

令和3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	21A101	領域略称名	当事者化行動科学
研究領域名	「当事者化」人間行動科学：相互作用する個体脳と世界の法則性と物語性の理解		
領域代表者名 (所属等)	笠井 清登（東京大学・医学部附属病院・教授）		

(応募領域の研究概要)

認知科学は人間の認知行動と脳基盤を、社会を所与の定数として分析してきた。しかし予測困難で一回性の現実世界と切実に向き合う人間の当事者性を扱うには、個体脳—世界相互作用を組み込んだ学術変革が必要である。身体や認知特性の多数派にとって予測しやすいよう作られた世界にマッチしない少数派特性に苦悩する人々は、当事者研究により自らの持つ法則性／物語性と世界のそれらとの不一致に気づくことが回復への緒であるという知を生み出した。これに学び本提案は、学者自身の当事者化と少数派特性を持つユーザー研究者との共同創造、および大集団科学と脳行動科学を融合する学術変革により、相互作用する個体脳と世界の法則性と物語性の理解に基づき人間の当事者化の思春期発達過程と機構を解明する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、身体障害や発達障害などの当事者が主体的に参加する当事者研究を更に発展させて、広く少数派特性を持つ人が抱える予測不能で困難な問題への対処を「当事者化」としてとらえ、法則性と物語性の二つの観点から解き明かそうとするものであり、新しい研究領域の形成が期待される。また、先行する新学術領域研究（2011年～2015年「自己制御精神」及び2016年～2020年「思春期主体価値」）の発展的展開としても妥当な方向性と研究内容を含んでいる。

本研究領域では「当事者化」について、人間が予測困難な現実世界に生きる上で、世界の特性と個人の特性の適合・不適合の問題に対処していく際に法則性と物語性を見出し内在化する認知過程と定義している。ただし、法則性は自然科学のもので、物語性は人文社会科学のものと二分法的に規定するのではなく、有機的に融合する視点が求められる。

また、個々の計画研究においては、内容及び参加研究者の研究遂行能力は優れているが、「当事者化」研究の発展に資するように研究領域全体の研究内容の整合を図ることが最も重要である。本研究領域の核とも言うべき当事者研究は高い評価を得ているが、それを「当事者化」の研究に着実に発展させていくことが望まれる。既存の「東京ティーンコホート」を活用した思春期発達研究が重要な柱とされるが、より幅広い発達の観点からのアプローチも望まれる。

令和3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	21A102	領域略称名	水共生学
研究領域名	ゆらぎの場としての水循環システムの動的解明による水共生学の創生		
領域代表者名 (所属等)	荒谷 邦雄（九州大学・比較社会文化研究院・教授）		

(応募領域の研究概要)

生命に欠かせない“水”をとりまく環境は、気候の変動や生態系の遷移、水に関わる社会状況の変化など、多様な内的／外的要因に起因する「ゆらぎ」を常態的に内包している。このゆらぎの幅が大きくなると、気象災害の頻発や水資源紛争の発生、生物多様性の喪失など、人間社会や生態系に多大なる影響が生じる。こうした水危機・水リスクを軽減させ、水とヒト、生物が持続的に共生する社会を実現することは、国際的にも重要な課題である。本研究領域では水をめぐる環境を地球圏—生物圏—人間圏の相互作用によって成立する「水循環システム」として捉え、それら3つの圏域のバランスの歴史的な変遷や現状の動態を解明し、地域の実態に即した水環境の社会的課題解決への道筋を探り、将来像を提案することを主要な目的とする新たな学問分野“水共生学”の創生を目指す。

(審査結果の所見)

水環境を地球圏—生物圏—人間圏の相互作用として、それらのバランスを動的にとらえ、人類の将来にとって重要な研究課題である「水共生学」を三つの圏域のせめぎ合いによって生じる「ゆらぎの場」としてとらえる発想はユニークである。人文社会科学と自然科学の学際的越境や融合を目指す高い志は、現代社会の喫緊の課題にも応えようとするものとして高く評価できる。

複数の計画研究組織が共同して調査・研究・社会実装まで行う共同フィールドとして、釧路を中心とした北海道道東、筑後川流域、琉球列島、トンレサップ湖を中心としたメコン流域などを設定して、水循環システムの将来シナリオの策定からモデル化を目指す協働体制も注目される。

