

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B101	領域略称名	情動情報学
研究領域名	情動情報解読による人文系学問の再構築		
領域代表者名 (所属等)	近添 淳一（生理学研究所・脳機能計測・支援センター・准教授）		

(応募領域の研究概要)

人文系学問は、人間の行動やその記録から内的な状態・過程のモデルを構築する。情動が人間の行動に及ぼす影響は人文系学問の重要な主題の一つだが、個体の主観的情動を直接計測することができないために、情動を説明変数に含めたモデルの構築は容易ではない。近年の機械学習を用いた機能的MRIデータ解析の技術的進歩により、脳活動からの情動情報の解読が可能となりつつある。本研究領域においては、機能的MRIを組み合わせた心理学・言語学・経済学・美学研究を通じて、これまで不可視のものであった情動情報を脳活動から解読し、変数として取り込む形で、認知過程・言語表象・経済活動・芸術活動のモデルを構築する。本領域の研究活動を端緒として、融合領域である「情動情報学」の創成を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域は、脳内情報処理機構を脳機能測定機器（機能的MRI）によって解析して変数として取り込み、認知過程、言語表象、経済活動、芸術活動を説明しようとする革新的な試みであり、神経科学分野から人文系学問（美学、言語学、経済学）の課題にブレークスルーをもたらそうとするものである。既存の学問分野の枠に収まらない、分野を超えた「情動情報学」の創成を目指すことにより人文系学問の再構築を提唱する本研究領域は、学術変革領域研究（B）としてふさわしい研究である。

これまで扱うことの難しかった人間の情動を対象とし、その基盤にある脳活動を生理学研究所の機能的MRIを用いて解明しようとする本研究領域の試みは、研究環境、研究手法、及びこれまでの研究活動から、実行可能性も高いと判断される。脳神経科学、及び、美学、言語学、経済学以外の人文系分野への波及効果も見込まれ、人文系分野全体に対する貢献も期待される。本研究領域の活動によって得られる成果・知見に期待するものである。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B102	領域略称名	超高精細精神ケア
研究領域名	デジタル-人間融合による精神の超高精細ケア：多種・大量・精密データ戦略の構築		
領域代表者名 (所属等)	伊藤 正哉（国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・認知行動療法センター・部長）		

(応募領域の研究概要)

人間同士のコミュニケーションの多種・大量・精密データを用いて精神状態識別やアウトカム予測を可能とし、それを活用してデジタル-人間双方の手段を融合させた高精細のケアを実現しようとする領域を『精神の超高精細ケア』と定義する。本領域では、高品質の心理療法臨床試験データを用いて、この領域の発展基盤の構築を目指す。A01 ではエキスパート型の人工知能技術を用いて、心理療法のプロセスと精神症状について計算機が判読可能で、かつ多種・大量・精密データの統一管理に使用できるオントロジーを構築する。A02 と A03 では自然言語と音声の大量・精密データに対して、データ駆動型の人工知能技術によって特徴量を抽出し、精神症状の識別やアウトカム予測を行う。A04 では、多様な介入行為と精神症状とのネットワーク構造を明らかにする。

(審査結果の所見)

本研究領域は、精神疾患の心理療法における患者と治療者のコミュニケーションを人工知能（AI）技術で解析し、高精度の精神状態識別やアウトカム予測を行なって質の高い精神のケアを実現しようとするものである。社会的要請の高い問題に対して既存の学問分野の枠を超えたアプローチを提案しており、四つの計画研究も総じてよく練られている。データ駆動型 AI と論理知識型 AI（オントロジー）を相補的に活用するという構想は、データ駆動型 AI の欠点であるブラックボックス化を避け、熟練者の既存知識との接続性や結果の説明性を高める上で有効である。データ駆動型 AI の成否は学習データに大きく依存するが、本研究領域では、臨床場面の言語データベースが既に大量に蓄積されており、他に代え難い強みとなっている。心理療法での発話や行動により生じる音の分析によって精神症状識別とアウトカム予測を行う研究や、ネットワーク解析によって精神疾患の症状間の関係や介入の作用機序の解明を図る研究は、従来熟練した治療者の暗黙知とされていた領域の客観的、系統的理解を深め、疾患に関する新たな見方をもたらす可能性がある。さらに、本研究領域で整備されたデータベースは、オープンサイエンスの核となって様々な関連研究を生み出すと期待される。直接的には心理療法を対象としているが、手法的にはコミュニケーションにおける言語的・非言語的データの解析に広く活用できるポテンシャルを秘めている。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B103	領域略称名	身体性経済学
研究領域名	デジタル身体性経済学の創成		
領域代表者名 (所属等)	犬飼 佳吾（明治学院大学・経済学部・准教授）		

(応募領域の研究概要)

本領域では、身体の情報の時空間を超えて流通する次世代情報通信環境における人々の社会経済的意思決定を、延約1万人規模の大規模生態学的ライフログ研究、脳科学実験、扱うべき身体性情報の検討作業を中心に、行動経済学、心理学、脳科学、情報学を有機的に融合したアプローチによって検討するデジタル身体性経済学を学術変革領域としてあらたに提唱する。

(審査結果の所見)

本研究領域は身体情報がデジタル時空間を縦横に流通する状況において、身体性情報と身体間接続環境が生み出す人間行動原理の解明を目指すものである。本研究は行動経済学、脳科学、身体性情報ネットワークの三つに分かれており、それぞれが相互に連携し合う形で研究計画が立てられている。身体情報のシェアが個の自律性を維持しつつ「しなやかな紐帯」へと至る制度設計を行うことを目的としている。

