

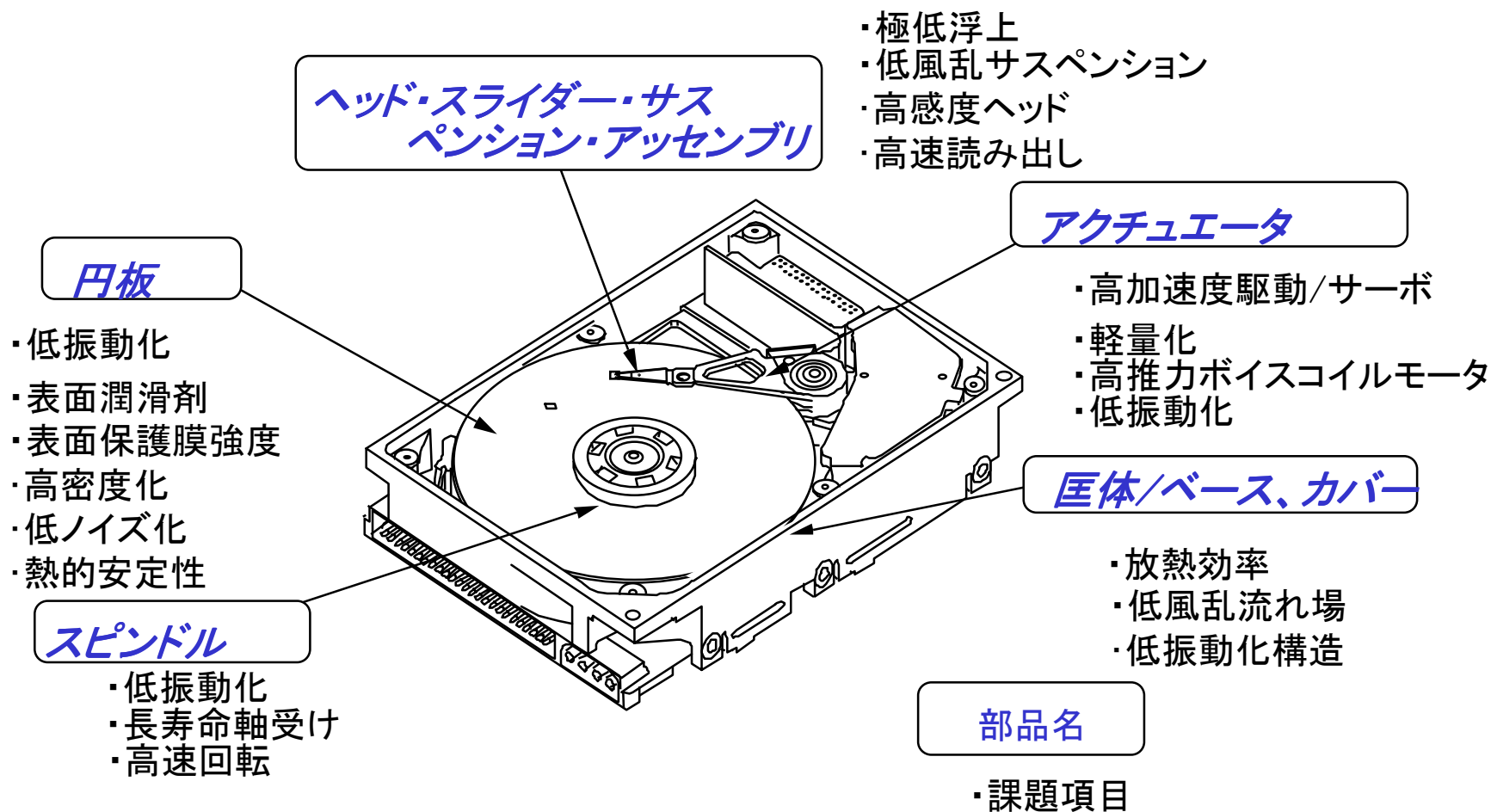
# 磁気ディスク装置と 高性能化へのロードマップ

---

1. 磁気ディスク装置概要
2. 高密度化とその技術
3. 高速化とその技術
4. 情報家電へ，次世代超高密度HDDへ

日立製作所 ストレージ事業部  
ディスク装置開発部  
三枝省三

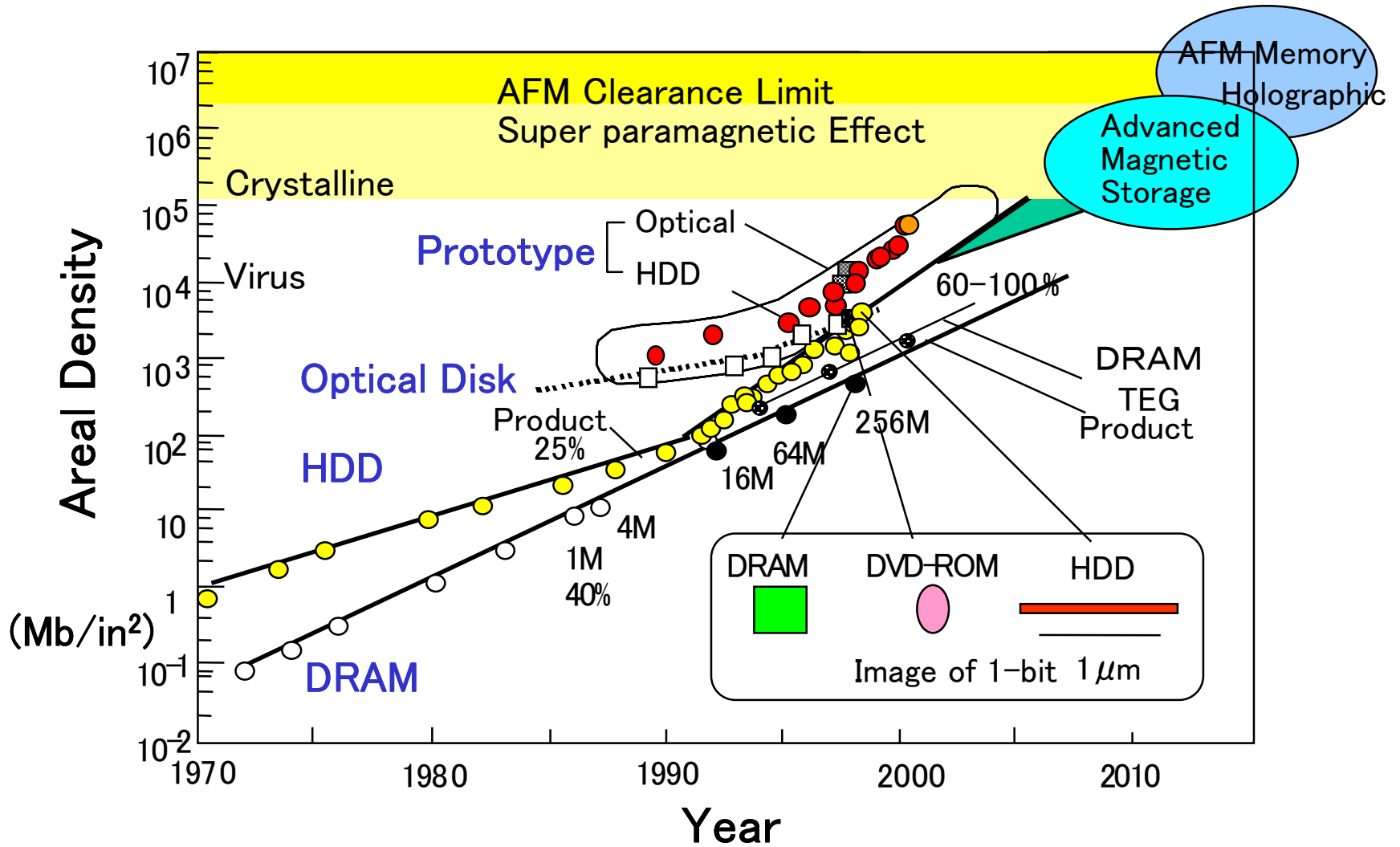
# 磁気ディスク装置構造と開発課題



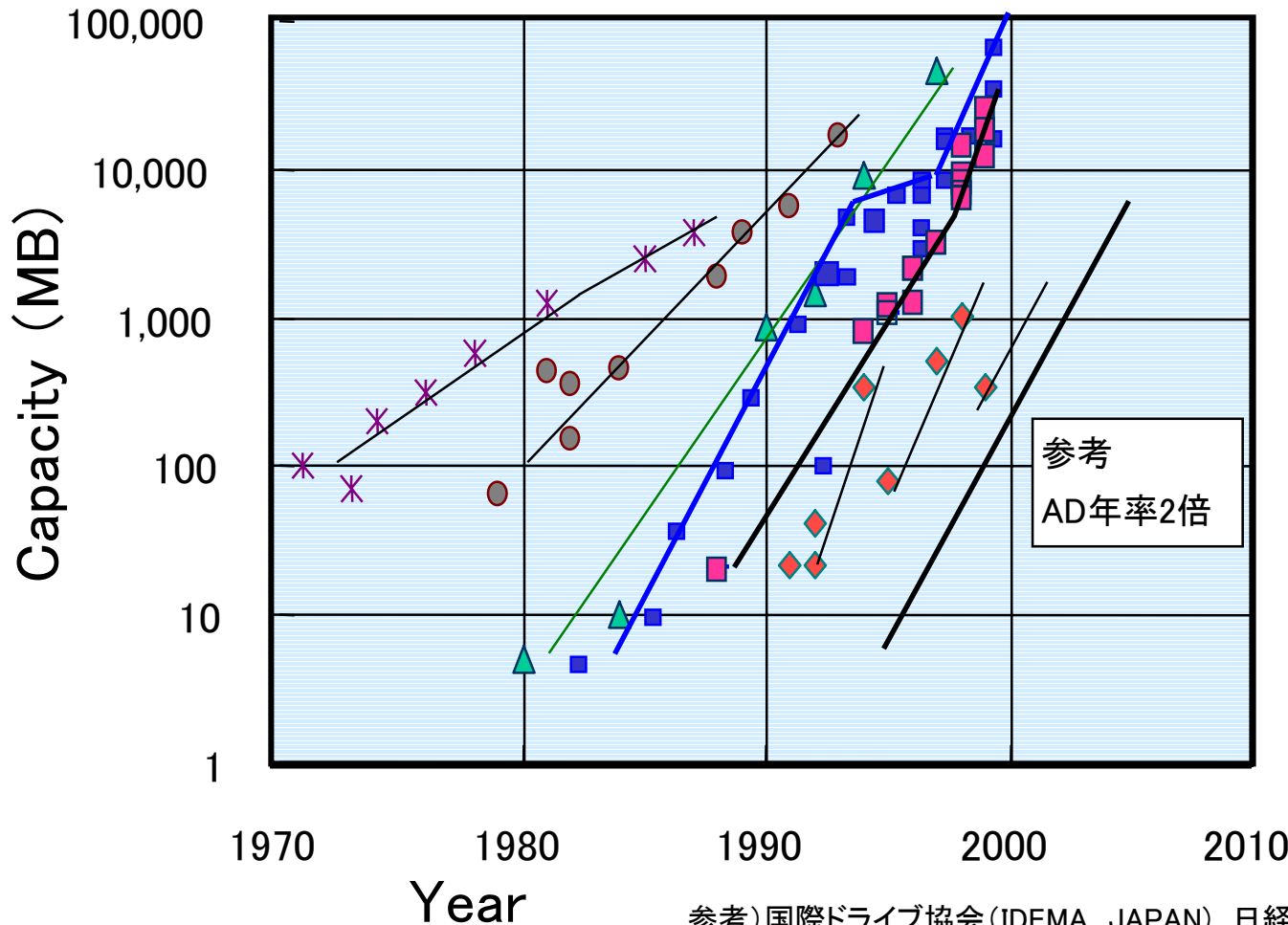
# 磁気ディスク装置の機能と課題

1. 容量：高面密度化 (= BPI × TPI)
  - 周方向の高密度化 (BPI : bit per inch)
    - ヘッドの高感度化, 円板の高密度化, 低浮上
  - 半径方向の高密度化 (TPI : track per inch)
    - 高精度位置決め, 低振動機構
2. 高速：データの高速転送
  - 高速回転：スピンドルモータ
  - 高速シーク：高推力アクチュエータ, 高速サーボ
  - 高速データ転送：高速スイッチング, 高速転送
3. その他の開発軸
  - 低価格化, 耐衝撃, 清音化
  - 高信頼性, 長寿命(連続書き込み読み出し)