今後、個別研究を統括する計画研究組織間の連絡を密にして充実させて、方法論の吟味も含めてより一層連携を強化することによって相互概念の深化が期待される。

令和3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	21A201	領域略称名	極限宇宙
研究領域名	極限宇宙の物理法則を創る－量子情報で拓く時空と物質の新しいパラダイム		
領域代表者名 (所属等)	高柳 匡（京都大学・基礎物理学研究所・教授）		

(応募領域の研究概要)

従来、物理学では時間・空間(時空)と物質を基本的構成要素として自然法則を説明してきた。しかし、究極の物理法則が支配する極限宇宙を解明するには、「量子情報」を物理学の新しい要素として取り入れる必要がある。量子情報はミクロな世界における情報を意味し、量子計算機や量子通信を基礎づけるが、重力理論の宇宙は量子情報の無数の集積とみなせることが最近見出され、世界中で注目されている。一方、このような量子情報の集積はテンソルネットワークとよばれる量子物質の高精度な数値解析手法を与える。そこで本領域では、量子情報と物理学(素粒子・物性・宇宙)を融合させ、極限宇宙の3つの問題：①ブラックホールの量子論、②宇宙創成のメカニズム、③量子物質のダイナミクス、を解明する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、近年急速に発展してきた新しい量子情報研究分野と従来の物理学の基礎的研究を融合させて、新しい学術領域を創成しようとするものであり、学術変革領域研究にふさわしい研究提案である。領域代表者らが発見した笠 - 高柳公式は、量子重力理論と量子情報理論の深い結びつきを明らかにしており、両分野の発展に関しても本領域研究が大きな寄与をもたらすことが期待できる。特に、場の量子論の非摂動的取り扱いや量子多体系のダイナミクスを情報理論の観点から新たに解析する着想は興味深く、新しい研究領域の開拓につながると予想され、新展開が期待できる研究計画である。

一方で、本領域研究の基盤を構成している「ゲージ・重力対応」は一つの仮説であるので、実験的結果も参考として、極限宇宙(ブラックホールや量子宇宙)の法則の解明にいかなる進展を本領域研究がもたらすかを整理して進める必要がある。

令和3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	21A202	領域略称名	超温度場3DP
研究領域名	超温度場材料創成学: 巨大ポテンシャル勾配による原子配列制御が拓くネオ3Dプリント		
領域代表者名 (所属等)	小泉 雄一郎 (大阪大学・工学研究科・教授)		

(応募領域の研究概要)

金属3Dプリント(3DP)で発現が見出された電子ビームやレーザーによる局所加熱で発生する超温度場での溶融・凝固における「超高速エпитaxial成長」などの特異な結晶成長のメカニズムを、絶対安定性の存在などに注目して、高速度光学温度場解析、放射光X線透過イメージング、超時間分解能透過電子顕微鏡内レーザー照射実験などの高度なその場観察実験と、それらと高精度に整合させた、熱流体力学計算、フェーズフィールド計算、分子動力学計算による数値シミュレーションで解明する。さらに、それらが産むプロセス組織-構造-性能相関のビッグデータを人工知能により解析し、3DPによる高品質単結晶化などの新規材料創成に資する超温度場材料創成学を構築し、材料学に大きな変革をもたらす。

(審査結果の所見)

本研究領域は、電子ビームやレーザービームによる局所加熱で発生する超温度場を利用して、単結晶化や結晶方位制御を行うことを目的としている。従来のバルク状単結晶の作製法と異なり、高い成長速度で単結晶化できること、しかも三次元プリント(3DP)造形技術を利用するため多様な形状へ適応できることから新規性の高い研究となっている。偏析のない均一な特性を有する材料創製が期待できる造形技術であり、また、金属や合金のみではなく、セラミックス、半導体、金属有機構造体など種々材料への展開も秘めており、挑戦的な研究である。

一方で、本研究領域には超温度場を利用した結晶制御に対する新しい学理の構築が期待される。各計画研究間の緊密な連携を図り、領域総体としていかにそれを構築できるかが重要な課題となる。

令和3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	21A203	領域略称名	SF 地震学
研究領域名	Slow-to-Fast 地震学		
領域代表者名 (所属等)	井出 哲（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)

