購入するか、或いは工作機械1台毎に搭載されている数百万円の制御装置を購入して据え付けるほかない。いずれにしても中小企業にとっては、経営をゆるがしかねない大きな設備投資となる。

このため、複数の加工ラインを持つ生産現場からは、既存の工作機械に加え、組立ロボットや搬送機等を含む複数台の稼働を、1台で同時に同期制御できるような次世代制御装置が切望されている。

また、従来の制御装置の通信デバイスやソフトウェアのロジックでは、加工速度に限界が生じていることから、高速かつ高度な同期制御「リアルタイム制御」の確立を目的とする新たなコンセプトの下、ハードウェアから通信、ソフトウェア、アプリケーションまで一貫した技術開発を行い、限界を超えていかなければならない。

よって、本プロジェクトを通じ、多軸工作機械を史上最短時間でリアルタイムに制御でき、正確かつ速やかに加工位置決めとステーション移動を可能にするソフトハード一体型複合制御システムを開発することを目指すものとした。

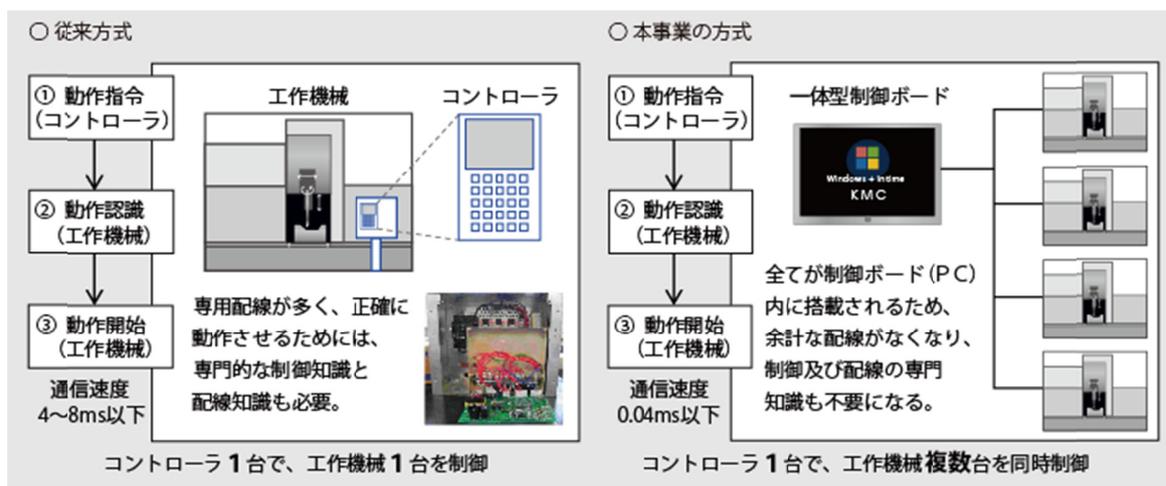


図 1-1-1 従来技術の方式と本事業の方式

1-1-2 研究の目的

本研究開発の目的は、P C 1 台の制御装置で複数の工作機械をリアルタイムにコントロールする安価なソフトハード一体型複合制御システムとして、多軸制御式P C コントローラを開発することである。その結果、工作機械が高度化され、生産性の向上とコストダウンの両立が図られることとなる。

研究の目標としては、

- ①. 制御ボード一体型とし、高速通信処理を実現する。
- ②. 応答遅れのないリアルタイム制御とし、同時多軸制御可能とする。
- ③. 安価な導入コストを実現する。
- ④. セルフレトロフィットを可能とする。
- ⑤. 不正コピー、機密漏えいを完全に防止する。

することである。

1-1-3 各研究開発項目に対する今年度の実施内容

- ① 電装盤の設計・製作（実施：株式会社KMC、株式会社テクノ）
 - ・ 制御実証用ハードウェア内に据付けた3軸のステージ用モータとスピンドルモータをそれぞれ高性能モータに取替え、軸ブレのないように装着時の精度を高め、軸ブレを最小化させた。
 - ・ 大量加工データのマルチタスク処理におけるリアルタイム制御の安定性確認のための評価試験を行い、十分な評価が得られるまで改良と試験を繰り返した。
- ② 実験用複雑加工データの自動生成開発（実施：株式会社KMC、株式会社テクノ）
 - ・ 自由曲面を自動で3D加工データ（STLデータ）をアウトプットする自動生成システムの開発と動作確認。
 - ・ CS輪郭制御を用いた3D形状加工を実現するための法線方向制御開発と動作確認。
 - ・ 複雑計算中のマシン停止を防止するための制御開発と負荷試験。
 - ・ 加工データの漏洩を保護するためのセキュリティ開発。
 - ・ 3D加工における非切削時間の最少化プログラムの開発。
 - ・ 実加工における総合デバック作業。
- ③ 複雑データ動作システム実証実験（実施：株式会社KMC、株式会社テクノ）
 - ・ ユーザー評価に基づくGUIの改良と検証。
 - ・ 全ての研究開発成果物に対する動作検証。
- ④ プロジェクトの管理・運営（実施：株式会社ケイエスピー）
 - ・ 事業管理機関（株式会社ケイエスピー）において、本プロジェクトの管理を行う。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、本成果報告書1部及び電子媒体（CD-ROM）一式を作成した。
 - ・ 本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題

等について研究実施者と調整を行った。

- ・再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行った。
- ・本年度の委託契約期間内に研究開発推進委員会を1回開催した。

概略	25年度 一体型制御ボードの開発と 基本動作の確認				26年度 高速・マルチタスクのための システム強化と実証		27年度 アプリケーション強化と デバッグ（ユーザー評価）	
アプリケーション	実証用加工データ （Gコード）用意				32軸稼働用 個別ブロックプログラム		不正コピー防止機能	
	基本動作パラメータ 設定				2.5次元形状加工データ 自動生成システム		3次元形状加工データ 自動生成システム	
ソフトウェア	モーション保証設計		Windows GUI の基本設定		Windows GUIのカスタマイズ （ユーザビリティ強化）			
	OSデュアル実装 Intime + Windows					マルチタスク用設計		
通信	A-LINK （I/O用）							
	メカトロリンクⅢ開発 （軸制御用）					高速・リアルタイム性能の強化		
ハードウェア	一体型制御ボード組立		制御実証用 3Dプリンター組立		小型実験用切削式 3Dプリンター組立		3D加工用 モーター実装	
	PLC製作	制御ボ ードPC拡張	ツールホル ダー製作	手動制御 盤製作				

