

研究領域「革新的コンピューティング技術の開拓」事後評価結果

1. 研究領域の概要

超スマート社会を実現しその持続可能性を維持するためには、情報処理基盤の要であるコンピュータシステムの飛躍的かつ継続的な発展が必要不可欠となります。しかしながら、近い将来、半導体の微細化がついには限界に達すると予想されており、コンピュータシステムを進化させ続けるための新しい概念や技術の創出が求められています。

そこで本研究領域では、半導体微細化に頼らない革新的コンピューティング技術の開拓を目指します。大きなダイナミズムを有する超スマート社会を支える情報処理基盤を構築するには、社会的変化と技術的進歩を敏感に察知し、将来を予測し、様々なトレードオフを考慮した上で、柔軟かつ斬新な発想に基づく次世代コンピュータシステムを実現しなければなりません。そこで、高性能化、低コスト化、低消費電力、安全性向上、高信頼化、運用容易性向上、など、様々な観点から次世代コンピュータシステムのあるべき姿を探求します。

研究内容としては、1) 回路、アーキテクチャ、システムソフトウェア、プログラミング、アルゴリズム、アプリケーションなどを対象としたクロスレイヤ、コデザインに基づく新しい高効率コンピューティング技術の確立、2) 現在主流であるデジタルCMOS処理とは異なる新コンピューティング技術の創成、3) 従来の計算モデルとは一線を画す新計算原理／新概念の創出、などを対象とします。そして最終的には、世界をリードする若手研究者を輩出するとともに、持続可能な超スマート社会の実現を可能にするための情報処理基盤の構築に貢献します。

2. 事後評価の概要

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(先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」における「第4章 事業の評価」の規定内容に沿って実施した。

2-2. 評価対象個人研究者及び研究課題

2018年度採択研究課題

(1) 三浦 典之 (大阪大学大学院情報科学研究科 教授)

Triturated Computing System (粉末コンピューティングシステム)

2019年度採択研究課題

(1) 鯉渕 道紘 (情報・システム研究機構国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系 教授)
耐故障並列計算と高速ロシー結合網の協調

(2) 坂田 綾香 (情報・システム研究機構統計数理研究所数理・推論研究系 准教授)
求解軌道のマクロ表現によるアルゴリズム制御理論の創出

(3) 坂本 龍一 (東京工業大学学術国際情報センター 准教授)
新世代デバイスを用いた密結合型マイクロサービス実行基盤

(4) 砂田 哲 (金沢大学理工研究域 教授)

光波動コンピューティングの展開

(5) 孫 鶴鳴 (早稲田大学理工学術院総合研究所 次席研究員・研究院講師)
リアルタイム低電力深層学習適用による革新的な動画圧縮システム

(6) 高橋 綱己 (東京大学大学院工学系研究科 特任准教授)

メモリスタセンサネットワークによるエッジ化学情報処理

(7) 陳 オリビア (東京都市大学情報工学部 准教授)

アルゴリズム・ソフトウェア・ハードウェアの融合による超低電力ニューラルネットワークの構築

(8) 西原 禎文 (広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授)

ペタビット時代を支える革新的分子ストレージ技術の確立

(9) 松井 鉄平 (岡山大学学術研究院自然科学学域 准教授)

生物模倣によるロバストで効率的な深層学習の開発

2-3. 事後評価の実施時期

2022年12月 各研究者からの研究報告書に基づき研究総括・領域アドバイザーによる事後評価

2-4. 評価者

研究総括

井上 弘士 九州大学大学院システム情報科学研究院 教授

領域アドバイザー

河野 崇 東京大学生産技術研究所 教授

権藤 正樹 イーソル株式会社 取締役 CTO・技術本部長

竹房 あつ子 情報・システム研究機構国立情報学研究所 教授

田中 良夫 産業技術総合研究所研究戦略企画部/研究DX推進室/情報・人間工学領域 次長・室長・副領域長

谷口 忠大 立命館大学情報理工学部 教授

中条 薫 株式会社SoW Insight 代表取締役社長

中島 康彦 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 副領域長・教授

成瀬 誠 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授

前澤 正明 中国科学院上海微系統与信息技術研究所 研究員

宮森 高 東芝デバイス&ストレージ株式会社半導体研究開発センター センター長

外部評価者

該当なし

3. 総括総評

超スマート社会を実現しその持続可能性を維持するためには、情報処理基盤の要であるコンピュータシステムの飛躍的かつ継続的な発展が必要不可欠となる。しかしながら、近い将来、半導体の微細化がついに限界に達すると予想されており、コンピュータシステムを進化させ続けるための新しい概念や技術の創出が求められている。本研究領域は、この問題に対する直接的な解を見出すべく、革新的なコンピューティング技術の開拓を目指し、以下の「3つの心構え」を元に研究を進めた。

