

## 解説

## FA 用要素システム



## FA 用コンピュータシステムおよびネットワーク†

菅

茂†

## 1. はじめに

最近のコンピュータ技術、マイクロエレクトロニクス技術 (ME) の進歩は目覚ましいものがあり、その応用として、OA\*, FA\*\*, LA\*\*\*, HA\*\*\*\* などへの適用が盛んである。この内 FA は一般には、受注—設計—製造—検査—出荷という工場の全工程をトータルの自動化、省力化したシステムを指す。また一般に FA という場合に、鉄鋼、化学など素材産業を中心とするプロセスオートメーションに対し、自動車、電機など加工組立産業を中心とするメカニカルオートメーションを指すことが多い。ただし、最近はあまり区別されなくなってきたように感じられる。計算機メーカーからは FA 専用コンピュータ、FA 用コンピュータと称される機種が販売されている。それはいかなるニーズにより、どのような機能を有するコンピュータなのか述べたい。

## 2. FA 用コンピュータの必要性

FA を構成する三大サブシステムは生産管理、CAD/CAM\*\*\*\*\*、FMS\*\*\*\*\* である。CAD はコンピュータ支援による自動設計、CAM は通常コンピュータによる NC 加工プログラムの自動作成をいう。一方 FMS は多品種中 (小) 量生産が主体の機械工場の加工、組立、検査の各工程を対象として、高い生産効率を実現できるフレキシビリティに富んだ生産システムである。特長として、無人化指向、24 時間運転を目指し、生産ラインの主要コンポーネントは NC 工作

機械、産業用ロボット、自動搬送設備、自動倉庫設備、自動保守点検装置などである。このようなコンポーネントのコントローラにはマイクロプロセッサが使用され、ME の高性能化、低価格化とともに、コンポーネントの普及を急速に促進してきた。このような素地のもとで、次のようなニーズが FA 用コンピュータの出現をうながしたと考えられる。

- (1) 生産性向上の必要性
- (2) FMS 化の必要性
- (3) ロボットの導入
- (4) NC 工作機械の増加
- (5) 現場事務の複雑化
- (6) 短納期の要求
- (7) 人件費の増大

ただし、現在の FA 用コンピュータの主たる対象は生産管理 (またはその一部)、FMS であり、CAD/CAM は技術計算、画像処理を得意とするコンピュータで実現されている。FA は工場の管理部門の生産管理、設計部門の CAD/CAM、生産現場の FMS をトータルシステムとして構築し、工場全体の自動化、合理化を目指すシステムであると考えられる。

## 3. FA 用コンピュータシステムの機能と特長

FA 用コンピュータシステムの機能を図-1 に示す。このうち FA 用コンピュータの主たる対象となる FMS および生産管理の一部に要求される機能を次に列挙する。

- (1) 現場設置可能
- (2) 24 時間運転可能
- (3) 生産現場における各種データ処理 (生産計画、生産管理、工具管理、実績管理、在庫管理、品質管理など)
- (4) DNC\* 運転機能
- (5) 現場機器の統括コントロール機能

† Computer Systems and Network for Factory Automation by Shigeru SUGE (Development Division, Computer Systems Works, Mitsubishi Electric Corp.).

