

MICREX-F500シリーズ

野尻 裕昭(のじり ひろあき)

中島 千尋(なかじま ちひろ)

武井 孝憲(たけい たかのり)

① まえがき

プログラマブルコントローラ(以下、PCと略す)は半導体技術の急速な発展により、一段と小形化、高機能化、低価格化が進んでいる。加えてFA(Factory Automation)、PA(Process Automation)などPC適用分野の変貌により、多様なシステム構成に対応できるフレキシビリティが強く要求されるようになった。富士電機はこの市場要求にこたえ、新世代のPC MICREX-Fシリーズを製品系列に加え、昭和60年以降、MICREX-F100/200、MICREX-F80/50/30など中・小規模のPCを順次市場に投入し、好評のうちに運転実績を積み上げてきた。

また大規模PCは、系列化されたMICREX-E/Pシリーズによって、電機、計測、電力などの複雑・高度な制御分野を中心に、数多くの実績をあげてきた。しかし、最近のPC技術の進歩は著しく、高効率なハードウェア/ソフトウェアと国際標準化への対応が強く求められるようになった。このような背景の下に、富士電機ではこの度、MICREX-E/Pシリーズの後継機種として、新世代の高機能コントローラMICREX-F500(以下、F500と略す)を開発、製品化した。

F500は、コントローラ機能からマンマシンインターフェース機能までを含むMICREX-F系列の最上位機種であり、従来のプラント制御分野だけでなく、トータルFAシステムの基本コンポーネントとしても多様な製品展開を図っていく。

以下にその概要を紹介する。

② F500の開発コンセプト

2.1 フレキシブルなシステムインテグレーション

F500はMICREX-Fシリーズの最上位機種として、直接制御レベルの高速ビット処理機能から大量のデータ処理機能やマンマシンインターフェース機能など広範囲な適用分野をカバーする高度な処理機能と、ユーザー自身が自由に制御システムを計画できるような高い適応性が要求される。

のことからF500は開発の基本をハードウェア/ソフトウェアにおけるオープンアーキテクチャの実現に置き、機能化されたハードウェアデバイスとソフトウェアパッケージを共通コンポーネントとして準備し、図1に示すような分野別の製品展開を図るための素材提供という基本思想で製品化を行った。

共通コンポーネント化により、

- (1) 統一された基本アーキテクチャで製品群の展開ができる。
 - (2) システム製品の開発効率が高まり、市場要求への積極的な対応がとれる。
 - (3) 社内システムエンジニアやユーザーのレベルでオリジナリティのあるシステム構築が可能となる。
- などの効果が期待できる。

2.2 複合化・多様化を意識したシステムの提供

制御システムの機種構成のなかで、制御用ミニコンピュータとセンサベース小形シーケンサの中間に位置付けられるF500の今後のアプリケーションを洞察し、次のような考え方で機能仕様を設定した。

(1) 制御と管理の一体化

プロセッサ技術などの発達で末端の制御装置が相当な能力を持ち、制御システムの機能分担が「制御の分散/管理データの集約」から直接制御レベルのデータ管理を末端装置に持たせ、コントローラでデータ管理やマンマシン処理を行う「制御と管理の一体化」が進んでいる。

のことからF500は、制御用のプロセッサカードと情報処理用の汎用プロセッサカードの2種類のプロセッサカードを準備し、各カードは単独で使用できるほか、両者を組み合わせたマルチプロセッサシステムが可能で、制御と情報処理の複合機能化が容易に実現できるものとした。

(2) フレキシブルなソフトウェア表現

ラダー図、ファンクションブロック図、シーケンシャルファンクションチャート(SFC)、デシジョンテーブルなどの多様化するアプリケーションプログラムの記述表現に対応するため、制御用関数型中間言語FCL(Functional Con-



