

○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」の下の研究領域

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

研究領域統括：永井 良三（自治医科大学 学長）

研究総括：入來 篤史（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）

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。

<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。

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。

<研究総括方針>

本研究領域では、感覚生理学・分子細胞生物学・神経科学等のライフサイエンス分野を超えて、電子/機械工学・情報/数理科学・認知/心理学等との異分野融合を推進することにより、多種感覚受容システムおよび末梢神経ネットワークを総合した「生体マルチセンシングシステム」の動作原理を解明し、日常生活に実装する基盤・応用技術を創出します。

近年、計測技術の発展により新たなセンシング機能やメカニズム解明への切り口が得られつつあります。また種々の感覚情報が、免疫・代謝・内分泌などを含む他の生体システムと相互作用して恒常性が維持されたり、意識下で統合されて多様な知覚・情動が生み出されて人間観や世界観に影響することも分かりつつあります。さらに、仮想/拡張現実にて代表される ICT 技術やウェアラブルデバイス等の開発から得られた生体感覚研究の知見を、再びフィードバック・融合することにより、ヒトの持つセンシング機能を生体の内外で拡張することも期待されます。

これらの背景をもとに、本研究領域では、従来の各感覚モダリティや生物階層の境界条件内に特化した要素還元的な研究ではなく、生体内外からの様々な環境情報入力が全身生理機能に与える影響とそのメカニズム・ネットワークを解明する研究や、それらを活かしてマルチモーダルな感覚情報を統合的に理解し、生体センサーフュージョンを実現するための技術開発を推進します。また、マルチセンシングメカニズムを可視化、操作、伝送、提示するための基盤・応用技術の創出も目指します。加えて、ヒトには本来備わっていない多彩なセンシング能力（多様な生物が進化の過程で獲得した能力や、現代科学技術が可能にした能力など）を解明し、ヒトのセンシングシステムの新たな理解の切り口とし、これらを活用可能とする原理や有用なデバイスの開発を推進します。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景・概要

本研究領域では、感覚生理学・分子細胞生物学・神経科学などのライフサイエンス分野を超えて、電子/機械工学・情報/数理科学・認知/心理学などを多岐に横断する大規模な異分野融合を推進します。これにより多種感覚受容システムおよび末梢神経ネットワークを総合して「生体マルチセンシングシステム」として機能する動作原理を解明し、それを日常生活に実装するための基盤・応用技術を創出します。すなわち本プログラムは、これまでの感覚器・末梢神経研究の延長線上にはない新概念の研究パラダイムを構築して、免疫系・代謝系・内分泌系などを含む多様な生体システムとの相互連関をも包括する新たなセンシング研究分野を創出するもので、人間の感覚世界を豊かに健やかにし、そしてさらに広げるため

の次の一步を踏み出してイノベーションを引き起こすことを目指します。

日本の感覚器研究の伝統は長く、様々な生物種や生体内の多階層で研究が行われ、多くの知見や多様な技術が蓄積していることは、大きな強みです。また、近年の計測技術の発展によって、感覚器細胞の多様性や異所的に発現する受容体が同定されるなど、新たなセンシング機能の発見やそのメカニズム解明に向けた切り口が得られつつあります。さらに、種々の感覚情報が意識下の様々なレベルで統合されることによって、生体機能の恒常性が維持されるとともに我々の複雑で多様な知覚や情動がうみだされ、それらが協調的に意識世界に作用して我々の人間観や世界観にさえ影響することもわかりつつあります。一方、仮想現実や拡張現実で代表される ICT 技術やウェアラブルデバイス等の開発が飛躍的に進んでおり、それらを活用した生体感覚研究で得られた知見を、再び ICT 技術やエンジニアリングにフィードバックし融合することで、ヒトの持つセンシング機能を生体の内外で拡張することも期待されます。

これらの背景をもとに、本研究領域では、従来の各感覚モダリティや生物階層の境界条件内に特化した要素還元的な分子機構や特定の神経回路の研究ではなく、生体内外からの様々な環境情報入力や全身生理機能に与える影響とそのメカニズム・ネットワークの要諦を解明する研究や、それらを活かしてマルチモーダルな感覚情報を統合的に理解し生体センサーフュージョンを実現するための先進技術開発を推進します。また、マルチセンシングメカニズムを可視化、操作、伝送、提示するための基盤・応用技術の創出も目指します。加えて、ヒトには本来備わっていない多彩なセンシング能力（多様な生物が進化の過程で獲得した能力や、現代科学技術が可能にした能力など）を解明し、ヒトのセンシングシステムの新たな理解の切り口とし、これらを活用可能とする原理や有用なデバイスの開発を推進します。

本研究領域では、我が国でこれまで独立に大きな成果を挙げて来たそれぞれの研究領域を糾合し、積極的に異分野融合を促進する仕組みを構築することによって、従来は交流機会が希であったライフサイエンスと電子/機械工学・情報/数理科学・認知/心理学などとのシナジー効果を引き出し、日本発の新しい「生体マルチセンシング」領域を創出して世界に広くアピールすることを目指します。また、この次世代の新概念の学問領域を確立し定着させるため、それを担うべき人材の育成と新たな研究評価軸の創出にも取り組み、これらの活動を通して近未来の人間社会の発展に資するべく、新概念のヒューマニティ創出に向けた原理解明や技術開発を進めます。

