

マイクロコンピュータ用RMS(リアルタイムモニタ)の開発

Development of Realtime Monitor System for Microcomputer

産業や通信の分野でのリアルタイム制御は、マイクロコンピュータの応用分野の中で重要な位置を占めている。そしてリアルタイム制御には、それに適した管理プログラムであるOSが必要である。

日立製作所では、リアルタイム制御への応用を指向したOSとして、RMSを開発した。RMSはROMに格納されてユーザーに提供され、拡張性、適応性、応答性などの配慮もなされている。

ここでは、RMSの特長、機能、処理方式及び応用例について述べる。

清水 剛* Tsuyoshi Shimizu

今井 博* Hiroshi Imai

加藤肇彦** Hatsuhiko Katô

1 緒 言

マイクロコンピュータの応用が複雑化、大規模化するにつれて、ソフトウェアの構成には高度の技術が要求されるようになってきている。ソフトウェアを誤りなく、かつ効率的に作り上げるためには、各処理機能をタスクと呼ばれる処理プログラムに配分し、これらをOS(オペレーティングシステム)によって管理させるという構成をとることが望ましい。OSにはプログラミング用、デバッグ用、リアルタイム用など目的に応じて各種のものが開発されている。日立製作所では、特にリアルタイム制御にマイクロコンピュータを応用しようとするユーザーに対して、OS開発の労力を軽減するために、リアルタイム用OS、RMS(Realtime Monitor System)の開発を計画した。対象マイクロコンピュータとして、HD6800、HD6809及びHD68000を選定した。

2 マイクロコンピュータ用リアルタイムOSに要求される特性

マイクロコンピュータをリアルタイム制御に应用する場合、OSに対して要求される特性を列挙すると、以下ようになる。

(1) リアルタイム用であるための特性

リアルタイム制御用のマイクロコンピュータは、制御対象から受け取った処理要求信号を解析し、緊急度を判定し、制限時間内に処理結果を返さなければならない。このため、OSは高い応答性をもつ必要がある。この点では汎用コンピュータのOSが、時間当たりの処理効率の向上をねらっていることとは対照的である。

(2) マイクロコンピュータ用であるための特性

(a) マイクロコンピュータの多くは専用機器に組み込まれて使用され、プログラムの変更や再ロードを必要としない場合が多い。このため、プログラムをROM(Read Only Memory)に固定しておく必要がある。

(b) マイクロコンピュータの多様な応用に対して次々と対応してゆくためには、ユーザーが応用対象ごとに短期間にソフトウェアを開発できなければならない。このためOSは、汎用化することによって開発労力を軽減すると同時に、応用対象ハードウェアの仕様に適応でき、しかも拡張や仕様変更に対しても、最小限の労力で柔軟に追従できる構造を

もたせておく必要がある。

3 RMSの特長と機能

RMSの開発では、以下のような特長を盛り込んだ。

- (1) オブジェクトプログラムがROMで提供されており、ユーザーはその内部構造に立ち入らなくても容易に利用することができる。これによってユーザーは、OSを開発する必要がなく、ソフトウェア開発の労力が軽減される。RMSを格納したROMは、通常シングルボードコンピュータ(図1)上に実装されて使用される。
- (2) 割込みや入出力装置など、ユーザーシステムによって異なるハードウェア構成は、ユーザーエリア内でテーブルの形で定義するだけでよく、ハードウェアに対する適応性が高く、拡張や仕様変更に対しても容易に対処が可能である。