野尻 裕昭

昭和40年入社。プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一技術部課長。



中島 千尋

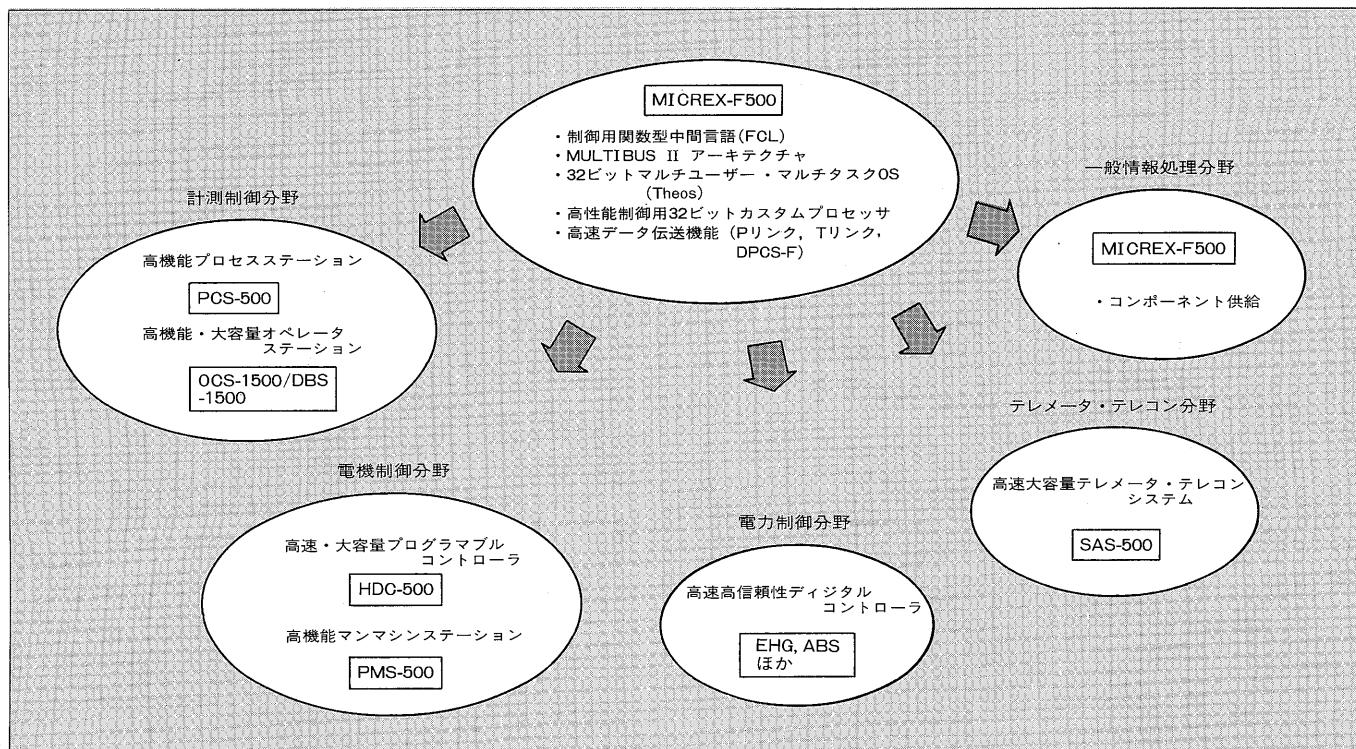
昭和49年入社。プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一技術部課長補佐。



武井 孝憲

昭和51年入社。プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一技術部課長補佐。

図1 F500の製品展開



trol Language)を開発し適用した。中間言語方式の採用により、機種独立、表現独立のオープンアーキテクチャ化されたソフトウェア作成が可能になる。

(3) フローティング演算

コントローラの守備範囲が広がるにつれて、オブザーバ制御や数式モデル化などへ対応するための複雑高度な数値演算機能が必要となる。F500では特にフローティング演算の高速化を図り、フローティング主体の高精度演算を可能とした。

(4) ソフトウェア環境としてのOS選定

ソフトウェアの面では、言語とあわせてOS(Operating System)が大事な要素である。

制御用プロセッサのOSはマイクロプログラム制御によるオリジナルOSとし、高速性を追求した。

一方、汎用プロセッサ用のOSは本格的なリアルタイム、マルチユーザー、マルチタスクOS "Theos" ^(注1)を採用し、優れたソフトウェアサポート環境と充実したパッケージソフトウェアを提供していく。

