

## 2ヘッド光磁気ディスクドライブの開発

水 谷 修 三  
 藤 尾 一 幸  
 川 崎 達 男

## Development of a Two-Head Magneto-Optical Disk Drive

Shuzo MIZUTANI  
 Kazuyuki FUJIO  
 Tatu KAWASAKI

A magneto-optical disk drive of high data transfer ability has been developed, in which a parallel data transfer system with two optical heads, disk rotation speed of 3,600 rpm and VME bus are adopted to achieve the high data transfer rates. A newly developed actuator makes it possible to use a 5.25 inch ISO cartridge. In order to enhance the efficiency of data writing and reading, the recording area of the disk is divided into two.

This new two-head drive system was applied to the filing of X-ray medical image data and a data transfer rate of 1.5 MByte/sec was achieved.

## 1. はじめに

光磁気ディスクは従来の記録媒体と比較し、記憶容量の大きさ、可搬性から将来性が期待されている。現在、光磁気ディスクドライブの研究開発が各社により積極的に進められている。しかし、データ転送速度をハードディスクドライブと比較すると、現在まだ満足できる速度に達していない。データ転送速度の高速化については各社により、ディスク回転数を 1,800 rpm から 3,600 rpm に上げる、高密度記録を行う、マルチビーム光ヘッドを用いるなど数多くの研究が試みられている<sup>1-4)</sup>。

本研究においては大容量データの高速転送を実現することを第一目標として光磁気ディスクドライブの開発を行なった。データ転送速度の目標値を、従来の光磁気ディスクドライブ（ディスク回転数 1,800 rpm）の4倍、2 MByte/sec に設定した。本光磁気ディスクドライブの

特徴は、2ヘッドを採用し、かつ、入手が容易で安価な 5.25インチ ISO 標準カートリッジの使用を可能としたことにある。

データ転送速度 2 MByte/sec は、2ヘッドによるデータ並列処理、ディスク回転数 3,600 rpm、VME Bus の採用により実現を図った。標準カートリッジ窓枠内（幅 40 mm）において2つのアクチュエータを動作させるため、光学ヘッドを分離型とし、小型アクチュエータを新規に開発した。また、アクチュエータの小型、軽量化により、アクセス時間の短縮をねらった。

物理フォーマットは、5.25インチ ISO 標準カートリッジの規格に準拠した。2ヘッドによるデータ処理を効率良く行なうため、ディスク全面を8ブロックに分割し、各ヘッドがそれぞれ内周/外周の4ブロックを受け持つようにした。処理すべきデータの消去/記録/再生を2ヘッドが並行処理しながら行なう。なお、今回の2ヘッ

ド光磁気ディスクドライブでは、ユーザ側からみたデータのやりとりは従来のドライブと同様であり、2ヘッドがみえないようになっている。

本2ヘッド光磁気ディスクドライブの応用分野として、大容量の画像データを取り扱う医療、放送、印刷などが考えられる。本研究では、X線医療画像ファイルシ

ステムへの応用について検討を行なった。

## 2. アクチュエータ

Fig. 1 に5.25インチ ISO 標準カートリッジを示す。窓枠の大きさは40mmとなっており、2ヘッド光磁気ディスクドライブを実現するには小型のアクチュエータが必要となる。本研究においては、アクチュエータの最大幅を19mmとし、窓枠内に2個のヘッドを納めた。

さらに、回転数を従来の1,800rpmから3,600rpmとするためにはアクチュエータのフォーカス、トラッキング周波数特性の共振周波数を1,800rpmの時より高くする必要がある。アクチュエータのダンパー材質、サスペンションワイヤー材質、磁気回路等に改良を加えることにより必要とされる周波数特性を実現した。

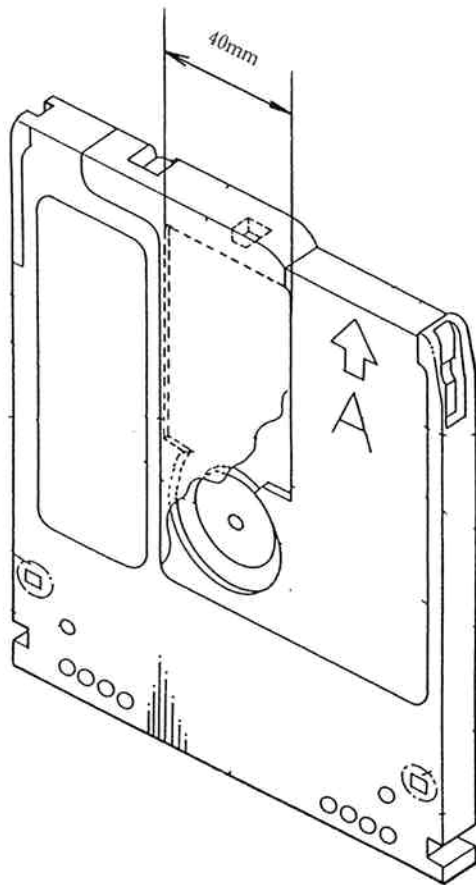


Fig. 1 5.25 Inch ISO Magneto-Optical Disk Cartridge.