# 面密度の推移



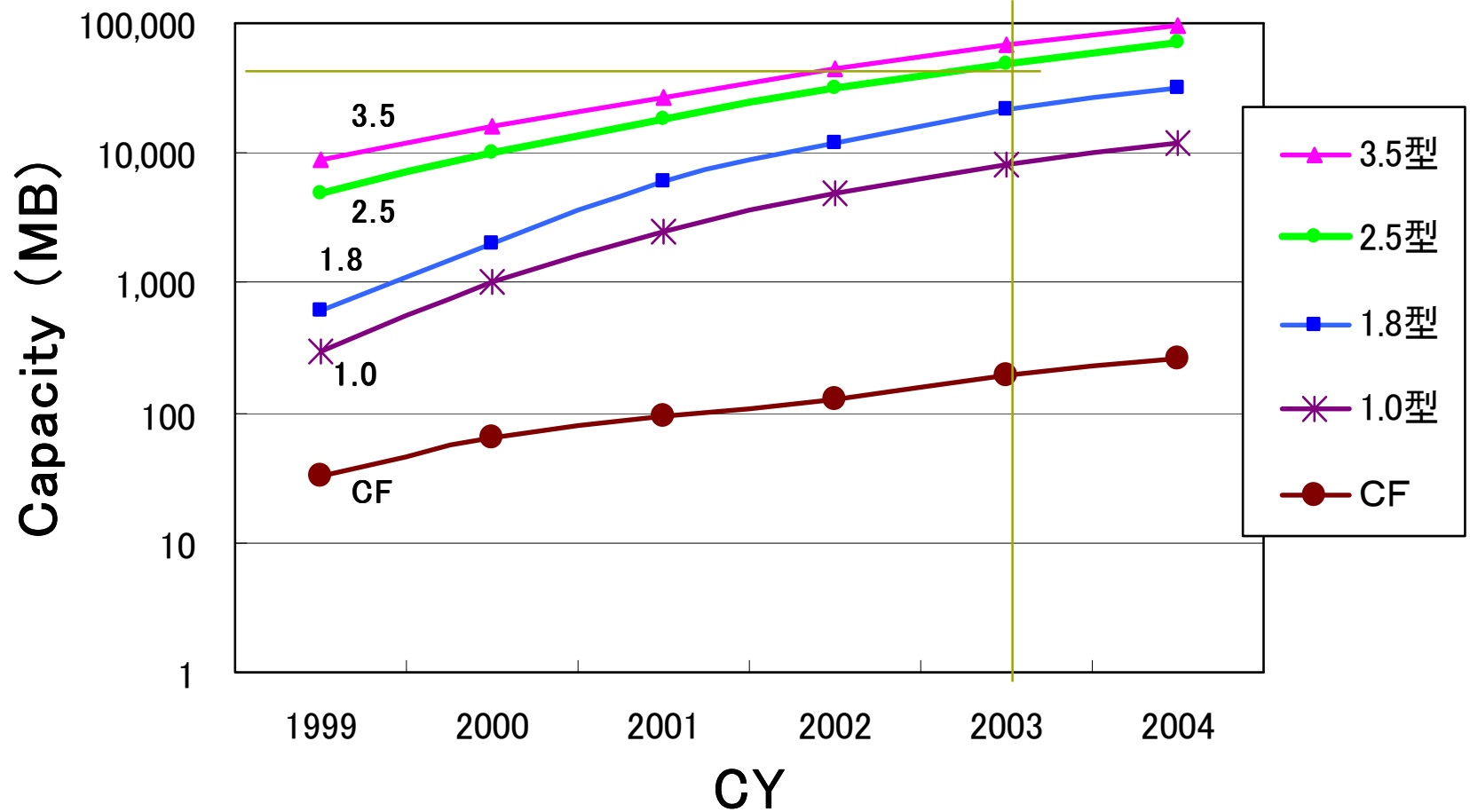
# 磁気ディスク装置の容量推移 (1970~2000)



- \* 直径14in
- 直径11-8in
- ▲ 直径5.25in
- 直径3.5in
- 直径2.5in
- ◆ 直径<1.8in

参考) 国際ドライブ協会 (IDEMA JAPAN)、日経BP社、(2000/4)p315-319、他

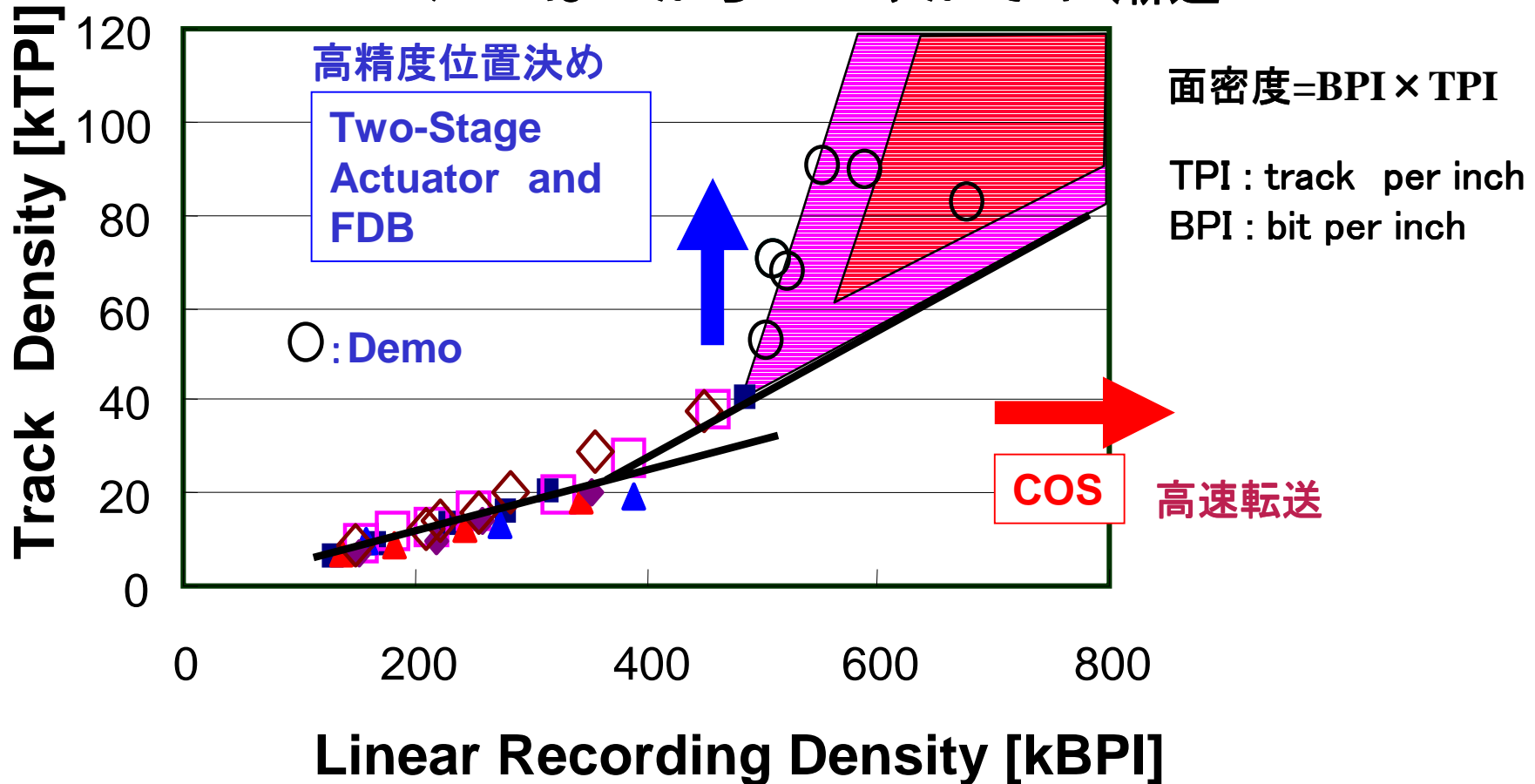
# ストレージの記憶容量推移予測



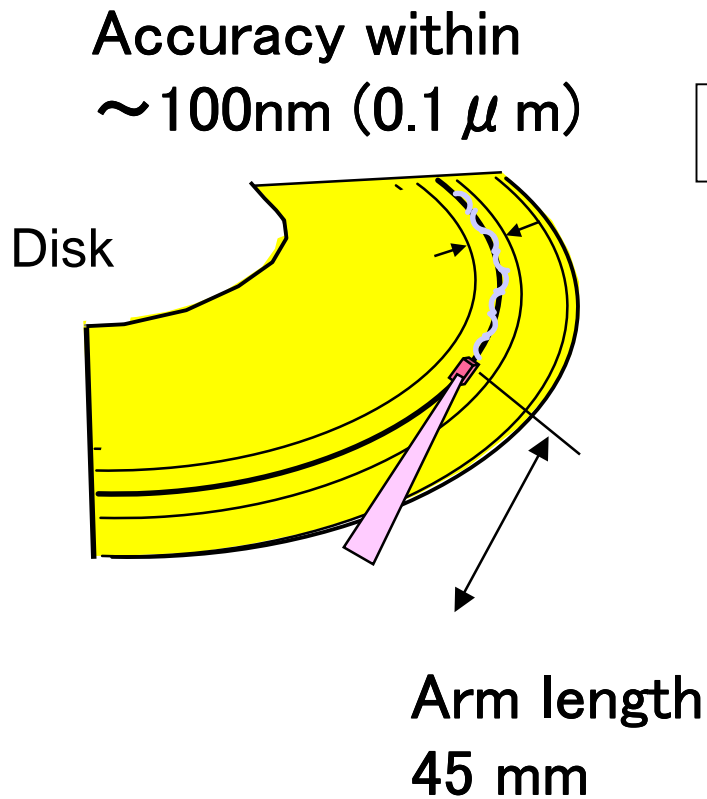
(注) HDDは17プラッター当りの容量, CF:Compact Flash Memory

