

平成18年度
特許出願技術動向調査報告書

高記録密度ハードディスク装置
(要約版)

<目次>

第1章 高記録密度ハードディスク装置の概説	1
第2章 特許動向分析	5
第3章 研究開発動向分析	30
第4章 政策動向分析	33
第5章 市場動向分析	35

平成19年5月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部技術調査課 技術動向班
電話：03-3581-1101(内線2155)

第1章 高記録密度ハードディスク装置の概説

第1節 技術の概要

HDD は剛性を有する回転ディスク記録媒体を使用する磁気記録装置であり、図 1-1 に示すように信号が記録される磁気ディスク、それを高速回転するスピンドルモータ、磁気ディスクに信号を記録・再生するための磁気ヘッド、それを高精度に保持しつつ移動させるためのスイングアームおよびアクチュエータ、これらの駆動制御回路および信号処理回路が主要構成部品となっている。他の磁気記録装置である磁気テープ装置、フレキシブル磁気ディスク装置では磁気記録媒体と磁気ヘッドとが記録再生時に接触しているのに対し、HDD では磁気ヘッドは剛性磁気ディスク表面からミクロン以下の極微小距離で浮上している。そのために高速のランダムアクセスや超高トラック密度が可能となっている。

従来の HDD 製品は信号を記録層の膜面に平行な磁化として記録する面内磁気記録方式であったが、この方式による記録密度の限界が見えてきたため、最近では信号を膜面に垂直な磁化として記録する垂直磁気記録方式の製品が増えてきている。図 1-2 に両者の違いを示す。

図 1-1 HDD 構造図

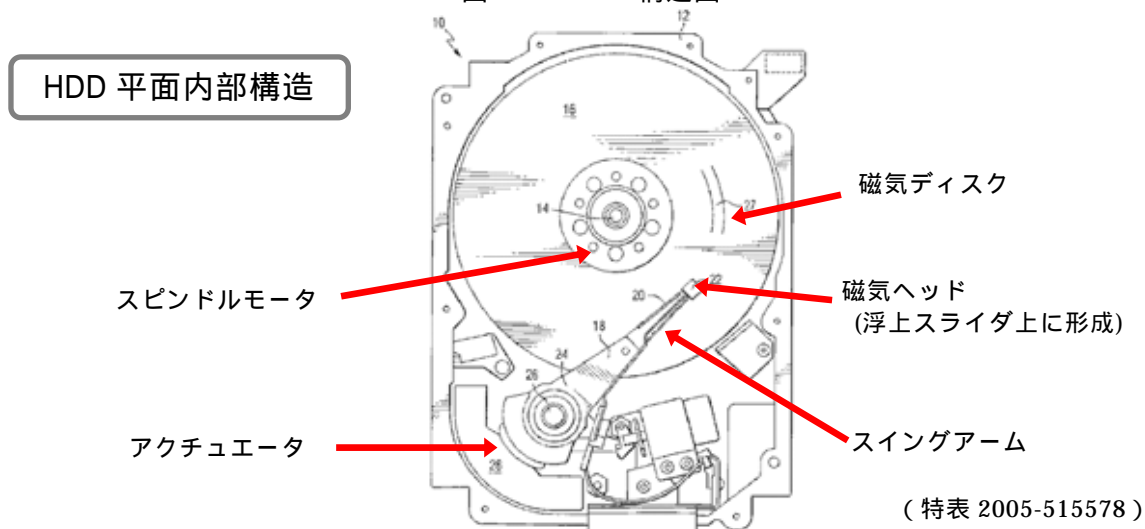


図 1-2 磁気記録概念図

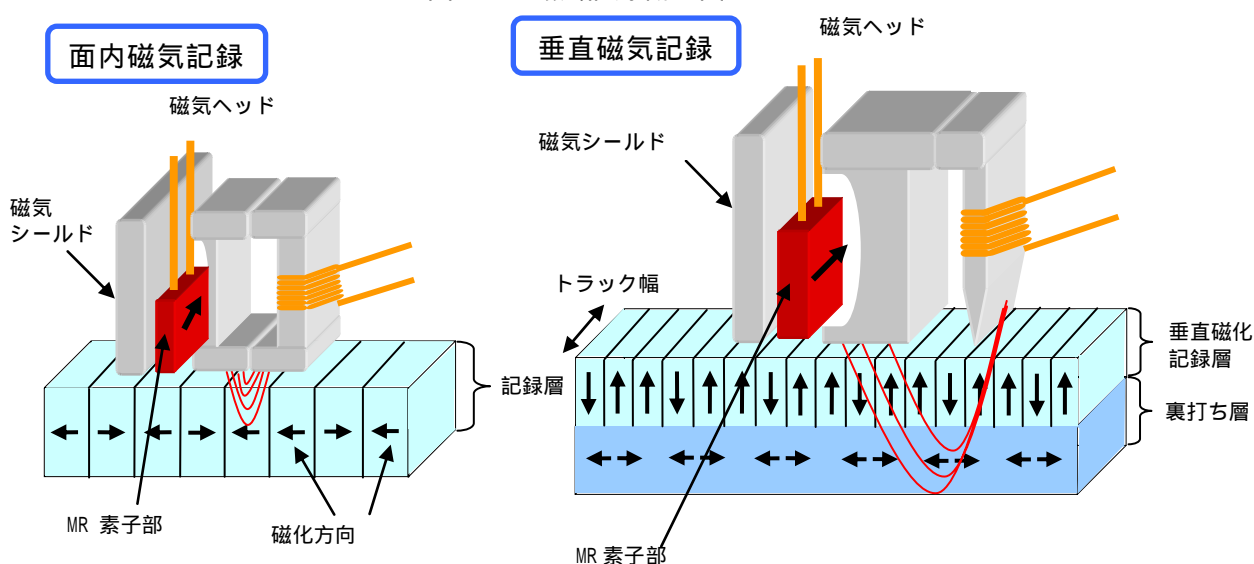
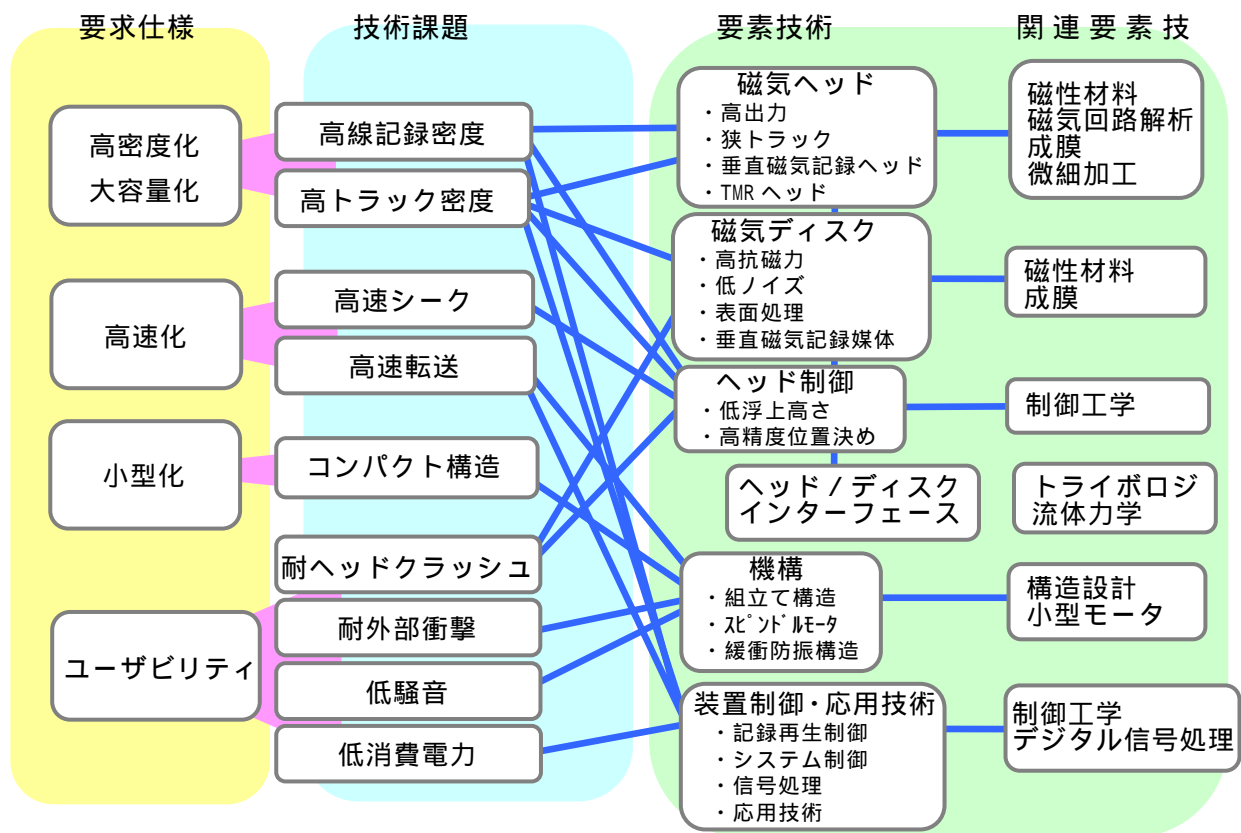


図 1-3 はこれらの主要構成部品に係わる要素技術と HDD に対する要求仕様・技術課題との関連を示す技術俯瞰図である。

図 1-3 高記録密度ハードディスク装置技術俯瞰図

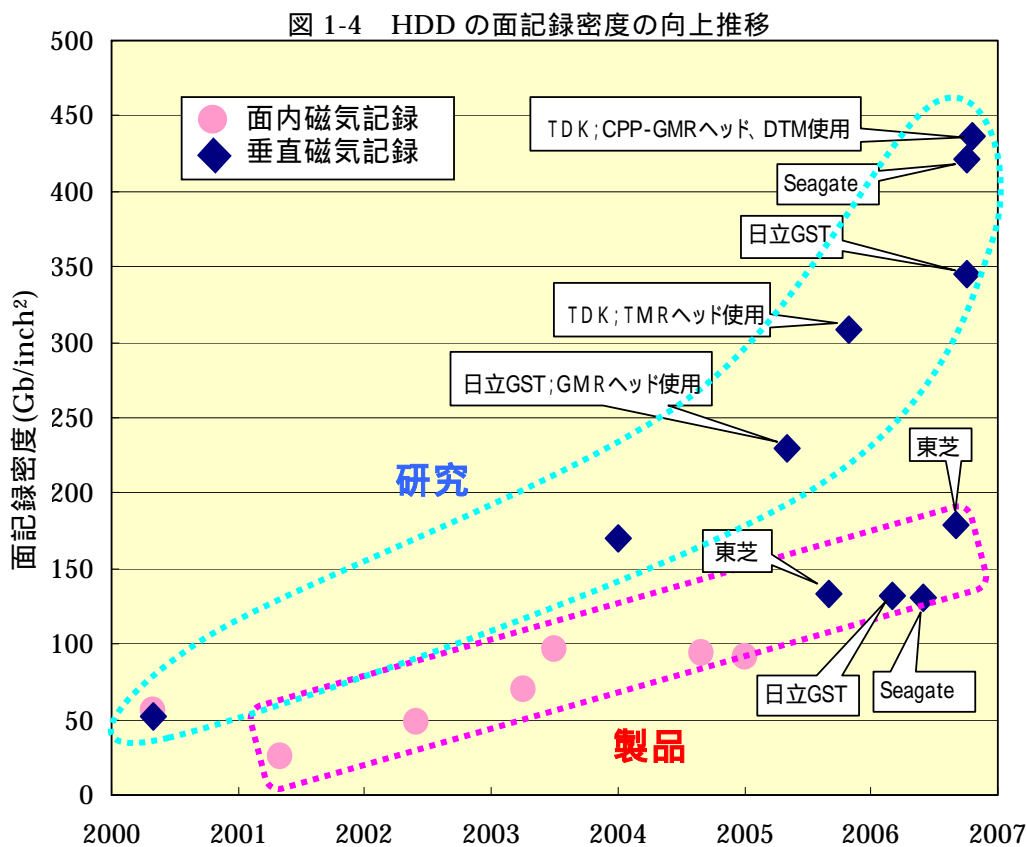


HDD 技術の歴史は記録密度向上の歴史であり、前回の調査時点はちょうど GMR ヘッドの実用化と低ノイズ媒体の開発により記録密度の一層の向上が見えてきた時期であった。その期待通り、以後、図 1-4 に示すように HDD 製品の記録密度は増加を続けてきた。しかし、近年面内磁気記録方式では記録自己減磁による記録密度の頭打ちが議論されるようになり、一方では HD-DVD や Blu-ray Disc という次世代高記録密度光ディスク技術の出現により将来的には HDD の地位が脅かされるのではないかと懸念も生じてきた。この不安を払拭したのが 2005 年の垂直磁気記録方式による HDD の製品化と 2006 年の TMR ヘッドの出荷開始アナウンスである。

垂直磁気記録は 1975 年に東北大学で提案された記録方式で、原理的に記録自己減磁がなく高密度記録に適した方法である。その後約 30 年間にわたり地道な技術開発が継続されてきたが、この間、面内磁気記録方式も技術改良が進んだため垂直磁気記録の製品の出番はなかった。しかしながら、2005 年末から 2006 年にかけて東芝、Seagate Technology、日立グローバル・ストレージ・テクノロジー(日立 GST)の 3 社が製品発売を開始し一挙に垂直磁気記録 HDD 時代の入口が開かれた。

HDD 技術の将来展望に関しては次のような見通しが持てる。図 1-4 に示すように製品化された垂直磁気記録 HDD の面記録密度は約 130Gb/inch² であるが、垂直磁気記録の研究レベルではその 3 倍から 4 倍の面記録密度が達成されている。したがって垂直磁気記録 HDD 製品の面記録密度はまだまだ向上できる余地があるので、その実現に向けての開発努力が望まれる。また、垂直磁気記録の改良と TMR ヘッドの導入によって面記録密度が向上すると、

同一容量の HDD がより小型化できるということになり、携帯電子機器を中心に HDD の小型化がさらに促進されることが期待できる。



[DTM: ディスクリート・トラック媒体] 研究発表年・製品発売年 [各社広報、展示会データより作成]

第 2 節 HDD 産業、市場および関連企業の概要

情報化社会において大容量の不揮発性データ記憶装置は不可欠の存在である。HDD 以外にも不揮発性データ記憶装置はあるものの、HDD は記憶容量の大きさ、体積記録密度、データ転送速度において他を凌駕しており、全世界で年間生産台数が約 4 億台、生産金額で 3 兆円を越す確固たる地位を占めている。

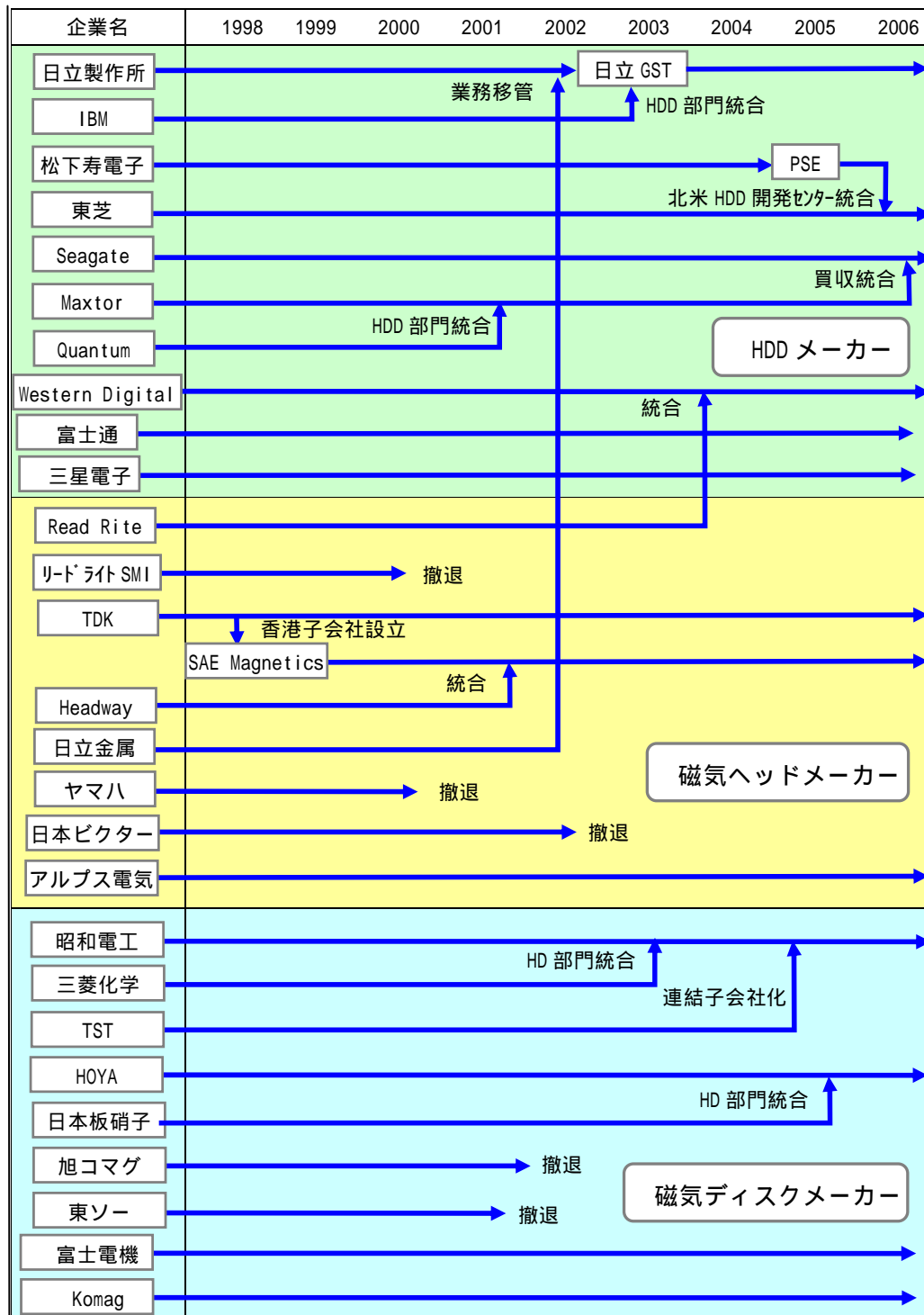
HDD 産業に部品を供給する産業としては磁気ヘッドメーカー、磁気ディスクメーカー、ディスク基板メーカー、スピンドルモーターメーカー、制御用 LSI メーカー等がある。ただし、磁気ヘッド、磁気ディスクについては HDD メーカーの内製も盛んに行われている。

HDD の大容量化、高記録密度化の進展はその用途を従来のコンピュータ用だけでなく、AV 記録装置、ムービーを含むデジタルカメラ、カーナビ装置、携帯電話へと広げ、HDD を製品装置内に取り込む電子産業分野が大きく拡大している。このような背景に加えてコンピュータの生産の伸びも着実であるため、JEITA(社団法人電子情報技術産業協会)では HDD の台数ベースでの市場規模は当分年率 1 割～2 割増しで増加し続けるものと予測している¹⁾。

1) <http://it.jeita.or.jp/document/ittguide/magnetic/index.html> (社団法人 電子情報技術委員会 情報端末事業委員会) <http://it.jeita.or.jp/statistics/intelterm/2005/table-b.html> (2005 年情報端末関連機器の世界・日本市場規模および需要予測) [検索日: 2006 年 10 月 5 日]

その一方で、図 1-5 に示すように、HDD 業界は吸収合併が進み、2007 年 3 月現在、世界の主要 HDD メーカーは日本 3 社、米国 2 社、韓国 1 社となり、部品メーカーの統廃合も進んでいる。

図 1-5 HDD 関連企業と統廃合



PSE: パナソニック四国エレクトロニクス TST: Trace Storage Technology (台湾)

企業の統廃合を考慮して、以後は出願人名称として日立製作所グループと TDK グループを用いる場合がある。日立製作所グループは日立製作所および日立 GST を含み、TDK グループは TDK、新科実業、SAE Magnetix および Headway Technologies を含む。

第2章 特許動向分析

第1節 全体動向分析

1. 調査範囲

- ・本調査の調査対象技術は、高記録密度、小型化、アプリケーションの多様化など進展の著しいハードディスク装置（HDD：Hard Disk Drive）関連とする。その主要技術・構成を大きく次の5項目に分類し、動向を分析する。
（1）磁気ヘッド（2）磁気ディスク（3）ヘッド制御（4）機構（5）装置制御・応用
- ・調査対象国は、技術的側面、主要メーカーが存在する等の観点から日米欧韓の四極とする。
- ・調査期間は出願年、優先権主張年（PCT/パリールートおよび国内優先権）が1999年から2005年までのものとする。日本および外国特許の検索日は、2006年8月4日である。
- ・出願件数の直近データの下がり傾向は、調査期間、検索日などの関係で直近データの一部（2004年末出願など）が包含されていないことに起因する。登録件数に全般的に見られる直近データの減少傾向は、審査未完了に起因する。
- ・本報告書の各グラフにある「出願年」の軸は、優先権主張年を有するものはそれを、有しないものは出願年を意味する。
- ・出願人の国籍は出願人の住所により区別した。

2. 調査件数

日本特許は、データベースとしてPATOLISを利用して検索し、一次母集合の全件読み込みによるノイズ除去により、調査対象の各大分類および全体対応の母集合を設定した（二次母集合）。表2-1に大分類毎および全体の件数を示す。

表2-1 一次および調査対象（二次）母集合（日本特許）

大分類項目	検索結果 件数(a)	左記結果中1998 年以前の国内優先 権主張件数(b)	一次母集合 (a-b)	二次母集合 (調査対象 母集合)
磁気ヘッド	3,143	78	3,065	2,595
磁気ディスク	4,006	75	3,931	2,182
ヘッド制御	3,024	42	2,982	2,256
機構	3,583	54	3,529	1,470
装置制御・応用	6,382	271	6,111	3,919
計	20,138	520	19,618 (重複含む) 17,790 (重複なし)	12,422 (重複含む) 11,929 (重複なし)

外国特許はDERWENT WPIデータベースにより検索し、外国特許の母集合を得た。米国特許約7,400件、欧州特許、韓国特許が各約1,300件である。ここで、対象とする欧州特許は下記に示すヨーロッパ特許庁および国への出願である（カッコ内はコードを示す）。

- ・ヨーロッパ特許庁（EP）、ドイツ（DE）、フランス（FR）、イギリス（GB）、イタリア（IT）、スイス（CH）、オランダ（NL）、デンマーク（DK）、スウェーデン（SE）、オーストリア（AT）、ベルギー（BE）、フィンランド（FI）、リヒテシュタイン（LI）。

米国特許は、2000年11月29日より前の出願については登録特許のみ、それ以降の出願については登録と公開特許が分析対象データである。

3. 出願人国籍別特許出願・登録動向

HDD 関連全体の日本および外国の出願・登録動向全体を把握し、特許から見た我が国の技術競争力を定量的に分析する。

(1) 出願先国別出願件数推移

図 2-1-1 に日本、米国、韓国および欧州の四極を出願先とする HDD 全体の特許出願件数の推移を、図 2-1-2 に出願先国別の累積出願件数比率を示す。日本および米国への出願が四極合計の約 90% を占めており、この両国への特許出願に注目することにより全体の動向分析が可能といえる。日本への出願は漸減傾向にあるが、米国出願はほぼ一定となっている。もともと出願件数の少なかった欧州、韓国への出願はさらに減少している。

