

国産メインフレーム用大容量高速磁気ディスク装置

Domestically-produced large-capacity fast-access magnetic disk storage for mainframe computer use

名古屋大学博物館が収蔵している初期のメインフレーム用の国産大型磁気ディスク装置が、トライボロジー学会のトライボロジー遺産認定制度に基づき、トライボロジー遺産第11号に認定された(伝達式: トライボロジー会議 2013 春、東京、2013.5.21)。認定証の写真を図1に示す。認定された磁気ディスク装置は、1986年に開発された磁気ディスク装置の精巧な二つのカットモデルである。一つは日本電信電話株式会社 (NTT) の大規模システム用 (図2(a): GEMMY: Giga Byte Capacity Magnetic Disk Memory)、もう一つは汎用計算機用 (図2(b): EAGLE3) である。

これらの装置では、磁気ディスクと磁気ヘッドの浮上すきま $0.18\ \mu\text{m} \sim 0.20\ \mu\text{m}$ が実現され、面記録

密度 $62\ \text{kbit}/\text{mm}^2$ (GEMMY: 当時の世界最高性能)、 $47\ \text{kbit}/\text{mm}^2$ (EAGLE3) が達成された。トライボロジー技術という視点から見た本装置の特長は、平滑性の高い記録媒体、追従性の高い小型浮動ヘッド、信頼性の高いヘッド・ディスクインタフェースなどである。これらの技術は、磁気記録のトライボロジーという一分野を興隆させ、さらにマイクロ・ナノトライボロジーへと発展していく契機となった。

注 トライボロジー遺産の認定制度 (トライボロジー学会ウェブサイトより): 当学会では、科学と技術の発展の歴史において重要な貢献をしたトライボロジーに関係する技術や事物を発掘し保存するために、「トライボロジー遺産」として認定し、情報発信と顕彰を行なうことと致しました。(2011年より開始)



図1 トライボロジー遺産認定証

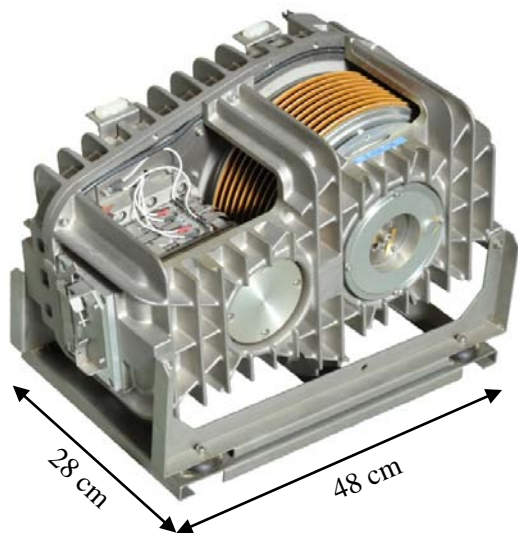
1. 大容量高速磁気ディスク装置 (GEMMY) の開発経緯

最初のコンピュータが開発 ('46) されてから、10 年経過後に IBM において最初の磁気ディスク装置 (HDD) が開発 ('56) され、大型計算機の外部記憶装置としての第一歩を踏み出した。以来 57 年が経過し、この間に絶え間ない技術革新により飛躍的な性能向上が実現された。性能指標である面記録密度 (単位面積当たりのビット数) は、ほぼ十億倍に達している。この指数的な性能向上による低価格化・小型化が、情報化社会の発展の一翼を担ってきたといっても過言ではない。

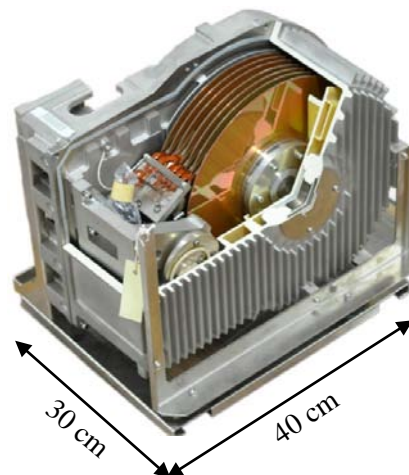
最初の磁気ディスク装置 (IBM RAMAC305) は、大型計算機 (メインフレーム) の外部メモリとして使用された。50 枚の 24 インチ径のディスクを 1,200 rpm で回転し、外部から圧縮空気をスライダとディスクのすきまに供給する静圧気体軸受によりヘッドを浮上させた。浮上すきまは 20 μm であった。ヘッドはまずモータクラッチによって軸方向に移動して所定のディスクを選択し、つぎに