KMC研究開発項目
テクノ研究開発項

図 1 - 1 - 3 本研究開発項目の系譜

1 - 2 研究体制

1 - 2 - 1 研究組織（全体）

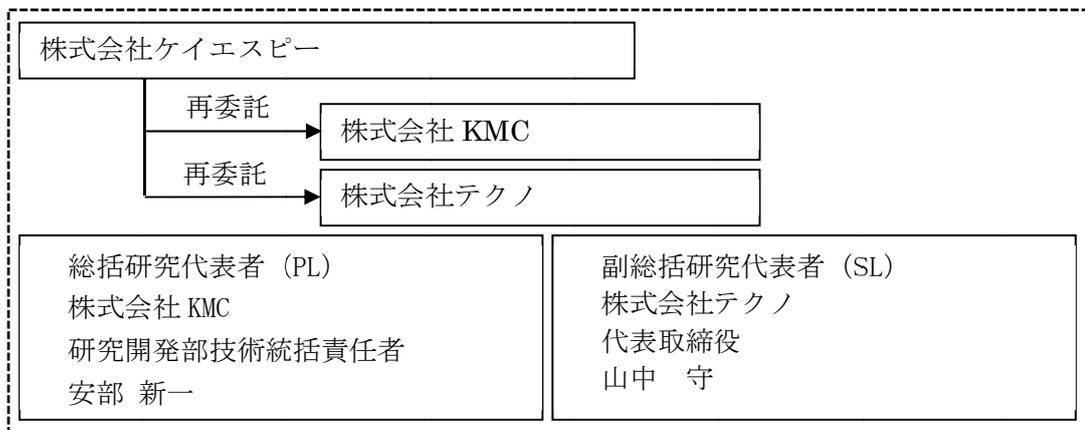


図 1 - 2 - 1 本事業全体の組織構成

1-2-2 管理体制と再委託先の実施体制

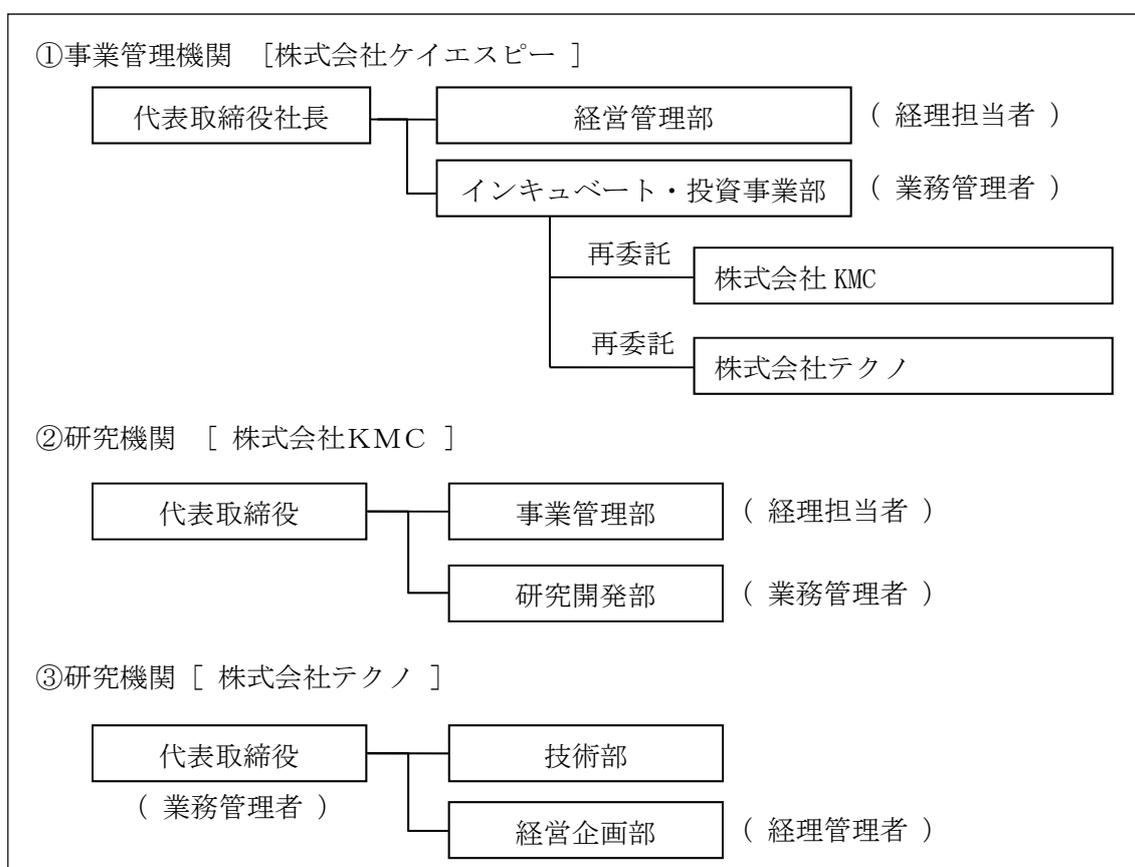


図1-2-2 各研究機関の組織構成

また、これら事業管理者及び再委託先2社のメンバーは次のとおり。

※ 実施内容の番号は、前述の「1-1-2 研究の目的」の項目に同じ。

[株式会社ケイエスピー]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
長谷川 章市	経営管理部 課長	⑤
黒田 智生	インキュベート・投資事業部 部長	⑤
水野 雄介	インキュベート・投資事業部 主任	⑤

[株式会社KMC]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
安部 新一	研究開発部 技術統括責任者	①、②、③、④
高瀬 篤彦	研究開発部 部長	①、②、③、④
堀口 直樹	技術開発部 部長	①、②、③、④
小崎 幹広	研究開発部 主任研究員	①、②、③、④

[株式会社テクノ]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
山中 守	代表取締役	①、②、③、④
鈴木 雅貴	技術部	①、②、③、④
野崎 兼知	技術部	①、②、③、④
中村 有	技術部	①、②、③、④
高尾 俊介	技術部	①、②、③、④
前山 佳織	技術部	①、②、③、④

1-2-3 研究開発推進委員会

今年度は、平成27年12月18日に研究開発推進委員会を開催した。

この委員会は、プロジェクトの進捗確認だけでなく、研究開発した技術の性能や有用性、商品として体現させた際の事業性、また、産業社会への貢献性を確認するとともに、川下ユーザーを中心とし、様々な観点からアドバイスを受けることで、その後の研究開発にフィードバックさせることを目的とした。

前年度の中間評価会において、審査員の方々より、より多くのアドバイザーを招聘すべきとのご指示により、昨年度のスズキ(株)に加え、中堅工作機器メーカーのエンシュウ(株)及び(株)メクトロンの各取締役にも参画いただいた。

[研究開発推進委員会 委員一覧]

