

コンピュータシステムA - ハードウェアを中心に -

---

#10 記憶素子（メモリ）の変遷

Yutaka Yasuda

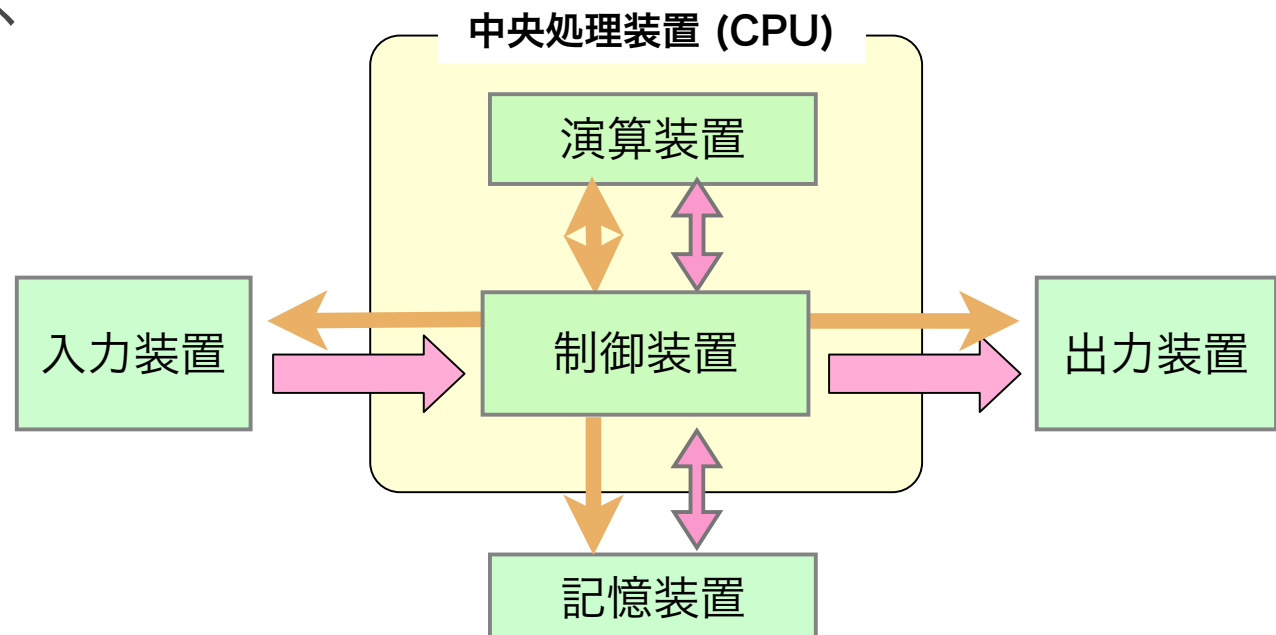
# 記憶素子（メモリ）

---

- 主記憶装置
- 高速性

磁気記憶装置は一般に低速→補助記憶装置に

- ランダムアクセス

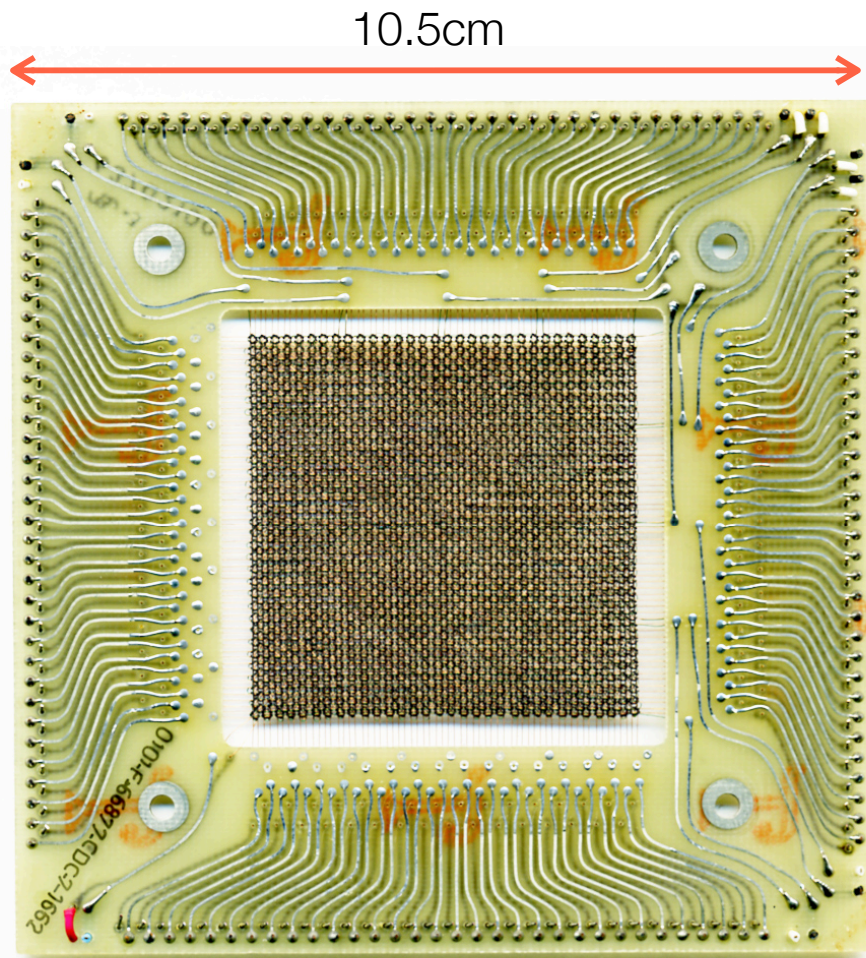


# メモリの歴史

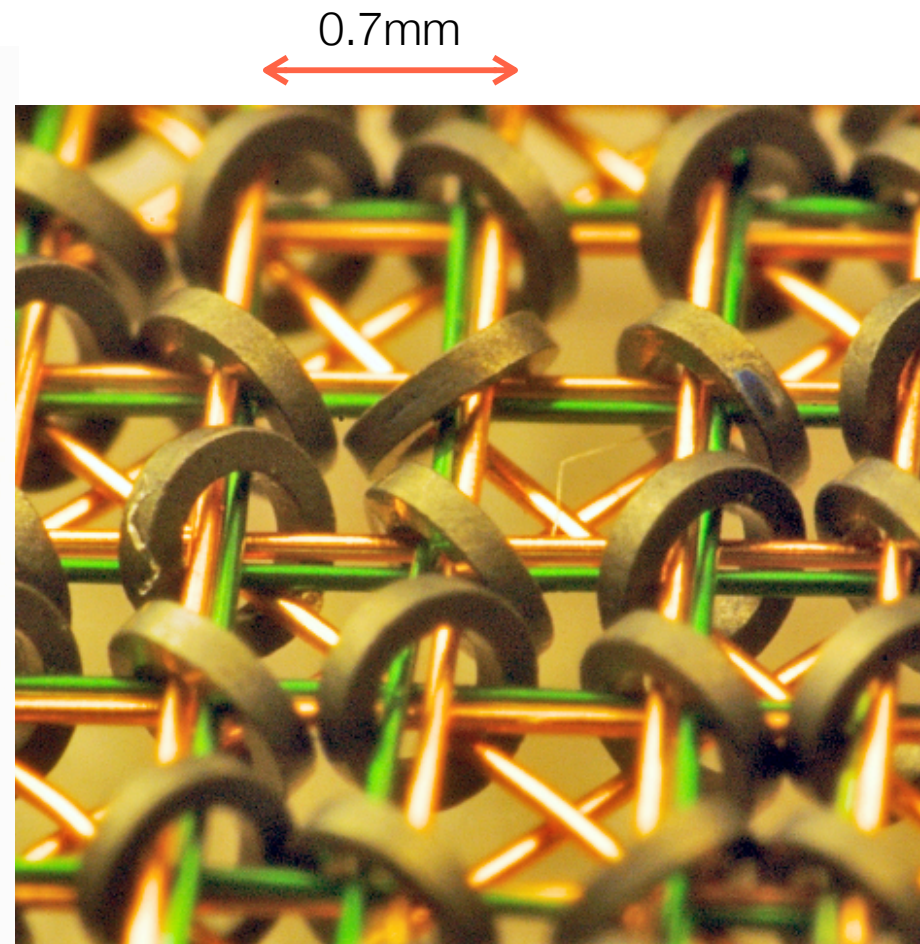
---

- 状態を保持できるものなら何でも
- 水銀遅延線
- CRTメモリ
- 磁気ドラム
