

令和2年度 終了評価書

研究機関 : 国立大学法人大阪大学、
国立研究開発法人産業技術総合研究所

研究開発課題 : 次世代人工知能技術の研究開発(課題Ⅱ)

研究開発期間 : 平成29年度 ~ 令和元年度

代表研究責任者 : 鈴木 義茂

■ 総合評価(5~1の5段階評価) : 評価3

■ 総合評価点 : 19点

(総論)

- ・脳神経回路網の演算処理メカニズムに倣い、消費電力が極めて少ない新たな演算処理モデルの実用化に向けて前進した。
- ・基本計画書における目標を達成する研究開発であった。
- ・ハードウェアを作成したことは評価できるものの、まだこれから取り組むべきことが多い。

(コメント)

- 本課題は中期的な課題である磁性ナノドットリザーバーと長期的な課題である低消費電力の磁気スキルミオンによる情報素子の実現を目指すものである。今回の研究開発の成果を発展させ、実用化するための計画を立案している。
- リザーバー演算、ブラウニアン演算の実現性を素子レベルで確認し、電力消費削減効果をニューラルネットワークとの比較において明らかにした。さらに、2つの演算を課題Iと接続する手法も示し、基本計画全体の開発方向の妥当性を示した。
- 少ない予算の中で健闘している。
- 実装・実現の容易さの観点では、本課題のものは明らかに不利であるため、それを補って余りある性能が今後期待される。

(1) 研究開発の目的・政策的位置付けおよび目標

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

研究開発の目的等は現時点でも妥当性があり、政策的位置づけも明瞭であり、国が推進すべき研究開発である。

(コメント)

- AIの需要は研究開発開始当時と比べてさらに高まっており、超低消費電力かつスケーラブルな演算を可能にする演算処理技術に取り組む意義も高まっている。物理現象についての基礎的な研究を必要としており、実用までの道のりは依然として長いが、AI技術開発の方向性を明らかにする狙いは国の研究支援対象として適切である。
- ムーアの法則の限界が近づき、従来のフォンノイマン型に縛られない、新しい計算原理にもとづいたプロセッサの開発は、本課題の趣旨ならびに政策的位置づけと一致している。
- 強磁性体による超低消費電力素子を用いる脳型演算処理技術には優れた特性がある。
- リザーバー計算ならびに確率過程を用いる計算はこの種のプロセッサを用いた計算原理として妥当である。
- 想定するハードウェアを作成したことを評価する。

(2) 研究開発マネジメント(費用対効果分析を含む)

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

有効かつ効率的な研究開発マネジメントが行われたと認められる。予算削減に対しても適切に対応し、成果の最大化が図られるなど、優れた点が認められる。

(コメント)

- 2つの研究がほぼ独立にすすめられ、それぞれで成果をあげている。
- 課題Iとの接続法を考案し、課題Iのベイジアンアトラクタモデルによる運動の分類タスクにおいて、本課題の演算素子を前処理に用いると省エネルギー化できることを示した。

- 2年目から予算が少なくなったことに対応して、磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)ベースの素子の作成を最小限にとどめて費用対効果を最大にするように工夫した。

(3) 研究開発目標(アウトプット目標)の達成状況

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

すべての点において目標を達成する成果が得られている。

(コメント)

- 従来の磁性体を用いる方法(スピン移行発振、スピン波を用いる)に比べて、本課題の磁気ナノドットリザーバーによる脳型計算は省エネルギーである。また CMOS との集積化が容易な脳型計算素子である。
- 従来のデジタル演算回路に比べて大幅な消費電力の削減を可能とする磁気スキルミオンブラウニアン演算基本回路の原理の実証に成功した。
- 磁気メモリを素材として用いた実装は新しい。特にスキルミオンによるブラウニアン計算の基本素子の動作が実証できたことは評価できる。
- リザーバー演算器、ブラウニアン演算器について、実用までの距離は依然として大きいものの政策目標達成に寄与する基本的な性能達成の見通しを得ることができた。
- いずれも概念実証(Proof of Concept)が達成された段階であり、実問題に適用できるのは未だ先に思える。特にブラウニアン計算についてはまだ相当の時間を必要とするように思える。

(4) 政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた取組みの実施状況

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

基本計画書等で示した内容を満足した。

(コメント)

- 本計画では既存技術と比較可能なレベルでの実装を行うことができないため、省エネルギー効果を示すことは困難であったが、回路設計とシミュレーションにより、大きな省エネルギー効果が可能なことを示した。
- 特許7件を出願し、磁化の低消費電力制御について Nature Nanotechnology に論文が採択されたことは評価できる。
- 興味深い研究はできたものの、まだ道筋はかなりあると思われる。

(5) 政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた計画

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

政策目標の達成のための計画が妥当で達成する見込みがある。

(コメント)

- 半導体プロセスを扱う企業との共同研究がプロジェクト終了後も継続する。
- 磁性ナノドットリザーバーの室温動作技術を確立する計画、低消費電力磁気スキルミオン検出技術を確立する計画がある。
- 予算獲得や製品化へのロードマップが明記されており、大きな齟齬はない。
- 特許申請を行い、企業との共同研究を始めている点は評価できる。
- AI用の次のコンピュータの候補となりうるものの、実用性を示す道筋はまだついていない。
- 政策目標を達成するためには、これまでの研究成果と商品化のギャップについての課題分析を深める必要がある。