Table 1 An Actuator Spec.

項目	仕様値	
	フォーカシング	トラッキング
可動範囲	$\geq \pm 0.8 \text{ mm}$	$\geq \pm 0.6 \text{ mm}$
有効可動範囲	$\geq \pm 0.5 \text{ mm}$	$\geq \pm 0.4 \text{ mm}$
光軸倒れ角度	$\leq 0.2^\circ$ (可動中点にて)	
電流感度	$\geq 30 \text{ G/A}$	$\geq 20 \text{ G/A}$
低域共振周波数	$70 \pm 10 \text{ Hz}$	$70 \pm 10 \text{ Hz}$
低域共振の鋭さ	$\leq 20 \text{ dB}$	$\leq 20 \text{ dB}$
高次共振周波数	$\geq 30 \text{ KHz}$	$\geq 40 \text{ KHz}$
位相遅れ	$\leq 190^\circ$ (4 KHz)	$\leq 190^\circ$ (6 KHz)
コイル直流抵抗	$10 \pm 1 \Omega$	$10 \pm 1 \Omega$
コイルインダクタンス	300 $\mu\text{H}$ 程度	50 $\mu\text{H}$ 程度

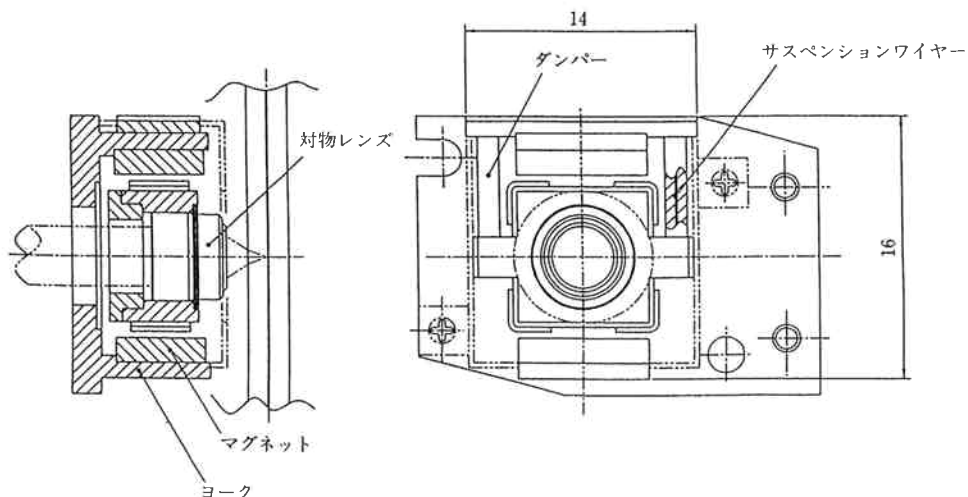


Fig. 2 An Actuator.

Table 1, および Fig. 2 に今回新規開発したアクチュエータの仕様, および寸法を示す。

### 3. 光 学 系

Fig. 3, および Photo. 1 にドライブ全体の様子を示した。Fig. 3 から明らかなように, 今回採用した光学系には固定光学部・可動光学部が左右対称な位置にそれぞれ1組配置されている。

#### 3-1. 固定光学部

エラー検出系には非点収差法を, レーザー波長は 830 nm を採用した。組立て時を考慮し, 調整の必要な箇所はすべて両サイドに配置した。レーザ, およびコリメータレンズは1つの筐筒に組み入れて一体とした。なお, レーザの筐筒への取り付けには2軸調整が可能な取り付け方法を採用した。

#### 3-2. 可動光学部

可動部にはアクチュエータと立ち上げミラーのみを搭載し, 小型・軽量化を図った。立ち上げミラーには調整が容易であり, 容量が小さい理由より直角プリズムを採用した。シーク駆動源は小型化を実現するために, リニアモータは片翼 VCM とし, さらに可動部の受けは中央レールを共有した3本レール方式とした。

### 4. 検出系の配置

Fig. 4(a), (b) に可動光学部が外周 (60 mm) から内周 (29 mm) に移動した時に2分割フォトダイオード上において検出されるレーザービームの位置関係を示した。

光学ヘッドが1個の場合には, 光学ヘッドがディスクの中心線を移動することが可能である。2分割フォトダイオード上で検出されるビームは, フォトダイオードの分割線に対し上下対称な位置で検出される。しかし, 光学ヘッドを2個とした場合には, 可動光学部がディス

