

4C-2 **スーパーマルチプロセサDS6060 (2)**  
 — 対称型マルチプロセサの特徴 —

森 良哉 野崎 正治 平岡 孝  
 (株) 東芝 府中工場

1. はじめに

スーパーマルチプロセサDS6060の対称型マルチプロセサ実現におけるアーキテクチャおよびオペレーティングシステムの特徴を述べる。DS6060は最大4台の演算制御プロセサからなる対称型マルチプロセサ構成をとっている。

演算制御プロセサ(ACP)はACPアダプタ(ADP)を介して64ビットの内部バス(Gバス)に接続される。1つのADPは最大2台のACPの接続をサポートする。4メガバイトのメモリモジュール(MEM)は最大32メガバイトまで64ビットのメモリバスと共通制御部(CCS)を介してGバスに接続される。

中央処理装置(CPU)は1台のACPから4台のACPまで任意のマルチプロセサ構成を選択できる。各ACPは完全に同等均質のものであり、オンライン状態では対等に扱われ主記憶を共有する。

2. アーキテクチャ上の特徴

DS6060は均質な対称型マルチプロセサを構成するために次のような機能をアーキテクチャ上備えている。

- ・ ACP間の通信機能
- ・ ACP間の情報一致化機能
- ・ メモリインタロック機能
- ・ 分散入出力制御プロセサ(DCP)からの入出力割込み受け付け制御機能

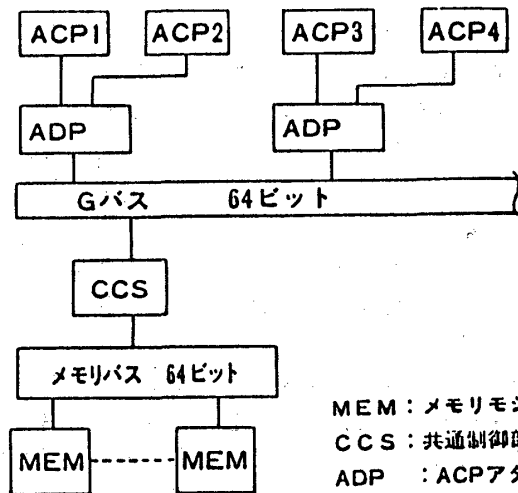
ACP間の通信機能としては、他のACPの状態をセンスする、他のACPに割込む、緊急信号を送る、指定したACPをスタート/ストップ/リスタートする、指定したACPをリセットする等の機能がある。

ACP間の処理の無矛盾性を保証するための情報一致化機能としては、ハードウェアによる各ACPのキャッシュメモリのキャンセルおよびTLBのバージ、制御レジスタのロード/ストア等の機能がある。

インタロックの方式としては命令語レベルのインタロック機構を持っている。

このインタロック付命令によるメモリロックは、インタロック付命令相互間にものみ有効である。あるACPがインタロック付命令を実行すると、その命令が完了するまでその命令を実行したACP以外のACPで実行されるインタロック付命令によるメモリアクセスは延期される。

**中央処理装置(CPU)構成**



MEM : メモリモジュール  
 CCS : 共通制御部  
 ADP : ACPアダプタ  
 ACP : 演算制御プロセッサ

インタロック付命令としては次のようなものがある。

- インタロックを取った状態で、
- ・メモリ上のビットをマスクに従ってセット/リセットする。
- ・メモリ上の値の加算を行って書きかえる。
- ・メモリ上のリストにエントリを追加/削除する。
- ・メモリ上のキュー構造にエントリを追加/削除する。

入出力完了割込み受け付け制御は共通制御部 (CCS) が最適なACPを選択して割込む。その選択は、まず障害中のACP (オフラインのACP) および入出力割込み禁止で走行中のACPを候補から除外する。そして、ACPがWAIT状態 (アイドル状態) にある時はそのACPに割込む。複数のACPがWAIT状態にある場合、WAIT状態のACPがない場合は最適なACPへ割り込む。

### 3. オペレーティング・システムの特徴

DS6060では3種類のオペレーティング・システムを提供しているが、マルチプロセサを最大限に活用できるオペレーティング・システムVMPがある。

n台 (n=1, 2, 3, 4) のACPからなるCPU上で1つのオペレーティング・システムVMPが動作するという事は主記憶上の制御データ構造をn台のACPで共有しているということであり、VMPのタスクではないプログラム・モジュール部はリエントラントなので、複数のACP上で同時に動作しうる。例えばn台のACP上ですべてタスクディスパッチャ (タスクではなくディスパッチング割込みハンドラとして実現されている。) が動いていたり、ページャ (タスクではなくアドレス変換割込みハンドラとして実現されている。) が動いていたりする。

VMPでは、タスクディスパッチャはシステム内にひとつだけある実行可能状態タスクのキュー (優先度の高い順にタスクがつながれている。) から最も優先度の高いタスクを選択し、タスクディスパッチャが動作していたACPをそのタスクに割り付ける。従って、n台のACPからなるCPUでは実行可能状態にあるタスクのうち優先度の高いn個のタスクがn台のACPで同時に実行される。

対称型のマルチプロセサであるので、タスクがどのACPで実行されるかは任意であり、ユーザはプログラミングにおいてマルチプロセサをまったく意識しなくてもよい。逆に、意識的に処理を分割して別のタスクにすることにより実行を並列化することも可能である。ユーザプログラムでの資源の同時アクセスに対する巨視的な排他はシングルプロセサ上のマルチタスキングの場合とまったく同じである。

VMP内での微視的な排他はビットをセット/リセットするインタロック付命令によってフラグを操作するロック機構によって行っている。(あるACPがフラグをセットしている間は、そのフラグに対応付けられたデータ構造に対し他のACPからアクセスできない。) ロック機構はロックのレベルを多重化し、ロック区間の短縮をはかり、マルチプロセサ環境下でのオペレーティングシステム内の競合、オーバヘッドを低減している。

また、インタロック付キュー命令の使用により高速化を行っているものもある。例えば、VMP内で使用する制御ブロックを空きブロックキューからとり出したり、返却する処理はインタロック付キュー命令で行っている。

入出力完了割込みをどのACPで受けるかについては、アーキテクチャの特徴で述べたように共通制御部 (CCS) が最適なACPを選択できるようにオペレーティングシステムからシステム制御命令で情報を通知している。

システムの始動時には、いずれか1つのACPでオペレーティング・システムを主記憶へローディング、初期化し、その後、全ACPにACP間通信機能で信号を送る。

各ACPは信号により割込まれ、自ACPをオンラインにし、タスクディスパッチャを実行開始する。

あるACPがハードウェア故障を発生した場合、そのACPで実行中のタスクのコンテキスト (レジスタの内容等) が保存できた場合は、ACP間通信機能で他のACPにその旨を通知し、他のACPでそのタスクの実行を継続することが可能である。

システム停止時にはいずれか1つのACPが全ACPに通知し、各ACPごとに後処理をして停止していく。

### 4. 対称型マルチプロセサ

DS6060が対称型マルチプロセサ構成を採用しているのは、TLBのページやキャッシュメモリのキャンセル等の情報一致化処理をハードウェアでシンプルに行なえる、オペレーティング・システム内での競合を低減しやすい、ACPダウン時の処理の継続性が高い等の理由による。

### 5. まとめ

最大4台の演算制御プロセサからCPUを構成できる対称型マルチプロセサDS6060のアーキテクチャおよびオペレーティングシステムの特徴を述べた。