

自動化システムを構成するソフトウェア体系

横山 常昭(よこやま つねあき)

長友 安之(ながとも やすゆき)

1 まえがき

自動化システムがプロセス制御、検査・試験の自動化や工場の統括制御など適用分野を拡大するにつれ、その構成要素である制御装置、情報処理装置も種々のものが使われている。ソフトウェアについても、その適用分野・用途や生い立ちなどにより多種多様なものがあらわれ、サービス範囲の向上というメリットの反面、システム全体から見たソフトウェアの見通しの良さ、生産性/保守性の向上の点からは色々なデメリットも出てきている。

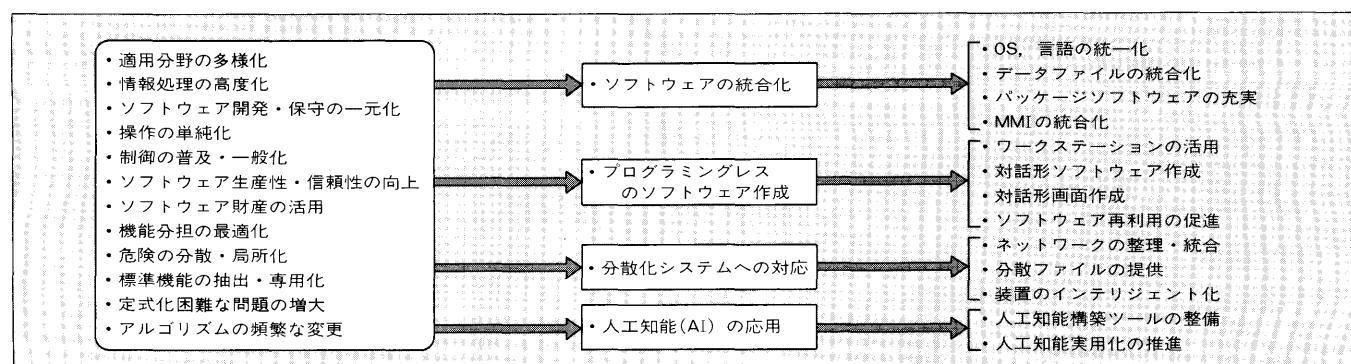
そこで、自動化システムの機能分担の見直し、基本ソフトウェアやパッケージソフトウェアなど標準ソフトウェアの機種を超えての統一化や柔軟性の高いネットワークに対する要求が高まってきた。また、自動化システムの処理内容の高度化に伴い、従来の決定論的な手法だけでは機能の実現が困難になっており、この解決手段としてエキスパートシステムを主体とする人工知能の応用が盛んになりつつある。

以上のような自動化システムにおけるソフトウェアの動向とその課題を整理すると図1のようになる。

2 自動化システムにおけるソフトウェアの動向

2.1 ソフトウェアの統合化

図1 自動化システムにおけるソフトウェアの動向と課題



横山 常昭

昭和38年入社。プロセス制御用コンピュータシステムのソフトウェア開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)システム本部本部長付。



長友 安之

昭和38年入社。工業用プラントの技術業務、コンピュータシステムの設計・開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一ソフトウェア技術部長。

PA, LA, FA, SA へと自動化システムの適用分野が多様化するにつれ、システム機能の多様化・複合化とそこで扱う情報の高度化・複雑化が進行している。これに対応してソフトウェアの統合化によるシステム全体から見たソフトウェアの作りやすさ・使いやすさの実現が強く要請されるようになった。そのためには、ハードウェアの違いを乗り越えて、オペレーティングシステム、言語などの基本ソフトウェアの統一化、パッケージソフトウェアの充実のほかに、システム全体で一貫性のあるファイルシステムの提供やマンマシン装置のオペレーションの統一化が要求される。

2.2 プログラミング言語のソフトウェア作成

自動化システムの普及/一般化に伴いシステムを使用する人々も次第に非専門家が多くなっており、ユーザーとインタフェースするソフトウェアについては、プログラミング言語のユーザーフレンドリーな作成方法が望まれている。

一方、最近のワークステーションの発達は、実運用機とは別のマシンでのソフトウェア開発を可能とし、対話形によるプログラムの作成とソフトウェア開発環境の整備により、ソフトウェア生産性/信頼性の向上に寄与している。