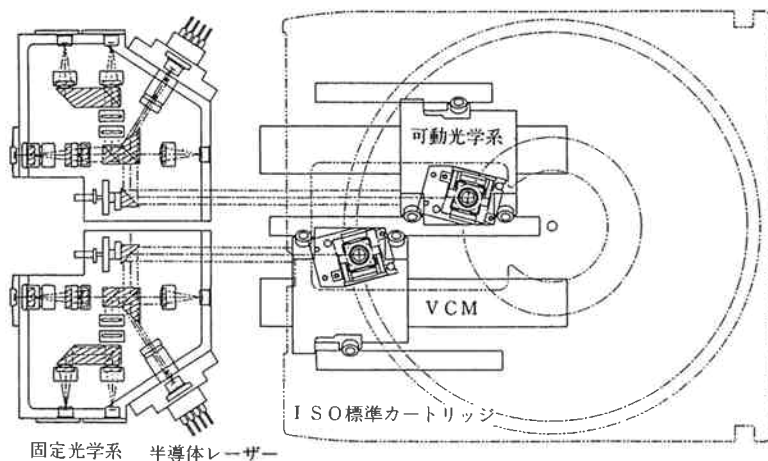


Fig. 3 A Drive Unit.

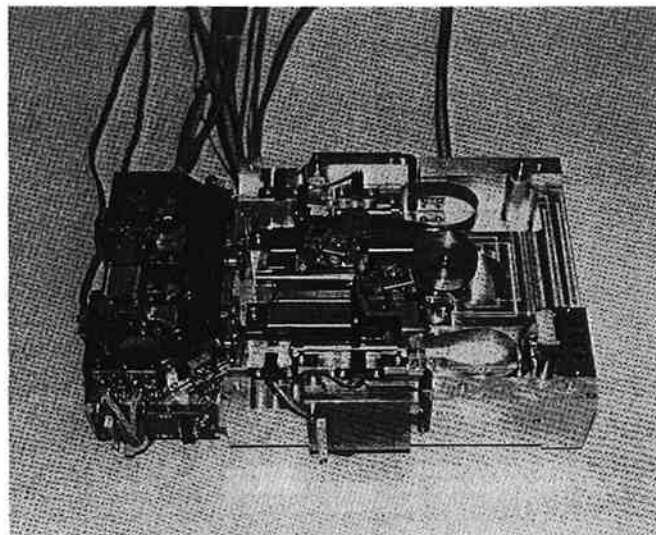


Photo 1 A Photograph of A Two Head Magneto-Optical Disk Drive Unit.

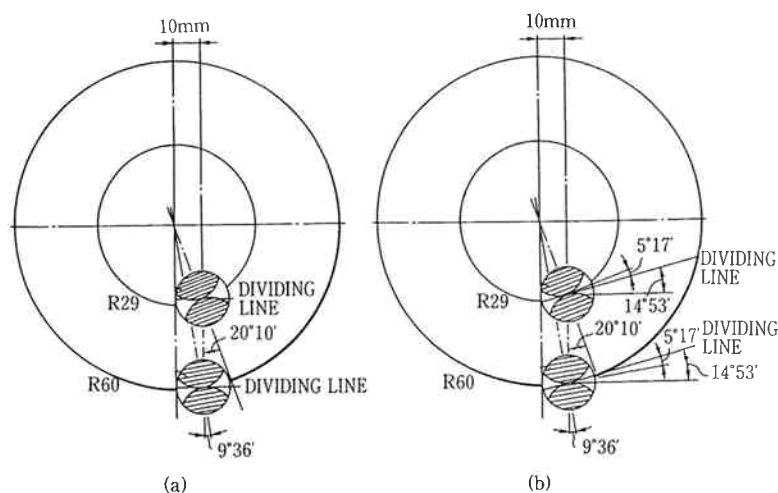


Fig. 4 An Arrangement of A Photodetector.

クの中心線上を移動できなくなるため、フォトダイオードの分割線に対するビームの上下対称性が保証されなくなる。この様子を Fig. 4(a) に示した。外周に光学ヘッドが移動した時には、検出ビームは分割線に対して $9^{\circ}36'$ 傾く。同様に、内周の時には $20^{\circ}10'$ の傾きが発生する。このような現象はサーボ特性に対する不安定要因となるため解決する必要がある。Fig. 4(b) に今回我々が採用した解決法を示した。この方法は内周/外周で発生するビームの傾きを、それぞれ内周/外周で均等になるように検出器を傾けるものである。今回検出器の設定角度を内周/外周の平均値である $14^{\circ}53'$ とし、良好な結果を得た。