氏名	所属・役職	備考
安部 新一	(株)KMC 研究開発部 技術統括責任者	<input type="checkbox"/> 委 PL
高瀬 篤彦	(株)KMC 研究開発部 部長	<input type="checkbox"/> 委
堀口 直樹	(株)KMC 技術開発部 部長	<input type="checkbox"/> 委
小崎 幹広	(株)KMC 研究開発部 主任研究員	<input type="checkbox"/> 委
山中 守	(株)テクノ 代表取締役	SL
鈴木 雅貴	(株)テクノ 技術部	<input type="checkbox"/> 委
野崎 兼知	(株)テクノ 技術部	<input type="checkbox"/> 委
中村 有	(株)テクノ 技術部	<input type="checkbox"/> 委
高尾 俊介	(株)テクノ 技術部	<input type="checkbox"/> 委
前山 佳織	(株)テクノ 技術部	<input type="checkbox"/> 委
長谷川 章市	(株)ケイエスピー 経営管理部 課長	
黒田 智生	(株)ケイエスピー インキュベート・投資事業部 部長	
水野 雄介	(株)ケイエスピー インキュベート・投資事業部 主任	
岡本 史紀	学校法人芝浦工業大学 名誉教授	アドバイザー
前嶋 直人	スズキ株式会社 金型工場 課長代理	アドバイザー
水野 信義	アルパインプレシジョン株式会社 金型技術部 マネージャー	アドバイザー
吉田 敏弘	エンシュウ株式会社 取締役	アドバイザー
宮本 泰伸	株式会社メクトロン 取締役	アドバイザー

1-3 成果概要

今年度、これまでの研究開発成果の総仕上げとして、ハードウェアの各構成を高性能化し、一体型制御ボードから多軸のモータをそれぞれ同時かつ高速に走らせても精確に動作させることにあった。また、独自の加工ロジックに基づく加工データの自動生成システムやセキュリティなどアプリケーション開発にも取り組み、あくまでも実用を前提として取り組んだ。そして、最終検証では世界初となる3軸同時制御を達成した。

・電装盤の設計・製作

平成25年度に開発した1号機のX軸、Z軸の高速稼働時における安定性の確保と、26年度に開発した2号機のモータの高容量化と変速比の変更を行った。

この改良により、昨年度のマシンに対し、ハードウェアの高速化を実施し、マルチタスク加工と3D形状自動生成加工試験に対応させた。また、各軸モータ交換により、トルクアップと高速化対応に向けたギア減速比の変更等を行うことができるようになった。

さらに、ハードウェアの改造後、全軸8軸同時制御加工の実証実験を行い、実加工において、いずれの軸も指令どおりに稼働した。

・実験用複雑加工データの自動生成開発

3次元形状加工データ高速自動生成システムやCS輪郭制御3D形状への対応を行った。また、3D加工を含めた複雑計算中にマシンが一時停止することを防止するための先行制御開発では、従来方式で8,052mSec掛かっていた軸移動が7,673mSecとなり、379mSecの短縮ができた。

・複雑データ動作システム実証実験

2.5次元形状加工データ高速自動生成システムのGUI改良や、全軸8軸同時制御加工プログラムを用意し、機上での運転動作試験を行った。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

連絡担当者	所属	株式会社ケイエスピー	インキュベート・投資事業部
	役職	主任	
	氏名	水野 雄介	
	電話	044-819-2001	
	Fax	044-819-2009	
	E-mail	mizuno@ksp.or.jp	

第2章 本論

2-1 電装盤の設計・製作

ハードウェアの高速化対応に向け、マルチタスクに対する高速性を通信速度に対応させ、最終動作試験を実施した。

2-1-1 改造内容の概要

- ・名称：マルチタスク実証ハードウェアの改造

現状の1号機、2号機の動作確認は完了したが、その後の方向として、ハードウェアの高速化対応を行った。マルチタスクにおける高速通信に対応させ、本来の生産性向上に向けた実加工試験を行い、ソフトハード一体のリアルタイム運転を実証した。

1号機：X軸、Z軸の高速安定性を改良。

2号機のモータ高容量化と変速比の変更改良。

【実施した各部の改造内容および仕様】

- ①1号機X軸の安定性確保のため

の取付ブラケット改良詳細仕様

X軸モータのマウントが悪く、配置も悪かったため、バラケット改造し、高速対応と安定化を目的に修正。

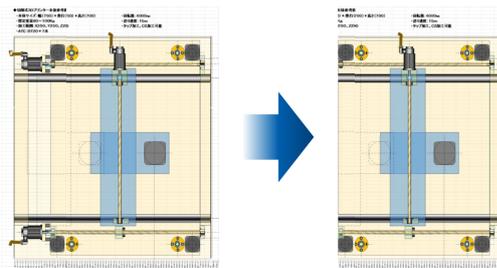
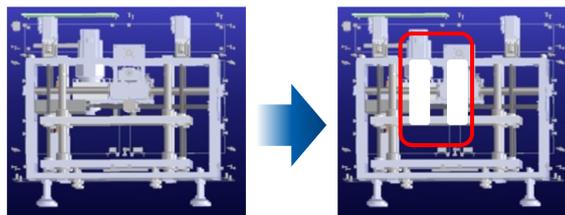


図2-1-1-1 取付ブラケット改良詳細仕様

- ②1号機Z軸の重量軽減改良

(10kg 場ランサー取付)



Zテーブルフリーの状態

Zテーブルランサ取付

図2-1-1-2 Z軸の重量軽減改良

- ③2号機X軸、Y軸、Z軸、モータ高容量化

- ④2号機④に伴う、取付ブラケットを新設

- ⑤2号機X軸、Y軸、Z軸、変速比変更

(送り精度高精度化2倍以上)

各部のモータの変更(全て150Wに交換)し、そのブラケットも新設、変速機もブラケット上に取り付けた。

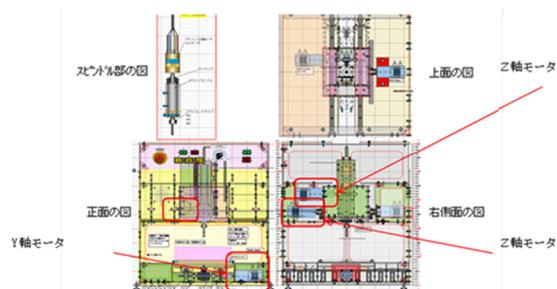


図2-1-1-3 新設のブラケットと変速機

- ⑥スピンドルモータ200W以上に
変更（高トルク化）
スピンドル交換に伴い高出力化。
（200W以上）

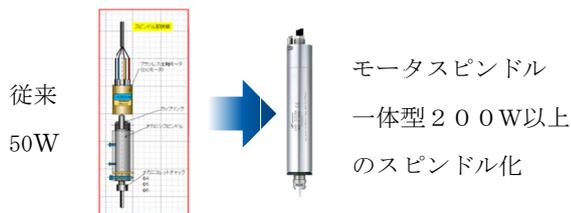


図2-1-1-4 交換したスピンドルモータ

2-1-2 マルチタスク実証ハードウェア改造

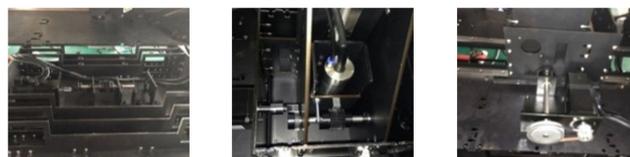
昨年度のマシンに対し、ハードウェアの高速化を実現し、マルチタスク加工と3D形状自動生成加工試験に対応。

