U.D.C. 681.327.68′28

光ディスク記憶装置
Optical Disk Storage Device

土井　隆*　*Takashi Doi*
溝口康充*　*Yasumitsu Mizoguchi*
小池建夫**　*Tateo Koike*
大島信幸***　*Nobuyuki Ôshima*
角田義人****　*Yoshito Tsunoda*

コンピュータシステム用メモリ階層において，ダイレクトアクセス特性をもつファイル装置の中では，最大のデータ容量を提供する装置として，光ディスク記憶装置を開発した。

光ディスクの記録原理は，高度のオプトエレクトロニクス技術と材料技術に基づく。これをコンピュータシステムのファイル装置として高信頼度で稼動させ，かつ書替え不能でも操作性の良いものにするため，バックアップセクタの概念の導入，セクタ消去機能のサポートなどサブシステムとして工夫を行なった。また，光ディスクを利用したシステムとして，大形コンピュータ系から小形オフライン系まで併せて開発するとともに，システム間でデータ形式の統一を行ない，幅広いシステムの構築を可能にした。

1　緒　　言

大量のデータを低コストでオンラインアクセス可能にしたいという要求は，情報処理システムが，文字，数値のように単なるシンボルを符号化した情報を扱うだけでなく，画像のような個性をも符号化しなければならない情報を扱うに至り急激に増加している。

光ディスク記憶装置は，レーザ光束を±0.1μmの精度で位置決め制御できるという高度のオプトエレクトロニクス技術に基づくメカニズムの開発と，安定した記録ピットの形成，長期間にわたる物理特性の維持が可能な記録媒体の開発などにより，磁気テープより安いビットコスト，磁気ディスクの10倍以上の記録密度でデータを蓄積し，しかもダイレクトアクセス可能な記憶装置として開発した[1)]。

一方，光ディスクの生のエラー率は磁気ディスクより高いと考えられる。また記録方式はDRAW(Direct Read After Write)方式と呼ばれ，追加書込みは可能であるが同一箇所を書き直すことができない。また，転送速度は磁気ディスクに比較して一けた程度低い。したがって，光ディスク記憶装置を製品化するに当たっては，これらの点を克服して，コンピュータシステムで十分利用可能となるように工夫を行なった。

本稿では，まず光ディスク記憶装置の位置づけ及び記録原理を簡単に述べ，次に光ディスクの特徴，サブシステム構成及び制御の特徴について述べる。合わせてサポートソフトウェア，応用システムを紹介する。更に，システム間での光ディスクの互換性を保つために，データ形式をどのように定めたかを，また末尾に今後の光ディスクの将来方向について述べる。

2　光ディスク記憶装置の位置づけ

図1に，計算機システムでの記憶装置の階層構成を示す。光ディスクは下記のような特徴をもつ。

(1)　大量データの蓄積及び高速なオンラインダイレクトアクセス可能なファイル用記憶装置として，磁気ディスク記憶装置の裾野に位置している。

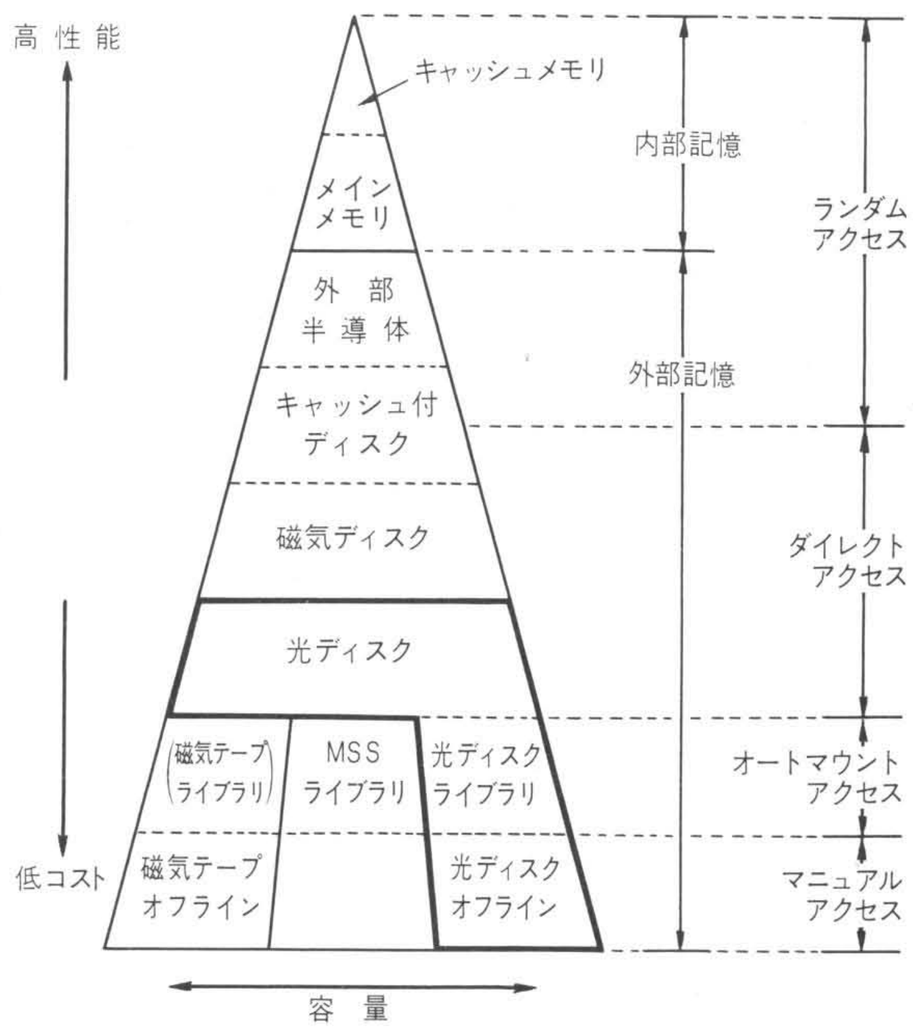
(2)　媒体交換が可能であり，システムの要求に応じ光ディスクライブラリの中から自動的にマウントして，アクセス(オートマウント)することが可能である。

(3)　長寿命で可搬性をもつことから，オフラインで保管しておくことも可能である。

以上から光ディスクは，画像データ，大量の符号データ，あるいは両者の混在する文書データなど，従来コスト的にオンラインで扱えなかった分野を新しく切り開くと考えられる。また，大容量の保管データの収容媒体としても広く使われてゆくと考えられる。

3　光ディスク記憶装置の基本構成及び記録再生原理

光ディスク記憶装置の基本構成及び記録再生原理については，本誌昭和58年10月発行，第65巻，10月号[1)]に詳細に述べ



注：略語説明　MSS(Mass Storage System)

