

令和元年度科学研究費助成事業  
「新学術領域研究（研究領域提案型）」  
に係る中間評価における  
研究領域からの報告・評価結果の所見

領域番号	領域略称名	研究領域名	領域代表者(所属研究機関・所属・職)	評点	掲載頁
1901	顔・身体学	トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築—多文化をつなぐ顔と身体表現	山口 真美(中央大学・文学部・教授)	A	1
1902	和解学	和解学の創成—正義ある和解を求めて	浅野 豊美(早稲田大学・政治経済学術院・教授)	A	3
2901	水惑星学	水惑星学の創成	関根 康人(東京工業大学・地球生命研究所・教授)	A	5
2902	材料離散幾何解析	次世代物質探索のための離散幾何学	小谷 元子(東北大学・材料科学高等研究所・教授)	A	7
2903	ソフトクリスタル	ソフトクリスタル:高秩序で柔軟な応答系の学理と光機能	加藤 昌子(北海道大学・大学院理学研究院・教授)	A	9
2904	分子夾雑化学	分子夾雑の生命化学	浜地 格(京都大学・工学研究科・教授)	A	11
2905	重力波創世記	重力波物理学・天文学:創世記	田中 貴浩(京都大学・大学院理学研究科・教授)	A-	13
2906	化学コミュニ	化学コミュニケーションのフロンティア	掛谷 秀昭(京都大学・薬学研究科・教授)	A	15
2907	ハイブリッド触媒	分子合成オンデマンドを実現するハイブリッド触媒系の創製	金井 求(東京大学・大学院薬学系研究科・教授)	A	17
3901	代謝統合オミクス	代謝アダプテーションのトランスオミクス解析	黒田 真也(東京大学・大学院理学系研究科・教授)	A	19
3902	進化制約方向性	進化の制約と方向性 ~微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明~	倉谷 滋(国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究センター・チームリーダー)	A	21
3903	植物多能性幹細胞	植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理	梅田 正明(奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授)	A+	23
3904	オルガネラゾーン	細胞機能を司るオルガネラ・ゾーンの解読	清水 重臣(東京医科歯科大学・難治疾患研究所・教授)	A	25
3905	性スペクトラム	性スペクトラム - 連続する表現型としての雌雄	立花 誠(大阪大学・生命機能研究科・教授)	A	27
4901	炎症細胞社会	予防を科学する炎症細胞社会学	松島 綱治(東京理科大学・生命医科学研究所・教授)	A-	29
4902	南極の海と氷床	熱-水-物質の巨大リザーバ:全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床	川村 賢二(国立極地研究所・研究教育系・准教授)	A	31
4903	共創言語進化	共創的コミュニケーションのための言語進化学	岡ノ谷 一夫(東京大学・大学院総合文化研究科・教授)	A	33
4904	細胞ダイバース	細胞社会ダイバーシティの統合的解明と制御	藤田 直也(公益財団法人がん研究会・がん化学療法センター・所長)	A-	35
4905	脳情報動態	脳情報動態を規定する多領域連関と並列処理	尾藤 晴彦(東京大学・大学院医学系研究科・教授)	A	37
4906	革新的光物質変換	光合成分子機構の学理解明と時空間制御による革新的光-物質変換系の創製	沈 建仁(岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授)	A	39

領域番号	1901	領域略称名	顔・身体学
研究領域名	トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築—多文化をつなぐ顔と身体表現		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	山口 真美 (中央大学・文学部・教授)		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>顔と身体表現は常に個人の由来を露出し、かつ顕著に表現し、あるいは個人が何者であるかを読み解くことができる、隠すことのできない媒体である。メディアの進化に付随して、顔の越境化は進む。一方で依然としてアンタッチャブルとされてきた異文化は、意識の外に存在したままの状況である。本研究領域では顔と身体表現の無意識を意識化すること、自身の潜在的な感覚を明らかにすることを、現代社会が直面しつつあるトランスカルチャー状況への解決策の一つとして位置づけたい。</p> <p>トランスカルチャー状況とは「文化」の壁を取り壊す力とそれを作る力が同時に働いているような状況であり、アイデンティティの改変と維持、変容と固定化が並行して生じるような状況である。複数の地域文化や価値観が混在する状態からそれらが交じり合う社会へと転換していく中で、人はどのようにこれまで学習してきた地域性を重んじ、どのように壁を作り、しかしその中でどのように壁を越え新たな社会を構築していくのか、その苦しみや再び適応していくことについて、顔と身体という我々人が持つ原始的な媒体を対象に個人個人の認知や感覚の視点から解明を行いたい。</p> <p>本研究領域では心理学、文化人類学などの実証的なアプローチに加え、顔と装いに関する哲学的な視点も取り入れることで、アカデミックな領域のみのインパクトを越えて、広く社会全体にトランスカルチャーの意義と視点を広げていく。</p> <p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>心理学、文化人類学、哲学の計画班に、人文・社会科学諸分野にまたがる公募班が加入し、総括班が主体となって分野を超えた国際シンポジウムなどのイベントを開催することで有機的連携が強化され、各研究項目とも順調に研究が進展している。</p> <p>研究項目 A01 では、フィールドサイエンスの研究手法を駆使し、顔と身体表現について現場の文脈に即した調査研究を行っている。これまでに、イスラーム圏を含む東南アジア各地の文化ごとの差異と共通性を析出するためのフィールドワークを含む実地調査を実施した。また、人類学と心理学の連携・融合により、表情判断のタブレット実験、表情表出の描画実験を複数のフィールドで実施した。</p> <p>研究項目 B01 では、顔と身体表現の認知メカニズムの解明をおこなっている。個人差の発達とその起源を探るために乳児の脳活動の縦断計測を行い、正面顔認知と横顔認知、顔の印象形成、知覚的狭小化の脳内機構とその発達的变化を明らかにした。国際共同顔・表情データベース、主観印象を操作できる顔構造統計モデルなどの研究基盤の構築も着実に進んでいる。感覚間統合メカニズムに関しては、オランダ人は顔優位で、日本人は顔優位から児童期に声優位にシフトすることを明らかにした。</p> <p>研究項目 C01 では、哲学的観点から顔身体学の理論的な基礎づくりと、実証的な各研究の位置づけについて考察するとともに、異なる社会文化的制度における身体性の変異と変容に注目する「比較現象学」の確立を目指している。活発な国際シンポジウムの開催に加</p>		

	え、「顔身体アプリ」の開発や、「顔身体カフェ」の開催を通して、領域の連携を先導している。
--	--

科学研究費補助金審査部会における所見	A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）
	<p>本研究領域は、異なる研究領域で様々な定義で使用されてきた「異文化」、「文化」といった概念を整理し、文化間の交流で生じる文化の共有化と差異化をトランスカルチャー、すなわち「境界設定と越境」という矛盾する二つの面をもつという現象としてとらえ、心理学、文化人類学、哲学の領域をつなげて実証的に検証している。心理学、文化人類学、哲学の学際的融合が図られ、実際の成果として結実し始めている点が新学術領域研究（研究領域提案型）という研究種目にふさわしく、高く評価できる。計画研究間の連携、計画研究と公募研究との連携は良好であり、トップクラスの海外研究者を招いて若手研究者と交流を図るなど若手研究者の育成にも意欲的に取り組んでいる。人の移動・社会の変動が激しい今日の状態にあって、日本国内だけでなく海外を含め、多方面に大きなインパクトを与える可能性を含んだ研究であると考えられる。</p> <p>やや進捗が遅れている研究項目もあるが、基礎データの集積が進めば進展は早まると期待される。今後は、従来の文化比較研究を超えた新たな研究領域として、持続的に発展していくことを目指し、より一層の連携の取り組みに期待したい。</p>

領域番号	1902	領域略称名	和解学
研究領域名	和解学の創成-正義ある和解を求めて		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	浅野 豊美（早稲田大学・政治経済学術院・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>本領域の目的は、東アジアにおいて「過去」に由来する歴史問題がお互いの国民感情を悪化させている現状に対して、国民という集団そのものが想像されているのと同じように国民相互の和解もまた想像され得るに十分な社会的条件を分析・探求し、文化協調政策の基盤となる一貫した学問体系を構築することである。そのために、歴史問題の紛争化する構造をアジアの民主化の延長の中でとらえ、国際的議論に通用するものとして、また、国益・パワー・戦略という概念自体の底流となっている国民という社会そのものの新しさ、民主・人権という価値や国民感情における東アジアの特質に注目することで、国内と国際という次元を超えた政治の構造について、時々の政治情勢に左右されない基盤としての学知を構築することである。「和解学」創成の手法は、東アジア固有の歴史的・社会的文脈を学際的に分析・把握し、冷戦後に欧米で構築された紛争解決学および移行期正義論をその文脈に即して進化させることが中心となる。そのために、分析対象に即して五つの計画研究班（政治外交班、市民運動班、歴史家ネットワーク班、和解文化・記憶班、思想・理論班）を配置し、新しい学問としての「和解学」の体系化を試みる。東アジアの歴史的空間をふまえ、国際関係学（特にナショナリズム研究）、地域研究、思想史等の従来の学問的知見を援用しつつ、従来の学問が扱いえなかった問題を考察するのに十分な学問を学際的に創成し、歴史紛争の解決に貢献していきたい。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>この2年は、和解学の学理としての確立に最大の力を置き、主に以下の取り組みを進めた。1) Top Global University Project、アメリカ日本協会 USJI、アジア未来財団、高麗大学、台湾中央研究院等の海外機関と連携し国際シンポジウムを開催した。2) 早稲田大学 SGU のグローバルアジア研究拠点と提携しながら国際和解学研究所を設立し、グローバルアジア講座（和解学講座）の企画・運営を通じて、若手研究者の育成に取り組んだ。3) 本研究のウェブサイト構築や和解学叢書（全6巻）の編纂を通じて各研究班間との連携を深め、和解学とは何かという基礎的理念について議論を重ねた。第1巻総論はまもなく出版予定で、今年度中に全巻出版予定である。こうした取り組みによって明らかになったことは、1) 東アジアの和解の困難さは、植民地責任克服の努力が官民の協力のもとでなされなかったことに由来すること、2) アジアの民主化は歴史解釈権を掌握した市民による国民統合のやり直しとして推進されたこと、3) 国民再統合が普遍的価値に依拠して推進されたがゆえに、その国民感情を共有せず異なる記憶と価値解釈を有する他国民との間に国内政治と国際政治の共振による心理的摩擦の悪循環が進んでいることである。今後は和解学叢書刊行をステップとし、国際学会設立に焦点を合わせる。そのためにも英語による成果を拡大すべく各班が領域会議を中心として結束し、新たな領域の創出に向かう。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、冷戦後に試みられてきた紛争和解学を東アジア地域に発展的に応用することを通じ、感情、記憶、価値を鍵概念として、国民相互の和解に向けた新たな枠組みとしての「和解学」を構築することを目指している。現代社会において、この課題を研究対象とする社会的意義は疑う余地もない。この目的に向け、総括班および個々の計画研究、そして公募研究が着実に成果を挙げている点、また国際学術協力を含めてシンポジウムや研究交流を積極的に実施している点は高く評価でき、全体として研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる。</p> <p>その一方、書面評価やヒアリングを通じて、各計画研究や公募研究の研究成果をいかに有機的に結び付け、統合的な新しいパースペクティブや方法論を創出するかという課題については、なおも模索が続いているという印象を受けた。今後、領域代表者のリーダーシップの下、「和解学」をどのように具体的に構築するかという観点から、挑戦的な概念の提起や理論的枠組みの形成に力を注いでほしい。とくに、独創的かつ学際的な研究を進めるように一層の工夫を期待したい。</p> <p>また、若手研究者との共同研究および若手研究者の育成について、より精力を傾けてもらいたい。本研究領域の研究課題の公募を関係する学会等に広く周知し、学際的かつ国際的な視野から数々の若手研究者を巻き込み、新しい学術領域として新しい概念や研究方法を生み出すことを期待する。</p>

