

## 6.2 さきがけ

○ 戦略目標「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」  
(241 ページ)の下の研究領域

### 6.2.1 量子技術を適用した生命科学基盤の創出

研究総括：瀬藤 光利(浜松医科大学 医学部 教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域では、量子科学・量子技術を生体や生体分子の計測に応用することで、量子と生体の研究の交流と融合を促進し、生命科学を革新的に発展させることを目的とします。近年、量子科学の発展により、量子科学を基盤にした量子ビーム、量子スピン、光量子センサー、量子エレクトロニクス等の技術は、例えば量子コンピューティングやtime crystal（時間結晶）の実現に至るような著しい進展をみせており、我が国でも世界をリードする技術シーズが創出されています。こうした量子技術は、生体分子の動態や相互作用を検出する新規生体計測技術の開発等のテクノロジーの創出や、生命現象の中に真に量子的な現象を見出す等の革新的なサイエンスへの展開が期待されているにもかかわらず、十分に進んでいるとは未だ言い難いのが現状です。そこで本領域では、量子技術のライフテクノロジー分野での積極的な応用を促すことで生命科学分野の一層の発展を目指します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### 1. 背景

近年の量子技術の進展は目覚ましく、量子コンピューティングも現実のものとなってきています。そうした中、欧米では生命科学応用を含む量子技術応用に数十億円規模の投資が実施されています。我が国はこういった先進諸国に比べ、量子センサ作製や量子ビーム高度化等の量子技術においては世界をリードしている一方で、量子技術の生命科学への応用は大きく遅れているのが現状です。

最近になって日本でも技術シーズの生命科学応用が少しずつ始まっています。ダイヤモンド NV 中心等の量子センサ技術は、これまで不可能であった生体内の微弱な温度・磁場・電場等を高感度観測を可能とし、世界的に注目されています。また、量子もつれ光子を超解像顕微鏡と組み合わせることで、これまで可視化されなかった状態を高い空間分解能で捉える新たな生体内イメージング技術の開発が進められています。生体分子の構造解析技術においても、量子ビームの高度化等によって、生体分子の機能

発揮において鍵を握る電子密度や水素位置を捉えるような、量子レベルの解像度を有する超精密構造解析時代に突入しています。

しかしながら、こうした取り組みは十分な広がりをもって展開されているとは言い難く、その要因として、生命科学の研究者による量子技術への苦手意識や抵抗感と、量子技術者の生命科学への応用に関する意識の希薄さなどが挙げられています。

### 2. 募集・選考の方針

本研究領域では、1. に記した背景や問題意識を踏まえ、量子技術の生命科学への応用を積極的に推進します。具体的な研究課題の例を以下のように挙げますが、これらにこだわらず、本方針を書いている研究総括や審査する領域アドバイザーが思いもよらなかったような斬新で挑戦的なアイデアを広く募ります。今回は量子技術によって生命科学の進展を目指す募集であり、生命科学技術によって量子科学技術を進める研究は対象としませんが、相互の交流により結果的に量子科学技術も進展することは是とします。

#### ① 生命現象を量子技術の応用により解明する課題

応募者としては主に具体的な生命現象を対象に研究している生物学や農学、医歯薬学等の研究者を想定しています。目的は技術の発明ではなく、新しい生命現象や原理や物質の発見、病態解明等です。その道具として量子技術を導入するものを広く募集します。

対象とする生命現象としては細胞内の生体分子の挙動や状態変化の細胞生物学的研究、生体分子の機能を支配しているタンパク質活性等の生化学的研究、個体レベルでの代謝や脳機能等の神経科学や生理学的研究、血管やがん等でのタンパク質分子等における化学結合情報の獲得による化学反応プロセスの機能解明や生体反応と疾患との関係解明等の薬理学的研究、中性子線と X 線の連携利用による水素原子・水分子の挙動情報の導入による生体内分子間相互作用や反応の解明の放射線学的研究、外殻電子の振る舞いや水素結合等の働きの理解によるタンパク質の機能解明・阻害（による医療応用の高度化）、光合成における電子伝達機構、膜電位を介した細胞機能、等の基礎生物学的研究など様々な課題が想定されます。

量子技術の例としては多光子顕微鏡等の光量子過程を駆使した顕微鏡、Qdot（量子蛍光微粒子）等のナノテクノロジーを用いた可視化、ダイヤモンド空孔を用いた温度や磁場の計測、PET など量子センサーを用いた研究、陽子・重粒子線や自由電子レーザー等の量子ビームなどが挙げられます。実際には多くの量子技術は生物にそのままの形で使える方法にまでは確立されておらず、技術自身のブラッシュアップも相応に必要なでしょう。

#### ② 生命科学に応用可能な計測技術を量子技術の利用により開発する課題

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

応募者としては主に応用物理や化学の分野の研究者を想定しています。これまで扱ってこなかった生命科学に応用可能な計測技術やそのプローブを開発することを想定しています。もちろんすでに計測技術開発に知識や経験のある生物工学や医用工学の研究者が量子技術を導入する提案も歓迎します。目的は発見ではなく発明です。ある程度量子エレクトロニクスや光量子等の分野で実績のある技術を水平展開して生体応用する研究が想定されます。さきがけ研究期間内に具体的な生物学医学上の問題に取り組むところまで到達する必要はありません。

目指す技術の例としては、量子センサによる生体分子間の相互作用検出系の開発、量子センサの感度向上によるナノメートル空間分解能での定量的な細胞内温度・磁場・電場等の計測、細胞内局所の物理場のマルチモーダルイメージングの開発、心磁や脳磁等の計測による産業・医療応用への展開、電子スピン共鳴を利用した単一分子の NMR・MRI の開発、量子もつれの蛍光顕微鏡への導入による低侵襲な生体深部イメージング技術の開発、超解像顕微鏡、多光子等の光・量子技術による新たな生体内イメージング技術の開発、量子ドットによる医療応用の高度化に向けた基礎研究、量子もつれ光による血管内壁の観察技術の開発等を期待することが出来ると考えています。

### ③ 生命現象を量子科学的に理解する課題

応募者としては主に理学部の量子研究者、SPRING-8 やクライオ電子顕微鏡や NMR 等を用いた構造科学者、理論生物学、計算科学、いわゆる狭義の量子生物学の研究者等を想定しています。目的は発明ではなく理解であり、それも生物の量子科学的な理解です。そのための道具は必ずしも量子技術でなくてもかまいません。例えば計算シミュレーションからのアプローチも考えられるでしょう。量子コヒーレンスや電子相関といった効果が生物機能と密接かつ直接的に関係しているような事例、つまり、くりこまれた古典マクロ（粗視化）モデルが存在しないような事例は議論の最先端であり、そもそもそういうものが存在するのかということも含めて幅広に取り扱うことになります。具体的な例としては超高分解能の結晶構造解析を基盤にした視物質による光吸収・応答の研究、植物の光合成やミトコンドリアの呼吸等に関わる電子伝達系・エネルギー移動等の研究、渡り鳥の地磁気感知システムの研究等を挙げることができます。

### 3. 提案・選考にあたり

本研究領域に応募される場合、テーマに関する複数の研究者との共同研究を可能とします。つまり、生命科学の研究者が量子技術の研究者や企業との共同研究として提案することが可能です。また、量子分野の研究者が生命科学の研究者や企業と組んで出すことも可能です。ただし、共同研究の場合の研究費は、さきがけで採択された個人研究者のみへの配分となり、共同研究者への予算の配分はありませんのでご注意ください。また、連携提案の際、ペアを組んだ二人がどちらも若手である場合、その旨様式 1 及び様式 3 に連携研究者氏名を明記してのペア応募も可能です。その場合両方通らないと採択されない

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

わけではなく、一方だけが採択される場合もあります。もちろん、生命科学と量子の両方に知見を有する個人研究者においては、従来通り、個人での応募も可能です。

採択後に他の個人研究者・領域アドバイザー等とも連携を進めることも推奨します。選考は、領域アドバイザーの協力を得て行います。領域アドバイザーには、量子科学・生物学・そしてその間を繋ぐ化学または分光学の先生方をバランスを見て配置し、さまざまな研究提案の選考に対応する予定です。量子科学の研究者で生命科学計測への展開を指向している研究者、生命科学の研究者で量子技術を活用して生命現象の解明を指向している研究者で、現状共同研究相手が無い方々も採択されればいずれこの領域の中で相手が見つかることでしょう。

「さきがけ」は専任としての参加形態が取れるプログラムです。現在所属している研究室の研究テーマにとらわれない斬新な提案を歓迎します（専任としての採用には、JST の内部審査があります）。

※なお、本領域に応募される場合は、提案書様式が他の研究領域と異なるため、本研究領域の用の提案書書式を e-Rad からダウンロードして下さい。

### 4. 運営の方針

領域運営においては、異分野研究者間の交流を重視し、プラットフォームのような「技術／解析拠点」を研究領域内に作り、生命科学技術の研究者と量子科学技術の研究者が 1 つのエリアで研究出来る体制も検討します。また、採択された個人研究者と分野が異なる領域アドバイザーが指導し、研究者が様々な知識を身につける体制を構築する他、生命科学技術の研究者と量子科学技術の研究者が連携し、研究領域内外の研究者と柔軟にマッチングが出来るような工夫も考えています。

本研究領域においては、さきがけの 3 年半に創出された論文数や学会発表数で成果を評価しようとは考えていません。すぐに成果が出るとは思っていませんし、研究成果の社会的な応用についても、それ以上に時間がかかることはやむを得ません。安心してハイリスクなテーマにも積極的に挑戦していただきたいと思います。現在の私たちの想像を絶する成果がこの分野からいずれ出てくることを我々は確信しており、その一翼を担う研究者たちが本領域から一人でも多く出てくれば、研究総括としてこれ以上の喜びはありません。

※本研究領域の募集説明会を下記日程で開催いたします。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております（4 月 18 日は、CREST 研究領域「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」・さきがけ研究領域「量子の状態制御と機能化」と合同で開催）。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

	日時	場所
関東	4月18日(火) 14:00~16:20	科学技術振興機構(JST) 東京本部別館 1階ホール (東京都千代田区五番町7 K's 五番町)
関西	4月21日(金) 13:00~14:30	TKP 新大阪東口ビジネスセンター ホール5A (大阪府大阪市東淀川区西淡路1-3-12 新大阪ラ ーニングスクエアビル)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご覧ください。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」(244 ページ)の下の研究領域

### 6.2.2 生体における微粒子の機能と制御

研究総括：中野 明彦(東京大学 大学院理学系研究科 教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域では、生体内の微粒子の動態や機能の解明、さらにはそれらの制御に関する研究開発の推進によって、微粒子により惹起される生命現象の本質的な課題に取り組みます。

近年、環境中の様々な微粒子(外因性微粒子)の生体内への影響や、生体内で形成された微粒子(内因性微粒子)の機能が注目されています。例えば外因性微粒子では、PM2.5 やカーボンナノチューブなどと疾患との関連性の研究が進められ、内因性微粒子ではエクソソームなどの体内動態や機能発現に基づく診断技術に関する研究が多数報告されています。

しかしながら、外因性微粒子については、生体内への取り込み過程、分布や局在等の挙動については多くが未解明のままとなっており、有害微粒子の対策が遅々として進んでいません。また、内因性微粒子については、細胞内での生成過程、細胞外動態、さらにはその生物学的意義について不明な点が多く、これらの微粒子を対象とした診断や治療技術の開発における本質的な課題となっています。さらに、これらの微粒子の生体内での定量分析や動態把握は、粒径の多様さや観察技術の遅れなどから、既存の技術では正確な解析が十分には行われていない状況です。

以上を踏まえ、本研究領域では、生体内の微粒子の機能の解明とその制御を目的とした研究開発を推進します。具体的には、環境や生体に影響を及ぼす微粒子の機能解明をしようとする課題、生体内の微粒子の動態解析の新技术に着目し、それを汎用的な技術に発展させようとする課題、さらには、微粒子の生理学的意義を通じた制御技術の開発から健康に寄与する新技术を創出する課題などに取り組み、環境や健康に関する各種課題解決に貢献します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

生体に関わる微粒子には様々なものがあります。PM2.5 などの外因性の微粒子もあれば、細胞が形成する内因性の微粒子もあります。その形成のメカニズムも生体に与える影響も様々です。多様な観点からとらえることができる研究分野と考えていただきたいと思います。

内因性の微粒子として、近年、細胞外に放出される小胞であるエクソソームの機能に注目が集まっています。しかしその形成・伝搬過程が十分に理解されているわけではありません。本来、細胞外にシグ

ナル分子を放出する過程は「分泌」として長年研究が行われてきた分野ですが、従来から知られている通常の分泌とは異なる機序によるもの (unconventional secretion 型破りな分泌) も知られるようになってきました。細胞が「微粒子」を作り出し、細胞外に放出する過程には、まだまだ私たちが知らないメカニズムが存在しているかもしれません。大胆な発想に基づく斬新な研究アプローチが期待されています。

これらの外因性および内因性微粒子に対して、生体が、そして細胞がどのように応答するのかは非常に重要な問題です。外因性のさまざまな微粒子が私たちの身の回りに存在し、健康を脅かしていますが、病原体の場合に比べ、応答の機序はまだよくわかっていません。体内侵入の経路、細胞レベルでの受容と免疫反応惹起の分子機構など、課題は山積しています。また内因性の細胞外小胞、エクソソームが脚光を浴び、そこに含まれる miRNA の役割が注目されていますが、その効果は miRNA によるものばかりではありません。シグナル分子の同定、エクソソームへの濃縮過程が存在するのか、またエクソソームが標的を選ぶメカニズムは存在するのか、など解決すべき疑問は数多く存在します。しっかりした基礎研究が求められています。さらに、上にも述べたように、エクソソームとは異なる内因性微粒子が細胞外に放出されていることも十分ありうるでしょう。旧来のドグマに囚われない発想を求めたいと考えています。

もう一つ重要なのが、これらの研究を支え、さらに加速するための基盤的な技術の開発です。肉眼では判別できない微粒子について、精密な情報を抽出するためには、検出・観察、精製・分離、さまざまなパラメーターの解析・定量といった基盤技術の開発が不可欠です。対象とする微粒子の種類によって必要とされるアプローチも異なってくるでしょう。生体での動態観察には超解像ライブイメージングのような最先端の技術も必要になるでしょう。複眼的な新技術を拓く提案を歓迎します。

細胞内膜交通や細胞の免疫応答については、長年の精力的な研究が実を結び、その理解が成熟してきている感もありますが、実はその多くは依然として不確かな仮説の上に成り立っています。パラダイムは決して不変ではありません。パラダイムシフトに挑戦する若い研究者の斬新な提案をぜひ求めたいと思います。

具体的には以下に示したような区分で、斬新かつ挑戦的な個人型研究課題を募ります。

### (1) 外因性および内因性微粒子に対する細胞応答、生体応答の研究

例えば外因性微粒子の特定の成分や粒径・粒形などに着目し、それが引き起こす免疫機構を解き明かそうとする課題、特定の内因性微粒子に着目し、その生体応答の情報伝達機構を解明しようとする課題、あるいは特定の生体応答に着目し、様々な微粒子との関係を明らかにしようとする課題など、微粒子が関与する細胞・組織・器官・個体の各階層における生体応答の機序解明に向けた提案

