

# H-8598形大容量磁気ディスク装置の開発

## Development of H-8598 Large-Capacity Disk File

情報のオンライン処理及びデータベースシステムの急速な発展に呼応して、大容量磁気ディスク装置市場も急速に拡大している。この市場要求にこたえて、日立製作所では1スピンドル当たりの記憶容量が1,260Mバイトのディスク装置(H-8598)を開発した。

H-8598では1スピンドル当たり二つの回転形ヘッドアクチュエータを採用することによって、スループットを低下させることなく装置の大容量化を実現し、同時に高信頼性の確保、省スペース化を達成した。特に信頼性確保については、様々な観点からの検討を加えた。書込み補正回路及び波形等価器を備えた読出し回路の開発によって可能となった、信頼性実績の高いフェライトヘッドの採用はその一例である。

高橋肇夫\* *Hatsuo Takahashi*

成瀬 淳\*\* *Jun Naruse*

尾崎昇二\* *Shōji Ozaki*

田村 喬\*\*\* *Takashi Tamura*

早山 徹\*\*\*\* *Tōru Hayama*

### 1 緒 言

磁気ディスク装置ではインダクティブ形磁気ヘッドを用いた磁気記録方式によって情報の記録及び再生を行なう。この方式での情報の記録過程の原理は、磁気ヘッドのコイルへ流される電流の磁気作用と記録媒体(磁気ディスクの場合はディスク板上に作成される磁性媒体)に含まれる強磁性体の磁気履歴現象であり、また情報の再生過程では、磁気ヘッドと記録媒体とを相対的に運動させ、このとき磁性媒体から漏れる磁場の電磁誘導作用によって磁気ヘッドのコイルに誘起される電圧が読出し信号として取り出されるのである。したがって、磁気記録では磁気ヘッドと記録媒体との間の相対運動が必要であり、運動を伴う機械的構造体が必ず介入する。

信頼性が特に重要な問題となる記憶装置の方式として、この機械的構造体を必要とする情報の記録・再生方式よりもむしろ電子技術などによる可動部のない方式による記憶装置の開発努力も各方面で行なわれてきた<sup>1)</sup>。しかし、現在まではこの磁気記録の原理による記憶装置が主流となってきたし、また少なくとも今後10年間はこの方式が継続されてゆくと考えられる。これは主として下記の理由によるものである。

(1) 記録が不揮発性であること、(2) 書込み・読出し・再書込みの繰返しが無制限可能であること、(3) 記録媒体が連続であり、また比較的単純な構造の変換器(磁気ヘッド)を用いるため、低価格で信頼性の高い装置の実現が可能であること、である。

これらの特徴によって、磁気記録装置は20世紀初めの黎明期から現在に至るまで、一貫して同一原理に基づきながら磁気ヘッドや記録媒体の加工・生産技術、材料技術、機械要素技術、エレクトロニクス技術など、その時代ごとの技術の反映である周辺関連技術の進歩に支えられて、その性能を向上してきたのである<sup>1)</sup>。

一方、大容量・ダイレクトアクセス記憶装置が備えるべき性能及び特性は、(1) 高記憶容量、(2) 高データアクセス速度、(3) 高データ転送速度、(4) 高信頼性及び(5) 低価格・小形化、特に小床面積化である。これらの諸要求を満たし得る磁気記憶装置の形態は、ディスク板を記録媒体とする磁気ディスク装置であり、これは最近特に急速にその性能を伸ばしている。

ここ20年間の実績では5年ごとに約4倍の割合で記憶容量及び記録密度の向上を達成してきた。

日立製作所では1981年1月に1スピンドル当たり630Mバイトの記憶容量をもつ磁気ディスク装置を出荷したのに引き続き、1982年末には同容量が1,260Mバイトの磁気ディスク装置(H-8598)の出荷を開始した。

以下に、H-8598形大容量磁気ディスク装置での主な関連技術開発項目について述べる<sup>2)</sup>。

### 2 磁気ディスク装置の機能とH-8598ディスク装置の要素技術

#### 2.1 磁気ディスク装置の主要4機能

前節で述べたように磁気ディスク装置は磁気記録系を構成する要素に、ディスクの回転や磁気ヘッドの位置決めに関連する機械構造、その位置決めを制御する制御系、さらに情報の書込み・読出しに関連する回路系などが加わった一つのシステムである。これらの機能は大きく四つに分類できる。

##### (1) 情報の書込み・読出し

磁気記録に伴う書込み・読出し機能はディスク装置の機能のうちの最も基本的なものである。磁気ディスク媒体の磁気特性の改善と膜厚の低減、磁気ヘッドの浮上すきまの低減などが、この機能向上のために行なわれてきた。

##### (2) 磁気ヘッド位置決め機能

ディスクを高精度に回転させること及び磁気ヘッドをディスク半径上の定められた位置に千分の1ミリメートル程度の値で位置決めすることが要求される。これは高精度な工作機械の精度を、保守員が容易に持ち運ぶことのできる重さや大きさの範囲で実現する必要があることを意味する。

##### (3) 磁気ヘッドの高速移動機能

比較的高価な磁気ヘッドを有効に使用するために、ディスク1面当たりのヘッド数を2個とする。したがって、約30mmの移動距離を平均16msの時間でヘッドを目的の場所に位置決めする必要がある。このために可動部の軽量化と駆動電動機の小型・高性能化を達成しなければならない。

##### (4) ヘッドとディスクの接触破壊回避能力

磁気記録特性の高性能化に伴い、ヘッドの浮上すきまを1

\* 日立製作所小田原工場 \*\* 日立製作所小田原工場 工学博士 \*\*\* 日立製作所中央研究所 \*\*\*\* 日立製作所機械研究所 工学博士

万分の数ミリメートルの値に保たねばならないが、これらが万一接触し、破壊すれば磁気ディスク装置として致命的な事故となり、多量のデータが一度に失われる。したがって、磁気ディスクの設計でこの機能は一つの重要なポイントである。