領域番号	2901	領域略称名	水惑星学
研究領域名	水惑星学の創成		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	関根 康人（東京工業大学・地球生命研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>太陽系探査によって、地球以外の天体に液体の水が存在する（していた）証拠が続々と見つかっている。例えば、初期火星の表面や地下、木星・土星の氷衛星の内部、さらに原始太陽系に存在していた微惑星内部にも水が存在していた。</p> <p>本領域の目的は、これら天体上で水が駆動する化学反応や物質循環を解明することで、惑星の形成・進化に果たした水の役割を理解し、生命存在可能性の議論にまで至る「水惑星学」という学問領域を創成することである。そのために、地球科学（地質学、地球化学、生命圏科学）と惑星科学（惑星天文学、太陽系探査学、惑星気象学）が有機的に融合し、「はやぶさ2」探査の機会を最大限に利用することで、水・物質循環を記述する理論と実試料による実証を両輪とする研究体系を構築する。</p> <p>本領域により達成が期待される成果は、1) 微惑星内の水・物質循環と地球の水量の決定要因の理解、2) 火星、氷衛星における環境進化とエネルギー論に基づく生命圏の推定である。前者により、水の供給や分布を惑星形成論に組み込むことが可能になり、太陽系外も含めた水惑星の形成確率を理解できる。後者により、火星や氷衛星において代謝可能エネルギーを定量化することで、生命存在指標やバイオマスの予測が可能になり、実証的に宇宙における生命に迫ることができる。水惑星学は、「地球の普遍性」、「宇宙における生命」といった自然科学の根本課題の解明に向けて、我が国が独自のプレゼンスを発揮する礎となるという研究意義をもつ。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>本領域は研究項目 A「太陽系天体における水・物質循環の理論」と研究項目 B「実試料の分析・観測による水・物質循環の実証」を両輪とし、下の3段階でこれらの融合を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第1段階 (平成29・30年度)：研究項目Aによる理論、研究項目Bによる実証ツール構築</li> <li>・ 第2段階 (平成31・令和2年度)：理論（研究項目A）と実証（研究項目B）の融合</li> <li>・ 第3段階 (令和3年度)：水惑星の形成・進化論に基づく「水惑星学」の創成</li> </ul> <p>平成31年度6月現在、第1段階は順調に完了している。極限環境を再現する実験装置群、高エネルギー加速器研究機構のビームラインの構築を終え、「はやぶさ2」探査においても取得データの解析を進めた。その結果、本領域メンバーの多くが主著者・共著者の「はやぶさ2」初期成果をまとめた複数論文が Science 誌に掲載されるなど、華々しい成果をあげている。</p> <p>第2段階では、研究項目 A、B の融合が予想を上回るペースで進んでいる。例を挙げれば、地球化学と太陽系探査学の融合により、小惑星リュウグウ表面物質に基づき、母天体である微惑星の水・物質循環を推定した。その結果、微惑星内に生じる反応条件の違いで、観測される多様な小惑星群が生み出されることを示した。また、物理化学と惑星科学の融合により、氷天体内部に生じるクラスレートが保温材料となり、極寒の冥王星にも内部海が</p>		

	<p>保たれることを示した。このように、融合研究による新しい知見が多方面で得られ、第2段階の目標をすでに一部達成する成果をあげた。</p>
--	---

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、地球科学と惑星科学の有機的な融合を推進し、地球のような絶妙な水量を持つ惑星の起源や、太陽系内の水惑星の水環境や生命代謝可能エネルギーの定量化を行うものである。期待どおりの進展がみられ、極限環境を再現する実験装置群の構築、それらの実験結果をモデルに組み込むことによる太陽系天体の水・物質循環モデルの構築、実試料の微小微量分析を可能にする高度化したビームラインの構築、はやぶさ2リモートセンシング・データを始めとする太陽系探査データの解析等の成果をあげた。これらの成果は国際誌を初め専門誌へ掲載されるとともに適切なアウトリーチにおいて公表されている。研究組織は、計画研究と公募研究の研究者が相互に有機的な連携が行われ、研究が効率的に進められるものとなっている。</p> <p>今後は、得られたデータと理論モデルの整合を図りながら研究を進展させ、水生命に関わる惑星学の形成、および分野の融合による学際的な成果を期待したい。</p>

領域番号	2902	領域略称名	材料離散幾何解析
研究領域名	次世代物質探索のための離散幾何学		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	小谷 元子（東北大学・材料科学高等研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>日本は物質材料分野で世界の科学と産業をリードしているが、研究者の経験と勘に頼った試行錯誤を超えるアプローチが切に求められている。一方、数学も日本が優位性を持つ領域であり、21世紀に入って複雑現象の記述が可能になってきた。本領域は日本が優位に立つ数学と物質・材料科学の研究者が協働し、「数学的原理・構造の抽出」「構造と物性・機能の相関解明」「構造形成の制御・最適化」の流れを作ることで、従来の物質探索のあり方を変革することを目指す。そこで、材料系によらない普遍的な理解と広範な数理科学的手法の開発を行うべく、4つの研究項目（A01 [無機材料]、A02 [有機材料]、A03 [複合材料]、B01 [情報科学基盤]）を置き、新しい数学分野である「離散幾何解析」により物質・材料の階層ネットワーク構造を記述・理解する。</p> <p>これは、情報科学やデータ科学の力を用いた新たなフェーズの物質・材料科学の進展に寄与するとともに、数学においては複雑な構造を階層的に理解し、離散と連続の相関を調べる離散幾何解析学や離散力学系を大きく進展させる意義深い取り組みである。また、領域研究を推進する中で、数理科学と物質・材料科学の双方の知識と分野を超えたコミュニケーション能力を持つ人材を次世代のリーダーとして育成するものである。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>計画研究においてはA01, A02, A03に数学、理論・計算、実験のチームを置いて垂直展開を図った。数学的な定式化や連携の方針が見えている課題を設定し早期に数学と物質・材料科学連携のモデルを生み出すことを目指したところ予想以上の進展が得られ、例えばA01では非コンパクト空間の上の指数定理、APS指数定理とドメインウォールの関係、格子指数定理とドメインウォールの組み合わせの潜在的意義の発見、A02では3つの絡み合うネットワークと共連続構造の分岐曲面の関連についての基礎的研究の完成と力学特性と構造の関係解明、A03ではカーボンネットワークをモデルとした離散曲面基礎理論の完成と細分列の収束および特異点解析、および数学が提案した構造の実現、B01では複雑ネットワーク指標を用いたネットワークポリマーの力学物性の解析など、本領域でなければできない非自明な分野融合成果が得られている。また、多様な分野の多様な手法を組み合わせ、普遍的に有効な離散幾何解析学的手法と広範な応用課題を開発することを目的とする公募研究では、数学との連携へ意欲とアイデアを持つ実験研究を多く採択した。計画研究と公募研究、公募研究間の萌芽的連携研究も多数生まれた。今後、水平連携展開を活発化し領域を豊かに成熟していく。戦略的国際連携機関や国際アドバイザーの協力のもと、ネットワーク形成と研究の情報交換を行ってきたが、この基盤を発展させ国際的な活動をより活発化する。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、「物質を階層的ネットワークとして理解する」という共通認識のもとに、数学者と物質材料科学者、その他多様な専門を持つ研究者が協働して、「数学原理・構造の抽出」、「構造と物性の相関解明」、「構造形成の制御・最適化」の潮流を作り物質探索の在り方を変革することを目指したものである。大きく離れた異分野からなる新学術領域の創出を試みており、分野間で協働して研究を展開していくには、多くの困難が伴うと思われるが、分野の融合が効果的に行われ着実な成果を上げている。研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められ、今後のより一層の進展が期待される。</p> <p>審査結果の所見において、研究計画の一部の見直しと研究領域の構成を検討し早期に具体例を提示することを求められたため、研究領域の構成を公募研究で補完することで、いくつかの萌芽的な例を得るに至っている。数学としては「離散幾何学」をベースにし、従来の数学の主流であった「連続」から「離散」へ着目点のシフトがなされ、数学としても重要な結果が得られている。</p> <p>一方、現状は材料のさまざまな問題を数学の視点からアラカルト的に選択している段階にあるため、今後、実用的な材料の合成や新材料物性の予想にもつながるよう進展することが望まれる。</p>

領域番号	2903	領域略称名	ソフトクリスタル
研究領域名	ソフトクリスタル：高秩序で柔軟な応答系の学理と光機能		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	加藤 昌子（北海道大学・大学院理学研究院・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>本研究領域では、蒸気にさらず、擦る、回すなどの極めて弱いマクロな刺激に応答して、発光や光学特性などの「目に見える」性質が変化する新奇物質群、「ソフトクリスタル」の学理の確立と、これに基づく全く新しい機能性素材の開拓を目指す。ソフトクリスタルは、規則正しい結晶構造・周期構造を持つ安定な構造体でありながら、特定の弱い刺激で容易に構造変換や相転移を起こすことが特徴である。ソフトクリスタルにおける刺激応答性は、様々な弱い分子間相互作用が見事に調和した場合に発現する複雑な現象である。従って、高秩序で柔軟な応答系であるソフトクリスタルの形成条件や相転移現象の解明は、分子科学技術における最も挑戦的課題の一つとも言える。この学理を打ち立てることで、秩序性の高い従来型のハードな結晶と、応答性は高いが揺らぎも大きい液晶等のソフトマターの両者の長所を併せ持つ新しい機能性物質、ソフトクリスタルの新学術領域を創成することができる。しかしながら、ソフトクリスタルの作製は、セレンディピティやスクリーニングに頼っているのが現状である。本領域において、物質創製、構造制御、物性解明、理論的アプローチ、および機能導出の研究者が連携してスパイラルアップすることにより、ソフトクリスタルの学理を世界に先駆けて確立することができる。これにより、従来複雑と考えられてきた物質／現象の学理解明や設計原理が確立され、これまででない未踏機能材料開発への展開が期待できる。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>高秩序で柔軟な応答系である「ソフトクリスタル」の新しい概念を世界に先駆けて発信するために、ヨーロッパ化学協会の主要雑誌にコンセプト論文を発表した。また、このソフトクリスタルのコンセプトを、領域全体会議（年2回）、共同研究促進会（3回）、物性解明研究グループ会議（3回）等の議論の場を通じて、物質創製、構造制御、物性解明、理論、機能導出、それぞれを専門とする領域内研究者が共有した。その結果、形態開拓、構造開拓、物性・機能開拓の3班にわたる分野連携型の多点的な共同研究ネットワークが構築され、共同研究（143件）を通じて学理深化と機能創出の研究を推進している。これにより、これまで未解明であった刺激応答性結晶の応答メカニズムやダイナミクスが解明されつつある。具体的な成果として、微弱な応力により可逆的な結晶相転移を示す「有機超弾性」に加えて、新たに、結晶性を保持したまま500%の大変形を示す「有機超塑性」や分子歪みなしで自在に変形する「有機強弾性」等を発見したことは特筆される。また、蒸気濃度に応じてリバーシブルな分子ドミノ型相転移を示す新たな発光性金錯体を見出した。これらソフトクリスタルの結晶相転移機構や結晶多形現象は、結晶力場計算により解明に成功している。その他、刺激応答性クロミック結晶の多様性の拡大やモデル化による相転移の原理解明等が達成された。さらに、ソフトクリスタル研究の中から予期せぬ展開も生まれている。例えば、機械的な外力で強制的に結晶構造を変化させることで、固体のままの共有結合を形成する固体クロスカップリング反応を実現した。以上のように、ソ</p>		