図 2-1-1 出願先国別出願件数推移

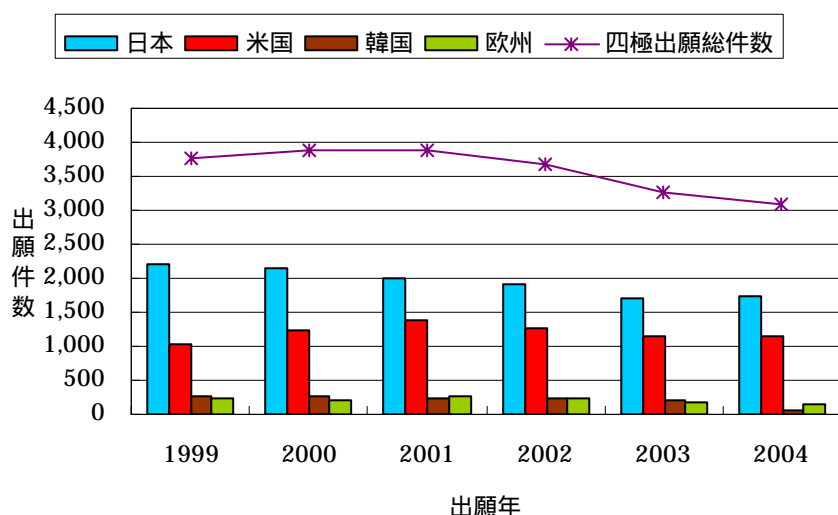
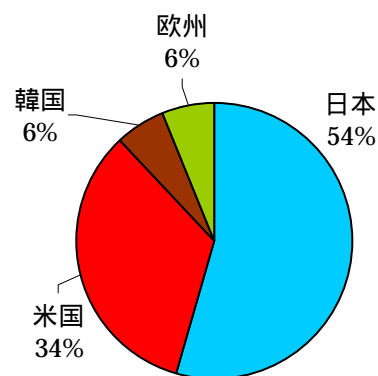


図 2-1-2 出願先国別出願件数比率



(2) 出願人国籍別（出願先国別）の出願件数推移

図 2-1-3 に日本への出願の出願人国籍別推移を、図 2-1-4 に出願人国籍別の累積出願件数比率を示す。日本国籍出願人の比率が 92% と非常に高く、米国国籍比率が減少傾向にあるのに対して韓国国籍比率は低比率ながら徐々に増加してきている。

図 2-1-3 出願人国籍別の出願（出願先国：日本）

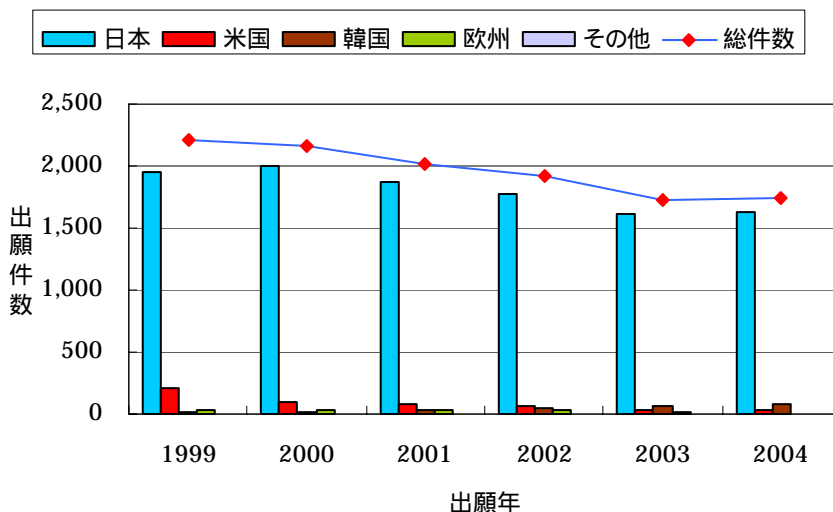


図 2-1-4 出願人国籍別出願件数比率(出願先国:日本)

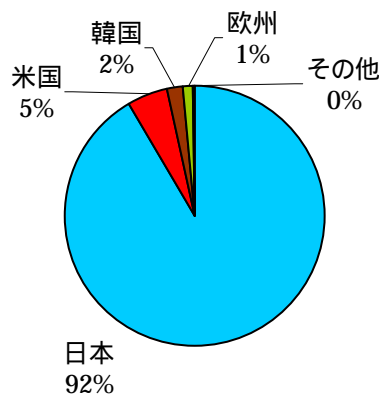


図 2-1-5 に米国への出願の出願人国籍別推移を、図 2-1-6 に出願人国籍別の累積出願件数比率を示す。日本国籍出願人の比率は米国国籍によるものより高く 58%に達する。米国国籍比率は HDD メーカー数の減少により低下しているが、日本国籍出願が増加しているために総件数の大きな低下は生じていない。

図 2-1-5 出願人国籍別の出願（出願先国：米国）

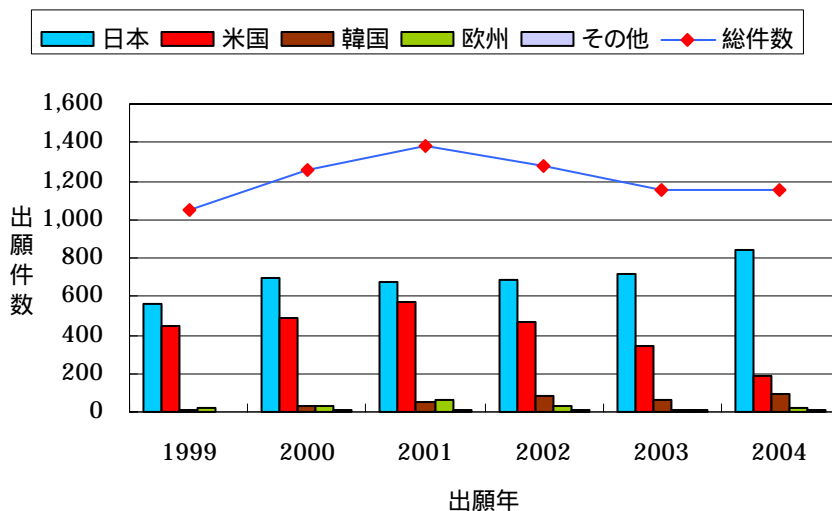
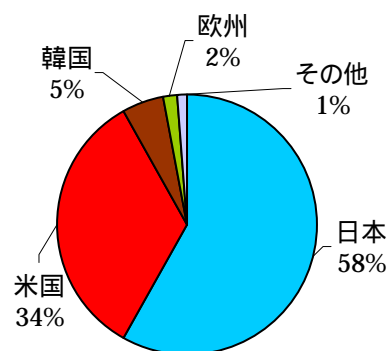


図 2-1-6 出願人国籍別出願件数比率（出願先国：米国）

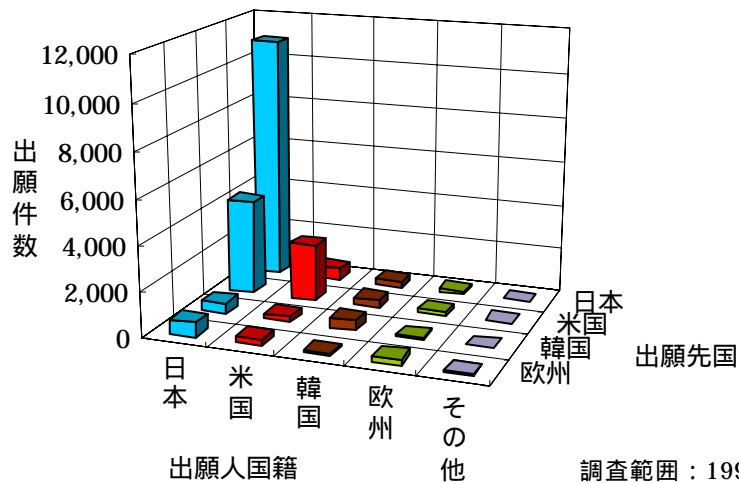
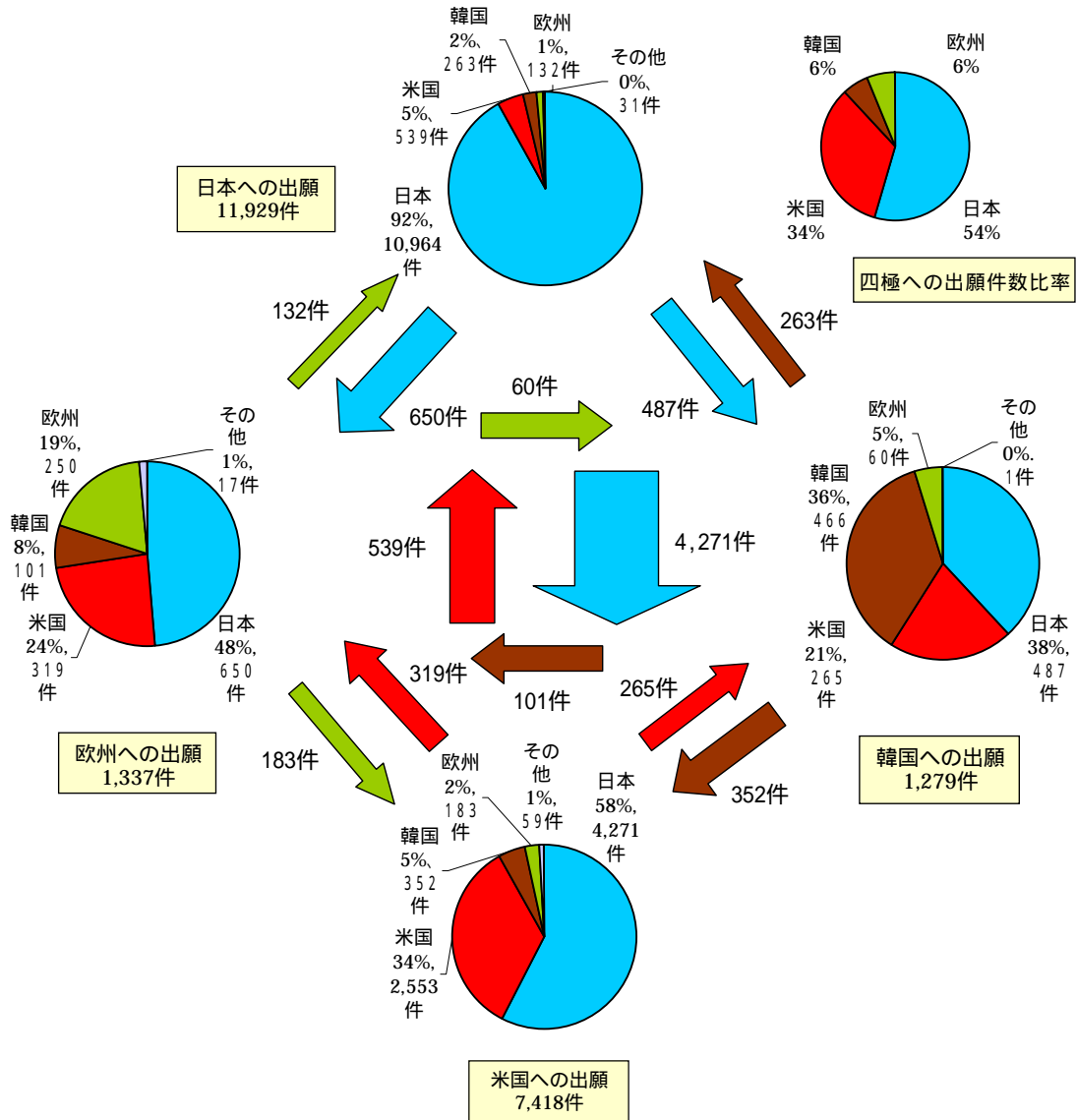


(3)出願先国別 - 出願人国籍別出願・登録件数収支

図 2-1-7 に日本、米国、韓国および欧州の四極間の出願件数収支、図 2-1-8 に登録件数収支を示す。日本国籍出願人による日本への出願が多いこともあり、四極への出願総件数の 54%が日本への出願である。米国への出願が 34%でこれに続く。両国への出願が四極全体出願の大半（88%）を占める。図 2-1-7 および図 2-1-8 から次のことがいえる。

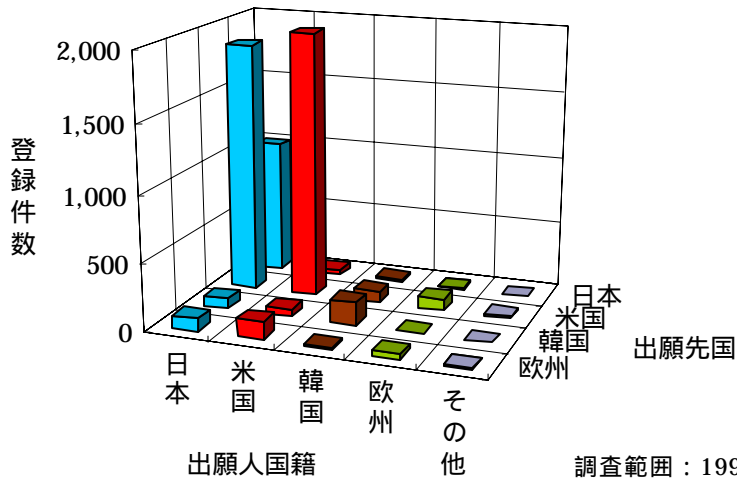
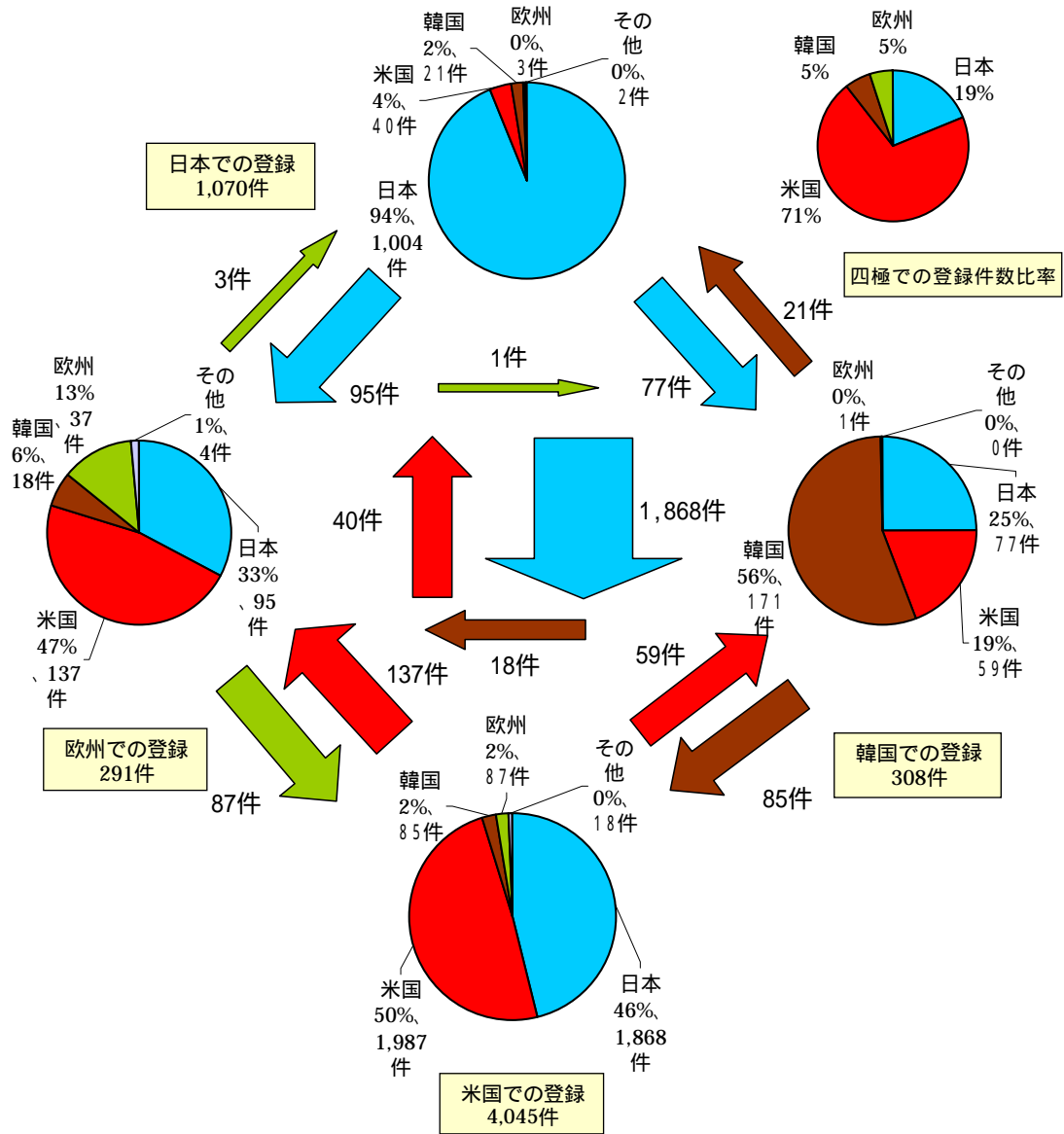
- (1) 各出願先国での出願人国籍別出願件数シェアは、日本国籍出願人による出願が四極いずれの出願先国においても累計出願件数が最大である。出願件数面では、日本国籍出願人が競争優位な位置にある。
- (2) 出願面で注目される二極の日本と米国への出願において、日本への出願の大半が（92%）日本国籍出願人によるものであり、米国においても四極による米国への出願総件数の 58%が日本国籍出願人によるものである。日本国籍出願人による出願は、米国国籍出願人による米国への出願に占める割合（34%）をも凌駕している。
- (3) 韓国、欧州国籍出願人による出願は、自国への出願が主であり、日米に比べて他極への出願は少ない。
- (4) 米国および日本国籍出願人による米国での登録が、米国における登録総件数の 96%を占める。内訳は、米国での登録件数の 50%が米国国籍出願人、46%が日本国籍出願人によるものである。米国において日本国籍出願人による米国への出願が増加傾向にある中、特許取得面で両国籍出願人が競合状態にある。
- (5) 日本での登録件数の 94%は、日本国籍出願人によるものであり、日本においては、圧倒的に日本国籍出願人が量的に優勢である。
- (6) 韓国、欧州国籍出願人による登録は、自国での登録が主であり、他極での登録件数シェアは数%程度で量的には少なく競争劣位にあるといえる。

図 2-1-7 出願先国別出願人国籍別の出願件数収支



調査範囲：1999～2005年の出願

図 2-1-8 出願先国別出願人国籍別の登録件数収支



第 2 節 技術区分別動向分析

HDD に関する技術を図 1-3 の要素技術を基に、本調査対象の技術区分を表 2-2-1 に示す大分類として分ける。

表 2-2-1 HDD 要素技術（大分類）

技術区分（大分類）	概要
1．磁気ヘッド	磁気ディスクに信号を記録するための磁界の発生および磁気ディスクからの記録信号磁束の検出を行う電磁変換素子。
2．磁気ディスク	磁気ヘッド磁界により磁化反転領域を形成し、信号を記録する積層磁性膜を有する円形基板。
3．ヘッド制御	磁気ヘッドの浮上制御、ヘッド位置決め制御、ロードアンロード制御。
4．機構	スピンドルモータなど HDD を構成する機構関連技術。
5．装置制御・応用	高記録密度化に伴う記録・再生制御、信号処理、モータ駆動制御、外部インターフェース制御、回路実装など。

- 図 2-2-1 に出願先国別に大分類毎の出願件数推移を示す。この図からいえることは、
- (1) 日本出願では、大分類の中で、装置制御・応用の出願件数が最も多く、推移的にも他の大分類に見られる一様な減少傾向ではない。次に多い大分類は磁気ヘッドである。
 - (2) 米国への出願では、磁気ヘッドおよびヘッド制御の両大分類の出願件数が比較的が多く、他の大分類の 2 倍以上の累積出願件数を示す。装置制御・応用を除いて他の大分類の出願件数は、2001、2002 年以降減少傾向であるが、日本と異なり装置制御・応用の比率は低い。

図 2-2-1 出願先国別技術区分別出願件数推移

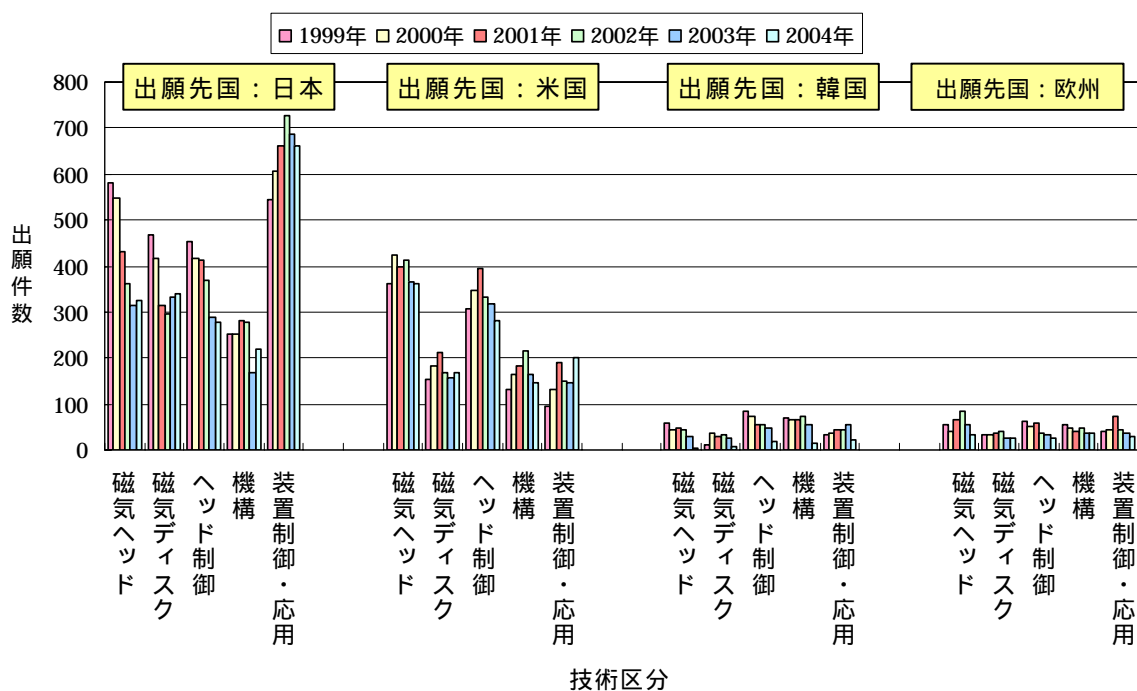


図 2-2-2、図 2-2-3 にそれぞれ日本への出願、米国への出願における大分類毎の出願人国籍比率を示す。日本出願では全ての大分類において日本国籍出願人が 90%以上を占めている。その中で比較的外国国籍出願が多いのはヘッド制御である。