本研究領域は経済学の土台の上に、身体情報という新たな情報が加わることによって、人間行動がどのように変異するのか、またどのように情報を使えば、人間同士が身体的な多様性を受容して、利他的社会を形成していくことが可能になるのかを究めようとするものであり、今後の展開が期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B201	領域略称名	糖化学ノックイン
研究領域名	糖鎖ケミカルノックインが拓く膜動態制御		
領域代表者名 (所属等)	生長 幸之助（東京大学・大学院薬学系研究科（薬学部）・講師）		

(応募領域の研究概要)

学術変革領域B 『糖鎖ケミカルノックインが拓く膜動態制御（略称：糖化学ノックイン）』では、反応化学と生命科学の融合的アプローチにより、膜タンパク質が適切な場所で機能を発揮するための生命現象「膜動態」を解析し、人為制御するための化学的方法論（糖鎖ケミカルノックイン）を確立する。

(審査結果の所見)

本研究領域では、新規な生体機能制御法構築を目指し、生細胞上で化学的な精密糖鎖構造制御に基づく新規タンパク質膜動態及びシグナリング制御構築を提案している。従来の糖鎖合成酵素ノックダウン法の限界を超えた生体反応・機能制御法開発と新たな糖鎖機能発見などが期待され、さらに最近注目されている免疫系や神経細胞、そして癌細胞などに対する糖鎖による活性発現機構解明に資する新手法開発も期待される。

本研究領域の計画研究組織は、糖鎖合成、タンパク質化学修飾、イメージング材料並びにイメージング手法開発などに関し、いずれも卓越した研究遂行能力を有する若手研究者から構成されており、各計画研究組織間の連携と役割も明確で糖鎖ノックイン学術構築に向けた優れた研究体制が提案されている。さらに高度な技術基盤に基づく膜タンパク質への糖鎖修飾、膜動態制御、イメージング、膜タンパク認識タンパク質開発など、いずれも魅力的でバランスのとれた優れた領域推進の計画と方法が提案されている。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B202	領域略称名	低エントロピー
研究領域名	低エントロピー反応空間が実現する高秩序触媒反応化学		
領域代表者名 (所属等)	宮村 浩之（東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・助教）		

(応募領域の研究概要)

本研究では、触媒反応系における反応経路の高秩序化を可能とする「反応に関与する化学種が高度に秩序だって存在する空間」を「低エントロピー反応空間」と定義する。本反応空間はマイクロメートルからプロセス生産可能なサイズの様々な連続フロー反応系に創出できる。有機化学、化学工学、物理化学の分野横断的な連携と、実験系と流体・反応シミュレーションの連携により、有機合成触媒化学における活性および選択性を自在に制御可能な、低エントロピー反応空間の設計のための新理論構築を行う。反応空間がもたらす低エントロピー性に着眼して、連続フロー系を定量的に解析した事例は世界的に見ても皆無であり、本領域研究を通し、有機合成触媒化学に変革をもたらす。

(審査結果の所見)

本研究領域は、いずれも卓越した研究遂行能力を有する若手研究者が、従来困難であると考えられてきた“フロー系での反応空間の活用”を、具体性と初期的知見に基づき提案しており、その一般化を指向した実証実験による革新的学理の構築を目指したものである。フローケミストリーに多様な視点から取り組める組織で構成されており、優れた学術変革領域研究の提案である。特に、フロー系を用いることにより、バッチ系では起こり得ない反応を追求することには価値が認められる。本研究領域で目指す学理と方法論が構築できれば、効率良く、大量合成への展開も容易なフロー系合成法への革新的な展開により、環境調和型社会、SDGs への大きな貢献が期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B203	領域略称名	ミュオン可視化
研究領域名	素粒子現象から巨大構造物までを透視するマルチスケールミュオンイメージングの創成		
領域代表者名 (所属等)	森島 邦博 (名古屋大学・理学研究科・特任助教)		

(応募領域の研究概要)

高い透過力を持つ素粒子ミュオンを用いて、理学と工学の異分野融合の研究手法により、アトメートルからキロメートルを可視化できるマルチスケールミュオンイメージングを確立し、基礎研究から社会実装に幅広く貢献する次世代の基盤技術・学問領域を切り拓く。ガス検出器を用いたリアルタイムミュオン検出により新しい素粒子現象を探求するとともに、原子核乾板を用いてピラミッド、火山などの巨大構造物の三次元的な可視化を実現する。また、同可視化法の応用により堤防の科学的な安全管理を世界で初めて実現する。さらに、ミュオン加速技術の探究により、持ち運び可能かつ時間と空間のどちらにも高い分解能で物体を透視するミュオン加速器の基盤を作る。

(審査結果の所見)

本研究領域は、素粒子の一種であるミュオンが持つ高い透過力に着目し、素粒子現象という極微の対象から、ピラミッド、堤防、火山という巨大構造物に及ぶマルチスケールのイメージングを理学と工学の融合により実現するという提案である。学術変革領域研究（B）の趣旨にあっており、これまで見ることができなかった対象の内部を可視化することが期待される。開発予定の装置のオリジナリティは高く、領域代表者をはじめとする参加研究者の研究遂行能力も高い。素粒子の探究、ピラミッド、火山、河川堤防のイメージング、小型ミュオン加速器開発の計画研究から構成されており、それぞれ新規性・独創性があり、計画も妥当である。

一方で、領域として真に異分野間の融合を果たし、将来のより大きな提案につなげるためには、計画研究間の連携を一層強化することが望まれる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B204	領域略称名	脳分子探査
研究領域名	革新的ナノテクノロジーによる脳分子探査		
領域代表者名 (所属等)	安楽 泰孝（東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・特任准教授）		

(応募領域の研究概要)