- ・ さきがけは個人研究→自由闊達な研究をやるべし!
- ・ さきがけは切磋琢磨できる場→大いに刺激を受けるべし!
- ・ さきがけは世界への登竜門→大いに成長すべし!

2期生は、インターコネクション・ネットワーク、計算アルゴリズム、マイクロサービス実行基盤、光波動コンピューティング、動画像圧縮伸張処理、化学情報処理、超伝導コンピューティング、分子メモリ、生物模倣コンピューティングなど、幅広い分野における挑戦的・独創的な研究テーマに挑戦した。特に、種々の新奇デバイス活用コンピューティングにおいて様々なアプローチが加わった点が一つの特徴である。「革新的コンピューティング技術」という大きな傘のもと、研究者達は、物理、数学、化学、脳科学、デバイス、回路、アーキテクチャ、システムソフトウェア、アルゴリズム、いった、まさにシステム階層を従横断した議論を重ね、互いに刺激を受け合い、切磋琢磨した。その結果、将来のコンピューティング技術を支える大きな成果が得られている。

三浦氏は、粉末コンピューティングの概念を提唱し、その実現可能性をチップ試作により実証した。また、孫氏は動画像圧縮伸張処理に深層学習を適用し、プロトタイプシステム開発によりその有効性を示している。これらは、今後の半導体/集積回路分野における新しい方向性を示すものであり、価値ある成果である。鯉淵氏は誤りを許容する大規模インターコネクト・アーキテクチャ技術、坂本氏は SmartNIC を用いたオフロード技術を探求した。これらは、将来のスーパーコンピュータ/データセンター開発に新たな指針を提示するものである。砂田氏は光リザバーコンピューティング、高橋氏は分子センシング、陳氏は超伝導コンピューティング、西原氏は分子メモリシステムをターゲットとし、それぞれの新奇デバイス利活用技術を確立した。現代コンピュータの性能を飛躍的に向上させる極めて大きなポテンシャルを示しており、今後の進展が大いに期待される。坂田氏は、統計学の観点からアルゴリズムの安定性を評価・改善する手法を構築した。安心かつ安定した社会情報処理基盤の実現に向けた重要な成果である。松井氏は、生物の脳特有の情報表現特徴の解明に挑戦し、それを深層学習アルゴリズムに取り入れることで頑健性を向上させ、生物模倣コンピューティングへの大きな第一歩を踏み出した。

以上のように、各研究者は様々な観点から、新理論の構築や新技術の開発、試作・製作やプロトタイプ開発を通じた概念実証、学術的・産業的価値ある評価、などを行っており、将来大きな影響を与える多くの成果を挙げるとともに、革新的コンピューティングを開拓した。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：Triturated Computing System（粉末コンピューティングシステム）

2. 個人研究者名

三浦 典之（大阪大学大学院情報科学研究科 教授）

3. 事後評価結果

物理環境との親和性を極限まで高めた 0.1mm 角級の極小チップ群で情報処理を実現する「粉末コンピューティングシステム（Triturated Computing System: TCS）」の概念を提唱し、新技術の開発とチップ試作に基づく実現可能性の実証に挑戦した極めて独創的な研究である。現代のコンピュータシステムの在り方を抜本から変える革新的アプローチであり、現状ではコンピュータシステムを設置できない様々な環境へのコンピューティング展開を可能にする極めて重要な成果である。また、極小の半導体チップを無線通信により相互接続し、様々なコンピュータシステムを構成する発想は、半導体／集積回路分野においても新展開をもたらすものであり、学術的・産業的インパクトは極めて大きい。本研究で展開された、回路技術、アーキテクチャ技術、アルゴリズム技術の融合的アプローチは、まさに本領域が目指す分野横断型研究の具現化そのものであり、研究成果のみならず、確立した研究プロセスそのものも特筆すべき成果である。加えて、さきがけ期間中に「胎動回路」という TCS の拡張概念を新たに創出し、コンピューティングシステムの新しい可能性を見せてくれた。本研究では半導体製造時のプラズマをエネルギー源とする新コンピューティング技術を開発したが、その本質は環境中に別目的として存在するエネルギーをコンピューティングに利活用する点にあり、様々な応用展開が期待できる。これらの成果は、半導体集積回路分野における世界最高峰カンファレンスに採択されており、未来のイノベーションが期待される技術として世界的インパクトをもたらした。このように、さきがけ研究を通して目覚ましい飛躍を成し遂げたことは明らかであり、高く評価できる。今後は TCS の第一人者として、また、日本の半導体／コンピューティング分野をリードする研究者として、更なる世界的活躍を期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：耐故障並列計算と高速ロシー結合網の協調

