

【新学術領域研究（研究領域提案型）】
複合領域



研究領域名 **がんシステムの新たな俯瞰と攻略**

東京大学・医科学研究所・教授 **みやの さとる**
宮野 悟

研究課題番号：15H05907 研究者番号：50128104

【本領域の目的】

がんの発生進化と多様性、胚・体細胞のモザイク性変異による個体内の遺伝学的多様性、1万を超えるノンコーディング RNA の機能、悪性度とがん細胞文脈という概念でがんのシステムの統合理解を深化させ、その多様性と複雑性に基づくがん診断と攻略を目的とする。その推進の鍵は大規模なスーパーコンピュータの活用ではじめて実現できる数理モデリング・大規模データ解析、遺伝統計解析などの数理的方法論であるが、今回新たに、Cognitive Computing などの革新的情報技術をシステムがん研究に融合し、がんの全体象を把握した上で、個々人のがんの細部へと自在にシャトルする術を獲得する。同時に、がんの ELSI 研究を構築して、ビッグデータがもたらす未遭遇の課題も含めたがん研究との整合性を図り、現時点での想像を超えたがんゲノム研究・医療を支え、時に対峙しうる領域を開拓する。

【本領域の内容】

がんのシステム統御からの逸脱を大規模かつ精緻に俯瞰し、システム異常を引き起こしている個々の部位（遺伝子やパスイウェイなど。以下、局所）を的確にピンポイントする方法を、がんビッグデータを活用した Cognitive Computing を用いて開発する。そして、がんの理解と攻略のために、次の二つの研究項目（A01, A02）を融合させて推進する。

がんの複雑性のシステムの理解を目指した新次元の統合的研究



図1 研究の概要

【A01】がんのシステムの統合理解の新展開

第一は、大規模オミクスデータとフェノームデータに基づき、がんゲノムを疾患単位やヒト集団として捉える「全ゲノム・ヒト集団の俯瞰的な研究」である。第二は、がんゲノムの機能的理解を目指す「ゲノムの局所に関わる研究」である。これらを、ゲノム解析の革新とスーパーコンピュー

タにより近接させ、その両者をシステムの統合解析していくことで、がんのシステム異常に関する理解を深化させる。計画研究では、がんの細胞文脈、進化と多様性、ノンコーディング RNA に絞り、がんを時空間・位相的に解析することで、予防・早期診断・治療・治療耐性の革新を目指す。

【A02】がんビッグデータ — 情報解析の革新と ELSI

大規模なスーパーコンピュータ活用による数理モデリング・データ解析・遺伝統計学・疫学などの数理的手法などをがんビッグデータ等に邂逅させるとともに、Cognitive Computing などの新たな革新的情報技術を導入することにより、シャトルしながら行うがんのシステムの理解の方法を格段に飛躍させる。また、【A1】のゲノム解析の革新により個々人の全ゲノムへのアクセスが可能になり、またモザイク状態の細胞系の遺伝子変異や未病状態の個体の造血幹細胞に加齢により蓄積していく変異の全貌が見えてくる。そのため、がん研究とその成果の応用について、新たながん領域の ELSI（倫理的法的社会的課題）研究を構築し、がん研究との融合と整合を図り、急激に進歩するがんビッグデータ社会に臨む。

【期待される成果と意義】

ゲノム・ノンコーディング RNA・細胞文脈をとおしたがんの多様性と複雑さのシステムの理解が、その方法論とともに格段に進歩する。がんの多様性と複雑性の基礎研究を踏まえ、がんの未病状態、予防、超早期/高精度診断、治療戦略、治療耐性の回避、既存薬再配置、がんの臨床シークエンスの基盤、創薬概念に革新を引き起こすことが強く期待される。同時に、社会全体として必要な情報インフラ（クラウドコンピューティングや Cognitive Computing/Environment など）の整備の範囲と必要性が明確になる。学問領域としてのがん ELSI 研究の構築をとおしたデータシェアリングは患者参加型の研究・医療開発・創薬を推進し、ビッグデータの収集と活用に画期的な道筋を作るといふ期待があり、高齢化社会的において大きな意義がある。

