

ハードディスク業界における イノベーションによる 技術進化のトレンド

(株) HGSTジャパン

先行プラットフォーム開発室

☆ 谷口 友規

津波古 和司

第10回日本TRIZシンポジウム

2014年 9月11日 早稲田大学

**HGST**
a Western Digital company

イノベーションとは？

企業の目的は、顧客の創造である。従って、企業は2つの、そして2つだけの基本的な機能を持つ。それがマーケティングとイノベーションである。マーケティングとイノベーションだけが成果をもたらす。

「マネジメント」より P.F.ドラッカー著

技術 = 組織の労働力、資本、原材料、情報を
価値の高い製品やサービスに変えるプロセス

イノベーション = 技術の変化

「イノベーションのジレンマ」より C.M.クリステンセン著

イノベーションとは？

破壊的イノベーションと持続的イノベーション

Dr.クリステンセンの定義

■ 破壊的イノベーション

市場において従来の価値基準とまったく異なる考えをもたらす
業界の主流でない新しいマイナーユーザーから支持される
ローエンド市場で生まれるため、コスト競争力が高い

■ 持続的イノベーション

ハイエンド市場で求められている性能の追求
新技術で既存製品の性能向上を目指す
性能向上を存続するがゆえに、顧客のニーズを上回ることもある

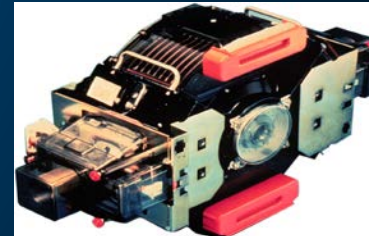
ストレージ・ディスク・ドライブの歴史

1956 RAMAC

- 5 Mbytes
- Fifty 24" disks, 1200 RPM
- 2000 bits/in²



30 years ago



1986 3380

- 1.2 GB >1000W
- Nine 14" disks, 3600 RPM
- 12 Mb/in²

総重量 58Kg

2014 Now



2.5" 1TB
5400RPM

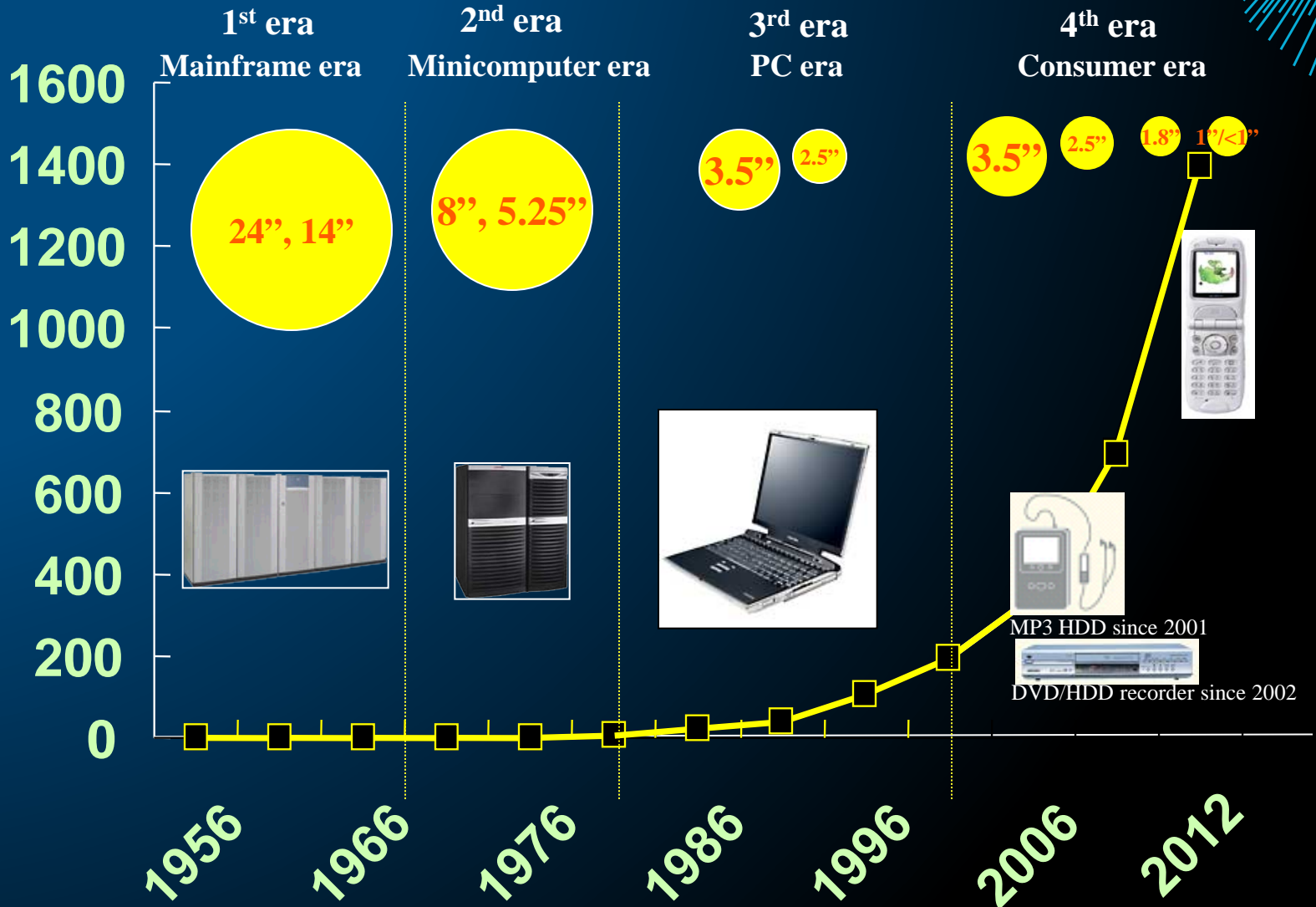


3.5" 8TB
7200RPM

HDDとは、ヘッドがディスクの上を飛行して、ディスク上にデータを記録し、読み取り再生する装置。この構造は変わることなく受け継がれている。

