

FDD-441大容量フロッピーディスク駆動装置の開発

Development of FDD-441 Large-Capacity Floppy Disk Drive

中馬 顕* Akira Chūma
 森部義裕* Yoshihiro Moribe

情報の分散処理指向に伴って、OA機器の高機能化が急速に進んでいる。外部記憶装置として用いられるフロッピーディスク装置も大幅な記憶容量の拡大が求められている。この市場要求にこたえて、従来の6倍の記憶容量9.6Mバイトの大容量薄形フロッピーディスク駆動装置“FDD-441”を開発した。

FDD-441では、大形ディスク装置で開発した波形等化回路、(2,7)記録変調方式などの採用と新開発の高密度フロッピーディスクを使用することによって、記録密度20,560bpi(従来比3倍)を達成した。また、ステップモータによる高精度位置決め方式を確立し、8inサイズで96tpi(従来比2倍)を可能とした。この結果、従来比6倍の9.6Mバイトという大容量化を実現した。

1 緒言

近年、OA(オフィスオートメーション)に代表される情報機器の急速な普及に伴い、小形コンピュータシステムの機能向上は目覚ましいものがある。これら小形システムに用いられる外部記憶装置として、FDD(フロッピーディスク装置)が低価格で使いやすいなどの理由から幅広く普及している。

FDDは、記憶容量1.6Mバイト*1)が主流となっているが、様々な適用業務の拡大に伴うシステム機能向上に対し、記憶容量の拡大が求められてきた。

この市場要求にこたえて、記憶容量を9.6Mバイトと従来の6倍に大容量化したフロッピーディスク駆動装置FDD-441(図1)を開発した。本稿では、この大容量FDDの開発のねらいと大容量化技術について述べるとともに、製品の特長及び適用システム構成について紹介する。

2 開発のねらい

FDDは昭和47年に大形コンピュータの入力用装置として開発され、その後種々の改良により高密度化・小形化が進み現

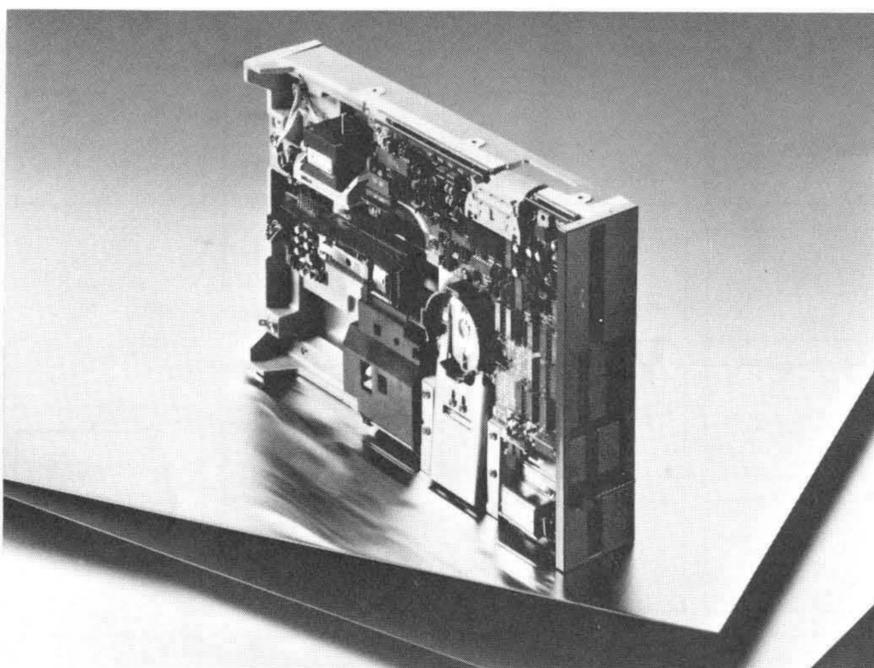
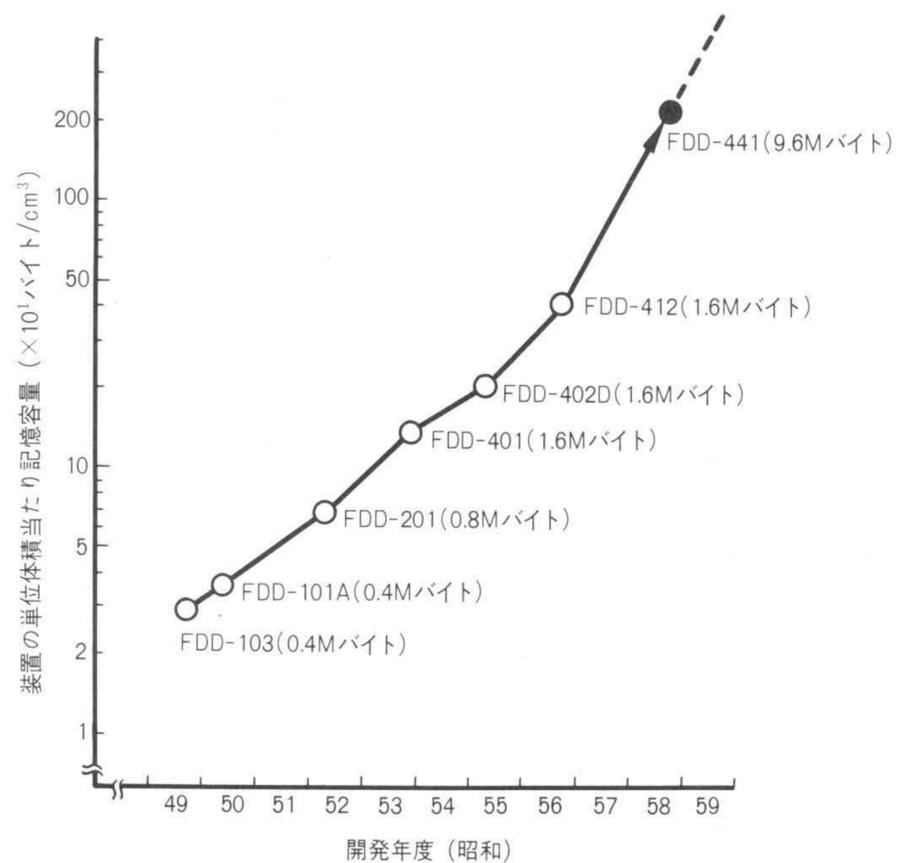