今世紀に発見された新現象「Slow 地震」と社会的影響の大きな「Fast 地震」の総合的包括的な理解によって地震学を再構築し、将来の地震発生について定量的な予測を行う。そのために研究領域「Slow-to-Fast 地震学」を形成する。新学術領域研究「スロー地震学」で形成された物理学、地質学、地球物理学、地球化学の分野融合をさらに熟成する一方で、工学や情報科学等の新たな分野と連携し、先端的分野融合を展開する。実験観測による1次情報の取得から分析・解析を通じて総合的包括的な理解を目指す6つの計画研究と多数の公募研究、強い国際的リーダーシップに基づく多彩な共同研究によって、新しい学術への変革を起こすとともに、人類社会への貢献を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域は、地震の2大形態であるSlow地震とFast地震の包括的な理解を目指すものであり、「地震＝地殻の破壊」というこれまでの概念を根本的に変革しようとするものである。この変革は他の固体地球科学分野にも大きな波及効果をもたらす事が期待される。また、これまでのSlow地震に関して先端的研究成果を上げてきた研究者が集結し、さらに物質科学・計算科学などの研究者も参加する研究組織が提案されており国際的にも優位性が認められる。加えて、甚大な被害をもたらすFast地震について、Slow地震と併せた統一的な地震像を構築することは、地震大国日本の社会に対しても大きなインパクトを与える。以上の点から、本研究領域は、学術変革領域研究にふさわしいものである。

一方で、いわゆる地震予知に対する社会的な期待が大きいことを考慮すると、本研究領域の進展によって、Slow地震をFast地震の前兆現象として地震予知が可能になるという誤解が生じないような配慮は必要である。もちろん本研究領域の進展によって地震予知が可能となれば喜ばしいが、革新的な地震学の確立が最大の目標であることは強調すべきである。

令和3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	21A204	領域略称名	デジタル有機合成
研究領域名	デジタル化による高度精密有機合成の新展開		
領域代表者名 (所属等)	大嶋 孝志 (九州大学・薬学研究院・教授)		

(応募領域の研究概要)

入手容易な原料から超付加価値の高次複雑系分子を創成する有機合成化学は現代の錬金術である。日本が世界をリードし続けるためには、有機合成に破壊的イノベーションを起こす有機合成の変革が必須である。これまでの実験・理論・シミュレーションに加え、第4の科学であるインフォマティクスを有機合成の分野で徹底的に活用するデジタル有機合成を推進する。A01 反応制御の深化、A02 合成手法の深化、A03 AI 手法の深化の3班体制で、反応条件最適化、合成経路探索、高次複雑系分子設計の3つの自動化システムにより革新的な基礎反応の発掘や開発効率の超加速化を達成し、さらに革新的自動合成装置の開発へ繋げ、日本のモノづくり力向上、化学産業の発展、Society 5.0、そしてSDGsに貢献する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、時間・労力・コストがかかる職人芸的な有機合成化学に、情報科学やAIなどの新手法を導入して、工程の大きな変革を目指すものであり、大学・企業を問わず、今後の日本の有機合成関連分野の発展に大きく貢献する研究提案である。

本研究領域では公募研究が幅広く計画されており、広範囲の実証実験を行うことで新たな興味深い展開に結び付くことが期待されるが、特に有機合成の研究に関しては情報化に値する内容かどうかを慎重に判断する必要がある。また、フロー合成やロボット合成を合成研究の中心に据え、機械学習の経験者を充実させていることで、データの均質性が担保されている。

有機合成化学にAIを利用することは当該分野の今後の発展に不可欠であり、産業的な波及効果の大きさも認められるが、データベースの構築だけでなく新たな学理の構築や学術の変革につなげていくための道筋に工夫が望まれる。

デジタル有機合成を推進することで、実験研究に多大な労力を割いてきたマンパワーを、創造的な仕事に振り分けることができれば、新規で画期的な反応を見つけ出すことができると期待する。

令和3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	21A205	領域略称名	超越分子システム
研究領域名	生物を陵駕する無細胞分子システムのボトムアップ構築学		
領域代表者名 (所属等)	松浦 友亮（東京工業大学・地球生命研究所・教授）		

(応募領域の研究概要)

