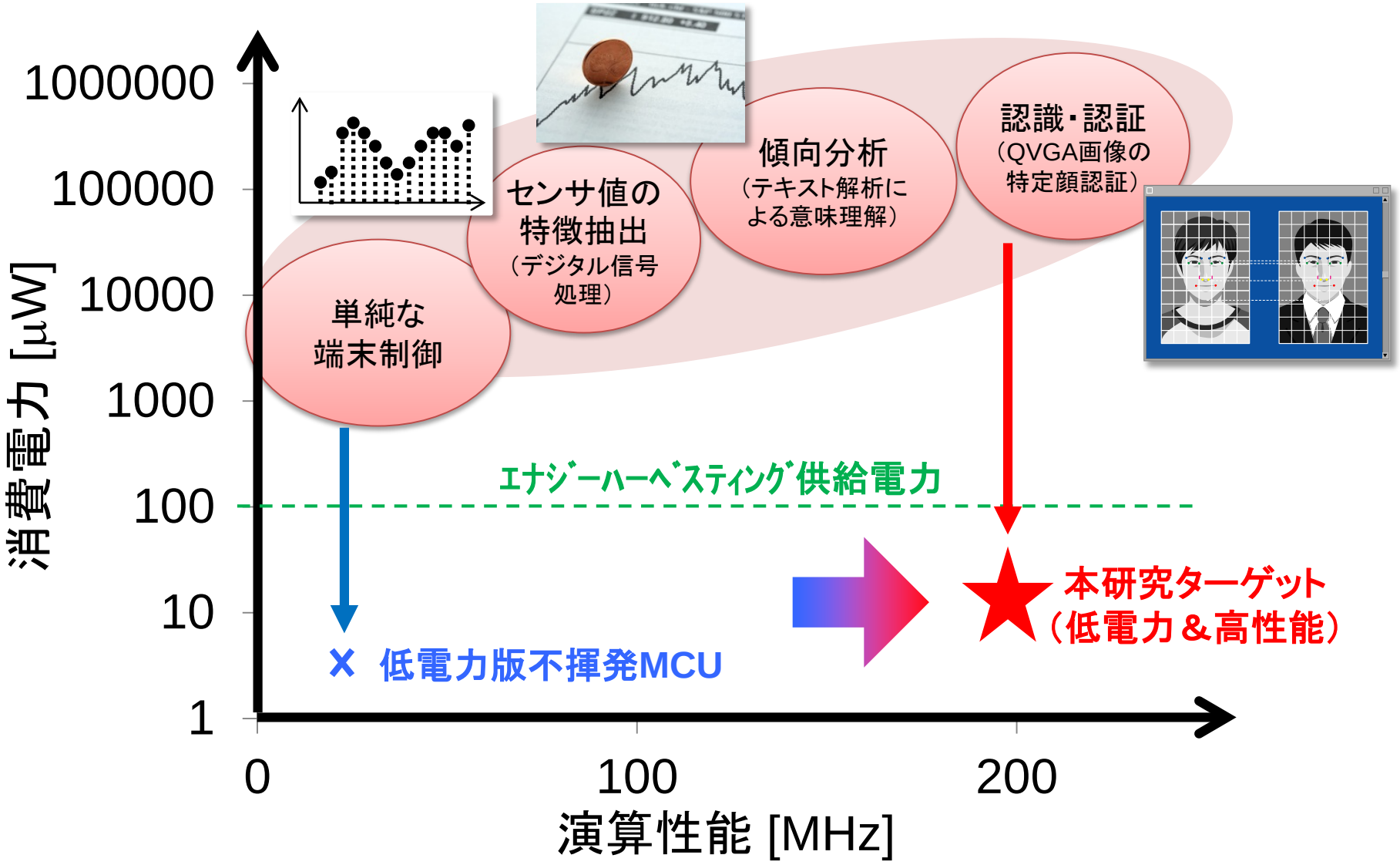
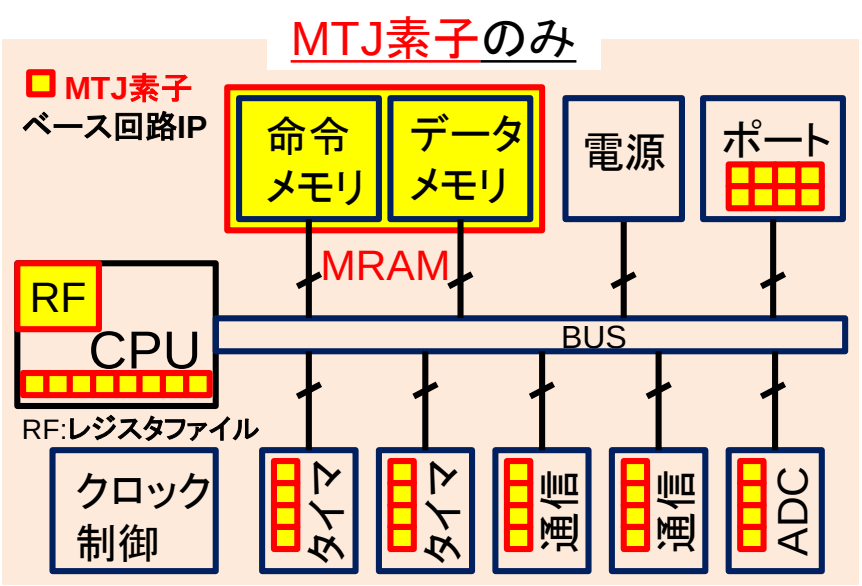
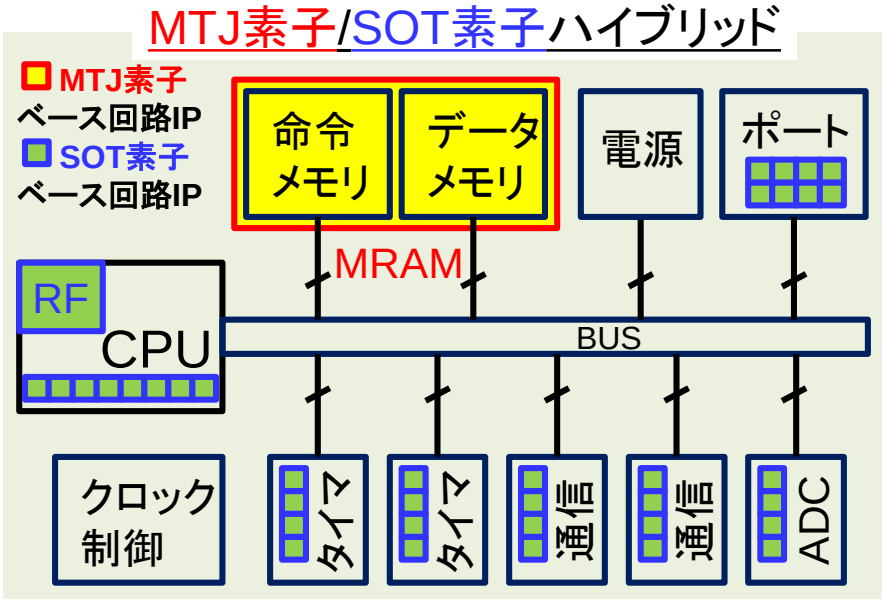
①不揮発MCU

