アプリケーションに起因する ReRAM の信頼性ばらつきを考慮した近似計算ストレージ

Approximate Computing Storage with Application Characteristics-induced ReRAM Reliability Variation Consideration

中央大学研究開発機構 [1]，中央大学理工 [2]　°松井 千尋 [1]，竹内 健 [1,2]

Chuo Univ., RDI [1], Chuo Univ. [2], °Chihiro Matsui[1], Ken Takeuchi[1,2]

E-mail: matsui@takeuchi-lab.org

データセンタ向け TaO_X ReRAM ストレージの信頼性ばらつきを考慮した近似計算ストレージを提案する[1]。図 1 はストレージアプリケーション[2]の書き替えに起因し，TaO_X ReRAM セルの信頼性がばらつくことを示す。ReRAM セルの書き換え回数を平滑化するウェアレベリング (Wear-leveling, Wear/L) をしない場合，ストレージアプリケーションによる ReRAM セルの書き換え回数不均一性を有する。したがって，ストレージシステム起因および ReRAM デバイス起因のばらつきを組み合わせることにより，主要な ReRAM セルの BER を削減できる。

図 2 のように，従来のコンピューティングはエラーを許容せず，最悪のエラーをターゲットに設計する。一方で機械学習アプリケーションの一つである画像認識は，1-10%の ReRAM セルエラーがあってもその認識率は変わらない[3]。提案の Variability-Aware Approximate Computing (V-AC) は信頼性をキーとして，ReRAM ストレージのシステム，回路，デバイスを協調設計する。さらにストレージアプリケーションの特性によって，TaO_X ReRAM に引き起こされるエラーメカニズムが異なる。提案した V-AC は，アプリケーションに起因する TaO_X ReRAM セルのばらつきを許容し，アプリケーション特性によって異なるストレージコントローラによる解決手法を提案する。この結果，ReRAM ストレージのストレージ性能，エネルギー，チップ面積が向上する。

謝辞 福山将平さん，早川敦奈さん，安原隆太郎さん，三河巧さんの協力に深謝します。この成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合研究所 (NEDO) の委託業務の結果得られたものです。

参考文献 [1] C. Matsui et al., in *Symp. VLSI Tech. Dig. Tech. Papers*, 2019, pp. T234-T235. [2] MSR Cambridge Traces, http://iotta.snia.org/traces/388. [3] Y. Yamaga et al., in *Symp. VLSI Tech. Dig. Tech. Papers*, 2018, pp. T109-T110.

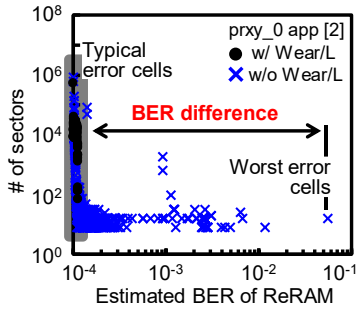
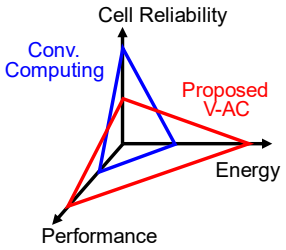


図1 ストレージアプリケーションに起因するTaO_X ReRAMセルエラー



	Error tolerance	ECC	Set/Reset	LRS Read
Conv. Computing	No error	Worst cell	Slowest cell	Smallest I_{CELL} cell
V-AC	1-10 % errors [3]	Typical cell	Typical cell	Typical I_{CELL} cell

図2 従来のコンピューティングおよび提案する Variability-aware Approximate Computing (V-AC) のターゲット