

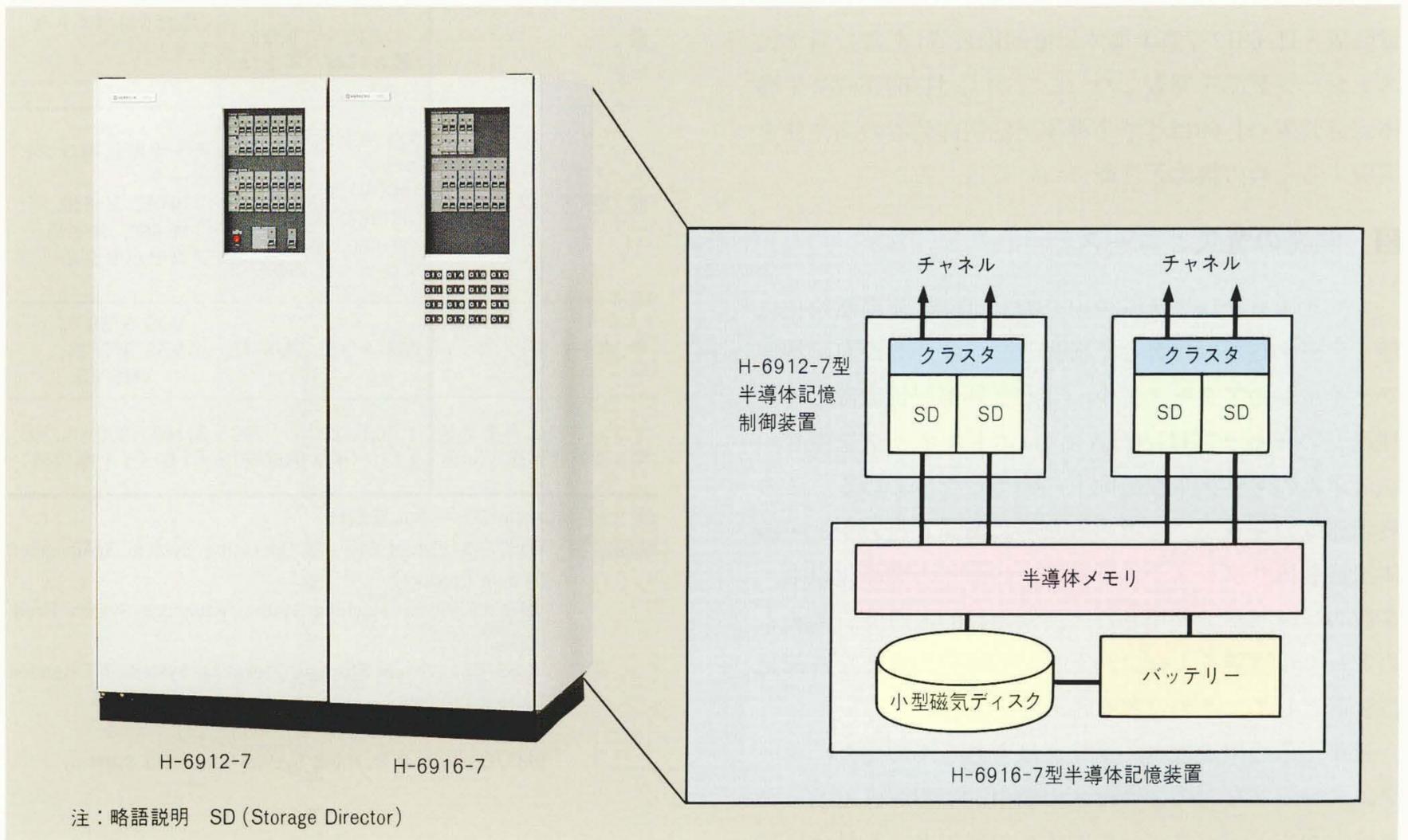
システム性能を向上させた半導体記憶装置

Semiconductor Storage Device That Improves the Total Throughput of Computer System