図1 FDD-441の外観 薄形FDDサイズで、9.6Mバイトの大容量化を実現した。



注：小括弧内は、装置当たりの記憶容量を示す。

図2 装置の単位体積当たり記憶容量の向上 本図から年々高密度化、小形化が図られていることが分かる。

在に至っている。この様子を図2により示すと、年々単位体積当たりの記憶容量が増加している。しかし、装置当たりの記憶容量は昭和54年以降1.6Mバイトを上限にとどまり、システムの進歩に対して記憶容量が不足する傾向がでてきた。そこで、一部の高級システムには小形固定ディスク装置が採用されてきたが、システム価格が高くなること、記録媒体が交

*1) 記憶容量：表示方法にアンフォーマット(ディスク全体に書き込める総情報量)とフォーマット(実際にユーザーがデータとして書き込める情報量)の二とおりあるが、本稿ではすべてアンフォーマット時の記憶容量で表示してある。

* 日立製作所小田原工場

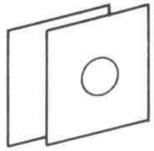
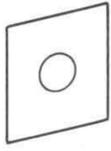
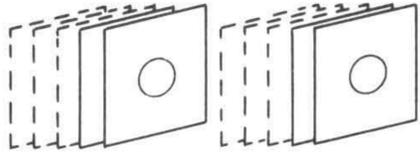
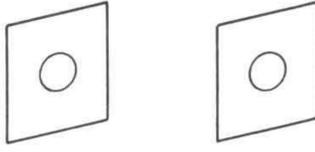
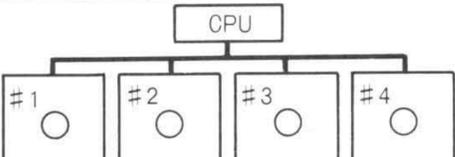
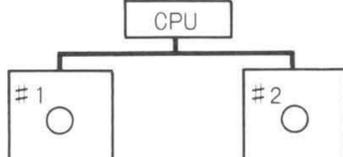
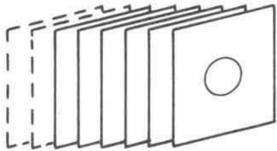
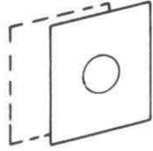
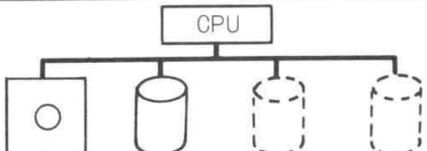
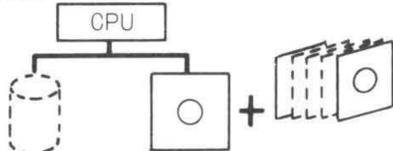
No.	機能	従来装置での問題点	大容量化後の利点	必要記憶容量(Mバイト)
1	ファームウェアの提供媒体 (CPUのマイクロコード)	 2枚以上のフロッピーディスクが必要	 1枚に収納可能	3~
2	ソフトウェアの提供媒体 (オペレーティングシステム、アプリケーションプログラムなど)	 オペレーティングシステム アプリケーションプログラム 各々2~5枚のフロッピーディスクが必要	 オペレーティングシステム アプリケーションプログラム 各々1枚に収納可能	3~8
3	ソフトウェアの実行エリア	 #1辞書 #2プログラム #3,#4ユーザーエリア 3~4台のフロッピーディスク装置が必要	 #1辞書、プログラム #2ユーザーエリア 2台のフロッピーディスク装置で構成可能	3~
4	ハードディスクのファイルバックアップ (5inハードディスク13~26 Mバイトに対し、ユーザーエリアは10~15Mバイト)	 6枚以上のフロッピーディスクが必要	 1~2枚でバックアップ可能	~10
5	システムの拡張性	 拡張に伴い新たにハードディスクが必要	 フロッピーディスクの交換で容易に拡張可能	3~10

図3 フロッピーディスク装置の機能分析と大容量化に対する市場要求 各機能に対して従来の2~6倍(3.2~9.6 Mバイト)の大容量化が必要とされている。

注：略語説明 CPU(中央処理装置)

換できないことなどの理由から、低価格で媒体交換が可能なFDDの大容量化が強く市場から要求されるようになった。

この大容量化に対する市場要求を、FDDが使われるシステムの機能ごとに分析すると図3に示すように分類できる。すなわち、いずれの機能でも記憶容量は従来の2~6倍の大容量化が必要とされると考えられる。

以上の市場要求を踏まえ、以下の項目を主な開発方針とした製品開発を行なった。

- (1) 記憶容量9.6Mバイトの大容量化
- (2) 大容量化に伴う高転送速度化と高速アクセス化
- (3) 制御装置設計を容易にするインタフェース方式の採用