	<p>フトクリスタルの学理の深化に向けて領域研究は順調に進展しているとともに、新たな機能導出への展開も始まっている（謝辞記載査読付国際学術誌論文 191 報）。</p>
--	--

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）</p>
	<p>本研究領域は、秩序ある結晶構造をとる物質が、種々の力学的刺激や環境の変化に対してどのように応答するかという側面から研究し、これらをソフトクリスタルという概念のもと多様な物質の挙動を解明し、その原理を理解し、そこに潜在する学理を究明しようとするもので、その意義は極めて大きい。新たな概念の創出と確立を目的とした研究であることから、ソフトクリスタルとみなされる新しい現象・事例の発見・蓄積・分類・整理を進め、これらを本研究領域の研究成果として取りまとめ、どのように学理として展開していくかが重要であるが、本研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められ、今後のより一層の進展が期待される。</p> <p>これまでの研究で新たな現象を見出す、あるいは事象発現の理論的な解明なども進められており、順調に研究が展開されているように見受けられる。</p> <p>一方、従来の非晶質科学に分類される研究で興味深い現象を見出したとしても、ソフトクリスタルという新たな概念の確立を目指している本研究領域の目指す方向性と合致している内容かどうか慎重な判断が必要であり、それらの分類・整理を行うとともに学理として確立することが望まれる。</p>

領域番号	2904	領域略称名	分子夾雑化学
研究領域名	分子夾雑の生命化学		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	浜地 格（京都大学・工学研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>本領域研究の目的は、細胞や組織など分子夾雑な環境で生体分子の解析や制御を可能とする機能性分子の合理的な設計指針を確立し、これを基軸として創薬や生体イメージング基盤の革新を実現し、新しい疾病診断法や治療法の創出に繋がる新しい学術領域を形成することにある。これまで、タンパク質、核酸、脂質などの生体分子の構造・機能解析は、もっぱら、少数の精製された分子だけを含ま希釈な試験管内で行われてきた。また、これらのイメージングや機能制御を可能とする人工分子の設計や評価も同様な希釈少数分子系で行われてきた。このため、合成された分子の大多数は、実際の細胞系や、さらに複雑な生体システムでは上手く機能せず、多くの試行錯誤を繰り返さざるを得なかった。これは、多様な生体分子が高濃度で混在する細胞における分子の振る舞いが、人工的な試験管内環境とは大きく異なっているためである。従来からの試行錯誤の壁を乗り越えるためには、分子夾雑とも呼ぶべき細胞内や組織環境での個々の分子の振る舞いを理論・物理化学的に正確に理解して記述し、それを基盤として真に有用な生体機能分子の合理的な設計指針を確立し、これらを用いてさらに生体夾雑系の理解を深化させるとともに、医療診断や薬剤設計へと展望できる「分子夾雑」の化学の構築と発展が必要不可欠である。以上の認識のもとに異分野融合型の新しい生命化学領域の創成を目指して本領域研究を立ち上げた。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>研究開始から現在までの研究期間では、各計画研究において研究開始時に設定した計画に沿って研究を主に進め、いずれの計画班においても当初計画した研究は、おおむね順調に進展している。公募研究では、計画研究ではカバーしきれない研究課題を幅広い分野から募り分野横断的な研究体制を構築し、各々の分野で分子夾雑化学の概念として取り入れた研究を進めている。一方で総括班内に設置した統合生命化学研究センター（CIBIC）による研究支援活動を通じて、領域内共同研究や情報交換を積極的に推進した。以上の活動を通じて、これまでに未開拓であったり、明らかにされてこなかった分子夾雑化学の諸課題について新たな発見や研究の道筋を切り拓くことができ、世界レベルで高い評価を受ける複数の研究成果が得られている。領域全体の主な論文成果としては、Nature Communications (2報), Nature Nanotechnology (1報), Nature Chemical Biology(2報), Proceedings of the National Academy of Sciences, USA (2報)、Journal of the American Chemical Society (7報)などが挙げられる。また、公募班を含めた領域内共同研究により論文発表に結びついた研究成果は、既に4例（Nature Chemical Biology, Nucleic Acids Research, ACS Synthetic Biology, Analytical Chemistry）ある。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、細胞や組織など複数種類の分子が高濃度で存在する生体環境（分子夾雑系）において生体分子の化学的な解析や制御を可能とする機能性分子の合理的な設計指針を確立し、これを基軸として創薬や生体イメージングへ利活用することを目指している。細胞内タンパク質の化学修飾をはじめ、試験管内では不可能な反応を実現するなど、多くの成果をあげ、順調に進んでいる。また、本研究領域に設置した研究拠点（統合生命化学研究センター（CIBIC））により、研究領域内共同研究も効果的に進んでいる。若手研究者の育成に力を注いでいる点も評価できる。</p> <p>一方、分子夾雑環境が生命機能に関していかなる本質的な働きをしているのかを明らかにしようという、基礎科学としての学理の視点や、領域内での問題意識の共有がやや不足しているように見受けられる。今後、領域代表者のリーダーシップにより、「分子夾雑化学」の概念を明確化し、研究領域内への浸透を通じ、普遍的な学理構築を期待したい。</p>

領域番号	2905	領域略称名	重力波創世記
研究領域名	重力波物理学・天文学：創世記		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	田中 貴浩（京都大学・大学院理学研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>本領域では、重力波データ解析、重力波源となる天体(重力波対応天体)の多波長観測、理論的研究が三位一体となり、重力波物理学・天文学(=重力波観測によって開始する新しい研究)の流れを力強く推し進め、新領域を創成する。</p> <p>現在、重力波観測の開始という歴史的な時期にある。重力波という全く新しい観測データが得られることによる物理学・天文学の進展に対する波及効果は大きい。これまでの実績として、KAGRA のための基本的なデータ解析の準備の完了、フォローアップ体制の組織化が既に進んでいる。この好機をとらえて、(1)重力波データの総合的解析と(2)重力波検出から広がる新しい物理学・天文学の二つの側面から重力波物理学・天文学を推進する。(1)では理論とデータ解析が密接に連携して、標準的な枠組みを越えた重力波検出手法の開発をおこない、重力波データから物理的情報を引きだす。(2)では重力波観測と直接的に関係を持って発展していく研究分野を観測と理論が一体となり推進する。このことによって、KAGRA を擁する日本が、重力波物理学・天文学の創成にあたり、世界的に重要な役割を担うことができる。重力波検出による飛躍的進展が見込まれ、かつ、世界をリードする研究遂行能力があると見込まれるテーマに絞り計画研究を組織し推進する。本提案は、関連する異なる分野の研究者間の密接で、かつ、継続的な連携を可能にし、重力波物理学・天文学創成の国際的な競争で優位に立つことに寄与するものである。</p> <p>米国の LIGO に加え、現時点において、キロメートルサイズの重力波検出器は他に Virgo と KAGRA のみである。したがって、本領域期間中に有効な観測データを出せるようになる KAGRA の存在は国際的な観点からも非常に重要である。その際に、単に KAGRA が重力波観測データを発信するというだけでなく、その波及する研究分野の開拓においても世界をリードする研究を発信することが本領域の最重要課題である。また、次世代の重力波物理学・天文学を担う若い世代の研究者の育成を進める。これらを総合して「重力波物理学・天文学を創成する」ことが期待される成果である。</p> <p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>連星中性子星合体イベント GW170817 に関して、J-GEM による追観測では重力波天体の光赤外線対応天体の初観測に成功し、X線領域では MAXI が全世界で最も早い観測を行い上限値を得、Swift では急激に減光するキロノバ起源の紫外線放射が発見するとともに、早期X線のより深い上限値を得た。理論的研究においては、横から見た相対論的ジェットを考えることで、GW170817 に付随する通常より暗いガンマ線バーストと特異な残光を同時に説明できることを世界に先駆けて示した。さらに、数値相対論や元素合成を組み入れた、連星中性子星合体の高精度シミュレーションにより、合体後の電磁放射観測を整合的に説明するモデルの構築に成功した。数値相対論による新しい重力波波形モデルにもとづく潮汐変形率への観測的制限も発表準備中である。そのほかにも、関連する理論的研究は多数ある。</p>		

	<p>LIGO/Virgo O1,O2 の間に報告された 10 の連星ブラックホールイベントを用いた重力理論のテストとして、LIGO/Virgo が行っていない新たな解析結果を発表した。連星ブラックホールの起源を明らかにすることも大きな目標の一つだが、初代星形成や星団の力学進化のモデルの精密化等の取り組みも急速に進んでいる。</p> <p>超新星爆発からの重力波とニュートリノについては、計画研究 C02 の監修のもと、スーパーカミオカンデ(SK)ニュートリノ検出器の改修に成功した。これにより、SK にガドリニウムを装填し、背景ニュートリノを初めて観測可能になる準備が整った。理論面では超新星爆発の数値シミュレーションの進展があり、超新星コアにおける衝撃波不安定性を起源とする重力波の円偏光成分の理論予測につながった。この発見はデータ解析手法の進展にもつながっている。</p>
--	--

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>Aー（研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの進展が認められるが、一部に遅れが認められる）</p>
	<p>本研究領域は、重力波データの解析、重力波源となる天体の多波長観測とそれらをつなぐ理論研究によって、重力波物理学と天文学の新しい流れを創出することを目指している。当初はブラックホールによる連星合体によって発生する重力波をターゲットとしていたが、本研究領域の採択直後に中性子連星合体が検出されるという時機を得て、研究は順調に進んでいる。日本の重力波検出器 KAGRA が稼働した際のデータ解析ソフトウェア提供を目指し、すでに米国で稼働している LIGO に参画、経験を積むなどの準備も進められている。</p> <p>一方、ブラックホールの質量が予測より大きかったなど、思いがけない結果も得られているが、十分に対応しきれていない印象がある。予定調和的な成果を上げるだけでなく、想像力を巡らせ、まったく新しい可能性を創出するという意識も持って研究を進めていただきたい。</p> <p>また、目標設定とそれに向けた進捗が不明瞭である。マイルストーンを明確に設定し、研究の過程で修正する点は修正し、新たに導入すべきことは躊躇なく導入して研究を実施するなど、領域代表者のマネジメントに期待したい。</p>