これらの4機能は図1に示すように互いに密接に関連し合っていて、また同時に相補的である。

2.2 H-8598の主な要素技術

表1に、H-8598の主な仕様を従来機種H-8576と比較して示す。これらの性能を達成するために使用された要素技術のうちの主なものを以下に述べる。

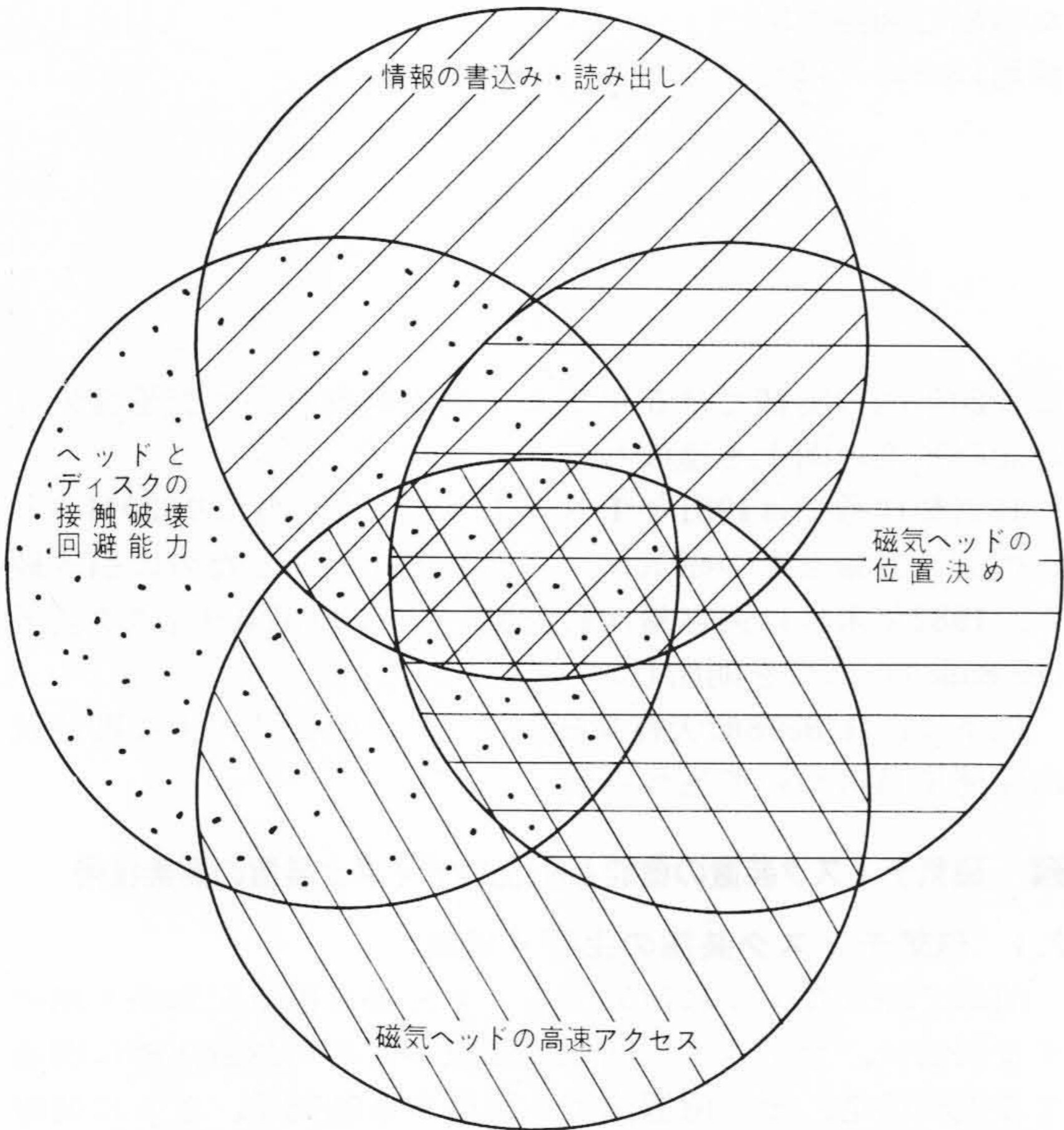
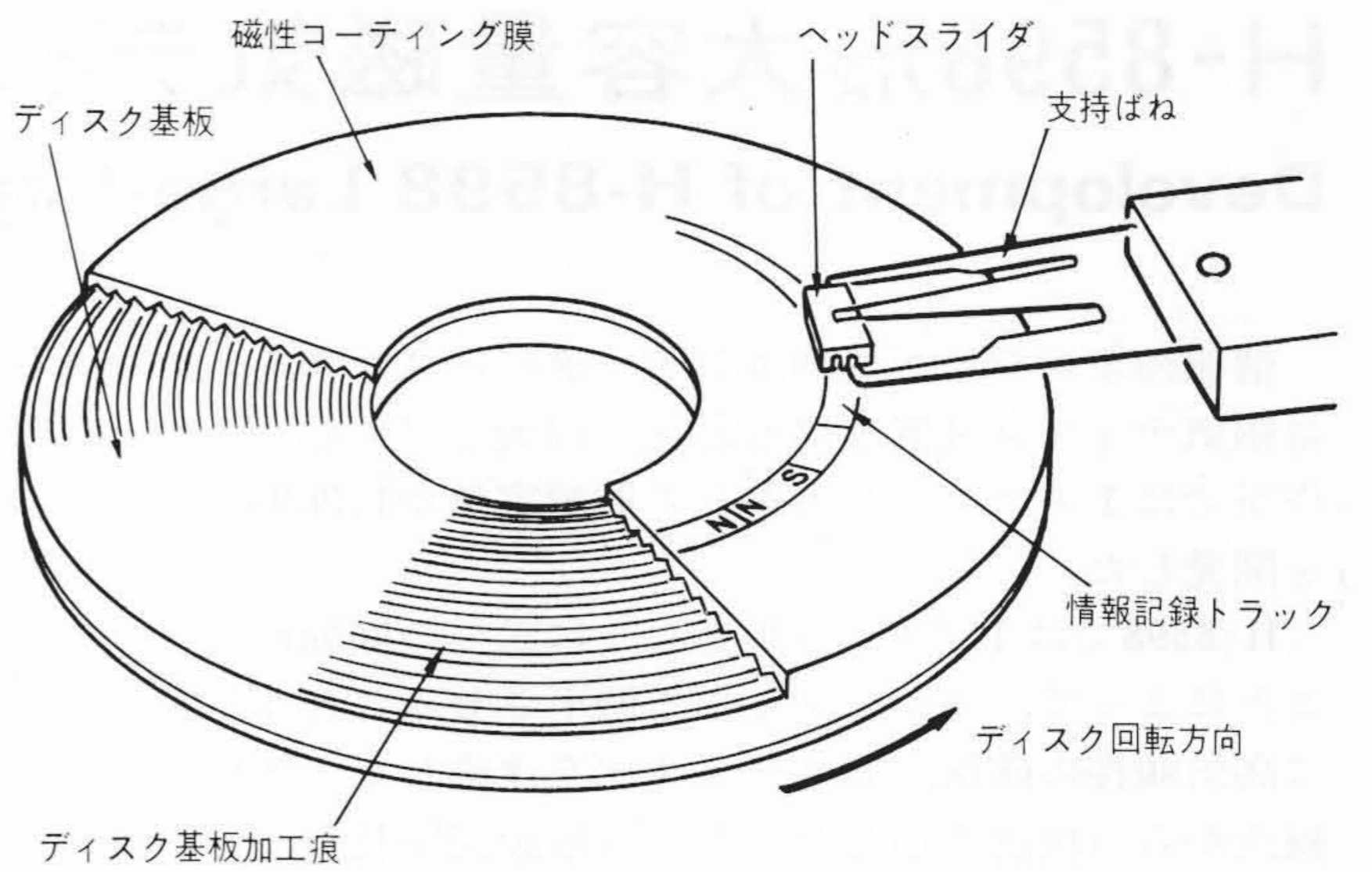