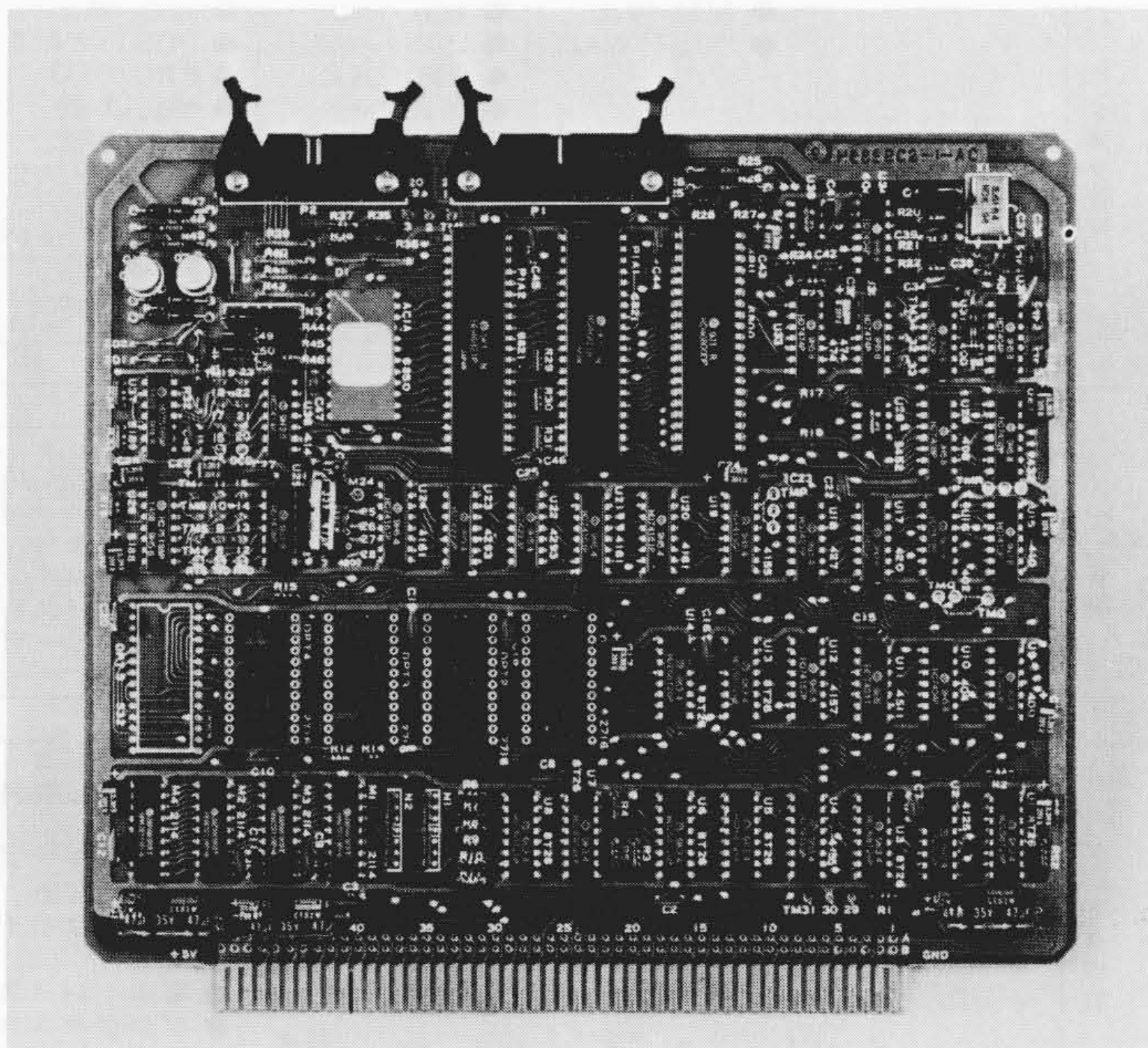


図1 シングルボードコンピュータ(H68SB02-1) HD6800を搭載したシングルボードコンピュータを示す。

* 日立製作所武蔵工場 ** 日立製作所システム開発研究所 工学博士

- (3) テーブルだけで吸収しきれないユーザー仕様に対しては、任意に入出力制御プログラムや割込み処理プログラムなどを作成し、RMSに組み込めるようにして、適応できるように配慮されている。
- (4) 割込みに対するユーザーのダイレクトな処理ができるなど、応答性を重視して設計しており、高速応答の要求されるシステムにも適用することができる。
- (5) デバッグ機能をもつシステムタスクが内蔵されており、オンライン環境下でのデバッグを可能としている。

表1にHD6800、HD6809及びHD68000用各RMSの機能一覧を示す。HD6800用RMS(6800RMS)は、タスクの起動・停止、同期(POST/WAIT)、255個のタイマの管理、コンソールに対する入出力管理、タスク状態の表示など、リアルタイム用OSとしての基本機能をもっている^{1),2)}。HD6809用RMS(6809RMS)は、6800RMSをベースに資源管理(ENQ/DEQ)や事象トレースの機能の追加、サポートタスク数の拡張などにより、使いやすくなっている^{3),4)}。HD68000用RMS(68000RMS)は、16ビットマイクロコンピュータ用として、高精度な処理ができるようにタイマ機能の改善を図るとともに、メッセージ交換やファイル管理の機能などを追加することにより、充実した仕様となっている^{5),6)}。

