

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A101 | 領域略称名 | 暴れる気候と人類 |
| 研究領域名 | 「暴れる気候」と人類の過去・現在・未来 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 中川 毅 (立命館大学・総合科学技術研究機構・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

気候には、一方向に変化する「気候変動」とも、極端な事態が稀に発生する「異常気象」とも違う、第三のモードが存在する。それは、極端な事態が日常的に発生し、もはや異常とも呼べなくなる状態のことである。そのような「暴れる気候」モードは、過去において確かに存在していたし、温暖化を引き金として今後また発生するという予測もある。本応募領域は、「暴れる気候」を差し迫った脅威として捉え、それが ①過去においてどのようなときに発生してきたのか、②発生メカニズムはどのようなものか、③人類や生態系にどのような影響を与えるのか、④どのような対応策があり得るのか、について包括的に研究をおこなう。

(審査結果の所見)

現代的な課題である気候変動・異常気象を超えた「暴れる気候」モードについて、過去の堆積物から得られる気候変動と発掘によって得られる考古学的事象を、最先端の技術を駆使した高精度な年代測定や古気候学の手法を用いて詳細に比較することで、発生時期、文明・生態系への影響などを実証的に明らかにしようとする取り組みであり、自然史と文明の盛衰の歴史の研究に学術的な大きな波及効果や国際的なインパクトが期待できる。また、今後の気候変動に対する対策や社会の対応にも影響を与える研究である。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A102 | 領域略称名 | マテリアマインド |
| 研究領域名 | マテリアマインド：物心共創人類史学の構築 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 松本 直子 (岡山大学・文明動態学研究所・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

人類の進化、文明の形成、私たちの未来を考えるうえで極めて重要でありながら研究が遅れているのが、ヒトとモノとの共創関係である。本領域は、ヒトによる環境構築と、ヒトの認知・身体・行動の変化との絡み合いについて、数万年にわたる考古学的データを用いた定量的、実験的、先進的な分析を基盤とする文理の枠を超えた超領域的共同研究によって、そのメカニズムの解明に挑む。文明社会の構築を促した認知能力の一大転換がどのように起きたかを、ヒト特有の現象である「マテリアマインド」の形成という視点から明らかにし、人間の認知能力の限界と可能性を追究し、人類の来し方行く末を統合的に理解する新しいモデルを提唱する。

(審査結果の所見)

新学術領域研究の成果を生かして、国際的に優位な研究プロジェクトを推進できる挑戦的な取り組みであり、既存の学問分野の枠に収まらない融合領域の創成を目指す研究領域と評価できる。「国際マテリアマインド学会」の創設、「マテリアマインド事典」の発行など、その概念の学術化と社会実装化を進める研究戦略が明確であり、マネジメント体制もよく練られている。人はどこから来てどのようにしてここに至ったのかという問題は、今を生きる私たちは誰なのかを解明し、それによって人類の未来を展望できる重要な研究領域を開拓するものである。先行した研究プロジェクトの成果を継承するとともに、そこで生じた問題点を人文学的思考の深化によって乗り越えようとする点も評価できる。その視点の核心となる「物心共創」についてさらに概念を洗練させる事で日本発の人文学に依拠した学際研究として大きな成果が期待できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-----------------------------------|-------|--------|
| 領域番号 | 24A201 | 領域略称名 | イオン渋滞学 |
| 研究領域名 | イオン流の非平衡性と集団運動の理解による材料デザイン変革 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 一杉 太郎 (東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

化学反応を、「物流」という観点から理解できないだろうか？ Li イオン電池や全固体電池を充電するときには、正極から電解質を通してイオンを負極に届ける。まさに物流であり、我々研究者はイオンの移動(イオン流)を司る者と言える。しかし、実際には様々な要因でイオン流が滞り、望む性能が発揮できていない。この現象を我々は「イオン渋滞」と捉えた。これは、電池反応、触媒反応、水素吸蔵、結晶成長、さらには種々の物性発現に至るまでの共通課題である。その解決には、都市工学、土木工学、交通工学において発展してきた数理物理である「渋滞学」が活用できることに我々は気がついた。そこで本領域ではイオン流に関わる材料科学・化学・固体物理と渋滞学を融合した「イオン渋滞学」を打ち立て、カーボンニュートラル実現に資する新規材料(電池や触媒等)を創製する。さらに、実験のモデリングから生まれる新しい課題を通じ、数理科学の発展に寄与する。