## 5. 外部磁界

外部磁界の印加方法については電磁石による方法を採用した。主な理由としては、①速度応答性が永久磁石と比較し優れている、②印加磁界強度の調整が比較的容易であること等が挙げられる。今回設計した外部磁界装置の仕様を Table 2 に示す。特に、設計を進める上では光学ヘッド同様、2個の電磁石を窓枠 40 mm 内に納めるための小型化、発熱による磁界強度の低下、2個の電磁石による磁界の干渉が起らないように注意を払った。

## 6. レーザ出力制御回路

光磁気ディスクドライブでは、消去/記録/再生時における半導体レーザー出力を正確に制御する回路が必要である。すなわち、①再生時には低パワーで安定にレーザー駆動を行なう、②消去/記録時にはデータの消去/記録を行なうために高パワーでレーザー駆動を行なう、③消去/記録時にもプリピット部ではプリピットデータを再生するため低パワーでレーザー駆動を行なうためである。

今回採用したレーザー出力制御回路を Fig. 5 に示した。この回路は、時定数の短い第1ピークホールド回路と時定数の長い第2/第3ピークホールド回路より構成されている。記録モードの際には第1ピークホールド回路からの出力を基にレーザー出力の制御を行ない、再生モードの際には第2ピークホールド回路からの出力を基にレーザー出力の制御を行なうものである。さらに、消去モードの際には第3ピークホールド回路からの出力を基にレーザー出力の制御を行なう。この回路の採用により、今回の装置で安定したレーザー出力を得ることが可能となった。

## 7. トラック横断速度の検出

今回のドライブにはトラック横断速度を検出するための方法として ROM テーブル参照法を採用した。

Fig. 6 に横断速度検出回路のブロック図を示した。今回採用した方法はトラッククロス信号を利用して、光学ヘッドが  $n$  個のトラックを横断するのに要する時間を計測し、次に、その逆数を与える ROM テーブルを引いて、トラック横断速度を検出するものである。上記“ $n$ ”は、速度検出の間隔が常に所定の時間範囲内に収まるよ

Table 2 An External Magnet Spec.

項目	仕様値
磁界強度	410 Oe 以上
立ち上がり時間	10 msec ( $-350$ Oe $\rightarrow$ $+350$ Oe)
コイル導体径	$\phi=0.3$ mm
コイル巻数	1,300
コイル直流抵抗	約 21 $\Omega$
消費電力	約 2.8 W

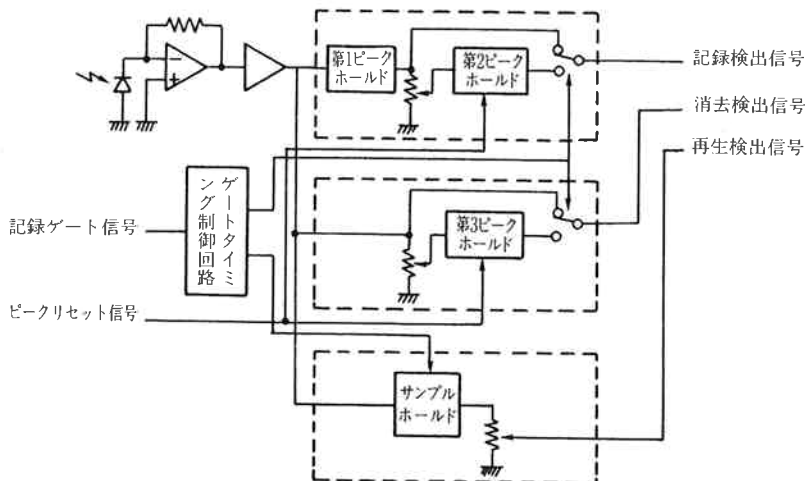


Fig. 5 A Block Diagram of Laser Power Control Circuit.

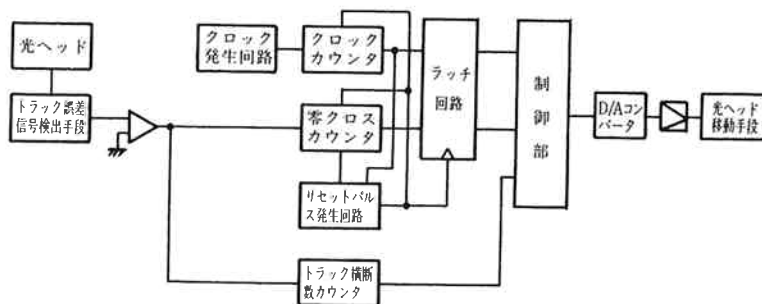


Fig. 6 A Block Diagram of Head Speed Control Circuit.