更に、コンピュータを使ったソフトウェア生産物の管理・検索システムも実用化されつつあり、開発済みのソフトウェアを再利用することによる生産性/信頼性の向上も

成果を上げつつある。

2.3 分散化システムへの対応

自動化システムにおける機能の階層化/分散化は、それぞれの応用分野において整理されつつあり、また各応用分野に共通な標準機能も固定化/専用化されてきた。他方、近年の LAN をはじめとするネットワーク装置の進歩は著しいものがある。これらの動きを反映して自動化システムの分散化が盛んであり、種々のシステムが販売されている。

しかし、ネットワークの国際標準化などに対応した分散システムの構築、一貫性のある分散ファイル方式の実現などは、これから標準化の動向に合わせて整備されていくものである。

2.4 ソフトウェアの高度化（人工知能）

1970年代後半の知識工学の成功に根ざす人工知能の実用化の機運に乗って、自動化システムへの人工知能の応用も実用化の段階に入ってきた。従来の手法では対応が不十分であったアルゴリズム化の困難な問題やアルゴリズムの変更が頻繁な用途に対してプロダクションルール方式の人工知能の実用化が盛んに試行されている。

人工知能の応用は、エキスパートシステム構築ツールの開発・整備と、そのツールを使っての実際の応用分野での知識ベースの作成・実行の両面が必要であり、前者はメーカー、後者はユーザーで実施するケースが多い。しかし、ソフトウェア開発環境への人工知能の応用など両者と一緒に実施する場合もある。

③ 自動化システムを構成するソフトウェア体系

上記のような動向に対して、富士電機の自動化システムでは種々のコンポーネントと各種のソフトウェアを準備しているが、その体系を整理すると図2のようになる。

以下にその概要を紹介する。

3.1 ベーシックソフトウェアの体系

(1) オペレーティングシステム (O/S)

リアルタイム O/S はハードウェアと密接な関係があり、メーカーの独自性が出やすいが、上/中位コンピュータである A シリーズ用には同一コンセプトのオペレーティングシステム RTCF を採用している。RTCF は仮想記憶上の実行制御 (RTS) のほかに、システム動作環境定義 (RCL) 及びテスト支援 (RTTS) の機能をもっているのが特長である。その概要を図3に示す。FASMIC G シリーズ、MICREX シリーズ用には、それぞれリアルタイム O/S を用意している。

オフライン O/S は人とのインターフェースが多く、できるだけ統一化することが望ましいが、コンピュータシステムは UNIX 系、MICREX サポートシステムは MS-DOS 系に統一する方向である。図4に UNIX 系の O/S である SX/UTS (A シリーズ用) の概要を示す。このように標準的な O/S に統一することにより、カルチャの継続、流通ソフトウェアの利用、ソフトウェア移行性の向上など種々のメリットが期待できる。