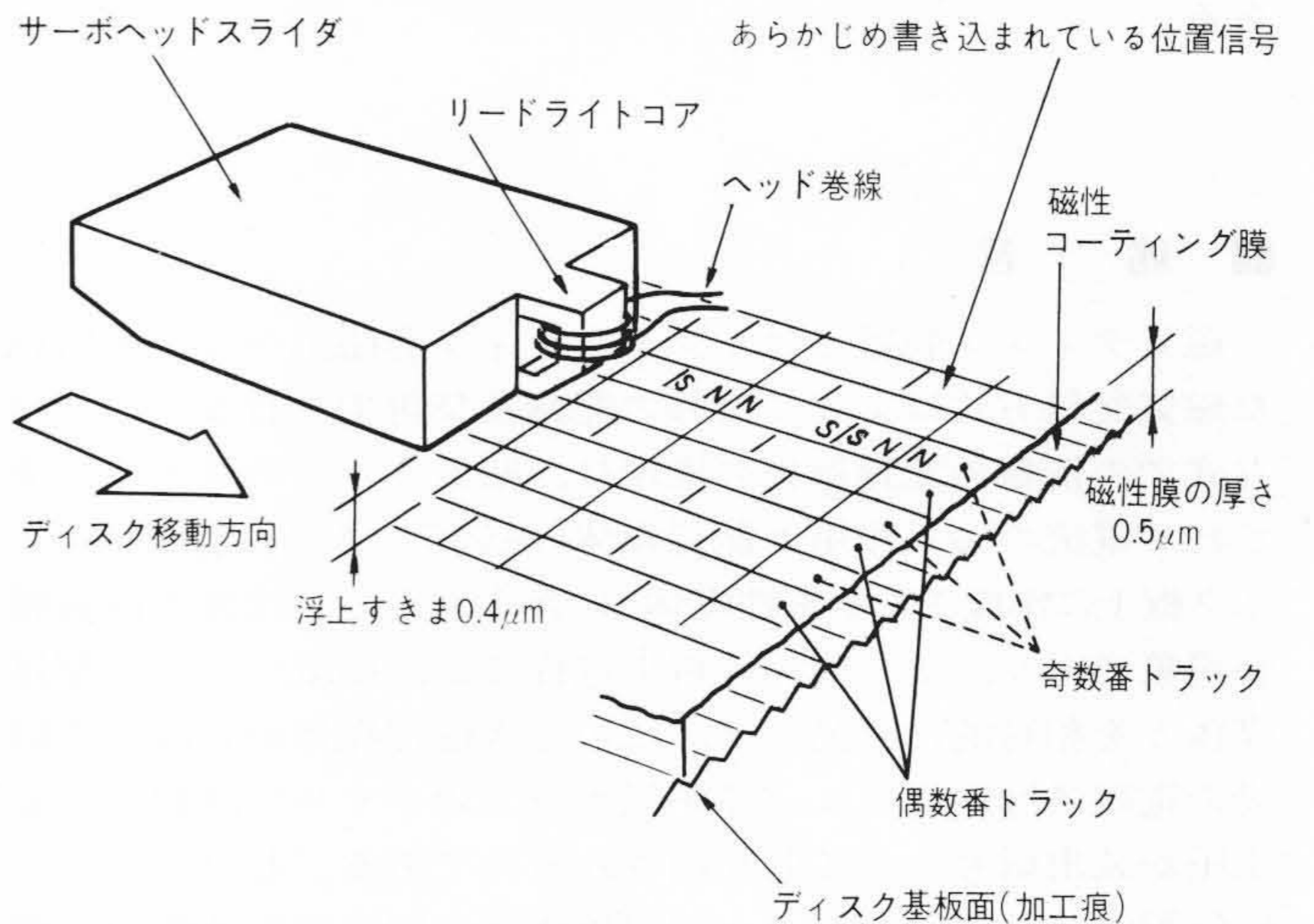
図1 磁気ディスク装置の機能 磁気ディスク装置の機能は四つに大きく分けることができる。本図に示すようにこれらの機能は互いに密接に関連し合っていて、また同時に相補的である。

表1 大容量磁気ディスク装置の主な仕様 H-8576及びH-8598大容量磁気ディスク装置の主な仕様を示す。これらはいずれも1スピンドルに二つの回転形アクチュエータを備えているのが特徴である。

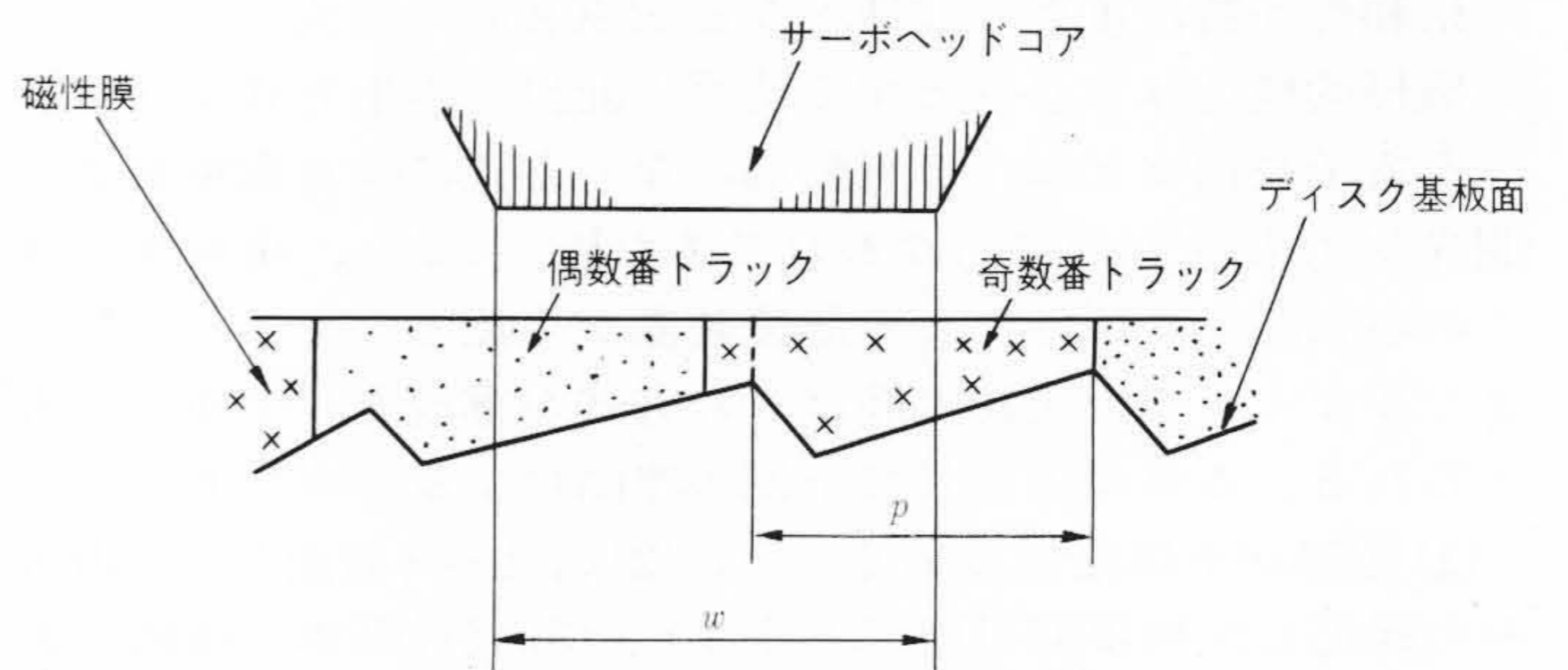
仕様	形式	H-8576	H-8598
記憶容量	最小装置単位当たり (Mバイト/ユニット)	1,260	2,520
	スピンドル当たり (Mバイト/スピンドル)	630	1,260
データ転送速度 (Mバイト/s)		1.2	3.0
平均アクセス時間 (ms)		18.0	16.0
平均回転待ち時間 (ms)		8.8	8.8
スピンドル当たりのアクチュエータ数 (個/スピンドル)		2	2
アクチュエータ形式		ロータリー	ロータリー
記録密度	周方向密度 (ビット/mm)	250	600
	トラック密度 (トラック/mm)	26	23
ディスク枚数 (枚/スピンドル)		11	11
ヘッド数	データ用 (個/スピンドル)	40	40
	サーボ用 (個/スピンドル)	2	2