図1　計算機システムでのメモリ階層　光ディスク記憶装置は，ダイレクトアクセス可能なメモリとして最大容量をもつ。可搬形であるため，オートマウント(ライブラリ)タイプによるアクセスやオフライン蓄積が可能である。

* 日立製作所小田原工場　** 日立製作所神奈川工場　*** 日立製作所ソフトウェア工場　**** 日立製作所中央研究所 理学博士

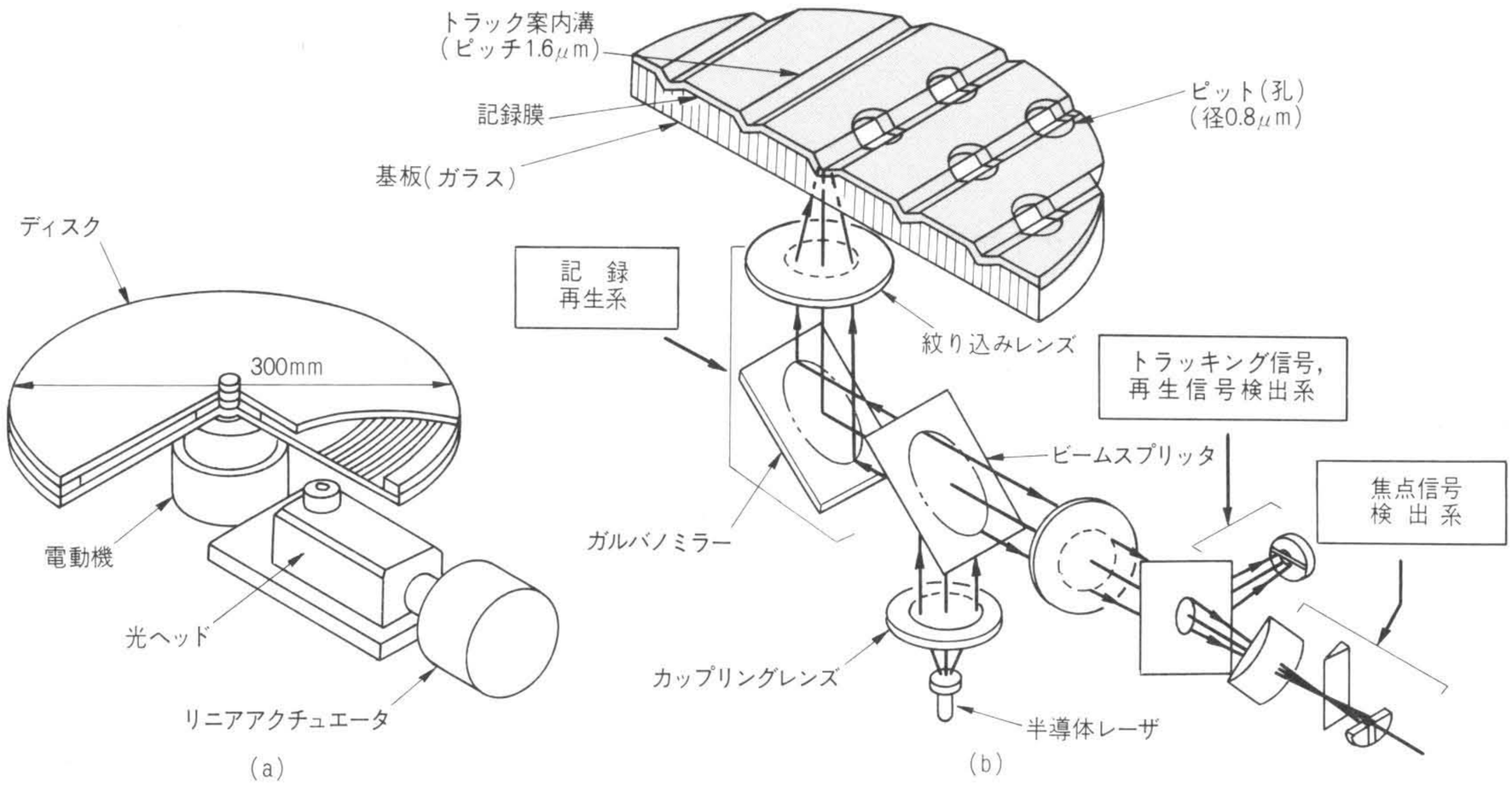
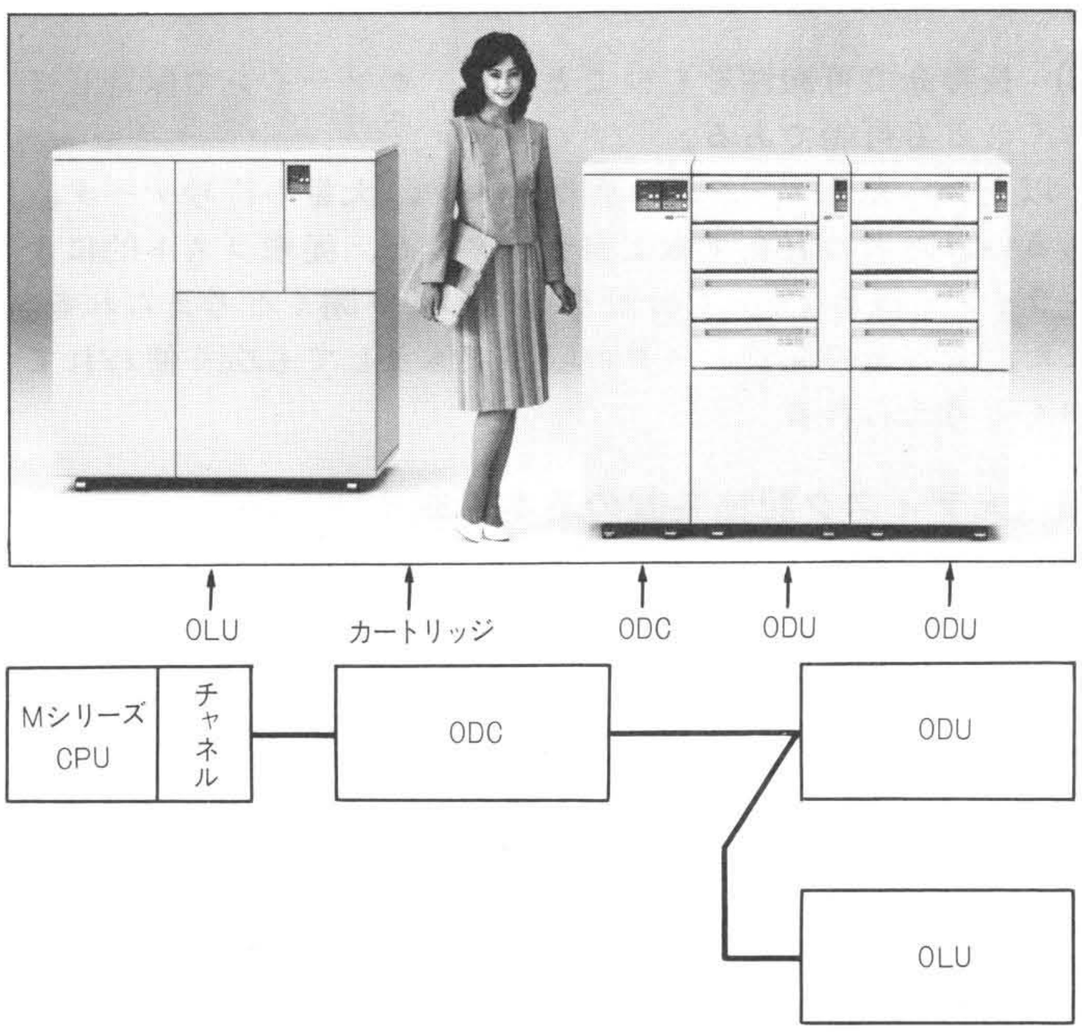