†† 三菱電機 (株) コンピュータシステム製作所開発部  
\* Office Automation

\*\* Factory Automation

\*\*\* Laboratory Automation

\*\*\*\* Home Automation

\*\*\*\*\* Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing

\*\*\*\*\* Flexible Manufacturing System

\* Direct Numerical Control

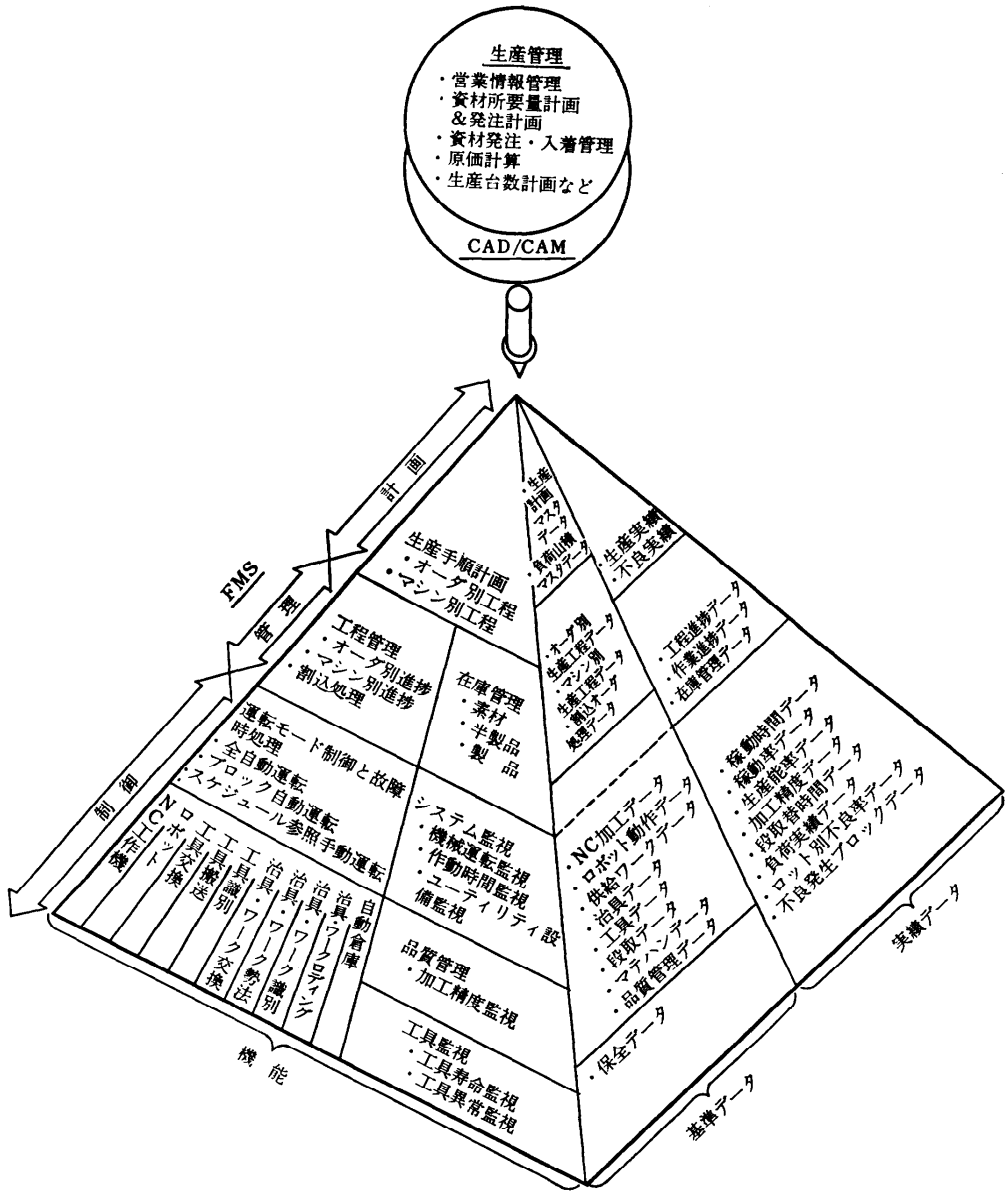


図-1 FA コンピュータシステムの機能

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| (6) 現場データの収集/管理機能         | 可能                                 |
| (7) 現場事務処理機能              | (4) システム増設が容易                      |
| このようなニーズから生まれた FA 用コンピュータ | (5) 操作が簡単 (日本語入出力と対話入力)            |
| はおしなべて次のような特長を持っている。      | (6) 日本語処理機能の充実                     |
| (1) FMS 機能と OA 機能を合わせ持つ   | (7) データベース (リレーショナル型データベースが多い) の充実 |
| (2) 現場設置で 24 時間運転が可能      | (8) 各種現場機器 (NC 工作機械, 産業用ロボット,      |
| (3) 階層分散システムで柔軟なシステム構成が   |                                    |

放電加工機などの自動化機械) および各種生産管理端末 (ハンドヘルドターミナル, 磁気ストライプ読取装置, ハンド光学文字読取装置, バーコード読取装置など) と接続可能

(9) プログラム開発が容易 (簡易言語の採用と応用ソフトウェアパッケージの充実)

次に, このような特長を有する FA 用コンピュータによりどのようなシステム構成が成されるかを述べる.

