

筑波大学 計算科学研究センター
令和6年度 研究評価



Center for Computational Sciences,
University of Tsukuba
Research Assessment FY2024

目 次

はじめに	1
1. 研究評価委員会の設置等	2
2. 評価の方法	3
3. 評価報告	
3. 1 素粒子物理研究部門	4
3. 2 宇宙物理研究部門	7
3. 3 原子核物理研究部門	9
3. 4 量子物性研究部門	11
3. 5 生命科学研究部門	
3. 5. 1 生命機能情報分野	13
3. 5. 2 分子進化分野	15
3. 6 地球環境研究部門	17
3. 7 高性能計算システム研究部門	19
3. 8 計算情報学研究部門	
3. 8. 1 データ基盤分野	22
3. 8. 2 計算メディア分野	24
4. 総合評価	26

はじめに

筑波大学計算科学研究センター（以下「センター」）では、研究事業等に関する諮問機関として学外委員を含むセンター運営協議会を設置し、研究事業全般及び共同利用に関する指導助言を受け、年度毎の研究評価を行っている。この研究評価は、センター運営協議会の下に学外委員による研究評価委員会を設置し実施することとしている。

この度、研究評価委員会から、令和6年度の研究成果の評価についてのご報告をいただいた。

研究評価委員会委員からの評価は、各研究分野の研究活動について、自己点検をさらに深めるための重要な判断材料となるばかりでなく、センターのこれからの発展のための貴重な指針となる。

研究評価委員会委員の方々には、大変ご多用のところ、各研究分野の研究成果について評価をしていただき、貴重な所見を頂戴した。特に、加藤委員長にはとりまとめにご尽力をいただいた。

謹んで、委員の皆様には御礼を申し上げます次第である。

令和8年2月

筑波大学計算科学研究センター

センター長 重田 育照

1. 研究評価委員会の設置等

筑波大学計算科学研究センター運営協議会（以下「運営協議会」）は、令和7年9月29日開催の運営協議会において、研究評価委員会の設置、及び書面による評価の実施を決定した。

なお、研究評価委員会の委員は、次のとおりである。

委員氏名	職名	所属
青木 保道	チーム・リソシパル	理化学研究所計算科学研究センター連続系場の理論研究チーム
吉田 直紀	教授	東京大学大学院理学系研究科
松尾 正之	フェロー	新潟大学自然科学系（大阪大学特任教授）
草部 浩一	教授	兵庫県立大学大学院理学研究科
石北 央	教授	東京大学先端科学技術研究センター
神川 龍馬	准教授	京都大学大学院農学研究科
竹見 哲也	教授	京都大学防災研究所
千葉 滋	教授（センター長）	東京大学情報基盤センター
宮崎 純	教授	東京科学大学情報理工学院情報工学系
加藤 博一	理事・副学長	奈良先端科学技術大学院大学

（順不同、敬称略、所属・職名は令和7年9月29日現在）

研究評価委員会の委員には、「令和6年度年次報告書」及び必要に応じて「令和5年度研究評価」を参照していただき、評価を実施した。

なお、評価を担当する委員は、次のとおりである。

研究部門・分野等	委員氏名
委員長（全体の取りまとめ）	加藤 博一
素粒子物理研究部門 素粒子物理分野	青木 保道
宇宙物理研究部門 宇宙物理分野	吉田 直紀
原子核物理研究部門 原子核物理分野	松尾 正之
量子物性研究部門 量子物性分野	草部 浩一
生命科学研究部門 生命機能情報分野	石北 央
〃 分子進化分野	神川 龍馬
地球環境研究部門 地球環境分野	竹見 哲也
高性能計算システム研究部門 高性能計算システム分野	千葉 滋
計算情報学研究部門 データ基盤分野	宮崎 純
〃 計算メディア分野	加藤 博一

（委員長・研究部門・分野順、敬称略）

2. 評価の方法

以下の「令和6年度評価報告（評価フォーム）」に記入することにより、各研究部門・分野における研究活動・成果について評価を行った。

なお、各研究部門・分野の評価、及び全体の評価については、「3. 評価報告」並びに「4. 総合評価」に示すとおりである。

A) 計画進捗度

※以下の項目について、それぞれ具体的な記入をお願いします。

- ・ 顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：
- ・ 進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：
- ・ R5年度の評価や指摘に関する改善状況：

その他のコメント：

※上記のほか、その他のコメントがあればご記入ください。

B) 多角的視点からの評価

※以下の項目について、S、A、B、C、Xで評価をお願いします。

【S（特に成果がある）、A（良好）、B（おおむね良好）、C（不十分）、X（評価対象外）】

- ・ センター内連携が有効に行われているか：
- ・ 産学官連携が有効に行われているか：
- ・ 国際連携、国際活動が活発に行われているか：
- ・ 社会貢献・社会活動などが行われているか：

上記の評点の理由などに関するコメント：

※上記の評点の理由など、コメントがあればご記入ください。

C) 総評

※全体に対する総評をお願いします（400字程度）

D) その他

※その他、コメントがあればご記入ください。

3. 評価報告

3. 1 素粒子物理研究部門

3. 1. 1 素粒子物理分野

A) 計画進捗度

- ・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：
 1. PACS コラボレーションが推進している $(10\text{fm})^3$ 超の大体積を用いた格子 QCD プロジェクトは、その基礎となる、チャームクォークまで含めた 2+1+1 フレーバーの新しい配位生成に 2023 年度から着手している。2024 年度は異なる 3 つの格子間隔の内、最精細格子の生成に進むと共に、それを除く 2 つの生成を完了したとのことで、順調に進捗していると見られる[1]。この配位生成が完了すれば、物理点直上、大体積、高精細格子で QCD の主たる系統誤差をほぼ完全に制御出来る環境が整うことになる。一方で、独立した統計サンプル生成、さらにそれ以前に熱平衡化の困難が、特に精細格子で想定される。このような困難を乗り越えるための試行錯誤で得られた知見は、コミュニティ全体にとっても極めて有用であると考えられる。それらの情報を適宜公開、発信していくことでコミュニティを主導していくことが望まれる。これらの格子を用いた物理量解析はこれからだが、これまでに得られた 2+1 フレーバー配位の解析も引き続き成果を生み出していることを評価する[2][3][4]。そこで培った技術は 2+1+1 フレーバーにおいても配位が生成され次第適用され更なる成果を生み出すことが期待される。また、これらの負荷の高い計算の遂行に、「富岳」成果創出加速プログラムを関係者の努力で獲得できたことが重要である。一方、特に[2]の K 中間子崩壊のような 1%もしくはそれ以下の誤差に抑えられる物理量を用いた標準模型の検証には、アイソスピンの破れと電磁相互作用の効果を取り入れる手法の基礎的な研究開発も必要になるであろう。
 2. 有限温度 QCD の研究では、[5] ホッピングパラメタ展開を用いた重いクォーク領域の臨界質量の計算で、2+1 フレーバーのビンダーキュムラントを用いた計算が $N_t=4, 6$ で進捗し、より精細な $N_t=8$ の計算の初期結果も得られるに至った。これにより、連続極限を定量的に議論できる段階に到達したことが評価できる。 $N_t=8$ の結果は計画上の途中経過であるとのことで、これを完遂することにより、重いクォーク領域の相図の決定に貢献する事が期待される。ここで用いたビンダーキュムラントによる解析と関連し、Lee-Yang ゼロを用いた解析[6]の 3 次元 Ising 模型と 3-state Potts 模型での有効性が確認され、QCD への応用も開始された[6]。重いクォーク領域の QCD 相図解明にむけて、ビンダーキュムラントとの相補的な役割が期待できる。
 3. 前々年度より取り組んでいるクォークoniumのスペクトル関数解析へのスパースモデリングの応用[7]がさらに進展し、相転移温度の上下で複数のチャンネルの数値結果が得られている。前回のレポートでは最大エントロピー法との定量的比較について述べられており、若干の違いが認められているとの事であった。その点も含め、スパースモデリングの有効性についての議論をまとめ出版されることを期待する。
 4. 機械学習の素粒子理論・格子 QCD 分野への応用について 3 つの異なるプロジェクトが進行中である。a) 勾配ブースティング決定木を用いたフェルミオントレースのキュムラント推定[8]、b) ゲージ同変トランスフォーマー(ゲージ共変型ニューラルネットワーク CASK)の自己学習型ハイブリッドモンテカルロにおけるテスト[9]、c) 機械学習を用いたゲージ固定の高速化