# TPI: 高精度位置決め (2段アクチュエータ) と BPI: 高速転送(COS)

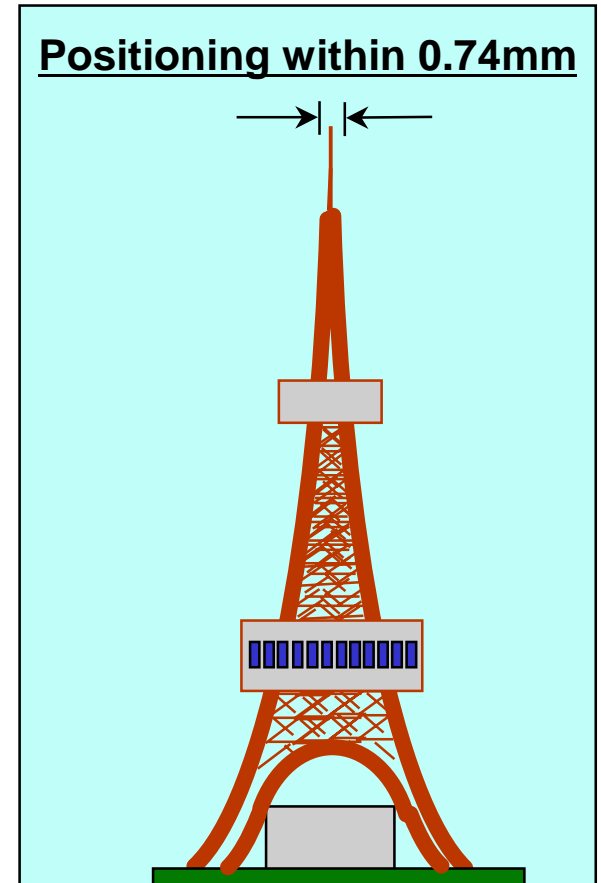
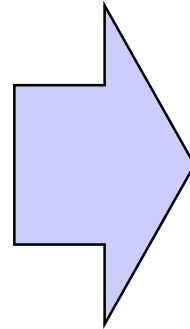
BPI/TPIは20から10へやがて1に漸近



# ヘッド位置決め精度の説明



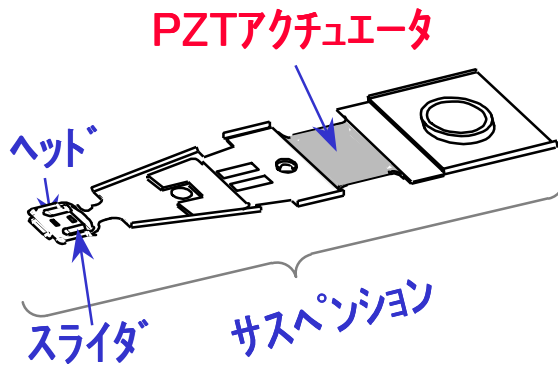
x 450,000





# 2段アクチュエータ用微動アクチュエータ

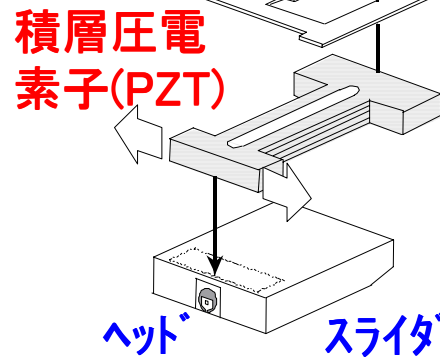
## 第1世代 サスペンション駆動型



難波他(日立) MEMS'99

>60 kTPI at 3.5  
型

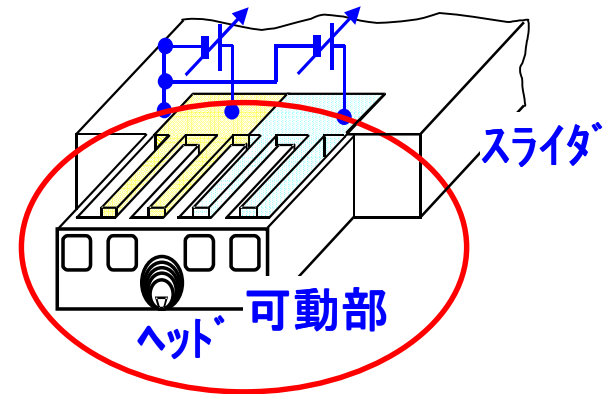
## 第2世代 スライダ駆動型 サスペンション



添野他(TDK) APMRC'98

>100-200 kTPI at 3.5  
型

## 第3世代 ヘッド駆動型

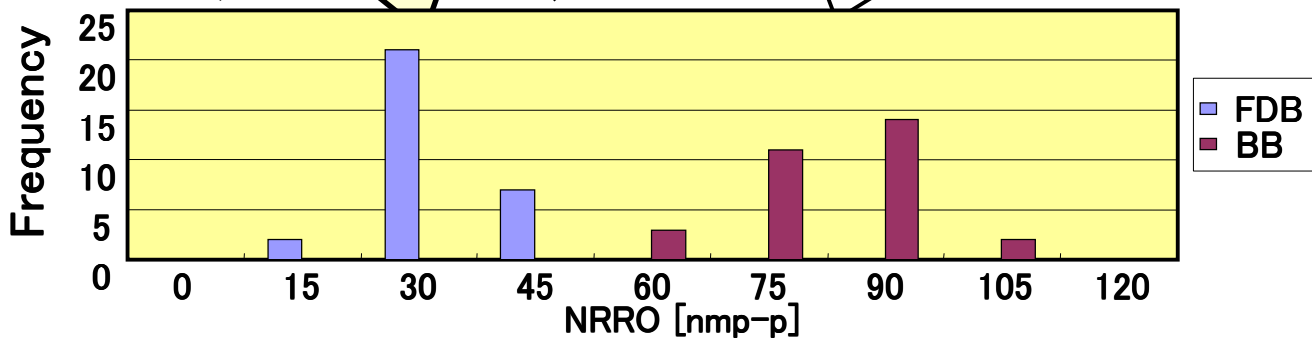
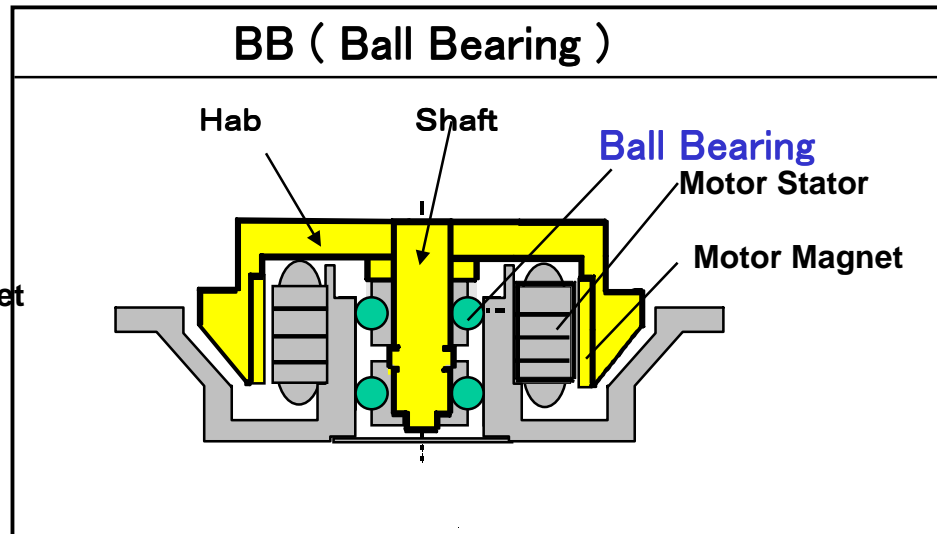
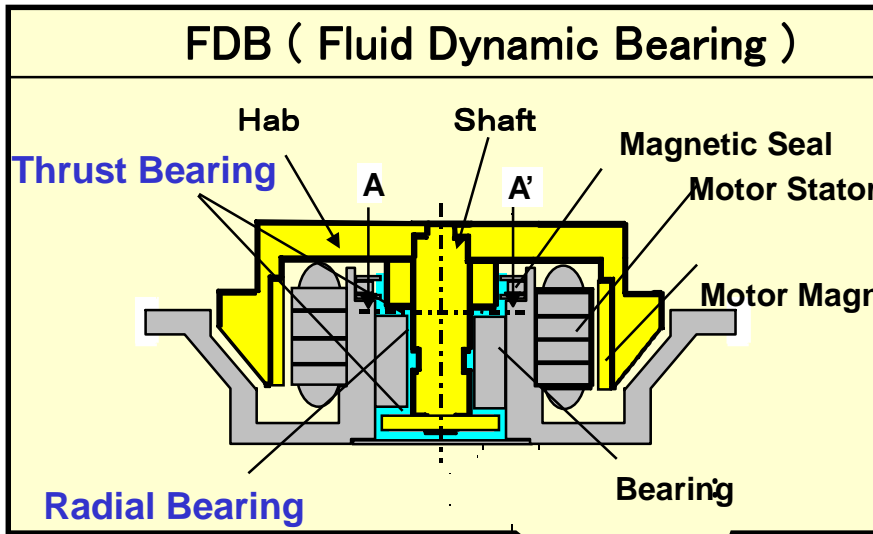