本研究領域では、申請者らが構築してきた、大量の高分子集合体を脳内に送達する技術を基盤とし、非侵襲的な手法によって生体脳から脳内分子を回収して血液中に分子情報を持ち帰る「はやぶさ型ナノマシン」を開発する。さらに、分子脳生物学的手法によって展開する研究と合わせることで、各種情動変化や脳病態の分子機構について理解を深める。また、独自の分析技術に基づく多様な分子の超高感度・微量検出系を構築することにより、脳内分子環境を精確に理解する。これらの研究を有機的に結びつけながら展開することにより、各種脳機能・病態を脳内分子環境とつなげて理解する「脳分子探査」という新たな学術分野・研究領域を創生する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、脳内を対象にして非侵襲的な手法で、脳内分子を回収し、血液中に脳内の分子情報を持ち帰る「はやぶさ型ナノマシン」を構築しようとする意欲的な研究提案である。ナノマシン開発の領域代表者を中心に、臨床研究の研究者をチームに加え、検出に特化した極限検出を行う計画研究を加えるなど、優れた研究体制が構築されている。また、各計画研究が有機的に連携できる体制が適切に構築されている。本研究領域の成果が上がれば、医学や神経科学だけに留まらず、バイオエレクトロニクスや分析化学等の分野に、非常に大きな波及効果が期待できる。また、中学生や高校生対象の社会還元事業（講習会等）も精力的に行う計画であり、次世代の人材にも研究成果からだけでなく、良好な影響を及ぼすと期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B205	領域略称名	遅延制御
研究領域名	遅延制御超分子化学		
領域代表者名 (所属等)	村岡 貴博（東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授）		

(応募領域の研究概要)

自然界は、非対称構造にあふれている。生体から蛋白質などの分子に至るまで、生命体の多くが複雑性に富む非対称構造である。超分子化学の発展により、我々は様々な分子集合体を構築することを可能にした。しかしその多くは、未だ幾何学的な対称形に限られ、非対称構造のボトムアップ構築化学は未確立である。我々は、生体分子、生体組織の構築プロセスに普遍的に見られる「遅延制御」が、機能的な非対称構造構築の鍵であると提唱する。本研究は、生体の非対称構造構築機序の解明を基盤に、現在の「熱力学支配」の超分子化学を「速度論支配」へと変革し、非対称構造を人工構築する「遅延制御超分子化学」の学理を構築するものである。

(審査結果の所見)

本研究領域は、領域代表者の下、複数高分子の複合体を含む複雑な高分子の階層構造を、非対称性と遅延制御をキーワードに、従来の熱力学支配に基づく超分子化学から速度論的支配に基づく超分子化学へのパラダイムシフトを目指す研究提案である。ボトムアップ型超分子形成に向け、ナノとマクロのミッシングリンクとも称される本質的な課題解決、特に生物に代表される非対称性を有する材料創製に向け、新たなアプローチが期待される魅力的な学術変革領域研究だと判断される。卓越した研究遂行能力を有する異なる研究分野の若手研究者により、タンパク質化学、細胞生物学、超分子化学の連携による遅延制御超分子化学の学理構築に向けた研究推進が期待される。本研究領域で目指す速度論的超分子化学・遅延制御超分子化学が創成できれば、従来の熱力学的支配に基づく超分子化学からのパラダイムシフトがもたらされ、超分子のみならず多くの材料設計・合成の設計方針・合成戦略への極めて大きな波及効果が期待される。また1次元構造を精密制御した高分子合成技術と遅延制御パラダイムの融合により革新的機能材料創製も期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B206	領域略称名	表面水素工学
研究領域名	表面水素工学：スピルオーバー水素の活用と量子トンネル効果の検証		
領域代表者名 (所属等)	森 浩亮（大阪大学・工学研究科・准教授）		

(応募領域の研究概要)

気相の水素分子が、酸化物表面上に吸着した金属を介して高活性な単原子として流れ出し、高速に拡散する『水素スピルオーバー』現象の原理原則は未だブラックボックスである。本領域では、スピルオーバーにより生成した活性水素種を使いこなすための制御因子を正しく理解し、またその画期的な活用法を提案する。さらに、ポテンシャル障壁を透過して化学反応が進行する『量子トンネル効果』の関与を検証し、従来の速度論的・熱力学的概念を覆す新たな反応制御のパラダイムとして利用するための学理(表面水素工学)構築を目指す。目的達成のため、材料化学、触媒化学、電気化学、表面科学、理論計算分野を索引する次世代が、新材料合成、新機能発現、新原理の創出をターゲットに連携する。得られる日本発の卓越した成果は、動的水素を自在に操る次世代水素社会のキーテクノロジーとなる。

(審査結果の所見)

本研究領域は固体表面で起こる水素スピルオーバーの原理を解明し、この現象により生成した活性水素種を高機能なナノ粒子、触媒、イオニクスデバイス等の合成に利用することを目指している。さらに水素が軽元素であることに由来する量子トンネル効果を取り上げ、反応の新しい制御法を探ろうとしている。

本研究領域は材料合成、デバイス開発等の応用面を主に担当する材料化学、触媒化学、電気化学の専門家に原理解のための計測、分析等の基礎面を主に担当する理論化学、表面科学の専門家が加わったバランスの良い構成となっており、各研究者の有機的な連携により研究の効果的・効率的な展開が期待できる。

本研究領域で目指している水素スピルオーバーの基礎学理の構築と革新的な応用分野の開拓は、水素の利活用において基礎、応用の両面で大きな波及効果をもたらすと考えられる。特に水素の社会実装に大きく貢献する成果が得られると期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B207	領域略称名	ヘテロ群知能
研究領域名	ヘテロ群知能:多様な細胞の集団動態から切り拓く群知能システムの革新的設計論		
領域代表者名 (所属等)	加納 剛史 (東北大学・電気通信研究所・准教授)		