[10]が挙げられる。進展の著しい機械学習のこの分野への応用は、既存アルゴリズムの加速や、代替アルゴリズムによる高度化・高速化への期待がある一方、単純な代替モデルでは、物理法則に忠実な計算である保証が無い点に注意が必要である。サブパーセントの精度が要求される素粒子標準模型の検証において、厳密な第一原理計算であることを捨てる代償は極めて大きい。ここで取り組まれている 3 つの課題は、いずれも、第一原理性を担保しうるアルゴリズムであり、これらを成功裏に導けることになれば、機械学習を第一原理を毀損せずに活用出来る点で大きな成果となりうる。a)においては、機械学習の結果に対してそのバイアスを補正する手法を取り入れ、機械学習由来のバイアスを補正した結果が得られる例になっている。b) はハイブリッドモンテカルロのアクセプト=リジェクトにより正しい統計分布が得られるようになっている。c) ではゲージ固定条件を満たす配位探索の途中のボトルネック部分の加速に用いるのであり、アルゴリズム後段の最小値探索はこれまで通りであるため結果の精度には影響しない。このように、第一原理を担保しつつ機械学習の応用を試す基礎研究は AI の急速な発展、それに伴うハードウェア動向も踏まえて、今後とも重要になってくると考えられる。

5. テンソルネットワークに基づく格子ゲージ理論の研究[11]:当該グループは素粒子論的な観点でこの分野の国内外の研究をリードしている。4次元 QCD への応用という最終目標を目指し、設定した 5 つのテーマにおいてこれまで数々の成果を上げてきた。2024 年度の成果も多岐にわたるが、5 つのテーマ分類の内、特に低次元素粒子モデルへの応用で進捗が図られたとしている。2次元 U(1)ゲージ-Higgs モデルにトポロジカル項を導入し、その計数 θ とヒッグス質量に対する相構造を調べている。この際、トポロジーを厳密に扱うため Lüscher 型の U(1)格子ゲージ作用を採用するが、テンソルネットワーク法の適用により、従来の統計サンプリングによるモンテカルロ法にあったエルゴード性問題を回避できている。この計算により、臨界終点での相転移が 2次元イジングユニバーサリティクラスに属することなどの結果が得られており、テンソルネットワーク法ならではの成果と言える。これ以外にも、継続研究である、(1+1)次元の O(3)非線形シグマモデルの解析、3次元 SU(2)プリンシパルカイラル模型の TRG 計算における成果、2カラーQCD において開発した初期テンソル圧縮法を活用した有限密度系での成果のそれぞれが高く評価できる。さらに、QCD の Toy 模型として重要な Schwinger 模型にトポロジカル項を入れたものの解析にも着手しており、その成果が待たれる。テンソルネットワークにおける活発な研究開発は、レビュー論文の招待執筆にも繋がるなど、アクティビティの国際的な認知度も高く、今後もこの分野の研究開発をリードしていく事が期待される。
6. 格子 QCD 研究用データグリッド ILDG/JLDG の運用[12]は、格子 QCD を中心とした研究コミュニティの公共インフラとして重要な役割を担っている。2024 年度の活動としては、定常的なシステム管理、メンテナンス、ユーザ対応に加えて、システムの維持と将来にわたる安定運用のために重要な活動: サーバの OS アップデート、仮想組織管理システムの変更、新認証システムへの移行のための準備、ILDG の活動が挙げられている。いずれも筑波大学 CCS が中心となり国内外のグループと密に連携して為し得ている活動であり、その継続、リーダーシップの発揮が期待される。センター内の異なる部門の連携も重要であり、この活動が高いクォリティで継続出来ているのは、当センターの強みであると言える。JLDG(Japan Lattice Data Grid)のインフラを支える SINET-VPN 接続:HEPnet-J/sc の運用体制の変更後でも継続してコミュニティと協力して共同管理運をしていくための拠点間の覚書の締結を経て、サービスの継続が為されている。ILDG (International Lattice Data Grid)は、その国際連携プロジェクトの再活性化が進行中で、JLDG からも ILDG への QCD 配位の公開を再開した。

ILDG 利用のためのハンズオンワークショップの開催にも貢献しており、のコミュニティの下支えになるべく努力を重ねている事は高く評価できる。今後も ILDG/JLDG の活動を当センターがリードしていく事を期待する。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：
該当なし
- ・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：
該当なし
- ・上記のほか、その他のコメント：
特になし

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか：A
- ・産学官連携が有効に行われているか：X
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：A
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：A
- ・上記の評点の理由などに関するコメント：
特になし

C) 総評

「富岳」成果創出加速プログラムにより、大体積ゼロ温度格子 QCD(1)の研究進捗が図られ、また機械学習関係の基礎研究(4)も展開し成果が出始めていることは評価に値する。それぞれのプロジェクトで若手の人材育成にも注力されていることがみられる。また、有限温度 QCD(2)、クォークoniumのスペクトル関数解析のためのスパースモデリングの適用(3)で、研究開発が図られており、センターのカバーする素粒子物理研究の多様性を示している。テンソルネットワーク(5)の研究グループでは多角的なプロジェクト展開のそれぞれにおいて研究開発が順調に進んでいると見られる。この分野のトップランナーであり、今後も一層の進展に期待がかかる。国内外のこの分野の研究をサポートする JLDG/ILDG の運用への当グループの貢献は多大である。ILDG はグループを代表する国際連携事業であることから重要である。継続してリーダーシップを発揮していく事、また、センターとしてそれをサポートしていく事が望まれる。