ストレージ・ディスク・ドライブの歴史

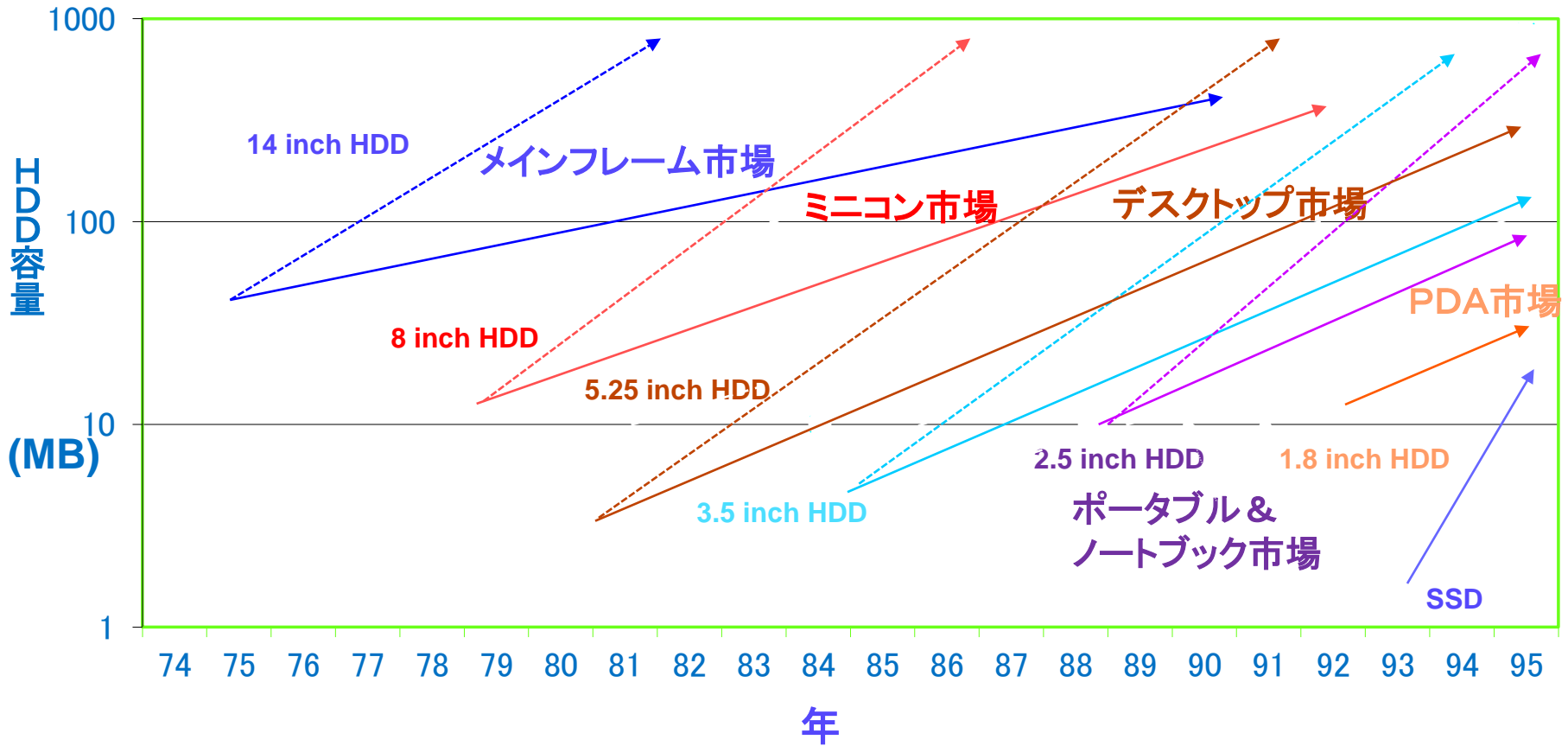
M Units – Annual HDD Shipments



需要容量と供給容量のトレンド

HDD需要容量と供給容量の軌跡

破線: 製品の容量 実践: 市場の需要容量



「イノベーションのジレンマ」より C.M.クリステンセン著

破壊的イノベーション

破壊的イノベーション：HDDを小型化するアーキテクチャー

各HDD業界におけるイノベーター

HDDサイズ	イノベーター	開発年度	初期顧客市場
14 inch	IBM	1975	メインフレーム
8 inch	シュガー、マイクロボリス、プライアム	1978	ミニコンピューター
5.25 inch	シーゲート	1980	デスクトップパソコン
3.5 inch	コナー	1984	ポータブル・パソコン
2.5 inch	プレーリーテック、コナー	1989	ノートブック・パソコン
1.8 inch	多数	1992	PDA

