

情報・産業機器組込み形リアルタイムオペレーティングシステム“S680RMS5F”

Realtime Operating System “S680RMS5F” Incorporated in Informational and Industrial Equipment

マイクロコンピュータ応用システムの大規模化・複雑化に伴い、OSの役割と重要性が高まっている。このような中において、システム作製者側でOSを自主開発するには、コストやリスクの面で問題があり、実績のあるOSが多く利用されようとしている。

矢部 栄一* *Eiichi Yabe*
筒井 茂義** *Shigeyoshi Tsutsui*
前田 多可雄** *Takao Maeda*

このうち、計測・制御システムなど産業用に用いられるOSとして、16ビットマイクロコンピュータ68000用リアルタイムOS、S680RMS5Fを開発した。

本OSはモジュール単位に機能を選択でき、二次OSとしてCP/M-68K[®]*1)を同時実行可能なため、機器組込み形の小規模システムからプログラム開発機能をもつ比較的規模の大きいシステムまで、様々な制御システムに適用できる。

1 緒言

16ビット・マイクロコンピュータは、現在本格的な普及段階に入っており、応用分野が急速に広がっている。なかでも68000は、32ビットの内部アーキテクチャをもつ高性能16ビット・マイクロコンピュータで、計測・制御システムやワークステーションなど各種製品に適用されている^{1),2)}。

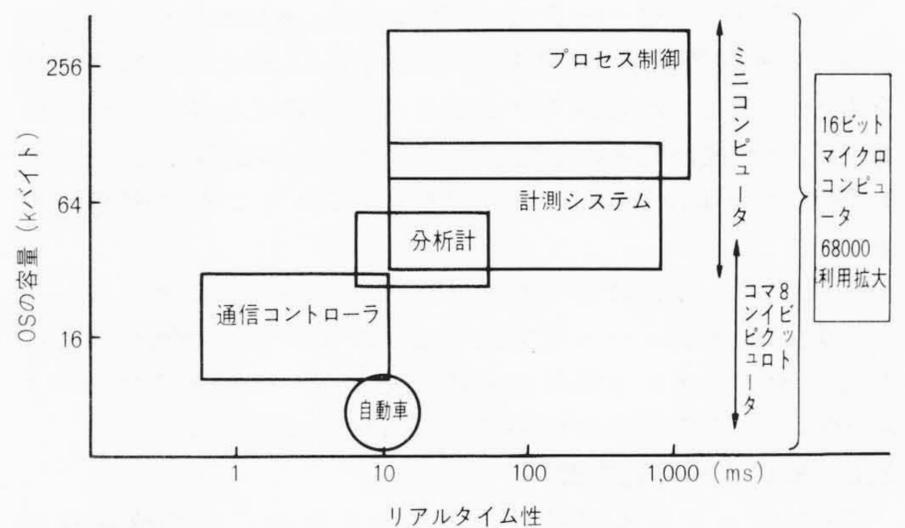
ところが、ユーザーシステムが高度になるにつれて、ユーザープログラムの規模が拡大し、プログラム開発工数の増加をいかにして抑えるかが大きな問題となっている。このため汎用性があり、かつ品質の良いOS(オペレーティングシステム)に対するニーズが高まっている。

マイクロコンピュータ用OSは、目的によって大きく二つに分類できる。一つはOA(オフィスオートメーション)用・プログラム開発用OSで、代表的なOSとしてはUNIX[®]*2)、CP/M[®]*1)、MSDOS[®]*3)などがある。もう一つは制御用として生産設備、検査設備などのユーザー装置に組み込まれ、外部機器を実時間で制御するリアルタイムOSである。リアルタイムOSに対する各応用分野からの要求を図1に示す。

S680RMS5Fは、図2のようにリアルタイムOSの制御機能に汎用OSのプログラム開発機能を取り込んだOSである³⁾。

2 S680RMS5Fの特長

68000を使ったリアルタイムコンピュータシステムは、機器組込み形の小規模システムからプログラミング機能を必要とする比較的規模の大きいシステムまで多岐にわたる。S680RMS5Fでは、これらのシステムに共通に適用できるOSを実