D) その他

特になし

3. 2 宇宙物理研究部門

3. 2. 1 宇宙物理分野

A) 計画進捗度

- ・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

銀河を取り囲むダークマターの分布について、詳細なモデリングとシミュレーションにより部分構造の時間変化を明らかにした。また密度分布の中心集中度が銀河そのものの活動により影響を受けて変化することを明らかにするとともに、将来の広視野観測への重要な示唆を与えた。

宇宙物理グループは GPU による高速化にも取り組んでいる。富岳後継機のアプリ開発としても重要であり、また今後国内のハイパフォーマンスコンピューティングでも GPU による加速化は主要な課題であることも踏まえ、着実な成果をあげている。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

該当なし

- ・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：

昨年度に高く評価した、多様なトピックの研究を展開している点について、個々の研究として、さらには融合研究をすすめており、期待どおりの成果がみられた。このまま発展させてほしい。

- ・上記のほか、その他のコメント：

すでに最適化が十分すすみ、プロダクションランを行っているプログラムや、高速化に取り組んでいるものについては、国内最大級あるいは世界最大級の計算を行うような目標をたて、富岳や Miyabi などを用いたフラッグシップ的な計算にぜひチャレンジしてもらいたい。

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか： S
- ・産学官連携が有効に行われているか： X
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか： A
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか： A

- ・上記の評点の理由などに関するコメント：

センター内連携は活発に行われており、具体的な成果にむすびついている。産学官連携に関しては記述事項がなく、正確な判断はできないが、今後 AI 関連や量子計算など産業界からも注目をあつめるトピックで連携できるような準備は整えられていると見られる。アウトリーチを通した社会貢献も意識されており、グループの活動は全般において良好である。

C) 総評

宇宙物理の多様なトピックに着実な成果をあげつつも、AI を取り入れた新しい手法や量子計算まで見据えた取り組みをすすめるなど、グループの活動は多様でとてもアクティブである。論文など成果発表数にもあらわれている。構成員はセンター内連携を率先してすすめるとともに学内

外の運営でも大きな貢献をしており、計算科学研究センターの visibility を向上させている。外国人研究員を受け入れるなど、国際的な研究環境を構築しており、総じて令和6年度は素晴らしい成果があがったといえる。

D) その他

特になし

3. 3 原子核物理研究部門

3. 3. 1 原子核物理分野

A) 計画進捗度

- ・ 顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

本部門は、狭い意味の原子核にとどまらず、中性子星物質など、核力と量子力学に支配された核子多体系に現れる量子多体ダイナミックスの研究を進めており、特に多彩な計算科学的アプローチを展開している点は、大きな特色となっている。令和6年度における顕著な進捗の一つに、核力に基づく第一原理殻模型計算が挙げられる。VS-IMSRG (Valence Space In-Medium Similarity Renormalization Group) の手法を軸に大きく進展し、中性子過剰領域の $N=50$ 同中性子体の低励起スペクトルを精度良く再現する一方で、電磁相互作用の記述を精度よく記述するための2体カレント演算子の効果の分析やエミュレータの開発などテクニカルな開発も同時並行で進めているなど、非常に活発な研究活動が認められる。一方、同部門で従来から精力的に取り組んできた原子核密度汎関数法に基づく研究においても、中性子星物質に対する自己無撞着バンド計算を目指したフェルミ演算子展開法の研究進展や、密度汎関数に基づいて低励起四重極を記述する集団運動ハミルトニアンを抽出する手法開発などに大きな進捗が見られた。計算科学的・理論的研究の成果に基づき、理研仁科加速器センターをはじめとする国内外の国際共同実験研究との共同研究に反映している点も高く評価できる。

- ・ 進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

該当なし

- ・ R5年度の評価や指摘に関する改善状況：

該当なし

- ・ 上記のほか、その他のコメント：

特になし

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・ センター内連携が有効に行われているか：A
- ・ 産学官連携が有効に行われているか：X
- ・ 国際連携、国際活動が活発に行われているか：S
- ・ 社会貢献・社会活動などが行われているか：A

- ・ 上記の評点の理由などに関するコメント：

大規模殻模型研究、第一原理計算、密度汎関数理論のいずれの研究においても、国際共同研究が活発に進められている。上述したように、最先端施設で行われている国際実験との共同研究も展開されており、原子核実験分野の研究進展にも大きな寄与をしている点も高く評価できる。

C) 総評

当該研究グループは、それまでの密度汎関数理論を軸とした研究に加え、大規模殻模型および第一原理計算まで擁するようになった、核子多体系の計算科学研究を包括的に進める国内随一の原子核理論研究グループである。国際共同研究や国際共同実験グループとの共同研究を含む活発な研究が遂行され、それらを背景に国際シンポジウムを開催するなど、国際的なプレゼンスも高い。令和6年度は、VS-IMSRG 手法を軸にした第一原理計算の進展が特に着目された。また、殻模型計算と密度汎関数理論の双方の特長を取り入れる研究も試みられるなど、グループ内でも有機的な連携も進められている。全体として、原子核分野を牽引している優れた研究グループである。

D) その他

特になし

3. 4 量子物性研究部門

3. 4. 1 量子物性分野

A) 計画進捗度

- ・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

量子物性研究部門では、強相関超伝導体やトポロジカル物質を含む多様な物質系を対象としつつ、その電磁相互作用による応答特性解明の視点から、他の研究機関と明瞭に異なる特徴を備えた理論的・計算科学的研究手法を適用して研究成果を挙げている点に強い特徴を備えている。

特に、固液界面を扱う電気化学や超高速レーザー物理学と、関連する電極・電解質材料を活用する産業や、レーザー光源を応用する研究・開発分野に対して強い波及効果を与えている。これは、複数の競争的資金管理団体からの高い評価が与えられていることから確認できる。部門内の研究者は、従来進めてきた課題からさらに一つ先の進展を見据えた研究展開を行っていることが、以下の具体例のように、その成果と業績の内容を基にして確認できる。そのため、R6年度においても顕著な進捗と研究展開を挙げ続けていると言える。