領域番号	2906	領域略称名	化学コミュニ
研究領域名	化学コミュニケーションのフロンティア		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	掛谷 秀昭（京都大学・薬学研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>我が国の分子科学領域における生物活性リガンドの探索と医薬品としての開発研究は、抗感染症薬イベルメクチンや免疫抑制剤タクロリムスなどの開発のように国際的に極めて高い水準にある。しかし、天然物リガンドの本質的な機能というべき化学コミュニケーション（生物活性リガンドを起点としたシグナル伝達）が真に解明されている例は少ない。本領域では、化学コミュニケーションの統合的理解に向けて、日本が国際的優位性を誇る天然物化学を情報科学、ケミカルバイオロジー、生命科学へリンクさせ、革新的高次機能解析プラットフォーム（基盤）の構築を行うことで、天然物リガンドの真の生物学的意義の解明とケミカルツール分子・創薬シーズの開発を目的として、医療・農業・食糧分野への貢献を目指す。</p> <p>本領域研究は、微生物間、動植物—微生物間、ヒト—微生物間などの多様な化学コミュニケーションを題材として、社会的価値の高い生物活性リガンドの開発に加えて、生物は何のために二次代謝産物を生産するのかという、長年の天然物有機化学の謎にも迫るものであり、周辺分野への波及効果・インパクトも極めて大きい。さらに本領域の推進は、世界を牽引する革新的・創造的な学問分野である天然物の生命情報科学を機軸として、自然環境における生物間コミュニケーションの解明と制御を主体とした分子社会学ともいうべき新しい学問分野を切り拓く礎になる。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>A01「生物間化学シグナルの理解」（生物活性リガンドの探索・同定・機能解析、標的指向型表現型スクリーニングの構築・実証）、A02「分子間シグナルの理解」（生物活性リガンドの論理的創製・物理化学的解析）、A03「化学シグナルの統合解析法」（生物活性リガンドの探索・同定・機能予測・機能解析に適したシステム開発）の3つの研究項目を設定した。これらは、日本が国際的優位性を誇る天然物化学を情報科学、ケミカルバイオロジー、生命科学と融合させ、各研究項目を機能的・有機的に連携させ推進することで、日本発の化学コミュニケーションの統合的理解に重点をおいた革新的な本学際融合領域の国際的プレゼンスの格段の向上に寄与する。</p> <p>現在までに、研究は概ね順調で、なかには予想以上に進展している研究課題もあり、質・量ともに充実し、次世代型天然物化学研究を強力に推進している。特に、領域内での共同研究を通じて、微生物間、動植物—微生物間、ヒト—微生物間などにおける化学コミュニケーションの理解や制御に貢献可能な新しい生物活性リガンドの発見や論理的創製のための新たな知見などは、今後の進展が期待される。また、時空間イメージング解析、ケミカルゲノミクス解析、マルチオミクス解析、人工知能（AI）などを統合しつつある革新的高次機能解析プラットフォーム（基盤）は本領域のみならず、関連領域への波及効果も期待される。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会 における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域では、生物活性リガンドを起点したシグナル伝達 (化学コミュニケーション) を多彩な生物種がつくるネットワークにおけるコミュニケーションツールと位置づけ、その解明と制御、応用を目指し、天然物化学を情報科学、ケミカルバイオロジー、生命科学と融合させる研究体制で活発な研究が行われている。微生物間の相互作用の発見や、天然物リガンドの同定、さらに天然物リガンドを凌ぐ生物活性リガンドの創製など、研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの優れた成果が認められ、今後の一層の進展が期待される。</p> <p>特に、生物間化学シグナルの理解や分子間シグナルの理解においては、数多くの優れた結果が発表されており評価できる。</p> <p>一方、高次機能解析プラットフォームの構築を通じて、特徴的なオミックス解析や人工知能の手法に基づく生物活性リガンドの推定手法の開発など、生物情報科学分野の進展が今後の大きな課題であるが、戦略が不透明な部分もある。化学コミュニケーションのテーマについて研究領域内で再度確認を行い、研究グループ間の連携強化による成果が望まれる。新学術領域研究 (研究領域提案型) としての融合研究的成果と学理の創成に向けた一層の努力を期待したい。</p>

領域番号	2907	領域略称名	ハイブリッド触媒
研究領域名	分子合成オンデマンドを実現するハイブリッド触媒系の創製		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	金井 求（東京大学・大学院薬学系研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>医農薬や機能性材料など、人類の健康維持や豊かな社会生活に不可欠な物質の多くは、有機分子から成り立っている。これらを創り出し、安定供給するための唯一の方法が有機合成化学である。有機合成化学は、これまで永続的な発展を遂げてきているものの、未解決な重要問題も幾つか存在する。その最たるものは、フラスコ内では一つ二つの反応を行うことはできても、生体内のような複数の酵素（生体触媒）が関与する多触媒反応による有機分子の活性化や複雑な化合物の一挙合成になると、既存の触媒化学では全く歯が立たないということであろう。そのため現在の有機合成化学の力量では、必要な有機分子を必要な量、供給することは非常に困難である。この課題の解決には、有機分子の合成法の飛躍的な進歩と、それを牽引する革新的な触媒の創製が不可欠である。</p> <p>本新学術領域では、複数の触媒の働きを重奏的に活かしたハイブリッド触媒系を創製し、実現すれば大きなインパクトを持つものの、従来は不可能であった、極めて効率の高い有機合成反応を開拓する。すなわち、独立した機能を持つ複数の触媒が機能融合・重奏して作用するハイブリッド触媒系の創製により、安定な分子の活性化（反応性：A01）、反応の高次制御（選択性：A02）、ドミノ反応（連続性：A03）を達成し、構造が単純で入手容易な原料から優れた機能を持ち付加価値の高い複雑な有機分子を、要求に応じて迅速に組み上げる分子合成オンデマンドを実現する。これにより、革新的な有機合成化学、分子化学の新地平を拓く。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>有機合成化学を基軸として、物理化学、無機化学、光・電気化学、高分子化学、固体・界面化学、理論科学といった多分野の融合を図りながら、新しい触媒創製概念であるハイブリッド触媒化学を推し進めてきた。公開シンポジウム、若手道場、国際シンポジウム、リトリートなどを計16回主催し、共催学会でのミーティングや個々の人的交流を含めると、ほぼ毎月のようにハイブリッド触媒を中心としたサイエンスの議論・意見交換を研究者間で繰り返してきた。この前半期間を通じて、異分野研究者間の意思疎通が十分に熟成してきたものと実感している。いよいよ後半期間では、前半で培った成熟した分野融合をもとに数多くの重要な成果が結実してくるものと確信を持っている。</p> <p>本領域の特筆すべき特色は、触媒化学を中心として、多分野の研究者が有機的に融合している点である。この強みをもとに、特に、1) 計算科学・機械学習の積極活用による、予測性を導入したハイブリッド触媒系の開発、2) 入手容易な有機分子を原料として天然物や高分子等の付加価値の高い有機分子の短工程合成に寄与するハイブリッド触媒系の開発、において顕著な進展がみられた。優れた成果に関しては積極的に二次発信をおこなっており、20件のプレスリリースと80件のメディア報道をおこなった。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会 における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、フラスコ内で一つ二つの有機合成反応を単独で行うのではなく、生体内反応のように独立した機能をもつ複数の触媒が協働・重奏的に働く「ハイブリッド触媒」の概念のもと、有用有機化合物の触媒的「オンデマンド合成」の実現を目指している。例えば、光触媒と不斉触媒の組み合わせにより触媒的不斉 Grignard 型反応を達成するなど、従来の合成法を凌駕する優れた成果が順調に出ている。若手育成や国際的な認知度の向上も進みつつあり、期待通りの進展が認められ、今後より一層の進展が期待される。</p> <p>一方、ハイブリッド触媒の概念を拡大解釈した反応例がいくつか見受けられた。領域代表者のリーダーシップによって概念の明確化と共通化を進め、共同研究の推進、触媒の創製に留まらない学理の構築、より一層の国際的な認知度の向上が望まれる。</p>

領域番号	3901	領域略称名	代謝統合オミクス
研究領域名	代謝アダプテーションのトランスオミクス解析		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	黒田 真也（東京大学・大学院理学系研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>糖尿病を含むメタボリックシンドローム、がん、炎症性疾患などの疾患や薬剤耐性などの病的現象で見られる特有の代謝状態は、それぞれの環境変化に対して、生体が代謝を調整してアダプテーションした結果（代謝アダプテーション）である。一連の代謝アダプテーションは、1000種類以上の代謝酵素が織りなす複雑なネットワークであり、正常な基底状態から時間に伴って細胞の置かれた環境に対してアダプテーションして適応状態へと遷移する動的な現象である。代謝アダプテーションは、直接的な代謝物（メタボローム）の変化だけでなく、その上位に位置するゲノム・エピゲノム・トランスクリプトーム・プロテオームの各階層を介した翻訳・転写レベルでの代謝酵素の発現量や、酵素の活性のリン酸化による制御、代謝物によるアロステリック性の制御など複数のオミクス階層が密接に連動したトランスオミクスネットワークにより制御されている。つまり、状況に応じてトランスオミクスネットワークを動的に切り替えることにより代謝アダプテーションを実現している。代謝アダプテーションは複数のオミクス階層が密接に連動して機能するため、各オミクスデータを同時に計測して、マルチオミクスデータを階層を跨いで統合する技術（トランスオミクス解析）が必要である。本領域では、これまで別々の分野の個別研究として扱われてきたこれら一連の現象を、トランスオミクスの観点から代謝アダプテーションとして概念的に統一して理解・応用する新しい学問分野を創出する。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>本領域は、A01 代謝アダプテーションと A02 トランスオミクス解析技術開発からなる。A01 班では、代謝アダプテーションのさまざまな生命現象に対してトランスオミクス解析を行った。黒田班が鈴木班、宇田班、中山班と協力し、インスリン作用のトランスオミクスを測る、繋ぐ、読み解く解析手法の確立をした(iScience 2018, Genes Cells 2018)。松田班がオミクス階層間の非線形な関係を埋める重要なピースの一つである代謝フラックスに注目し、がん細胞の代謝フラックス推定制度を従来よりも 10 倍以上向上させることに成功した(Metab. Eng. 2018)。中山班が黒田班、馬場班、大川班、宇田班と協力し、がん代謝特性に関する研究を行った（投稿準備中）。岡田班がアトピー性皮膚炎の数理モデル化を行った（投稿中）。公募班についても 11 件報告した。</p> <p>A02 班では、トランスオミクス解析技術を開発した。伊藤班が新規一本鎖 DNA 連結技術による高性能メチロームシーケンス法を確立した (Nucleic Acids Res. 2019)。馬場班が疎水性代謝物を対象とした定量リピドーム分析技術を開発した(J. Lipid Res. 2018)。角田班がヒト GWAS とマウストランスクリプトームのトランスオミクス統合解析を行い、アルツハイマー病遺伝子を発見した (Human Genetics 2018)。鈴木班ががん細胞系における多層オミクス解析についてのモデル化に関する研究を行った（投稿中）。公募班についても 2 件報告した。</p> <p>項目 A01（代謝アダプテーション）内での共同研究が 8 件、項目 A02（トランスオミク</p>		