注：略語説明 OS(オペレーティングシステム)

図1 リアルタイムOSに対する要求 16ビットマイクロコンピュータ68000の応用分野は、自動車からプロセス制御まで多岐にわたっている。

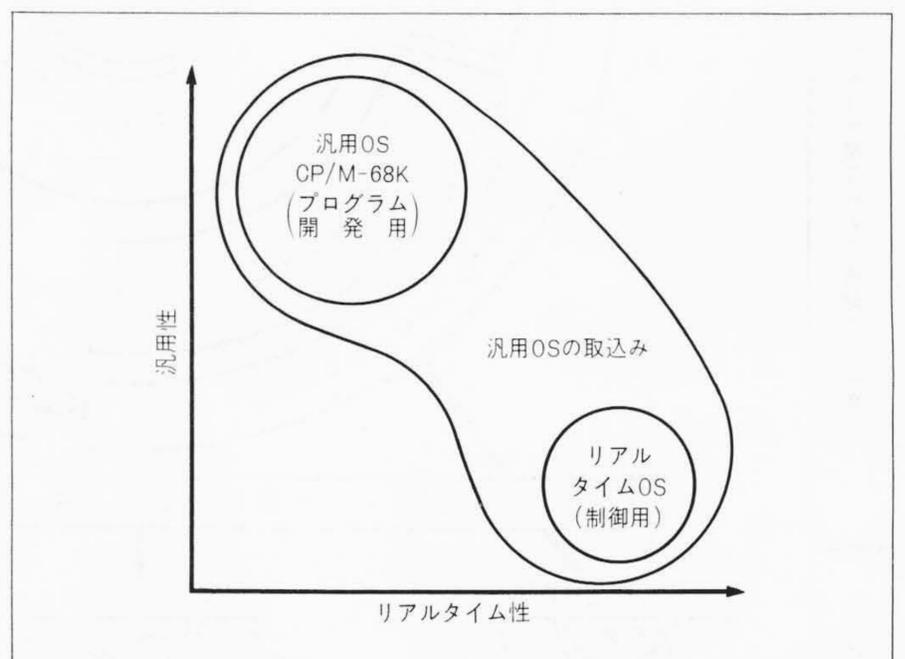


図2 汎用OSの利用 S680RMS5Fは、リアルタイムOSに汎用OSを取り込むことにより、リアルタイム性と汎用性を同時に満足している。

*1) CP/M-68K[®], CP/M[®]は、米国デジタルリサーチ社の登録商標である。

*2) UNIXは、米国ベル研究所のオペレーティングシステムの名称である。

*3) MSDOS[®]は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

現するため、モジュール単位に機能の組込みや取外しができるモジュール化方式を実現している。

S680RMS5Fのもう一つの特長は、マイクロコンピュータ用の汎用OSであるCP/M-68Kを二次OSとして搭載できることである⁴⁾。リアルタイム核の管理下に、リアルタイム環境とCP/M-68Kを共存させることによって、リアルタイム環境と並行して、CP/M-68K下でプログラム開発が可能である。

S680RMS5Fのシステム構成と各種システムへの適用を図3に示す。

3 モジュール化設計

3.1 技術的課題

各種システムに適用できるリアルタイムOSとするためには、モジュール分割に関する以下のような課題にこたえなくてはならない。

(1) 機能の着脱が容易であること。

モジュール分割では、各システムに対応してOSの機能の着脱が容易であることがまず第1に要求される。更に、OSの機能をROM(Read Only Memory)に入れ、ROMチップ単位に機能選択できるといったことも要求される。

(2) 変更箇所が局部的であること。

マイクロコンピュータシステムでは、68000という共通のCPU(中央処理装置)を使用しても、周辺LSIなどは価格や性能特性に応じて、各システムごとに各種のインタフェース仕様のものが使われる。したがって、それらに依存するOSの変更箇所は全体に及ぶことなく局部的であることが要求される。