大谷・萩原グループでは、開発してきたESMという手法を、高精度なPAW法を実装しているQMASに実装すると同時に、表面応力計算を実現している。また、興味深い触媒材料のデータ駆動型スクリーニング法を開発している。矢花グループでは、アト秒パルスレーザーにより電子の位相緩和過程が計算可能な時間・空間スケール内に現れることを指摘するなど波及効果の高い研究展開を行うと同時に、従来から進めているマルチスケール計算手法を元に未知の非線形光学現象を指摘している。小泉グループでは、スピン渦も電流素源とする強相関超伝導発現と実験的検証法を提唱する等の理論研究と同時に、量子コンピュータ処理の新たな適用分野を議論している。全グループでは、ミュオン原子の理論をさらに展開すると同時に、アト秒遷移吸収分光を用いて分光学的に弱い遷移を増強する実証実験を行うなど、実験科学分野から国際的に高い評価を受けている。佐藤グループでもダイヤモンドのアト秒過渡吸収分光を説明する理論を実施するなど、所属する各若手研究者も、それぞれに高く評価された研究成果を発表してきている。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

該当なし

- ・R5年度の評価や指摘に関する改善状況：

従来の評価において求められた、産学官連携の実施件数が改善しつつある点は、継続した資金の導入や、産業界への波及効果から確認できると言える。R6年度においても、グループごとに強みをもつ評価項目や分野に関してさらに展開が見られた。その結果からも、国際連携の推進、社会への普及における努力が従来通りに認められる。量子物性分野全体としては、十分な努力がなされている。願う事ができるならば、強みを強化すると同時に、研究者ごとに改善すべき項目への努力を重ねて頂くと良いとだろう。今後とも、部門全体として、多様な機会を捉える潜在的な力量を持たれていると考えられるため、学外への働きかけに力を注がれると良いと考えられる。

- ・上記のほか、その他のコメント：

この部門に属する研究者に対して、高い国際的評価が継続して与えられていることは、国際招待講演数や国際共著論文数に現れている。これらの項目で、研究者間での差異が見受けられるとも言える。その点で、光物性・光と物質の相互作用に関する研究分野に加えて、他分野での努力

が求められてくる可能性がある。コード開発の成果を、国際共同研究として繋ぐ仕組みをより強化されると良いかも知れない。そのようにして、共同研究の機会を捉え、学理による知見の社会への普及を図り続けて頂きたい。

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか：A
- ・産学官連携が有効に行われているか：S
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：A
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：A

- ・上記の評点の理由などに関するコメント：

他の項目でも指摘したように、競争的資金からの各種の予算投入を受けた開発が複数進んでいることから、産学官連携に関する有効な活動があると言える。国際連携、社会貢献活動については、多様性がある反面、研究者間での違いがあると言えることから、上記の評価を行った。

C) 総評

本研究分野では、電気化学シミュレーションを量子シミュレーションとして実施する独自性高いマルチスケールシミュレーション法の開発グループがあり、電極上の触媒効果など多様な固液界面現象の記述に長け、広い共同研究の枠組みを確立しており、積極的な研究展開が予想される。この分野には、光と物質との相互作用に関連する非線形応答を、原子スケールでの電子ダイナミクスの第一原理的表現に基づいて解明することが可能な複数の研究者、そして量子電磁力学とその表現論の一つとしての密度汎関数理論を基礎論から開発できる研究者が集積している。高温超伝導や高強度レーザーという注目される物理系のマルチスケールシミュレーションが多様な形態で実施されている。その国際的評価は、多様な共同研究に基づく新現象発見としても継続されている。分野を引き続き牽引されることを期待したい。ここに、センター内連携をより強固に進める新たな方策を加えるなどにより、部門全体としてのアクティビティを向上頂きたいと考える。

D) その他

特になし

3. 5 生命科学研究部門

3. 5. 1 生命機能情報分野

A) 計画進捗度

・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

本分野では、理論・計算化学を基盤とした生命分子機能解析において、今年度も複数の重要な研究課題で顕著な進捗が認められた。特に、DNA 光修復酵素に関する反応機構解明や、生体分子内環境を考慮した新規シミュレーション手法の開発、ならびに極限環境微生物の光合成関連超分子複合体の構造・機能解析など、基礎科学としての深みと国際的な競争力を兼ね備えた成果が継続的に創出されている点は高く評価できる。具体的には、紫外線損傷 DNA の光修復過程における反応中間体の同定や反応経路の理論的解明は、長年未解決であった課題に対する本質的理解を与える成果であり、国際誌における発表を通じて分野への波及効果も大きい。また、生体分子内環境模倣モデルを拡張した細胞内ダイナミクス解析や、酵素反応解析のための新しい計算手法 (PaCS-Q) の開発は、方法論的にも汎用性が高く、今後多様な生命科学分野への応用が期待される。さらに、極限環境に生息する光合成微生物の光捕集複合体に関する研究では、クライオ電子顕微鏡解析と理論的アプローチを組み合わせ、これまでにない構造的特徴を明らかにしており、基礎生物物理学・進化生物学の両面から極めて意義深い成果である。これらの研究はいずれも、多大な計算資源と高度な専門性を要するにもかかわらず、計画的かつ着実に成果へと結実している点が特筆される

・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

今年度の研究活動全体を俯瞰した限り、特段「進捗が不十分」と判断される研究課題は見当たらなかった。複数の大型テーマを並行して進めながらも、それぞれが具体的な成果（論文、手法開発、共同研究の進展）へとつながっており、研究運営のバランスは良好である。あえて改善点を挙げるとすれば、今後さらに研究テーマの多様化が進む中で、各成果の位置づけや中長期的ビジョンを、対外的にもより明確に発信していくことが期待される。これは進捗の問題というよりも、分野の成熟と発展に伴う次段階の課題である。

・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：

前年度に評価した分野横断的連携や国際的研究展開については、今年度も着実に継続・発展している様子が確認できた。特に、理論手法開発と実在生体分子系への応用が並行して進められており、単発的ではない持続的な研究体制が定着している点は評価できる。

・上記のほか、その他のコメント：

研究の質・量ともに高水準を維持しており、研究環境としても非常に良好であると感じられる。今後は、これらの基礎研究成果がどのように次世代の研究テーマや大型研究費獲得へと展開していくのか、その戦略的整理にも期待したい。

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか：S
- ・産学官連携が有効に行われているか：A
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：S
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：S

・上記の評点の理由などに関するコメント：

センター内における異分野連携は、理論・計算を基盤としつつも対象分子・スケールの異なる研究者間で有効に機能していると判断される。国際共著論文や海外誌での成果発信も多く、国際連携は引き続き極めて活発である。プレスリリース等を通じた社会への情報発信も継続的に行われており、研究成果の可視化という観点からも高く評価できる。産学官連携については、基礎研究中心の分野特性を踏まえれば十分に良好であるが、今後の展開余地も残されていることから「A」とした。

C) 総評

令和6年度の生命機能情報分野は、理論・計算化学を基盤とした生命分子機能研究において、質・量ともに極めて高い水準の成果を継続的に創出している。DNA 光修復酵素の反応機構解明、生体分子内環境を考慮した新規シミュレーション手法の開発、極限環境微生物の光合成超分子複合体研究など、いずれも国際的に注目されるテーマであり、学術的独創性と波及効果を兼ね備えている点は特筆に値する。また、分野横断的連携や国際共同研究が実質的成果として結実しており、若手研究者の育成、国際的活躍の場の提供という観点からも、非常に健全かつ戦略的な研究環境が整備されている。今後は、これらの優れた基礎研究成果を基盤として、さらなる学際的展開や大型研究プロジェクトへの発展が期待される