油圧駆動により半径方向に移動し、所定のトラック位置に機械的に固定された。記憶容量は 5×10^6 キャラクタ (≒フロッピーディスク 4 枚分)、記録密度は 3 bit/mm^2 であった。

最近の HDD の主用途はパソコンであり、直径 2.5 ~ 3.5 インチ径、回転数は 5,400 ~ 15,000 rpm、負圧利用の動圧気体軸受型浮動ヘッドがスイングアーム型の位置決め機構によって半径方向に位置決めされる。すべての機構は密閉構造の容器に内蔵され、回転空気流を利用して浄化される。浮動ヘッドスライダは約 6 ~ 8 nm で浮上し、さらにヘッドの熱膨張制御 (スライダ後端と磁気ヘッドの間にヒータを設置し、記録再生動作時に通電加熱して、瞬時の熱膨張により磁気ヘッドを突出させる) によって、すきまを 2 nm 程度まで近づけて、記録再生動作を行う。ヘッドはフィードフォワード制御によって、半径方向に数 nm の精度で位置決めされる。装置容量は 4×10^{12} Byte、記録密度は、 $1.2 \times 10^9 \text{ bit/mm}^2$ が実現されている (2013



(a) GEMMY



(b) EAGLE3

図 1 メインフレーム用大容量高速磁気ディスク装置

年時点)。この間の驚異的な性能向上は、不断の技術革新によって達成されたものであり、ヘッド浮上技術、ヘッド位置決め技術、ディスク回転技術など、安定な相對運動を実現するためのトライボロジー技術や機械技術が大きく貢献している。

この技術革新の行程中には、日本のコンピュータ産業の生死をかけるプロジェクトが存在していた。すなわち、米国政府による強い圧力によって、'75年にはコンピュータの資本と輸入が自由化されることになり、当時世界市場を席卷していた巨象IBMに付いた蚤と揶揄されていた日本のコンピュータ産業の生き残りをかけるべくスタートした産官連携の研究開発プロジェクトである。当時の電電公社（現NTT）では、公社の回線を利用して高速のデータ通信によって、全国の地方銀行業務や郵便貯金業務などをオンライン・タイムシェアリングで処理する業務が開始され、このために電電公社が主導して、ソフトウェア互換性をもち、入出力インタフェースの統一、および性能仕様・使用環境の統一された純国産の大型コンピュータの開発が推進されることとなった（DIPSプロジェクト）。

このなかで、磁気ディスク装置についても、日本の3社の計算機メーカー間で互換性のある性能・仕様を統一した装置が必要とされた。当初は、汎用IBM互換装置（ディスクパック交換型）のインタフェースを変更した装置が流用されていた。次の段階では、'77年よりHDD全体を密閉するという新しい設計コンセプト（密閉構造）に基づく装置の開発が開始され、'81年には、本構造を採用し、また磁気特性に優れた平滑な記録媒体、微小浮上すきま（0.22～0.27 μm）のヘッドディスクインタフェース（HDI）などの新技术を採用した小型高密度磁気ディスク装置（PATTY）が開発された。本装置では、当時としては世界最高の面記録密度（24 kbit/mm²）が実現された。本装置の構造は、製造を担当した日本電気（連続薄膜媒体を世界最初に使用）、日立製作所、富士通の一般市場向けのHDDにも採用され、IBM技術の改良という従来の設計製造の形態から脱却する契機になった。

DIPSプロジェクトの進化に対応して、PATTYの後継機の研究開発が'83年にスタートし、'86年に実用化を完了した。本装置では、PATTYの密閉構造技術を継承するとともに、薄膜ヘッド・薄膜

表 1 GEMMY と EAGLE3 の性能

	GEMMY	EAGLE3
ドライブ容量 GByte	2.2	1.26
面記録密度 kbit/mm ² (bit/inch ²)	62 (40M)	47 (30M)
線記録密度 bit/mm (BPI)	1240 (31500)	984 (25000)
トラック密度 track/mm (TPI)	50 (1270)	47 (1200)
ヘッドディスク浮上すきま μm	< 0.2	0.2
平均シーク時間 ms	12	15
データ転送速度 MB/s	4.4	3
ディスク直径 inch	10.5	10.5
ドライブ質量 kg	40	35
商用化時期 年	1986, Spring	1986, August

