

スーパーコンピュータHITAC S-820システム

Supercomputer HITAC S-820 System

スーパーコンピュータHITAC S-820システムは、拡大する大規模科学技術計算に対する市場の要求にこたえて、新たに開発した世界最高水準をゆくスーパーコンピュータである。

最新のハードウェア技術と論理方式の工夫によって、高速処理と大容量記憶階層を実現し、アーキテクチャの拡張及びこれらをサポートするソフトウェアによって上記の要求にこたえたものである。

本稿は、HITAC S-820の開発思想、システム構成、アーキテクチャ、論理構造及び性能の特長について述べたものである。

河辺 峻* *Shun Kawabe*
 村山 浩* *Hiroshi Murayama*
 松浦嗣夫* *Tsuguo Matsuura*
 桐生芳雄* *Yoshio Kiryū*
 青山智夫** *Tomoo Aoyama*
 稲上泰弘*** *Yasuhiro Inagami*

1 緒 言

自然科学の探求から産業界での製品開発まで、スーパーコンピュータの適用分野は最近ますます拡大している。扱う対象も素粒子のようなマイクロな世界から巨大な構造物、地球規模の事象のような大きなものにまで及んでいる。

これらの数値シミュレーションを実現する上で、はん(汎)用コンピュータと比べ超高速で処理できるスーパーコンピュータは、大きな威力を発揮してきた。日立製作所では昭和58年10月にスーパーコンピュータHITAC S-810を世に出して以来、ソフトウェア・ハードウェアの強化拡充を行ってきたが、ますます広がる数値シミュレーションの世界に対応するため、超高速モデルのHITAC S-820(以下、S-820と略す。)/80とS-