進化のトレンド（「体系的技術革新」より D.Mann著）

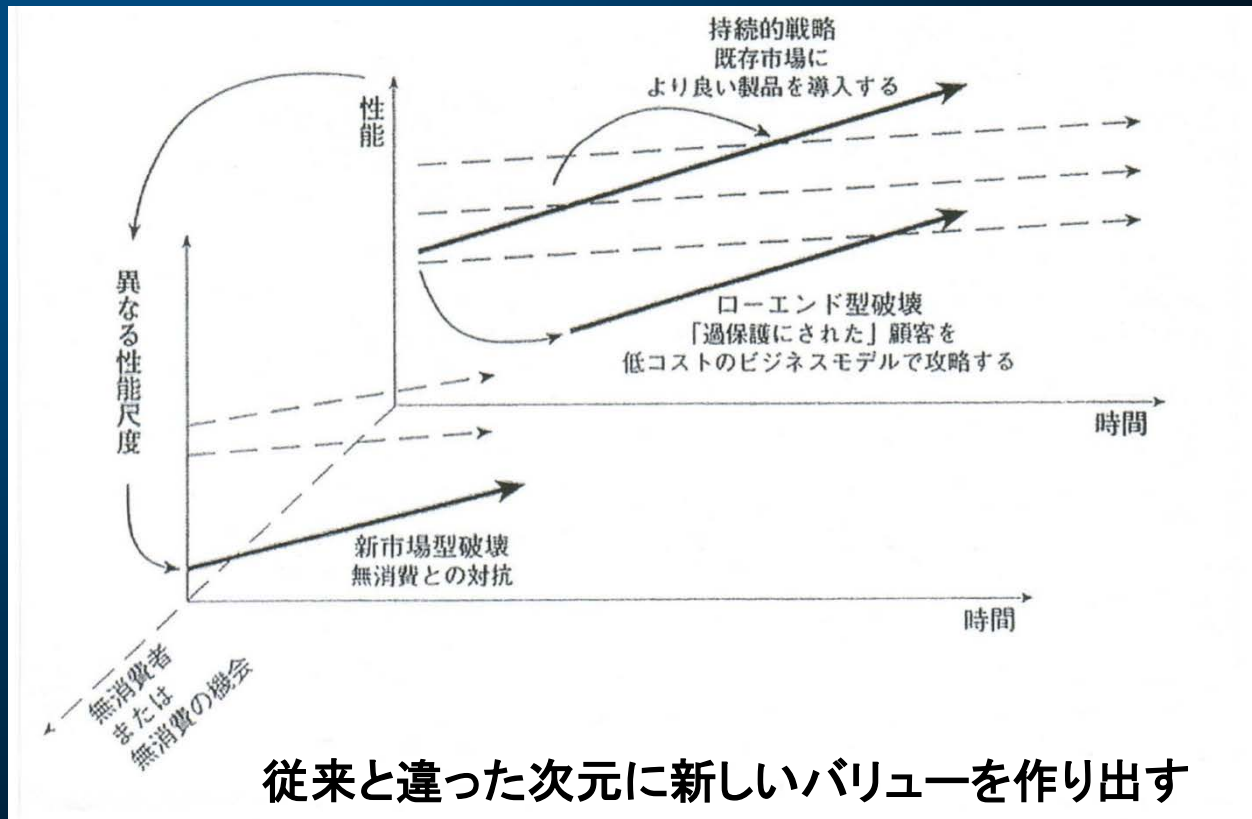
顧客の購入の焦点

性能 → 信頼性 → 便利さ → 価格

HDDにおいては、常に大型のDiskサイズは性能という観点から有利にあった。しかし下位モデルがある一定の顧客の要求を満たすと、顧客の選択の焦点は信頼性、便利さ、価格へと移っていき、小型のDiskモデルが市場を占めるようになっていった。

破壊的イノベーション

- 現在のHDD業界では、これ以上の小型化は無理、すなわちローエンド型破壊的イノベーションは望めない。
- 新市場型破壊的イノベーションへの移行が生き残る道なのか？