山形博健* *Hirotsugu Yamagata*

湯沢 泉* *Izumi Yuzawa*

田中和夫* *Kazuo Tanaka*



H-6916-7型・H-6912-7型半導体記憶装置 半導体記憶装置は、最高速の外部記憶装置に位置づけられる。日立製作所が開発した半導体記憶装置は、高速ファイルとしてシステムのトータル性能を大幅に向上させた。

スーパーコンピュータをはじめとするCPUの処理性能の飛躍的な向上により、外部記憶装置に対する高速化の要求は非常に強い。近年、CPUと外部記憶装置が光ファイバで接続し、従来のデータ転送速度の約3倍に高速化することが可能となったことで、外部記憶装置に対する高速化の要求はさらに増している。

日立製作所はこの要求にこたえるために、高速アクセスが可能な外部記憶装置として、ユーザープログラムを変更せずに磁気ディスク装置として使用で

きる半導体記憶装置を製品化している。

今回、従来の特長に加え、光ファイバ接続で17 Mバイト/sの高速データ転送が可能で、最大9 kmまでCPUから離して設置でき、さらに従来に比べ約4割の床面積で設置できる省スペース型の新半導体記憶装置を開発した。

この装置はハードウェアとして導入しやすく、かつシステムのトータル性能向上に寄与する外部記憶装置として、ユーザーニーズにこたえるものである。

* 日立製作所 ストレージシステム事業部

1 はじめに

近年、コンピュータを利用した情報処理システムの高性能化に伴い、外部記憶装置に対する高速化への要求がいつそう高まってきた。

日立製作所はこの要求にこたえて1993年5月、高速ファイルとしてシステムのトータル性能を大幅に向上させる新半導体記憶装置サブシステム(H-6916-7型半導体記憶装置・H-6912-7型半導体記憶制御装置)を含む新世代ストレージ製品を発表した。ここでは、H-6916-7型半導体記憶装置・H-6912-7型半導体記憶制御装置の高性能を実現するための機能と性能について述べる。

2 開発の背景とニーズ

コンピュータシステムの中でも、CPU性能の高速化に伴うデータ処理量は著しく増加している。しかし、特定ファイルへのアクセス集中、CPUと外部記憶装置との処理速度のギャップはI/O(入出力)ボトルネックを生じ、システムのトータル性能向上の障害となっている。この処理速度のギャップを埋めるために開発したのが、半導体記憶装置サブシステムである。1984年の製品化以来、多数のユーザーで使用され、所期の目的どおりシステムのトータル性能を大幅に向上させるための重要な外部記憶装置として、その位置を占めている。

近年、その用途はページングはもちろんのこと、ワーク、スワップなどのアクセスの集中が予想されるデータセットから、データベース本体への使用という具合にアプリケーションが拡大されている。このようなアプリケーションの拡大に伴い、高速化・大容量化・省スペースをはじめ、導入しやすいハードウェアに対するニーズは強く、これにこたえるために開発したのが、新半導体記憶装置サブシステムである。

3 新半導体記憶装置サブシステムの機能

3.1 概要

今回の開発装置と従来機の主な仕様比較を表1に示す。最大記憶容量は従来機の8倍、アクセス時間は従来機の $\frac{1}{3}$ 、データ転送速度はACONARC(Advanced Connection Architecture)チャンネル接続時17 Mバイト/sで従来機の約3倍であり、チャンネルとの距離を最大9 kmまで離すことができる。このように従来機に比べて大容量化、高速化を実現した。