(3) モジュール化に伴うオーバーヘッドが少ないこと。

一般に、モジュール化方式では、プログラムが冗長なものになりやすいという短所がある。モジュール接続のためのオーバーヘッドをできるだけ小さくしなければならない。

3.2 モジュール化方式

OSのプログラム構造には、大きく次の二つの構成法が

ある。

(1) Message-Passing System

OSを、基本機能をもつ核部とユーザープログラムに対するサービスを行なうモジュール群とに分け、メッセージ通信により各モジュール間の連絡をとる方式である。

(2) Procedure-Calling System

OSを、上位モジュール及び標準サブルーチン群に分割し、上位モジュールから標準サブルーチンをProcedure-Callすることにより、各モジュール間の連絡をとる方式である。

Message-Passing Systemでは、プログラム間の連絡をSENDやRECEIVEといったシステムコールを使って行なうため、各モジュール間のインタフェースはすっきりするが、オーバーヘッドが大きくなる。一方、Procedure-Calling Systemでは、プログラム間の連絡をProcedure-Callによって行なうため、モジュール間インタフェースに統一性がなくなるが、オーバーヘッドは小さくなる。

そこで、S680RMS5Fでは両者の利点を生かし、機能の着脱性が要求されるモジュールはMessage-Passing方式とし、高速応答性が要求されるモジュールはProcedure-Calling方式とする2階層モジュール化方式を採用することにした。本方式の原理を図4に示す。

4 リアルタイムOSと汎用OSの共存化設計

4.1 OSの共存化方式

汎用OSの下での豊富なソフトウェアをリアルタイムシステムで利用できるようにするための方式として、

(1) リアルタイムOSと汎用OSとを必要に応じて入れ替える方式(OS入替え方式)

(2) 汎用OSをリアルタイムOSの下で実行させる方式(二次OS方式)

(3) 汎用OSのシステムコールをエミュレーションすることにより、汎用OSのアプリケーションプログラムの実行環境を作りだす方式(エミュレーション方式)

