

令和元年度採択
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する機能を持った
「新型制御装置」の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和 4 年 3 月

担当局 中部経済産業局
補助事業者 公益財団法人名古屋産業科学研究所

目次

第1章 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
1-1-1 研究開発の背景	1
1-1-2 中小物づくり高度化指針における課題とニーズ	1
1-1-3 研究目的及び目標	2
【1. FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】	2
【1-1】新チャート作画ソフトの開発	2
【1-2】新制御ソフトライブラリの開発	2
【1-3】新画面ソフトライブラリの開発	2
【1-4】新コンパイラの開発	2
【1-5】新インタプリタの開発	2
【1-6】制御基板のソフト化	2
【2. 生産工程の改善・自動化への対応】	3
【2-1】AI・IoTを活用した品質管理、異常分析ソフトの開発	3
【2-2】新型制御装置のシリーズ化開発	3
【2-3】新有負荷制御特性検査装置の開発	3
【2-4】新ノイズ検査装置の開発	3
1-2 研究体制	4
1-3 成果概要	5
【1. FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】	5
【1-1】新チャート作画ソフトの開発	5
【1-2】新制御ソフトライブラリの開発	5
【1-3】新画面ソフトライブラリの開発	5
【1-4】新コンパイラの開発	5
【1-5】新インタプリタの開発	5

【1-6】 制御基板のソフト化	6
【2. 生産工程の改善・自動化への対応】	6
【2-1】 AI・IoT を活用した品質管理、異常分析ソフトの開発	6
【2-2】 新型制御装置のシリーズ化開発	6
【2-3】 新有負荷制御特性検査装置の開発	6
【2-4】 新ノイズ検査装置の開発	6
1-4 当該研究開発の連絡窓口	6
第2章 本論	7
【1. FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】	7
【1-1】 新チャート作画ソフトの開発	7
【1-2】 新制御ソフトライブラリの開発	7
【1-3】 新画面ソフトライブラリの開発	9
【1-4】 新コンパイラの開発	9
【1-5】 新インタプリタの開発	10
【1-6】 制御基板のソフト化	11
【2. 生産工程の改善・自動化への対応】	11
【2-1】 AI・IoT を応用した品質管理、異常分析ソフトの開発	11
【2-2】 新型制御装置のシリーズ化開発	12
【2-3】 新有負荷制御特性検査装置の開発	13
【2-4】 新ノイズ検査装置の開発	14
最終章 全体総括	
3-1 複数年の研究成果	16
3-2 研究開発後の課題	16
3-3 今後の販売計画	16
1) 2022年4月～2023年3月	16
2) 2023年4月～2026年3月	17
3-4 特許出願・取得状況	17

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 研究開発の背景

経済産業省のホームページに公示されている Society5.0 の指針で、製造業が IoT・AI に至るデジタル制御技術を活用した多品種混流生産型の FA 生産システムの導入を奨励して、その生産性を向上させることで増収を図り、社会の発展に大きく寄与させたい旨の概要が示されている。

FA 生産システムの主体は、多数の加工機や搬送機で、これらが連携制御されている。

制御の主体は、CNC 制御と、PLC 制御で構成されている。機械本体の製作手順は、CAD・CAM・CAE・測定機・ロボット等の連携がかなり進んでおり、計画生産が実現している。

一方、制御装置は、操作盤・動力盤のハード部分と、組込用制御プログラムで構成されている。制御プログラムの開発手順は、ベテランのソフト技術者により、動作チャート（フローチャート）作成とプログラムコーディングを行っている。制御プログラムのコーディングが終わると、制御装置にインストールする。機械本体と制御装置の接続工事を行った後、試運転・デバッグを行うが、ソフト技術者のスキルに頼る工程が多く、人為ミスが多発しているため、デバッグ時間が多くなり、機械製作のような計画生産の実現には程遠い。現状、機械本体の設計製作時間に対し、制御装置のデバッグを含む所要時間が、2倍以上かかってしまう。よって、FA 生産システムの製作には多大な納期とコストがかかっている。

Society 5.0 に応えるための解決策として、「FA 生産システムの制御プログラムを自動生成する機能を持った新型制御装置（APC型CNC制御装置）」の開発に尽きる。

1-1-2 中小物づくり高度化指針における課題とニーズ

（八）機械制御に係る技術に関する事項

1 機械制御に係る技術において達成すべき高度化目標

（3）川下分野横断的な共通の事項

②高度化目標

ウ. 高速化・高精度化のための技術の向上

カ. 生産工程の改善・自動化のための技術の向上

ウ. FA の加工速度、加工精度が統一できていない。FA を構成する機械は、PLC と CNC 制御が混ざっている。PLC 制御（ON/OFF 制御）の制御サイクルは、10ms であり、CNC 制御（フィードバック制御）は 1ms である。このことは、加工速度と加工精度が PLC 制御に支配されていることになる。

新型制御装置を開発して、PLC も CNC と同じ 1ms の制御サイクルを実現する。

カ. 新型制御装置で FA を制御する場合、新チャートは、シリンダの ON/OFF 制御、AC サーボモータのフィードバック制御を意識することなく同ルールで画けるので、自動的に PLC 制御、CNC 制御を合体した一本の制御ソフトを自動生成する。従って、従来のフローチャート方式に比べて 1/10~1/20 の時間で制御ソフトが開発ができ、納期短縮に貢献する。

FA は、納入後、15 年以上使われる。この間に加工品や組立て品が、当初計画から変わることが多くこの過程で、機械の一部や制御装置の一部の改造が、かなりの頻度で発生する。機械制御のソフトを改造する時、新チャートは、該当部分を書き替えてコンパイラにかけると、1 分以内に新制御ソフトを自動生成できるので、改造対応は、簡単に早くできる。

1-1-3 研究目的及び目標

【1. FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】

【1-1】新チャート作画ソフトの開発

同じ機械を制御するために、新チャートとフローチャートの二方式があるが、フローチャートの作画時間に対して新チャートの作画時間を 1/10 以下にする。

【1-2】新制御ソフトライブラリ開発

AC サーボモータ、エアシリンダ等、各種駆動源に対応した新制御ソフトライブラリの標準部品を 30 種類作成する。

【1-3】新画面ソフトライブラリ開発

機械設計値設定画面（A 画面）、加工段取りデータ画面（B 画面）、加工データ画面（C 画面）、手動操作画面（D 画面）等の新画面ソフトライブラリを 10 種類開発し、標準画面ソフトとする。