サブシステム最大構成例を図1に示す。

表1 H-6916-7型・H-6912-7型仕様 ACONARCチャンネル接続時、17 Mバイト/sの高速データ転送が可能となる。

項目	型式	開発製品	現行製品
		H-6916-7・H-6912-7	H-6916-1・H-6912-3
記憶容量		128~2,048 Mバイト	16~256 Mバイト
増設単位		128 Mバイト	16 Mバイト
性能	平均アクセス時間	0.1 ms	0.3 ms
	データ転送速度	17 Mバイト/s*, 9 Mバイト/s, 6 Mバイト/s, 4.5 Mバイト/s, 3 Mバイト/s (最大17 Mバイト/s × 4)	6 Mバイト/s, 3 Mバイト/s (最大6 Mバイト/s × 4)
接続システム		大・中型汎用コンピュータ HITAC M-880, M-860, M-680, M-660, M-640 プロセッサグループ	大・中型汎用コンピュータ HITAC M-680, M-660, M-640 プロセッサグループ
サポートソフト		VOS 3/AS, VMS/AS	VOS 3/ES 1, VOS 3/SP21, VMS/ES
サブシステム外形寸法 幅×奥行×高さ(mm)		1,300×800×1,790 (1 Gバイト構成時)	3,100×800×1,300 (1 Gバイト構成時)

注：* ACONARCチャンネル接続時

略語説明 VOS3/AS(Virtual Storage Operating System 3/Advanced System Product)
VMS/AS(Virtual Machine System/Advanced System Product)
VOS3/ES1(Virtual Storage Operating System 3/Extended System Product 1)
VOS3/SP21(VOS 3/System Product 21)
VMS/ES(Virtual Machine System/Extended System)

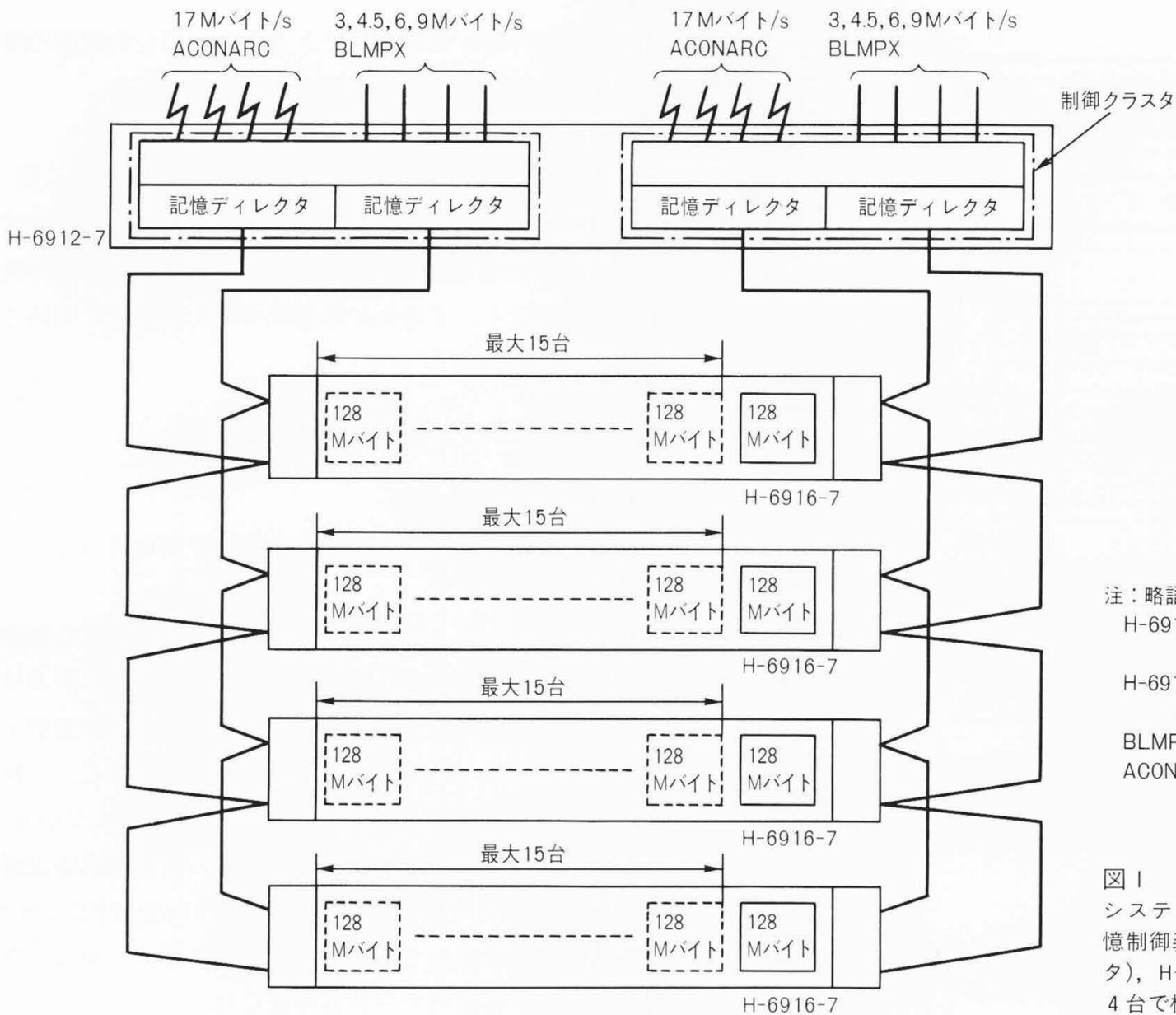
H-6912-7型半導体記憶制御装置は1台に2式の制御クラスタ(各制御クラスタは2台の記憶ディレクタから構成される。)を持ち、各記憶ディレクタはH-6916-7型半導体記憶装置を4台まで制御可能である。各記憶ディレクタごとに17 Mバイト/sのデータ転送速度が可能であり、サブシステム全体で最大68 Mバイト/sのデータ転送が可能である。