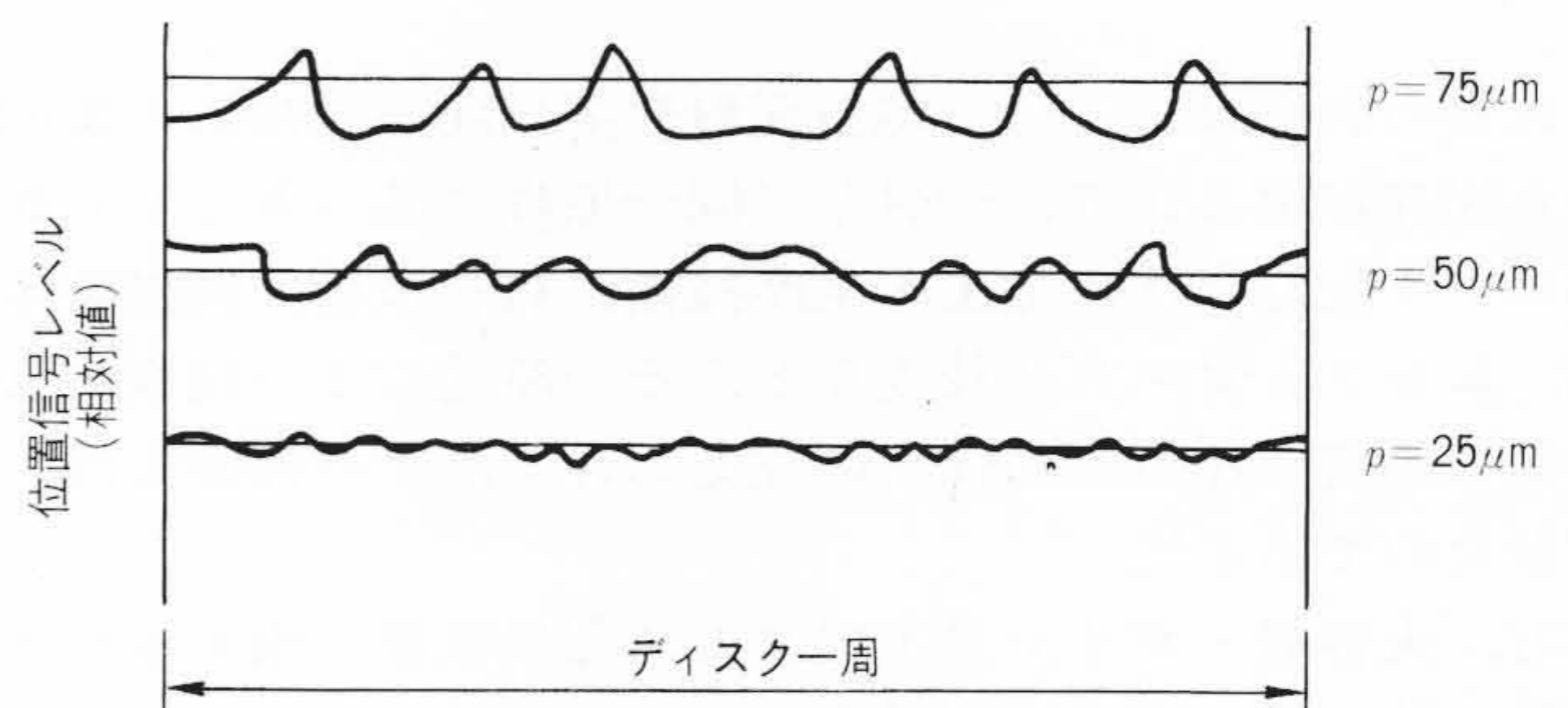
(a) 磁気ヘッドと磁気ディスクの位置関係



(b) サーボヘッドコアとディスク加工痕



(c) サーボ信号読出しコア幅とディスク加工痕を示す断面図 (w: コア幅, p: 加工痕のピッチ)



(d) コア幅  $w=31\mu m$ , 加工痕中心とディスク中心との心ずれ量  $e=100\mu m$  のときの位置信号に与える加工痕ピッチ  $p$  の影響 (計算値) を示す。  $p$  が小さくなるに従いその影響が減少してくる。

図2 ディスク加工痕の位置信号へ与える影響 磁気ヘッドの位置決め精度を向上させるためには、従来ほとんど問題にされていなかった様々な技術的問題点を解決しなければならない。本図に示すディスク基板の表面仕上げもその一例であり、仕上げ加工の加工痕の形状も重大な要因として取り上げねばならない。

### (1) 磁気ディスク板

記録密度の向上は磁気ディスク板上の磁性膜の厚みの低減、角形比の改善、磁性膜の均質化・無欠陥化及び表面仕上げ精度向上に負うところが多い。H-8598の記録密度領域ではこれらの要因に加えてディスク基板の表面精度も再生信号へのノイズに影響を与えることが明らかになった。ここではこの要因のうち、ディスク基板面精度に起因するヘッド位置信号ノイズについての解析結果を述べる<sup>3),4)</sup>。

図2は磁気ヘッドと磁気ディスクの位置関係及びディスク基板の加工痕についての説明図である。同図(a)に示すように磁気ヘッド用スライダは支持ばねによってディスク面上に支えられ、約10gの荷重でディスク面へ押し付けられている。一方、磁気ディスク板は直径約36cmであり、毎分3,600回転の速度で回転する。この回転運動によってディスク板上に空気流が発生し、ヘッドスライダ面を押し上げ、この結果スライダとディスクの間に約 $0.4\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m}$ は $\frac{1}{1,000}\text{mm}$ )の間隙を保つようになる。ディスク基板には約 $0.5\mu\text{m}$ 厚の磁性膜がコーティングされており、磁気ヘッドによって情報の書込み・読出しが行なわれる。ディスク基板は滑らかに機械加工によって仕上げられるが、この仕上げ加工時にサブミクロンの微細な加工痕が残されるのは避けがたい。同図(b)にサーボ信号用磁気ヘッドと製造過程であらかじめ位置信号を書き込まれたディスク板とを示す。この断面図を同図(c)に示す。ヘッドの読出し信号は磁性膜の厚さにほぼ比例し、またヘッドの位置信号は偶数番トラックからの出力と奇数番トラックからの出力との差として取り出される。したがって、ヘッド位置信号の大きさは、ヘッドコア幅 $w$ 、ディスク加工痕ピッチ $p$ 及び加工痕中心とディスク回転中心との心ずれ量 $e$ に関係して変化することになる。この様子を同図(d)に示す。同図は $e=100\mu\text{m}$ 、 $w=31\mu\text{m}$ とし、 $p$ を $25\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m}$ と変化させた場合についての位置信号計算結果であり、ディスク加工ピッチ( $p$ )を細かくするほど加工痕による位置信号ノイズが低減することが明らかになっている。