平行平板型静電アクチュエータ

藤田他(東大) APMRC'98

>? kTPI

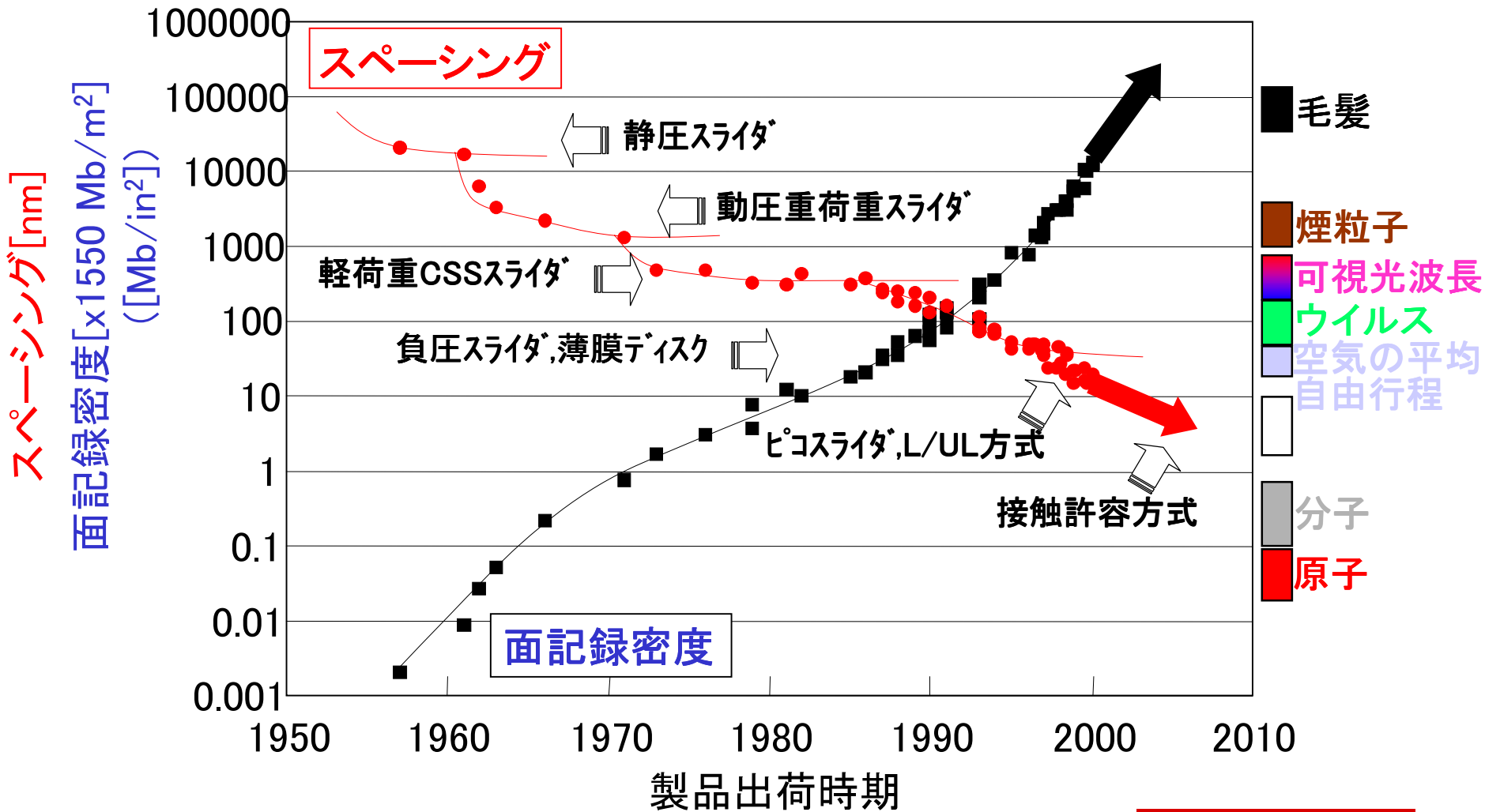
# スピンドルモータの高精度化



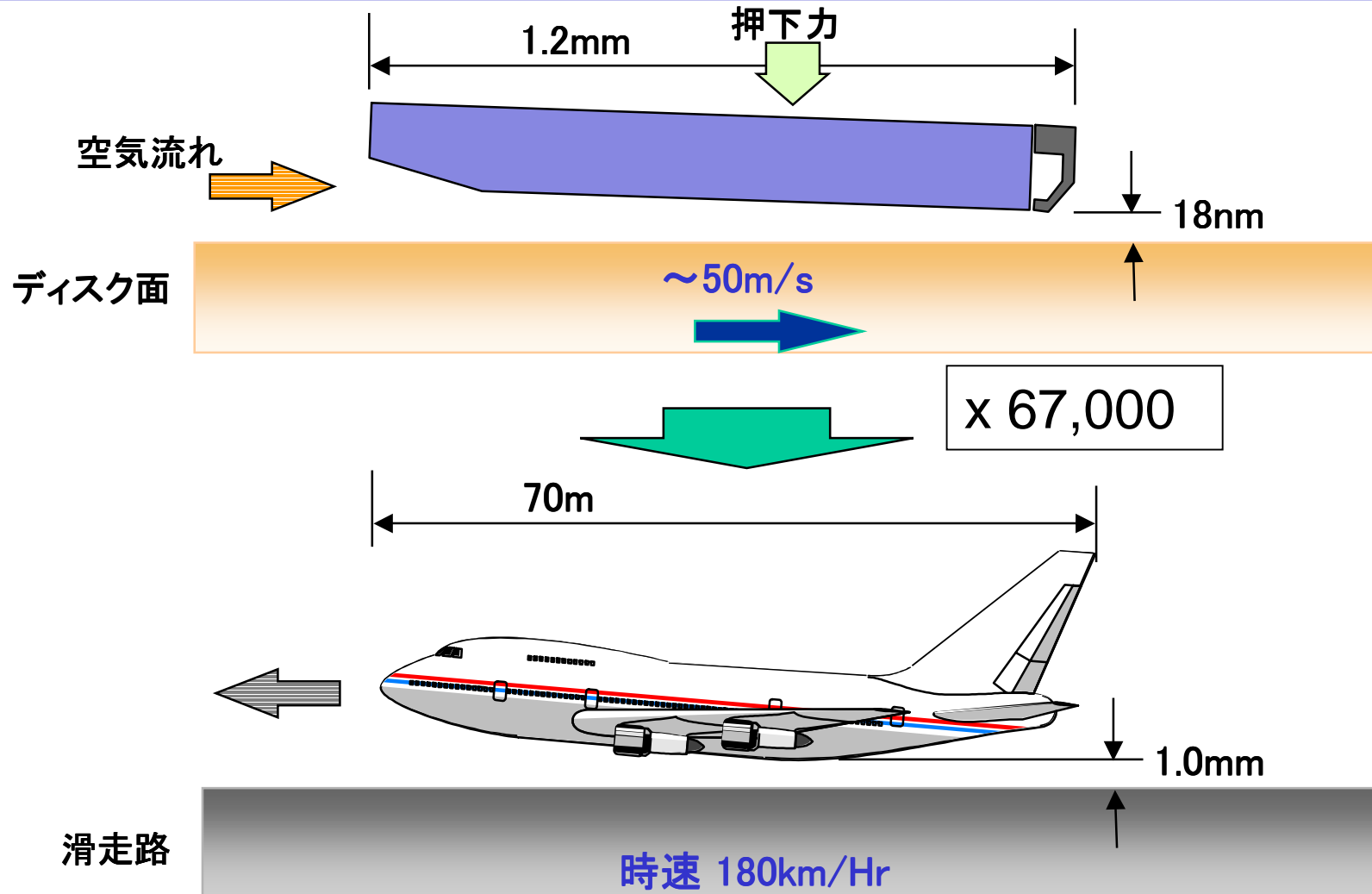
Frequency Distribution of NRRO

その他の利点: 低騒音、耐衝撃、信頼性

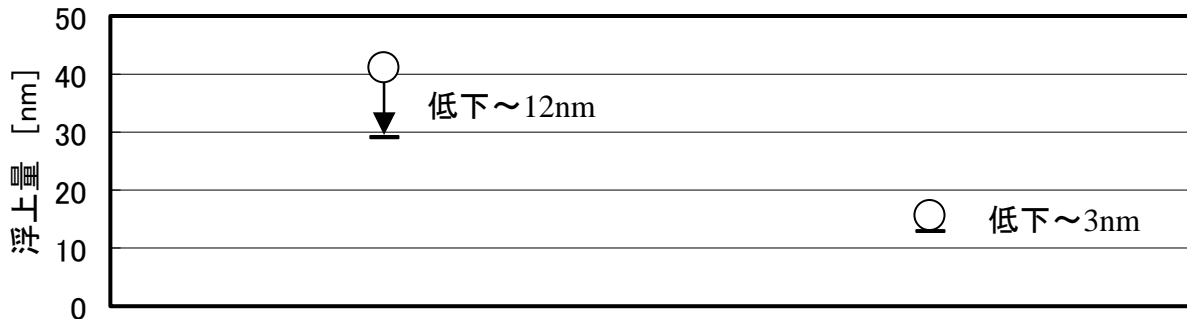
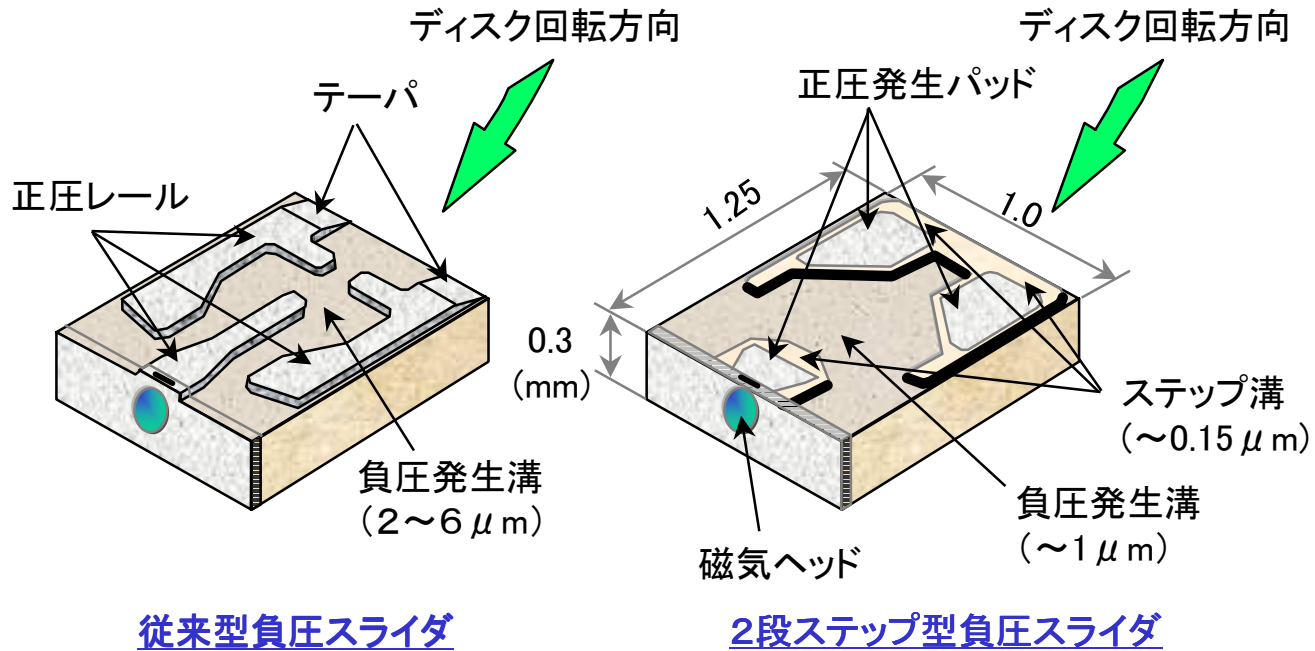
# 浮上量の変遷