米国出願でもヘッド制御だけは日本国籍が米国国籍よりも少なく、米国勢がヘッド制御の技術開発に力を入れていることが分かる。

図 2-2-2 出願人国籍別技術区分別出願件数比率（出願先国：日本）

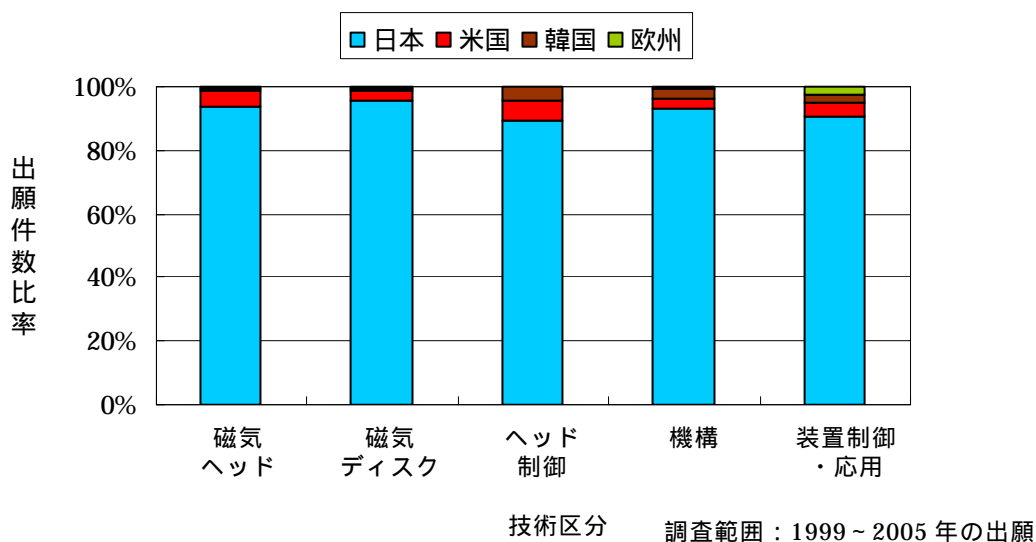
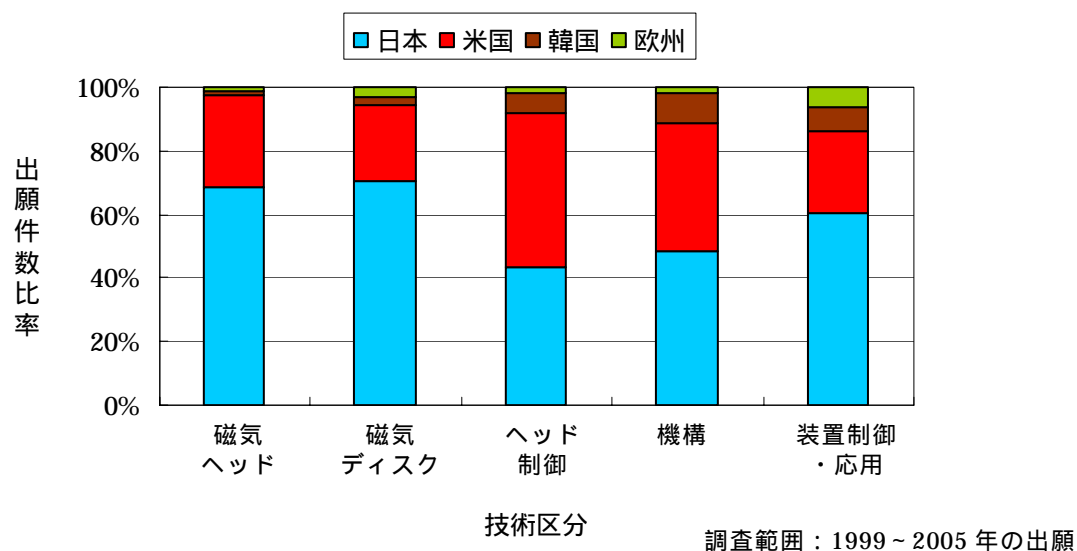


図 2-2-3 出願人国籍別技術区分別出願件数比率（出願先国：米国）



企業間技術競争力を見るために、表 2-2-2 に日本出願での出願件数ランキングを大分類毎に、表 2-2-3 に米国出願での登録件数ランキングを大分類毎に示した。

日本出願で日立製作所グループ、東芝、富士通の 3 大 HDD メーカーの上位に位置しているのは、磁気ヘッドにおける専門メーカーである TDK グループとアルプス電気、機構技術におけるモーターメーカーである日本電産と松下電器産業、装置制御・応用技術において AV 機器メーカーであるソニーと松下電器産業である。いずれの大分類においても外国企業は 5 位以内のランキングには入っていない。

米国登録では日本への出願の少ない Seagate が全ての大分類で上位 5 位に入っていると同時に 3 つの大分類ではトップに立っている。磁気ヘッドでは日本と同様に TDK グループの登録件数が突出している。

表 2-2-2 技術区分別出願件数上位 5 出願人（出願先国：日本）

順位	技術区分				
	磁気ヘッド	磁気ディスク	ヘッド制御技術	機構技術	装置制御・応用技術
	出願人（出願件数）	出願人（出願件数）	出願人（出願件数）	出願人（出願件数）	出願人（出願件数）
1	TDK グループ（664）	日立製作所グループ（252）	日立製作所グループ（439）	日本電産（223）	ソニー（579）
2	アルプス電気（438）	富士通（221）	松下電器産業（263）	松下電器産業（180）	松下電器産業（499）
3	日立製作所グループ（428）	富士電機デバイステクノロジー（183）	TDK グループ（249）	日立製作所グループ（161）	日立製作所グループ（449）
4	富士通（213）	HOYA(183)	富士通（245）	東芝（98）	東芝（414）
5	東芝（162）	東芝（157）	東芝（186）	ソニー(75)	富士通（196）

調査範囲：1999～2005 年の出願

表 2-2-3 技術区分別登録件数上位 5 出願人（出願先国：米国）

順位	技術区分				
	磁気ヘッド	磁気ディスク	ヘッド制御技術	機構技術	装置制御・応用技術
	出願人（登録件数）	出願人（登録件数）	出願人（登録件数）	出願人（登録件数）	出願人（登録件数）
1	TDK グループ（292）	Seagate Technology（108）	Seagate Technology（334）	Seagate Technology（117）	日立製作所グループ（58）
2	IBM（230）	日立製作所グループ（75）	日立製作所グループ（181）	Western Digital（44）	Seagate Technology（41）
3	日立製作所グループ（203）	富士通（34）	Western Digital（131）	日立製作所グループ（40）	富士通（36）
4	Seagate Technology（139）	富士電機(29)	Maxtor（76）	ミネベア（36）	Texas Instruments（33）
5	アルプス電気（139）	IBM(26)	IBM（73）	三星電子（25）	IBM（26）

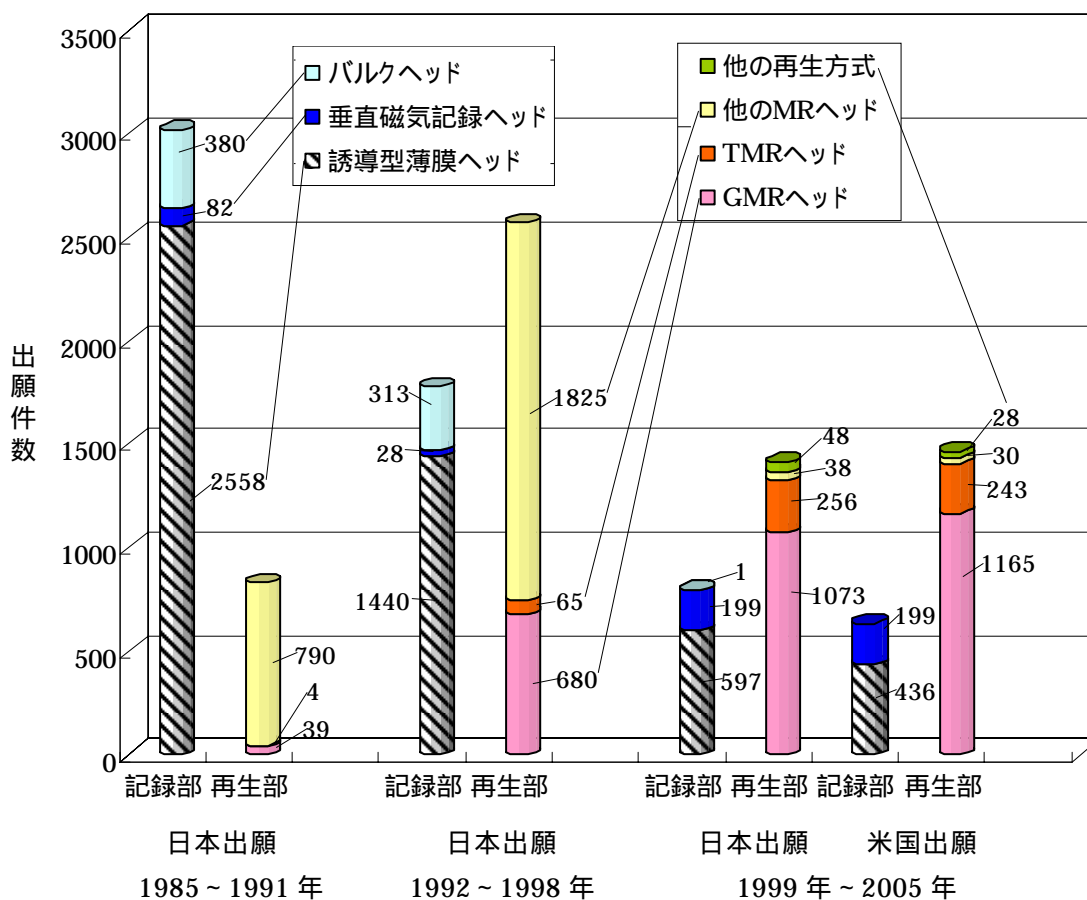
調査範囲：1999～2005 年の出願

第3節 技術区分別動向分析（詳細分析）

1. 磁気ヘッド

図 2-3-1 は磁気ヘッドに関する日本出願および米国出願を記録ヘッド部（記録部）と再生ヘッド部（再生部）に大別し（ヘッド種別を特定していないものは除く）、さらに記録ヘッド部を誘導型薄膜ヘッド、垂直磁気記録ヘッド、バルクヘッドに、再生ヘッド部を GMR ヘッド、TMR ヘッド、他の MR ヘッド¹⁾、他の再生方式に分け、前回調査分とあわせて出願年で7年毎に示したものである。ただし「誘導型薄膜ヘッド」は記録・MR再生複合型ヘッドの記録ヘッド部分および誘導再生型薄膜磁気ヘッドに関する出願を表している。他の MR ヘッドの大部分は AMR ヘッド¹⁾である。1992～1998 年における日本出願では 1985 年～1991 年に比べ、AMR ヘッドに加えて GMR ヘッドの出現とその製品化により再生ヘッド部の出願件数が大幅に増加した。今回調査の 1999～2005 年の日本出願、米国出願では、GMR ヘッドと TMR ヘッドがさらに増大して MR ヘッドの出願の殆どを占めるようになった。また、垂直磁気記録ヘッドの日本出願は 1992～1998 年に一旦 28 件に減少したが、1999～2005 年には 2005 年の製品化を前にして 199 件に増加している。米国出願においても 1999～2005 年の垂直磁気記録ヘッドの出願件数は日本出願と同程度になっている。

図 2-3-1 磁気ヘッドの種類別出願件数の推移

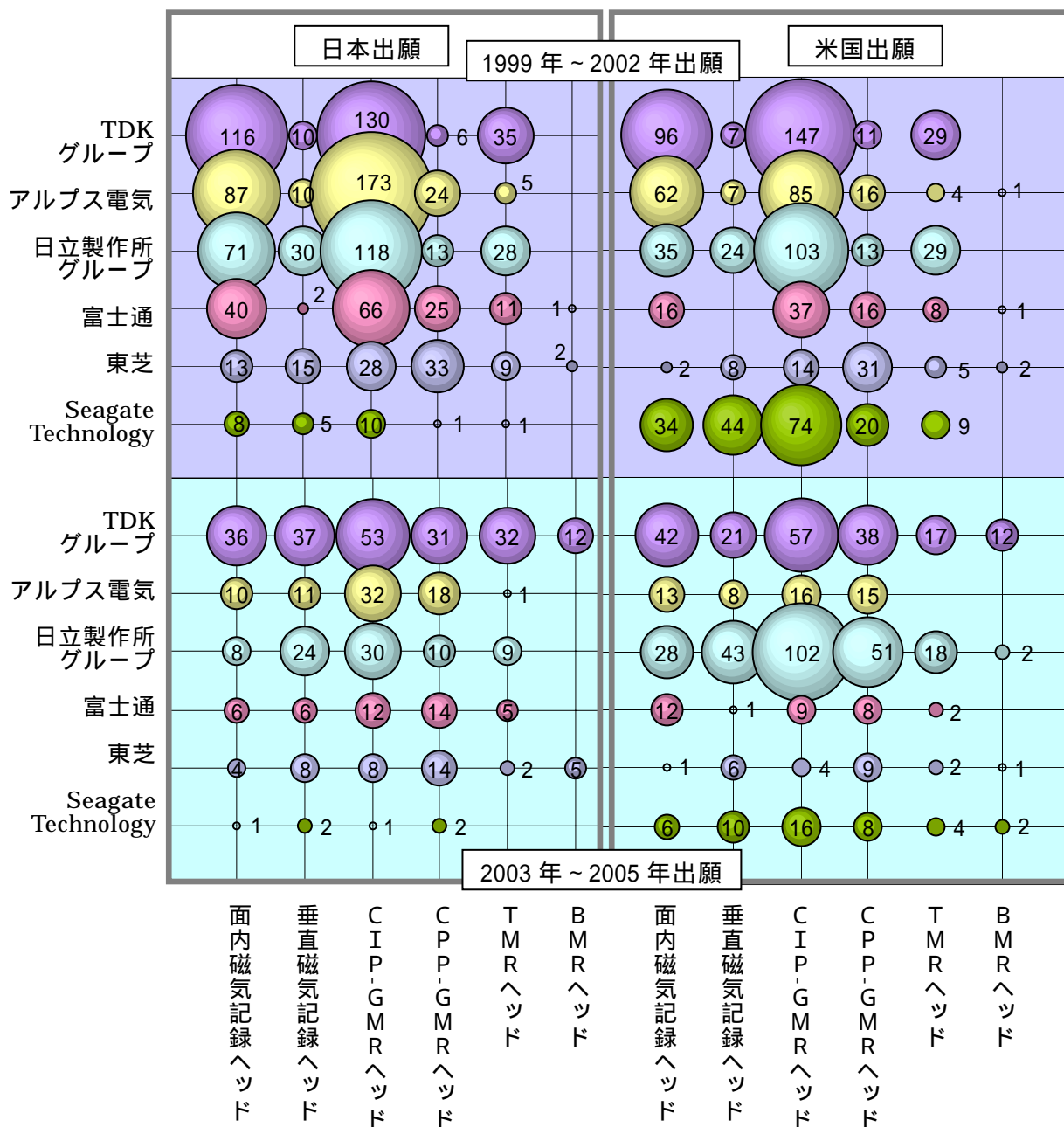


1) MRヘッドをGMRヘッド、TMRヘッド、他のMRヘッドに分けた。他のMRヘッドの主体であるAMR(Anisotropic magnetoresistance)ヘッドは強磁性体の電気抵抗が電流方向と磁化方向とのなす角度によって変化することを利用するものであり、HDD用MRヘッドとして最初に実用化された。

図 2-3-2 は日本および米国出願において磁気ヘッドの種類に対する主要出願人の出願件数を示したものである。ここ数年の種類別出願比率が大きく変化しているため、出願年を上段は 1999 年から 2002 年、下段は 2003 年から 2005 年とした。日本企業は各社とも後期に垂直磁気記録ヘッドと CPP-GMR ヘッドの比率が増加している。その中で TDK は各種類満遍なく出願しており、他社との比較では TMR ヘッドの多いのが特徴である。日立製作所グループは垂直磁気記録ヘッドの、富士通と東芝は CPP-GMR ヘッドの出願比率が高い。Seagate Technology は日本への出願件数が少ない。

米国出願では Seagate Technology 以外は日本出願での出願構成と類似したものとなっているが、TDK グループと日立製作所グループは最近における CIP-GMR ヘッドの出願が比較的多い。Seagate Technology は日本企業と比べて早期から垂直磁気記録ヘッドの出願が多いのが注目される。

図 2-3-2 磁気ヘッドの主要出願人による種類別出願件数



2. 磁気ディスク

図 2-3-3 は HDD 磁気ディスク磁性膜に関する出願を面内磁気記録磁性膜と垂直磁気記録磁性膜に分け、さらに種類別に日本出願および米国国籍出願人による米国出願（米国出願の約 7 割が日本国籍出願人によるものであるので全体で見ると米国国籍出願人の動向が分からない）の出願件数推移を示したものである。ここで磁性膜分離構造型はパターン媒体、ディスクリット・トラック媒体、グラニューラ記録膜媒体に分けた（種類が重複するものは、重複計上）。日本出願では 2001 年に垂直磁気記録が面内磁気記録を追い抜いたが、米国出願人による米国出願では 2004 年に至るまで依然として面内記録のほうが多い。米国出願人による米国出願の約 7 割は Seagate Technology によるものなので、その出願件数推移は同社の出願動向を大きく反映しているが、Seagate Technology による 2006 年の垂直磁気記録 HDD の製品化と対応した出願増加は 2004 年では表れていない。2004 年の日本出願は、グラニューラ記録膜媒体とディスクリット・トラック媒体が増加したことにより、垂直磁気記録磁性膜の出願が大きく伸びて面内磁気記録磁性膜の 2 倍近くになったことが特徴的である。

図 2-3-3 磁気ディスク磁性膜の種類別出願件数推移

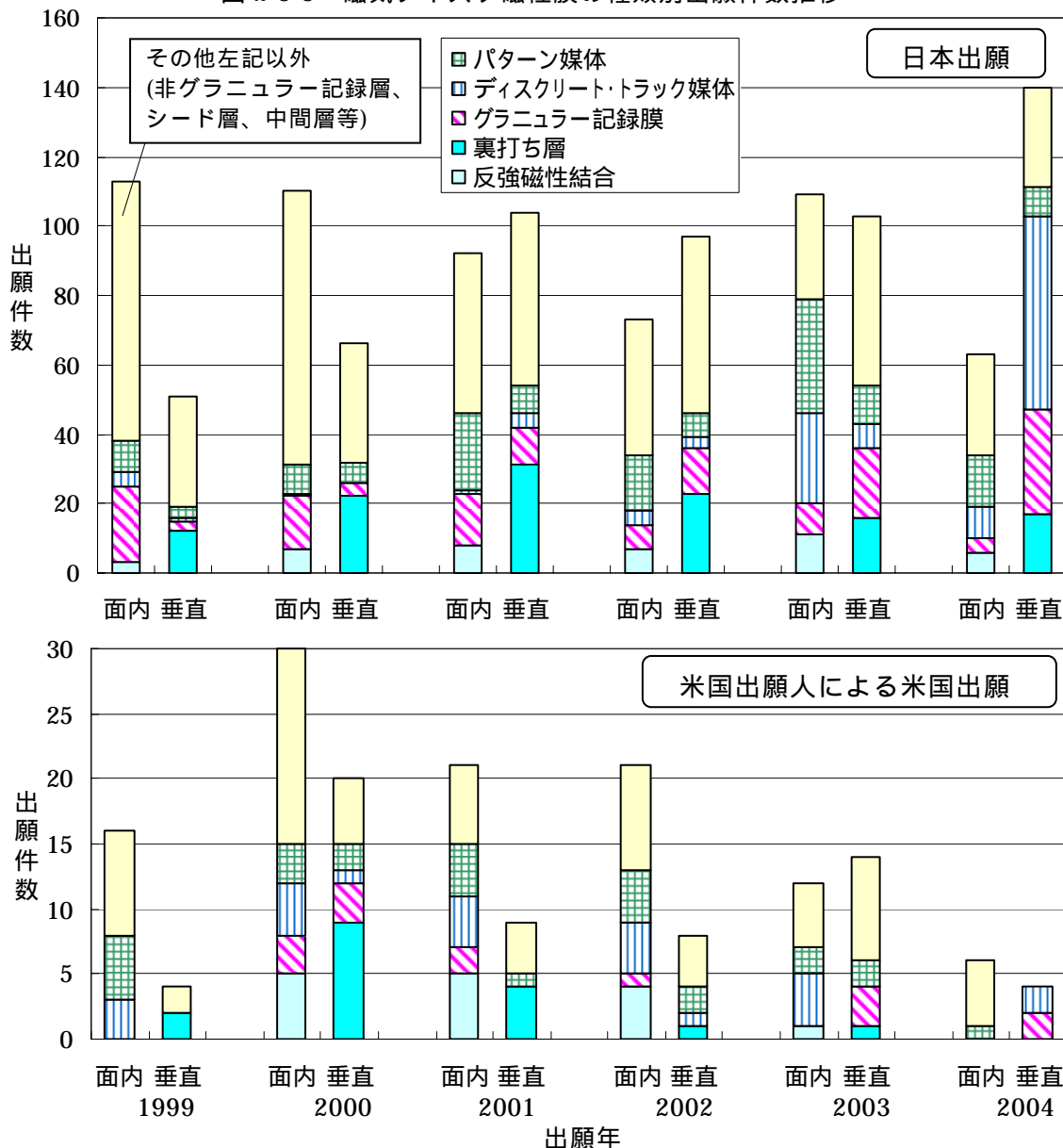
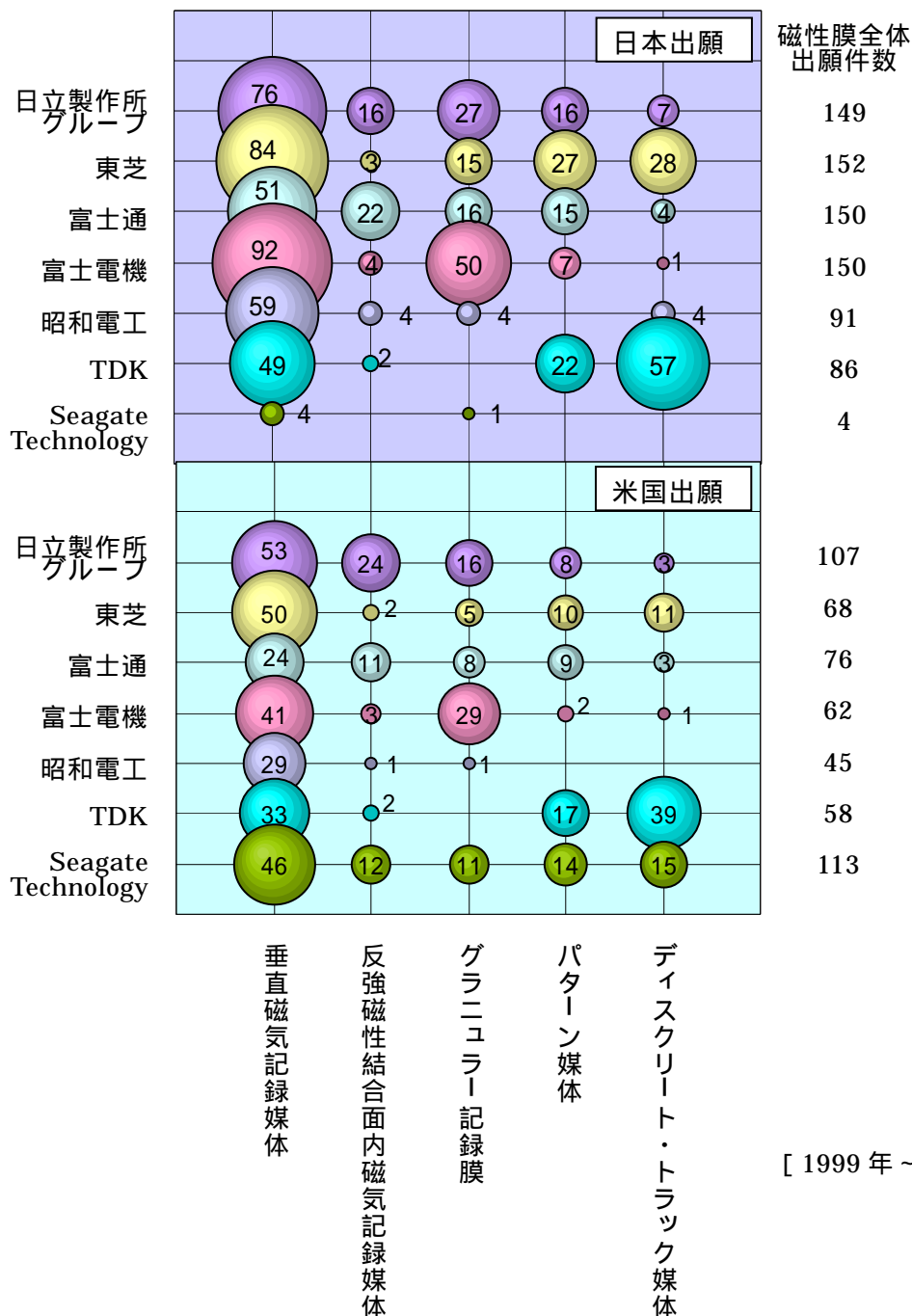


