

追記型光ディスク・アクセス法

島田 恵夫 , 岸 良 , 阿部 昇
三菱電機(株) コンピュータ製作所

汎用コンピュータシステムで扱う情報量の増大に対応して、大容量で低価格の光ディスクをアプリケーションプログラムを介して、自由にアクセスすることのできる、光ディスクアクセス法を開発した。

この光ディスクアクセス法は、従来のアクセス法V S A Mのサブセットとして構築し、高級言語インタフェースで追記型光ディスク上のファイルに対する順アクセス又は直接アクセスを行なうものである。

本稿では、追記型光ディスク装置の特徴や現在抱えている問題点について触れ光ディスクアクセス法構築にあたり、これらの特徴をどのように生かし、問題点をどのように解決していったかについて述べる。

THE WRITE-ONCE OPTICAL DISK STORAGE ACCESS METHOD

Yasuo SHIMADA and Makoto KISHI and Noboru ABE

Computer Works, Mitsubishi Electric Corporation

325 Kamimachiya, Kamakura, Kanagawa, '247 Japan

At Mitsubishi we have developed an Optical-disk storage access method on general-purpose computers. This access method has VSAM (Virtual Storage Access method) sub-functions, and can also access write-once optical disk storage either sequentially or directly by using a high-level language. This article describes the features of the optical disks and the basic design concepts of the optical-disk storage access method.

1. はじめに

情報社会の発展とともに、情報のマルチメディア化が進み、コンピュータシステムの扱うデータの種別は多様化し、情報量も増加の一途をたどっている。これに対し、ワークステーションやパーソナルコンピュータの能力の向上は、汎用コンピュータで集中処理していた業務の分散処理化をもたらしめているものの、データベースマシンとしての汎用コンピュータの集中管理は、さらに進展する傾向にあり、その情報蓄積能力の

飛躍的な増大が求められている。これらの情報量の増大に対応して、新たな外部記憶装置として登場した光ディスクは、安価で駆動装置あたりの記憶容量も大きく、媒体の交換が容易である等の特徴を持っており

汎用コンピュータシステムの外部記憶装置として、非常に魅力ある存在になってきている。この光ディスク装置は、大別すると記憶した情報を長期間保存する目的の追記型光ディスクと、磁気ディスク装置と同様に、必要なくなった情報を消去し上書きすることのできる書換え型光ディスクに分けられるが、書換え型については、現時点では実用化には至っていない。しかし、追記型については、誤り率や性能面の改良が行われ、コードデータの記録再生ができるまでに至っている。本稿では、この追記型光ディスクを汎用コンピュータシステムに応用する際の技術的課題と、光ディスク応用の一例として、汎用コンピュータシステム上に構築した、光ディスク専用のアクセス法について紹介し、これらの課題にどのように対応したかについて述べる。

2. 追記型光ディスク装置の特徴

近年、光ディスク装置は、汎用コンピュータシステムの外部記憶階層においてその特性から従来の固定磁気ディスク装置と磁気テープ装置の中間に位置付けられるまでになっている。そこで、この追記型光ディスクの特性をまとめると、次のようになる。

- (1) 記録密度が大きく、ビットあたりのコストが磁気ディスクの10分の1になる
- (2) オートチェンジャ装置と組合せ、これらをライブラリ化することにより、実質的な容量を際限なく増大させることができ、100G(ギガ)バイトからT(テラ)バイトのオーダの記憶容量が得られる。
- (3) 磁気テープ装置と比較すると、ランダムアクセ

ス性に優れている。

- (4) 媒体の可搬性と着脱が容易であるため、大量データの輸送が可能である。
- (5) 非接触の記録再生であり、ごみや媒体表面の汚れに強い。
- (6) ビット誤り率は 10^{-14} まで低減されており、仮に10年で誤り率が1ケタ劣化しても磁気ディスクよりも高い信頼性を確保することができる。
- (7) 転送レートやアクセス時間が、磁気ディスク装置よりかなり劣っている。

3. 光ディスク応用システム構築上の課題

このように、現在の追記型光ディスクは、情報量の増大に対応する様々な特徴を持っている反面、解消すべき問題も数多く残っている。そこで、汎用コンピュータシステムの外部記憶装置として、この追記型光ディスク装置を応用するためには、どのような対応をすればよいか、その技術的な課題について述べる。