	<p>ス解析技術開発) 内での共同研究が 2 件、項目 A01 と A02 での共同研究が 22 件進行中である。</p>
--	---

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、環境変化に対する生体内の代謝ネットワーク構造の適応 (代謝アダプテーション) をオミクス解析の多層連結により理解しようとするものであり、様々な生命現象への適応が期待される挑戦的かつ魅力的な研究が展開されている。</p> <p>代謝アダプテーションの解明とオミクスの計測技術に関して、着実に進展しており、個々の研究項目において十分な研究成果が得られている。とりわけ、摂食時と空腹時でのインスリン経路の使い分けに関する新しい知見は高く評価できる。また、総括班によるトランスオミクス計測センター・解析センターを中心に、研究領域組織が有機的に連携できるシステムが構築され、研究領域内の連携研究も順調に進んでいる。このように、ゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームの各層のオミクス解析を繋いで代謝ネットワーク構造を理解しようとする重要課題に向けて、研究のゴールに向けた準備は着実に整っている。</p> <p>一方、エピゲノムを含む全オミクス階層を真に繋ぐのは難しい課題であり、現時点では新学術領域の創成をもたらす最終モデルと概念が見えにくい。</p> <p>今後は、得られた知見の生物学的な重要性や普遍性の統合的整理や代謝アダプテーションの全容理解を通して、代謝統合オミクスという新たな次元の学問領域の基盤が確立することを強く期待する。</p>

領域番号	3902	領域略称名	進化制約方向性
研究領域名	進化の制約と方向性 ～微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明～		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	倉谷 滋（国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究センター・チームリーダー）		
領域代表者 からの報告	<p><u>（1）研究領域の目的及び意義</u></p> <p>生物の多様な表現型は不均一で偏っている。現代進化論の総合説は、突然変異やそれによって生じた表現型がどのように集団内に広がり、進化に寄与するかを説明したが、多様化の方向性を説明する理論にはいたっていない。かつて観念論的な議論はあったが、定量・理論・実験・情報解析が一丸となった実効的な研究推進体制で検証されたことはない。これについて、計画班の金子を中心とした過去のプロジェクトは、生物個体が持つ表現型の揺らぎの変化方向が進化的多様性の方向と相関するという独自の物理学理論、「揺らぎ応答進化理論」を提唱した。この理論を発展させれば、表現型特性がどのように進化に影響を与えるかを説明する可能性がある。本領域は、さまざまな生物の多様な表現型を対象とし、進化にみられる制約と方向性を定量的に計測、短い時間スケールで観察される表現型揺らぎと長期的時間スケールで起こる表現型進化の制約や方向性の相関を明らかにし、揺らぎ応答進化理論の適用範囲の検証と修正を行いつつ、表現型進化の制約と方向性の機制的理解を目指す。これを通じ、従来の進化理論を包含する新理論の構築を目論む。このアプローチは、過去に起こった生物進化にのみフォーカスした従来の研究とは異なり、現在、そして未来の生物の表現型進化の方向性を予測するものでもあり、国際的にも類似の研究例はほとんどない。生物学と物理学の融合が分子生物学を誕生せしめたように、進化生物学と理論物理学の融合が、新しい進化学を生み出せると考える。本領域の目的が達成され、より包括的な進化理論を構築できれば、生物学全体への大きな波及効果は必然となる。</p>		
	<p><u>（2）研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>発足から2年、制約進化理論の構築も進展を見せつつある。本領域は、[研究1] 表現型の揺らぎ・環境応答の定量解析、[研究2] 進化的制約・方向性の定量解析、[研究3] 制約進化理論の構築、の3項目を含む。[研究1] では、比較的単純な分子/単細胞系に加え、多細胞生物や生態系を用いた実験系においても揺らぎの定量解析が実現し、揺らぎ応答進化理論の検証が俎上に乗りつつある。[研究2] では、細胞レベルでは、進化実験を用いた進化的制約の定量が進み、短時間スケールでの発現量の摂動と、長時間スケールでの進化的制約の関係について定量解析が進んでいるほか、多細胞生物の発生過程に関しても、様々な系で進化的制約の定量解析が進行中。さらに、実験生態系レベルでの状態揺らぎと進化的制約の関係が定量的に明らかになると期待される段階にある。[研究3] では、金子らを中心として行われた理論研究が中心となる。それは、表現型進化のポテンシャル理論、階層進化理論、進化発生対応の理論を含み、それらは進化シミュレーションと理論解析を通じて進展と展開が見込まれ、今後実験的に検証を行っていく予定となっている。以上の研究活動の結果として多くの論文が著名国際誌に掲載、もしくは印刷中の運びとなった。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会 における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、自然淘汰理論や中立進化理論を中心とする現代進化論の総合説で説明できない、進化の多様性の制約や方向性の偏りの機構的背景の解明を目指すものである。これを通じて新しい進化理論の構築を目指しており、新学術領域研究（研究領域提案型）にふさわしい非常に野心的な研究となっている。</p> <p>物理学理論研究者と進化生物学研究者が理論・実験・大規模情報解析を進めている点が評価できる。表現型の揺らぎを分子・細胞・多細胞形態・生態系レベルで評価・定量化する試みは先進的なものであり、成果も着実に上がりつつある。多様な材料を用いて、実験及び理論の両面で研究が進捗していることも評価できる。</p> <p>一方、テーマが多岐にわたっているため、仮説をそれぞれの例に結びつけて全体として新たな統一原理を構築できれば、意義のある進化研究になると考えられる。また、研究領域内での用語の解釈や用法の統一、そしてそれらを周囲に詳細に説明する一層の努力、観察研究に留まらない分子機序の裏付けのある研究展開を求めたい。</p> <p>現時点で、技術支援も理論支援も機能しており、国際連携も進んでいる。本研究領域の進捗が今後の進化学の発展に大きな影響を及ぼすと考えられ、今後も一層の研究推進を期待したい。</p>

領域番号	3903	領域略称名	植物多能性幹細胞
研究領域名	植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	梅田 正明（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>植物がもつ幹細胞（以下、植物幹細胞）は多様な細胞に分化する能力（多能性）をもち、一生を通じて個体内で保持される。また、幹細胞集団が別の幹細胞集団を生み出し、それらが起点となり新たな器官を創り出す。このため、植物は長期にわたって生存し、個体は成長を続け、時には巨大化する。一方、動物の多能性幹細胞は受精後間もなく消滅し、成体ではごく限られた種類の細胞にのみ分化することができる組織幹細胞が組織の恒常性維持に働く。このように、動物と植物では体内での幹細胞の振る舞いが全く異なっており、この違いが「器官発生を続ける植物と途中で止める動物」という成長様式の違いを生み出す根本要因になっていると考えられる。また、動物では体細胞のリプログラミングが起きにくいのに対し、植物ではリプログラミングと幹細胞の新生、さらには器官再生が容易に起こる。これは、細胞の未分化性の獲得や維持機構に動植物間で根本的な差異があることを意味している。そこで本領域では、植物幹細胞の新生・増殖・維持、及び幹細胞の多能性やゲノム恒常性の維持に必須な制御系を解明することにより、植物生存の永続性や旺盛な繁殖力を支える幹細胞システムを理解する。そして、植物科学分野に未だ存在しない幹細胞生物学を創成し、多能性幹細胞の動作原理と生命の生存システムを理解するための研究基盤を構築することを目指す。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>本領域は2つの研究項目（A01, A02）を設けている。研究項目 A01 では、幹細胞の新生・増殖・維持を制御するシステムについて理解することを目標としている。まずシロイヌナズナにおいて、植物ホルモンであるサイトカイニンがダイナミックに輸送・代謝され、茎頂での幹細胞分裂を制御していることを明らかにした。またヒメツリガネゴケにおいて、幹細胞の非対称分裂の際に鍵構造体として働く微小管集合体を発見するとともに、ヒストン修飾を変化させることにより葉細胞の幹細胞化に機能する転写因子を見出した。一方、研究項目 A02 では、幹細胞の多能性とゲノム恒常性を維持し、植物の永続的な器官発生を可能にする制御システムについて理解することを目指している。多能性の維持に関しては、幹細胞から離れた細胞が多能性の維持に働くという制御システムが、イネとコケで共通することを示した。また、多能性とゲノム恒常性の維持には、植物ホルモンであるオーキシンのレベル制御が重要であることを見出し、今後領域研究の中心的テーマとして取り組む方針を立てた。本領域では、総括班に設置した植物幹細胞解析センターにおいて幹細胞の特性解析を進めているが、これまでに植物細胞を用いた1細胞トランスクリプトーム解析のための技術開発をほぼ終了し、シロイヌナズナ根端において、これまで知られていなかった細胞種が存在することを見出した。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A+（研究領域の設定目的に照らして、期待以上の進展が認められる）</p>
	<p>本研究領域では多能性の維持や誘導を自在に行える植物の特性と、植物の生命力を支える基盤原理を理解することを目指して植物の多能性幹細胞について包括的な研究が行われている。再生時のリプログラミングにかかわる転写因子の同定など、着実に成果が上がっていると評価できる。注目すべき成果の例として、脱分化においてオーキシシグナルによるクロマチン構造の制御を介したリプログラミング機構を明らかにしつつあることが挙げられる。また、1細胞トランスクリプトーム解析の手法は魅力のある方法であり、解析手法の普及が成果につながると期待される。</p> <p>研究領域運営における領域代表者のリーダーシップが評価できる。領域代表者がサイトビジットを通じて内部連携を活性化しているほか、若手育成、国際連携、アウトリーチ活動が十分に行われている。特に、植物の幹細胞研究のパートナーとして動物の研究者を加えたことは、植物と動物の相違に関して理解が深まることが期待される。</p> <p>今後の研究方針についても領域代表者のリーダーシップが際立っている。「オーキシンによるクロマチンの制御が幹細胞の誘導や維持にかかわる」との仮説を研究領域内で共有・議論し、リプログラミングや幹細胞の維持にかかわる制御系を統一的に理解しようとしている点は、研究領域全体の方向性が明確化されており今後の展開が期待できる。</p> <p>研究成果、今後の成果につながる興味深い発見、領域代表者のリーダーシップ、若手育成、研究領域全体としての作業仮説の共有、研究領域外の研究者（動物の幹細胞）との交流など全体としてバランス良く進められており、研究領域の一層の発展が期待できる。</p>