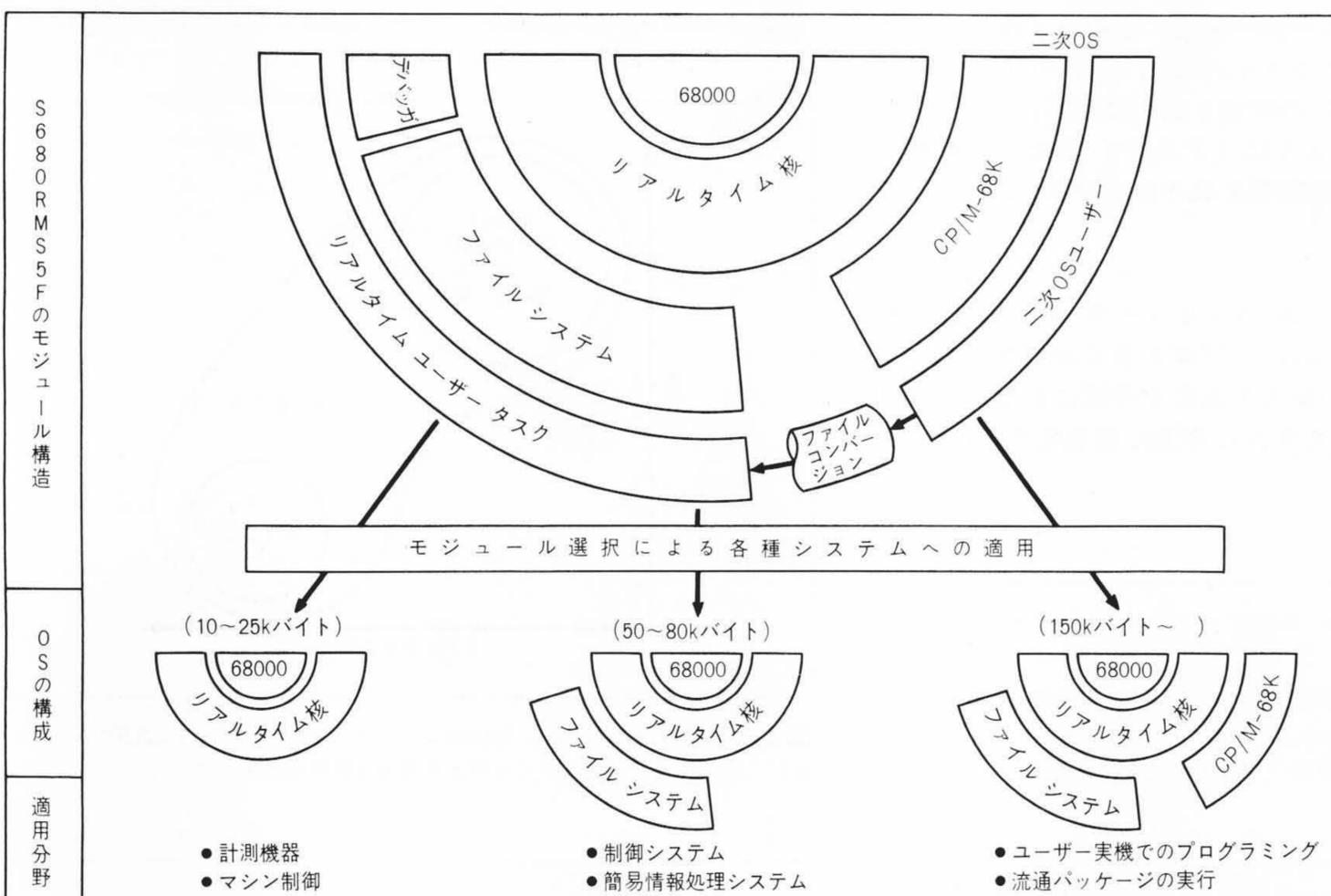


図3 システム構成と各種システムへの適用
モジュール単位に機能を選択することにより、機器組込み形の小規模システムからプログラミング機能を必要とするシステムまで適用できる。