近年、世界中でバイオ分子等を組み合わせ人工細胞を創る理学的な研究が活発化している。本領域では、従来研究の目指す単なる天然物（細胞）の再現ではなく、その本来の機能を超越した応用可能・社会実装可能な分子システムをボトムアップに構築することを目指す。従来、用いられてきたタンパク質、核酸、脂質などの生体分子に加え、異分野融合を図ることで有機化合物、高分子、マイクロ・ナノデバイスを、計算科学を活用しながら組み合わせ、天然の細胞の能力を超える、あるいは天然の細胞が持たない能力を有する「超越分子システム」を組み立てる。分子システムは、測る、調べる、造る、守るという4つの出口で社会実装を目指す。同時に、これらを構築するための学理「分子システムボトムアップ構築学」を確立する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、構成要素間の相互作用の解明と計算科学を活用した分子合成の最適化を共通基盤として、生物を超える無細胞分子システムを創製するためのボトムアップ構築学を確立することを目的とした挑戦的な提案である。従来の合成生物学に、最適な組合せの探索という視点を組み入れた点と、さらに社会実装実現を目指した戦略には新規性が認められる。また、有機化学、電気化学、生物工学、ナノ工学、マイクロデバイス工学、計算科学などの広範な異分野研究者との連携体制、さらに25件という多くの公募研究者の参画が提案されており、本研究領域の裾野を広げ大きな発展を図ろうという強い意欲が感じられる。

一方、単なる生物の模倣を超えた真の超越分子システムや、無細胞分子システムを創製することで初めて得られるインパクトのある材料開発を達成するためには、ボトムアップ構築学の方法論の革新性・普遍性を高め、新しい学理の構築に向けての道筋を明確にして領域内で共有し、本研究領域を運営・推進することが望まれる。また、データ駆動サイエンスやAI活用による要素間相互作用解析と最適化により、従来の思考では見出されないような分子システム創製や機能性材料開発に繋がる可能性もあり、発展が期待できる。

令和3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	21A206	領域略称名	2.5次元物質
研究領域名	2.5次元物質科学：社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト		
領域代表者名 (所属等)	吾郷 浩樹（九州大学・グローバルイノベーションセンター・教授）		

(応募領域の研究概要)

グラフェンに代表される二次元物質は、材料や角度を任意に制御してファンデルワールス力により積層することができ、従来の結合に捉われない合成法を与えることから、物質科学に大きなパラダイムシフトをもたらすものである。さらに、積層した二次元物質の層間には特異的な二次元ナノ空間が存在し、新たな科学の舞台となりうる。そこで、本領域では、多様な二次元物質に「集積の自由度」と「二次元ナノ空間」という新たな考えを導入して、従来の研究から大きく飛躍した「2.5次元物質科学：社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト」を提案する。二次元+ α の新たな可能性を0.5次元と象徴的に表現し、オールジャパンの体制により、従来の物質科学を大きく変革する研究を展開する。

(審査結果の所見)

グラフェンをはじめとする二次元物質は、興味深い物性が数多く報告されており、世界的な注目を集めている。本研究領域では、さらに二次元物質を集積させる自由度や二次元ナノ空間に注目した「2.5次元物質」という概念を提案し、2.5次元物質の新たな学理の構築により物質科学に変革をもたらすことを目標としている。本研究領域は、二次元物質の多様さと積層、回転などの自由度を組み合わせることによって、新たな物質の創製と新たな物性や機能の発現、さらにその応用展開を目指しており、過去に採択された新学術領域研究「原子層科学」からより進んだ挑戦的な内容となっており、学術的にも産業応用的にもインパクトの高い提案である。

研究組織は、物質創製研究、集積化研究、分析研究、物性開拓研究、機能創出研究から構成されており、さらに連携を加速するための合成、積層、構造測定、光測定を担当する四つの共同利用拠点を整備し、特徴ある物質合成技術やロボット積層プロセス技術、高度な分析評価技術を領域内に提供できる体制をとっている。研究遂行能力の高い研究者間のシナジー効果を発揮して、学術変革領域に相応しい、世界を先導する研究成果を創出すると共に、2.5次元ならではの応用研究や新たな分析評価技術の開発に繋げることを期待する