その第一は、データ検索手段の確立である。現在この光ディスクが応用されているシステムの多くは、検索パターンが装置固有のものであり、利用者の実体に合った、独自のファイルシステムを構築することができないという問題があり、従来磁気ディスク上で行われていたような検索手段を光ディスク上で確立する必要がある。

第二に、論理フォーマットの標準化である。現在、光ディスク媒体上の物理フォーマットについては、ISOにおいて標準化がなされているものの、この論理フォーマットについては、標準化がなされていない。このため、媒体を扱う各機種間で情報交換を行うことができず、媒体の可搬性というメリットを十分に発揮することができない。このため、分野にとられない、汎用性のある論理フォーマットを構築する必要がある。

第三に、アクセス性能の問題の解消である。図1に示すように現在の光ディスク装置のアクセス時間は、磁気ディスク装置よりかなり劣っているため、高いレスポンスを要求される汎用コンピュータシステムでは大きな問題となる。せっかく大容量のファイルシステムを構築してもその検索に時間を要しているようでは、大容量のメリットを十分生かしたことはない。この問題に対して、光ディスクに登録した大量の

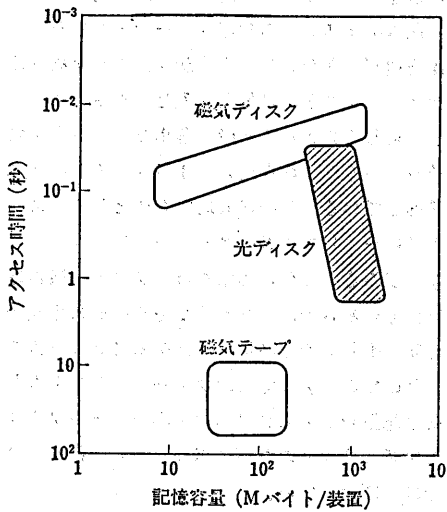


図1. 記憶装置の記憶容量とアクセス時間

データの中から、目的となるデータをいかに効率良く取り出すかという事が重要であり、次に述べるようなデータベースを容易に構築できるためのシステム機能が必要になる。

- (1) アプリケーション・システム対応にディレクトリの自由定義ができる。
- (2) 大容量のディレクトリ定義が可能で多面検索が可能である。
- (3) 構造の変化に対応し、ディレクトリの再構築が可能である。

第四に、更新によるアクセス性能の低下への対応である。追記型で書換えを実施した場合、データがディスク面に分散しスループットの低下や媒体スペースの無駄使いなどの問題が発生してくる。

4. 光ディスク応用システム

本章では、汎用コンピュータのオペレーティングシステム上に構築した、光ディスク応用システムを例にこれらの課題をどのように解決したかについて述べる。本システムで使用したハードウェアは、三菱電機製E8700光ディスク制御プロセッサと、M6761A-A4/B4大容量光ディスク記憶装置(オートチェンジャ機構付き)である。表1にこのハードウェア特性、図2に光ディスク応用システムの構成を示す。

表-1 追記型光ディスクハードウェア特性

項目	仕様		
接続可能大容量光ディスク記憶装置 台数	最大16台		
2チャンネルスイッチ機構	有り (オプション)		
接続可能チャンネル	BCH		
接続可能チャンネル数	最大2		
光ディスクカートリッジ収納枚数	M6761A-A4	最大56枚	
	M6761A-B4	最大152枚	
記憶容量	システム当たり	最大1.4Tバイト	
	光ディスク オートチェンジャ 装置当たり	最大34Gバイト	
	M6761A-B4	最大90Gバイト	
光ディスクカートリッジ当たり	600Mバイト (両面)		
アクセス時間 (平均)	アンローディング	4秒	
	搬送機構 取出し 装置	M6761A-A4	5~8秒 (反転含む)
		M6761A-B4	7~10秒 (反転含む)
	ローディング	4秒	
	光ディスク 駆動装置	シーク時間	68ミリ秒
回転待時間	17ミリ秒		
データ転送速度	最大3Mバイト/秒		
外形寸法(W×D×H)、重量	M6761A-A4	387×700×700 (mm), 約98kg	
	M6761A-B4	387×700×1,400 (mm), 約200kg	

