

小規模 F A 実験システムの設計・試作

藤川 昇*・中津 正志**・池田 慎一***

A Design and Trial Production of The Small-scale FA Experiment System

Noboru FUJIKAWA, Masashi NAKATSU and Sin-ichi IKEDA

要 旨

高専における F A 技術の向上のために小規模 F A 実験システムの構築を計画し試作した。本システムは搬入工程・材料検査工程・加工工程・品質検査工程・搬出工程からなるシステムであり、実験・実習等の教材として有効利用している。当初の目的を達成したので以下に報告する。

Abstract

Construction of a small-scale FA experiment system was planned and made as an experiment for improvement in FA technology in technical college. This system is a system which consists of five processes. The processes are carrying-in, material inspection, manufacturing, quality inspection, and taking-out, and is used effectively as instructional material, such as an experiment and Workshop Practice. Since the original purpose was attained, it reports below.

1. はじめに

現在、製造業は、技術的環境の変化（マイクロエレクトロニクスの発展、情報化によるネットワークの発達、技術の融合など）、労働環境の変化（高年齢化、高学歴化、製造業離れなど）、産業構造の変化（重厚長大から軽薄短小へ、情報産業の発達ほか）の中にある。このような状況下で、コンピュータネットワークによる工場の自動化を越えた企業活動全体の統合化を目指す C I M (Computer Integrated Manufacturing)^{1)~3)} が構築されつつある。その構成要素である F A とは、工場の自動化 (Factory Automation) の略で、昔は産業用ロボット、N C 工作機械、無人搬送車等を使用した工場による製造工程の自動化のことであったが、最近は受注、設計、開発、販売、サービスを含めた自動化へと内容が拡大している。多くの工場で生産工程を F A 化することは作業時間の短縮、精度の向上、作業の信頼性の向上、変種変量生産に対応できるなど多くのメリットにつな

がる。そのため今日の機械技術者にとって F A は、無視できない技術の 1 つとなっている。我が校の実習工場の設備に目を向けると、C N C 旋盤・マシニングセンターやワイヤカット放電加工機等の最新鋭の工作機械が設置され、実習・実験・卒業研究・学科展・ロボットコンテストの準備や依頼作業等に活躍をしているが、工作機械間の連携はない。さらに、その他の工作機械等の設備は主に我が校が創設時に設置されたものが大部分であり、旧態依然である。

実習工場を F A 化する場合、多額の経費や時間が必要であり実現が難しい。そこで F A 技術の教育を行う目的で主に搬入・運搬・検査・搬出工程を自動的に行う小規模の F A 実験システムの設計・試作を 1996 年度から行った。

2. 設 計

2.1 設計方針および設計基準

1996 年度に F A 実験システムを設計するにあたり、次の 1)～8) の設計方針に基づいて計画した。図 1 に全体設計計画図を示す。

* 技 官 実習工場

** 教 授 機械工学科

*** 助 手 機械工学科

センサを設置した。図2にその全体設計図を示し、図3にF A実験システムの全体写真を示す。

2.3 F Aシステムの概要

- 表1に1998年度までのシステムの構成機器、図4に工程、図5に配線・配管図をそれぞれ示す。
- このシステムの特徴を1)～8)に示す。
- 1) ベルトコンベヤおよびスタンプ台を自作した。
 - 2) システムに2台のパソコンを設置し、それぞれ1台ずつにハンドロボット・モーターコントロールボードおよびP I Oボードを組み合わせた構成とし、P I Oボード同士を接続した。これにより2台のハンドロボットおよびベルトコンベヤの連動動作が可能となった。
 - 3) システム全体の制御を行う2台のパソコンとハンドロボットは既存の機器を活用した。
 - 4) P I Oボードとプログラマブルコントローラのコントロールユニットを接続した。これにより、ハンドロボット・センサ・ベルトコンベヤとの連携がとることが可能となった。
 - 5) システム制御は、多様な構成が考えられるため、プログラマブルコントローラのシーケンス言語を用い、パソコンにはBASIC言語を用いることで制御プログラムの作成・変更を容易にした。
 - 6) 材料検査・品質検査はセンサによる高さ判別・色の検出により実現できた。
 - 7) 異常発生時の非常停止などのシステム安全管理機能を実現できた。
 - 8) 加工工程の構造を簡単にするために、材料のクランプ・アンクランプは空気圧シリンダを用いた。

表1 F Aシステムの構成機器 (1998年度)