各軸モータ交換によりトルクアップと高速化対応に向けたギア減速比の変更等を行った。



図2-1-2-1 組立前後の様子

- ・ X、Y、Z 軸変速機構改良
- ・ X、Y、Z 軸モータ、ドライバ交換
- ・ スピンドル、コントローラ交換



Y 軸変速機構追加 Z 軸変速機構追加 X 軸変速機構追加

図2-1-2-2 スピンドルの交換（1）



図2-1-2-3 スピンドルの交換（2）

- ・ ハードウェア改良による試験

全軸8軸同時制御加工の高速リアルタイム加工の実証を行った。現在1号機、2号機共に改良を施し、リアルタイムで同時に別々の加工を行うことを実証実験で行った。



図2-1-2-4 ハードウェア改良による試験

2-2 実験用複雑加工データの自動生成開発

以下7項目にわたって自動生成開発を行った。

2-2-1 3次元形状加工データ高速自動生成システムの開発

【目的】自由曲面形状 (STL) からのダイレクトなNC加工

【原理説明】

STLで与えられた3Dソリッドデータから、ラスタースキャン方式で一定間隔に点群データを作成し、内部的にNCデータを作成する。作成したNCデータはIntime上のNCソフトウェアに直接ダウンロードし直接DNCで加工。

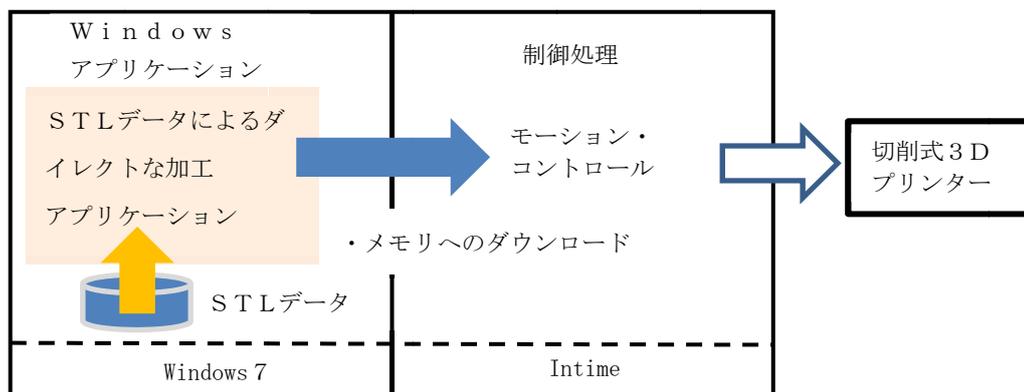


図2-2-1-1 Windows と Intime との連携

3Dデータ (STLデータ) を利用して、様々な自由曲面を自動で加工するデータを自動生成システムの開発を行った。

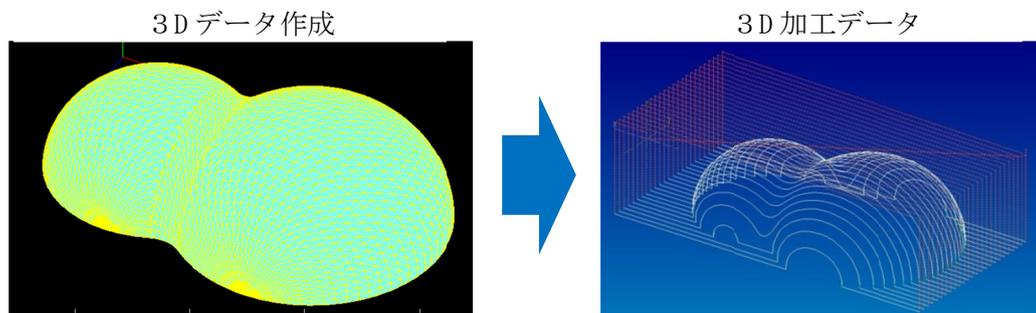


図2-2-1-2 3D加工データ開発

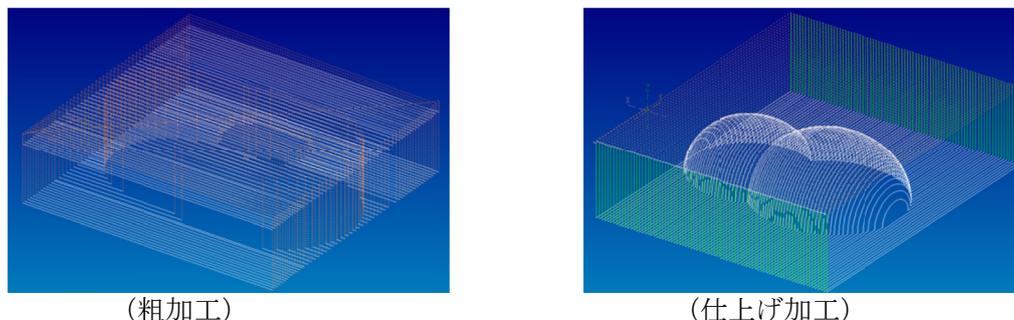


図2-2-1-3 3Dデータによる粗加工と仕上げ加工

2-2-2 CS輪郭制御3D形状対応（主軸改良含む）

3D加工の中で、形状に合わせた法線方向制御を行う部分の開発を行った。

2-2-3 先行制御の開発（3D計算中他の停止問題）

3D加工を含めた複雑計算中にマシンが一時停止することを防止するための先行制御開発を行った。

加工プログラムでは、軸移動（Gコード）やIO制御（Mコード）の為の指令の他に、マクロ変数による計算処理もプログラム中に入る。これにより、次の加工の目標位置をパラメトリックに求めることができる。

そのような計算処理もプログラムの1行として処理するものの、軸移動→計算→軸移動と連続する場合、一つ一つの指令行の完了を待ってから次の処理を行うと、計算中は軸の移動が停止してしまい、加工時間が延びる原因になる。

その対策として、軸移動中にマクロ変数計算を行う「先読み」機能を開発した。先読み機能の仕様としては、

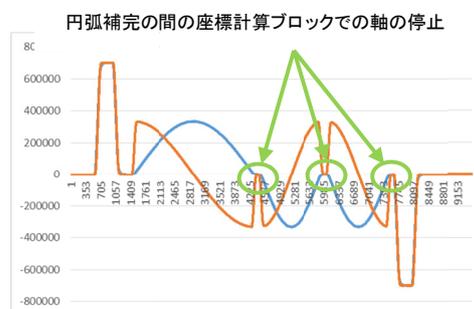
- ①軸移動指令に続くマクロ演算に対して行う
- ②1制御周期で5行分の計算を行う
- ③先読み機能のON/OFFがMコードで指定できる