【キーワード】

システムがん研究：がんのシステム異常を数理モデリング・大規模データ解析・シミュレーションと実験データを融合して解明する研究領域。

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度～31 年度
1,101,600 千円

【ホームページ等】

<http://neosystemscancer.hgc.jp/>
systemscancer@hgc.jp

新学術領域研究
(研究領域提案型)

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 海洋混合学の創設： 物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明

東京大学・大気海洋研究所・教授 やすだ いちろう
安田 一郎

研究課題番号：15H05817 研究者番号：80270792

【本領域の目的】

本領域では、「海洋の鉛直混合」の観測システムを構築し、親潮・黒潮の源流域から東北沖を中心とした北太平洋・縁辺海で物理・化学・生物を併せた統合的観測を展開することで、海の混合の実態と発生機構および物質循環、気候、生態系への影響を明らかにします。鉛直混合過程を組み込んだ次世代の数値モデルを開発し、観測と併せて、混合の影響を定量化するとともに、混合変動が制御する海洋・気候変動と海洋生態系の環境応答を明らかにし、気候と水産資源の将来予測への道を拓きます。

本領域では、月と地球の関係が生み出す海の鉛直混合の実態解明を通じて、深層循環の終着点である北太平洋において、どこでどのような鉛直混合が働き、栄養塩を含む中深層水が湧昇し、親潮や黒潮に影響を与えて、気候を変え、生物生産（海の恵み）の維持と長周期変動につながるのか、混合過程を軸として統合的に解明し、新しい学術領域「海洋混合学」を構築します。

【本領域の内容】

本領域は、近年目覚ましく進歩した海洋観測とモデリングを両輪として、鉛直混合の実態とその影響を明らかにするための研究を展開します。

まず、海底の起伏が東部太平洋に比べて激しく、比較的大きな鉛直混合が存在すると考えられている西部北太平洋において、開発されつつある鉛直混合測定手法を用い、また日本の誇る海洋観測網を活用して観測を展開し、鉛直混合分布の空間分布の実態とその発生過程を明らかにします。

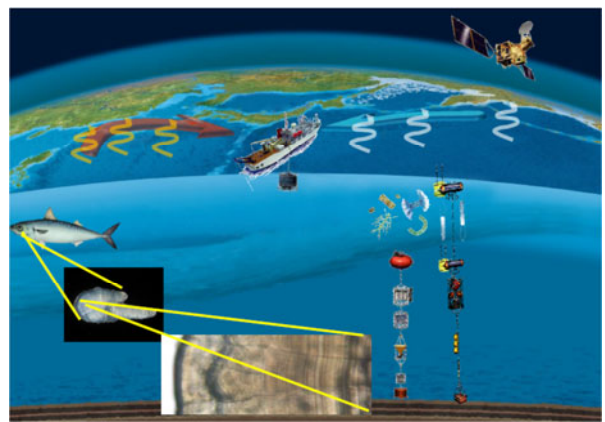
特に、西部北太平洋の海の恵み（豊かな水産資源や炭酸ガスの吸収の基になる生物生産の維持など）を支える仕組みを明らかにするため、強い潮汐と鉛直混合によって表層に栄養塩が供給されている可能性が高い黒潮・親潮源流域において、東アジア隣国と共同して物理・化学・生物を統合した現場観測等共同研究を行います（図）。

また、時間的・地理的にまばらに存在する現場観測データを数値モデルの力を借りて補完（データ同化）することで、熱・物質の収支を解析するための統合データセットを作成します。これにより、鉛直混合の動態を解明し、栄養塩供給経路・過程の定量化などを目指します。

鉛直混合の主要な発生要因の一つである潮汐は18.6年周期で振幅が2割程度変動します。鉛直混合の18.6年周期変動を組み込んだ大気海洋海水結合気候モデルや物質循環モデルを開発し、鉛直混合の長周期変動が、気候・物質循環・生物生産に与える影響とその伝搬過程を明らかにします。

海洋の生態系については、自動昇降装置や表層からの生物粒子の採集装置を水中に長期間設置し

（図）、船・人工衛星観測等と連動して観測を行い、高い生物生産を生み出す仕組みを明らかにします。耳石（図）の微量分析から魚類の環境履歴を復元する手法を開発し、魚類を含む生態系モデルと併せて、鉛直混合を主とする長期変動が水産資源変動に与える影響の解明に挑みます。