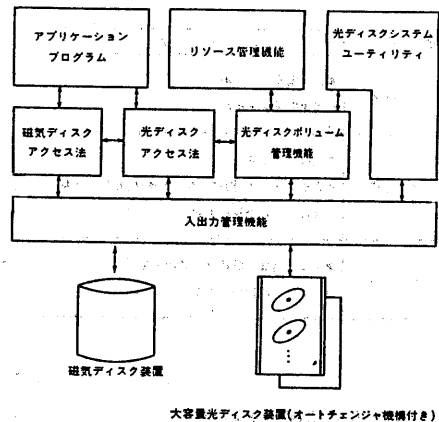


図2. 光ディスク応用システム構成

4.1 データ検索手段の確立

利用者の実体に合った検索システムの構築ができないという問題に対して、本システムでは、データ検索の手段として、光ディスク専用のアクセス法を構築した。

従来のアクセス法を大別すると、順アクセスを対象としたものと、直接アクセスを対象としたもの及びそのどちらにも使用できるものに大別されるが、コードデータを扱うEDP処理では、この両方の機能を備えている必要がある。この代表的なものとしてVSAM (Virtual Storage Access Method) がある。VSAMは論理レコードインタフェースで順アクセス及び相対アドレス又はキー指定による直接アクセスを行うもので、オンラインやデータベース等で用いられているアクセス法である。

今回構築した光ディスクアクセス法は、このVSAMのサブセットとして、表2に示すようなファイル編成、アクセス方式及びレコード処理方式をサポートした。また、このプログラムインタフェースもVSAMと同様にしたため、従来磁気ディスク上で用いられてきたシステムを容易に光ディスク上に移行することが可能になり、COBOL等の高級言語を用いて、容易にアプリケーションシステムを構築できるようになった。

表-2 光ディスクアクセス法の機能

項目	仕様
ファイル編成	<ul style="list-style-type: none"> ●順次編成ファイル ●相対編成ファイル
アクセス方式	<ul style="list-style-type: none"> ●順次アクセス ●直接アクセス(相対レコード番号, 相対アドレス, 又はキーの指定が可能)
レコード処理	<ul style="list-style-type: none"> ●生成, 追加, 読み込み, 更新処理 ●ブロック単位のアクセス

4.2 媒体上の論理フォーマット

外部記憶装置上にデータを記録する場合、媒体の特性や記録するデータの種類あるいは、これを扱うシステムにより、様々な記録形態がある。また、この中には、各機種間で媒体交換を行う目的で、その記録形態を標準化しているものも少なくない。ところが追記型光ディスクについては、媒体交換が容易であるという特性を持ちながら、この記録形態(論理フォーマット)の標準化が行われていないのが現状である。そこで、この追記型光ディスクの論理フォーマットを構築するに当たり、その汎用性を考慮し、従来の外部記憶

装置上の論理フォーマットの応用を検討した。

まず、磁気ディスク上の論理フォーマットであるが、媒体交換ができないという点から、これを扱うオペレーティングシステムに依存するところが大きい。しかし、共通して言えることは、各ボリューム単位に索引を持っており、これを用いてボリューム上のスペースを管理している。その代表的なものとして、MVSのVTOCや、UNIXのスーパー・ブロック、iノードなどがある。これらの索引は、ファイル検索性能には優れているものの、ファイルやデータの生成あるいは更新(削除)のたびに、システムにより上書きされることになる。よってこのフォーマットを上書き不可能な追記型光ディスクに用いた場合、データやファイルの更新(追加)のたびにボリューム全体を作りなおさなければならない。

次に磁気テープのフォーマットであるが、情報交換を目的に、JISやANSI等で、現在標準化されている。このフォーマットでは、ボリューム単位にボリュームラベルというラベルがボリューム先頭に記録され、ファイル追加のたびにファイルラベル(ヘッダラベル)とファイルデータが順に記録される形式になっている。このフォーマットは、順次アクセスしかできないという装置特性を現わすもので、追記型で大容量性という面では光ディスクに適合するものがある。しかし、ファイルへの位置決め性能が悪く、光ディスクのランダムアクセス性を生かすことができない。

