



東北大学

NEC

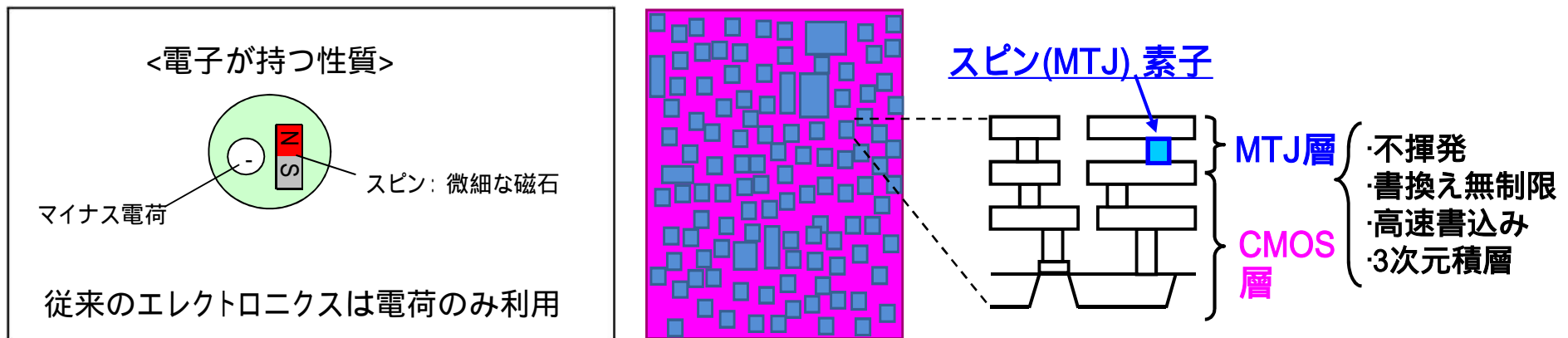
# スピントロニクス技術を活用し、無線センサの 電池寿命を約10倍に延ばす新技術を開発

～ 社会インフラの維持管理などに使う無線センサに応用 ～

2014年2月12日  
東北大学  
日本電気株式会社

# スピントロニクス論理集積回路技術とは

- 電子のスピン(磁石の性質)とマイナス電荷の両方を利用する技術(=スピントロニクス)
  - ➔ データを記憶する素子として、論理集積回路に適用  
(=不揮発性を有する**スピントロニクス論理集積回路**)
- 大幅な省エネルギー化と書き換え階数の制限がない高性能化を両立可能
- 2009年度には、内閣府による最先端研究開発支援プログラムのテーマの1つとして選定され、NECも本プログラムに参加



スピントロニクス論理集積回路のイメージ

# これまでの取り組み

## < 最先端研究開発支援プログラムでのこれまでの成果 >

- 2010年7月 論理集積回路用の**垂直磁化TMR素子\***を開発・実証
- 2011年6月 **待機電力ゼロ**の論理集積回路を開発・実証
- 2012年6月 **世界最小**の汎用情報検索回路を開発・実証
- 2012年6月 スピン論理集積回路の**信頼性向上**技術を開発・実証
- 2013年2月 スピン論理集積回路の**自動設計環境**を開発・実証
- 2013年6月 スピン論理集積回路を**全文検索システム**に適用

今回

最先端研究開発の具体的な性能実証例として、  
「**センサ端末用マイクロコントローラ回路**」を取り上げ、**性能実証目標値**  
([遅延時間比] × [消費電力比] × [面積比])で従来と比較して  
1/64以下)を実証することに成功