820/60を開発した。

ここでは、S-820の開発思想、特に演算処理の高速化技術と大量データを高速処理する記憶構成について述べる。

図1にS-820/80の外観を示す。

2 開発の概要

(1) S-820の位置づけ

S-820は日立製作所のスーパーコンピュータの最上位機種であり、スーパーコンピュータとして世界のトップクラスに位置づけることができる。

S-820/80はS-810/20と比較して、スカラー処理で約2倍～

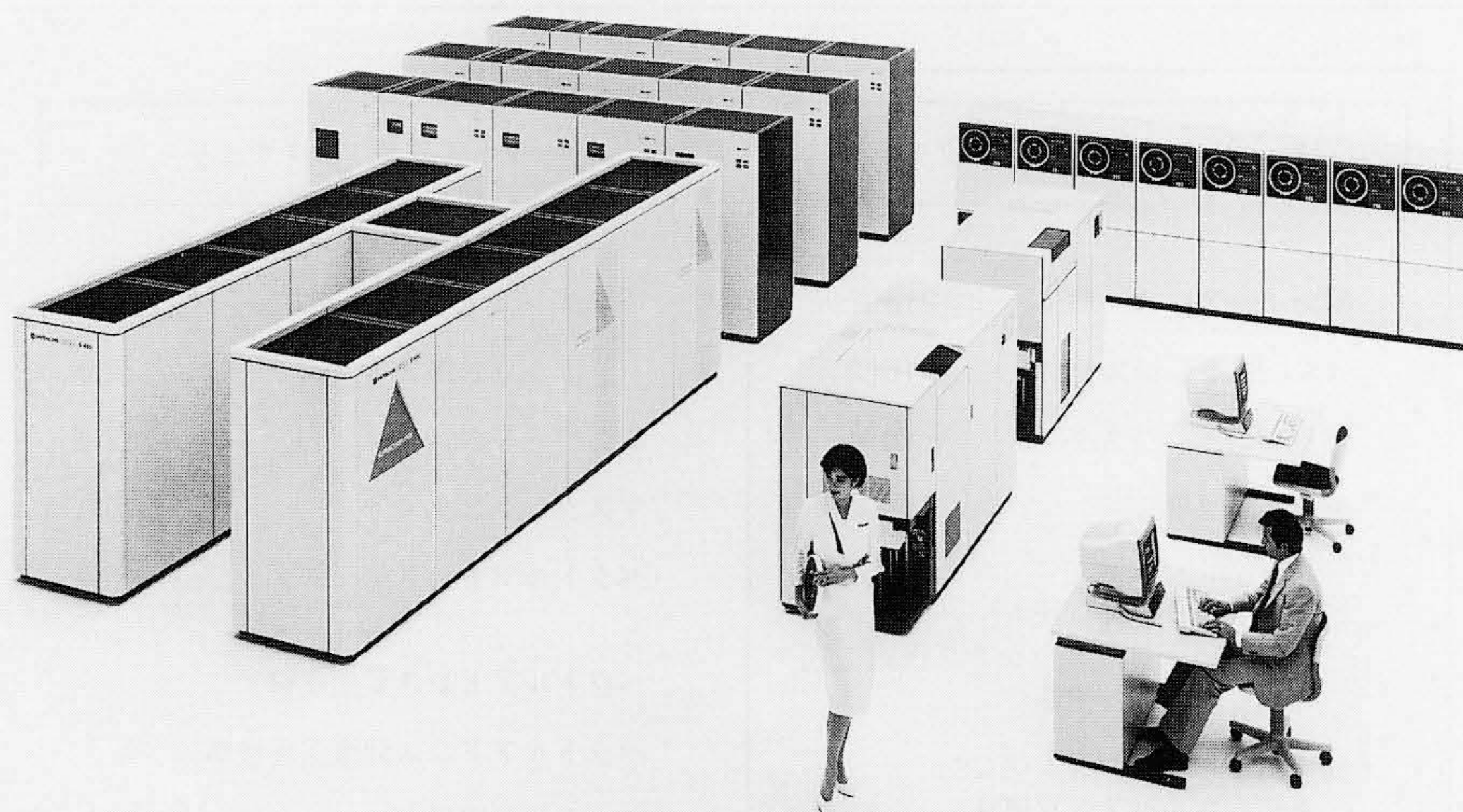


図1 HITAC S-820システムの外観 左側に位置するのが、スーパーコンピュータS-820/80である。

* 日立製作所神奈川工場 ** 日立コンピュータエンジニアリング株式会社 *** 日立製作所中央研究所

2.5倍、ベクトル処理で約2.5倍～3倍の処理能力を持つ。S-820/60はベクトル処理能力をS-820/80の約半分に設定してある。

S-820システムは、はん用機のアーキテクチャであるHITAC Mシリーズ(以下、Mシリーズと略す。)のソフトウェア、周辺装置、端末のほとんどをシステム構成品として持つことができる。なかでも、Mシリーズ拡張アーキテクチャと拡張ベクトルアーキテクチャをサポートする新しいプログラムプロダクトVOS3/ES1/HAP(Virtual-storage Operating System 3/Extended System 1/HAP)、H-6585大容量ディスク駆動装置(5Gバイト/台)、H-6915半導体記憶装置(512Mバイト/台)などのシステム構成品は、高度化するユーザーニーズに対しよりよく適合できると考えている。

(2) 高速処理能力

S-820はモデル80とモデル60の2モデルがあり、最大処理能力はモデル80が3GFLOPS(Giga Floating Operations Per Second)、モデル60が1.5GFLOPSである。この超高速処理能力は、次の技術によって実現している。

- (a) 複数個のパイプライン演算器が複数のオペランドを同時に処理する並列パイプライン演算処理
- (b) 128kバイト(S-820/60では64kバイト)の大容量ベクトルレジスタ
- (c) 最大512Mバイト(S-820/60では256Mバイト)の大容量主記憶と並列主記憶アクセス処理
- (d) 最大12Gバイト(S-820/60では6Gバイト)の大容量拡張記憶

(3) 最新のハードウェア技術

超高速処理を実現するために、次に示す最新のハードウェア技術を採用している。

- (a) 論理回路に、チップ当たり2,000ゲート・5,000ゲート、遅延時間200ps・250psの超高速・高集積LSIを全面採用することによって、性能と信頼性の向上を図った。
- (b) ベクトルレジスタには、1チップの中に6,912ビット、アクセス時間2.5nsの高速メモリ素子と2,500ゲートの論理回路を持つ高機能専用メモリLSIを開発し、超高速ベクトルレジスタを実現した。
- (c) 主記憶にはアクセス時間20nsのスタティックメモリ素子を採用、高速化を図った。

(4) 信頼性・保守性の向上

高信頼性の高集積LSIを全面採用することにより、部品点数を削減し、高密度実装により接続点数を削減するなどによってハードウェアの信頼度を高めた。更に、サービスプロセッサを用いて診断プログラムの処理や遠隔保守動作を行うことが可能であり、保守性を向上させた。

3 基本仕様

3.1 アーキテクチャ

S-820のアーキテクチャは、図2に示すようにベクトル演算を高速に処理するベクトル拡張アーキテクチャを中心とし、はん用機のMシリーズの拡張アーキテクチャも包含している。ベクトル拡張アーキテクチャは90種のベクトル命令、ベクトルレジスタ、スカラーレジスタ、マスクレジスタ、ベクトルアドレスレジスタなどから構成される。

これにより、ベクトル処理の高速化を図るとともに、従来のソフトウェア、周辺装置、端末装置をシステム構成品として持つことが可能なため、移行性、拡張性の点でも柔軟なアーキテクチャの構造になっている。