3.2 主な特長

H-6916-7型半導体記憶装置、H-6912-7型半導体記憶制御装置の特長は、以下に述べるとおりである。

(1) 高速性

従来の半導体記憶装置に比べて、平均アクセス時間は $\frac{1}{3}$ の0.1 ms、データ転送速度はACONARCチャンネル接続時でディレクタ数に応じて17~68 Mバイト/sと従来機の約3倍の高速化を図り、スループット向上を達成した。



(2) 大容量・省スペース

メモリ部は4MビットDRAMによって構成され、最大記憶容量は2Gバイト/台、サブシステム全体で8Gバイトの大容量を実現した。

H-6912-7型半導体記憶制御装置では大規模LSIの採用および高密度実装の実現により、同一筐(きょう)体内に2台の制御クラスタを実装しており、サブシステム全体で床面積を従来機比で約6割減少させて省スペース構造による導入の容易化を図った。

(3) 高信頼性

メモリ部は8バイト当たり2ビットまで自動訂正できるECC(Error Checking and Correcting Feature：誤り訂正符号)機能を持ち、さらにメモリフィールドをID(Identify)情報、CRC(Cyclic Redundancy Check)情報で保証する制御方式を採用しているため、高い信頼性が保たれる。

また各制御クラスタは、電源ケーブルをはじめ制御クラスタ間が完全に独立した構成をとっており、一方の制御クラスタの故障が他の制御クラスタへ影響しないのでサブシステムダウンを防止できる。

(4) データの不揮発性

半導体記憶装置では電源切断の際に、内蔵磁気ディスクにメモリ部のデータを自動的に退避し、再び電源投入の際には、この内蔵磁気ディスクからメモリ部へデータを復元する不揮発機構を持っている。この不揮発機構の概念を図2に示す。

内蔵バッテリー(標準装備)により、短時間の停電時にはメモリ上でデータが保持され、長時間の停電時にはバッテリー電源でデータ退避が自動的に行われるなど、確実な不揮発性が保証される。さらに、H-6916-7型半導体記憶装置では、内蔵磁気ディスクが最大2台まで故障しても救済することが可能であり、内蔵磁気ディスクの耐故障性を向上させた。