4 RMSの処理方式

RMSは割込み処理、入出力管理、タスク管理などのプログラムから構成される。図2にRMSのプログラム構成を示す。本章では特に、HD68000用RMSを例に、その処理の概要に

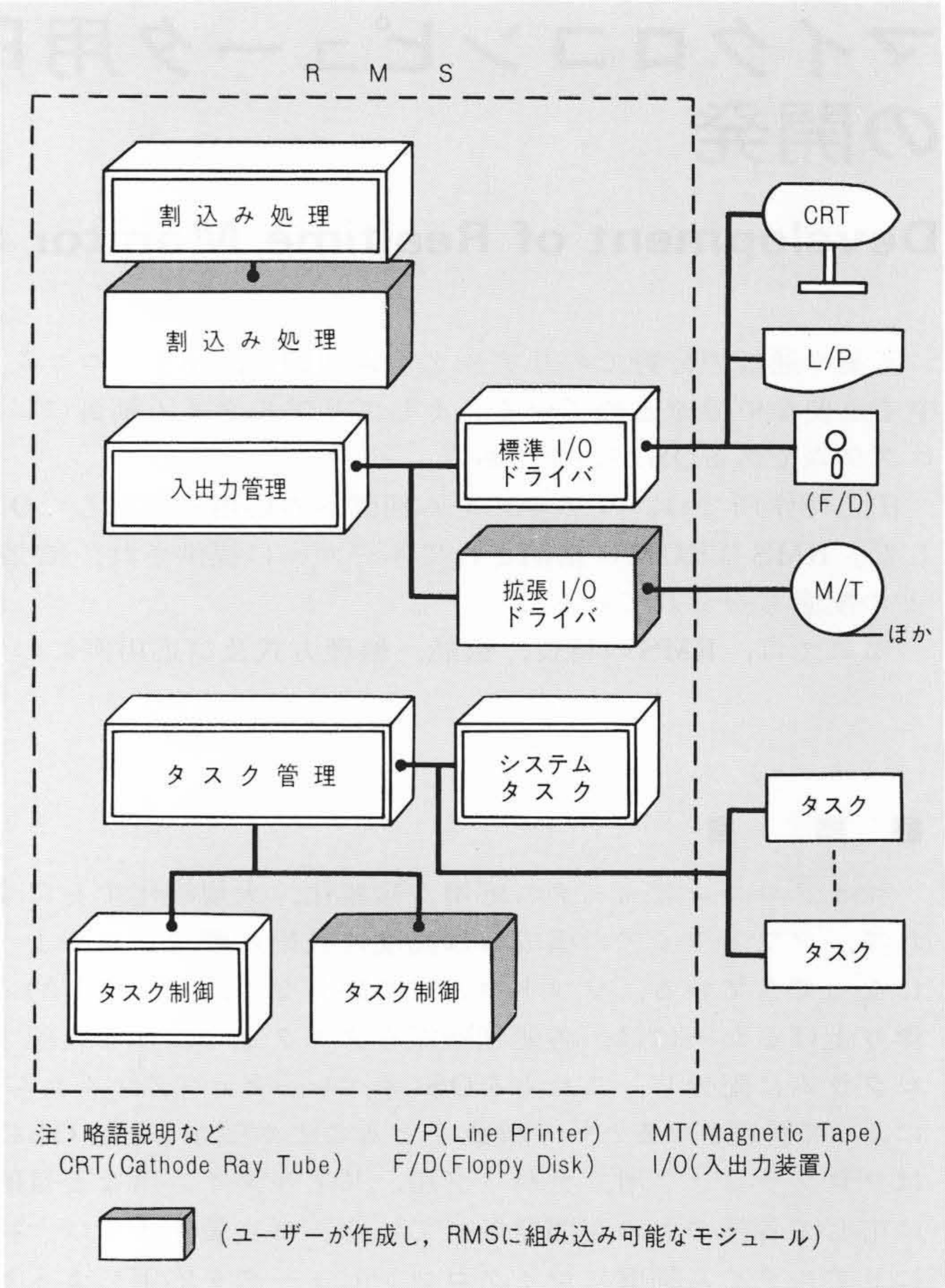


図2 RMSのプログラム構成図 二重枠は、RMSのプログラム、濃く網目をかけた枠は、ユーザーがRMSに組み込むことのできるユーザープログラムを表わしている。

表1 RMS機能一覧表 HD68000用RMSの機能は、S680RMS3Rの仕様に基づいている。

品 種	HD6800用RMS	HD6809用RMS	HD68000用RMS
提供媒体及び容量	マスクROM, 4kバイト	マスクROM, 8kバイト	EPR0M, 40kバイト
最大タスク数	32	256	255
タスク管理	タスク制御	● 起動・停止 ● POST/WAIT ● ENQ/DEQ ● 禁止・解除	● 起動・停止 ● POST/WAIT ● ENQ/DEQ ● 禁止・解除 ● 中断・解除 ● メッセージ交換 ほか
	排他制御資源数	—	255
	タイマ	タイマ数 255 最小単位 10ms	タイマ数 255 最小単位 1ms
入出力管理	入出力装置数	64	255
	標準入出力装置	● コンソール (RS232Cレベル TTLレベル) ● 電子式卓上計算機タイプコンソール	● コンソール (RS232Cレベル TTLレベル) ● プリンタ (セントロインタフェース) ● フロッピーディスク
デバッグ機能	コマンド数	9	23
	デバッグ機能	● タスク制御 ● タスク状態表示 ● メモリダンプ ● メモリ変更 ほか	● タスク制御 ● タスク状態表示 ● メモリダンプ ● メモリ変更 ● ブレークポイント ● 事象トレース ほか
