

コンピュータシステムA - ハードウェアを中心に -

#9 補助記憶装置の変遷

Yutaka Yasuda

紙による記録

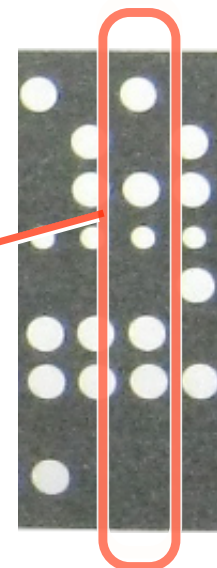
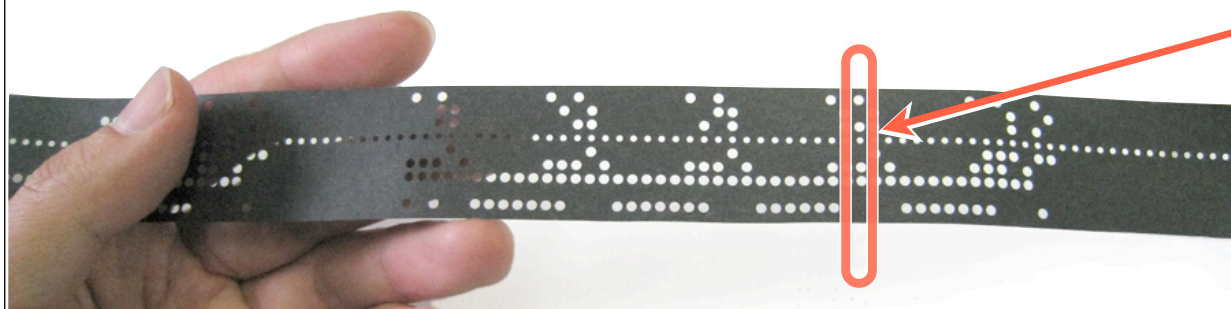
紙による記録

- 穴が開いているか否か
- 電極の接触（通過）によって検出
- 光の通過を検出
- パンチャーの作成が容易

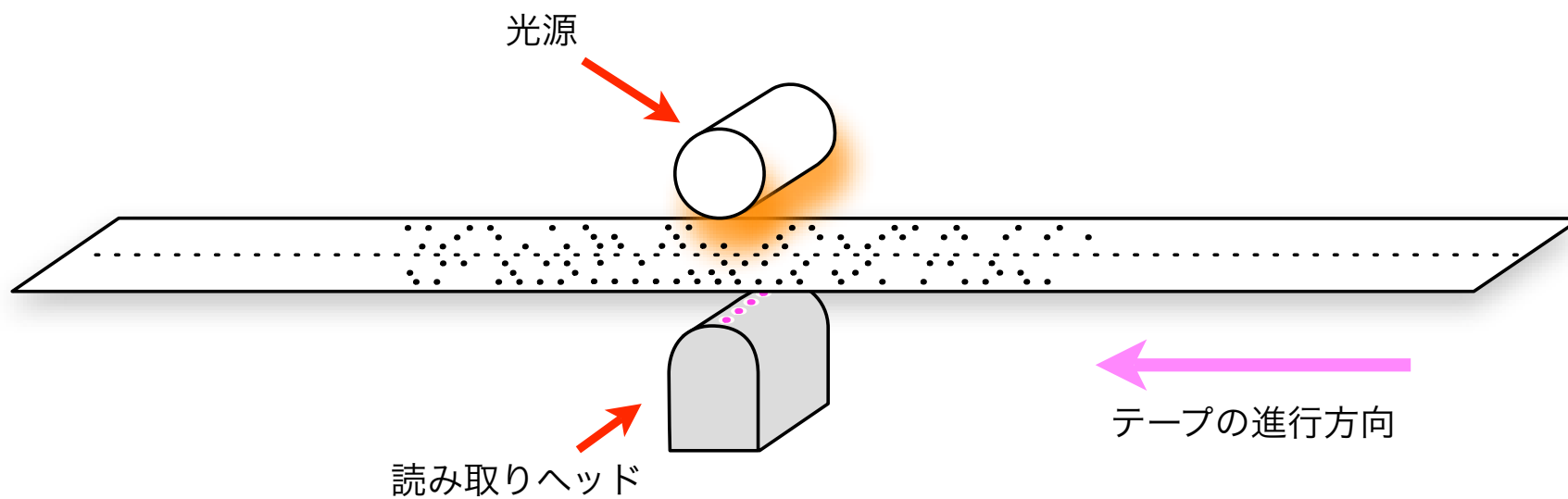
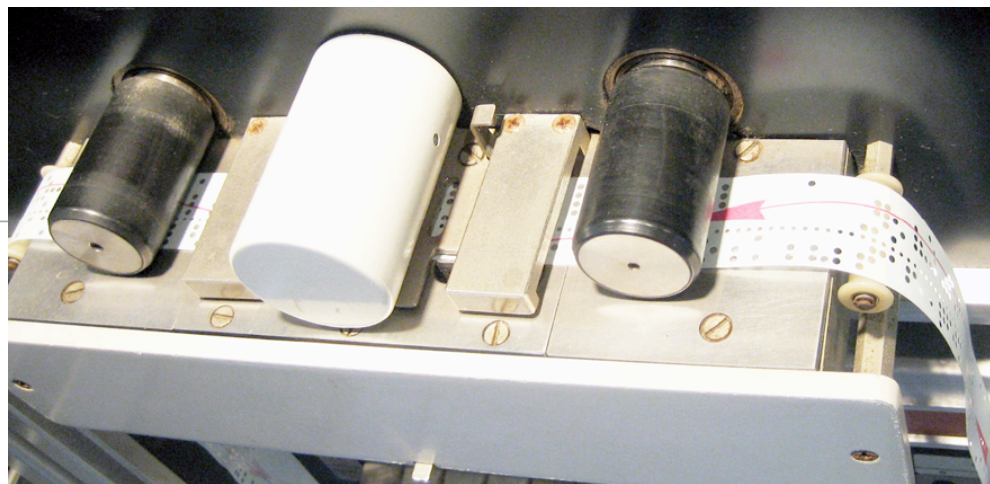
紙テープ



一列が1バイトを表現
小さな穴はタイミング
ホール

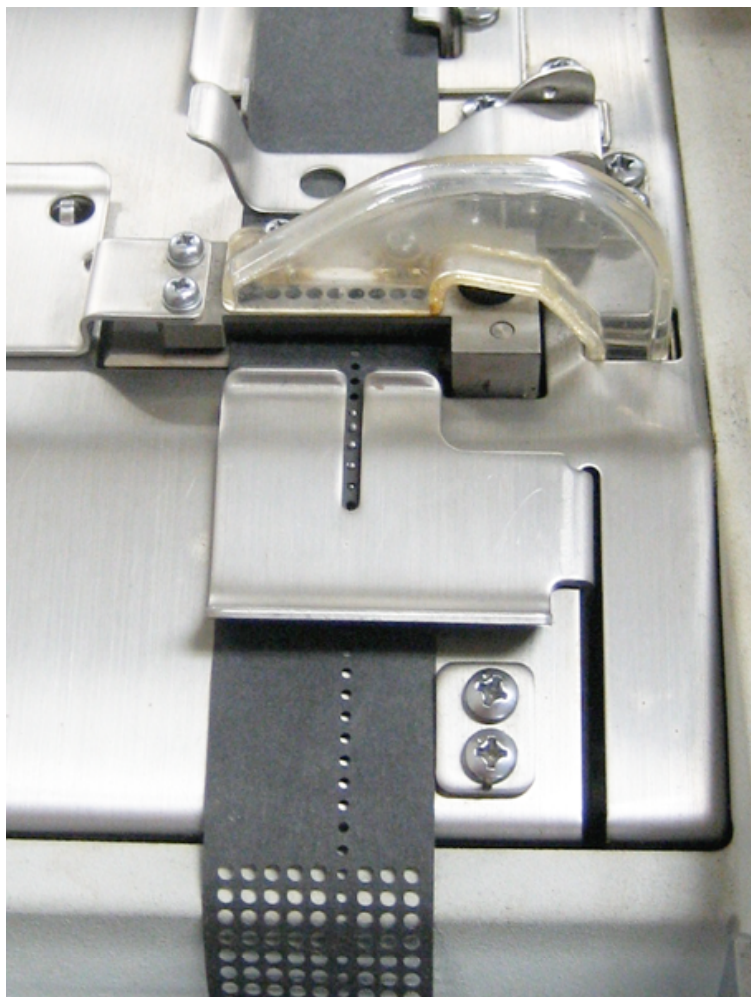


紙テープ



(ヘッドの受光素子は穴の並列度の数だけ横に並んでいる)

紙テープ



TOSBAC3400, console

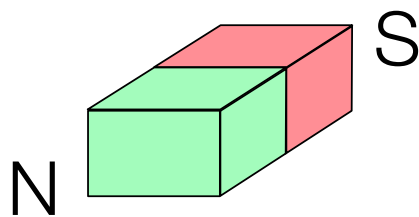
磁気による記録

磁気による記録

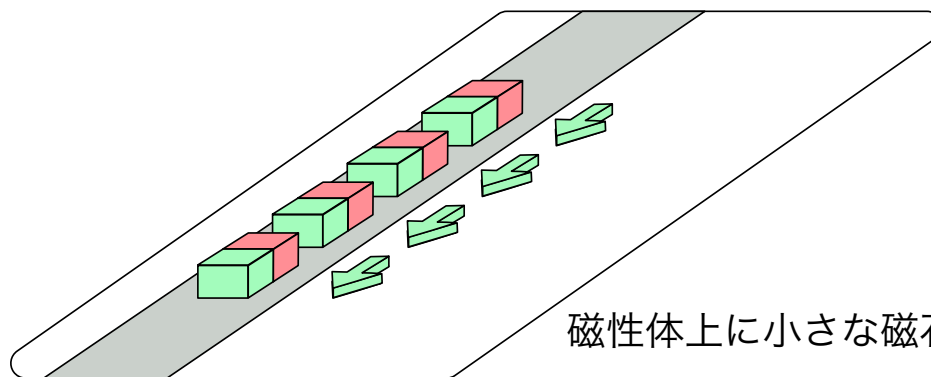
- 磁気カード
- 鉄道の自動改札切符（裏が黒いもの）
- 微少な磁石の並び
- 磁性体を塗布して電磁石によって磁化
- 紙より高速な読み書き
- 紙より高い記録密度



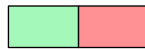
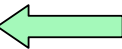