りに横断速度の関数として定めた。この方法の採用により、CPU が横断速度を算出するために必要な時間を確保すること、さらに所定のサーボ帯域を確保することが可能となった。

### 8. データ記録/再生

本研究においては2個の光学ヘッドの制御を工夫することにより情報の記録/再生を効率的に行ない、大容量のデータを高速で転送できることを可能としている。次に、今回採用したデータの記録/再生の方法について説明する。

光磁気ディスクの全記録領域を Fig. 7 に示すように、内周側と外周側に2分割する (Ra, Rb)。内周側の記録領域はヘッドAによりアクセスされ、外周側の記録領域はヘッドBによりアクセスされる。記録領域の最内周側、および最外周側には欠陥セクタを管理するための DMA (Defect Management Area) を設ける (Rad, Rbd)。記録領域から DMA 領域を除いた部分がユーザ領域となる (Rau, Rbu)。

Fig. 8 にレイアウトの詳細を示す。光磁気ディスクは第0トラックから第18,751トラックで構成され各トラ

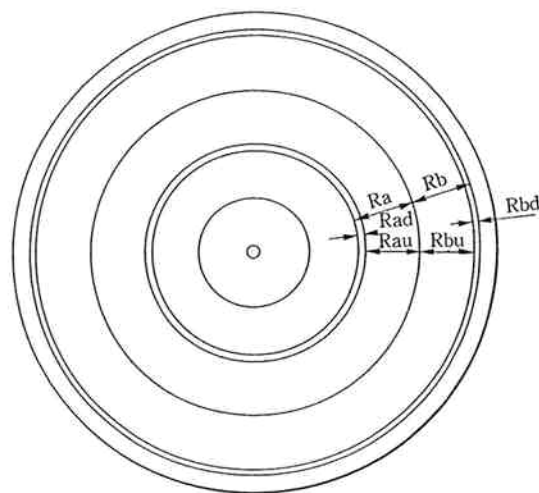


Fig. 7 A Recording Area of a Magneto-Optical Disk.

ックは17個のセクターより構成されている。第0トラック、第0セクターは DDS (Defect Definition Structure) の記録領域であり、ディスクの構造に関する情報が記録されている。第0トラックの第1セクターから第7セクターまでは PDL (Primary Defect List), SDL (Secondary Defect List) の記録領域である。PDL は光磁気デ

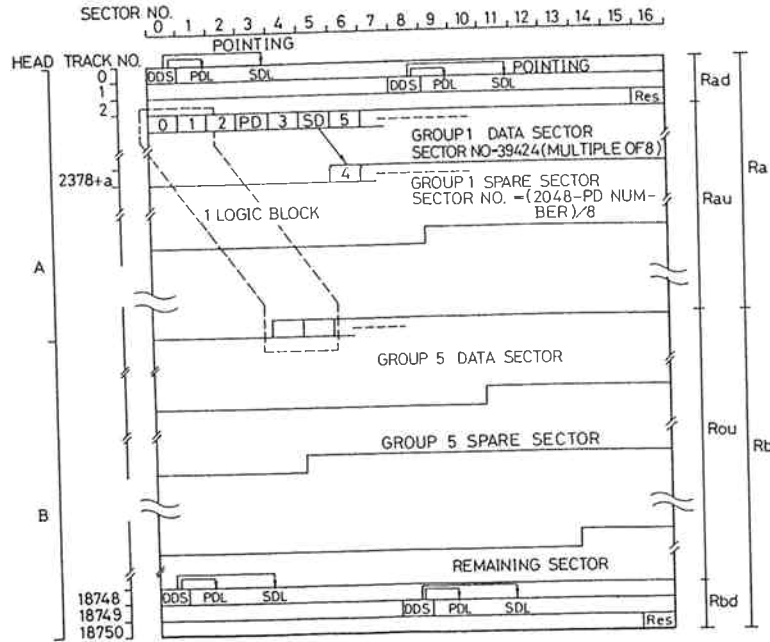


Fig. 8 A Format Arrangement.

MAGNETO-OPTICAL HEAD A  
RECORDING AREA Ra  
(GROUP 1)

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
5	34	35	36	37	38	39	40	PD	41	42	43	44	45	46	47	48	49
6	50	51	SD	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
7	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
8	84	85	86	PD	87	88	89	SD	91	92	93	94	95	96	97	98	99
9	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
10	SD	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127			52	90	112	
11																	
12																	

MAGNETO-OPTICAL HEAD B  
RECORDING AREA Rb  
(GROUP 2)

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
n+1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PD	32
n+2	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
n+3	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	SD	63	64	65	66
n+4	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
n+5	84	85	88	87	88	89	90	91	PD	92	93	94	95	96	97	98	99
n+6	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	PD	111	112	113	114	115
n+7	116	117	118	119	120	121	122	123	SD	125	126	127			62	124	
n+8																	
n+9																	

Fig. 9 A Recording Process of Continuous Data.