令和3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	21A301	領域略称名	適応回路センサス
研究領域名	神経回路センサスに基づく適応機能の構築と遷移バイオメカニズム		
領域代表者名 (所属等)	磯村 宜和（東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授）		

(応募領域の研究概要)

動物は、個体内外の状況変化に随時適応し、生き抜くための行動をとる。この行動適応は多数の神経細胞からなる複雑な神経回路の構築と遷移（適応回路）により実現される。本提案では適応脳機能を担う回路構築と回路遷移の仕組みの解明に狙いを定め、先鋭的な神経回路活動の計測・操作技術と網羅的な遺伝子発現の解析技術を大胆に組み合わせて、個別の構成細胞がどのような固有の特性や挙動を示して適応脳機能に至るのかを包括的に追跡する（適応回路センサス）。この適応回路センサスに基づき、適応回路の構築・遷移ダイナミクスを示す要素回路を特定し、理論的に動作原理を考証することにより、新次元の視点で脳の本質を探る学問領域を創成する。

(審査結果の所見)

個体の行動適応は神経回路の構築・遷移によって実現される。本研究領域は、適応脳機能を担う神経回路構築・遷移の仕組みを、精緻な神経活動計測・操作技術と単一細胞レベルの遺伝子発現解析技術を融合して明らかにする、独創的かつ国際的に見ても先進的な研究領域である。ID 識別された細胞が形成する要素回路を抽出することにより脳機能ダイナミクスの本質を明らかにできると考えられ、脳機能研究に新しいパラダイムを構築する可能性が極めて高い。これまで独自の手法で行動適応の基盤となる神経活動・回路解析を行ってきた生理学者や解剖学者、最先端の遺伝子改変技術を有する研究者に加え、トランスクリプトーム解析や数理統計解析を専門とする研究者による充実した研究体制になっており、新進気鋭の若手、女性研究者の活躍も期待される。

令和3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	21A302	領域略称名	クロス生物学
研究領域名	クロススケール新生物学		
領域代表者名 (所属等)	吉川 雅英（東京大学・大学院医学系研究科（医学部）・教授）		

(応募領域の研究概要)

本研究領域では、分子レベルからオルガネラ・細胞レベルまでの定量的クロススケール計測、特に細胞内で20~500 nm程度の大きさの「メゾ複雑体」の計測を可能にし、どのように生命現象や病気の起源を決定するのか？を分子レベルからオルガネラ・細胞レベルまでシームレスに解明する。このクロススケール計測には、クライオ電子線トモグラフィー、超解像イメージング、In-cell NMRとAFMを組み合わせて、複数の手法に使える標識の開発、実験データの統合と解釈の為に大規模計算科学を用いる。メゾ複雑体が重要な役割を果たす生命現象として、「細胞や発生の向きを決めるプロセス」「膜の形・トポロジーを制御する過程」「疾患のもととなるタンパク質の構造異常・品質管理」の3領域を計画班とする。これにより、一見ランダムに見えるメゾ複雑体からどのように秩序が生まれるか？という問いに答える新たなフレームワークを創出する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、分子レベルからオルガネラ、細胞レベルまでの連続的な計測、特にメゾ複雑体と名付けた20-500nmの大きさを対象にした定量的計測技術の開発を目指すもので、クライオ電子顕微鏡を初め、複数の方法を組み合わせた先端的な計測技術を、標識技術などとともに開発することを計画している。そのような計測法を、分子レベルより大きく、オルガネラより小さいメゾ複雑体に適用して、新たな方法論の創出を目指すことは細胞生物学の重要な視点であり、学問分野に新たな変革や転換をもたらすことが期待される。

各計画研究は新規性や革新性が高く、それぞれの代表者には研究遂行能力の高い研究者を配しており、着実な成果が期待される。領域代表者のリーダーシップも十分に期待できる。

計画されている「クロススケール細胞計測センター」が十分な機能を果たして、領域内での有機的連携を促進することが期待されるが、ここでの計測技術には先端的なものが多いため、その円滑な運営にはきめの細かい配慮が求められる。

また、研究領域の全体計画に沿った高質な公募研究が参画することで、領域としての幅を更に広げることが期待される。

令和3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	21A303	領域略称名	硫黄生物学
研究領域名	新興硫黄生物学が拓く生命原理変革		
領域代表者名 (所属等)	本橋 ほづみ（東北大学・加齢医学研究所・教授）		