【1-4】新コンパイラ開発

新チャート上の PLC、CNC 制御用駆動源の起動、停止、新チャートのデータ線上の新制御ソフトライブラリ記号、新画面ソフトライブラリの C 画面（加工データ画面）記号、制御順位等を 読み取り、正確に早く制御ソフトに自動翻訳させる。

【1-5】新インタプリタの開発

【1-4】のコンパイラで自動翻訳した制御ソフトを制御サイクル 1ms の高速で実行する。

【1-6】制御基板のソフト化

従来、ハードウェアで行っていた各種の PLC（ON/OFF 制御）・CNC（フィードバック制御）の各種機能を全てソフト化して、ローコストで故障に強く、制御サイクル 1ms を実現する。

【2. 生産工程の改善・自動化への対応】

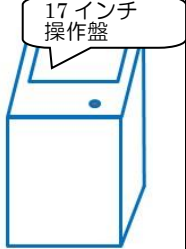




【2-1】 AI・IoT を応用した品質管理、異常分析ソフトの開発

FA で加工中の品質異常、故障予測、異常個所の自動検出ソフトを開発する。

【2-2】 新型制御装置のシリーズ化開発

表 1 で示す A-FA-64、B-FA-32、C-MC-16、D-MC-4、E-MC-2 の 5 シリーズを開発する。

表 1. 新型制御装置の操作盤シリーズ

型式	A-FA-64	B-FA-32	C-MC-16	D-MC -4	E-MC -2
外観					
適応機	中規模 FA	小規模 FA	大型機械	中型機械	小型機械
画面	17 インチ	17 インチ	15 インチ	15 インチ	15 インチ
サーボ軸	64 軸	32 軸	16 軸	4 軸	2 軸
シリンダ軸	1024 本	512 本	256 本	64 本	32 本
特徴	PLC で不可能領域 制御サイクル 1ms ソフト自動生成式	PLC で不可能領域 制御サイクル 1ms ソフト自動生成式	大型 PLC 対抗機 制御サイクル 1ms ソフト自動生成式	中型 PLC 対抗機 制御サイクル 1ms ソフト自動生成式	小型 PLC 対抗機 制御サイクル 1ms ソフト自動生成式

