

電子機器に使用される集積回路は放射線に対して非常に脆弱です。本研究では、放射線に対して強い耐性をもち、回路の一部が損傷してもそれを補い使用し続けることが可能な集積回路の開発に取り組みました。

耐放射線動的再構成型プロセッサの研究

岡山大学大学院 自然科学研究科 渡邊 実

研究の必要性など

これまで強放射線環境下でも使用可能な光電子デバイス、光再構成型ゲートアレイ^{※1}の研究を進めており、開発した光再構成型ゲートアレイが、一般的な耐放射線集積回路の総線量耐性^{※2}の400倍となる400 Mrad(4MGy)を超える性能を持つことを試験的に実証してきた。特に集積回路部については1.15 Grad(11.5MGy)の総線量耐性の実証試験に成功している。

耐放射線ロボット等の制御システムに対して光再構成型ゲートアレイを適用する場合、ロボットシステムの開発者は一般的にソフトウェアの設計はできてもハードウェアの設計ができないため、ハードウェアのエンジニアが光再構成型ゲートアレイ上にプロセッサを実装した上で、ロボットシステムの開発者がそのプロセッサ上で動くソフトウェアを設計する必要がある。そこで本研究では、ロボットシステムの開発者が直接開発に携わることができるように、光再構成型ゲートアレイのような細粒度^{※3}のゲートアレイではなく、プロセッサアレイを基本とする粗粒度のMIMD (Multiple Instruction/ Multiple Data)型の耐放射線動的再構成型プロセッサアレイ(以下、「耐放射線プロセッサ」という)を開発した。(図1)