(応募領域の研究概要)

近年、硫黄が直鎖状に連結した超硫黄（スーパースルフィド）は、普遍的な生命素子として生体内で豊富に産生され、エネルギー代謝やタンパク質品質管理、シグナル伝達などを支える生体内の重要な電子移動媒体であることが明らかになった。超硫黄分子は、酸素や活性酸素を感知し、その生物活性を担うとともに、核酸・タンパク質など主要な生体分子の生理機能創発の要となり、幅広い生命現象を支えている。本領域では、超硫黄分子と多彩な関連分子・生体システムの機能的相互作用を解明し、新規硫黄計測と最先端硫黄イメージングを展開する。超硫黄分子の理解から革新的な生物学を創成し、細菌から、植物、ヒトに至る全生物が営む生理機能と病態の生命概念を刷新する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、これまであまり注目されてこなかった硫黄、特に直鎖状に連結したスーパースルフィド（超硫黄）を中心テーマとする生命科学研究であり、生命現象の理解に新たな展開をもたらす可能性を秘めている。ミトコンドリアの電子伝達系における超硫黄分子の役割など、領域代表者及び領域内の数名の計画研究代表者の挙げてきた独創的な成果を踏まえて領域を組織し、超硫黄が関わる可能性のある生命現象の研究者が一堂に会して、多様な超硫黄の役割や機能の研究・定量技術などを推進することを目指すものであり、学術変革領域研究にふさわしい提案である。

領域代表者ら硫黄生物学を開拓してきた計画研究者を中心に研究の密な連携を図り、超硫黄の多様な役割や機能の解明、超硫黄の定量的分析・イメージング技術の開発などを推進することにより、優れた成果が生み出され、日本発のこの分野を国際的にも牽引することが期待される。

令和3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	21A304	領域略称名	非ドメイン生物学
研究領域名	非ドメイン型バイオポリマーの生物学：生物の柔軟な機能獲得戦略		
領域代表者名 (所属等)	中川 真一（北海道大学・薬学研究院・教授）		

(応募領域の研究概要)

分子生物学には「RNA やタンパク質の機能はその配列によって決められており、重要な機能を持つ遺伝子の配列は種を超えて高度に保存されている」という基本的な考え方があった。ところが近年になって、種間で保存された機能ドメインを持たずに重要な生理機能を果たす遺伝子が次々と見つかってきている。これらの遺伝子には特定の構造を取りにくい配列が大部分を占めるという共通点があり、配列が構造・機能を決定するというこれまでの教義とは異なる、独自の分子機構で生理機能を発揮していることが予想される。本領域では配列からの機能予測が困難な RNA やタンパク質を「非ドメイン型バイオポリマー」と定義し、その生理機能から分子動作機構まで階層横断的な解析を進め、配列への依存性を高めずに機能を獲得する生物の新たな機能獲得戦略を明らかにする。また、その原理を応用し、画期的な生体分子制御法を開発する。

(審査結果の所見)

近年、種間で保存された機能ドメインを持たず、特定の構造をとらないタンパク質や RNA が重要な機能を持っていることが分かってきた。本研究領域ではこのようなタンパク質や RNA を非ドメイン型バイオポリマーと定義し、これらの分子が機能を発揮する基本原理の解明を、分子、細胞、個体レベルからの解析により行おうとしている。特に、構成員の発見した非ドメイン型ポリマーである arcRNA、そしてこの RNA と非ドメイン型のタンパク質から成る非膜系複合体、さらには構成員の見つけた他の非ドメインから成るタンパク質の解析などは世界をリードしており、優れた成果が期待される。

本研究領域は、各計画研究が密接に関連するよう組み立てられており、分子の解析は実験科学と分子動力学によるシミュレーション、さらにその機能を細胞・個体レベルで明らかにすることを目指している。また、構成員の発見した既知の分子に留まらず、新たな非ドメイン型ポリマーを細胞内から網羅的に取得しようとするものであり、これらの研究から、非ドメイン型ポリマーの細胞内機能の発揮の共通原理の解明が期待される。