【2-3】 新有負荷制御特性検査装置の開発

被検体を温度、湿度、振動等の制御を行える環境室に入れて有負荷テストが行える検査装置を開発する。

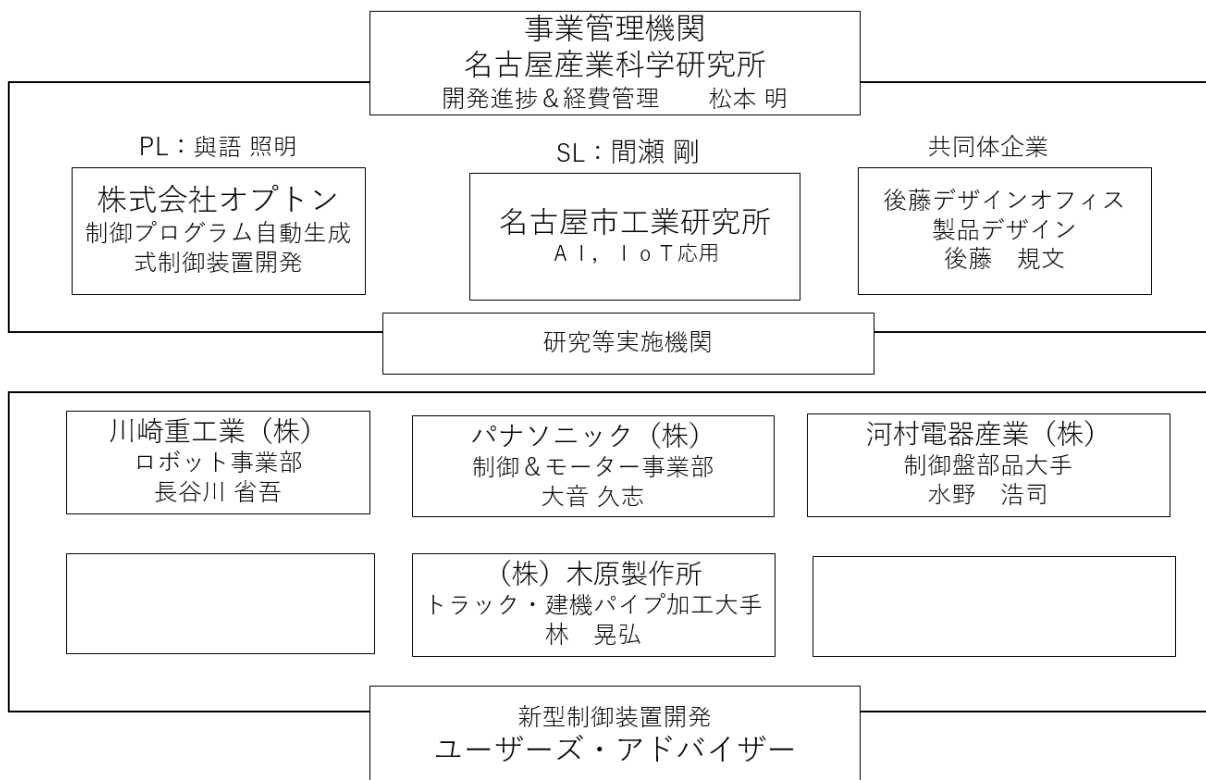
【2-4】 新ノイズ検査装置の開発

自然界や工場内の各種電磁過度現象に耐えられる能力を確認する装置を開発する。

IEC61000-4-2~6 のノイズ試験に合格するノイズ対策を行う。

1-2 研究体制

体制図および役割分担



1-3 成果概要

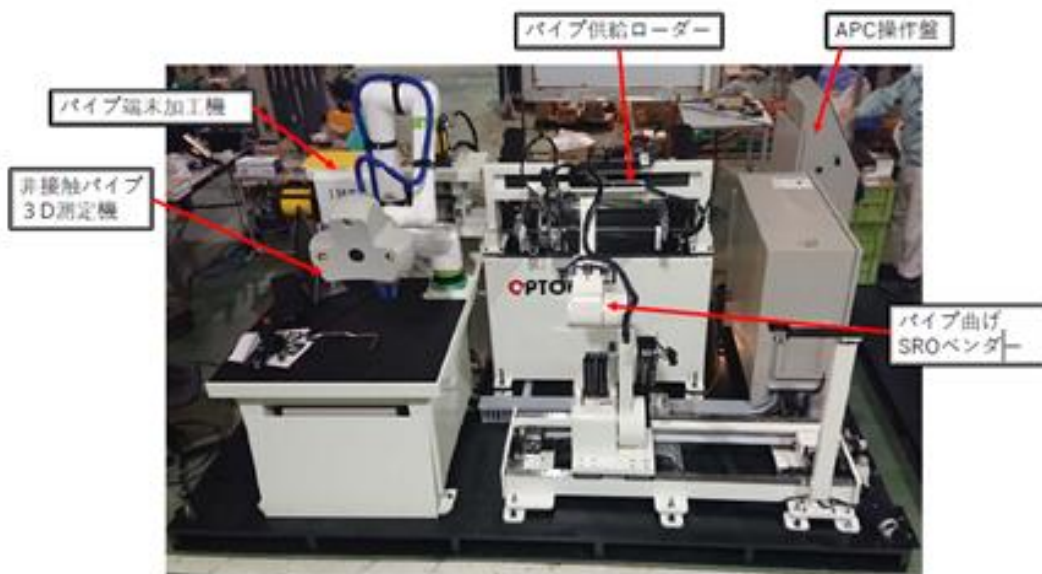


図1. FAシステム

【1. FA生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】

【1-1】新チャート作画ソフトの開発

「新チャート作画ソフト」を開発し、図1で示すFAシステムの動作を現わす新チャートを入力して評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

【1-2】新制御ソフトライブラリの開発

ACサーボモータ、エアシリンダ等、各種駆動源に対応した新制御ソフトライブラリを開発し、図1で示すFAシステムに組み込んで評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

【1-3】新画面ソフトライブラリの開発

機械設計値設定画面（A画面）、加工段取りデータ画面（B画面）、加工データ画面（C画面）、手動操作画面（D画面）等の新画面ソフトライブラリを開発し、図1で示すFAシステムに組み込んで評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

【1-4】新コンパイラの開発

【1-1】で作成した新チャートをコンパイルし、機械語制御プログラムに1秒程度で変換できた。

【1-5】新インタプリタの開発

【1-4】のコンパイラで自動翻訳した制御ソフトを、図1で示すFAシステムに組み込んで評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

【1-6】制御基板のソフト化

従来、ハードウェアで行っていた各種の PLC (ON/OFF 制御)・CNC (フィードバック制御) の各種機能を全てソフト化して、図 1 で示す F A システムに組み込んで評価を行い、サーボサイクル 1ms で動作することを確認した。

【2. 生産工程の改善・自動化への対応】

【2-1】 AI・IoT を応用した品質管理、異常分析ソフトの開発

F A システムで加工中の品質異常、故障予測、異常個所の自動検出ソフトを開発する予定だったが、メカの振動を解析する基礎実験までしか達成できなかった。

現在、オプトンで I 品質異常・故障予測・異常個所の自動検出ソフトの開発を始めており、要求仕様書まで完成している。令和 4 年度中に完成させ、オプトンで製造販売する機械に組み込んで販売する。

【2-2】 新型制御装置のシリーズ化開発

表 1 で示す A-FA-64、B-FA-32、C-MC-16、D-MC-4、E-MC-2 の 5 シリーズを開発するよ
ていただいたが、デザインまでで実際に制作したのは「A-FA-64」 1 機種だった。

令和 4 年度は、シリーズの見直しを行うとともに、画面表示のデザインも予定してい
る。

【2-3】 新有負荷制御特性検査装置の開発

被検体を温度、湿度、振動等の制御を行える環境室に入れて有負荷テストが行える検
査装置として、図 1 で示す F A システムを開発した。

【2-4】 新ノイズ検査装置の開発

自然界や工場内の各種電磁過度現象に耐えられる能力を確認する装置を開発を導入し、
IEC61000-4-4 のノイズ試験基準を達成したことを確認した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社オプトン 電話：0561-48-3381, FAX：0561-48-4141

代表取締役 社長兼 APC PL 與語 照明 yogo@opton.co.jp

APC 開発部

取締役 田中 秀行 tanaka@opton.co.jp

取締役 路 海寧 li@opton.co.jp

APC 製品部 チームリーダー

可兒 利弘 kani@opton.co.jp

第2章 本論

【1. FA 生産システムの制御ソフトを自動生成する要素技術の開発】

【1-1】新チャート作画ソフトの開発

株式会社オプトンは、「新チャート作画ソフト」を開発した。図1で示すFAシステムの動作を現わす新チャートを入力して評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