「イノベーションへの解」より
C.M.クリステンセン著

持続的イノベーション

持続的イノベーション：記録密度の向上技術

1. スライダ技術

フェライト・ヘッド → 薄膜ヘッド → MRヘッド → GMRヘッド → TMRヘッド

2. ディスク技術

塗布型磁気ディスク → 薄膜磁気ディスク → 垂直磁気ディスク

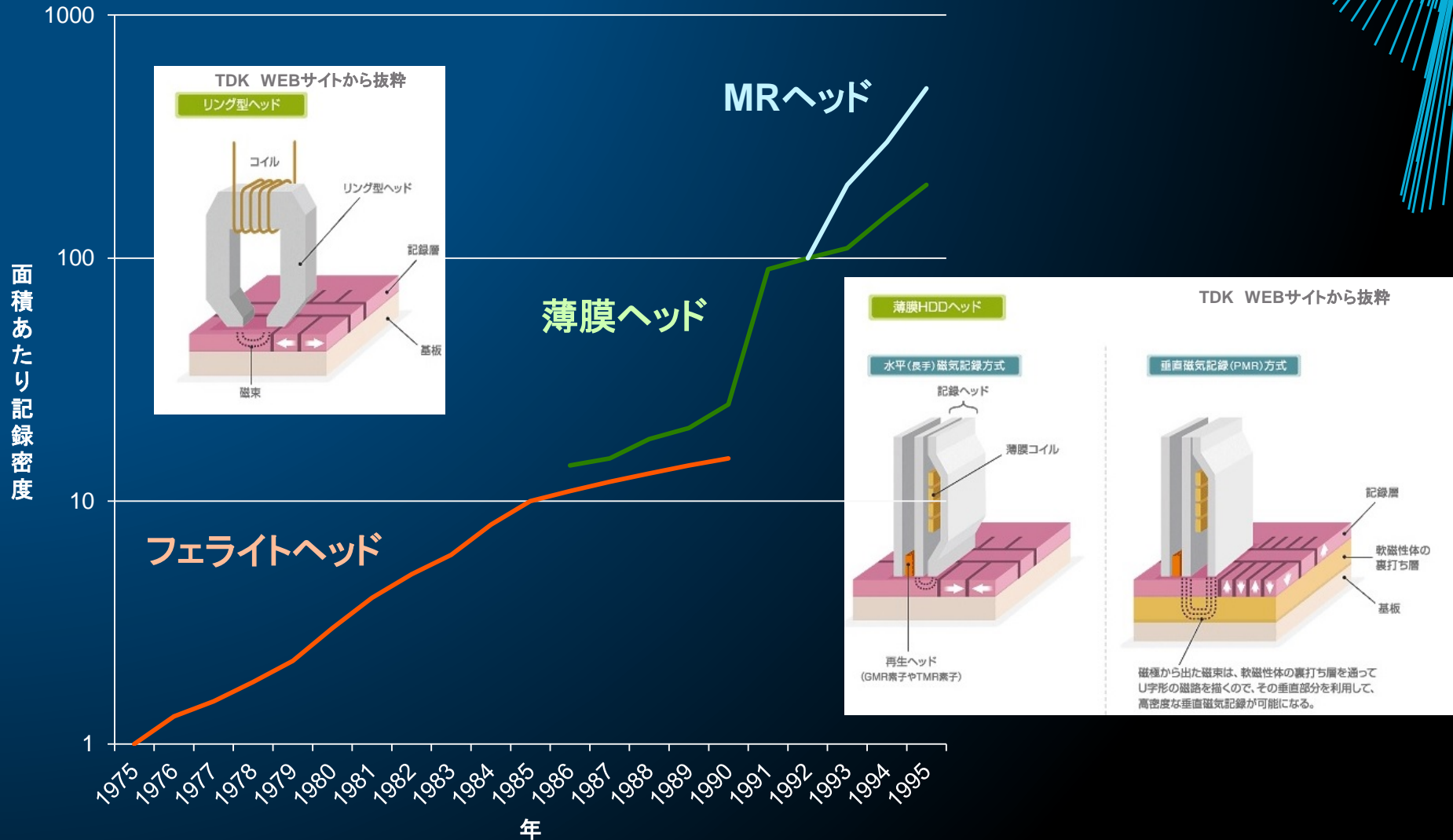
3. スライダー・ディスク間のクリアランス