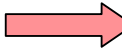
磁気による記録

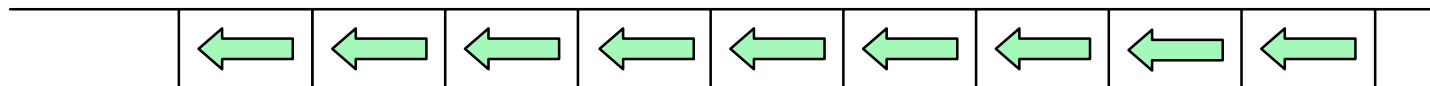


棒磁石を想定



磁性体上に小さな磁石が並んでいる状態を作る

この向きの磁石  を  で表現する
逆方向の  を  で表現する

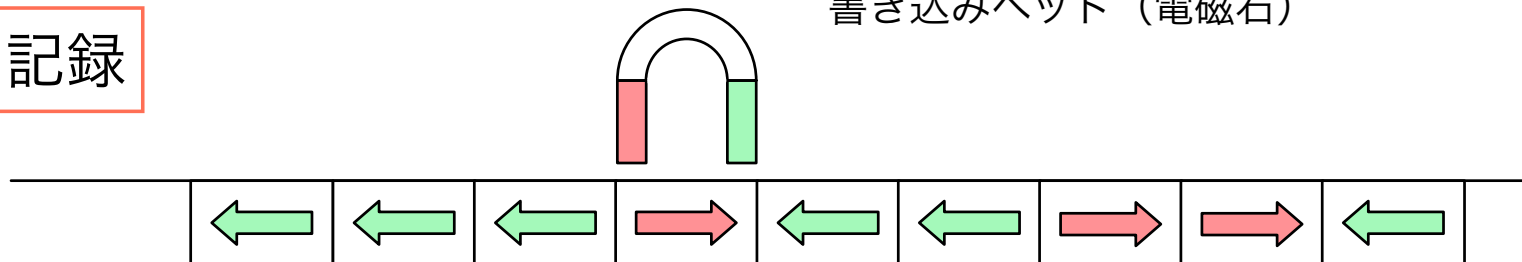


最初にすべての磁石（磁化）の向きを揃えておく（初期化）

磁気による記録

記録

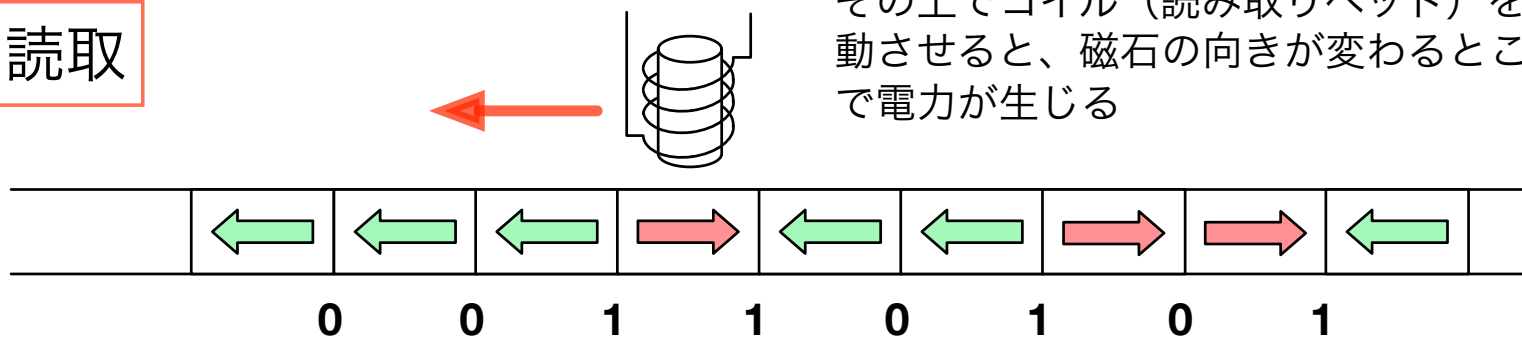
書き込みヘッド（電磁石）



一部の磁石の向きを反転させる

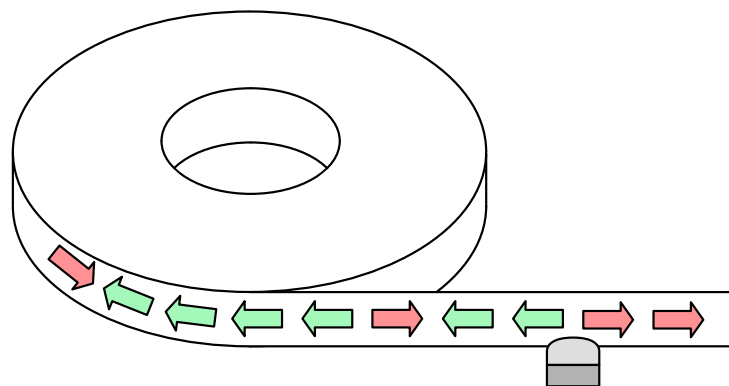
読取

その上でコイル（読み取りヘッド）を移動させると、磁石の向きが変わるところで電力が生じる

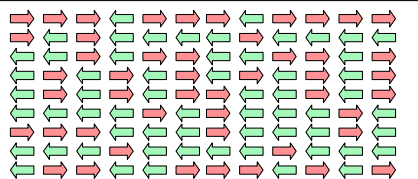


磁気テープ

テープ（紙・フィルム）に磁性体を塗布し、磁化する。
連続的にデータを読み出すことができる。
（シーケンシャルアクセス）



磁気ヘッド



実際のテープは並列（ex. 8+1 bit）
にデータが書かれている場合が多い



磁気テープ

テープ幅 1/2 inch (12.7mm), 長さ 2400feet (731m), リール径 40cmほど



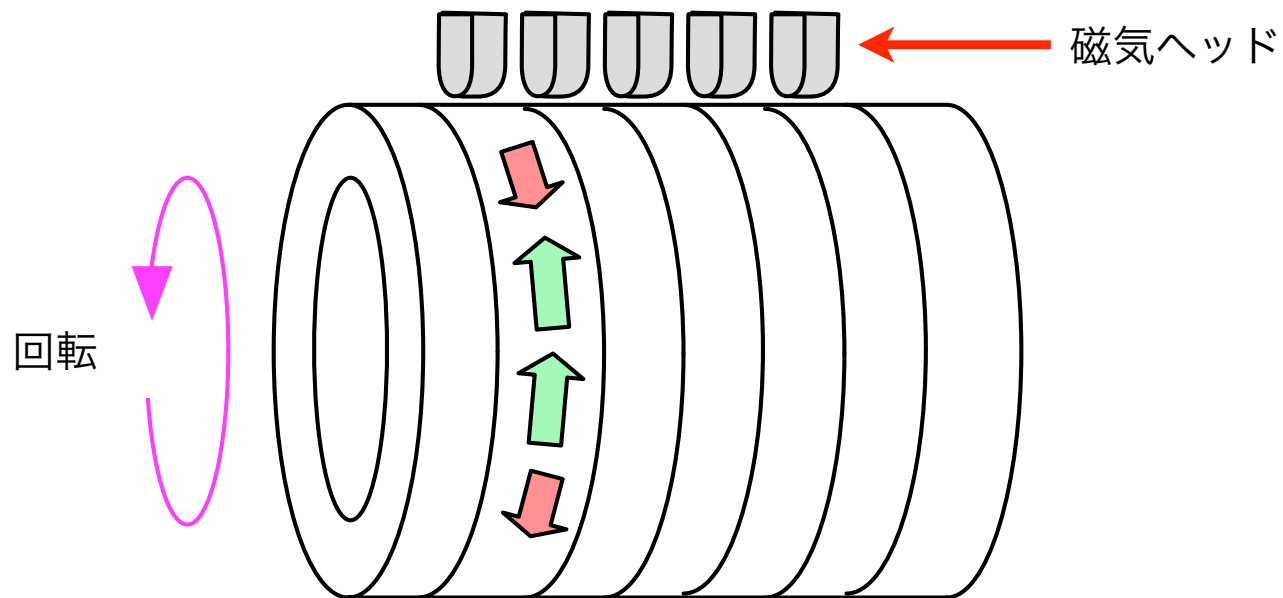
業務利用されていたオープンリールテープ (1980年代)

磁気テープ



この磁気ヘッドにテープを通す

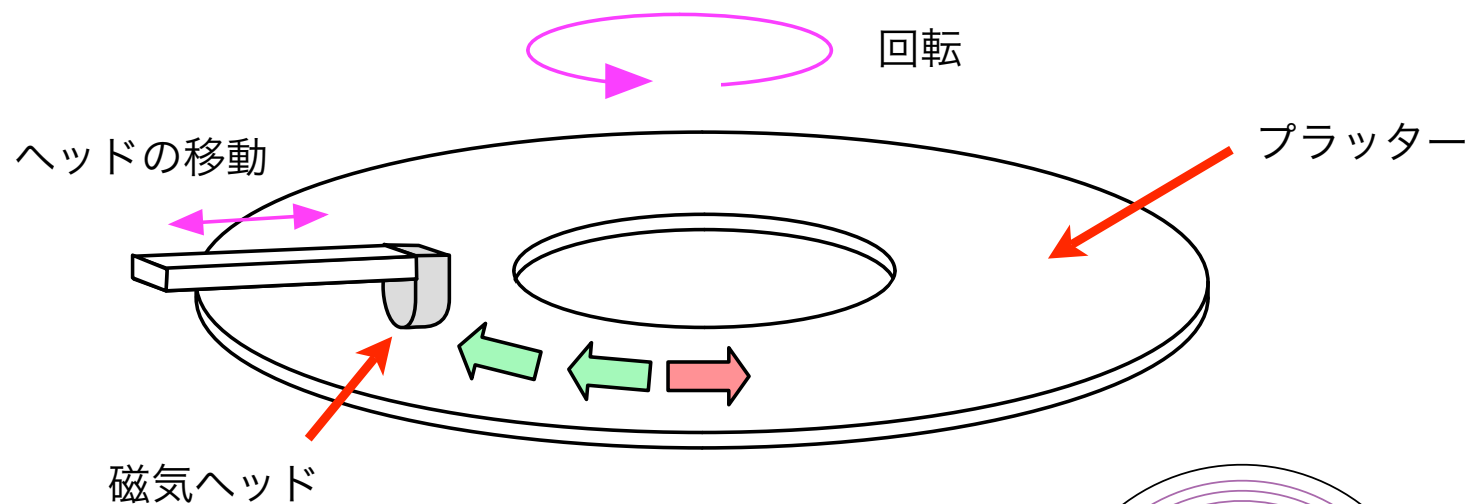
磁気ドラム



回転するドラムを円周状に磁化する
容量を高めるために複数のデータを並列に書く
磁気ヘッドは固定して複数用意する

現在磁気ドラムは一般には使われておらず、当時もランダムアクセス性から主記憶装置として使われた。

磁気ディスク (ハードディスク)