ソフトウェアの開発時間は、従来オプトンでパイプベンダーの実績に対して1/10の時間になり、大幅な開発時間の短縮ができた。

さらに、機械設計者に「新チャート作画ソフト」の使用方法を説明したところ、機械設計者だけで「新チャート」を作成し、機械を動作させることに成功した。

また、機械の検査担当者に「新チャート作画ソフト」の使用方法を説明して、オプションのエアシリンダを追加するためのチャートの変更することができた。

以上のことにより、ソフトウェア技術者でなくても、機械を制御するためのプログラムを生成できることが実証できた。

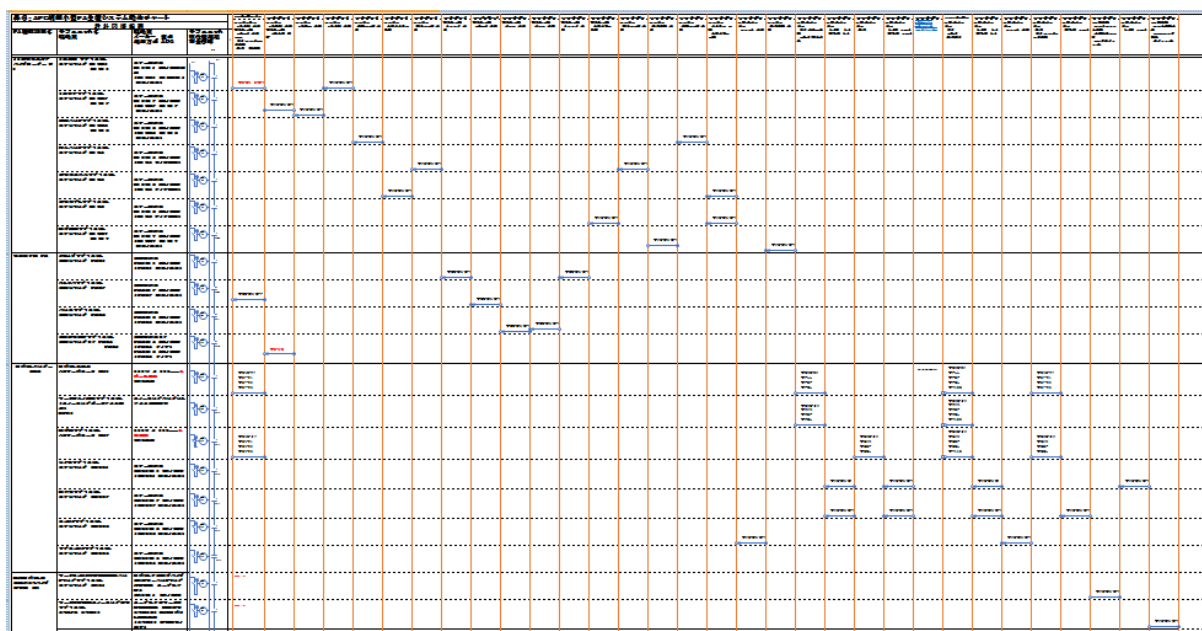


図2. FAシステム用新チャート

【1-2】新制御ソフトライブラリの開発

市販されているACサーボモータ・リニアモータ・パルスモータ・DDV油圧サーボ・空圧シリンダ・油圧シリンダ等の駆動源に対し、シリーズの大小に係わらず、新制御標準ソフトライブラリは、各駆動源シリーズに対して1個、合計6個で済むことが分かった。

上記の結果を踏まえて、チャートを描く時にライブラリを選択しやすくするため、例えば、ACサーボモータの直線動作用ライブラリ・回転動作用ライブラリの2種

類に分けるなどして、図3で示す15種類の新制御ソフトライブラリを開発した。
このライブラリを使用して新チャートを描き、図1で示すFAシステムに組み込んで評価を行い、サーボサイクル1msで動作することを確認した。

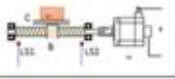






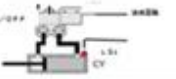
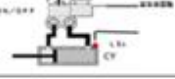





<p>1) CNC-XA (ACサーボ直線) サブユニット</p> <p>A. ACサーボモータ直線制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XA</p>	<p>CNC-XA の機能</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>A: ACサーボモータ (直線) 軸制御</p>
<p>3) CNC-XL (リニア直線) サブユニット</p> <p>A. リニアモータ直線制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XL</p>	<p>CNC-XL の機能</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>L: リニアモータ (直線) 軸制御</p>
<p>2) CNC-0A (ACサーボ回転) サブユニット</p> <p>A. ACサーボモータ回転制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-0A</p>	<p>CNC-0A の機能</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>A: ACサーボモータ (回転) 軸制御</p>
<p>4) Open-XP (パルスモータ直線) サブユニット</p> <p>A. パルスモータ直線制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★Open-XP</p>	<p>Open-XP</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとに指令変更可能な直線制御 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>Open: フィードバック無し P: パルスモータ (直線) 軸制御</p>
<p>5) Open-0P (パルスモータ回転) サブユニット</p> <p>A. パルスモータ回転制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★Open-0P</p>	<p>Open-0P</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとに指令変更可能な回転制御 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>Open: フィードバック無し P: パルスモータ (回転) 軸制御</p>
<p>7) CNC-OC (リニアスケール付き油圧シリンダー)-XS (サーボ弁) サブユニット</p> <p>A. 油圧シリンダー比例弁制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-OC-XS</p>	<p>CNC-OC-XS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 外付けリニアエンコーダ使用 油圧の流量制御 <p>S: サーボ弁 (直線) 軸制御</p>
<p>6) CNC-DDV-Cy (リニアエンコーダ) サブユニット</p> <p>A. DDV油圧サーボ弁制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-DDV-Cy</p>	<p>CNC-DDV-Cy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 外付けリニアエンコーダ使用 動作中に速度・トルク制限変更可能な位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>DDV: ACサーボモータ+ヒストリソレノイド弁 (スケール付)</p>
<p>8) OC(油圧シリンダー)-ON-OFFサブユニット (制御ソフトはセンサ有無にかかわらず同一)</p> <p>A. 油圧シリンダーON/OFF弁制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★OC-ON/OFF</p>	<p>OC-ON/OFF</p> <ol style="list-style-type: none"> 油圧シリンダーON/OFF 制御 <p>OC: 油圧シリンダー ON/OFF</p>
<p>9) AC(エアシリンダー)-ON/OFFサブユニット (制御ソフトはセンサ有無にかかわらず同一)</p> <p>A. エアシリンダーON/OFF弁制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★AC-ON/OFF</p>	<p>AC-ON/OFF</p> <ol style="list-style-type: none"> エアシリンダー ON/OFF 制御 <p>AC: エアシリンダー ON/OFF</p>
<p>11) CNC-XY平面動作ACサーボモータユニット</p> <p>A. ACサーボモータXYテーブル制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XY-AA</p>	<p>CNC-XY-AA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な XY2次元平面位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>XY: XYテーブル A: ACサーボモータ</p>
<p>10) CNC-X平面ACサーボモータ,Y平面リニアモータユニット</p> <p>A. 真駆動XYテーブル制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XY-AL</p>	<p>CNC-XY-AL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な XY2次元平面位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>XY: XYテーブル A: ACサーボモータ L: リニアモータ</p>
<p>12) CNC-XY平面動作リニアモータユニット</p> <p>A. リニアモータXYテーブル制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XY-LL</p>	<p>CNC-XY-LL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な XY2次元平面位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>XY: XYテーブル L: リニアモータ</p>
<p>13) CNC-XYZ立体動作ACサーボモータユニット</p> <p>A. ACサーボモータXYZテーブル制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XYZ-AAA</p>	<p>CNC-XYZ-AAA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な XYZ3次元空間位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>XYZ: XYZテーブル A: ACサーボモータ</p>
<p>15) ロボット ティーチングプログラム実行ユニット</p> <p>A. ティーチングプログラム制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★EX-R</p>	<p>EX-R</p> <ol style="list-style-type: none"> ロボットのティーチングプログラム No を指定して実行 動作速度指定可能 <p>※右側のロボットはメーカー言語で制御する必要があります。この部分のモーションライブラリはメーカー毎に追加収録する。</p> <p>R: ロボット</p>
<p>14) CNC-XYZ立体動作リニアモータユニット</p> <p>A. リニアモータXYZテーブル制御例</p>  <p>B. チャート記号 ★CNC-XYZ-LLL</p>	<p>CNC-XYZ-LLL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1ms ごとのフィードバック制御 動作中に速度・トルク制限変更可能な XYZ3次元空間位置制御 動作中に目標位置変更可能 加減速度/加減速度時間指定可能 S字加減速曲線自動生成可能 <p>XYZ: XYZテーブル L: リニアモータ</p>