ミクロン → サブミクロン → ナノ → 1nm以下

これらの技術に共通した進化のトレンドは、“マクロからナノスケールへの進化”である。

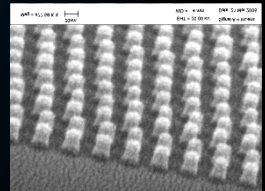
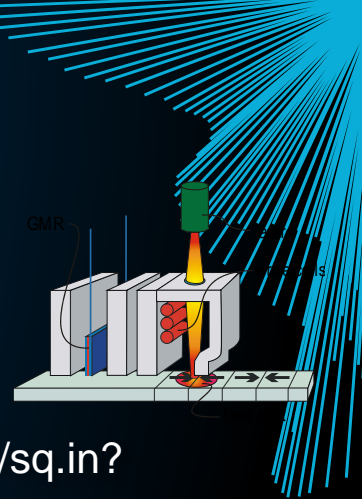
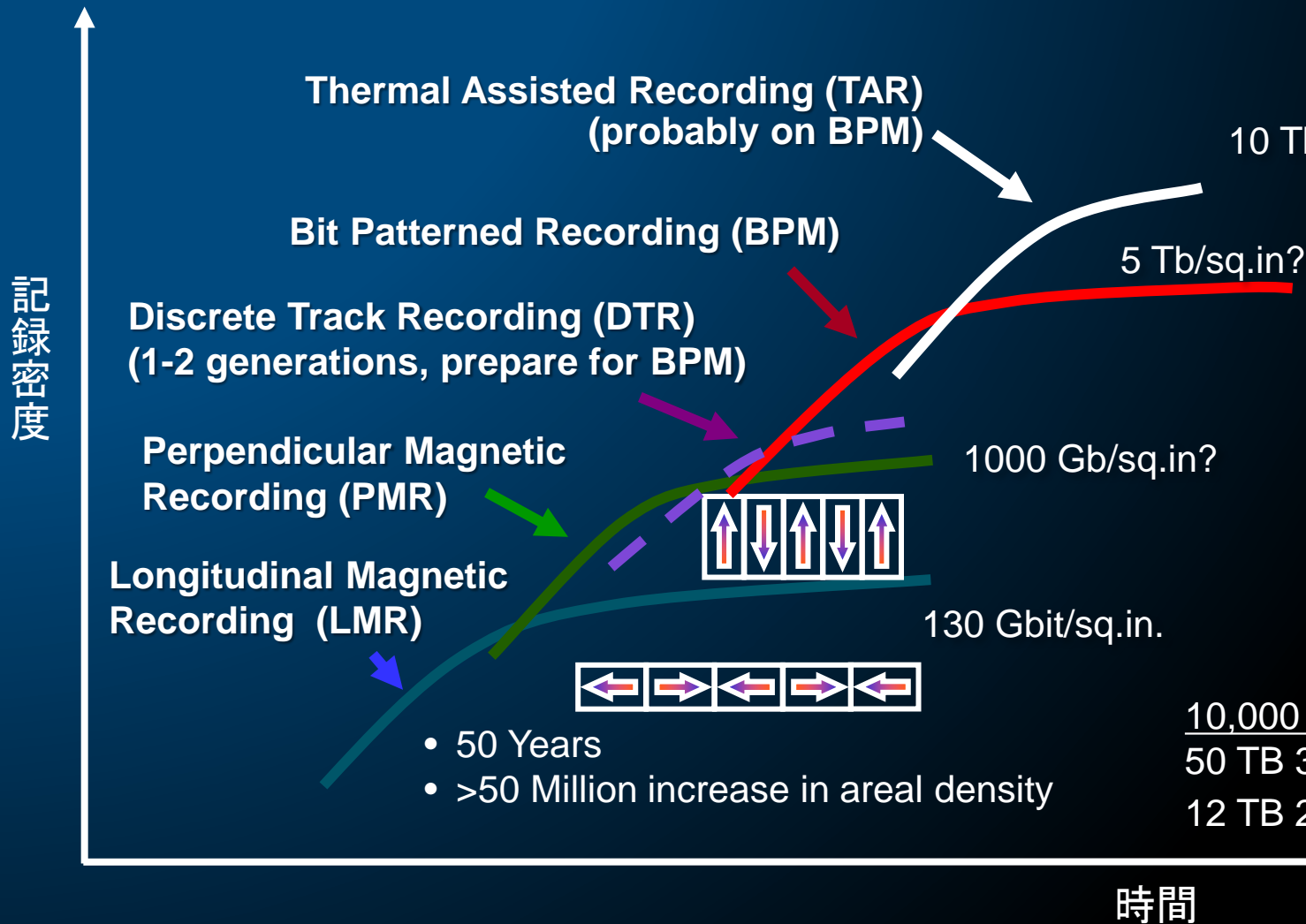
記録密度およびFHクリアランスのさらなる微細化を目指す。