2. 個人研究者名

鯉淵 道紘（情報・システム研究機構国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系 教授）

3. 事後評価結果

現代の大規模計算機システムにおいて、通信性能の改善は喫緊の課題である。今後の更なる大規模化とスケーラビリティの確保は、将来の大規模コンピューティングを語る上で避けては通れない。この抜本的課題に対し、本研究は、ある程度のデータ欠損を許容することで通信性能を飛躍的に向上する「ロシー通信技術」の概念を考案し、その実現に必要な新技術を探求した極めて挑戦的な取り組みである。ロシー通信で誤りを許容する一方で、十分な耐故障性をアプリケーションのアルゴリズムレベルで担保するといった新しいハードウェア/ソフトウェア協調設計技術であり、現代のインターコネクト方式とは一線を画す。このような新概念であるロシー通信を基本とし、その上で、低遅延通信データ圧縮方式とその並列実行法、アプリケーションレベル耐故障アルゴリズム、などを発案し、世界にさきがけてその有効性を示した点は高く評価できる。さらに、再構成可能ハードウェアである FPGA を搭載した光通信（パッケージレベルでのダイレクト光通信が可能）機構を用い、本研究の成果を大規模光コンピューティング基盤の探究へと発展させており、研究者のさらなる飛躍へと確実に繋がっている。日本学士院学術奨励賞を受賞するなど外部からの評価も極めて高く、他さきがけ研究者とも連携して JSPS 学術変革領域研究(A)の計画研究の代表者として活動を広げるなど、今後の展開が楽しみである。現在、光技術は通信と演算の融合へと大きく舵を切っている。今後は、さきがけ研究で培った技術を基盤とし、世界をリードするインターコネクト・アーキテクトの一人として、次世代の大規模高性能並列計算分野をリードし続けてほしい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：求解軌道のマクロ表現によるアルゴリズム制御理論の創出

2. 個人研究者名

坂田 綾香（情報・システム研究機構統計数理研究所数理・推論研究系 准教授）

3. 事後評価結果

統計科学の観点から、複雑な推定問題に対しても適用可能なアルゴリズム評価ならびに制御法を開拓する独創性の高い研究である。質の高いアルゴリズムの探求は、コンピュータシステムの進化において最重要課題の一つであり、本研究の成果はこれに大きく貢献するものである。まず、高次元空間上におけるアルゴリズムの求解軌道に着目し、入力データに内在するランダム性などの影響による「求解軌道の揺らぎ」を評価する手法を考案した点は、特筆すべき成果である。安全かつ安定した社会情報処理基盤を構築するためには、ハードウェアレベルでの信頼性のみならず、アルゴリズムレベルでの信頼性評価が極めて重要となる。本研究はこの抜本的課題に対する解決策を世界にさきがけて示したものであり、高く評価できる。また、この成果を起点とし、能動的データサンプリング法や、アルゴリズムパラメータ制御法を新たに考案し、新しいアルゴリズム動作安定化技術を創出した。これは、求解軌道の把握という基礎研究成果を基盤とし、その上で、種々のアルゴリズム改善アプローチへと展開できることを実践したものである。このように、本研究は、統計科学の観点からアルゴリズム安定性の指標定義、評価法の確立、そして、改善手段の考案、を示した価値ある内容であり、研究者の大きな飛躍が見て取れる。加えて、本さきがけ領域の他研究者と連携した新 CREST プロジェクトへの参画、物理学分野との連携など、本研究を通して学際的アクティビティが格段に高まった。今後も数理の観点からコンピューティング技術をドライブし、本分野の第一人者として世界をリードし続けることを期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：新世代デバイスを用いた密結合型マイクロサービス実行基盤