D) その他

特になし

3. 5. 2 分子進化的分野

A) 計画進捗度

・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

分子進化的分野では、真核生物の主要グループ間の系統関係解明に向け、新奇真核微生物の系統的位置の評価、各種トランスクリプトーム・ゲノムデータの蓄積、系統解析における方法論研究およびタンパク質立体構造と分子進化を統合した研究を行っている。R6年度には、i) *Glissandra oviformis* (新種) の系統的位置、ii) 原生生物に共生するバクテリアのゲノム解析、iii) アンキロモナス類のミトコンドリアゲノム解析を中心に報告している。

i) *G. oviformis* の系統解析では、まず培養株の確立から行っている。パラオ共和国海水湖における海藻試料から未知の単細胞生物を単離培養することに成功し、光学顕微鏡による形態観察を行った。その結果、本培養株が系統的位置が不明である *Glissandra* 属に類似していること、そしてその一方で *Glissandra* 属の既知種のいずれの形態とも一致しなかったことから本属の新種であると判断された。通常、真核生物の系統的位置は、核 SSU rRNA 遺伝子の分子系統解析で検証されるが、本解析では本種における特定の系統的位置が明確に支持されなかった。そこで本種の RNAseq を行い、大規模分子系統解析を行ったところ、CRuMS と呼ばれる真核生物主要系統 (クレード) の一つであることが判明した。本成果は真核生物の多様性に新たなページを追加することに貢献した非常に大きな進捗と言える。さらに、CRuMS は共通した形態学的特徴がほとんど無く、共通祖先がどのような形態をしていたのか不明な系統群であったが、一部の CRuMS が有する細胞膜直下のペリクルや鞭毛移行帯における中心対微小管を囲むスリーブの存在が本種の電子顕微鏡観察でも認められ、これらが共通した形態学的特徴である可能性を提示している。真核生物の系統関係において、クレードと形態を結び付けることは極めて重要であるため、これも大きな進捗であると認められる。

ii) 原生生物に共生するバクテリアのゲノム解析では、これは報告書内で強調されていないものの、未培養の原生生物を扱った功績は極めて大きいと考えられる。現在の地球環境において生息する微生物のうち、培養できるものは 0.1%以下という試算もある。その中で、以下に未培養の生物の実体を明らかにするのは喫緊の課題である。そのような中、未培養渦鞭毛藻類の一種である *Citharistes regius* から共生細菌ゲノムを得、本未培養生物がガンマプロテオバクテリアと共生していることを明らかにした。本ゲノムは縮退し、AT 含量が大きくなるなど、通常共生細菌ゲノムと類似する特徴をもつ。一方で、本ゲノム上には変異遺伝暗号という珍しいケースを見出し、その対応する tRNA の構造的変化も検出しており、縮退ゲノムにおける遺伝暗号進化の分子基盤の考察を可能にした。さらに、ゲノム上には水平転移由来 ATP:ADP アンチポーター遺伝子が存在し、この分子が共生時における共生バクテリアの宿主からの ATP 獲得やゲノム縮退に寄与していると提唱された。このことは共生および共生に伴うゲノム縮退のトリガーとなる分子である可能性を示唆しており、今後実験的に証明するための情報基盤を作ったことは大きく評価できる。

iii) アンキロモナス類のミトコンドリアゲノム解析では、これまでに研究が進んでいなかったアンキロモナス類ミトコンドリアゲノム 4 配列を報告した。本生物はこれまで系統的位置が明確になっていない系統群の一つであり、そのため今回の報告は真核生物多様性・進化研究を進める分野において、注目すべき生物の分子情報を提供した研究と位置付けられる。加えて、本研究では、遺伝子機能アノテーションに構造予測という側面を加えており、その精度が向上している。そして 1 次配列情報からでは機能未知であった配列が、それまでミトコンドリアゲノム上では未

報告の Rps5 をコードしている可能性を提示している。このような精度を向上させた遺伝子機能アノテーション手法は今後一般的に用いられるようになることが予想され、そのような点においても今回の研究はマイルストーン的なものとして評価されていくと考えられる。

・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

研究成果という観点からは特に不十分であると認める点はなく、以前からの継続研究に大きな成果が見られ、それらの一部は論文としても公表されている。また、新規にスタートさせた研究プロジェクトも数多く見られ、それらは国際連携研究として日本に留まることなく世界的に幅広く展開させていくことが期待される。

・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：

該当なし

・上記のほか、その他のコメント：

該当なし

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか：S
- ・産学官連携が有効に行われているか：A
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：S
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：A

・上記の評点の理由などに関するコメント：

分野内での活動に加え、センター内他分野との連携もそれぞれの特性を生かして効果的に行われている。また、国際連携や国際活動も活発に展開されている。一方で、産学連携による研究や社会貢献・社会活動がやや目立たないが、研究分野の性質上理解できる。

C) 総評

大規模分子系統解析による真核生物進化解明に向けた研究、ゲノム解析による共生プロテオバクテリアの生物学的・ゲノム進化的知見の報告、新規オルガネラゲノムの解読とその機能アノテーション手法など、生命進化および共生進化に関わる事象を計算科学的に解き明かす研究が継続的かつ順調に進展している。今回報告されたこれらの多くは全て bioRxiv として公開されている。さらに分野間の共同研究によって、CysN タンパクの全原子分子動力学シミュレーション、翻訳終結因子 eRF1 C 末端ドメインの部分欠失のタンパク質立体構造への影響といったタンパク質機能を解析する研究プロジェクトも論文執筆を進めている。また、チェコ共和国・科学アカデミーやカナダ・ダルハウジー大学といった複数の海外研究機関との共同研究も活発である。結果的に研究の一部を担った学生が表彰されており、将来の研究を支える人材の教育にもつながる貢献であると評価できる。

D) その他

特になし

3. 6 地球環境研究部門

3. 6. 1 地球環境分野

A) 計画進捗度

- ・ 顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

数値モデル開発の研究課題において、最先端のマルチスケール都市気候モデル「City-LES Model Version 2.0」を開発した。本モデルでは、人工排熱やドライミストの取り扱いを向上させ、東京都心を対象とした実測と比較することによりモデル精度の検証し、都市の熱環境を高精度にシミュレーションできることを実証した。都市環境の定量的な評価に本モデルが活用されることが期待される。

都市気候学の研究課題において、マレーシアの首都のクアラルンプール都市圏で発生した熱波のイベントを対象として、都市ヒートアイランド現象と熱波との相乗効果により、都市の高温化が発生していることを明らかにした。本研究の知見は、都市計画の分野に利用可能なものと評価できる。