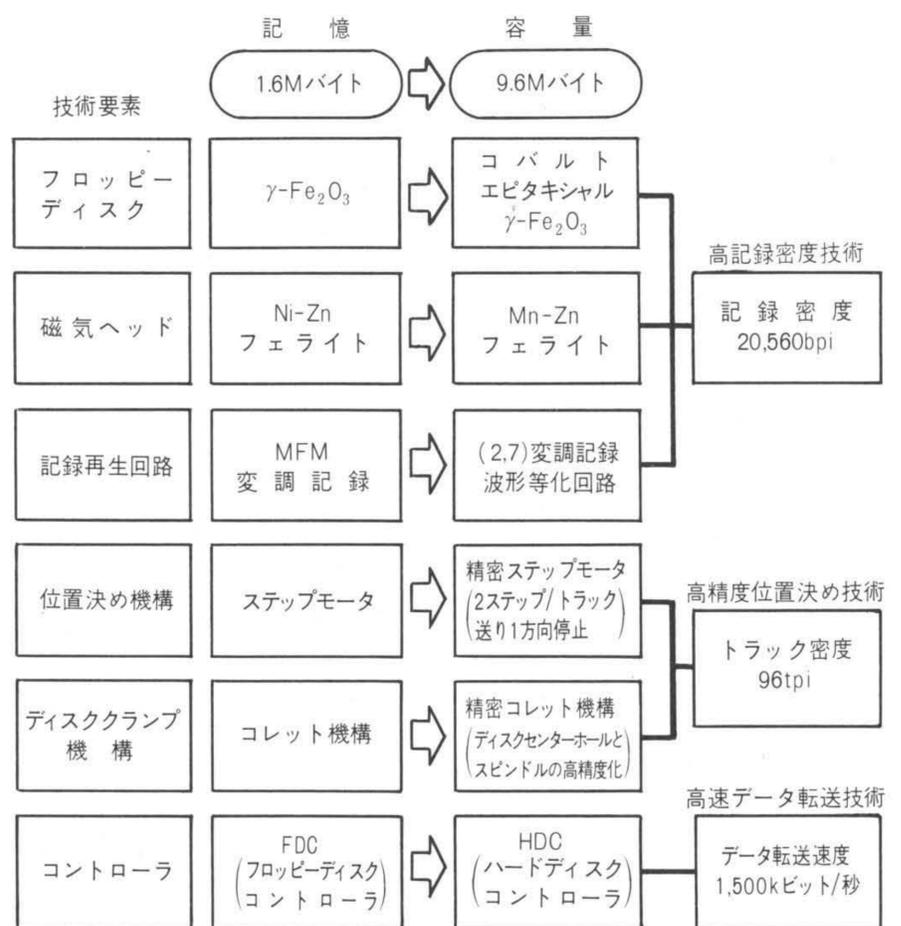
3 大容量化技術

今回開発したFDD-441は、記録密度を従来の3倍の2万560bpiとし、トラック密度を従来の2倍の96tpiとすることによって、記録面密度を従来の6倍と大幅に向上させた結果、装置記憶容量は9.6Mバイト、データ転送速度は従来の3倍の1,500kビット/秒を実現した。これらを実現した主な技術要素を図4に示すとともに、以下その詳細について説明する。

(1) 高記録密度技術

記録密度2万560bpiは、フロッピーディスク(以下、ディスクと略す。)と磁気ヘッド及び記録再生回路の性能向上により達成した。

ディスクは、日立マクセル株式会社が新たに開発した8in高



注：略語説明 MFM(Modified Frequency Modulation)

図4 フロッピーディスク装置の大容量化技術要素 各技術要素について改良を行ない、大容量化を実現した。

記録密度媒体（商品名FD2-HDシリーズ）を用いた。このディスクは、コバルトエピタキシャルガンマ酸化鉄^{*2)}を磁性体に用いており、約600Oeの保磁力（従来比2倍）と約1 μ mの塗膜厚（従来比 $\frac{1}{2}$ ）にすることで高密度記録を実現した。

磁気ヘッドは、Mn-ZnフェライトのコアとBaTiO₃のスライダから成る積層形で、従来の両面記録用磁気ヘッドと同様の構造方式とした。ギャップ長を従来の40~50%に縮小し、1万3,700FRPI（Flux Reversal Per Inch）の高密度化を可能とした。

記録再生回路には、大形ディスクなどに使用されているものと同じ波形等化回路¹⁾を採用した。本回路は、磁気ヘッドの再生信号波形を鋭くし対称性を改善することにより、高密度記録時のパターンピークシフト特性を改良するものである。記録変調方式はRLLC（Run Length Limited Code）(2, 7)²⁾を採用した。本方式は従来のMFM（Modified Frequency Modulation）方式に比べて最短ビット間隔を1.5倍に広げられるため、高密度記録に適した方式として大形ディスクでは既に実用化されている。

以上により、ディスク上に形成した従来比2倍の磁化パターンを(2, 7)記録変調方式で更に1.5倍密度とし、従来比3倍の2万560bpiという高記録密度を可能とした。

(2) 高精度位置決め技術

もう一つの大容量化技術は、高精度位置決め技術である。これはFDDの場合、ディスク交換時の誤差を含めて、精度良く磁気ヘッドをディスク上の記録トラックに位置決めする技術である。この精度を決める要因としては、ディスクのクランプ精度と磁気ヘッドの送り精度及びディスクと装置間の環境条件に起因する寸法誤差がある。

ディスクのクランプ精度は、装置スピンドル径とディスクのセンターホール径の精度を向上させたこと、及びディスクをスピンドルに押し付けるコレット機構をスピンドルに対して垂直方向から移動するメカニズムとしたことにより、従来に比べて約50%の向上が可能となった。