2. 個人研究者名

坂本 龍一（東京工業大学学術国際情報センター 准教授）

3. 事後評価結果

今後のさらなる普及が見込まれるマイクロサービスに着目し、その処理効率を大幅に改善するための実行基盤構築を目的とした実用性の高い研究である。特に、プロセスの生成やTCP/IP通信、インタプリタ実行といった処理に実行時間の大半が費やされているという解析結果に基づき、FPGAを搭載したSmartNICとそれを用いたオフロード実行法を提案するとともに、アプリケーションの再コンパイルやコンテナイメージの再構築を必要としない高いポータビリティを有するアブストラクションレイヤーを新たに定義した点は高く評価できる。また、ミドルウェアを含むシステムフルスタックを開発し、完成度の高い実行基盤開発に成功した点は特筆すべき成果である。フルスタック実装は多くのエフォートを要し、かつ、システムの複雑化に伴いそのデバック検証に多大な時間を要す。本さがけ研究では、粘り強く、かつ、確実にアイデアの実装を進めた。これらの成果をOSSとして公開することも予定されており、今後の同分野における研究開発の加速に大きく貢献できる。マイクロサービスの高いモジュラリティを失うことなく、新世代デバイスを利活用し実行効率を最大化するという、将来のデータセンター開発・運用において極めて重要な課題に対する一つの解を示した研究である。今後は、(OSSも含め)学術的成果のさらなる発信と、クラウドベンダー等との連携による実用化へと繋げてほしい。また、本さがけ研究では特定デバイスを対象としたものであるが、将来出現するであろう種々の新ハードウェア基盤へも対応できるよう、本研究で培った成果のさらなる一般化と汎用化にも期待したい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：光波動コンピューティングの展開

2. 個人研究者名

砂田 哲（金沢大学理工研究域 教授）

3. 事後評価結果

光波動を用いた新コンピューティング原理を探求するものであり、極めて挑戦的かつ独創的な取り組みである。まず、本研究では光ニューラルフィールドという概念を提唱し、光デバイスを用いた新コンピューティング原理の検証に成功している。その上で、シリコンチップ・デバイスの試作を行い、高速・省電力光リザバー計算回路として具現化した。これは、光の仮想ニューロンを微小領域に高密度かつ大規模に実装できるものであり、最先端光回路や電子回路と比較して圧倒的な高速性と省エネルギー性を達成できるものである。本成果は、光学系ハイインパクトジャーナルにも掲載されており、日本光学会より「2021年度日本の工学研究」として選出されている。また、多数のメディアなどでも紹介され、極めて大きなインパクトをもたらした研究成果であると高く評価できる。加えて、光リザバー計算をコアとしつつ、光コンピューティングの究極系とも言える「光情報入力に対する光直接情報処理」を目指し、高速イメージ認識システムへと研究の scope を発展させた。このような新しい取り組みにおいて、アイデア創出から技術開発、実証までを完了しており、本さきがけ研究スタート時の想定を大きく上回るすばらしい成果である。光デバイス分野を専門とする当研究者が、本さきがけ研究を通してシステムレベルへと scope を拡大できた点は、自身の大きな飛躍に繋がっている。論文発表、プレスリリース、特許出願などの外部発信も積極的に行っており、光コンピューティングの新たな可能性を見せてくれた研究であった。他さきがけ研究者とも連携した JSPS 学術変革領域研究(A)の計画研究班の研究代表者として活動を広げるなど、すでに次のステップへと前進しており、今後の更なる飛躍を期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：リアルタイム低電力深層学習適用による革新的な動画像圧縮システム