(審査結果の所見)

電池・固体イオニクスや触媒の新規開発において、高機能発現に重要な因子であるイオンの移動をイオンの集団の流れとして見なし、数理・オペランド観察・ものづくりの3つの最先端手法を駆使しながら、イオンの流れを制御することで新しい高機能材料の開発を目指している。これまで材料開発において使われてこなかった非平衡統計力学に基づく新しい数理手法を活用して、イオン-イオン間の相互作用を組み込んだシミュレーション法を開発するなど、より大きな理論計算を簡易化し、材料設計の指針を容易に得ることが期待できる。集団としてのイオンの流れを理解し制御する手法を見出すことで、新規の高性能機能材料の開発が可能になるとともに新しい学理の創成が可能になると期待できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------|---------|
| 領域番号 | 24A202 | 領域略称名 | 化学構造リプロ |
| 研究領域名 | 化学構造リプログラミングによる統合的物質合成科学の創成 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 鷹巢 守 (大阪大学・大学院工学研究科・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

本研究領域では、複雑物質合成のための新アプローチとして化学構造リプログラミング(SReP)の確立を目指す。SRePを「原子(団)の任意置換・挿入・消去により、骨格構造を後から部分的に編集するための方法論」と定義する。SRePの実現により、従来必要であった煩雑な合成プロセスを繰り返すことなく、多様な化学構造構築を迅速化できるばかりではなく、従来法では構築できない新規な化学構造へのアクセスが可能となる。本領域研究では、有機化学・無機化学・高分子化学・超分子化学など対象物質により分断された領域間の相互連携により SReP のための方法論を開拓・深化させ、「統合物質合成科学」という学理構築へつなげる。

(審査結果の所見)

比較的容易に調製可能な物質を基盤として、その一部の構造について後から原子(団)を任意置換・挿入・消去することにより、合成が困難な新たな構造物質・高機能物質を簡便かつ迅速に合成する革新的な構築手法の開発を目指している。有機・無機・高分子・超分子化学などの、対象物質により隔離されてきた領域間の相互連携を行い、オペランド計測や量子化学計算を駆使することで、“骨格構造を後から部分的に編集する方法論”として「化学構造リプログラミング」の確立と新しい学理を創成しようとしている。「化学構造リプログラミング」を活用することで、有機分子・有機金属錯体・金属クラスター・高分子・超分子などを対象として、従来法では合成困難な多様な構造の複雑物質や高機能性物質を迅速に合成することが可能になると期待できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|------------------------------------|-------|---------|
| 領域番号 | 24A203 | 領域略称名 | ハビタブル日本 |
| 研究領域名 | ハビタブル日本：島嶼国日本の生存基盤をなす大気・海洋環境の持続可能性 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 岡 英太郎 (東京大学・大気海洋研究所・准教授) | | |

(応募領域の研究概要)

地球温暖化の進行する中、全球平均の2倍の速度で海水温が上昇している日本周辺域では、黒潮の大蛇行や海洋熱波が常態化し、猛暑や豪雨、台風が激化し、海洋生態系の変化も進む。我々の生存基盤となってきた日本周辺域の温和な気候、豊かな水・水産資源は、今後も持続しうるだろうか。この問いに答えるべく、最先端の観測と数値モデリングにより、周辺海陸のみならず遠く熱帯・北極からも影響を受ける日本周辺の大気・海洋循環の変動・変化、それらが極端気象・異常天候、さらには海洋生態系、水産資源に及ぼす影響を明らかにし、予測の可能性を探る。同時に、日本周辺の大気海洋変動が北太平洋ひいては全球の気候場に与える影響を解明する。また、生存基盤の理解を深めるべく、海面をまたぐ熱・物質交換過程や海洋表層での生物生産・分解過程の精緻化に取り組む。大気から海洋、水産までを貫く統合的大気海洋学を創出し、今後の将来予測の新たな礎を築く。