磁気ヘッドの送り精度は、ステップモータの機械精度向上と制御方式の改善で行なった。この制御方式について簡単に説明する。位置決め機構は、ステップモータのシャフトに直

表1 FDD-441の主な仕様 記録密度2万560bpiとトラック密度96tpiにより、記憶容量9.6Mバイトとデータ転送速度1,500kビット/秒の特徴をもつ。

項目	仕様	
記憶容量	アンフォーマット	9.6Mバイト
	256バイト/セクタフォーマット	6.15Mバイト
セクタ数(256バイト/セクタ)	78	
シリンダ数	154	
トラック数	308	
アクセスタイム (セトリング含む)	1トラック	39ms
	全トラック平均	140ms
回転数	360rpm	
データ転送速度	1,500kビット/秒	
記録密度	20,560bpi	
トラック密度	96tpi	
データ転送方式	MFM	
記録変調方式	(2, 7)	
電源容量 (ティピカル値)	DC24V \pm 10%	0.8A(平均), 1.5A(起動時)
	DC5V \pm 5%	2.2A
寸法	幅57 \times 高さ217 \times 奥行328(mm)	
重量	約3.5kg	

結されたプーリとこれに巻き付けられているスチールバンドから成る。ステップモータは停止直前の移動方向に起因する位置決め誤差（ヒステリシス）を生ずるが、FDD-441では制御装置からの移動命令に対して常に一方向から位置決めを行なう制御方式を採用して、ヒステリシスによる位置決め誤差を低減した。また、ステップモータは2ステップの回転で1トラック移動するように設計されており、ステップモータの角度精度に起因する位置決め誤差を低減した。これらのステップモータの制御は、内蔵するマイクロプロセッサで行なっている。

このほかに、環境条件に起因するディスク寸法変化については伸縮のばらつきを抑え、図5に示す総合位置決め精度を従来の約60%に改善し96tpiを実現した。

4 製品仕様とシステム構成

FDD-441の主な製品仕様を表1に、制御装置とのインタフェース信号及びブロックダイヤグラムを図6に示す。

FDD-441は、データ転送速度を1,500kビット/秒と高速化し、ハードディスクコントローラLSIによる制御が可能なインタフェース方式とした。具体的には、現在普及し始めている5inハードディスクのインタフェース信号を基本とし、FDDに必要な信号が付加されている。このため、MFM-(2, 7)変換回路を専用3,000ゲートLSIに内蔵している。

したがって、図7に示すように日立製作所製DK511-3/5形磁気ディスク装置など5inハードディスクとFDD-441とを混在して、同一インタフェースラインに合計4台まで接続でき、バックアップシステムなどのシステム構成が簡単に実現できる。