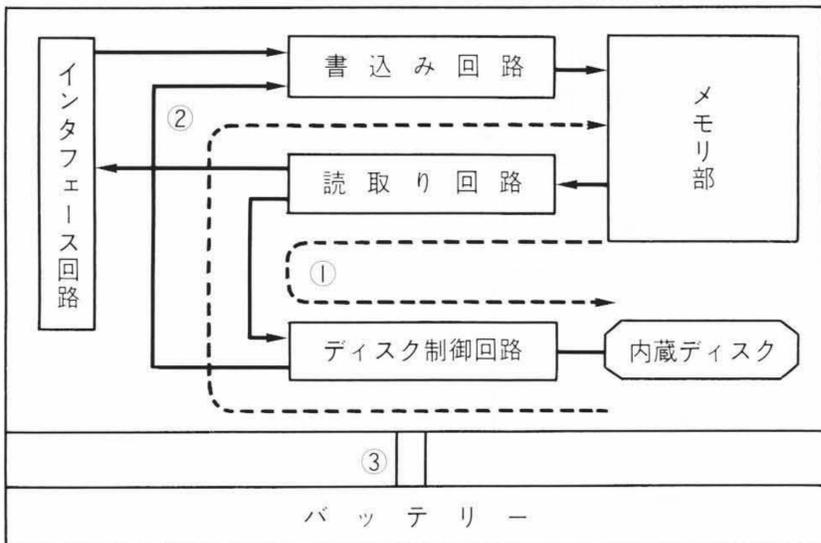
(5) 構成の柔軟性

表2に示すように、メモリ容量、ボリューム数、ボリューム容量などの各種パラメータは、ユーザーニーズに応じてきめ細かく設定することができる。

(6) 二重書き機能

ソフトウェアの二重書き制御プログラムと組み合わせることにより、異なる半導体記憶装置のボリュームに常

半導体記憶装置



図中No.	動作モード	動作内容
①	電源切断時	メモリ部のデータを内蔵ディスクに退避(アンロード): 約8分
②	電源投入時	内蔵ディスク部のデータをメモリ部に復元(ロード): 約4分
③	停電時	バッテリーバックアップによってアンロードを行う。

図2 不揮発機構 バッテリーを付加したときの、メモリ部と内蔵ディスク間のデータの退避・復元動作の概念を示す。矢印破線はデータの流れを示す。

表2 ボリューム数・ボリューム容量 各種パラメータはユーザーニーズに応じてきめ細かく設定することができる。

項目	型式	H-6916-7・H-6912-7	
クロスコール機能		拡張クロスコール	基本クロスコール
メモリ容量・筐(きょう)体		128~2,048 Mバイト (増分128 Mバイト)	
ボリューム数・筐体		1~16の16とおり	1~8の8とおり
ボリューム容量		1 Mバイト単位に設定可能	

表3 シミュレーション環境 4台のCPUからのアクセスを想定し、半導体記憶装置へのアクセスとディスク装置へのアクセスを比較する。

項目	制御装置 ディスク制御装置 (H-6581-2)	キャッシュ付きディスク 制御装置(H-6582-C3)	半導体記憶制御装置 (H-6912-7)
サブシステム構成			
ブロックサイズ	4 kバイト/ブロック	4 kバイト/ブロック	4 kバイト/ブロック
リード・ライト比	4:1	4:1	4:1
リードヒット率	キャッシュなし	90%	—
転送速度	4.2 Mバイト/s	17 Mバイト/s	17 Mバイト/s

注: H-6581-2 (H-6581-2型
ディスク制御装置)
H-6582-C3 (H-6582-C3型キャッシュ
付きディスク制御装置)
H-6912-7 (H-6912-7型
半導体記憶制御装置)

に同一内容のデータを保持できるため、万一の障害の際に、業務の中断やシステムダウンを回避できる。

(7) 導入の容易性

従来の磁気ディスク装置(H-6587-1型・同3型, H-6586-J型・同G型, 同K型)とソフトウェアの面で互換性を保っているため、既存のプログラムを修正、新規作成する必要がなく、半導体記憶装置の導入が非常に容易である。