#### 4. FA コンピュータのシステム構成

FA コンピュータシステムは各システムとも, ほとんど階層分散システムで構築され, ネットワークシステムには FA 用 LAN を採用している. 図-2に FA 専用コンピュータシステムとして販売されている FACTORY LAND\* のシステム構成例を示す. この例によれば FMS はモデル S1, C1 の 2機種と FMS

バスと呼ぶ FA 用 LAN による階層分散システムとして構築されている. そしてモデル S1/C1 の機能分割は次のようになっている.

(1) モデル S1 ; 生産現場における各種データ処理

(1.1) 生産計画; ダイナミックスケジューリング, 作業進捗シミュレーション, 計画修正など

(1.2) 生産管理; 作業指示, 進捗管理, 段取り管理など

(1.3) 工具管理

(1.4) 実績管理; 加工-組立実績管理, 稼働実績管理など

(1.5) 在庫管理; 素材在庫管理, 製品在庫管理など

(1.6) 品質管理

(1.7) 事務処理; ビジネスグラフィック, 日本語ワードプロセッシング機能など

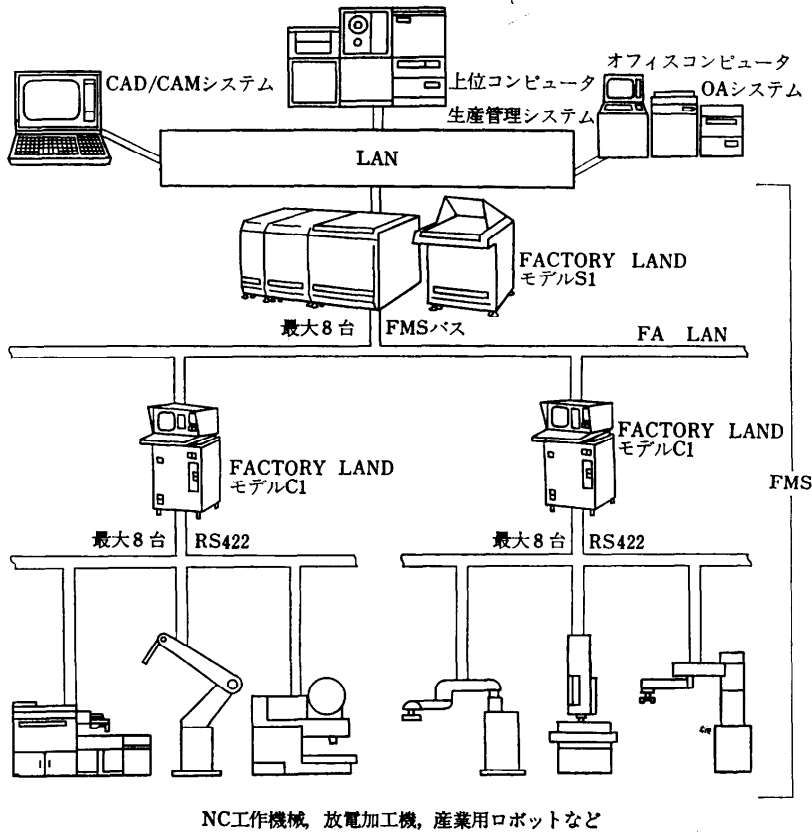


図-2 FA コンピュータシステム構成例

\* 三菱電機(株)の FA 専用コンピュータシステムの名称 FA コンピュータモデル S1 と FA コントローラモデル C1 の階層分散システムの構成をとっている.