2. 募集・選考の方針

本領域では以下の（１）～（４）のテーマを中心に戦略目標の達成に向けて、従来の伝統的な研究分野を超えて異分野とクロスカットする融合的な研究を推進します。以下に期待する具体的な研究課題の提案例を挙げますが、これらはあくまでも参考であり、これらを遙かにしのぐ独創的な提案を歓迎します。昨年度はこれらのうちで、生体多感覚システムの

「受容・処理・動作機構の解明」や「統合機序や他器官との連関の解明」に関する提案が多く寄せられた一方、「計測・制御等の基盤・応用技術開発」、「生物のセンシング能力を活用し拡張する技術の開発」や「多種感覚の総合のための新しい理論の創出」に関する提案は少なく、今年度の募集では、各感覚の拡張による新たな感覚世界の創出を目指すものや、数理科学等による理論駆動型のアプローチに基づく研究提案を強く期待します。また、同様に、昨年度の募集にて提案を期待していたものの、応募数が限られていた免疫や代謝、内分泌など他の生体システムとの連関や、心理学、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大いに期待します。課題採否にあたっては、(i)これまでの一連の成果がどのような思想によって構造化されているか、(ii)既存の枠組みの中で十分な成果が達成されてきたか、(iii)それらの基盤に立脚して次の段階としての「総合」の準備が整っているか、を吟味しますが、提案プロジェクト自体に直接関わる過去の成果との関連性は問わずに、将来計画を中心に検討します。

(1) 生体多感覚システムの受容・処理・動作機構の解明

これまでに蓄積してきた、分子、受容体、回路などに還元される要素的知見をさらに発展させて、細胞内分子の多体状態の動的変化、生体分子を構成する原子や電子状態から多階層に亘る生物の構成要素の間の相互作用や、受容器細胞におけるシグナルトランスダクション以外の生体内外の環境情報受容メカニズムに関する研究。

- ・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・末梢神経から中枢神経にいたるべき情報受容・情報処理メカニズムの解明
- ・原子・分子・細胞レベルでの生体感覚システム動作機構の解明
- ・感覚器以外の器官におけるセンシング機能や感覚との関連の解明
- ・個体と集団の認知・情動・行動に影響を与える生体感覚システム機構の解明

など

(2) 生体多感覚システムの統合や他器官との連関の解明

遠隔感覚（視・聴）、近接感覚（味・嗅・触・痛・痒など）、深部・内臓・平衡感覚などの異なるモダリティ間の比較・相互関係・統合原理や、それらの感覚受容器および末梢支配神経近傍での免疫系・代謝系・内分泌系などの他の生体システムとの分散的局所相互作用とその結果総体としての中枢神経階層情報処理系との相互作用に関する研究。

- ・諸感覚器官の協調関係やセンサーフュージョンのメカニズムの解明
- ・多種内臓や脳も関わる多器官にわたる円環的ネットワークの構造と機能の解明
- ・感覚器・末梢神経レベルでの分散神経情報処理と他の生体システムとの相互連関の解明

など

(3) 生体多感覚システムの計測・制御等の基盤・応用技術開発

全身に分布する感覚受容システムの時空間的な活動動態を計測しリアルタイムで可視化するデバイス、異種感覚の間で情報を相互変換したり未知の感覚種の情報を既知化する技術、遠隔感覚（視覚・聴覚）に比較して開発途上の近接感覚や深部感覚などを計測・伝送・

提示して XR (VR, AR, SR, MR) に実装するシステムの開発、およびそれらの人間社会生活や精神活動に及ぼす影響や効果に関する論理的検討。

- ・生体多感覚システムの構造や機能を、高い時空間分解能や大規模・高速度で計測・定量化するウェアラブルデバイスや基盤技術の開発
- ・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や理論の開発
- ・近未来の人間社会の発展・拡張に資するべき新たな感覚種の探索とヒトの感覚情報処理系への統合の原理と手法の開発
- ・感覚器のメカニズムと ICT 技術やエンジニアリングを融合した生体感覚システムの制御・提示・拡張技術の開発

など

(4) 多様な生物が進化の過程で獲得したセンシング能力を活用し拡張する技術の開発

ヒトがその生活環境のなかで受容できる感覚モダリティの検出帯域外の情報や、ヒトに備わっていない種類の情報を検出する生物の感覚システム、現代科学技術によって生物には検出不可能な環境情報を活用し、近未来のヒトの能力を拡張し人間社会の発展に資する技術の開発、およびそれらの人間精神活動に及ぼす影響や効果に関する論理的検討。

- ・多種の動植物・微生物や工学技術等によるヒトに無いスーパーセンシング機能の解明とこれを応用した技術開発
- ・スーパーセンシングを含む多種感覚モダリティ情報をもとにセンサーフュージョンによってヒトの新概念の感覚世界を創出する原理を解明し社会実装する技術の開発
- ・生体多感覚システムの作動機序をヒトのセンシング機能の強化・拡張に応用する技術開発