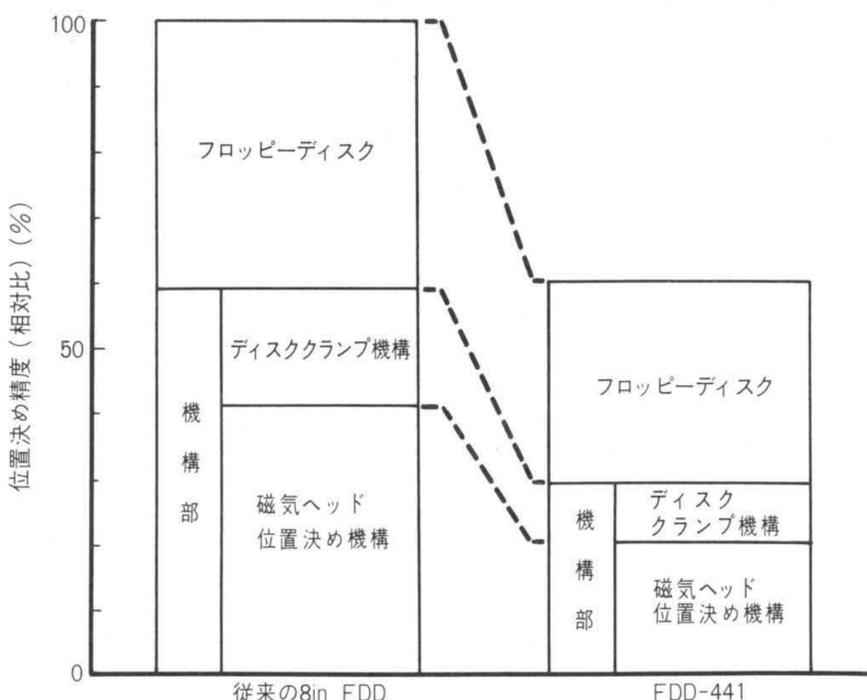
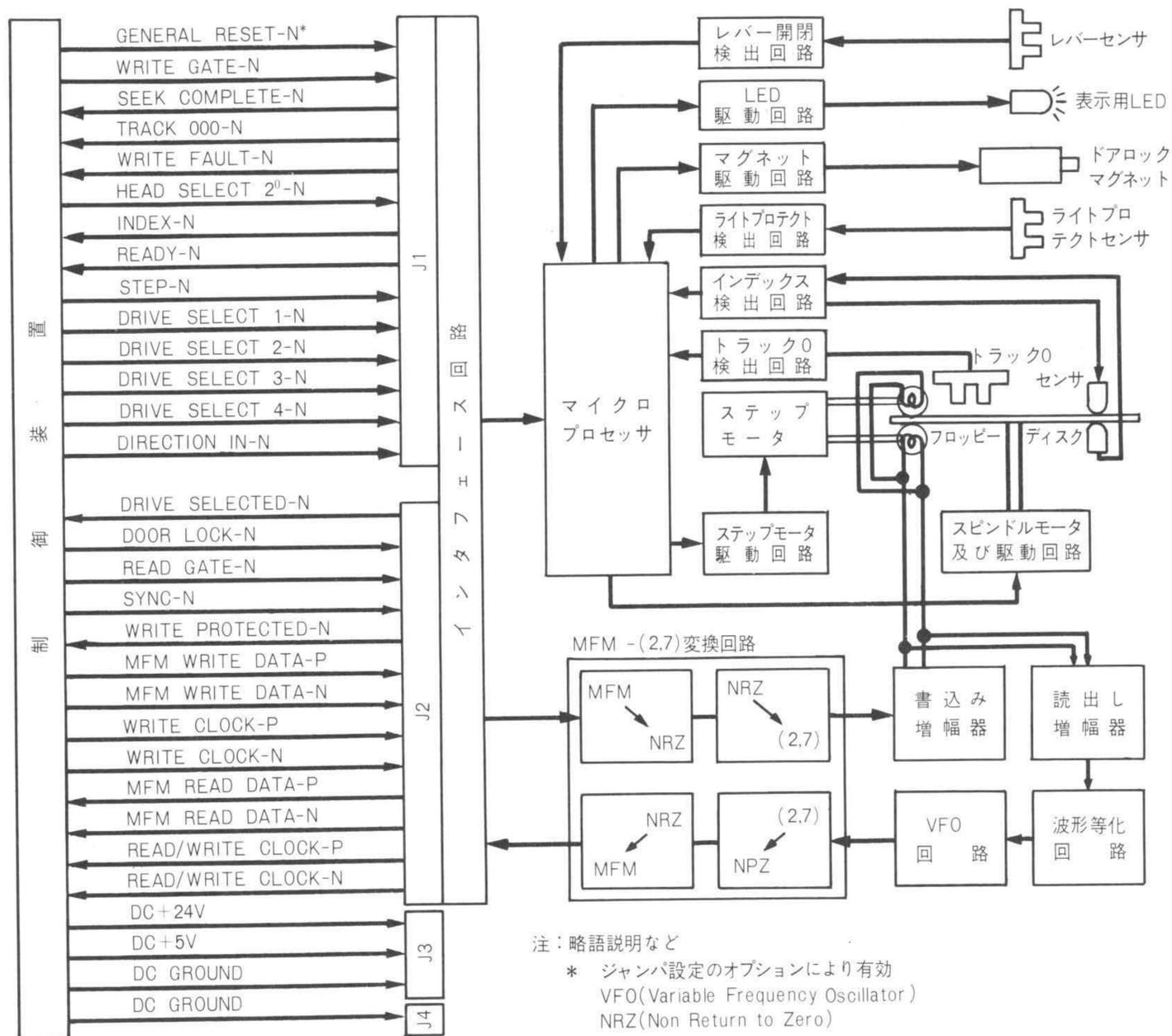