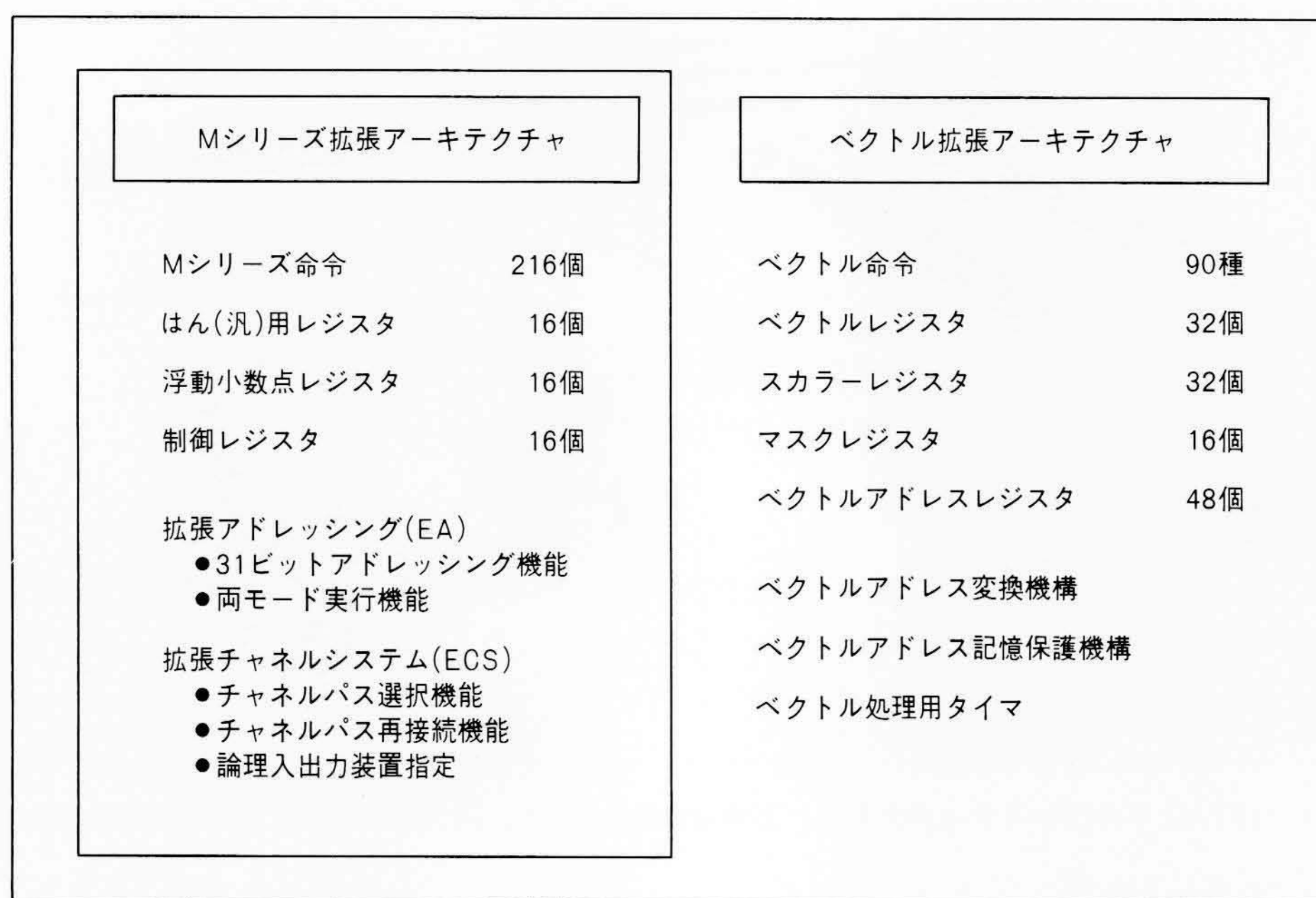


図2 HITAC S-820のアーキテクチャ S-820のアーキテクチャは、ベクトル演算を高速に処理するベクトル拡張アーキテクチャを中心とし、はん(汎)用Mシリーズの拡張アーキテクチャも包含している。

3.2 システム構成

S-820のシステム構成を図3に示す。S-820は命令プロセッサ、主記憶装置、拡張記憶装置、サービスプロセッサ、入出力プロセッサから構成される。命令プロセッサはベクトルプロセッサとスカラプロセッサから構成されるが、モデルによりベクトルプロセッサの処理能力(1.5ないし3 GFLOPS)を選択することができる。また主記憶装置は64~512Mバイト、拡張記憶装置は0.5~12Gバイト、チャンネルは16~64台接続することが可能である。

これらのS-820の概略仕様を表1に示す。

また、システムを運用する場合のシステム構成としては、図4に示す二つのタイプのシステム構成をとることができる。一つは同図(a)に示すスタンドアロン構成であり、他の一つは同図(b)に示すフロントエンドにはん用処理装置を接続した疎結合マルチプロセッサ構成である。S-820はMシリーズの持っている機能を備えているので、S-820単独で会話処理や入出力