コンピュータ				機能
システムの規模 (工場の規模)				
大	中 <sub>1</sub>	中 <sub>2</sub>	小	
ホストコンピュータシステム 汎用コンピュータなど 専用ミニコンなど ファクトリコンピュータ	ホストコンピュータシステム 汎用コンピュータ または オフィスコンピュータなど	オフィス コンピュータなど		・経営情報管理 ・販売管理 ・生産計画 ・資材、購買管理 ・負荷計画 ・CAD/CAM/CAT ・日程計画 ・出荷管理 ・加工計画 ・実績管理 ・自動運転制御 ・自動倉庫運転制御 ・機械制御
FA 用コンピュータシステム				・経理・給与計算 ・営業情報管理 ・部品展開 ・原価管理 ・技術情報管理 ・生産情報管理 ・在庫管理 ・工程管理 ・加工管理 ・機械間協調制御 ・搬送装置制御 ・機械制御
マシンコントローラ				
・NC 工作機械 ・ロボット	・搬送装置 ・自動倉庫	・各種計測装置		
数値制御装置 (NC), シーケンサ (PC), ロボットコントローラ (RC), センサプロセッサ (SP) などを総称してマシンコントローラと呼ぶ。				

図-3 機能の階層化とコンピュータシステム

## (2) モデル C1 ; 生産ラインの監視・制御

## (2.1) 運転制御; 製品トラッキング, ライン制御, 機械設備モニタなど

このように階層分散システムが主流となっている背景は, システムの段階的構築が可能, トラブル時の危険分散などの良い面に対し, コストが高いこと, システム構成技術の未熟などが欠点であった。しかしながら, 図-2 のモデル C1 クラスは, ME の長足の発展により, FA コントローラとして, モデル S1 クラスは LSI 化により, FA コンピュータとしてまたネットワークは LAN により, いずれも低価格化が実現されつつある。このことから, 従来の階層分散システムの欠点が是正され, 階層分散システムが主流となっていると考えられる。当然のことながらシステムの規模 (工場の規模) により, 機能の階層化とコンピュータシステムの構成法は変わってくる。図-3 にその関係を示す。

## 5. FA 用コンピュータシステムの LAN

OA 用 LAN はトポロジからみるとバス型, リング型があり, 特にバス型では XEROX の ETHERNET は実績が多い。制御方式が単純, 詳細仕様の公開などで米国を中心に, 主流となりつつある。バス型 LAN のアクセス制御方式には, 複数のノードが送出

した信号同士の衝突を許容する CSMA 系\* の方式, 衝突が起らないように制御するトークンパッシング方式がある。(TDMA 方式\*\* もあるが, バス型ではごく一部のため除外) CSMA 系方式, トークンパッシング方式ともにパケット交換型のアクセス方式である (TDMA は回線交換型である)。ETHERNET は CSMA 系である。一方, FA 用として LAN を考える場合, 図-2 における FMS の上位サブシステムである CAD/CAM, 生産管理, OA などとの接続は OA 用 LAN の同軸ケーブルの代わりに光ケーブルを利用するなど, オフィスよりも厳しい工場内の設置環境を考慮すればよいと考えられる。

しかしながら, FMS の場合は, CSMA 系方式のように確率的に応答性が保証される方式に対し, より厳しい実時間性, 信頼性が要求される。このため, IEC (国際電気標準会議) SC 65 C/WG 6 (PROWAY) の活動成果が大いに参考となる。

PROWAY の主な特長を列挙する。

- (1) ネットワークトポロジはバス型
- (2) N: N 通信 (アクセス制御方式はトークンパッシング方式)
- (3) 伝送フォーマットは HDLC 準拠

\* Carrier Sense Multiple Access

\*\* Time Division Multiple Access

表-1 FMS バス仕様

(1)	伝送方式	直列伝送方式
(2)	同期方式	フレーム同期方式
(3)	伝送路	同軸ケーブル(5C2V)・バス形態
(4)	データ信号速度	500キロビット/秒
(5)	変調方式	変形マンチェスタ方式
(6)	アクセス方式	トークンパッシング方式
(7)	伝送距離	MAX. 1 km
(8)	通信形態	N:N (Nは局を含み最大9局)
(9)	伝送フォーマット	HDLC 準拠
(10)	誤り制御方式	CRC, タイムオーバによるリトライ