# 磁気ヘッド浮上高さの説明



# スライダ技術



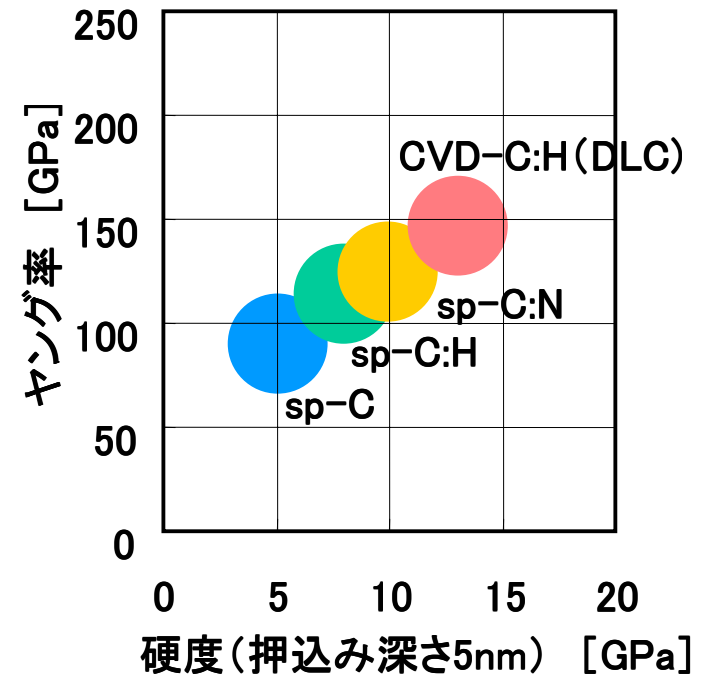
気圧低下(高度3000m相当)による浮上量低下

# 保護膜技術（信頼性の作り込み）

- 磁性膜を腐食から守るための被覆性確保
- 耐摺動性向上のための耐摩耗性確保



緻密化、高硬度、高弾性率  
ヤング率／硬度比の低減  
ダイヤモンド構造に近い構造



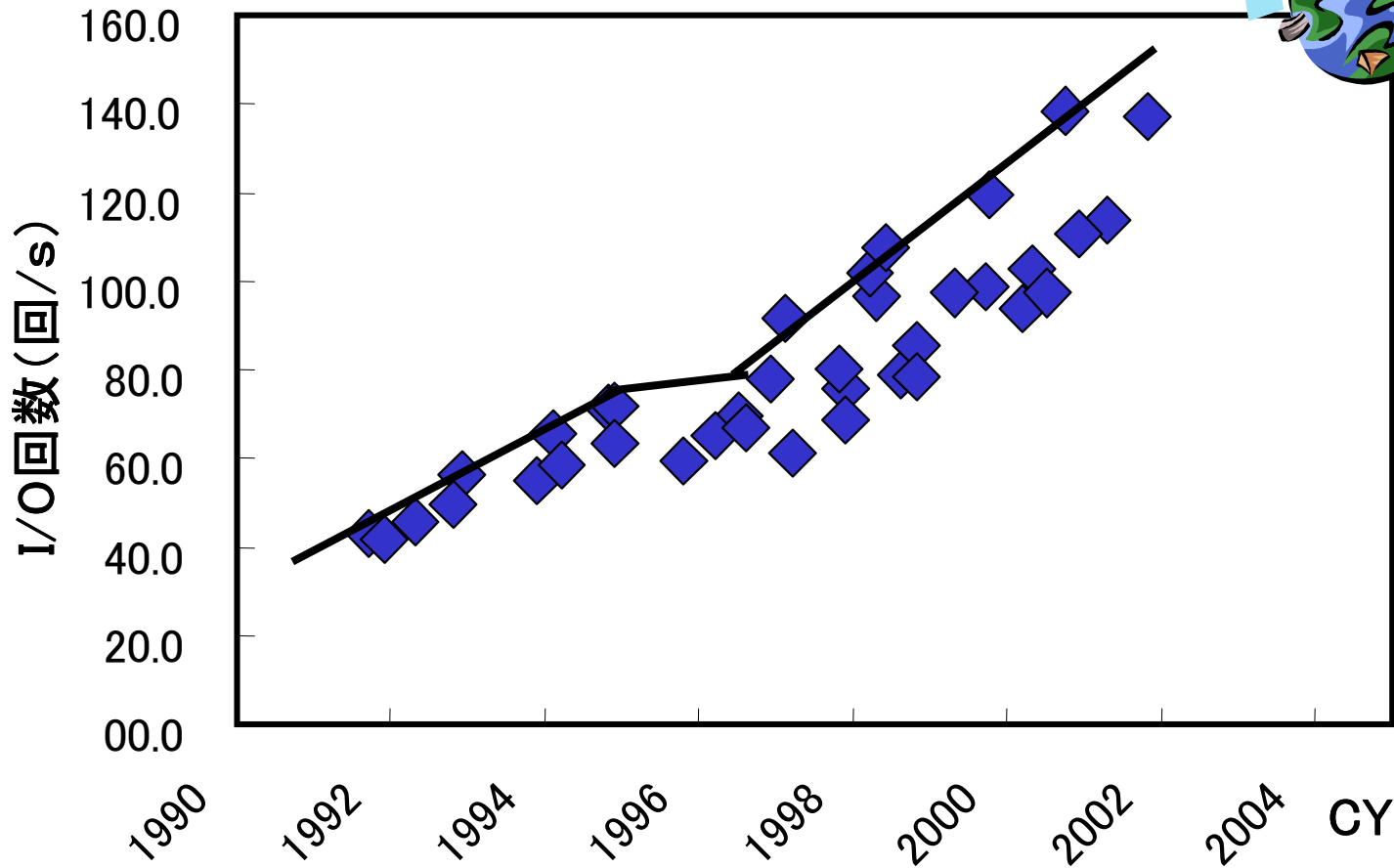
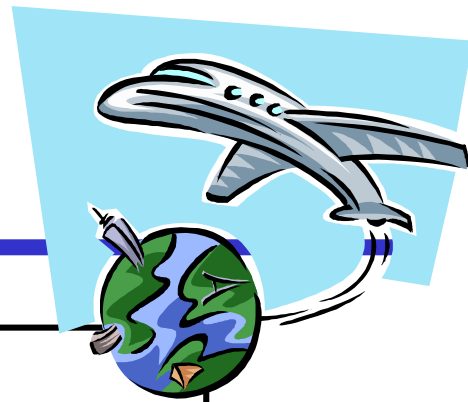
# HDDの高速化

---

- I/O回数
- 高速化シーク: 4.7ms (加速度50G), 3.6ms  
(→3ms (加速度100G))
- 高速回転: 15,000→(22,000→30,000rpm)

実現設計(フラッタ、流れ)  
消費電力、スピンドル、小径化

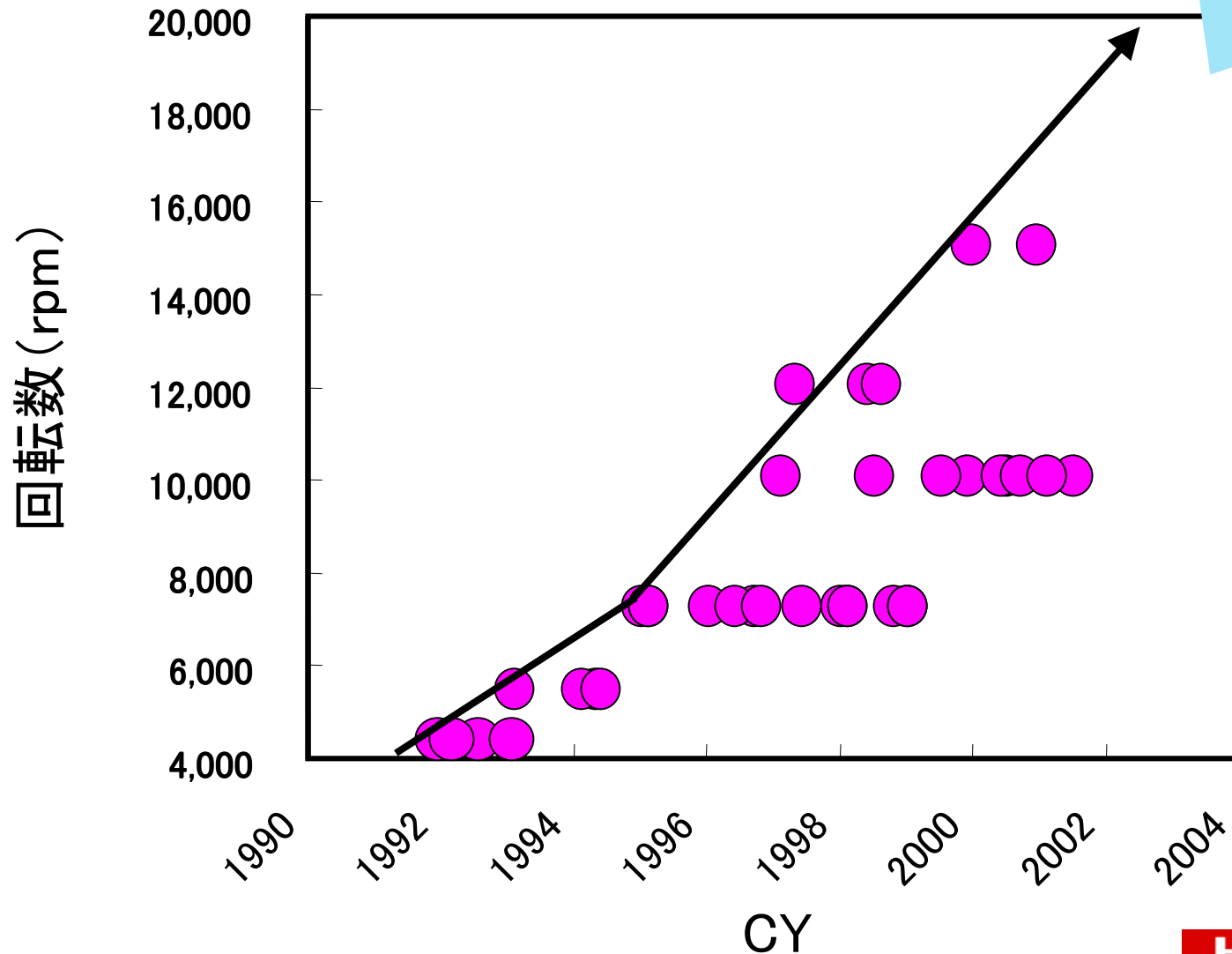
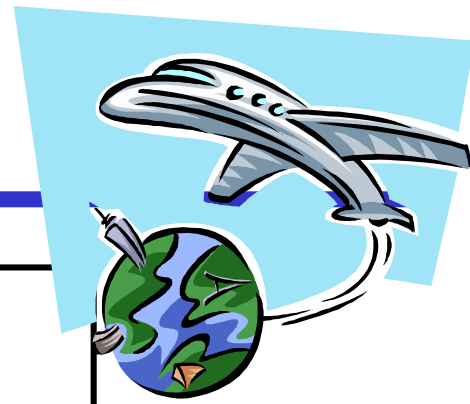
# I/O回数の推移