地表面過程のモデル化の研究課題において、地表面物理過程に基づき新たな気候ダウンスケーリング手法 LSP-DS を開発した。本手法を東京都心での環境解析に適用したところ、夏期の暑熱環境を量的に表現できることを示した。本手法は統計的ダウンスケーリングではあるものの、一般に精度が高いと考えられる力学的ダウンスケーリングと遜色のない性能を出せることを示した。また、アジアの主要都市の都市気候の解析に適用し、各国の研究機関を連携し、知見の共有や人材育成に貢献している。多角的に国際協力を進めている点は高く評価できる。

機械学習を利用した研究では、畳み込みニューラルネットワークによる気候ダウンスケーリング手法を開発し、従来の力学的ダウンスケーリングや統計的ダウンスケーリング手法と比較し、機械学習による手法が、精度・コスト・柔軟性の各側面で十分に利点を持つことを実証した。また、自己組織化マップに基づく新たな解析手法を提案し、極端降水のパターン分類やその気象場の特徴を調べる上で有効であることを示すなど、新たな成果を創出しつつある。

気候と健康との係わり合いについての研究課題において、気象・気候変化に伴う感染症リスクに対する早期警戒・予防支援システムを国際的な共同研究により構築した。予測モデルの開発にとどまらず、ユーザー向けのアプリ開発、現地での運用を見据えた早期警報ツールの開発を進めた。今後の社会実装が期待される。

- ・ 進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

該当なし

- ・ R5 年度の評価や指摘に関する改善状況：

R5 年度の評価や指摘を踏まえ、学際的な研究、国際的な研究、社会実装を見据えた研究など、多角的に研究を進めた。また、学生指導にも意欲的に取り組んでおり、人材育成にも注力した。

- ・ 上記のほか、その他のコメント：

特になし

B) 多角的視点からの評価

【S (特に成果がある)、A (良好)、B (おおむね良好)、C (不十分)、X (評価対象外)】

- ・センター内連携が有効に行われているか：A
 - ・産学官連携が有効に行われているか：A
 - ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：S
 - ・社会貢献・社会活動などが行われているか：S
- ・上記の評点の理由などに関するコメント：
特になし

C) 総評

高分解能数値モデルの開発と数値シミュレーション実験研究、都市気候の研究、新たな高解像度ダウンスケーリング手法の開発、機械学習を利用した研究など、モデル開発と観測とを組み合わせ、AIも活用し、局地的な大気環境や気候に係る諸問題を幅広く研究しており、気象学・地球環境科学の研究分野において多大な貢献をしている。日本の地域気象だけではなく、海外の気象現象の解析や、海外の研究機関との共同研究など、国際的な取り組みも十分になされている。十分な研究資金を獲得し、それぞれの研究資金のテーマに応じた研究を着実に進め、研究論文の発表にまで結び付けていることは、高く評価できる。こういった研究業績は、対外的にも高く評価されており、貴研究センターにおける地球環境研究への取り組みを対外的に大いにアピールするものであると評価できる。また、学生教育にも力を入れており、将来の人材育成にも大きく貢献している。今後も、このような研究・教育の取り組みを継続していただきたい。

D) その他

特になし

3. 7 高性能計算システム研究部門

3. 7. 1 高性能計算システム分野

A) 計画進捗度

・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

1. GPU・FPGA 加速に関する研究

GPU・FPGA のような演算加速装置をもちいるアプリケーションソフトウェアを解析し、加速装置の利用効率をあげる研究開発において顕著な進捗があったと認められる。民間企業や他大学の研究グループとの共同研究である点も高く評価できる。一つは分子動力学法 (MD) によるシミュレーションのプログラムである。計算中にノード間の MPI 通信でデータ交換をおこなう際に GPU のコアの利用効率が下がる現象が観察される。最新の NVIDIA 製 GPU が備える Multi-Process Service (MPS) 機能を積極的に活用して GPU コアの利用率を大きく改善する手法を開発している。並列計算機 Pegasus 上の実験では 112 ノード、224 プロセスでプログラムを実行した場合、GPU コアの利用率が従来の 2 倍になることが示されている。MPS が動的に GPU コアの割り当てを変更することを上手く利用した手法で、同一規模の並列 GPU 計算機において従来より多くのアプリケーション・プログラムを実行できるようにする道を拓いたといえる。当該成果は国際会議 ICPP2024 にて論文発表されている。

2. 高速ストレージシステムに関する研究

スーパーコンピュータのストレージ性能の向上に関する研究に関しても顕著な進捗があったと認められる。計算ノードに備わった不揮発性メモリを使ったローカルストレージを利用した高並列ファイルシステムの研究開発が昨年引き続きおこなわれ、ファイル名やディレクトリ名の変更など実用上必要となる名前空間管理を高速に実行する機能が研究開発されている。また CPU のさらなるマルチコア化に対応し、コア数の増加にみあった並列性能の向上が得られるようになっている。また計算ノードの不揮発性メモリを高速一次ストレージとして使う機能の研究開発もおこない、I/O 処理に CPU コアを割り当て不要、不揮発性メモリやネットワークの物理性能に近いファイルのアクセス性能など、優れた性質を実現している。これらの成果は国際会議 Cluster や Euro-Par において発表されている。

文部科学省が進める革新的ハイパフォーマンスコンピューティングインフラ (HPCI) の共用ストレージや素粒子物理学データ共有システム JLDG にも用いられている Gfarm ファイルシステムの研究開発も従来に引き続き実施しており、R6 年度も顕著な進捗があったと認められる。実用性をより高めるための研究開発が進められ、小さなファイルが非常に多数作られるような場合でも、メモリの枯渇を引き起こすことなく処理できるようになっている。また Gfarm クライアントがなくとも HPCI 共用ストレージにアクセスできるように HTTPS ゲートウェイの整備をすすめている。研究開発の成果を含めた最新版を 2024 年 12 月には Gfarm 2.8.6 版として公開している。

3. 基礎的演算の GPU による高速化

様々なアプリケーションのための基礎的な数学演算の GPU をもちいた実装の研究にも進捗があったと認められる。数論変換 (number-theoretic transform、以下 NTT) は、離散 Fourier 変換を有限体に一般化したものであり、準同型暗号や多項式乗算、多倍長精度乗算などに広く用いられるが、これを複数の GPU を用いて高速実行するための実装方法の研究がなされている。この研究によって GPU クラスタマシンの 32 ノードを用いると 63 ビット 2^{35} 点 NTT において 745 Gops の性能を達成できるようになっている。