(5) 高信頼性システムへの対応

F500はMICREX-Fシリーズの最上位機種であり、電力、公共設備など高い信頼性を必要とする分野への適用を積極的に推進する計画であり、二重化、三重化システムへの対応を前提とした製品として開発し、多重化システムへの展開を容易にした。

基本ハードウェアも、制御演算部、バスインターフェース部、ネットワーク制御部など主要なロジック機能を大幅にカスタムLSI化し、処理能力の向上とハードウェアのコンパクト化、高信頼化を図った。

2.3 國際互換性をもつハードウェア

共通コンポーネントの組合せでフレキシブルなシステムを構築する、という基本コンセプトをより魅力的にするために、ハードウェアの基本となるバスシステムに国際標準化が進んでいる32ビットバス "MULTIBUS II" ^(注2)を採用した。

標準バスの採用により、他メーカーとの混在使用が可能となり、適用分野の拡大が期待できる。

③ システム構成

F500は機能化されたカードユニットの組合せにより、制御対象に適したシステムを実現することを基本思想としている。特にプロセッサ機能だけでなく、ネットワークインターフェースとPI/O結合のインターフェースを充実させたことにより、スタンドアロンの小規模シーケンサから分散化、階層化された大規模監視制御システムまで広い範囲にわたっての対応を可能にしている。