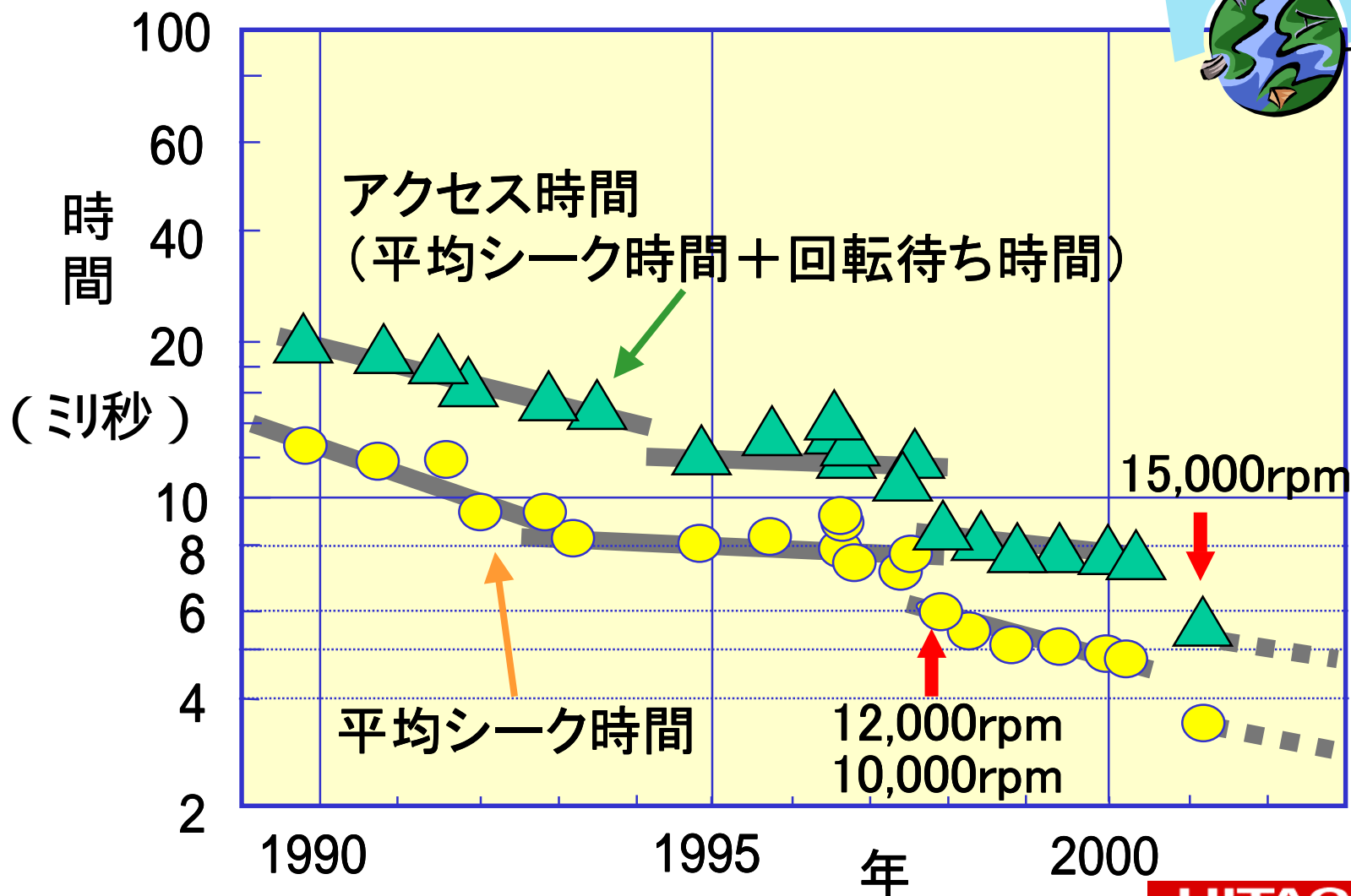
I/O回数(回/s) =  $1 / (\text{平均シーク時間} + \text{回転待ち時間} + \text{SCSIオーバヘッド} + \text{18kB転送時間})$ 、  
 条件: ランダム(書き込み1:読み出し1)、非整列、キャッシュヒット無し



# 回転数の推移



# アクセス時間の推移



# HDDの将来像(高速型)



項目	単位	3型	2.5型	1.8型	1型	参考
円板直径	(mm)	84	65	48	27.4	φ 65mm
円板枚数	(枚)	4	4	4	4	5
容量	(GB)	280	200	100	20	18.4
回転数	(krpm)	10	15	23	45	15
シーク時間	(ms)	4	3	2.5	2	3.9/4.5(4.2)
内部転送速度	(MB/s)	120	140	160	180	47.4
I/O回数(ランダム)	(回/s)	130	180	240	330	推定140
I/O回数(1Tr)	(回/s)	240	320	450	660	推定300

2003年?(参考BPI/TPI=348k/21.4k)

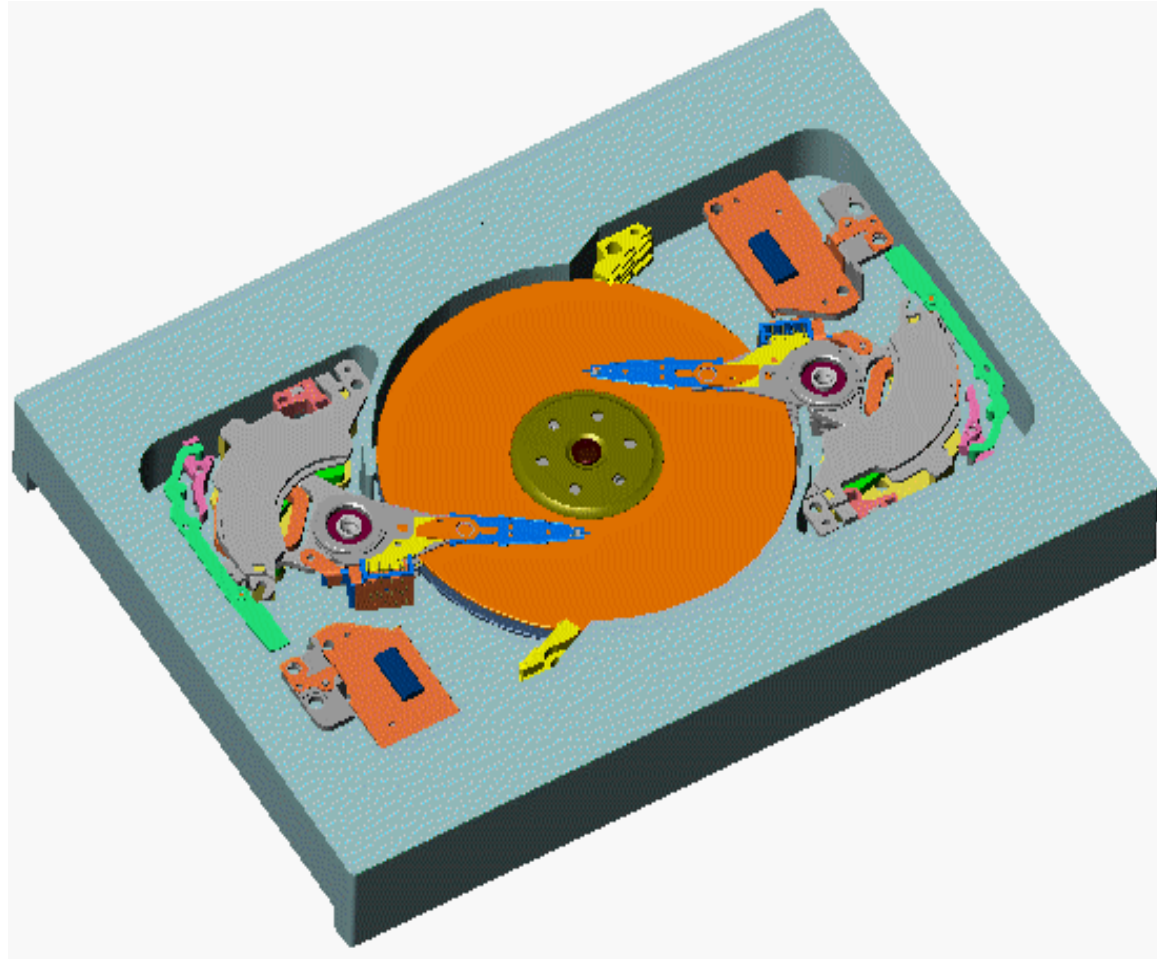
## 考察

周速	(m/s)	44	51	58	65	51
----	-------	----	----	----	----	----

考察条件: 面密度: 100Gb/in<sup>2</sup>、消費電力: <11W、25.4mmH  
BPI: 1000k、TPI: 100k(0.25 μm)、BPI/TPI=10



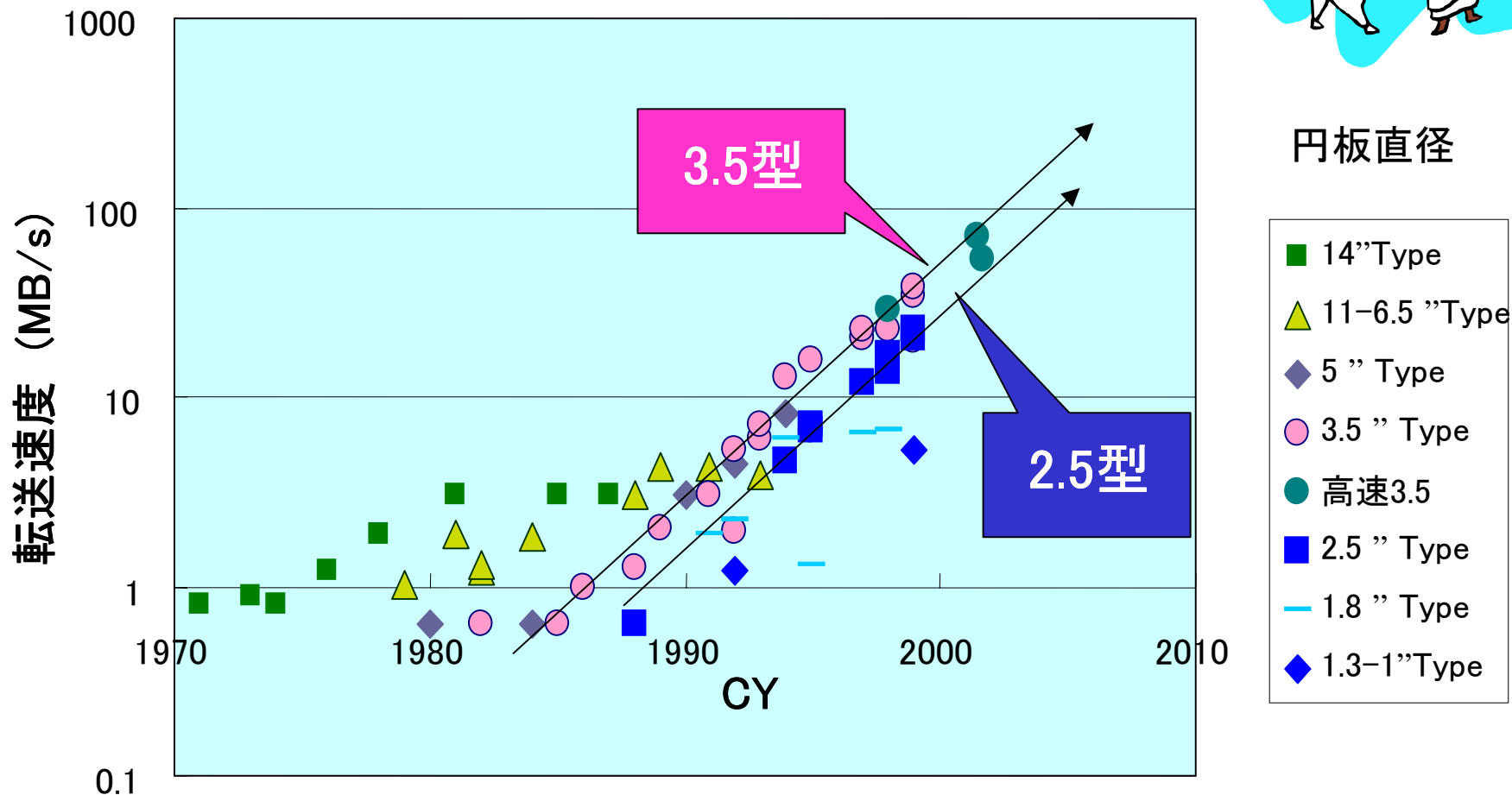
# 2組アクチュエータ型(概念)