### (2) 磁気ヘッド

従来磁気ディスク用ヘッド材料として、Ni-Zn焼結フェライトを用いたモノリシック形ヘッドが主流であった。H-8598での高記録密度を達成するため、従来のNi-Znに代わって記録・再生特性に優れているMn-Znフェライトを用いた。更にこの記録特性の向上を行なうために、情報書込みタイミングを、あらかじめ情報のパターンに応じて調整する、いわゆる書込み補正回路、及び読出し出力波形特性の改善のための波形等化器を採用した。図3は波形等化器の効果を示す測定例である。波形等化器によって読出し波形が鋭く、また対称形に改善され、高密度記録時のパターンピークシフト特性が改

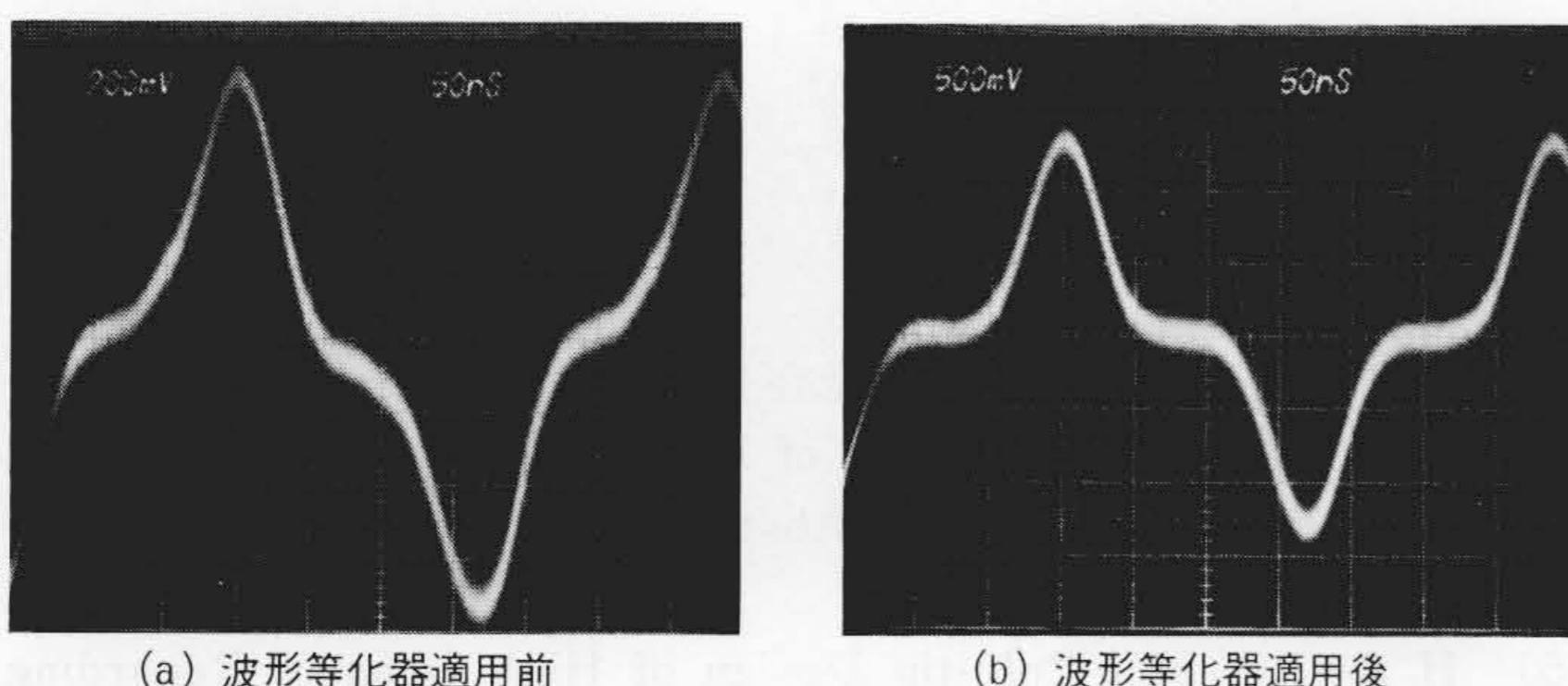