図2 光ディスク記憶装置の基本構成 基本構成要素を(a)に，この中のディスク，ヘッド部分の詳細構成を(b)に示す。



注：略語説明

CPU(Central Processing Unit：中央処理装置)
ODC(Optical Disk Control：光ディスク制御装置)
ODU(Optical Disk Unit：光ディスク駆動装置)
OLU(Optical Library Unit：光ディスクライブラリ装置)

図3 光ディスクのサブシステム構成 光ディスクサブシステムは，ODC(光ディスク制御装置)と，ODU(光ディスク駆動装置)又はOLU(光ディスクライブラリ装置)から成り，きょう体は非常にコンパクトにまとめられている。

表1 光ディスクサブシステムの特徴 光ディスクサブシステムは，大容量，ダイレクトアクセス可能なファイル装置として開発された。省スペース，操作性，信頼性に重点が置かれている。

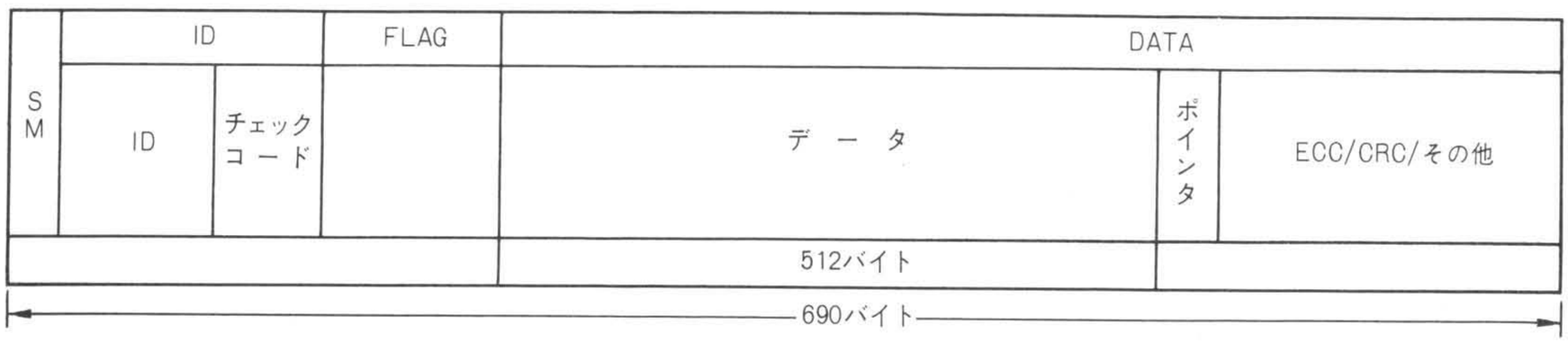
特　　徴	内　　容
大容量である。	2,620Mバイト/円板
	80Gバイト/装置
小形である。	Mバイト当たりの面積比がOLUの場合 対DISKの約$\frac{1}{30}$ 対MTの約$\frac{1}{270}$
ポータビリティがある。	取外し可能
	直径30cm
	重さ1.2kg(カートリッジ込み)
	記録形式が統一されている。
操作性が重視されている。	フロントローディング(ODU)
	自動装塡装置(OLU)
高信頼度である。	磁気テープより良好，磁気ディスクに迫る。
長期保存できる。	10年
ダイレクトアクセスができる。	平均アクセスタイム 0.25秒

られている。光ディスクが磁気ディスクよりも高密度記録できる秘けつは，記録面から離れたエネルギー源によって記録再生できることにある。すなわち，微細な記録面が信号再生のためのエネルギー源とならなくてよいからである。駆動装置の構成を**図2**(a)に示す。スピンドルモータ，光ヘッド，リニアアクチュエータなど，磁気ディスクと同様な構成である。ディスク及び光ヘッドの詳細は同図(b)に示すとおりである。ディスクは直径300mmで，ガラス基板の内側に記録膜をもつ。通常は2面の記録面をもっている。記録面にはあらかじめスパイラル状のトラック案内溝が切られている。光ヘッドの中の半導体レーザから出た光束は，この案内溝に焦点を結ぶ。案内溝からのずれは，焦点信号検出系及びトラッキング信号検出系により逐次検出され，誤差を最小に保つようにフィードバックがかけられている。ディスクへの情報の書込みは半導体レーザの出力を上げ，記録面に熱変化によるピットを形成することにより行なう。情報の読み取りは，このピットの有無を反射光の差により再生信号検出系で検出する。

4 光ディスクサブシステムの特徴

4.1 サブシステム構成

光ディスクサブシステムの構成及び外観を**図3**に示す。サブシステムは，ODC(Optical Disk Control：光ディスク制御装置)とODU(Optical Disk Unit：光ディスク駆動装置)又はOLU(Optical Library Unit：光ディスクライブラリ装置)から成る。ODUは1台のきょう体に最大4台までの駆動部を収容でき，カートリッジに収容されたディスクをフロントローディングによりマニュアル操作で容易に装てんでき，大容量・高速オンラインファイルに最適である。OLUは光ディスクカートリッジを複数枚収容し，自動的に駆動部へのマウント，デマウントが可能であり，ODUより更に大容量のオンラインデータアクセスが可能である。ODU，OLUはODCを通してHITAC M



注：略語説明など　SM(Sector Mark)，ID(ID Field)，FLAG(Flag Field)
DATA(Data Field)，データ(ユーザーデータ)，ポインタ(Pointer)

図4　セクタフォーマット
光ディスクの1セクタは，512バイトのユーザーデータを収容する。

シリーズ汎用コンピュータのブロックマルチプレクサチャネルへ接続される。**表1**に光ディスクサブシステムの特徴を述べる。光ディスクは**2**章でも述べたように，大容量かつダイレクトアクセス可能なファイル装置としての特質に加えて，省スペース，操作性，信頼度に重点がおかれている。光ディスクは常にコンパクトなカートリッジに収容されており，通常のオフィス環境下で，10年という長期保存に耐えられるように作られている。