- コアメモリ

# コアメモリ (1950~70頃)

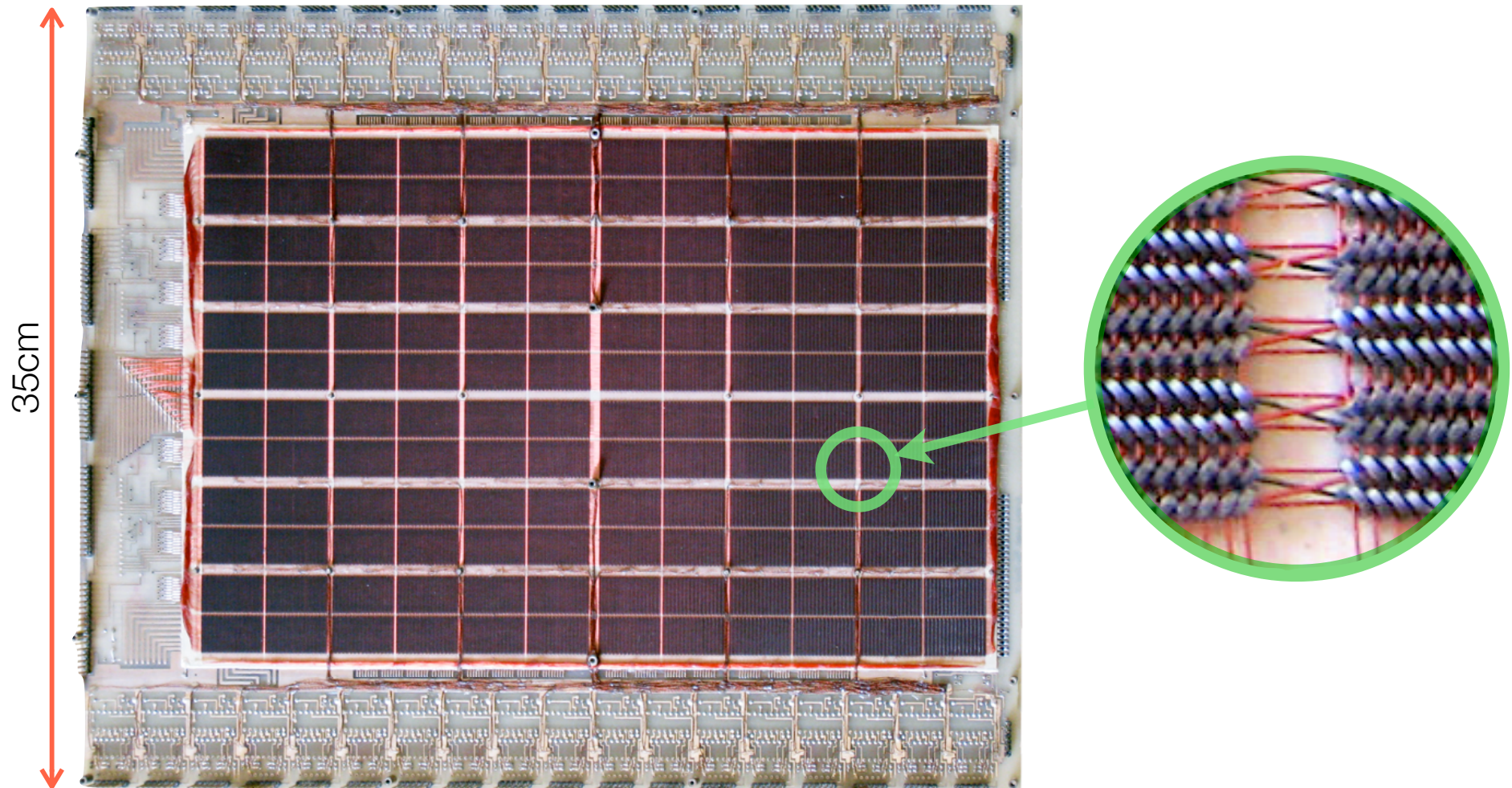


CDC 6600 (1964) core memory plane,  
4096 bits (64 x 64)





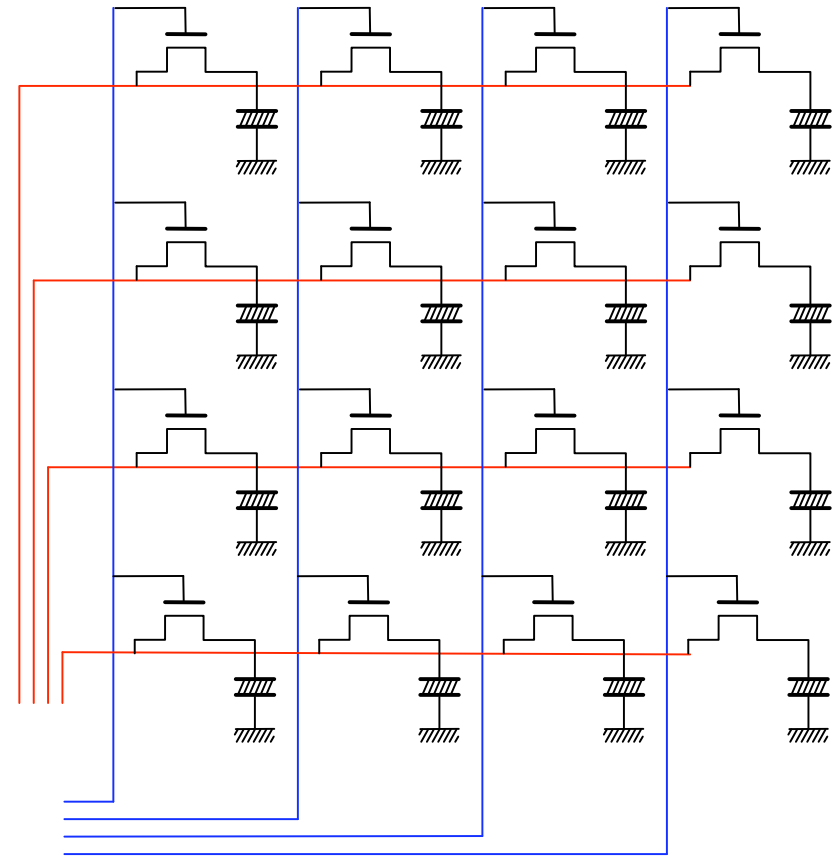
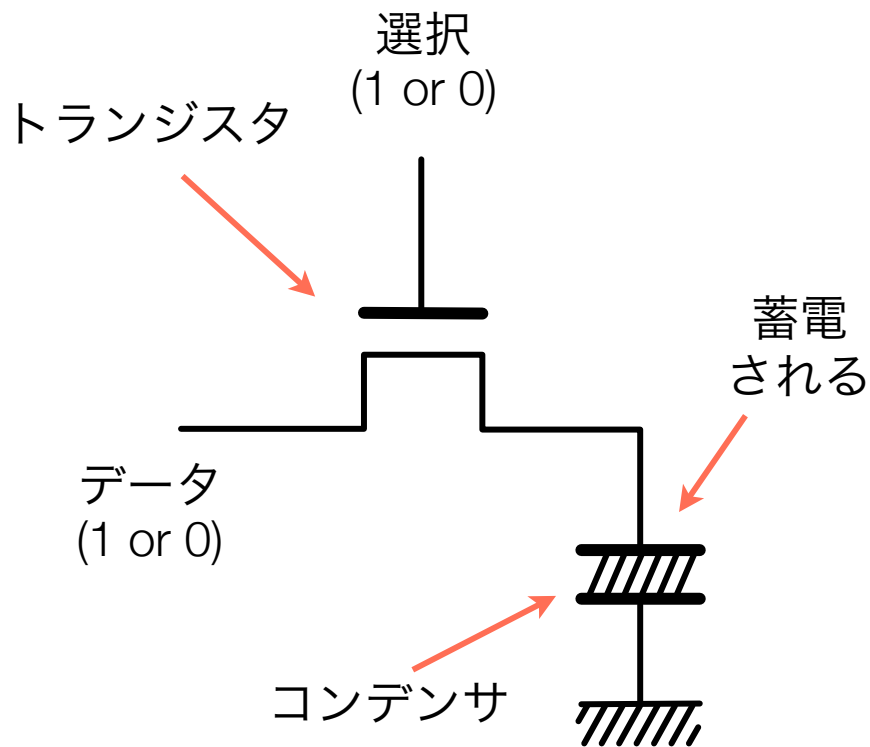
# コアメモリ (1950~70頃)



64KB (16bits x (32+4 parity) lines) CORE memory plane, CDC (AMPEX, 1981)

