



# コンピュータアーキテクチャ 2024

## メモリアーキテクチャ 半導体メモリと記憶階層

堤 利幸

# 記憶装置の性能指標



半導体メモリの性能は、記憶容量とアクセス速度で決まる。

- ・ 記憶容量が大きい。
- ・ アクセス速度が速い。

## 記憶容量とアクセス速度の補助単位

容量の補助単位[byte, bit]	意味
K (kilo)	$2^{10} = 1024 \approx 10^3$ (千)
M (mega)	$2^{20} = 1024K \approx 10^6$ (百万)
G (giga)	$2^{30} = 1024M \approx 10^9$ (十億)
T (tera)	$2^{40} = 1024G \approx 10^{12}$ (兆)
P (peta)	$2^{50} = 1024T \approx 10^{15}$ (千兆)
E (exa)	$2^{60} = 1024P \approx 10^{18}$ (百京)
Z (zeta)	$2^{70} = 1024E \approx 10^{21}$ (十垓)
Y (yota)	$2^{80} = 1024Z \approx 10^{24}$ (穰)

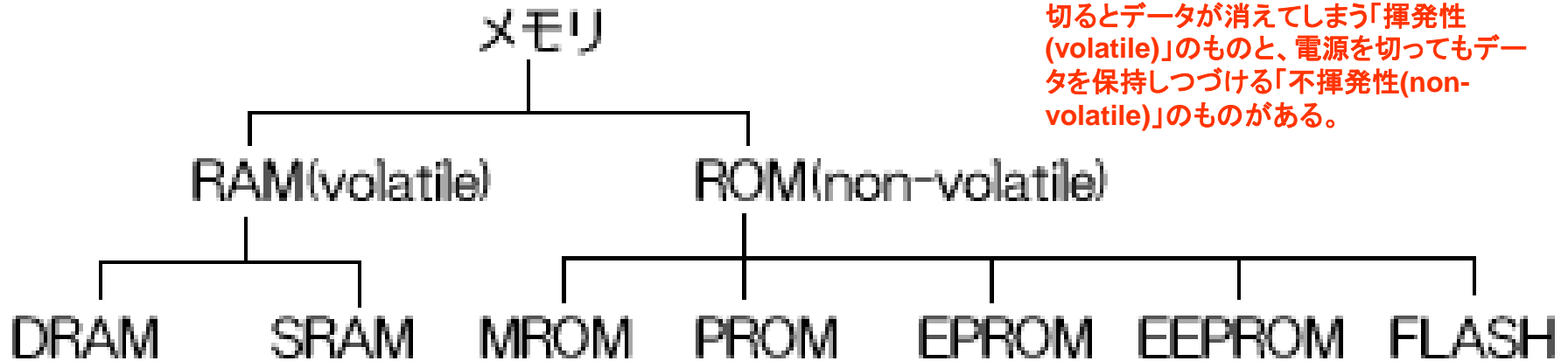
速度の単位[sec]	意味
m (mili)	$10^{-3}$
$\mu$ (micro)	$10^{-6}$
n (nano)	$10^{-9}$
p (pico)	$10^{-12}$
f (femto)	$10^{-15}$
a (atto)	$10^{-18}$
z (zepto)	$10^{-21}$
y (yocto)	$10^{-24}$

**1TeraByte = 1000年以上の新聞情報が入る**

# 半導体メモリの種類



メモリは大まかに二つに分けられ、電源を切るとデータが消えてしまう「揮発性(volatile)」のものと、電源を切ってもデータを保持しつづける「不揮発性(non-volatile)」のものがある。