4.2　制御の特徴

光ディスク記憶装置を，計算機システムに組み込むために最も工夫した点は，大量データを扱うにふさわしい高い信頼度を保障すること，書替え不能であってもファイルハンドリングを行ないやすくすること，及びデータ転送パスの効率を上げることである。

4.2.1　高信頼度の保障

光ディスクの生のビットエラーレートは10^{-6}程度である。これは磁気ディスクに比較して2～3けた高い。一方，符号データを取り扱うためには10^{-12}程度のビットエラーレートを得る必要がある。このために次のような工夫をした。

(1)　強力なECC(Error Correcting Code)を含む冗長性をもたせたセクタフォーマットの採用
(2)　書込み後の読み取りチェック機能(RAW)の採用
(3)　バックアップセクタの概念の導入

図4に光ディスク記憶装置のセクタフォーマットを示す。一つのセクタは512バイトのユーザーデータを収容するが，全体は690バイト長から成り，三つのフィールドに分割している。IDフィールドは各セクタのアドレスを示す。この部分はディスク製造時にあらかじめ記録しておくフィールドであり，ダイレクトアクセスを可能にしている。フラグフィールドには，当該セクタが消去されているか否かを示す消去フラグ，及び既に書込み済みか否かを示す書込み済みフラグを記録できる。この部分の特長は，ユーザーデータとは独立して記録できることにある。データフィールドにはユーザーデータ，制御データ，チェック用データ(ECC及びCRC：Cyclic Redundancy Check)を記録する。ECCはデータフィールド中の最大30バイトまでの誤りを訂正可能である。また，インタリーブ方式[2]の採用によりランダムエラー，バーストエラーいずれに対しても強力である。ECCは修正能力を2段階に切り分けることを可能にしており，書込み後のチェック時と読み取り時とで差をつけることにより，経年変化に耐えられるようにしている。更に，CRCにより訂正誤りのチェックを行なう。

図5に光ディスク記憶装置のトラックフォーマットを示す。トラックはスパイラル状に切られており，内周から内周ガードエリア，バックアップ専用エリア，ユーザーエリア，バックアップエリア，外周ガードエリアに分かれる。トラックの1回転は64セクタに分割しているが，そのうち62セクタをユーザー用に，2セクタをバックアップ用にアサインした。

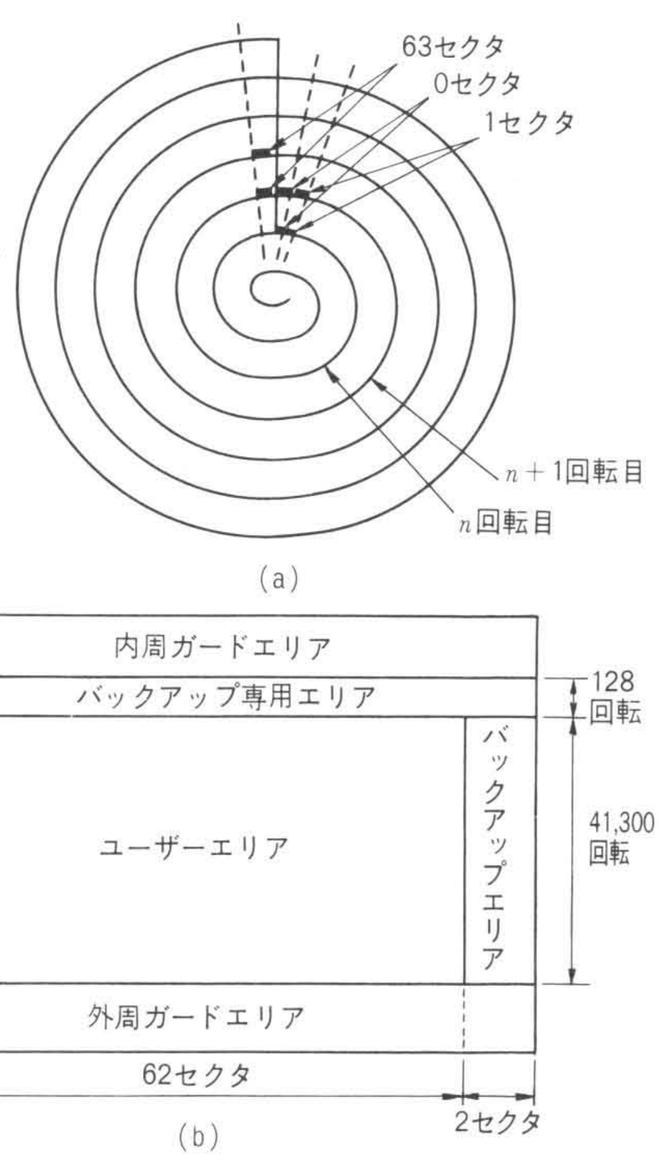


図5　トラックフォーマット　セクタ分割を図(a)に，エリア分割を図(b)に示す。

次にバックアップセクタの概念について説明する。これは書込み時に，書込み後の読み取りチェック(RAW)を行ない，データが正しく読み取れる場合でも，読み取りマージンが不足するセクタに関しては，選択的に二重書きを行なう方式である。

読み取りマージンの不足は，例えば前述したように，ECCの修正能力に差をつけることにより検出する。すなわち，書込み後の読み取りチェック(RAW)時には，ECCの修正能力を落としてチェックを行ない，そのセクタに誤りがあれば，バックアップセクタに同一データを書く。読み取り時はECCの修正能力をフルに発揮させて読み取る。したがって，書込み時にバックアップセクタをアサインされたセクタも読み取り時に正常に読み取れる可能性が大きい。従来はエラーのあるセクタを不良セクタとし，交代セクタをアサインするので，性能劣下を招くなどの欠点があったが，このバックアップセクタの概念により，ほとんど性能劣下を起こすことなく，経年変化などの信頼度低下に対処できる。以上述べたように，強力なECC及びバックアップセクタの概念を導入することにより，光ディスクを十分符号データの蓄積に使用可能な信頼度にしている。

4.2.2　書替え不能に対する配慮

光ディスクが書替え不能であるために発生する問題として，次のようなことが考えられる。

(1) 以前書き込んだセクタへ誤って二度書きして，そのエリアを破壊して再生不能としてしまう。
(2) データ書込み中に一時的エラーが発生すると，途中まで書いたデータが無駄になってしまう。
(3) データファイルとして使う場合，ラベル情報の更新ができない。