### (2) 外因性および内因性微粒子の体内動態に関する研究

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

外因性微粒子の環境から生体内への取り込みの動態や免疫系による排除あるいは蓄積の過程を明らかにしようとする課題、さらにそこから外因性微粒子による影響を排除する対策の糸口を提示しようとする課題、内因性微粒子の生成から機能発現そして分解に至る動態を解明しようとする課題、さらにその知見を薬物送達などの応用に結び付けるようとする課題など

### (3) 内因性微粒子の形成機序に関する研究

例えば特定の細胞外小胞や細胞外顆粒に着目し、その形成・分泌機序を解き明かそうとする課題、さらにその生物学的意義に迫ろうとする課題など

### (4) 内因性微粒子の構造と機能に関する研究

例えば特定の細胞外小胞や細胞外顆粒に着目し、その構造解明や内包する核酸やタンパク質などの定量的把握を目指す課題、さらにそれらの構造や内包物の機能を解き明かそうとする課題など

### (5) 微粒子の定量分析、動態解析のための基盤技術の開発研究

外因性微粒子の粒径や形状あるいは表面状態の異なる粒子を分別して検出/定量する技術、生体内に取り込まれた粒子の検出/定量技術、生体内動態を観察/追跡する技術など

内因性微粒子の大きさや性状の異なる粒子を分別して検出/定量する技術、生体内での生成過程や機能発現過程そして分解排泄過程までの動態を観察/追跡する技術など

以上の課題はあくまでも「例」であり、これら以外のユニークな着眼点、独創的なアプローチによる提案も歓迎します。

なお本領域で扱う「細胞外微粒子」について、定義や該当する範囲を厳密に定めるのは適当ではないと考えています。外因性の微粒子には、花粉、孢子、細菌、ウイルスのような生物由来のものも含めてもよいかもしれません。ただし「微粒子としての挙動を示す研究対象」を特定した提案であることが望まれます。また、応答する側の生体は、動物だけでなく植物や微生物などを含むあらゆる生物を対象とします

領域運営においては、同じ戦略目標の下で運営される CREST「細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出」領域だけでなく、その他のさきがけ領域とも連携推進を図り、また関連する国内外の学会や研究機関等との連携も促進し、相乗的な研究展開を推進します。

※本研究領域の募集説明会を下記日程で開催いたします。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております（CREST「細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出」との合同開催です）。

	日時	場所
関東	4月18日(火) 14:00～15:30	アルカディア市ヶ谷 3階 富士の間 (東京都千代田区九段北 4-2-25)



## 第 6 章 募集対象となる研究領域

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご覧ください。

○ 戦略目標「ナノスケール熱動態の理解と制御技術による革新的材料・デバイス技術の開発」(246 ページ)の下の研究領域

### 6.2.3 熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御

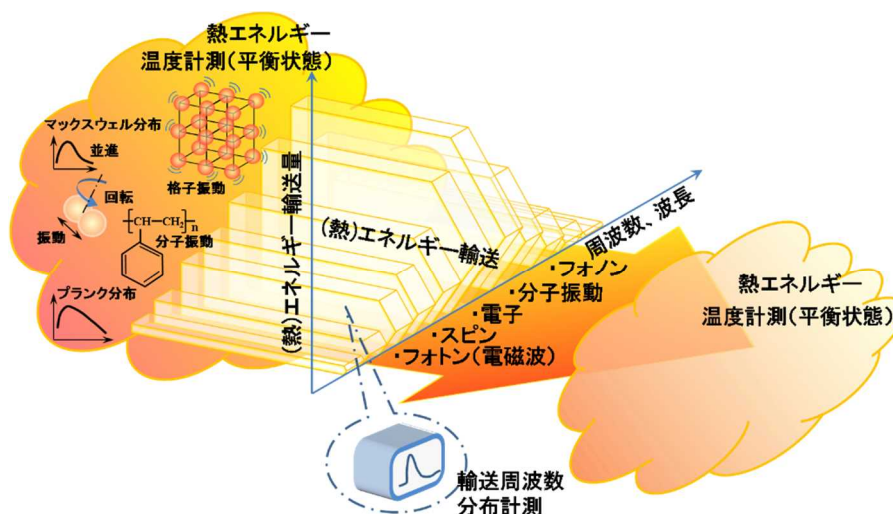
研究総括：花村 克悟(東京工業大学 工学院 教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域は、将来の持続可能社会および高度情報化社会・産業に革新をもたらすデバイスや新材料の実現に資するために、熱輸送の指向性制御やスイッチングとそれを可能にする原理解明、さらにその理解を支援する計算手法あるいは熱輸送のスペクトル計測等の基盤技術の創出を目指します。

具体的には、フォノン、分子振動、電子、光子(電磁波)、さらにスピンなどの熱を輸送する機構にまで立ち返り、従来の巨視的な熱輸送の概念に、新たに特徴と機能を付与する画期的な研究を推進します。例えば、これらの熱輸送機構について周波数や波長ごとの成分に分解し、成分ごとの輸送指向性付与、遮断を含むオンオフ制御、特定の周波数成分によるエネルギー変換などが想定されます。それによって、熱輸送の本質的な理解と制御に寄与する基盤技術、ならびにそれに関するスペクトル学理の構築を目指します。

本研究領域では、機械系、物理系、材料系に加え、化学系、生物系、情報系、数理系など、幅広い専門分野の研究を推進し、異なる分野の科学的知識を融合した総合的な取り組みを奨励します。そして、熱の輸送を自在に操るなどといった新たなサイエンスを切り拓く挑戦的・独創的な研究を推進します。



## 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

### 1. 背景

近年、各種の電子機器において集積化が進み、結果として電子デバイスにおける発熱密度が上昇の一途をたどっています。そのため、従来のパッケージ化されたチップ側壁からの熱輸送による徐熱方法では、限界に達しているとの見方があります。例えば、チップ内の発熱位置からダイレクトに、かつ指向性を持って内蔵ヒートパイプに直結できれば、この限界を超えることも夢ではありません。最終的に、スマートフォンなどにおいては、その最表面に熱を拡散させ環境へと放熱することになりますが、発熱位置から最表面までの熱輸送の経路や過程については、構造や材料さらに輸送因子に起因する原理から根本的に見直す必要があります。また、熱が流れてほしくないときには断熱、流れてほしいときには高熱流束といったスイッチングにより、熱マネジメントを最適化することによって達成される省エネルギー技術開発もすでに始まっています。このような熱輸送に関わるオンオフ制御に加えて、熱の行先を右へ左へと自在にスイッチングすることができれば、従来の一方的な断熱といった受動的な対処から、熱輸送に指向性を与えることにより能動的な対処、さらには有効利用へと移行できます。さらに、製造業に関わる産業工場、1台当たりあるいは1戸当たりは小さいものの数量が多い自動車や住宅などにおいて、未利用のまま排出されている熱エネルギーがトータルとして大量に存在しています。こうした熱エネルギーについても、熱を輸送する因子のフォノン、分子振動、電子、フォトン（電磁波）、スピンについて、例えば周波数や波長ごとの成分に分解しかつスイッチングすることができれば、その成分ごとに方向を振り分けることで、例えばフォノン起電力発電やフォトン起電力発電などのエネルギー変換へとつながるなど、熱輸送そのものが指向性に加えて、機能性を有することになります。

これまで、「放熱（徐熱）」「熱輸送」「熱発生」「断熱」「蓄熱」「熱エネルギー変換」等のテーマで研究が展開されてきましたが、高度情報化社会と省エネルギーに先導される、新たな社会的・産業的なニーズを受け、また、近年の微細加工技術の著しい発展や計測・計算技術の高度化を踏まえ、これらのテーマを上記のような新しい視点で捉え、科学技術・イノベーションの創出に繋げることが求められています。

### 2. 募集・選考の方針

実在系において熱エネルギー量を見積もるには温度測定が最も容易です。しかし、その熱輸送については直接その物理量を測定する方法はなく、熱流束測定に代表されるように、既知の熱伝導率を有する物質の2点間の温度差から求めるなど、やはり温度を頼りに見積もられています。この温度はいわゆる平衡状態として定義されます。一方、その熱輸送を、フォノン、分子振動、電子、フォトン（電磁波）、スピンなどが担っていると解釈すると、例えば周波数や波長ごとの成分に分解することにより、その輸送過程においては、熱という概念が当てはまらなくなります。むしろ各成分に分解することにより、輸送される（熱）エネルギーに特徴あるいは機能を付与できる可能性があります。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

本研究領域では、熱輸送を巨視的に理解しようとする従来の研究とは一線を画し、新たな概念・発想・手法を用いて、それぞれの周波数あるいは波長ごとの成分に分解した（熱）エネルギー群の特徴を詳細に理解することで、熱輸送の本質的な理解に迫る、画期的な研究を実施することを目指します。そして、その周波数や波長ごとに、例えば右へ左へ自在に熱輸送をスイッチングするような新たな発想や手法の創出を目指します。さらにこの輸送過程においては、輸送される（熱）エネルギーに特徴あるいは機能を付与できる可能性があり、計測や指向性制御、オンオフスイッチング、エネルギー変換、高分子内の熱輸送、生体・細胞の冷凍における熱輸送など、多様な研究アプローチが予想されます。公募にあたっては、機械系、物理系、材料系に加え、化学系、生物系、情報系、数理系など幅広い専門分野からの研究者の参画に期待します。

本研究領域では、熱の輸送過程における物理量の定義や直接計測を含め、各系において、こうした周波数や波長ごとの特徴的な（熱）エネルギーを理解・制御するための基盤研究に関する提案を幅広く期待します。

ナノ（マイクロ）レベルの研究を重視しますが、分野によっては、実在系にスケールアップしたときにナノレベルで確認したメカニズムが有効となる系を念頭に置いた広いテーマを期待します。また、実在系で支配的となり得る、界面での熱輸送現象も重視します。

なお、周波数あるいは波長ごとのエネルギー群に分解するなどという、本研究領域の趣旨に合致するものであれば、これまでに強力に推進されているテーマを排除することはありません。

本研究領域では、熱輸送の支配因子であるフォノン、分子振動、電子、光子（電磁波）あるいはスピンなどの相互作用に関する研究等、熱輸送の本質から派生した新たなサイエンスへ発展する可能性がある研究も対象とします。

### 3. 領域運営の方針

本研究領域の募集においては、個人研究者による独創的な研究提案を推進するだけでなく、分野の垣根を越え他の研究者との相互作用により個人研究者が自己の殻を破れるか、将来的に熱科学に関する研究を牽引していく新しい「仲間」を作れるか、という人材育成の観点も重要視しています。また、平成 29 年度に、同じ戦略目標の下に実施する CREST 研究領域「ナノスケール・サーマルマネジメント 基盤技術の創出」を始めとする、研究領域内外の研究者との連携の場も活用し、本さきがけ研究が、研究者自身の今後の研究を飛躍させる上で重要なステップとなることを期待します。ついては、研究提案書に、提案者自身が将来的にどのような熱研究を発展させたいかご記載ください。

本研究領域で採択する研究者は、研究の社会的な背景等をしっかり理解しつつ、自身のさきがけ研究を切り拓き、将来的には産業界との連携を支えられるような人材に成長することを期待します。そのため、本研究領域に参画する研究者は、研究期間中、知財権取得に関する検討を積極的に行っていただきます。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

なお、研究の進展に応じて、文部科学省ナノテクノロジープラットフォームをはじめとする、全国の研究機関や枠組みとの連携や協働を促進します。

※本研究領域の募集説明会を下記日程で開催いたします。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。

	日時	場所
関東	4月24日(月) 10:00~12:00	科学技術振興機構(JST) 東京本部別館 1階ホール (東京都千代田区五番町7 K's 五番町)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご覧ください。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

○ 戦略目標「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化」(251 ページ)の下の研究領域

### 6.2.4 人とインタラクションの未来

研究総括：暦本 純一

(東京大学 大学院情報学環 教授、株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 副所長)

#### 研究領域の概要

人工知能・ビッグデータ解析技術等が広範に用いられ、IoT が社会の各所に浸透し、情報空間と現実社会が広範囲に融合しつつある中、あらゆる人々が自然な形で最適かつ高品質なサービスを受け、能力を発揮し、快適な生活を享受できる「超スマート社会」の実現が期待されています。

本研究領域では、情報科学技術をはじめとする各種の技術により、人間と人間、人間と機械、人間と情報環境、人間と実世界環境などの多様な状況でのインタラクションの進展に資する人間の能力を拡張するための新たな技術や人間と環境が高度に調和する技術の創出、インタラクション理解のさらなる深化を目指します。

具体的には、ヒューマンコンピュータインタラクション、バーチャル/オーグメンティッドリアリティ、人間拡張、人間と AI の協調/融合、テレプレゼンス、ウェアラブルコンピューティング、コミュニケーション技術、スマート環境、高度センシング、デジタルファブリケーション等、人に関わるあらゆる情報科学技術を対象とし、これらの技術を中心に、認知科学、心理学、脳科学等の関連学問分野と連携し、インタラクションの支援・理解・活用のための未来先導型の研究開発を推進していきます。

インタラクション技術により、人々の相互理解を深め、個々人の多様な生活形態や能力等に沿って自然に行動を支援し、急速に進化している人工知能・IoT 等の恩恵を誰もが最大限に享受できる未来社会の実現に貢献していきます。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### (1) 背景

必要なモノやサービスを社会の様々なニーズに応じて提供し、あらゆる人々がその能力を発揮あるいは拡張し、生き活きと快適に暮らすことのできる「超スマート社会」を世界に先駆けて実現することが我が国の重要な目標となっています。人工知能、ビッグデータ解析技術、IoT 等の急速な発展は、この

超スマート社会の実現への大きな原動力となっていますが、これらの革新的技術の恩恵を誰もが最大限に享受できるためには、人間と人間、人間と機械、人間と情報環境、人間と現実環境などの多様な状況での相互交流（インタラクション）や相乗効果を理解し、最適に活用できるための研究開発が重要な役割を担います。

### (2) 提案募集する研究について

このような背景のもと、本研究領域では以下のような人に関わる広範囲な情報科学技術を対象とし、これらの技術を中心に、認知科学、心理学、脳科学等の学問分野と連携し、インタラクションの支援・理解・活用のための未来先導型の研究提案を募集します。

- ・ ヒューマンコンピュータインタラクション
- ・ ヒューマンオーグメンテーション（人間拡張）
- ・ ヒューマンロボットインタラクション
- ・ 人間と AI の協調、融合
- ・ 知的ユーザーインターフェイス、自律/知的エージェント
- ・ バーチャルリアリティ (VR)、オーグメンティッドリアリティ (AR)、テレプレゼンス
- ・ ウェアラブル/サイボーグ技術、BMI (Brain-Machine Interface)
- ・ 現実空間とのインタラクション、スマート環境
- ・ デジタルファブ리케이션
- ・ ウェアラブルエレクトロニクス等、インタラクションを実現するための高度なセンシング、アクチュエーション、素材技術
- ・ 認知科学