（現在位置をシステム変数から読み取り、計算に使用する場合先読み機能によって異なる位置情報が読み込まれることの防止）

とした。

先読み制御無しの場合：

円弧補間の間で軸移動の停止があり、全体の時間も8,052mSec掛かっている。



先読み制御有りの場合：

円弧補間の間での軸移動の停止が無く、全体の時間も7,673mSecと379mSecの短縮が出来た。

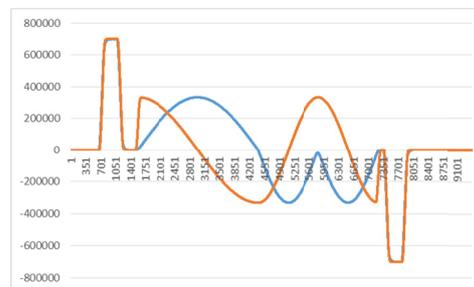


図2-2-3-1 先読み制御の開発

先読み機能のテストのため、右の様なパラメトリックな円弧補完プログラムを作成し、動作の確認をした。

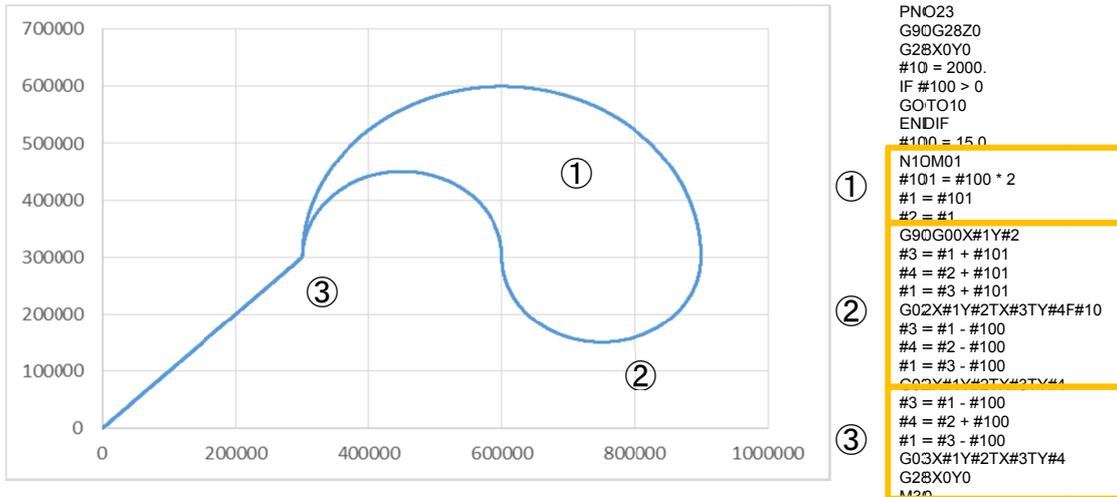


図 2-2-3-2 円弧補完プログラム

2-2-4 セキュリティの開発

加工プログラム自身は、加工ノウハウの詰まった資産でありながら、通常、NC 内部から取り出すことが簡単に出来てしまう。そこで、NC 内部から加工プログラムをコピー出来ないようプロテクトする機能を開発した。

全プログラムをプロテクトすると、返って使い勝手が悪くなるため、特定のプログラム番号（10000～29999）に於いてその読み込み・書き込み時にパスワード入力を求めるようにすることで、機能を選択できるようになった。

なお、パスワードは、管理者により任意の数字4桁で設定できる。

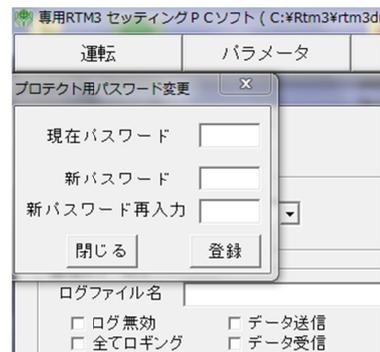


図 2-2-4 セキュリティソフトの画面

2-2-5 移動時間短縮（3D加工時間短縮）

D加工の中で、非切削時間の無駄を省くための滑らかな同時動作を実現する制御開発。

同一工具での複数の穴加工の際、加工位置移動時の軌跡で出来るだけ加減速がないようにすることで、2点間の高速移動が可能。

右図の従来のG00移動では、3回の各直線移動に加減速が発生するが、加減速最適化移動で1回の加減で済むため、より高速移動ができた。

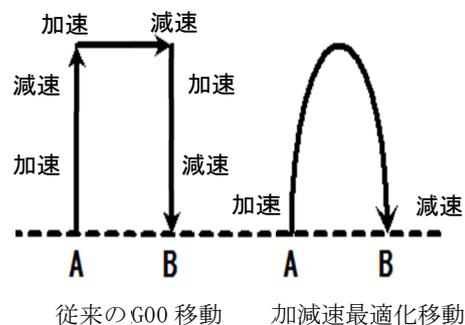
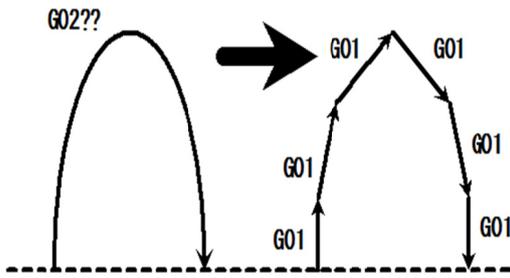
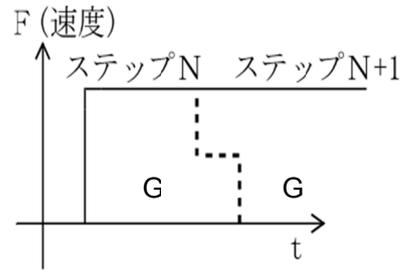


図 2-2-5-1 加減速最適化移動



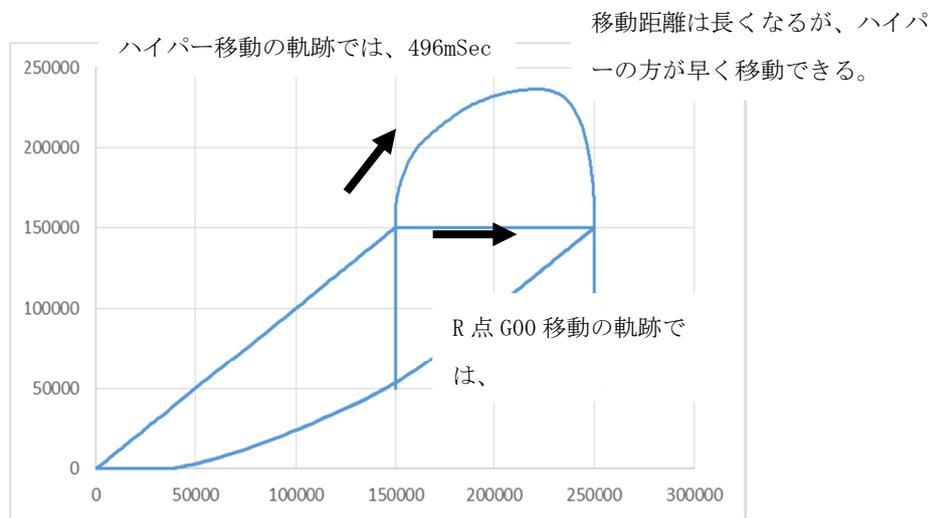
円弧補間ではなく、直線補完で近似したパスを指令。この時、「G01」を使用することで、原則的にパス間に加減速は生じないため、高速での移動が可能。（合成速度は一定なので、軸毎にみると速度変化は発生する。）