スライダーによる記録密度の向上 (Mb/in²)



ディスクによる記録密度の向上

ディスクの各技術は、それぞれSカーブを描く。



$10,000 \text{ Gb/in}^2 = 10 \text{ Tb/in}^2$
 50 TB 3.5-inch drive
 12 TB 2.5-inch drive


フライングハイトによる記録密度の向上

最近のスライダー・ディスク間のクリアランスの減少には、更なる進化のトレンドが用いられてる。

クリアランスが分子レベルに近づいてきたため、より高度なフライング・ハイト (FH) のコントロール技術が不可欠になってきた。

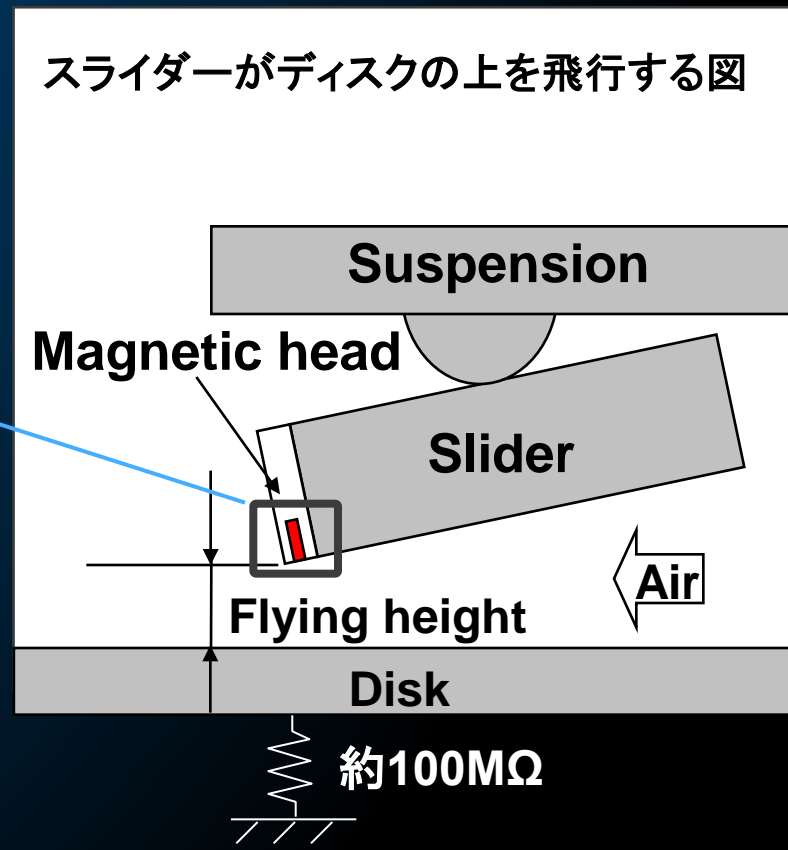
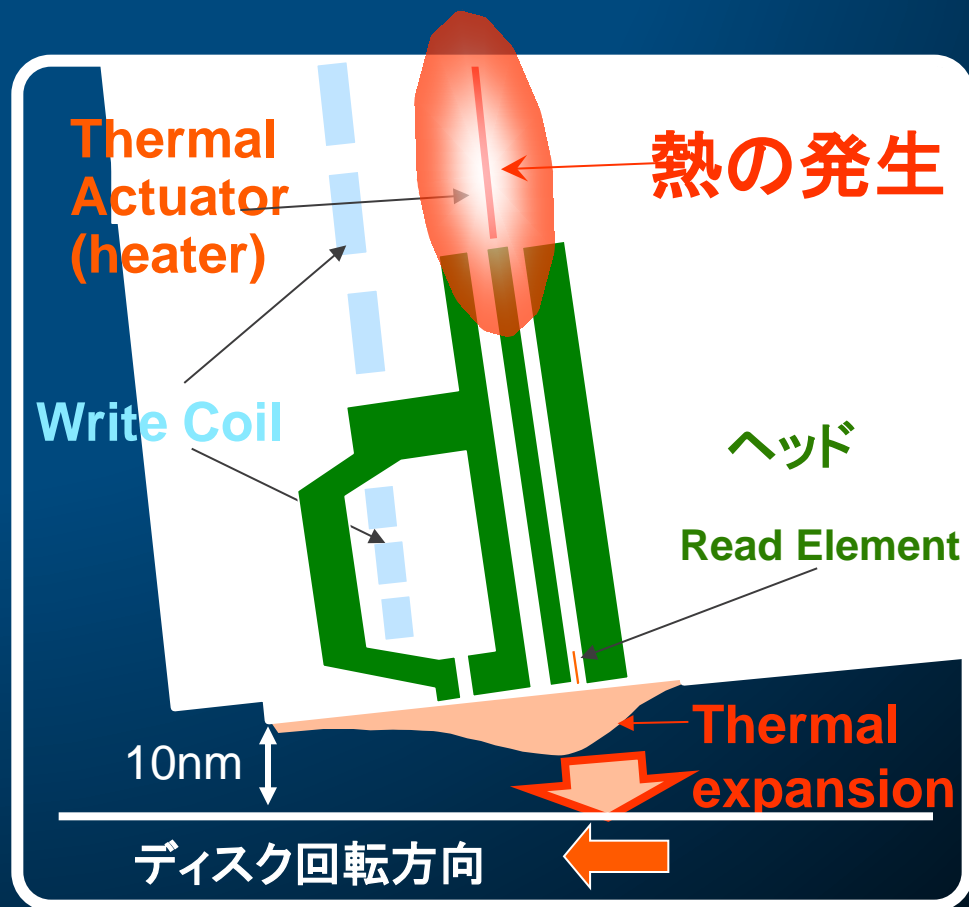
従来の出荷時のFHの保証から、複雑なユーザー環境にFHを常時適応するためにコントロールできるようになっていった。

進化のトレンド : 制御性

- 
- 直線的な制御作用 > 生産時にてFHを管理
 - 仲介を用いた制御作用 > ユーザー環境を想定してFHを設定
 - フィードバックの導入 > ユーザー環境でのTFCを用いてのFH調節
 - 知的なフィードバック > 温度・気圧・重力・電位を感知してフィードバック