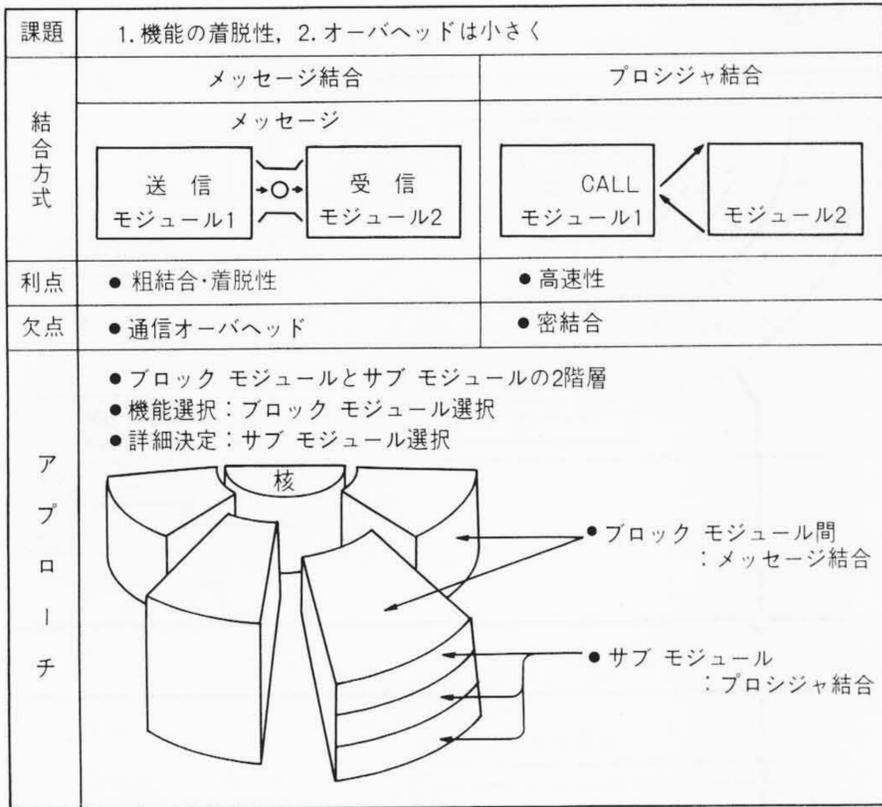


図4 2階層モジュール化方式 S680RMS5Fは、メッセージ結合とプロセス結合を組み合わせた2階層モジュール化方式を採用している。

が考えられる。これらの各方式の特徴を表1に示す。

これらの中で第一の方法は、リアルタイム処理と汎用OSとの同時実行ができないので、リアルタイム環境と汎用OSとの共存化方式としては不適當である。S680RMS5Fではリアルタイム核への負担が少なく、小規模システムに適している二次OS方式を採用した。ファイル形式が異なることについては、将来ファイル転送ユーティリティをサポートすることにより対処可能である。

4.2 信頼性設計

リアルタイム環境に二次OSを共存させるためには、二次OS下のアプリケーションに異常などがあっても、リアルタイム系の処理に影響を及ぼさないようにする必要がある。二次OSがリアルタイム系に及ぼす障害には次のようなものがある。

- (1) メモリ破壊
- (2) ファイル破壊
- (3) リアルタイム系に影響を及ぼすシステムコール(タスクの強制終了など)の発行
- (4) リアルタイム系の応答性低下

これらの障害のうち、(1)のメモリ破壊と(3)のシステムコールについては、リアルタイム核及びハードウェア機構により保護している。(2)のファイル破壊については、二次OSからリアルタイム系のファイルへのアクセスを禁止することにより保護している。また、(4)の応答性低下に対しては二次OSの優先度を最下位にすることにより、リアルタイム系の待ち時間をなくしている。以上をまとめて表2に示す。

5 機能概要と応用例

5.1 構成と機能概要

S680RMS5Fは、以下のブロックモジュール群から構成される。

(1) リアルタイム核

リアルタイム核はS680RMS5Fの中核に位置し、マルチタスキングをつかさどり、CPUを含めたハードウェア機器の制御を行なう。その主な機能は以下のとおりである。

- (a) 優先度に従ったタスクのスケジューリング

表1 リアルタイムOSと汎用OSの共存方式 二次OS方式は、汎用OSをそのまま利用でき、リアルタイム核の負担が少ないことから小規模システムに適している。

No.	方法	構造	利点	欠点
1	OS入替え		<ul style="list-style-type: none"> コンパクト 	<ul style="list-style-type: none"> 同時実行不可
2	二次OS方式		<ul style="list-style-type: none"> 汎用OSをそのまま利用 リアルタイム核の負担少 	<ul style="list-style-type: none"> ファイル形式不一致
3	エミュレーション方式		<ul style="list-style-type: none"> ファイル形式一元化 一つのOSで実現 	<ul style="list-style-type: none"> 汎用OSの変更を追従要

注：略語説明 AP(アプリケーションプログラム)

表2 信頼性設計の内容 S680RMS5Fでは、二次OSによるリアルタイム系への障害に対し、十分な高信頼性を確保している。

項目	二次OS系の異常などによるリアルタイム系への障害の可能性	設計内容
主メモリ破壊	リアルタイム系領域へ不当なアクセスを行なう。	リアルタイム核管理のMMUによりリアルタイム領域へのアクセス防止。
ファイル破壊	リアルタイム系ファイルへ不当なアクセスを行なう。	二次OS系にはファイルを仮想的なディスクとして割り当てる。ファイルシステムの保護機構により、リアルタイムファイルを保護する。
システムコール	タスク制御システムコールを発行し、リアルタイム系に障害を与える。	二次OSから発行できるシステムコールを制限する。
応答性	二次OSの実行により、リアルタイム系の応答性が低下する。	二次OSを優先度のいちばん低いタスクに設定する。