(応募領域の研究概要)

本研究では、ヘテロな細胞集団動態の原理解明を通し、時空間スケールを問わず適用可能な群知能システムの革新的設計論を構築する。生体を構成する細胞は同一ではない。様々な性質を持つ細胞が環境に応じてその役割を変化させつつ秩序を創発し、合目的かつ適応的に振る舞う。この動態の解明は、これまで同一種の個体集団を対象としてきた群知能システムの設計論に変革をもたらし、従来を凌駕する環境適応性・多機能性の実現に灯をともし、この難題に立ち向かうべく、異分野の研究者が集結し、生物学的手法による高精度の実データ解析と数理モデリングによる構成論的アプローチを融合する。そして、群ロボットや再生医療に応用展開する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、ヘテロな細胞集団に着目し、異なる専門分野の研究者が連携して、群知能の研究に新機軸を打ち立てることを目的としており、数理科学、ロボット工学、細胞生物学、医学などの分野融合による新しい学術の発展が期待される。

領域代表者によって開発された数理モデルと、ショウジョウバエの変態過程やマウスの脳内神経回路再生の実データ解析との比較により、汎用的な制御則を構築する計画が立てられ、独創性・新規性の高い研究である。

本研究領域の成果は、群知能研究の発展への貢献を通して、群ロボットや再生医療などの様々な分野に大きな波及効果をもたらすことも期待できる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B208	領域略称名	多元応答ゲノム
研究領域名	核酸構造による生物種を超えた多元応答ゲノムの機構の解明		
領域代表者名 (所属等)	建石 寿枝（甲南大学・先端生命工学研究所・准教授）		

(応募領域の研究概要)

本学術変革領域研究では、環境に応答して変動する核酸の構造に依存した遺伝子の発現調節（多元応答）に焦点を当て、約6100種の生物のゲノム解析データから、生命の遺伝情報を担うゲノムの高次機能としての「多元応答ゲノム」の分子機構があらゆる生物種で成立することを明らかにする。物理化学、分子生物学、生化学的な実験により、環境の変動に応答する核酸構造および遺伝子の発現変動を個別のおよび網羅的に解析する。得られる定量的データと大規模データに基づき、情報科学、計算科学を活用して、原核生物、真核生物（植物、動物）といった生物種の枠組みを超えて存在する「多元応答ゲノム」の機能を分子レベルで明らかにする。さらに、「多元応答」による遺伝子の発現変動が生物個体の表現型を司ることを実験的に示すことで、「多元応答ゲノム」の生理学的意義を提唱し、ゲノムの塩基配列から多元応答を予測できるデータバンクを構築する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、環境に応答し、多彩に変動する核酸構造に基づく遺伝子発現調節に注目し、生物種の枠組を超え普遍性ある“多元応答ゲノム”概念を提案するものである。また、物理化学・分子生物学・生化学の実験とAI等を駆使し、膨大なゲノムデータ解析に基づく実証実験に取り組むことで、“多元応答”概念に基づく遺伝情報発現変動の生物表現系への影響検討による生理学的意義の実証を計画している。

細胞内夾雑系での生物物理研究において卓越した研究遂行能力を有する領域代表者の下、研究分野を補完し、連携研究推進が期待される、優れた研究遂行能力を有する若手研究者がチームを組み「多元応答ゲノム」概念の実証研究と普遍性を有する「多元応答ゲノムバンク」の構築に取り組む研究体制で、連携研究推進に関しても十分に方策が練られている。生物種を超えた網羅的解析による「多元応答」概念の実証とその解明研究、細胞内評価系を活用した多元応答機構解明と多元応答ゲノムデータバンクの構築、そして細胞・個体レベルでの環境による核酸構造変動と多元応答機能の検討など、いずれも実現性の高い研究計画・方法である。

本研究領域で目指す「多元応答ゲノム」の概念実証、そして「多元応答ゲノムバンク」が構築されれば、従来の概念を打ち破る、まさにパラダイムシフトがもたらされ、分子生物学・生化学のみならず、ケミカルバイオロジーやバイオマテリアル研究にも大きな学術変革が期待され、その波及効果は大きいと考えられる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B209	領域略称名	生理因数分解
研究領域名	マルチスケールな生理作用の因数分解基盤構築		
領域代表者名 (所属等)	斉藤 毅 (筑波大学・国際統合睡眠医科学研究機構・助教)		

(応募領域の研究概要)

本研究領域は、生体内の複雑な生理作用および情報処理機構の構成要素を定量的に解明し、分子から細胞、そして個体の各スケールにおける「素過程」の重ね合わせの形で記述・可視化することで、生理作用をデジタル上で再構築可能とする技術基盤の構築を目指す。そのために、「A01: タンパク質複合体の迅速構造解析技術」、「A02: 細胞内シグナル伝達の網羅的解析技術」、「A03: 薬物刺激依存的な神経細胞群の標識技術」からなる計画班を編成し、それぞれが有する独自性の高い分析技術と、ユニークな作用を持つ独自の化合物群（A04）をかけ合わせ、スケール横断的な生理作用の定量的解析、すなわち「生理作用の因数分解」を実現する技術基盤の構築に挑戦する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、生体内の複雑な生理作用および情報処理機構を、素要素分解に基づき定量的に解明し、分子、細胞、個体の各レベルでの素過程の重ね合わせの形として可視化することで、生理作用・機能をデジタル上で再構築可能とする基盤技術の構築を目指し、卓越した若手研究者がチームを組んで有機的連携研究を通じて取り組む革新的提案である。本研究領域では領域代表者により開発されたオピオイド受容体類活性化リガンドの作用機序解明を鍵として、リガンド-GPCR によるシグナル経路全体像解明を目指しており、原子分解能レベル構造解析、その情報に基づいた分子動力学計算と細胞レベルでのシグナルプロファイリング、構造情報に基づく分子変換によるリガンド創製が計画されている。各々が独自の技術や優れたアプローチを有し、いずれも優れた研究遂行能力を有する研究者による研究提案であり、各々の計画研究から革新的な成果創出が期待され、得られる研究成果の良好な波及効果も期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B210	領域略称名	SPEED
研究領域名	高次機能性タンパク質集合体の設計法『SPEED』の確立		
領域代表者名 (所属等)	鈴木 雄太（京都大学・白眉センター・特定助教）		

