

WG12 ERD

新探求デバイス・材料

—2020年に向けて情報処理デバイスを考える—

平本俊郎
東京大学生産技術研究所

- 1 . ERDの目的とスコープ
- 2 . 新探求メモリとロジック
- 3 . メモリとロジックの評価
- 4 . ERDの指導原理

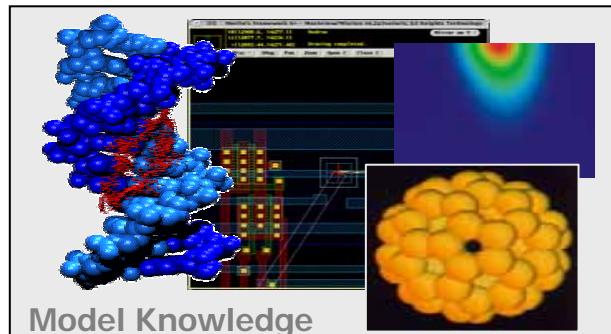
2005年版の新しい動き

- 1 . ERDが単独の章として独立
- 2 . ノンクラシカルCMOSの節がPIDSへ
Beyond CMOSの考え方方がより鮮明に
- 3 . Emerging Research Materials
新材料がデバイス機能に与える影響が大
- 4 . Variable States の議論
電荷以外を用いるデバイスを積極的に議論

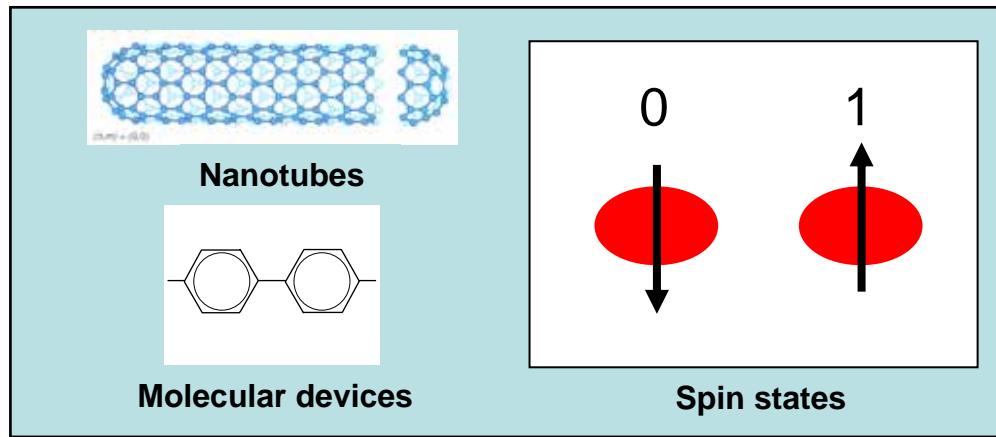
ERDの目的

- 1 . 極限CMOSを超える情報処理へのアプローチ
- 2 . 2020年までに実用化される新情報処理デバイスの同定

2005年版ERDのスコープ



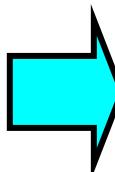
新材料



新情報処理のコンセプト

求められる機能

- **要求される特性:**
 - スケーラビリティ
 - 性能
 - エネルギー効率
 - 利得
 - 信頼性
 - 室温動作
- **望まれる特性:**
 - CMOSプロセスとの互換性
 - CMOSアーキテクチャとの互換性