図 2-2-5-2 加減速最適化移動



連続した G01 間では、速度変動しないように、「つなぎ処理」にした。

図 2-2-5-3 つなぎ処理



2-2-5-4 ハイパー移動の軌跡

ハイパー移動の経路のとり方にもよるが、上記の例では R 点移動の 68.5% で移動。

また、R 点移動とハイパー移動について、試験的なプログラムでシミュレーション確認をしたところ、移動距離が長くなっても加減速の少ないハイパー移動の方が短時間で移動できることがわかった。

```
#1 = 30000
#2 = 5000
G28Z0
G28X0Y0
G90G00X15.Z15.
G01Z5.F#2
G00Z15.
X25.
G01Z5.
G00Z15.
G28Z0
G28X0Y0
G04P1.0
G90G00X15.Z15.
G01Z5.
Z20.
X16.667Z25.0F#
1
X20.0Z30.0
X23.333Z25.0
X25.0Z20.0F#2
Z5.
G00Z15.
G28Z0
```

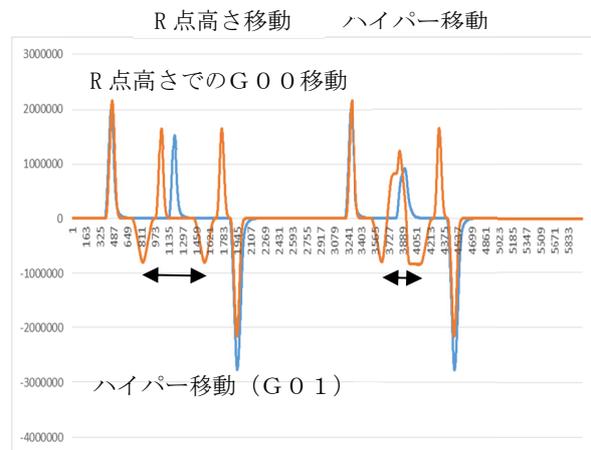


図 2-2-5-5 各軸速度波形

2-2-6 その他デバック作業

3D加工の中で、実加工によるデバック作業を行い、必要に応じ、部分的に機能開発しなければならぬようなイレギュラーな開発を適宜追加して行った。

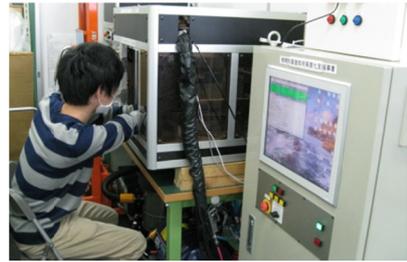


図 2-2-6 実加工デバック開発

2-3 複雑データ動作システム実証実験

2-3-1 2.5次元形状加工データ高速自動生成システム

ストリートポケット矩形コーナー内R	矩形コーナー内Rポケット幅X	\$WC_X\$	#0.000 mm	センター(行内)	08300
 Pocket-CornerRectangle	幅Y	\$WC_Y\$	#0.000 mm	列J(下内)	08300
	中心X座標	\$Cn_X\$	#0.000 mm	通数I	
	中心Y座標	\$Cn_Y\$	#0.000 mm	TXロット	
	底面Z	\$Botm_Z\$	#0.000 mm		
	上面Z	\$Top_Z\$	#0.000 mm	・エンドミル(側面・端面輪郭)⇒通称: 天面輪郭	
	コーナーR	\$Cnr_R\$	#0.000 mm	・エンドミル(側面・上面基準等高線)⇒通称: 等高線加工	
	側面公差中央値	\$Med_Sid\$	#0.000 mm	・エンドミル(側面・下面基準オーバーラップ等高級)	
	底面公差中央値	\$Med_Botm\$	#0.000 mm	・エンドミル(幅広げポケット・端面)⇒通称: 天面張りつぶり	
				・エンドミル(幅広げポケット・上面基準2ステップ)	
				・エンドミル(幅広げポケット・下面基準オーバーラップ)	
			・エンドミル(側面)		

プログラム名	加工要素名	加工条件	加工速度	加工時間	加工量
Pocket-CornerRectangle	天面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	側面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	端面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	底面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
Pocket-CornerRectangle	天面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	側面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	端面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000
	底面	エンドミル	10000	0.0000	0.0000