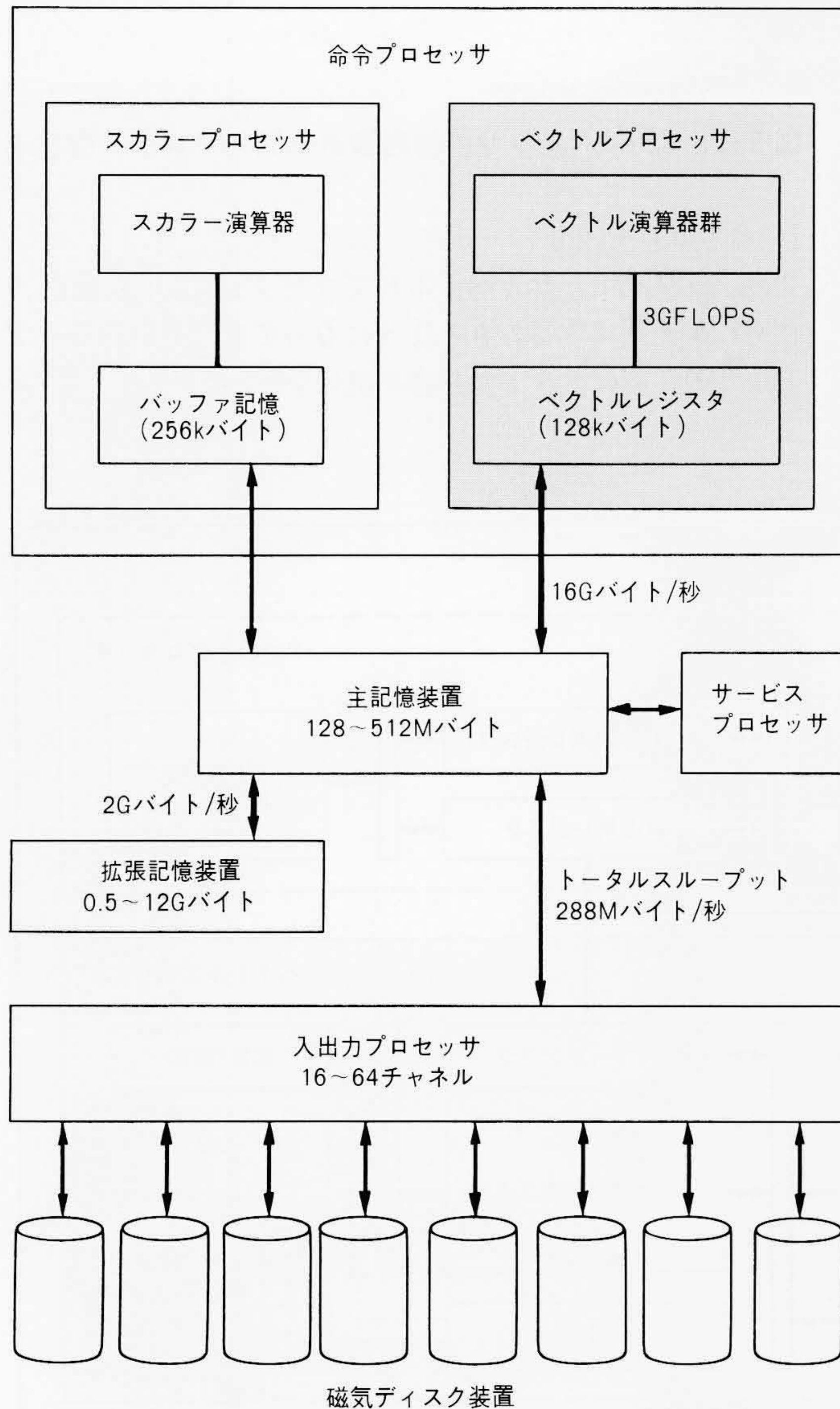
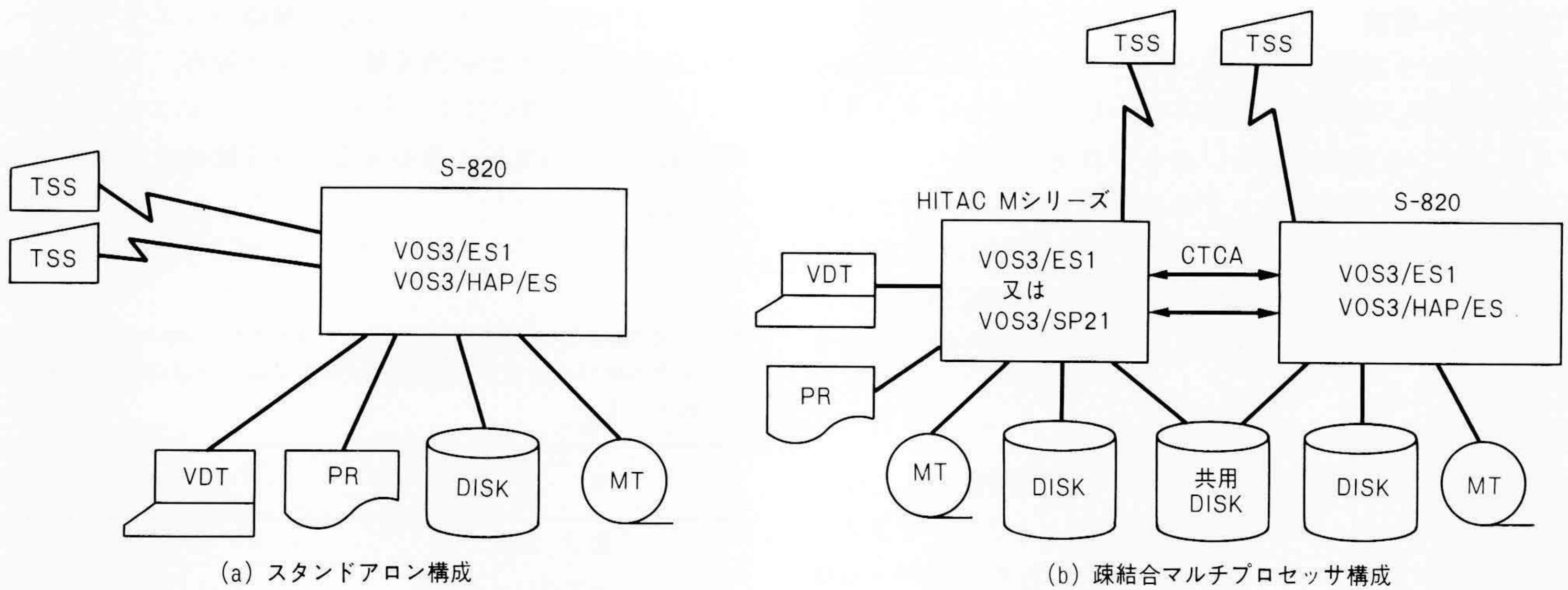