提案にあたり、このさきがけを通じて日本の存在感を示し、積極的に世界に挑む若手研究者の参画を強く期待します。本気で世界と伍し、世界を先導する研究を強い意志をもって進めていくことを求めます。インタラクション研究の中には、ともすると一見奇抜であったり目先が変わったりするだけのものを短期的に追い求める例もありますが、本研究領域では、未来に対するビジョンを持ち、その実現に熱意をもって取り組む研究者を支援します。領域名に「未来」を掲げているのはそのためです。世界にインパクトを与え、科学技術イノベーションや未来社会の実現につながる研究に、このさきがけで是非挑戦してください。

また、本研究領域では、要素技術の高度化だけでなく、インタラクション技術をどのように社会に役立て利用するのか、社会にどのように受容されるか等を考慮し研究を進める姿勢を求めます。コアとなる情報科学技術がもたらす未来社会のビジョンを明確にして、革新的な研究開発を進めることを期待します。これに関連して、採択後には研究ビジョンの構築や研究の方向性をブラッシュアップするための

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

情報収集の手段として、研究期間中に SciFoS (Science for Society) 活動に参加していただきます。これは、研究でチャレンジしている取り組みが、どのような社会価値を創造するのか、社会における顕在化したあるいは潜在的なニーズを満たすものなのかを検証する若手研究者向けのプログラムです。研究者自身が自分の研究の社会的価値に関し、研究室の外に出て企業等にインタビューを行うことで検証・再整理します。自分の研究を社会からの期待の中で位置付けなおし、さらに進展させる作業を行い、今後の研究のステップアップにつなげることを目的としています。詳細は以下を参照して下さい。

<https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/research/scifos.html>

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) を構成する「AIP ネットワークラボ」の一研究領域として、理化学研究所革新知能統合研究センターをはじめとした関係研究機関等と連携しつつ研究課題に取り組むなど、AIP プロジェクトの一体的な運営にも貢献していきます。

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催いたします。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。なお、募集説明会はいずれも、さきがけ研究領域「人とインタラクションの未来」、さきがけ研究領域「新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出」、ACT-I 研究領域「情報と未来」が合同で開催します。

	日時	場所
京都	4月18日(火) 13:00~16:00	メルパルク京都 5階会議室B (京都府京都市下京区東洞院通七条下ル東塩小路町676-13)
東京	4月19日(水) 14:00~17:00	JST 東京本部別館 1階ホール (東京都千代田区五番町7 K's 五番町)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご覧ください。



- 戦略目標「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」  
(254 ページ)の下の研究領域

### 6.2.5 生命機能メカニズム解明のための光操作技術

研究総括：七田 芳則(立命館大学 総合科学技術研究機構 客員教授/京都大学 名誉教授)

#### 研究領域の概要

本領域では、光によって生体を制御する革新的な技術の開発を目的とします。このため、「操作」および「観察」とそれらの技術を活用した「機能解明」の3つを領域の柱とし、異分野による連携、融合による新しい生体機能制御技術の確立を目指します。

近年、ライフサイエンス分野では、光の特性を活かした様々な操作技術の開発により、生命現象の理解が飛躍的に進展しようとしています。例えば、オプトジェネティクスは、光感受性タンパク質の神経細胞への発現と特定波長の光照射によって、脳神経回路の機能解明に革新的な変化をもたらしました。また、最近では、光感受性タンパク質を用いた酵素活性や細胞内シグナル伝達の操作技術、ゲノム編集などとの組み合わせによる遺伝子発現の制御技術など、新たな生体機能制御技術の萌芽も確認されます。

これらの技術開発が爆発的に広がろうとしている背景には、光関連タンパク質の同定や関連因子の知見が過去 70 年以上にわたって膨大に蓄積され、これらタンパク質を利用した生体への応用の基礎ができあがっていたことが挙げられます。そのため、基礎的な知見のさらなる展開により既存の技術の弱点を解消し、さらに、世界的にも新奇な光操作技術の開発が喫緊の課題として浮かび上がっています。

以上のことから、本研究領域では、生体機能を光によって操作する技術、光操作によって表出する生命現象を観察・計測・解析する技術、さらにはそれらの技術を用いて生命機能の解明を目指す研究開発を推進します。領域の運営にあたっては、我が国が強みを持つ光生物学や光学、ナノテクノロジー、工学、生理学などとの連携を促すことで、革新的な光操作技術の確立を目指します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

1990 年代の蛍光タンパク質や小分子を用いた生体イメージング、最近の遺伝子工学におけるゲノム編集技術などにみられるように、近年、様々な知見や要素を統合した新しい技術が生命科学分野に急速に浸透しています。こういった新技術は、ライフサイエンスの基礎研究に大きなインパクトもたらすとともに、技術を応用した新製品の開発、またはそれに付随する新市場の創出など科学技術に関するイノベーションの創出の源泉となることが期待されています。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

光の特性を活用した、生体機能の操作技術も上記と同様のポテンシャルが期待される技術分野といえます。例えば、2000 年代後半からチャンネルロドプシンを初めとした光感受性タンパク質の生命科学研究への応用が拡がりを見せています。オプトジェネティクスに代表されるこれらの技術は、高い時空間分解能の観点から、特に神経科学の分野で急速に浸透しました。また、関連する機器開発なども企業を中心に活発化しつつあります。

光感受性タンパク質を素子とした光操作技術は、光感受性タンパク質の光による構造変化を利用するため、その技術の開発・最適化には光感受性タンパク質の動作原理の理解が必要不可欠でした。つまり、光操作の技術は、これまでの感受性タンパク質の基礎的な研究の上に花開いた技術といえます。その意味で、この技術は開発の初期にあり、今後、技術の弱点を解消して最適化することや、さらに、革新的な技術の創成が期待されます。

そこで本研究領域では、光感受性タンパク質を含む様々な生体分子の知見を基盤とし、光操作による革新的な生体機能制御技術の開発を目指します。具体的には、1) 生体機能を光によって操作する革新技術、2) 光操作によって表出する生命現象を観察・計測・解析する技術、3) 光操作技術を活用した多様な生命機能メカニズムの解明など、多彩な分野から独創的な発想に基づく挑戦的な個人研究を募り、生命科学と光科学に加え、ナノテクノロジー、物理学、工学、化学、情報科学等との連携、融合を図りながら、光操作を基盤とした革新的な技術の創出を目指します。

なお、本研究領域は光による操作や制御の技術を基本としますが、時空間分解能の観点で既存技術を凌駕する生体機能の革新的な制御技術開発の提案を排除するものではありません。例えば、可視光とは違って生体内を非侵襲的に透過する電磁波や磁場を利用した生体機能の制御技術は新しいイノベーションを起こす可能性があります。

具体的には以下のような課題に焦点を当て、研究提案を募集します。

### 1) 生体機能を光によって操作する革新技術の開発 :

光送達技術開発、光受容タンパク質の設計・導入技術の開発、酵素活性操作やシグナル伝達操作、遺伝子発現操作、ゲノム編集操作、細胞内小器官の生理機能操作などの技術開発、既存技術を凌駕する生体機能の新たな時空間制御技術の開発など

### 2) 光操作によって表出する生命現象を観察・計測・解析する技術開発 :

生体の深部の機能を非侵襲的に観察・計測する技術開発、光による操作と同時平行で観察・計測する技術開発、複数の種類の観察結果を対応付ける解析技術開発など

### 3) 光操作技術を活用した多様な生命機能メカニズムの解明 :

脳神経系や発生・分化・再生・免疫・代謝系等のメカニズムの解明、多様な生物を対象とする生命機能ネットワークの時空間的な理解

以上の課題はあくまでも「例」であり、これら以外の革新技術の提案も歓迎します。

なお選考では、

- ① 光による操作・制御を実現・革新しようとする際の基本的な要素（分子設計・技術など）の新規性・独自性
- ② 観察技術の局所から全身への展開
- ③ 光による操作・制御を通じて解明しようとする生命機能メカニズムの科学的意義

の3点（いずれかでも構いません）を重視します。この基準を満たす個人研究の提案であれば、生命科学や光科学のみならず、物理学・工学・化学・情報科学などの分野からの提案も歓迎します。これまでの研究の単なる延長ではなく、世界的にみても実現されていない科学的、技術的な困難に果敢に挑戦する提案を待ち望んでいます。

また、応募にあたって以下の点を参考にしてください。

1. 革新的あるいは独自の分子や技術に立脚した研究提案の場合には、それにより「何が」可能になり、今まで解明が難しかった「どのような」生命機能の理解につながるのかについて、より具体的に記述してください。
2. 今までの手法では解明が難しかった生命機能メカニズムに対して光操作技術を工夫することで解明しようとする研究提案の場合は、今回の応募を機に、これまでに積み重ねてきたものを土台に、より挑戦的な研究計画をご提案下さい。
3. 作業仮説の手がかりとなる予備的データや用いる実験手法の準備状況を提示することができるのと研究提案に説得力が増します。
4. 個体レベルの生命機能解明への光操作技術の応用や理論・情報の側面から光操作による生命機能解明を進める研究はこれから大きな発展が見込まれる方向性です。そのような方向性での提案が可能な方は、是非ご応募をご検討ください。

領域運営においては、同じ戦略目標の下で運営される CREST「光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用」領域だけでなく、さきがけ「光の極限制御・積極利用と新分野開拓」領域や CREST「新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクス」領域とも連携推進を図り、また関連する国内外の学会や研究機関等との連携も促進し、相乗的な研究展開を推進します。

なお、平成 28 年度は、3 本柱の中の「光観察」に関する応募が少なめでした。「光操作」、「機能解明」に関する応募とともに、「光観察」に関するより一層の応募を期待します。また、研究の進展とともに膨大な量の実験データが蓄積されてきましたが、これらのデータを理論的に解析する試みもこの分野の発展には不可欠です。そこで、解析研究を志す課題の応募も期待しています。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」(256 ページ)の下の研究領域

### 6.2.6 計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用

研究総括：雨宮 慶幸(東京大学 大学院新領域創成科学研究科 特任教授)：CREST 担当

副研究総括：北川 源四郎(明治大学 先端数理科学インスティテュート 所員)：さきがけ担当

148 ページをご参照ください。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓」(259 ページ)の下の研究領域

### 6.2.7 量子の状態制御と機能化

研究総括：伊藤 公平(慶應義塾大学 理工学部物理情報工学科 教授)

#### 研究領域の概要

量子現象をただ観るのではなく、制御して機能化するフロンティアを切り拓く独創的で意欲的な研究を本研究領域では推進します。様々な原子、分子、物質、ナノ構造、電磁波、生命体や、それらが相互作用する系に潜む量子現象の本質を紐解き、挑戦的な量子状態の操作・制御・測定をとおして新概念、新機軸、新技術の創成に大きく寄与します。これらがシーズとなり、将来的には革新的な情報処理技術、計測技術、標準化技術、通信ネットワーク技術、省エネ技術などに発展することを目指します。高度な洞察力と、理論展開・実験技術・計算技術などに支えられた実力を駆使して、量子科学とその応用の将来を世界レベルでリードする若手研究者の輩出を目指します。

具体的には、量子に関わる物理学、情報科学、化学、工学や生物学のみならず、数理科学、物質科学、ナノ構造科学などの多岐に渡るテーマを推進し、これら異分野の連携・融合を促進するプラットフォームを構築します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### 1. 背景

20 世紀初頭の量子力学の発見によって量子光学、固体のバンド理論などが進化し、レーザー・トランジスター・LED などの素子が開発されてきました。20 世紀後半以降は、エレクトロニクスとナノテクノロジーの急速な発展により、単一の量子（原子、電子、光子、フォノンなど）や、単一の量子として扱える巨視的な量子現象（超伝導量子ビットなど）をコヒーレントに操作・制御し、その機能に基づき従来技術における不可能を可能にし得る計算・通信・計測・標準・省エネ技術を開発することが注目されています。量子科学の発展は止まることを知らず、単一量子のコヒーレント制御から、少数の量子もつれ制御、さらには多数量子系の制御と研究フェーズを刷新しています。

そこで本研究領域では、量子状態をコヒーレントに制御して機能化するフロンティアを切り拓く研究を推進します。

##### 2. 募集・選考の方針

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

新進気鋭の研究者が知恵を絞った、独創的で、科学的に胸が踊る提案を募集します。さきがけ研究の 3 年間でコンパクトな成果を出すのではなく、さきがけ研究から始まる挑戦が、さきがけ研究終了後の 10 年間で量子状態制御の新しい潮流を生み出すもの、そして続く 10 年間でその潮流が量子機能の応用という形で時代のうねりとなる期待を抱かせる研究提案を募集します。本研究領域では若手研究者育成の観点から、多くの方が機会を得られるよう、以前さきがけ制度で採択された方は、公募の対象外とします。

研究に対するアプローチは、数理的な理論展開を中心とするもの、計算機でのシミュレーションを中心とするもの、実験を中心とするものなど様々なものが考えられます。個人の実力を活かした独創的なアイデア、実行力、発展性を特に重視します。また、さきがけは個人研究ですが、グランドデザインが大きいほど一人で成し得ることが限られる場合も考えられます。よって提案者自らが発案する、独創的で重厚なシナリオであれば、提案者自らが貢献する部分を特定して推進する研究も対象とします。ここには比類なき量子制御を可能とする材料・物質やナノ構造などを創成する研究、抜きん出た量子制御技術を開発する研究、従来手法を凌駕する量子力学的測定技術を開発する研究などが含まれます。ただし、その場合には国際研究協力も含めて、量子の機能化というグランドデザインのなかで、自らが取り組む事項と、共同（または将来的な共同を希望する）研究者と協調していく事項を明確に示してください。

具体的な研究例を以下に示しますが、これらの一部は、世界トップがすでに取り組み始めているテーマです。科学の発展のために誰かが取り組むべき挑戦的なテーマなので当然でしょう。そのような提案を行う場合は、世界における自らの現在の位置を明確にした上で、なぜ自分が今それに取り組む必要があるのか？そして、さきがけ研究期間終了後にどのように新しい潮流を生み出していくのか？といった学術的発展の可能性を示してください。また、下記の例に当てはまらない、審査する側が驚くような挑戦的で新しい手法・アイデアの提案が集まることを期待してやみません。

### 具体的な研究の例

- ・ 高いパラメータ制御性を有する量子多体系、例えば光格子中の冷却原子や、2次元ペニングトラップ中のイオン、チップ上に集積された光回路、多数のスピンの規則的に配置された固体材料・素子を用いて、その非平衡ダイナミクスや大規模量子もつれを定量的に評価・制御する研究。
- ・ 光およびマイクロ波共振器中の光-物質相互作用や量子オプト・エレクトロ・ナノメカニクス手法による巨大な非線形効果の発現と、それを用いた光スイッチ、コヒーレント波長変換、コヒーレントメディア変換などの超高効率・超高感度量子機能素子の開発に関する研究。
- ・ 量子情報科学の知見を用いて、微小系の熱力学、非平衡統計力学などの現在進行形の研究領域に新たなフレームワークをもたらすような理論研究と、そのような理論を検証する舞台となる原子・分子・光学系、メゾスコピック系、生体系などにおける量子フィードバック制御や開放系のダイナミクスに関する実験研究。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- ・ 散逸を取り込んだ形での量子状態制御、いわゆるリザーバーエンジニアリングに基づく量子情報処理手法、個別の量子ビットの測定を行わなくても誤り訂正が行える系など、従来のデジタル量子計算における要件・制約を緩和・除去する新たな枠組みに関する研究。
- ・ 植物の光合成、鳥類のもつ磁気コンパス、酵素反応などの生体内の化学反応における量子コヒーレンスの役割を定量的に明らかにする研究。
- ・ 情報理論と量子物理学を駆使した、従来技術の不可能を可能にする新しい量子アルゴリズムの開発。
- ・ 個人の特技を活かした、量子情報技術の実用化に不可欠な尖った技術の開発。例えば、デジタル量子計算の開発に必要な、特別な材料やナノ構造、多数量子ビットの並列制御に特化したインターフェイス、極低温下で動作する FPGA 回路やジョセフソンコンピュータ、捕捉イオンのコヒーレントな移動を可能にする RF 導波路などの開発。この場合、グランドデザインを提示し、特定のデジタル量子コンピュータの研究開発グループとの密な共同研究を前提とします。