(審査結果の所見)

我が国の「温和な気候や豊富な水・水産資源が今後も持続可能か」という学術的問いに対し、地球温暖化に伴う日本周辺の気候変動の観測・モデリングから解明を試みる研究である。地球温暖化が海洋生態系に与える影響を理解し、異常天候や水・水産資源への影響のメカニズム解明や予測に繋げるもので、学術変革領域研究に相応しい。将来予測の礎を築くことを期待する。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|--------------------------|-------|--------|
| 領域番号 | 24A204 | 領域略称名 | キメラ準粒子 |
| 研究領域名 | キメラ準粒子が切り拓く新物性科学 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 村上 修一 (東京工業大学・理学院・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

固体中の複雑な物性現象はフォノン(音波)やマグノン(磁気の波)などの準粒子の運動として統一的に理解できる。各々の準粒子は、通常は固有の時間スケールと空間スケールが大きく異なるため独立に振る舞う。本領域ではスピントロニクス、カイラル分子科学、メタマテリアルの分野の融合を通じ、通常相互作用しない準粒子を“化学反応”させてキメラ(融合体)を創出し、物性、機能性を自在に操るパラダイム「キメラ準粒子科学」を開拓する。例えば磁気を運ぶ音波、整流性を持つ熱流など、異領域の長所を併せ持つ新機能が創出され、物性研究の根底に変革がもたらされる。これは高機能電子/光/量子/エネルギーデバイス実現に向けた新基盤を与える。

(審査結果の所見)

フォノン、マグノン、フォトン等の準粒子の融合体である「キメラ準粒子」を創出し、そこに生じる新現象を見出すことで新しい学理の構築を目指す領域研究であり、独創性・新規性が認められる。キメラ準粒子研究の目的やキメラ準粒子の生成指針が明確に示されており、萌芽的・挑戦的な領域研究ではあるがその実現性が大いに期待できる。領域代表者の研究力とマネジメント力は卓越しており、計画研究に多くの若手研究者が参画している点も高く評価できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|-------|-------|
| 領域番号 | 24A205 | 領域略称名 | 地下稀事象 |
| 研究領域名 | 極稀事象で探る宇宙物質の起源と進化：新たな宇宙物質観創生のフロンティア | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 岸本 康宏 (東北大学・ニュートリノ科学研究センター・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

宇宙は誕生直後の高温・高密度の火の玉の状態から、現在の形へと進化してきた。この変貌する宇宙にあって、「なぜ反物質は存在せず、物質だけが生き残ったのか?」「通常の物質の約5倍もの量の暗黒物質の正体は何か?」「宇宙初期に存在しなかった重元素はどのようにして生成・拡散されたのか?」と言う点は全く分かっていない。つまり、我々の目の前ほとんど全ての物質の根源は全く未解決のままである。本領域では、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索、暗黒物質の直接検出、超新星ニュートリノ観測という極稀な事象を、世界最高感度で探索することで、これら宇宙の物質の起源についての根源的な謎を解明する。そして、この謎の解明を通じ、我々が当然視している「物質」についての新たな視点、「物質観」を創生する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、地下実験における極稀事象の探索実験により、高エネルギー加速器を用いた研究とは全く異なるアプローチで、素粒子標準理論を超える新しい物理事象探索のフロンティアを開拓するもので、その学術的意義は極めて高い。先行する新学術領域研究「地下素核」と「地下宇宙」の高い実績をもとに、神岡を中核とする地下実験での素粒子物理の探究がさらに発展することが期待される。特に、ニュートリノ物理においては、カムランドにおける二重ベータ崩壊事象の探索やスーパーカミオカンデにおける超新星ニュートリノ観測が世界最高感度を有しており、日本が国際的な優位性を有する研究である。独自のアクシオン探索実験などの新たな展開も期待される。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|------------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A206 | 領域略称名 | プラズマ種子科学 |
| 研究領域名 | プラズマ駆動種子記憶操作：プラズマが駆動する種子内分子動態の学理創成 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 古閑 一憲 (九州大学・システム情報科学研究院・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