# 半導体メモリ RAM と ROM

---



# SRAM CELL



## ● SRAM ( Static RAM )

### データの記憶方法

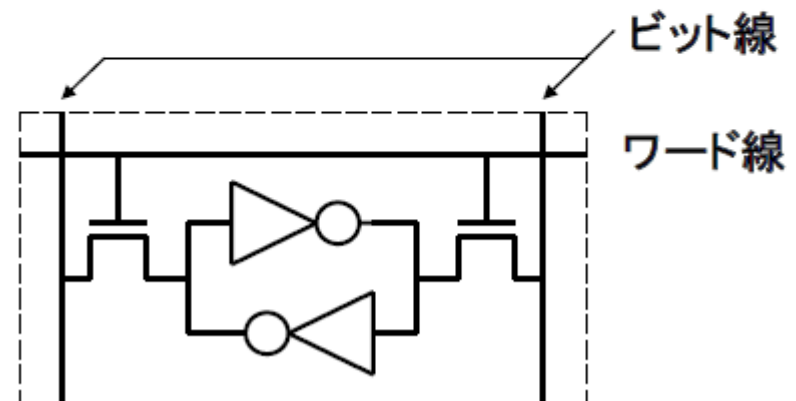
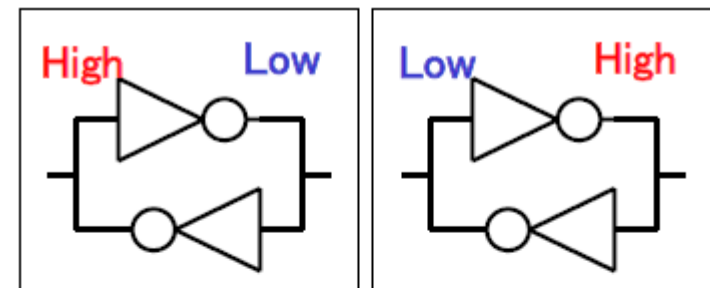
- フリップフロップ回路(T6)で構成
- 論理レベルで”1”, ”0”を記憶
- リフレッシュは不要

#### (1) 記憶の原理

2個のインバータループが2通りの安定な状態を有することを利用する。

#### (2) 特徴

- 一般のCMOSロジックプロセスと親和性が良い。
- ビット(true-bar)が2本のため、差動動作を用いてアクセスが高速(但し、セル面積が大きい)
- 電源が入っていない状態では記憶を保持できない(揮発性)