図3. 新制御ソフトライブラリ

【1-3】新画面ソフトライブラリの開発

共通操作画面 15 画面を開発する計画だったが、共通操作画面 43 画面と画面カスタマイズ修正ソフトを開発した。

メーカー設定画面・ユーザー設定画面・加工データ画面・割込みデータ画面・タイマ設定画面・XYZ⇒PRB 変換画面・加圧曲げ／扁平率改善画面・手動操作画面・加工品番指定画面・製品カウンタ画面 10 種類

故障表示画面・故障履歴表示画面・消耗品交換時期表示画面・ツール在庫画面・品種切換え段取り画面・伸び補正画面・スプリングバック補正画面・ひねり角度補正画面 8 種類

原位置確認画面・I/O モニタ画面・制御予実監視画面・FA 中央監視盤画面 等標準画面 25 種類

図 4 に、ユーザー設定画面の例を示す。

G-WIN-SW-H-80型ロボットベンダー AB表画面-1/3 サブユニット 曲げ BD						
客先名			曲げ製品名			
製品図番			品番			
チャート記号	入力項目名	設計A表 設計データ	駆動源仕様	段取B表 段取りデータ	説明	
BD-00	曲げ バルスレート	0.000399328 ° / p	表示	- ° / p	表示	
BD-01	最大曲げ角度	195.00 °	表示	- °	表示	
BD-02	曲げ速度	5 速	表示	速	表示	
★ BD-03	曲げトルク	100.00 %	表示	%	表示	
BD-04	曲げ戻り速度	5 速	表示	速	表示	
★ BD-05	曲げ戻りトルク	100.00 %	表示	%	表示	
BD-06	曲げ Sカーブ 加速時間	100.00 ms	表示	- ms	表示	
BD-07	曲げ Sカーブ 減速時間	100.00 ms	表示	- ms	表示	
BD-08	曲げ戻りメカ位置	-5.00 °	表示	- °	表示	
BD-09	曲げ戻りソフトリミット位置	0.00 °	表示	- °	表示	

図 4. ユーザー設定画面例

【1-4】新コンパイラの開発

「新コンパイラ」を開発が完了した。

チャート上の起動停止記号と制御記号（NC モーション，ON/OFF モーション，XY モーション等）から制御用の機械語に翻訳して、一連の制御プログラムを1秒で自動生成できた。

新コンパイラが生成した制御プログラムで、図 1 で示す FA システムを制御し、動作確認と評価を行った結果、制御サイクル 1ms を実現した。

図 5 は、コンパイラの概要を示すブロック図である。

コンパイラの概要

YOGOチャートと、画面ソフトが持つ加工データ・タイマーデータ等を収集、マシン語に変換する。インタプリタはマシン語を読み込んで、サブユニットを制御する。

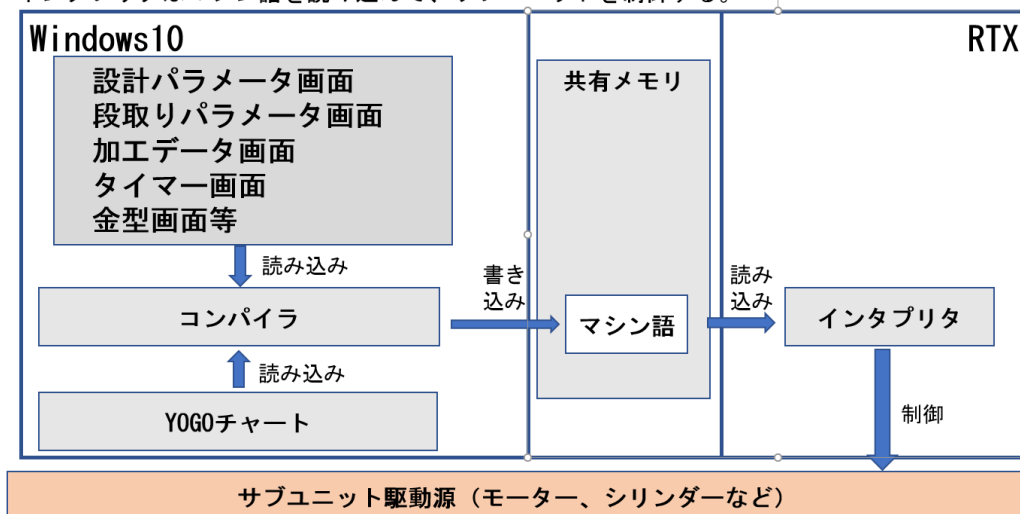


図 5. コンパイラ概要図

【1-5】新インタプリタの開発

「新インタプリタ」を開発し、新コンパイラが生成した制御プログラムを新インタプリタで実行して、図 1 で示す F A システムを制御し、動作確認と評価を行った結果、制御サイクル 1ms を実現した。