以上のような欠点を解決するため，**表2**に示すような工夫を行なった。まず同一エリアへの二度書きを防ぐため，書込み済みフラグを設けた。セクタへのデータ書込み直前に，このフラグの有無をチェックする。書込み済みフラグ自身は読み取りチェック(RAW)実行時に書き込むことにより，書込み動作以前のチェックのための無駄な回転を防いだ。次にデータ書込み途中で，ドライブのシークエラーなどの一時的エラーが発生した場合，エラーの発生以前に書き込んだ正常なセクタも管理上利用できなくなってしまう。光ディスクが画像データのように，1回の命令で長大データを扱う可能性の大きいことを考えると，このことを無視できない。この問題を解決するため，光ディスクサブシステムではREWRITEという特殊コマンドを設けた。書込み途中でエラーが発生した場合，ホストCPU(中央処理装置)のソフトウェアが，このコマンドを発行して同一データを頭から転送すると，サブシステム側は，既に正常に書き込んだセクタはデータを受け取るだけで書込みを行なわず，未書込みのセクタから書込みを行ない，中断したセクタに対してはバックアップセクタをとっておく。これにより，書込み中のエラーに対するソフトウェアの回復法の負担を大幅に軽減している。

次に，光ディスク記憶装置をデータファイルとして使う場合，ディスクの中の個々のデータの削除，更新などを実行したい場合がある。この削除，更新を可能にするため，光ディスクではフラグフィールドに削除フラグを設けた。すなわち，ソフトウェアは削除したいセクタに対し，削除コマンドを発行すると，サブシステムは既に書き込まれたデータとは独立に当該セクタに削除フラグを書き込む。削除フラグのあるセクタは読み取り時，削除セクタとみなされる。この機能は，特にインデックス情報，ラベル情報に対して使用することにより，実データをすべて消去するのに比較して性能向上が期待できる。

4.2.3 多重読み取り・書込み制御

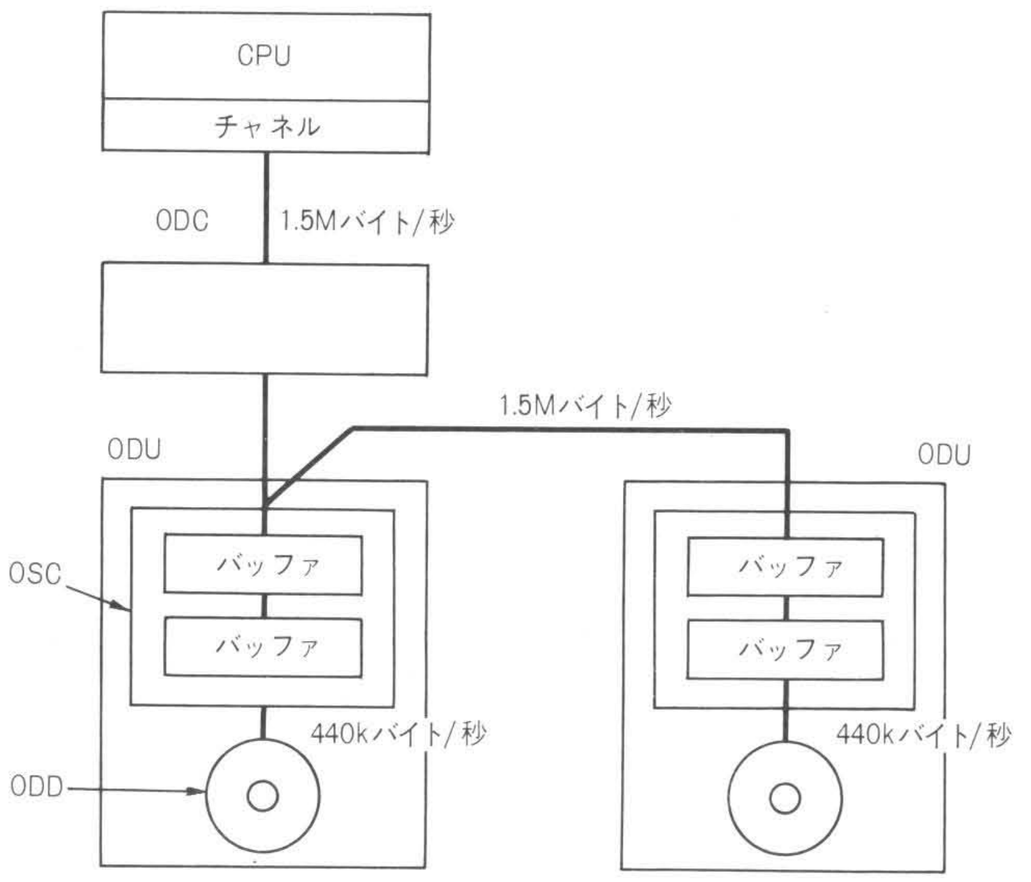
光ディスクの瞬時の最大データ転送速度は440kバイト/秒である。一方，HITAC Mシリーズのチャネルのデータ転送速度は通常のチャネルで1.5Mバイト/秒，高速転送モードで3Mバイト/秒である。したがって，光ディスクサブシステムでは**図6**に示すように，ストリング制御部(OSC)に2トラック分のバッファを設け，チャネル～ODC～OSC間を1.5Mバイト/秒で転送することにより，複数のOSC間でチャネル～ODC間のパスを1トラックごとに時分割して占有し，多重で読み取り，書込みを可能にした。これは従来の磁気ディスクにもない機能で，そのためにチャネル～ODC間のコマンドの組合せ方に工夫が施されている。

5 HIOFIS(日立オフィス情報処理システム)と光ディスク

オフィスでの事務作業の機械化を実現し，生産性向上を目的として，HIOFIS(日立オフィス情報処理システム)が開発された(**図7**)。HIOFISは文字・数値情報，テキスト情報，図形・グラフ情報，画像情報などの多種情報を統合的に扱うことを目的としたシステムである。HIOFISを支える技術としては，次の技術に分類できる。

表2 書替え不能による問題点と対策 書替え不能による問題点を，バックアップセクタ概念，REWRITEコマンドのサポート，各種フラグのサポートなどにより解決した。

項番	書替え不能による問題点	⇨	解決策
1	あらかじめ，セクタの状態をテストしておくことが困難。	⇨	● リードアフタライト機能の必要化とバックアップセクタ概念の導入
2	書込み済みセクタへ，誤って二度書きすると，そのセクタは再生不能となる。	⇨	● 書込み済みフラグのサポート
3	書込みの途中でエラーが発生すると，途中まで書いたデータが無駄になる。	⇨	● データバッファの採用 ● REWRITEコマンドのサポート
4	データの削除更新ができない。	⇨	● 消去フラグのサポート



注：略語説明
OSC(Optical String Control：光ディスク接続装置)
ODD(Optical Disk Drive：光ディスク駆動装置)

図6 光ディスク多重読み取り・書込み構成 複数のOSCでチャネル～ODC間のパスを時分割で専有し，多重読み取り・書込みを行なう。

(1) プロセッシング……オフィス情報の処理
(2) ファイリング……オフィス情報の蓄積・整理
(3) コミュニケーション……オフィス情報の伝達
(4) オフィスユーザーインタフェース……オフィス情報に対する操作