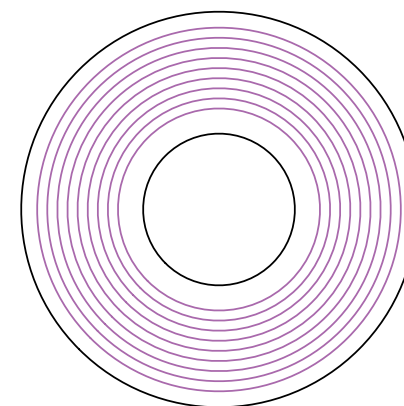


ディスク (アルミ・ガラス等) に磁性体を塗布し、同心円状に磁化する。

ヘッドはプラッター表面あたり一つだけで、移動させる。

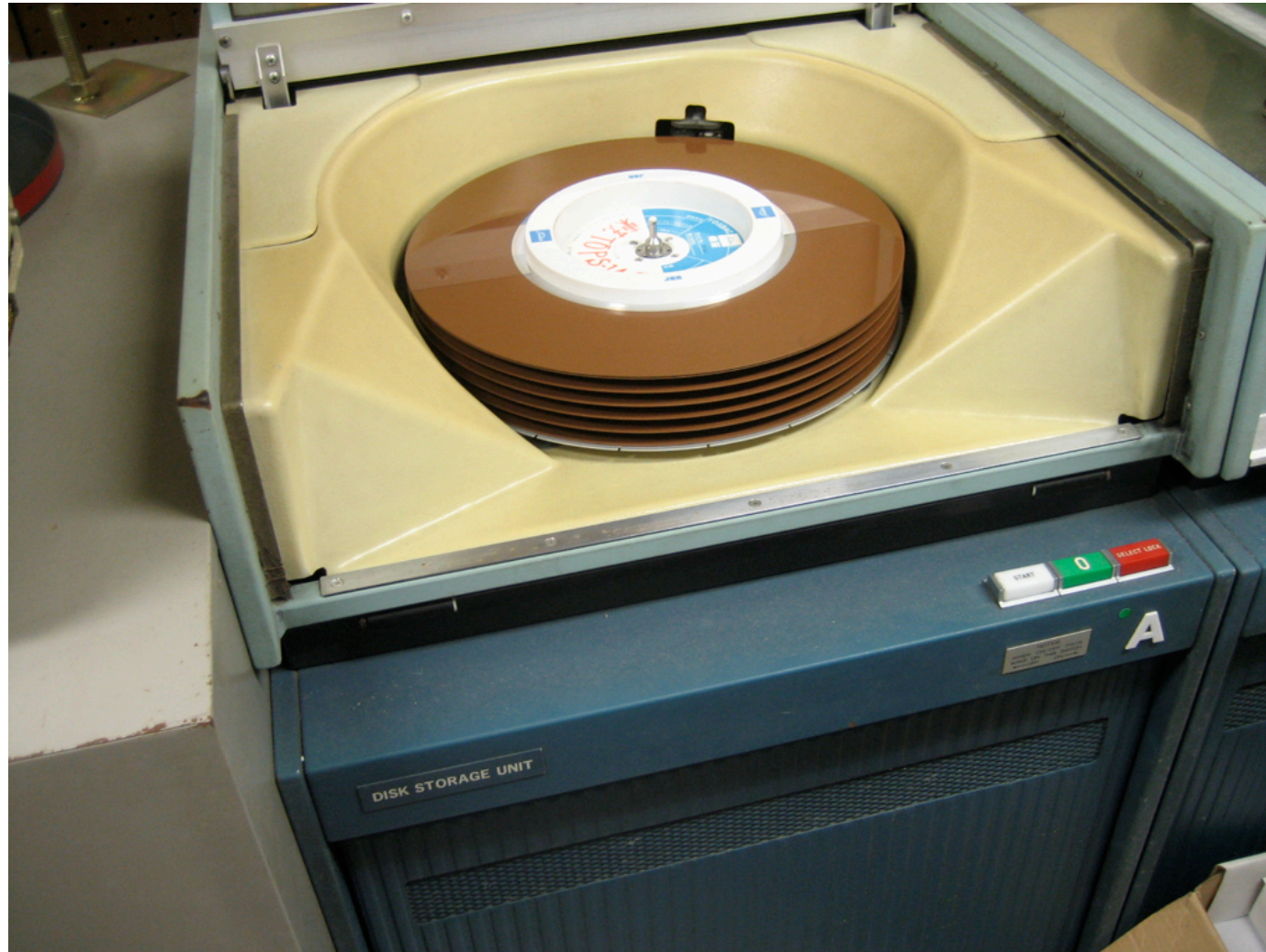
多くは両面にヘッドがある。

ランダムアクセスが可能。



同心円状に磁化

TOSBAC 3400 (1967)



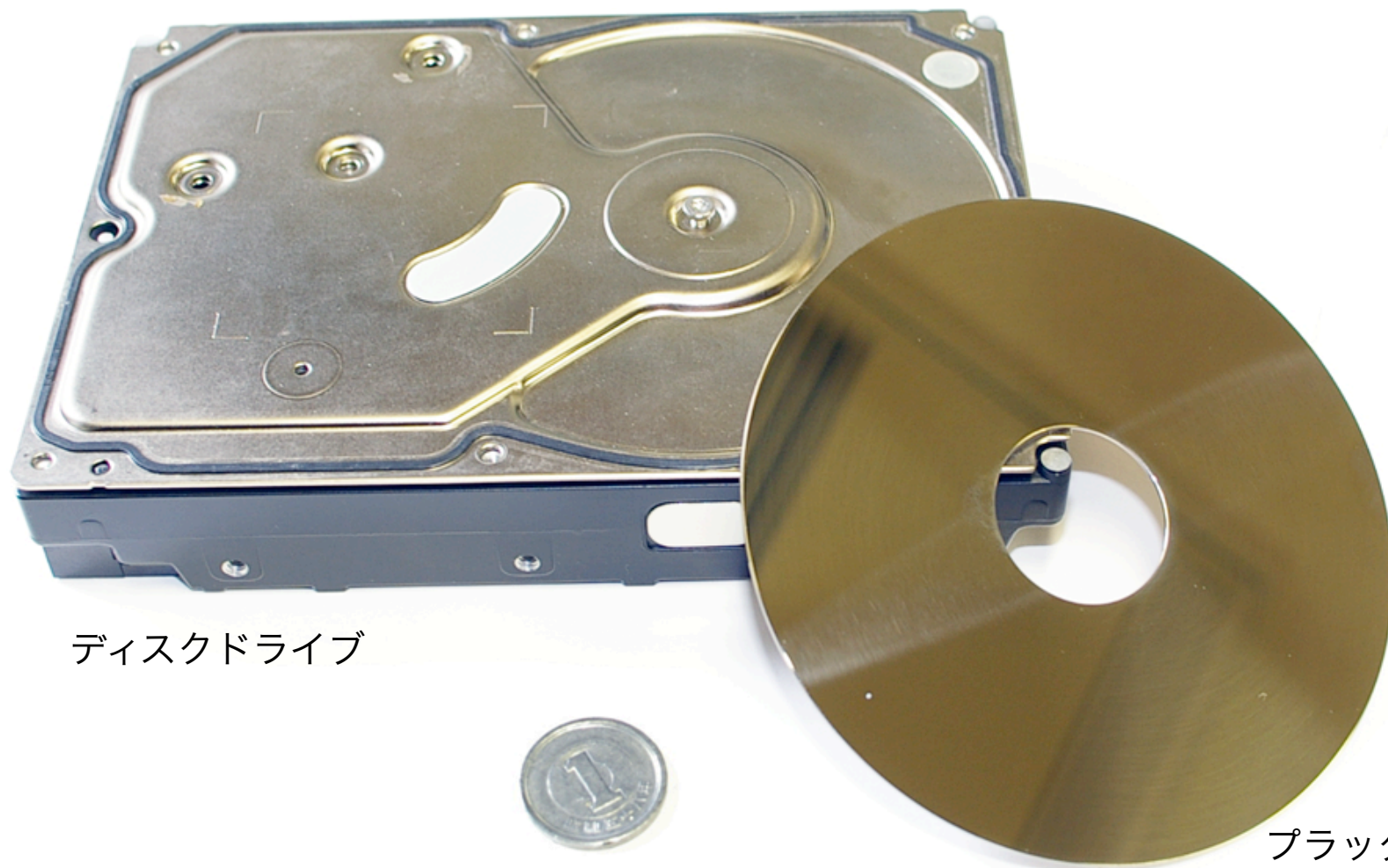
TOSBAC 3400 (1967)



TOSBAC 3400 (1967)