本領域での、栄養塩循環・生態系研究の模式図。黒潮や親潮源流域での大きな鉛直混合によってもたらされる栄養塩が日本周辺での豊かな海の恵みを支え、潮汐18.6年周期鉛直混合変動がそれらの長周期変動をもたらすという仮説を検証する。

【期待される成果と意義】

西部北太平洋の中深層に至る鉛直混合の空間分布の実態が明らかとなり、鉛直混合とその変動を搭載した次世代の数値モデルが開発され、中深層循環や、中深層水に蓄積されている栄養塩の鉛直混合による湧昇、黒潮や親潮による栄養塩輸送を通じて、日本周辺海域の豊かな海洋生態系や炭酸ガス吸収など海の恵みをもたらす過程が定量化されます。また、生態系過程の解明や水産生物の経験環境履歴検出手法の開発により、潮汐18.6年周期振動に起因する鉛直混合変動が、潮や栄養塩の輸送変動を通じて、気候や海洋生態系、水産資源の長周期変動を引き起こす過程を明らかにすることで、気候・水産資源変動予測に道が拓かれます。

【キーワード】

海洋鉛直混合：海水が上下に混ざる過程。潮流等の海流が海底の凹凸にぶつかることで発生した波が砕け、渦となることで生じる。熱や栄養塩などの上下の輸送に寄与する。

【研究期間と研究経費】

平成27年度～31年度
1,112,600千円

【ホームページ等】

<http://omix.aori.u-tokyo.ac.jp>
omix@aori.u-tokyo.ac.jp

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 非線形発振現象を基盤としたヒューマンネイチャーの理解

生理学研究所・生体システム研究部門・教授

なんぶ あつし
南部 篤

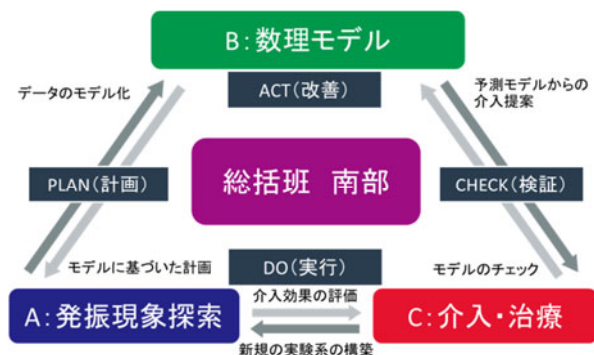
研究課題番号：15H05871 研究者番号：80180553

【本領域の目的】

本領域はヒューマンネイチャー(人間本性)の理解を可能とするニューロ・オシロロジーを創成する。オシロロジーは、先端的な実験研究に裏付けられた神経科学知と、複雑系としてのヒトを不分離の統合システムとして捉える非還元論的思考の二つを融合して「ヒト脳」に切り込む新しい実践的学知である。我々は、神経系の集団発振現象と同期化が機能分化と自己組織化の場であるという作業仮説を共有するとともに、実験研究データベースも共有する有機的な連携によって、神経科学、数理科学、臨床医学の融合した新しい学問領域「オシロロジー」を創成し、ヒューマンネイチャーの数理的・システム神経科学的理解を実現する。

【本領域の内容】

3つの計画班グループによる環を形成し、相互に連携しつつ研究活動を推進する。



領域推進の基本戦略は探索、理論、臨床介入の三本立てである。A: 探索(新規の集団発振現象の探索)、B: 理論(データ対話的な数理モデル構築)、C: 介入(介入による発振制御と臨床応用)の3つの研究項目が融合的に連携し、神経細胞、動物モデル、ヒト臨床研究という多様な実験研究と解析・モデル化を行う。Aグループは、細胞内現象、霊長類・げっ歯類モデル、ヒト脳直接記録、そしてヒト脳システムの先端的計測といった各班の取り組みから、多次元・多階層での新規発振現象を探索する。Bグループは非線形振動・発振を伴う多次元・多階層の神経ネットワークの機能分化と自己組織化の数理モデルを推定・構築する。Cグループは動物における遺伝子操作や光遺伝学での発振現象への介入、ヒトでの非侵襲的脳刺激法によって、動的な神経ネットワークの人為的制御および神経精神疾患などのネットワーク病態への治療的介入や神経再組織化の誘導を研究する。