図 2-3-4 は磁性膜に関する日本出願および米国出願のうち垂直磁気記録媒体、反強磁性結合面内磁気記録媒体、グラニューラー記録膜、パターン媒体、ディスクリート・トラック媒体の 5 種類の媒体に対する主要出願人の出願件数を示したものである（種類のまたがるものは重複計上）。東芝および TDK はパターン媒体、ディスクリート・トラック媒体の出願件数も多く、これらの開発に注力していることが分かる。逆に磁気ディスクメーカーはこれらの出願が少ない。またパターン媒体、ディスクリート・トラック媒体の出願件数の少ない日立製作所グループ、富士通、富士電機はグラニューラー記録膜媒体の出願が多い。日本企業のこれらの特徴は日本出願、米国出願ともに同様である。

日本への出願の少ない Seagate は、米国への出願では垂直磁気記録媒体をはじめとして各種媒体ともに出願が多い。

図 2-3-4 磁気ディスク磁性膜の主要出願人、種類別出願件数



[1999 年 ~ 2005 年出願]

3. ヘッド制御

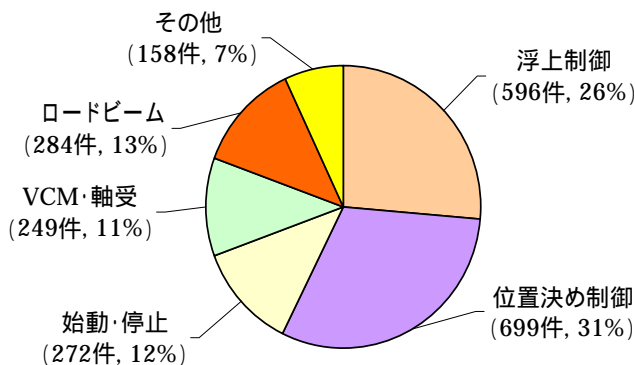
図 2-3-5、図 2-3-6 にヘッド制御に関する日本出願および米国出願の内容を下記のように分類してそれらの比率を示す。

- (a) 浮上制御：ヘッドスライダ近傍の構造・制御に関する技術であり、ヘッドを動的に浮上させ一定浮上量を保持するための、スライダの空気軸受面形状、ジンバル構造、浮上量の能動制御 (DFHA)・マイクロアクチュエータとその制御、およびヘッド・ディスク・インタフェース (HDI) 技術など。
- (b) 位置決め制御：ヘッドを目標の記録トラックに高速に移動し、高精度に追従位置決め制御するための、トラックシーク、トラックフォロイングおよびセトリング制御方式、制御外乱の抑制・補償、2段アクチュエータとその制御など。
- (c) 始動・停止機構：ディスク表面におけるヘッドクラッシュやヘッド吸着を回避するための機構であり、コンタクトスタートストップ (CSS) 方式、ランプロード方式、ラッチ機構など。
- (d) VCM・軸受：ヘッドをディスク半径方向に移動させるための、ボイス コイル モータ (VCM) などの電磁的および機械的構造、揺動用軸受ユニットなど。
- (e) ロードビーム：ヘッドスライダに荷重を与えるためのロードビーム構造、あるいはロードビームも含めたヘッド支持体としてのサスペンションアーム構造 (アクチュエータは含めない) など。
- (f) その他：以上の 5 項目に含まれないヘッド制御技術で、ヘッドスタックアセンブリ構成要素の相互に関連する調整技術など。

日本出願では、最も件数割合の大きい「位置決め制御」が「浮上制御」より 5%大きいことがわかる。出願件数の 57%は「浮上制御」および「位置決め制御」に関する技術で占められているが、これは、記録密度の向上に対応してヘッドの位置決め精度に対する要求がますます厳しくなってきたためと思われる。

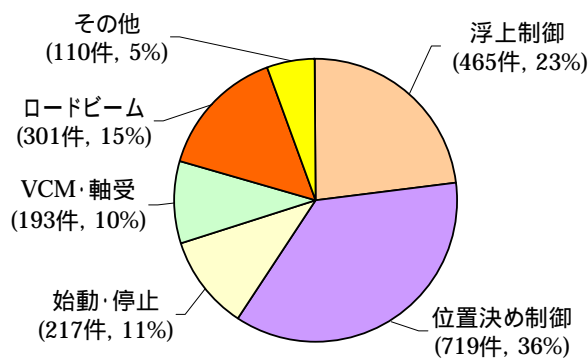
米国出願の特徴は「浮上制御」に対する「位置決め制御」の比率が日本出願におけるよりも高いことである。

図 2-3-5 ヘッド制御の技術区分別
出願件数割合



[1999年~2005年 日本出願]

図 2-3-6 ヘッド制御の技術区分別
出願件数割合

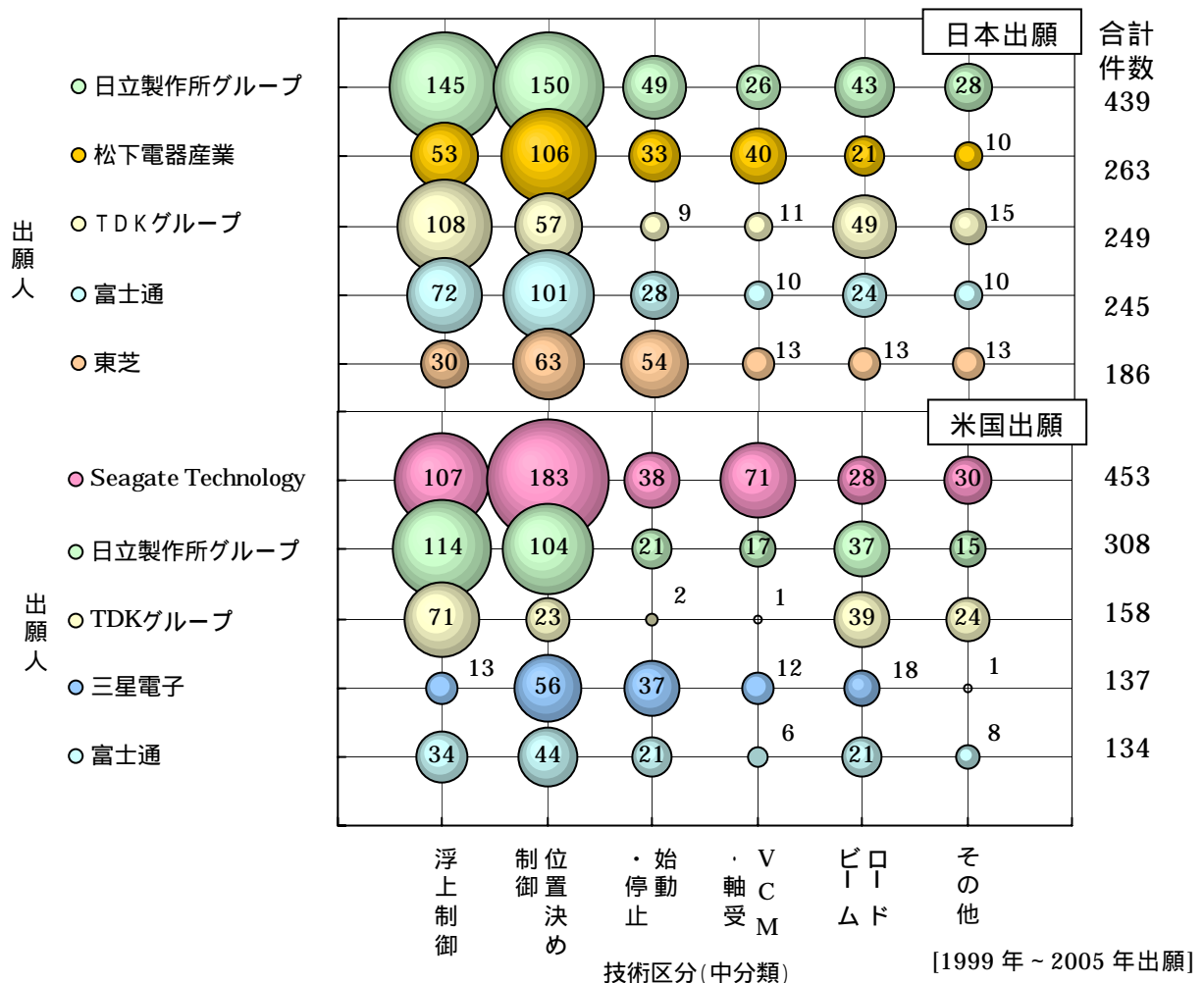


[1999年~2005年 米国出願]

図 2-3-7 に日本出願および米国出願における出願件数ランキング上位 5 社の技術区分別出願件数を示す。日本出願では日立製作所グループの出願が突出して多い。日立製作所グループは全技術について多くの特許出願がなされており、特に「浮上制御」および「位置決め制御」についての出願が多い。松下電器産業の場合は「位置決め制御」に関する出願が多いことが目立ち、TDK グループについては「浮上制御」の出願が最も多く、「位置決め制御」と「ロードビーム」はその半数程度となっている。富士通は「位置決め制御」と「浮上制御」が多く、東芝は「位置決め制御」と「始動・停止機構」についての出願が多い。

米国出願では Seagate の出願が突出して多いが、Seagate は日本出願のランキングは 9 位と低位にあり、この分野においても日本出願にあまり力を入れないという傾向が見られる。Seagate の場合は、特に「位置決め制御」の出願件数が他の技術に比較して多く、続いて「浮上制御」、「VCM・軸受」などの順番になっている。日立製作所グループは「浮上制御」と「位置決め制御」が同程度の件数であり、TDK グループは「浮上制御」の比率が最も高い。

図 2-3-7 ヘッド制御における主要出願人の技術区分別出願件数

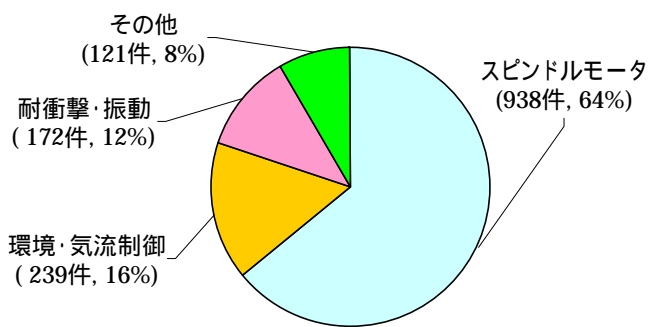


4. 機構

図 2-3-8、図 2-3-9 に機構技術に関する日本出願および米国出願の内容を下記のように分類してそれらの比率を示すが、日米ともにスピンドルモータの比率が高い。

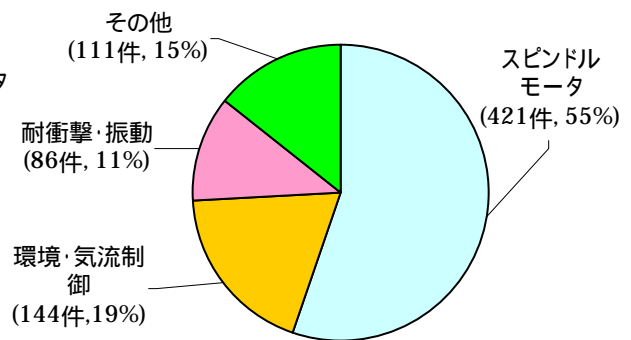
- (a) スピンドルモータ：ハードディスクを除くスピンドル機構を構成する要素についての技術であり、スピンドルモータ本体、軸受、ディスク固定（クランプ）構造など。
- (b) 環境・気流制御：ハードディスク周囲の温度、湿度、気圧、気流などの制御。
- (c) 耐衝撃・振動：HDD 外部からの衝撃・振動対策、HDD 自身の振動・騒音対策など。
- (d) その他：上記項目以外の技術で、ケース構造、密封構造、放熱構造など。

図 2-3-8 機構技術の技術区別別の出願件数割合



[1999年～2005年 日本出願]

図 2-3-9 機構技術の技術区別別の出願件数割合



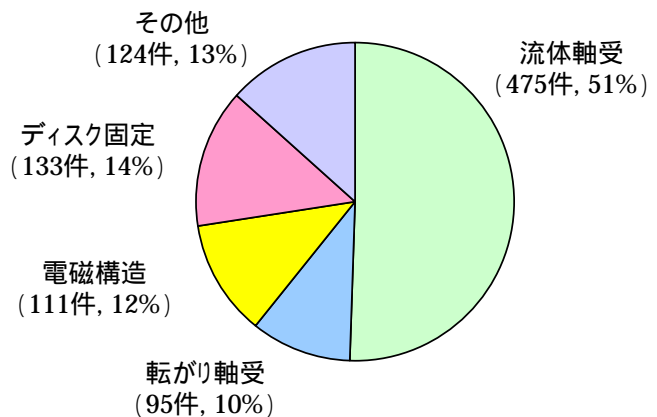
[1999年～2005年 米国出願]

図 2-3-8 のように、「スピンドルモータ」の日本出願件数は「機構技術」全体の中で 938 件、64% をも占めているため、「スピンドルモータ」の技術内容をさらに分類し、それぞれの出願件数割合を図 2-3-4-7 に示す。「流体軸受」に関する出願件数の割合が 51% と高く、これに「転がり軸受」の出願を加えると、軸受関連で 61% を占める。回転軸へのディスクの確実に高精度な組み付けを実現するための「ディスク固定」機構は、出願件数割合が 14% で、第 2 位の出願件数割合となっている。軸受およびディスク固定機構は共に

ハードディスクの高速・低振動回転を

保証する上でキーとなる技術であり、記録密度の向上に対応して、これらの技術開発の必要性が高まったことが出願特許の件数に表れたと見ることができる。

図 2-3-10 スピンドルモータにおける技術内容別の出願件数割合



[1999年～2005年 日本出願]

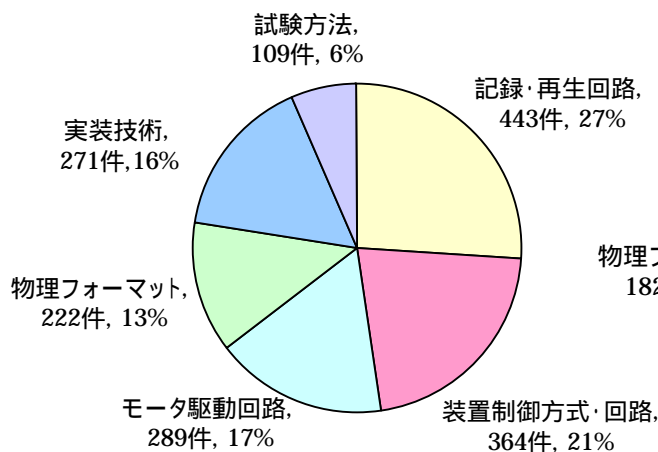
5 . 装置制御・応用

(1) HDD 装置制御

HDD 装置制御技術の内容を「記録・再生回路」「装置制御方式・回路」「モータ駆動回路」「物理フォーマット」「実装技術」「試験方法」に分ける。「記録・再生回路」はリード・ライトアンプ、PRML(Partial Response Maximum Likelihood)で代表される信号処理回路、記録補償回路等である。「装置制御方式・回路」には外部とのインターフェースを含む HDD 全体の制御、記録領域の割り当て方法、欠陥管理、誤り訂正・符号化方法を含み、「モータ駆動回路」にはスピンドルモータ、ボイスコイルモータの制御だけでなく、電源監視、衝撃を検知し退避させる機能、ヘッドのロードアンロード機能も含めた。「物理フォーマット」には高精度のトラッキングを実現するためのサーボ信号領域のパターン配置やサーボパターンの記録方法・装置を含み、「実装技術」にはヘッドとヘッドアンプ間の FPC(Flexible Printed Circuit)による配線、IC の実装方法のほかに携帯用を想定した耐衝撃ケース等の筐体も含めている。「試験方法」は HDD 装置の試験方法を対象とし、磁気ヘッド、磁気ディスクの試験方法はそれぞれの大分類に含めた。

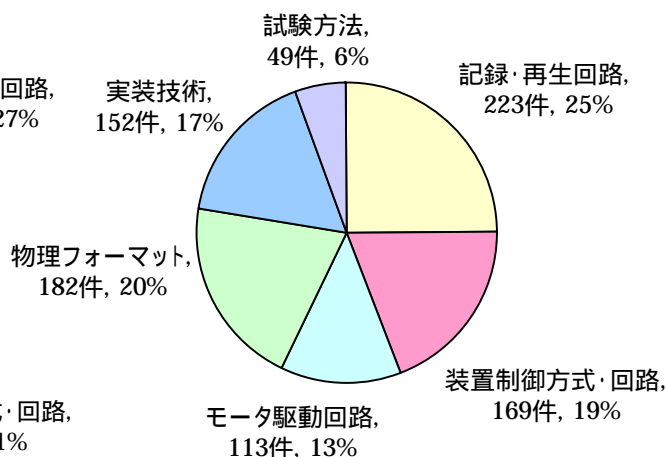
図 2-3-11、図 2-3-12 に日本出願および米国出願における装置制御の技術内容別の出願件数比率を示す。日米ともにほぼ類似した出願内容構造であり、高記録密度化に伴う再生波形歪みの増加に対応するための波形等化回路等の信号処理回路の出願が多い「記録・再生回路」と、これまでのデータ用とは異なる AV 記録に適した欠陥処理方式や記録領域の割り当て方式が多い「装置制御方式・回路」で HDD 装置制御のほぼ半分を占めた。

図 2-3-11 HDD 装置制御の技術内容別
出願件数比率 (日本出願)



[1999 年 ~ 2005 年出願]

図 2-3-12 HDD 装置制御の技術内容別
出願件数比率 (米国出願)

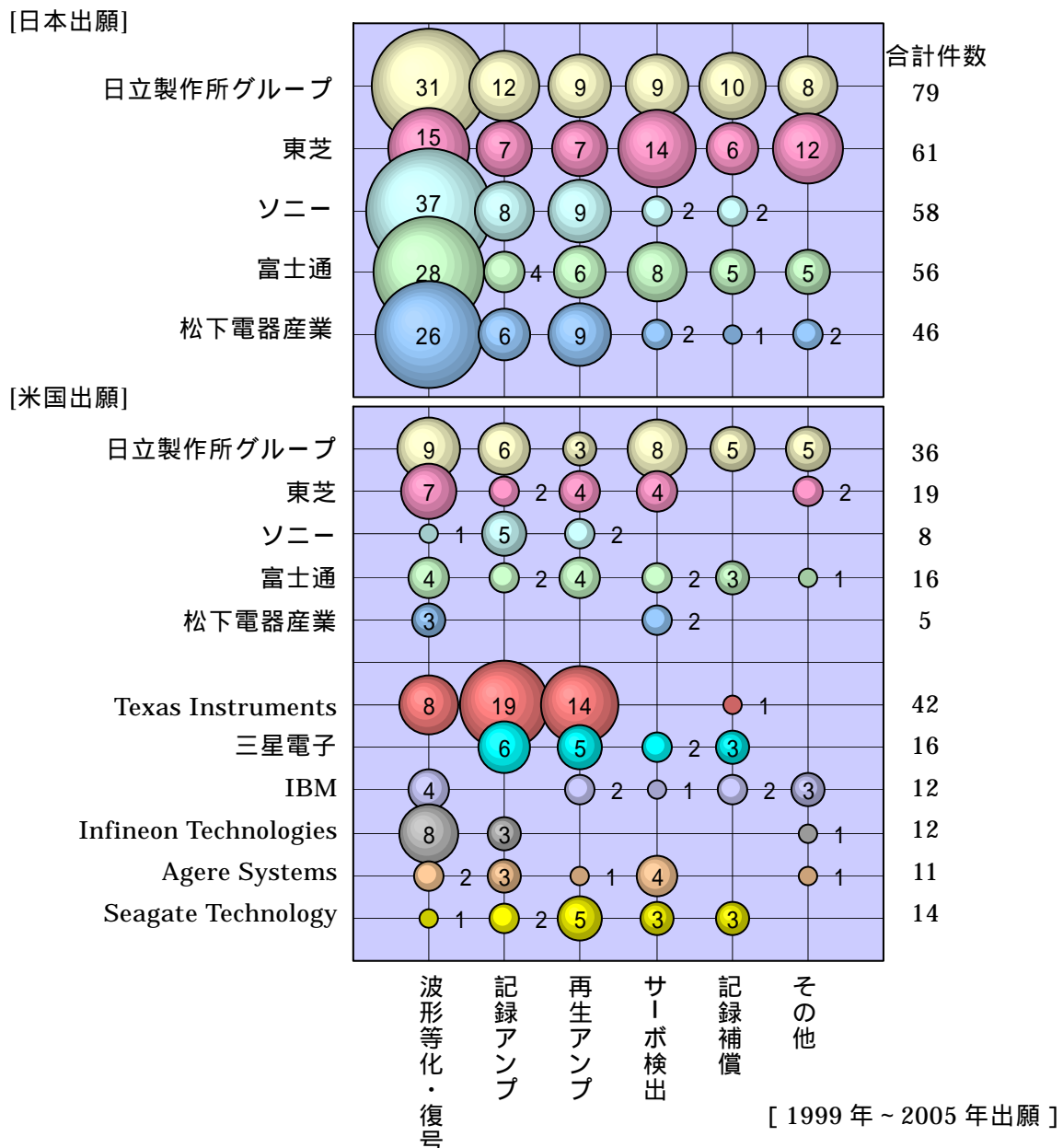


[1999 年 ~ 2005 年出願]

図 2-3-13 は、技術内容として最も比率の高い「記録・再生回路」をさらに、波形等化回路を構成するアナログまたはデジタルのフィルタ及び PLL(Phase-Locked Loop)や最尤復号回路などの波形等化・復号、高い周波数に対応して磁気コイルをドライブする記録アンプ、MRヘッド（GMR、TMR ヘッドを含む）へのバイアス回路を含む再生アンプ、クロック及びセクタアドレスを抽出するためのサーボ検出、記録時の記録信号パターンの歪を小さくするための記録補償に分けて主要出願人別の出願件数を示したものである。

日本出願は日本企業各社とも波形等化・復号の比率が高く、HDD メーカー 3 社は他の全ての技術内容にバランス良く出願している。海外各社の傾向はそれぞれのメーカーごとに特徴を持っている。出願件数の最も多い Texas Instruments は記録アンプ、再生アンプ等に集中して出願している。また、HDD トップメーカーである Seagate Technology の出願は他の分類に比べて 14 件と少なく、特に波形等化・復号に関する出願が少ない。

図 2-3-13 記録・再生回路の主要出願人による技術内容別出願件数



(2) HDD 応用技術

「HDD 応用技術」にはディスクアレイ、AV レコーダ、RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)等の HDD を用いた情報記録システムと、画像・音声を HDD に記録する上での様々な機能(リアルタイム記録、タイムシフト再生、2 番組同時記録、コンテンツ管理、不正コピー防止等)を実現するための記録再生方式を含めた。「HDD 応用技術」に関わる日本出願件数が 2221 件に対して、米国出願では 235 件と少なく、日本の 1/10 程度である。

図 2-3-14 は「HDD 応用技術」の技術内容別出願件数比率を示す。日本出願では、番組予約、番組サーチ、番組編集、ディスク残量管理等のコンテンツ管理方法に関する出願が最も多い。続いて、早送り、逆送り、飛び越し再生等の特殊再生、同時記録再生、タイムシフト再生等の記録再生機能、さらには著作権保護のためのコピー制限などのセキュリティ保護機能の順である。なお、その他にはカメラ関連、監視画像記録などの技術が含まれている。米国出願では、日本出願に比べてコンテンツ管理、特殊再生の出願割合が少なくなっており、RAID を構成するディスクアレイ・サーバが多くなっている。