領域番号	3904	領域略称名	オルガネラゾーン
研究領域名	細胞機能を司るオルガネラ・ゾーンの解読		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	清水 重臣（東京医科歯科大学・難治疾患研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>真核生物の細胞内に存在するオルガネラは、各々が高度に専門化された役割を分担している。イメージング技術などの急速な発展により、オルガネラ動態を精密に観察できるようになった結果、(1)1つのオルガネラの中に、異なる機能を担う複数の領域がダイナミックに形成されること、(2)オルガネラ機能の多くは、これらの領域における素反応の集積として発揮されること、が明らかにされつつある。本領域では、このようなオルガネラの限局された機能領域を「ゾーン」と命名し、従来のオルガネラ研究をオルガネラ・ゾーン研究へと深化させる。具体的には、個々のオルガネラ・ゾーンでの素反応やゾーン間の相互作用を明らかにすることによって、オルガネラの機能や役割をより深く、より正しく知ると共に、様々な細胞現象や生体応答をオルガネラ・ゾーンから読み解く。</p> <p>本研究によって、オルガネラ応答の実態や、複数のオルガネラ間の有機的連携の実態を明らかにできる。また、小胞体やゴルジ体を複数の選別輸送ゾーンの集合体として捉え直すことにより、細胞内分子輸送システムを解明する。さらに、オルガネラ・ゾーンという概念を確立することにより、オルガネラ解析のスタンダードを、オルガネラそのものの中から、オルガネラ・ゾーンの解析へと深化させる。本研究の成果は、細胞の機能ユニットであるオルガネラの役割を、よりミクロの立場から定義し直すものであり、細胞生物学に格段の発展と飛躍的な展開をもたらす。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>本領域では、オルガネラ・ゾーンを「応答ゾーン」「連携ゾーン」「選別輸送ゾーン」の3種類に分類して解析を行った。「応答ゾーン」は、様々なストレスに対応してオルガネラの一部に形成され、特定の機能を有する領域である。「連携ゾーン」は、複数の異なるオルガネラが接触し、物質交換や情報交換を行なう領域である。「選別輸送ゾーン」は、小胞体やゴルジ体の内部に存在し、個別の分子修飾や分子輸送を担う領域（例えば、糖鎖修飾ゾーンなど）である。</p> <p>本領域では、上記3タイプに属する多数のオルガネラ・ゾーンを取り扱い、ゾーンの可視化、ゾーンを形成する分子の同定、ゾーン形成機構の解明、ゾーン形成の時空間解析、ゾーンの生物学的役割の解明に成功した。また、未知のゾーンの同定法、解析法の確立に成功し、実際に、これまで未同定であった複数のゾーンの同定に成功した。</p> <p>これらの解析の結果、(1)細胞に刺激が加わると、複数のゾーンが同時進行的に誘導され、あるいはゾーンエリアが拡大縮小し、お互いにクロストークすること、(2)真核生物の小胞体やゴルジ体は、複数の選別輸送ゾーンが組み合わさって存在、機能していること、(3)ゾーン形成を妨げると、細胞機能の一部が失われること、などの革新的な知見を見出した。これらの知見は、これまでのミトコンドリア、小胞体、ゴルジ体、細胞内蛋白質輸送の理解にパラダイムシフトをもたらし、生物学を大きく発展させるものである。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）</p>
	<p>計画研究・公募研究ともに我が国トップクラスの研究者を集結し、超解像度顕微鏡などの優れたイメージング技術を基盤として、オルガネラの局所的機能部位を明らかにし、様々な細胞機能との結びつきを明らかにしている。特に、膜輸送について重要な発見をもたらした、新しい学術領域を拓く研究であると判断され、「オルガネラゾーン」統合解析プロジェクトは興味深い試みとして高く評価できる。研究組織内の共同研究や若手育成なども順調であり、国際的にオルガネラゾーンの概念を先導的に確立している点も評価できる。</p> <p>今後は、研究領域として、「オルガネラゾーン」を生物学的に定義する共通の概念を打ち立てられるか、「オルガネラゾーン」の概念が確立されたとき、生命現象に新たな解釈が生まれるのかどうか、重要な課題である。研究領域内の一層の連携により、オルガネラゾーンという概念実証を遂げるような成果が多数生まれることが期待される。</p>

領域番号	3905	領域略称名	性スペクトラム
研究領域名	性スペクトラム - 連続する表現型としての雌雄		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	立花 誠 (大阪大学・生命機能研究科・教授)		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>雌雄は一般的に二項対立的な表現型、すなわちオスとメスとの異なる二つの表現型と捉えられてきた。ところが、遺伝子改変動物の表現型、ヒト性分化疾患の症例、そしてさまざまな野生動物の観察の結果から、典型的な雌雄の間に位置する性の表現型の存在が浮き彫りになってきた。このような観点から本領域では、雌雄を旧来の二項対立的な表現型ではなく、連続する表現型（スペクトラム）として捉える新たな見方を提唱する。性スペクトラム上の定位（オス化・メス化の度合いの決定）とその位置の移動（性転換など）をもたらす分子機構には、遺伝・内分泌・環境の3要因が関与すると想定されることから、A01 遺伝要因と性スペクトラム、A02 内分泌要因と性スペクトラム、A03 環境要因と性スペクトラムの三つを研究項目に設定した。連続する表現型として性を理解することは、魚類の性転換など、二項対立的な性の理解からは説明が難しかったさまざまな性の現象にも普遍的な説明を与えることを可能にするとともに、「二項対立的なもの」から「多様なもの」として性を再定義することにもつながる。このような学術的な意義に加え、以下の2点の波及効果が望まれる。第1は、性の文化的・社会的な理解を科学的根拠によって促進することが期待される点、第2は、性分化疾患の発症機序の解明、性差医学・医療の推進によって臨床医学に大きく貢献すると期待される点である。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>下記に述べる二つの大きな成果が得られつつある。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 性染色体におけるゲノム生物学の観点から、新知見が得られた。すなわち、性染色体の転写抑制的なヒストン修飾の量およびステロイド代謝酵素の活性の強さが、性スペクトラムを成立させるためのパラメーターとして重要であることを明らかにした。さらに、Y染色体喪失によるモザイシズムがヒトの個体レベルの性スペクトラムを形成させることを見いだした。</li> <li>2. 性スペクトラム上の定位と移動をもたらす機構のなかで、“代謝産物及び代謝経路”が重要であることが示されつつある。「A01遺伝要因と性スペクトラム」では、胎仔の生殖腺の代謝状態がその生殖腺の性分化に影響を与えることを見いだしつつある。「A02内分泌要因と性スペクトラム」では、性ステロイド産生に必須な核内受容体型転写因子であるAd4BPがコレステロール代謝やNADPH産生系を制御することで、解糖系、コレステロール合成系、ステロイド合成系の連続する代謝系を統括していることを見いだした。「A03環境要因と性スペクトラム」では、メダカの飢餓状態で誘導されるメスからオスへの性転換の経路について解析した結果、脂質関連の代謝産物がこの経路に関わっていること、同じくA03で、爬虫類の温度依存性決定の機構には脂質関連物質の代謝産物が重要との知見が得られている。このように三つの研究項目を設けて独自の研究を展開していった結果、それらの成果が一つの方向に収斂していきつつある。</li> </ol>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域では生物の性を、旧来のオスとメスに分けられる二項対立的表現型ではなく、遺伝・内分泌・環境の3要因により変化する連続した表現型として捉える新たな性の概念を提唱することを目的としている。これまでの研究期間では魚類、爬虫類、両生類などにおける多様な性決定機構の解明に取り組んだ。様々な生物種の性決定の仕組みが幅広く研究されている点は興味深く、個別研究には優れた成果も収められている。</p> <p>性の揺らぎを左右する内分泌や環境要因の影響についての研究成果から、ステロイドや脂質代謝の変動が性決定要素と成り得る概念が新たに創成されたことは、新学術領域として本研究領域を位置付けるに足る独創性に富んだ概念を提案するものであり、高く評価できる。今後の研究成果から様々な動物種に見出された性決定の連続性に共通原理を見出し、より融合的な研究として本研究領域が目指す性の再定義へと展開することを期待したい。</p> <p>公募研究により効果的に研究領域の研究の幅が広げられた。また、アジア性分化研究ネットワークなどの国際的連携もなされており、十分な成果を出している。さらに、研究代表者の年齢が40歳以下の公募研究が多いことや、研究メンバーの独立が顕著であったことから、本研究分野の若手研究者育成が実現されている。</p>

領域番号	4901	領域略称名	炎症細胞社会
研究領域名	予防を科学する炎症細胞社会学		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	松島 綱治（東京理科大学・生命医科学研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>健康維持システムの治療から予防へのパラダイムシフトは、高齢化社会における喫緊の課題である。本研究領域では、包括的1細胞遺伝子解析技術と情報科学を基盤として、未病、遷延化、不可逆化という連続的な疾患進行過程における個々の細胞、組織環境、細胞間相互作用の状態変化を、定量的・定性的な情報として収集・統合する炎症細胞社会学の創出を目指す。そのため、基礎および臨床研究を通じて背景の異なる多様な慢性炎症性疾患における炎症細胞社会の確立を目指す【A01】と、炎症の惹起・遷延化・不可逆化をもたらす内的・外的環境応答機構（ストレス応答、代謝応答、細胞・組織老化）の解明とその分子予防制御を目指す【A02】、これらの情報を統合して炎症細胞社会をモデル化、データベース化する【A03】の研究項目を設定し、炎症細胞社会という新たな概念に基づき予防医学を推進する。本領域研究を通して、日常生活で曝露しうる種々の内的・外的ストレス侵襲から未病、慢性炎症性疾患に進展する過程の各段階に関連する分子、細胞、シグナル経路、代謝経路を有機的に統合した“炎症の起点、遷延化、不可逆化の場の記憶としての炎症細胞社会”が確立できる。疾病の転機を定量的な分子、細胞情報として定義することで、生命科学の言葉で慢性炎症性疾患の転機を如何に制御すべきかを語る新たな予防医学の創成に繋がる。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>【A01】では、計画班・公募班により肺、肝臓、腎臓、膵臓、心臓などにおける慢性炎症性モデルについて正常・未病・疾患の包括的1細胞遺伝子発現データセットを取得し、その他大腸・皮膚についても同様の解析を進めている。得たデータよりA03とも連携しながら炎症細胞社会の変遷モデル作成、リガンド-レセプター対応関係に基づく細胞間相互作用ネットワークの再構成、これらの解析に基づく予防標的分子・細胞の同定を進めている。また、さらなる効率的なデータ取得のため、新規包括的1細胞遺伝子発現解析法を開発し、総括班と共有した。【A02】では、化学物質、遺伝要因、肥満などを起因とする疾患モデルやin vitro評価系を構築し、環境要因により誘導されるSASPや老化細胞を標的とした薬剤を同定するなど、予防への取り組みも着実に進んでいる。【A03】では、計画班を中心にA01,A02で得られた1細胞遺伝子発現データを用い、データベース化のための頑健かつ効率的な情報解析手法の確立を着実に進めている他、機械学習に基づく新規細胞種推定法の開発、共発現ネットワークの遷移モデルの作成などの挑戦的な取り組みも行っている。上記の通り、当初領域計画通り総括班を介した領域内での有機的な連携、生命科学と情報科学の融合により、炎症細胞社会の実態と未病状態、予防標的などが順調に解明・検証されつつある。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>Aー（研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの進展が認められるが、一部に遅れが認められる）</p>
	<p>本研究領域は、シングルセルトランスクリプトーム（SCT）技術を駆使して得られたデータを情報科学に基づいて解析・統合することで、未病状態と炎症状態を区別して可視化しようとする意欲的かつ独創的な研究を行っている。</p> <p>個々の研究者は優れた研究成果を上げており、とりわけ、肺、肝臓、腎臓の炎症モデルの SCT 解析に顕著な成果が認められる。本 SCT 解析は本研究領域の核となる技術であるので、炎症細胞社会解析センターを中枢とした研究領域内での技術共有が期待される。予防・未病への早期介入手段の開発を目指すためには、臓器を超えた有機的な連関、未病状態と炎症状態の連関を明らかにするようなアプローチが望まれる。</p> <p>ただし、基盤技術に基づく基礎的なデータは集まりつつあるが、数理解析に必要なデータ収集には至っていない。今後は、解析担当と数理解析担当の研究項目間の有機的な連携を強化し、研究領域として目指すゴールを明確にして新たな学理を創成することが望まれる。</p>