制御サイクルは、アクチュエータごとに、0.5~10ms で設定可能である。

高速スクリプトインタプリターとモーションソフト

- 高速スクリプトインタプリタとモーションソフトはAPC操作盤内のコンピュータに配置したリアルタイムOS上で動作し、並列処理タスクをマイクロ秒精度でリアルタイム高速処理が実現可能とする。スクリプトインタプリタは共有メモリに保存されているマシン語を制御順に取出して、APCコアソフト内のモーションソフトに渡し、EtherCAT経由でサーボ軸最大64個、シリンダー軸最大1024個へ同時に制御駆動指令を出す。制御サイクルは最小0.5ms最大10msでEtherCAT通信設定ソフトでユーザーサイドで設定可能。各サブユニットのステータスと異常データもEtherCAT経由で収集し、集中監視画面ソフトへ渡して表示させる。

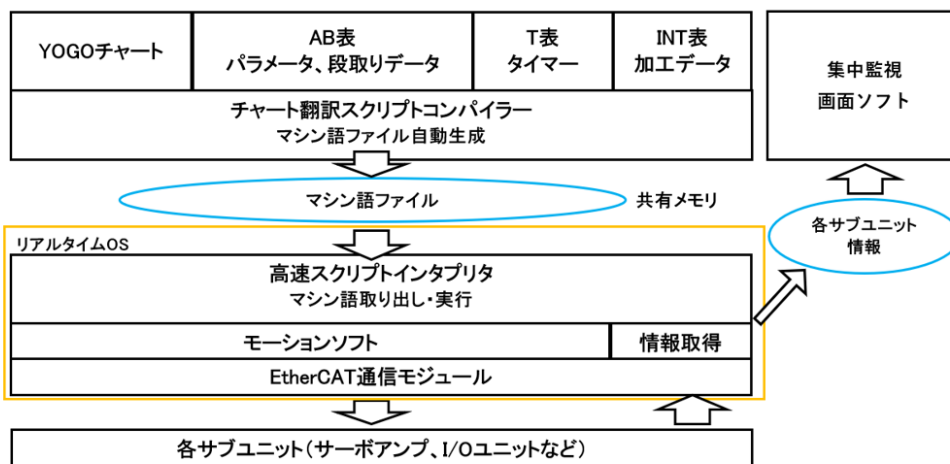


図 6. インタプリタ概念図

【1-6】制御基板のソフト化

「制御基板のソフト化」開発を行い、図1で示すFAシステムを制御し、動作確認と評価を行った結果、ACサーボモータ13軸を制御する機械で制御サイクル1msを実現した。

ハードウェアを無くすことにより、故障がなくなるため、機械のダウン時間が皆無になり、予期せぬ生産計画の遅れを発生することが防げるとともに、部品の供給がなくなったためメンテ対応ができなくなるといった問題もなくなる。

さらに、コンピュータの能力が向上することで、ソフトウェアの実行速度が速くなることから、ソフトウェアの制御能力が、ソフトウェアを変更することなく高くなるというメリットもある。

【2. 生産工程の改善・自動化への対応】

【2-1】AI・IoTを応用した品質管理、異常分析ソフトの開発

FAシステムで加工中の品質異常・故障予測・異常個所の自動検出ソフトを開発する予定だったが、メカの振動を解析する基礎実験までしか達成できなかった。

図7は、振動解析実験装置である。

振動を解析して故障予測等を行うためには、膨大な量のデータを集める必要があり、実機に搭載するまでには時間がかかる。

そこで、オプションでは位置センサーや圧力センサーを使用して、正常時のデータを保存しておき、正常時に保存したデータと加工時の実績データをリアルタイムに比較して品質異常・故障予測・故障個所の自動検出を行うソフトウェアの開発を始めており、令和4年度中に、オプションで製造販売している機械に搭載する予定である。

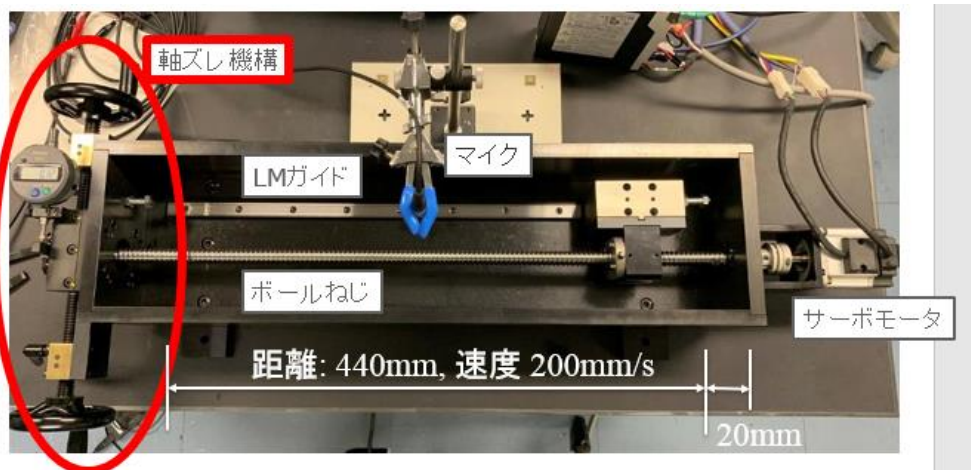


図7. 振動解析実験装置

【2-2】 新型制御装置のシリーズ化開発

新型制御装置を開発し、図1の構成機械4台の小型FAシステムで動作を確認し、評価を行い、正常に動作することを確認した。

図8は、実際に開発した新型制御装置の写真である。

令和4年度は、市販化に向け表2の4機種目のデザインを行う計画である。また、制御装置に表示する画面のレイアウトのデザインもデザイナーにお願いして令和4年度に見直す計画をしている。