ファイル管理機能	オプション	計 画 中	標 準

注：略語説明 RMS(Realtime Monitor System), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable and Electrically Programmable Read Only Memory), TTL(Transistor Transistor Logic)

ついて述べる。

4.1 タスク管理

RMSは最大255個のタスクを管理している。タスクの識別は、タスク管理の処理時間を少なくするため、各タスクに付けた一連番号で管理している。タスクは1～255の優先順位に従って実行権を得るが、ユーザー応用システムへの柔軟性をもたせるため、プログラムによるダイナミックな優先度の変更を可能とした。

図3にタスクの状態遷移を示す。タスクの制御機能としては、(1)起動、(2)停止、(3)一時中断・解除、(4)実行禁止・解除などがある。また、タスク間のメッセージ送受信による通信を可能とした。メッセージの送受信処理は、タスクごとに設けられたメッセージキューに対し、先着順で受信、読み取りの処理を行なっている。

4.2 割込み処理

(1) 外部割込み処理

HD68000のもつ7レベルの外部割込みに対し、RMSはタイマ割込みをレベル6に固定しているが、それ以外の割込みとレベルの割当ては、ユーザーが自由に設定可能とした(図4)。すなわち、ユーザーは自システムで使用するハードウェア割込みに対し、割込みの判定法、割込みを発生するデバイス情報、割込み処理情報から成る割込み要因テーブルを記述し定義するだけでよく、RMSはこのテーブルに従って各レベルの割込み解析を行なうようにしている。割込み処理は、タイマ割込み、入出力割込み以外に、プロセス割込みによるタスク

