

戦略目標「ヒトのマルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明」の下に設定する研究領域

## 生体多感覚システム

研究領域統括：永井 良三（自治医科大学 学長）

研究総括：神崎 亮平（東京大学先端科学技術研究センター 教授）

### 研究領域の概要

本研究領域は、生体感覚システムおよび末梢神経ネットワークを包括した「マルチセンシングシステム」の統合的な理解、および可視化・制御法の開発を目標とします。これを達成するために、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）が4プログラム（CREST、さきがけ、AMED-CREST、PRIME）を同時に立ち上げ、互いに連携しながら研究を進めます。そのため、本研究領域では研究総括（Program Officer: PO）に加え、4プログラムの連携を統括する研究領域統括（Program Supervisor: PS）を配置しています。また、本研究領域では、JST に申請された研究提案書を AMED と共有する可能性がありますので、その旨を予めご承諾の上ご応募ください。

#### <研究領域統括方針>

感覚機能と自律神経系は、生体が恒常的に機能を果たすためのフィードバック系として重要な役割を担っています。一方、加齢をはじめとする内的・外的ストレス等による感覚機能の低下や喪失、さらに末梢神経系の障害は、健康障害と慢性疾患発症の大きなリスク要因です。そこで生体感覚システム・末梢神経ネットワークを包括した「マルチセンシング」の生理機構を統合的に理解することにより、全身臓器の関わる疾患を標的とした新規治療法の開発や、生活の質(QOL)の向上、ひいては健康寿命の延伸が可能になると期待されます。また、マルチセンシングシステムを介した革新的技術の社会実装は、感覚代行、感覚シェアなど、より豊かで幸福な社会の実現に貢献することができます。

JST では基礎原理の解明および基盤・応用技術の開発を軸として、センシング機能の拡張や新たな機能の獲得を目指します。一方、AMED では健康・医療への出口を見据えた基礎研究から医療応用を軸に、失った機能の回復・維持、すなわちセンシングと調節機能の回復・維持・予防を目標とします。

具体的には、マルチセンシングシステムの動作機構の解明、病態解明、活動状態を可視化・定量化する技術開発、およびそれらを基にした副作用の少ない治療法や予防法の開発、個人に適した医薬品、医療機器、低侵襲性デバイスの創出等を目指し、同時に、生体のマルチセンシング機能の拡張や高度なセンシングメカニズムの応用によるイノベーション・シーズの創出を出口としてとらえ、JST と AMED が両輪となって推進します。

本研究領域では、4プログラムの研究者がネットワーク型研究所を構成することによっ

て、相互連携と若手研究者のステップアップ、さらに研究の発展を促します。また、ムーンショット型研究開発制度（令和2年度～11年度）目標2「2050年までに超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現」、AMED 脳とこころの研究推進プログラム（精神・神経疾患メカニズム解明プロジェクト、領域横断的かつ萌芽的脳研究プロジェクト、革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト、戦略的国際脳科学研究推進プログラム、脳科学研究戦略推進プログラム）（令和3年度～令和11年度）との連携も視野に入れて活動していきます。

#### <研究総括方針>

生体内では、インプットされた外的・内的な刺激はさまざまな感覚受容器で特殊感覚・内臓感覚・体性感覚などの感覚情報として符号化され、電気信号に変換されたのち、末梢神経を経て中枢神経に伝達されます。本研究領域は、そのような多様な生体感覚と末梢神経のネットワークを統合した生体多感覚システムの包括的な解明を目指します。

生体における感覚研究は、特に視覚や聴覚の解析が他の感覚解析に先立つ形で研究が進展しました。近年、シングルセルオミクス解析技術やタンパク質の機能・構造解析の進展により、味覚や嗅覚に関する新規受容体が同定され、その作動原理が明らかになるなど、他の感覚についても徐々に新しい知見が得られはじめています。一方で、これまでの感覚研究はそれぞれの感覚に特化する形で進められてきており、異なる感覚間の協調など、感覚システムを統合したメカニズムといった観点からは十分に解析されていません。また近年、情報科学や工学デバイスなどの発展に伴い、それらを生体に対して適用することで、新たな生体センシング機能も解明されつつあります。このような生体多感覚システムの解明に加えて、仮想現実や拡張現実に代表される ICT 技術の飛躍的な進展に伴い、生体感覚の研究でこれまで得られた知見を ICT 技術などと融合し、ヒトの持つセンシング機能の拡張や感性の向上に資する技術についても、学術的・産業的重要性が高まっています。