4 サブシステム性能と導入事例

4.1 サブシステム性能

新型半導体記憶サブシステムの性能予測を行った。その条件を表3に示す。

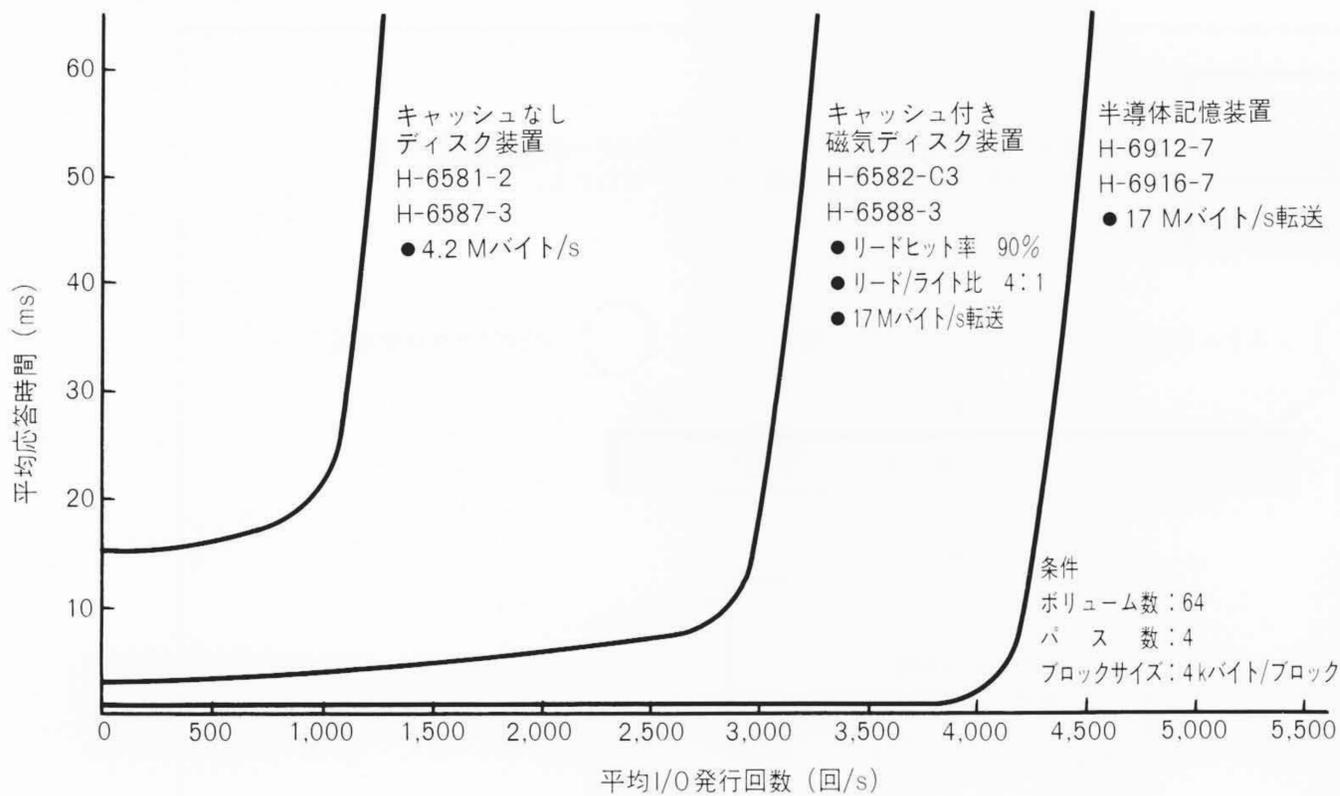
シミュレーション条件は、4台のCPUから1台の制御装置を使用する環境で、制御装置の下で64ディスクボリュームが制御されるものとした。動作条件は、特定ディスクボリュームへのアクセス集中はないものとし、1秒当たりの平均I/O発行回数での平均応答時間を示している。

シミュレーション結果を図3に示す。新型半導体記憶装置サブシステムの性能は、約4,000件/sまで約1.0 msの応答時間で安定している。参考までにキャッシュ付き磁気ディスク装置のデータも付記した。

以上からこのサブシステムは、高速アクセスを必要とするデータセットに適しており、特定ファイルへのアクセス集中によるI/Oボトルネックを解消する外部記憶装置として最適である。