(2) ソフトウェア言語

ソフトウェア言語は、オペレーティングシステム以上に

図2 自動化システムにおけるコンポーネントとソフトウェア体系

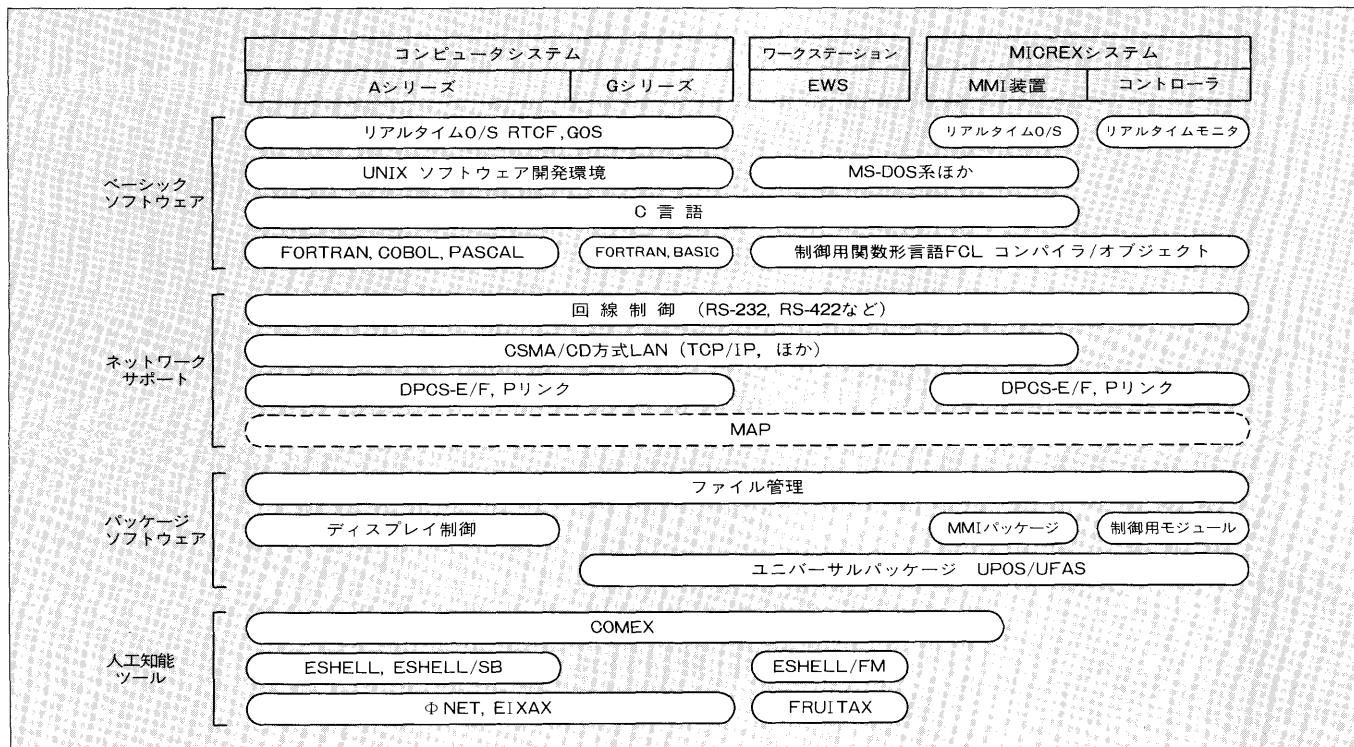


図3 リアルタイムオペレーティングシステム RTCF の概要

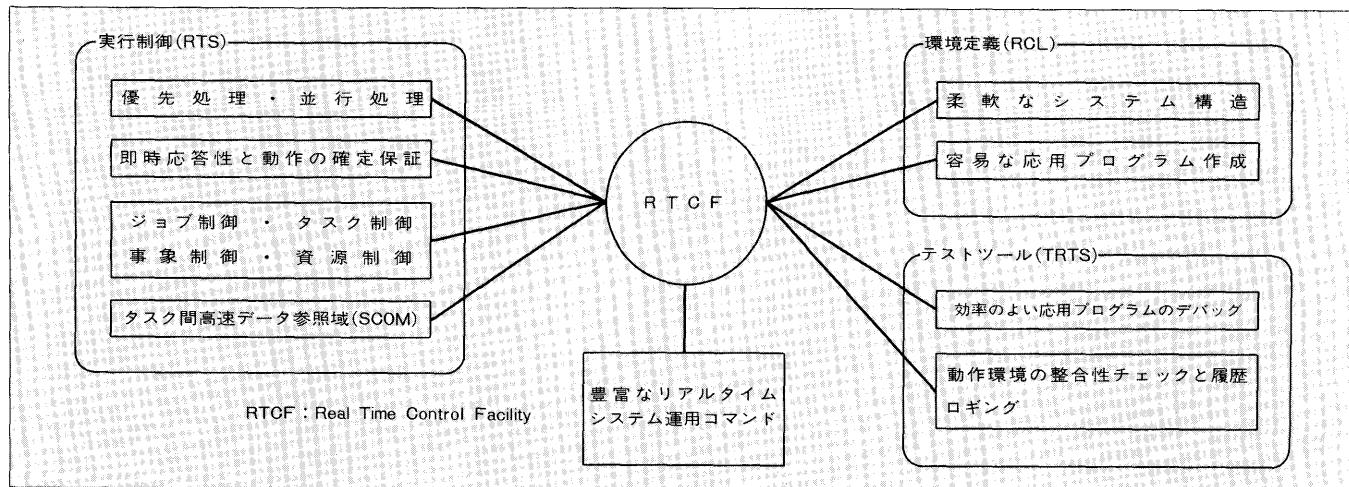


図4 Aシリーズ用O/S SX/UTSの機能構成

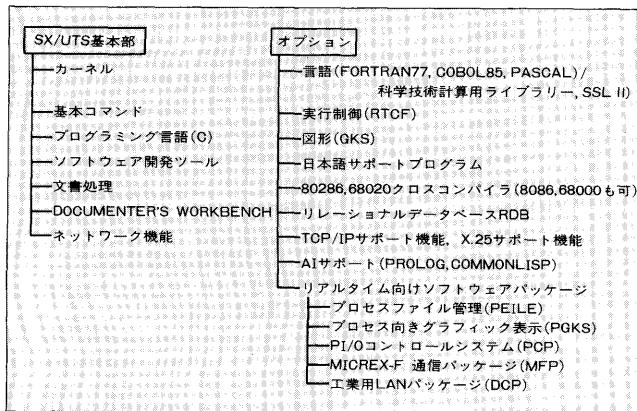
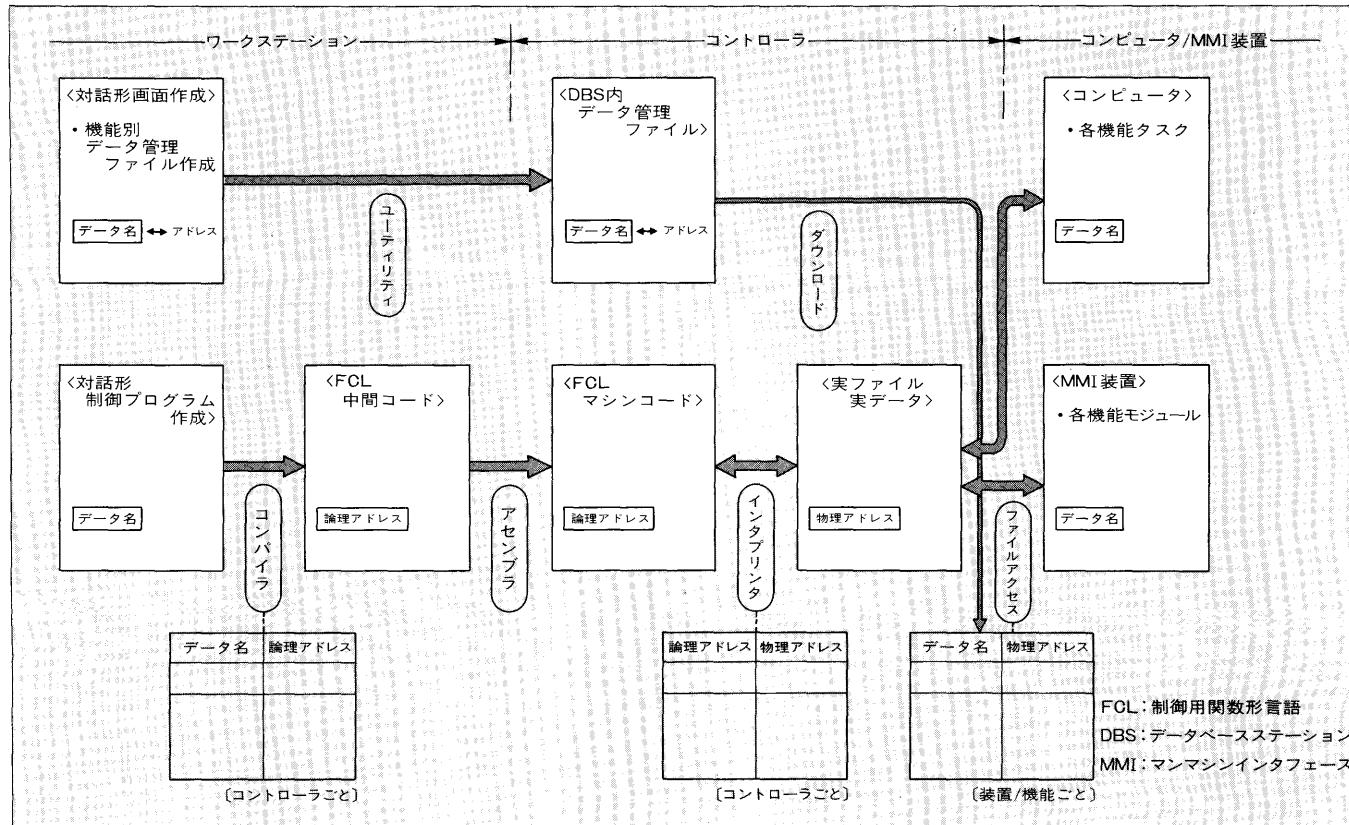


図5 自動化システムにおけるデータアクセスの統一化



一般性・伝承性が強く、選定には慎重を要するが、富士電機の自動化システムでは全シリーズに共通な言語としてC言語を採用し、標準パッケージなどはC言語で記述することにより移行性を高めている。アプリケーション用言語としてはFORTRAN77及びBASICを提供している。更にMICREXシステム用の制御プログラム用言語としてFCL(制御用関数形言語)を開発し、これを中間言語にラダーフィット、ブロック図、シーケンス機能図、デシジョン表などを対話形で作成できるようにしている。