以上を踏まえ、本研究領域では生命活動における生体多感覚システムの機能解明とその機能や作動原理を応用した技術開発を推進します。

### **募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針**

#### **1. 背景**

感覚とは、内的小よび外的な刺激を生体内に分布する感覚受容器が受けとり、末梢神経を介して脳の中枢神経系に達して起こる意識の現象のことを指します。特にこれまで、視覚や聴覚に関する研究は他の感覚研究に先立つ形で行われてきました。例えば、視覚の研究では19世紀には光受容タンパク質であるロドプシンが同定され、その後約100年をかけてその一次構造や結晶構造、さらに作用原理が明らかになるなど、分子動態・機能解明が進みました。今日ではロドプシンの性質を利用した光遺伝学手法が開発されるなど、生命科学のためのツールへの応用も行われています。

味覚や嗅覚などの感覚に関しては、化学物質を受容する受容体であり、その刺激となるリ

ガンドの同定は古くから行われてきましたが、受容体については不明な点が多く、詳細な分子メカニズムについてはまだ分かっていません。近年、大規模なシングルセルオミクス解析の進展によりこれらの感覚受容体のいくつかが同定され、その後タンパク質の構造解析によりその作動原理も明らかになりつつあります。

一方、感覚は、特殊感覚である視覚・聴覚・味覚・嗅覚、そして体性感覚である触覚を合わせた、いわゆる五感と呼ばれる感覚は良く知られていますが、それだけではありません。例えば、特殊感覚では平衡感覚、さらに、体性感覚としては深部感覚や内臓感覚もあり、それらの感覚に対応する感覚受容体は生体が感覚刺激を受け取る部位や臓器で発現しています。ところが近年それらの受容体は感覚刺激を受け取ると考えられている特定の感覚器だけではなく、全身に発現していることが明らかになってきており、感覚受容体そのものの役割についても複数の機能が備わっている可能性が示唆されています。そして、それぞれの感覚器受容体とそれに対応する末梢神経が協調的に作用することで相乗的な効果を生むことも近年の研究で分かってきました。一方で、動物や微生物等がヒトの感覚域を超えた感覚機能（スーパーセンシング）をもつことも明らかになってきました。

さらに、情報科学の発展により仮想現実（VR）・拡張現実（AR）の開発が飛躍的に進みつつある現在、生体感覚研究で得られた知見をこういった仮想空間やヒトの感性向上に反映させることも求められています。

## 2. 期待される達成目標と具体的な研究開発課題例

本研究領域では、生体内の感覚システムや、感覚器間の協調関係を明らかにし、多様な生体感覚と末梢神経ネットワークを統合した生体多感覚システムの包括的な解明を目指します。また、生体多感覚システムの機能や動作原理を応用した新規の技術開発を行います。生体多感覚システム研究を行うにあたり、従来の解析手法だけでは革新的な成果が得られることは困難であると予想されることから、本研究領域では新しい発想に基づく基盤技術や、大規模データの解析手法の開発も行い、機能解明に迫ります。

以下に、より具体的な研究開発課題例を示します。これらはあくまでも例であり、これら以外の積極的な提案も期待します。

### (1) 生体多感覚システムの受容・処理・動作機構の解明

- ・構造解析手法やイメージング技術等を用いた感覚受容器～末梢神経～中枢神経における情報受容・情報処理メカニズムの解明
- ・分子・細胞レベルでの生体感覚システム動作機構の解明（従来研究されてこなかった生体感覚システムの解明を含む）
- ・人工感覚器等のデバイスへの応用可能な生体感覚システム機構の解明
- ・認知、情動、行動に影響を与える生体感覚システム機構の解明

### (2) 生体多感覚システムの計測・制御等の基盤技術開発

- ・生体多感覚システムの作用機序を高い時空間分解能や大規模・高速度で計測・定量化する

## 基盤技術の開発

- ・生体多感覚システムを計測して得られた大規模データを処理する解析技術の開発

### (3) 感覚ネットワーク機構の解明

- ・感覚器と末梢神経ネットワークの協調関係の解明
- ・感覚器間の協調関係の機能解明
- ・身体性と芸術性の協調関係についての解明

### (4) 生体多感覚システムを活用した人に資する応用技術開発

- ・動物や微生物等のスーパーセンシング機能の解明とそれを応用した基盤技術開発
- ・生体多感覚システムの作動機序を人のセンシング機能の強化・拡張に応用する技術の開発
- ・生体多感覚システムの作動機序のアートやデザイン、デザインエンジニアリング、バリアフリー分野に応用する技術の開発