4. NVIDIA GPU 用プログラムのチェックポイント・システムの研究開発

実行中の途中状態を自動的にファイルに保存するシステムレベル・チェックポイント・システムである DMTCP を NVIDIA 製 GPU を用いた計算にも利用可能になるよう拡張する研究開発について、顕著な進捗があったと認められる。DMTCP のようなソフトウェアはジョブの最長実行時間の制限をこえる長時間の計算を実行するためには欠くことができない実用上重要なソフトウェアである。この研究開発では CUDA だけでなく OpenACC を使って書かれたプログラムに対してもチェックポイントを生成する機能を実現している。OpenACC で書かれたプログラムを実行すると、暗黙的に数多くの非公開ライブラリ関数（API 関数）が呼ばれるため、それらを調査し、無数のライブラリ関数をチェックポイントに対応させている。プログラムの自動生成など高度なエンジニアリング技術を必要とする開発であるといえる。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：
特になし
- ・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：
R 5 年度の評価では大きな改善を必要とする指摘は認められないため、特になし
- ・上記のほか、その他のコメント：
特になし

B) 多角的視点からの評価

【S（特に成果がある）、A（良好）、B（おおむね良好）、C（不十分）、X（評価対象外）】

- ・センター内連携が有効に行われているか：S
- ・産学官連携が有効に行われているか：A
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：A
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：S

- ・上記の評点の理由などに関するコメント：

地球環境研究部門が研究開発している地域気象シミュレーターCity-LESのGPU化を連携しておこなうなどの活動が見られ、センター内連携が活発におこなわれていると認められる。またペプチド膜透過シミュレーションの研究開発では民間企業や他大学の研究グループと共同して実施しており、産学連携が有効におこなわれているといえる。国際連携・活動について報告書には明示されていないが、ハイパフォーマンス計算の研究分野ではセンターの研究者の活動が国際的に認知されているといえ、活発であると評価できる。社会貢献や社会活動の分野では、Gfarmなど実運用に供されるソフトウェアを他機関にも提供しており、十分な貢献をしているといえる。

C) 総評

Cygnus、Pegasus、Wisteria/BDEC-01 というスーパーコンピュータを運用して一般利用に供しつつ、GPU コンピューティングや大規模高速分散ストレージなど今日のハイパフォーマンス計算をささえる基幹技術の研究開発も合わせておこなっている点は高く評価できる。とくに日本国内におけるハイパフォーマンス計算の分野におけるCPUからGPUへのシフトは現在注目されて

いる重点課題であるといえ、継続的に GPU プログラミングに資する言語処理系や関連システムの研究開発をしている点は優れている。例えば令和5年度に研究開発された言語処理系 MHOAT (Multi-Hetero OpenACC Translator) は、令和6年度は商用環境での展開をめざしてデザインを一新して研究開発が継続されている。すぐに実運用に供することが目的のソフトウェア開発ばかりではなく、研究目的の試作的な側面が強いソフトウェアの研究開発もセンターの重要な活動であると言えるが、それぞれの研究の位置づけとして、どちらを目指すものであるかより明確化できると望ましい。

D) その他

特になし

3. 8 計算情報学研究部門

3. 8. 1 データ基盤分野

A) 計画進捗度

- ・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

本データ基盤分野における研究は、i) 情報統合基盤技術、ii) データマイニング・知識発見技術、iii) RDF・知識ベース・LOD、iv) データベース応用・データサイエンスの四つに分類される。いずれの研究も、情報分野だけに留まらず現代の大きな共通課題である大規模データの管理、活用のために不可欠なテーマである。以下、顕著と判断される研究テーマのいくつかを取り上げる。

i)の情報統合基盤の研究では、ストリームデータの信頼性や由来を明らかにすることができる来歴フレームワークについて展開されており、性能と機能を両立させるシステムを提案している。来歴管理をストリームデータに適用する研究はこれまでにほとんどされておらず、国際的にも今後発展する可能性が高い。

ii)のデータマイニング関係の研究では、部分グラフ検索技術とグラフ要約の基づくグラフ処理などの効率化の研究を行っている。特に部分グラフ検索技術については既存の手法と比較して圧倒する性能向上を実現している点で、高く評価できる。また、部分グラフ検索技術を化合物データベースに応用し、学術的な貢献だけでなく医薬品の開発の効率化という社会的な課題への挑戦も行っている点において、大きなインパクトがある。

iv)のデータベース応用・データサイエンスに関する研究では、学内の国際睡眠医科学統合機構と連携し、睡眠についてのデータをアルタイムで分析したり様々な事象を判定するための手法の開発を行っている。睡眠学というドメインに対するデータ分析技術、機械学習技術の適用による当該融合分野での研究推進は大変興味深く、未知の現象の理解という科学の本質に貢献している。

上述の各研究分野は、インパクトが高く、またデータ基盤技術の横展開の成果も出ており高く評価できる。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

該当なし

- ・R 5年度の評価や指摘に関する改善状況：

データ基盤分野に留まらず、化学、睡眠学などの学際分野への横展開がますます進んでおり、優れた研究成果も出ている。データは全ての分野での重要な資源となっており、他分野の発展に大きく貢献している点において高く評価できる。今後のさらなる発展研究に期待したい。

- ・上記のほか、その他のコメント：

特になし

B) 多角的視点からの評価

【S（特に成果がある）、A（良好）、B（おおむね良好）、C（不十分）、X（評価対象外）】

- ・センター内連携が有効に行われているか：S
- ・産学官連携が有効に行われているか：A
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：S

・社会貢献・社会活動などが行われているか：S

・上記の評点の理由などに関するコメント：

センター内部のみに限定する連携が有効に行われているかどうかという点に加えて、学内の他の研究組織との有効な連携について評価した。

C) 総評

いずれの研究テーマも、科研費に加えて大型の競争的研究費である NEDO、JST CREST・創発・AIP 加速研究などの公的な研究資金、ならびに民間企業との共同研究費で実施されており、研究を推進する上で十分な予算獲得を行っている。その予算を背景に多様な研究を推進し、難度の高い国際ジャーナル、国際会議等で多くの研究成果を公表されており高く評価できる。国際・国内会議でのキーノート講演や招待講演も複数なされており、国内外でのプレゼンスも高いと判断できる。当該分野のスタッフは国際・国内会議、学会運営において、プログラム委員長やジャーナル編集委員長、トップ国際会議のプログラム委員等、重要な役割を果たしており、社会貢献活動も活発である。さらに、本評価期間内で博士を 2 名輩出したことをはじめ、学生の論文発表、受賞も多く、若手の育成の面においても力を入れている点は、極めて高く評価できる。

D) その他

特になし

3. 8. 2 計算メディア分野

A) 計画進捗度

- ・顕著な進捗のあったと認められる研究課題と評価すべき点：

本年度においては、スポーツ計算科学分野および医療応用（Surgical Vision）分野で特に顕著な進捗が認められた。スポーツ分野では、VR シミュレーション環境を活用した認知・状況対応能力評価、パンチルトズーム映像からの大規模フィールド上の選手位置推定、戦術的行動の重なり推定、ボールを含む人体骨格モデルによるドリブル解析など、映像解析と骨格推定を統合した研究が体系的に展開されている。特に、実競技映像や実験環境を活用した定量的評価が進んでおり、icSPORTS2024、APMAR2024、IWAIT2025 等での発表および受賞は、研究の質の高さを示すものである。