3.2 パッケージソフトウェアの体系

パッケージソフトウェアは、システム統一コンセプトの

図6 FA用ソフトウェアパッケージ UFAS の概念

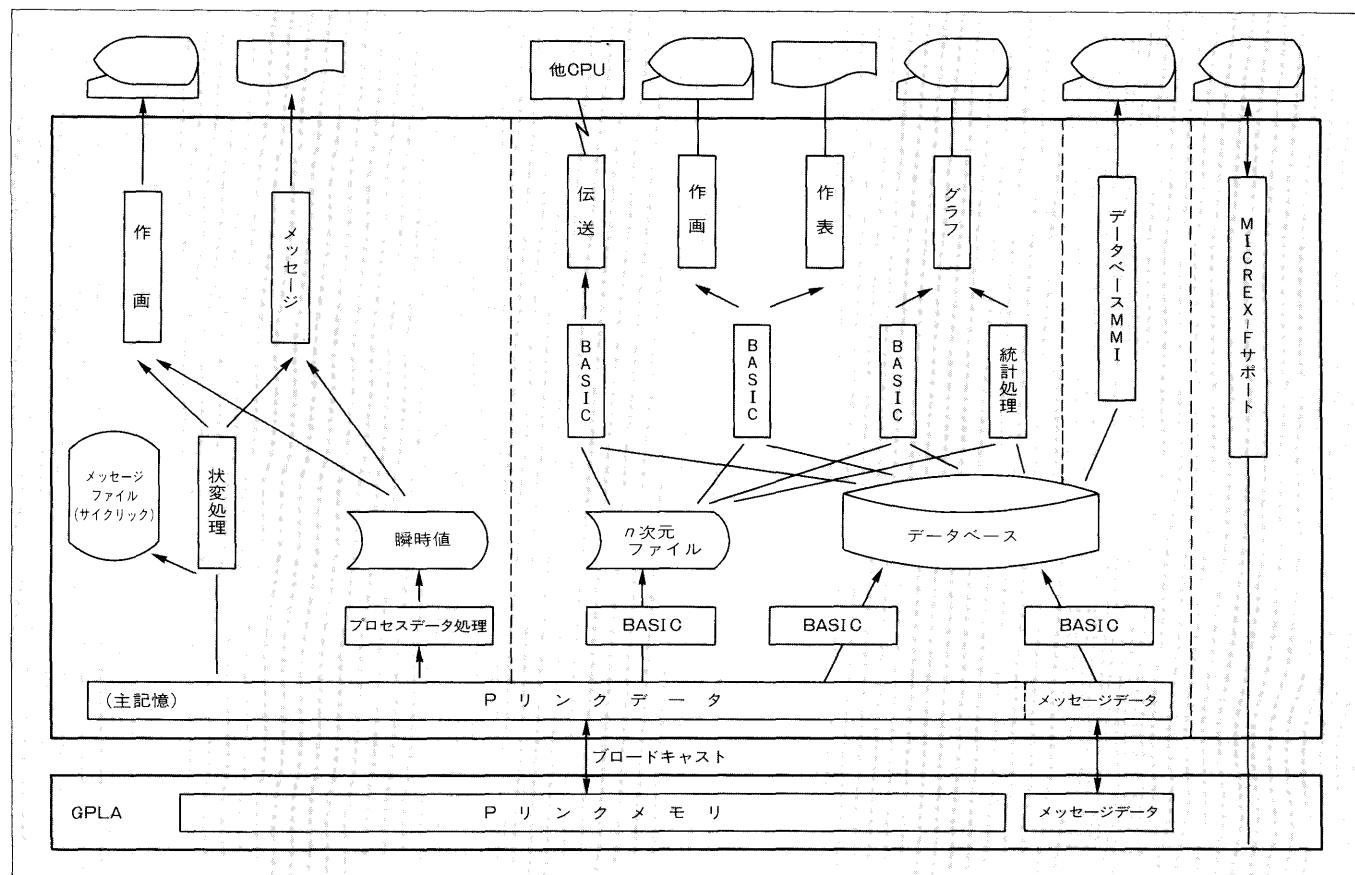
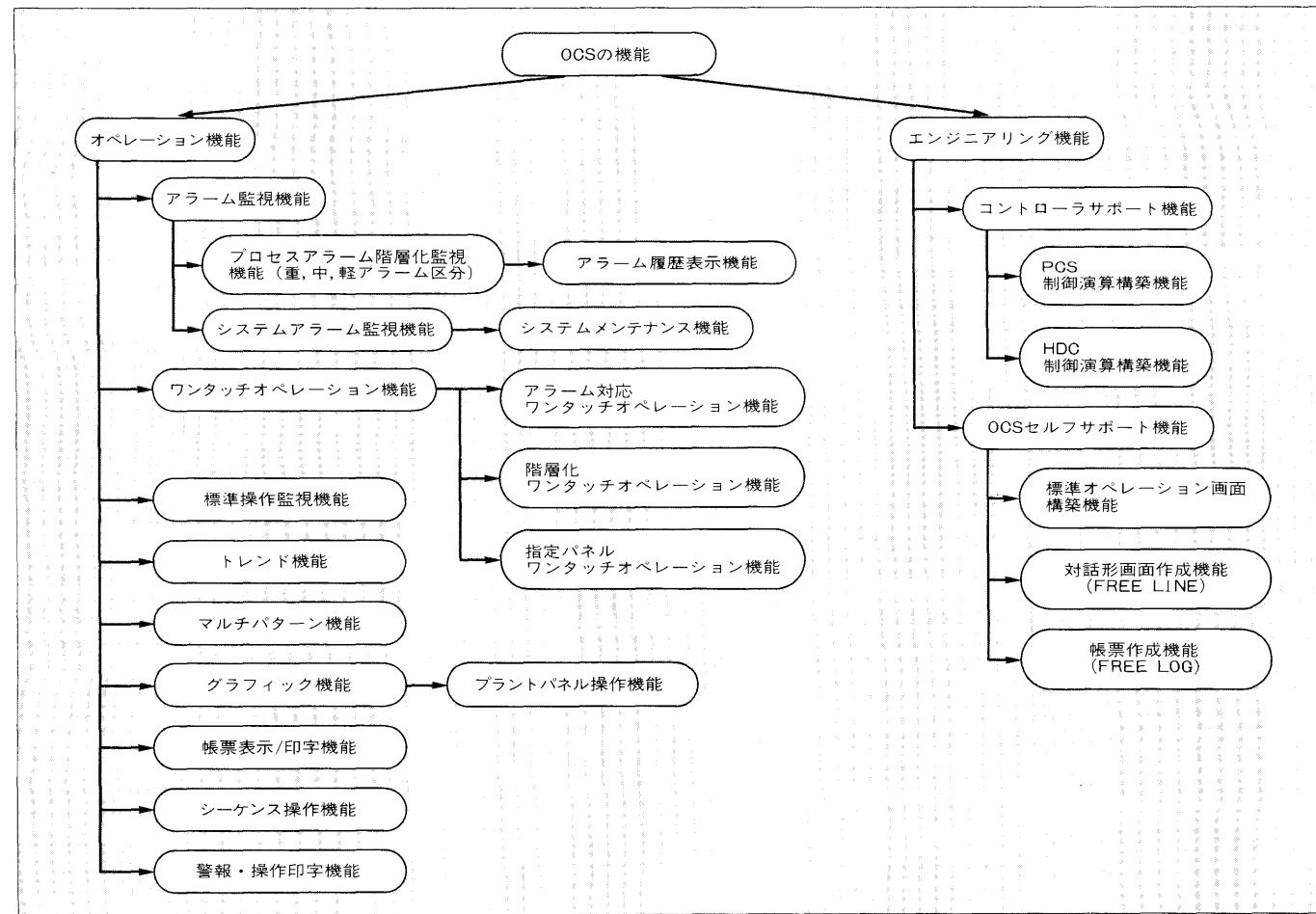