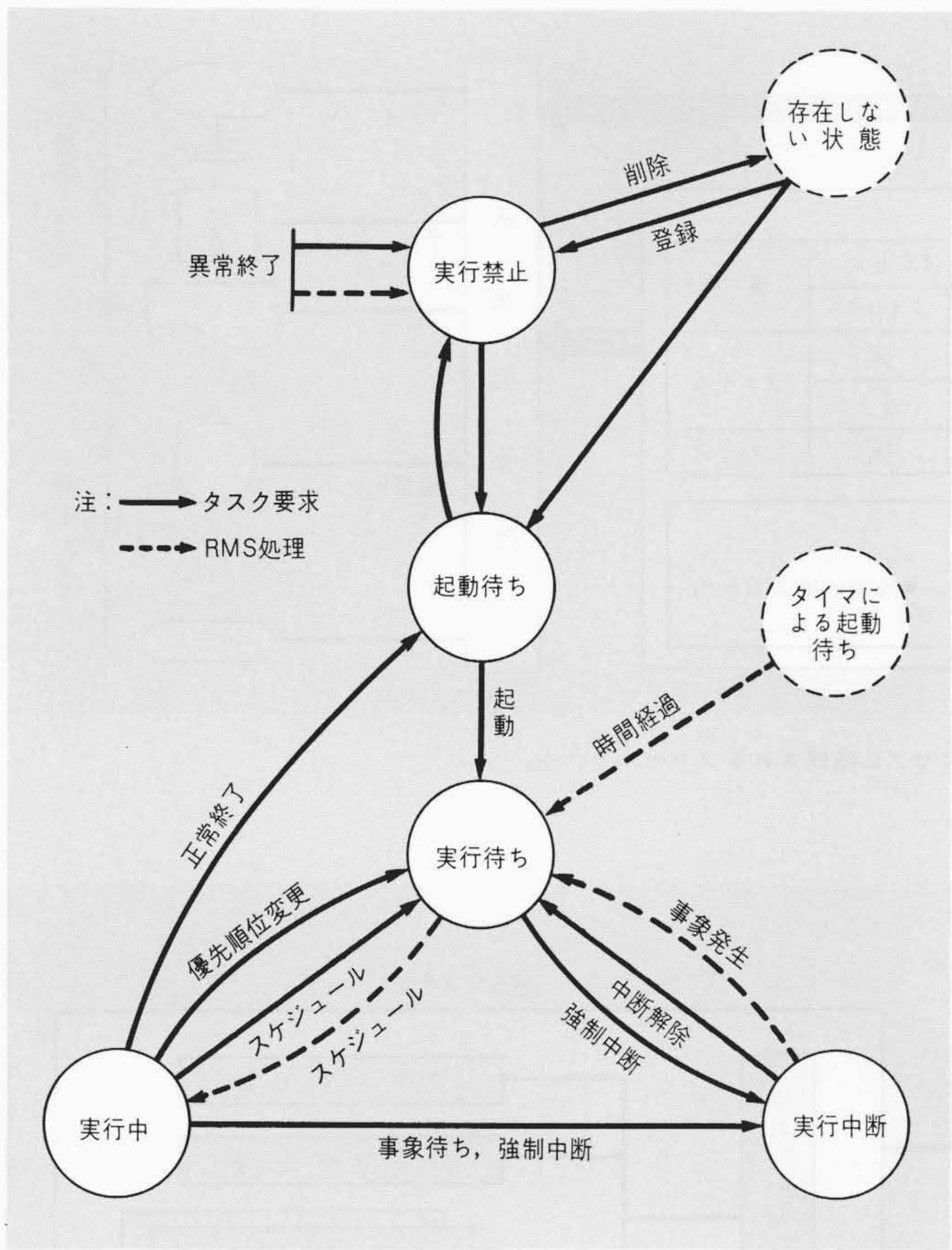


図3 タスクの状態遷移図 実線は、タスクからのモニタコールによる遷移を、破線は、RMSが行なう遷移を示す。

起動処理やイベント発生処理機能を設け、割込みとタスクとの同期処理を可能とし、更にユーザー独自の割込み処理も可能とするために、ユーザーの作成した割込み処理プログラムを、RMSに組み込むことを可能とした。また、特に高速応答を必要とする処理に対しては、割込み要因判定を介さずに、直接起動できるタスクへの接続を可能とした。

(2) ソフトウェア割込み、例外割込み処理

ソフトウェア割込みは、RMSへの処理要求に使用している。例外割込み(バスエラー、アドレスエラー、不当命令など)に対して、そのベクタリングアドレスはユーザー側で設定可能とし、異常処理をユーザーが自由に指定できるようにした。

4.3 入出力管理

RMSは最大255個の入出力装置を管理している。各装置の識別はタスクの場合と同様に、オーバーヘッド時間短縮のため、一連の装置番号で行なっている。

入出力装置やチャンネルのインタフェースアドレス、入出力タイムアウト時間の情報、拡張入出力装置(標準入出力装置以外の装置)に対するユーザーの制御プログラムとの結合情報などは、すべてユーザー領域で、テーブルでユーザーが定義可能とした。