医療応用では、多視点撮影機構の構築と直下視点映像生成による遮蔽問題の解決など、開腹手術支援に向けた具体的技術開発が進展している。

スポーツ庁受託事業や JST SATREPS への参画も含め、研究成果が社会実装へと接続しつつある点は高く評価できる。また、産学連携（CapGemini、日立製作所、エクシオグループ）においても具体的研究開発が進んでおり、計算メディアの応用展開という観点で顕著な進捗が見られる。

- ・進捗が不十分であると認められる研究課題と改善すべき点：

一方で、「計算メディア」という分野全体を統合する理論的枠組みの明確化については、依然として十分に体系化された形で提示されているとは言い難い。個別研究は活発に進展しているものの、それらを横断する概念整理や中長期的な理論構築については、今後に期待したい。

- ・R 5 年度の評価や指摘に関する改善状況：

令和 5 年度の評価では、計算メディアとしての「あるべき姿」を俯瞰的に整理し、分野全体としての学術的抽象化を進める必要性が指摘されていた。

令和 6 年度においては、スポーツ、医療、交通、文化遺産といった複数領域での研究成果が蓄積され、それぞれにおいて人間の認知・行動特性を踏まえた情報提示・解析という共通視点が明確になりつつある点は、一定の改善が見られる。また、多視点化や中間視点生成、骨格拡張モデルなど、分野横断的に活用可能な基盤技術が整備されつつあることは評価できる。

しかしながら、これらの成果を統合した理論的整理や、計算メディア概念の体系的提示という点では、なお発展途上にあると考えられる。個別成果の横断的総括と中期的ビジョンの明示が進めば、前年度指摘事項への対応はより明確になるであろう。

- ・上記のほか、その他のコメント：

特になし

B) 多角的視点からの評価

【S（特に成果がある）、A（良好）、B（おおむね良好）、C（不十分）、X（評価対象外）】

- ・センター内連携が有効に行われているか：A

- ・産学官連携が有効に行われているか：S
- ・国際連携、国際活動が活発に行われているか：A
- ・社会貢献・社会活動などが行われているか：A

・上記の評点の理由などに関するコメント：

センター内の他事業との連携は一定程度有効に機能していると評価できる。特に、計算メディアサイエンス事業との連動による Surgical Vision 研究の推進や、ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）との連携研究は具体的成果を伴っている。また、複数の大型科研費や SATREPS プロジェクトにおいて、分担研究者としてセンター内外の研究者と協働している点も評価できる。

産学官連携については、スポーツ庁受託事業への参画、JST SATREPS 国際共同研究への参加に加え、CapGemini、日立製作所、エクシオグループとの具体的共同研究が進行している。特に、自動運転支援、Visual SLAM、トンネル施工支援など、社会基盤領域に直結するテーマに取り組み、実データや実環境を前提とした研究開発を実施している点は高く評価される。単なる技術提供型の連携ではなく、研究開発段階から共同で推進していること、さらに医療・スポーツ分野では実践現場への接続を意識した活動が行われていることから、社会実装への貢献度は極めて高い。

国際会議での発表件数は非常に多く、icSPORTS2024、APMAR2024、ACCV2024、IWAIT2025 等で継続的に成果を発信している点は高く評価できる。また、JST SATREPS を通じたタジキスタンとの国際共同研究も実施しており、国際的研究活動は着実に進んでいる。さらに、国際会議での受賞実績もあり、研究成果の質の高さが国際的に認知されていることがうかがえる。

社会貢献については、スポーツ科学分野での実践的研究、医療支援技術の開発、モビリティ・施工支援技術の研究など、社会課題解決を志向した研究活動が活発に行われている。特に、スポーツ現場や医療現場への還元を意識した取り組みは、社会的意義が高い。また、学会活動やシンポジウムでの講演、研究会活動への参画など、専門分野のコミュニティ形成にも貢献している。

C) 総評

令和6年度における計算メディア分野の取り組みは、スポーツ計算科学、医療応用（Surgical Vision）、モビリティ支援、施工支援、文化遺産デジタル化など多岐にわたる領域へと発展し、研究活動は量的にも質的にも大きな広がりを見せた。特にスポーツ分野では実競技データを活用した解析や VR 環境を用いた能力評価など、実践現場と接続した研究が進展している。また医療分野では多視点撮影機構の構築など、実装を強く意識した技術開発が着実に進められている。産学官連携も極めて活発で、大型外部資金事業や企業との共同研究を通じて、研究成果が社会課題解決へと結び付けられている点は高く評価できる。国際会議での継続的発表や受賞実績も研究水準の高さを示している。一方で、分野全体を統合する理論的枠組みの明確化については今後の課題であり、計算メディアの概念的整理が進めば、学術的独自性はさらに強固なものとなるであろう。

D) その他

特になし

4. 総合評価

令和6年度における筑波大学計算科学研究センターの研究活動は、各研究部門において顕著な成果が継続的に創出され、全体として極めて活発かつ高水準な展開がなされたと評価できる。素粒子物理、宇宙物理、原子核物理、量子物性、生命科学、地球環境、高性能計算システム、計算情報学の各分野はいずれも、それぞれの学術領域において国際的競争力を有する研究を推進しており、論文発表、国際共同研究、大型外部資金獲得などの面で着実な成果を挙げている。

特に、国際連携の活発さは多くの分野に共通しており、国際共同研究や国際会議での発信、海外研究機関との協働を通じて、センターの国際的プレゼンスは一層向上している。また、産学官連携や社会実装を志向した研究も着実に進展しており、スポーツ科学、医療応用、都市気候、防災、材料・エネルギー関連分野などにおいて、社会課題解決に資する具体的取り組みが展開されている。

センター内連携についても、計算科学という共通基盤のもとで分野横断的な協働が進み、計算資源の活用や方法論の共有を通じて相乗効果が生み出されていることは高く評価できる。若手研究者や学生の育成にも配慮がなされ、将来の学術基盤を支える人材育成が着実に進められている点も重要である。

一方で、各分野の個別成果を、センター全体としての統一的ビジョンや戦略のもとにどのように位置付け、対外的に発信していくかについては、今後さらに工夫の余地があると考えられる。計算科学を中核とする研究拠点としての強みを明確化し、学術的独自性と社会的意義を一層打ち出していくことが期待される。

総じて、令和6年度はセンターの研究力の高さと多様性が改めて示された年度であり、今後も国内外の研究を牽引する拠点として発展していくことを強く期待する。

研究評価委員会委員長 加藤 博一