昨年度、本領域の 1 期生として 10 名の研究者を採択しましたが、その多くが物理学者となりました。そこで本年度は、物理学者に加えて、情報科学者、化学者、材料科学者、電気工学者、制御工学者、応用数学者、バイオ関連学者らの積極的な応募を期待します。キーワードは量子機能で古典に勝つ、すなわち quantum supremacy の発掘で、この可能性を軸に据えた魅力的な提案が多数集まることを期待します。量子情報科学の研究フェーズが、単一量子のコヒーレント制御から、少数量子の量子もつれ制御、さらには多数量子の制御による量子計算機開発へと軸足をシフトさせていることはすでに述べました。今年度の募集では、この枠組みをある程度重視しながらも、独創的な量子機能の発掘を野心的に目指す提案、すなわちより多角的なアプローチを広く募集したいと思います。女性研究者による積極的な応募も期待します。

### 3. 運営の方針

さきがけ研究の 3 年間でコンパクトな成果を出すのではなく、さきがけ研究から始まる挑戦が、さきがけ研究終了後の 10 年間で量子状態制御の新しい潮流を生み出すことを望みます。よって、本領域に集う研究者が大いに議論を深め、スケールの大きい目標に向かって力強く協調的に進める環境を整えたいと思います。さきがけ研究の活動を通じて、研究領域において研究者が相互に影響し合い、異分野連携・融合的な視点で問題解決に取り組む中で、科学技術のイノベーションの源泉となる研究成果を創出するとともに、量子科学とその応用の将来を世界レベルでリードする若手研究者を輩出することを目指します。

なお、領域運営においては、同じ戦略目標を有する CREST 「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」との連携・協働はもとより、CREST 「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」、さきがけ 「光の極限制御・積極利用と新分野開拓」、さきがけ 「量子技術を

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

適用した生命科学基盤の創出」研究領域との連携推進を図り、必要に応じて、領域会議やワークショップ等の開催を共同で行います。また、アウトリーチ活動や啓蒙活動等についても、本研究領域の研究者の協力を得つつ取り組んでいきます。必要に応じて、全国の共用設備(つくばイノベーションアリーナや文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム)や応募者が所属する研究機関内の既存設備など、研究設備・機器の共用を検討してください。

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催します。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。なお、募集説明会は CREST 研究領域「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」・さきがけ研究領域「量子技術を適用した生命科学基盤の創出」と合同で開催します。

	日時	場所
関東	4月18日(火) 14:00～16:20	科学技術振興機構(JST) 東京本部別館 1階ホール (東京都千代田区五番町7 K's 五番町)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご参照ください。



## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」(262 ページ)の下の研究領域

### 6.2.8 新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出

研究総括：黒橋 禎夫(京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 教授)

#### 研究領域の概要

情報技術の急速な進展により、莫大な数のセンサやデバイスがインターネットにつながるようになってきました。また、医療・健康、材料・物性、都市インフラや地球環境など、あらゆる場所で多種多様のビッグデータが蓄積され、応用されてきています。さらに、自然言語処理やディープラーニング等を駆使した人工知能技術にも大きな関心が集まり、これらの各分野における活用が急速に進みつつあります。

本研究領域では、このような情報技術に基づいた社会変革の時代に対応し、これからの新しい社会システムのデザインを可能にするための情報基盤技術の創出を目指します。モビリティなどを含めた社会基盤、介護を含むヘルスケア、防災・減災、ロボティクスなど、あらゆる分野において、情報を知的・統合的に解析・処理・制御し、新しいサービスや社会構造の構築に貢献する基盤技術を創出します。

具体的には、多種・膨大な情報を収集・取得するための高度なセンシング技術、リアルタイム処理のためのデータ処理技術およびシステム最適化技術、知的メディアを使ったコミュニケーション支援や、人工知能などを含むデータ処理と知識処理の技術、多種多様な機器やシステムに対応可能なセキュリティ・プライバシーエンハンスメント技術などを対象とします。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト(AIP プロジェクト)の一環として運営します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### (1) 背景

近年、情報技術が世界的に大きく発展し、家電製品や自動車、機械等、様々なものに通信機能を持たせ、インターネットに接続し、それらの制御や周囲の状況の計測等を行う高度な情報環境が急速に普及してきています。また、世界に先駆けた「超スマート社会」の構築が我が国における重要な課題とされており、コホートデータ等の医療・健康関連のデータや材料・物性に関するデータ、都市のインフラや地球環境に関するデータ等、多種多様なビッグデータが社会の様々な場面で生み出され集積されつつあ

ります。さらに、近年の大きな技術的ブレークスルーと言われるディープラーニングに代表される人工知能技術の進展に対する関心が高まり、各分野における活用も急速に進みつつあります。

これらの様々な情報技術の発展は、今後膨大なデータのリアルタイム処理を可能にし、知的メディア、自然言語処理に基づく新しいコミュニケーションや、革新的な人工知能技術による新たなサービスの創出を期待させるとともに、従来の産業、社会構造を大きく変容させる可能性があります。このような情報技術に基づいた社会変革の時代にあっては、これまででない新しい社会構造と、そのための新しい基盤技術の創出が必要です。

### (2) 募集する提案

このような状況を踏まえ、本研究領域では、これからの新しい社会システムデザインを可能とするための情報基盤技術の創出を目指します。産業、社会構造が劇的に変化する時代に向けて、新たな価値創造の実現につながる新しい基盤技術を提案してください。応募にあたっては、情報技術分野における技術的な課題への貢献とともに、将来の新しい社会構造にどのように貢献できるのかという視点を含めた提案を期待します。研究成果の社会実装を実現するところまでは求めませんが、提案する基盤技術の開発が今後どのように社会を変革していく可能性があるのかというシナリオを自らが考え、将来の社会実装を見据えながら基礎研究を実施していくことを期待します。

対象となる応用分野としては、自動車や鉄道などのモビリティなどを含めた社会基盤、超高齢化社会を見据えた介護や健康維持・予防を含むヘルスケア、近年の異常気象などによる自然災害に対する防災・減災や、それらを横断的にサポートするロボティクスの技術、多言語自動翻訳や高度な自然言語処理に基づく情報の組織化・編集などがあげられますが、特にこれに限定するものではありません。将来の大きな社会的インパクトが期待できる技術、および応用分野での応募を検討してください。

具体的な研究内容としては、以下のようなものがあげられますが、これらに限定することなく、既存の概念にとらわれない新しい技術分野についての応募も歓迎します。

- 1) 多種・膨大な情報を状況に応じて収集・取得するための高度かつ効率的なセンシング技術
- 2) 多様なデータの意味を多様な状況に応じて高度に理解し、データの統合分析を可能とする異種データ統合技術
- 3) 時系列データをリアルタイムで処理するための、データ処理技術やシステム最適化技術
- 4) 人工知能などを含む洗練されたデータ処理技術・知識処理技術を駆使して、インテリジェントシステムを構築するための知のアクチュエーション技術
- 5) 人間ユーザの感情を含む外界情報を既存知識のもとで適切に解釈するとともに、新たな知識の蓄積を行いながら、必要・適切な情報をユーザに提供する知的メディア技術
- 6) 多種多様な機器やシステムに対応可能なセキュリティ・プライバシーエンハンスメント技術

### (3) 研究の推進と連携

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

研究推進にあたっては、多様な応用分野への展開を想定して先端的な情報科学技術の研究開発に取り組む研究者が、互いに触発しながらシナジー効果を得ていく場を設定し、先進的な研究成果の創出と将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指していきます。

さきがけ個人研究としての良さを生かしつつ、異分野の研究者との交流を通じた研究の幅の広がりとして将来に渡る研究者ネットワークを本研究領域で構築していくことを期待します。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト（AIP プロジェクト）を構成する「AIP ネットワークラボ」の 1 研究領域として、理化学研究所革新知能統合研究センターをはじめとした関係研究機関等と連携しつつ研究課題に取り組むなど、AIP プロジェクトの一体的な運営にも貢献していきます。

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催いたします。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。なお、募集説明会はいずれも、さきがけ研究領域「新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出」、さきがけ研究領域「人とインタラクションの未来」、ACT-I 研究領域「情報と未来」が合同で開催します。

	日時	場所
京都	4 月 18 日（火）13:00～16:00	メルパルク京都 5 階会議室 B （京都府京都市 下京区東洞院通七条下ル東塩小路町 676-13）
東京	4 月 19 日（水）14:00～17:00	JST 東京本部別館 1 階ホール （東京都千代田区五番町 7 K's 五番町）

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご覧ください。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

○ 戦略目標「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」(266 ページ)の下  
の研究領域

### 6.2.9 光の極限制御・積極利用と新分野開拓

研究総括：植田 憲一(電気通信大学 名誉教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域では、本質的な限界を持たないといわれる光を使って限界に挑戦し、それを越えようとする研究を推進します。具体的には、①環境・エネルギー・ものづくり・情報通信・医療等において将来の様々な社会的要請に応える新たな光利用を創成しようとする研究、②光の存在・介在によって出現する現象を利用して、従来の物理学・化学・生物学・工学等の分野に大きな革新をもたらし、これらの壁を打破しようとする研究、③高エネルギー密度科学や高強度光物理、極限物性研究などを通じて、より普遍的な原理及び現象を光科学技術の視点から確立しようとする研究、④上記の①～③を実現するための光源、受光、計測、イメージング機能を極限まで追究し、新しい応用に提供する研究等を対象とします。

本研究領域の推進にあたっては、横断的な光科学技術の軸を通して異分野との交流を積極的に行い、多様で複雑な対象を扱う分野の先端研究において、新たな視点や発想を生み出すことを目指します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

近年の光科学技術、中でも光源性能の顕著な進歩は、広範な分野へ新しい視点を提供し新分野開拓へと波及する大きな駆動力となっています。光はおよそ本質的な限界を持たないといわれていますが、本研究領域では、光のあらゆる性質において、その本質的特性を徹底的に解明し限界を追究するとともに、積極的に利用、活用することにより、様々な分野における重要な課題に取り組む他、分野の壁を超える研究を推進します。

#### (対象となる研究の例)

具体的には、下記に示す研究が対象例ですが、これらに限るものではありません。

- 1) 光が介在するバイオ、生物、医学応用全般を対象とし、イメージングを超えるアクティブ機能発現などを含む研究

地球上の生物は光のなかで生まれ育ったため、光は生物、細胞に対して無侵襲な性質を持ちながら、同時に必要な刺激を与えうる絶妙なエネルギーを持っています。それ故、バイオ、生物、医学への光科学技術の応用は今後ますます重要となるはずで、近年の超解像光学顕微鏡や蛍光タンパクなどの画期的技術の導入により、生きている細胞内の活動を直接観測するなど、社会的影響の大きな研究が期待されます。同時に、より基礎的な生理現象の機構解明にも光科学技術の応用が期待されます。

### 2) ナノフォトニクス技術を応用して新機能発現させたデバイスとその具体的応用研究

ナノフォトニクスの分野は高度な技術開発が進み、さまざまな新規の物性が明らかとなつてい、一方、実際に社会的応用に結びつけるには、多くの問題が残っていることも事実です。新規な特性を発現させることと同様、ナノフォトニクスの実用化に向けた研究推進も期待されます。

### 3) 超高精度光を用いた冷却原子による極限物性研究や光格子時計による時空間計測、制御の科学と技術

レーザー冷却技術を使った冷却原子の物理は物性基礎の原理的検証で重要なだけでなく、光格子時計による超精密時計を創出しました。今では、時間は宇宙のどこでも同じに流れているわけではないことが計測可能となり、新しい世界が生み出されつつあります。光を利用した超精密周波数制御技術、時空間計測技術は、重力波天文学に見るようにマイクロとマクロをつないで物理学の根本原理を調べることを可能にすることからも、新たな着想でもって研究が進められることが期待されます。

### 4) 高エネルギー密度、高強度電場が生み出す新しい物質との相互作用、高エネルギー物理とそれを可能とする新しい光科学技術

光をどこまでも強く集光していけば、真空が破れて物質生成が起こることは理論的に予想されています。そこに至る道には真空の非線形、相対論光学による粒子加速とガンマ線変換、プラズマフォトニクスデバイスによるパルス圧縮、光の単位相極限におけるプラズマ相互作用などの研究が含まれます。中にはすぐに実現は困難な課題も含まれますが、それらに挑戦することで、他分野にも影響を与える先端技術の開発が可能となります。高温、高密度を利用した新物質生成でも、新規な物性を持った物質を生成したり、常温に比べてはるかに多様で過渡的な状態の研究は、物性物理上の新しい知見を与える重要な場を提供する可能性もあります。

### (募集にあたっての考え方)

およそ研究というものは、それまでの科学や技術で判明している限界に挑戦し、限界追究を通じて、科学や技術の本質を理解し、発展させるところに真髄があります。理論的限界に挑戦するものが純粋科学であるとすると、高度に発展した技術を駆使し、その解明された限界を満足させながら、必要な性能を発揮させ、社会的に有用・有益な技術やデバイスに結実させるのも、限界追究研究だといえます。こ

のような絶え間ない限界への挑戦を繰り返し、新たな地平を生み出すことを、本研究領域では狙いたいものです。

上記で示した研究例は、いずれも可能性が見えてきたという段階ですが、本気で挑戦することによって、これまでに見えなかったものが見えるようになることが期待されます。その意味で、このような限界に挑戦する研究に立ち向かうことに大きな価値があります。光を利用した研究では皆さんが最先端に位置しているでしょうから、上記に含まれない分野であっても研究総括の想像の域を超えた新しい重要な提案があれば、積極的に受け入れます。いずれにしても提案にあたっては、提案者自身の構想実現に向けた「強いこだわり」を示してもらいたいと思います。同時に、長い目で見て重要な研究につながるという自覚に裏打ちされた研究提案を期待します。

### (異分野との交流・連携)

20 世紀は電子の時代で、特にエレクトロニクス分野の大きな技術的進歩、そしてそれをもとにした新たな社会・産業の創造があったことは衆目の一致するところですが、この事例に見るように、先端研究からの画期的成果は、積極的に異分野への応用等の波及効果をもたらす起爆剤となる必要があります。フォトリソグラフィはそのような期待を持って命名されました。実際、光通信分野では光と電子は融合し、フォトリソグラフィにふさわしい技術が生まれましたが、その他の分野への展開という観点では、まだまだ不十分です。それらの問題を解明しつつ、技術を異分野へ波及させることが、フォトリソグラフィ技術自体のパラダイムシフトを生み出すでしょう。