2. 個人研究者名

孫 鶴鳴（早稲田大学理工学術院総合研究所 次席研究員・研究院講師）

3. 事後評価結果

機械学習を用いた新しい動画像データ圧縮・伸張方式を提案するものであり、斬新性と実用性を兼ね備えた研究である。特に、アルゴリズムレベル、アーキテクチャレベル、システムレベル、の階層を跨いだ取り組みであり、その独創性と挑戦性は極めて高い。ニューラルネットワークモデルを用いたイントラ予測やフィルタ方式などの要素技術を新たに開発し、その上で、新しい動画像データ圧縮・伸張アクセラレータ（アーキテクチャ）を考案した。また、ハードウェア記述言語によるフルスクラッチからの設計を行い、FPGAボードに実装することでその正しい動作を確認している。また、これらの研究成果をシステムレベルへと発展させ、プロトタイプシステムを開発し、リアルタイム動画像圧縮・伸張デモンストレーションに成功している。そして、2022年時点での最先端技術に対し、圧縮・伸張における処理精度をほぼ保ちつつ、圧倒的な高スループットと低レイテンシを達成した。このように、実応用に近い状況を想定したシステムレベルでの実装において、飛躍的な性能向上を実証したことは極めて高く評価できる。本研究は動画像データ圧縮・伸張をターゲットとした取り組みであったが、実践したアルゴリズムとアーキテクチャの協調設計は他応用にも展開／適用可能であり、ドメイン特化型コンピューティングの基盤ともなり得る技術である。研究成果の発信に関しては、トップカンファレンスを含む論文発表のみならず、ベストペーパーアワードなど多数の表彰を受けており、外部からも高く評価されている。機械学習を適用した動画像データ圧縮伸張の新しい局面を見せてくれた研究であった。情報化社会において、動画像データ処理はますます重要性を増している。本さきがけ研究の成果を起点とし、提案方式の標準化や実用化を見据えた社会実装への展開も期待したい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：メモリスタセンサネットワークによるエッジ化学情報処理

2. 個人研究者名

高橋 綱己（東京大学大学院工学系研究科 特任准教授）

3. 事後評価結果

エッジ化学情報処理の実現を目指し、小型で低消費エネルギーかつ柔軟な（様々な用途にも展開可能な）化学センサデバイスの開発とそれをを用いた情報処理基盤を構築する極めて独創性の高い研究である。分子を媒体として得られる大量の情報に基づき機械学習による大規模データ処理を実現するフレームワークを想定し、種々の研究を進めた。その実現に向けては、化学センサにおける堅牢性（長期間安定動作）の欠如が深刻な問題となるが、本研究では熱安定性や化学耐性を飛躍的に向上する技術を確立した。これは、現状の化学センシングの限界を打破するものであり高く評価できる。また、化学センサの高密度ネットワーク集積化に挑戦し、1,024個集積センサアレイを作製し、機械学習を適用することでバナナから揮発する分子により追熟度判定が可能であることを示した。加えて、エレクトロニクス技術との融合により、単一材料からなるセンサアレイの汎用性を高めるジュール自己加熱制御技術を見いだし、そのシステム開発と実証実験に成功している。これらの成果は、センサデバイスに適応可能性を獲得させ、そこで得られたデータに対し機械学習を適用することで、センサデバイスの汎用性を格段に高め得ることを示したものであり、その学術的意義は極めて大きい。さきがけ研究を遂行する中で新たに見出した技術もあり、研究スタート当初の予想を大きく上回る成果を得たと評価できる。化学とエレクトロニクスの融合という切り口から、分子センサデバイスとそれをを用いたエッジ情報処理の基礎を築き、かつ、その応用展開の可能性を見せてくれた研究であった。今後、バイオセンシングなど分子センサへの期待はより大きくなると予想される。基礎研究を着実に進めるとともに、将来的な実応用に向けた取り組みも必要となるであろう。今後の更なる飛躍を期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：アルゴリズム・ソフトウェア・ハードウェアの融合による超低電力ニューラルネットワークの構築