図3 HITAC S-820/80のシステム構成図 演算処理能力に見合ったデータ転送能力を持ち、必要な容量の主記憶・拡張記憶を構成することができる。

処理を実行させることができる。疎結合マルチプロセッサ構成の場合は、はん用処理装置でジョブ管理、入出力処理、コンパイルなどを受け持ち、S-820はバックエンドとして科学技術計算ジョブの実行に専心するという最適な負荷分散が可能である。

表1 HITAC S-820の概略仕様 モデル60と80の二つのモデルがあり、モデル80はベクトル処理能力がモデル60のほぼ2倍になるように構成されている。

モデル		S-820/60	S-820/80
最大性能		1GFLOPS	2GFLOPS
演算器ピーク性能		1.5GFLOPS	3GFLOPS
レジスタ	はん用レジスタ	16(32ビット)	
	浮動小数点レジスタ	16(64ビット)	
	制御レジスタ	16(32ビット)	
	ベクトルレジスタ	256語×32	512語×32
	ベクトルマスクレジスタ	256語×16	512語×16
	スカラレジスタ	32(64ビット)	
	ベクトルアドレスレジスタ	48(32ビット)	
命令プロセッサ	データ形式	固定小数点	32ビット
		浮動小数点	32ビット, 64ビット
		論理	64ビット
ベクトルタイマ機構		あり	
バッファ記憶		256kバイト	
パイプライン	加算/論理	2	4
	乗算・加算	2	4
	除算	1	1
	マスク演算	1	1
	ベクトルロード	2	4
	ベクトルロード/ストア	2	4
主記憶装置	容量	64~256 Mバイト	128~512 Mバイト
	エラーチェック	1ビット訂正, 2ビットエラー検出	
拡張記憶装置	容量	0.5~6 Gバイト	0.5~12 Gバイト
	最大転送速度	1Gバイト/秒又は2Gバイト/秒	
	エラーチェック	2ビットエラー訂正	
入出力プロセッサ	チャンネル数	合計	16~64(8チャンネル単位)
		光チャンネル	0~64(8チャンネル単位)
	6Mバイト/秒チャンネル	0~32	
	トータルチャンネルスループット	最大288 Mバイト/秒	
チャンネル種類		BLMPX, BYMPX	
サービスプロセッサ	コンソール	主コンソール	1
		副コンソール	0~1
	チャンネル間結合装置	0~2	
統合入出力制御機構		0~1	



注：略語説明

TSS(Time Sharing System), VOS3/ES1(Virtual-storage Operating System 3/Extended System 1)
 VDT(Video Data Terminal), PR(プリンタ), MT(磁気テープ), VOS3/SP21(VOS3/System Product 21)