注：略語説明 MMU(Memory Management Unit)

- (b) タスクの登録、削除、起動、終了などのタスクの状態制御
 - (c) イベント制御によるタスク間の同期
 - (d) タスク間のメッセージ通信
 - (e) 資源の排他制御
 - (f) タスクの遅延、周期起動
 - (g) コンソール、プリンタ、フロッピー・ハードディスクなど入出力機器の制御
 - (h) 例外割込みの処理
 - (i) MMU(Memory Management Unit)を用いたメモリ管理
- (2) ファイルシステム
ファイルシステムはリアルタイム核のもとで動く二つの

タスク(ブロック モジュール)から成る。ファイルの構成及びシステム機能を以下に示す。

- (a) ファイル名：3階層のツリー構造
- (b) ファイル形式：順編成ファイルと連続ファイル
- (c) レコード形式：固定長と可変長
- (d) アクセス法：シーケンシャル アクセスとランダム アクセス
- (e) マクロ命令：ファイルの生成，削除，リード，ライト など

(3) デバッガ

デバッガもリアルタイム核のもとで動く一つのタスクであり，ユーザーは他の制御プログラムを動かしながら，会話的にオンライン デバッグを行なうことができる。デバッガの主なコマンドを以下に示す。

- (a) タスクの起動，終了などタスクの状態制御
- (b) メモリ内容の表示・変更
- (c) ブレークポイントの設定・表示・解除
- (d) タスクのレジスタ内容の表示・変更
- (e) プログラムのローディング

(4) ユーティリティ

ファイルを操作するユーティリティもタスクとしてサポートされる。

- (a) ディレクトリ表示
- (b) ディスクのイニシャライズ
- (c) ファイルのコピー
- (d) ファイルの削除

(5) CP/M-68K二次OS(製品形名はS680CPM5F)

CP/M-68Kをリアルタイム核のもとで動くタスクの一つとして搭載し，リアルタイム処理タスクのバックグラウンドでの実行を可能にしている。

- (a) リアルタイム制御を行ないながら，ソースプログラムの編集，コンパイルなどのプログラム開発作業を行なうことができる。
- (b) 二次OS上で開発したプログラムは，コンバータを通してリアルタイム核に登録し，実行することができる。

5.2 応用例

S680RMS5Fの応用例として，計測システムを図5に示す。このシステムは，一つの「集中監視システム」と複数の「マルチ コントローラ」から成る。シーケンス制御やDDC(Direct Digital Control)などの装置の制御は，マルチ コントローラが直接行なう。集中監視システムでは，マルチ コントローラからのデータの収集や表示を行なう操作監視機能，オペレータからの指示に基づいてマルチ コントローラを制御するシステム管理機能などが主な機能である。