図 2-3-14 HDD 応用技術の技術内容別出願件数比率

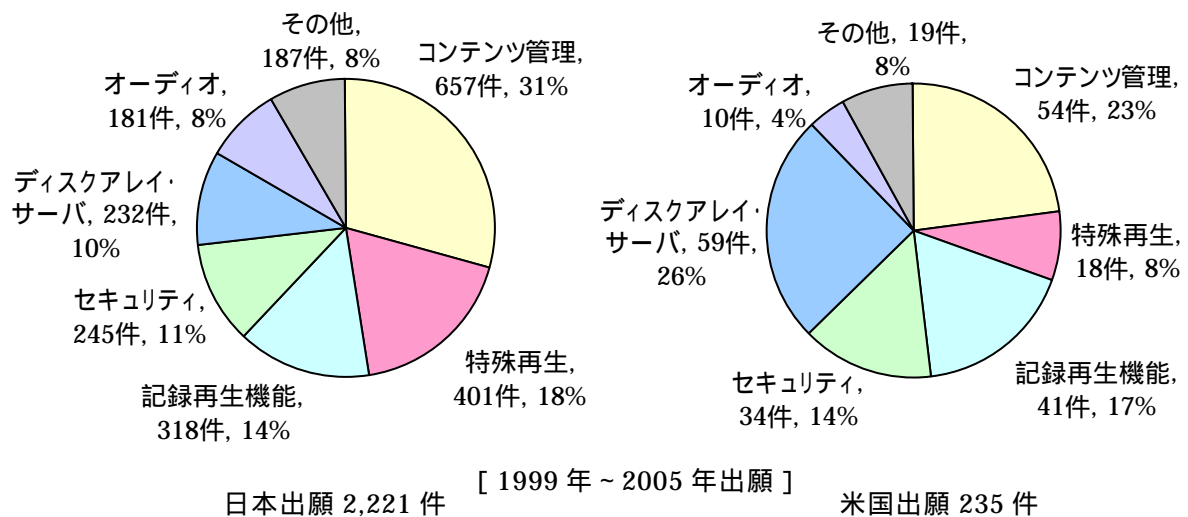


表 2-3-1 に日本出願での出願件数ランキングを示す。10 位以内のランキングには HDD メーカーだけでなく AV 機器メーカーが多く入っている。中でも最上位のソニー、松下電器産業は突出して出願件数が多い。この両社はコンテンツ管理に関する出願が最も多いが、他の技術分類に対しても万遍なく出願している。

表 2-3-1 HDD 応用技術の出願件数上位ランキング

順位	出願人	出願件数
1	ソニー	401
2	松下電器産業	339
3	東芝	194
4	日立製作所グループ	151
5	キヤノン	117
6	シャープ	100
7	日本ビクター	96
8	三洋電機	80
9	船井電機	63
10	パイオニア	59
10	日本電気	59

[1999 年～2005 年出願]

第4節 注目技術開発テーマにおける動向分析

ここでは、HDD 技術開発において CPP 型 MR ヘッド、垂直磁気記録ヘッド、垂直磁気記録ディスク、ヘッド位置決め制御、信号処理、コンテンツ記録再生、将来技術の7テーマを注目技術開発テーマと設定し、さらに詳しい分析を行った。

1. CPP 型 MR ヘッド

AMR ヘッドおよび GMR ヘッドは磁気抵抗(MR)素子の膜面内に検出電流を流すタイプの CIP(Current-in-plane)構造によって実用化がなされた。しかし、さらなる高記録密度化に対応するために MR 素子膜面に垂直に検出電流を流すタイプの CPP(Current-perpendicular-to-plane)構造を有する TMR ヘッド、CPP-GMR ヘッド、BMR ヘッド等の MR 素子の開発も盛んに行われ、TMR ヘッドは製品化が開始されている。

図 2-4-1、図 2-4-2 はそれぞれ日本出願での TMR ヘッドと CPP-GMR ヘッドの出願件数推移を示す。TMR ヘッドの出願が安定に推移しているのに対し、CPP-GMR ヘッドは増加傾向にある。ヘッドメーカーの TDK は TMR ヘッド、CPP-GMR ヘッドともに日本では最も出願件数が多く、また出願の増加を続けている。

図 2-4-1 TMR ヘッドの主要出願人別出願件数推移 [日本への出願] (積み上げ表示)

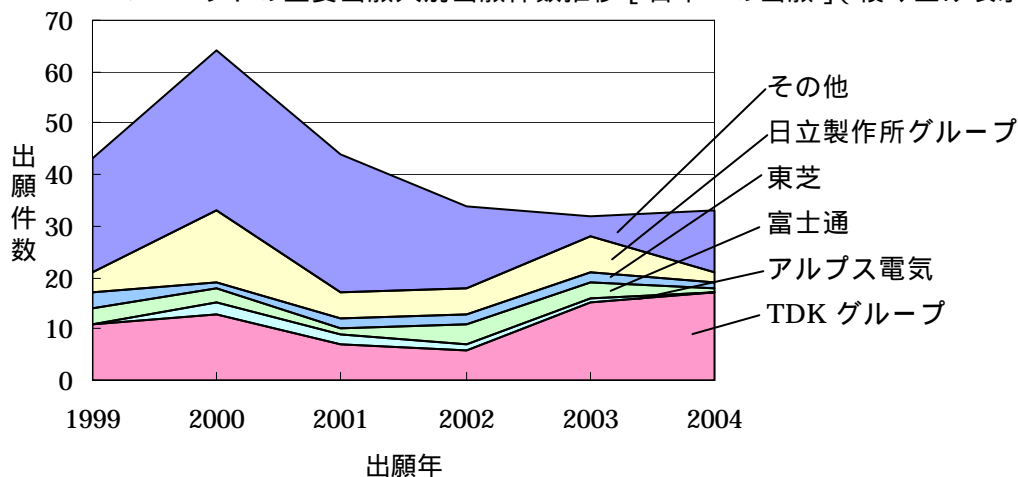
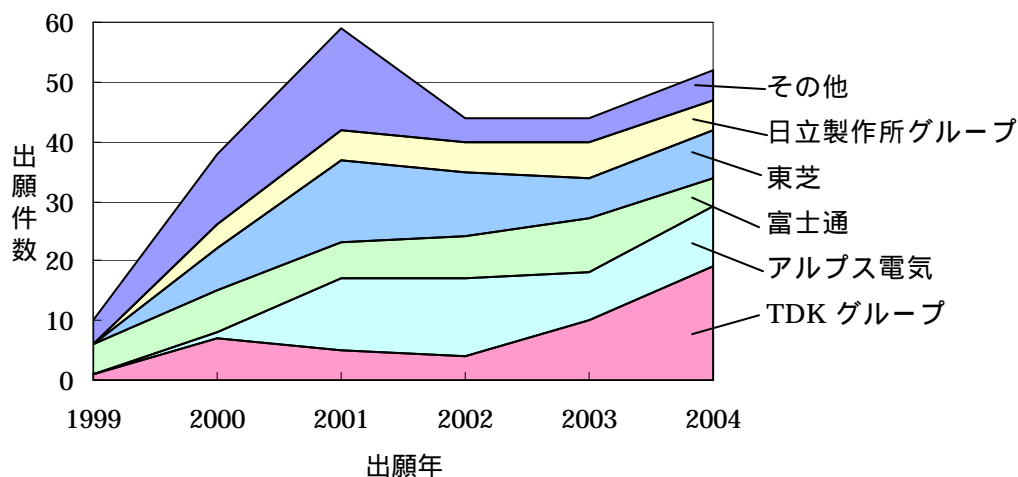


図 2-4-2 CPP-GMR ヘッドの主要出願人別出願件数推移 [日本への出願] (積み上げ表示)



2. 垂直磁気記録ヘッド

記録層に垂直方向に記録磁化を行うという垂直磁気記録方式の特徴に合わせて、それに適合した垂直磁気記録ヘッドの改良開発が行われている。その実用化に至るまでの主要課題としては次の3点があった。

- 1) 二層膜媒体の裏打ち層の存在と関連して主磁極の残留磁化により記録信号の誤消去や誤記録の生じることがある。
- 2) 同じく裏打ち層の存在と関連して隣接トラックへの誤消去や誤記録の生じることがある。
- 3) 高記録密度化に向けて垂直磁化記録層の異方性磁界を大きくする傾向にあり、これに信号を記録するためには急峻で大きな磁界を発生する必要がある。

第1点の解決策は、主磁極を多層磁性膜としたり、反強磁性結合により磁化方向を制御したりという方法が取られている。

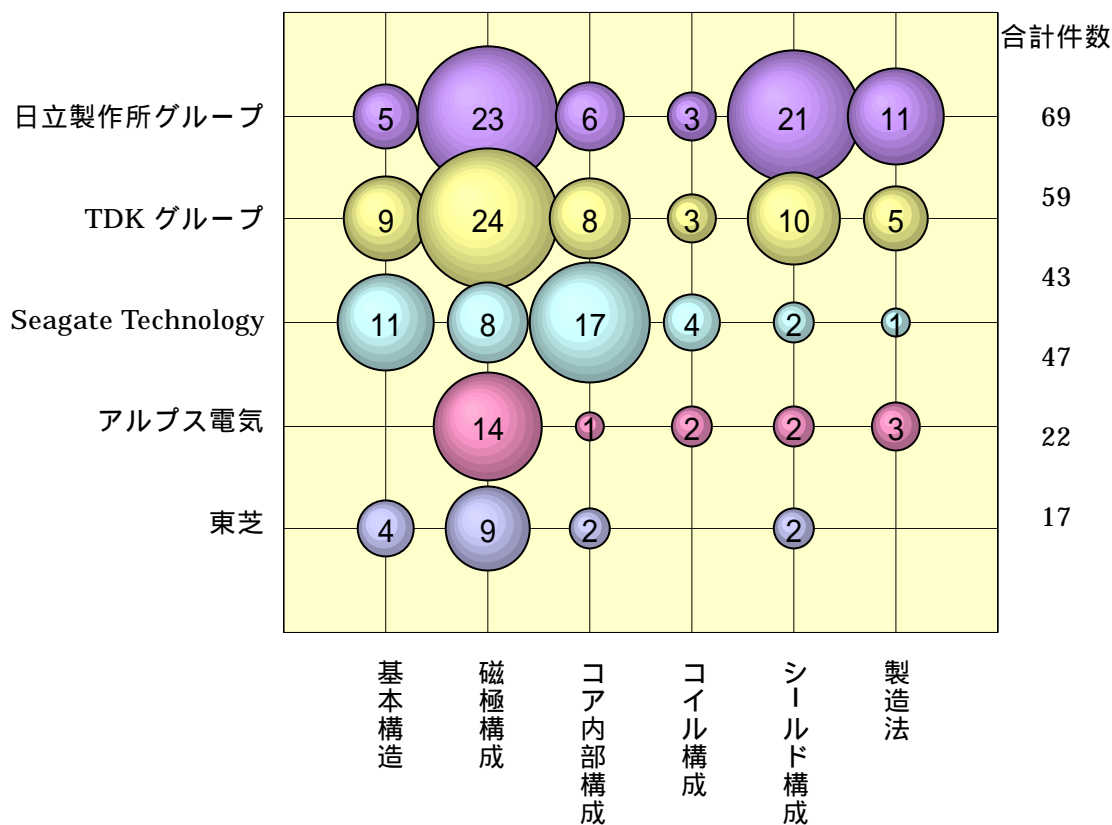
第2点の解決策には記録シールドの採用や主磁極先端形状の最適化が大きく貢献した。

第3点に対しても同じく記録シールドの採用や主磁極先端形状の最適化が有効であり、また高Bs主磁極コア磁性膜材料、励磁効率の良いコイル構造の開発も行われてきた。

図2-4-3は日本出願および米国出願における垂直磁気記録ヘッドの主要出願人、技術内容別の出願件数を示す。

日立製作所グループはシールド構成の出願の多いのが特徴であるが、全体的な出願構造はTDKグループと類似している。Seagateはシールド構成が少なく、2層コア等のコア内部構成の多いのが特徴であり、両側補助磁極構造等の基本構造に関するものも比較的多い。

図 2-4-3 垂直磁気記録ヘッドの主要出願人、技術内容別出願件数



1999～2005年 日本および米国出願

3. 垂直磁気記録ディスク

垂直磁気記録に使用される磁気ディスクの面内磁気記録用磁気ディスクとの基本的相違は次の2点である。

記録信号磁化の方向を媒体面に垂直とするため垂直磁気異方性定数(Ku)の大きい記録磁性層を使用する。

二層媒体では記録磁束を信号記録位置に効率的に収束させるとともに再生信号磁界を大きくするために、記録磁性層と基板との間に軟磁性膜による裏打ち層を設ける。

図 2-4-4 に垂直磁気記録ディスク磁性膜の主たる発明内容をグラニューラー記録層、非グラニューラー記録層、中間層、裏打ち層、パターン媒体、ディスクリット・トラック媒体に分けて出願推移を示した。記録層は非グラニューラー記録層に代わってグラニューラー記録層が2003年以降大幅に増加しており、記録層開発がグラニューラー系に注力されているのが分かる。パターン媒体、ディスクリット・トラック媒体はともに増加傾向にあり、特にディスクリット・トラック媒体は2004年に急激な増加を示している。

図 2-4-4 垂直磁気記録ディスク磁性膜の種類別出願件数推移 (日本出願)

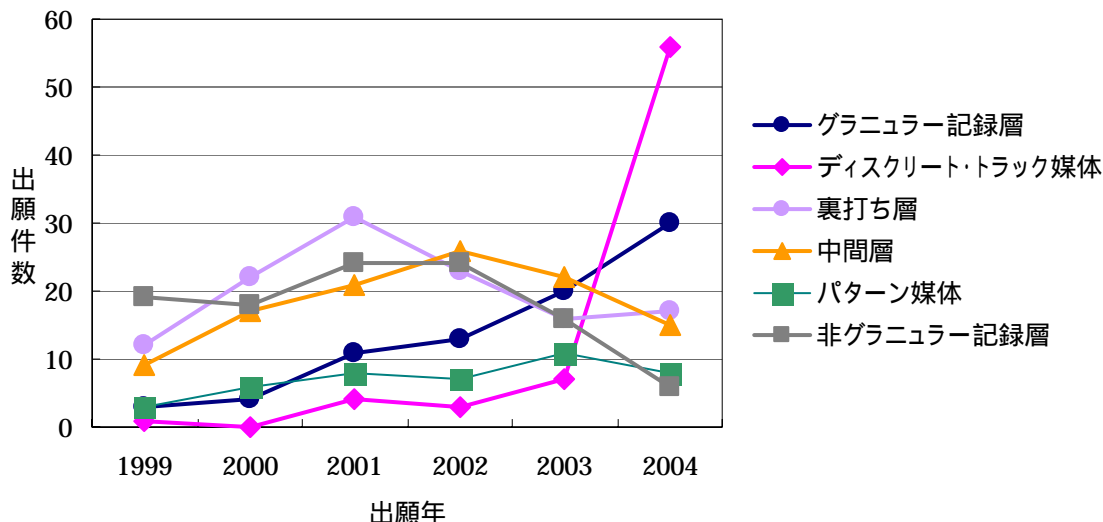


図 2-4-5 記録層の組成系別出願件数推移 (日本出願)

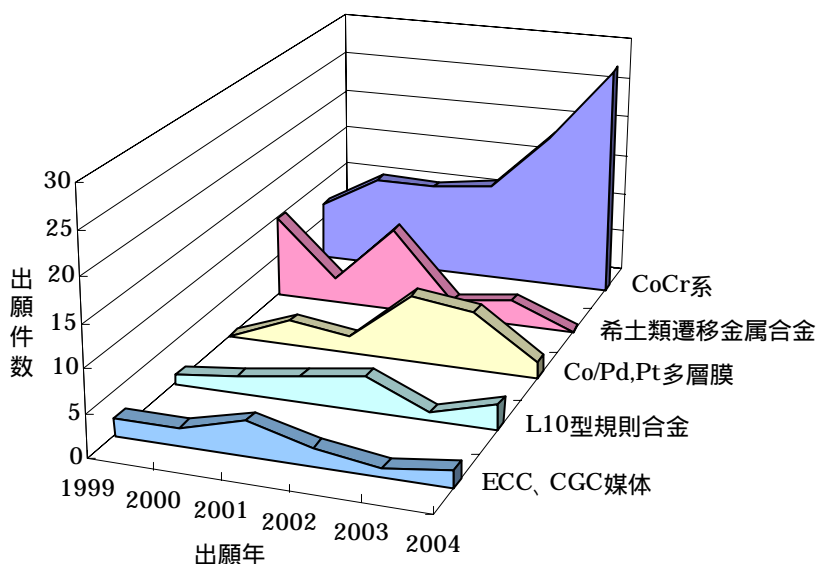


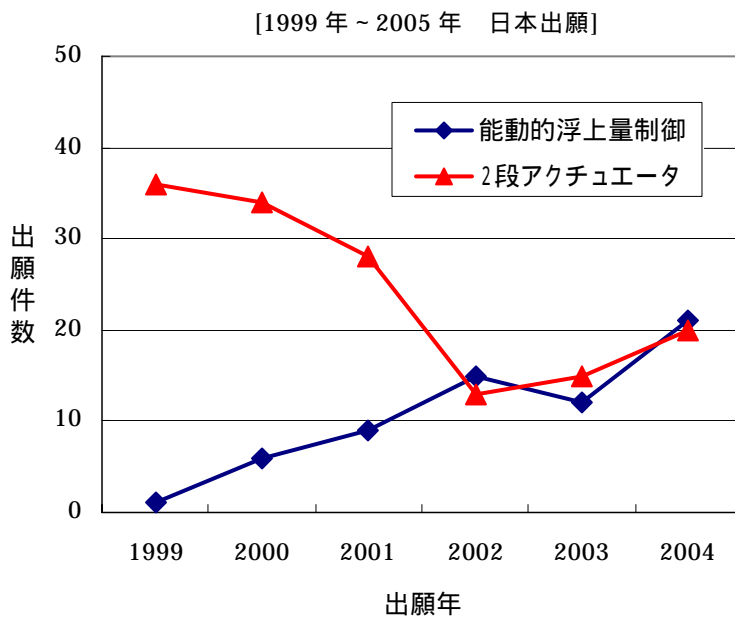
図 2-4-5 に非グラニューラー、グラニューラーを合わせた記録層の磁性材料組成別の出願推移を示す。CoCr系はCoCr、CoCrPt、CoCrPtTa等を含めたものであり、最近の出願の伸びが著しい。その他の組成系は最近では減少傾向にあり、開発がCoCr系中心に行われるようになってきている。

4. ヘッド位置決め制御

HDD の高記録密度化に伴って磁気ヘッドの位置決め制御の重要性がますます高まっている。ここではヘッド位置決め制御技術を、ヘッドスライダの浮上量を制御する能動的浮上量制御とディスク半径方向の位置決めを制御する2段アクチュエータ式トラッキング制御に分けて分析を行う。

まず、日本へ出願された「能動的浮上制御」と「2段アクチュエータ式トラッキング制御」

図 2-4-6 日本出願におけるヘッド位置決め制御
出願件数推移



に関する出願特許の件数推移を図 2-4-6 に示す。図から明瞭なように、両者の推移は対照的である。すなわち、前者の場合は2003年に前年件数からの僅かな減少が見られるが、1999年時点では非常に少なかった件数が順調に増加し、全期間においてはほぼ増加基調にあると見て良い。2004年は前年件数から急激に増加しており、2004年の出願件数の約70%は磁気ヘッド素子の加熱式突出量制御に関する出願である。一方、後者の場合は2003年以降では僅かに増加気味ではあるが、1999年から2002年まで減少し続けている。

図 2-4-7 米国出願におけるヘッド位置決め制御
出願件数推移

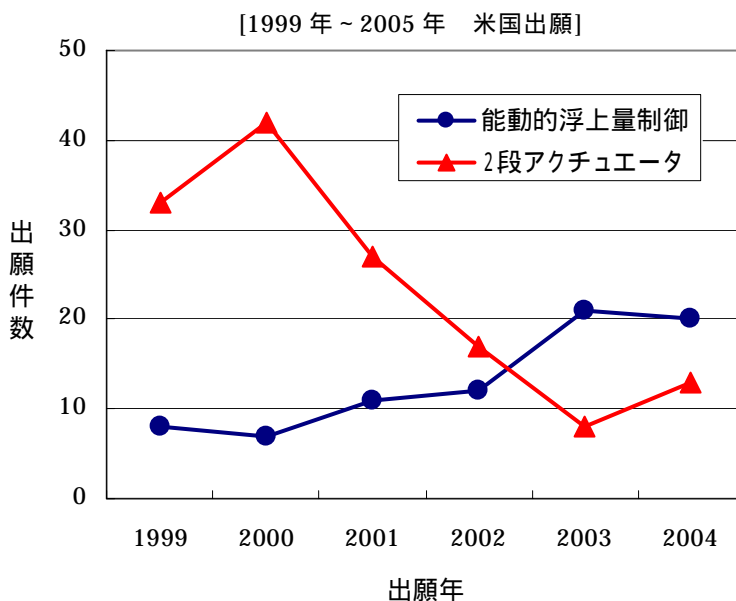


図 2-4-7 に示す図は、米国へ出願されたヘッド位置決め制御に関する出願件数の推移である。日本の場合と同様に、二つの技術の出願件数推移は対照的である。両者の件数推移の傾向の差は日本出願の推移よりも顕著になっている。「能動的浮上制御」の出願件数は漸増傾向にあるのに対して、「2段アクチュエータ式トラッキング制御」の場合は2000年から2003年までにほぼ直線的に激減しており、2003年の出願件数は2000年の件数の約19%までに落ち込んでいることがわかる。

5 . 信号処理

磁気記録再生で使用される信号処理技術の主要課題は、記録密度を高めたときにディスク媒体に理想的な記録パターンをいかに記録するか、記録されたパターンからいかに正確に信号を再生しデジタルデータに復号するかである。そのための技術として、記録制御技術、再生復号技術の開発が行われてきた。

記録制御は記録パルス電流の反転タイミング、大きさ、パルスの形状を制御するものである。最近では、動作温度によるヘッド、媒体特性の変動に対応するための記録パラメータの温度補償、高密度化に対応した電流ドライバの高速化、TPTP(Thermal Pole Tip Protrusion)に対応した記録電流制御などが出願の対象になっている。

再生復号技術は、当初はピーク検出方式を前提とした技術が主流であったが、記録密度の上昇に対応するために導入された PRML(Partial Response Maximum Likelihood)方式が、1990 年代に急速に普及し主流となった。最近では、より複雑な EPRML(Extended PRML)、EEPRML(Enhanced Extended PRML)、MEEPRL(Modified Enhanced Extended PRML)などが導入されており、さらにシャノン限界に近い性能が得られる符号化・復号化方式（Turbo 符号、LDPC(Low Density Parity Check)符号化・繰り返し復号化方式など）が検討されている。また、PRML の主要な要素である波形等化器は、出力と目標値との誤差が小さくなるようにデジタルフィルタのタップ係数をフィードバック制御し出力波形を最適化する機能をもつが、高密度記録に対応したフィルタ特性収束の高速化、回路構成の簡素化が課題である。

図 2-4-8 に日本出願での記録制御技術の技術内容比率を示す。記録補償と記録パルス形状制御の割合が合わせて 59%を占めている。

図 2-4-9 に日本出願での再生復号技術の技術内容比率を示す。再生等化器にはタップ係数の自動調整、FIR(Finite Impulse Response)フィルタなど回路要素による等化器の構成などを含む。また、AGC(Automatic Gain Control)・フィルタには等化器の入力を調整する AGC やアナログ・デジタルの各種フィルタを含み、PLL(Phase-Locked Loop)には PLL を構成する位相誤差検出回路などを含む。Turbo 符号・LDPC(Low Density Parity Check)符号には、これらの符号の復号方式も含まれている。内容別の比率では、再生等化器の割合が最も多く、PLL、PRML・ビタビ復号、AGC・フィルタ、Turbo 符号・LDPC 符号がほぼ同数出願されている。