(応募領域の研究概要)

本領域は、タンパク質工学の最先端技術である「構造機能設計」「触媒機能設計」「分子進化法」を統合した次世代のタンパク質デザインの学理『Superior Protein Engineering by Evolution and Design (SPEED)』の創出を目的とする。『SPEED』とは、1. 合理的デザインと分子進化の組み合わせによる天然を凌駕する機能性タンパク質の創出、2. それらを有機的に組み合わせた高次機能性タンパク質集合体の構築、そして分子進化による機能向上からなる。従来のタンパク質工学では実現困難な「生命を想起させるメゾスケール構造変化能と触媒機能が連関する非平衡システム」の構築を通じ、次世代のタンパク質設計学理『SPEED』を実証する。将来的には、細胞生物学や材料科学との連携により、自律的治療可能な医薬や自己修復・環境応答性材料などへ展開する。

(審査結果の所見)

本研究領域は、合理的設計と分子進化を組み合わせ、天然を凌駕する機能性タンパク質の創製、そして得られた機能性タンパク質を有機的に組み合わせた高次機能性タンパク質集合体の構築並びに分子進化に基づく機能向上によるメゾスケールレベルの次世代タンパク質工学に資する SPEED と名付けた学理の構築を目指すものである。また、将来的に更なる発展が期待されるタンパク質工学分野に学術変革をもたらし得る、構造機能設計・触媒機能設計・分子進化法の3分野で極めて優れた研究遂行能力を有する若手研究者による提案である。

本研究領域では、高秩序タンパク質集合体設計、人工-天然酵素複合体設計、非天然アミノ酸を導入した高次機能性タンパク質集合体の分子進化、そして各々の研究成果に基づく連携研究による SPEED の確立を計画しており、各々が優れた実験推進能力を有する研究者による妥当で適切な計画であると判断される。本研究領域で確立を目指す SPEED が構築出来れば、多くの機能性タンパク質の設計・合成や、細胞機能操作に適用でき、大きな波及効果が期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B301	領域略称名	炎症収束
研究領域名	炎症性組織レジリエンスと組織障害エントロピーの統合的理解と炎症収束学の創成		
領域代表者名 (所属等)	平原 潔（千葉大学・大学院医学研究院・准教授）		

(応募領域の研究概要)

感染病原体の侵入や虚血再灌流などによって破壊された組織は、臓器の恒常性を維持するために、以前の状態に戻ろうとする組織レジリエンス機能が働くと同時に、様々な機序を介して炎症の情報を炎症記憶として記憶する。炎症記憶は病原性微生物の再侵入を防ぐために重要である一方、慢性炎症時には、病的な炎症記憶の蓄積が組織障害エントロピーの増大の原因となり、炎症の再燃、遷延化を引き起こす。本領域では、炎症収束時の生体反応を炎症性組織レジリエンス、炎症記憶および組織障害エントロピーとして捉え、“神経-炎症性組織レジリエンス連関”の観点から共通原理を解明することにより新たな炎症収束学の創成を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域は、炎症収束とその破綻のプロセス解明という共通目標のもと、「炎症記憶」「炎症性組織レジリエンス」「組織障害エントロピー」の三つをキーワードとして、様々な臓器横断的な共通原理を見いだそうとする意欲的な提案である。一見炎症が正常に収束したかのように見える場合でも、実は組織常在性細胞に炎症情報が記憶されており不可逆的な「組織障害エントロピー」が蓄積されているという概念は新規性・将来性があり、その意義・メカニズムが解明されることにより本研究領域で取り上げられていない臓器の慢性炎症疾患や老化などの研究に大きなインパクトを与える可能性がある。

一方、新規学問体系としての「炎症収束学」を創成するためには、三つの計画研究の有機的連携が単に遺伝子改変動物やデータ共有などに留まらないよう、研究計画全体の戦略強化が必要である。とりわけ、本研究領域で強調されている神経-炎症性組織レジリエンス連携に関しては、研究項目C01 以外も含め、領域代表者のリーダーシップのもと、総括班での更なる検討が望まれる。また、「組織レジリエンス」「組織障害エントロピー」という名称が概念的で理解しにくい面があるので、日本語での定義の明確化と数値化できる測定法の開発などが必要である。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B302	領域略称名	プレッショ脳神経
研究領域名	プレッショ脳神経科学の創生:閉鎖空間における圧縮刺激を介した脳機能の発現原理		
領域代表者名 (所属等)	田中 恵子 (野々村恵子) (基礎生物学研究所・初期発生研究部門・助教)		

(応募領域の研究概要)

脳を構成する細胞は脳実質圧や脳脊髄液圧に起因する頭蓋内の圧力に常に曝されている。このような圧力が脳機能へ影響を及ぼしうることは古くからヒトの病態観察により示唆されてきた。しかし、圧力を正常範囲に調整するための脳組織のフィードバック機構や圧力が脳の発生や病態に及ぼす影響の詳細については、これらを実験的に検証する技術の欠如のため、ほとんど明らかにされていない。本研究領域は、メカノバイオロジー研究を牽引する気鋭の若手研究者であり、異なる素養と技術を持つ4名が、それぞれ得意とするメカノセンシング・レスポンスに関する分子機構の解析、組織・細胞を対象とした力学刺激の測定/操作技術、脳組織のライブイメージング解析などを組み合わせることで、「脳内に宿命的に存在する圧刺激による脳機能の基盤形成原理」を解き明かすものである。