高性能なマイクロコントローラ回路の  
**消費電力を1/80に低減する技術を開発**

\* 本資料では、「TMR」と「MTJ」は同じものです。

# < 背景 > ビッグデータ収集におけるセンサ端末の活用

複雑な社会課題を解決するためには、大量な実世界情報を数値化する各種センサ( = センサ端末<sup>\*</sup> )の高性能・高精度化技術が必須



※ 米国立標準技術研究所(NIST)主催の評価タスクでの参加機関中No.1の評価を獲得

<sup>\*</sup> 本資料では、「端末」と「素子」を区別するために「センサ端末」と呼びます

# 無線センサ端末の課題

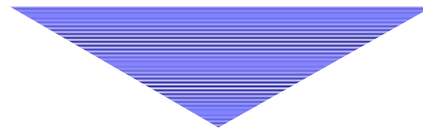
---

< ビッグデータの活用において >

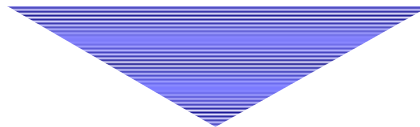
センサ端末内で高度なデータ処理を行う必要性

マイクロコントローラー回路を高性能化すると、待機電力が増大

どこにでも設置できるよう、センサ端末の小型化・軽量化も必要  
確保できる電池容量は大きくない

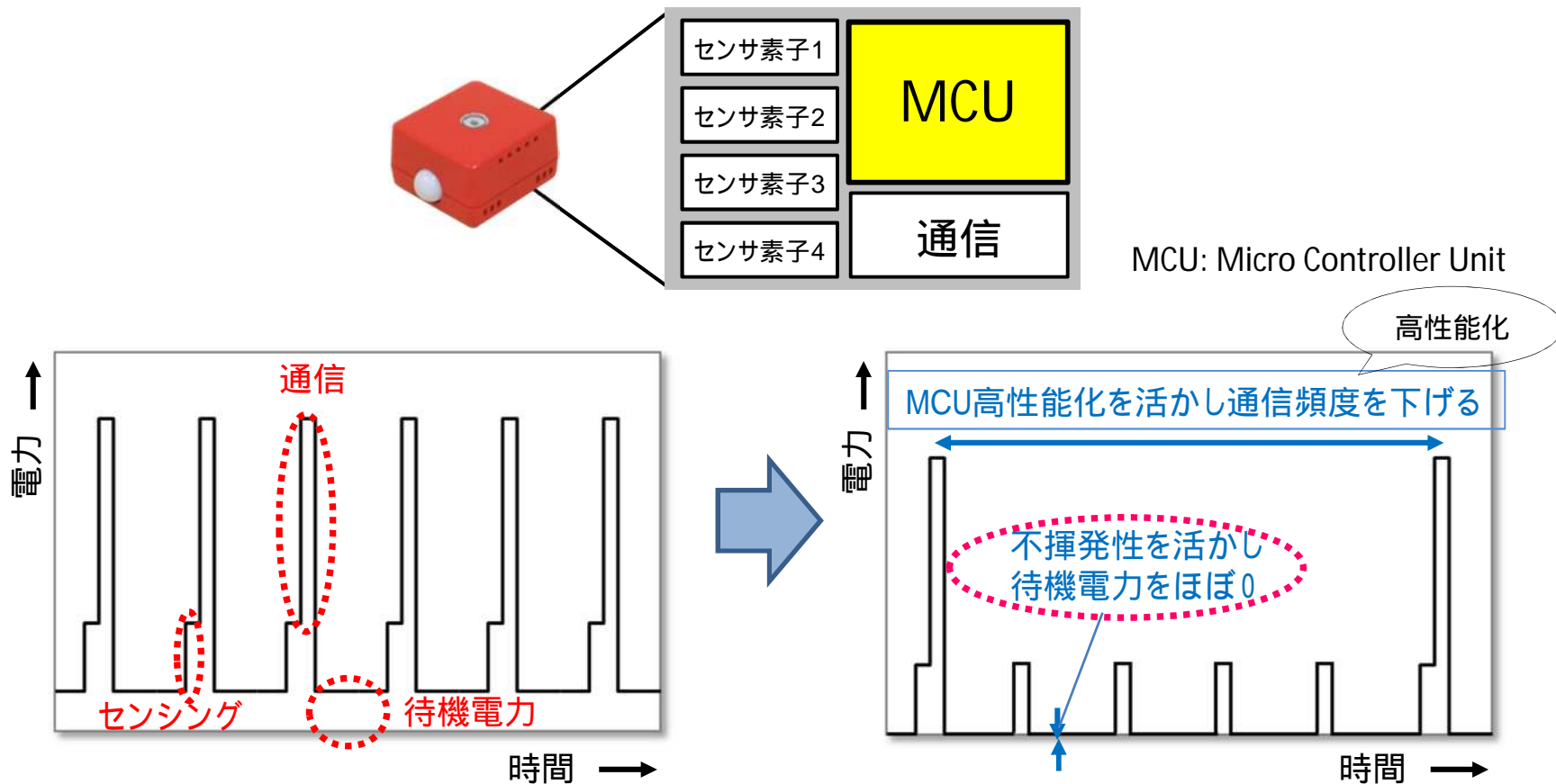


高性能と省電力化の両立が課題



スピントロニクス技術を活用した  
不揮発性の論理集積回路への期待

# マイクロコントローラ回路 省電力化のアプローチ



- ・センサ端末の消費電力は通信電力と待機時電力が支配的
- ・MCUの高性能を活かして、端末内でデータを処理し、通信頻度を下げる
- ・MCUの不揮発性を活かして、待機電力を抑制