オシロロジー創成には、実験と緊密に結びつい

た理論研究(B理論班)が不可欠である。また、実験研究には、非線形な生命現象に対する観察研究(A探索班)と、臨床データも含めた介入実験研究(C介入班)の2つが必要で、それぞれについてヒトおよび動物モデルでの計画研究が求められる。概念図に示すとおり、B理論班が構成論的にmodel-based実験計画を立案し、A探索班とC介入班が協力してモデル検証を行う流れで研究を推進する。またA探索班が発見した非線形集団発振現象をB理論班が数理モデル化し、C介入班が発振現象制御実験を行う。またC介入班が開発した発振制御技術について、A探索班がその効果を記録解析し、B理論班のモデルの妥当性を検証する。このような3領域間の循環的相互作用の形で、本領域の主要な共同研究を推進する。

【期待される成果と意義】

オシロロジーの観点に立つことで、我が国での重要な健康課題である認知症、てんかん、パーキンソン病、統合失調症などの神経精神疾患は、還元論的に遺伝子変異や神経変性だけ見なされるのではなく、自律的脳ネットワークの動的な機能不全すなわち「ネットワーク病」として理解できるようになる。さらに本領域が発展すれば、オシロロジー研究者の中から、非線形集団発振現象の数理モデルに基づいて、革新的な神経精神疾患制御手法を科学的に設計する「臨床数理科学者」が生まれることが期待される。

一方、心理学・人間科学を含めた人間本性を理解する研究の文脈上においても、発振現象の視点からの理解が貢献できると予想される。例えば、人は常に合理的な判断をするのではなく、時として非合理的な判断をし、それが社会・経済の変動を生起させる。このような非合理性を、ヒト脳が生み出すマイクロからマクロまでの発振レベル(神経細胞の100Hz以上の活動から概日リズム・性周期などの日・週以上のものまで)の現象と関連付け、その非線形な性質からヒトの行動に関する新たな理解の基盤を導くことができると期待される。

【キーワード】

脳・神経、ソフトコンピューティング、複雑系数理科学、脳神経疾患、生理学

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度
1,149,700千円

【ホームページ等】

<http://www.nips.ac.jp/oscillology/>
oscillology@nips.ac.jp

【新学術領域研究（研究領域提案型）】
複合領域



研究領域名 宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解

宇宙航空研究開発機構・有人宇宙技術部門・主幹開発員

ふるかわ さとし
古川 聡

研究課題番号：15H05935 研究者番号：20726260

【本領域の目的】

今日、国際宇宙ステーションにおいて人類は半年を超える長期宇宙滞在が可能となった。月や火星への新たな有人惑星探査も次なる挑戦の課題として位置づけられ、未来を見据えた宇宙居住をテーマとする取り組みが世界各国で始まっている。

宇宙の極限環境（キーワード参照）におかれたとき、生命はいったいどこまで可塑性を持つのだろうか？宇宙という非日常的な極限的ストレスは相乗的に作用するのでは？これらは宇宙で「より長く」滞在し、「より遠く」への到達をめざす上で知っておくべき課題である。

そこで本領域では、宇宙の極限環境から、生命体が有する可塑性と破綻を科学する。可塑性は外的変化に対して生命が有する適応・修復・頑強さ等による恒常性であり、破綻はその恒常性を破壊する不可逆的なダメージであって、長期宇宙滞在におけるリスクとなる。我々は宇宙の極限環境リスクとして、無重力、閉鎖環境、宇宙放射線および微生物環境リスクを重点的に取り上げる。これらの問題に学際的なチームで臨むことによって、分子・細胞レベルからヒトの高次制御まで、統合的に理解することで、これらの要素の相互の関連や複合的効果等、未知の領域に挑戦したい。