不揮発MCUの位置づけ



超低消費電力不揮発MCUの回路・アーキテクチャ開発





＜従来不揮発マイコン＞

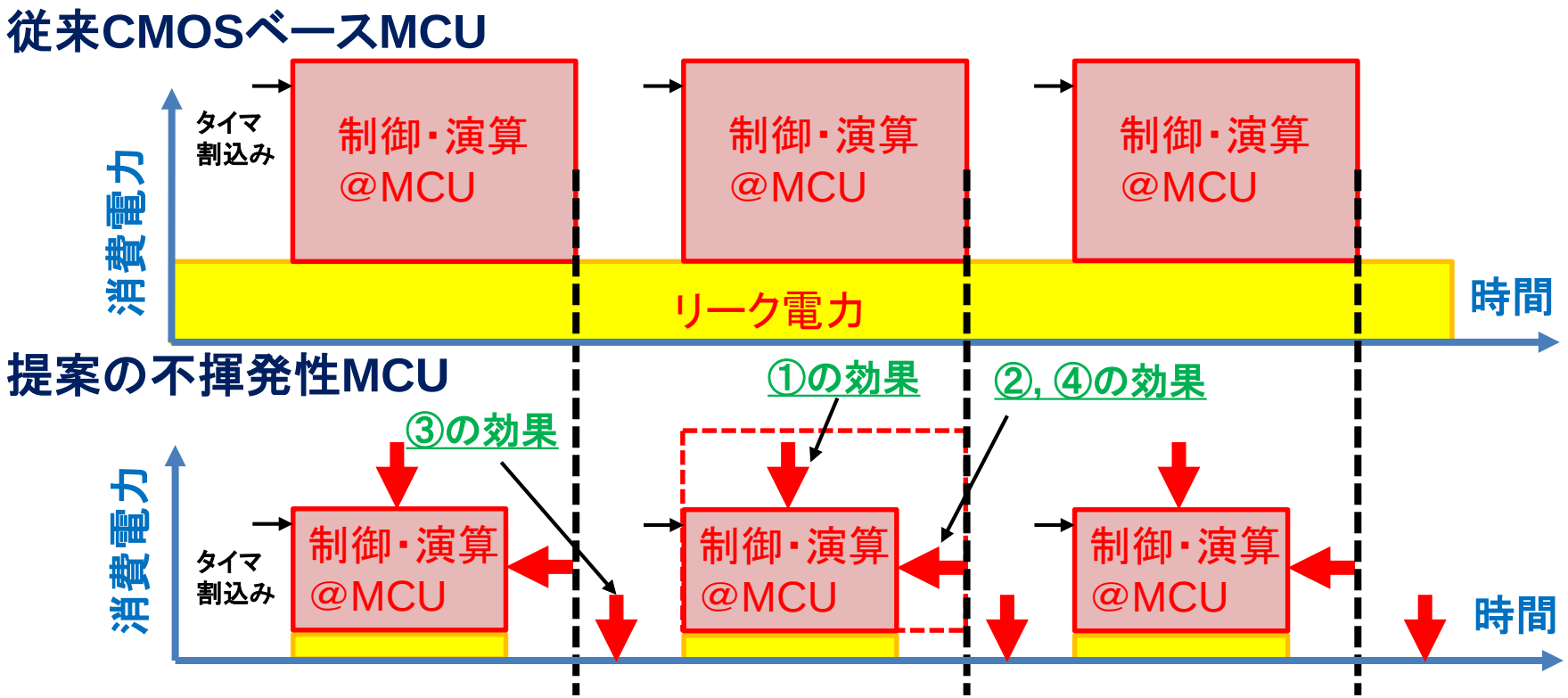
・20MHz動作
・電力消費 ～10μW

CMOS:3世代分の微細化
MTJ:4世代分の微細化
新規SOT活用

＜本研究の技術目標＞

・200MHz動作
・電力消費 <100μW

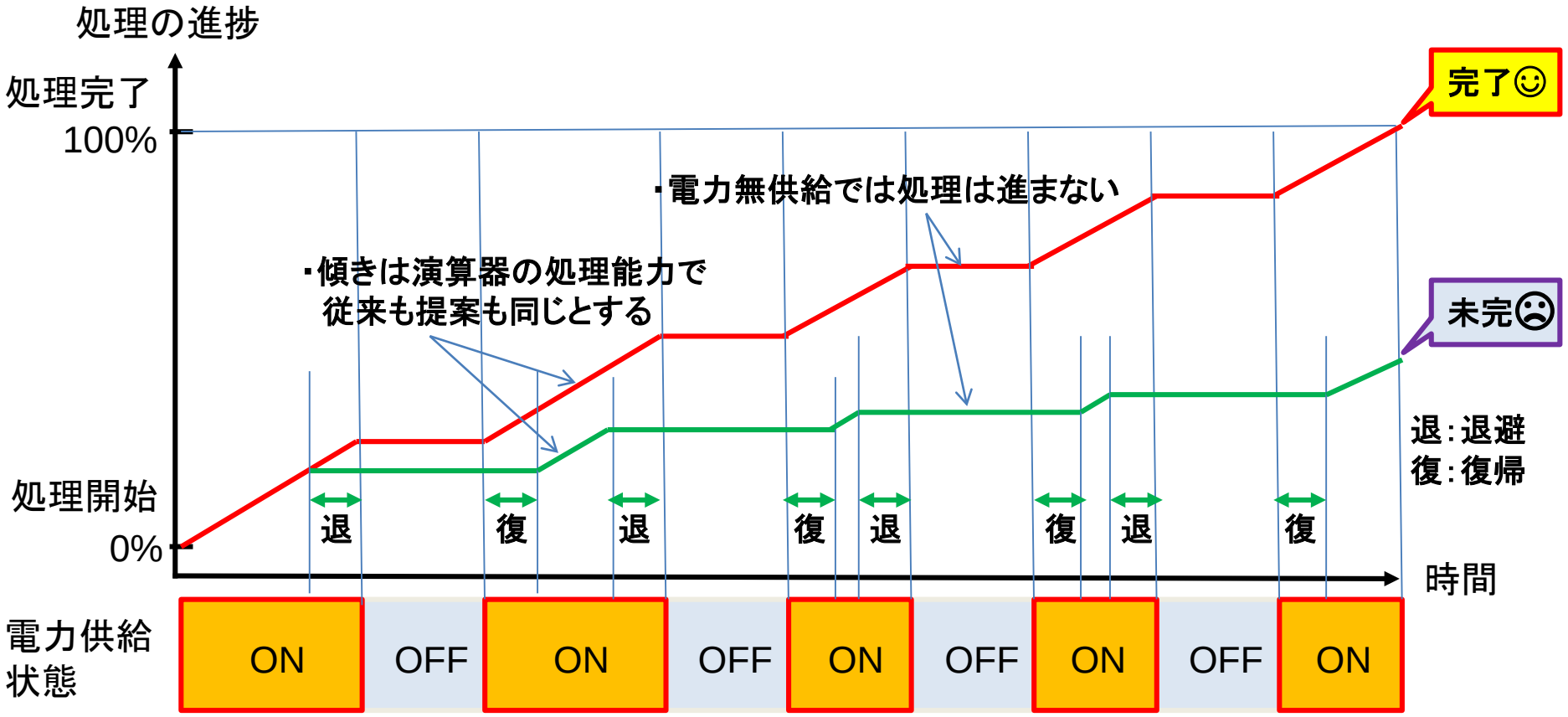
本開発MCUによる高性能化・高効率化の原理



① 非稼働部の無駄な電力を徹底削減　② 高速の不揮発記憶部による、処理時間の短縮
③ 不揮発化による無駄なリーク電力の削減　④ SOT素子利用による回路方式採用

不揮発MCUのインパクト

① IoT応用では電力供給が断続的.
② 不揮発MCUでは「退避・復帰」が瞬時に完了.
→電源供給時間を演算に利用可能.
→エネルギー効率よく演算されるため早く処理が完了.