SRAMセルの構造

# SRAM ARRAY



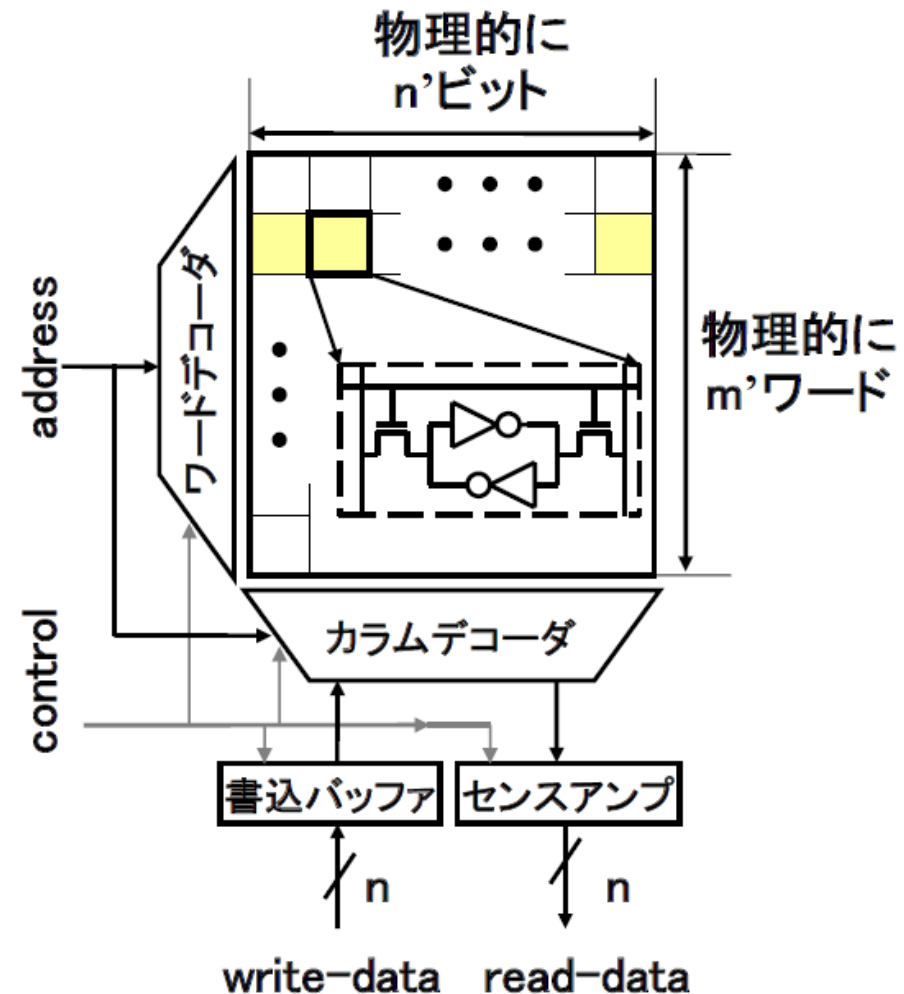
## (1) アレイの原理

アレイ中のワード線を1本Highにして1ワードのメモリセルを選択状態にしてリード(または)ライトする。

## (2) カラム方向の折り返し

外部仕様上,  $m$ ワード,  $n$ ビットのメモリになる。

$$m \times n = m' \times n'$$



# DRAM CELL



## ● DRAM ( Dynamic RAM )

### データの記憶方法

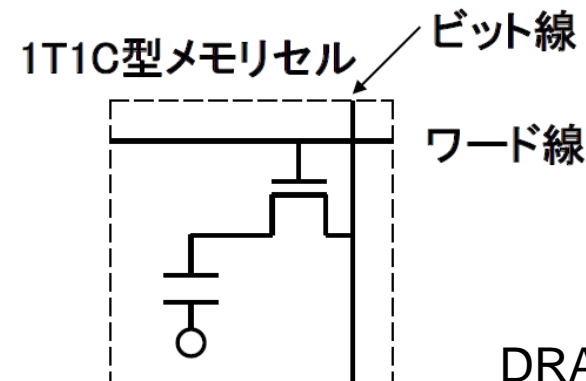
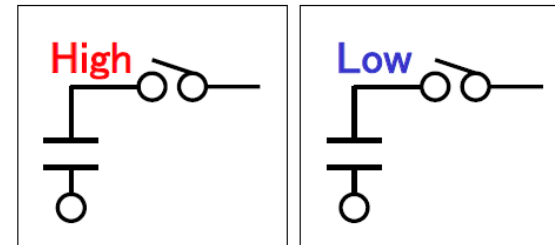
- トランジスタ1個とキャパシタ1個 (T1C1)で構成
- キャパシタに蓄えられた電荷で"1","0"を記憶
- リフレッシュ動作が必要

#### (1) 記憶の原理

キャパシタに情報値を保持する.

#### (2) 特徴

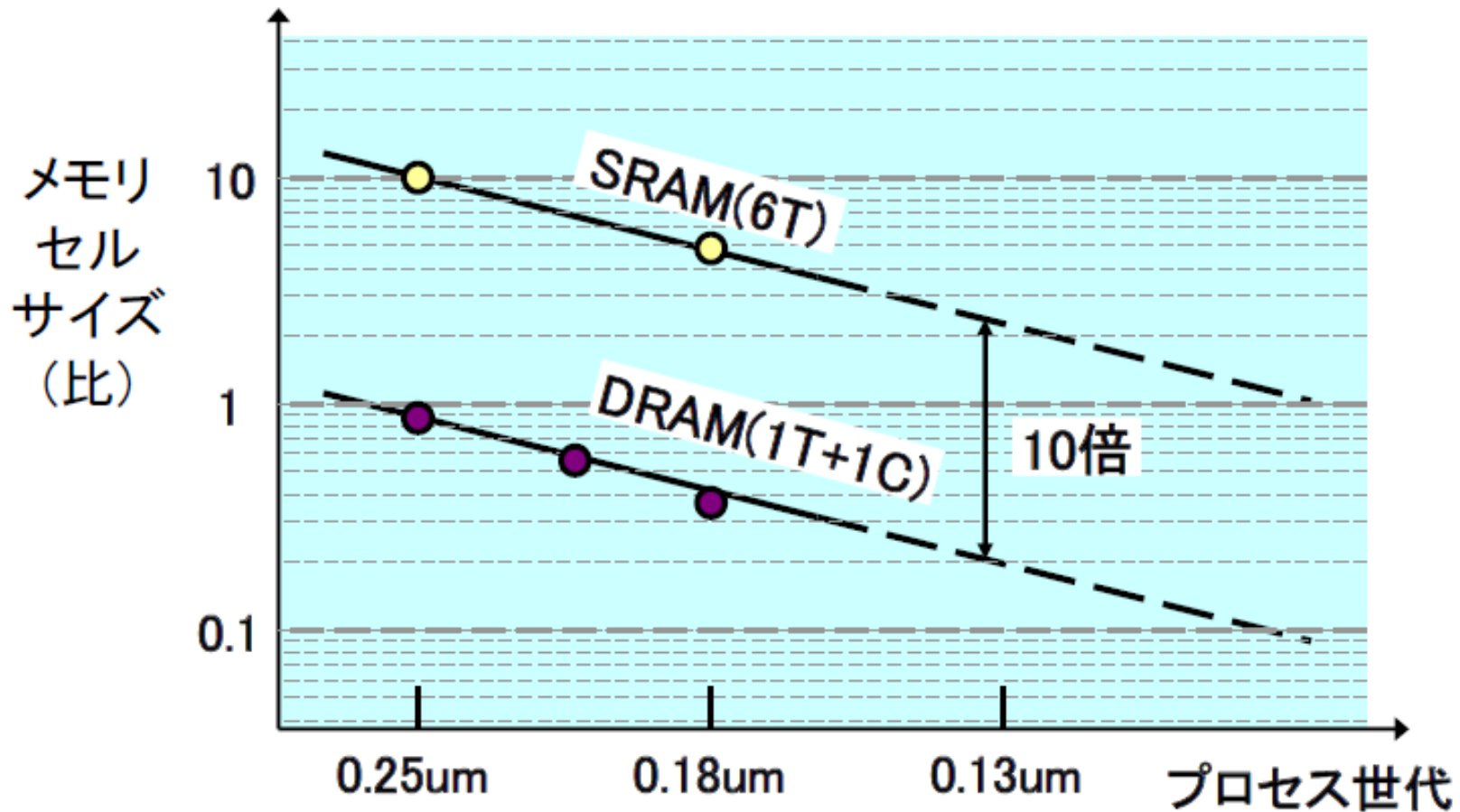
- a. 容量を形成するための一般のロジックとは相異なるプロセスが必要.
- b. セル面積が小(但し, アクセス時間は遅い)
- c. 電荷が時間とともに抜けていくので, リフレッシュ要.
- d. 破壊読み出し(読み出し後に再書き込みをする)