昨年度は、「生体多感覚システムを受容・処理・動作機構の解明」や「感覚ネットワーク機構の解明」に関する提案が多く寄せられた一方、「生体多感覚システムの計測・制御等の基盤技術開発」、「生体多感覚システムを活用した人に資する応用技術開発」に関する提案は少なかったため、今年度の募集では、各感覚を計測・制御する技術開発や、人に資する応用技術開発を目指すものを強く期待します。また、同様に、昨年度の募集にて提案を期待していた、アート・芸術と多感覚システムの解明に迫る研究提案、バリアフリー・当事者研究に関しての提案、XR（VR・MR・AR・SR）による新たな感覚拡張技術の創出といった分野の研究提案についても引き続き大いに期待します。

## 3. 領域の運営方針

- 本研究領域の募集においては、創造性やチャレンジ性そして異分野融合性を重要視します。これらには、独自の技術や着眼点の独創性などを含みます。提案書では、他の研究との正確な比較から提案内容の独自性・独創性を明記してください。また、本領域では人材育成的観点から、分野の垣根を越えて他の研究者と連携する力も選考の着眼点とします（採択後は研究進捗に応じて領域内外の研究者との連携を支援することを検討しています）。現在の科学研究は、個々の研究者の研究推進力だけではなく、個別研究では得られないような異分野融合による共同研究成果が求められます。そのため、他の研究者との連携を通じた新しい技術やアイデアを創出する力が問われています。そのような観点に関する提案者の考えや実績を示してください。
- 本研究領域では、アート・芸術に関する研究提案を広く募集します。領域運営アドバイザーの近藤薫アドバイザー（東京フィルハーモニー交響楽団 コンサートマスター）、および、長谷川豊アドバイザー（ソニーデザインコンサルティング株式会社 代表取締役社長）からアート・芸術に関してのアドバイスも得ることができます。また、研究提案と合致した芸術家を共同研究者として紹介、提案いたします。本研究領域内では、領域運営アドバイザーとともに、どのような身体活動（呼吸パターン、脳波パターンなど）

のときに、どのような芸術の表現となるかなど、身体性と芸術性に関する研究や、芸術家と観客の感受・感動のズレに関する研究が進められています。感覚を計測・制御する技術に関する研究や、多感覚システムの受容・処理・動作機構の解明、多感覚ネットワークの解明を目指す研究で、芸術家と共同研究を希望する提案を期待しています。

- 本研究領域では、バリアフリー・当事者研究に関する研究提案や当事者による障害学・バリアフリー研究の研究提案も広く募集します。領域アドバイザーの熊谷晋一郎アドバイザー（東京大学 先端科学技術研究センター 准教授）からバリアフリー・当事者研究に関してのアドバイスも得ることができます。また、研究提案と合致した当事者研究者、当事者コミュニティのメンバーも紹介可能です。さらに、本研究領域内では、当事者研究と他分野の共同研究に向けた研究会の準備も進められています。なお、研究の共同創造（Co-production of research）の考えの下、研究提案から成果発表に至るすべての過程において当事者コミュニティと協力して研究を進めている、進めることを希望する研究者の応募も広く歓迎します。
- 同じ戦略目標・研究開発目標の下に設定された CREST「生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出」領域および AMED-CREST・PRIME「マルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明による革新的医療技術開発」領域をはじめとする、研究領域内外の研究者との連携の場も最大限活かして、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ています。
- 昨今の科学技術政策におけるイノベーションの重要性に鑑み、本研究領域は参画する研究者の知財権取得をサポートします。

#### 4. 他の研究領域との連携・協働について

領域運営においては、CREST「生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出」、さきがけ「生体多感覚システム」、および AMED-CREST・PRIME「マルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明による革新的医療技術開発」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。

そして、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、CREST「多細胞間での時空間的相互作用の理解を目指した定量的解析基盤の創出」領域や関連する学会・研究機関等との連携を促進するため、共同でのシンポジウムや研究会の開催を検討しています。

なお、戦略的創造研究推進事業では、募集要項の「第9章 戦略的創造研究推進事業内における重複応募の制限について」に記載の方針に基づき、2021年度に公募を行う「CREST」、「さきがけ」、「ACT-X」、「AMED-CREST」、「PRIME」の全ての研究領域又は研究開発領域の中から、研究提案者として1件のみ応募可能とする重複応募の制限を設けています。しかし、

例外措置として、本さがけ領域については、同じ戦略目標の下に発足した AMED の PRIME 「マルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明による革新的医療技術開発」研究領域との重複申請を認めます。ただし、提案書は JST(さがけ)および AMED(PRIME) がそれぞれ指定する様式を用いて、各法人への申請をお願いします。提案書の様式を間違えて申請を行った場合は不受理とします。また、2つの領域に同時に採択されることはありません。

## **5. 研究期間と研究費**

さがけの研究期間は3. 5年間、研究費の上限は4, 000万円です。