種子への低温プラズマ照射が新しい発芽成長促進法として注目を集めている。プラズマで発生した化学的に活性な分子（活性種）に対する植物応答の経験論的検討から分子生物学的検討が始まり分子生物学者を巻き込んだ世界的競争状態にある。本申請領域では、最近明らかになった種子へのプラズマ照射による種子内 DNA 修飾の変動から着想を得た、「イオンや電場、UV を伴った活性種などの様なプラズマ照射が、物理・化学過程を経て種子内部をいかに輸送し、なぜ DNA 修飾関連の分子動態（オミクス）を変え成長促進に至るのか。」という学術的問いを明らかにする。学術的問いを明らかにするためのボトルネックとなっている、高再現かつ精密なプラズマ照射、種皮や細胞壁・細胞膜と細胞質における分子輸送の理解、プラズマ照射を起因とした DNA 修飾の分子機構を明らかにする。以上より、種子に眠る記憶（DNA 修飾）操作を目指す、「プラズマ種子科学」領域を構築する。

(審査結果の所見)

応用物理学と農学の組み合わせ・融合によりプラズマ種子科学という学問領域を創成するという意欲的な提案である。プラズマ照射による種子内部の胚 DNA 修飾への影響、さらに実際に育成した後天的な植物への影響をプラズマ物理学・化学・農学など分野横断的に研究するテーマであり班構成もバランスが良い。さらに本研究領域の推進により、食糧増産などの応用としての発展性、波及効果が期待できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A207 | 領域略称名 | 蛋白質新機能生成 |
| 研究領域名 | タンパク質機能のポテンシャルを解放する生成的デザイン学 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 林 重彦 (京都大学・理学研究科・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

人間の生命活動や社会を支えるエネルギーや食料の生産は、タンパク質の高度な分子機能が担っている。本領域は、タンパク質の分子機能の自在な転換や創生を可能にする生成的デザイン学の学理構築を行う。そのために、分子シミュレーションなどの計算化学・情報科学的な理論予測手法、時分割 X 線結晶構造解析などの最先端の時空間測定技術や指向性進化法などのタンパク質分子開発技術、バイオセンサーや有用酵素などの新規機能性タンパク質開発の実証・創出研究を融合した新しい学術領域を構築する。それにより、限られた天然タンパク質機能のポテンシャルを解放する生成的なタンパク質分子デザインの方法論を確立し、創薬・医療・新物質創成に資する分子機能開発の新潮流を生み出す。

(審査結果の所見)

新しい機能性タンパク質の開発において、従来法の延長ではなく、理論計算による分子設計、最先端解析、機能開発を段階的に行うことで、生成的なタンパク質分子デザインの方法論の確立を目指している。組み合わせ爆発を避ける新たな方法論を機械学習など進歩した理論面と実験系からのフィードバックで構築するのは魅力的であり、学術変革領域研究に相応しい。高度な計測により機能発現時の構造等が明らかになり、その結果、理論シミュレーションの精度が一気に向上したことを受け、理論が先行して機能性タンパク質をデザインし、それを実際に合成して計測により機能検証してフィードバックするのは効果的であり、実現可能性が高い。さらにデータ科学を活用して目的の機能を有する非天然構造を探索するのも優れたアイデアであり、新しいタンパク質が生まれる可能性は高い。領域運営にあたっては、A 班（理論デザイン）・B 班（時空間計測）・C 班（生成創出）の 3 班が緊密に連携し、A 班のみならず B 班や C 班からも生成的デザイン学の学理が創出され、従来の方法論では創出できなかった新たな高機能なタンパク質が創出されることを期待する。研究対象や方法論を広げる意味で公募研究の活用も重要であり、適切に計画されていることも評価できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A301 | 領域略称名 | 細胞質ゲノム制御 |
| 研究領域名 | 細胞内共生オルガネラのゲノム制御：技術革新から生命現象の理解と応用へ | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 有村 慎一 (東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