ディスクをフォーマットする際に検出された欠陥のあるセクタのリストであり、SDL は実際の記録時に検出された欠陥である二次欠陥のあるセクタのリストである。

ユーザ領域全体は内周/外周側がそれぞれ4グループに分割されている。各グループは、データを記録するために設けられたデータセクタと、データセクタ中の二次欠陥セクタの代替セクタとして設けられたスペアセクタより構成されている。データセクタ中に二次欠陥セクタがあると、その二次欠陥セクタの代わりにスペアセクタにデータが記録される。

Fig. 9 に内周/外周側にそれぞれ128セクタ分のデータを記録した状態を示した。フォーマット時に一次欠陥が検出されると、その一次欠陥セクタは論理空間から排

除され、あたかも存在しなかったように取り扱われる。例えば、第5トラック第7セクタは一次欠陥セクタであるので、第5トラック第6セクタに続く次のデータは第5トラック第8セクタに記録される。なお、この一次欠陥に関する情報は DMA 領域に PDL として記録される。

実際の記録/再生時に二次欠陥が検出されると、この二次欠陥セクタを論理空間から排除することはできないため、同じグループのスペアセクタに記録される。例えば、第6トラック第2セクタに二次欠陥が検出され、データが記録できない際には、スペアセクタの先頭である第10トラック第13セクタが代替セクタとなり、データが記録される。なお、この二次欠陥に関する情報は DMA

領域に SDL として記録される。

本ドライブにおいては次の手順でデータの記録/再生が行なわれる。記録すべきデータDをセクタ容量を単位としてデータd1, データd2, …のように分割する。まず, 最初のデータd1は内周側のヘッドにより第5トラック第6セクタに記録される。次のデータd2は外周側のヘッドにより第n+2トラック第7セクタに記録される。次のデータd3は再び内周側のヘッドにより, 一次欠陥を飛ばして第5トラック第8セクタに記録される。次のデータd4は外周側のヘッドにより, 第n+2トラック第7セクタに続く第8セクタに記録される。以下同様にして連続データの記録が行われる。

このように連続データを2つの光学ヘッドに振り分けて記録することにより記録時間を半分にすることが可能

となる。再生時は, 上に述べた動作の逆を行なうことにより再生時間を半分にすることが可能となる。

さらに, 本ドライブはディスク回転数を従来のドライブの 1,800 rpm から 3,600 rpm に上げており, 4倍のデータ転送が可能となる。

## 9. X線医療画像ファイルへの応用

### 9-1. システム仕様

今回開発したドライブのX線医療画像ファイルへの応用を行なった。医療画像はX線画像に代表されるように, 記録に大容量を要するものが多い。しかし, 従来のドライブはデータ転送速度が遅く, 読み出しに時間を要する。例えば, 1枚のX線フィルムのデータは約 10 MByteであり, これを従来のドライブ(データ転送速度約

Table 3 A Filing System Spec.

イ メ ー ジ コ ン ト ロ ー ラ	C P U		マイクロプロセッサ
	メ モ リ		主記憶装置, イメージメモリ
	Operation Interface		KEY BOARD
	光磁気ディスク	サイ ズ	ISO 標準5.25" (1024 Byte)
記憶容量		600 MByte (両面)	
フィルム枚数		半切り60枚 (圧縮なし)	
イ メ ー ジ デ ィ ス プ レ ー	モニターサイズ		20"
	モニター表示色		モノクロ
	モニター数		1台
	走査方式		70 Hz インターレース
	表示階調		256階調
	表示分解能		2,048×2,560
	画像メモリー		8 Mピクセル (12 Bits/1 ピクセル)
	ディスプレイ寸法		483(W)×483(D)×432(H)
	文字ディスプレイサイズ		12"
フ ィ ル ム ス キ ャ ナ ー	読取り方式		レーザー
	最大読取領域分解能		2,048×2,430
	読取階調		1,024 (10 Bits)
	最大読取領域		半切サイズ
	寸法		600(W)×850(D)×650(H)
ド ラ イ ブ ユ ニ ッ ト	データ転送速度		2 MByte/s
	ディスク回転数		3,600 rpm
	平均シーク時間		50 ms 以下
	平均アクセス時間		59 ms 以下
	光ヘッド		分離型2ヘッド