など

3. 研究期間と研究費

研究期間は、5 年半以内とします。

当初研究費は、1 課題あたり総額 3 億円（直接経費）を上限とします。必要に応じて研究期間中に研究加速のための支援を行います。なお、総括による精査の結果、採択にあたっては研究費の調整を行う場合がありますので、予めご了承ください。

4. 領域運営の方針

(1) 研究開発マネジメント

本研究領域では、これまでの延長線上にはない融合的な研究を促進し、個別研究ではなし得ない跳躍的な成果の創出を目指します。そのためには、リスクをとることをいとわない挑戦的な研究姿勢を歓迎し涵養すべく、短期的な成果主義を極力排して見識ある努力主義での評価に努めます。具体的には、たとえ早い段階で失敗しても、失敗の仕方、失敗の中味を評価し、失敗体験による経験の蓄積を次の飛躍に活かすべくサポート・アドバイザー体制を築きます。また、本プロジェクトを通じた新概念の学術研究領域を確立して定着させるた

め、従来の枠組みに囚われず、世界にアピール出来る成果評価方法の開発と普及を目指します。このために、国際・領域運営アドバイザーの参画によって構築される、強力な国際連携メカニズムを活用することで、本領域の研究成果の国際発信力を高めます。また、本領域の活動の様式と経過自体を対象として研究する、領域内プログラムを検討します。

これにより、研究費は年度ごとに見直しますので、研究の進捗状況に応じて増減があることを予めご承知おきください。また、進捗状況や中間評価結果等に応じて研究体制や予算の見直し・組換え等を求めることがあります。研究体制の見直しに関しては、チーム内での体制見直しに留まらず、複数の研究チームに渡る組換えや外部からの研究者追加等を要請する場合があります。

また、本領域全体をネットワーク型研究所と見なして有効に機能させるべく、研究総括の裁量経費などを機動的に運用することによって、優れた進捗を遂げている研究課題や領域に貢献する研究課題に対して予算追加措置を検討したり、次項以降に述べるような、この新しい研究領域を担う次世代のリーダーたるべき若手人材の育成や、領域内外の連携を図る領域内プログラムを策定して実施します。

(2) 人材育成

今後の我が国の生体多感覚システム分野を担う、分野融合型の研究者を養成し新たなキャリアパスを創出するために、若手研究者の育成・支援を推進します。分野横断的な学際研究、特にこれまであまり交流の無かった分野間の融合を図る場合は、使用する用語や思考法、成果の種類や価値など、既存の分野内にあっては常識として疑う余地の無かった基本的な事柄を、相互に尊重しつつ理解することから始めることが必須です。このために、領域会議などの機会を活用して、各研究チームに参加する若手有志を対象とした、異分野レクチャー・シリーズを企画します。

また、公的な場以外に、気軽に若手同士が異分野交流を行える「梁山泊」的な環境を、バーチャル技術や SNS などを活用して整備する支援を行うとともに、状況によっては、そこから発生する若手同士の協働によって参加チームの研究を加速し連携を強化するようなミニ・プロジェクトの領域内公募も検討します。これによって、他分野の他チームの PI にも気軽に研究内容について相談できるような雰囲気を醸成し、本領域若手の中から次の大型プロジェクトの提案が出て来ることを期待します。さらに、異分野の研究代表者等のサポートにより、若手が他分野の学会や研究会に参加する機会を促進し、将来にわたって分野を越境する心的ハードルを下げるような環境を構築します。

(3) 領域内外連携

CREST では、領域全体をネットワーク型研究所とみなして各課題が総合的に連携して運営されます。また、CREST 領域内連携のみならず、さきがけや国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) で実施する AMED-CREST、PRIME との領域外連携を、JST・AMED の 4 プログラムを統括する研究領域統括 (PS: プログラムスーパーバイザー) の運営方針のもと推進していきます。

領域内連携としては、異なる分野の研究者がオープンなマインドで積極的に交流できる場を構築し、共同研究を支援します。また、研究所のコア・ファシリティに相当するバーチャル・メカニズムとして、様々なデータや研究資源を出来る限り共有するデータベース・プラットフォームを構築して、研究の効率化と標準化および科学的信頼性の担保に努めます。

JST/AMED 4プログラムの連携としては、随時意見交換の場を設けて共同研究などの有機的連携の機会を探ります。また、4プログラム外との連携としては、PS のリーダーシップの下、国内外の学会や会議、研究会などに、共同でシンポジウムやワークショップを提案・開催したり、国際学術雑誌などに本領域研究テーマの特集号を提案するなど、日本発の新しい研究領域の普及に務めると共に、海外の研究機関・組織との連携をサポートします。

5. 留意事項

本領域は、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「生体マルチセンシングシステム」のメカニズム解明と基盤・応用技術の開発を主な対象とするため、ヒトやその理解に資する多様なモデル生物を対象とします。また、生物が進化の過程で獲得したセンシング能力を活用した技術の開発については、研究目的に合致した生物種も対象とします。

また、若手研究者、女性研究者による独創的かつチャレンジングな研究提案を歓迎します。