図3 波形等化器による読出し波形の改善例 波形等化器によって読出し波形が鋭く、また対称形に改善されている。

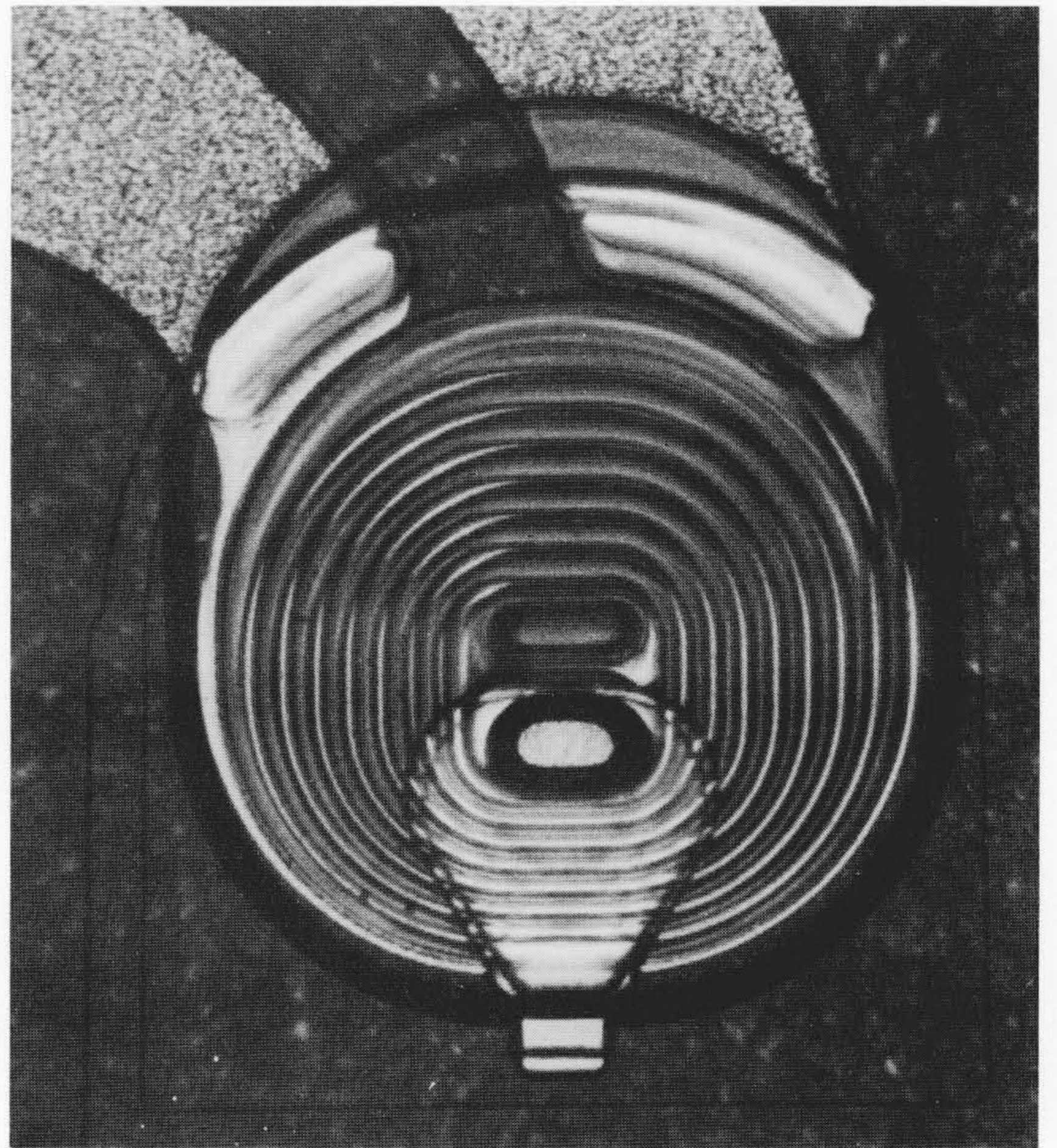


図4 半導体技術によって開発した薄膜ヘッド 次世代のディスク装置に備えて評価も完了している。

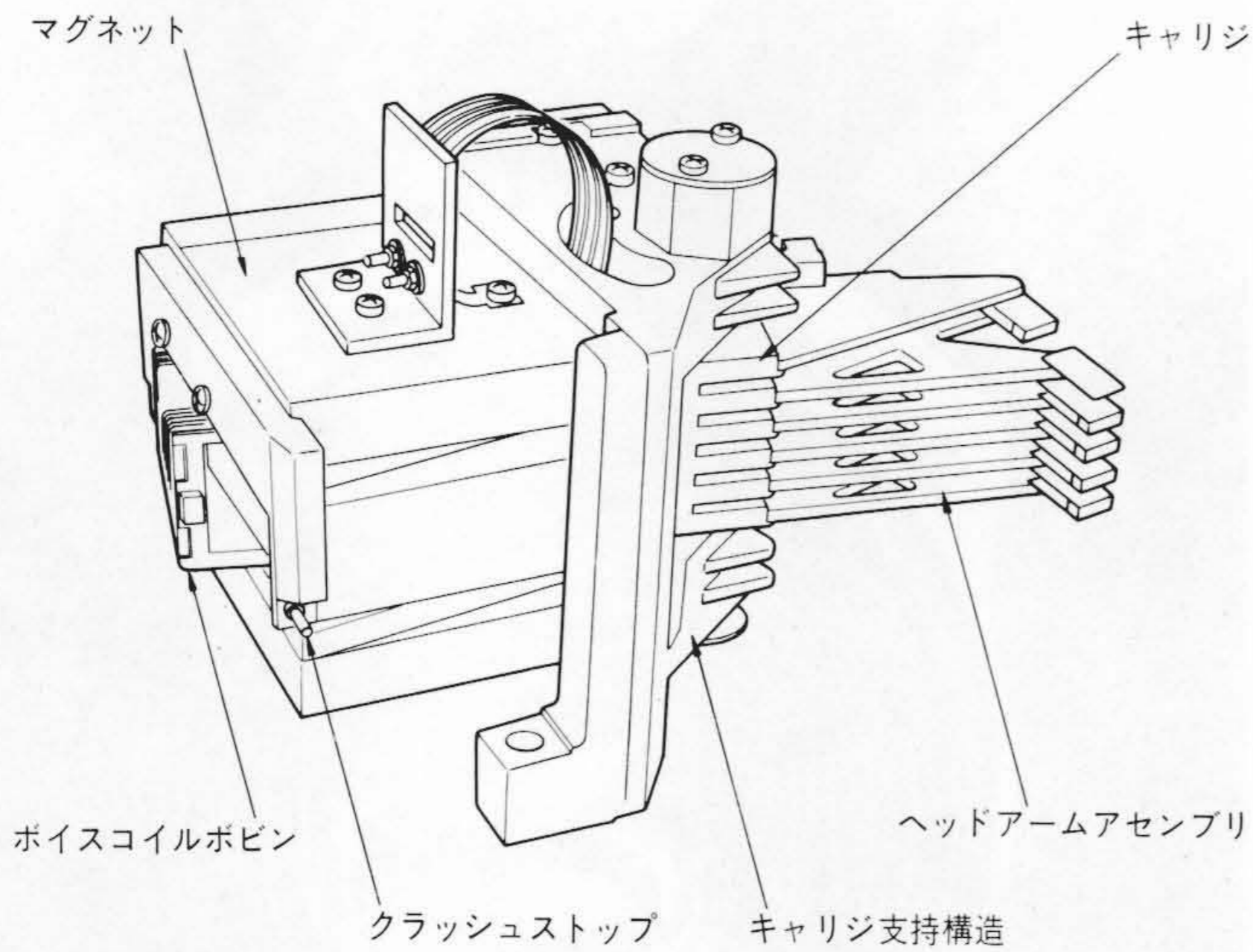
善されていることが分かる。

近年注目されている薄膜形ヘッドは、H-8598の記録条件では使用する必要がなかったが、高周波特性に優れ、またトラック幅加工精度が高いところから今後のトラック密度と転送速度の向上には必須になると考えられる。日立製作所では、半導体技術に基づく薄膜形ヘッドを次世代に備えて既に開発済みである(図4参照)<sup>5)</sup>。

