

研究領域「Society5.0を支える革新的コンピューティング技術」中間評価 (課題評価) 結果

1. 研究領域の概要

私たちの社会は、情報技術があらゆるところに浸透した超スマート社会（Society5.0）に変貌を遂げようとしています。超スマート社会の情報インフラは、巨大なクラウド群と無数のエッジから成ると考えられます。多くの場合、エッジにはセンサやアクチュエータがあり、これらを制御する超小型高性能コンピュータとネットワークインタフェースが備えられています。クラウドは、物理的に分散された多数のサーバとなりますが、論理的にはさまざまなサービスの総体として抽象化されることになると考えます。

このためエッジ、クラウドのいずれにおいても、大量かつ多様なデータを扱うことになるため従来の情報処理技術の高度化などに加えて、人工知能（深層学習など）、量子計算、光計算などがキーテクノロジーとなります。現実の諸問題に一定の時間内で回答するリアルタイム技術も、多様化する社会のニーズに答えるべく高度化する必要があります。その上で、これらを統合し、システムとして高効率・省エネルギーで機能させるための新しい回路技術、アーキテクチャ技術、ソフトウェア技術が必要となります。

本研究領域は、こうした近未来の超スマート社会を念頭に、従来技術の単純な延長では得られない新しいコンピューティング技術を研究開発することを目標とします。具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

(1) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出

(2) アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の研究開発

これらの研究開発により、高度な情報処理を活用したスマートロボット、スマート工場、自動運転、IoT、セキュリティ強化などによる超スマート社会（Society5.0）の実現に貢献します。

本研究領域は、文部科学省の選定した戦略目標「Society5.0を支える革新的コンピューティング技術の創出」のもとに、平成30年度に発足しました。

2. 中間評価の概要

2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける中間評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

2019年度採択研究課題

(1) 天野 英晴（慶應義塾大学理工学部 教授）

MEC用マルチノード統合システムの開発

(2) 井上 公（産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門 上級主任研究員）

スパイキングネットによるエッジでのリアルタイム学習基盤

(3) 佐藤 茂雄（東北大学電気通信研究所 教授）

スピンエッジコンピューティングハードウェア基盤

- (4) 戸川 望 (早稲田大学理工学術院 教授)
地理空間情報を自在に操るイジング計算機の新展開
- (5) 本間 尚文 (東北大学電気通信研究所 教授)
耐量子計算機性秘匿計算に基づくセキュア情報処理基盤

2-3. 中間評価会の実施時期

2022年11月27日(日曜日)、11月28日(月曜日)

2-4. 評価者

研究総括

坂井 修一 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授・副学長

領域アドバイザー

井上 美智子 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 教授

清水 徹 東洋大学情報連携学部 教授

住元 真司 東京大学情報基盤センター 特任教授

谷 誠一郎 日本電信電話(株)NTTコミュニケーション科学基礎研究所 特別
研究員

千葉 滋 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授

中川 八穂子 (株)日立製作所研究開発グループデジタルテクノロジーイノベー
ションセンタ シニアプロジェクトマネージャ

西 直樹 (株)理研鼎業企業共創部 上級コーディネーター

伏見 信也 三菱電機(株) シニアアドバイザー

堀尾 喜彦 東北大学電気通信研究所 教授

山名 早人 早稲田大学理工学術院 教授

外部評価者

該当なし

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： MEC 用マルチノード統合システムの開発
2. 研究代表者： 天野 英晴（慶應義塾大学理工学部 教授）
3. 中間評価結果

Society5.0 では、エッジ系情報処理の高機能化・高速化・低消費電力化が課題となる。天野チームは、MEC (Multi-access Edge Computing) でこれまでの 100 倍の電力性能比を達成することを目標に、5 グループの協業によりシステム技術の開発を行ってきた。具体的には、MEC 用の Crust-Core アーキテクチャとそれを支えるハードウェアの開発、マルチ FPGA を前提とした高位合成技術、リソース管理を含めた基本ソフトウェアの研究開発などが進められており、成果の一部は既に商用化されている。さらに、その上位層のソフトウェアや MEC を前提としたロボットやスマートシティ用のアプリケーション開発も進められている。目標とする 100 倍の電力性能比の向上についても、CG や FFT で 2 倍、AmoebaSAT で 46 倍が実現されており、ASIC (SLMLET チップ) での検証により 100 倍の達成を目指す計画が具体化されている。本 CREST の他チーム（近藤チームなど）との連携もはかられている。

対外発表もジャーナル 33 件、国際会議 44 件と順調であり、受賞も多い。産業界へのさらなる貢献も期待でき、システムの完成と評価、応用分野の拡大、アプリケーションの多様化、国際特許の取得などが後半の課題として見えてきている。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： スパイキングネットによるエッジでのリアルタイム学習基盤
2. 研究代表者： 井上 公（産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門 上級主任研究員）
3. 中間評価結果