細胞内共生細菌やそれに由来するミトコンドリアや葉緑体は、内部に独自のゲノム（細胞質ゲノム）をもつ。これらは呼吸や光合成、細胞死や性決定など生命現象の根幹に関わるが、ゲノム改変の不可能さや困難さがそれらの理解と応用を妨げてきた。代表者らは植物オルガネラのゲノム編集や遺伝子導入に成功し世界をリードしている。本領域は先行技術を活かし、(1)対象生物を拡大した自由自在な細胞質ゲノム制御技術の開発、(2)細胞質ゲノムの挙動（維持/動態/発現）の分子基盤の全容理解、(3)細胞質ゲノムが担う重要生命現象の解明と応用への挑戦、を実行し、オルガネラ生物学領域の「技術、学術、応用」の全面での飛躍的な展開を目指す。

(審査結果の所見)

ミトコンドリアや葉緑体のゲノム（細胞質ゲノム）の改変は、困難あるいは不可能とされてきた。この状況を打破し、細胞質のゲノムを編集することで、それらゲノムが担う重要な生命現象の解明と応用を目指すことを目的としている。その前段階として、細胞質ゲノム制御技術の開発、そして細胞質ゲノムの維持・動態・発現の分子基盤を理解することも研究目的としている。オルガネラゲノムの編集や遺伝子導入は革新的で世界をリードしている分野であり、学術変革領域研究としてふさわしい。研究・実験技術として、植物のミトコンドリア、葉緑体のゲノム編集に成功し実績を挙げている。卵細胞での細胞質ゲノムを編集することで、多数含まれるオルガネラのほぼ全てのゲノムの改変の実績をもっており、これを広く技術共有し領域としての発展を目指している。研究項目A01 制御技術の展開と共に、研究項目B01 遺伝理解（ゲノムの挙動の理解）、B02 利用展開（細胞質ゲノムが関与する主要な生命現象の理解と応用）を展開するためには実験技術上の協力関係が不可欠であり、それを実現するサポート体制も組まれている。なお、研究の独創性と独自性を維持するためには知財管理も重要となる。こうした点を考慮することで、独自性を保ちつつ独創的な研究領域を開拓することが可能となる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A302 | 領域略称名 | クラスター細胞学 |
| 研究領域名 | バイオリジカルクラスター：細胞内における超分子複合体の形成機構と機能特性 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 深川 竜郎 (大阪大学・大学院生命機能研究科・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

細胞を構成する「分子複合体」の研究は進んできたが、いかにして細胞内の機能を支えているのか、その理解には必ずしも及んでいない。細胞内の現場では、複合体単体ではなく、高次に集まって「超分子複合体」を形成して、はたらくことがあるためである。しかし、超分子複合体に真正面から取り組み、体系的に解明しようとする研究は未だ皆無と言える。そこで本領域では、細胞内で機能する超分子複合体を「バイオリジカルクラスター」と定義し、先進的なイメージング技術と細胞内現象を扱う物理理論とを組み合わせ、その形成機構とそれによって獲得する特性を解明する融合領域を創出する。こうして「組織だった分子複合体のクラスター」の重要性を生物学のなかに位置づける。

(審査結果の所見)

細胞を構成する分子は、しばしば複合体として機能するが、細胞内では複合体がさらに高次に集まって「超分子複合体」を形成して機能する例が知られている。本研究領域では、この超分子複合体を「バイオリジカルクラスター」と定義し、最新のイメージング技術と数理シミュレーションを組み合わせ、その形成機構と生物学的意義を解明する新たな領域を創出することを目指している。研究実績のある領域代表者の下に気鋭の若手メンバーが集結した領域構成で、総括班の支援も盤石であることから、着実な成果が期待される。計画研究の研究対象が、動原体、セントロメア、中心体など、染色体分離関連の一部の巨大分子の駆動に関わる複合体に限定されているため、公募研究などでより広いターゲットを研究の対象に据え、生命活動全般におけるバイオリジカルクラスター形成の普遍性の確認や、共通した作動原理の理解が進展することを期待する。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A303 | 領域略称名 | 共進化表現型創発 |
| 研究領域名 | 共進化表現型創発：延長された表現型の分子機構解明 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 勝間 進 (東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