図7 マンマシンインタフェース装置 OCS の機能体系



実現、プログラムレス化、ソフトウェア生産性/信頼性向上などの面から、ますます重要性を増している。

以下に自動化システム実現の上から重要な三つの例について述べる。

(1) ファイル管理

自動化システムは、コンピュータ、マンマシンインタフェース装置、コントローラ、ワークステーションなど各種のコンポーネントから構成されるが、これらのコンポーネント間で自由にデータアクセスが可能なファイル管理方式が必要である。図5にデータ管理統一化の考え方を示す。この例では、各コンポーネント上の各種機能モジュールがネットワークを介して分散ファイルの形でコントローラ上のデータをアクセスすることができる。

(2) ファクトリーオートメーション(FA)用パッケージ(UFAS)

FAの分野では、生産現場の情報を物の動きに合わせてわかりやすく整理して収集し、状況に応じて機器あるいは運転員に適切な指示を与えるシステムが要求される。そのためには、現場とのデータリンク、データベース機能、人とのインターフェースが重要であり、富士電機では、これらの諸機能をFA用ソフトウェアパッケージ(UFAS)として標準化している。図6にUFASの概念図を示す。

(3) MICREX システムのマンマシンインタフェース(MMI)

MICREX システムのMMI装置OCSは、オペレーション機能とエンジニアリング機能を標準化した体系として提供しており、これを用いることにより自動化システムをプログラミングレスで構築できるようになっている。図7にOCSの機能構成図を示す。

3.3 ネットワークサポートソフトウェアの体系

自動化システムのネットワークとしては、富士電機独自のプライベートなLANであるDPCS-E/F、PリンクとスタンダードなLAN(国際標準)であるCSMA/CD形LAN、MAP(将来)を使い分けて柔軟なシステム構築ができるようになっている。

表1 富士電機の人工知能ツールとその比較

AIツール 比較項目	ESHELL	COMEX	EIXAX	FRUITAX	ΦNET
概要	・オーソドックスな汎用エキスパートシステム構築ツール	・検索選択形のエキスパートシステム構築ツール	・プロセス自動運転用エキスパートシステム構築ツール	・ファジィ理論応用のエキスパートシステム構築ツール	・物流自動化用の人工知能ツール
特長	・大規模・複雑なエキスパートシステム構築 ・研究的分野 ・LISPを使用	・コンパクトなエキスパートシステム構築 ・実用化が容易 (パーソナルコンピュータ搭載可)	・プラント運転制御向き ・リアルタイム志向 ・FORTRANを使用	・確率統計によるルール構築(経験・勘の自動化) ・シミュレーションによる検証機能サポート	・物流主体の自動化 ・シミュレーションによる物流計画のチェック ・シミュレーションとリアルタイム処理の共用可能
知識表現	・プロダクションルール形 ・フレーム形	・クライテリアフレーム形	・プロダクションルール形 ・簡易フレーム形 ・数式表現モデル	・制御規則形 ・ファジィ関数形	・プロダクションルール形
推論方式	・前向き推論 ・後向き推論 ・ブラックボード方式	・前向き推論 ・後向き推論	・前向き推論	・ファジィ推論	・ネットワークモデル (ペトリネット)
適用例	・高炉炉況診断 ・制御システム設計支援	・油圧診断 ・土利利用システム ・変圧器故障診断	・エネルギー最適運転 ・自家発蒸気系最適運転	・浄水場薬品注入制御 ・セメントプラント	・スラブ搬送ライン ・組立ライン制御

(1) DPCS-E/F、Pリンクは、コンピュータ、MMI装置、コントローラ間で、比較的簡単な手順での相互データ伝送を可能とするネットワークである。

伝送方式としては、メモリのリード/ライト、ブロードキャスト、メッセージ伝送の諸機能をサポートしている。主として、制御用など高速性を要求されるデータ伝送に適している。

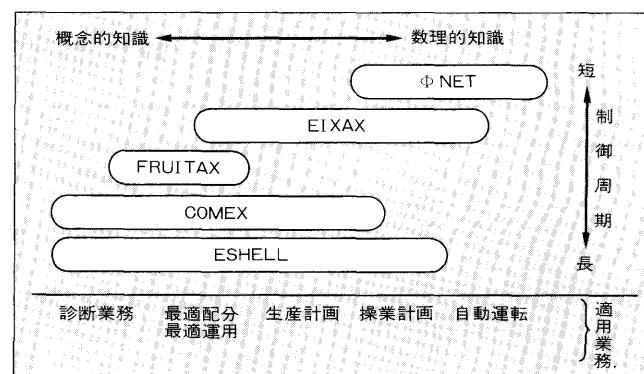
(2) 国際標準(IEEE 802.3)準拠の標準形LANを使用して自動化システムとOA機器、他社コンピュータなど関連装置との接続を可能にしている。伝送方式としてはトランスポート/ネットワーク層としてTCP/IPを使用し、その上位にUNIX用とDARPAネット用の両者のサービスを提供している。

富士電機の自動化システムでは、独自開発のプライベートなLANを主体にシステムを構築することにより、制御・操業にかかるデータの高速性・透過性を実現し、他方、国際標準のスタンダードなLANは主として管理・計画・支援など他システムや他社コンピュータとの情報授受に使用するのが基本的な使い方である。