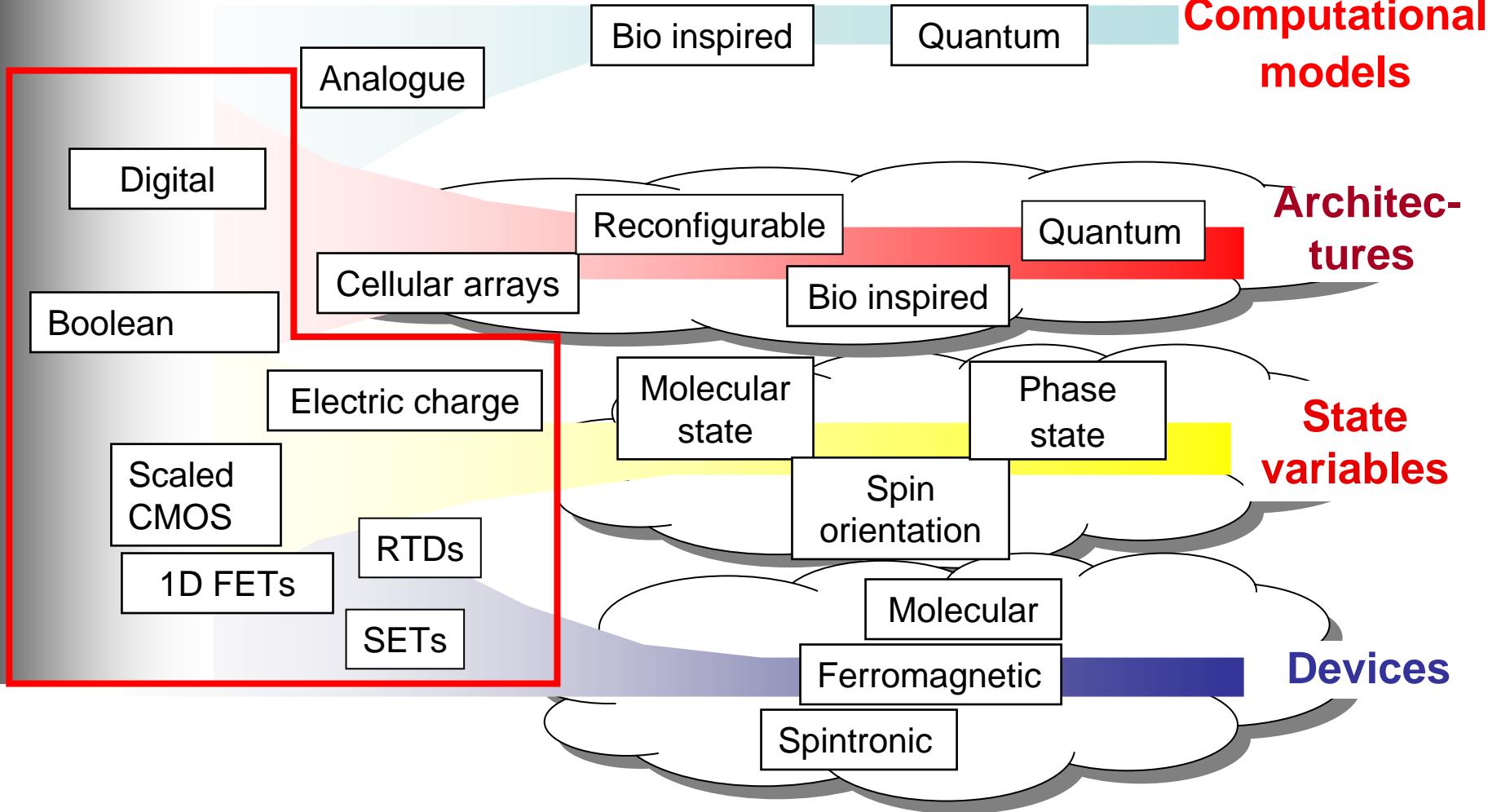
他の状態変数

(電荷だけでなく)

- スピン状態
- 分子状態
- 強相関電子状態
- 位相状態
- 量子状態
- 磁気单一量子磁束
- 機械的変形
- ダイポール

ナノ情報処理の分類

Hierarchy



新探究メモリ

	ナノフローティングゲートメモリ	トンネル障壁メモリ	強誘電体FETメモリ	抵抗変化メモリ	ポリマーメモリ	分子メモリ
記憶メカニズム	浮遊ゲートの電荷	浮遊ゲートの電荷	強誘電体ゲート絶縁膜の残留分極	複合機構	不明	不明
セル構成	1T	1T	1T	1T1R or 1R	1T1R or 1R	1T1R or 1R