また、フロッピーディスクは、JIS規格で標準化が行われているものの、各機種対応で独自のフォーマットを形成している場合が多い。いずれの場合も、磁気ディスク装置同様、ファイルの追記性あるいは更新性の面で、追記型光ディスクに適用することは難しい。

追記型光ディスクの媒体特性に近い、CD-ROMについては、NISO及びECMAでその標準化が進められている。このフォーマットは、パステーブルという階層構造を持ったディレクトリを媒体上に記録し、ファイルの検索性能を向上させている。しかし、このフォーマットは、データの追加や更新が全くないという装置特性から成っているもので、これを行う場合は、ボリューム全体を作りなおさなければならない。

現在、光ディスク応用システムとして最も普及しているシステムとして、スタンドアロン型の文書ファイ

ルシステムがある。このシステムの論理フォーマットは、各装置間で異なっているが、図3に示すようにキャビネット・バイナードキュメントの階層構造で管理するものが一般的である。このフォーマットは、文書ファイルシステム特有のもので、その検索性能は優れているが、他のシステムで汎用的に用いることは難しい。

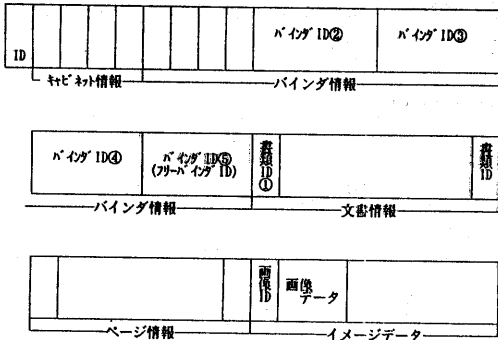


図3. 文書ファイルシステムの論理フォーマット

このように、追記型の光ディスク媒体に対し、既存の外部記憶装置の論理フォーマットをそのまま適用するには種々の問題があった。このため本システムでは、追記型光ディスクの特徴を反映した独自の論理フォーマットを構築した。この論理フォーマットは、フロッピーディスクの論理フォーマットに対し、追記性を付加したもので、光ディスクカートリッジの片面を1ボリュームとし、図4に示すようなVOL1（ボリューム・ラベル）内に記憶されたボリューム通し番号により、ボリュームの識別が行われる。ボリューム内のスペースは、図5に示すように全てエクステントという単位に分割し、HDR（ファイルラベル）で表わされる各ファイルは、1つまたは複数のエクステントから構成される。このボリューム内のエクステント管理により、ボリューム内のスペースは各タスク間で独立して管理することができ、ファイルエクステント拡張時のEXT（エクステントラベル）の追記を逐次化することで、同一ボリュームを複数のタスクで同時

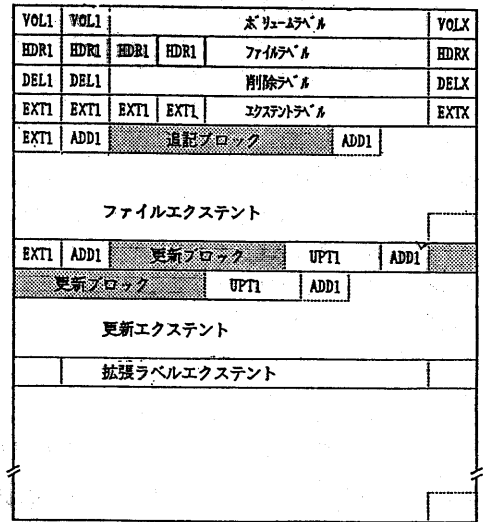


図4. 論理フォーマット

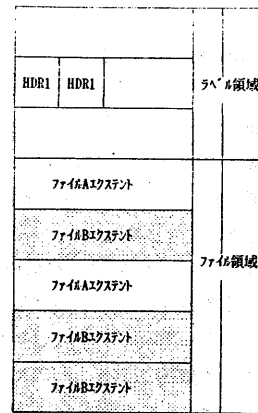


図5. スペースのエクステント管理

にアクセスすることが可能になった。また、エクステントという連続領域を確保することで、大量データの一括処理を高速に行うことができるようになった。しかし、データの更新やファイルの消去などといった処理に関しては、追記型の性格を表わしており、これらはその利用分野から考えて微量であるという推測に立って作られたものといえる。更新後のレコードは全て図4に示す更新エクステントに記録され、その履歴が逐次、更新ラベル（UPT1）に記録される。このた