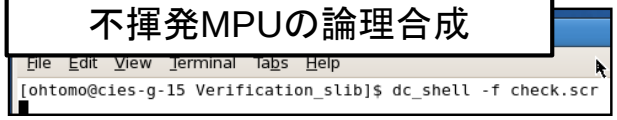


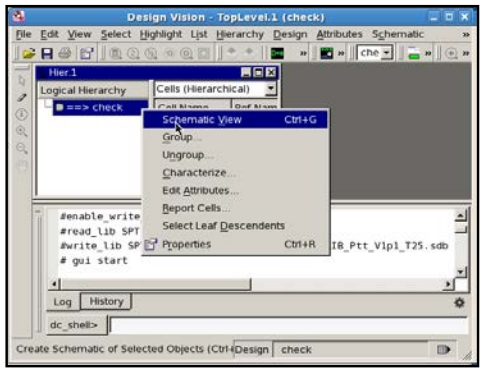
不揮発マイコン設計環境

- **不揮発マイコン設計用設計ツール**：不揮発ロジック回路を含んだ論理合成、アナログ回路シミュレーション、レイアウト設計を可能に。

論理合成

不揮発MPUの論理合成



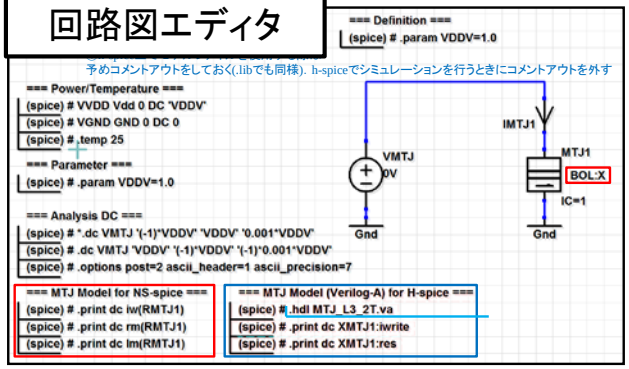


論理合成コマンド実行

不揮発ロジック回路群をセルライブラリとして用いることで，不揮発MPUの論理合成を実現

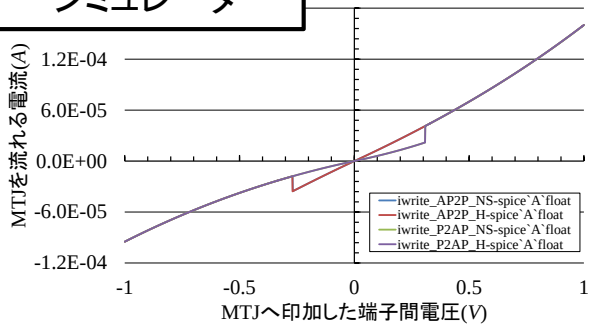
回路シミュレーション

回路図エディタ



シミュレータ

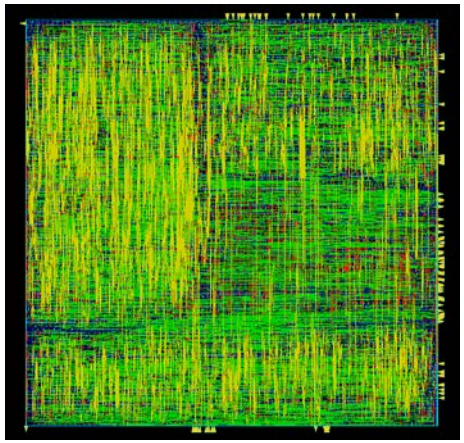
例）MTJ I-V