図 2-4-8 記録制御技術に関する
日本出願の技術内容比率

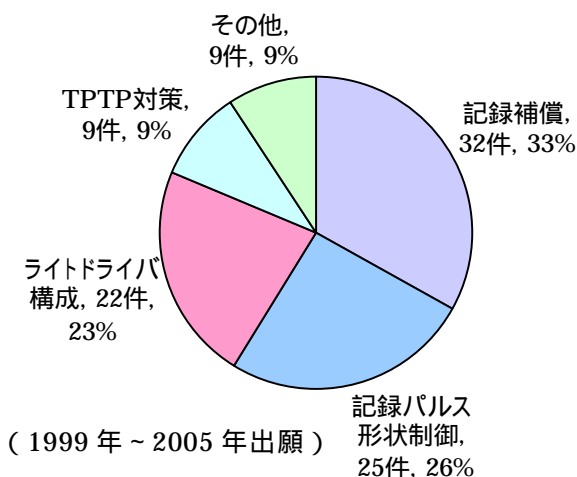
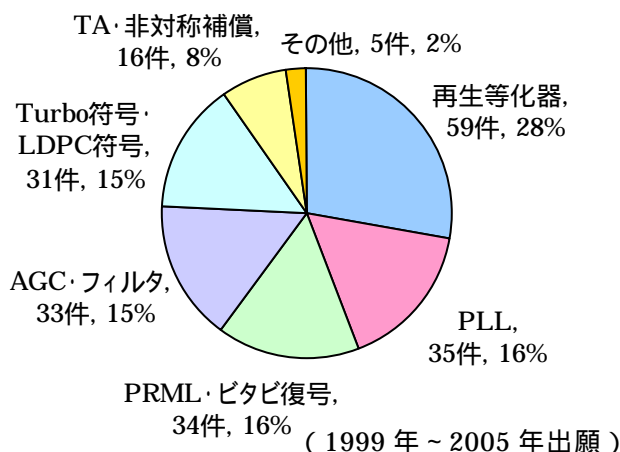


図 2-4-9 再生復号技術に関する
日本出願の技術内容比率



6. コンテンツ記録再生

磁気ディスク、光ディスクが画像音声の記録再生に使われるようになり、ランダムアクセスが可能な記憶メディアの特徴を生かして磁気テープではできなかった新しい機能の開発が行われてきた。それらの機能をコンテンツ管理、記録領域管理、連続記録再生、同時記録再生に分けて分析する。なおここでのコンテンツ管理は、コンテンツの情報を管理するファイルの取り扱い、コンテンツの編集に関わる技術、録画予約の簡単便利化、記録内容の表示方法(ダイジェスト画像、サムネール表示等)、個人の嗜好に合わせた記録番組リストの提示など再生を補助する機能、CM カット・CM を強制視聴させる機能などを意味し、記録領域管理とは分けて分類した。

図 2-4-10 にコンテンツ記録再生に関する日本出願および米国出願の出願人国籍比率を示す。ともに日本国籍出願人の出願が大部分(日本出願 95%、米国出願 80%)を占めており、日本での開発が中心であることがわかる。

図 2-4-11 にコンテンツ記録再生に関する日本出願の技術内容比率を示す。コンテンツ管理に関する出願が約半数を占めている。

図 2-4-10 コンテンツ記録再生に関する出願の出願人国籍比率
(1999年～2005年出願)

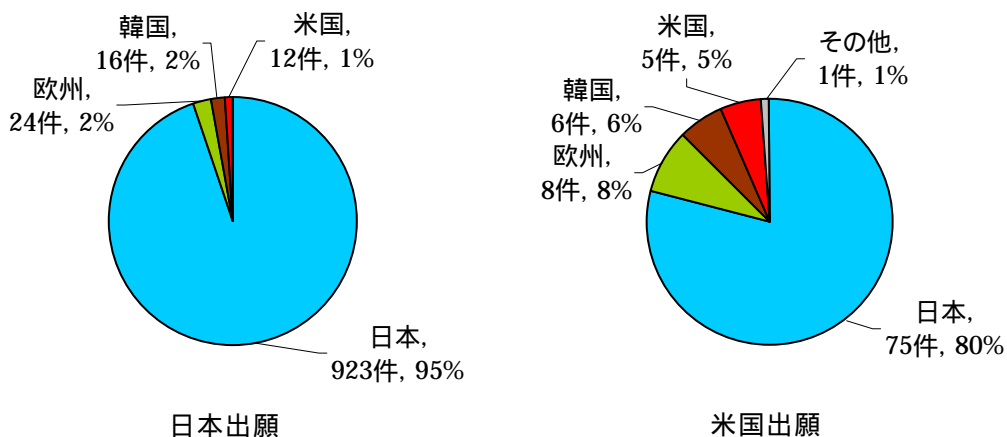
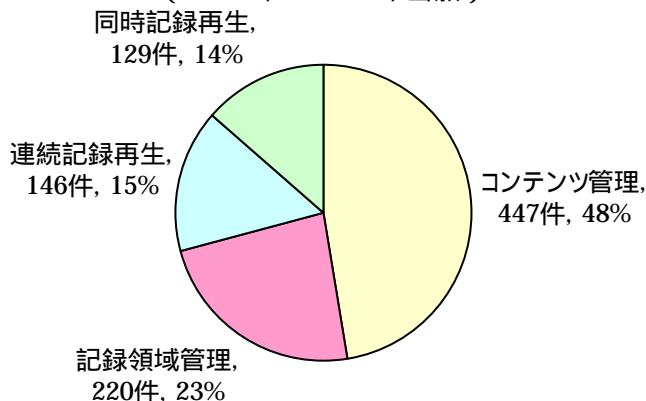


図 2-4-11 コンテンツ記録再生に関する日本出願の技術内容比率
(1999年～2005年出願)



7. 将来技術

将来的に HDD のより一層の超高記録密度を実現するためには新概念による技術の製品への導入が必要と考えられる。このうち次世代技術として注目されているのがパターン媒体と熱アシスト記録である。

パターン媒体は、記録磁性層をビット単位毎に数 100nm～数 10nm 程度のサイズの磁気的に分離した単磁区構造とするものである。製造法の類似しているディスクリット・トラック媒体の出願件数推移とともに、図 2-4-12 に 4 種類の媒体の日米合わせた出願推移を示す。最近ではディスクリット・トラック媒体の出願件数の伸びが顕著である。

図 2-4-13 にこれら 4 種類の媒体に関する主要出願人別の出願件数を示す。TDK と東芝は特にディスクリット・トラック媒体の出願件数が多い。

図 2-4-12 パターン媒体およびディスクリット・トラック媒体の種類別出願件数推移

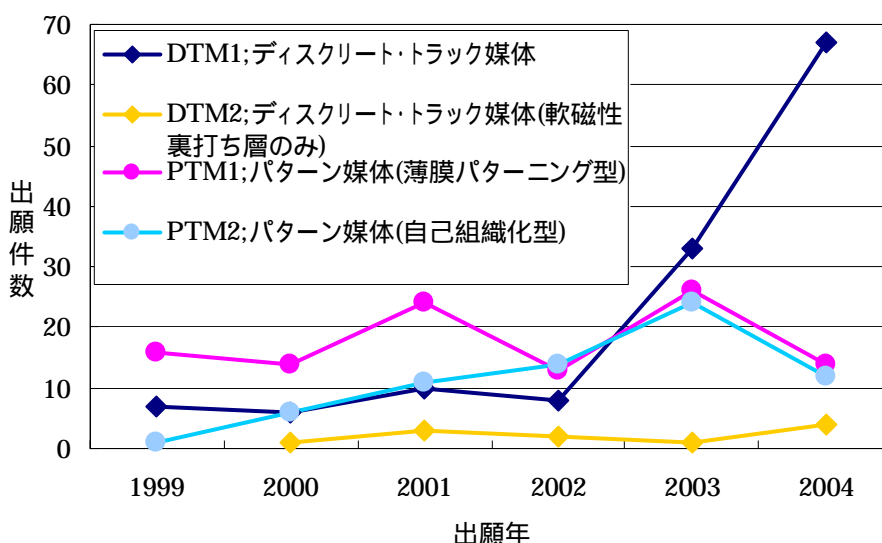
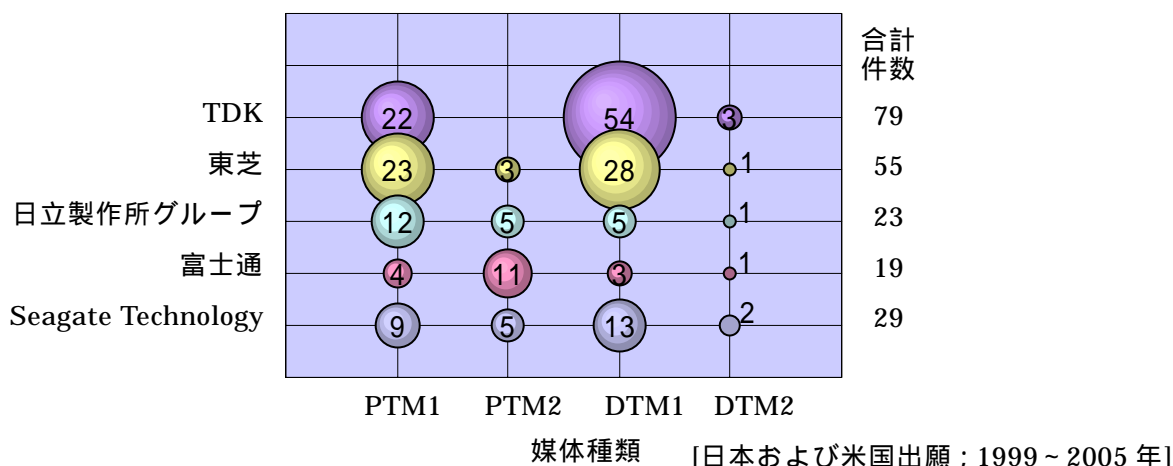


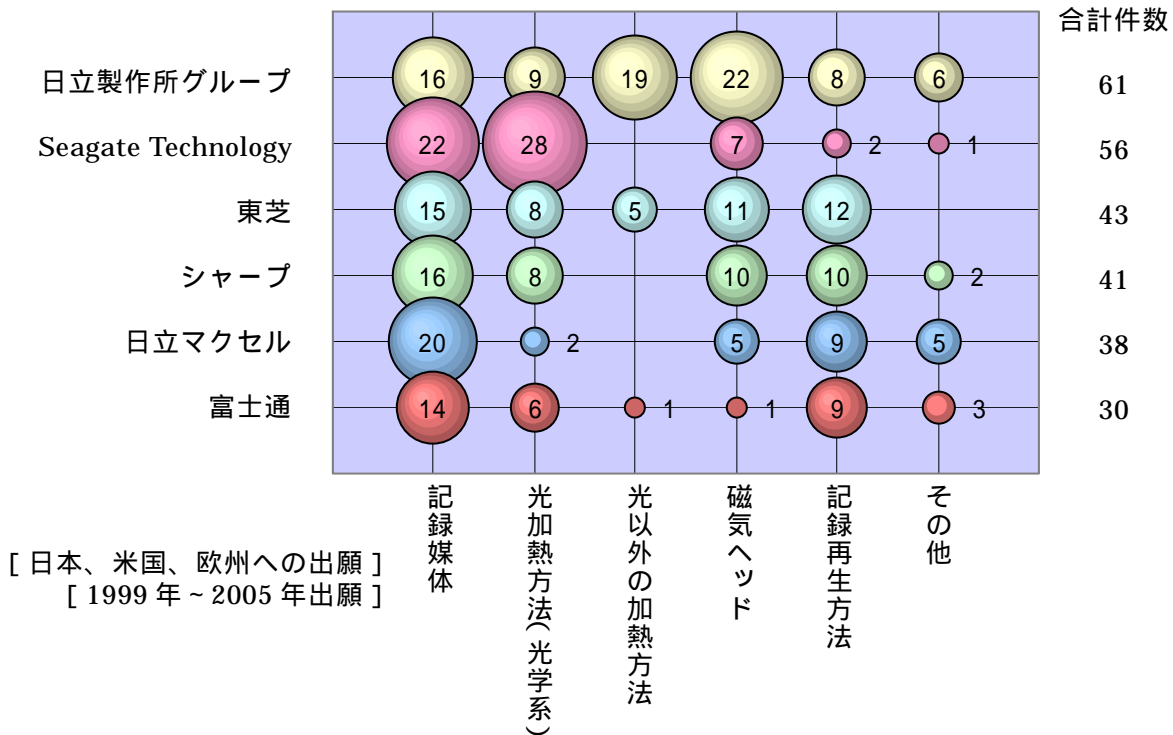
図 2-4-13 主要出願人の媒体種類別出願件数



熱アシスト磁気記録は高保磁力媒体に信号磁界と熱とを同時に印加して一時的に保磁力を低下させた状態で記録する方式である。

図 2-4-14 に日米欧での出願における主要出願人の技術内容別出願件数を示す。

図 2-4-14 熱アシスト磁気記録に関する出願の主要出願人技術別出願件数



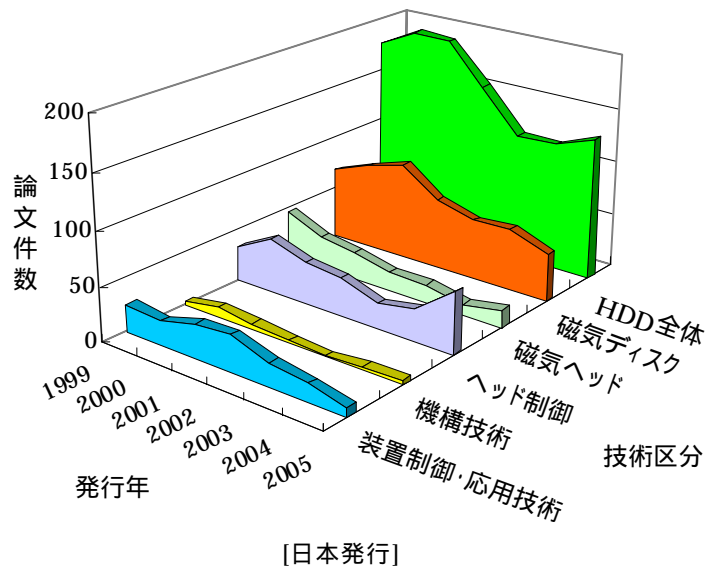
第3章 研究開発動向分析

1. 日本国内発行論文から見た研究開発動向

日本国内発行論文の検索データベースは JSTPlus を用い、発行国；日本、資料種類；論文、発行年；1999年～2005年、資料；特定学会の各種論文集¹⁾という限定を加えて、1,185件を抽出した。

図 3-1 はそれらの論文を技術区分の大分類毎に分け、発表件数の年次推移を示したものである。大分類では垂直磁気記録媒体を中心とする磁気ディスクの発表が最も多く、これにヘッド制御が次いでいる。HDD 全体としての論文件数は減少傾向にあるなかで、ヘッド制御だけは最近の増加が顕著である。

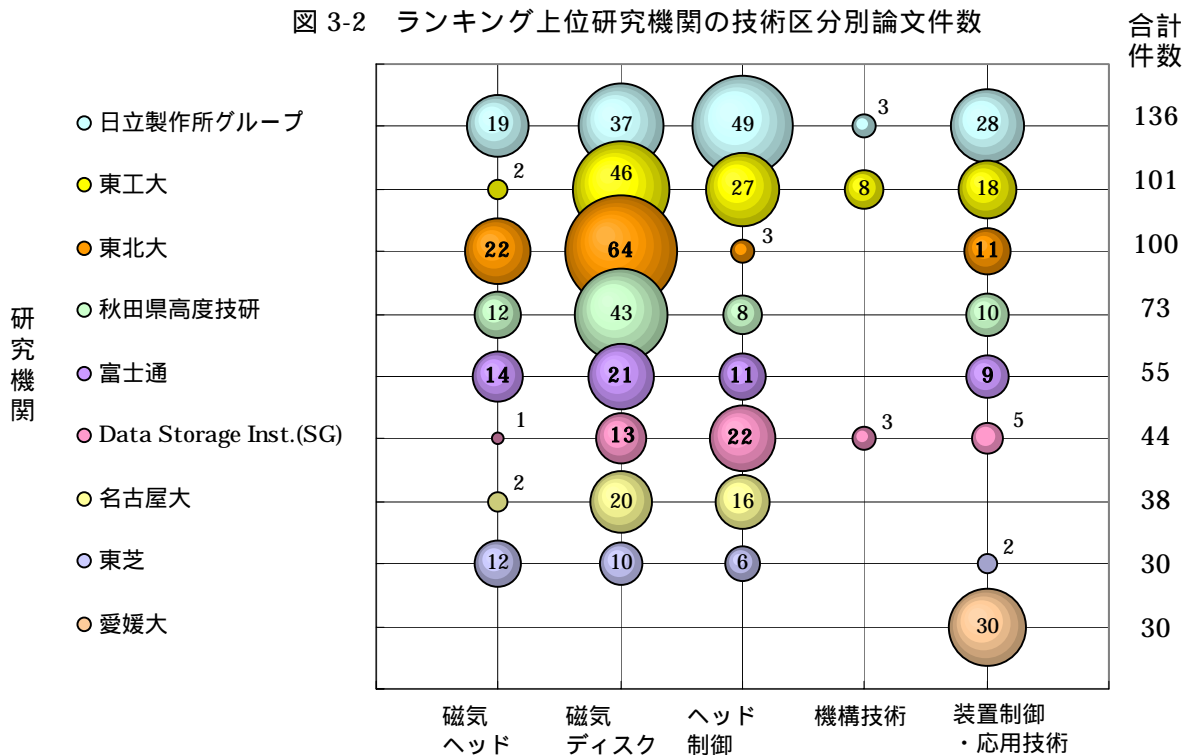
図 3-1 技術区分別論文件数の推移



1) 日本応用磁気学会、応用物理学会、電子情報通信学会、日本機械学会、電気学会、電気関係学会、計測自動制御学会、自動制御連合、日本トライボロジー学会、精密工学会、システム制御情報学会、表面科学、映像情報メディア学会、画像電子学会、粉体粉末冶金協会

図3-2に研究機関別発表件数ランキングの上位9者について技術区別の論文件数を示す。日立製作所グループはヘッド制御の件数が最も多く、ついで磁気ディスク、装置制御・応用技術などの順に多く、東工大は磁気ディスクとヘッド制御の件数が多く、また東北大と秋田県高度技術研究所は共に磁気ディスクが論文件数の多い技術である。愛媛大は装置制御・応用技術に特化した発表であり、その具体的内容は垂直磁気記録における信号処理技術である。企業の場合は、技術区分によって件数の凹凸はあるが比較的多くの技術に亘って論文が発表されている。

図 3-2 ランキング上位研究機関の技術区分別論文件数



【バブル面積が件数を表す】

技術区分(大分類) [1999年～2005年 日本発行]

2. 米国発行論文から見た研究開発動向

米国発行論文の検索データベースはINSPECを用いた。日本と同様に検索対象をHDDの「装置全般」、「HDI(ヘッドディスクインタフェース)」、「方式」、「媒体」、「ヘッド」に区分し、検索式はINSPEC分類とキーワードとの論理積をとった。これに発行国；日本を除外、資料種類；ジャーナル論文、発行年；1999年～2005年、資料；米国特定学会の各種論文集²⁾という限定を加えて、1,367件を抽出した。

図3-3に技術区別の出願件数比率を示す。日本と同様に磁気ディスクの比率が最も高いが、その次に磁気ヘッドが多いのが日本との違いである。

図3-4は筆頭発表者所属機関の件数割合を示したものであり、企業の発表が大学よりも多いことが特徴である。米国が世界の技術情報の集積場であり、また重要な技術競争の場でもあることから、企業が積極的な情報発信をしているものと推測される。

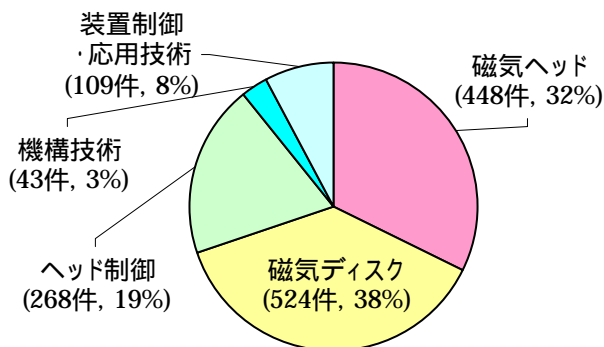
2) 米国電気電子学会 (IEEE)、米国物理学協会 (AIP)、米国物理学会 (APS)、米国機械学会 (ASME)

図 3-5 に発表研究機関の国籍別比率を示す。発行学会が米国であることも影響しているが、米国籍研究機関の論文件数が 46% を占めている。日本の 33% を加えると両国の割合は 79% にも達し、研究開発の主体は米国と日本であることがわかる。

図 3-6 に発表件数ランキングで上位 7 研究機関の論文件数の推移を示す。Seagate Technology の場合は 2002 年にピークに達した後に急激に減少している。一方、日立製作所グループは 1 年ごとに凹凸を繰り返すが平均的には漸増である。IBM は 2002 年までは漸増し、2003 年以降は急減であるが、HDD 部門を日立製作所に売却した影響が現れていると思われる。

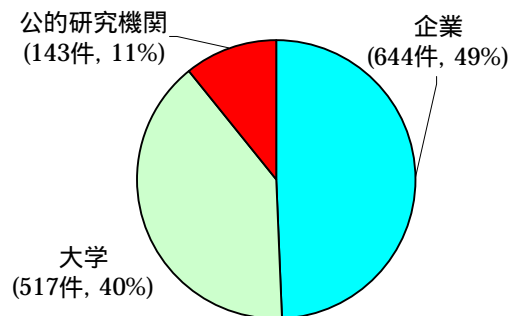
図 3-7 に論文発表件数ランキング上位 7 研究機関の技術区分別論文件数を示す。トップの Seagate は磁気ヘッドと磁気ディスクの論文件数が著しく多い。日立製作所グループは磁気ヘッド、磁気ディスク、ヘッド制御の件数がそろって多く、Data Storage Inst. (シンガポール) はヘッド制御の論文が、東北大は磁気ディスクの論文がそれぞれ非常に多い。

図 3-3 米国発行論文の技術区分別件数割合



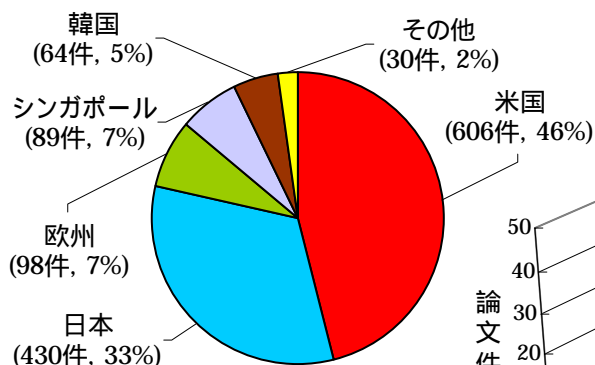
[1999年～2005年 米国発行]

図 3-4 研究機関区分別の論文件数割合



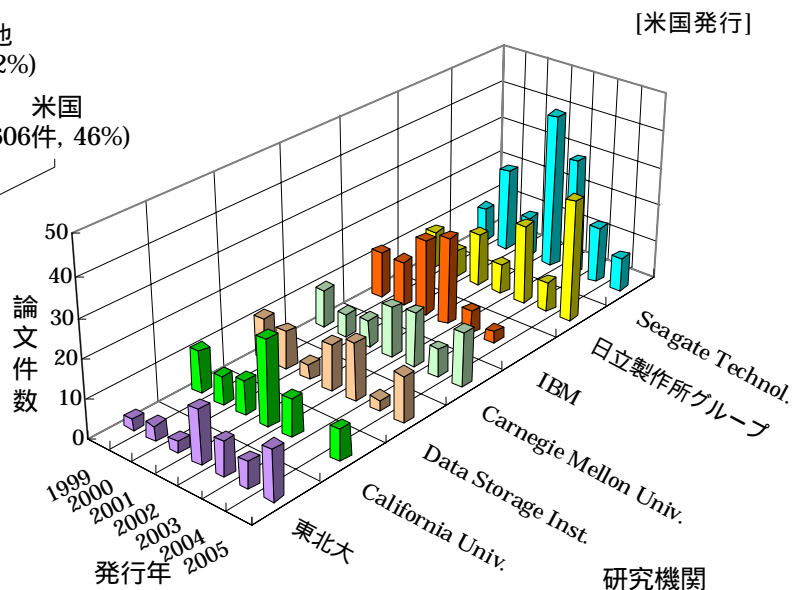
[1999年～2005年 米国発行]