# DRAM (Dynamic RAM)

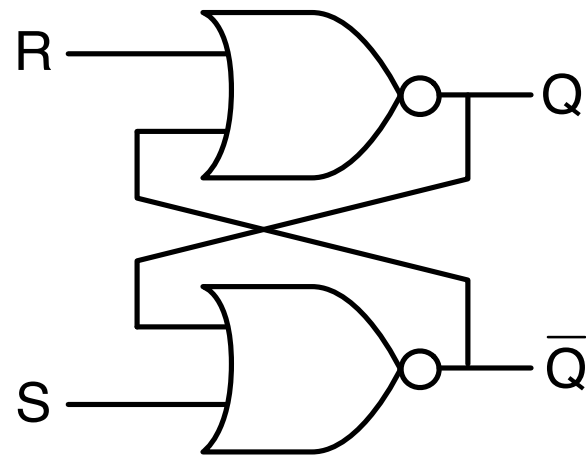
用語 (RAM) については後述



16bit (4bit x 4word) のDRAMセル回路

# SRAM (Static RAM)

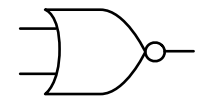
- 論理回路によって値を記憶する機能を構成
- 高速、低消費電力だが高価
- 高速性を要求される場面（キャッシュ等）で利用



## RSフリップフロップ

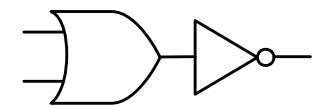
- 通常はS, Rともに 0
- Sが1になるとQは1になる
- Rが1になるとQは0になる
- 通常状態ではS, Rによる結果として設定された状態を記憶する

NORゲート



は

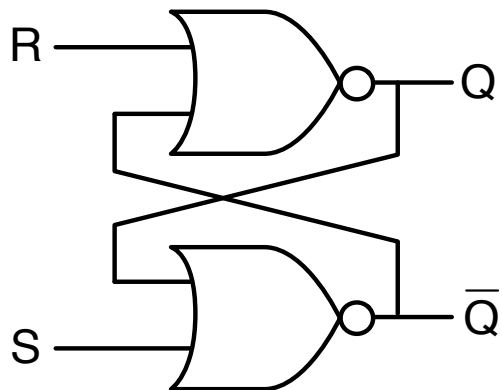
OR+NOT  
ゲートと等価



# フリップ・フロップ (flip flop)

---

- 組み合わせ回路：入力によって一意に結果を得るもの  
加算器など
- 順序回路：状態によって動作が異なるもの  
内部的に「状態」という入力を保持している  
カウンタ、フリップフロップ
- メモリ：状態を保持するもの  
最後に 0 or 1 のどちらを書き込んだか？



## RSフリップフロップ

- 通常はS, Rともに 0
- Sが1になるとQは1になる
- Rが1になるとQは0になる
- 通常状態ではS, Rによる結果として設定された状態を記憶する

ROM, PROM, Flash Memory



# ROM (Read Only Memory)

---

- (主として) 半導体によるメモリの一種  
書き替え不可能  
製造時に固定
- マスクROM  
焼き付ける回路パターンで内容を決める  
大量生産向け
- 不揮発性  
起動時に実行するプログラム(\*)等の保存場所として利用  
(\*PC用語としては BIOS などと呼ぶ)

# PROM (Programmable ROM)

---

- 消去・書き込みが可能  
ヒューズタイプ
- EPROM (Erasable PROM)  
紫外線  
電気式 (EEPROM, Electrically EPROM)
- RAM としては使えない  
書き替え所要時間が長い  
書き込み制限回数が低い



UV-EPROM

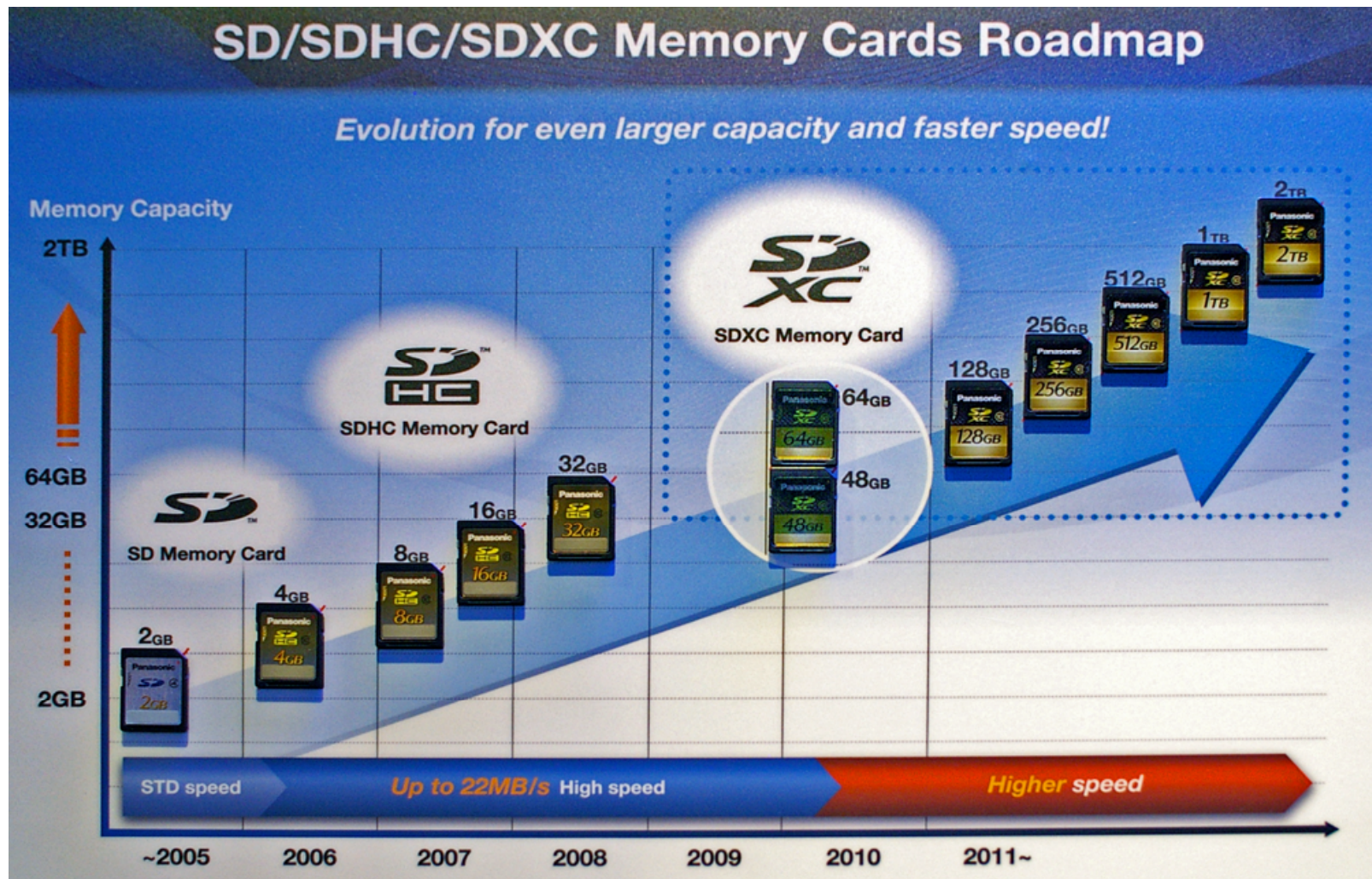
# Flash Memory

---

- EEPROM（電氣的に書き替え可能な ROM）の改良
- 1980, 舛岡富士雄（東芝）による発明
- 大容量・安価（≒需要が大きい）
- 不揮発
- 欠点
  - ブロック単位の書き替え
  - 書き込み回数制限（数万回程度）
- 補助記憶としてHDDを猛追中
  - 多値 (0 or 1 ではない) の製品あり



# Flash Memory



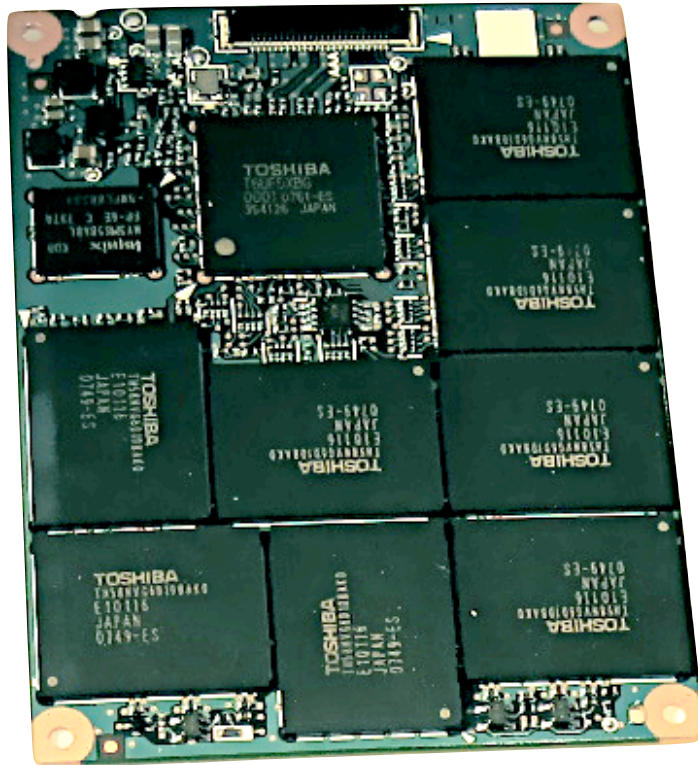
SD card (2GB ~ 2TB), 2010 Jan, CES at Las Vegas