図2にシステム構成例、表1にF500の代表的な制御機能仕様を示す。

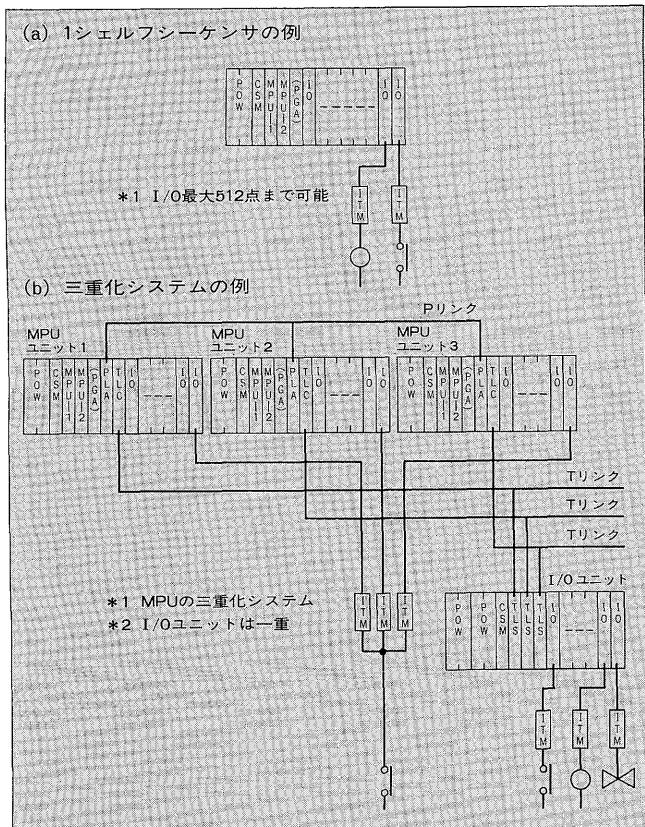
〈注1〉 "Theos" は米国シオスソフトウェア社の登録商標である。

〈注2〉 "MULTIBUS" は米国インテル社の登録商標である。

表1 F500の制御機能仕様

項目	仕様	備考
命令	言語 制御用関数型中間言語 (FCL)	
	速度 シーケンス命令 : 1.2~1.6μs 固定小数点数値演算 : 9~12μs 浮動小数点数値演算 : 10~14μs アナログ演算 : 15~40μs	浮動小数点演算 IEEEフォーマット(32ビット)
メモリ	プログラム 128kワード(16ビット) : EPROM/RAM 選択可	システム用 : 64kワード アプリケーション : 64kワード
	データ 64kワード(16ビット/ワード) : RAM	システム用 : 32kワード アプリケーション : 32kワード
入出力点数	デジタル 最大9,728点	リンク : 8,192点 直結 : 512点 (増結 : 1,024点)
	アナログ 最大2,432点	リンク : 2,048点 直結 : 128点 (増結 : 256点)
伝送IF	P/I/O 传送 リンク : 500kビット/秒	光伝送可
	コントローラ間 リンク : 5Mビット/秒	
	データウェイ DPCS-F : 10Mビット/秒	
制御電源	AC100/110V -25%, +10%, 50/60Hz DC110V -20%, +30%	
耐圧	AC 2,000V 1分間	
温度	0~40°C	
湿度	20~90% RH	

図2 システム構成例



4 ハードウェア

4.1 概要

図3にF500のハードウェア構成を示す。F500はプロセッサカード、バス制御カードなどの基本制御カード、ネットワーク制御カード、各種プロセス入出力カード、CRTやプリンタなどのI/O機器制御カードなど、個々に機能化されたカードユニットをMULTIBUS II上で組み合わせることで種々のシステムを構築する。F500で準備されているカードユニットを表2に示す。

ハードウェアの基本構造は図4に示すように機能化されたカードをシェルフに収納する形態をとり、シェルフ単位で例えば図3の破線で囲ったMPUユニット、I/Oユニットなどを構成する。

ハードウェア構造及びバスシステムは、下記の国際規格に準拠している。

- (1) シェルフ、カード構造 : IEC-297-3
- (2) カードコネクタ : IEC-603-2
- (3) バスシステム : IEEE P1296
(MULTIBUS II)

4.2 バスシステム

ハードウェアの基本となるバスシステムは、国際標準化が進められているMULTIBUS II規格に準拠する。標準バスを採用したことによって、F500システムでは、他メーカーのMULTIBUS IIカードと相互乗り入れをすることが可能になる。以下にこのバスの特徴を述べる。

図3 ハードウェア構成

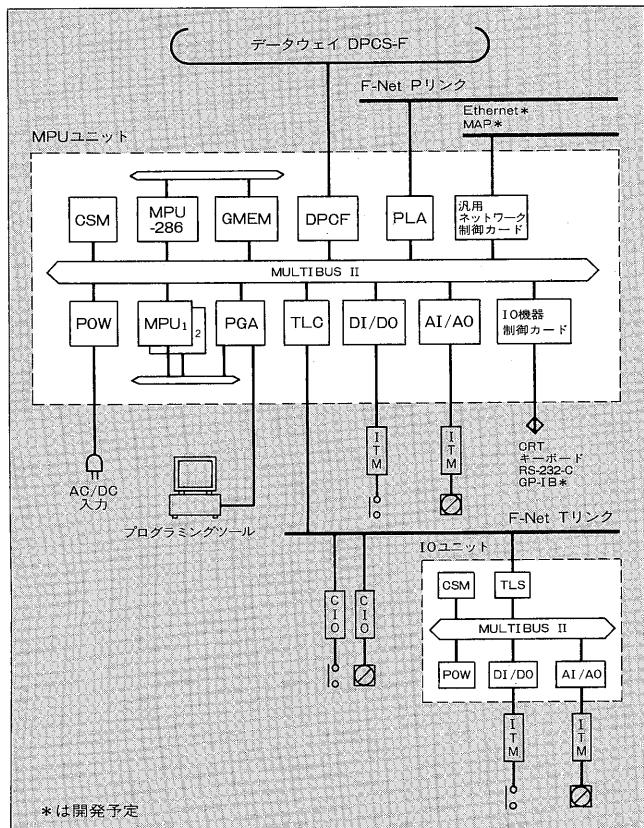
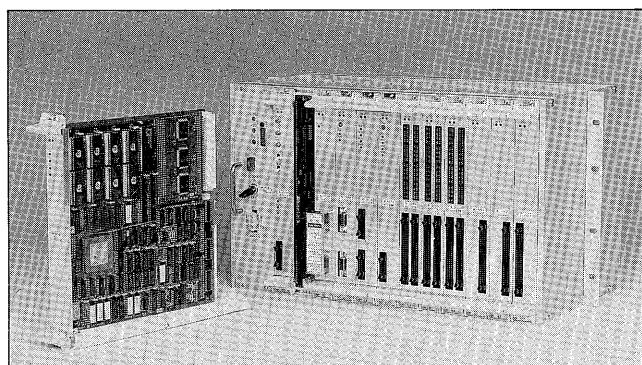