令和3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	21A305	領域略称名	多細胞生命自律性
研究領域名	競合的コミュニケーションから迫る多細胞生命システムの自律性		
領域代表者名 (所属等)	井垣 達吏（京都大学・生命科学研究所・教授）		

(応募領域の研究概要)

多細胞生命システムが無生物と決定的に異なる理由の一つは、そのシステムが自律性を備え、自身の構造や機能を最適化できる点にあるが、その仕組みはほとんど未解明である。近年のシングルセル解析技術の進歩に伴い、細胞競合と呼ばれる細胞間の相互作用を介した細胞排除現象が生体内の様々な細胞集団のばらつきを解消し、その品質や構造を最適化していることが見えてきた。そこで本領域研究では、日本がこれまで世界をリードしてきた細胞競合研究の強みを結集し、さらにこれを革新的な異分野融合により飛躍的に発展させることで、細胞間の競合的コミュニケーションというこれまでにない視点から多細胞生命システムの自律性という「生命らしさ」の最大の謎の一つに迫る。

(審査結果の所見)

本研究領域の代表者や中心となる構成員は、細胞集団の中に存在する異質な細胞を細胞間の相互作用を介して排除することで、細胞集団のばらつきを解消し、品質や構造を最適化する細胞競合現象の解析を分子細胞生物学的に進め、この分野を発展させてきた。初期の研究では、人工的な系で作られた環境の中で明らかにされた現象であるが、現在までに、細胞競合現象は、ヒトを含む様々な動物種で見出されている。本研究領域は、細胞競合を多細胞生命システムの自律性によって構造や機能を最適化する現象と捉え、その本質を明らかにすることを目指しており、この分野で世界の最先端を走る研究者が異分野融合的に参加する、学術の変革に相応しい研究計画であって、学術体系の再構築が期待される。

また、これまでの研究で細胞競合現象の本質に迫る多くの因子が見出されている。計画研究者の間でこれら因子の共有化を進める本研究計画は、領域代表者のリーダーシップが十分に認められ、その成果が期待される。

令和3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	21A401	領域略称名	階層的生物ナビ学
研究領域名	サイバー・フィジカル空間を融合した階層的生物ナビゲーション		
領域代表者名 (所属等)	橋本 浩一（東北大学・情報科学研究科・教授）		

(応募領域の研究概要)

我々の世界は、ヒトを含む生物と人工物の活動で溢れている。本研究領域では、移動を中心とした個体レベルの活動をナビゲーション (Navigation: 目的地にどのように到達するか)、ナビゲーションの上位にあたる集団活動をインタラクション (Animal-Animal Interaction: 個体間相互作用)、そして階層性をもつ両者をまとめて階層ナビゲーションと呼ぶ。階層ナビゲーションはヒトを含む生物の行動の本質であり、生物社会と人間社会を支える基本的なしくみである。本提案では、ヒトを含む生物の行動に関わる諸問題を解く方法論と技術を根底から変え、「階層的生物ナビ学」と名付けた新しい学問分野を創設する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、生物移動における個体のナビゲーションと個体群の相互作用を階層ナビゲーションとして定式化し、その本質的構成要素と因果関係の解明を目指して、最新の計測技術とデータ科学的手法をシームレスに結合した共通の研究プラットフォームを構築し、生物移動の種間の共通性と多様性の解明を目指すものである。計測と介入の間をAI技術によって自動化し、リアルタイムに結合することにより、フィールドにおけるAI駆動型の介入・計測実験を実現する点に、新学術領域研究「生物移動情報学」からの大きな進展があり、そこに本研究領域の強みがある。

本研究領域は、豊富な国際的経験を持つ計画研究から構成され、共通プラットフォームの下に領域内での共同研究が綿密に計画されており、インパクトのある学術的成果が期待できる。また、総括班の下で若手研究者育成、国際活動支援、公募研究を含む融合研究など緻密な領域運営体制が構築されており、生物学と情報学を融合した新しい学術コミュニティの創成が期待される。

一方、ヒトに適用する場合の倫理的問題を含め、介入実験の実効性については現時点では解決すべき様々な課題が残されている。また、学術変革の名に値する領域を構築するためには提案された強力な方法論を基にした「階層的生物ナビ学」の学理の構築も必要である。