# Flash Memory

---

1.8inch ドライブサイズのハードディスク互換製品



SSD (Solid State Drive)  
64GB or 128GB



Harddisk  
80GB

2008 Jan, CES at Las Vegas



# 用語の問題：RAM, ROM

---

- RAM (Random Access Memory)

任意の位置にあるメモリの読み出し

書き替え可能

揮発性

- ROM (Read Only Memory)

読み出し専用メモリ

ランダムアクセス可能

不揮発性

- PROM (Programmable ROM)

通常時は読み出し専用として利用

特殊な処置（大電流等）によって書き替え可能

不揮発性

- Flash Memory

書き替えが高速かつ容易

不揮発性

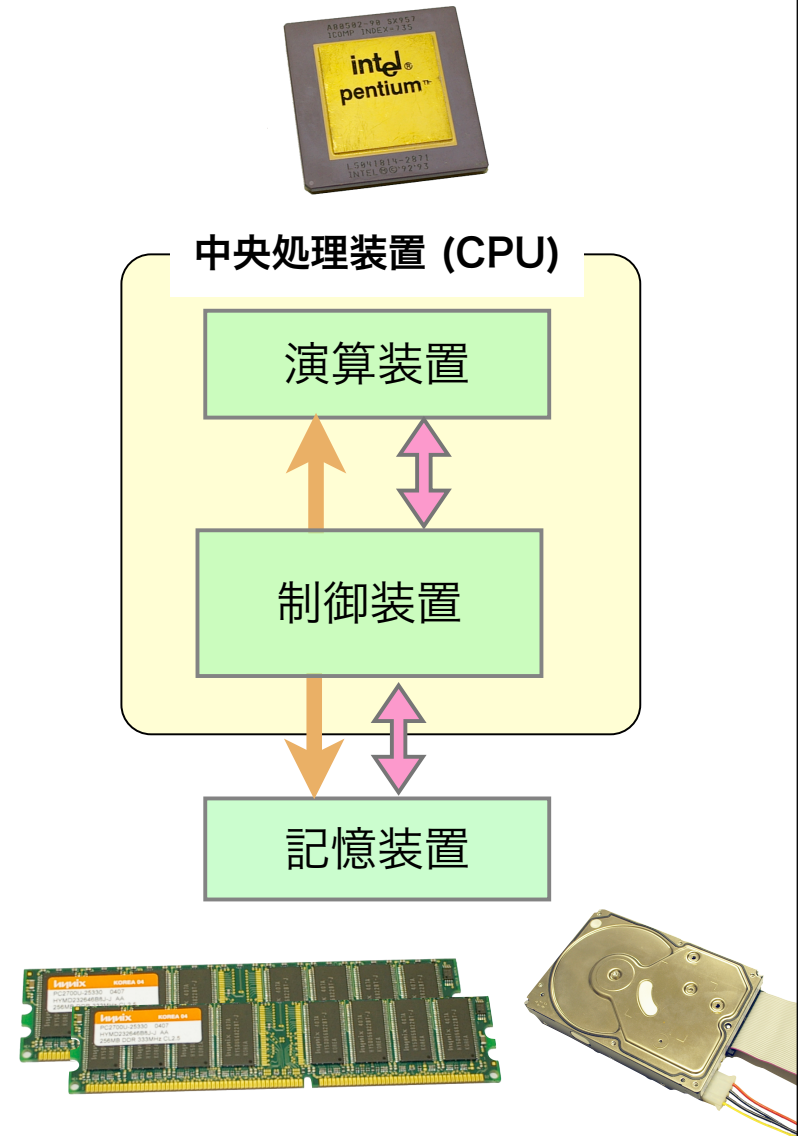
補助記憶装置としての利用

ROM, RAM という語で厳密な機能の分類を行うことは難しい

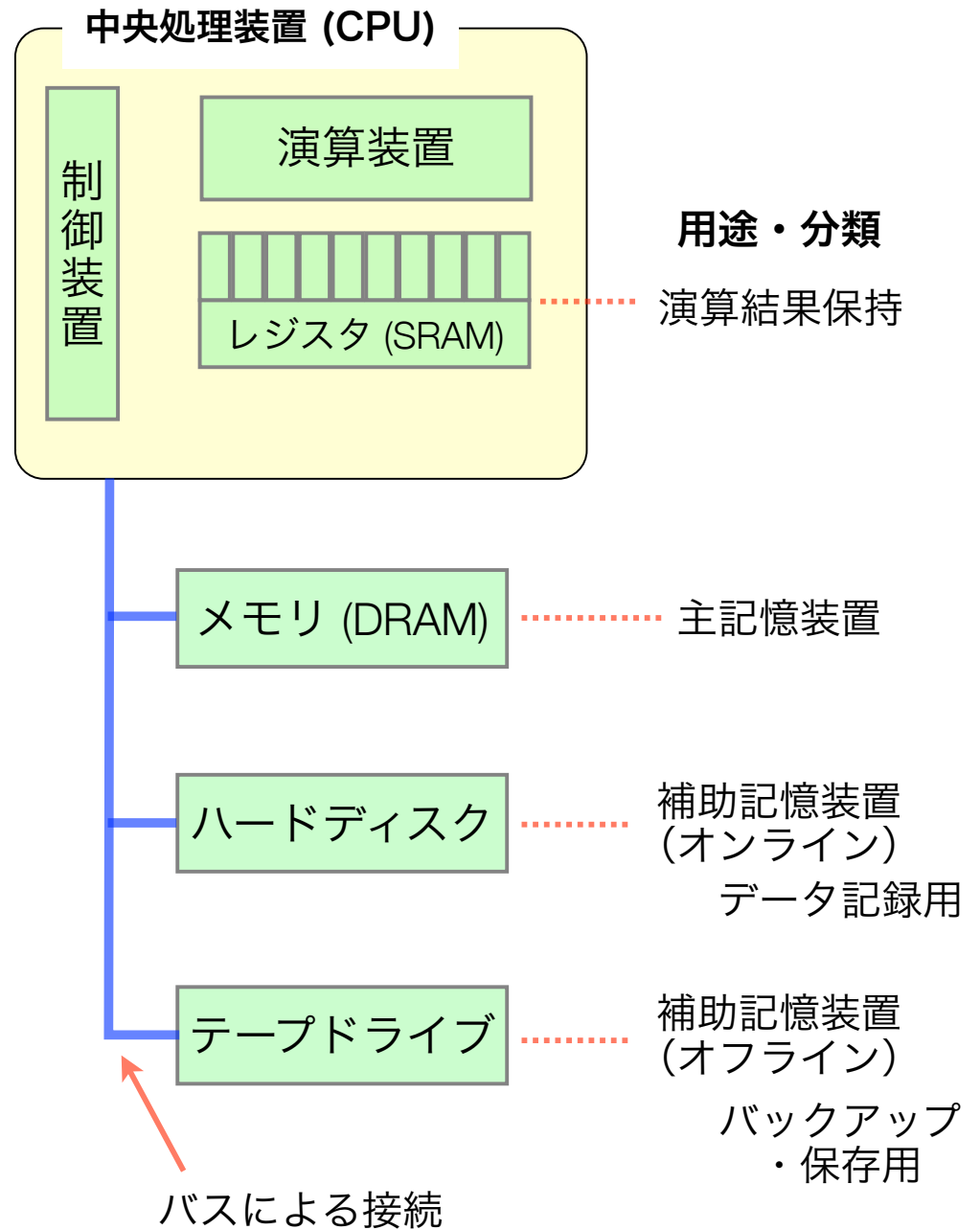
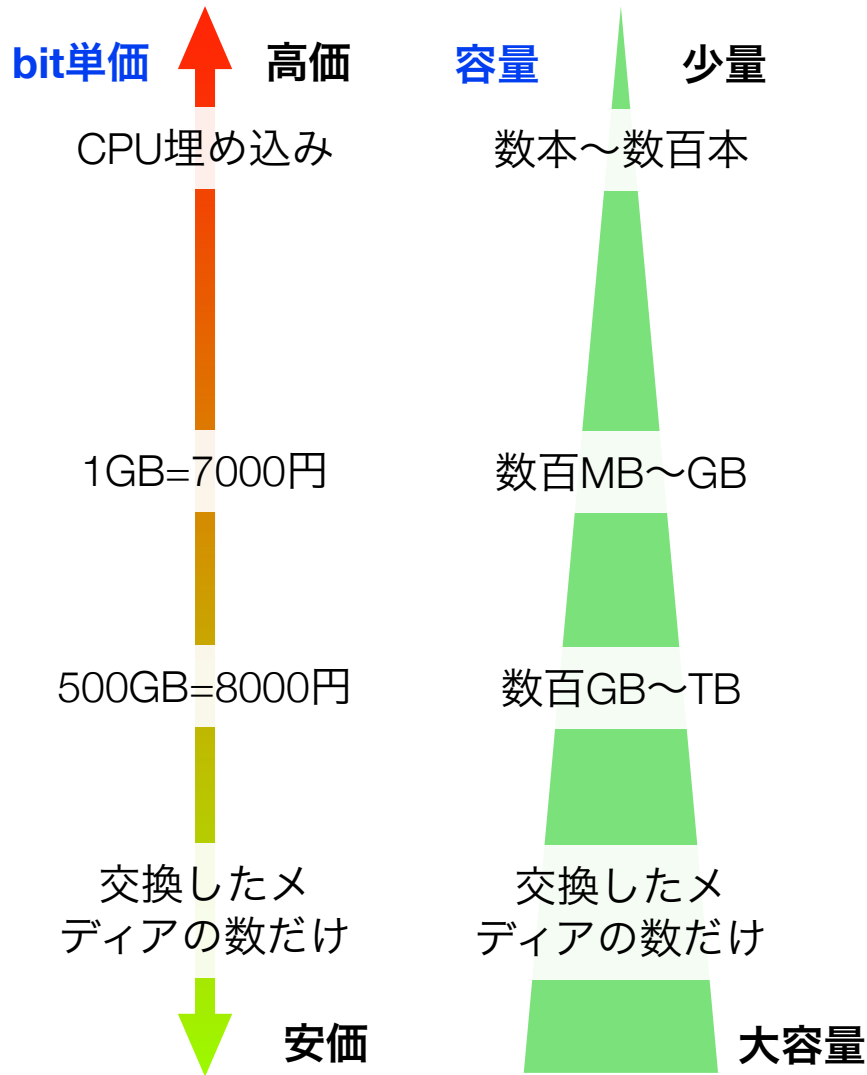
# メモリの階層構造