使用機器	メーカー
パソコン P C386 V R	EPSON
パソコン P C9801 V X	NEC
モーターコントロールボード×2	CONTEC
P I Oボード×2	CONTEC
空気圧シリンダ×4	太陽鉄工
空気圧バルブ×4	太陽鉄工
プログラマブルコントローラ	KEYENCE
センサ×6	KEYENCE
外部電源ユニット(KZ-U2)	KEYENCE
外部電源ユニット(ERD-24SA)	イータ電気工業
S S Rユニット×4	秋月電子通商
ハンドロボット×2	太平洋工業
ステッピングモータ×2	オリエンタルモータ
モータドライバ×2	オリエンタルモータ

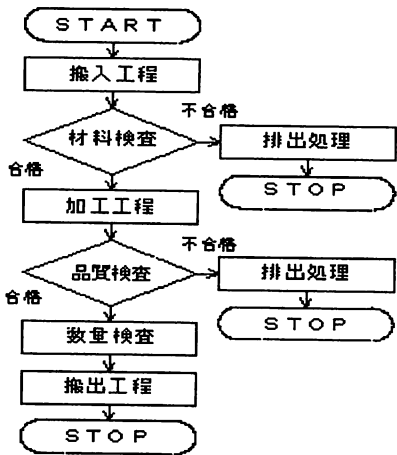


図4 F A実験システムの工程図

3. ハードウェアの改善

3.1 システムの完成と問題点の発生

1998年度には、小規模のF A実験システムの構築し、そのシステムを一応完成させたが、実験を行うにあたり様々な問題が発生した。

例えば、システムに使用したハンドロボット制御のためのパラレルポートによるデータ転送は、パソコンのC P Uのクロック数などに依存するため、C P Uを更新するとハンドロボットへのデータ転送スピードがバラつき、位置決めや制御スピードに問題が生じる。それらの問題を解決する

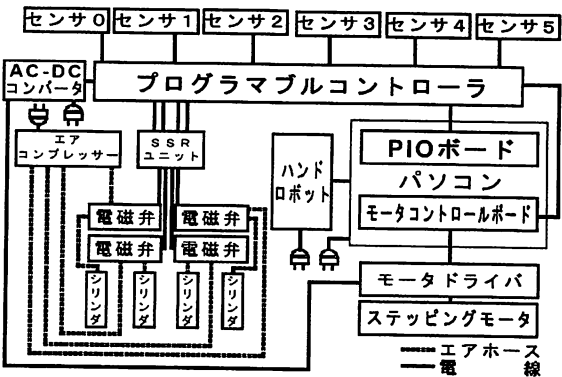


図5 システムの配線・配管図 (1998年度)

ために1999～2001年度にかけて、動作速度、信頼性の向上、構造の簡略化、より一層の小型化をすることを目的とした既存システムのハードウェアの再構築を行った。システムを再構築するにあたり、次の1)、2)の方針に基づいて設計した。

- 1) 材料の移動距離を短縮し、システムをできるだけ小型化する。
- 2) 材料1個あたりの行程時間のバラツキをできるだけ少なくし、更にそれぞれの工程時間短縮を目標とする。

特にハンドロボットに依存していた搬入部・搬出部の改良・改善を中心に行った。

図6に改善を行った2001年度のシステムの全体写真、図7に配管・配線図を示す。

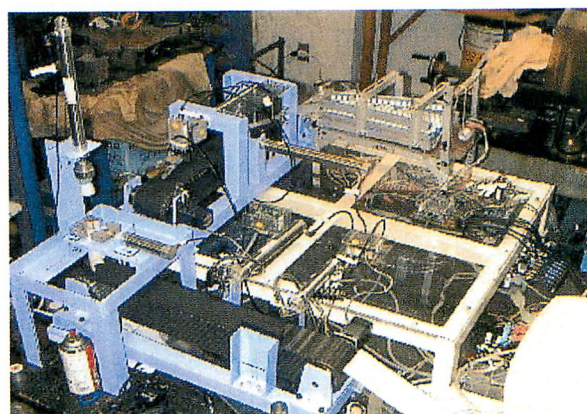


図6 ハードウェア改善後（2001年度）

3.2 ハードウェアの改良点

F A実験システムの改良点を1)～3)に示す。

- 1) 1998年度のシステムより1999年度以降のシステムは高さ方向の空間を有効利用することにより、システム全体の設置面積が以前よりも約40%縮小し省スペース化を実現できた。
- 2) 1999年度以降は、搬入工程での材料の格納および移動をハンドロボットから新たにモーター駆動の格納庫に変更したことにより、モーターコントロールボードでの制御が可能となった。一方、加工行程への材料の移動もハンドロボットから新たに空気圧シリンダを使用した搬送部に変更したことによりプログラマブルコントローラまたはP I Oボードでのプログラム制御が可能となり、各工程の動作時間が減少した。
- 3) 1998年度では、P I Oボードおよびモーターコントロールボードをそれぞれ2台のパソコンに装着し、センサをプログラマブルコントローラに接続し制御を行っていたが、2000年度以降では、P I Oボードおよびモーターコントロールボードを1台のパソコンに集約し、センサをP I Oボードに直接接続したことにより、制御プログラムを統合することができた。