新たに加わったもの： 強誘電体FETメモリ，ポリマーメモリ
 候補から外れたもの： 単電子メモリ，浮遊ボディDRAM，PRAM

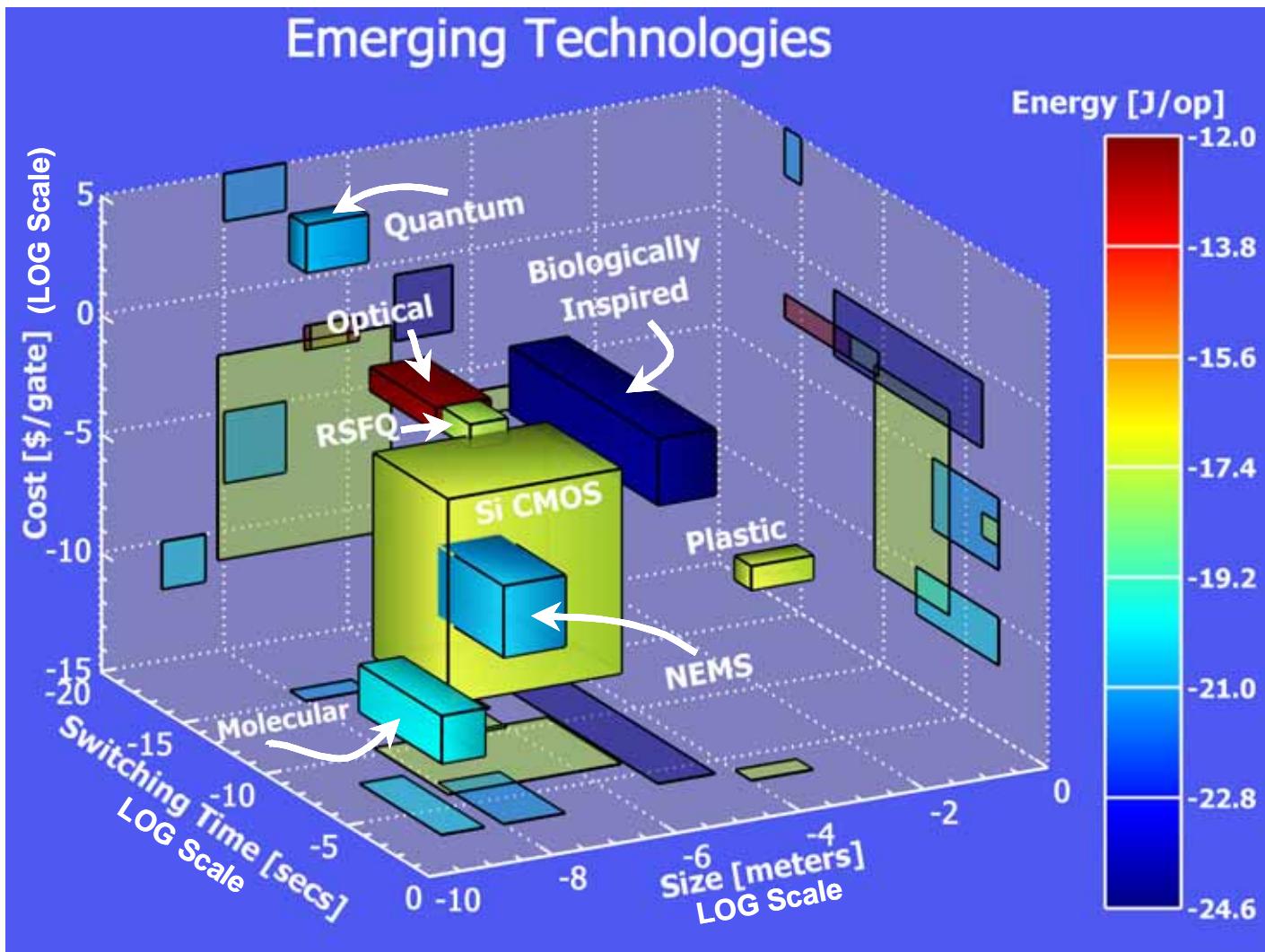
新探究ロジックデバイス

デバイス								
種類	Si CMOS	CNT FET NW FET NW ヘテロ構造 クロスバーナノ構造	共鳴トンネルデバイス	RTD-FET RTT	SET	クロスバーラッチ 分子トランジスタ 分子 QCA	強磁性ロジック ドメインウォール M: QCA	スピントラジスタ

新たに加わったもの： 強磁性ロジック

候補から外れたもの： RSFQ , E-QCA

技術比較



評価 - メモリ

メモリデバイスの候補	スケーラビリティ	性能	エネルギー効率	OFF/ON比	信頼性	動作温度	CMOS技術との互換性	CMOSアーキテクチャとの互換性
ナノ浮遊ゲートメモリ	2.5	2.5	2.5	2.5	2.2	2.7	2.7	3.0
トンネル障壁メモリ	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.8	2.8	3.0
強誘電体FETメモリ	1.9	2.3	2.5	2.2	2.0	3.0	2.6	3.0
抵抗変化メモリ	2.5	2.5	2.0	2.2	1.9	2.8	2.6	2.8
ポリマーメモリ	2.1	1.5	2.3	2.2	1.6	2.9	2.3	2.5
分子メモリ	2.3	1.5	2.4	1.6	1.4	2.6	1.9	2.3

評価 - ロジック

ロジックバイスの候補	スケーラビリティ	性能	エネルギー効率	利得	信頼性	室温動作	CMOS 技術との互換性	CMOS アーキテクチャとの互換性
1D 構造 (CNT & NW)	2.4	2.5	2.3	2.3	2.1	2.8	2.3	2.8
共鳴トンネルデバイス	1.5	2.2	2.1	1.7	1.7	2.5	2.0	2.0
SET	1.9	1.5	2.6	1.4	1.2	1.9	2.1	2.1
分子デバイス	1.6	1.8	2.2	1.5	1.6	2.3	1.7	1.8
強磁性デバイス	1.4	1.3	1.9	1.5	2.0	2.5	1.7	1.7
スピントランジスタ	2.2	1.3	2.4	1.2	1.2	2.4	1.5	1.7

ERDの指導原理

1. 電荷だけではなく電荷以外の状態の利用
スピン, 位相, 量子状態, メカニカルな位置, 分子状態など
2. 非熱平衡状態システム
3. 新しい情報・エネルギー転送機構
4. サブリソグラフィック作製プロセス

「CMOSが最も効率の良いスイッチである」

- (1) Extend CMOS?
- (2) Added to CMOS?
- (3) Replacing CMOS?

まとめ

-
- 1. いよいよ Beyond CMOSを考えるべきときか？
 - 2. 従来の電荷だけでなく他の状態を積極的に利用
 - 3. いわゆる Universal Memory の候補はない
 - 4. CMOSに代わるロジックはまだ考えにくい
 - 5. 2020年むけて新情報処理デバイスに関する真剣な議論を開始すべき