現代のディスク : 3.5inch



ディスクドライブ

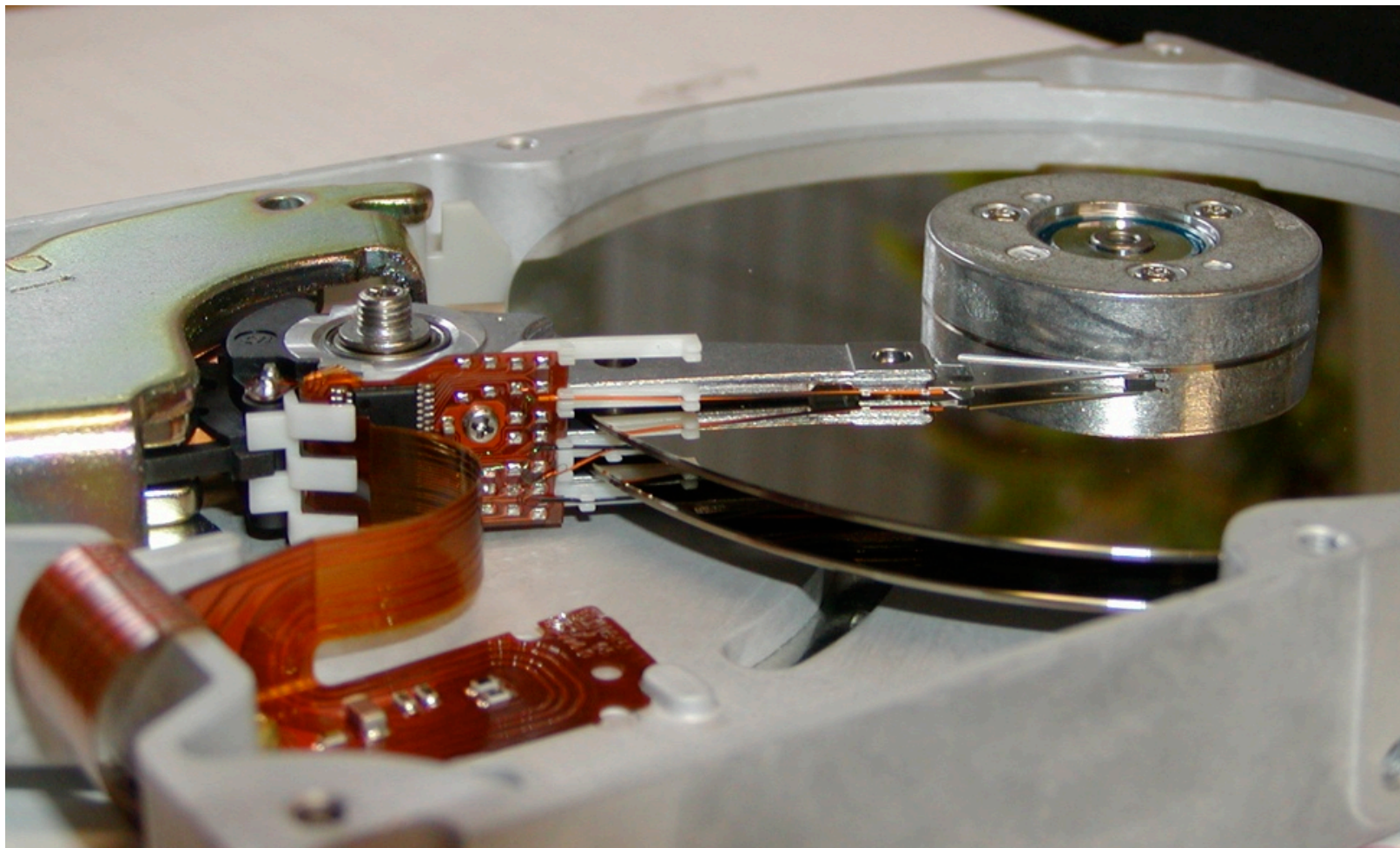
プラッター

現代のディスク : 3.5inch



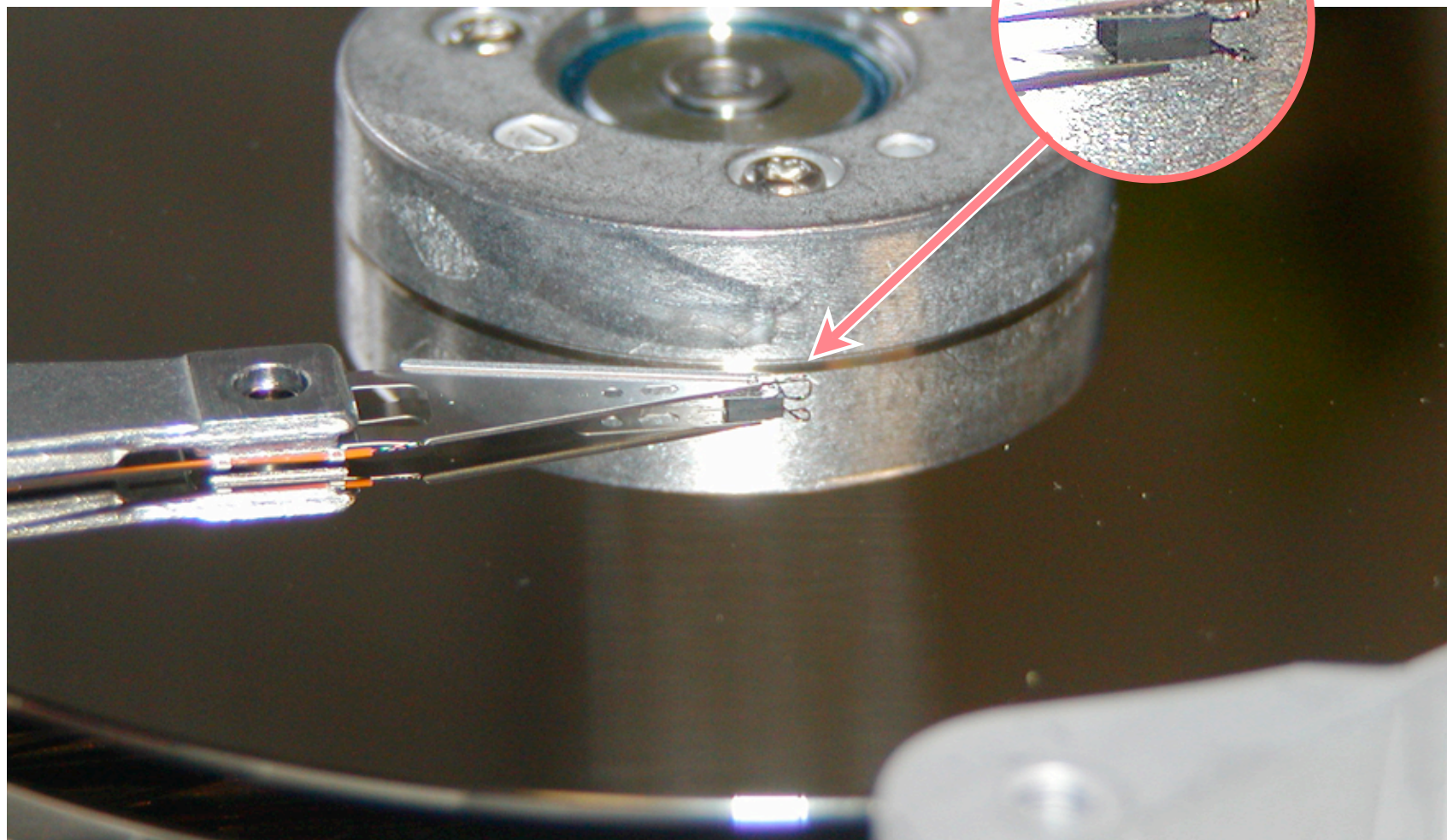
ヘッドが前後移動でなく首振りになった

現代のディスク : 3.5inch



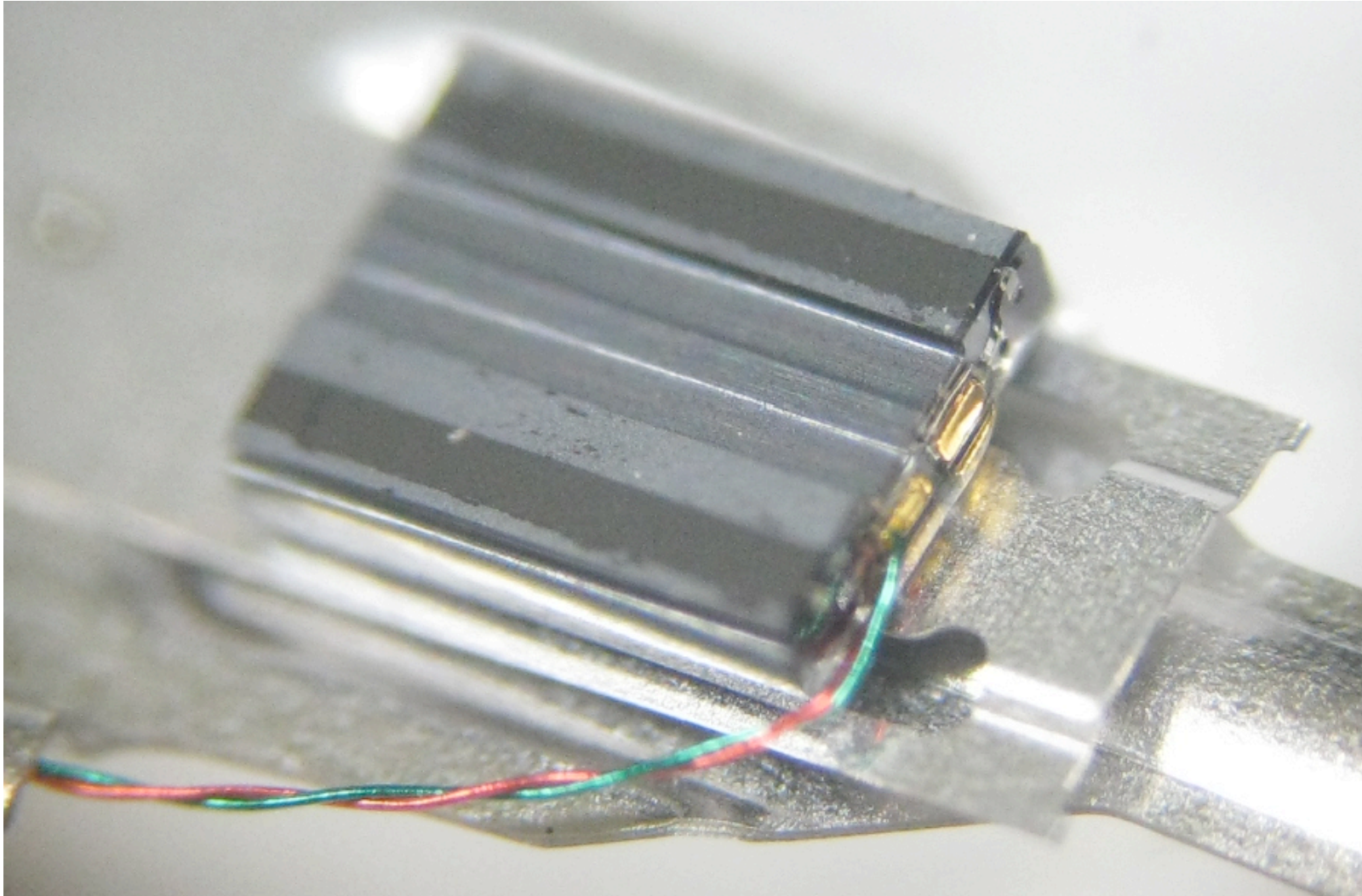
プラッター 2 枚に対してヘッドが 4 つ (上下から挟み込む)