さらには、そこで得られた知見を、地上での超高齢化・高ストレス社会を克服するための方策として応用することを目指す。

【本領域の内容】

本領域では上記目的の達成に向けて、JAXA を含む 10 の大学・研究機関が中心となり、研究項目を 3 分類して、分子から細胞、個体レベル、また生体内での物理化学反応から精神を含めた、統合的な連携・共同研究を行う。[A01] では「重力応答の分子細胞基盤」として細胞から組織・器官のレベルを課題とする研究（細胞メカノセンシング、神経・筋・代謝、骨格筋・幹細胞維持）、[A02] では「宇宙滞在の高次恒常性への影響」として個体レベルでの応答を課題とする研究（循環調節機構、前庭系の可塑性、精神、自律神経、睡眠・覚醒、無重力および閉鎖環境）、[A03] では「宇宙放射線および微生物環境リスク」として哺乳動物のみならず植物および微生物を用いた研究（宇宙放射線の晩発・急性影響、微生物の変遷）を行う。これらを 3 本の柱とし、互いに有機的に連携する。

また、海外の研究者との積極的な共同研究を進め、先進研究者を招聘し、シンポジウム等を開催するとともに、若手研究者の海外派遣を積極的に行い、国際的な研究交流の活発化に寄与するグローバル拠点とする。

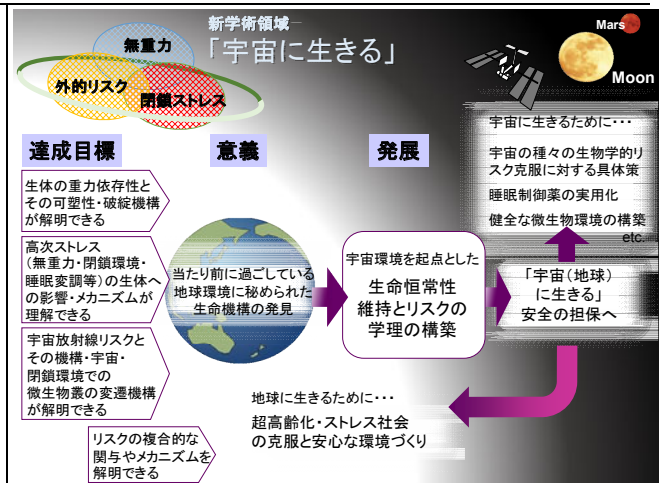


図 1. 本領域の学術的達成目標・意義・発展

【期待される成果と意義】

本領域の宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解は、宇宙での長期滞在中におけるリスク克服のみならず、加齢による筋萎縮や睡眠障害、メンタルストレス、放射線被害やオゾン層破壊等、今日の日本をはじめ先進国が抱える超高齢化・ストレス社会の克服と安心な環境づくりに波及することを期待する。すなわち、「宇宙に生きる」ことを科学することが、「地球に生きる」ことにつながるものと大いに期待する（図 1）。

本領域により発見されるであろう「当たり前」に過ぎている地球環境に秘められた生命機構は、学術的な波及効果として、生命科学や医学のみならず哲学における「生命観」等にも影響を及ぼす知見と成り得る。何より、若者や青少年の、宇宙に対する関心を高めることにつながるであろう。

【キーワード】

宇宙の極限環境：宇宙での「無重力」は筋萎縮や骨密度低下に加えて宇宙酔いや循環系等の変調をもたらす。少人数で滞在する宇宙における「閉鎖環境」の精神的ストレスは自律神経/内分泌の不調や免疫力の低下等をきたし、長期宇宙滞在中における「宇宙放射線」による DNA 損傷や、「微生物環境の変化」による宇宙居住の脅威が危惧されている。