図4 F500シェルフの外観



- (1) 32ビットのデータ及びアドレス幅を持つ。
 - (2) 最大20枚のカードを接続できる。
 - (3) メッセージパッシングによる割込み機構により、マルチプロセッサシステムを構成できる。
 - (4) データ線、アドレス線、制御線についてパリティ検定を行っており、バスの信頼性が高い。
- なお、MULTIBUS IIの採用に当たってはバス制御用のカスタムLSIを開発し、すべてのカードに搭載した。

4.3 FCL プロセッサカード

FCL プロセッサは制御用関数型中間言語 FCL を直接実行するプロセッサカードである。言語解析と演算実行の並列処理方式を実現したほか、言語解析部のスタックコントローラ、32ビット幅の演算機能を持つ ALU 及びビット演算部などのカスタムLSI化、マイクロプログラム/ナノプ

表2 F500カードユニット一覧

分類	カード名	仕 様
基 本 制 御 カ ー ド	POW	電源ユニット ・AC100/110V又はDC110V入力
	CSM	共通制御カード ・システム操作及びシステム状態出力制御 ・MULTIBUS II 共通制御
	MPU	FCLプロセッサカード ・マイクロプログラム+ナノプログラム制御 ・プログラムメモリ 128kワード } 内蔵 データメモリ 64kワード }
	PGA	プログラミングツール結合カード ・RS-232-C×2チャネル
	MPU-286	汎用プロセッサカード ・CPU i80286使用
	GMEM	共通メモリカード ・メモリ容量 3Mバイト
制 御 ツ カ ー ド	TLC	Tリンク結合カード ・Tリンク×2回線
	TLS	Tリンクスレーブ結合カード ・Tリンク×1回線
	PLA	Pリンク結合カード ・Pリンク×1回線
	DPCF	データウェイ-DPCS-F結合カード ・DPCS-F×1回線
入 出 力 制 御 カ ー ド	DI/DO	デジタル入出力カード ・入出力点数 64点
	AI	アナログ入力カード ・入力点数 16点
	AO	アナログ出力カード ・出力点数 8点
	PRC	パルスカウンタカード ・入力点数 4点
	UIA	汎用IO制御カード ・RS-232-C×4チャネル

ログラム制御方式、などの技術により関数型言語を直接実行処理できるようにし、シーケンス命令 1.2~1.5μs、固定小数点演算 9.0~12μs の実行速度を達成した。特に浮動小数点演算が固定小数点演算とほぼ同等の、10~14μs と高速化され、数値の有効桁を意識せずに演算制御ソフトウェアを作成できるようにした。

なお、本カードはプログラムメモリ128kワード、データメモリ64kワードを内蔵しており、アプリケーションプログラムまで搭載できる機能完結型プロセッサカードである。

4.4 汎用プロセッサカード

現在、16ビットの高機能マイクロプロセッサとして市場での評価が高い i80286 を搭載したプロセッサカードである。プロセスの監視・操作に必要なプロセスデータ、画像データなど大量のデータ処理やマンマシンインターフェース制御に適した機能を備えており、汎用 OS をベースにしたソフトウェア資産を利用し、種々の応用システムを構築することができる。