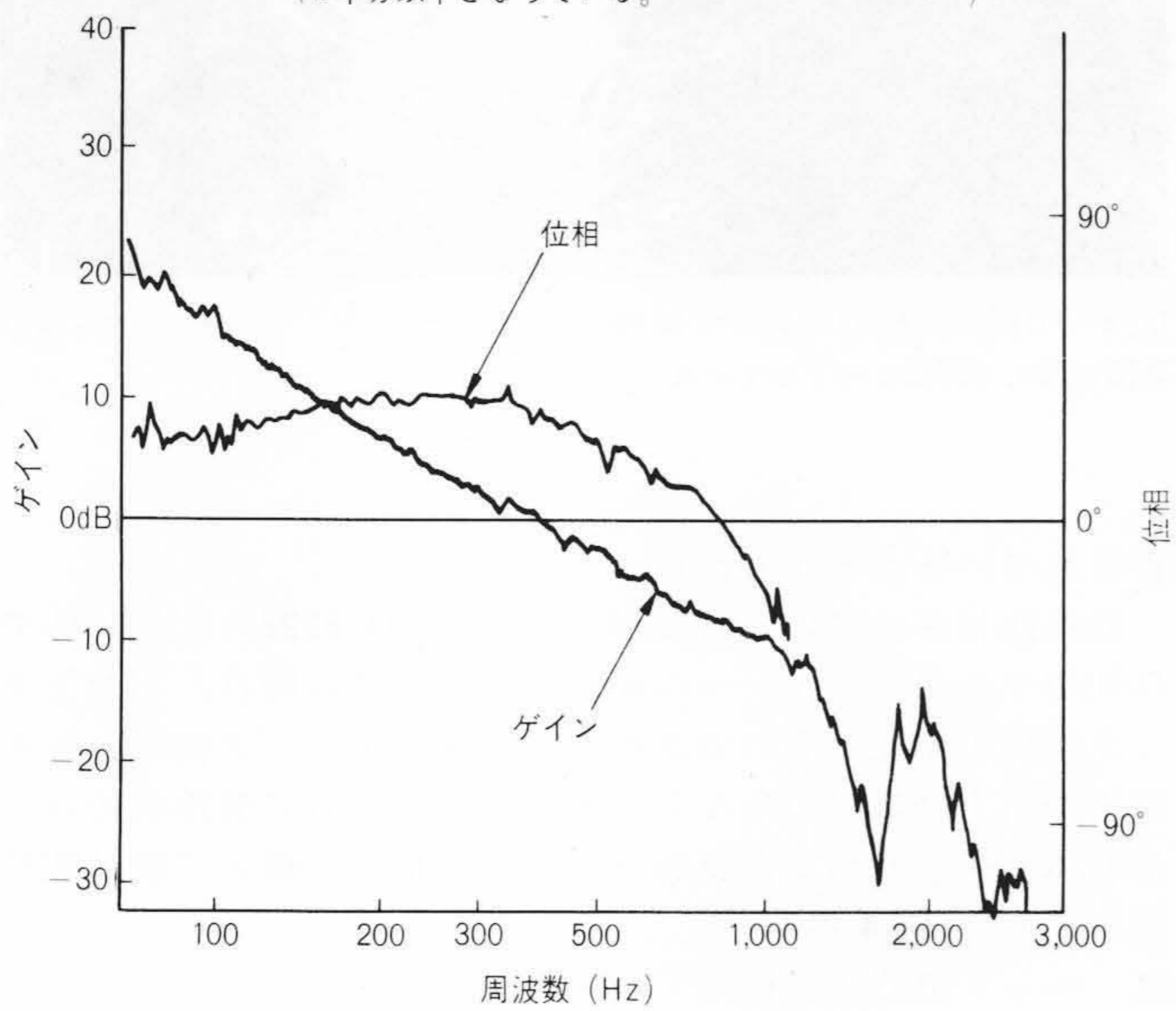
### (3) ヘッド位置決め機構

記憶容量を、他の性能を一定のまま増加したとすれば、装置のスループットは低下する。これを防止するためには、データ転送速度を向上し、あるいはアクセス時間を短縮する以外に、スピンドル当たりに複数個のヘッドアクチュエータを設けることが考えられる。H-8598では従来装置に比べ、それぞれデータ転送速度を87%増加し、アクセス時間を11%短縮し、また更に1スピンドル当たり2個のアクチュエータを設けスループットを向上させた(表1参照)。平均アクセス時間(16ms)を達成するため回転形アクチュエータを開発し、可動部等価質量の低減を行ない、また同時に高磁束密度磁石を用いた高出力ボイスコイルモータを開発した。回転形アクチュエータは小形・高信頼性の利点にもかかわらず振動特性の複雑さのため、従来、高速・大容量ディスクには使用されなかった。これらの諸問題を高振動減衰形大形コイルボビン、高剛性キャリジ支持構造、高精度軸受などの開発によって解決した。図5(a)に回転形アクチュエータの外観を、同図(b)にその開ループ伝達特性を示す。良好な振動特性を示していることが分かる。

以上に例示した要素技術の集大成によってH-8598は構成されている。図6は装置の主要部品であるHDA(ヘッドディスクアセンブリ)の上面写真を、図7は装置全体の構造図を示す。HDA冷却用の空気が効率良く筐体内を通るように考慮されている。



(a) 回転形アクチュエータ外観  
(可動部実効質量は従来のリニア形アクチュエータの半分以下となっている。)



(b) サーボ系の振動特性を示すボード線図  
(キャリジ系の第1共振点は1.7kHzであり、回路的フィルタによって振幅が低減されている。)

図5 キャリジアセンブリとその振動特性 ボード線図によって良好な振動特性を示していることが分かる。

### 3 結 言

以上、H-8598ディスク装置の要素技術と全体構成について述べた。磁気ディスク装置は今後更に加工・生産技術、材料技術、機構技術、エレクトロニクス技術など幅広い分野に及ぶ技術の進歩に支えられて、その効率や性能、信頼性を向上してゆくと見られる。日立製作所では、特に信頼性確保の観点から基礎技術開発に積極的に取り組み、今後共市場要求にこたえられる装置の早期製品化を行なってゆく考えである。

#### 参考文献

- 1) 亀山, 外: データベースシステム用ファイル装置の現状と動向, 日立評論, 64, 5, 345~350(昭57-5)
- 2) J. Naruse, et al.: H-8597 Large Capacity Disk File with Two Rotary Actuators, Hitachi Review, Vol. 30, 2 (Apr. 1981)
- 3) 平野, 外: 磁気ディスク基板加工痕と位置信号振れについて,