4.4 ファイル管理

RMSでは、入出力を入出力装置に対する物理的な入出力とファイルに対する入出力の2レベルで管理している。図5にファイル管理の機能と構成を示す。入出力要求方法及びフロッピーディスク上のファイルフォーマットは、日立製作所のHD68000用システム開発装置H680SD300と互換性をもたせた。

これにより、H680SD300の高級言語 FORTRAN 及び PASCALで記述した READ/WRITE 文を含むユーザープログラムが、そのままRMS下でも実行可能となった。

5 RMSの性能と応用例

5.1 RMSの性能

リアルタイム用OSの性能では、オーバーヘッド時間が重要である。表2に外部割込み発生からタスク実行開始まで、外部割込み発生からユーザープログラム実行開始までなどのRMSのオーバーヘッド時間を示す。

表2 RMSのオーバーヘッド時間一覧 RMSの応答時間及びタイマ割込みによるユーザー処理の中継時間を示す。

No.	項 目	HD6800用 RMS*	HD6809用 RMS*	HD68000用 RMS*
1	外部割込み発生 ⇨指定タスク実行開始	670μs**	600μs**	300μs
2	外部割込み発生 ⇨ユーザープログラム実行開始	80~140μs	150μs	3~5μs
3	タスク起動システムコール ⇨指定タスク実行開始	650μs**	620μs**	250μs
4	タイマ割込みによる処理中断時間	450μs** (10ms周期)	270μs (10ms周期)	150μs (50ms周期)

注：* 基本ブロックは、HD6800用RMS、HD6809用RMSは1MHz、HD68000用RMSは8MHzとして測定した。
** 本値は一つのサンプル例であり、ユーザーシステムの規模により変化する。

