

# 機械学習で抵抗変化型メモリ(ReRAM)の エラーを予測、メモリの寿命を13倍に向上

学校法人 中央大学

## 概 要

機械学習を用いて抵抗変化型メモリ(ReRAM)のエラーを予測し、寿命(書き換え可能な回数)を13倍に増加させることに成功しました。携帯電話からデータセンタのストレージ(記憶装置)までフラッシュメモリを記憶媒体とするSSDが幅広く使われています。フラッシュメモリは容量が大きい利点があるものの、書き換えが1ミリ秒( $10^{-3}$ 秒)と遅いという問題があります。一方、ReRAMは100ナノ秒( $10^{-9}$ 秒)と、フラッシュメモリの1万倍も高速に書き換えが可能という特徴がありますが、多くの書き換えを繰り返すと、データを記憶するメモリセルが不良し、記憶したデータが破壊されるという問題がありました。今回、機械学習のアルゴリズムを用いて、ReRAMのメモリセルの過去の履歴から将来の疲労を予測し、完全に誤動作してしまう不良のメモリセル(ハードエラー)と、誤動作した後に書き換えると正常動作に復帰するメモリセル(ソフトエラー)を判別する方法を開発しました。将来、不良になるメモリセル(ハードエラー)を事前に予測することが可能になりました。そして、実際に不良が起こる前に、不良になるメモリセルを正常なメモリセルに置き換えることで、不良を未然に封じ込めることに成功しました。この技術により、ReRAMの寿命(書き換え可能な回数)を従来の13倍に延ばすことに成功しました。ReRAMを携帯端末や車、データセンタのストレージとして使うことで、高速かつ高信頼にデータを記憶、処理することが可能になり、自動運転、インダストリ 4.0 などの高速でリアルタイムな応答ができるサービスが実現することが期待されます。

**【注意事項】** 本内容については、本日以降すぐに報道していただけます。

**【研究者】** 竹内 健 中央大学工学部 教授(電気電子情報通信工学科)

**【発表(雑誌・学会)】** 本研究成果は、2015年5月17日から20日(米国西部時間)に米国・モンレーで開催された「International Memory Workshop (IMW)」で発表されました。論文名: Machine Learning Prediction for 13× Endurance Enhancement in ReRAM SSD System”

## 【研究内容】

IoT (Internet of Things:モノのインターネット)と呼ばれるように、医療、農業、流通、交通、電力網など社会の至る所にセンサが張り巡らされ、人間だけでなく、機器同士、機器と人間の間で様々なデータがやり取りされるようになります。例えば、自動運転ではセンサによって周囲の車、障害物、車線などをモニタしながら運転を行います。また、インダストリ 4.0 と呼ばれる製造工場での IT の活用では、高速に動くモーターなどを周囲の環境に合わせて最適に調整することで生産性を高めることが期待されています。このようなリアルタイムの IoT の応用では高速にデータを処理、記憶、管理する記憶装置(ストレージ)が必要になります。

このようなデータセンタや携帯電話のストレージとして、フラッシュメモリを記憶媒体とするSSDが幅広く使われています。フラッシュメモリは容量が大きい利点があるものの、書き換えが1ミリ秒( $10^{-3}$ 秒)と遅いという問題があります。一方、ReRAMは100ナノ秒( $10^{-9}$ 秒)と、フラッシュメモリの1万倍も高速に書き換えが可能という特徴がありますが、多くの書き換えを繰り返すと、データを記憶するメモリセルが不良し、記憶したデータが破壊されるという問題がありました。