4.2 導入事例

半導体記憶装置サブシステムは、すでに多くのユーザー



注：この図に示す性能は計算機によるシミュレーションであり、実務測定結果ではない。実際には上位装置側のオーバーヘッドなどが付加される。

図3 性能シミュレーション結果 半導体記憶装置の平均応答時間は、4kバイト/ブロック時で約1.0msと高速である。

でシステムのトータル性能を大幅に向上させる目的で導入されており、現在、銀行・保険・証券・流通・鉄鋼・製造・公共などのシステムで幅広く使用されている。オンラインシステムでの導入例と効果を表4に示す。従来システムの構成に比べ、アクセスの集中するファイルに半導体記憶装置サブシステムを導入することによってシステムのトータル性能が大幅に改善され、格段の効果をあげることができる。

このように、半導体記憶装置サブシステムの適用分野として、具体的に有効であるユーザーデータセット、シ

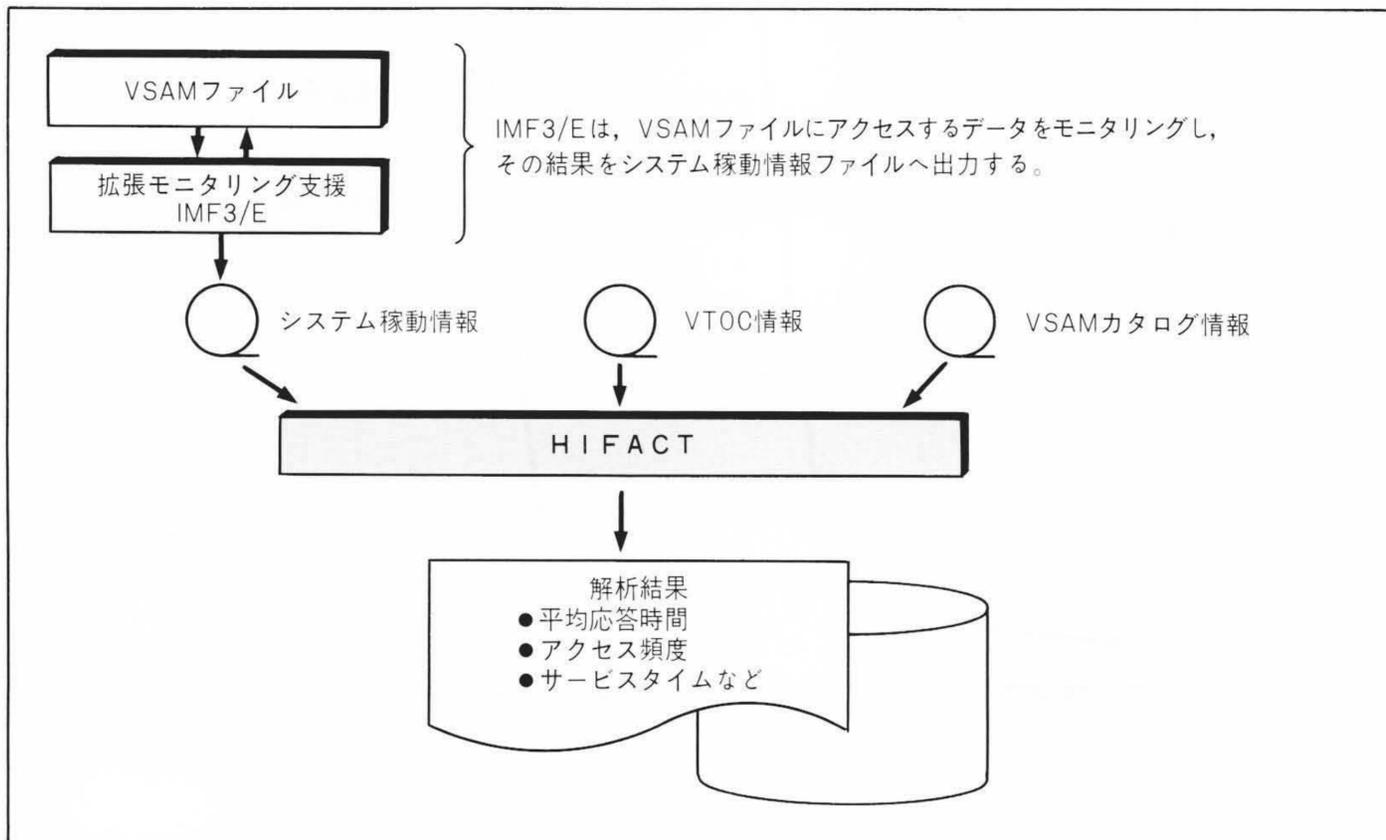
ステムデータセットなどの代表例を以下に示す。

- (1) ユーザーデータセット
 - (a) データベースインデックス用データセット
 - (b) テーブルファイル用データセット
 - (c) ソートワーク用データセット
 - (d) 中間ワークファイル
 - (e) プログラムライブラリ ほか
- (2) システムデータセット
 - (a) カタログ
 - (b) パスワードデータセット

表4 半導体記憶装置導入事例 オンライン業務での導入事例を示す。このほかにも、高速アクセスを必要とする業務で使用されている。

適用	業種	半導体記憶装置構成	項目	格納データセット	導入効果
オンラインシステム	製造	32 Mバイト×1台	オンラインレスポンス (CAD/CAMシステム)	<ul style="list-style-type: none"> ● ロードモジュール ● ロールファイル ● ネストファイル ● イメージファイル ● ディクショナリファイル 	DISK 0.47~1.02 s 半導体記憶装置 0.31~0.41 s 30~60% 短縮
	鉄鋼	64 Mバイト×1台 32 Mバイト×1台	オンラインレスポンス (CAD/CAMシステム)	<ul style="list-style-type: none"> ● ロールデータセット ● プログラムのロードモジュールライブラリ 	DISK 0.26~0.32 s 半導体記憶装置 0.15~0.21 s 30~50% 短縮
	銀行	256 Mバイト×1台	オンラインレスポンス	<ul style="list-style-type: none"> ● JES2チェックポイントファイル ● DBインデックス ● ISPFライブラリ 	DISK 115~914 ms 半導体記憶装置 23~40 ms 92% 短縮