自然界では、ある生物の遺伝情報がその生物自身に適応的となるように、他種生物の表現型として発現する現象が普遍的にみられる。こうした「延長された表現型」は、細胞内共生や体内寄生など、近接した生物同士の相互作用がもたらす共進化の帰結である。生物間相互作用による劇的な表現型の変容は、研究者のみならず一般の人々も注目する興味深い現象だが、具体的な機構については理解が進んでいない。本領域では「延長された表現型の分子機構」に焦点をあて、従来の生命科学研究からは到達しがたい、精妙かつ多様な表現型の制御機構や新規表現型の創出機構を解明する。その理解を通じて、「共進化分子発生生態学」領域の確立を目指す。

(審査結果の所見)

細胞内共生や体内寄生などの内生生物が宿主の行動・形態などに影響を及ぼし操作する「延長された表現型」は、これまで現象としての理解にとどまっていたが、本研究領域は遺伝子・エフェクター分子の同定という目標達成、分子レベル理解を目指す点で新しく、生物学的に興味深い。昆虫を対象として行動操作・共生の研究をリードする実力者を核として、植物、脊椎動物・哺乳類までを広く展望する体制で取り組む構成となっている。領域名に掲げられる「共進化」が計画研究間で十分に共有され、有機的な連携のもとで「表現型創発」についての新概念がもたらされることが期待される。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|---|-------|----------|
| 領域番号 | 24A304 | 領域略称名 | 時間タンパク質学 |
| 研究領域名 | 時間タンパク質学：多様な「時」を生み出すタンパク質マシーナリー | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 吉種 光 (公益財団法人東京都医学総合研究所・基礎医科学研究分野・副参事研究員) | | |

(応募領域の研究概要)

概日リズムや季節応答など様々な時間スケールでリズム性をもつ生命現象が存在する。本領域では、分子間相互作用・翻訳後修飾・酵素活性・立体構造変化などのタンパク質ダイナミクスに着目し、多様な「時」を計る分子実体とその周期決定メカニズムを解明する。研究項目 A01 では概日時計に着目し、除核カサノリや試験管内 KaiC など転写リズムのない条件においても真に 24 時間をカウントする仕組みを解明する。A02 では、非 24 時間リズムの時間タンパク質学を展開する。A03 では、多様な時間タンパク質が緩やかに変化する環境サイクルに同期する仕組みとして翻訳速度制御に着目し、パラメトリック翻訳の視点で時間タンパク質に迫る。

(審査結果の所見)

転写リズムが生体時計の中心振動子とする定説に対して、翻訳とタンパク質の量と機能のリズムが生物の時計本体であるとする明確な仮説をもち、多様な特徴をもつ生物種の概日リズムや季節応答など様々な時間スケールのリズム性を解明することを目的としている。タンパク質分子に焦点を絞る点、除核してもリズムを刻むカサノリを新たな手法で取り組む点、1 年あるいは数十年の非概日リズムも対象とする点は本研究領域の特徴となっている。概日リズムを対象とした場合でも、タンパク質レベル（量と機能）での 24 時間にわたる定量的な精密解析には実験手法の更なる開発、そして入力と出力の関係性の実証も必要となる。高精度の翻訳速度測定も組み入れた計画であり、大きな成果が得られる可能性も高い。実績のある 2 つの学術変革領域研究（B）を発展させ、特徴と実績のある研究者を配置して整合性のある研究領域を構築している。生物と時間スケールの多様性があるからこそ、普遍的、特異的な機構の解明につながるものと期待できる。成果の全てが生物に共通した普遍的な機構に至るとは推定できないので、生物種あるいは生理現象毎の特異性も区分けして成果をまとめることが重要である。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-------------------------|-------|---------|
| 領域番号 | 24A305 | 領域略称名 | 動的脳機能創発 |
| 研究領域名 | 動的コネクトームに基づく脳機能創発機構の解明 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 今井 猛 (九州大学・医学研究院・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