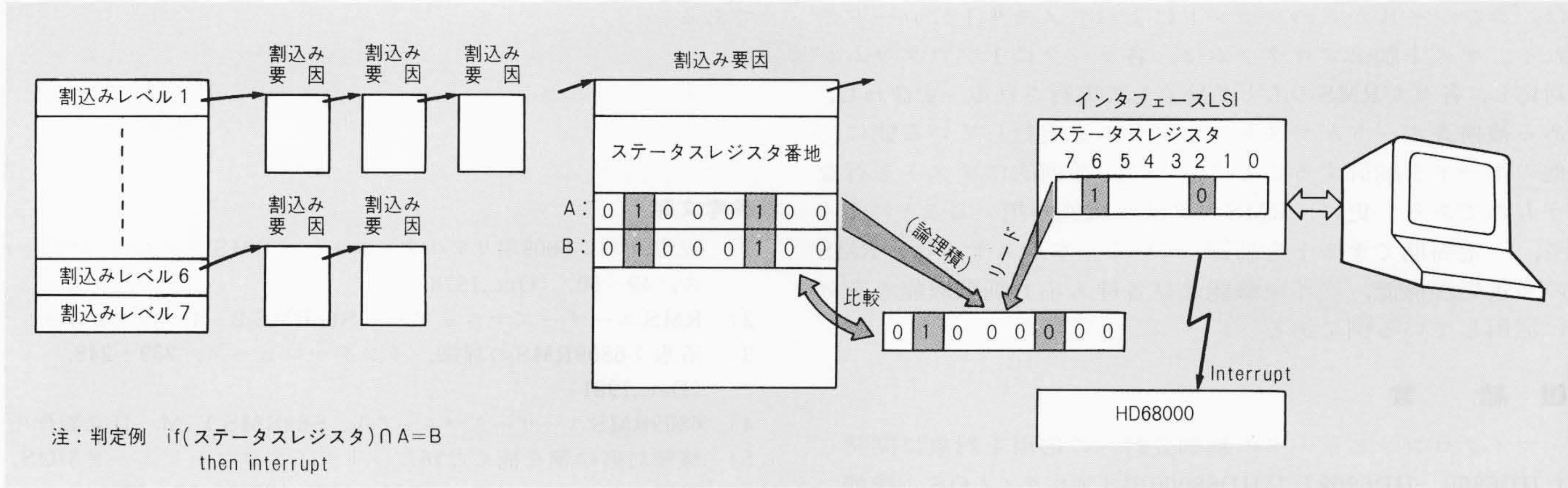


図4 割込み要因登録テーブル RMSにユーザーシステムでの割込み要因を登録するテーブルで、割込み判定法、要因などを定義する。

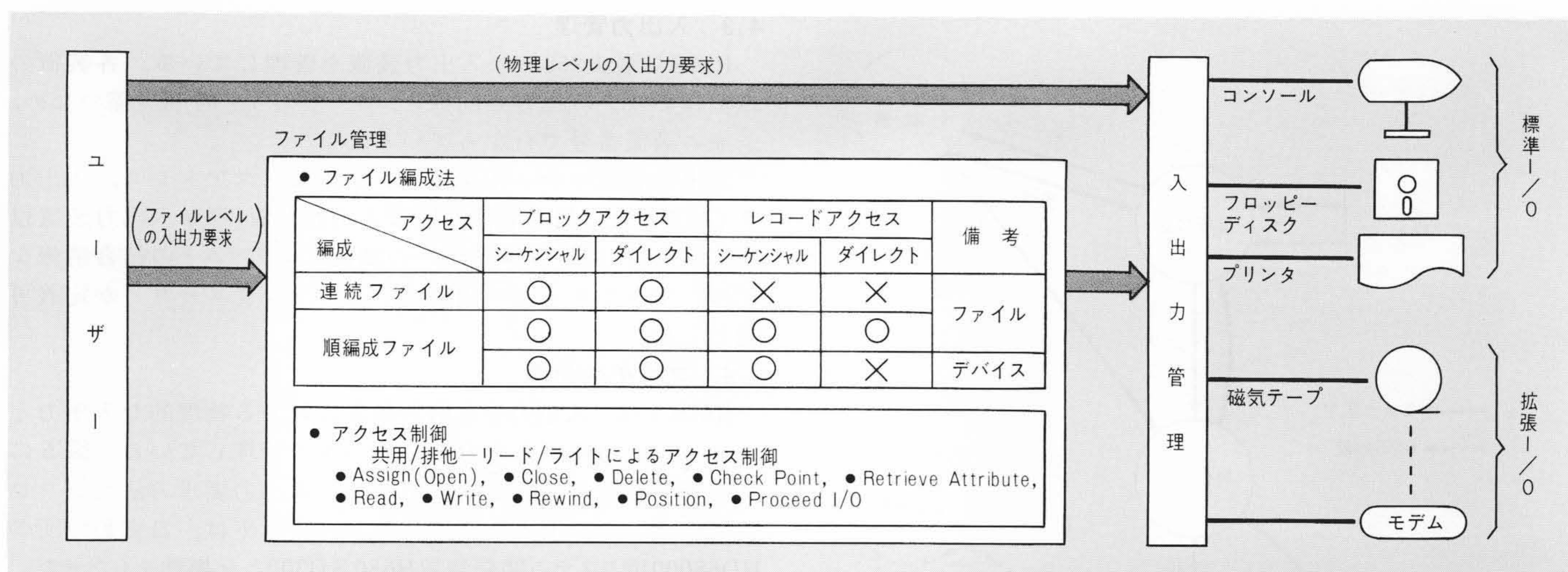


図5 ファイル管理の機能と構成

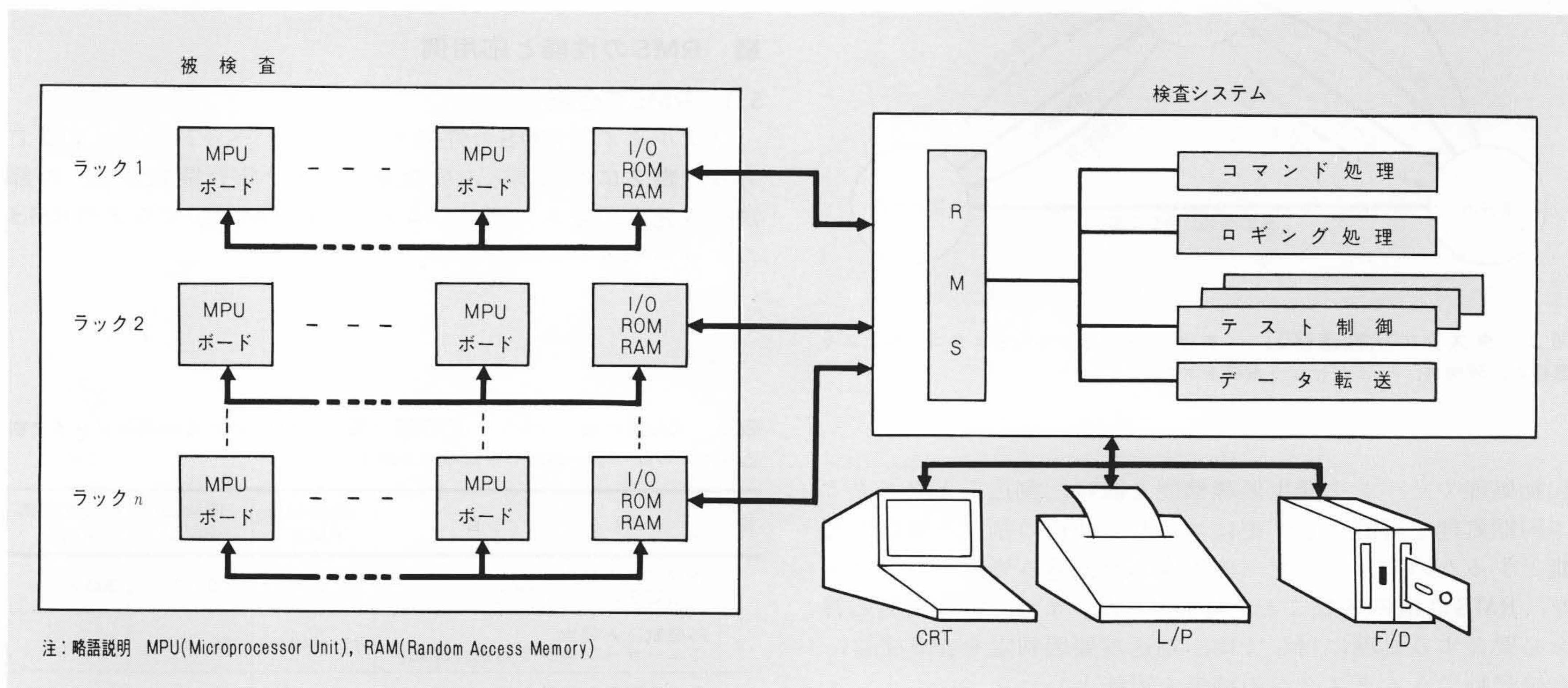


図6 RMS応用例 RMSを用いたMPUボード検査システムで、各ラックのMPUボードを並列に独立してテストを実施するシステムである。

5.2 RMSの応用例

MPU(Microprocessing Unit)を搭載したボードを、恒温槽によって動作テストを行なう検査システムに、RMSを用いた例を図6に示す。各MPUボードに対応したテストプログラムは、コンソールからのコマンドによってメモリ上にロードされる。テスト制御プログラムは、各ラックに1プログラムが対応し、各々がRMSのもとで独立して実行される。すなわち、ある被検査ボードがテストプログラムを実行している間に、他のボードを制御することによって、並列的にテストを行なうものである。更に、RMSのタイマ機能を用いることによって、一定周期でテストを制御している。本システムは、RMSの多重処理機能、タイマ機能及び各種入出力制御機能を有効に活用している例である。

6 結 言

マイクロコンピュータの制御分野への応用を対象に開発したHD6800、HD6809及びHD68000用リアルタイムOSの機能、処理方式、性能、応用例などについて述べた。今後も、マイ

クロコンピュータLSIの機能向上と応用の多様化に伴い、汎用リアルタイム用OSの高機能化、高性能化へのニーズは高まる一方であり、そのニーズに適時、的確にこたえるため、従来に増してユーザー各位の御協力、御指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 児島，外：6800用リアルタイムモニタRMS，インターフェース，49～60，(Oct.,1978)
- 2) RMSユーザーズマニュアル，S68RMS 2-M，日立製作所
- 3) 清水：6809RMSの詳細，インターフェース，239～248，(Dec.,1981)
- 4) 6809RMSユーザーズマニュアル，S69RMS 1-M，日立製作所
- 5) 機種対応に顔を揃えた16ビットマイクロコンピュータ用OS，日経エレクトロニクス，275，122～136(10-12，1981)
- 6) 68000RMSユーザーズマニュアル，S680RMS1M，日立製作所