MTJ素子の詳細動作を含めた回路シミュレーションを実現

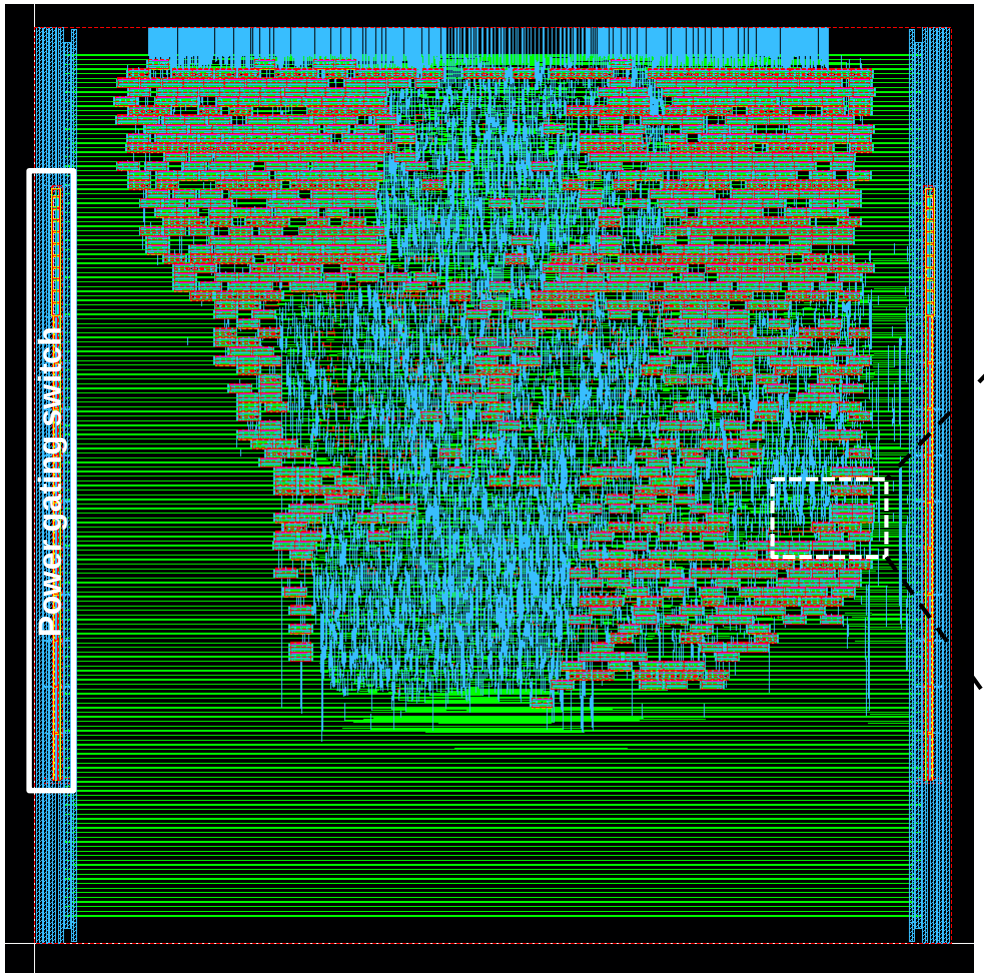
レイアウト

不揮発MPUレイアウト結果

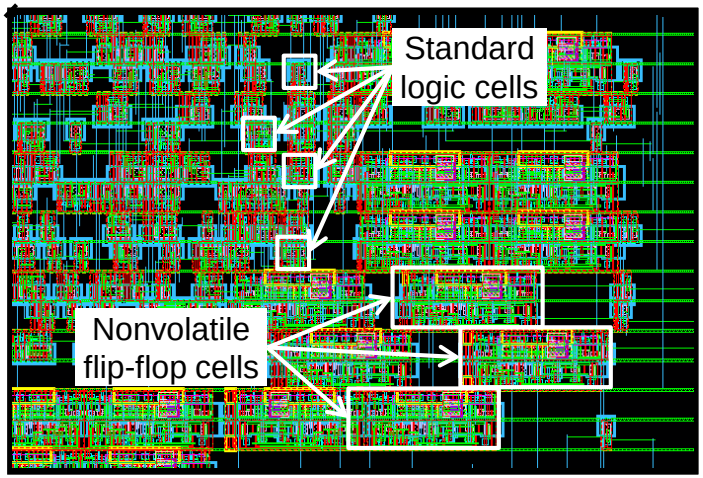


所望の不揮発MPUレイアウトを自動生成

ARMベース不揮発MCUの設計例



汎用マイクロプロセッサ（ARM Cortex-M0）をベースに，全てのフリップフロップを不揮発フリップフロップに置換することで不揮発化



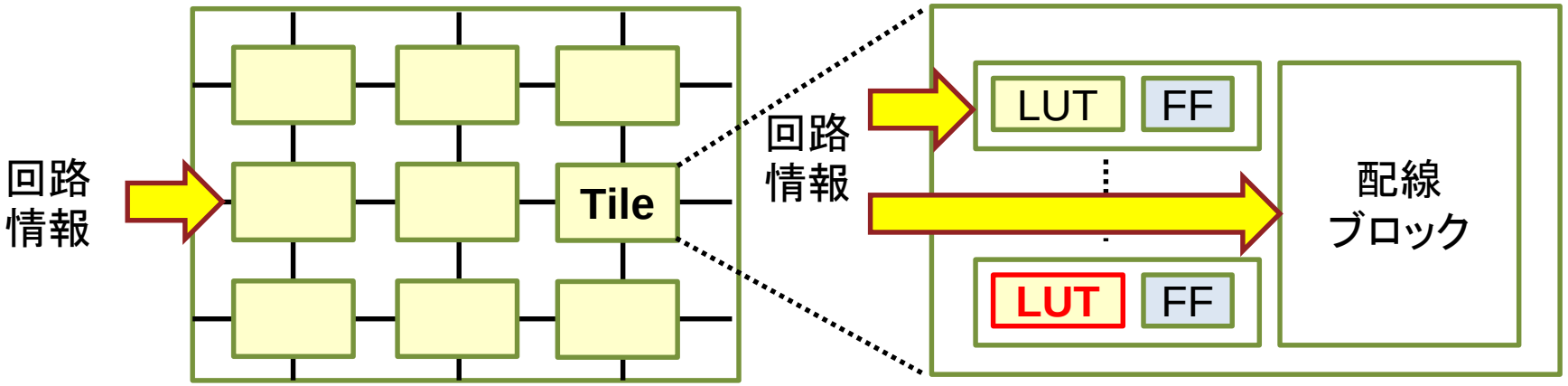
不揮発集積回路向け設計環境を用いて自動合成

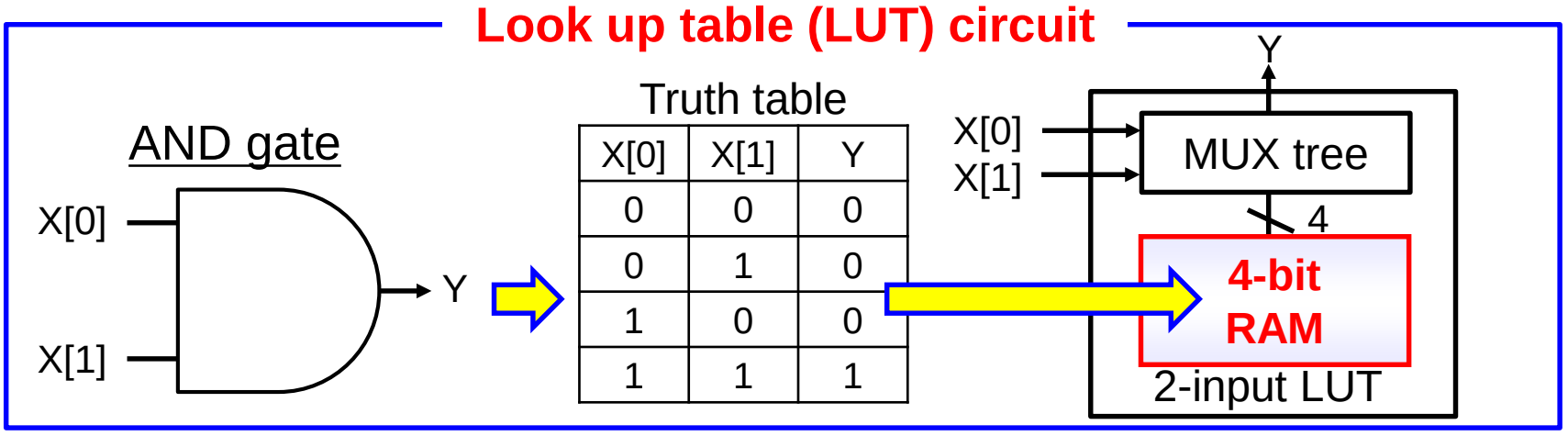
②不揮発FPGA

FPGAとは？

■Field-programmable gate array (FPGA)