# 今回の研究開発内容

**スピントロニクス素子の不揮発性を活用して、  
高性能と省電力性を両立したマイクロコントローラ回路を開発**

マイクロコントローラ回路の省電力技術を開発

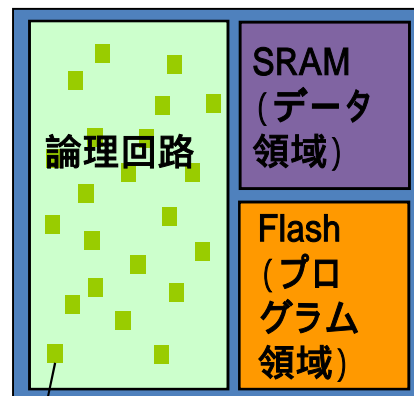
1. 待機電力を抑えながら高速な電源制御を実現

- ・開発した電源制御回路と不揮発機能ブロックにより、機能ブロック毎の高速なオンオフを実現

2. 不揮発レジスタの書き込み電力を削減

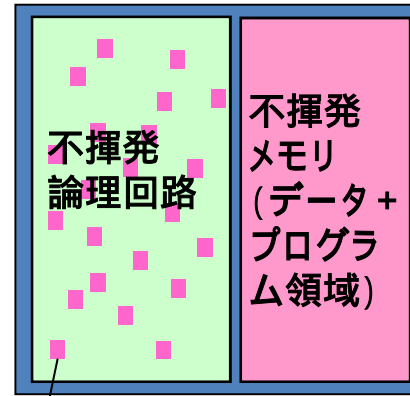
- ・電源オフ状態に移行する直前に書き込みを命令するCPU回路を開発。
- ・書き込み前後のデータが同一の場合には、上書き処理をキャンセルする緻密な制御を行い、消費電力の増加を抑制

# マイクロコントローラ回路の全体イメージ



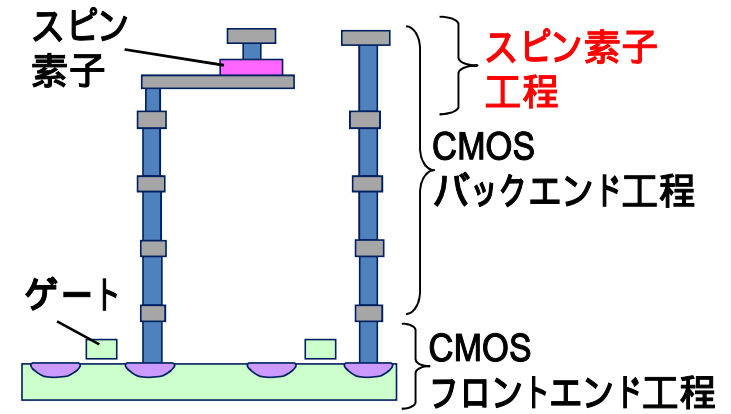
レジスタ

揮発性MCU  
(従来)



不揮発  
レジスタ

不揮発性MCU  
(新たに開発)