”人に寄り添う”コンピューティング技術として、SrTiO₃デバイス（時定数の長い素子）を用いた低消費電力のリアルタイムエッジ学習・推論の機構を研究開発している。応用例として筆蹟鑑定による個人認証、学習理論としてリザーバーやアトラクタ、独自の回路、SrTiO₃ デバイスと研究の階層構成も固まり、それぞれのレイヤーの専門家が研究開発を進めているとともに、代表者が指揮をとって全体をとりまとめている。研究目標ははっきりしてきており、個々のレイヤーの研究はそれぞれインパクトがあるが、各レイヤーの成果が実現される時期には差があり、キラーアプリケーションの設定や、レイヤーの統合を目標とした最終成果のまとめ方が難しくなりそうである。最終年度などは、各レイヤーの進捗を見ながら、レイヤー間で予算配分の濃淡をつけるべきかもしれない。

学術論文誌での発表はこの分野としては充実しており、高いレベルの国際会議で発表するなどあって、個々の研究成果は合格点を得ていると言える。ただし、筆蹟鑑定では、本方式の既存方式に対する優位性が確認されるころまではまだ達していない。また、社会応用としてのアプリケーションを増やすことも、このような研究では必要と考えられる。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： スピンエッジコンピューティングハードウェア基盤

2. 研究代表者： 佐藤 茂雄（東北大学電気通信研究所 教授）

3. 中間評価結果

スピンエッジ AI ハードウェアの実現に向け、デジタルスピン演算回路、アナログスピン演算回路、確率論的スピン演算回路の 3 つのサブテーマを設定し、それぞれに数値目標を立ててその達成を目指している。これらのうち、デジタル回路については待機電力 94% の削減、アナログ回路については 87.6TOPS/W の達成、確率論的演算回路については、組合せ最適化問題でシミュレーテッド アニーリングに対し 650 倍高速の成果を出している。どれも、本課題の中間成果として満足すべきものと言える。最終成果として 1000TOPS/W の可能性が示されており、さらなる発展が期待される。今後は最終成果とりまとめに向けて、サブテーマの統合やエビデンスとしてのチップ製作などに邁進するとともに、超低消費電力のキラーアプリケーションを特定することも重要となる。また、より発展的・長期的なテーマの提案などもあってよいだろう。

研究成果としても、多数の論文発表を行い、表彰が 12 件、特許が 2 件と順調である。デプロイについても、車載応用で企業との共同研究が始まるなど、優れた進展を示している。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 地理空間情報を自在に操るイジング計算機の新展開

2. 研究代表者： 戸川 望（早稲田大学理工学術院 教授）

3. 中間評価結果

アプリケーションを地理空間情報に絞り、共同研究者に（株）ゼンリンデータコムを据えて、イジング計算機による情報処理の高度化を進めようという研究である。基礎研究として、収束時間短縮のための手法（同時スピントリップ法など）を提案するなども含まれている。また、応用としては、最適な旅程の算出など、ターゲットがはっきりしており、一定以上の成果をあげていることも理解しやすい。特に既存手法であるシミュレーテッドアニーリングとの比較で大きな差をもたらすことが報告されており、社会実装が楽しみな研究である。

アプリケーションデモの公開など、成果の見せ方も幅広く行われている。一方で論文発表がやや少ない印象を受けた。本研究は、地理空間情報以外にも適用可能であり、将来的にはアプリケーションの領域を広げることが期待される。また、東工大本村チームとの連携もはかられていることから、理想イジングマシンのモデル化やソフトウェア開発なども視野に入ってきている。特に最終成果報告では、基礎理論の確立とともに魅力的なデモを期待したい。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 耐量子計算機性秘匿計算に基づくセキュア情報処理基盤

2. 研究代表者： 本間 尚文（東北大学電気通信研究所 教授）

3. 中間評価結果

量子計算機の攻撃にも耐えられる秘匿計算は、社会の安全・安心のために必須の情報処理である。本研究はそのための基礎理論を確立し、国際標準暗号の実装方法提案を行うなどしている。具体的には、(1)確率的秘匿計算アルゴリズムとハードウェア開発、(2)セキュア秘匿計算プラットフォームと実装安全性評価手法の開発、(3)データとプログラム（モデル）保護を両立する秘匿計算方式の開発などが本研究の内容であり、いずれも計画通りの進捗をみている。一例として、開発した確率的秘匿計算ハードウェアにおいて、従来方式にくらべて30倍から70倍の高速化を実現している。

学術的成果として、トップ国際会議での発表を多く行っている。耐量子性秘匿計算の設計・評価プラットフォームをIEEE International Symposium on EMCの特別セッションとして企画するなど、成果のパブリシティ向上に努めている。開発した設計・評価用ボード（SASIMIボード）は、実証実験のために使われるとともに、国際的なコミュニティ作りのためにも役立っている。受賞、特許などもあり、後半にさらなる成果が期待される。