(審査結果の所見)

脳内の圧刺激による脳機能調節は、メカノバイオロジー研究としての革新性があり、生物学的に重要な命題である。領域代表者は、メカノセンサー分子であるPIEZ01/2チャンネルの研究において生命科学上重要な発見をし、次世代を担う科学者として期待がかかる。また、他の計画研究組織についても、新進気鋭の研究者がオリジナルな個別研究を展開しており、総括班が掲げる目標に向けて相互連携も工夫されていることから、相乗効果により学術を変革する成果を上げることが望まれる。

一方で、一部の予試験結果は間接的なエビデンスであるため、研究期間の早期に、計画実現性が担保できるより直接的な実験結果が得られるように留意されたい。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B303	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：時を生み出すタンパク質特性		
領域代表者名 (所属等)	吉種 光（東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・助教）		

(応募領域の研究概要)

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、時間情報を持った、または「時」を生み出すような生命現象を直接的に駆動するタンパク質の物性を理解する。研究項目 A01 では、様々な種の真核生物において核や転写リズムのない条件においても約 24 時間周期で変動する現象を探索し、異種間で時計タンパク質を相互移植してもリズムを刻む（クロノフォーミングできる）条件を決定する。A02 では、除核カサノリで生み出されるリズム現象の分子メカニズムを追求する。A03 では、ATPase 活性に着目して「時」を生み出す分子実体の同定を目指す。A04 では、タンパク質の凝集活性（LLPS 能）と睡眠誘導活性の相関を調べ、これを操ることを目指す。以上の解析を通じて、タンパク質ダイナミクスこそが生物種を超えた、そして生命現象すら超越した「時」を生み出す本質であることを示す。

(審査結果の所見)

本研究領域では、真核細胞の概日時計において、細胞質のタンパク質ダイナミクスが時計振動子として機能するとの仮説を設け、その分子機構を実証する。計画研究代表者による、単細胞性緑藻カサノリでは除核しても光合成リズムが維持されることの再発見をモチベーションとして、従来の核における転写フィードバック仮説を再検証する内容であり、研究遂行能力の高い若手研究者による野心的な研究である。到達目標が達成されれば、基礎研究、創薬研究などに大きな波及効果が期待され、学術変革領域研究に相応しい内容と言える。概日時計研究では世界的にも我が国が先導しており、本研究領域により更なる推進を期待するものである。

一方、原核細胞シアノバクテリアではタンパク質による概日振動が見出されているが、真核細胞では膨大な研究が行われてきたにも関わらず、この問題は解決されていない。本研究領域においても、まだ新しい仮説を生み出すような予備的知見が得られている訳ではない。それゆえに、研究が予定通りに進まない時のための代替案が提示されていない点が懸念材料として残る。またそれぞれの計画研究は個別研究としては優れているが、領域の推進においては緊密な相互連携が求められる。研究の実施に当たっては、この点の改善が望まれる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B304	領域略称名	脳の全体性
研究領域名	大規模計測・シミュレーションによる脳の全体性の理解		
領域代表者名 (所属等)	平 理一郎（東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・准教授）		

(応募領域の研究概要)

精神疾患の病態理解と汎化性能を有する強いAIの実現は、21世紀に残された最重要課題である。脳は獲得した情報を常に整理・一般化し、既存の情報との整合性を常に維持するといった、脳全体を調停する動的性質(全体性)を備えることで生涯にわたる汎用的知能を実現していると考えられる。この全体性こそがAIに汎化性能を与え、その崩壊が自閉症スペクトラム障害や統合失調症のような精神病態の実体ではないだろうか。本領域は、世界最大視野の2光子顕微鏡による10万細胞同時計測と、スパコン「富岳」による1億細胞の脳100個の同時シミュレーションを融合し、史上最大のデータ駆動科学を実現することでこの脳の全体性を解明する。さらに精神疾患モデルと発達ロボティクスの知見を統合することで、全体性の正常・異常を叙述し、発達過程の汎用知能の構成的理解を目指す。

(審査結果の所見)

2光子レーザー顕微鏡の能力の拡張によるマウス脳からの10万個の神経細胞同時記録とスーパーコンピュータ富岳による大規模シミュレーションにより脳の全体性を理解するとともに、自閉スペクトラムや精神疾患のメカニズムを理解し、さらに発達ロボティクスによる構成論的視点を組み合わせることで汎用知能の構成論的理解を目指す大胆かつ野心的な研究提案であり、学術変革研究にふさわしい提案である。なお、研究の実施に当たっては、発達ロボティクス研究と他の課題との具体的な連携について十分に留意して取り組むことが望まれる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B305	領域略称名	死の脳内表象
研究領域名	死の脳内表象：「死」はどのように認識されるのか？		
領域代表者名 (所属等)	奥山 輝大（東京大学・定量生命科学研究所・准教授）		

(応募領域の研究概要)