3.4 人工知能ソフトウェアツールの体系

富士電機では、以下に述べる数種の人工知能(AI)用ツールを提供しているが、これらのツールはその応用分野・

図8 人工知能ツールの位置付けと適用



適用業務・使用目的に応じて使いやすいように開発されたものである。図8に各人工知能ツールの位置付けを、表1に富士電機の人工知能ツールの概要と比較を示す。

人工知能ツールには一般的に広い用途に使える汎用AIツールと特定の目的に用途を絞った特化AIツールがある。

ESHELLは前者に、COMEX、FRUITAX、ΦNETは後者に、EIXAXは両者の中間に考え方立って作られている。

- (1) ESHELL (Expert Shell) は LISP を使って作られた本格的な汎用 AI ツールであり、大規模・複雑な問題や研究的分野に向いている。複雑で不確定性の高い問題に対してもプロトタイプの構築が容易であり、柔軟に対応できる。
- (2) EIXAX (Effective Industrial Expert Shell for Advanced Control System) はプロセス自動運転用 AI ツールであり、実ファイルの直接アクセスや、ルール処理と数式表現モデルとの結合ができるなどの特長があり、リアルタイム性の高い用途に向いている。
- (3) COMEX (Compact Knowledge based Expert System) はあらかじめ用意された結論の中から、条件に合う結論を引き出す検索選択形の AI ツールであり、各種の

診断やコンサルタント業務に向いている。また、コンパクトにまとまっている、設計支援システムなどのサブシステムとして適用が可能である。

- (4) FRUITAX (Fuzzy Rule Information Processing Tool of Advanced Control System) は対象プロセスの運転が定式化困難で経験や勘に頼っている分野の自動化に適した AI ツールであり、ファジィ理論を応用したものである。
- (5) ΦNET (Factory Automation Intelligent Network Control System) は、離散プロセスの自動運転用 AI ツールであり、物流、シーケンス制御の自動化/解析に適している。モデルがペトリネットを基礎とした ΦNET モデルで記述される。

4 あとがき

自動化システムのソフトウェアについて、その動向と富士電機の対応及び体系について述べてきたが、今後のシステムにおいては、ソフトウェアの比重がますます高くなるとともに、全体的コンセプトの確立が重要になると思われる。富士電機も一層の努力を続ける所存である。

技術論文社外公表一覧

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
自動車用空気流量計	富士電機総合研究所	鶴岡 亨彦	計測自動制御学会第4回流体計測シンポジウム (1987-1)
FAシステムにおけるAIの応用<ビジョンシステムについて>	富士電機総合研究所	本郷 保夫	トリケップスセミナー (1987-2)
適応折線近似によるゲイン極大化制御の多次あくられ系への適用	富士電機総合研究所	田沼 良平	計測自動制御学会第7回適応制御シンポジウム (1987-2)
熱流体解析	富士ファコム制御	金山 寛	電気四学会関西支部専門講習会 (1987-2)
磁束制御形 PWM 方式による高性能汎用インバータ	富士電機総合研究所	柳瀬 孝雄 原 信	電気学会産業電力電気応用研究会 (1987-2)
視覚センサモジュールとその応用	富士電機総合研究所	枝松 邦彦	トリケップスセミナー視覚システム応用事例研究 (1987-2)
発電機および電動機の信頼性向上対策	川崎工場	森安 正司	火力原子力発電技術協会 (1987-2)
Molten Carbonate Fuel Cell Technology Development at Fuji	富士電機総合研究所	小関 和雄	National Fuel Cell Seminar (1986-10)
Development of Small Capacity Phosphoric Acid Fuel Cell Power System at Fuji Electric	富士電機総合研究所	原嶋 孝一	
Fast Response Optical Type Kaman Vortex Air Flowmeter	富士電機総合研究所 川崎工場 東京工場	鶴岡 亨彦 南雲 醍 三好 紀臣 北村 和明	SAE International Congress & Exposition (1987-2)
Zinc Oxide-Praseodymium Oxide Elements for Surge Arresters	富士電機総合研究所 "	向江 和郎 津田 孝一 志賀 悟	IEEE PES Winter Meeting (1987-2)
Electric Insulation and Adhesion of The Topaz Thin-Wall Super Conducting Magnet	富士電機総合研究所	時光富士雄	1987 International Meeting The Adhesion Society (1987-2)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。