図5 位置決め精度 FDD-441は、従来の8in FDDに比べて、総合的に約60%に位置決め精度が改善されている。

*2) コバルトエピタキシャルガンマ酸化鉄：ガンマ酸化鉄(γ -Fe₂O₃)の結晶粒子表面に、コバルトフェライト(CoFe₂O₄)層を結晶成長させた磁性体。



注：略語説明など
 * ジャンパ設定のオプションにより有効
 VFO(Variable Frequency Oscillator)
 NRZ(Non Return to Zero)

図6 TDD-441のインタフェース信号とブロックダイヤグラム インタフェース信号は、5inハードディスク方式を採用した。MFM-(2,7)変換回路、VFO回路が内蔵されている。

5 今後の動向

FDD-441は9.6Mバイトの記憶容量を実現したが、システム機能の拡充に対応したよりいっそうの大容量化とともに、システムの小型化に対応したFDDの小型化が必要になると考えられる。

技術的には、ディスク媒体材質の向上と磁気ヘッドの特性改善によって、記録密度は現状の水平記録方式でもFDD-441の2倍程度の向上が期待でき、小型化、大容量化が更に進むと考えられる。

また、垂直記録方式など次世代技術の開発も着々と進められており、手軽に使える外部記憶装置として普及してきたFDDは、今後更に幅広くコンピュータシステムに取り入れられていくと考えられる。

6 結 言

これまでフロッピーディスク装置の大容量化に対する強い市場要求がありながら、主として技術上の理由から停滞していた記憶容量の向上を目指し、高記録密度技術と高精度位置決め技術の開発を行なった。この結果、記録密度2万560bpiとトラック密度96tpiを達成し、記憶容量9.6Mバイトとデータ転送速度1,500kビット/秒のFDD-441フロッピーディスク駆動装置を製品化した。

FDD-441は、従来の記憶容量を大幅に上回る性能をもち、従来と同じ使いやすさを備えている。今後、各種の高機能小形コンピュータシステムへの採用が期待できる。

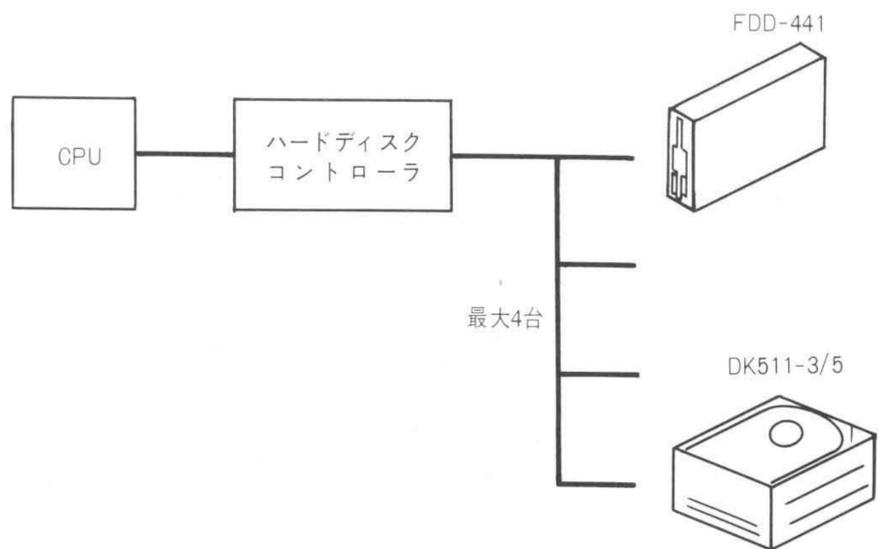


図7 FDD-441のシステム構成例 5inハードディスクコントローラに、最大4台まで接続できる。

参考文献

- 1) 高橋, 外: H-8598形大容量磁気ディスク装置の開発, 日立評論, 65, 8, 567~570(昭58-8) 波形等化回路の具体的効果が記述されている。
- 2) K. Shiraishi, et al.: DK-812S Large-Capacity 8inch Disk Unit, Hitachi Review, Vol. 32, 5(Oct. 1983) 2to7記録変調方式の原理について説明している。