図4 HITAC S-820システム構成例 スタンドアロン構成(a)で使用する場合と、フロントエンドにはん用機を接続した疎結合マルチプロセッサ構成(b)の両方の構成が可能である。

4 論理構造

S-820プロセッサは、次の装置から構成されている。

- (1) 命令プロセッサ
- (2) 主記憶装置
- (3) 拡張記憶装置
- (4) 入出力プロセッサ

- (5) サービスプロセッサ

図5にS-820プロセッサの論理構造の概略ブロック図を示す。

4.1 命令プロセッサ

スカラープロセッサとベクトルプロセッサとで構成され、それぞれが並列に実行できるようになっている。スカラープロセッサの性能はベクトル化率の低いプログラムの場合特に

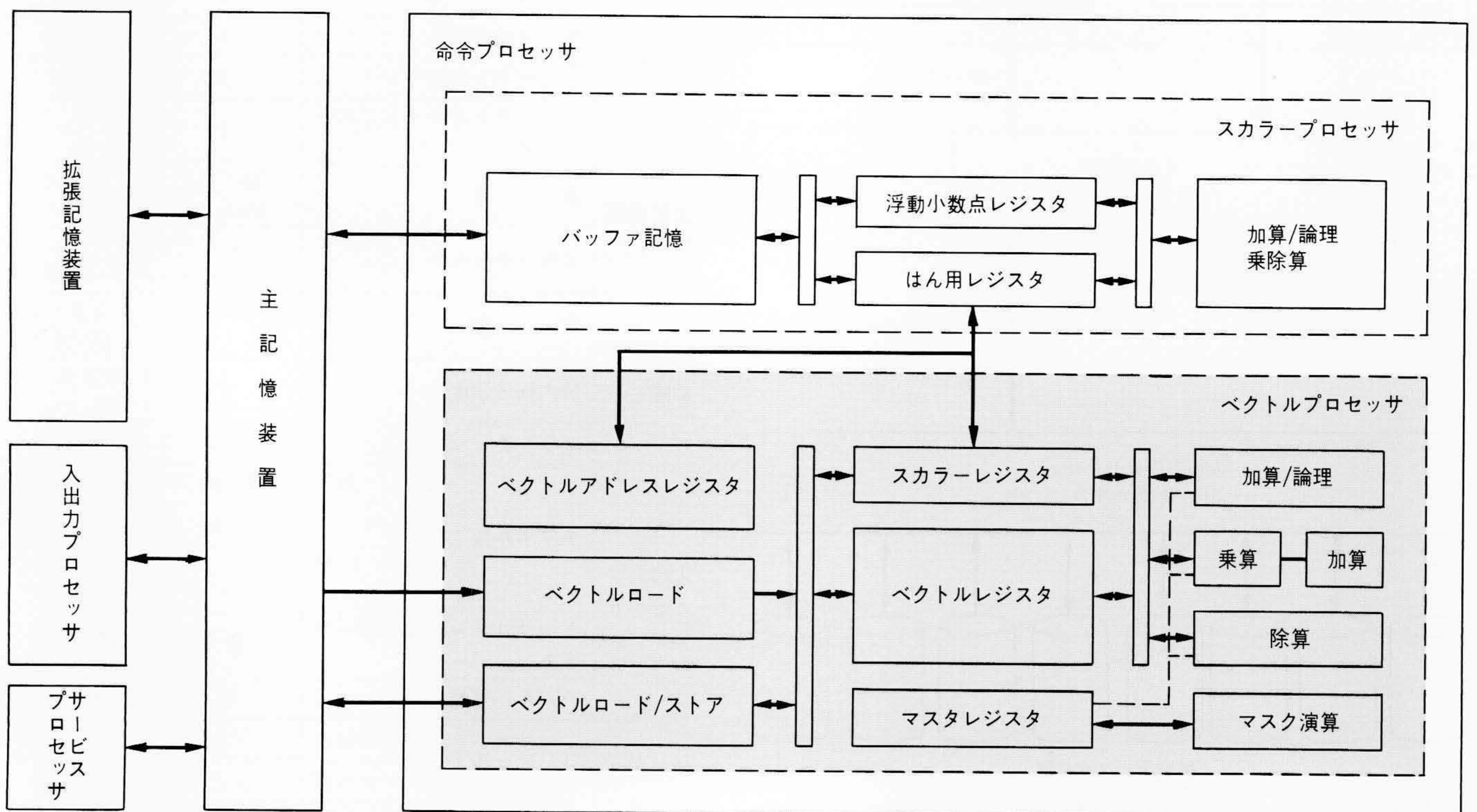


図5 HITAC S-820論理構造概略ブロック図 ベクトル処理の高速化を図るために、パイプライン演算器を複数個持ち、これらが並列に動作可能な論理構造になっている。