領域番号	4902	領域略称名	南極の海と氷床
研究領域名	熱-水-物質の巨大リザーバ：全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	川村 賢二（国立極地研究所・研究教育系・准教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>地球の氷の約90%を占める南極氷床は、海水準で約60mに相当する淡水の巨大リザーバ（貯蔵庫）である。南極氷床は安定していると考えられてきたが、近年の衛星観測などで相次いで縮小が報告されている。また、南大洋では南極底層水という地球で最も重い海水が生成される。南極底層水は全海水の約4割を占め、その量や温度の変化は、地球表層の熱や物質（CO<sub>2</sub>や栄養など）の分配に大きく影響し、長期の全球気候を左右する。すなわち、南極氷床と南大洋は熱・水・CO<sub>2</sub>の巨大リザーバであり、全球気候や海水準を決定づける重要要素であると捉えられる。</p> <p>南極氷床と南大洋の間には強い相互作用がある。例えば、南極氷床の縮小がもたらす淡水は、南極底層水の生成を弱体化させ、それが垂表層の水温上昇を招くことで氷床を底面からさらに融解することが考えられる。観測の困難さから理解やモデル化が遅れているが、古環境の研究からは、南極氷床や底層水には一度超えてしまうと容易には後戻りできない「ティッピング・ポイント」が存在し、そこに近づいている可能性も指摘されており、早急な理解が必要である。</p> <p>南大洋・南極氷床の変動には、異なる時間・空間スケールの様々な相互作用が関与しているため、本領域では、多分野の研究者が連携、融合研究し「南極環境システム学」を創成する。観測とモデリングにより素過程を理解し、種々の相互作用の実態とメカニズムを明らかにした上で、古環境復元によるモデルの検証を経て、南大洋及び南極氷床の将来と全球環境への影響の予測につながる融合研究をめざす。</p> <p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>南極氷床については、氷河の末端部（棚氷）に孔を開け、氷やその直下の海を観測して、暖かい海水が氷を融解し、それによる淡水が海水と混合していく様相を克明に捉えた。また、沿岸から内陸にかけては、延べ数千キロにわたって基盤地形や氷床質量変化に関する観測を行った。過去の変動復元では、ドームふじアイスコアからの詳細かつ高精度な古環境復元や、コア年代の高精度化、南極大陸縁辺部における氷床の変動を示す地形的証拠の獲得に成功した。</p> <p>南大洋については、我が国の4船と外国の2船により多様な観測や試料採取を実施した。海洋-棚氷相互作用のモデリングとも連携して、昭和基地があるリュツォ・ホルム湾への暖水流入による棚氷融解を解明し、ケープダンレー底層水形成域や東南極最大の氷床減少域であるトッテン氷河の沖合では、底層水などの観測を行った。過去の南大洋の温度や塩分の復元、季節ごとの生態系・物質輸送の把握なども進めた。</p> <p>探査に関しては、氷下の海洋や氷上の地形観測、表面地形の精度評価、海底地形データの解析などを進めつつ、海水・棚氷下を観測できる無人探査機の開発を進めた。</p> <p>数値モデルでは、日射や温室効果ガスを入力とする気候モデルや、気温や海水温、降水量を入力とする氷床モデル、海洋表面フラックスを入力とする海洋物質循環モデルや海洋</p>		

	<p>領域モデルなどを高度化し、南極周辺での性能を精査した。また、過去 1000 年、過去 2 万年、過去 350 万年などの古気候計算や予備的な長期予測計算も開始し、南極のティッピング・ポイントの把握に向けた研究の準備が整った。</p>
--	---

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究では、南大洋および南極氷床を起点とした全球的変動の将来予測に繋がる「南極環境システム学」の創生を目指し、過去から現在の海洋や氷床の質的な変化、固体地球との相互作用、生物動態学の解析データをもとに統合的モデル開発が進められている。これまで観測実績がなかった氷河域での観測を実行し、氷河と海洋との相互作用や、底層水動態と炭素や栄養塩循環との関連性を見出すなど、複数の研究項目の連携による着実な研究成果が得られている。一方、現段階の研究成果は理工系に集中する傾向にあるため、生物系研究に一層の進捗が望まれる。南大洋および全球的な生命圏に対する示唆が得られるような複合領域としての研究成果を期待したい。</p> <p>学会発表や論文、アウトリーチ活動を通じて研究成果の社会へ還元が実現されており、若手研究者に対する積極的な支援により極域研究分野の若手研究者育成に尽力されている点も高く評価できる。領域代表者のリーダーシップにより、計画研究内外の構成メンバーの緊密な相互連携・協力体制が機能していることで、研究成果は質、量ともに充実している。今後予定されている観測と各モデルとの比較検証が順調に実施されれば、より融合的な研究へと進展することが期待できる。</p>

領域番号	4903	領域略称名	共創言語進化
研究領域名	共創的コミュニケーションのための言語進化学		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	岡ノ谷 一夫（東京大学・大学院総合文化研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>言語は人類が個人を超えた知を結集し、文明を作ることを可能にした画期的なテクノロジーである。現在、人類は、言語と情報技術を基盤とした新しいコミュニケーションを創出しようとしている段階にある。言語は、「階層性」と「意図共有」の2つの能力が融合したところに発生した、と私たちは考える。階層性とは、要素のまとまりが新たな機能を実現し、さらに、それら（＝要素のまとまり）のまとまりがより上位の機能を実現することであり、意図共有とは、相手をもつ実現したい状態を理解し、自分もそれを実現する意欲を持つことである。本領域では、言語の起源と進化について、階層性と意図共有を2つの柱とした理論言語学的な仮説を構成し、生物進化・人類進化・個体発生の異なる時間軸のレベルで実験研究を行う。得られた実験成果を用いて、数理モデルの構成とシミュレーション実験を行う。そして再び、理論言語学的な考察を加えて仮説を更新する。こうした理論・実験・構成の研究ループを通して、言語の起源と進化について説得力のあるシナリオを構築し、さらに、未来のコミュニケーションのあり方を提言することが本領域の目的である。本領域は、グローバル化によって生ずる国際的軋轢、情報利用の格差によって生ずる幸福格差、急激に変化するコミュニケーション様式への適応障害、自閉スペクトラム症をはじめとする発達障害など、現在起こっている問題の解法を提言すると共に、人間性の本質と可能性について理解を深化させる意義を持つ。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>理論言語学的な考察から、階層構造を作るために必要となる再帰的な概念組み合わせ能力が、事物を組み合わせる目的を達成するような行動から発生したのではないかという仮説が提案された。また、認知発達研究から、そのような事物の組み合わせは、直接事物を指し示すような意図共有コミュニケーションがこれを促進するのではないかという仮説も提案された。これらの仮説にもとづき、人類進化の過程で道具の組み合わせ使用が始まった時期とホモ・サピエンスの世界拡散が始まった時期とがほぼ一致することを発見した。ヒト以外の動物を対象とした研究では、発声信号の組み合わせ能力が、従来考えられていたよりも高いレベルで、霊長類や鳥類に存在しそうであるとの結果が得られている。また、一部の鳥類では、発声信号の組み合わせで新たな意味が創発されるという研究成果も出てきた。さらに、チンパンジー集団が肉食獣から屍肉を奪う行動が観察され、意図共有の起源が人類とチンパンジーの共通祖先に遡る可能性が示唆された。これらの成果を統合するプラットフォームとして、階層性のある概念を自律的に獲得するロボットのモデルを構築した。概念の形成とコミュニケーションをモデル化することで、実空間で状況を他者と共有しつつ物体や概念を表す記号を獲得し、それを多体間で共有するプロセスを実現した。階層性のある概念の意図共有について研究する基盤を構築できたと言える。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は「階層性」という言語の構造的側面と、「意図共有」という機能的側面を融合させ、認知科学と言語学の対立する領域を統合・止揚させるという野心的な目標に取り組むものである。大きなスケールと緻密な計画研究をバランスよく配置させ、公募研究も含めて優秀な研究者を十分に集結させている。200 編を超す国際誌への論文発表をはじめとして、国際的なプレゼンスを発揮しており、研究計画の前半としては十分な成果をあげている。研究成果は、一般向けの書物の執筆を含め、積極的に公表・普及されている。また、各研究項目とも若手育成に力を入れている様子が伺える。</p> <p>今後は、階層性や意図共有それぞれについて、さらに精緻な研究が進展することを期待したい。また、階層性と意図共有の融合に関して数理モデルとシミュレーション実験による仮説検証を行うことについて、研究項目間でどのように統合してモデル化するのか、さらなる検討が必要である。</p>