# 記憶装置の階層構造

- 使い分け
  - 二種類の記憶装置
- 補助記憶装置（ハードディスク）
  - 不揮発性：プログラムやデータの保存場所
  - データを利用する時はメモリに移す
- 主記憶（メモリ）
  - 高速性：実行中のプログラム、作業データを格納

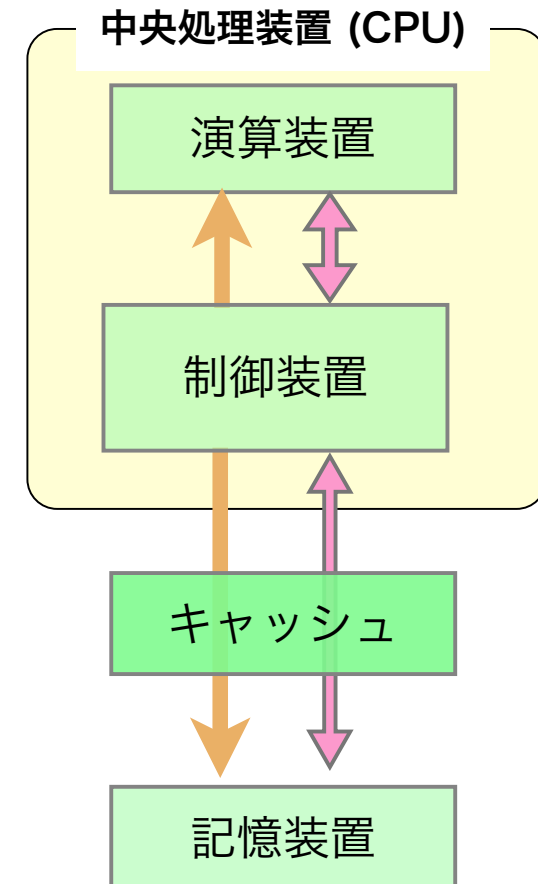


# メモリの階層構造



# キャッシュメモリの役割

- Cache (Cash ではない)
- 主記憶装置に透過的に機能
  - メモリの内容を覚えられるだけ覚えておこう (すると遅い主記憶に聞かずに済む)
- 少量だが高速
  - Core2 Extreme では 4MB 程度
- メモリ利用の局所性を利用
  - プログラムは同じところを頻繁に読み書きする事が多い