重要であるが、S-810と比較して約2.0倍～2.5倍の高速化を図っている。

ベクトルプロセッサは複数個のパイプライン演算器を装備し、複数のベクトル要素を同時に処理する並列パイプライン制御によって、超高速ベクトル演算を実現している。例えばS-820/80では加算・論理演算器が4組、乗算・加算演算器が4組、除算演算器が1組あり、それぞれが4 nsピッチのパイプライン演算器で構成されている。このため、それぞれの演算器のピーク性能は加算・論理演算器が1 GFLOPS、乗算・加算演算器が2 GFLOPS、除算演算器が250MFLOPSとなる。

加算・論理演算器と乗算・加算演算器とは並列に動作することが可能なので、ベクトルプロセッサのトータルの演算器のピーク性能は3 GFLOPSである。S-820/60では、演算器の構成が約半分になっており演算器のピーク性能は1.5GFLOPSである。

この高速ベクトル演算を実現するためには、ベクトルプロセッサと主記憶装置との間の高いデータ転送能力が必要である。S-820/80では4組のベクトルロードと4組のベクトルロードストアのパイプラインを持っており、その最大データ転送速度は16Gバイト/秒である。S-820/60では、この構成が半分になっており、最大データ転送速度は8 Gバイト/秒である。

4.2 主記憶装置と拡張記憶装置

主記憶装置はベクトル演算の高速処理を支えるため、高速・高集積のスタティックメモリ素子を用いて、高速化とともに

大容量化(最大512Mバイト)を図っている。

拡張記憶装置は1 Mビットのダイナミックメモリ素子によって構成され、最大12Gバイトの大容量化を図っている。FORTRANの入出力データセット及びベクトルジョブのスワッピングデータセットとして使用することができる。主記憶装置と拡張記憶装置との間の最大データ転送速度は2 Gバイト/秒である。

4.3 入出力プロセッサ

入出力プロセッサは、入出力制御の効率を大幅に向上させる拡張チャンネルシステムをサポートしている。チャンネル数は最大64チャンネルを接続することができ、ブロックマルチプレクサチャンネルは3 Mバイト/秒及び6 Mバイト/秒のチャンネルが使用できる。トータルチャンネルスループットは最大288Mバイト/秒であり、光チャンネルを接続することも可能である。

4.4 サービスプロセッサ

サービスプロセッサは、S-820プロセッサ全体の保守制御を行う。予防保守及び障害発生時の故障位置指摘などを遠隔保守機能を用いて行うことができ、保守性と信頼性の向上を図っている。

5 性能・機能の特長

以上述べてきたように、S-820では処理能力と記憶容量の大幅な改善を図った。これらの性能諸元の比較をまとめたものを表2に示す。この表ではスカラー及びベクトルの浮動小数点演算の演算速度の例を示しているが、演算速度とともに主記憶とのデータ転送速度も重要であり、S-820では演算速度に

表2 S-810/S-820性能諸元比較表 S-820ではS-810と比較してスカラー、ベクトル共に大幅な性能向上を図っている。

		S-810/20	S-820/60	S-820/80
スカラー浮動小数点 (64ビット)	演算時間(ns)			
	加算	56	16, 24	16, 24
	乗算	112	24, 32	24, 32
	除算	588	168	168
ベクトル浮動小数点 (64ビット)	処理性能(MFLOPS)			
	加算	284	500	1,000
	乗算	284	500	1,000
	除算	71	125	250
	積和	568	1,000	2,000
最大データ転送速度 (Gバイト/秒)	主記憶↔ベクトルプロセッサ	4.57	8	16
	主記憶↔拡張記憶	1	2	2
	主記憶↔入出力プロセッサ	0.096	0.288	0.288
記憶(最大容量)(Mバイト)		256	256	512
拡張記憶(最大容量)(Gバイト)		3	6	12