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度～31 年度
1,172,900 千円

【ホームページ等】

<http://www.living-in-space.jp>

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 多様な質感認識の科学的解明と革新的質感技術の創出

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所・
人間情報研究部・主幹研究員

にしだ しんや
西田 眞也

研究課題番号：15H05914 研究者番号：20396162

【本領域の目的】

質感認識とは脳による物体の本性の解読である（キーワード参照）。人間は五感を通じた多様な質感の知覚を通して、生存に不可欠な情報を得ている。質感認識は、環境の理解のみならず、価値判断に基づく行動の選択や身体運動の制御など、人間の基本的な機能において重要な役割を果たしている。多くの場合、質感を生み出す情報は複雑な高次元情報として感覚入力に埋め込まれている。それを読み解く素晴らしい人間の能力の解明は、人間の感覚情報処理の科学的理解のみならず、情報工学技術の発展にとっても不可欠な課題である。「質感脳情報学」（平成 21-25 年度）は世界に先駆けて学際的な質感研究を築きあげてきた。本領域は、この流れを継承・発展させるべく、情報工学・心理物理学・脳神経科学の密接な連携によって、実世界の多様な質感を認識する人間の情報処理の計算原理や神経機構を解明する。さらに、質感認識の科学的理解に基づき、革新的な質感の再生・編集技術を生み出し、産業応用も視野に入れた学際的な質感研究領域を確立することを目指す。

【本領域の内容】

このような目標の達成のため、本領域では二つのアプローチを組み合わせることで質感認識機構の科学的解明を進める。研究項目 A01 では、仮説検証型のアプローチにより、質感認識の計算原理とその神経機構を解析する。物体の複雑な表面構造が生み出す光学的質感、音響的質感、質感が情動惹起する仕組みなどをおもな研究対象とする。一方、研究項目 B01 では、データ駆動型アプローチにより人間の質感認識機構に迫る。深層学習などの統計的機械学習と脳情報解析技術を融合し、問題の多様化・複雑化にも対応可能な新しい質感研究パラダイムを確立する。さらに、この研究活動を実現するために、質感データベースの整備にも注力する。研究項目 C01 では、質感認識の科学的研究の成果を、最先端のデジタルアプリケーション・触覚工学・コンピュータグラフィックスなどに結び付けることにより、革新的な質感創成技術を開発する。さらに、実世界の多様な質感の制御を可能とする知見を質感工学として体系化する。

【期待される成果と意義】

質感は人間の脳の機能解明にとっての大きなミッシングピースである。本領域の発展により、実世界の多様な質感の計算原理と、脳内の階層的な質感情報処理に対する科学的理解が飛躍的に進む

ことが期待される。

また、工学的には、人の能力に迫る質感認識システムが生み出され、視覚・触覚・聴覚におけるさまざまな質感の計測・再現・編集・管理技術の開発が進む。さらに、質感工学の体系化により、現場の技術者の勘に頼ってきたものづくりを学術的観点からサポートすることが可能となる。

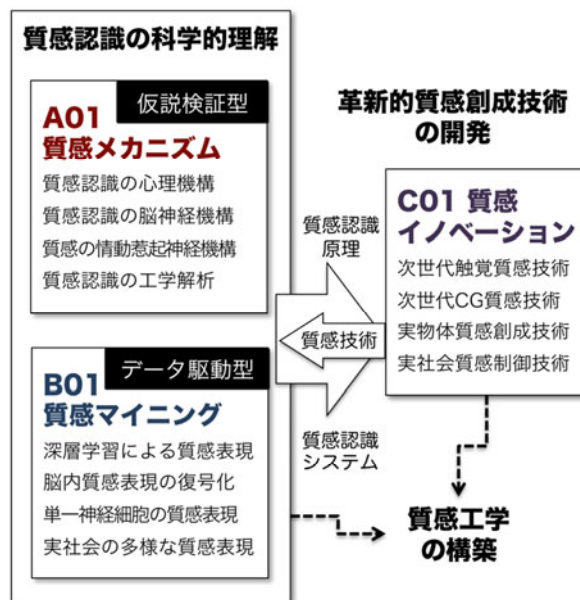


図 1 本領域の研究体制

【キーワード】

質感認識：「質感」は日常的にさまざまな意味で用いられるが、本領域ではとくに、ものの物性（光沢感・透明感など）、材質（陶器・金属など）、状態（乾燥・凍結など）といった「物理的質感知覚」、そして美醜や好悪などの「感性的質感認知」の二つを質感認知の研究対象にしている。

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度－31 年度
1,086,200 千円

【ホームページ等】

<http://shitsukan.jp/ISST>