Thermal Flying Height Control (TFC)の原理

HDD内部のヘッドとディスクの構造



HDD内部のヘッドとディスクの概略図

結論

1. HDD業界における破壊イノベーションは、システムのダウンサイジングにともなう小型化という単純なものであった。ただしこのローエンド型破壊的イノベーションは限界にきている。次なる破壊的イノベーションの模索が始まっている。

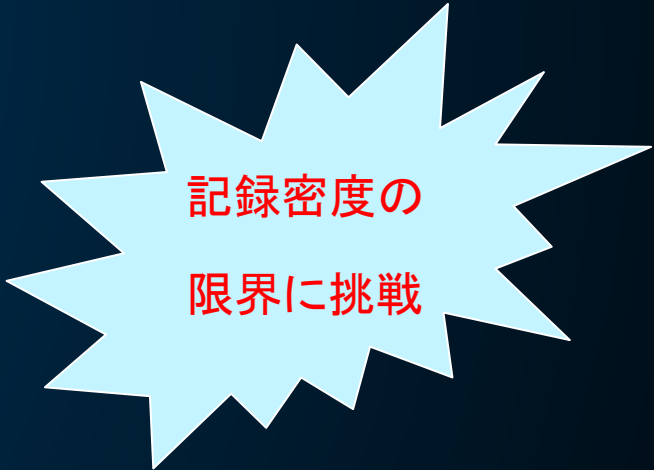
進化のトレンド：顧客の購入の焦点（性能－>信頼性－>便利さ－>価格）

2. 先端技術開発は、常に確立された性能向上の軌跡を維持すること、つまり性能を高め、軌道グラフの右上の利益率の高い領域に達することを目的としてきた。このような技術は、難しいものも多いが、破壊的ではなかった。メーカーは、ただ顧客の示唆する目標を追求していった。

進化のトレンド：マクロからナノスケールへの進化 / 制御性

3. 実績のあるメーカーは、持続するイノベーションをリードする技術力を持っていたが、破壊的技術を率先して開発し、採用してきたのは、新規参入企業であった。ただしHDD業界では、新規参入企業が必ずしも生き残ったわけではなかった。これは記録密度を向上させるための一部の技術が、2000年頃まで一社（IBM）の独走状態であったことが考えられる。

将来に向けて



記録密度の
限界に挑戦

■ HGSTジャパンの取り組み 1

イノベーションハーベスト (Innovation Harvest)

- 開発分野の垣根を越えてアイデアを社内募集
- 定期的な専門家とエグゼクティブのレビュー
- 優秀なアイデアは表彰の対象
- アイデア実現への予算枠の確保

将来に向けて

■ HGSTジャパンの取り組み 2

更なる高信頼性に向けて

- 進化のトレンド : 設計方法論

1. 試行錯誤

(1950年代 メインフレーム市場)

2. 定常状態を考えた設計

(1960-1980年代 メインフレーム・ミニコン市場)

3. 過渡的効果を取り入れた設計

(1980-2000年代 デスクトップ・ポータブル市場)

4. ゆっくりとした劣化効果を取り入れた設計

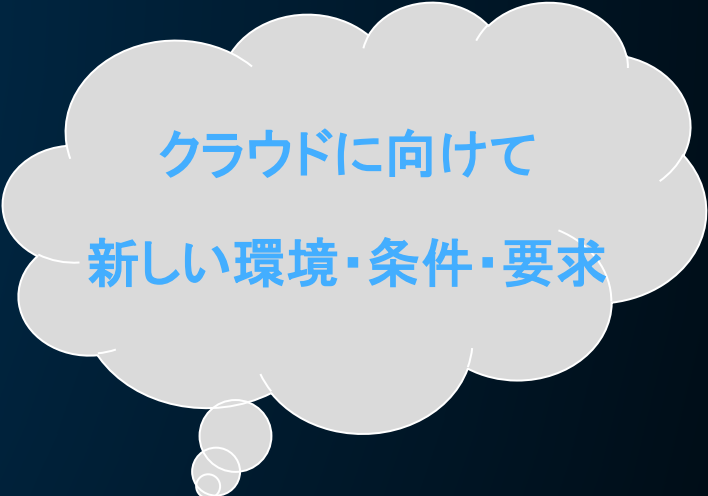
(2000年以降 デスクトップ・ポータブル市場)

5. クロスカップリングを取り入れた設計

(今後の課題)

6. マーフィの法則を取り入れた設計

(今後の課題)



クラウドに向けて
新しい環境・条件・要求

将来に向けて

進化のトレンド : 設計方法論

マーフィの法則での設計

「もしこの製品について顧客がなにか馬鹿なことができるなら、きっと彼らはそうするだろう。」という考慮を設計プロセス中に含めることである。

=> HALT (Highly Accelerated Life Test) 等の徹底したガードバンド試験によるデザインマージンの向上を目指す。

「体系的技術革新」より D.Mann 著

ご清聴ありがとうございました

HGST Japan

<http://www.hgst.com/>