現代のディスク : 3.5inch

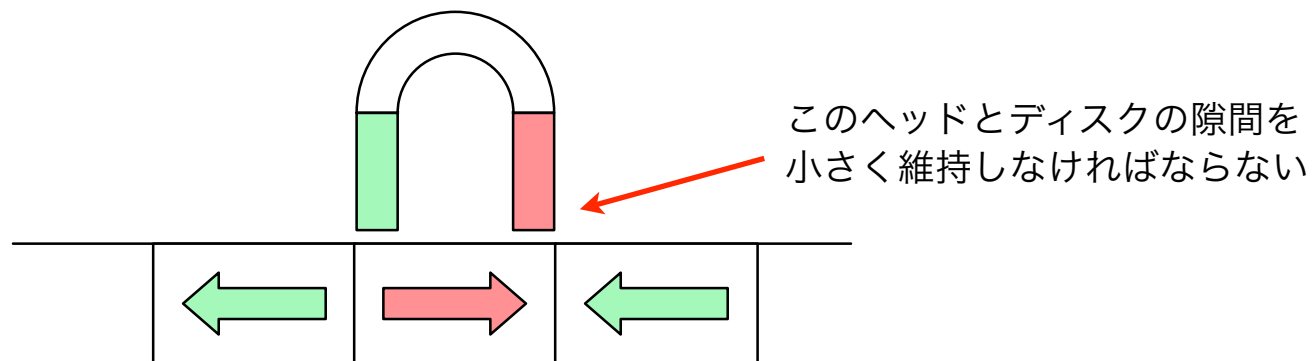


磁気ヘッド（スライダ）は 2mm x 1mm 以下程度の大きさ

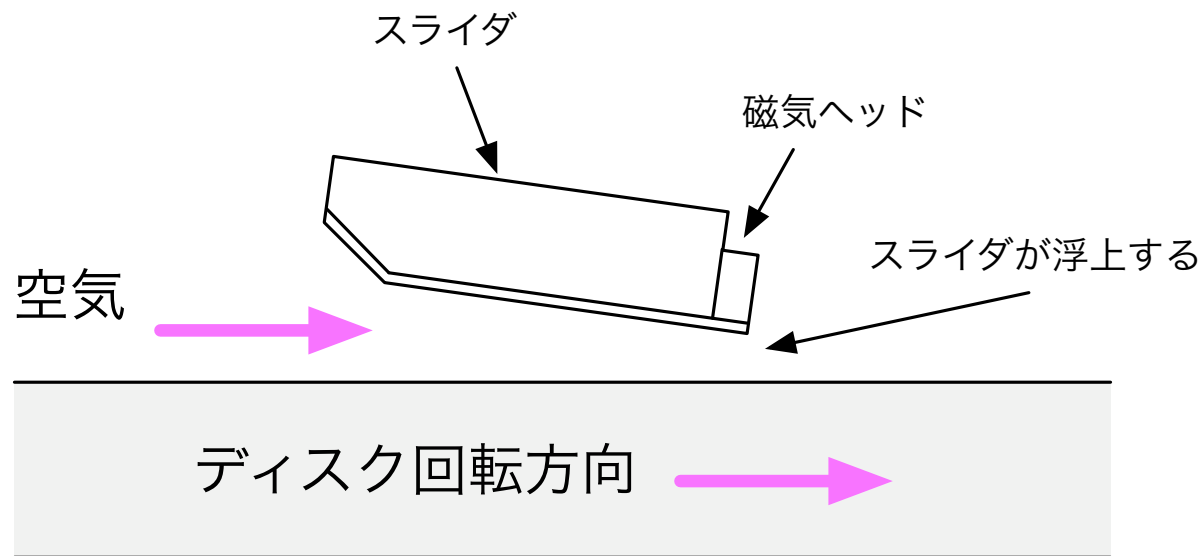
現代のディスク : 3.5inch



磁気ヘッドの浮上

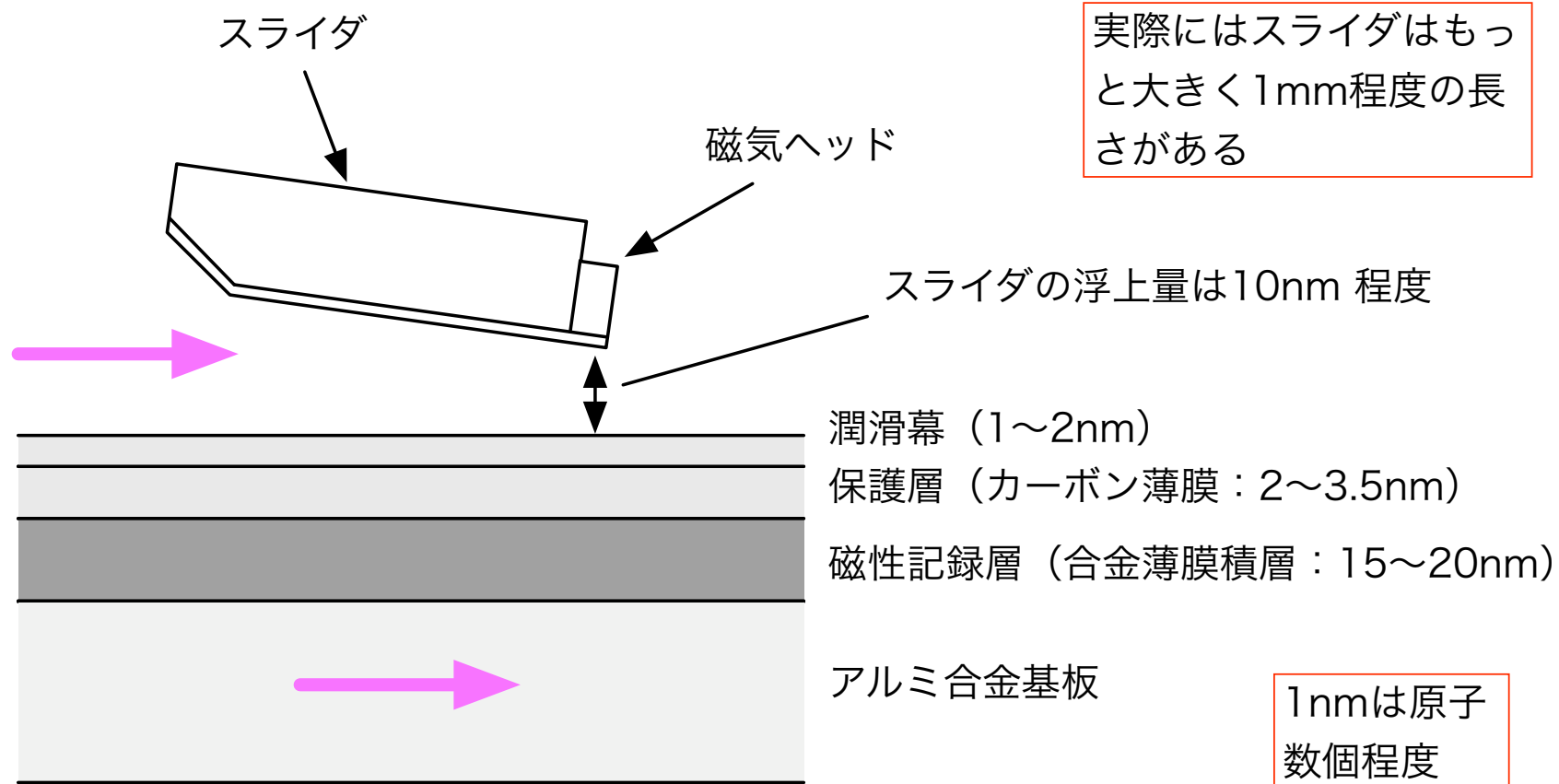


ディスクの回転につれてヘッドが浮上する

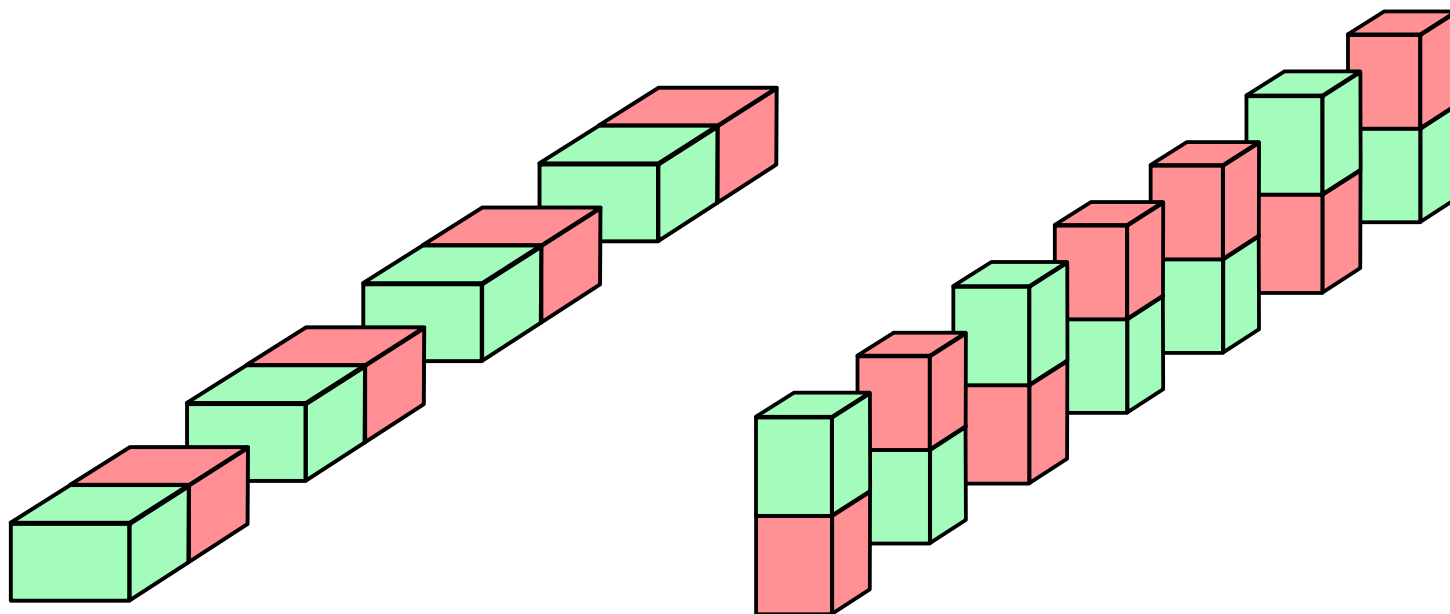


磁気ヘッドの浮上

160GBディスク製品の記録密度：90Gbit/平方インチ程度（磁石の長さは32nm程度）



垂直磁気記録



長手記録方式

垂直記録方式

垂直磁気記録方式の方が密度を高くできる

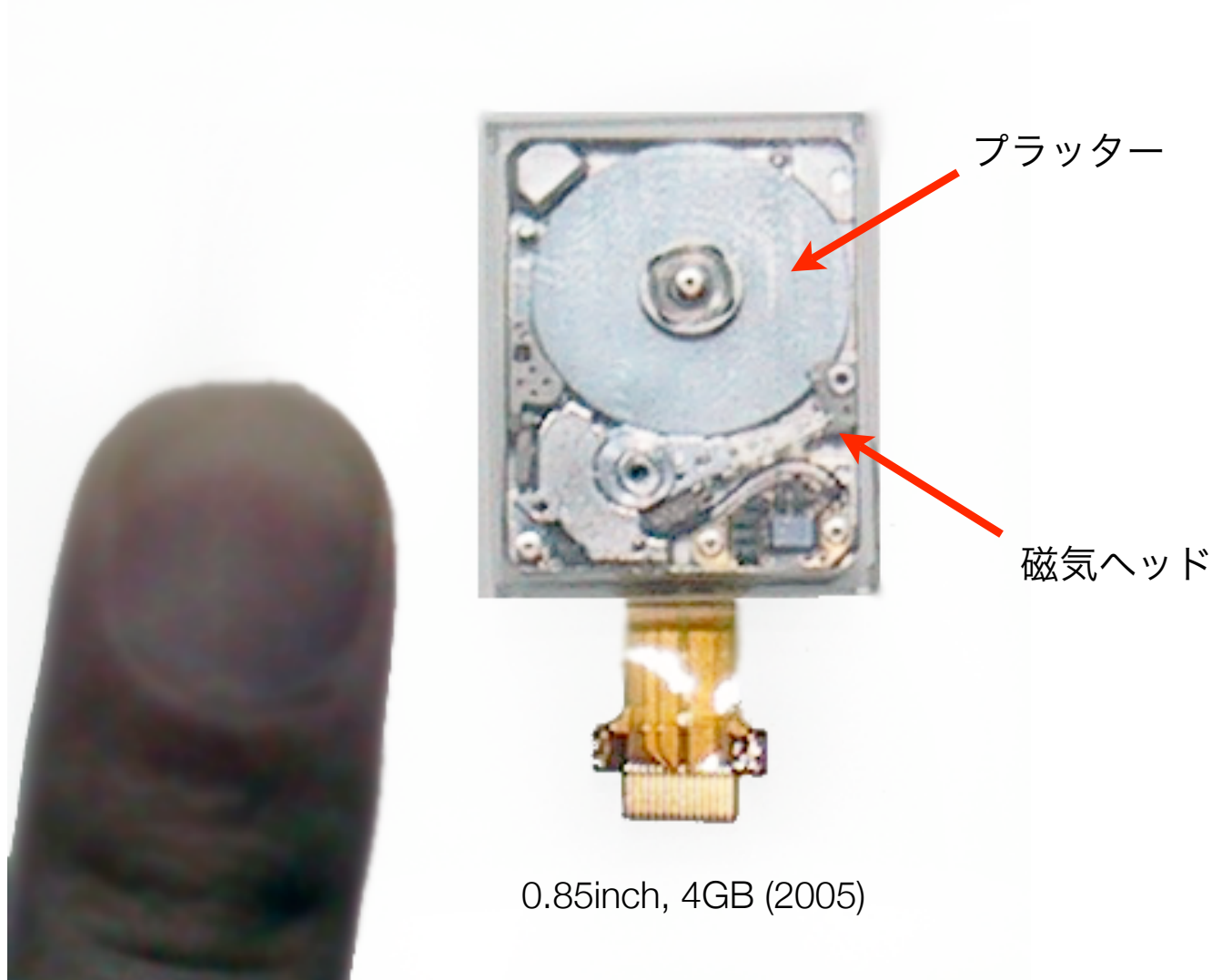
フォームファクタの小型化



1inch, 1GB (2001)

2.5inch, 40GB (2003)

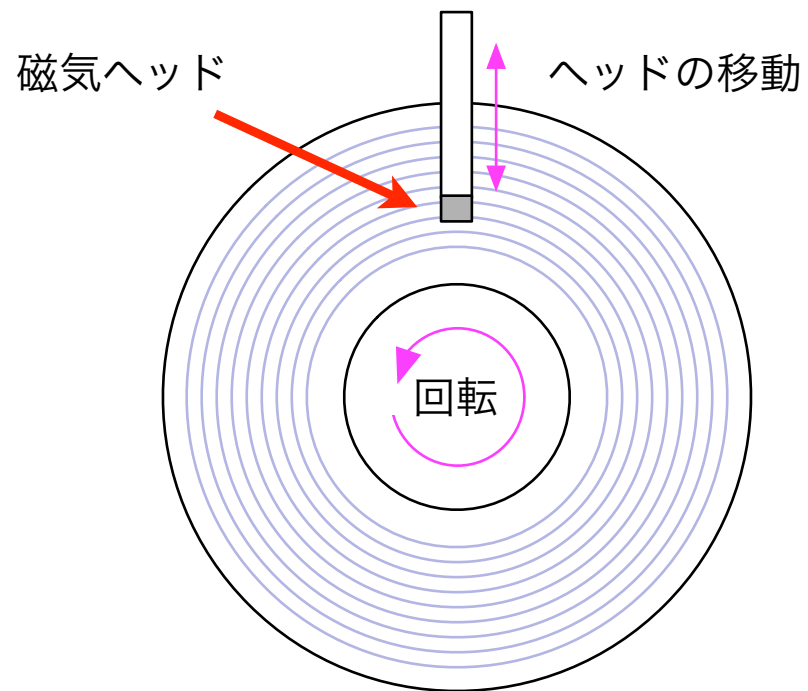
フォームファクタの小型化



フロッピーディスク (3.5inch)