→ 回路情報の書き換えにより，任意の演算機能を実現可能

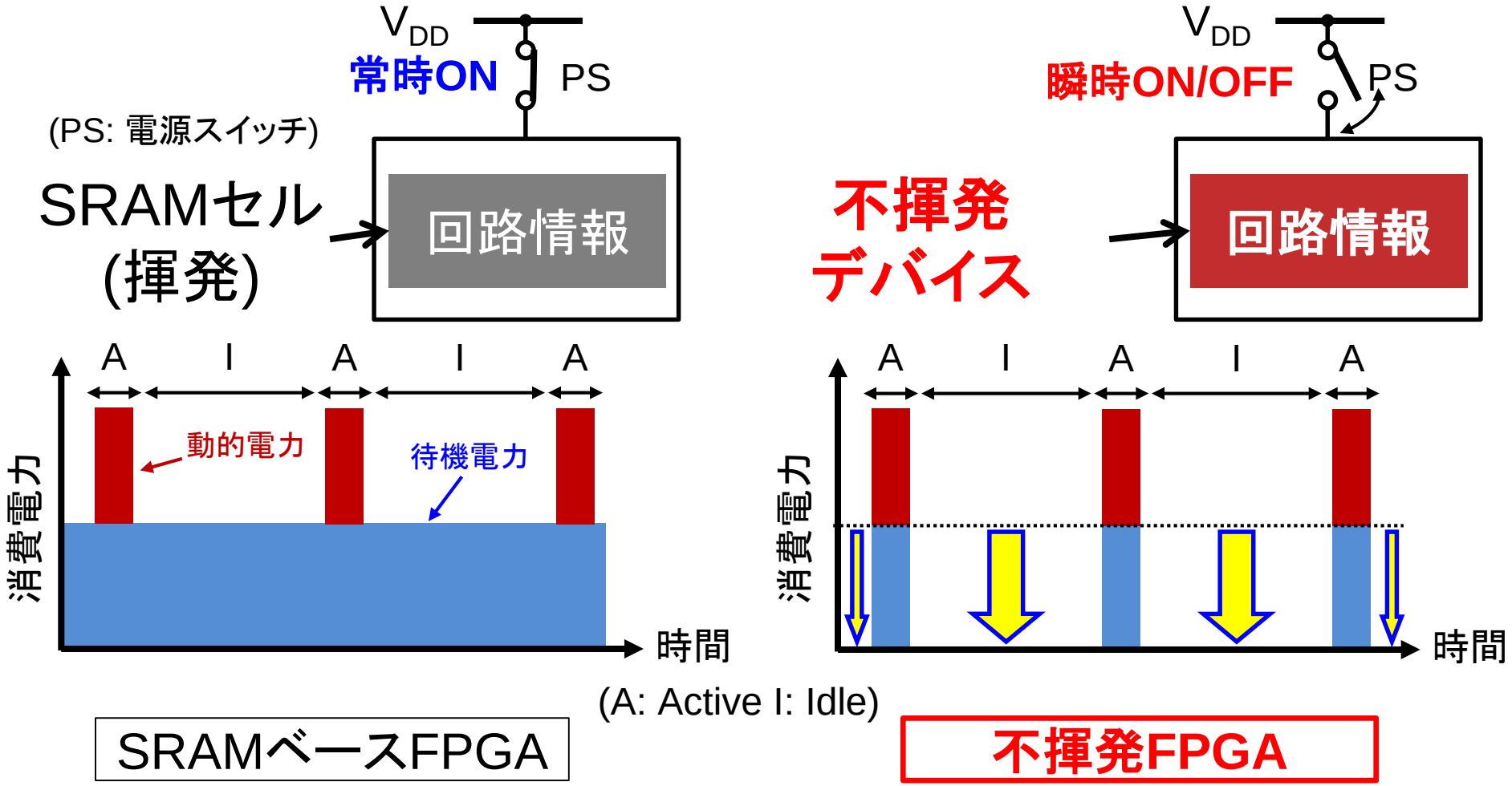




FPGAの利点: 低コスト，ソフトウェアによる処理と比較して高速

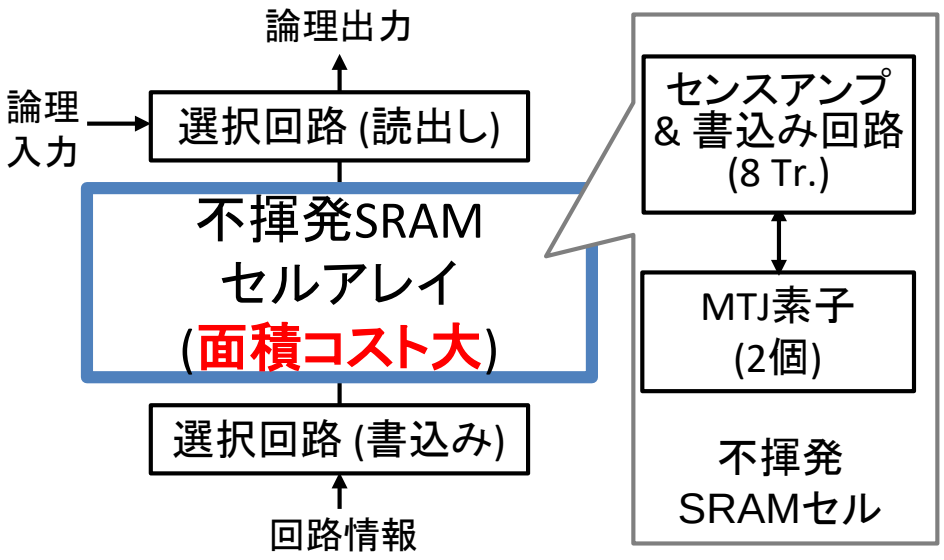
不揮発FPGAの基本概念

PG技術: 稼働していない回路の電源を一時的に遮断することで待機電力をカット

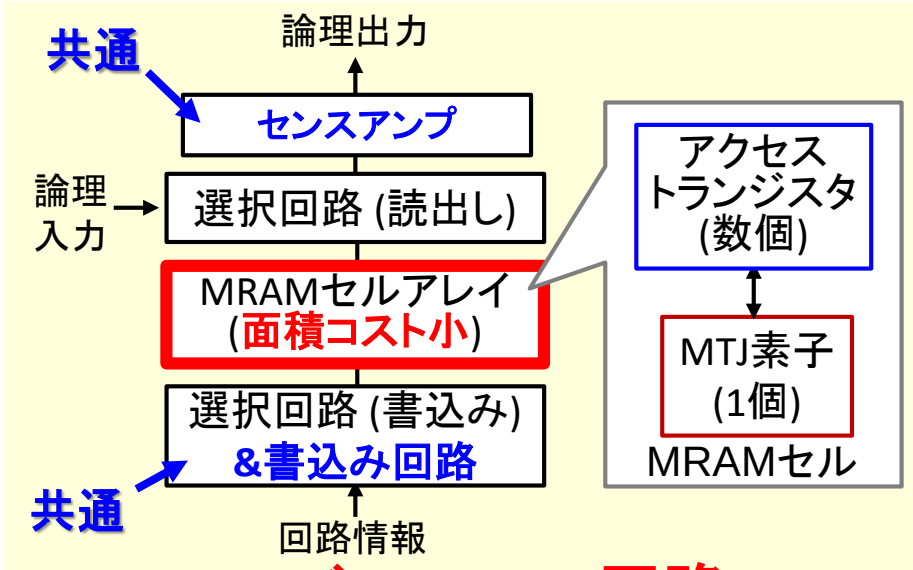