これらを実現するため，各種のハードウェア及びソフトウェアを開発した。

図7にHIOFISのハードウェア構成例を示す。

光ディスクは上記(2)のファイリングのための大容量媒体としての中枢を占める。中央のコンピュータシステムでは，6章に示すソフトウェアが用意されている。また，(4)のオフィスユーザーインタフェースを支えるワークステーションとして，また中央コンピュータの端末としても使えるT-560/20マルチワークステーション及び電子ファイリング専用マシンHITFILE60があるが，この両者でもメインファイリング装置として光ディスクをサポートしている。

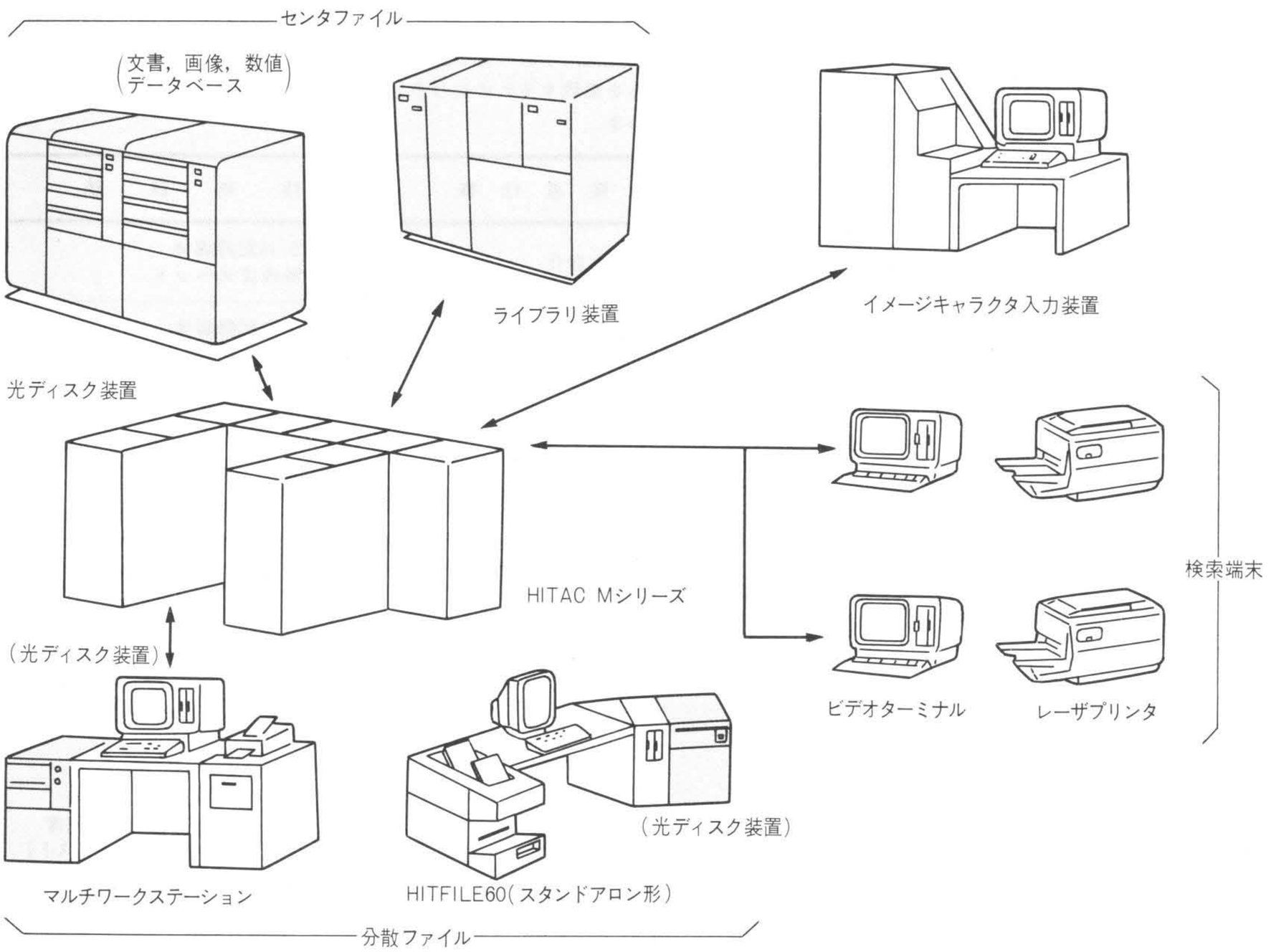


図7　HIOFISのハードウェア構成例　光ディスク装置は，ファイリング装置として中央の大形システムから端末システム，オフラインシステムに至るまで広くサポートされている。

6　ソフトウェアサポート

HITAC Mシリーズの汎用計算機では，VOS3(Virtual Operating System3)及びVOS1/ES(VOS1/Extended System)で光ディスクをサポートしている。当初はHIOFISのファイリング装置として，画像処理分野を中心にサポートする。VOS3での光ディスクサポートソフトウェアの構成を**図8**に示す。ODAM(Optical Disk Access Method：光ディスクアクセス法)は，光ディスク固有のデータ形式をサポートする専用アクセス法であり，画像・文書・符号データなどすべてのデータ処理を対象としている。ユーザープログラムはキー(メンバー名)によるアクセス，相対セクタ番号によるアクセスの二通りが可能であり，セクタ単位(複数セクタも可)のデータ受渡しを可能としている。

OLU管理機能は，OLU※)の各セルにセットされた光ディスクボリュームの状態を管理する。ジョブ管理がジョブのリソース割当て時，当該ボリューム(ディスク)をマウントし，ジョブ終了後リソース解放時，デマウントする。

FIGURE(画像データ管理プログラム)により，ユーザープログラムがFIGUREファイル中の画像データへのアクセスを可能にする。また，光ディスク中のインデックスを磁気ディスクへ取り込み，高速アクセスを可能にしている。

5章でも述べたように光ディスクは幅広いシステムで利用されるが，システム間での互換性を重視して，統一したデータ形式を定めた。**図9**に示すように，光ディスク一面を一ボリュームとし，これをシステム使用領域，ボリュームラベル領域(VOL1)，データセットラベル領域(HDR1)及びデータセット領域に分ける。データセット領域は，更にインデックス