図 3-5 論文件数の国籍別論文件数割合



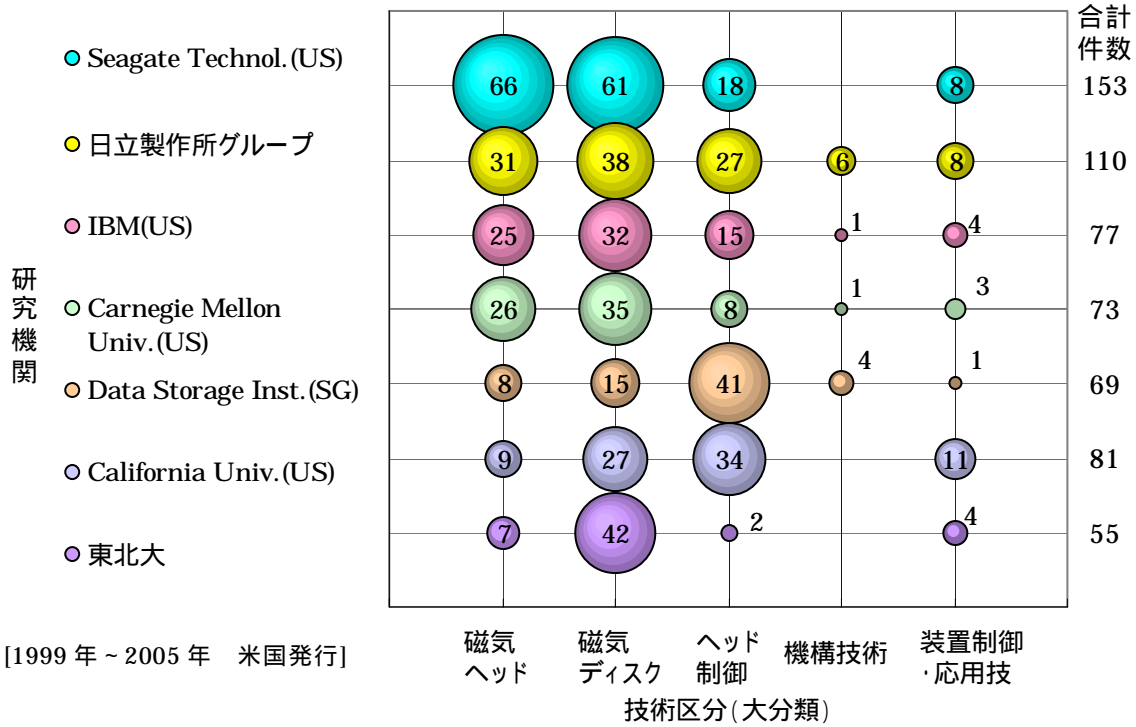
[1999年～2005年 米国発行]

図 3-6 主要研究機関の論文件数推移



[米国発行]

図 3-7 ランキング上位研究機関の技術区分別論文件数



第4章 政策動向分析

1. 日本

我が国では1995年以前から大学などで科学研究費補助金などにより、HDDの小型化・大容量化の研究開発が行われてきた。1995年から通商産業省、NEDOによる「超先端電子技術開発促進事業」が立ち上げられ、続いて文部科学省による「超小型大容量ハードディスクの開発」が実施中であり、2005年には垂直磁気記録方式による1インチ10GBのHDDが試作されて実用化開発が加速された。このほかにも、HDDに関連した政府助成プロジェクトがいくつか実施されている。図4-1に主なプロジェクトを示す。

図 4-1 HDD 関連主要政府助成プロジェクト（日本）

年度 助成機関	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
NEDO	超先端電子技術開発促進事業												
NEDO			地域コンソーシアム研究開発事業										
NEDO						ナノ機能合成技術プロジェクト							
文部科学省						超小型大容量ハードディスクの開発（ITプログラム）							

NEDO：独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

2. 米国

米国における HDD の研究助成は、NIST (National Institute of Standards and Technology)、NSF (National Institute of Standards and Technology) および DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) で主に行なわれている。

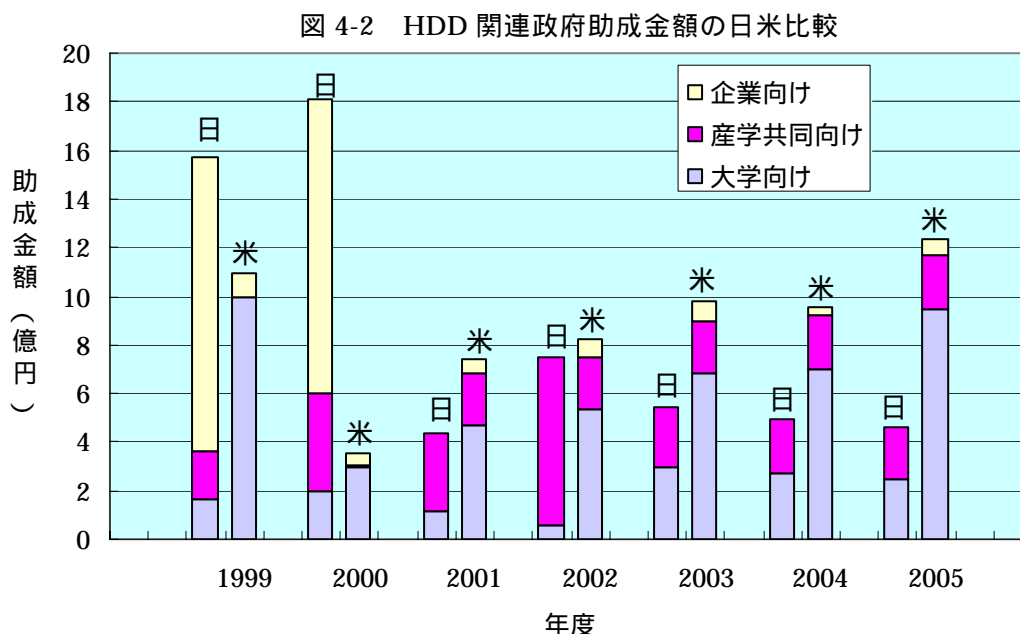
国防省関係の大型プロジェクトは DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) プロジェクトが主体であるが、現在の形の HDD に関するものは 2000 年以降はなく、近年は MEMS メモリ、磁壁メモリといった将来型大容量記録装置に重点を移行している。

そのほか、政府助成の下で大学に下記の磁気記録の研究センターが設けられている。

- Institute for Information Storage Technology (IIST) at Santa Clara University
- Data Storage Systems Center (DSSC) at Carnegie Mellon University
- Center for Magnetic Recording Research (CMRR) at UC San Diego
- Center for Micro Magnetics and Information Technologies (MINT) at University of Minnesota
- Materials Research Science and Engineering Center (MRSEC) at University of Alabama

3. 日米の比較

図 4-2 に日米の HDD 関連政府助成金額の年度別推移を示す。企業向け、産学共同向け、大学向けをあわせた金額は「超先端電子技術開発促進事業」が実施されていた 2000 年まで日本が多い。しかしその後は米国が大学向けを主体に増加傾向にあるため、米国のほうが多くなっている。特に大学向けだけを見ると日米間の格差が広がりつつある。大学向けの 1999 ~ 2005 年の合計金額は日本が約 13.5 億円に対し、米国は 46.3 億円で 3 倍以上となっている。



注) 年度別助成金額は次のようにして算出した。

- ・助成金額が一般公開されているものだけを集計。
- ・年度別予算の不明なものは総額を期間年数割とした。
- ・米ドルから円への換算は 1 ドル = 120 円とした。

第5章 市場動向分析

1. HDD全体の市場規模と動向

HDD全体の生産数量と生産金額との推移を図5-1に示す。2005年のHDD全体の世界市場は、生産数量3億7,985万台、生産金額3兆2,800万円であった。2006年の生産数量は対前年比13.1%増の4億2,970万台、生産金額は対前年比1.8%増の3兆3,380万円になる見込みである。2007年以降の生産数量は対前年比約7~11%、生産金額は4~7%の範囲で増加していくと予想されている。

HDD全体のOEM単価と生産台数との推移を図5-2に示す。全体の平均単価は2005年に比べて9.3%減の7,800円の見込みである。今後も、年率5~10%程度の価格低下で推移するものと予想されている。

図5-1 HDD全体の生産数量と生産金額の推移

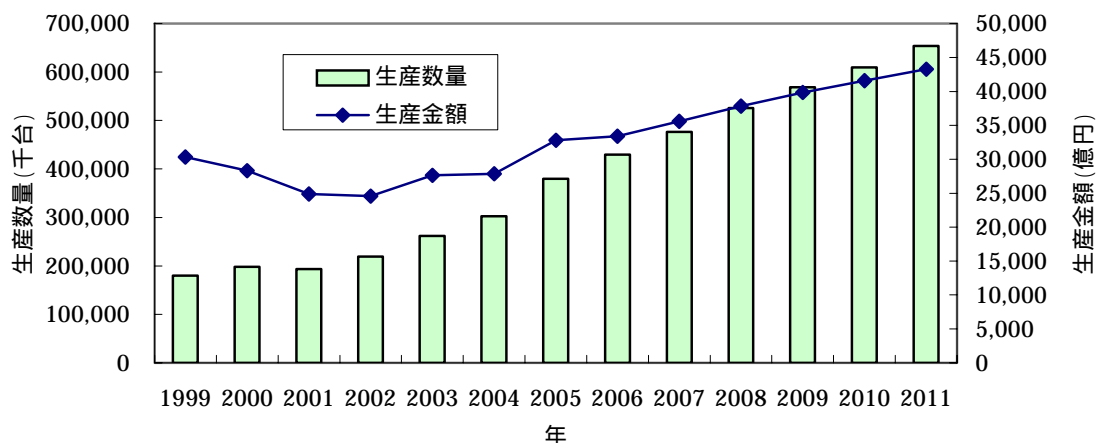
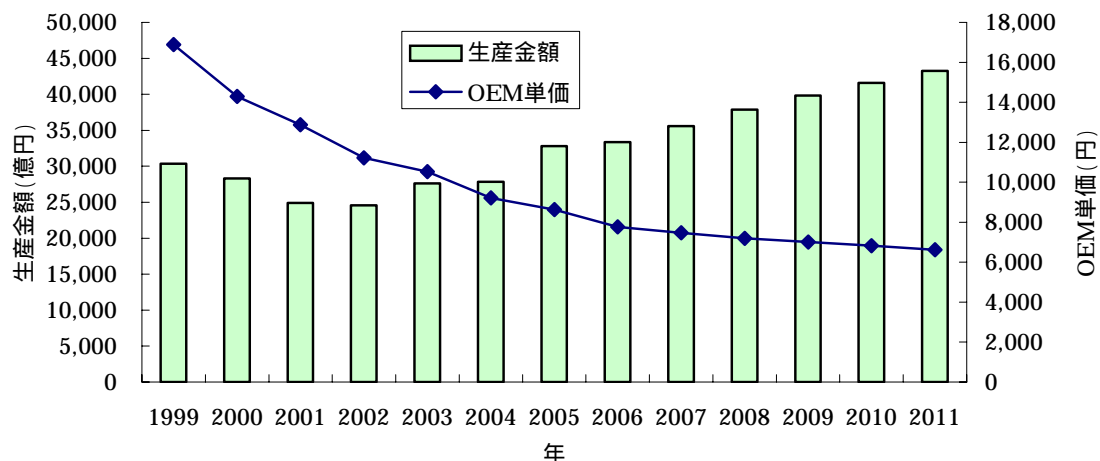


図5-2 HDD全体の生産金額とOEM単価



1999年～2005年は実績値、2006年は見込み値、2007年～2011年は予想値

出典：ストレージ関連市場調査総覧 2003年版 P91、2006ストレージ関連市場総調査 P133、
2007ストレージ関連市場総調査 P149より作成 株式会社 富士キメラ総研 2002年11
月19日、2005年11月18日、2006年12月6日発行

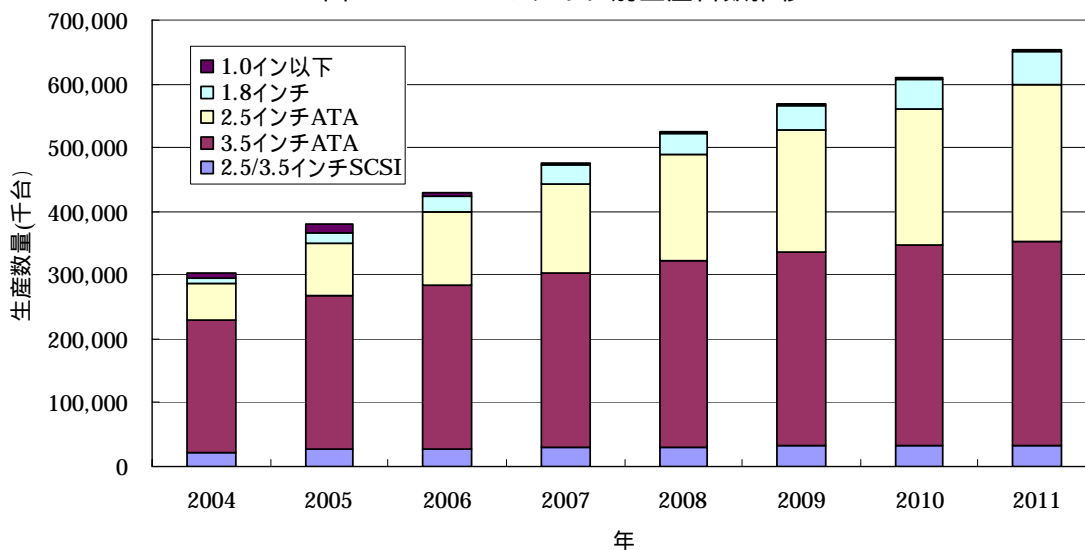
2. HDDのタイプ別の市場動向

図5-3にHDDのタイプ別市場動向を示す。現在は3.5インチATA¹⁾が7割近くを占めているおり、デスクトップパソコン用に安定した需要があるが、今後は、薄型パソコンや2.5インチATA内蔵のディスプレイなどにより減少の可能性がある。

1.8インチは、将来ノートパソコンに採用される可能性が大きくなった。今後大容量化が実現（2008年：80GB/枚、2011年：150GB/枚）できれば、NANDフラッシュメモリよりも市場競争力が高い。2007年には富士通等参入メーカーが増加し、価格競争が激しくなる。

1.0インチ以下は、2005年9月以降iPodminiが生産中止となったことや、NANDフラッシュメモリの大幅な価格低下により、今後の成長は厳しくなるものと予想されている。

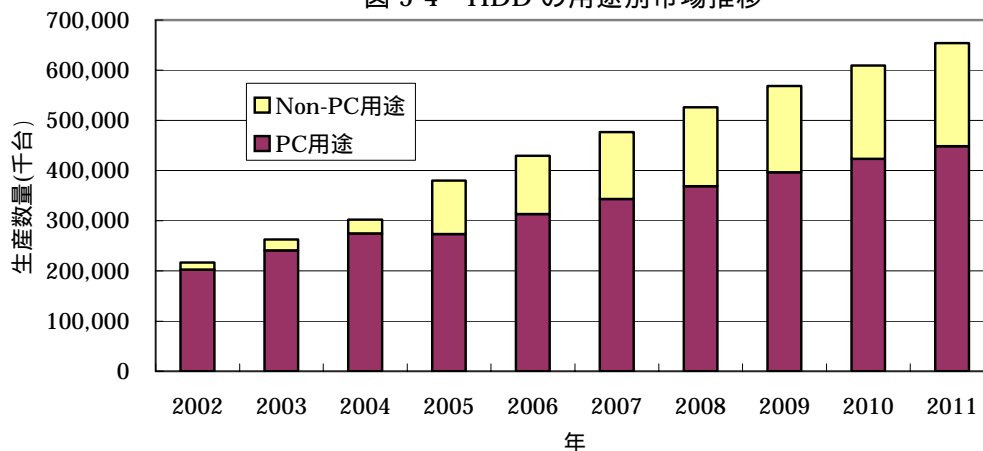
図5-3 HDDのタイプ別生産台数推移



3. HDDの用途の別市場動向

図5-4にPC用（パソコン用）とNon-PC用（コンシューマ用）の用途別の市場推移を示す。Non-PC用は今後、カーナビやゲーム機用を中心として比率を伸ばしていくものと予測される。

図5-4 HDDの用途別市場推移



[注]：グラフはいずれも2004年～2005年は実績値、2006年は見込み値、2007年～2011年は予想値
 出典：2007ストレージ関連市場総調査 P150,P57より作成（株式会社 富士キメラ総研 2006年12月6日発行）

1) ATA (Advanced Technology Attachment(AT Attachment)) は、パソコン本体とHDDなどの周辺機器の接続方法を取り決めた規格。

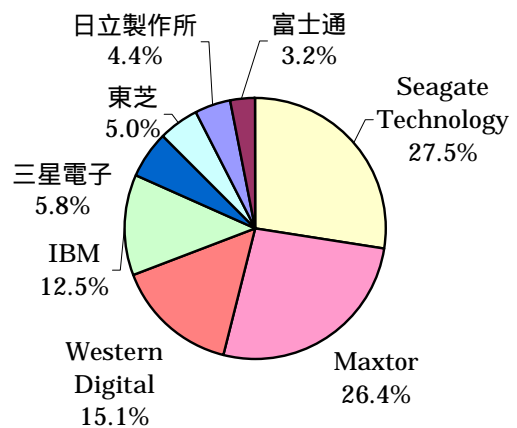
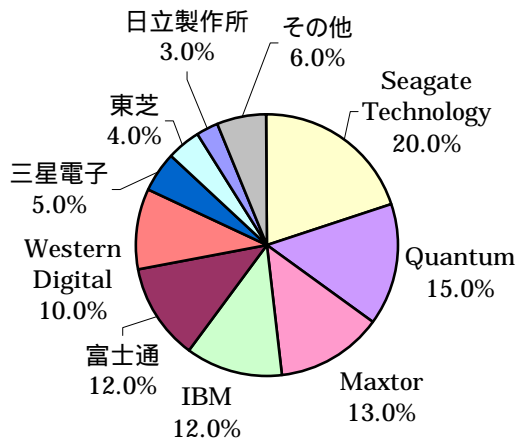
4 . HDD 供給メーカーの動向

図 5-5 に、HDD メーカーの 2000 年、2002 年、2005 年、2006 年の生産台数シェア（世界市場）を示す。前回の調査による 2000 年時点の HDD の世界主要メーカーは米国 5 社、日本 3 社、韓国 1 社の計 9 社であった。2001 年の Maxtor の Quantum 買収、2003 年の日立製作所と IBM の HDD 事業の統合により、2005 年には主要 7 社に減少している。さらに 2006 年 5 月に Seagate Technology は Maxtor を買収したため、主要メーカーは現在 6 社となっている。主要メーカー以外のシェアの激減もあって寡占化が一段と進んだ。

図 5-5 HDD メーカーの生産台数シェア（HDD 全体）

(a) 2000 年の HDD 生産台数シェア

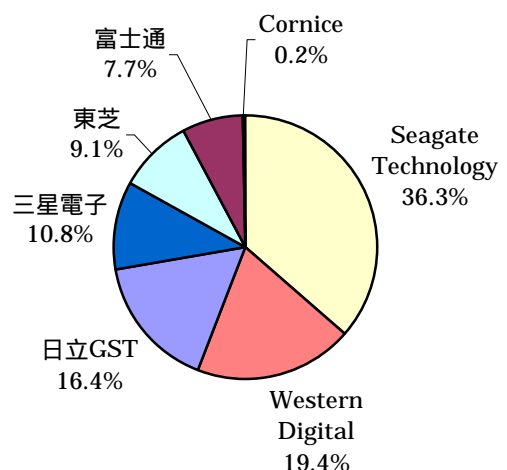
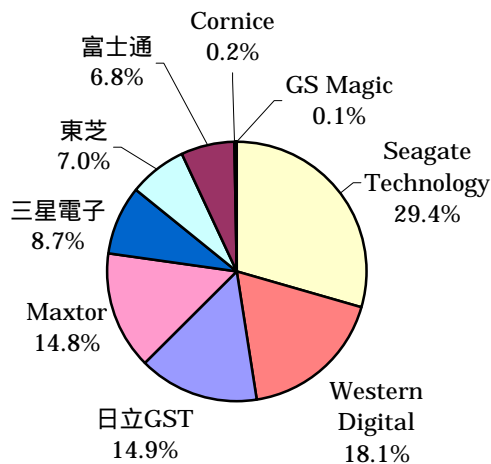
(b) 2002 年の HDD 生産台数シェア



出典：平成 13 年度 特許出願技術動向調査
高記録密度ハードディスク装置 P223
特許庁 2002 年 3 月

(c) 2005 年の HDD 生産台数シェア

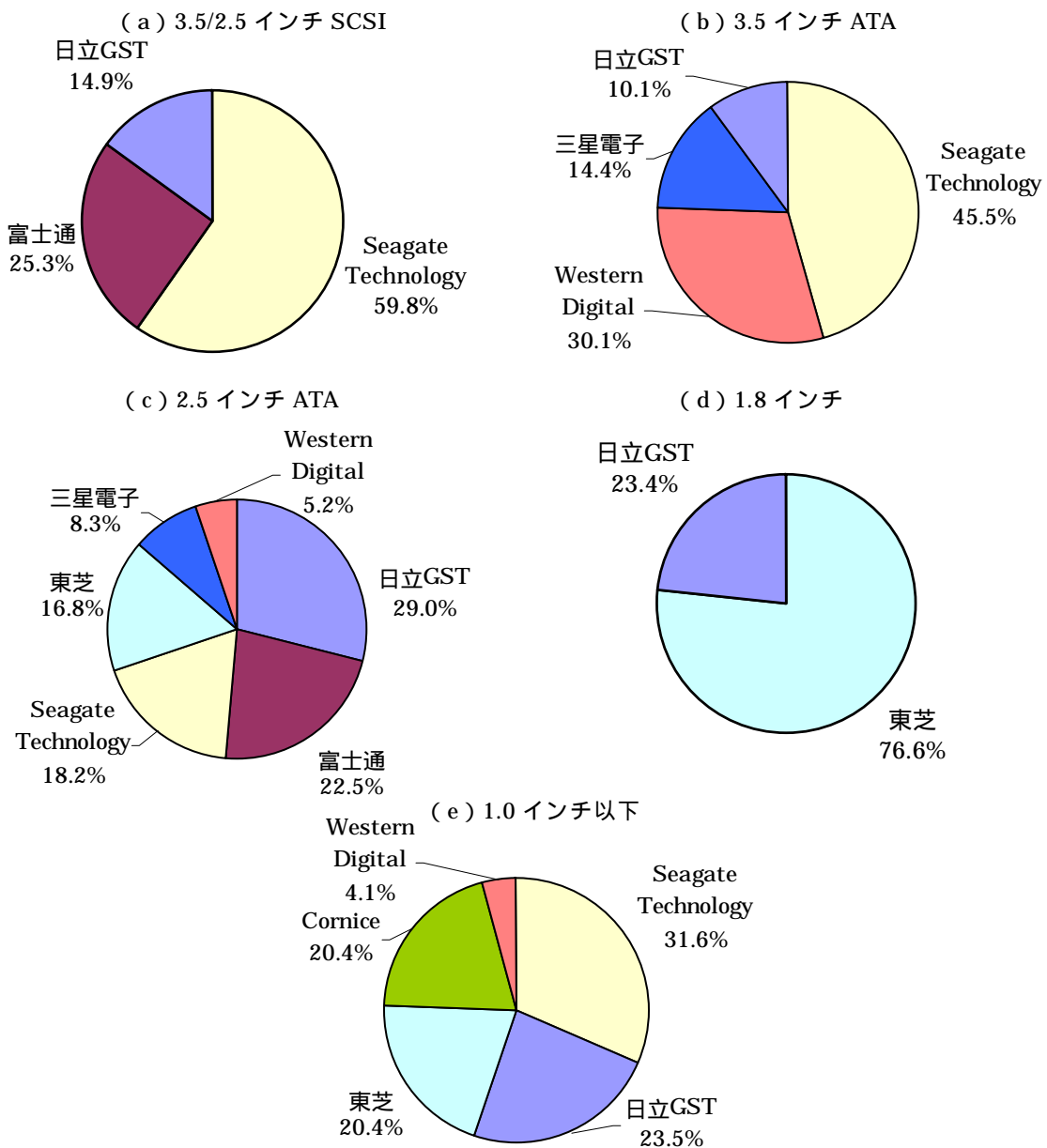
(d) 2006 年の HDD 生産台数シェア（見込み）



出典：図 5-4-1-1 (b) 2003 ストレージ関連市場総調査 P93 より作成 2002 年 11 月 19 日発行
出典：図 5-4-1-1 (c) 2006 ストレージ関連市場総調査 P72 より作成 2005 年 11 月 18 日発行
出典：図 5-4-1-1 (d) 2007 ストレージ関連市場総調査 P77 より作成 2006 年 12 月 6 日発行
株式会社 富士キメラ総研