「死」はあらゆる動物にとって不可避の現象である。多くの動物は、「死」、とりわけ仲間の死に対して特徴的な行動を示すことから、何らかの形で、死を認識しているものと思われる。しかしながら、これまで死の認識を科学の遡上に載せ、議論した研究は殆ど存在しない。我々動物は他者の死をどのように知覚し、脳内でどのように表象しているのだろうか？本研究領域は、分子神経科学・構造生物学・行動学・神経生理学を専門とする4人の気鋭の若手研究者がその専門性を大いに発揮し、分子・神経・進化という多階層縦断型研究により、「死」の認識を支える神経メカニズムの解明に挑む。かつてない斬新で挑戦的な学際的フロンティアの開拓を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域は、これまで扱われることが少なかった「死の脳内表象」を多方面からのアプローチで解明しようとする意欲的な研究である。各計画研究の代表者がそれぞれの得意分野である神経活動イメージング（カルシウムイメージング）、構造生物学、行動学などの手法を用いて、「死の脳内表象」の神経機構を明らかにしようとするものであり、死臭物質やそれを媒介する受容体の同定を目指し、受容体機構を可視化するための新規のセンサーを開発して、学際的な研究を進めようとする点は高く評価できる。この研究領域の最も特徴的な点としては、社会性を有するハダカデバネズミを研究に用いることであり、それにより「死の脳内表象」の理解が深まるものと予想される。また、計画研究代表者の全員が40歳以下の若手研究者であり、各計画研究間の有機的な連携が十分に考慮されている。このような点から、本研究領域は学術変革領域研究の趣旨に合致するものであり、大きく発展することが期待される。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B306	領域略称名	ポストリソソーム
研究領域名	ポストリソソーム生物学：分解の場から始まる高次生命現象の理解		
領域代表者名 (所属等)	中村 修平（大阪大学・高等共創研究院・准教授）		

(応募領域の研究概要)

最近、リソソームを起点とした種々のシグナルが細胞内、細胞・組織間での情報伝達に積極的に働き、個体の寿命・老化制御を含めた高次生命現象において重要な役割を担うことが示されつつある。すなわち、生物は物質をリソソームに運んだ後のプロセス、‘ポストリソソーム’も細胞・個体の生存戦略の一部に組み込んでいると考えられるが、そこで働くシグナルの実体や作用機序の全容は不明である。本研究では、老化・寿命制御におけるポストリソソームで働くシグナルの解明を通して、リソソームを単なる分解産物の終着点とする既存の概念を根本から転換し、多くの生命現象の起点とする新たな研究領域、「ポストリソソーム生物学」の創成につなげる。

(審査結果の所見)

本研究領域では、細胞内の分解の場であるリソソームが細胞・個体の恒常性維持を担うシグナルを発信するという新しいコンセプトに基づき、寿命・老化の制御に関わる「ポストリソソームシグナル」の実体・作用機序を解明しようとする意欲的な研究提案である。オートファジー・リソソーム研究、寿命・老化研究、脂質生物学研究を進める新進気鋭の若手研究者が、それぞれが得意とする線虫、ショウジョウバエやターコイズキリフィッシュなど様々なモデル生物を駆使して、リソソームの分解産物やリソソームを起点としたシグナルを多階層にわたって解析する連携計画が立案されており、種を越えた普遍的な原理が見いだされることが期待される。3年間という限られた時間内で寿命が長い哺乳動物を研究対象とすることは困難であることはよく理解できるが、将来的な「ポストリソソーム生物学」研究の発展を見据えて、本研究領域で見いだされるメカニズムが哺乳動物細胞にも適応可能なのかどうかの検証が望まれる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B307	領域略称名	植物超個体の覚醒
研究領域名	植物と微生物の共創による超個体の覚醒		
領域代表者名 (所属等)	晝間 敬（東京大学・大学院総合文化研究科・准教授）		

(応募領域の研究概要)

近年の技術革新により、植物体内にはこれまで見過ごされてきた無数の微生物が棲息していることが明らかになってきているが、その生物学的・生態学的な意義に対する理解は乏しい。本領域の代表者は、貧栄養下における植物が根に共生する糸状菌や細菌と協働して栄養吸収を高めることを見出している。すなわち、植物は微生物群をいわば拡張された自己として取り込むことで「超個体」を形成し、その環境適応能力を覚醒させると考えられる。本領域では、植物を個の存在として捉えるのではなく、多様な微生物との相互作用を通じて成立する超個体として捉えなおし、その環境適応機構を分子レベルで解明することを目指す「植物超個体機能学」を世界に先駆けて創成する。

(審査結果の所見)

植物と微生物の共生は既に知られていた現象であり、研究報告例も多数あるだけでなく農業現場への応用展開も行われている。しかしながらその遺伝学的、生理学的な相互作用の実体に関しては曖昧なままであった。本研究領域は、モデル植物であるシロイヌナズナに共生する二つの菌の発見と同定並びにその機能についての領域代表者らの成果が基になっており、その展開という点でオリジナリティーが高い。一つの菌はリンを供給する糸状菌とシロイヌナズナの組合せであることから、扱いにくいために研究進展が遅い AM 菌と植物の関係について、参考となるインパクトを与えることができるであろう。また、もう一つの菌も、葉に寄生し気孔開閉に関連する興味深い機能を有している。これら最先端の独自の研究対象を持つ計画研究と観察に優れた計画研究を組み合わせた本研究領域は進展が期待できるだけでなく、その後の共生研究における応用面という観点からも世界的なインパクトを与えることが期待できる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B308	領域略称名	メガ生命深化動態
研究領域名	メガダルトン生命機能深化ダイナミクス		
領域代表者名 (所属等)	塚崎 智也 (奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授)		

(応募領域の研究概要)