このことを踏まえて本研究領域の募集では、異分野との交流・連携によって大きく発展し得る研究提案を重視し、運営ではその活性化を図る予定です。多様で複雑な対象を扱う分野の先端研究も、異分野との交流・連携を積極的に行うことで、新たな視点や発想を生み出すことができるからです。また、対象が複雑であればあるほど、そこで用いられる手法は確実なものであるべきですが、異分野で開拓された優れた手法や技術を別の分野に応用することで画期的な成果を生み出すことも期待されます。本研究領域では、光をキーワードにした異分野の研究者が参画することを見込んでいます。上記した「強いこだわり」に加えて、異分野との交流・連携を通じて新たな技術や新たな視点を積極的に採り入れることで、自身の研究のスタンス確立や「思わぬ気づき」を促したいと思います。

限界を追究するということは、明確な目標を持つことでもあります。研究者はすべて、自分なりの限界への挑戦をしているともいえます。巨大な目標を持った場合も、それを永遠の目的としないために、限界に肉薄する道筋を模索します。他人の目ではなく、自分自身の目で研究を俯瞰し、目標と限界までの距離を計りながら努力していただきたい。研究総括としては、個々の研究課題の方向付けに適宜助言・指導を与えつつ、異分野との交流・連携を促しながら、同時に次代に大いに活躍する研究者人材の育成にも努めていきます。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催します。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。なお、いずれの募集説明会も CREST 研究領域「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」が合同で開催します。

	日時	場所
関東	4月26日(水) 13:30~16:00	TKP市ヶ谷3階ホール3C (東京都新宿区市谷八幡町8番地)
関西	4月27日(木) 13:30~16:00	キャンパスプラザ京都 4階第3講義室 (京都市下京区西洞院通塩小路下ル東塩小路町939)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご参照ください。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的なエネルギー変換機能の原理解明、新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出」(269 ページ)の下の研究領域

### 6.2.10 微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出

研究総括：谷口 研二(大阪大学 名誉教授)

副研究総括：秋永 広幸(産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹)

#### 研究領域の概要

本研究領域は、様々な環境に存在する熱、光、振動、電波、生体など未利用で微小なエネルギーを、センサーや情報処理デバイス等での利用を目的とした  $\mu\text{W}\sim\text{mW}$  程度の電気エネルギーに変換(環境発電)する革新的な基盤技術の創出を目指します。

具体的には、2つの大きな柱で研究を推進します。1つは熱、光、振動、電波、生体等のエネルギーを電気エネルギーに高効率に変換または高度に利用するための基盤技術の構築とその源となる基礎学理の創出です。これらは、全く新しい原理・新物質または新デバイスなどを用いて、未利用の微小エネルギーを電気エネルギーに変換する研究であり、例えばスピンとトポロジーの相関等、革新的なエネルギー変換に資する原理の解明・実証、及びそれらを活用した新物質の創製や、従来の特長や機能を飛躍的に向上させる優れた物性を有する新物質の創製に挑戦します。もう1つの柱は、上記基盤技術の創出のための理論・解析評価・材料設計の研究で、エネルギー変換時における物理現象(材料物性、界面、輸送現象等)の新しい解析技術の構築や、物性理論に基づく、あるいは計算機シミュレーションを駆使した、新たな材料設計の指針を提示することに挑戦します。これら2つの柱は、相互補完的に密接に結びついて研究を進めることが非常に重要です。

したがって、本研究領域では、挑戦的な提案を求めつつ、領域終了時には、革新的な新原理、新物質、新デバイスが検証・実証できること、それらが次の研究開発ステージに繋がることを目指して研究を推進します。

そのため、研究総括及び副研究総括の強い統率の下、CREST・さきがけを複合領域として一体的に推進し、成果最大化のために研究チームの再編や研究進捗の調整、また課題間の連携などに取り組みます。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### ■背景と基本の方針



これからの高度情報化社会では、膨大な数に上る情報端末やセンサー機器への最適なエネルギー供給源が重要になってきます。ここでは、電源や電池交換など、電気エネルギーをいかにして確保するかという問題が必ず予測されます。至るところにある未利用のエネルギーを電源として使用できるようになれば、電源の概念が変わり、それらの使用形態や使用法の質的な変化も期待されます。

本研究領域では、このような社会への貢献を将来に見据え、未利用で微小なエネルギーを電気エネルギーに高効率に変換する基盤技術の創出に取り組みます。このことを実現するには、従来になかった全く新しい概念、発想に基づいたエネルギー変換原理の創出が求められますし、現在はまだ萌芽的段階にある原理や物質、デバイス等のポテンシャルを先鋭化する、もしくは高度化することも必要となります。

この考え方を具体的に実行に移すべく、本研究領域では幅広い研究分野からの提案を期待しています。以下に、研究提案や研究領域運営にあたってご留意いただきたい点を記載します。

### ■対象とする研究分野や研究アプローチ

これまでの環境発電に関する研究では、熱、光、振動、電波などのエネルギー源を用いた電気エネルギー変換技術が個々に取り組まれています。将来の高度情報化社会で電源となる電気エネルギーをいかにして確保するか、革新的な技術が求められています。たとえば、フォノンクス、フォトニクス、あるいは最近の進展が著しいスピントロニクスやマルチフェロイックスなどいずれも我が国が世界的な研究競争力を有する分野となっていますが、これらで注目されている新規な物性や現象から革新的な環境発電への応用が考えられます。

したがって、現在取り組まれている最先端の研究に新たな着想や視点を加えて電気エネルギー変換機能を創出しようとする、斬新かつ挑戦的な提案を積極的に募集します。また、エネルギー変換機能としては考えられてこなかった物性についても、環境発電の観点から有用であることを示していただきつつ、是非とも研究総括及び副研究総括の想像の域を超える研究提案に期待します。もちろん、これまでの環境発電に関する研究についても、提案を妨げるものではありませんが、成果が予想されるような従来研究の延長線上にないことが前提です。

すなわち、いずれの場合においても、提案技術の優位性がどこにあるかを明確に示すこと、また発電技術としての出力の飛躍的な向上が具体的に期待できることを採択の条件とします。

物質探索・材料開発における長期的な視点に立てば、研究当初は膨大な数の実験を繰り返す試行錯誤的な取り組みであっても、研究期間内には、理論や計算機シミュレーションなどによる“科学的に裏打ちされた研究開発の方法”を示した上で物質探索・材料開発に重心が移される必要があります。これらを達成するために、提案者自らの考えを研究提案書に明確に示してください。そのための手順の一つとして、特定の物質・材料に限定されない普遍的な原理を見出し、それをモデル化しなければなりません。無論、研究の過程でのセレンディピティを否定するわけではありませんし、将来にわたる明確なマイルストーン設定が難しいのが本研究領域の特徴でもあります。発見された新規の物性や物質につい

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

ては、その発現根拠を明確にして、高性能化を図る方策を科学的に検討し、実用化に向けてステップアップさせることを期待します。

※ 蓄電技術開発を主な研究課題とした提案、人工光合成を利用した発電技術の提案や、デバイスを生体に埋め込んで発電する技術の提案は、本年度の公募では対象とはしません。

※ 本年度の公募においても様々な分野からの斬新で挑戦的なご提案を期待していますが、特に、下記の技術分野における提案を期待します。

- ・ 光、電波、振動、圧電効果を用いた発電技術の提案
- ・ フレキシブルデバイスへの応用を指向する提案
- ・ 効率良く電力を取り出すデバイスの構造、回路方式やパッケージングに関する提案

### ■研究期間と研究費

本 CREST・さきがけ複合領域の期間は、平成 27 年度から平成 34 年度まで(予定)です。この期間を、2つの研究フェーズと大きく捉えて、研究領域の運営にあたります。まず前半フェーズは、未利用で微小なエネルギーを、電気エネルギーへ高効率に変換することが期待できる、より多くの基盤技術の創出に取り組む期間と位置づけます。

次に後半フェーズは、革新的な新原理、新物質、新デバイスの検証・実証に向けて、これらの中から有力と判断される基盤技術の集積や応用先の開拓等に取り組む期間と位置づけます。

このことを踏まえて、今年度のさきがけ研究提案は以下の通り募集します。

研究期間は、平成 29 年度から平成 32 年度(4 年度)以内とします。また研究費については、4 千万円以内とします。

なお、研究期間を通じて研究進捗の把握とそれを踏まえた研究計画の調整を行いますが、特に今回採択する研究課題の期間が終了する年度には、将来の実用化を視野に入れた研究成果の利用価値を見出すための課題進捗評価を実施します。その結果として、研究領域の後半フェーズでの成果の最大化に向けて、一部の研究課題を必要に応じて再編も行いつつ改めて取り上げ、発展や強化させます。これは、研究領域内の研究チーム及び研究者(CREST、さきがけを問わず)が相互に協働し、異分野横断や相互補完的な連携をした新たなチーム体制を構築して、課題解決に取り組むことを意味し、それまでの研究成果および将来性を加味して、研究総括・副研究総括の責任の下でこの新たな体制構築を行います。

※ 全国の共用施設を積極的に利用し、効率的な研究費計画の立案をお願い致します。

### ■研究提案書作成時の注意点

研究提案書の『研究の将来展望』においては、募集要項に記載の研究提案書(様式)の要求記載説明に加えて、提案された研究課題の目標が期間内に達成されることを前提として、実用化を目指す研究段階

に発展させるために、研究期間終了直後の研究フェーズで、どのようなことに取り組む必要があるのか等の道筋に関しても、必ず明確に記載してください。

### ■平成 27、28 年度選考についての総評（抜粋）

本研究領域は、環境に存在する未利用で微小なエネルギーを、センサーや情報処理デバイス等での利用を目的とした  $\mu\text{W}\sim\text{mW}$  程度の電気エネルギーに変換（環境発電）する基盤技術の創出を目指した研究を対象として、平成 27 年度から募集を開始しました。

近い将来、環境を膨大な数のセンサーで計測した様々な情報をネットワークにのせて、ビッグデータとして活用する社会がやってきます。その未来社会の実現に必要な簡便設置型（電源配線・電池交換不要）センサーなどの動力源を熱、光、振動、電波、生体等のエネルギーに求めるもので、それらのエネルギーを電力変換するための新原理、新物質、新デバイス、新解析技術、およびその根源となる基礎学理などの創出を募集の対象としました。

本募集に対して、様々な技術分野から環境発電に関する応募（平成 27 年度：72 件、平成 28 年度：59 件）がありました。書類選考にあたっては、研究者や産業界の有識者を中心に 10 名の領域アドバイザーの協力を得て公平かつ厳正に実施し、平成 27 年度：24 件、平成 28 年度：20 件を面接選考の対象としました。

面接選考では、以下の観点で評価を実施しました。

- ① これまでの環境発電に関する研究分野においては、従来研究の延長線上にない成果が期待され、電力変換効率向上への道筋とその根拠が明らかであること。
- ② 新しい研究分野では、物性理論・実験に基づく研究成果に新たな着想や視点を加えて、新たな電気エネルギー変換機能創出に向けたブレークスルーが期待できること。

さらに、本研究領域は、CREST・さきがけ複合領域であり、CREST・さきがけを問わず、研究領域内の研究チーム及び研究者が相互に協働し、異分野融合や相補的な連携を図る運営を目指していることから、

- ③ CREST の技術シーズにもなりうる提案内容の将来性の豊かさと、提案者の本事業にとり組む姿勢。

その結果、熱、振動、電波、光を用いた環境発電の分野、そして、強相関エレクトロニクス、スピントロニクス等の新しい研究開発分野、そして、フレキシブル材料を用いた発電デバイスなど、他のチーム・研究者とのシナジー効果も期待できる新原理・新物質による発電デバイスの研究開発の提案より、平成 27 年度：9 件、平成 28 年度：9 件の提案を採択しました。

書類選考や面接選考に至らなかった研究提案の中にも、世界水準の研究、挑戦的な提案が数多くありました。一方、選考方針にある「新原理・新物質の創出に留まるのではなく、将来的に新デバイスの創製までの道筋を含んだ提案」や「研究開発上の課題を解決する方法」に関する説明、募集要項で研究総括の方針として示した「提案技術の優位性がどこにあるかを明確に示すこと」についての説明が不十分

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

である、などの理由により採択に至りませんでした。次回の募集では、採択とならなかった理由を踏まえて、再応募していただきたく思います。

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催します。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。

	日時	場所
関東	4月24日(月) 12:30～14:00	科学技術振興機構(JST) 東京本部別館 4階会議室F (東京都千代田区五番町7 K's 五番町)

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご参照ください。

○ 戦略目標「多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製」(271 ページ)の下の研究領域

### 6.2.11 革新的触媒の科学と創製

研究総括：北川 宏(京都大学大学院 理学研究科 教授)

#### 研究領域の概要

現代社会では、石油を主な炭素資源として、化成品やエネルギーへ変換可能な原料を生産しています。石油に加えて、天然ガス等に豊富に含まれるメタンや低級アルカン等も化学産業の原料として効率的に活用するためには、新しい発想を用いた、極めて高度な技術の創出が重要です。

本研究領域では、メタンや低級アルカン等を、化成品原料やエネルギーへ効率的に変換するための革新的な触媒の創製に取り組みます。

具体的には、メタンや低級アルカンを効率的に変換できる反応に関して、高度な触媒の設計と創製につながる研究を推進します。触媒の種類は、均一系、不均一系、微生物等、広い範囲のものを対象とし、金属、酸化物、金属錯体及び有機金属錯体、分子、タンパク質等が、ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノシート、多孔性物質、籠型、コアシェル型等、多岐にわたる構造を形成する、物質・材料の研究を推進します。さらに、光、プラズマ、電場などの反応場を用いた研究も対象とします。

近年進化している計算科学や計測技術分野などと連携して、触媒科学のナノテクノロジー・材料研究において新たな方法論を切り拓き、新しいサイエンスの源流になり得るとともに、将来的に、化学産業を変える可能性を持つ、挑戦的・独創的な研究を推進します。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### 1. 背景

現代社会では、石油を主な炭素資源として、基礎化学品や化成品、エネルギーへ変換可能な原料を生産していますが、資源やエネルギーマネジメントの一環として、石油に加えて、天然ガス等の安価な資源を基礎化学品や化成品、エネルギーへ変換可能な原料を生産するために活用することが求められています。

一方で、天然ガス資源の中でもっとも豊富なメタンを資源として利用する既存の工業プロセスでは、合成ガス( $\text{CO} + \text{H}_2$ )を経由した間接的なものが主流で、メタンから直接的に有用な基礎化学品や化成品を得る方法は難度が高く、工業化が進んでいません。また、低級アルカンの変換はメタンよりは容易ですが、既存の化学産業プロセスに代わるためには、より画期的な変換プロセスが必要です。海外でも、

「Valorization of low value carbon(炭素資源の高価値化)」という旗印の下、新しいプロセスの研究

開発が盛んです。そこで、メタンや低級アルカンを、直接、有用な基礎化学品に変換できる、画期的な触媒・プロセスが実現できれば、かつてアンモニアの合成を実現したハーバー・ボッシュ法が窒素の固定化を実現し、オレフィン重合チグラマー・ナッタ触媒が石油産業を押し上げたように、天然ガス資源を用いた「ガス化学工業」の幕開けにつながることを期待でき、国際的にも非常に高いインパクトが見込めますが、そのためには、極めて高い技術の創出が必要とされています。また、様々な基礎化学品を原料とする既存の工業プロセスにおいても、大幅なエネルギーの削減が可能な革新的触媒の開発にも期待がかかっています。さらに、天然炭素資源に限らずとも、工業プロセスとしては未だ模索の段階にある中長期的課題、例えば身の回りに豊富に存在する空気や水を資源として基礎化学品に転換する触媒技術の開発等、にも広く社会から期待されています。