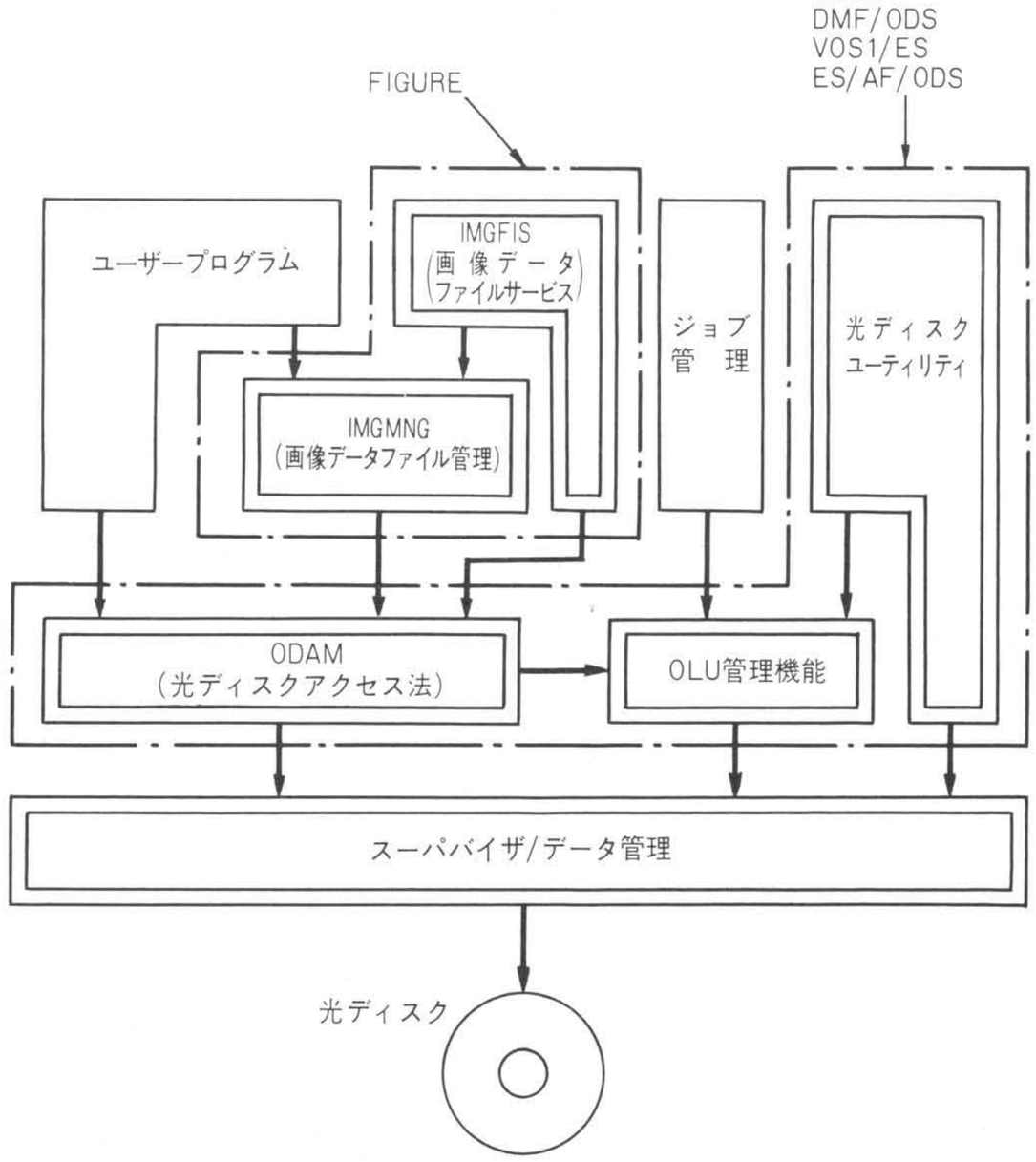


図8　光ディスクサポートソフトウェア　光ディスクへのアクセスメソードとして，ODAM(Optical Disk Access Method)がサポートされた。

※)　OLU(Optical Library Unit)：光ディスクを複数枚収容し，自動的にドライブへのマウント，デマウントを行なう装置である。

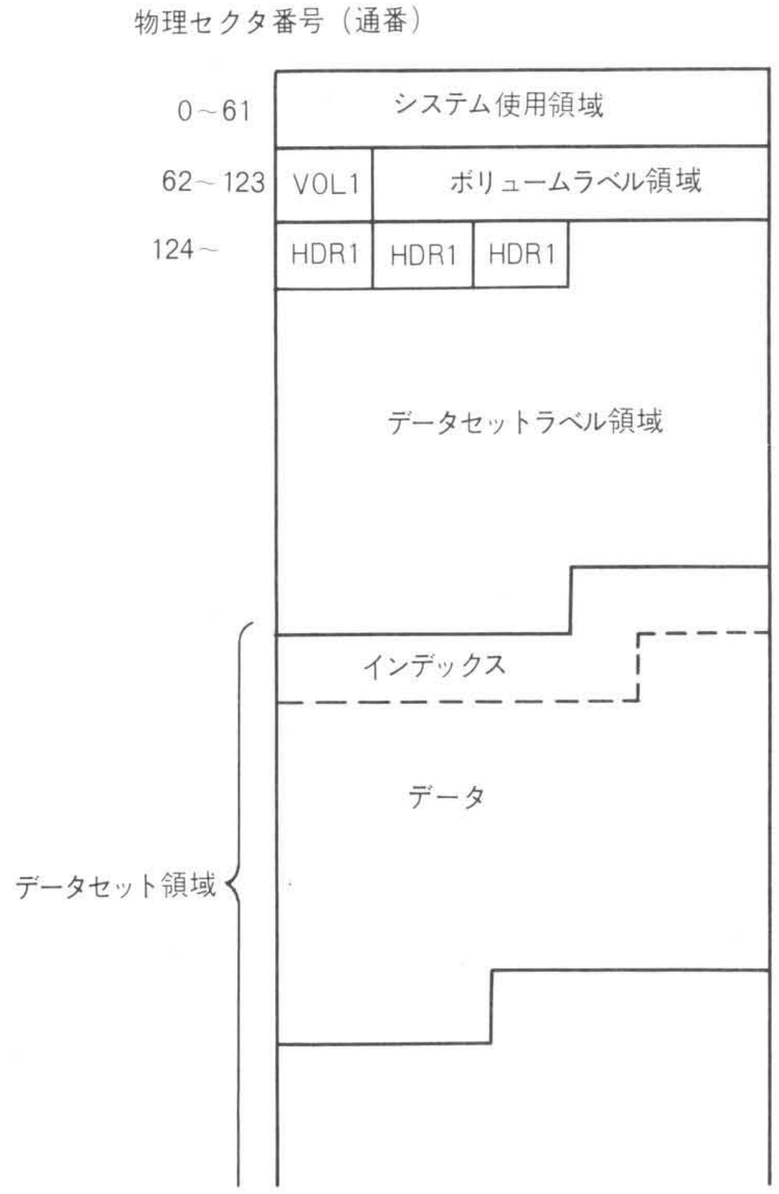


図9　光ディスクデータ形式　光ディスク上の目的データは，VOL 1→HDR 1→インデックス→データの順に，順次ポイントされてアクセスされる。

領域とデータ領域に分かれる。VOL 1 領域は固定であるが，HDR 1 領域はVOL 1 領域からポイントできる。目的のデータは，VOL 1，HDR 1，インデックスによって順次ポイントされ，データに対するダイレクト高速アクセスを可能にしている。