め、更新レコードの増加とともに更新エクステントが増加し、更新レコードがボリューム上に分散することになり、アクセス性能を低下させることになる。

4.3 アクセスの効率化

本システムでは、最大1.4テラバイトという大容量の記憶装置から効率良く情報を取り出すため、図6に示すような装置からレコードの選択に至るまでの各選択処理の機能分散を図り、それぞれの機能でアクセス性能の向上を図った。

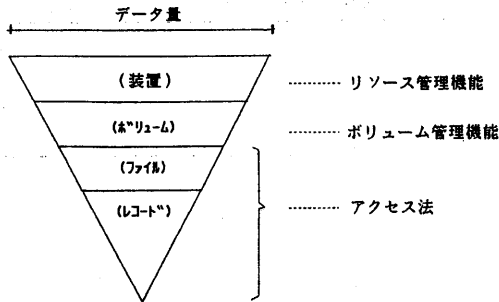


図6. 光ディスクアクセス法の選択機能の分散

(1) 装置の選択の効率化

光ディスクの装置選択は、リソース管理が行っている。リソース管理機能は、ジョブ実行のために必要な装置やボリュームを始めとする各資源を、各ジョブに対し割り当てているもので、光ディスク装置に対しては、ジョブの必要とするカートリッジが登録されている大容量光ディスク装置を選択し、その駆動装置を割り当てている。現在、性能面で大きな問題となっているのが、ボリューム変換時の駆動装置へのマウント或いは、ディスマウント処理であり、これには最大30秒を要している。これに対して、リソース管理機能は光ディスク装置を磁気ディスク装置と同様、共用デバイスとして位置付け、複数のジョブに対し、同一ボリュームの共用を許している。このため、予めボリュームをマウントし、同一ボリュームを扱うジョブを一括して実行することができれば、マウント、ディスマウントに要する時間を大幅に削減することができる。

(2) ボリューム選択の効率化

大容量光ディスク装置（オートチェンジャ機構付）内の全てのボリューム（光ディスクカートリッジ）の管

理はボリューム管理機能が行なっている。ボリューム管理機能は、ボリューム（光ディスクカートリッジ）の選択及び図7に示すようなカートリッジの移動操作を行うもので、図8に示すような制御情報でシステムに登録されている全てのボリュームを装置毎に管理し、最大16台の装置に対するカートリッジの同時並行操作を可能にしている。また、この制御情報をシステム停止時は磁気ディスク上に置き、システム起動時に全てメモリ内に読み込むことにより、光ディスク装置の設置台数には無関係に高速に目的のボリュームを選択することができる。

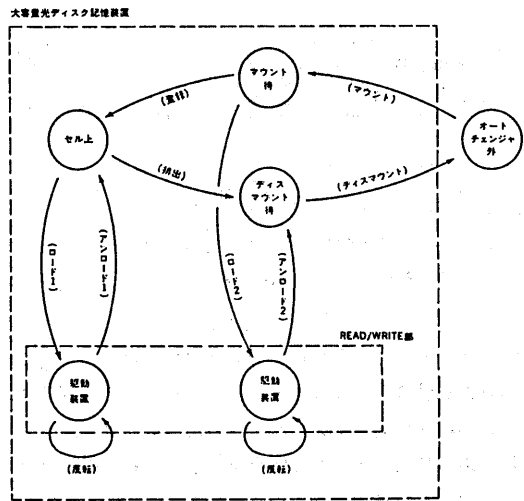


図7. オートチェンジャ制御

セル番号	セル番号	セル番号	セル番号
00	V001		10
01	V002		11
02	V003		12
03		G002	13
04	G001		14
05		V008	15
06		V009	16
07	V004	V010	17
08	V005	G003	18
09	V006		19