図8. 新型制御装置

表2. 新型制御装置シリーズ主仕様表

制御プログラム自動生成機能を持ったAPC型CNC制御装置 分割型ユニット シリーズ主仕様表 Ver.1

分割ユニット名	APC制御対象機械仕様	ACサーボモータ: 64台以下 シリンダ: 1024本以下	ACサーボモータ: 32台以下 シリンダ: 512本以下	ACサーボモータ: 4台以下 シリンダ: 32本以下	シリンダ: 32本以下
① モーション/USB基板ユニット(モータ、シリンダ制御USB混載式)	型式: USB-BOARD				
モーター制御 サブユニット (4軸/USB)	型式: MOTOR-USB	MOTOR-USB 16個	MOTOR-USB 8個	MOTOR-USB 1個	シリンダ: 32本 (S-USB 1個)
シリンダ制御 サブユニット (32軸/USB)	型式: CYLINDER-USB	CYLINDER-USB 16個	CYLINDER-USB 8個	CYLINDER-USB 1個	(ACサーボモータ: 制御不可)
② 10キーボード ユニット(画面)	型式: TEN-KEY	○	○	○	○
③ ファンクション キーボード ユニット(F1~F12)	型式: FUNK-KEY	○	○	○	○
④ 画面押ボタンユニット 電源入/切、非常停止、スタート、ストップ、運転準備入/切、 運転モード選択スイッチ	型式: FACE-PB	○	○	○	○
⑤ CPU/メモリ基板 ユニット BOX a) APCチャート作図ソフトをメモリに接続 b) スクリプト・インタラクティブソフトをメモリに接続 c) スクリプト・インタラクティブソフトをメモリに接続 d) ACサーボドライバドライバ13軸をメモリに接続 e) ON/OFFソフトドライバドライバ6軸をメモリに接続 f) EtherCAT通信ソフトをメモリに接続 g) 制御マシンの各種監視ソフトをメモリに接続 h) 汎用画面ソフトをメモリに接続 i) リモートメンテナンスソフトをメモリに接続 (電子メール経由でAPC操作画面からユーザーメンテ部門/ /製機メーカーメンテ部門/APCメーカーメンテセンター に転送、故障予測・故障診断・品質監視を行うソフト)	型式: CPU-BOARD-L 型式: CPU-BOARD-M 型式: CPU-BOARD-S 型式: CPU-BOARD-Z	1.6コアCPU/OS: Windows10 + RTX64 ○	6コアCPU/OS: Windows10 + RTX64 ○	2コアCPU/OS: Linux ○	2コアCPU/OS: Linux ○
⑥ ノイズ対策用 電源ユニット	型式: POWER-SUPPLY	○	○	○	○
⑦ 熱減音式ノイズフィルター (グラッドナイト 部品供給)	型式: GND-KNIGHT	○	○	○	○
⑧ オプション HDMI入方式画面	型式: DISPLAY-HDMI	13/15/17/21インチ	13/15/17/21インチ	13/15/17/21インチ	13/15/17/21インチ
⑨ オプション 3D測定機ソフト基板BOX (3D STEP-HGS形式 テーブルカセット)	USB X 1個内蔵 型式: 3D-IF	Ver.2	Ver.2	Ver.2	Ver.2
⑩ オプション Gコンパイルソフト基板BOX (GコードをAPチャートに翻訳するソフト)	USB X 1個内蔵 型式: G-COMPILER	Ver.2	Ver.2	Ver.2	Ver.2

【2-3】 新有負荷制御特性検査装置の開発

有負荷特性検査と販売促進用デモに使用できる構成機械4台の小型F Aシステムの開発を行い、負荷検査を行った結果、制御サイクル1msで動作することが確認できた。

図9が、新有負荷制御特性検査装置構成図である。また「図1 F Aシステム」が、新有負荷制御特性検査装置の写真である。

有負荷検査装置は、1枚のベース板の上に設置されており、ベース板ごとトラックに積載できるため、展示会への出展を可能である。

令和3年度は、名古屋市で行われた展示会2回出展を行った。令和4年度は1か所の展示会出展が決まっており、宣伝活動にも生かしていく。

また、Web カメラと3Dゴーグルを使用して、オンラインでチャートの修正をしていただき、機械の動きが確認できるようにして、チャート作成のスクリーニングを行う計画もしている。