令和3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	21A402	領域略称名	ジオラマ行動力学
研究領域名	ジオラマ環境で覚醒する原生知能を定式化する細胞行動力学		
領域代表者名 (所属等)	中垣 俊之（北海道大学・電子科学研究所・教授）		

(応募領域の研究概要)

知能とは、広義には環境への適応能力を意味し、単細胞の原生生物として原始的な知能を有している。むしろ数億年にわたる進化の洗練によって、複雑な野外環境でこそ汎用的で卓抜した行動を發揮している。その象徴的な証拠が、アメーバ状の粘菌が迷路を解いて餌にありつくことである。この原生知能のからくりは、細胞運動方程式により定式化され、新しい概念あるいはアルゴリズム技術として学術変革的波及効果をもたらしつつある。本研究提案は、新規方法論であるジオラマ行動学の系統的導入により原生知能の潜在能力を覚醒させ、そのからくりを世界トップレベルの力学モデリングにより定式化することを目指す。精子、絨毛虫、藻類などの行動戦略を、環境生態に関わりが深い繁殖や赤潮を主な適用事例として解明する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、単細胞生物から始まる根源的な環境適用能力である「原生知能」について、原生知能を覚醒させるために構築された「ジオラマ環境」での観測と原生知能のアルゴリズムを運動方程式で記述する「ジオラマ行動力学」を通じて解明しようとするものである。領域代表者が粘菌の挙動からその本質を抽出・アルゴリズム化し、交通ネットワーク問題への適用可能性を実証してきた経験を基にした独創的な手法であり、世界的に見ても類似の研究領域はなく、学術変革性は高いと認められる。単細胞生物に関しては、事前検討によりジオラマ環境製作の糸口はつかんでおり、その環境での観測を通じて、環境と個体との相互作用を考慮した力学系モデルである環境連成力学を用いた解析を行うことにより、本質的なアルゴリズムの抽出が期待される。特に、理論系グループである三つの研究組織が競合することなく異なるアプローチをとっており、領域目標の実現にシナジー効果が期待される。また、領域の目的や得られた成果の意義、特に学術変革性について社会に広く知らせるアウトリーチ活動も期待する。

令和3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	21A403	領域略称名	統合生物圏科学
研究領域名	デジタルバイオスフェア：地球環境を守るための統合生物圏科学		
領域代表者名 (所属等)	伊藤 昭彦（国立研究開発法人国立環境研究所・地球システム領域・室長）		

(応募領域の研究概要)

地球環境激変を緩和するため、森林や海洋などの生物圏がもつ温室効果ガス削減やバイオマス供給などの機能向上を図る、新しい科学領域「統合生物圏科学」を創出する。分子生物学から地球科学にわたる分野で空間スケールを縦断し、データ科学や測定技術の進展を横断的連携の軸とする。超高分解能で生物圏機能をシミュレートするモデル「デジタルバイオスフェア」を共同開発することで分野融合と知見の統合化を促進し、生物圏機能の定量的評価と予測を実現する。ゲノムから衛星リモセンまでの観測研究を実施して、生物圏の機能メカニズムを解明し、モデル開発に貢献する。モデルによる大規模計算を実施し、生物圏機能を向上するための対策を提案する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、分子生物学から地球科学など広範な分野の研究者が連携して、マイクロからグローバルまでの生物学的プロセスモデルをベースとした「デジタルバイオフェア」の開発を行い、地球環境問題の解決に迫ろうとする提案である。これまでの各空間スケールにおける生物・生態系の研究成果をモデルに取り入れるとともに、取組の遅れていた土壌プロセスや微生物活性を組み込み、生物圏が地球環境に果たす役割を統合的に明らかにしようとしている点や、高解像度でデータベースの一元化を目指す点で新規性が高い。

領域代表者や各計画研究の代表者は、これまで各分野で水準の高い研究を行っており、国際的にも高い研究成果が期待できる。マルチスケールの統合や社会経済的な要因の組み込みなど、チャレンジングな面を克服し、地球環境問題の解決に貢献できるプラットフォームが構築されることを期待する。

一方で、モデルの精度・検証方法、定量的評価の信頼性などに関する目標設定、生物多様性や進化などを含む生物特有のプロセスへの更なるアプローチ、社会的課題を解決する実装面などで、公募研究を含めた充実が望まれる。