最大容量 1.44MB



同心円状に磁化

柔軟なディスク（樹脂）に磁性体を塗布し、同心円状に磁化する。
ヘッドは表面あたり一つだけで、移動させる。
ランダムアクセスが可能。

フロッピーディスク (3.5inch)

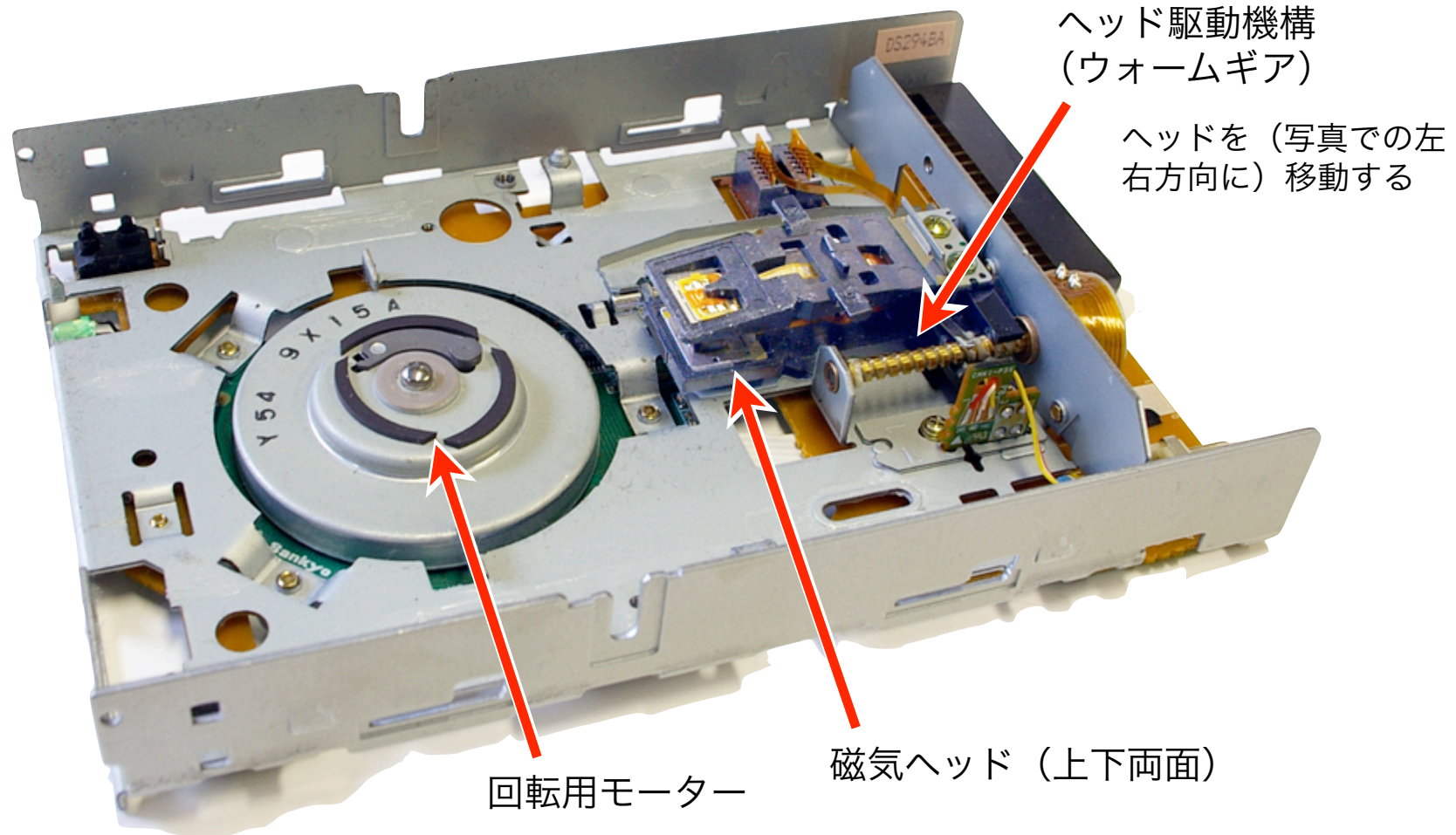


カートリッジを壊して中身を取り出した状態

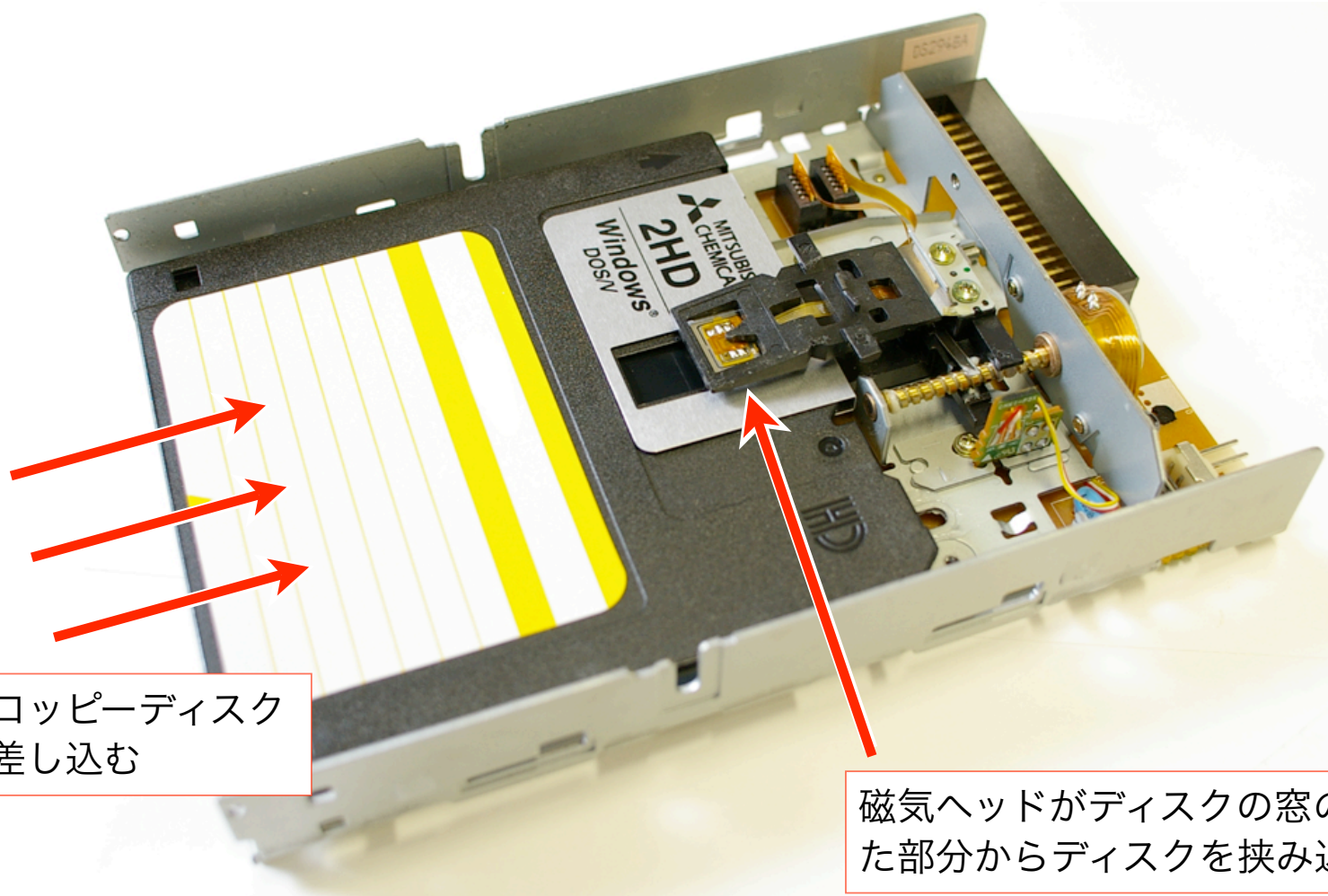
カートリッジの中には
非常に柔軟な樹脂製の
ディスクが入っている



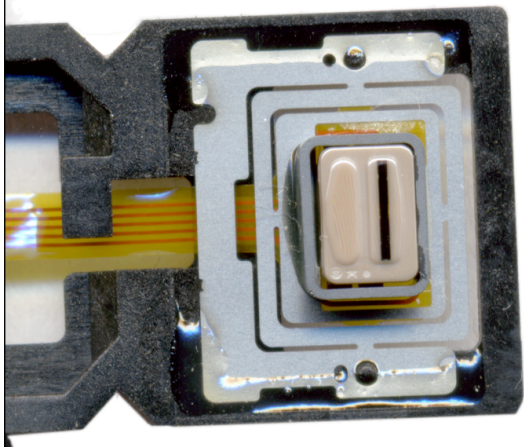
フロッピーディスク (3.5inch)



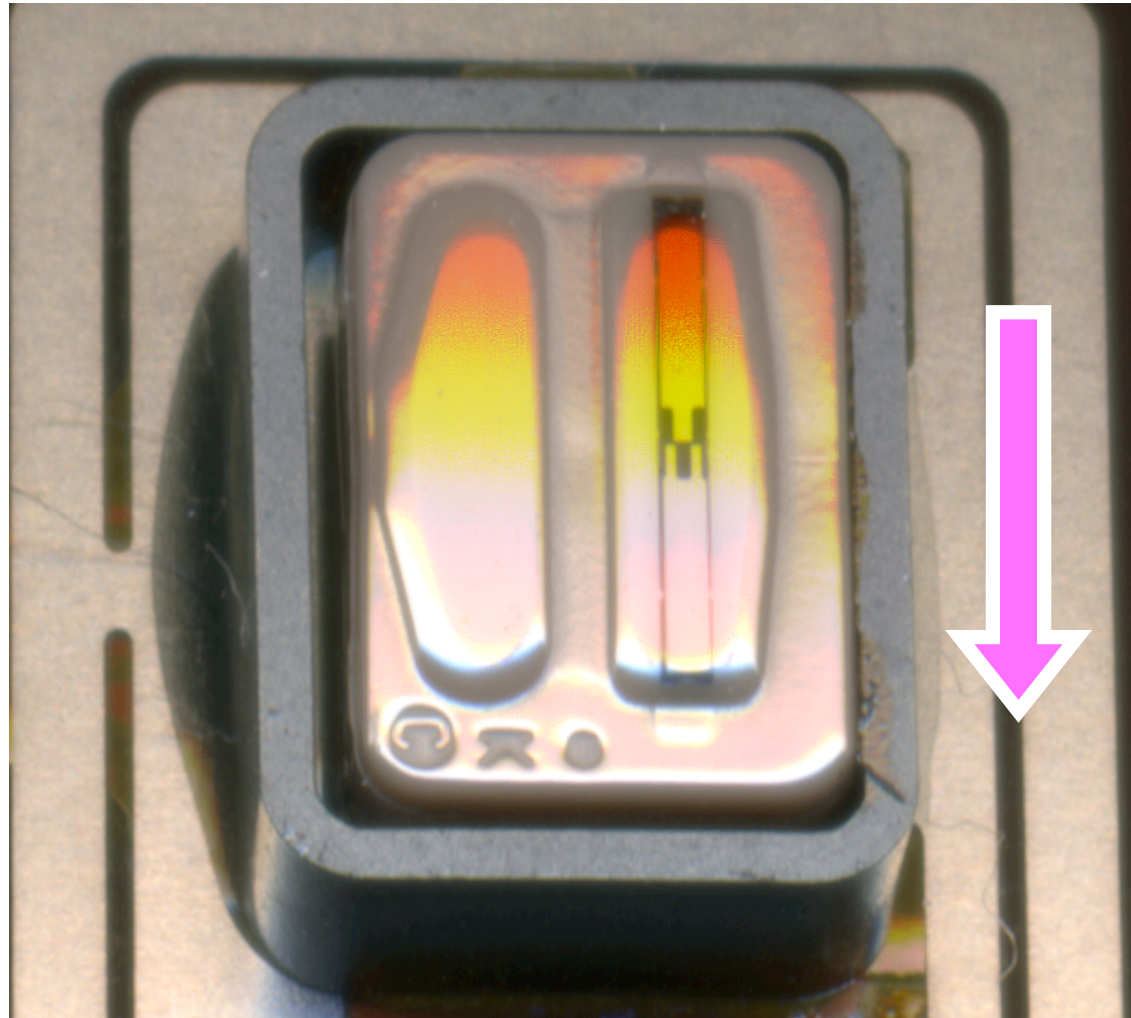
フロッピーディスク (3.5inch)