BPI: bit/inch, TPI: track/inch

媒体の組み合わせ、微小浮上すきま（0.18 ~ 0.2 μm ）の HDI、振動や外乱に強い高剛性の対称的両持ち軸受構造、相互干渉を抑圧した 2 段積層構造の位置決め機構などの新技術が採用された。また PATTY に続いて世界最高の面記録密度（62 kbit/mm^2 ）を達成した。日本電気、富士通が製造を担当し、日本電信電話株式会社（NTT）の全国規模の官公庁システム（郵便貯金システム、国税庁システム、社会保険庁システム）に、大量に導入された。また本装置構造は日本電気、富士通の一般市場向けの HDD にも採用され、これ以降のディスク装置の機構設計に大きなインパクトを与えた。GEMMY（日本電気製）は、薄膜媒体と薄膜ヘッドを組み合わせた世界最初の装置である（注：日本電気が HDD 製造から撤退したため現存していないと思われる）。GEMMY（富士通製）には、直進型の 2 段積層の位置決め機構が採用された。二つの位置決め機構の相互干渉を抑圧するために開発された加速度センサフィードフォワード制御技術は、最新の HDD にも全て用いられており、世界標準技術となった。さらに富士通は、本技術をベースにして、位置決め機構として回転型を採用し、自社開発の HDD である EAGLE2 を発展させて、よりコンパクトな EAGLE3 を同時期に開発し（'86）、自社の汎用計算機用として量産化された。GEMMY と EAGLE3 の性能仕様を表 1 に示す。GEMMY は、技術的な革新性が認められて、第 23 回の機械振興協会賞が授与された（'88）

今回、トライボロジー遺産に認定されたものは、実用装置の精巧なカットモデルが残されていた GEMMY と EAGLE3 である。いずれも富士通で製造された兄弟装置のような関係にある。性能は両者ともほぼ同等であり、GEMMY の場合には、上記したように開発当時には世界最高性能を実現した。GEMMY は NTT オンラインシステム用、また EAGLE3 は汎用大型計算機用である。ディスクの直径は 10.5 インチ、総重量は、前者が 40 kg、後者が 35 kg であり、放熱効果と高剛性を兼ね

たフィンをもつ重厚な機構で構成されており、現代主流の 2.5 インチ HDD に比較すれば、まさに巨大戦艦のイメージがある。構造的な差異は、前者が直進型、後者が回転型のヘッド位置決め機構を採用したことである。いずれも展示用として実用装置をカットして精巧に組み立てられており、間近に臨場感をもって当時の HDD の内部構造を観察することができる。これまで、主として展示に使用されてきたので、構成部品の腐食劣化はほとんどなく、開発時の真新しい状態が維持されている。

2. トライボロジー遺産認定を受けるまでの経緯

本学の三矢保永名誉教授は、本学に着任する以前に、日本電信電話株式会社（NTT）の電子機構研究所において、前述の DIPS プロジェクトの一翼を担う磁気ディスク装置の研究開発に従事し、磁気記録研究室長として、'83 年より GEMMY の開発を開始し、'86 年に実用化を完了した。'87 年に、名古屋大学に奉職する機会を得て、GEMMY の共同開発を担当した富士通より、研究教育用として、EAGLE3 のカットモデルの寄贈を受け、マイクロ・ナノ領域のトライボロジー、情報機器のメカトロニクスの研究教育のために、研究室に展示保管していた。定年退職時に、このカットモデルを名大博物館に寄贈した。一方、GEMMY については、長らく富士通のショールームに展示されていたが、富士通が磁気ディスク装置の製造部門を東芝に譲渡して以降に撤去されて、その後、行方不明になっていた。富士通関係者の努力により、幸運にも富士通中原工場倉庫内に保管されていたことが発見され、トライボロジー遺産の認定および展示保管のために、名大博物館に寄託された。関連者の努力といくつかの幸運に恵まれて、技術革新を担った二つの精巧なカットモデルが、名大博物館に収蔵されることとなった。