本学術変革(B)では、構造生命科学と人工細胞研究を融合させ、さらに計算科学を組み合わせた「メガダルトン生命機能深化ダイナミクス (メガ生命深化動態)」という新たな領域を開拓する。生命現象を司る動的かつ複雑な生命システム、すなわち物質である分子が機能化を経てシステムとして昇華する仕組みを構成的に理解するため、遠縁領域を融合させた新たな生命科学のプラットフォームを提案し、将来学術変革(A)において「構造生命システム科学」という新学問の樹立を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域では、近年技術的進展が目覚ましい「構造生物学」、「合成生物学」、「計算科学」の連携を通して、新たな「構造生命システム科学」の創成を目指している。具体的には、転写メディエーターとSec トランスロコンを標的とし、ボトムアップ的に生命を理解しようとする「構造生物学」とトップダウン的な性質をもつ「合成生物学」を「計算科学」で連携させる意欲的な提案である。一方で、超分子複合体の詳細な構造情報と人工細胞系をどのようにつなげていくか、あるいはそれらをつなぐために計算科学がどのような情報を提供できるかといった点についてはより詳細な対策が望まれる。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B309	領域略称名	転写ユニティー
研究領域名	時空間的な多因子間相互作用の理解による転写ユニティー機構の解明		
領域代表者名 (所属等)	二村 圭祐（大阪大学・医学系研究科・准教授）		

(応募領域の研究概要)

細胞の機能発現には、ゲノム全体に分布する遺伝子の発現を適切に制御することが必須である。タンパク質、RNA、DNAなどの限られた数の転写制御因子間での多因子間相互作用により転写は時空間的に制御される。申請者らの研究成果から、転写制御は転写プロセス全体が密な相互連携によって一体化し、遺伝子発現を制御する機構の存在が示唆された。申請者らは、このような転写制御機構を転写ユニティー（Unity: 一体化）機構と呼ぶ。転写ユニティー機構では、異なる組み合わせの因子間の相互作用（多因子間相互作用と呼ぶ）によって、標的遺伝子ごとに特異的な転写ユニティーが構築されると考えられる。そこで本研究では、このような時空間的な多因子間相互作用によって形成される転写ユニティー機構の解明を目指す。

(審査結果の所見)

本研究領域は、新たな技術開発で、転写の分子機構を時空間的に極めて精密に同定する手法の開発と応用、その検証を行うもので、研究の意義は非常に高く、技術的にも挑戦的な内容である。解明すべき対象と想定されるメカニズムは、分子生物学の基盤となるもので、学術変革領域研究として妥当である。二つの新規研究技術がメインとなり、この開発に本研究領域の遂行が大きく左右されるが、それが成功した際に導かれる成果は大きなインパクトを持つため、今後の研究に期待する。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B401	領域略称名	多細胞バイオ計算
研究領域名	脳神経マルチセルラバイオコンピューティング		
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を系統立てて解析するための枠組みはこれまで欠落していた。本領域では、これをトップダウン（モデル動物脳の直接計測）とボトムアップ（培養神経回路の操作型研究）の双方向から解析し、数理モデルとして記述す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「感覚運動制御」に焦点をあてて、生物規範的な情報表現・学習則により動作する新しい情報処理モデルを構築する。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、そして頑健性・柔軟性を持つ革新的な情報処理理論の創成へと結びつくことが期待される。

(審査結果の所見)

本研究領域は、大脳生理学、生体工学、情報科学にまたがる学際的な領域に、高い専門性を有する研究遂行能力の高い研究者が取り組む体制が取られている。脳に対してトップダウンとボトムアップのアプローチを組み合わせ、それに情報処理モデルを与えるというのは自然で妥当な研究方法論であり、対象を視覚神経系と運動神経系に絞っているのも適切である。また、国際性という観点からも十分に優位性があり、挑戦性と学際性のいずれの面においても学術変革領域研究としてふさわしい。

一方で、従来の取組をノイマン型のコンピュータの限界を越えるものではないと指摘しているものの、超立方体上の疑似ビリヤード・ダイナミクスに基づくレザバー計算が計算モデルとして理論的にどういう位置づけになるかは十分な議論が必要である。

令和3年度「学術変革領域研究（B）」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	21B402	領域略称名	あいまい脳
研究領域名	あいまい環境に対峙する脳・生命体の情報獲得戦略の解明		
領域代表者名 (所属等)	小坂田 文隆 (名古屋大学・創薬科学研究科・准教授)		

(応募領域の研究概要)

脳・生命体は、自らの予測があいまいな時に、目的志向的な行動を情報獲得の行動へとうまく切り替え、あいまいな環境をうまく学習することで、予測を自律的に改善できる。本領域「あいまい脳」では、この脳・生命体の情報獲得過程に学び、予測があいまいな場合の意思決定を統一的に説明できる理論（新自由エネルギー理論）を新たに提唱し、その理論によって提唱される神経メカニズムを実験によって実証する。学術変革（B）では、最先端の神経活動計測技術を導入し、脳・生命体の情報獲得戦略の本質に迫る。一連の研究は、情報を求める学習アルゴリズム、精神疾患・生命科学モデルへの発展が期待され、既存の学問分野に革新的な変革・転換をもたらす。

(審査結果の所見)

本研究領域は、予測が曖昧な場合の意思決定を統一的に説明できる新自由エネルギー理論を新たに提唱し、その理論に基づいて提唱される神経メカニズムを1細胞レベルで多数同時にイメージングできる最先端の神経活動計測技術等によって実験的に実証する挑戦的な提案である。理論的アプローチと生命科学アプローチとの融合により、知性の神経メカニズムを双方向的に理解することを目指して、異なる専門性を持つ研究遂行能力が高い研究者らが有機的に連携して相乗効果を出す学際的な研究領域である点も評価できる。情報獲得戦略と生理メカニズムを明らかにしていく大規模な新興・融合領域の形成に発展し得る成果が期待される。一方で、既存の自由エネルギー原理の拡張とその実証に留まらずに、その理論的な枠組みを大きく発展させるような新しい原理の発見や探求も重要であり、将来的に一層大きな学術的貢献をすることを視野に入れて挑戦することが望まれる。