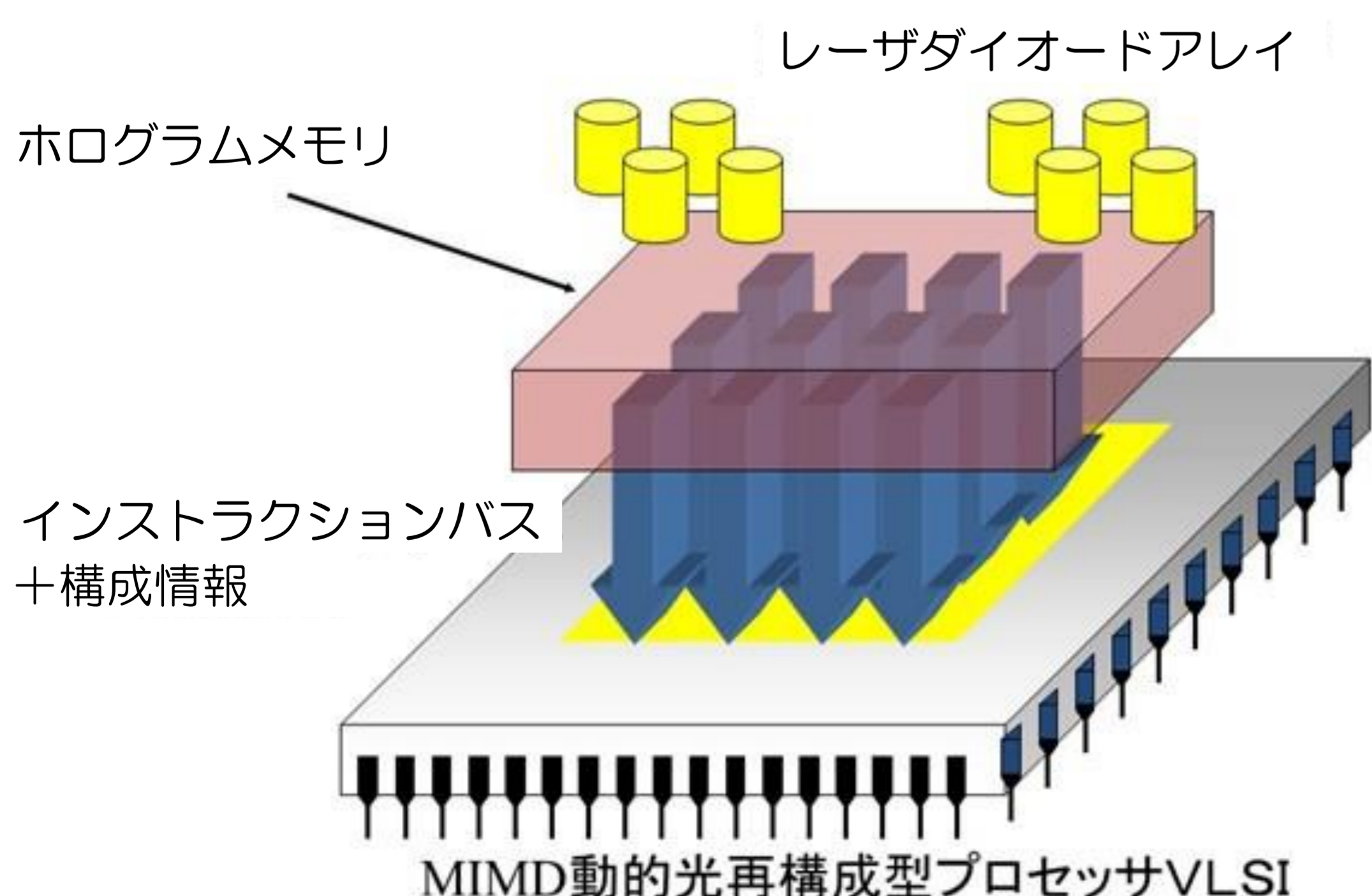


図1: 耐放射線動的再構成型プロセッサアレイ

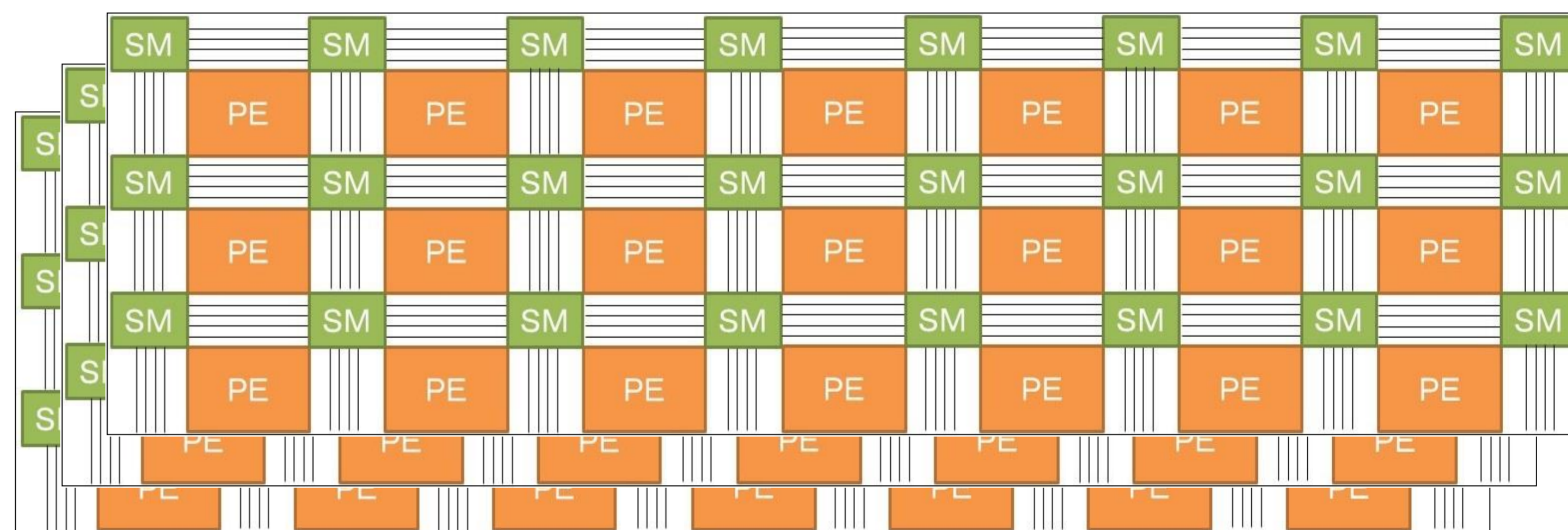
※1:ゲートアレイとは、汎用的な素子(トランジスタ等)を基板上に配置し、用途に応じて各素子を配線し半導体回路を完成させたもの

※2:総線量耐性とは、放射線入射による恒久的なトランジスタの劣化・破壊に対する耐性のこと

※3:粒度とは、ゲートアレイやプロセッサアレイを構成する論理ブロック等の規模、配線の取りまとめ規模を意味するもの

研究成果

粒度を粗くするほど総線量耐性が下がることになるので、最適な粒度を探る研究を実施し、8 bitプロセッサを63個、3重回路実装カウントで21組のプロセッサを実装した新しい粗粒度タイプの耐放射線プロセッサを開発した。開発した耐放射線プロセッサのブロック図を図2に、チップ写真を図3に示す。50 Mrad(500kGy)までの総線量耐性試験を行い、正常に動作することを確認した。また、ソフトエラー耐性も十分であることを確認した。



PE: Processing Element, SM: Switching Matrix

図2: プロセッサのブロック図(3層=3重回路)



図3: プロセッサのチップ写真

まとめと今後の課題

- 8bitプロセッサを63個実装した新しい粗粒度タイプの耐放射線プロセッサを開発
- 50 Mrad (500 kGy) まで運用できることを実証
- 今後、16bit~32bitプロセッサへの拡張可能性についても明らかにしていく