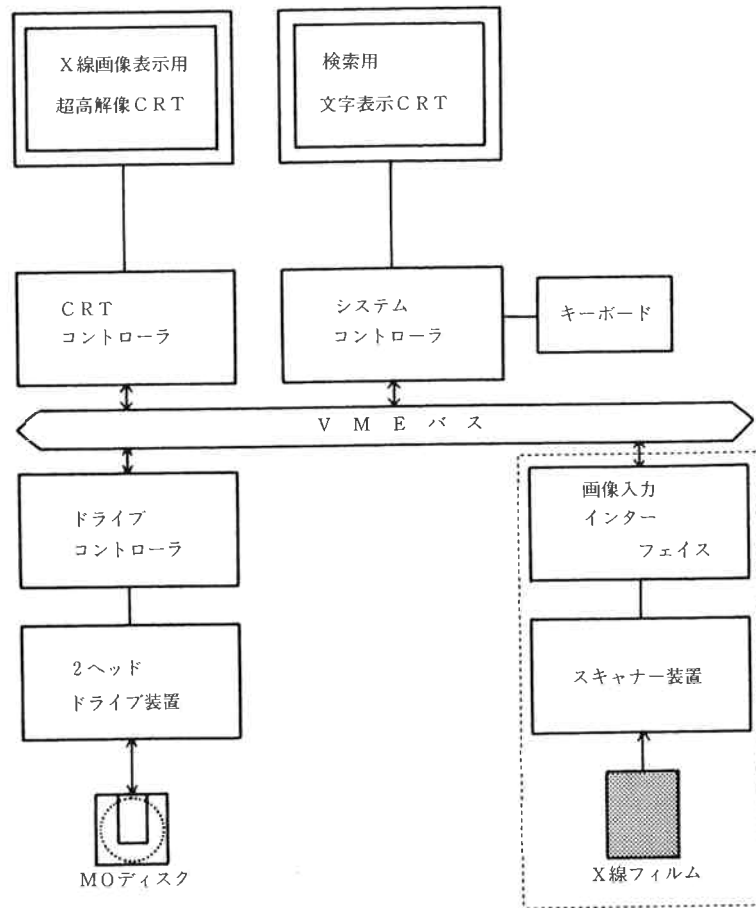


Fig. 10 A System Block Diagram.

0.5 MByte/sec) で読み出す場合には20秒必要となる。しかし、実際の現場からの読み出し時間に対する要求としては5秒以下が最も多い。従ってこの要求を満足するには、X線医療画像の高速読み出しが可能な、すなわち高速データ転送が可能なドライブが必要とされる。

Table 3 に今回のシステム仕様を示す。また、Fig. 10 に全体のブロック図を示した。今回の開発では、イメージディスプレイの選定を慎重に行なった。医療画像ファイル装置のイメージディスプレイは実際のX線フィルムに代わるものとなるため、特にその表示階調、表示分解能などが選択のポイントとなる。今回の装置にはMegaScan社製の20インチ横型CRTを採用した。CRTの表示階調、および表示分解能はそれぞれ256階調、 $2,048 \times 2,560$ である。オペレーションシステムにはVMEexecを採用すると共に、ドライブインターフェースには高速データ転送を実現するために、従来のドライブで使用されているSCSIインターフェースではなくVME Bus直結とした。また、ボードコンピュータにはモートローラ社製のCPU68030を採用した。

#### 9-2. X線医療画像データの流れ

Fig. 11 にX線医療画像データ全体の流れを示した。最終的にディスクに記録される情報には撮影時に得られる撮影データ、生データをデータ化した際に得られるデータ化情報、およびデータを管理するために必要な記録管理データなど数多くのものがある。これら数多くの情報を効率良く管理するには最適なファイルシステムの運用が必要になる。Fig. 12 に今回採用したファイルシステムの構造を示す。このファイルシステムの採用により、効率的なデータ管理が可能となった。

#### 9-3. 装置試作

2ヘッドドライブを用いてX線医療画像ファイルシステムの試作を行ない、実データの記録/再生を試みた。

その結果、1.5 MByte/secのデータ転送速度を確認した。当初の目標値2 MByte/secは達成できなかったが、今回我々の提案した方式で、さらに試作装置のインターフェース回路を改良することにより高速データ転送が十分可能であることを確認した。