4.5 ネットワーク制御カード

F500は、富士電機標準のフィールドエリアネットワーク

Tリンク, Pリンク及びその上位に位置付けられるデータウェイ DPCS-F 用のインターフェースカードを準備している。

Tリンクは、MPUユニットと PIOユニット間のデータ伝送用であり、伝送路に接続されるプロセス I/Oとしては分散設置型の CIOユニット、集合型の I/Oユニットがある。これらは、伝送路の総延長が 1 kmまでの範囲で広域設置ができる。Pリンクは、コントローラ間のデータ伝送システムであり、F500シリーズのコントローラだけでなく、F100/200シリーズや FASMIC G, L25などのマイクロコンピュータともリンクできる。DPCS-Fは、富士電機標準の制御用データウェイであり、F500シリーズ間及びF500シリーズと上位階層のコンピュータ間のネットワークを構成できる。

4.6 入出力制御カード

プロセス入出力カードとして、DI, DO, AI, AO、及びパルスカウンタを用意した。なお、外部回路との接続は、信号の絶縁、レベル変換機能と接続端子台機能を持つ別構造のITM(インターフェースターミナル)を介して行う。

IO機器制御カードとしては、マンマシンインターフェース用のCRT、キーボード接続カード、プリンタなどの接続ができるRS-232-Cインターフェースカードがある。

5 ソフトウェア

5.1 概要

F500は「制御と管理の統合」を一つのシェルフの中で実現するハードウェア/ソフトウェアアーキテクチャを提供する。

制御用ソフトウェアの核となるのは、FCLプロセッサカードに搭載されるリアルタイムオペレーティングシステム(OS)である。

管理用ソフトウェアの核となるのは、汎用プロセッサカードに搭載される、マルチユーザー・マルチタスク機能を有する汎用OS "Theos"である。

これらのOSのもとで、各種装置向けのシステムソフトウェアやアプリケーションソフトウェアが動作する。

図5にF500のソフトウェア構成を示す。

5.2 リアルタイムOS

制御用ソフトウェアの核となるリアルタイムOSは、「割込み管理、タスク管理」と「実行処理」を並列実行する方式により、効率的で応答性に優れた高性能なOSを実現している。

特長を以下に示す。

(1) タスク管理機能

最大128本のタスクを実行・管理し、6レベル(0~4レベル及びPレベル)のタスク優先レベル制御機能を有する。

(2) リアルタイム処理

図5 ソフトウェア構成

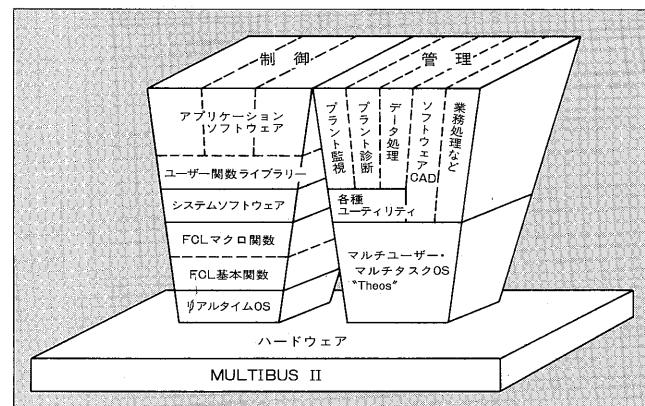


表3 リアルタイムOSの仕様

機能	仕様	
	スタート	タスクの起動・実行
コマンド処理	ストップ	タスクの停止
	ステップ	タスクのステップ実行
タスク管理	タスク数	アプリケーション: 100本(タスク番号 0~99) システム: 28本(タスク番号 100~127)
	動作レベル	0~4の5レベルのほかPレベルを有す。 優先順位: 0>1>2>3>4>P 0レベル: システム 8本 1~4レベル: アプリケーション 50本 システム 1本 Pレベル: アプリケーション 50本 システム 1本
	起動要因	0レベル: 外部割込み ソフト割込み 1~4レベル: 定周期割込み* 外部割込 ソフト割込み Pレベル: 常時スキャン
	その他	(1)タスクの動作レベルを制御可能 (2)タスク実行状態をタスク番号によりトレースする。

*システム定義により周期・位相を設定可能 [1レベル: 1ms単位]
[2~4レベル: 10ms単位]