多段構成もあり得る (L1, L2, L3)  
幾らかはCPU内に置く事が多い



# キャッシュについてもう少し

---

- 原理

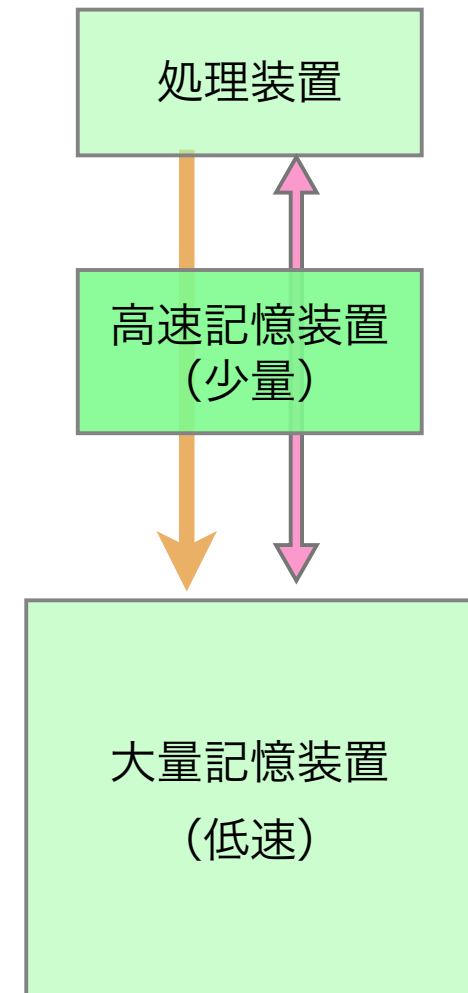
1. 大量だが低速なデータのコピーを
2. 少量でも高速なところに配置

- 目的

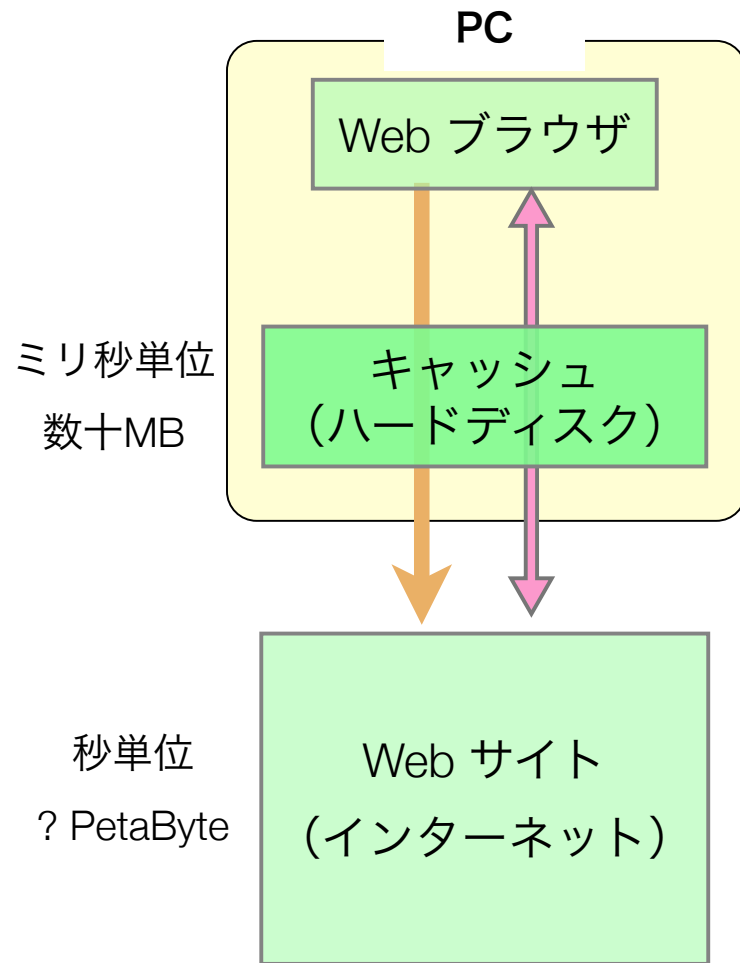
アクセス時間（遅延）の短縮

- 条件

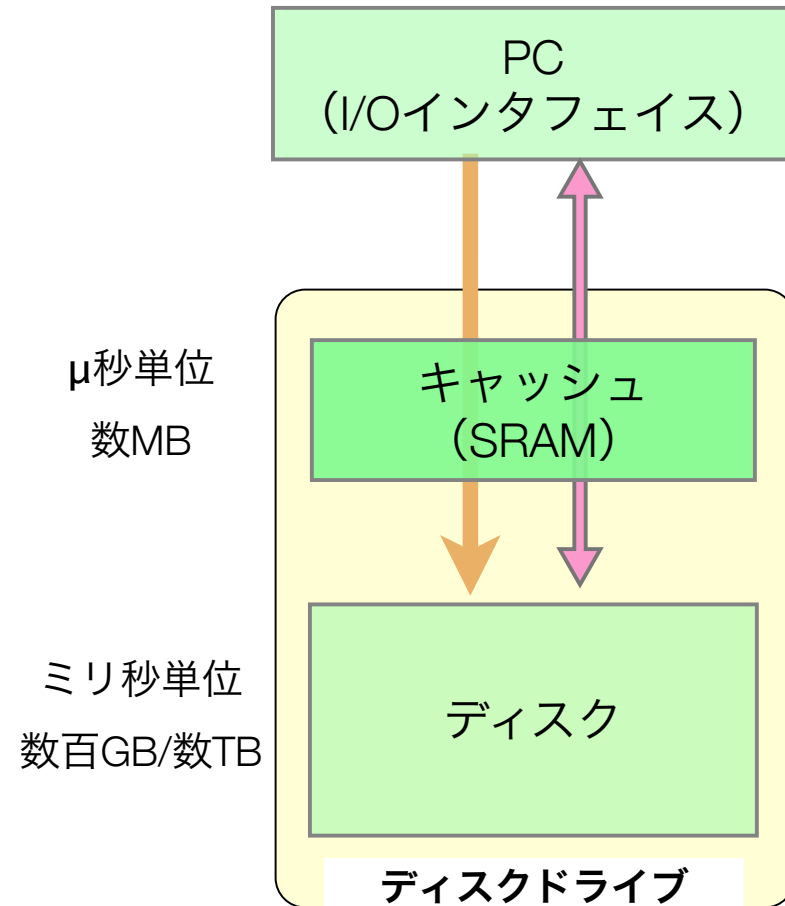
1. 更新が少ない（コピーが良い）
2. 繰り返し読み出す必要がある



# メモリ以外のキャッシュの例

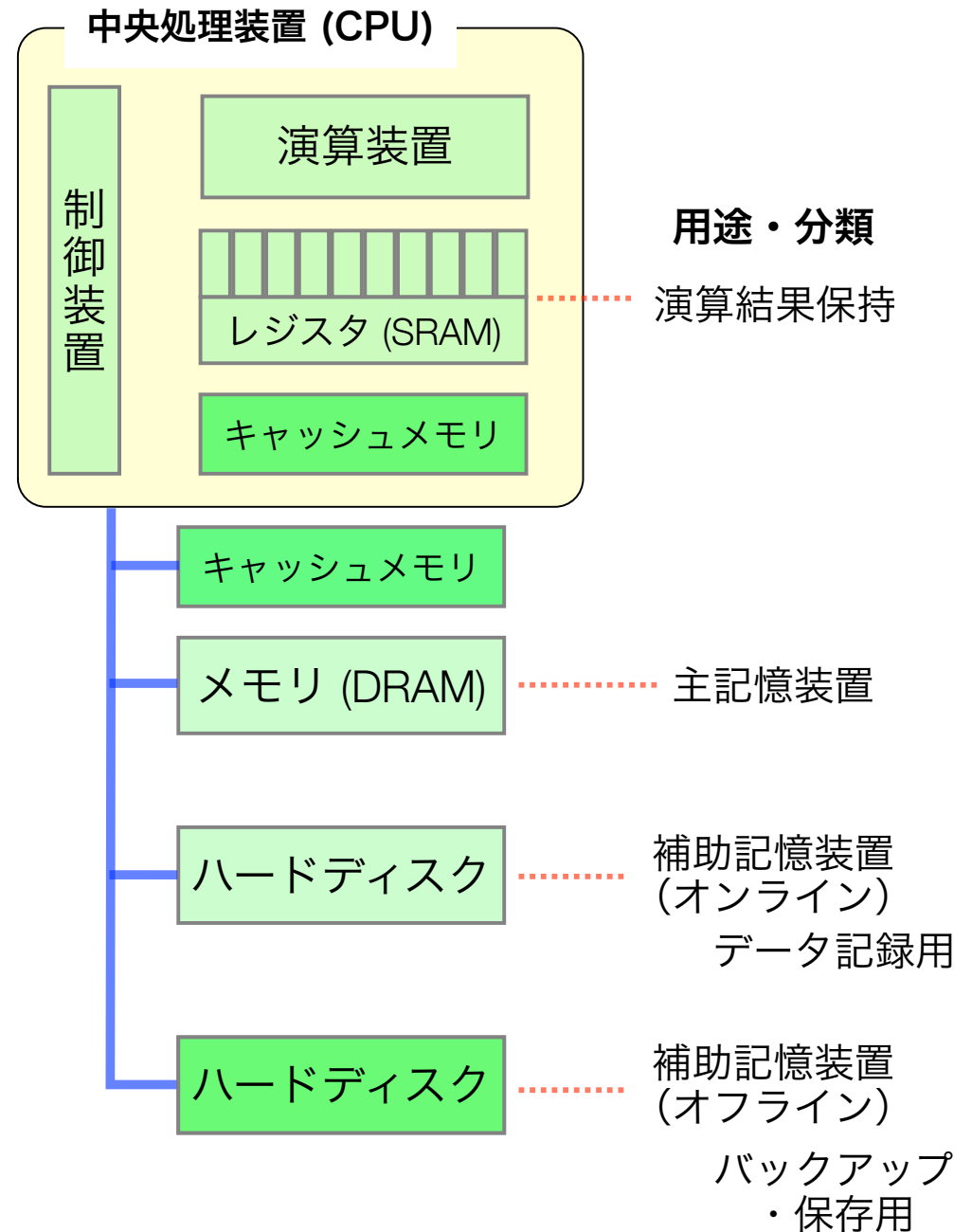
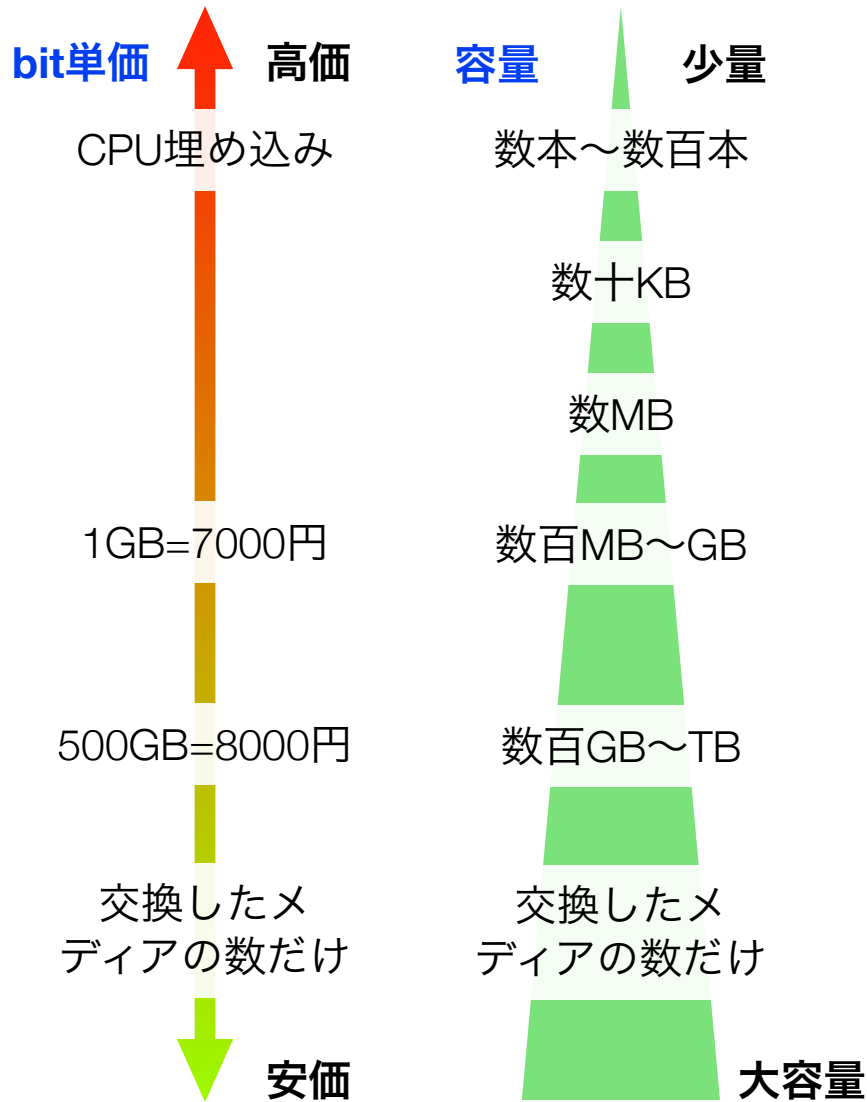