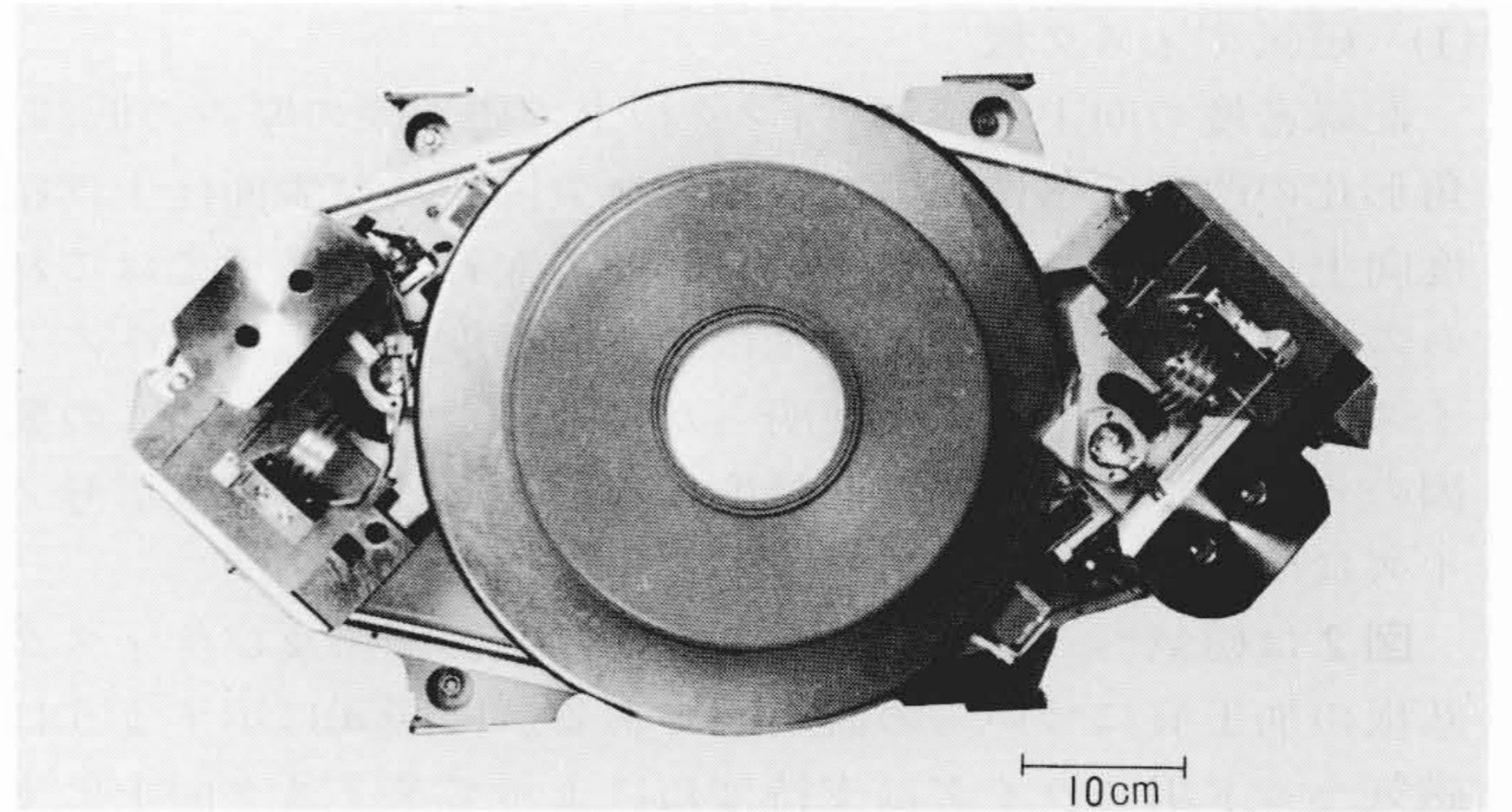


図6 HDA(ヘッドディスクアセンブリ)の上面写真(内部が見えるようにカバーを外してある。) 左右に1個ずつ計2個のヘッドアクチュエータがコンパクトに実装されている。

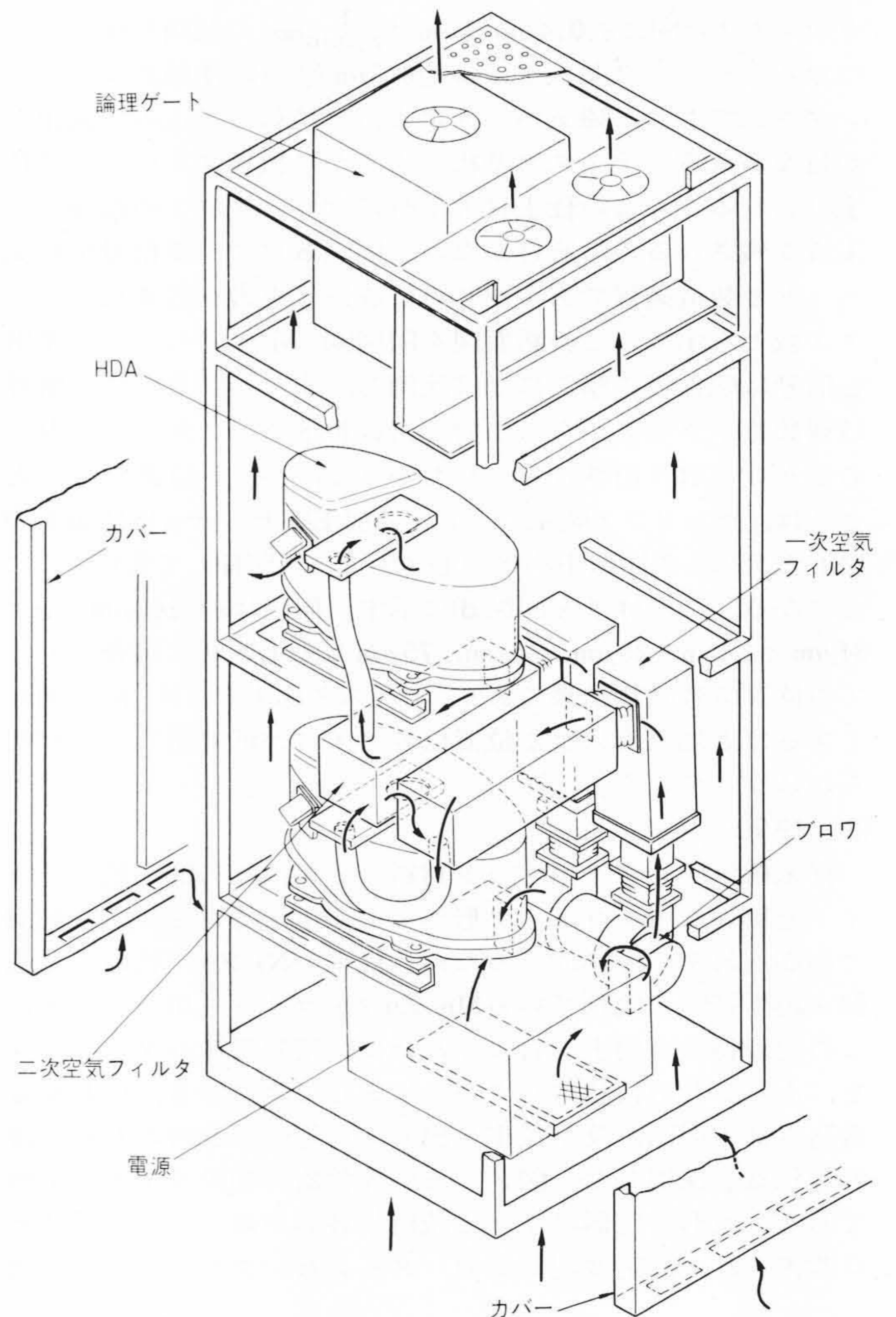


図7 装置全体の構造と空気の流れ(矢印で示す。) HDAの冷却用清浄空気と、筐体内電子部品の冷却用空気が効率良く流れるように考慮されているのが分かる。

昭和58年度電子通信学会総合全国大会, 1-220

- 4) J. Naruse, et al.: Design of Large Capacity Disk File with Two Rotary Actuators, Abstract of Inter-Mag Conference (Apr. 1983)
- 5) H. Aoi, et al.: Pole-tip Design of High Density Recording Thin Film Heads, IEEE Trans. on Mags Vol. Mag-18, 6 (Nov. 1982)