# ボード上型ミニRAIDシステム(概念)



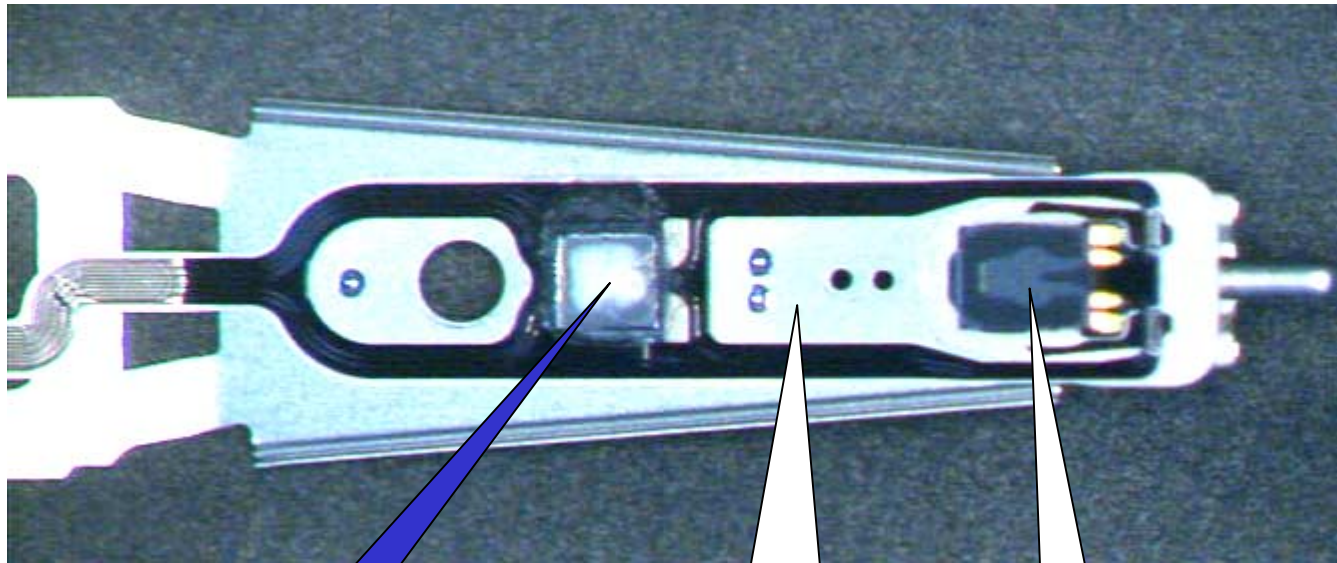
# 転送速度のトレンド



参考) 国際ドライブ協会 (IDEMA JAPAN)、日経BP社、(2000/4)p315-319、他

# 高速転送の鍵となる技術

Chip On Suspension



Preamp

Suspension

Slider



# これからの磁気ディスク装置

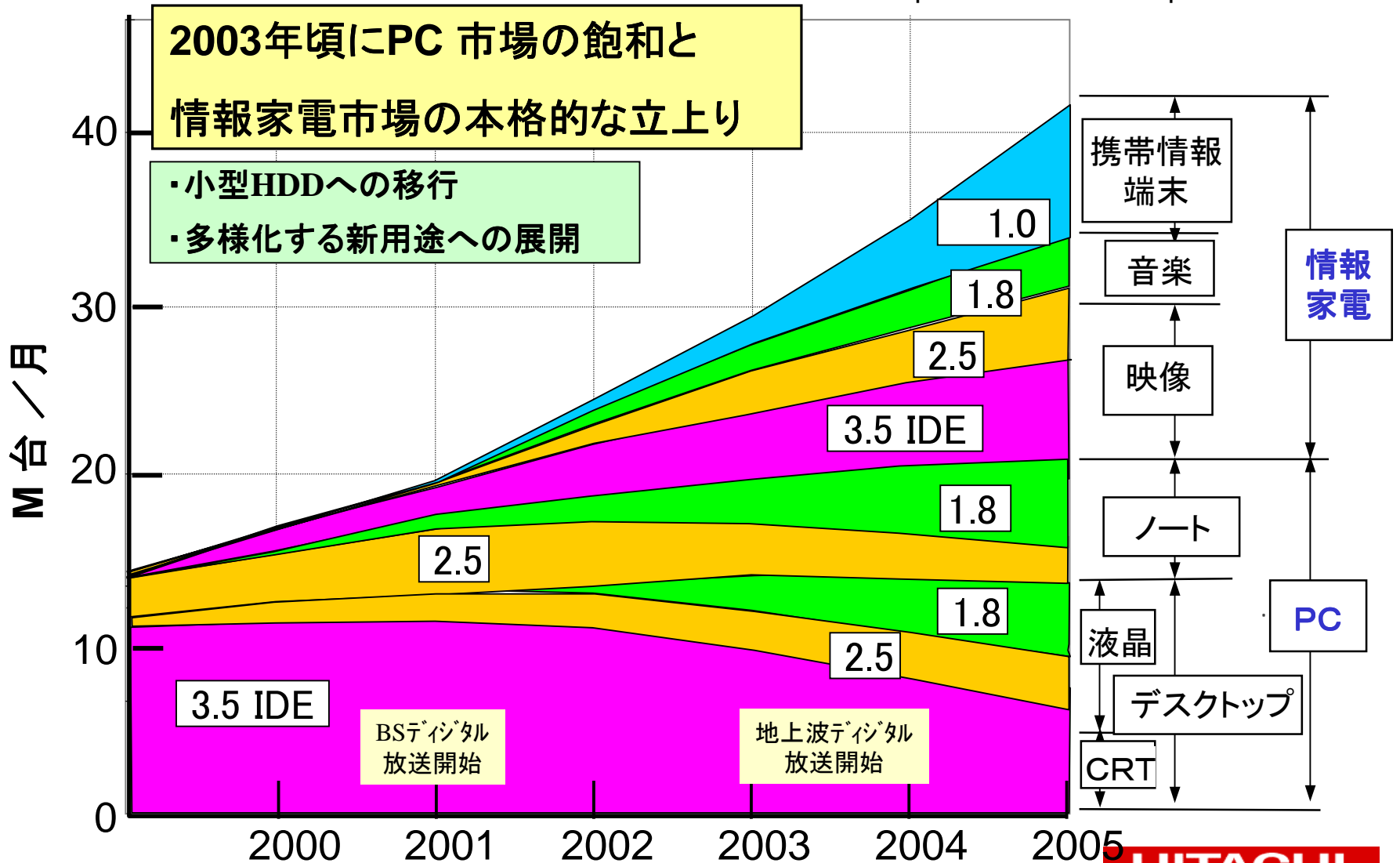
---

1. 市場：情報家電への展開
2. 技術開発
  - 垂直
  - 光融合

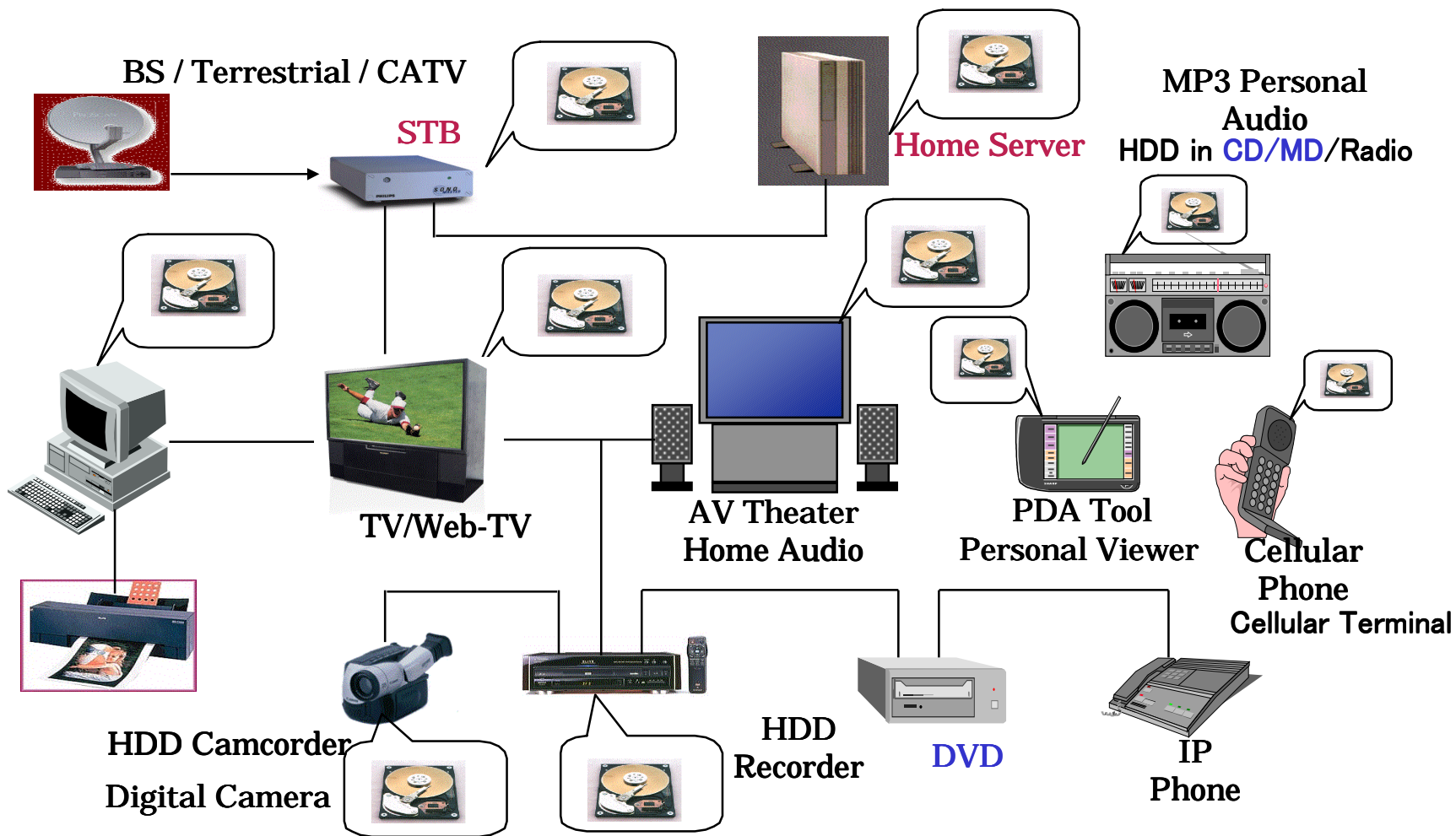
記録密度  
テラビットへの挑戦

# HDD用途の多様化の将来予測

出展: Computer Economics Apr.'00等



# 情報家電用途におけるHDD適用例



# ランダムアクセス系ストレージの得失比較

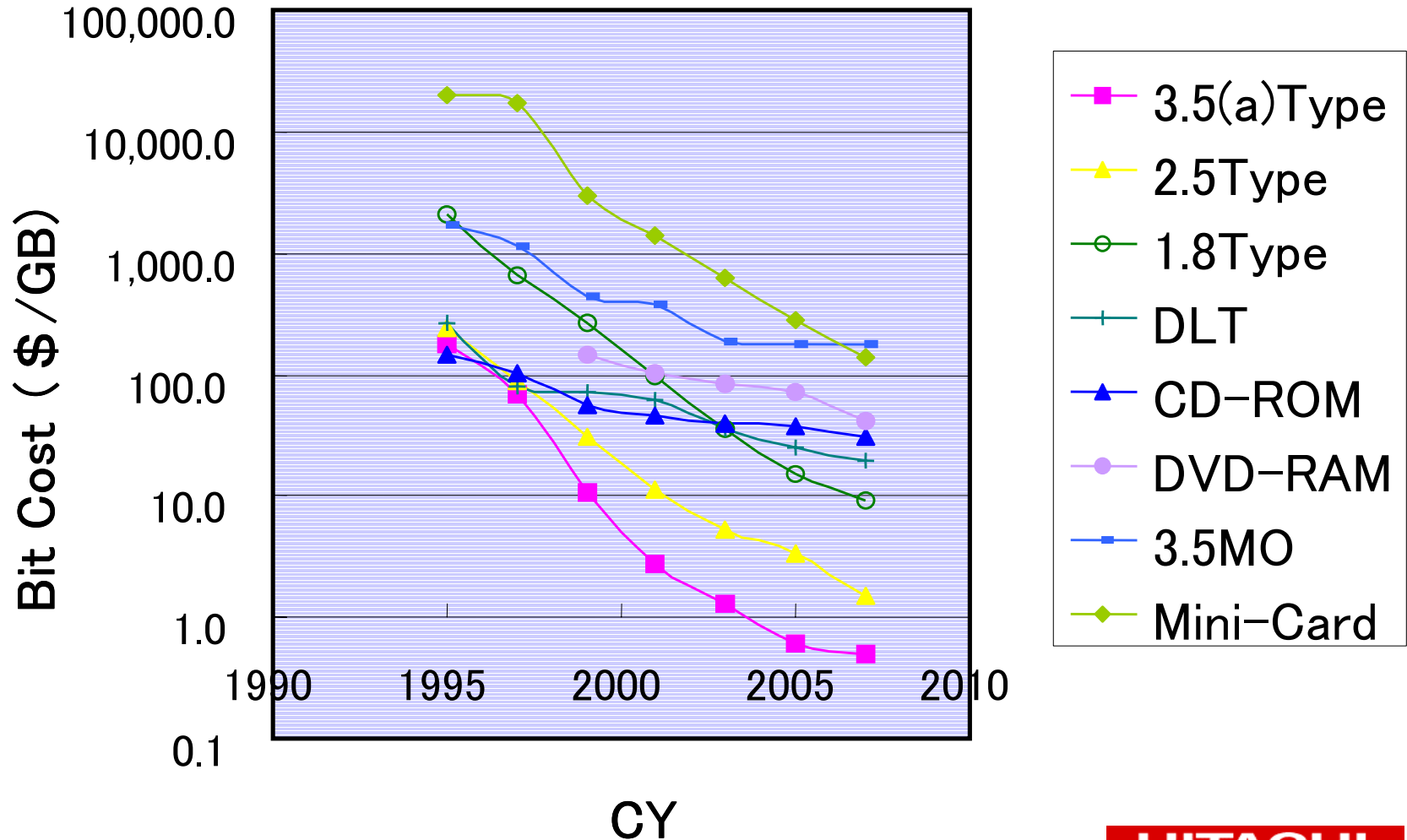
ストレージ	DVD/CD	3.5型HDD	2.5型HDD	~1型HDD	CF Memory
記憶容量	◎	◎	○	△	×
価格(ビットコスト)	◎	◎	○	△	×
転送速度	△	○	○	△	○
重量・寸法	△	×	△	○	◎
駆動電圧	△	×	○	◎	◎
消費電力	△	△	○	○	◎
騒音	△	△	○	○	◎
寿命	○	△	△	△	◎
耐衝撃性能	○	×	△	○	◎
記録回数	○	○	○	○	△

(注) : DVDとHDDは、ドライブ1台 + メディア1枚で比較

CF: Compact Flash Memory

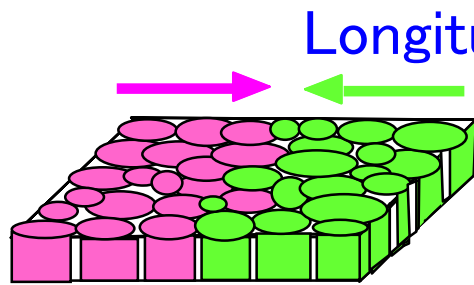
# 記憶装置ビットコストの推移

TRS社2000参考

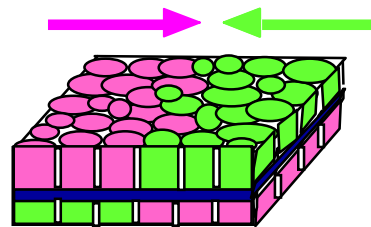


# メディア技術の開発

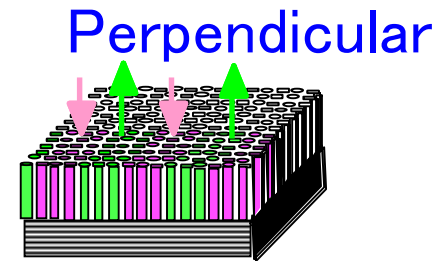