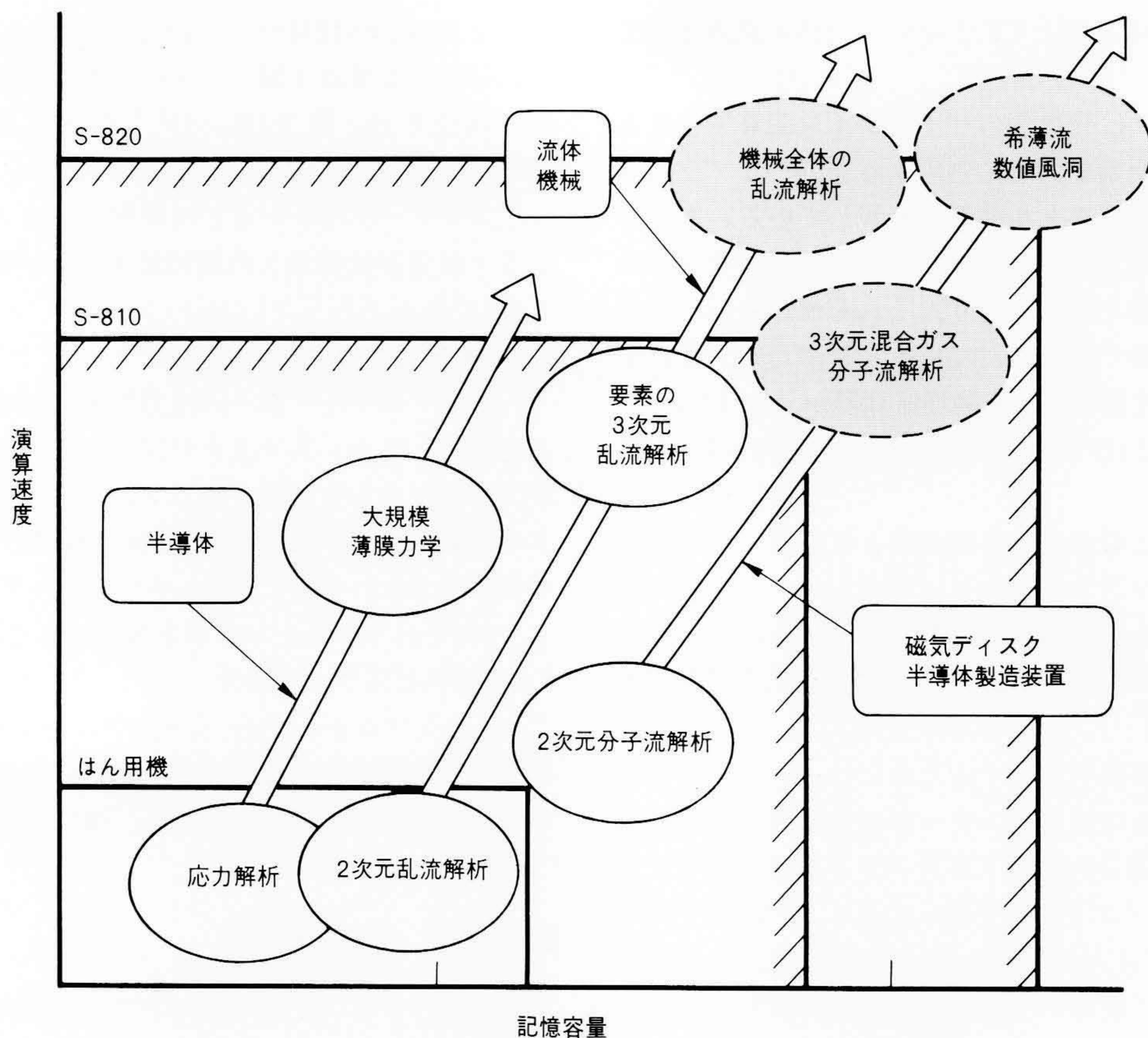


図6 スーパーコンピュータ利用による高度解析例 スーパーコンピュータを使用することによって、はん用機ではできない高度な解析が可能になる。

合わせたデータ転送能力を持たせている。また、演算性能の向上に見合って記憶容量も増やす必要があり、主記憶で2倍、拡張記憶で4倍の増大を図った。

これにより、解析が可能になる例を図6に示す。この図は、半導体、流体機械、磁気ディスク、半導体製造装置の例について、はん用機で解析が可能な例と、スーパーコンピュータを使用することによって解析が可能になる例を示している。それぞれの分野でS-810に比べS-820では、より高度な解析が可能になる。

6 結 言

科学技術の進歩に伴い、大規模な数値シミュレーションの需要が高まっている。このニーズにこたえるため、スーパーコンピュータS-820を開発した。S-820の特長は最新の半導体、実装、論理技術を駆使して超高速の演算性能と大容量の記憶装置を実現したことである。これにより、更に大規模な数値シミュレーションが実現可能になるものと期待される。

このスーパーコンピュータは、1987年後半から出荷する予定であり、性能、信頼性などの面でユーザーの要求、期待にこたえるように努力したい。

今後も、スーパーコンピュータに対する高速化と大容量化の必要性はますます強くなると思われる。このような要求にこたえるため、今後ますます重要になる並列処理技術を中心に、ハード・ソフトを含めてよりよいスーパーコンピュータの開発及び製品化を推進していきたい。

参考文献

- 1) 村田，外：スーパーコンピュータ—科学技術計算への適用，丸善(1985)
- 2) 日本物理学会編：スーパーコンピュータ，培風館(1985)
- 3) 小高，外：スーパーコンピュータHITAC S-810アレイプロセッサ システム，日立評論，65，8，541～546(昭58-8)
- 4) 小高，外：最大性能が630MFLOPSで1Gバイトの半導体拡張記憶が付くスーパーコンピュータHITAC S-810，日経エレクトロニクス，314，159～184(昭58-4)