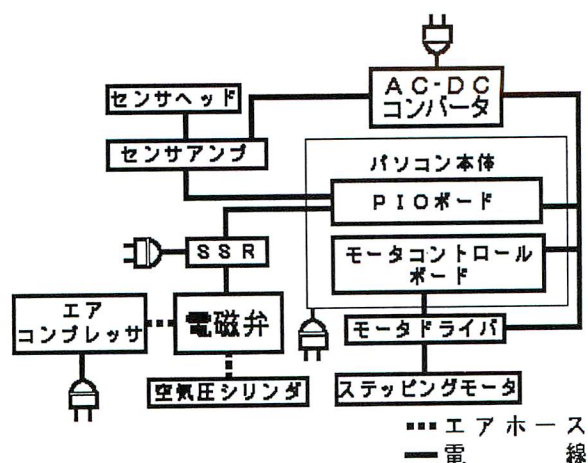


図7 配管・配線図（2001年度）

表2 材料1個あたりの動作時間の推移

単位（秒）

	1998年	1999年	2000年	2001年
材料搬入	47	12	12	8
高さ検査	7	6	11	9
材料加工	100	15	7	5
加工検査	23	6	10	8
材料搬出	68	8	13	18
全行程	245	47	53	47

* 1999年度は搬入工程が未完成のため測定不能

3.3 ハードウェア改善による効果

表2にF Aシステムの動作時間の1998～2001年度における推移を示す。F A実験システムの改良、改善を行うことにより、1998年度と2001年度を比較しても全行程の所要時間が245秒から47秒となり、システム全体の所要時間の短縮率が約81%と

大幅に向上している。これはハンドロボットに依存していた部分をモーター駆動の格納庫や空気圧シリンダを使用した搬送部に変更したことにより、搬入工程・加工工程・搬出工程での材料の移動距離が短縮されたためと考えられる。

4. ソフトウェアの改善

4.1 MS-DOSからWindowsの時代へ

パソコンの普及とともにオペレーティングシステムがMS-DOSからWindows時代へと変化してきた。その弊害としてWindowsしか操作できない学生が増えてきた。その一方で、従来のシステム制御に用いるソフトウェアはBASIC言語とプログラマブルコントローラを用いたシーケンス言語の両方を学習しなければならなかった。そこで、2000～2001年度にかけて操作性・制御性・親しみやすさの観点からOSをWindows、プログラミング言語をVisual BASIC 6.0^{17)～20)}とした。

4.2 Visual BASICを用いた制御による改善

図8にVisual BASICで作成したプログラムの一部、図9に実行画面、表3にシステムの制御方式の推移、表4に現在のシステムの構成機器をそれぞれ示す。改善したソフトウェアの特徴を1)～4)に示す。