図 2-3-1 2.5次元形状加工データ高速自動生成システム

2-3-2 全軸8軸同時制御加工プログラム

- ・ 深切り込み遊星均等加工法

均等遊星 円形状ポケット加工

スパイラルでZ軸4軸を個別制御しながら、X軸2軸、Y軸1軸を遊星運動させながら加工を行う複雑データ生成プログラムを開発した。

また、機上運転動作試験を行い、一部、高性能現存加工機にて一部加工実験も完了した。

本サポイン事業終了後も、この加工セクションと同時に、疑似3軸（シミュレーション3軸加工機）を1台の制御装置にて、別タスクで同時進行加工動作を行っていく。

・加工結果

①ストレート溝

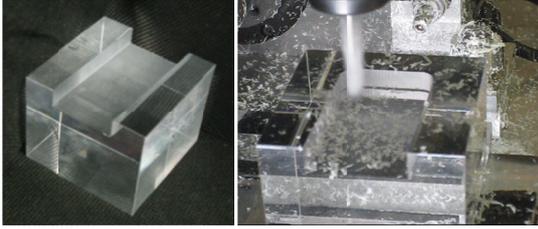


図 2-3-2-1 ストレート溝加工

②テーパ溝

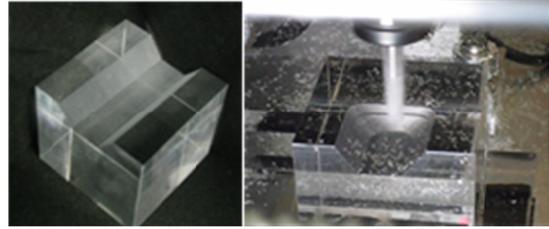


図 2-3-2-2 テーパ溝加工

③D形状片口

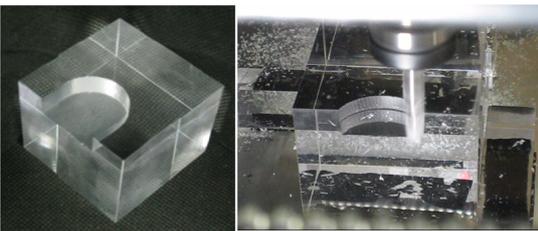


図 2-3-2-3 D形状片口加工

④片口ポケット

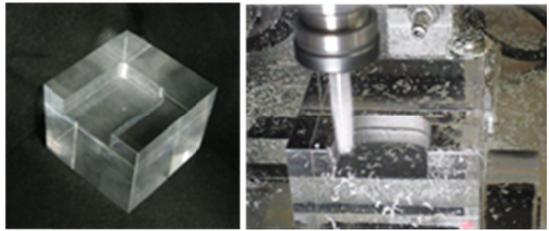


図 2-3-2-4 片口ポケット加工

⑤片口角Rポケット

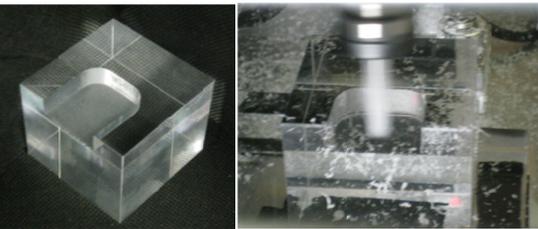


図 2-3-2-5 片口角Rポケット加工

⑥丸ポケット

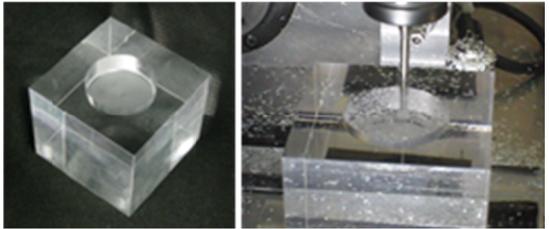


図 2-3-2-6 丸ポケット加工

⑦丸テーパポケット

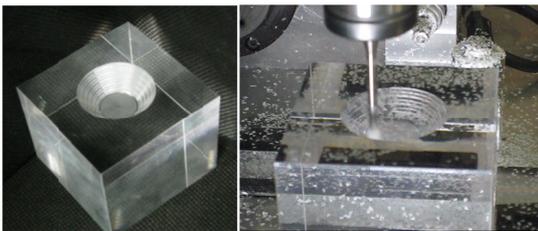


図 2-3-2-7 丸テーパポケット加工

⑧角ポケット

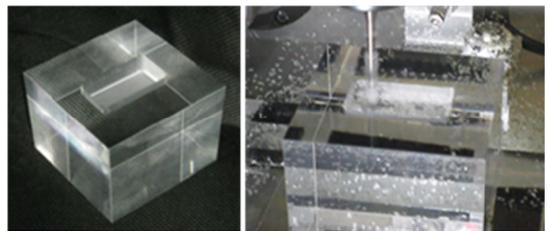


図 2-3-2-8 角ポケット加工

⑨3D形状粗加工

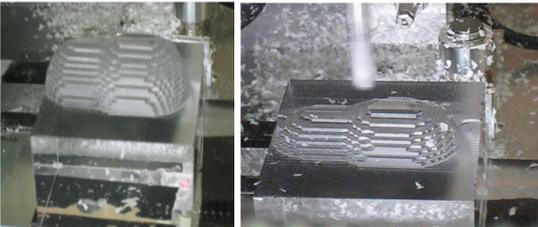


図 2-3-2-9 3D形状粗加工

⑩3D形状仕上げ加工

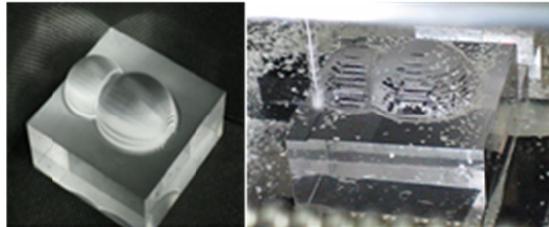


図 2-3-2-10 3D形状仕上げ加工

2-4 まとめ

2-4-1 当初の事業計画に対する履行状況の整理

当初、実施計画で掲げた、①電装盤の設計・製作、②実験用複雑加工データの自動生成開発、③複雑データ動作システム実証実験のいずれについても取りこぼしなく達成した。

2-4-2 目標達成度（自己評価）

初年度に開発した切削式 3D プリンター内のサーボモータ等を高速、高性能なものに取り換えて改良を行った上で、これまでに並行して開発してきた制御ボード、通信プロトコル、ソフトウェアをもって稼働させ、高速操作でも安定して同期することの信頼性を証明した。

また、ソフトウェアについては、3D 形状加工パスデータの自動生成システムのベースまで開発を完了した。いくつか加工条件を与えてデバックを行い、さらに、実ラインへの投入を念頭にセキュリティ、GUI の向上も行い、ユーザビリティの高いアプリケーションとして実装した。

以上により、全研究開発業務項目を完了させ、当初の予想を大きく上回る性能（制御精度、スピード、信頼性、コストパフォーマンス）を打ち出すことができた。

2-4-3 研究内容・計画の改善努力及び情勢変化への対応努力

本年度、インターモールド展に出展し、来場者へのヒアリングを通じるなどして、市場ニーズを確認した。今後は、協力メーカーを通じて、更なるユーザー目線での対応および原価低減を実現し、競争力をつけていくことが必要である。

2-4-4 研究開発体制の充実に向けた努力

ソフトウェア開発に重要なコミュニケーションを円滑に行うことができ、問題点の抽出もつぶしこみも迅速に実行できた。検証で発生した問題について直ちに報告が上がり、お互いの工数を見ながら優先事項を考慮して計画的に対応する連携が取れた。

2-4-5 事業管理機関の事業運営に向けた努力

開発の遅れや不履行がないよう実際の開発業務としては計画よりもやや前倒しで進めさせてきた。各研究員の努力に恵まれ、計画見直しの必要性も生じなかった。また、プロジェクトリーダーとサブリーダーとの間で、目標に対する進捗度を日常的にチェックしていたため、当初の計画通りに当初目的を達成した。

2-4-6 各アドバイザーからの評価

- ・現状では、マシン側の制御周辺のセンシング制御を別々に選択することはできないので、まずはマシン性能を金型加工に活かせるぐらいの制御機能を確保してほしい。

自動化という点でCAMレスも期待している。

- ・金型では、特にヨーロッパでもドイツのメーカーから保全の方法以外にもどのようなNCパスで製造しているのかというトレーサビリティの要求が迫られてくる。
- ・サーボモータとドライバがセットでないユーザーに余計な費用が発生し、取扱いにくいいため大手工作機械メーカーとタイアップして提案されるのがよいだろう。
- ・自動搬送と複数台のマシンロボットをすべて集中制御したいというニーズはある。1台で複数台制御できるのは魅力。
- ・自動車メーカーはアフターサービスに厳しい。アフターサービスまで含めて強化することが今後の事業に向けた課題になると思われる。
- ・事業展開する上では、あらゆる加工に対して装置の性能を高めていくスタンスよりも特定の加工で特化してやっていき、市民権を得て既存メーカーと対抗していくほうがよいだろう。当初は特化した切り口で推し進め、まずは知名度をあげていくべきだと思う。