一度見たWebページの内容を覚えておく

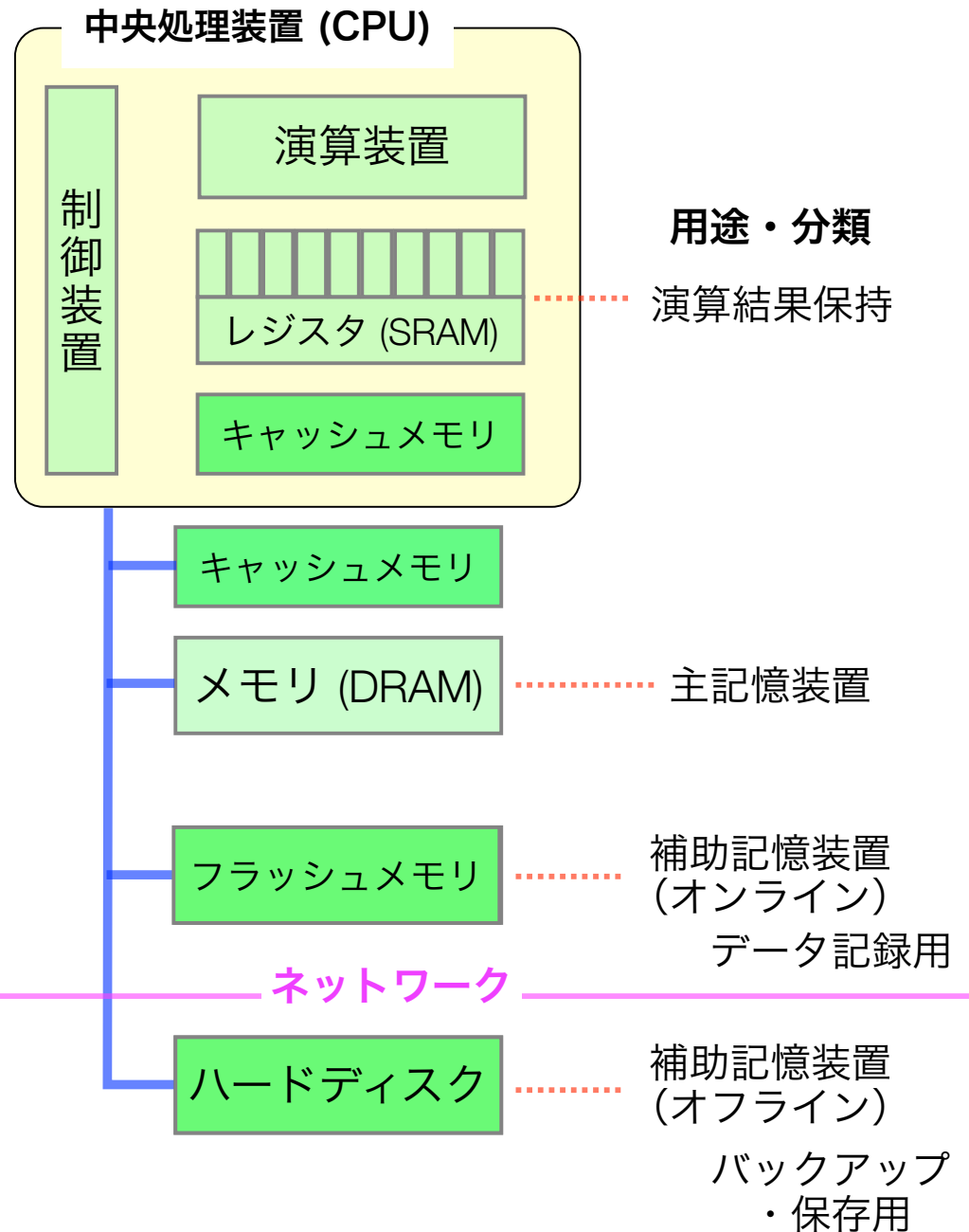
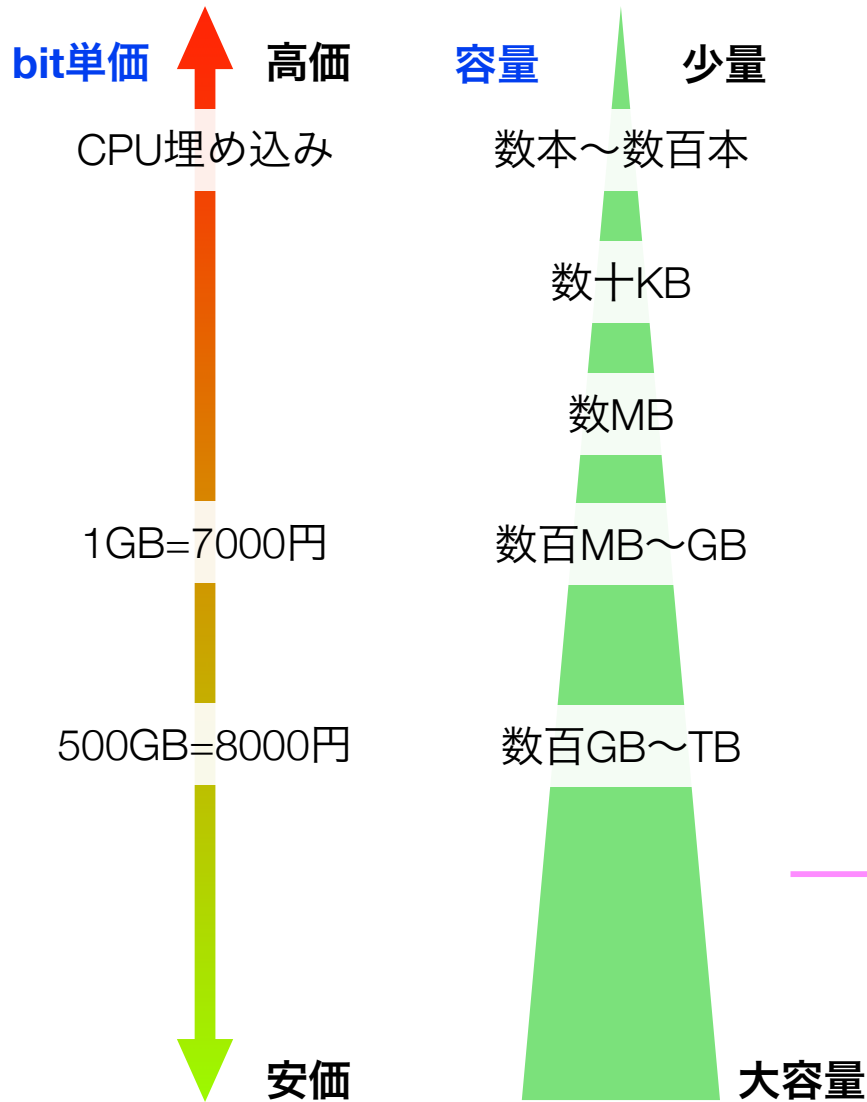