HDD タイプ別のメーカー生産台数シェア(世界市場)の2006年の見込みを図5-6に示す。2006年5月にMaxtorをSeagate Technologyが買収したため、Maxtorの生産台数分もSeagate Technologyに加算している。3.5/2.5インチSCSIでは、富士通が昨年よりもシェアを伸ばしたが、Seagate Technologyが3.5/2.5インチSCSI、3.5インチATAでトップの位置にある。2.5インチATAでは、日立GST、富士通が昨年につき1位、2位の座にある。1.8インチの量産メーカーは東芝と日立GSTのみである。Seagate Technologyと富士通が2007年に参入を計画している。東芝はApple社のiPod向けの比率が高い。1.0インチ以下では、2005年にデジタルオーディオ向けの出荷実績のあったSeagate Technologyと日立GSTは、2005年後半から生産量を削減している。0.85インチは東芝のみ生産している。

図5-6 HDDタイプ別のメーカー生産台数シェア(2006年見込み)



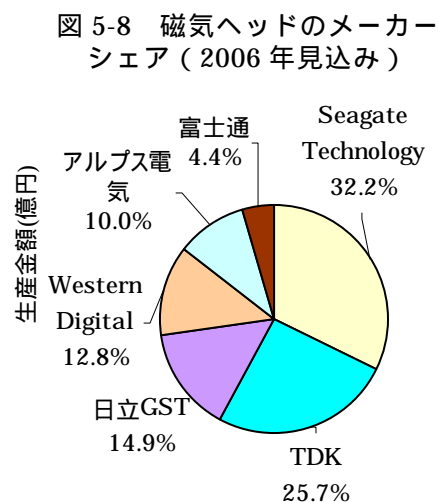
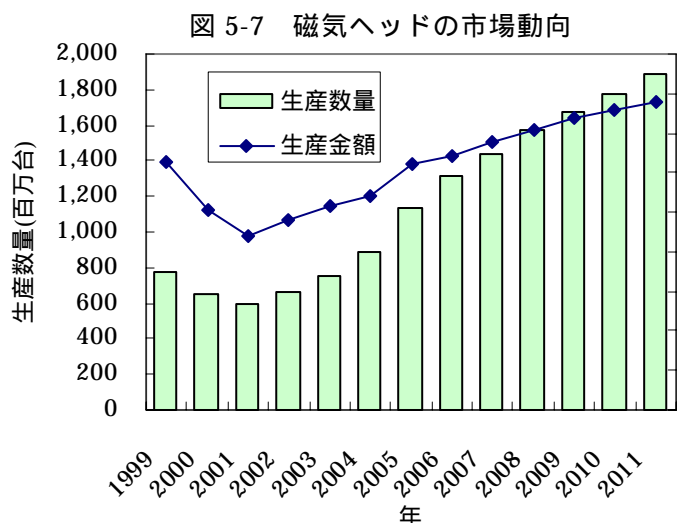
出典：2007 ストレージ関連市場総調査 P77～78 より作成
株式会社 富士キメラ総研 2006年12月6日発行

5. HDD 部品の動向

(1) 磁気ヘッド

図 5-7 に磁気ヘッドの市場動向を示す。2006 年の磁気ヘッドの世界市場は数量ベースで対前年比 16.0% 増の 13 億 1,400 万個、同金額ベースで対前年比 3.4% 増の 6,439 億円となる見込みである。

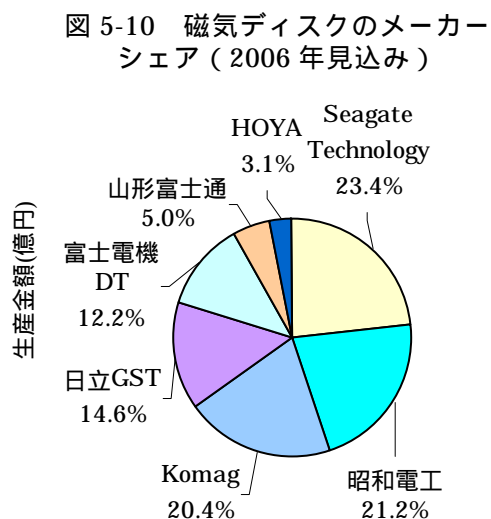
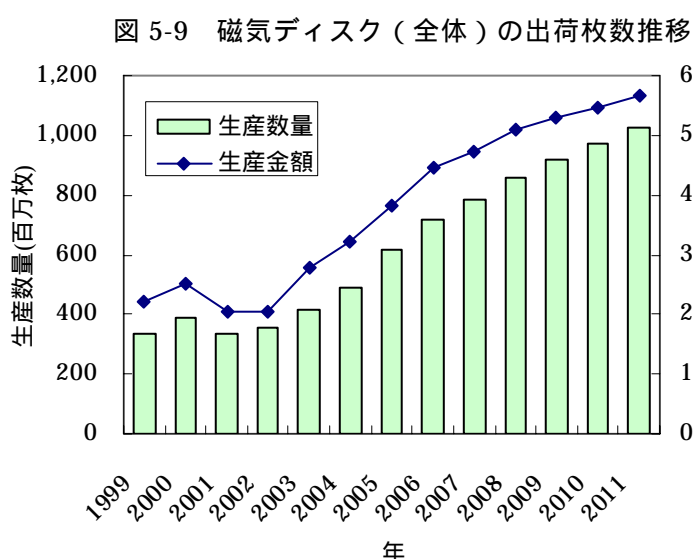
図 5-8 に 2006 年のメーカーシェア見込みを示す。TDK とアルプス電気のみが外販専門メーカーである。



(2) 磁気ディスク (ハードディスクメディア)

図 5-9 に磁気ディスクの市場動向を示す。2006 年の磁気ディスクのアルミとガラス全体の世界市場は、枚数ベースで対前年比 16.1% 増の 7 億 1,480 万枚、金額ベースで対前年比 16.8% 増の 4,465 億円の市場規模となる見込みである。

磁気ディスクのメーカーシェアを図 5-10 に示す。磁気ディスクの内製メーカーは、Seagate Technology、日立 GST、山形富士通である。



1999 年～2005 年は実績値、2006 年は見込み値、2007 年以降は予想値

出典：ストレージ関連市場調査総覧 2003 年版 P197(図 5-7)、P134(図 5-9)

2006 ストレージ関連市場総調査 P278(図 5-7)、P209(図 5-9)

2007 ストレージ関連市場総調査 P304(図 5-7)、P305(図 5-8)、P227(図 5-9)、P228(図 5-10)より作成

株式会社 富士キメラ総研 2002 年 11 月 19 日、2005 年 11 月 18 日、2006 年 12 月 6 日発行

6 . HDD と NAND フラッシュメモリの価格予測

大容量不揮発性記憶装置として HDD の対抗馬である NAND フラッシュメモリの容量 (GB : ギガバイト) 当たりの単価は三星電子による値下げ加速により 2006 年以降も価格低下は進むものと予想される。

しかし 32GB クラスでフラッシュメモリの単価が HDD に接近するのは低価格・低性能の MLC でも 1010 年以降であり、100GB バイトクラス以上の HDD のバイト単価は当分フラッシュメモリには負けないと考えられる。

第 6 章 まとめと今後の課題

第 1 節 日本の技術競争力

HDD の技術開発の歴史において先導的役割を果たしてきたのは IBM である。今回の調査期間である 1999 年以降は、2003 年に日立製作所が IBM の HDD 部門を統合したという状況に加えて、当面の重要技術である垂直磁気記録、TMR ヘッドは日本が先行してきた技術であり、垂直磁気記録媒体における CoCrPt 系グラニューラー媒体による高密度、高 SN 化、TMR ヘッドにおける MgO トンネル絶縁層による高 MR 比という優れた開発成果が日本から生まれている。またこれら新技術の試作品や製品への適用、現製品の記録密度という観点での日本の技術競争力は米国に負けているものではない(図 1-4)。

ただし、個別企業ごとに技術内容別の特許出願件数を見た場合、米国出願においては Seagate Technology がヘッド制御で日本企業を引き離してトップの座にあり、中でもヘッド位置決め制御は Seagate Technology の出願件数が多い(図 2-3-7)。このことは表立った装置仕様には表れない信頼性、耐久性の評価に良い影響が現れる可能性もあり、要注意である。

また米国発行論文数で見ると、磁気ヘッドおよび磁気ディスクに関する発表件数は Seagate Technology が圧倒的に多い(図 3-7)。日本企業は日本国内での発表件数が多いので、これだけで技術開発力の大小を論じるわけにいかないが、Seagate Technology がこれらの開発に対する大きな技術リソースを有していることは確かであろう。

なお、Seagate Technology の米国での論文発表は 2001 ~ 2002 年以降急速にその件数を減らしている(図 3-6)。事業規模が拡大している中で研究開発を縮小しているとも考えにくく、表に現れた数値だけで計れない潜在技術力に留意する必要がある。

大学の技術開発力を論文発表件数の観点から見ると、日本発行論文の研究機関ランキングでは東工大、東北大が上位に位置し名古屋大と愛媛大が中位に続いている(図 3-2)。垂直磁気記録を先導した東北大は米国発表件数でも 7 位にあり、東工大も 11 位に入っていることから日本の大学での技術開発力はかなり高いと見るべきであろう。

HDD は現在、面内磁気記録方式から垂直磁気記録方式への転換期にあり、近い将来には垂直磁気記録方式が主流になると見られている。このような状況下において日本は先行開発をしてきた優位性を利用できる立場にある。

次世代 HDD 技術とみなされているパターン媒体および熱アシスト磁気記録の技術開発競争力を特許出願から見ると、まずパターン媒体は日本国籍出願人による出願件数比率が日本出願において 89%、米国出願においても 66%と米国国籍出願人を圧倒している。個別企業の日米合計出願件数も 1 位 TDK、2 位東芝、3 位 Seagate Technology と日本勢が優位に立っており(図 2-4-13)、特に 1 ビット単位で磁性膜を分離するパターン媒体の前段階として先に

実用化されると予測されているディスクリット・トラック媒体（ディスクリット・トラック媒体で培われる製造技術がパターン媒体へも適用できる）でもこの2社の出願の多いのが顕著である。

熱アシスト磁気記録は日米欧合わせた特許出願のうち日本国籍出願人によるものが75%を占めており、この分野も全体としては日本勢が優勢である。ただし個別企業ごとではトップの日立製作所グループに対して Seagate Technology は2位に迫っており、熱アシストのうち光加熱に限定すると Seagate Technology の出願件数のほうが多く(図 2-4-14)、各企業の技術競争力として見れば Seagate Technology は日本企業にとって強敵になるであろう。

これら次世代技術は大学での研究成果も期待されるので大学による論文発表、特許出願件数を表 6-1 にまとめた。それぞれの件数で比較すると、パターン媒体は米国、欧州と比べて日本の大学の論文発表が少ない。熱アシスト記録については日米は互角と見られるが、件数自体が少ない。特にパターン媒体の研究開発には高額な試作設備が必要となるので、大学での研究開発を推進するためには予算的な面での支援が望まれる。

表 6-1 次世代技術に対する大学からの論文発表、特許出願件数

	論文発表		特許出願	
	日本発行	米国発行	日本発行	米国発行
パターン媒体	全体 20 件 大学(日本)6 件 大学(中国)3 件 大学(台湾)1 件	全体 44 件 大学(米国)13 件 大学(欧州)8 件 大学(日本)1 件	全体 280 件 大学(日本)9 件 大学(米国)1 件	全体 165 件 大学(米国)5 件 大学(欧州)1 件
熱アシスト記録*	全体 19 件 大学(日本)4 件 大学(米国)1 件	全体 14 件 大学(米国)2 件 大学(欧州)1 件	全体 275 件 大学(日本)4 件	全体 181 件 大学(米国)4 件

*：熱アシスト関係の論文は磁気記録分野だけの調査である [1999～2005年論文発行、特許出願]

第2節 日本の産業競争力

(1) HDD

HDD の 2006 年世界生産台数は対前年比 13.1%増の 4 億 2,970 万台、生産金額は対前年比 1.8%増の 3 兆 3,380 万円になる見込みで、単価低減にもかかわらず相変わらず市場規模は拡大している(図 5-1)。

その中でメーカー国籍別の生産台数シェアは日本、韓国が増加し、米国は減少しているが(図 5-5)、メーカー別に見ると Maxtor が Seagate Technology に統合されたこともあり大手 7 社は全てシェアを増加させている。しかも 1 位が Seagate Technology、2 位が Western Digital という構図は変わらず、この 2 社の合計シェアは 55.7%に達する(図 5-5(d))。機種別に見ると 3.5 インチは米国勢が圧倒的に強く、2.5 インチおよび 1.8 インチは日本勢が強いが(図 5-6)、機種比率は 3.5 インチのほうが高いために米国勢のシェアが大きくなっている(図 5-3)。しかし、PC 用 HDD でデスクトップは 2.5 インチ、ノートは 1.8 インチというのが主流であり、日本が優勢な 2.5 インチおよび 1.8 インチの機種比率は年々増加しているため日本勢としては有利な状況にある(図 5-3)。

一方、各メーカーの年次報告書¹⁾³⁾による営業損益面から見ると米国勢が着実な収益を上

1) http://www.seagate.com/ww/v/index.jsp?locale=en-US&name=Seagate_Technology_Reports_Fiscal_Fourth_Quarter_and_Year-End_2006_Results&vgnnextoid=f76b814fef83e010VgnVCM100000dd04090aRCRD

2) <http://www.wdc.com/en/library/company/2278-001005-A02.pdf>

3) http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2006/10/1031/h_2info.pdf

げているのに対して、日本勢でトップシェアを有する日立 GST は苦戦を強いられている。(東芝、富士通、三星電子は HDD 業績に関しては非公開。東芝、富士通は黒字とのみ発表。)

(2) 部品外販

HDD 用磁気ヘッドはこれを内製している HDD メーカーもあるが、外販しているのは部品メーカーだけである。部品メーカーとしては TDK がトップシェアにあり、2 位にアルプス電気が位置していて日本勢の圧倒的優勢下にある(図 5-8)。TDK は TMR ヘッド、垂直磁気記録ヘッドの技術力も高い。

磁気ディスクの外販メーカーは昭和電工と Komag(米)がトップシェアを競っているものの、その後に富士電機、HOYA と続いており、日本勢が総体的に強いといえる(図 5-10)。

第3節 日本が取り組むべき課題と今後の日本が目指すべき技術開発、研究開発の方向性

日本が取り組むべき課題を検討する前に、コンピュータ用で米国勢に大きなシェアを長年にわたって握られ続けている HDD(図 5-5)が日本産業の今後にとってどのような位置付けになるかを考える。

日本勢はメイン用途であるコンピュータ用でシェアを上げようとしてきたが、依然として生産台数シェアは 50%以下となっている(図 5-5)。日本はここで主ターゲットをコンピュータ用だけでなく AV 記録装置、コンテンツ・アーカイブ装置、ゲーム機、ムービーを含むデジタルカメラ、カーナビ装置、携帯電話、監視録画装置等の映像記録を中心とする非コンピュータ用途に広げることにも力点を置くべきである。この方向に HDD ビジネスを成長させようとする 2 つの考慮すべき点がある。

1) 非コンピュータ用途は大きな需要があるか

図 5-4 の将来市場予測では非コンピュータ用途は徐々に増加して行き、2010 年での比率は 3 割程度と見られている。しかし、新応用製品というのは関連業界が結束して知恵を絞りながら努力して新しい展開を広げていくものであり、上記の非コンピュータ産業はいずれも発展段階にあるものばかりなので需要拡大の努力をすればさらに大きな期待が持てると考えてよい。例えば、リムーバブル HDD である iVDR¹⁾を家庭用録画装置やカーナビ用に用いようとする動きがあり、NHK は全ての番組を現行ハイビジョンで放送するだけでなく、その 16 倍の情報量を必要とする格段に画質の良いスーパーハイビジョン構想も持っているが²⁾、これを HDD で録画しようとするさらには超大容量、超高速の HDD 録画装置が必要となる。しかし、これらを普及させるためには著作権問題が課題となっている。

2) 光ディスク、フラッシュメモリに代替されないか

32GB クラスで一部の HDD がフラッシュメモリに置き換わる可能性が出てくるのは 2010 年以降であり、その頃 1.8 インチ HDD の記録容量は 160GB バイト以上になると予測されることから、高画質映像記録用に求められる 100GB クラス以上の大容量 HDD のバイト単価は当分の間、フラッシュメモリに負けないと予想される。

以上のように考えると非コンピュータ用途 HDD に大きな期待をかけることは間違いではない。それへ向けて取り組むべき課題を次に述べる。

1) iVDR (Information Versatile Disk for Removable usage) には、持ち運びを第一に考慮したカートリッジタイプと機器内蔵を第一に考慮したビルトインタイプの 2 つの規格が定められている。
2) <http://www.nhk.or.jp/strl/open2006/tenji/t07.html> (NHK 技研公開 2006 資料「スーパーハイビジョンシステム」)

垂直磁気記録技術の高度化、実用化

垂直磁気記録方式は限界の見えてきた面内記録方式に代わる磁気記録技術の最重要技術であり、図 2-3-2、図 2-3-4 に示したように日本は垂直磁気記録用磁気ヘッド技術、磁気ディスク技術ともに世界トップクラスにある。この優位性を活かしてさらなる記録密度の向上のための研究開発とそれを製品に取り込むための実用化開発に注力するべきである。

一方、Seagate Technology も垂直磁気記録と TMR ヘッドの組み合わせによる 274Gbit/inch² の技術発表を行っており、日本企業はすでに実験室的には確かめられている記録密度 500 Gbit/inch² クラスの製品化を最優先開発課題とし、それをシステムとして達成するために必要な個々の技術にブレークダウンして開発を進めるべきであろう。

高記録密度対応新型ヘッドの製品化促進

HDD の高記録密度化に磁気ヘッドの高出力化は必須であり、そのための最有力候補の技術が TMR ヘッドである。図 2-3-2 に示したように、これも今のところ日本の技術が世界トップクラスにはあるが、HDD への搭載では Seagate Technology に先を越されている。TMR ヘッドの有力対抗馬である CPP-GMR ヘッドに乗り換えるとしても、確かに電流狭窄型の CPP-GMR ヘッドの特性は向上しているものの、まだ特性の安定性、再現性、均一性には課題が残されている。前回調査報告書にあるように過去において日本は MIG ヘッドから MR ヘッド、多層型 GMR ヘッドからスピンバルブ型 GMR ヘッドの技術的切り替わりの時期にタイミングを逸してきた経緯があり（平成 13 年度特許技術動向調査「高記録密度ハードディスク装置」）、また、これまで異なる方式の再生ヘッドが主力製品として両立してきたこともない。この苦い経験を生かし、まずは高出力という明確なメリットのある TMR ヘッドの製品化を促進し、並行して CPP 型ヘッドの技術を培うとともに、CPP-GMR ヘッドの最大の課題である高出力化改良を進めて、次に来るべき CPP-GMR ヘッドの実用化に向けた技術開発を行うこともひとつの考え方である。

AV 用途に適した HDD の開発

非コンピュータ用 HDD はコンピュータ用 HDD とは異なる使い方をされるため、要求される特性、仕様も重点が異なる場合がある。例えば AV 記録装置であれば高画質映像を途切れなく高速記録再生するための書込み読み出し方式の採用が求められ、携帯情報機器であれば超小型化および耐衝撃性が求められる。また AV 用途 HDD は AV 記録装置だけでなく、高性能画像処理機能を有するコンピュータやゲーム機でも必要とされる。AV 記録装置では日本はすでにオーディオやビデオテープレコーダで世界を牽引する優れた技術を保有しており、このような用途に応じた HDD の改良開発は米国に比べて日本の方が盛んに行われ（図 2-4-10）、この点で優位に立てる状況にある。また日本勢が非コンピュータ用 HDD で成熟した技術を有するようになれば、そこでの技術も活用しながら垂直磁気記録技術、TMR ヘッド技術と合わせて、コンピュータ用 HDD のシェア向上につなげられる可能性も生まれよう。

ただし、携帯電話の例のように単品技術として優れていても必ずしも世界的なビジネス競争に勝てるというものではない。HDD も非コンピュータ用、例えば AV 用途を拡大していくためには HDD 搭載製品を如何に普及させていくかの戦略を持たなければならない。そのためには信頼性が高く、使いやすいインターフェースを有する HDD およびそれをを用いるシステムの開発が必要であり、社内の情報家電部門との連携のみならず、HDD を必要とする可

能性がある他の情報家電企業などとの連携も図るべきであろう。

産学官連携開発

日本のこれまでの HDD 技術力の向上には第 4 章に記載の政府助成プロジェクトの効果があつたが、それらの中には民間企業を助成した通産省・NEDO プロジェクトに加えて、民間企業と大学が共に参画した科学技術振興機構委託研究「次世代磁気記録技術と脳医療応用技術開発」、文科省プロジェクト「超小型大容量ハードディスクの開発」がある。また業界の任意団体として、産学連携の情報ストレージ研究推進機構 SRC があり、独自のロードマップの下に産学連携で HDD の技術力向上の推進を図っているほか、日本学術会議の元に垂直磁気記録の実用化を目的とする磁気記録第 144 委員会が産学で設立され 1976 年から活動している。これらプロジェクトや各種活動による大学と民間企業との技術・情報交流も大きな貢献をしたと評価されている。

今後、更なるイノベーションにより超高密度化を目指した磁気記録技術の研究開発を進めて行くには、より高度の試作設備や計測・解析装置が必要になるとともに、幅広い専門分野の研究者、技術者の協力が求められる。この要請に対処するためにはますますの国の支援と産学の密なる連携が必須である。

前回報告書でも大学と民間企業との技術・情報交流、大学での人材育成が重要と提言されているが、日本ではストレージ関連技術の大学向け政府助成が米国に比べてかなり少なく(図 4-2)、この点の改善が強く望まれる。

なお、日本では学生の理工系離れが進んでおり、特にハード技術では深刻とされている。この傾向は米国でも同様とされており、Seagate Technology の特許出願発明者や論文著者の名前を見ると中国系、東南アジア系の名前が目立つ。HDD だけの問題ではないが、我が国のハイテク産業の持続的発展のためには若者に物作りへの興味を持たせるような教育体系が必要という側面もある。

将来技術開発

垂直磁気記録と TMR ヘッドによる改良開発で、この先 5 年程度は磁気記録の面記録密度が年率 30%程度で向上すると予想されているが、その先の次世代技術としてパターン媒体、熱アシスト磁気記録などに期待が寄せられている。パターン媒体はその先駆けとなるディスクリット・トラック媒体開発において日本が先行しており(図 2-4-13)、熱アシスト磁気記録も関連する光ヘッド技術が日本の得意技術であることが強みである¹⁾。しかし、その後に来るべき次々世代技術が何であるのかはまだ不明瞭である。大学にはこのような将来技術を探索する研究が大いに期待されている。現在の注目技術である垂直磁気記録や TMR ヘッドは元はといえば民間企業がほとんど注目していなかった時に大学から生まれた技術である。スピンバルブトランジスタの応用や MEMS プローブメモリの可能性が議論されているが、これらに限らず超高密度記録の発展につながる将来技術の種を育てて行くことに注力すべきである。