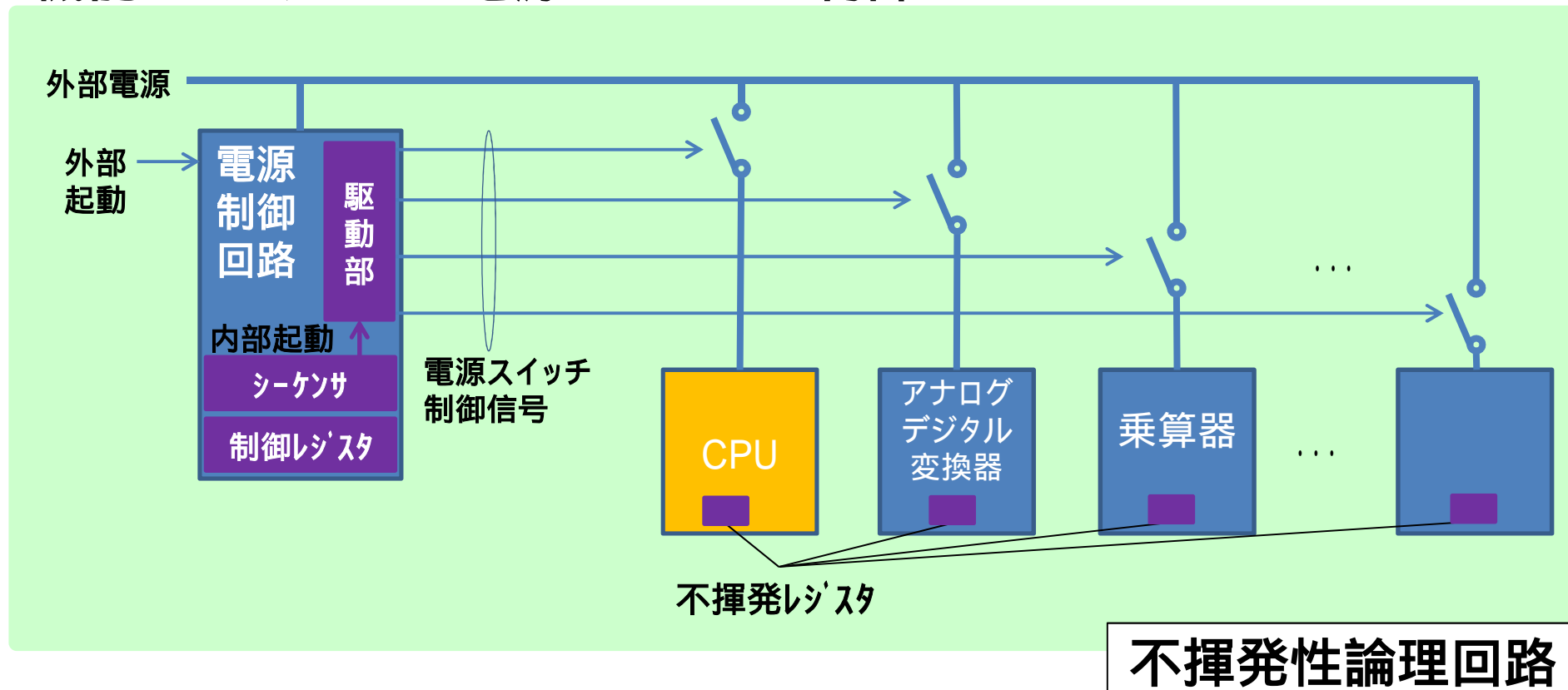
不揮発MCU断面図

- ・データ領域のメモリを書換え回数制限のないスピントロニクス素子の不揮発メモリにする
- ・論理回路をスピントロニクス素子適用不揮発レジスタを利用して、不揮発論理回路にする