#### リフレッシュ動作

電荷は時間とともに減少するため、放っておくと一定時間で放電しきって情報を失ってしまう。これを防ぐため、DRAMには一定時間ごとに再び電荷を注入する「リフレッシュ」動作を行なう必要がある。通常は、一つの行アドレスにつき15マイクロ秒から60マイクロ秒程度のリフレッシュサイクル(リフレッシュ動作を行なう間隔)で電荷を補充する。

# SRAM vs DRAM ビットコスト比較





# 半導体メモリ SRAM vs DRAM

---



# 半導体メモリ ROMの種類



## ● ROM ( Read Only Memory )

あらかじめプログラムやデータを書き込んでおき、コンピュータからは、通常、内容を読み出すだけに利用する不揮発性メモリ

### ● マスクROM

書き換え不可能

メーカーの工場ではしか記憶内容の設定ができないROM

### ● ユーザプログラマブルROM

ユーザが書き換え可能

ユーザ側でも内容の書き換えができるROM

#### ● PROM ( Programmable ROM )

ROMライターを使って内容を1度だけ記憶させることのできるROM

#### ● EPROM ( Erasable Programmable ROM )

紫外線照射によって何度でも内容の書き換えが可能なROM

#### ● EEPROM ( Electrically Erasable Programmable ROM )

電気的操作によって何度でも内容の書き換えが可能なROM

#### ● フラッシュメモリ

フラッシュ型EEPROMともいう。電氣的に1バイトずつ書き込みや消去を行うEEPROMに対し、フラッシュメモリでは一括して、または一定のまとまり単位で電氣的に書き込みや消去が可能。EEPROMよりも安価なため、パソコン用のカードメモリなどに利用されている。



コンピュータの記憶装置はどのようなメモリアーキテクチャに基づいて作られているのか？

メモリの性能指標は、アクセス速度と記憶容量である。

- ① 高速 大容量
- ② 高速 小容量
- ③ 低速 大容量
- ④ 低速 小容量

速度と容量は両立しないのが普通！







# クイズ



RAM	構造	特徴	記憶 容量	アクセス 速度	消費 電力	価格/ ビット	用途
SRAM							
DRAM							



## 第2回レポート: SDD (Solid State Drive)の調査

提出期限: 2024年7月4日 (木) 午前09時00分

提出内容: 「SDD (Solid State Drive)」について調査し,  
縦A4サイズ5頁以上  
(文字サイズは原則10.5ポイント以下)  
でレポートしなさい.

提出方法: Oh-o! Meiji System「コンピュータアーキテクチャ」の授業の  
ポータルサイトにアップロードすること.

提出ファイル形式: PDFファイル形式

注意:

- 図表などを引用した場合はその各図表の  
タイトル(キャプション)毎に出展を必ず記載すること.
- 参考文献を必ず記載しておくこと.
- Web, ChatGPT等の丸写しや他人と同じ内容のレポートは 0点.
- 提出遅れ1週間までは 50%割引で評価し,  
1週間以上の提出遅れのレポートは 0点と採点する.

以上