7　光ディスクに対する要求仕様と将来方向

今回の光ディスク記憶装置の開発により，**図1**で示したように，記憶階層システムの中の新しい分野を創成した。今後計算機システムから強く要求されると考えられる仕様と技術課題を**表3**及び**図10**に示す。大容量化，高速化，可逆化いずれも技術的課題はあるが，解決へ向けて確実に進んでゆくと考えられる。3章でも述べたように，光ディスクは媒体自体がアクティブなエネルギー源となる必要がなく，磁気ディスクよりも高い記録密度をもつことができる。特に可逆化が実現されれば**図10**に示すように，大量のオンラインデータベース用記憶装置として，磁気ディスクとともに主流をなしてゆくと考えられる。

また，画像処理，文書処理などマンマシンインタフェースに関する大量データの処理を考えた場合，システムとして発展するためには，単に光ディスク記憶装置の進歩だけでなく，入出力装置(高速画像データ入力装置，高解像度ディスプレイ，高速プリンタなど)や通信回線の性能向上が必要と考える。

8　結　　言

光ディスクは高度のオプトエレクトロニクス技術，材料技術などにより，大容量ファイルとして実用化されるに至った。これに加えバックアップセクタの概念の導入など，制御装置に高度のエラー回復法を盛り込み，更に書替え不能の特性をカバーする機能を設けることにより，コンピュータシステムで高信頼度で稼動させ，かつハンドリングしやすい形態にすることができた。光ディスク記憶装置をHIOFIS(日立オフィス情報処理システム)で統一的にサポートした。すなわち，大形汎用コンピュータ用OS(オペレーティングシステム)でサポートするとともに，端末システム，更にオフラインシステム(HITFILE60)でもサポートを行なった。また，光ディスクへの記録データ形式を統一して，幅広いシステムで光ディスクファイルを利用できるようにした。光ディスクが画像処理用ファイルとして伸びてゆくためには，関連する入出力装置，通信回線の高性能化を考えてゆかねばならない。光ディスクに限って言えば，今後更に大容量化，高速化を行なうとともに，可逆特性をもたせることが期待できる。これらの実現化により，更に幅広い応用分野が開けると考えられる。

表3　光ディスクに対する要求仕様と技術課題　光ディスクには更に大容量化，高速化，小形・低コスト化が望まれる。また，可逆化への期待も大きい。これらを実現するためには多くの技術課題があるが，確実に実現してゆくと考えられる。

項番	要求仕様	技術課題
1	大容量化	● 高S/N記録媒体 ● 高解像度光ヘッド
2	高速化	● 高感度記録媒体 ● 高出力半導体レーザ
3	可逆化	● 高信頼可逆記録媒体 ● 消去機能付光ヘッド
4	小形・低コスト化	● 簡易構造ディスク ● 超小形光ヘッド

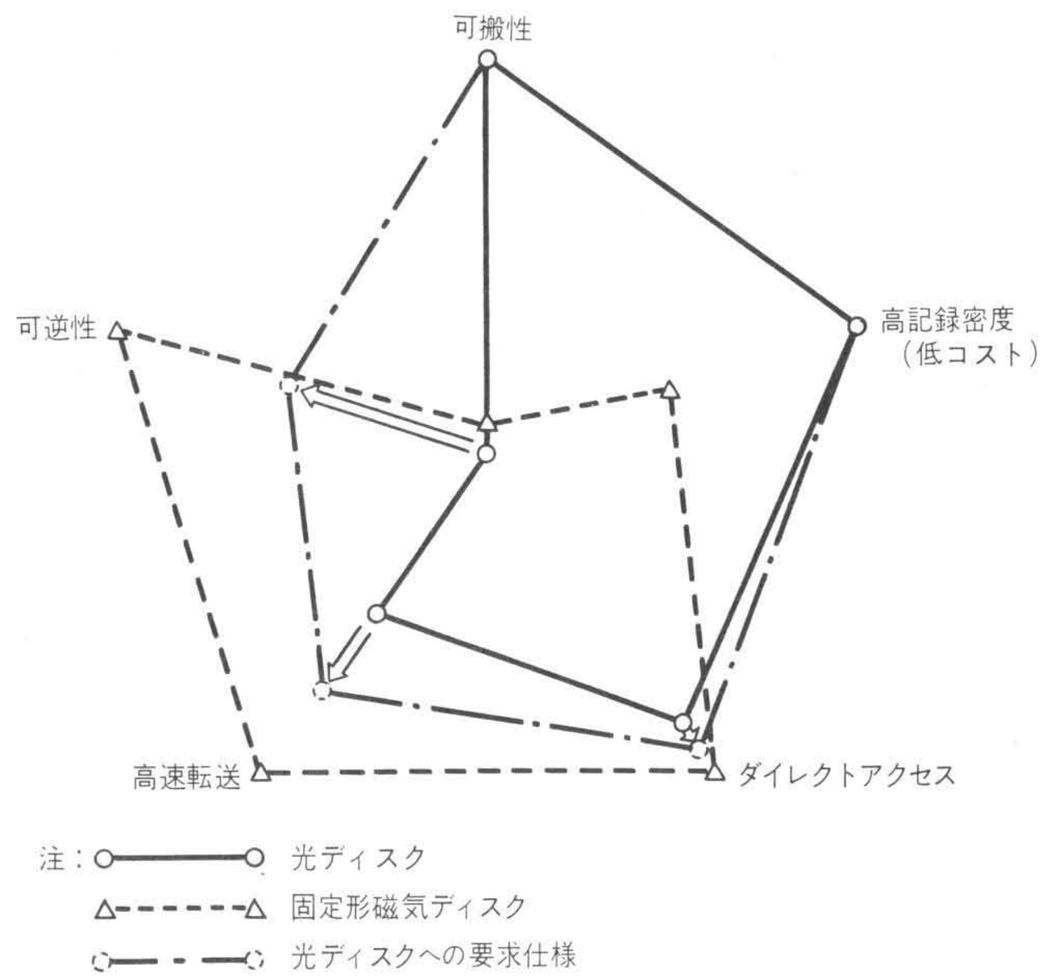


図10　光ディスクファイルの特性　光ディスクは低コストの検索媒体として広く使われると考えられる。また，可逆化により，大規模データベースのファイル装置として磁気ディスクとともに主流をなしてゆくと考えられる。

参考文献

1) 角田，外：大容量光ディスクファイル，日立評論，**65**，10，691～696(昭58-10)
2) 角田，外：コード情報の記録が可能になった大容量光ディスク・ファイル装置，日経エレクトロニクス，189～213 (1983-11.21)