フロッピーディスク (3.5inch)



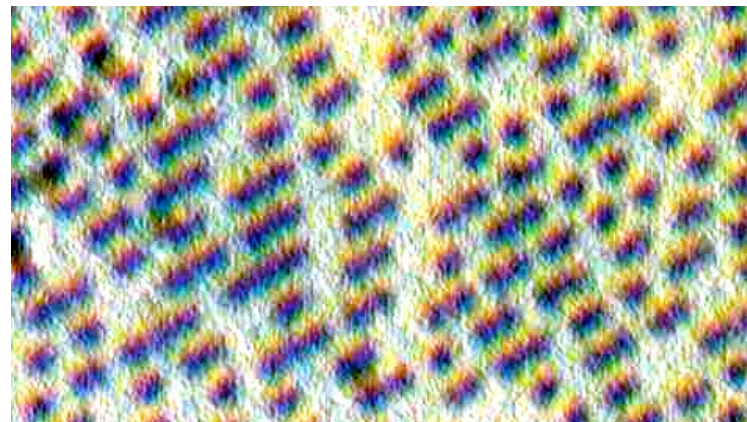
磁気ヘッド



光による記録

光による記録

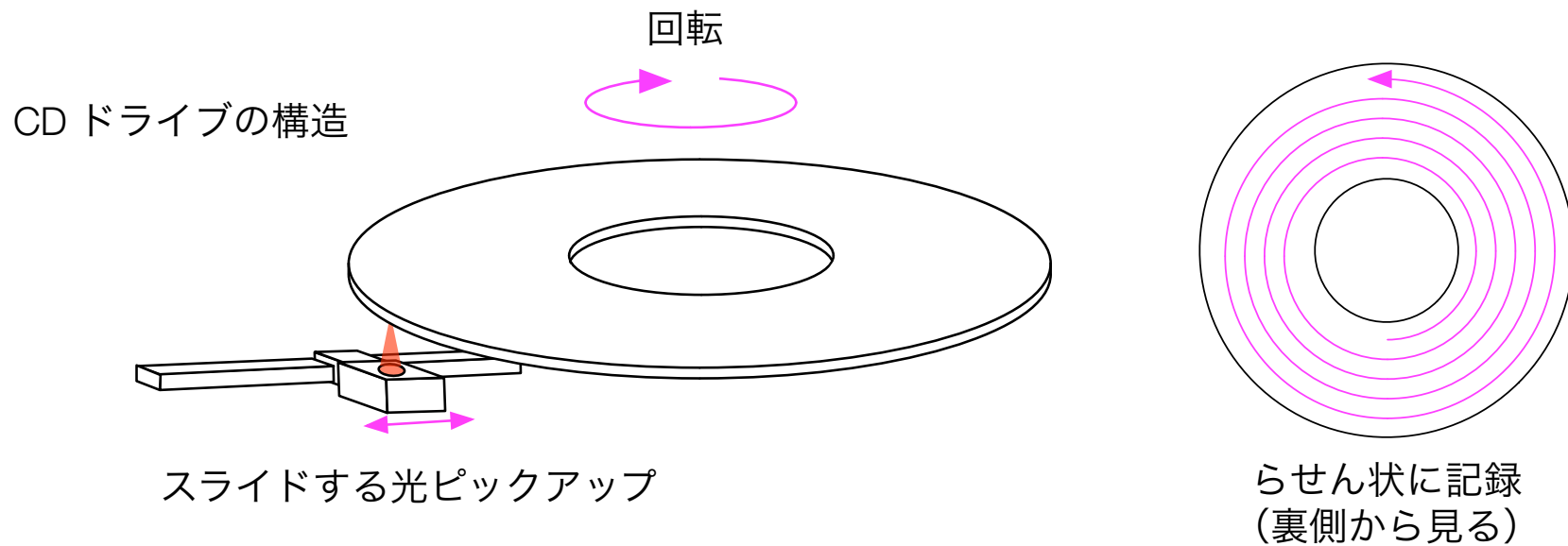
- CD, DVD etc. 身近に多く存在する
- 媒体の色（あるいは反射光の何かの違い）で検出
レーザーによる読み取り
- 現時点での特徴
 - 読み出し専用の媒体が存在
 - 低速（特に書き込み）
 - 大容量
 - 大量複製が容易
 - 安価（樹脂）
 - 長期保存



CDの記録面, ピットサイズ $0.8\mu\text{m}$

CD

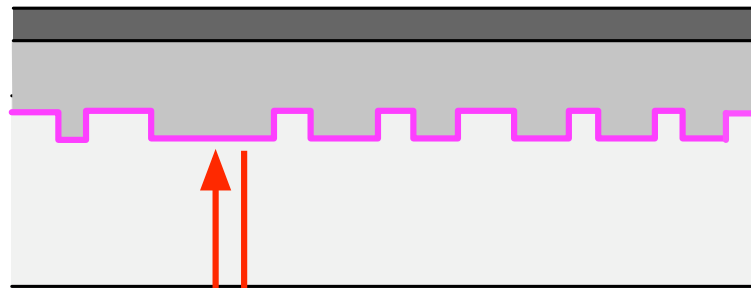
- 650MB or 700MB
- bit パターンを凸凹（ピット）パターンとして記録
- 金型によってパターンを基盤に転写（プレスによる量産）



CD

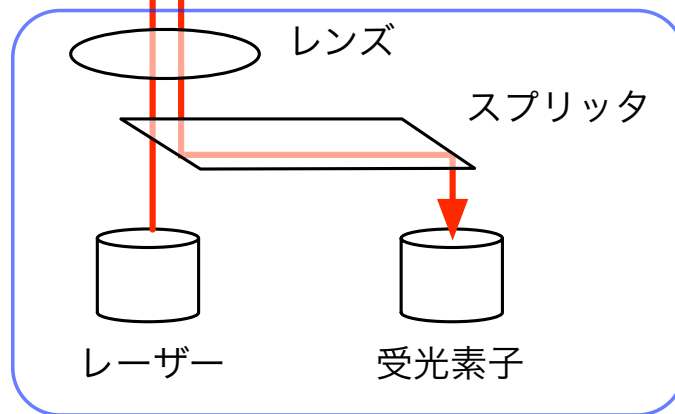
CD の断面構造

ラベル面



ラベル
保護層 (光硬化樹脂(等) : $10\sim 20\mu\text{m}$)
反射層 (アルミニウム : $40\sim 80\text{nm}$)
基盤 (ポリカーボネイト : 1.2mm)