注 V×××…初期化済みのボリュームのボリューム通し番号
G×××…初期化されていないボリュームのグループ名

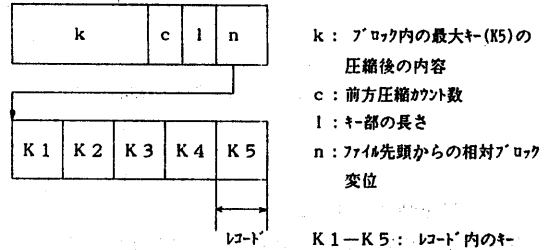
図8. ボリューム管理制御情報

(3) レコードアクセスの効率化

本システムでは、データベース構築のための手段として、光ディスクアクセス法に対し、順次及び直接の2通りのアクセス方式を付加した。中でも直接アクセス処理に重点を置き、相対レコード番号や相対バイトアドレスあるいはキー指定によるレコード選択機能を付加している。これにより、利用者独自の索引を用いたレコードアクセスあるいは、アクセス法の持つ索引を用いたレコードアクセスがアプリケーションプログラムを用いて自由に行えるようになる。この直接アクセス処理では、固定セクター方式を用いていることと、ファイルのエクス Tent 情報を始めとするファイルの物理情報が全てファイルオープン処理の過程でメモリ内に読み込まれることから、ファイルの大きさに依存することなく、各レコードを均一のアクセス時間で処理することができる。

光ディスクアクセス法で扱う索引は、図9に示すように磁気ディスクのVSAMファイル上に構築した。本来、この索引は光ディスク上に置き、その可搬性を生かすべきであるが、索引検索には多くのレコードアクセスがともなうため、平均アクセス時間が磁気ディスクの3倍から10倍の光ディスクでは、十分な性能が得られないことになる。このため、時間のかかる検索処理は高速の磁気ディスクやメモリを用い、光ディスクアクセスは、最小限にすることが、この索引アクセスのねらいになっている。また、この索引は、光ディスク上の順次ファイルに対して、光ディスクユーティリティを用いて動的に作成することができるため、その可搬性も失われることはない。

索引の各エントリは、図10に示すようにブロック内の最大キーと、これに対応する光ディスク上の相対ブロックアドレスから成っている。最大キーに対しては、前方後方の圧縮処理を行ない、大容量の光ディスクに対する、磁気ディスクスペースの占有量の削減を図った。これにより、光ディスク1ボリューム(300MB)当たり、20KB強の磁気ディスク占有量でその索引を構築することができた。



光ディスクファイル内のブロック

図10. 索引エントリ

(4) データベース構成イメージ

このように、光ディスク装置のランダムアクセス性を生かした、直接アクセス機能をそのアクセス法に持たせることは、大容量のデータベースを構築するための足掛りとなり、光ディスク装置の利用範囲をさらに拡大するものである。図11にその構成イメージを示す。このイメージは、従来の磁気ディスク上のデータベースと、光ディスクとをアプリケーションプログラムを介して連動させるもので、独自の索引構造で光ディスクを直接アクセスするイメージと、データベースから得られたキーで、光ディスク索引を検索するという2通りのイメージが考えられる。