領域番号	4904	領域略称名	細胞ダイバース
研究領域名	細胞社会ダイバーシティーの統合的解明と制御		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	藤田 直也（公益財団法人がん研究会・がん化学療法センター・所長）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>人体は約 37 兆個の細胞により構成されているが、その細胞集団は均一ではなく、組織幹細胞より分化した多種多様なダイバーシティーに富む細胞から構成されている。こうしたダイバーシティーに富む細胞社会が形成されているからこそ、環境変化に耐えうる強靱な生体・臓器の維持・形成が可能となっている。さらに、臓器内にある細胞はたとえ同一環境に置かれていたとしても分裂や増殖などでその状態を絶えず変化させており、細胞間相互作用によってもその細胞状態は刻一刻と変化している。臓器はこうした細胞 1 個 1 個のゆらぎをも包み込むロバスタな組織であるが、そのゆらぎを支えきれなくなった時に臓器異常（疾患）が生じる可能性がある。そこで本領域研究では、生物学・数学・情報科学・ゲノム生物学など各分野の専門家の密接な連携のもとで、個別の細胞間相互作用解析結果やシングルセルレベルでの定量的なオミクスデータから、多種多様な細胞間の相互作用といった複雑系を数学的に表現した数理モデルの構築を目指す。さらに、数理モデルで見出されたキーとなる分子やパスウェイを欠損あるいは変化させた遺伝子改変昆虫・動物モデルを作出し、構築された数理モデルの実証も目指す。このように、ダイバーシティーに富む細胞集団が外来刺激に対して強靱性を発揮するメカニズムを、最先端のシングルセル解析技術や組織透明化技術などを利用して時空間的に解明することで、臓器構築の根本原理の解明といった基礎的研究成果とともに、再生医療や疾病治療法開発につながる応用的研究成果が得られるものと考えている。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>本領域研究では、生物学と数学の異分野融合を基本とする連携研究を基本としているため、生物学者を主とする A01 研究項目、数学者を主とする A02 研究項目、発生学者やバイオインフォマティクス研究者を主とする A03 研究項目を各々担当する研究者を、総括班の主導により、幹細胞・分化・細胞感相互作用を各テーマとする 3 チームに分散して配置し、研究が発散しないように工夫をしながら連携研究を進めている。こうした連携研究を促進する仕組みにより、公募研究を含め、領域内異分野融合研究が 11 件、同一研究項目内の連携研究が 7 件進んでいる。これまでに、シングルセル解析・多細胞解析を含めた複数アッセイのデータセットを頑健かつ効率的に統合解析・可視化できるシステムを構築して変動遺伝子を同定することに成功するとともに、幹細胞の可能性のある細胞群から間葉系細胞群へと分化する過程を数理的に評価する手法を開発した。また、組織透明化技術 CUBIC を利用して、臓器・組織内細胞の位置情報・接続情報の網羅的取得技術を確立している。さらに、逆相タンパク質アレイ解析によって得られる多次元時系列データとタイムラプス顕微鏡による時系列画像データに対し、統計学的解析と数理解析を行うことで、悪性化進展制御シグナルのシミュレーションを行っている。このように、幹細胞・分化・細胞間相互作用をキーワードとした細胞学的解析と数理解析を組み合わせた異分野融合研究が順調に発展している。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>Aー（研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの進展が認められるが、一部に遅れが認められる）</p>
	<p>本研究領域では、生体を構成する多種多様な細胞からなる「細胞社会ダイバーシティー」の統合的理解を通じた生体・臓器の構築機構解明に向けて、領域代表者のリーダーシップの下、生物学と数学の積極的融合を促す研究体制による活発な研究が行われている。とくに組織透明化技術やシングルセル解析技術といった、細胞社会ダイバーシティーの「視える化」を強力に推進する画期的新技術の開発に成功し、これら新技術に立脚した優れた生物学的成果が得られており、細胞社会ダイバーシティーの理解に関して期待どおりの進展が認められる。</p> <p>さらに、若手研究者の技術レベル向上を目的とした技術講習会や若手主体の研究集会の開催、海外派遣など、積極的な次世代研究者支援とネットワーク促進が行われ、若手研究者が分野を超えた融合を行うよう研究領域として努力を行っていることは評価に値する。今後はこうした若手研究者の活躍による、一層の研究進展が期待される。</p> <p>その一方で、多くの研究領域内共同研究は進行中であるものの、現状では研究領域の個別の研究成果が中心であり、今後、研究領域の研究成果としてどのようなものが期待されるのかが見えにくい。とくに数理モデル構築とその実験的実証については、研究領域としての解析ターゲットと道筋が不明瞭であり、早急な研究方針の方向性の再検討と研究計画の具体案の策定が望まれる。新学術領域研究（研究領域提案型）ならではの生物学と数学の融合による研究領域の成果に向け一層の努力を期待したい。</p>

領域番号	4905	領域略称名	脳情報動態
研究領域名	脳情報動態を規定する多領域連関と並列処理		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	尾藤 晴彦（東京大学・大学院医学系研究科・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>脳は4D マルチモーダルな膨大な情報を各脳領域で処理しつつ、領域間で適切に並列処理し貯蔵する。本領域の目的は、このような「脳情報動態」の実態を、先端的記録・操作技術により解明し、記憶・予測・判断に基づく行動原理を明らかにすることである。このため、分野横断型アプローチにより、脳情報動態の生命工学的構造を解明する新しい学問的基盤を確立する。</p> <p>A01 脳情報解読では、高度な脳機能を実現するコアとなる、前頭皮質と4つの記憶構造（扁桃体、海馬、小脳、基底核）で形成されるループ内の情報フローを実証的に研究するため、適切な神経回路網モデルを見出し、細胞レベルでその機能構築原理を解読する。また、大量の実計測データから回路情報フローを抽出・解読する情報学的基盤を確立する。A02 脳情報計測では、多領域連関と並列処理による情報変容を読み解くのに必要な、多細胞多領域ネットワークを高い時空間分解能で計測・操作する、細胞活動センサーやそれを活用した全光学的な神経活動計測操作システムを実現することを目指す。A03 脳情報ネットワーク構築では、多領域連関や並列処理機構を新たな脳動態モデル・情報工学を用いて抽出するために、ヒト脳を中心とした情報フローの数理モデリングや脳情報動態に学んだ非同期並列情報処理アーキテクチャの実現を試みることで、新たな計算論的脳情報工学基盤を創出する。これらの研究を通して、本研究領域では、脳情報動態の多領域連関と並列処理の解明に焦点を絞り、分子・細胞レベルから回路システムに至る多階層からなる脳領域連関システムの作動原理を世界に先駆けて明らかにすることを目指す。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>行動中の前頭皮質-基底核/小脳ループの機能的解析を進め(Nat Commun 2018; Neuron 2018; Sci Rep 2018)、前頭皮質の局所回路解析を行うとともに(Cereb Cortex 2017; J Neurophys 2019)、大規模シナプス結合解析のための走査型電顕画像取得技術確立した(Nat Commun 2018)。さらに、逆強化学習による線虫の環境適応機能の解明(PLOS Comput Biol 2018)や、脳結合構造を用いたヒトの視覚注意の転移デコーディング法の開発に成功した(Sci Rep 2018)。多領域脳情報連関を高精度に計測するための新規カルシウムインディケータXCaMPを開発し、前頭皮質の異なる3細胞種の同時活動記録を世界に先駆けて実現した(Cell 2019)。また、ヒト扁桃体のfMRIによる活動パターン計測から1年後までのうつ傾向変化を予測できることを示し(Nat Hum Behav 2017)、実際の新皮質回路の入出力に基づいた入出力回路セマンティクスとアーキテクチャ定義を新皮質マスターアルゴリズム(MAF)として国際学会で提案した。このほか、連続切片電子顕微鏡の再構築法やin vivo 蛍光像/電顕像相関解析法の開発、2光子イメージングの高精度解析法や神経回路モデルによる再現などについて領域内での連携を進めた。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）</p>
	<p>本研究領域は、神経生物学、光遺伝学、情報工学の融合により、脳内における膨大な情報処理システムを明らかにしようとするものであり、世界最先端の脳活動イメージング技術が開発されたことは特記すべき成果である。また、領域代表者のリーダーシップの下、そのイメージング技術を駆使して、脳の複数領野の連携による並列的な情報動態に関する新知見が得られている点、各計画研究から脳生理学、神経生物学に関係する優れたデータが得られている点も高く評価される。このように大規模な情報を得ているので、今後は、それらデータの数理解析を十分に進め、非同期並列情報処理に関する統合モデルの確立と実証を期待する。</p> <p>今後は、脳科学研究者と情報科学研究者、とりわけ若手の研究者が連携を組める環境を研究領域内に整え、各計画研究の連携を強化し、大規模計測データの数理解析およびモデル構築を進めることを強く望む。</p>

領域番号	4906	領域略称名	革新的光物質変換
研究領域名	光合成分子機構の学理解明と時空間制御による革新的光-物質変換系の創製		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	沈 建仁（岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>天然光合成は、太陽光エネルギーを利用して CO<sub>2</sub> と水から有機物を合成し、酸素を放出するもので、これによって地球上ほぼすべての生物の生存に必要なエネルギーと酸素を供給している。現代社会に不可欠な化石資源も光合成の産物であり、化石燃料の大量消費によって放出される CO<sub>2</sub> の増加が地球温暖化を引き起こすなど大きな問題となっており、それらに代わるクリーンエネルギーの獲得が人類に課せられた緊急かつ重大な課題である。本領域は、これまで日本で世界トップレベルの研究が行われてきた「天然光合成の機構解明」と「人工光合成システムの開発」という二つの研究分野を融合させ、それぞれの分野の研究をさらに深化・発展させながら、両分野の有機的な融合により革新的な光-物質変換系を創出するために組織されたものである。天然光合成については、水分解の詳細な反応機構や光エネルギーの高効率捕集・伝達機構を高精度の時空間レベルで解明する。そして解明されたこれらの原理を人工光合成系の開発に応用し、太陽光を利用した水分解や二酸化炭素還元触媒の開発を行う。両分野間の連携を最先端の理論・計測技術を取り入れた研究者の参加によって強化し、異分野間の本質的な融合を図る。これにより、天然光合成の作動原理をこれまでより高い時空間レベルで解明するとともに、これらを指導原理として取り入れることにより、時空間で高度に制御可能な「革新的な高効率光-物質変換系の開発」を目指す。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>天然光合成の原理解明と人工光合成系の開発は、生物学から化学・物理学・工学の各分野にまたがる複合領域研究であり、そのため、本領域は、各分野の研究者からなる計7つの計画研究と31の公募研究を組織した。各計画・公募研究はほぼ計画通りに研究が進展しており、これまで計251編の論文を発表するなど多くの成果を得た。特に、天然光合成の原理解明では、光合成細菌反応中心-光捕集アンテナ超複合体の高分解能構造 (Nature, 2018)、珪藻光捕集アンテナタンパク質の構造 (Science, 2019)、紅藻光化学系 I 複合体の電子顕微鏡構造(PNAS, 2018)などが新たに解析された。人工光合成系の開発では、貴金属を用いない系として世界最高効率での可視光水分解を実証し(J. Am. Chem. Soc., 2019)、合成が困難であった CO<sub>2</sub> を選択的に還元する3核錯体の合成にも成功した(Chem. Sci., 2018)。そして融合研究として、量子動力学理論と量子化学計算を組み合わせ植物の光化学系 II 初期電荷分離過程が、外界変動に対して頑健性を有することを示し(J. Phys. Chem. Lett., 2018)、有機薄膜太陽電池のエネルギー変換過程の電荷分離状態が長時間維持される「量子古典ラチェット機構」が起こり得ることを明らかにした(Phys. Rev. Lett., 2018)。これらのほか、国際的に高く評価される成果を多数輩出している。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、生物・化学・物理・工学の各分野の研究者により構成され、「天然光合成の機構解明」と「人工光合成系の開発」の融合により、革新的な光-物質変換系を創出することを目指している。各研究項目は、おおむね当初計画に沿って順調に研究が推進されている。特に、天然光合成の機構解明および人工光合成系の開発に関する基礎的な研究成果は、世界初やトップレベルの成果も多く、高いレベルにあることは評価できる。</p> <p>一方で、天然光合成および人工光合成の実験を主体とした研究項目間の連携、これらの研究項目に対する理論および解析を担う研究項目の連携や役割がやや不明確であり、領域代表者のリーダーシップによる連携体制の強化が望まれる。また、研究領域全体で、基礎的な成果をもとにしたエネルギー・環境問題への貢献という目標に到達する道筋を明確にしつつ、公募研究も交えた研究の加速と融合が望まれる。</p>