不揮発化 & PG技術により超低消費電力なFPGAを実現可能

不揮発ロジックインメモリ回路技術

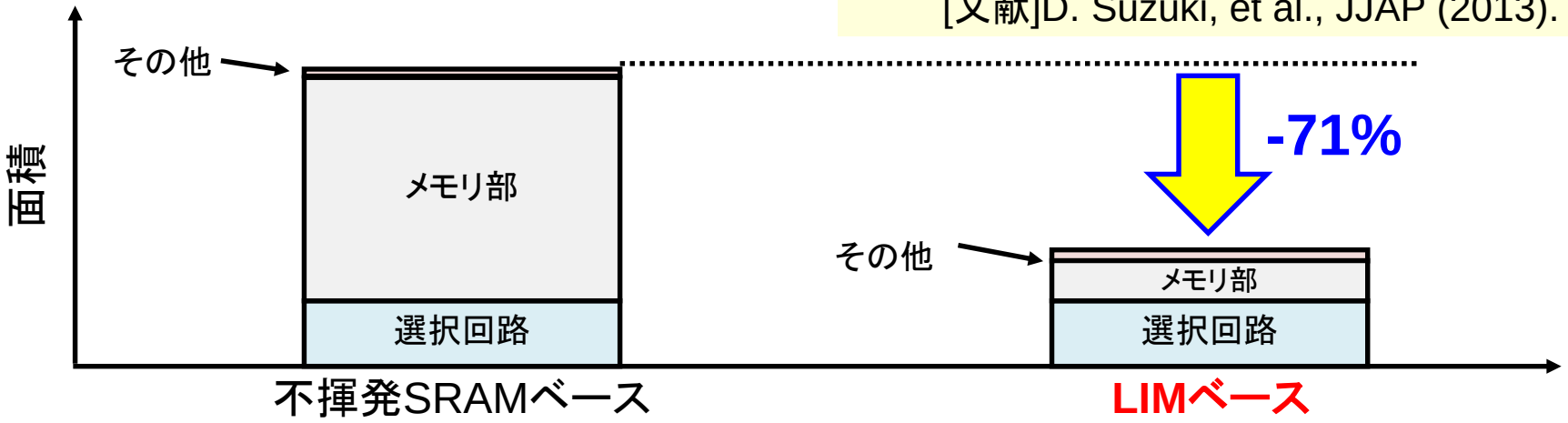


不揮発SRAMベースLUT回路 (従来)



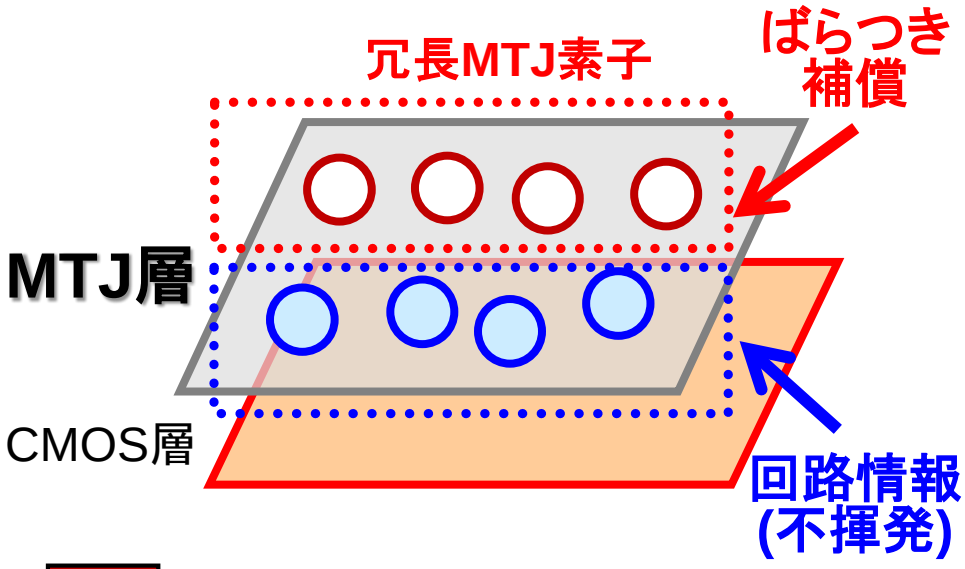
LIMベースLUT回路

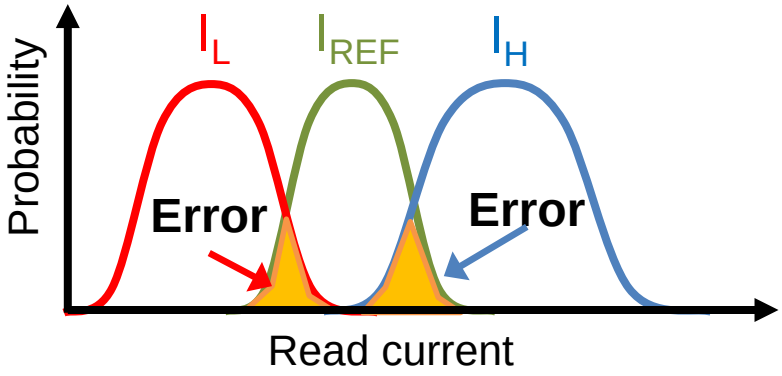
[文献]D. Suzuki, et al., JJAP (2013).