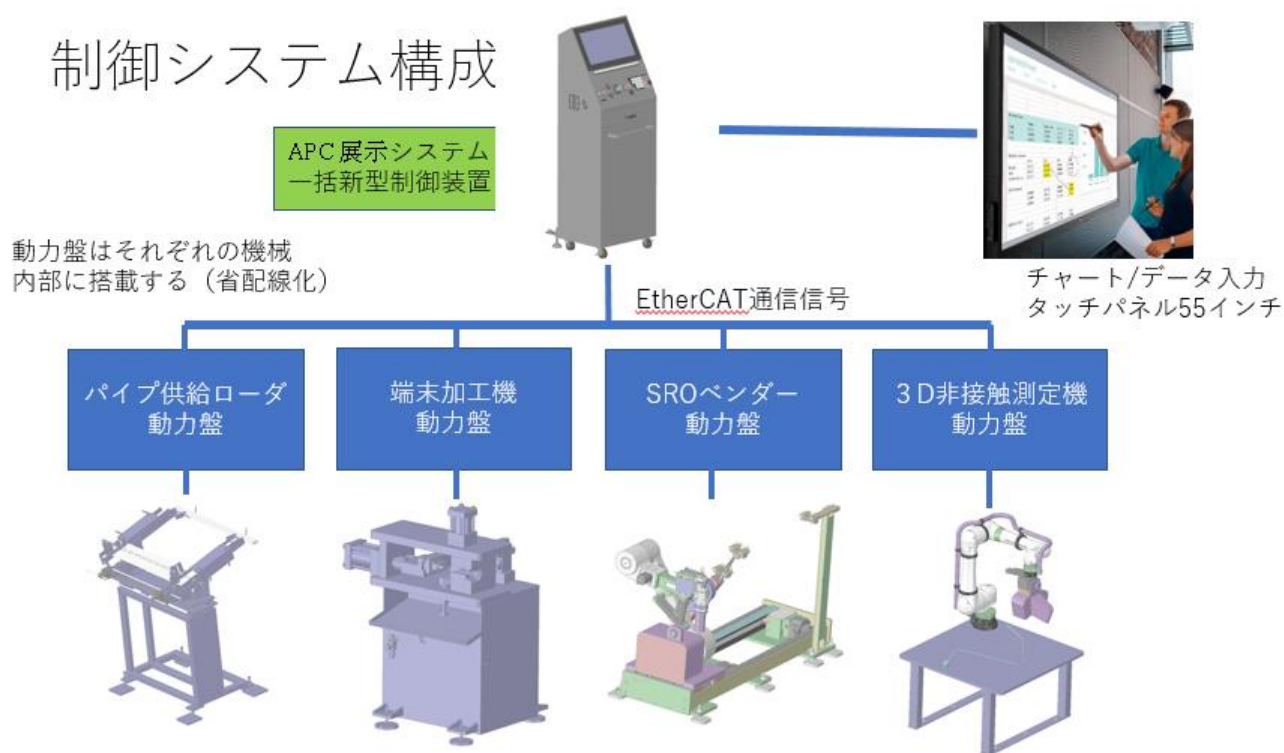


図9. 新有負荷制御特性検査装置構成図

【2-4】新ノイズ検査装置の開発

【2-2】で開発した新型制御装置を検査し、国際規格 IEC61000-4-4 のノイズ試験基準を達成したことを確認した。

検査は、図10で示す検証方法で、図11で示す波形を印加して行った。

APC制御装置の1次電源へのノイズ検証



図10. ノイズ検証方法

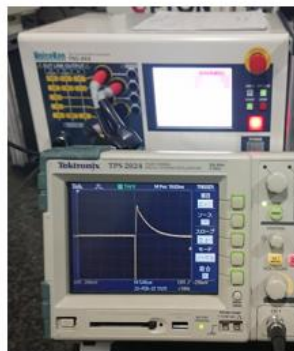
実際に印加したノイズ波形

レベル	電源ポート、保護接地に対して 電圧ピーク (kV)	繰返し率 (kHz)
1	0.5	5又は100
2	1	5又は100
3	2	5又は100
4	4	5又は100
X	special	special

下記例はレベル2での印加ノイズの実際（今回は全レベルチェック済）

このノイズ印加中や、印加後に誤動作や故障が発生しないかをチェック

+レベルの
印加ノイズ



-レベルの
印加ノイズ



図11. 印加ノイズ波形

令和4年度と令和5年度とでEMC公的試験認定サイト（JAB 図12）でシールドルームを持つ受託試験サービスに持ち込み、イミュニティ、エミッション全項目

の I E C 法化試験を受ける予定で準備を進めている。

社内では、ノイズ印加に際し、ノイズ耐性がどの程度であるかの調査（ノイズ印加時のアース電圧・電流変動量）と機器への影響をしらべる。

EMC 公的試験所認定サイト（JAB）実例

		試験項目	適用規格	試験内容	1	試験時間 (h)
エミッション 試験		放射妨害波測定	CISPR 11/22	30MHz~1GHz~5GHz ~40GHz	EUTフルシステム	2
		端子雑音測定	CISPR 11/22	150kHz~30MHz	電源線 x 本数	1
		通信ポート	CISPR 11/22	150kHz~30MHz	LAN通信線 x 本数	1
		高調波電流測定	IEC61000-3-2	Class A	電源線 x 本数	0.5
		電圧変動・フリッカ	IEC61000-3-3		電源線 x 本数	0.5
イミュニティ 試験		静電気放電試験	IEC61000-4-2	接触/間接放電・気中放電	50, 100 ポイント ?	3
		放射電磁界イミュニティ	IEC61000-4-3	80MHz ~2.5GHz	製品の4面、6面	6
		EFT/バースト	IEC61000-4-4	L-N-PE (対地、線間)	電源線、通信線	1.5
		雷サージ	IEC6000-4-5	L-N-PE (対地、線間)	電源線	1.5
		伝導性高周波イミュニティ	IEC61000-4-6	150kHz~80MHz	電源線、通信線	1
		商用電源周波数磁界	IEC61000-4-8	50Hz, 60Hz, コイルX, Y, Z 軸	EUTフルシステム	1
		電源ディップ・瞬断	IEC61000-4-11	入力電圧の最大、最小電圧	電源線	1
					試験時間合計	20
				試験日数	約 3 日	

図 1 2. J A B 実例

最終章 全体総括

3-1 複数年の研究成果

完成した「制御プログラムを自動生成する機能を持った新型制御装置（A P C型C N C制御装置 V e r . 1 特許取得）」の性能は、当初の目論見より汎用性が高く、高度な制御が可能で、機械単体制御やF A連携制御の設計製作の時間が、当該機械の設計製作の時間を下回ることが確認できた。よって、今後のF Aシステム生産の納期 約 1 / 2 を実現できる目処がたった。

3-2 研究開発後の課題

工作機械のほとんどが、Gコードで制御されている。新型制御装置で工作機械のリニューアルを行う場合、Gコードを新チャート（A P Cチャート）に書き換える必要があり、このことが新型制御装置の普及にブレーキをかけることになる。

令和4年度からは全て自社資金で開発することになるが、更に汎用性を持たせるため、Gコード対応（具体的には、新型制御装置用のGコンパイラの開発）を行う計画である。

また、チャートを、今より更に簡単に書けるように、条件つきサブチャート機能の追加も計画している。

3-3 今後の販売計画

令和3年度は、オプションで製造販売しているパイプベンダーの制御装置を、新型制御装置に置き換える作業を行っている。令和4年度中には、オプションで製造販売する機械全ての制御装置を新型制御装置に置き換える予定である。

また、新型制御装置の単体販売を令和5年度から開始する予定である。

具体的な販売計画を以下に示す。

1) 2022年4月～2023年3月

①A P Cシリーズ売上計画合計	2億円
②ベンダーシリーズ売上計画合計	27億円
③非接触3D測定機売上計画合計	13億円
④売上総合計	42億円

2) 2023年4月～2028年3月

①A P Cシリーズ売上計画合計	200億円
②ベンダーシリーズ売上計画合計	30億円
③非接触3D測定機売上計画合計	39億円
④売上総合計	296億円

3-4 特許出願・取得状況

特許取得

- ・特許第6787616号 登録日 令和2年11月2日
- ・特許第6829505号 登録日 令和3年1月26日

令和3年度特許申請

- ・国内特許 7件
- ・PCT出願 4件
- ・台湾 2件