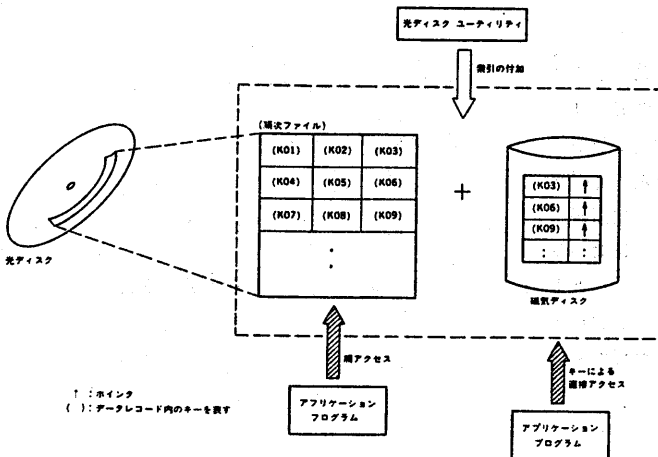


図9. 光ディスク・ファイルアクセス

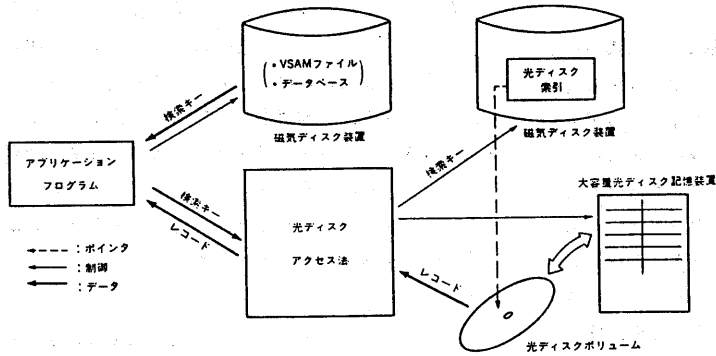


図11. データベース構成イメージ

4.4 追記処理への対応

媒体の追記性にともなうスペースの無駄使い、あるいはスルーブットの低下といった問題については、動かしがたいものがある。前章の論理フォーマットのところで述べたように、論理的な更新処理は行なえるものの、この件数の増加とともに、ファイルの更新エクステントが増加し、媒体上のスペースが無駄に使用されていくことになる。よって、このスペースの無駄使いに関する問題は、更新処理は全て磁気ディスク上で行ない、ほとんど修正の必要なくなった時点で光ディスク上に保存するといった、アプリケーションシステムの構築あるいは、若干量の更新しかないデータの保存といった、適用分野の選択にゆだねなければならない。しかし、性能低下の問題では、二つの取り組みを行なっている。一つは、更新レコードに対する位置付けの高速化である。レコードの更新処理では、その履歴を全て光ディスク上に書き出しており、これらは、ファイルオープン時に全てメモリ内に読み込まれる。このため、レコード検索処理における更新レコードへの位置付けは、更新前のレコードを読むことなく高速に行なわれる。第二は、ファイルの再編成を行うユーティリティプログラムの構築である。この光ディスクユーティリティは、更新により分散したレコードあるいは、たび重なる追記処理でエクステントの増加したファイルを、別のファイルに再編成し、これらを連続領域に移すことにより、更新前の性能を確保するものである。

5. 評価

図12にこれまで述べてきた光ディスクアクセス法のファイルアクセス性能を示す。この性能は、磁気ディスク上のファイルアクセス時間(レコードの入出力に要した実行時間)を1とした対磁気ディスク性能比で、1MBのファイルの順次入出力時間及び直接アクセス時の1レコード当たりの入力時間比を示している。ここで見るように、書き込み時は磁気ディスクの5倍強検索時には、2倍強の時間で光ディスクのファイルアクセスが行なえるまでになっている。

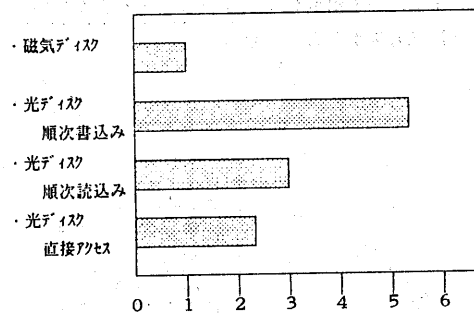


図12. 光ディスクアクセス性能比

6. おわりに

光ディスク装置の特徴とこれを汎用コンピュータシステムに応用するための課題について述べ、実際に汎用コンピュータシステム上に構築した光ディスク専用のアクセス法について述べた。性能面では、本論でも述べるように磁気ディスクのアクセス性能の2倍から5倍にまでに改善されるようになった。一方、ハードウェアに関しても、コードデータを記録するに十分なものにまで改善されており、磁気ディスク装置との共存や新たな適用分野の開拓により、汎用コンピュータシステムでの光ディスク装置の利用範囲は、今後、ますます拡大していくものと考えられる。今回紹介したアクセス法は、光ディスク応用の第一段階であり、さらに性能面での充実、及びアプリケーションシステムの構築、書換え型光ディスクに対する対応など、今後ソフトウェア及びハードウェアの双方からの一層のアプローチが必要になる。

参考文献

- (1) 田中他 : 光ディスクメモリ技術の現状と将来,
情報処理
Vol. 28, No. 8, pp. 1075-1083 (Aug. 1987).
- (2) 吉田富夫: 光ディスクメモリ, 情報処理
Vol. 27, No. 6, pp. 631-636 (June. 1986).
- (3) 鈴木健司: マルチメディアデータベースのハード
ウェア環境, 情報処理
Vol. 28, No. 6, pp. 705-709 (June. 1987)
- (4) 多田他 : 外部記憶階層の今後, 日経エレクト
ロニクス
No. 452, pp. 132-160 (1988)