注) 伝送路として、光ケーブルの使用も可能である。

(4) データリンク上の応答付きデータ転送  
このような成果をふまえて開発された FA 用 LAN の一例として FMS バス仕様を表-1 に示す。

各社で伝送速度で 0.5~1 Mbps, 接続ステーション 8~16 個などの相違があるが、思想は同一と考えられる。ネットワークソフトウェアはユーザが 1 命令でデータ送受信ができることを主眼にして設計されている。図-2 のモデル C1 と NC 工作機械、産業用ロボット、放電加工機などの自動化機械とは RS-232C, または RS-422 で接続される。モデル S1 と上位のコンピュータとの接続は、現状では OA 用 LAN よりも通信回線がほとんどである。

次に FA 用コンピュータシステムのハードウェア、ソフトウェアの特長について述べる。各機種とも基本的な設計思想は同じように考えられるため、図-2 の FACTOLY LAND を具体例とし、特に異なる仕様はそのつど記述する。

## 6. FA 用コンピュータシステムのハードウェアの特長

### 6.1 FA 用コンピュータモデル S1 クラス

#### (1) ハードウェア基本構成を設定

必要十分な機能を有する基本構成を設定し、低価格、短納期でのハードウェア供給を実現している。主メモリ 512 kB, 固定磁気ディスク装置 38 MB, フレキシブルディスク装置 1 MB, 日本語ワークステーション装置, 日本語シリアルプリンタ装置で構成される。メーカーにより、主メモリ 256 kB~1 MB, 固定磁気ディスク装置 20 MB 程度もあるが、価格は 1000~

1200 万円と低価格である。

#### (2) 現場設置可能なハードウェア

厳しい環境条件を要求される現場でも設置可能な各種の対策が施されている。

(2.1) 防塵筐体を採用し、防塵対策が施されている。

(2.2) シートキーボードを採用し、防塵、防滴対策が施されている。

(2.3) 独立型筐体(キャスト付)の採用により、現場での据付、移設、増設が容易である。

(2.4) AC 電源工事(基本構成でコンセントを 1 個用意すればよい)、接地工事(専用第 3 種接地地でない)が簡単である。

(2.5) CPU の LSI 化などで、ハードウェア量を大幅に削減し、高信頼性を実現し 24 時間運転を可能としている。

しかし、夜間運転しないような場合には、オプションで自動電源オン・オフができる自動運転機能を有している。

#### (3) 各種の生産管理用端末の接続

生産管理の基本となる物と情報の一致をはかるハンド光学文字読取装置、バーコード読取装置、磁気ストライプ読取装置、ハンドヘルドターミナルなどの端末が接続できる。

#### (4) 階層分散処理の実現

4, 5 章ですでに述べたので、ここでは省略する。

## 6.2 FA 用コンピュータモデル C1 クラス

図-2 の位置付けでもわかるように、生産ラインの運転制御の機能を行う FA コントローラの役割をはたす。

#### (1) 完全密閉キャビネットの採用

現場機器のそばに設置されることが多く、設置条件はモデル S1 に比較し、はるかに厳しい。このため完全密閉キャビネットの採用により対処している。

(2) マイクロプロセッサによるマルチ CPU 構成  
主 CPU, プログラマブルロジック CPU, CRT CPU, 通信制御 CPU など機能別に 16 ビット系マイクロプロセッサを専用配置し、マルチ CPU 構成を採用し、ハイグレードな機能を高速に実行可能としている。8 ビット系も多いが、16 ビット系が主流となりつつある。