一度アクセスしたデータの内容を覚えておく

# メモリの階層構造



# メモリの階層構造



将来のメモリ

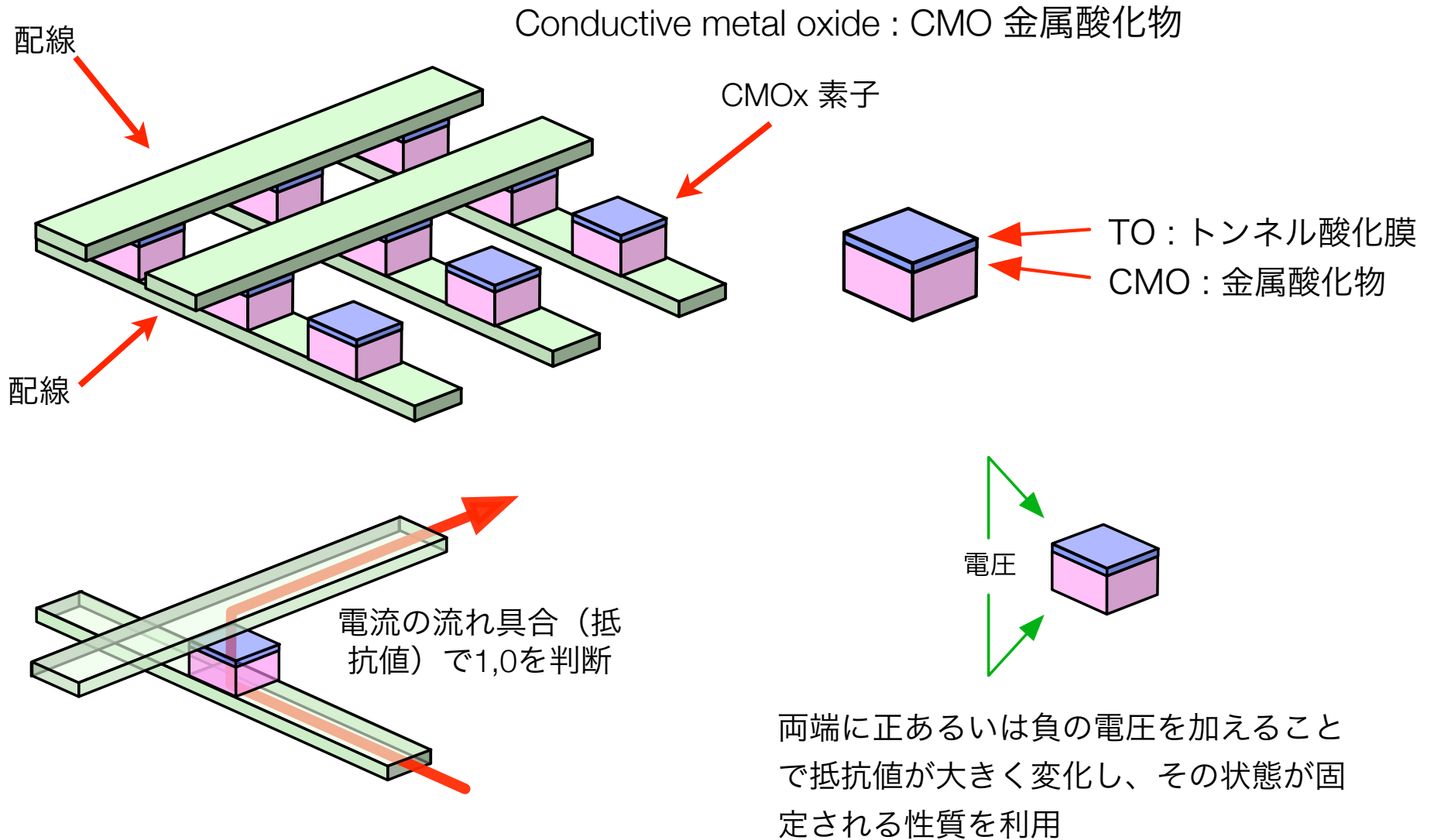


## 抵抗変化型メモリ (ReRAM, RRAM)

---

- 金属酸化物の抵抗値による記憶（原理解明は完全でない）
  - 低消費電力（書き込み 1 $\mu$ A未満）
  - 大容量
  - 不揮発性
  - 非破壊読み出し（リフレッシュ不要）
  - 三次元配置が容易
- NAND Flash を代替する補助記憶として有望
  - 64Mbit 品が ISSCC 2010 に登場（Unity 社）
  - 書き替え回数 5000 回程度に（超多値 NAND 並）

# 抵抗変化型メモリ (ReRAM, RRAM)



# MRAM (Magnetoresistive RAM)

---

- 磁気による記憶 (スピントロニクスの応用)

高速

大容量・低コスト

不揮発性

非破壊読み出し (リフレッシュ不要)

書き替え回数制限なし

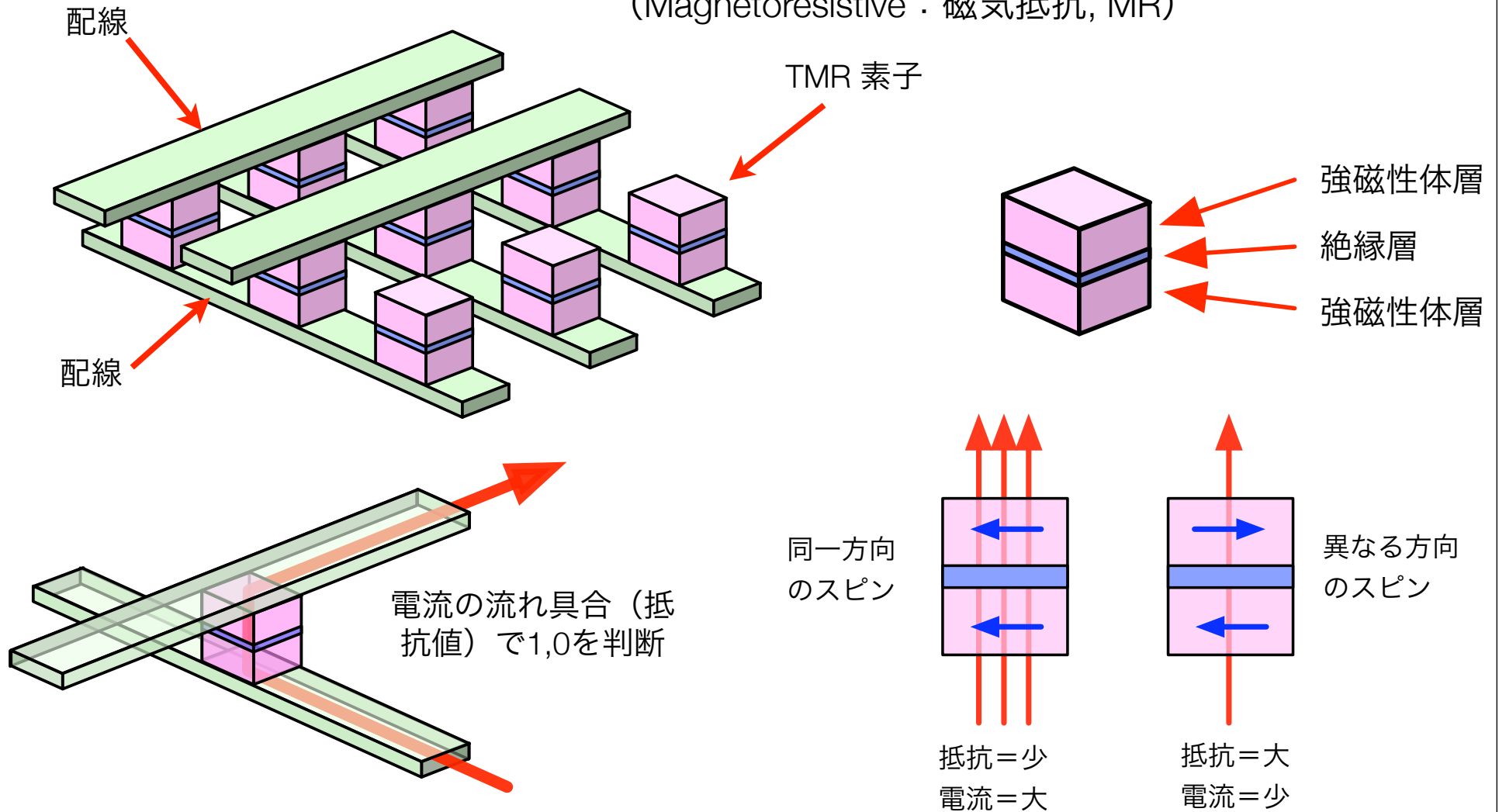
- 2006.7 に Freescale が一般向けに量産

4Mbit (16bit x 256K), 35ns

- 主記憶・補助記憶として有望

# MRAM (Magnetoresistive RAM)

(Magnetoresistive : 磁気抵抗, MR)



# 新世代のメモリ

---

- 不揮発性

「起動」という概念の変化

回転デバイスの退場

- 新しい技術

まだ底を試していない

- もっと多くのデータを使う生活、とは？