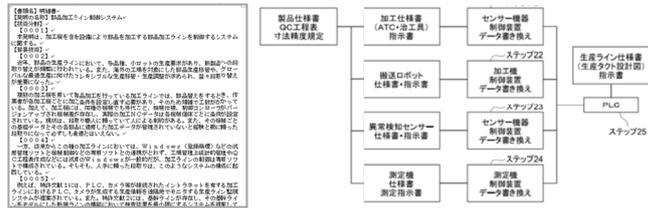
2-5 出願特許、発表論文等の技術成果物

本事業3年間を通じ、次の3件の特許を出願した。

① 部品加工ライン制御システム

特願 2014-31562

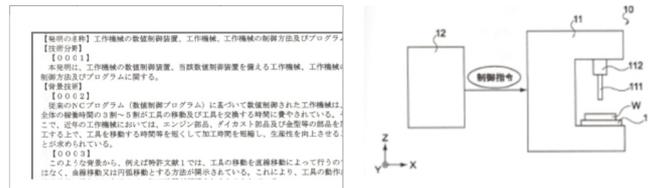
提出日:平成 26 年 2 月 21 日



② 工作機械の数値制御装置、工作機械、工作機械の制御方法及びプログラム

特願 2015-118339

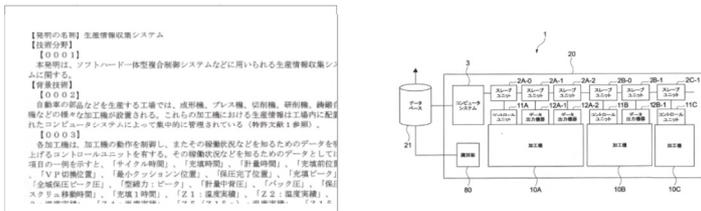
提出日:平成 27 年 6 月 11 日



③ 生産情報収集システム

特願 2016-019529

提出日:平成 28 年 2 月 4 日



最終章 全体総括

3-1 3か年の研究開発成果

平成 25 年度では、電装盤・制御装置の一体化した「一体型制御ボード」と、「制御実証用ハードウェア」を製作し、「実験用切削式 3D プリンター」を構成した。また、簡易的な使用環境においてリアルタイム制御を検証し、1 台の制御装置で 4 台の加工機まで制御が可能であることが確認できた。

平成 26 年度では、実用化へのステップを堅実に歩むべく、まず、一体型制御ボードの操作や通信における高速性と安定性を高め、ソフトウェアとの整合も含め、最適化に向けて改良した。また、ソフトウェアについては、2.5 次元形状の加工データ自動生成及び 3D 形状の加工データ自動生成の基礎研究を進め、実用的な形状に耐え得るシステムとした。

そして、このシステムを検証するため、平成 25 年度に製作した「実験用切削式 3D プリンター」を安価かつコンパクト化した「小型実験用切削式 3D プリンター」を新たに製作し、両ハードウェアのリアルタイム制御を試みながら、実用化に向けた評価と性能の向上を図った。

平成 27 年度では、まず、平成 26 年度に改良し、高速処理を実現した「一体型制御ボード」に対し、平成 25 年度に製作した「制御実証用ハードウェア」が、高速稼働でも安定して同期することを証明するため、「制御実証用ハードウェア」内に据付けた各駆動モータをそれぞれ高速・高性能な駆動モータに取替えるべく改造を行った。この上で、実加工データを投入し、マルチタスクでのリアルタイム制御であっても実際の生産ラインに適用できるレベルまで「実験用切削式 3D プリンター」全体の信頼性を高めた。

さらに、平成 26 年度の基礎研究で理論設計からシステム要件定義まで実施した 3D 形状の加工データ自動生成をソフトウェアとして完成させた後、「実験用切削式 3D プリンター」を用いて 3D 形状加工の試験を行った。なお、これら開発と並行し、ソフトウェアのデバッグを行うとともに、セキュリティやユーザーインターフェイスを向上させ、アプリケーションの完成度も高めた。

最終的に、本事業全体を通じて研究開発してきたハード・ソフトを全て稼働させ、その性能評価をもって本事業を完了した。

以上の 3 年間の開発を通じて、現段階では世界初となる 32 軸同期同時制御を完成することができた。

3-2 今後の課題・事業化展開

事業化の段階としては、まだ基本構造を創り、試作を終えた段階に過ぎない。今後もユーザーニーズに適合させるためのアプリケーション開発を行わなければ、商品全体として仕上げていく必要がある。その一方、本プロジェクトで開発してきた一部機能やシステムを転用・応用し、ユニット単位で提供できる見込みも出てきている。

よって、当面はこれまでの研究メンバー体制を維持し、事業化スピードを早めながら、柔軟に商品形成させてリリースする目論見である。

3-2-1 事業化に向けたマネジメント

① 開発

来年度以降、1～2年は、既存顧客を中心とする特定ユーザー（車・電機メーカー）の現場に持ち込み、ユーザー目線での助言を必要スペックとして反映させ、不具合等の確認、操作性の向上、機能付加、IoT対応等を推し進め、実用商品として達成するまで徹底的に検証する。また、既にユーザーから強い要求が出ている原価低減と小型化に向けて改良に取り組む。

また、3年後からは、全国営業の代理店やメンテナンス会社の外部協力を前提に、製品仕様をユニット単位の構成で設計し、容易に補修・交換できる開発も行う。

② 財務

今後の実用開発から、その後に商品として販売できるまでの収益回収期間（リードタイム）として1～2年を要すると見込んでいるが、その工数、経費の主体は人件費相当であり、追加の設備投資などはない見通し。

さらに、その後しばらくは事業収益で運転できるが、量産段階に至っては、資金繰りを鑑みながら、㈱日本政策金融公庫などに長期の融資を申し入れる予定である。

③ 販路開拓、マーケティング

今後1～2年間、上記①のユーザー先での開発・検証が完了するまでは、日常の営業活動や展示会等を通じて、見込客を集めておきながら3年後を目途に一気に事業化させる。

その後は、導入先のケイレツやレトロフィットを必要とする中小製造事業者販売する。

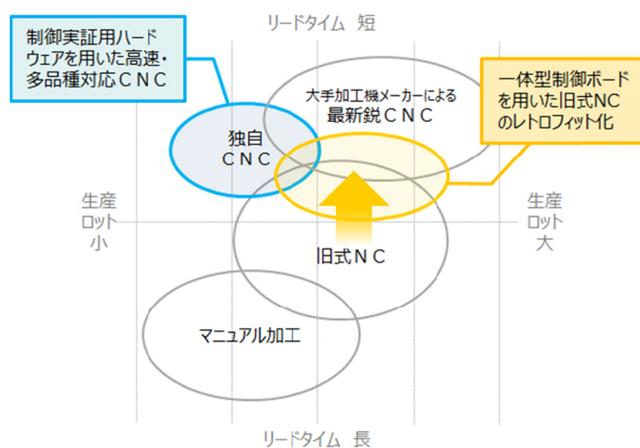


図3-2-1 本成果物の加工性能領域

3-2-2 市場・用途別ターゲット

当面の具体的対象市場及び用途としては、いずれも大手工作機器メーカーと競合しない、以下のニッチ市場を想定している。

- ・第1ターゲット：

既に本成果物について評価いただいている車・電機メーカー向け特殊パーツ加工機。

- ・第2ターゲット：

金型から食品に至る加工・組立・搬送を1台のPCで管理する統合制御機。

- ・第3ターゲット：

一品もので小型精密加工を要する歯科用・医療用材料加工機。