1Gb/in<sup>2</sup> → 10Gb/in<sup>2</sup> → 100Gb/in<sup>2</sup> → 1Tb/in<sup>2</sup>



Co-alloy longitudinal thin film



Co-alloy granular/  
Multi-layered/Synthetic Ferri thin film (AFC\*)

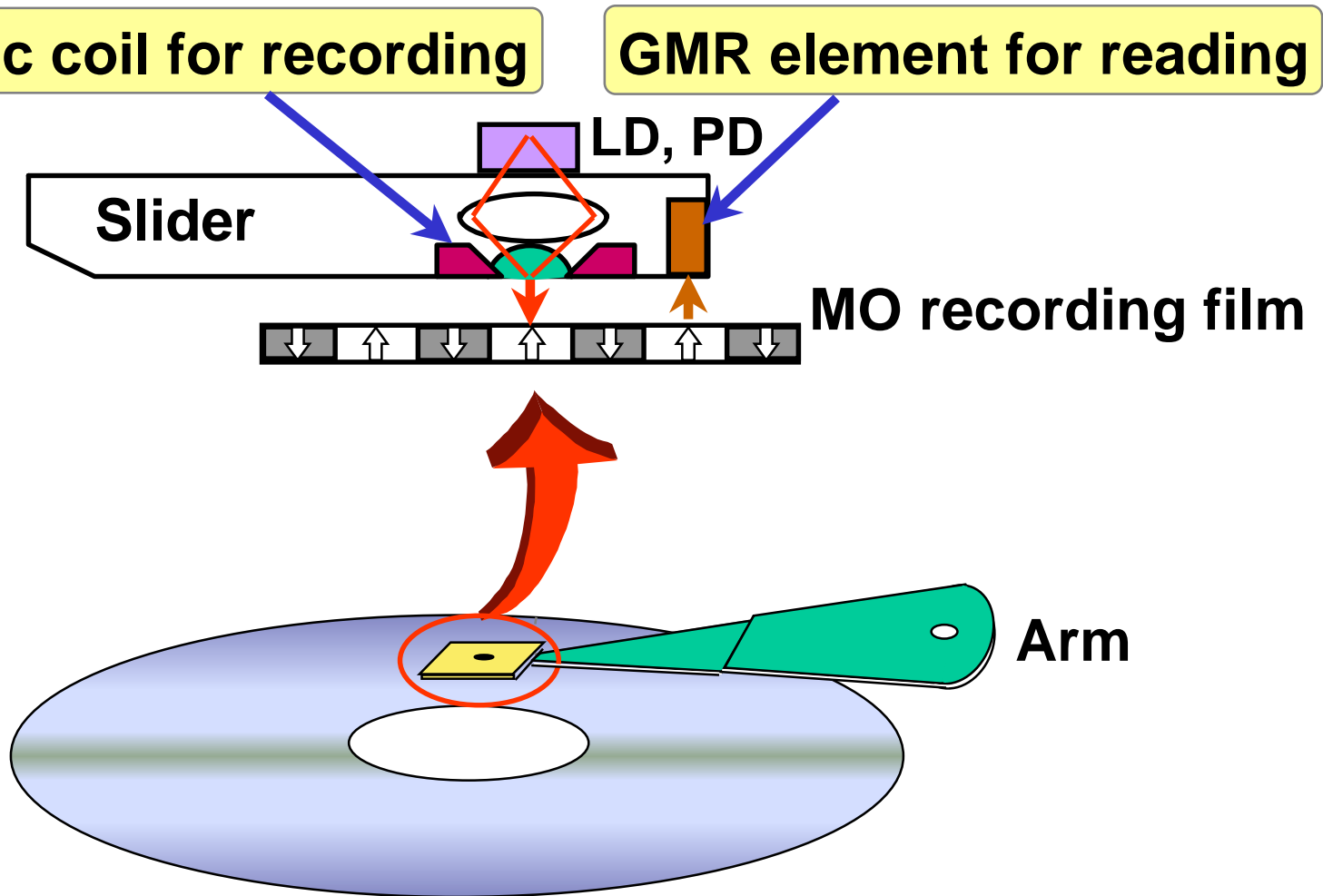


Perpendicular film with high- $\mu$  back layer/  
patterned thin film

\* AFC : Anti-Ferro Coupled

Patterned Media (65 Gbit/in<sup>2</sup>)

# 光熱磁気記録読み出し方式



60Gb/in<sup>2</sup>実績、1Tb/in<sup>2</sup>の可能性

# ドライブの動作信頼性に関する運用

## ・修復不可能なエラー

(ホストに報告し適切な処理を期待)

項目	内容
Uncollectable error	修正不可能なエラー
Write fault	書き込み禁止
Seek error	シークエラー

## ・修復可能なエラー(=ANSIに基づくSMART 情報)

(ホストには必要に応じて報告)

項目	内容
Read error rate	閾値を超えた読み出
Write error rate	閾値を越えた書
Seek error rate	閾値を超えたシークエラー率
Re-allocated sector count	再指定した補助セクター数
Spin up retry count	閾値を超えた回転増加試行回数
Spin up time count	ある一定時間以上かかった回転数増加時間の回数

S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology)





*Nourished by deep roots, growing tall.*

ありがとうございました。

日立STR 三枝