脳の神経回路接続（コネクトーム）は、静的なものではなく、発達や学習の過程で絶えず変化し続ける。脳機能は、こうしたコネクトームの動的変化に伴って情報伝達や統合の仕方が質的に変化する「創発現象」として出現するものであるが、その過程を支配する法則はよく分かっていない。本領域では、コネクトームの動的変化と、それによって生じるニューロンや神経回路の機能的変化を定量的・包括的に捉え、その背景となる原理や数理科学的な法則を明らかにするとともに、脳機能創発の構成的な理解を目指す。これによって、「単なる物質の集まりに過ぎない我々の脳に精神が宿るのはなぜか」、という根源的な問いに迫るための新たな学問領域を拓く。

(審査結果の所見)

神経回路が外環境の刺激や学習により再編され、新たな機能を獲得する機構の理解は、神経科学の中心的課題である。本研究領域は、現在世界で進行する成体標準化脳コネクトームの概念と手法を用いて、脳が新しい機能を獲得する際の動的な神経回路再編成を描出しようとする野心的な計画である。超高速電顕画像撮影システム、透明化脳の高速超解像イメージング、広領域ニューロン活動計測などの世界的にも優位性の高い構造的・機能的コネクトーム技術を用いて、各計画研究が取り組むシナプスから全脳レベルの動的な回路再編過程と制御機構を明らかにする。計画研究間の連携も入念に検討されており、それぞれが独自性の高い研究を推進しつつ、方法論や知見を共有して共通目標達成を目指す体制が作られている。計画研究ではカバーしきれない動物や脳領域の動的コネクトーム研究、およびその共通原理を導く数理解析を公募研究で補うことで、神経発生、脳発達研究の変革をもたらす領域に発展することが期待できる。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|------------------------------|-------|---------|
| 領域番号 | 24A306 | 領域略称名 | 細胞運命コード |
| 研究領域名 | 個体の細胞運命決定を担うクロマチンのエピコードの解読 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 立花 誠 (大阪大学・大学院生命機能研究科・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

DNA/ヒストン複合体を基本構成単位とするクロマチンは、個々の遺伝子の発現制御に密接に関わることが明らかになってきた。一方で、個体発生や細胞分化の過程で刻々と変動するクロマチンの高次構造が、発生段階特異的な遺伝子の発現をどのように制御し、細胞の分化の方向性（運命）を決めているのかについては明らかになっていない。本領域では、ヒストン修飾の組み合わせ、ゲノムDNAの3次元的配置、エンハンサーとプロモーター間距離などの多階層パラメーターによって規定されるクロマチンの高次構造を、細胞の運命決定を担う“後天性の暗号”（エピコード）と捉え、その実体を解き明かす。これにより、転写の基盤から細胞運命制御の媒体へと、クロマチンの概念にパラダイムシフトを起こす。

(審査結果の所見)

DNA/ヒストン複合体を基本構成単位とするクロマチンは、個々の遺伝子の発現制御に密接に関わる一方で、個体発生や細胞分化の過程で刻々と変動するクロマチンの高次構造が、発生段階特異的な遺伝子の発現をどのように制御し、細胞の分化の方向性（運命）を決めているかの解明が急務となっている。本研究領域では、ヒストン修飾の組み合わせ、ゲノムDNAの3次元的配置、エンハンサーとプロモーター間距離などの多階層パラメーターによって規定されるクロマチンの高次構造を、細胞の運命決定を担う“後天性の暗号”（エピコード）と捉え、その実体解明を目標に掲げる。目標達成に必要なトップレベルの最先端技術の開発研究者と生命現象を解析する研究者が結集する研究組織を構築したことは高く評価できる。細胞内事象を一細胞レベルで解像度高く捉える技術開発競争は激化しており、本領域が、優位性、独創性、新規性を持った成果を生み出すために、領域代表者のリーダーシップに加え、計画研究・公募研究との強い共創的連携により推進されることを期待する。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------|-------|
| 領域番号 | 24A401 | 領域略称名 | バイオ超越 |
| 研究領域名 | 脳神経マルチセルラバイオ計算の理解とバイオ超越への挑戦 | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 山本 英明 (東北大学・電気通信研究所・准教授) | | |

(応募領域の研究概要)