### 2. 募集・選考の方針

本研究領域では、これまでの研究の単なる延長にあるものや、これまでの研究の原理を組み合わせただけの、既存技術の改良研究は対象としません。上記背景を念頭に置きつつ、メタンや低級アルカンを原料とし、より高付加価値の基礎化学品や化成品やエネルギーへ効率的に変換するための反応に関して、斬新なアイデア・概念に基づいた革新的な触媒の設計と創製につながる研究を推進します。また、広く汎用性が期待され、将来的に低級アルカン等への応用が見込まれる画期的な技術革新については、低級アルカン以外の物質を原料として、基礎化学品に転換する提案も歓迎します。それにより、触媒科学のナノテクノロジー・材料研究において新たな方法論を切り拓き、新しいサイエンスの源流になり得るとともに、将来的に、化学産業を変える可能性を持つ、挑戦的・独創的な研究を推進します。

本研究領域が対象とする触媒の種類や対象反応を以下に掲げますが、既存の触媒性能を遙かに凌駕する革新的触媒の創製へ貢献することが期待される提案については、以下の触媒の種類や対象反応に限らない研究提案も広く募集します。さらに、実在系に即した計測手法や計算科学を基盤とする研究も歓迎いたします。

#### 1) 触媒の種類

本募集において提案者が取り組む触媒は、均一系、不均一系、微生物等、種類は問いません。金属、酸化物、金属錯体及び有機金属錯体、分子、タンパク質等の活性物質が、ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノシート、多孔性物質、籠型、コアシェル型等、多岐にわたる構造を形成する、物質・材料の研究を推進します。

また、広い意味での触媒を対象とし、光、プラズマ、電場、微生物など、従来の化学産業では触媒として活用されていない、反応場やプロセスを用いた研究も対象とします。さらに触媒反応の高効率化に資する、プロセスエンジニアリングに関する研究アプローチも歓迎します。

将来的に、化学産業を変える可能性を持つ、独創性が高いナノテクノロジー・材料研究を特色とした研究を優先します。

### 2) 対象反応

本募集において提案者が取り組む反応の種類は問いませんが、いまだ実現に至っていない、メタンを反応基質とし、メタノール、オレフィン、芳香族等などの有用な基礎化学品や化成品へ直接的・効率的に変換できる、画期的な触媒研究に挑戦する提案を歓迎します。一方で、エタンやプロパン等の低級アルカンは、メタンよりは反応性が高く、すでに多様な研究が進んでいます。そのため、エタンやプロパン等の低級アルカンを反応基質とする反応は、既知の反応と比較して革新的に高活性・高選択性であることを条件とします。また、既存の概念や技術を越える画期的な提案であり、広く汎用性が期待され将来的に低級アルカン等への応用が見込まれることを前提として、低級アルカン以外の物質を原料とする化学反応も対象とします。

### 3. 採択の方針

本研究領域ではこれまでの研究の単なる延長にあるものやこれまでの研究の原理を組み合わせただけの、既存技術の改良研究は対象としません。メタンや低級アルカンの反応活性化について、真に革新的な、新しい切り口で挑んでいただきたいと思います。そのためには、国際的な研究動向を明示し、これまで行われてきた研究と比較した優位性・独創性を研究提案にて明確にしてください。

さきがけの研究期間約 3 年の間に、設定した目標を達成することを前提としつつ、採択する研究テーマは、さきがけ研究と呼ぶにふさわしい、提案者の研究人生において重要な礎になり得るもの、将来的に新しいサイエンスの源流を創り、科学技術イノベーションの源泉に発展しうるものを募集します。さきがけ研究を契機に研究者が大きく飛躍することを目指し、さきがけ制度の趣旨を強く意識した採択方針を掲げます。すなわち、研究提案者自身が個人としてあためてきた新しい概念を本さきがけ研究で提案し、出身研究室や所属研究室の研究や枠を越えて展開することを期待します。

平成 28 年度は、上述の募集や採択の方針にもとづき、触媒の種類や反応機構について多岐にわたる提案を採択することができました。特に、実在系に即した計測手法や計算科学、プロセスエンジニアリングを基盤とした提案を数件採択することができ、領域内での技術連携の礎を構築することができました。

平成 29 年度も引き続き、幅広く独創的で挑戦的な提案を期待していますが、特に以下の触媒反応や技術に関する提案を歓迎します。

- メタンを直接触媒反応させて水素を生成し副生成物である芳香族化合物を回収するメタン直接改質や、より低温で水蒸気から水素を効率的に製造する水蒸気メタン改質など、難易度の高い触媒研究に挑戦する提案
- 放射光を用いたオペランド XPS や高温・高圧 XAFS 観測などの実在系に即した計測手法に立脚した触媒創出

- 反応速度論や第一原理計算にもとづく高度なシミュレーションやインフォマティクス技術にもとづく触媒機能予測
- 分離技術などの平衡回避技術やプロセスエンジニアリングにもとづく革新的な反応システム提案

触媒として新規の物質・材料を採用する研究提案においては、予備的な実験結果を示すことが望ましいですが、現段階で着想段階に留まっているものについては、研究提案の内容の妥当性と、本研究領域の趣旨にいかにか致するかをより明確に示してほしいと思います。たとえば、対象反応に対する熱力学的・速度論的な考察や反応機構にもとづいた提案を期待しています。加えて、研究対象の物質・材料が、ねらいの触媒機能を示すことを検証する方法・時期を研究提案に明記してください。なお、研究者自身が検証を行うことが困難な場合は、他者との協働等によって検証を行うことも可能としますが、個人型研究の趣旨を踏まえ、提案者自身が研究を主導的に進めることが条件となります。

本研究領域では、研究成果の最大化を目指した、外部研究者との連携を推奨しますので、研究提案に連携先、連携内容と期待できる効果を明記してください。なお、連携を行う場合でも、個人型研究としての実施が前提ですので、外部連携先への研究費の配分はありません。

触媒反応のデータ科学や理論計算、計測手法等を用いて触媒機能の解析・予測手法の開発に主眼を置く研究提案においては、個人型研究として確立したものであるとともに、採択後には、本研究領域の基盤的な技術として、他の研究課題と積極的な連携を行うことを求めます。

本研究領域で採択された研究者は、物質のデータ科学の推進を目指す、同時期に発足するさきがけ研究領域「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」に採択された研究者との意見交換会の場を積極的に設け、研究者間の連携のための支援を検討します。また、同じ戦略目標の下に実施する CREST 研究領域「多様な天然炭素資源の活用」に資する革新的触媒と創出技術」との積極的な連携も推進します。

さらに、研究の進展に応じて、文部科学省ナノテクノロジープラットフォームをはじめとする、全国の研究機関や枠組みとの連携や協働を促進します。

### 4. 領域運営の方針、人材育成

本研究領域で採択する研究者は、研究の社会的な背景等をしっかり理解しつつ、自身のさきがけ研究を切り拓き、将来的には産業界との連携を支えられるような人材に成長することを期待します。そのためには、本研究領域に参画する研究者は、研究期間中、知財権取得に関する検討を積極的に行ってください。

また、研究領域が継続する 6 年間にわたって、研究領域内の研究者、関連するさきがけや CREST 研究領域に参画する研究者との議論や連携を通じて、自身の研究を大きく飛躍させるとともに、本研究領域の発展に貢献していただきたいと思ひます。



## 第 6 章 募集対象となる研究領域

※本年度は募集説明会を開催しません。過年度の募集説明会の資料・動画を研究提案募集ウェブサイトに掲載しておりますので、そちらもご覧ください  
( <http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> ) 。

○ 戦略目標「多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製」(271 ページ)、「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創製」(279 ページ)、「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」(285 ページ)および「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計「分子技術」の構築」(288 ページ)の下の研究領域

### 6.2.12 理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築

研究総括：常行 真司(東京大学 大学院理学系研究科 教授)

#### 研究領域の概要

計測・分析技術の進歩、コンビナトリアル合成などのハイスループット実験手法の発展、スーパーコンピュータに代表される計算機能力の飛躍的向上、第一原理計算などの強力な計算科学から得られる高精度な知見などにより、物質・材料科学における原理解明が進むとともに関連するデータが短時間で大量に得られるようになっていきます。また、大量かつ複雑なデータからそれらの持つ意味や新しい知識を引き出す情報科学技術の進展もめざましいものがあります。

本研究領域では、これら実験科学、理論科学、計算科学、データ科学の連携・融合によって、それぞれの手法の強みを活かしつつ相互に得られた知見を活用しながら新物質・材料設計に挑む先進的マテリアルズインフォマティクスの基盤構築と、それを牽引する将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指します。

具体的には、

- 1) 社会的・産業的に要求される機能を実現する新物質・材料の発見の促進、設計指針の構築
- 2) 大規模・複雑データから構造・物性相関や物理法則を帰納的に解明する手法の開発とそれを用いた新材料の探索・設計
- 3) 未知物質の物性を高精度に予測し、合成・評価の実験計画に資する候補物質を高速・大量にスクリーニングする手法の構築
- 4) 多種多様な物質データを包括的に整理・記述・可視化する新しい物理的概念や方法論の構築
- 5) データ科学と物質・材料科学の連携・融合に資する物性データ取得・蓄積・管理手法の開発、データベースの整備、各種計算・解析ツールの構築

などの研究を対象とします。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

研究推進にあたっては、情報科学研究者と物質・材料科学研究者等が連携し互いに触発しながらシナジー効果を得る体制を整え、エネルギー、医療、素材、化学など多くの産業応用に資する物質・材料の設計を劇的に加速しうる先駆的・革新的な研究を推進し、物質・材料科学にパラダイムシフトを起こすことを目指します。

### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

#### (1) 背景

物質・材料には人間の想像を遙かに超える機能が潜んでおり、それらを科学技術によって発見し活用するため、世界的な競争が激化しています。新物質・材料の開発は、さまざまな産業を支え社会を進化させる源であり、我が国が将来にわたって成長し発展していくために、継続的に推進していくことが求められています。また高温超伝導体の発見が強相関係物理学の興隆をもたらし、新しい原理に基づくデバイスの開発へと展開しつつあるように、新物質・新材料の発見は基礎科学の発展とそれに裏打ちされた革新技術の開発をもたらす揺籃でもあります。

近年、物質・材料科学の分野において、組成や構造のこれまでにない精緻な分析を可能にする計測・分析技術、コンビナトリアル合成などのハイスループット実験手法、計算能力が飛躍的に向上したスーパーコンピュータを活用して物性を高精度で予測できる、第一原理計算をはじめとした計算科学など、いわゆる第1の科学から第3の科学の連携が強力に進んだ成果として、物質・材料科学が急速に発展しています。

しかしながら要求機能を特定した材料開発を目指す場合、膨大な可能性の中からの的確な元素の組成と安定構造を見つけ出すことは、たいへん困難な作業です。また仮に候補物質が見つかったとしても、その製造プロセスによって材料組織やその特性が違ってくるため、経験と勘に基づいた試行錯誤的材料開発とならざるを得ない状況が見られます。

一方で、大量かつ複雑なデータからそれらの持つ意味や新しい知識を引き出す情報科学技術の進展もめざましいものがあります。ハイスループット合成手法や大規模シミュレーションなどから短時間で得られる大量のデータに物質・材料科学の知見を意味づけながら解析すること、すなわち第4の科学であるデータ科学を導入することで、これまでにない新しい知識が獲得でき、材料開発においてブレークスルーをもたらすことが期待できます。

#### (2) 求められる研究

このような背景の下、本研究領域では、実験科学、理論科学、計算科学、データ科学の連携・融合によって、それぞれの手法の強みを生かしつつ、得られた知見を相互に活用しながら新物質・材料設計に挑む先進的マテリアルズインフォマティクスの確立と、それを牽引する将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指します。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

具体的には「研究領域の概要」の 1)～5)にあるような研究例を想定していますが、必ずしもそれらに限定されることはありません。従来物質・材料開発に大きなインパクトをもたらす、挑戦的な研究を期待しています。

対象とする物質・材料は有機化合物、無機化合物、金属・合金、高分子化合物、アモルファス、などあらゆる物質系を含みます。むしろ、電磁気的特性、光学特性、熱的特性、反応性、機械強度などの要求する機能を出発点として、それを実現する化学組成、結晶構造、電子状態、合成方法、マイクロ組織構造などを作るという逆デザインの発想で包括的に候補物質を選択することを奨励します。

提案内容には、材料開発にもたらす科学的なインパクト、その手法で獲得できると見込まれる新知識、得られる新物質・材料の機能、産業や社会への貢献などを含むことが望まれます。

望んだ機能を有する新物質・新材料の発見や、機能発現する原理の深い理解、試行錯誤的ノウハウに勝るシステムティックな物質・材料設計の指導原理の構築などにより、材料開発時間や開発コストの劇的な合理化を実現し、世界的競争の中で我が国が優位に立ち続けることに貢献できる研究、海外先行研究の後追いではない、新鮮な発想に基づくチャレンジングな提案を求めます。

### (3) 異分野連携の推奨

本研究領域は、これまで物質・材料科学を牽引してきた物理学・化学・材料工学など単独の学術分野だけでは達成しえない目標を多く含み、情報学・統計学・数理科学などの分野との連携・融合が欠かせません。研究提案書の作成にあたっては、異分野の専門家と議論することで、研究提案の具体性・実現性の向上が期待できます。また、提案者だけの視点では見落とされていた課題や解決策が発見できる可能性もあります。このような観点から、本研究領域では、提案者自身と異なる知識・技能をもつ専門家と、提案内容について予め議論を深めておくことを強く推奨します。

昨年度に引き続き、今年度も他の研究者とのコラボレーションを含む研究提案（連携提案）も受け付けます。ただし、さきがけは個人型研究なので、採択に係る評価は個人研究としての提案をもとに行います。連携提案を研究提案書に記載するかどうかは任意です。記載の有無は採択に係る評価に直接関係しませんが、採択後に研究領域で推進する取り組みの中で、提案書に記載の内容を尊重しつつ連携研究を奨励することを考えています。なお、連携提案について提案書に記載する場合には、提案者がどのような部分を担当するのか、個人研究で達成できないどんなことを可能にするのか等、具体的に記載するようにしてください。

### (4) 採択後に研究領域で推進する取り組み

上記(3)でコラボレーション提案を可能としていますが、採択後にも必要と思われる協働を研究領域として積極的に支援していきます。また、関連する CREST、さきがけ研究領域をはじめとした国内外の様々な研究プロジェクト等との連携を進めていきます。さらには、データやデータ解析ツールの共有・活用などのオープンサイエンスの推進を他プロジェクトとともに図ります。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

採択後には、データマネジメントプランの作成が予定されています（117 ページ「(5) データマネジメントプランの作成及び実施について」参照）。

※ 本研究領域に応募される場合は、提案書様式が他の研究領域と異なるため、本研究領域用の提案書書式を e-Rad からダウンロードしてください。

※ 本研究領域の募集説明会を下記日程で開催します。ご関心のある多くの方々の参加をお待ちしております。なお、4月24日（月）は、CREST 領域「実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新」との合同開催となります。