# 開発技術 電源制御回路技術を開発

## 機能ブロックごとの電源オン / オフ制御

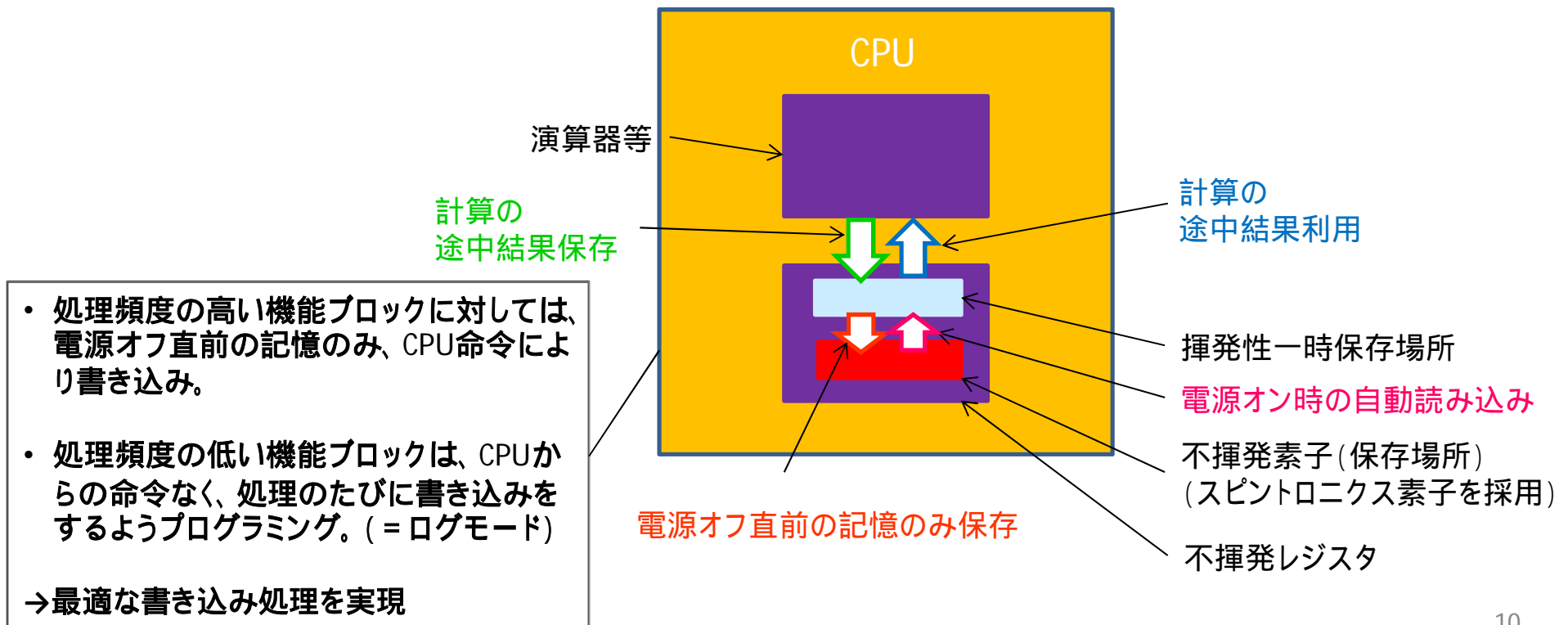


電源制御する機能ブロック(CPU,アナログデジタル変換器,乗算器など)が、不揮発論理回路なので電源オンは約120ナノ秒と高速であり、制御が容易

# 開発技術 不揮発素子への書き込みを命令するCPU回路

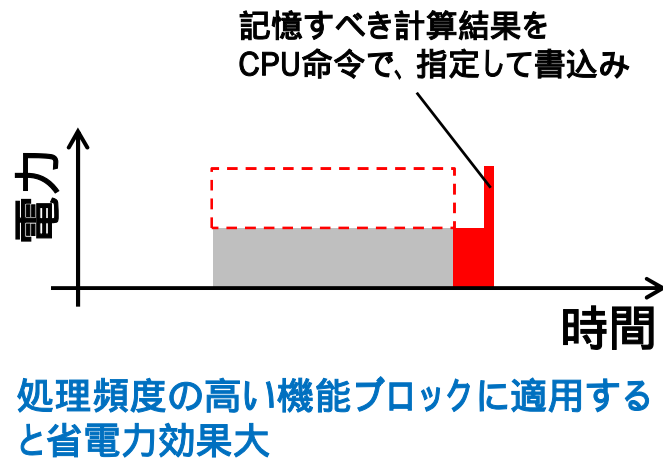
不揮発性論理回路内のCPU回路の役割: 他の機能ブロックの処理を制御  
→各機能ブロックが、電源オフされる直前の記憶のみ書き込むよう、  
レジスタに指示  
→書き込み前後のデータが同一の場合には、上書き処理をキャンセル  
するといった制御が可能