- 1) MS-DOS上での起動から、Windows上での起動が可能となった。
- 2) MS-DOSでは、モーターの速度が2段階で

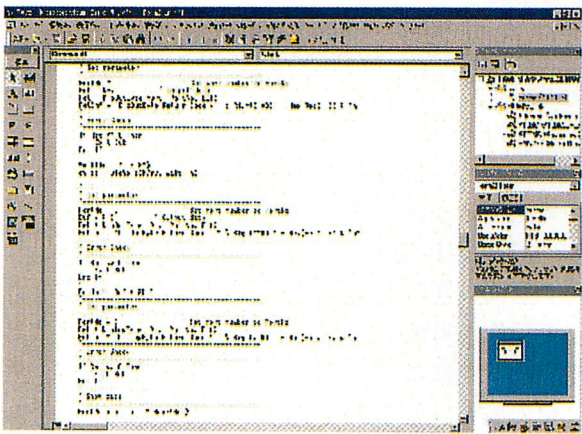


図8 Visual BASICプログラム画面

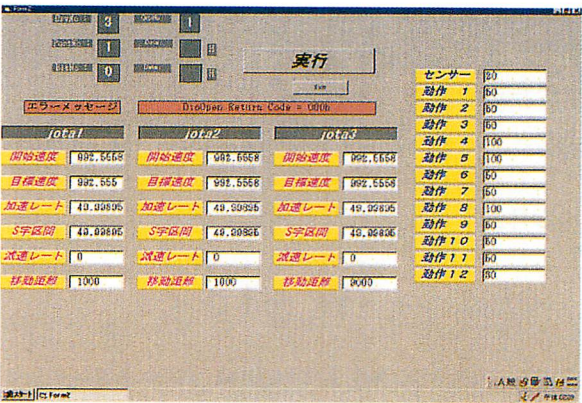


図9 実行画面

表3 F A 実験システムの制御方式の推移

	システムの サイズ	制御方式	パソコンOS	制御プログラム 言語	パソコン
1996年度	1800×1300	プログラマブルコントローラ およびパソコン	MS-DOS	シーケンス およびBASIC	NEC PC9801VX
1997年度	1750×1250	プログラマブルコントローラ およびパソコン	MS-DOS	シーケンス およびBASIC	NEC PC9801VX
1998年度	1750×1250	プログラマブルコントローラ およびパソコン	MS-DOS	シーケンス およびBASIC	EPSON PC386VR NEC PC9801VX
1999年度	1250×1000	プログラマブルコントローラ およびパソコン	MS-DOS	シーケンス およびBASIC	NEC PC9821Be
2000年度	1250×1000	パソコン	Windows98	Visual BASIC Ver.6.0	NEC PC9821Xa
2001年度	1250×1000	パソコン	WindowsNT4.0→ Windows2000	Visual BASIC Ver.6.0	NEC PC9821Xc16

- あったが、Visual BASICにソフトを変更することによって格納庫およびベルトコンベヤの搬送速度を700～1500[PPS]の間で任意に変更することが可能となった。このことにより1個あたりの生産時間(タクト)の設定がフレキシブルとなり、実際の生産現場により近づけることができるようになった。
- 3) Visual BASICによる制御によって、ウェイト時間・開始速度・目標速度などが実行画面上で操作が可能となり操作性・制御性が向上した。
- 4) センサによる原材料検査、不良材料判別、数量の検査、加工後の品質検査が可能なシステムとなった。

5. 終わりに

卒業研究テーマとして数年にわたり、F A実験システムを構築してきたが、機械技術者として必要なF A技術や改善活動をする事の大切さを学生に指導できたことは、大きな成果と考えている。また、本システムは、後輩の実験や実習等の教材として有効利用しており、当初のF A技術を教育する目的は達成されたと考えている。

謝 辞

本研究は、財団法人工作機械技術振興財団より、平成9年度工作機械技術振興賞(奨励賞)が授与されました。慎んで関係各位に深く感謝申し上げます。

また、この研究に携わった卒業生各位に感謝の意を表します。

参考文献および図書

1) 機械学会F A部門Factory Automation
F A部門ニューズレターNo. 3～No.16

2) C I M時代のF Aシステム入門ー
知的生産システムの構築をめざしてー須藤文雄・小林武郎共著 オーム社

3) C I M／F A事典 C I M／F A事典編集委員会編(株)産業調査会事典出版センター

4) パソコンによる計測・制御の実践入門 トラ技コンピュータ編集部編 C Q出版社

5) パソコン計測制御とインターフェイス活用法 戸荻吉孝・津坂昌著 技術評論社

6) 電子回路の見方 片方善治著 産報出版

表4 F Aシステムの構成機器 (2001年度)

使用機器	メーカー
パソコン	NEC
モーターコントロールボード	CONTEC
PIOボード	CONTEC
空気圧シリンダ×9	太陽鉄工
空気圧バルブ×9	太陽鉄工
光ファイバセンサ×6	KEYENCE
色判別センサ	KEYENCE
外部電源ユニット(ERD-24SA)	イータ電気工業
S S Rユニット×9	秋月電子通商
搬入用ローラコンベア	自 作
ベルトコンベヤ	自 作
ステッピングモータ×3	オリエンタルモータ
モータドライバ×3	オリエンタルモータ

7) PC-9801シリーズ N88-日本語BASIC(86)
(Ver.6.0)リファレンスマニュアル NEC

8) PC-9801シリーズ N88-日本語BASIC(86)
入門 NEC

9) 新版PC-9801シリーズ テクニカルデータ
ブック アスキー出版 テクライト編(株) アスキー

10) 空気圧カタログ空気圧バルブ・補器・空気
圧シリンダ・電動アクチュエータ 太陽鉄工
(株)

11) センサ・測定器総合カタログ キーエンス

12) 電子回路1 滑川敏彦・高橋晴雄共著 森北
出版

13) シーケンス制御ビジュアル読本 設備と管理
編集部編 オーム社

14) P A D入門初心者のための構造化プログラミ
ング 金敷準一著 サイエンス社

15) やさしいP A D入門

16) オリエンタルモータ総合カタログ

17) CONTEC API-PAC(W32)RM/DIO
CONTEC

18) CONTEC API-PAC(W32)RM/SMC
CONTEC

19) はじめてVisual BASICインターネット プ
ログラミング 北山洋幸著 技術評論社

20) Visual BASICシステムプログラミング入門
北山洋幸著 技術評論社

(平成14年11月29日受理)