2. 個人研究者名

陳 オリビア（東京都市大学情報工学部 准教授）

3. 事後評価結果

超伝導断熱磁束量子パラメトロン（Adiabatic Quantum Flux Parametron: AQFP）を対象とし、ハードウェア、ソフトウェア、アルゴリズム、といったシステム階層を横断しつつ、設計自動化技術にも踏み込んだ独創的かつ挑戦的な研究である。従来の超伝導回路技術においては、その殆どが演算器レベルでの実証に留まっていたが、本研究はAI処理をターゲットとしてシステムレベルへと昇華させ、新しい超伝導コンピューティングの方向性を示した。特に、超伝導素子の確率的な動作特性に着眼し、それに適したコンピューティングモデルを定め、回路、アーキテクチャ、アルゴリズムに至るまでを最適化した点は、世界的にもユニークなアプローチであり、高く評価できる。回路と設計技術を専門としていた当研究者が、アーキテクチャやシステムにまでスコープを拡大できたのは本研究を通して大きく飛躍した証である。また、シミュレーションに留まらずチップ試作により実現可能性を示しており、将来の高性能コンピュータシステム開発における一つの選択肢を示した価値ある内容である。超伝導回路はタイミング設計や種々の最適化をほぼ人出に頼っているのが実状であるため、本さきがけ研究で構築した設計自動化技術と各種のツールは、本分野に対する極めて大きな貢献となるであろう。現在、超伝導量子コンピュータの研究開発が世界中で進められているが、それにともない、極低温環境下における超低消費電力古典情報処理（例えば、誤り訂正など）の実現はより重要となる。本さきがけ研究が創出した成果は、このような応用にも展開可能であり、今後の更なる飛躍を期待したい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：ペタビット時代を支える革新的分子ストレージ技術の確立

2. 個人研究者名

西原 禎文（広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授）

3. 事後評価結果

当研究者のオリジナルである「単分子誘電体」をコア技術とし、その実用化を見据えた材料改良ならびにメモリデバイス実装を目指した独創的かつ挑戦的な研究である。現在の不揮発メモリに対して3桁以上の大容量化（高密度化）を期待でき、ビッグデータ・コンピューティングを支える基盤技術として大いに期待できる。材料探索においては、記録保持温度の向上を実現し、また、微細化において課題となる材料中のコンタミ除去技術や材料の疎水／親水性のコントロール手法を確立している。また、実際に単分子誘電体を実装したメモリデバイスを作製し、良質なメモリ特性の確認に成功しており、これは超大容量分子ストレージの実現に向けた極めて重要かつ大きな成果となった。また、世界的科学雑誌での記事の掲載、多数の論文発表、特許出願など、研究成果の発信も積極的に行っている。加えて、本さがけ研究の成果に関連し、ベンチャー企業の設立を目指すところまで進展しており、今後の更なる展開が期待される。メモリデバイスの大容量化は、今後のデータ駆動社会を鑑みた場合に避けては通れない極めて重要な課題である。本さがけは、当研究者が世界で初めて開発に成功した単分子誘電体をメモリデバイスへと飛躍させるための基礎研究を実施したものであり、世界的にもオリジナリティの高い内容である。今後は、読出し／書込み回路を含めたエレクトロニクス分野との連携も必須になると思われる。本研究で培ったコア技術を基本にし、さらなる分野間連携を進めることにより、次世代コンピューティングを支える新メモリ技術として実用化へ邁進してほしい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：生物模倣によるロバストで効率的な深層学習の開発

2. 個人研究者名

松井 鉄平（岡山大学学術研究院自然科学学域 准教授）

3. 事後評価結果

生物の脳活動を計測・解析し、脳特有の情報表現の特徴を解明するとともに、それを深層学習に用いることで「ロバストネス」と「効率性」を高める極めて独創的な研究である。特に、動物実験や公開済み／取得済み脳活動データベースを活用して、生物の脳における画像情報表現の特徴を理解し、その結果を深層学習に取り込むといったアイデアは斬新である。本研究では、現在の深層学習では見られない脳の情報表現の際立った特徴の推定に至り、それらを深層学習アルゴリズムの改良として取り入れ、頑健性が向上することを確認している。これは、脳科学分野とAIコンピューティング分野のさらなる連携の必要性を示唆し、かつそれを実践した取組みと捉えることができ、価値ある内容である。新型コロナウイルスの影響により当初予定した生理学実験を行えない状況ではあったが、その中でも種々の工夫により多くの成果を挙げ、世界的な科学雑誌で発表するなど、高く評価できる。また、当さがけ領域の他分野研究者と共同で学術変革領域(B)に採択されており、新たな分野間連携もすでにスタートしている。脳の仕組みを理解し、情報処理システムへと応用するアプローチは、着実な基礎研究の進展と積極的な分野間連携が必要である。本さがけ研究で得た成果を起点としてさらに発展させるとともに、脳科学／神経科学分野とコンピュータサイエンス分野を繋ぐ貴重な人材としての活躍を期待したい。