今回、機械学習のアルゴリズム(図1)を用いて、ReRAMのメモリセルの疲労を予測し、完全に誤動作してしまう不良のメモリセル(ハードエラー)と、誤動作した後に書き換えると正常動作に復帰するメモリセル(ソフトエラー)を判別する方法を開発しました(図2)。その結果、将来、不良になるメモリセル(ハードエラー)を事前に予測することが可能になりました(図3)。そして、実際に不良が起こる前に、不良になるメモリセルを正常なメモリセルに置き換えることで、不良を未然に封じ込めることに成功しました。この技術により、ReRAMの寿命(書き換え可能な回数)を従来の13倍に延命することに成功しました(図4)。ReRAMを携帯端末や車、データセンタのストレージとして使うことで、高速かつ高信頼にデータを記憶、処理することが可能になり、自動運転、インダストリ 4.0 などの高速でリアルタイムな応答ができるサービスが実現することが期待されます。

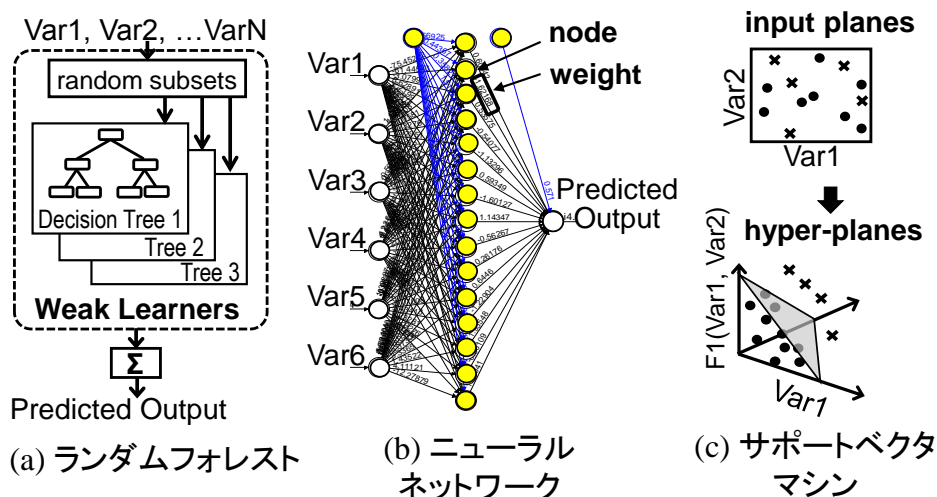


図1. 機械学習のアルゴリズム

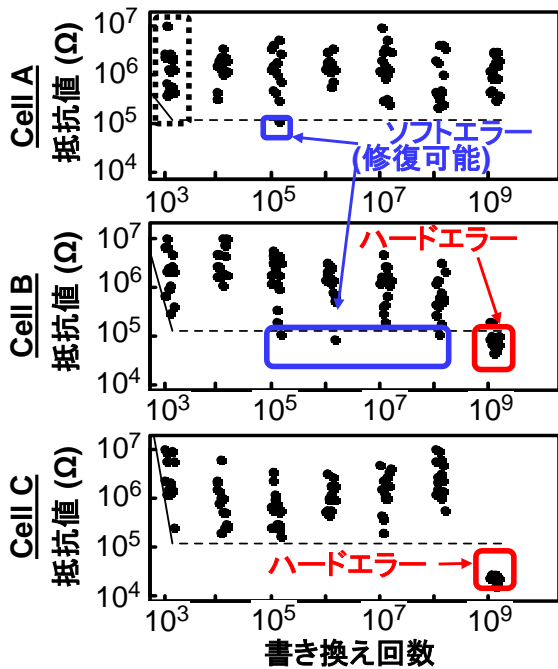


図2. ハードエラーとソフトウェア

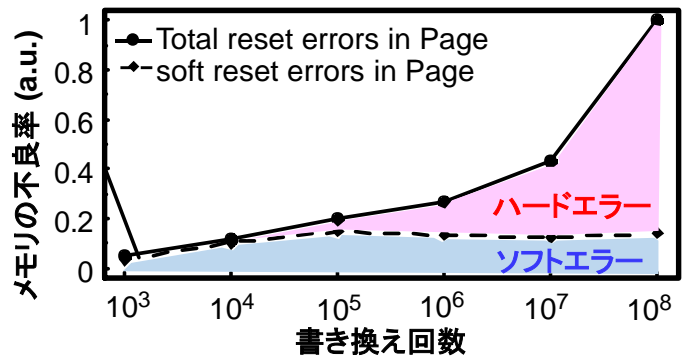


図3. 機械学習によるハードエラー(不良のメモリセル)の予測

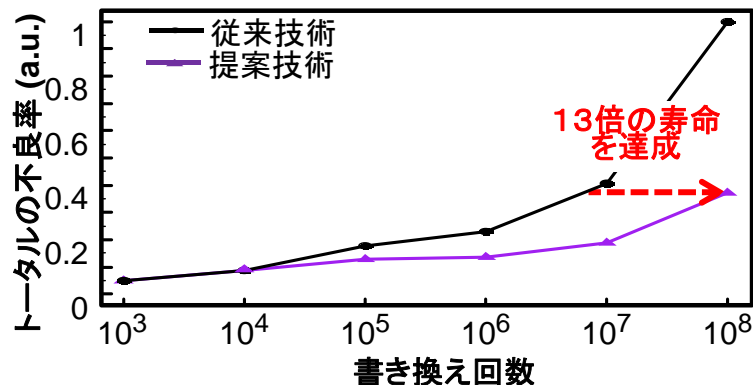


図4. 機械学習によるメモリの寿命(書き換え回数)の13倍の増加

図1. 本研究で活用した機械学習のアルゴリズム

図2. メモリセルのハードエラーとソフトウェア。ハードエラーでは、メモリセルが完全に誤動作して使用できなくなります。ソフトウェアでは、誤動作した後に書き換えると正常動作に復帰します。

図3. 機械学習によるハードエラー(不良のメモリセル)とソフトウェア(回復可能なメモリセル)の予測

図4. 機械学習によるメモリの寿命(書き換え可能な回数)の13倍の増加。将来、ハードエラーが発生するメモリセルを、不良が起こる前に予測し、正常のメモリに置き換えることで未然にエラーを防ぎました。