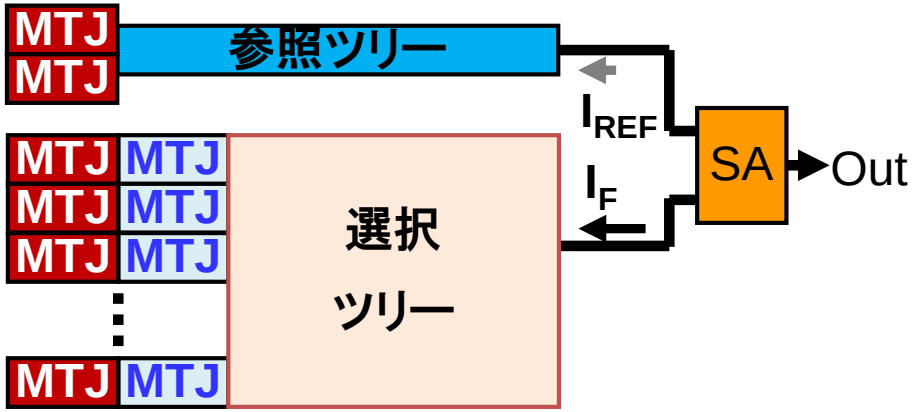
コンパクトな不揮発LUT回路を実現済 (面積71%削減)

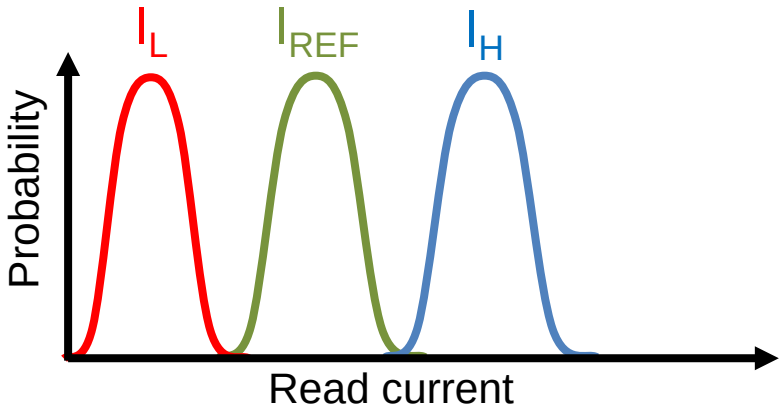
冗長MTJ素子を用いたばらつき補正技術





冗長MTJ素子無
⇒ ばらつき大

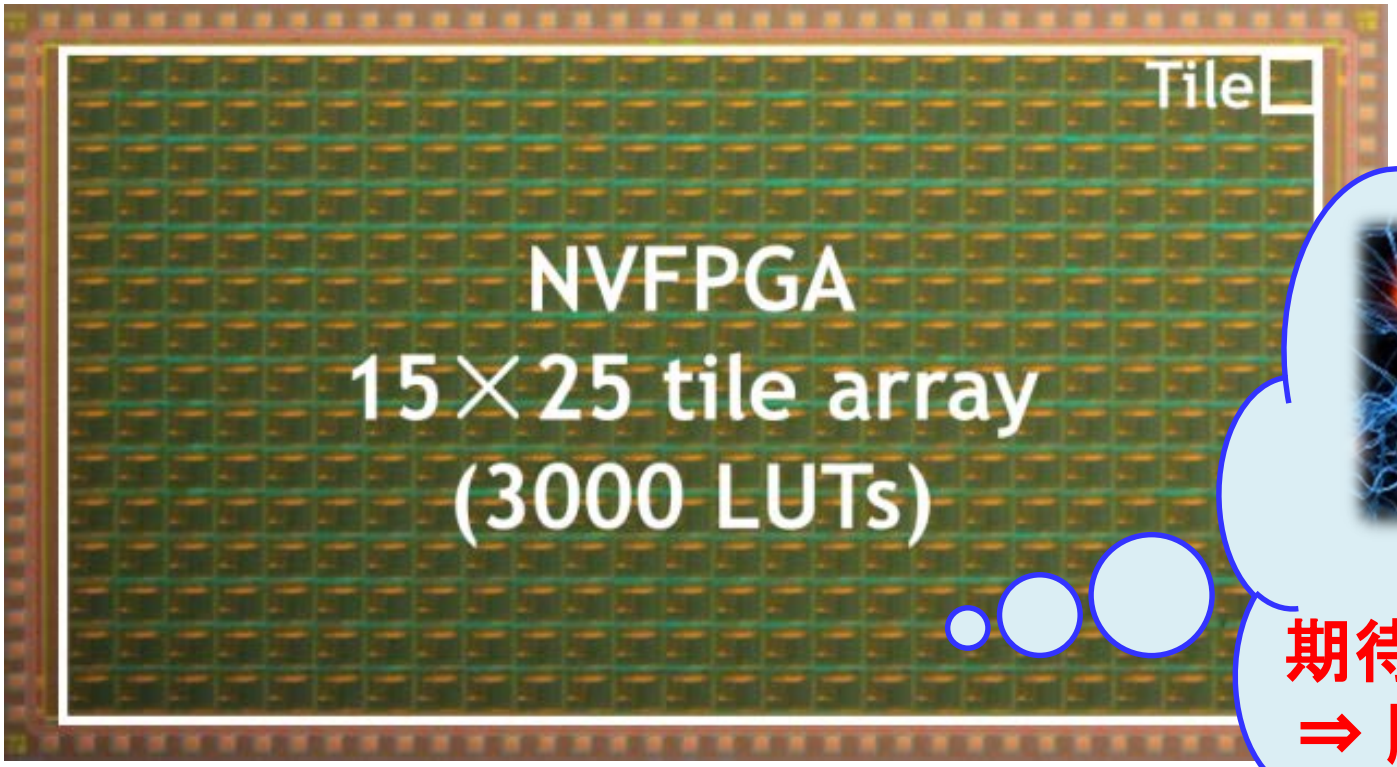




ロジックインメモリ回路技術
⇒ コンパクトな回路構成

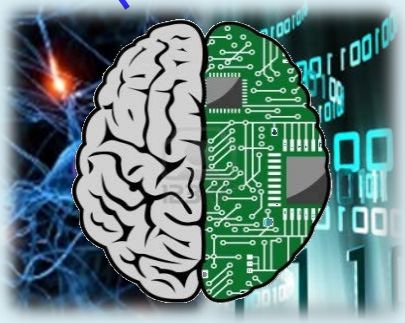
冗長MTJ素子の活用
⇒ ばらつきフリー

不揮発FPGAチップ



D. Suzuki, et al., VLSIC, 2015.

90nmCMOS技術を用いた不揮発FPGAチップ
（JSPS FIRST program)



期待される応用例
⇒ 脳型情報処理