	日時	場所
関西	4月21日（金）13:00～14:30	TKP ガーデンシティ京都 会議室「睡蓮」 （京都市下京区烏丸通七条下る東塩小路町 721-1 京都タワーホテル 2階）
関東	4月24日（月）13:00～15:00	科学技術振興機構（JST）東京本部別館 1階ホール （東京都千代田区五番町 7 K's 五番町）

詳細については、<http://www.senryaku.jst.go.jp/teian.html> をご参照ください。

- 戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」(273 ページ)の下の研究領域

### 6.2.13 フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出

研究総括：岡田 清孝(龍谷大学 農学部 教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域では、フィールドにおける環境変化に適応し、安定的に生育する植物を分子レベルから設計するための次世代基盤技術の創出に関する研究を推進します。具体的には、植物の遺伝子(群)の挙動と表現型との関係性を時間的・空間的に定量的に解析し、環境に適応する植物の生理システムの包括的な理解を目指します。また、環境応答機構のモデルの構築やバイオマーカーなどの同定を行い、新しい植物生産の基盤技術を構築します。さらに、環境応答に関係する複雑な遺伝子(群)・遺伝子型の人工設計のための新たな遺伝的改良技術を開発し、多様な植物への応用展開を目指します。

研究領域の推進では、植物の環境応答機構の定量解析の観点から、植物の単一遺伝子の応答機構ではなく、多因子およびQTLによる複雑な応答機構の解明に主眼を置きます。また、各種大規模データの解析やモデル化、およびその実証の観点から、植物科学のみならず情報科学、工学などの多様な分野の個人研究者の参画を促します。さらに、本研究領域は戦略目標の達成に向けた成果創出を最大化すべく、CREST 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」やさきがけ研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」とも連携した運営を行っていきます。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### ○ 背景

環境高負荷型の社会経済活動等が一因となり、地球上では将来的に全球レベルでの気温の上昇や、地域レベルでの降雨、乾燥の変則化などが現在よりも進行すると予想されています。このため、世界の多くの地域では、環境変化による作物生産への影響が懸念され、対応策の一つとして環境変化に適応した作物の作出技術に対する社会ニーズが高まっています。それを実現するためには、様々な環境条件における植物の効率的な生長の仕組み、特に環境ストレスに対する植物体の包括的な応答機構を解析するとともに、フィールドにおける物理化学的および生物学的な環境要因の相互作用による影響を定量的に評価する基盤的な研究が必要です。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

本研究領域では、このような社会的要請を踏まえ、植物科学における知見を統合し情報科学、工学等の技術と研究成果を活用した環境適応型植物の革新的な技術開発に向けた研究を推進します。

植物分野に限らず、科学技術を基盤としたイノベーションの創出では、異分野研究者の連携協力が重要です。本研究領域ではそれを念頭に置きつつ、多様な分野の研究者の参加を促す領域運営を行ってまいります。

### ○ 具体的な研究提案例

植物の多様な環境応答に対する分子機構を定量的に把握するために、遺伝子(群)の時間的・空間的な発現パターンと表現型との関係を示す統計的解析技術の創出、環境応答機構のモデルの構築、環境条件に対応した生育状況を示すバイオマーカーの同定などによってフィールドでの植物生長を予測し制御する次世代技術の基盤となる研究を募集します。

以下に想定される具体的な研究事例を示します(これらはいくつでも例であり、項目をまたがる提案やこれら以外の環境応答に関する新規の独創的な研究も広く求めます)。

#### ① 植物の環境応答機構の定量解析に関する研究

植物の環境応答に関わる生理機能の分子システムに関する研究を推進します。ここでは植物の生長に影響を与える大気中および土中の二酸化炭素濃度や温度、湿度、pHなどの物理化学的要因に加えて、生物学的な要因も対象とします。また、群落形成における植物間の相互作用、病虫害や微生物による植物の生体防御機構なども対象とします。さらに、光合成能力や無機栄養素等の取り込みと蓄積など植物の生長と代謝のメカニズムについて分子レベルから個体、群落レベルに至るまでの定量的な解析に基づく包括的な解明を目指します。いずれの解析においても、複数の遺伝子の応答ネットワークの解析に主眼を置きます。

#### ② 環境応答機構に関する数理モデル構築やバイオマーカーの開発に関する研究

大規模情報を活用した植物のインフォマティクス研究を推進します。環境応答の数理モデルの構築においては、環境要因のレベルと遺伝子群の発現、および植物の表現型との相関についての統計解析の結果から数理モデルを構築し、環境情報と遺伝子発現情報に基づいた表現型の予測技術を確立します。また、データマイニングやクラスタリングなどの手法開発や理論形成から、種の共通性や特徴を見だし、応用展開の基盤となる重要な因子(群)を推定し、バイオマーカーとしての価値を検討します。

#### ③ 遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術に関する研究

環境適応型の植物を作出するための遺伝子改変技術に関する研究を推進します。近年の新しい植物育種技術(NBT, new plant breeding techniques)の発展により、ゲノム編集やオリゴヌクレオチド指定突然変異導入技術などの手法が報告されています。しかしながら、導入の効率性や迅速性は種によって異

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

なっており、新たな技術開発が必要です。本研究領域では、多数の遺伝子を改変し導入する技術、操作効率を格段に高める技術、形質転換が困難な植物種の遺伝子導入を可能とする技術など、環境変化に適応して安定して生育する植物の作成に向けた次世代設計技術の基盤となる要素技術に関する研究を推進します。

なお、本研究領域では、穀類・果樹・野菜等の実用植物に加えてフィールド環境に自生する野生の植物種、さらにはシロイヌナズナやミヤコグサ等のモデル植物も対象とします。ただし、それらの種を用いた研究の場合は、可能な限り実用植物への成果展開を計画に加えてください。また、研究実施場所は圃場等での研究に加えて、安定した環境が得られる人工気象器や人工気象室等小型の閉鎖環境、完全人工光型植物工場などでの実施を可能とします。但し、専ら制御環境下での遂行の場合は、成果の将来のフィールド等への展開について記載ください。

### ○ 採択後の本研究領域の運営について

本研究領域では採択後の早い時期に、さきがけ研究者と研究総括との会合を設け研究計画を再考します。これにより、個人研究のみならず研究領域全体の成果のスムーズな創出を目指します。また、同時期に発足した CREST・さきがけ研究領域の研究総括・領域アドバイザー等と協力して、研究領域間での相乗効果についても検討します。

さらに、データやデータ解析ツールの共有・利活用などのオープンサイエンスに向けて本研究領域の基盤整備の方策についても検討します。例えば、データベースを構築・公開する場合にはそのポリシーを明確にし、JST バイオサイエンスデータベースセンター (NBDC) などと協力しながら研究基盤を構築していくこと等が考えられます。

さらに、内閣府 SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) などの他省庁で実施しているプログラムや国外の関連機関とも積極的に連携していきます。具体的には、それらの機関との共催ワークショップやシンポジウムを開催し、本研究領域で創出された成果の展開を促します。

### ○ 提案にあたっての留意点

提案にあたっては以下 1) 2) をご確認ください。

1) 研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」で推進するさきがけ研究との相違について

JST では、平成 27 年度に、戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」に基づき、研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」と本研究領域のそれぞれで独立したさきがけ研究領域が発足しました。ライフイノベーション分野として推進する本研究領域では、植物の環境応答の生理機能(遺伝子機能)の定量解明により、目的の形質を持つ植物の効果的な(分子)デザインに貢献する研究を対象とします。これに対して



## 第 6 章 募集対象となる研究領域

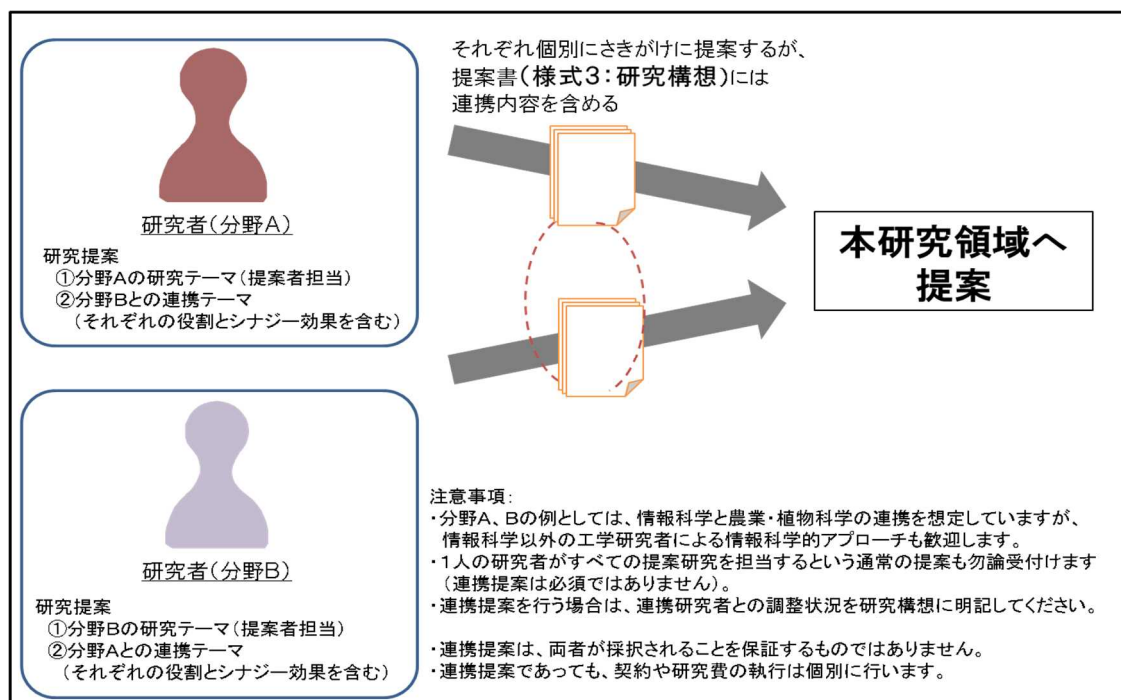
情報分野のさきがけ研究領域では、生理機能に主眼を置くのではなく、むしろそのブラックボックス化を許容しつつ、植物の生育環境の最適条件の抽出を目的としています。これにより持続的な農業生産のデザインの基盤構築への貢献を目指しています。

### 2) 連携提案について

さきがけ研究は、個人研究者の発想と能力を組織的な制約にとらわれずに遺憾なく発揮していただくプログラムです。しかしながら本研究領域では、植物科学と情報科学などの組み合わせにより高いレベルで協働することが求められるため、通常の提案(個人研究者としての提案)に加え、さきがけ提案者同士の連携提案を可能とします。

具体的には、提案する研究課題の一部を応募者ひとりで取り組むことが難しい場合には、例えば情報科学の研究者と植物科学等の研究者が事前に連携の可能性について打ち合わせるなど、それぞれの役割及び期待されるシナジー効果を記載し、それぞれが本研究領域に個別に提案することができるようにします(図を参照)。ただし、その場合でも両者は独立した「さきがけ研究者」であって、各々が独創的なアイデアを含む研究提案であることを条件とします。他の研究領域との連携提案は対象としていませんので、ご留意下さい。連携提案を行う場合は、連携研究者との調整状況のほか、提案者が個人研究者として取り組む研究内容と連携研究の内容とを区別して提案書(様式3：研究構想)に記載してください。なお連携提案であっても、個々の提案の内容によっては一方の研究提案のみ採択することがあります。平成27年度、28年度の本研究領域の採択実績として、連携提案として応募されたひと組の提案が揃って採択された例は、まだありません。連携提案を構成するものであっても、個々の提案がさきがけ研究にふさわしい新規性・挑戦性を備えている必要があることにご留意下さい。

連携提案(ペア応募)の実施



【図：連携提案】

※ 本研究領域に応募される場合は、提案書様式が他の研究領域と異なるため、本研究領域用の提案書書式を e-Rad からダウンロードしてください。

※ 本研究領域の募集説明会は、平成 29 年度は開催しません。平成 28 年度の募集説明会の資料を下記サイトにて公開していますので、ご参考下さい。

<http://senryaku.jst.go.jp/teian/top/setsumeikai.html>

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

- 戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」(273 ページ)および「社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築」(276 ページ)の下の研究領域

### 6.2.14 情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出

研究総括：二宮 正士(東京大学 大学院農学生命科学研究科 国際フィールドフェノミクス研究拠点 形成担当 特任教授)

#### 研究領域の概要

本研究領域では、気候変動や環境負荷に向けた要求等、さまざまな制約の下でも高収量・高品質な農業生産を持続的に行うことを可能とする先進的な栽培手法の確立を目指します。このため、農学・植物科学と、先端計測やデータ駆動型科学等の情報科学との協働により、さまざまな環境に適応した植物栽培や生産品質に合わせた植物の生育制御を実現するための研究を異分野連携により推進していきます。

具体的には、植物生体機能を非破壊で計測する技術、多様で大規模なデータから最適栽培に資する知識を抽出する技術、植物栽培の地域特異性を凌駕できる汎用生育モデルや不確実性を考慮できる生育モデル、圃場生態系を記述する複雑系モデル、野外での生育を精度よく制御する技術等を対象とします。

研究推進にあたっては、情報科学研究者と農学・植物科学研究者との情報交換・議論・連携を重視します。さきがけ研究者がそれぞれの専門分野の強みを生かしながら連携することで、互いに触発しながらシナジー効果を得る体制を整え、将来の食料問題への解決に挑みます。さらに、戦略目標を踏まえた成果を最大化すべく、必要に応じてCREST 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」、さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」とも連携した運営を行っていきます。

#### 募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針

##### 1. 研究領域の背景

世界人口が依然として爆発的に増加している中、経済発展により、より豊かな食をより多くの人が享受するようになってきているため、農業生産には単純な生産性向上ばかりで無く、求められる食を効率的に品質高く生産することも必要になっています。しかし、生物多様性や環境保全への配慮、農業起源の温室効果ガスの低減、水や耕作地の量的限界等の制約に加え、気候変動によるさまざまな影響が、そのような農業生産の実現を阻むよう立ちはだかっています。

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

本研究領域では、複雑な制約のもと問題解決を図りながら、高収量・高品質な農産物の持続的生産を支える栽培技術の実現に向けた研究、または目標とする生産量や品質に合わせ、たとえ野外でも生育を制御可能とするための基礎的・基盤的研究を、情報科学と農学・植物科学との連携のもとで行うものです。これまでの情報科学と農学等を融合する試みはいくつかのすばらしい成果を示してきました。しかしながら、圃場環境や栽培条件との複雑な相互作用のもとに生育する植物を制御し、その能力を十分には引き出すには至っていません。そこで、高度な農学・植物科学の知見と、外的環境を考慮した植物の生体機能計測、先端的なデータ駆動型科学等の活用により、さまざまな環境下での植物の環境適応と生育制御を実現する基礎的・基盤的研究の飛躍的発展が必要と考えています。