	保険	128 Mバイト×1台 256 Mバイト×1台	オンラインレスポンス	<ul style="list-style-type: none"> ● ローカルページデータセット ● スワップデータセット ● プログラムライブラリ 	DISK 半導体記憶装置 ● 10 s以上のレスポンスの減少 20~30% 短縮

注：略語説明 JES2 (Job Entry Subsystem 2), ISPF (Interactive System Productivity Facility)



注：略語説明 VSAM (Virtual Storage Access Method), IMF3/E (Integrated Monitoring Facility 3/Extension)
VTOC (Volume Table of Contents), HIFACT (Hitachi File Access Characteristics Analysis Tool)

図4 HIFACTによる性能評価 システム稼動情報をもとに、半導体記憶装置導入時の効果を予測する。

- (c) ページデータセット
- (d) スワップデータセット ほか

4.3 性能評価ツール

半導体記憶装置サブシステムを導入するにあたり、事前に導入効果を見積もることが可能である。このために、評価ツールとしてHIFACT(Hitachi File Access Characteristics Analysis Tool)が準備されている。このツールの適用手順を図4に示す。

まず、ユーザーシステム内に拡張モニタリング支援機能(IMF3/E)を設置し、システムの稼動情報の抽出を行うとともに、ボリューム情報として、VTOC(Volume Table of Contents)情報、VSAM(Virtual Storage Access Method)カタログ情報をユーザーから提供していただく。これらの情報をHIFACTにて解析し、この解

析結果に基づいて半導体記憶装置サブシステム導入時の効果(平均応答時間、アクセス頻度、サービスタイムなど)を予測することができる。

5 おわりに

ここでは、H-6916-7型、H-6912-7型半導体記憶装置サブシステムの機能と性能について述べた。外部記憶装置に対する高速化、大容量化、省スペースとユーザーニーズは、今後もいっそう高まると考えられる。一方、半導体メモリ素子の技術の進歩も著しいものがあり、新素子を搭載した高速化、大容量化、省スペースを実現するための半導体記憶装置サブシステムを今後も開発し、システムのトータルな性能向上を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 岡, 外: 高速・大容量半導体記憶装置, 日立評論, 73, 2, 217~220(平3-2)