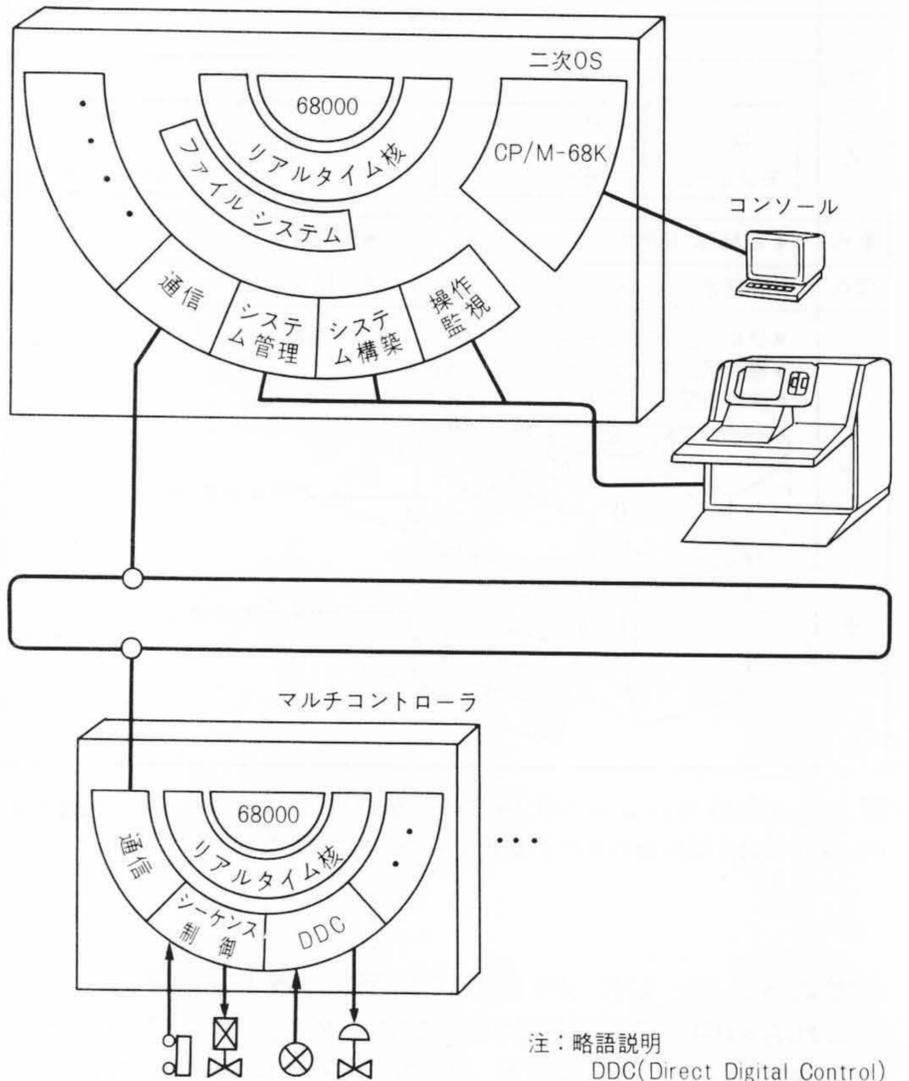
各システムのOSは，以下のようなモジュールの組合せにより構成されている。

- (1) 集中監視システム：リアルタイム核+ファイル システム+二次OS(CP/M-68K)
- (2) マルチ コントローラ：リアルタイム核

また，このシステムでの二次OSの役割は，
 (a) 現地でのリアルタイム応用プログラムの部分修正や追加
 (b) リアルタイム データの解析
 である。

S680RMS5Fは，このほか次のような用途に応用できる。
 (1) 生産設備，(2) 検査設備，(3) ロボット，(4) 通信処理装置，
 (5) 画像処理装置，(6) インテリジェント端末，(7) その他オンライン制御機器

集中監視システム



注：略語説明
 DDC(Direct Digital Control)

図5 S680RMS5F応用例 S680RMS5Fを用いた計測システムの例である。リアルタイム核のもとで二次OS，CP/M-68Kを稼働させている。

6 結 言

以上，リアルタイム オペレーティング システムS680RMS5Fについて，モジュール化，二次OSを中心に述べた。

2階層モジュール化方式により，高速のリアルタイム性を実現するとともに，10kバイトから150kバイトまでのOS規模のシステムが容易に構築でき，幅広い用途に応用できるようになった。また，二次OS，CP/M-68Kの搭載により，リアルタイム制御と並行したプログラム開発ができるようになった。

高性能で信頼性の高いOSに対するニーズは高まる一方であり，これらのユーザー ニーズにこたえるリアルタイムOSを開発したが，今後も努力を傾注して研究開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) Unix関連市場の現状と予測，日経エレクトロニクス，1983，11，7号，p.256
- 2) 加藤，外：マイクロコンピュータ用オペレーティングシステムの現状と動向，情報処理，pp.232~243(1984-3)
- 3) S.Tsutsui, et al.: Universally Interfaceable Modular Operating System for 68000 Microcomputers, COMPCON FALL '83, Proceedings Session 8D, pp.453~460
- 4) 尾石，外：CP/M-68Kの特徴と機能，インタフェース，pp.182~190(1983-10)