### 2. 応募にあたっての方針

前述の通り、地球規模では気候変動への対応や環境負荷低減への考慮、利用できる水や耕作地の制約等のさまざまな条件を考慮しながら、高い生産性と品質が両立する持続可能な農業の実現が課題となっています。さらに国内では、小規模経営による非効率生産、高齢化による担い手不足と篤農的知識の喪失、耕作放棄地の拡大、飼料も含む極めて低い自給率等の課題が加わります。この他、生産ロスや食品廃棄、食料分配システム等も加えた社会経済的要因も複雑に絡み合っって人類が直面する食料問題を構成しています。

応募者はまず自ら思考して、生産性と高品質をめざす持続的農業生産を実現するための諸々の問題の中で、将来的に何をどこまで解決しようとしているのか、ご自身の研究における長期的なシナリオを記入してください。次に、さきがけ研究における課題とその解決手段、研究終了時の達成目標、研究の出口の姿を記入してください。問題解決型の思考に基づいて、先駆的な基礎研究を提案していただくよう強く望みます。なお、本研究領域では将来にわたり作物生産の中心となると思われる野外での栽培に資する研究を主な対象としますが、植物工場等の人工環境下での栽培に関する研究も対象とします。研究のスケールについては、植物個体や個体群レベルを主なターゲットと考えていますが、生体内、農場、地域、全球等、その他のスケールの研究提案も歓迎します。但し、いずれの研究についても圃場等、外的環境での植物の環境適応や生育制御に関連したものであることが重要です。また、提案にあたっては以下（１）、（２）、（３）の点についても確認のうえご提案をお願いします。

（１） さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」との相違について

JST では、戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」に基づき、研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」と本研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」を独立して設定します。「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」研究領域では、植物の複雑な遺伝子機能の制御に関わる研究を推進します。具体的には、植物の環境応答機構

## 第 6 章 募集対象となる研究領域

を定量的アプローチにより解明し、目的の形質をもつ植物の効果的な(分子)デザインに貢献するインフラマティクス研究を対象とします。これに対して本研究領域は、上述したさまざまな制約のもとでも、圃場での持続的な農業生産を最適にデザインし、目的とする収量や形質を得るための研究を推進します。具体的には、圃場における植物の生体機能の革新的な計測技術に関する研究や、環境応答機構の詳細は未解明であっても、そのブラックボックス化を許容して植物の圃場における環境応答を精度よく表現し予測する頑健なモデル・シミュレーション研究等を推進します。研究に用いるデータは、野外圃場、植物工場等を問わず、実用植物栽培から得られたものを利用することを原則求めますが、大量のシミュレーションデータを活用する方法等も対象とします。

### (2) 連携提案について

さきがけ研究は、個人研究者の発想と能力を組織的な制約にとらわれずに遺憾なく発揮していただくプログラムです。しかしながら本研究領域では、農学・植物科学と情報科学が高いレベルで協働することが求められるため、通常の提案(個人研究者としての提案)に加え、以下で述べるさきがけ提案者同士の連携提案を可能とします。

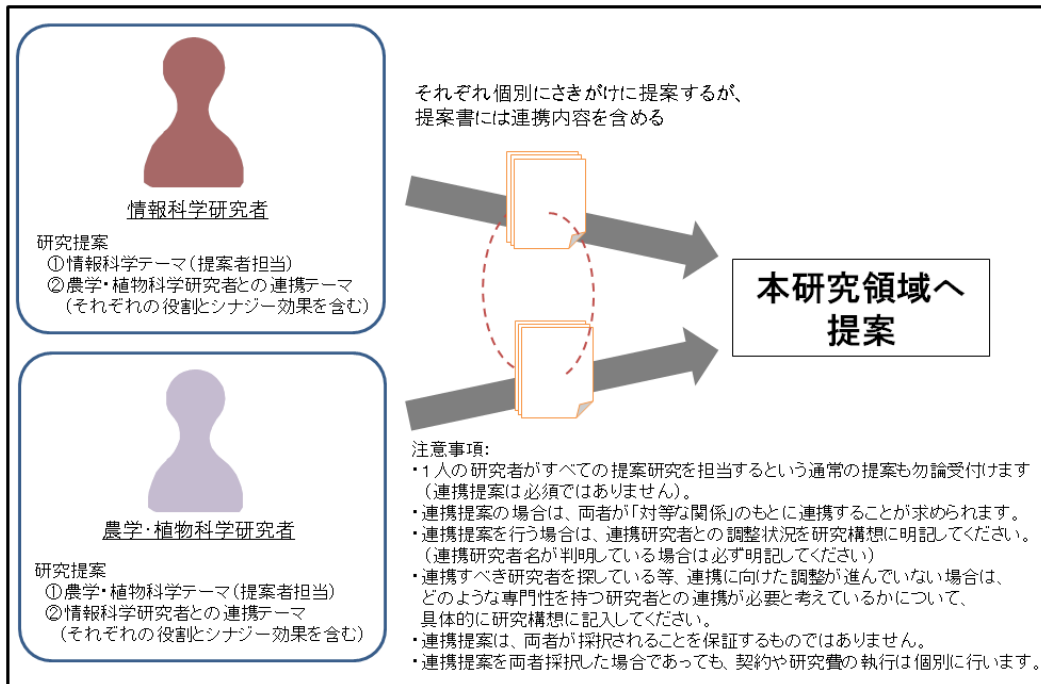
本研究領域では、最先端の農学・植物科学研究者及び情報科学研究者からの積極的な応募が望まれますが、情報科学研究者にとっては、自身のこれまでの専門外となる農学・植物科学分野の研究課題の設定や解析対象のデータ入手に懸念があることが考えられます。また、農学・植物科学研究者にとっても、自身の計測データに基づいたデータ駆動型研究に関心があるものの、情報科学の最先端の知見からは距離があることも考えられます。

そこで、提案する研究課題を応募者がひとりで取り組むことが難しい場合は、情報科学研究者と農学・植物科学研究者が事前に連携の可能性について打ち合わせたうえで、それぞれの役割及び期待されるシナジー効果を記載し、それぞれが本研究領域に個別に提案いただくことができます(下図をご参照ください)。ただし、その場合は両者のそれぞれが「対等」かつ「さきがけ研究者としてふさわしい提案」をすることが求められます。他の研究領域との連携提案は対象としていませんので、ご留意ください。連携提案を行う場合は、連携研究者との調整状況のほか、提案者が個人研究者として取り組む研究内容と連携研究の内容とを区別して提案書(様式3：研究構想)に記入してください。なお連携提案であっても、連携研究の内容によっては一方の研究提案のみ採択することがあります。

連携すべき研究者や連携研究テーマを検討中の段階で提案する研究者は、どのような研究者との連携を想定しているか、どのような連携テーマを実施したいのかについて、できるだけ具体的に記入してください。

また、目標とする課題解決に向けてデータを利用する研究を実施する場合は、どのようなデータを利用するのか、データ入手にあたってのデータ管理機関との調整状況についても提案書(様式3：研究構想)に明記してください。

なお、本研究領域の連携提案の評価にあたっては連携内容も評価対象に含めます。連携の必然性として、「提案者自身にとって連携先研究者のアプローチは代えが利かないものであるか」「連携によって提案者の研究がさらに展開できるか」を重要な評価の観点とします。連携提案については、連携先に負うところが過大である連携や、データ解析のみを請負うような連携ではなく、異分野の研究者が互いの研究を深化させるために必要な連携を期待しています。



【図：連携提案】

(3) 応募時の類型選択について

平成 29 年度の募集では、以下の 3 つの類型よりいずれか 1 つ選択のうえ、ご提案をいただきます。

以下に示しますとおり、本研究領域は、提案時点では農業・栽培、あるいは数理・情報科学的解析に明るくなくとも、研究課題を実施しながら領域アドバイザーの指導や他の領域内外の研究者との連携で学んでいただく事も可能です。

(ア) 【数理・情報科学型】

外部から入手した農業関連データもしくは自身の持つシミュレーションデータ等に対し、数理・情報科学的アプローチから研究課題に取り組もうと考えており、採択後に農学・植物科学的な知見を得て研究を進展させたいとお考えの方は、【数理・情報科学型】を選択してご提案ください。例えば、刻々と変化する環境との相互作用のもと複雑な応答を示す時系列データ（シミュレーションデータも可）に対して、数理・情報科学的アプローチを活用することで作物生育に関する新たな知見を見出そうとする方の参画を期待します。

提案時点では農学・植物科学的な知見に明るくなくとも、それを補って余りある数理・情報科学的解析手法の独創性や、持続可能な農業・栽培の実現に向けた発想展開の明快さを重視して選考を行います。また、農学・植物科学的知見を習得する意欲もあわせて評価の対象とします。解析対象とするデータが提案時点で不足している方に対しては、採択後に他のさきがけ研究者と連携できるよう、領域としてもサポートします。さらに、農学・植物科学的アプローチについては採択後の研究総括・領域アドバイザー・さきがけ研究者との議論を通じ、知見を深めていただく機会を設けます。

### (イ) 【農学・植物科学型】

農学・植物科学的手法により生体計測・データ取得に取り組む方で、採択後に数理・情報科学的解析手法を会得しようとしている方は【農学・植物科学型】を選択しご提案ください。例えば、農業応用上重要な植物の生命現象を説明する数理モデルの構築に取り組みたい方の参画を期待します。提案時点では数理・情報科学的解析手法に明るくなくとも、それを補って余りある農学・植物科学的計測手法の独創性や、成果の有効性評価手法の適切性、持続可能な農業・栽培の実現に向けた発想展開の明快さを重視して選考を行います。また、数理・情報科学的解析手法を習得する意欲もあわせて評価の対象とします。数理・情報科学的知見については採択後の研究総括・領域アドバイザー・さきがけ研究者との議論を通じ、知見を得ていただく機会を設けます。

### (ウ) 【分野連携型】

【農学・植物科学型】【数理・情報科学型】のいずれにも合致せず、提案段階で農学・植物科学的手法によるデータ取得及び数理・情報科学的解析に関していずれも知見をお持ちの方は【分野連携型】を選択してご提案ください。計測・解析手法双方の独創性、成果の有効性評価手法の適切性、及び持続可能な農業・栽培の実現に向けた発想展開の明快さを重視して選考を行います。

異分野としてより身につけるべき知見については、採択後の研究総括・領域アドバイザー・さきがけ研究者との議論を通じ、知見を得ていただく機会を設けます。

## 3. 本研究領域で想定する具体的なテーマ例

本研究領域では、植物の環境適応や生育制御を実現する栽培技術に資する革新的な提案を歓迎します。

まず、植物の生体機能・形質を非破壊かつ効率的に計測（フェノタイピング）するための革新的な研究提案を対象とします。なお、提案する計測手法は野外でも利用可能であることを重視します。提案にあたっては、計測手法の説明のみならず、計測により得られたデータをどのようにモデル・シミュレーションに活用できるかについても明確に説明していただくようお願いします。

次に、これらの植物機能の計測データや農業試験場等に保存されたレガシーデータ、気象観測データ、また各種統計データベースや衛星画像等の公開データ等の情報科学的・数理科学的な解析による、植物生育あるいは圃場生態系を記述するモデル・シミュレーションに関する研究提案も対象とします。このようなモデル・シミュレーション研究は進められているものの、多様な地域で利用できるほど汎化性が高く、また不確実性の高いデータを組み込んでも生育を正確に予測できるモデル・シミュレーションの実現には課題が多いのが現状です。頑健なモデル・シミュレーションの構築に向けた取り組みを期待しています。さらに、これらモデル・シミュレーションに基づく、育苗管理、施肥、病虫害対策、整枝、収穫等、各栽培プロセスの最適制御に関する提案も歓迎します。

さらに、持続的な農業の実現に向け、栽培に関する暗黙知の形式知化、農場・地域等における総エネルギーシミュレーション等、現状の手法にとらわれないデータ駆動型科学により、農業を取り巻く課題に対して画期的な成果が期待できる提案も対象とします。情報科学的解析を主とする提案については、データからの効率的な知識の抽出はもちろんのこと、研究成果に関する農学・植物科学的観点からの議論についても研究を進める上で重要と考えていますので、提案にあたってはこの点を考慮されるようお願いいたします。

以上は本研究領域で想定する具体的な研究テーマの例ですが、あくまで一例であり、これらに限定するものではありません。応募者の独創的な発想による革新的な提案を歓迎します。ただし、平成 29 年度の提案においても、野外環境での栽培への展開をより重視します。野外圃場での栽培を当初より研究の視点に含めている提案を歓迎します。

なお、本研究領域は栽培への実用展開を目指しているため、提案においては対象植物種を実用植物に限定しますが、必要に応じ、後述のライフィノベーション分野にて推進する CREST・さきがけ研究領域にて得られた知見の活用等による領域間連携も検討していきます。

### 4. 採択後の研究領域運営にあたっての方針

本研究領域での採択課題間の連携によるシナジー効果を上げるために、さきがけ研究者、研究総括、領域アドバイザー等の中で徹底的な議論を行える場を設定し、採択後も必要と思われる協働を積極的に支援していきます。議論の結果、当初提案の研究計画に修正をお願いする場合もあることをご理解ください。

研究の進展に合わせて、前述の戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」のもとでライフィノベーション分野にて推進される CREST 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と活用に向けた技術基盤の創出」・さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」との情報交換・意見交換の場を設定し、植物の生育制御に関する知見の共有を進めることで研究強化をはかります。本研究領域では成果をシステム化することやサービス化することまでは求めていませんが、それを意識した議論は大切にし、研究の進展によってはその実現についても検討したいと思います。この他、データやデータ解析ツールの共有・利活



## 第 6 章 募集対象となる研究領域

用等のオープンサイエンスに向けて本研究領域がどのような貢献ができるのか、領域全体で議論していきます。その一環として、JST バイオサイエンスデータベースセンター (NBDC) へのデータ提供の協力をお願いする場合があります。なお、情報科学研究者にとって入手が困難である場合もあると想定される、分析対象の農業データの入手についても、研究領域でのサポートを検討します。

さきがけ研究者には、一般に向けたアウトリーチ活動にもご協力をいただきます。さらに、本研究領域では、農学・植物科学と情報科学の接点となるワークショップや研究会等も開催予定ですので、是非とも積極的に参加していただきたいと思います。

現在、農学・植物科学と情報科学の融合分野は極めて人材が限られています。本研究領域には、新たな分野を創出するという気概を持って参加していただきたいと思います。農学・植物科学研究者は情報科学を、情報科学研究者は農学・植物科学を研究期間内に自ら積極的に学び、異分野の知見を取り入れつつご自身の研究を進化させてください。それぞれの分野は膨大で、その一部でさえ学ぶにはそれなりの時間を要します。まずは、異分野の研究者との交流を通してその端緒をつかんでもらえればと思います。本研究領域での研究活動を通して、両分野の橋渡しを行い、融合分野を牽引する人材となることを目指し、さきがけ研究を実施する過程でお互いに切磋琢磨して成長していくことを強く望みます。

※ 本研究領域に応募される場合は、提案書様式が他の研究領域と異なるため、本研究領域用の提案書書式を e-Rad からダウンロードしてください。

※ 平成 29 年度募集においては、本研究領域の募集説明会は開催しません。研究提案募集にかかるホームページ ( <http://senryaku.jst.go.jp/teian/top/setsumeikai.html> ) において、平成 29 年度領域募集方針に関する資料を掲載しますのでぜひご覧ください。なおご参考まで、このホームページには平成 28 年度募集説明会動画も掲載しております。