裏側



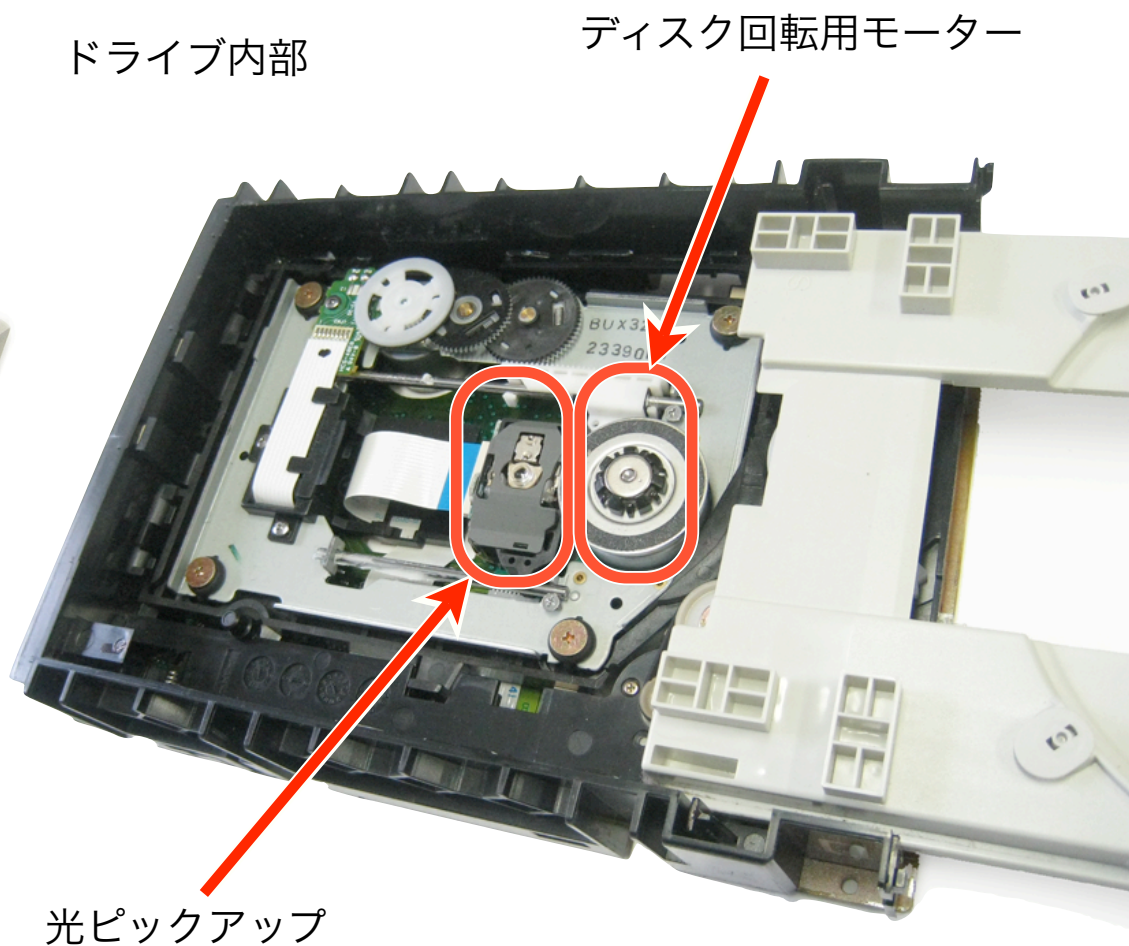
光ピックアップ

CDドライブ

ドライブ外装



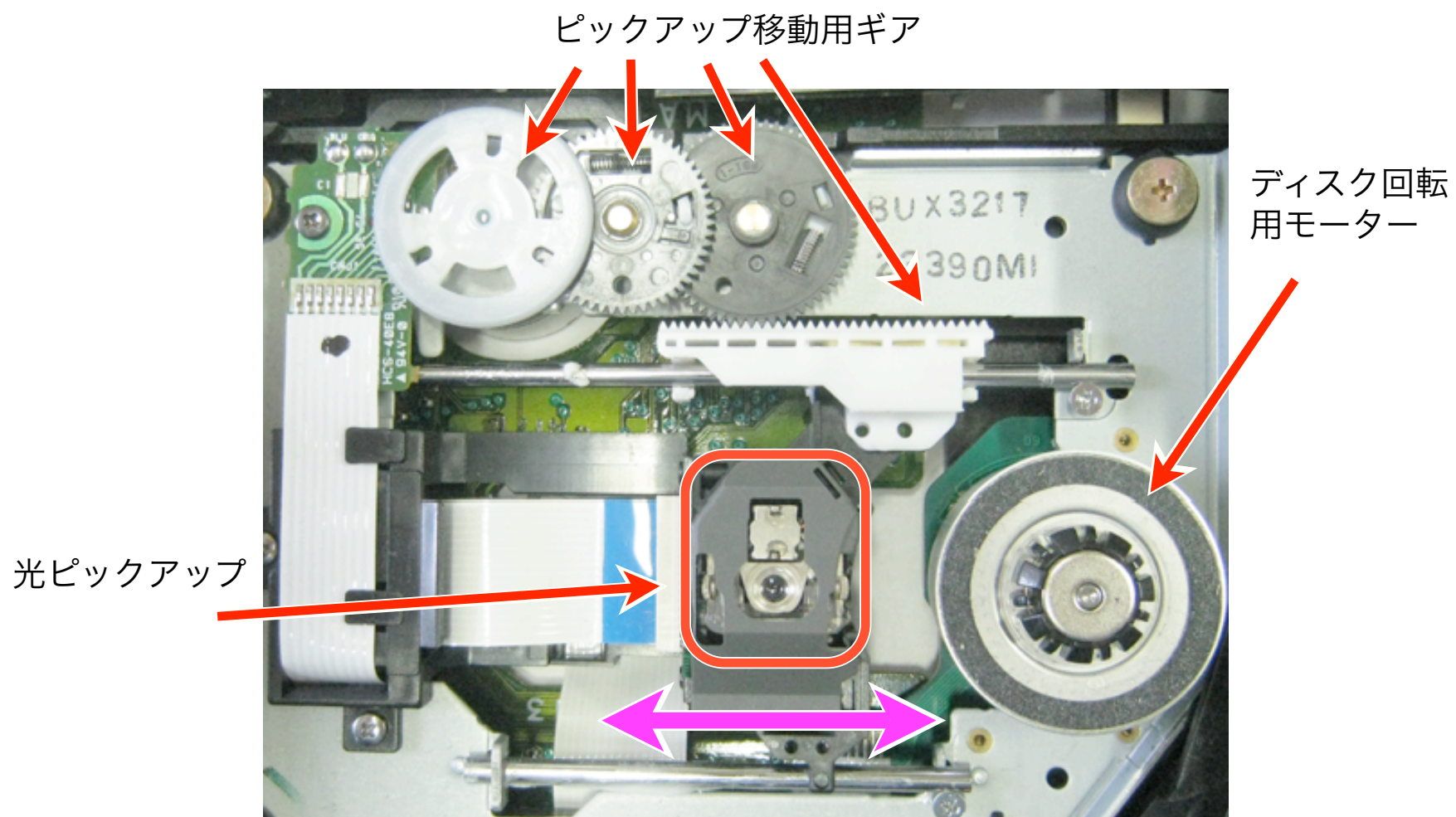
ドライブ内部



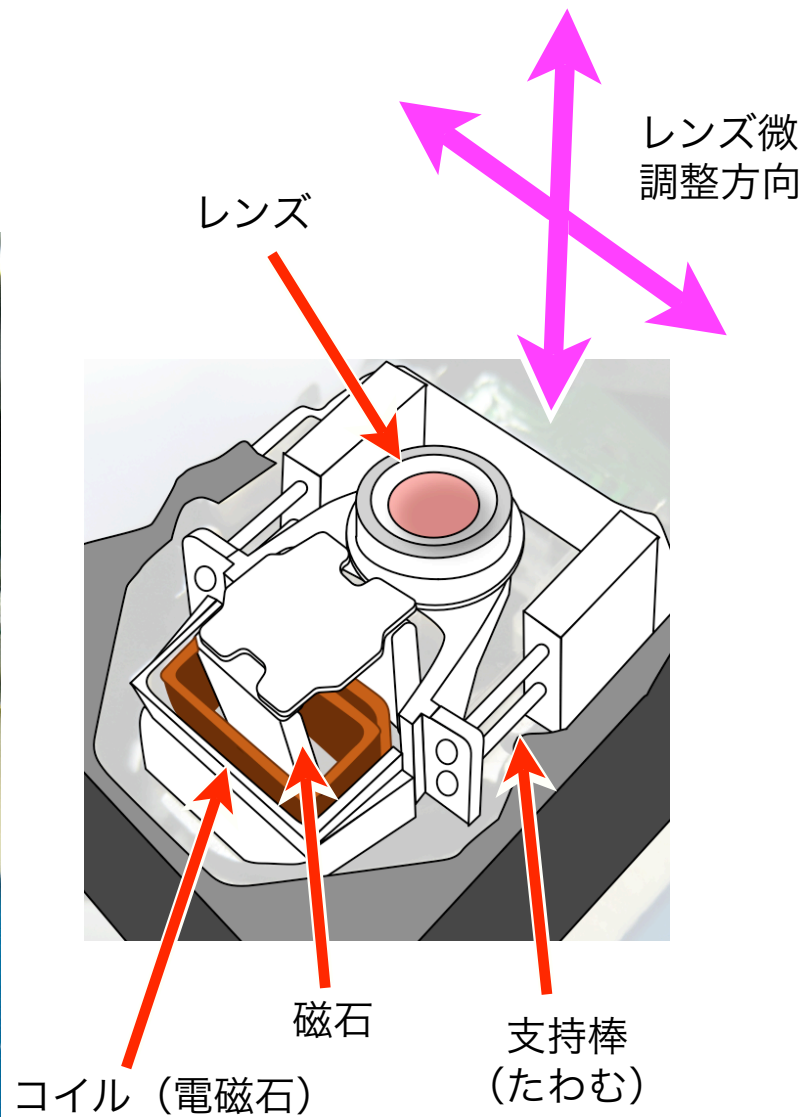
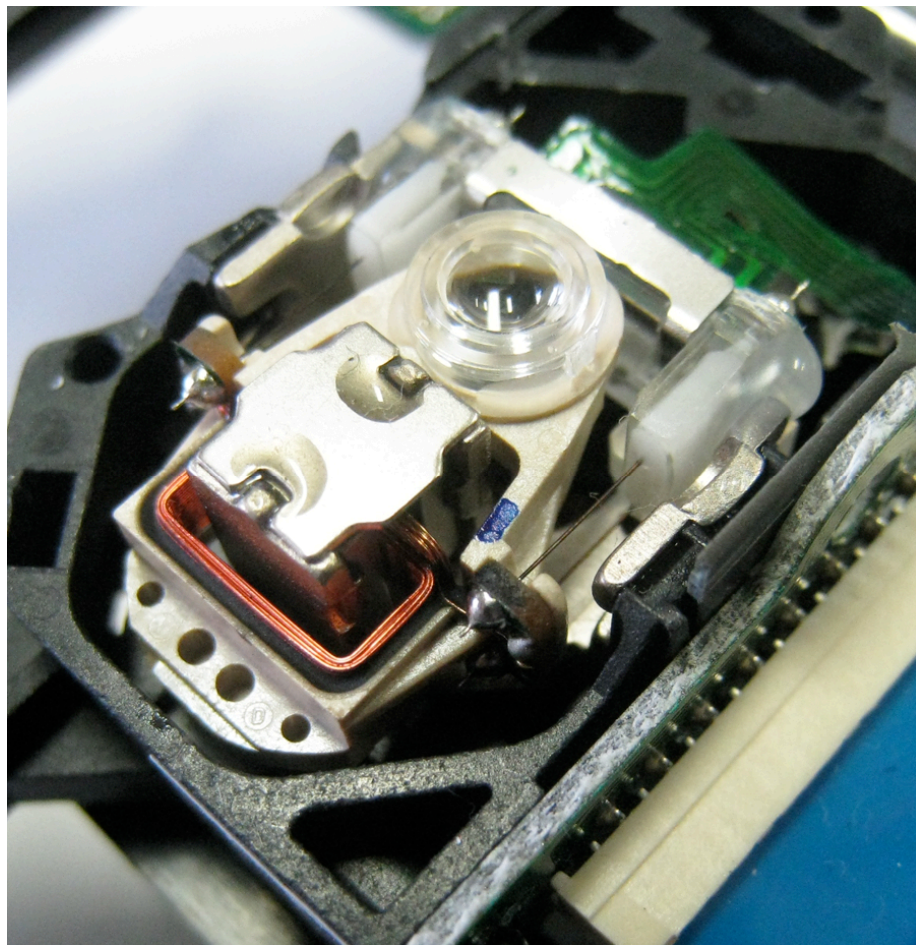
光ピックアップ

ディスク回転用モーター

CDドライブ



光ピックアップ



CD-R

- レーザーによる薄膜材料の化学変化を利用して記録
- 破壊的（焼き切るなど）変化であり、書き換え不可



CD-R

有機色素剤の影響で青い



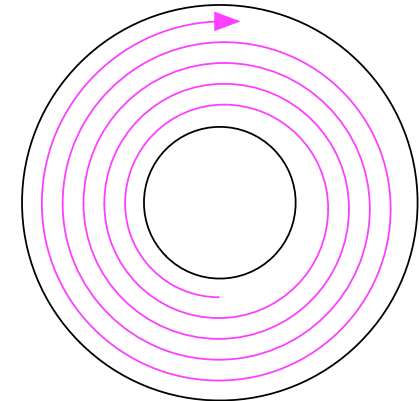
CD

アルミによる金属光沢

らせん状記録 (CD / CD-R)

- テープを円盤上に配置したようなもの
シーケンシャルアクセス向け
- 規格策定された 1980 年頃の技術の限界か？
サーボ、バッファアンダーフロー、etc..
- 大容量・安価な複製が第一目標

Macintosh 最上位モデルのディスク容量
1988 IIx - 80MB (同年CD-ROM発売)
1991 Quadra 900 - 160MB
1993 Quadra 840AV - 230MB
1994 PowerMac 8100/80 - 500MB
1995 PowerMac 9100/180MP - 2GB

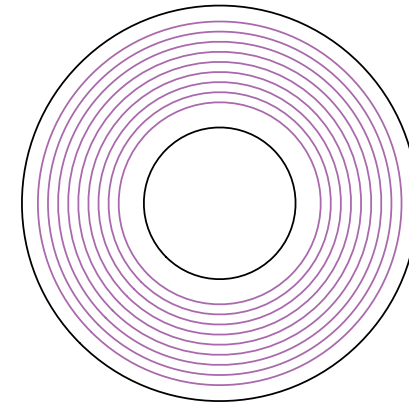


線速度一定に再生
(200~500rpm)

DVD (DVD-ROM) / DVD-R

- 4.7GB or 8.5GB (DVD-ROM 二層)
- 構造はCD/CD-Rに似る (*)
- 大容量化

より小さなピット
より狭いトラックピッチ
短い波長のレーザー



同心円状に記録する

* 差異はあるが、その詳細はここでは追わない