外部割込みによる事象駆動、定周期起動、ソフト起動などの機能を有し、タスク切換時間が30~40μsと高速応答性に優れる。

(3) コマンド処理

MULTIBUS II上のメッセージパッシングによる操作コマンド処理機能を有する。

表3に仕様を示す。

5.3 汎用OS "Theos"

Theosは、FAシステムに必須のリアルタイム性と汎用性をバランス良く兼ね備えた、マルチユーザー・マルチタスクの機能を有するOSである。

表4にTheos-286Vの仕様を示す。

5.4 制御用言語とソフトウェア

5.4.1 制御用関数型中間言語 FCL

FCLは78種の基本命令をもち、これらの命令を用いて種々の応用命令を作成できる。応用命令は電機制御分野向

表4 Theos286Vの仕様

項目	仕様
ユーザー数	1~32
タスク数	最大255
メモリサポート	最大16Mバイト
ディスクサポート	数: 1~26台 容量: 最大2.147Gバイト/1台 合計55.822Gバイト
ファイル数	最大4,000,000ファイル/ドライブ
プリンタサポート数	1~4台
磁気テープサポート数	1~4台
言語サポート	BASIC, C, アセンブラー, COBOL その他MS-DOS上で動作する言語 (エミュレータによる), PASCAL, LISP, Prologなど

けのコントローラ (HDC) や計測分野向けのコントローラ (PCS) などの分野別・目的別制御システムに ROM 化され組み込まれるマクロ命令と、ユーザーの作成するユーザー命令からなる。

F500では、基本命令・マクロ命令をマイクロプログラム・インタプリータにより直接実行する。

5.4.2 システムソフトウェア

システムソフトウェアは、HDC, PCS などの制御システムにおいて、アプリケーションソフトウェアの動作環境を整え設定するほか、T リンク, P リンク, DPC などの通信デバイスの管理・制御、各種デバイスの故障管理・RAS 处理などを行う。

システムソフトウェアは FCL にて記述される。

5.4.3 アプリケーションソフトウェア

アプリケーションソフトウェアはラダー図、ファンクションブロック図、SFC などの仕様記述言語又は FCL にて記述される。

アプリケーションソフトウェアは、サポートシステム "FAISES" により作成され、FCL に変換されるとともに F500 にダウンロードされる。

5.5 サポートシステム "FAISES"

FAISES はアプリケーションソフトウェアの作成・試験及びドキュメンテーションを汎用パーソナルコンピュータを利用して行うサポートシステムである。

表5に FAISES の機能一覧を示す。

6 RAS 機能

6.1 概要

システムを構成する各カードは、MULTIBUS II のインタコネクト空間にカード形式をはじめとするカード属性情報をもつ。

またカード単位で故障監視・診断機能を有しており、故障を検出したカードは、前面に LED 表示するとともに、詳細な故障情報をインタコネクト空間に記録する。

表5 FAISESの機能一覧

機能	ラダー図 ファンクションブロック図 SFC(シーケンシャルフローチャート)	FCL
	プログラミング	書替え・挿入・削除 ラベル・アドレス自動割付 コメント クロスリファレンス 編集・ライブラリー
	テスト	オンラインモニタ・メモリ読み書き 強制入出力 条件停止・ステップ実行 データトレンド
	ドキュメント	プログラム構成図 プログラムリスト アドレスシート メモリマップ
その他	モジュール検索エキスパートシステム	

これらインタコネクト空間の情報は、システムソフトウェアにより収集され RAS ファイルに登録される。

このことにより、システムの保全性を高めるとともに、故障発生時、故障部の特定・除去・復旧がカード単位で迅速に行え、ダウンタイムの短縮が図れる。

6.2 重故障・軽故障とアラーム

F500では、システムの故障をその内容に応じて重故障、軽故障、アラームの3種に分けて扱う。

6.2.1 重故障

システム停止に至る致命的故障である。

- (1) 電源, MPU, CSM など基本部の故障
- (2) アプリケーションプログラムウォッチドッグタイマなどが要因となる。

6.2.2 軽故障

システムの機能を縮小し、動作を継続できる故障である。

- (1) T リンク, P リンクなど伝送システムの異常
- (2) PIO カードの異常
- (3) PIO カードと ITM 間のコネクタ接続異常
- (4) ITM 電源異常
- (5) 多重化システムにおけるデータ照合不一致
- (6) アプリケーション監視によるプロセス異常などが要因となる。