#### (3) 静止型大容量記憶装置の採用

主記憶装置は RAM が使用されているが、非常に厳しい環境への設置を可能とするため、大容量記憶装

置として静止型のバブルメモリを採用している。

(4) プログラマブルロジック処理装置(PC)の採用

プロセス入出力は専用 PC を介して行い、ラダーダイアグラム、カウンタ、タイマ機構などの汎用 PC の機能をサポートできる。

### 7. FA 用コンピュータシステムのソフトウェアの特長

#### 7.1 FA 用コンピュータモデル S1 クラス

##### (1) マルチワークステーション機能

分散した各所に多数のワークステーションを接続することが可能である。各ワークステーションでは、通常の端末としての機能のほか、ジョブの起動や制御を行うことが可能で、ユーザは設置場所の制約を受けず、また他のワークステーションの存在を意識することなく、そのワークステーションで必要とする、すべての仕事(ワーク)を実行することができる。

##### (2) 本格的な日本語処理機能

データ処理の流れの中を一貫して、漢字データが、カナ英数字と同様に扱うことができる。日本語ラ

イブラリ、日本語ユーティリティ、日本語支援ライブラリが中心となっている。日本語ライブラリには、漢字を生成するためのデータ(フォント)と、各種の単語、熟語などを集めた辞書ライブラリとがあり、標準として用意されているもの及び任意にユーザが定義できるものがある。日本語ユーティリティには日本語フォント、辞書ライブラリのメンテナンス、漢字コード変換などの機能がある。日本語支援ライブラリは、複雑な日本語処理を、ユーザプログラムで容易に扱えるように、漢字コード化、カナ漢字変換、漢字出力編集などのサブルーチンライブラリである。

##### (3) 簡易言語の採用

プログレスIIという簡易言語では、指示書と呼ぶ機能ごとに分けられたフォーマットに穴埋めすることで容易にプログラミングできる。指示書はプログラム、端末、入力ファイル、出力ファイル、プリント、端末入出力、作業項目、処理の8種類である。この言語でユーザプログラムの8割程度をカバーできる。今後増々 FA 用簡易言語の開発が盛んとなる。

##### (4) 操作の簡略化

コンピュータの専門知識がなくとも使用できるよう操作の簡略化が図られている。

(4.1) 日本語メニュー方式のみやすいジョブ選択画面

(4.2) オペレータへの日本語指示ガイダンスと会話型オペレーション

(4.3) システムの状態問い合わせキーとヘルプ機能

(5) ワープロ機能、ビジネスグラフィックなどの OA 機能

(6) データベースの採用

生産管理機能を分担するとなると、データベースが必要となってくる。しかしながら、一般のデータベースの場合、システム設計がむずかしい、データ構造が複雑、融通性に欠けるなどの欠点がある。これに対し、リレーショナル型データベースはファイルと同じセンスで設計できる。単純なデータ構造、自由にデータを関連づけられるなどを特長として、最近盛んに採用されるようになっている。具体例として、モデル S1