## 10. ま と め

新規に2ヘッド用小型アクチュエータを開発し、5.25



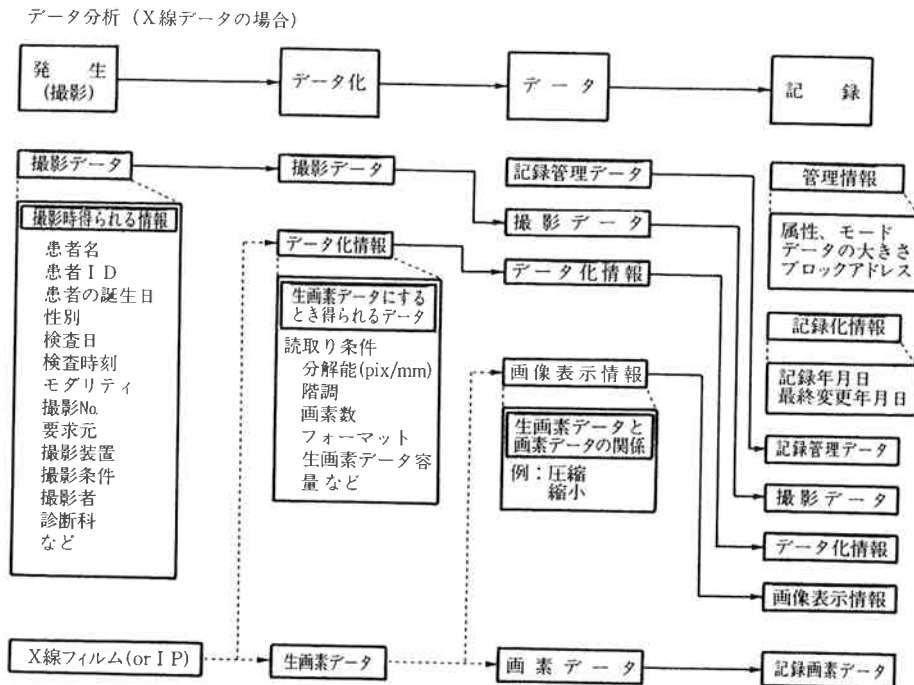


Fig. 11 A Flow of X-Ray Film Medical Data.

ファイルシステムの運用 (データのポインティング)

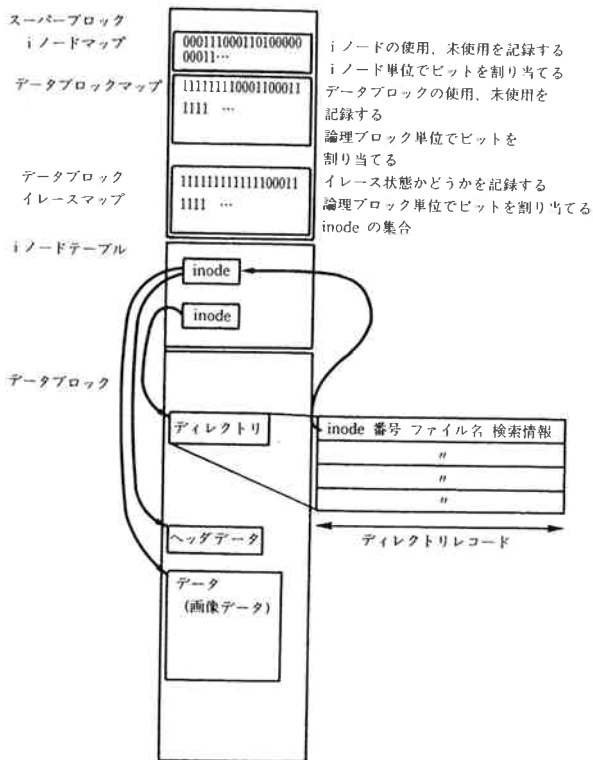


Fig. 12 A File Structure.

インチ ISO 標準カートリッジの窓枠 (幅 40 mm) 内に 2つの光学ヘッドを納めた。2ヘッドによるデータ並列処理、ディスク回転数 3,600 rpm, VME Bus 直結を採用することにより高速データ転送を実現した。エラー信号検出器を14°53' 傾けることによりフォーカス/トラッ

ク制御を安定に行なうことが可能であることを確認した。データの記録/再生にはディスクの記録領域を2分割する方式を採用し、効率的なデータ転送を実現した。さらに、今回開発した2ヘッド光磁気ディスクドライブをX線医療画像ファイルシステムに応用し、データ転送速度 1.5 MByte/sec を確認した。

最後に、元新材料研究所第4研究室高木喜一室長、同長田真一主任研究員、平松茂主任研究員、栗原芳文副主任研究員、杉山茂孝研究員、二見達研究員、石丸克明研究員、川井明研究員に感謝いたします。

参考文献

- 1) R. Katayama, K. Yoshihara, Y. Yamanaka, M. Tsunekane, K. Yoshida and K. Kubota: Proc. SPIE 1078 (1989), p. 98.
- 2) A. Watabe, I. Yamada, M. Yamamoto and K. Katoh: Tech. Digest of Optical Data Storage Topical Meeting 5 (1991), p. 120.
- 3) K. Aratani, A. Fukumoto, M. Ohta, M. Kaneko and K. Watanabe: Proc. SPIE 1499 (1991), p. 209.
- 4) A. Watabe, I. Yamada, K. Katoh, K. Kudo and M. Yamamoto: JJAP Proc. Int. Symp. on Optical Memory 6 (1991), p. 51.



著 者  
氏名 水 谷 修 三  
Shuzo MIZUTANI  
入社 昭和63年 1 月 27 日  
所属 新材料研究所  
新素材応用研究室  
主任研究員



著 者  
氏名 藤 尾 一 幸  
Kazuyuki FUJIO  
入社 昭和63年 7 月 16 日  
所属 新材料研究所  
新素材応用研究室  
主任研究員



著 者  
氏名 川 崎 達 男  
Tatuo KAWASAKI  
入社 昭和61年10月 1 日  
所属 探索研究所  
システム研究室  
主任研究員