神経細胞という不安定なバイオ素子に基づいて構成されながら、生物の脳は自律適応的に、そして高いエネルギー効率で高度な情報処理を実現する。このような脳の情報処理アーキテクチャの理解は生物学－工学－情報科学を横断する重要課題であるが、素子(細胞)の集団的振る舞いとシステム(脳)としての機能との関係は、いまだ“複雑系”という名のベールに隠されている。本提案では、バイオ素子を基盤とする脳の情報処理を、モデル動物脳および培養細胞を用いて解析した上で数理モデルとして記述し、システム応用へと結びつけることを目指す新たな学問領域を立ち上げる。具体的な情報処理として感覚運動学習に焦点をあて、学問的に普遍で工学的にも波及効果の高い成果へと結びつける。本領域の成果は、脳神経系の基礎理解はもちろん、計算効率が高く、頑健性・柔軟性を持つ革新的なコンピューティング技術の創成へと結びつくことが期待される。

(審査結果の所見)

脳型マルチセルラシステムを基盤として、感覚・運動変換を記述する数理モデル、低消費電力のハードウェア、培養細胞によるウェットウェアを実現することで、脳神経回路の情報処理をトップダウンとボトムアップの双方向のアプローチにより理解するとともに、従来の計算機システムでは到達困難な高いエネルギー効率や学習効率を達成する「バイオ超越」と呼ぶべきブレークスルーを目指すという非常に挑戦的な研究領域である。さらに、モデル動物脳のイメージングによる計測実験や、ロボット適応制御への応用も含まれるなど、非常に包括的な研究領域となっている。個々の計画研究では、領域目標を達成するための研究課題がバランスよく配置され、学術変革領域研究(B)の研究成果を基にした研究課題を中心に準備状況も良好である。さらに、領域研究の推進を支援する拠点として、微細加工、バイオマテリアル／オープンデータベース、モデル動物実験、システム実験の4つの共通プラットフォーム拠点を計画し、領域終了後も研究成果を基に長期的な視野で運営する構想となっている。若手研究者の人材育成についても、海外アドバイザーを含む領域アドバイザーを設定して国際ネットワークの形成による体制を整備するなど十分に計画されている。

令和6年度「学術変革領域研究（A）」新規採択候補研究領域
に係る研究概要・審査結果の所見

| | | | |
|-----------------|------------------------------|-------|----------|
| 領域番号 | 24A402 | 領域略称名 | グローバル南極学 |
| 研究領域名 | グローバル南極学：大変化する氷床と地球環境の連鎖をつなぐ | | |
| 領域代表者名 (所属等) | 青木 茂 (北海道大学・低温科学研究所・教授) | | |

(応募領域の研究概要)

温暖化によって南極氷床が局所的に臨界点を超過して不安定化し、これまでの想定以上の速さで海面上昇を引き起こすことが懸念されている。逆に、温暖化によりグローバルな空間規模で湿潤化した大気は氷床上の降雪量の増加をもたらす、氷床縮小を抑制する働きも有する。これらの変化に要する時間スケールは、氷床は数十～数万年、大気は数時間～数年であり、全く異なる応答特性を持つ。このように異なる空間・時間スケールの現象が相互作用する複雑さが将来予測の精度向上を妨げている要因である。本領域研究では、革新的な観測・試料分析とシミュレーションの融合により、南極氷床とグローバルな気候システムとの相互作用を数万年以上の過去から近未来におよぶ時間軸で統合的に研究する新たな学理「グローバル南極学」を構築し、気候・環境科学の新展開と社会への貢献を目指す。

(審査結果の所見)

地球温暖化に伴う南極氷床の融解は、海水面の著しい上昇をもたらすために、そのメカニズムの解明や将来予測は人類社会にとって大きな意義がある。本研究領域は、日本が地理的優位性を持つ東南極とその周辺海域を中心に展開する学際的研究であり、気候変動(気候変化)研究における我が国のプレゼンスを高めることが期待される。また、本研究領域は、その期待に応え得る構想と、構想を実現させる研究者で構成されている。気候・海洋・古環境・海洋工学・観測・数値モデリングといった多様な背景や手法を持った各計画研究が有機的に連携し、ティッピングポイントの解明といった大きな課題に一体として取り組めるよう、領域代表者の強いリーダーシップを期待したい。