### 【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

竹内 健 (Takeuchi Ken)

中央大学理工学部 教授 (電気電子情報通信工学科)

TEL : 03-3817-7374

E-mail: takeuchi@takeuchi-lab.org

<広報に関すること>

加藤 裕幹 (カトウ ユウキ)

中央大学 研究支援室

TEL 03-3817-1603, FAX 03-3817-1677

E-mail: k-shien@tamajs.chuo-u.ac.jp

## 【用語解説】

注1)ソリッド・ステート・ドライブ(SSD)

SSDは記憶媒体としてフラッシュメモリを用いるドライブ装置で、ハードディスクの代替としてスマートフォン、パソコンやデータセンタのストレージなどとして広く利用されています。機械的に駆動する部品がないため、高速に読み書きでき、消費電力も少なく衝撃にも強くなります。このため、頻繁にアクセスされるプログラムやデータをSSDに保存する用途で現在幅広く使われています。

注2)IoT(Internet of Things)

モノのインターネットと呼ばれるように、人間だけでなく、機器同士、機器と人間の間で様々なデータをやり取りすることで、医療、農業、流通、交通、電力網の効率を高めます。

注3)インダストリ 4.0

高速に動くモーターを周囲の環境に合わせて最適に調整することで、製造の効率(歩留まり)を高めます。

注4)フラッシュメモリ

データの一括消去を特徴とする、電氣的にデータの読み書きが可能で、電源を切ってもデータが消えない半導体記憶装置。

注5)抵抗変化型メモリ(ReRAM)

電圧を加えることで抵抗値が変化する材料を素子として用いた次世代の半導体メモリ。ReRAMは電源を落としてもデータを保持できる不揮発性の新しいメモリで、データの読み書きが高速で消費電力も少ないのが特長です。

注6)機械学習

データにもとづいてコンピュータが解析し、データから有用なルール、規則性、知識などを抽出し判断を行う技術