これら軽故障はアプリケーションソフトウェアにより、要因別に重故障、アラームに処置を変えることができる。

6.2.3 アラーム

緊急に故障としての処置を必要とはしないが、保守時に処理を要するものである。

- (1) メモリカードのバッテリー異常
 - (2) PGA カード異常
- などが要因となる。

これらアラームは、アプリケーションソフトウェアにより要因別に軽故障に処置を変えることができる。

6.3 縮退運転機能

F500は伝送システムの故障、PIO カードの故障などの軽

故障に対し、故障部だけを切り離して動作を継続する縮退運転機能を有する。

6.3.1 グループ制御

制御対象を最大四つのグループに分け、独立して制御することが可能である。

これらのグループにおいて、関連する伝送部、PIO部の故障があつ場合、対象グループだけの制御を停止し、他のグループは制御を継続する。

なお一括制御モード¹にした場合は、PIOカード²1枚の故障であっても制御は停止する。

6.3.2 カードの活線着脱

F500で用いる各種カード³は活線着脱が可能である。このためカード³故障が発生しても、他に影響を与えることなく故障部位の除去・復旧が行え、保全性を高めるとともに、縮退運転機能を可能としている。

7 あとがき

以上、F500について概要を紹介した。F500は開発の基本をオープンアーキテクチャとし、目的別の各種ディジタル制御システムを構築するときの基本コンポーネントとして位置付けられる。富士電機においては、今後、組立加工産業、プラント制御、電力エネルギーなど、各分野でF500をベースにした制御システムが製品化される。

また、国際標準規格に準拠したハードウェアとしたことで、他メーカーのコンポーネントと組み合わせて使用するなどユーザーでの展開が進むことも期待される。

今後も市場の評価を受けながら、特長あるコンポーネント及び制御システムの開発を推進して行く所存である。

最近公告になった富士出願

〔実用新案〕

公 告 番 号	名 称	考 案 者	公 告 番 号	名 称	考 案 者
実公昭62-34209	飲料冷却装置	林 輝明	実公昭62-36086	環状鉄心の検出コイル	吉沢 孝二
実公昭62-34247	形状検査装置	枝松 邦彦 真壁 敏喜	実公昭62-36251	巻線用分割式巻枠	塩田 正博
実公昭62-34372	硬貨選別装置	伊藤 義矩 早野 八一	実公昭62-36293	半導体変換装置のスタック	清水 勝
実公昭62-34380	自動販売機の押釦スイッチ	上田 治幸	実公昭62-36294	半導体装置	重兼 寿夫 堀内 千代司
実公昭62-34386	自動販売機の壳切れ検出装置	宮尾 哲也 丹羽 雅夫	実公昭62-37233	電子写真用感光体蒸着に用いる蒸発源容器	石曾根穂直 飯島 俊幸 関澤 正信
実公昭62-34410	電磁コイル	月花 正志	実公昭62-37334	ねじ端子付ソケット	柴田 勝美
実公昭62-34423	誘導電器の巻線	秋田谷正紀	実公昭62-37344	レール取付形ねじ端子付ソケット装置	石川 雅英 月花 正志
実公昭62-35244	電磁接触器の橋絡接触子	内田 一海	実公昭62-37345	差し込み接続形電気機器のソケット	月花 正志
実公昭62-35247	回路しや断器の開閉機構	高松 嶽 伊沢 育夫 山沢 茂夫	実公昭62-37376	引出し形遮断器の接地装置	森野 侃治
実公昭62-35248	回路しや断器	福島 興人 井出 安俊	実公昭62-37440	三相モータ速度制御回路	竹内 誠
実公昭62-36079	誘導炉の築炉用型枠の冷却装置	石橋 秀昭	実公昭62-38055	磁性流体シール装置	滝田 清 新藤 義彦



*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。