➡ 不揮発レジスタの書き込み電力を削減

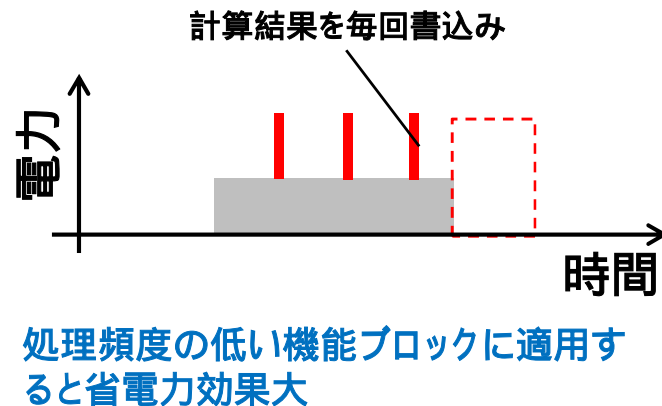


# 書込み方式による省電力効果の違いについて

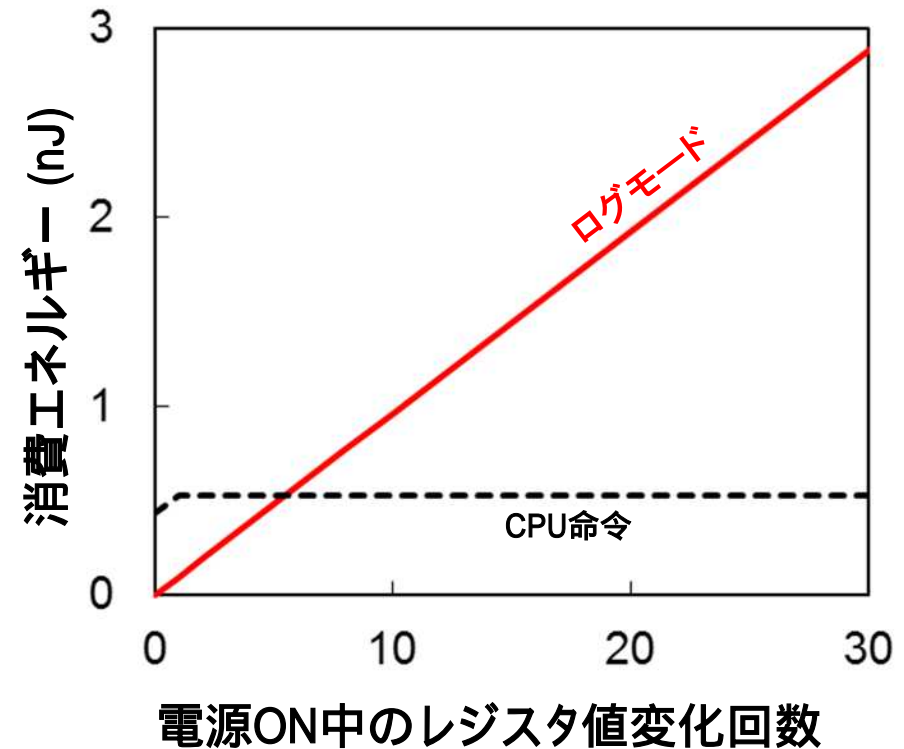
## CPU命令による書込み



## ログモードによる書込み



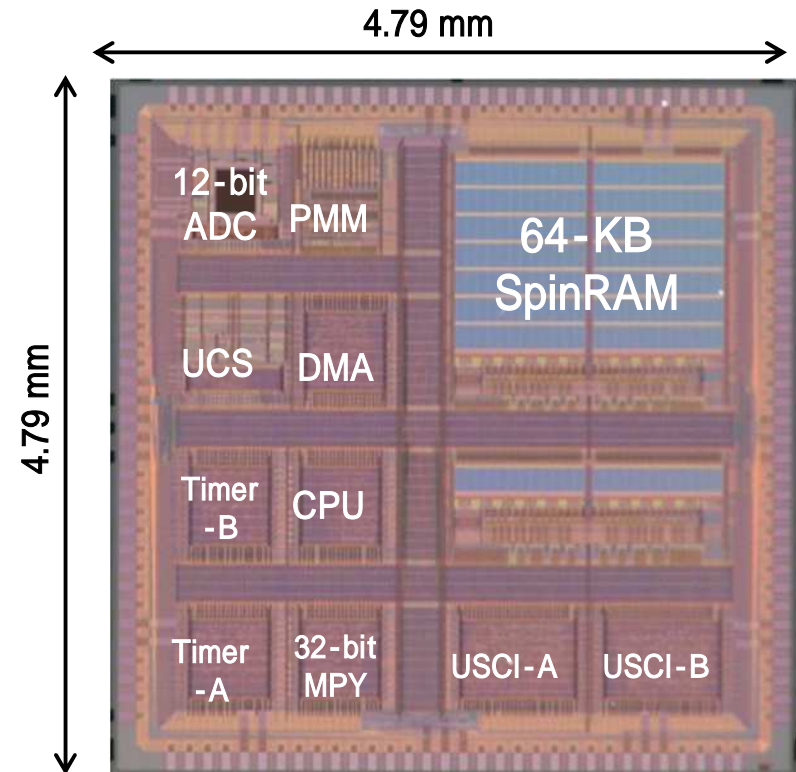
## ワードあたりの書き込みエネルギー



## < 実証について > 16ビット不揮発マイクロコントローラ試作チップ

### 特長

- 90nm CMOS and 3端子MTJ プロセス
- RAM/ROM統合64-KBメモリ搭載
- 回路ブロック単位の電源制御  
11個の回路ブロック
- 不揮発レジスタ書込み手法選択可能:
  - CPU命令による書込み
  - ログモードによる書込み
- 不揮発レジスタ自動リストア



PMM:電源制御回路

UCS:統合クロックシステム

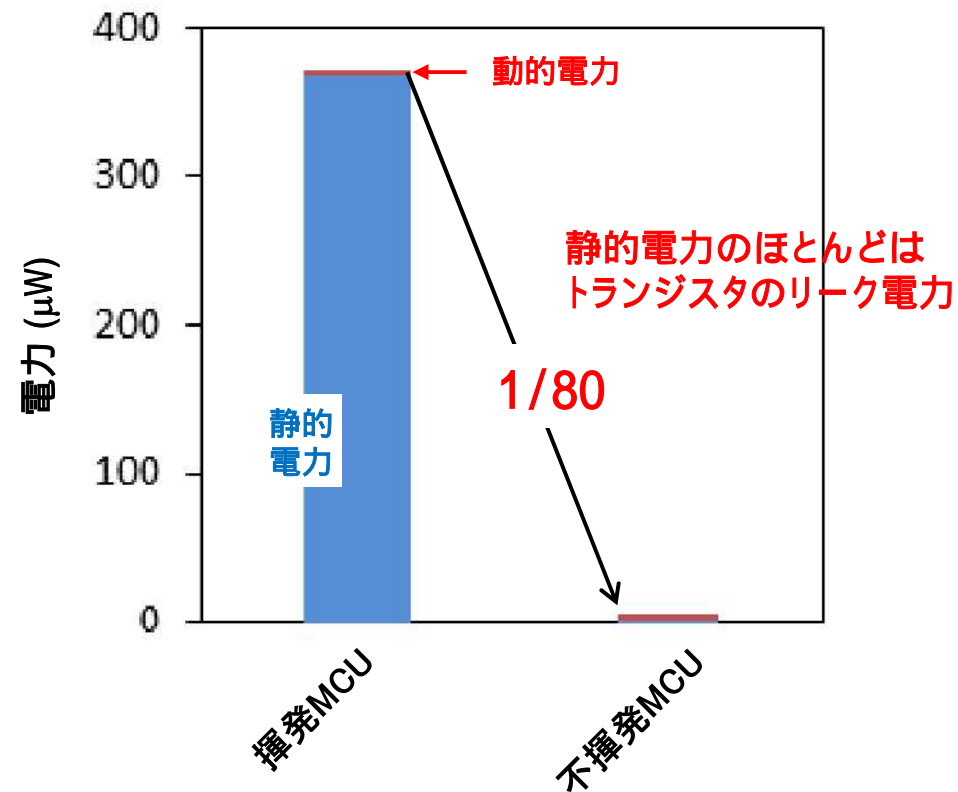
DMA:メモリ直接アクセス回路

MPY: 乗算器

USCI: 標準シリアル通信インターフェース

90nm標準CMOSウェハ上に、つくばイノベーションアリーナ(TIA)の  
300mmウェハ試作ラインを使って3端子MTJ素子を作製

## < 実証結果 > マイクロコントローラの省電力効果



条件

動作率(動作時間/(待機時間 + 動作時間)): 0.1%

クロック: 20MHz

# 今回の成果

スピントロニクス論理集積回路技術をベースとした  
マイクロコントローラ回路技術により、  
センサ端末の使用状態の消費電力1/80を実現

マイクロコントローラ全体の待機電力を削減し  
高性能性と省電力性の両立を実現。  
消費電力が大幅に抑制されることにより、  
センサ端末の電池寿命を従来に比べ10倍に延長可能。

本成果の一部は、内閣府の最先端研究開発支援プログラム(題名:「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」、中心研究者:東北大学 大野英男教授)によって得られたものです。