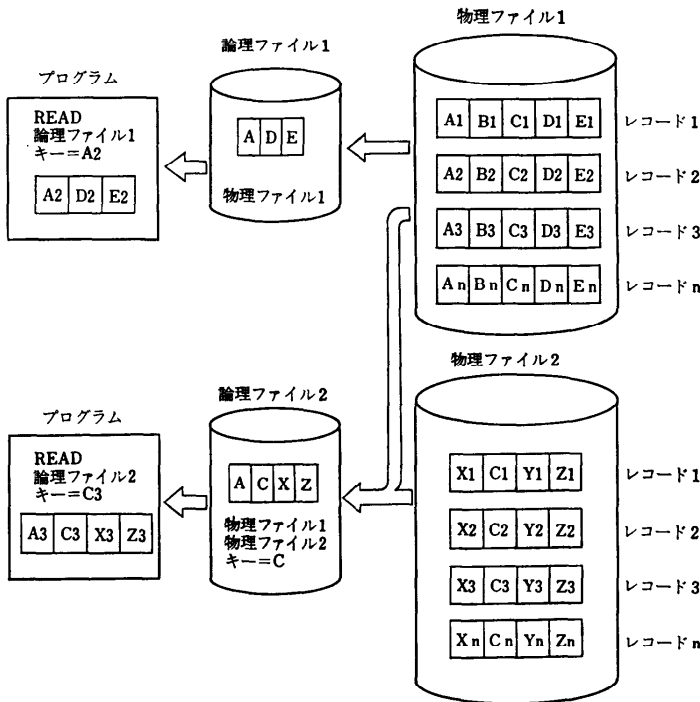


図-4 論理ファイルの概念

で開発されたフレキシブルデータベースシステム (FDBS) について述べる。システムのデータ構成を設計したり、データの内容を整理するとき、通常は、1つのキーに対して、その属性を示すようなデータをまとめて管理単位とする。この管理単位を物理ファイルと呼び、ディスクメモリ上で、実際のユーザデータが格納されたファイルとして存在する。一方、プログラムがデータを使用するとき、物理ファイル間にまたがって情報を検索することが度々、生じる。この場合、図-4のように、複数の物理ファイルのあるキーで関連づけ、ユーザはあたかも1つのファイルをアクセスしているようにした論理ファイルを定義しておけばよい。また、データベース検索言語 (FQL)、データベース操

作言語 (FAL) などがあるが、一例として、図-5のデータベース検索言語 (FQL) の使用例をみれば便利さが理解されると思う。

## 7.2 FA用コンピュータモデル C1クラス

(1) 複数タスクを並列同時処理可能なオペレーティングシステムの採用

(2) 工業用リアルタイム BASIC (IRTB) の採用  
パソコンで最もポピュラな BASIC 言語を拡張し、コンパイル型の工業用リアルタイム BASIC を実現している。特長として、プログラミングの容易性、マルチタスク・マルチプログラミング、プロセス入出力、ビット表現、構造化プログラミングが可能などの FA に必要な機能を有している。しかし、FA の進展

論理ファイル PNTAPC から、部品番号、品名、テープ番号、加工時間、原価レート及び原価 (=加工時間×原価レート) の各項目を、部品番号が A10000 から B10000 の間で、加工時間が 30 分以上のレコードのみ捜し出し、原価の昇順に並べて出力する。出力リストの最後で、加工時間の最大値と、原価の平均値を出力する。

### FQL ステートメント

```
FILE PNTAPC.
ITEM @SEQ S-3.
ITEM BUHIN.
ITEM HINMEI.
ITEM TAPENO.
ITEM TS.
ITEM RATE.
ITEM @CALC1=TS * RATE.
MAX TS.
AVERAGE @CALC1.
FROM A10000.
TO B10000.
WHERE TS>=30.
SORT A/@CALC1.
END.
```

### 検索結果

FILE: PNTAPC		DATE: 8210.16. PAGE: 001				
No.	BUHIN	HINMEI	TAPENO	TS	RATE	@CALC1
1	A10000	ベッド	L0012A00	30	10.00	300.00
2	A10200	ベッド	L0023A01	35	10.00	350.00
3	A11050	サドル	L0015A10	80	4.60	360.00
4	A10030	ベッド	L0033B00	40	10.00	400.00
5	A10810	ベッド	L1030B01	45	10.00	450.00
6	A12100	サドル	L0123A00	70	6.80	476.00
平均値						412.35
最大値				80		

図-5 データベース検索言語 (FQL) 使用例

により、ユーザにとってより簡便な簡易言語が出現するであろう。

ネットワークアーキテクチャの確立などが大きな課題となるろう。

## 8. おわりに

FA 用コンピュータシステムも FA と同様まだ緒についたばかりであり、FA の進展とともに変化してゆくであろう。今後、NC 工作機械、産業用ロボットなどとのインタフェースの標準化、応用ソフトウェアパッケージの充実、分散データベースを実現するネッ

## 参 考 文 献

- 1) 三菱電機技報: FA 特集, Vol. 57, No. 3 (1983).
- 2) Graube, M.: Proway-A Local Network for Process Control, COMPCON '80, 3 (1980).

(昭和 58 年 11 月 30 日受付)