

平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 事後評価結果（所見）

研究領域名

神経系の動作原理を明らかにするためのシステム分子行動学

研究期間

平成20年度～平成24年度

領域代表者

飯野 雄一（東京大学・大学院理学系研究科・教授）

研究領域の概要

動物の行動は生命の示す最も高次かつ重要な機能のひとつであり、行動を構成する基本的素過程の分子レベルからの解明は人間の精神活動を理解する上でも重要な知的基盤を与える。しかし行動を分子から理解しようとする際、両者の間には依然として大きな階層の隔りがあり、現状では理解が不十分である。これを乗り越えるには行動の鍵となる神経細胞－シナプス－神経回路を同定し、まさにその場で、重要な分子の働きを解析することが必要である。本研究領域ではこのアプローチを可能にするモデル生物を主たる研究材料とし、個体行動とそれを裏打ちする神経回路の働きを分子の観点からできるだけ完全に理解することを目指す。行動遺伝学、神経行動学、分子可視化技術、数理科学、工学などの諸分野を融合して新学問領域を形成し新技術を投入することにより、学習・記憶や感覚情報処理、行動選択、交互運動など、種を越えて保存された行動素過程の動作原理を理解する。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

行動研究の意義と問題点

動物は、生育に必要な環境を探して移動し、環境の変化を感知してそれに応答し、個体間の相互作用や生殖活動を行い、また時には無目的に見える行動も行う。これらの行動は究極的には動物の生存と種の維持に極めて重大な影響を持つため、進化の過程を経て洗練された動作原理が存在するはずである。生命の最も高次な機能発現ともいえる「行動」の基本原理の解明は、生命の理解のための1つの柱であり、我々人間の精神活動を理解する上でも基本的な知的基盤となる。

複雑に見える動物の行動の多くは基本的な素過程からなっている。例えば、ある局面で2つの行動が可能なときに、動物はどちらかの行動を選ぶ行動選択を行う。複数の情報が同時に与えられたときには、いずれか一方の刺激に優先して応答する、あるいはそれらの情報を統合して行動を決定する。これらの情報処理が神経系のどのような性質に依存しているのかは生命科学における重要な問題となっている。また、学習・記憶は動物に基本的に備わっている能力であるが、記憶がどのような形で保持されているか、なぜ訓練を繰り返すと長期の記憶がおきやすいのか、なぜ時間が経つと忘れるのかなど、未解明な本質的な問題が多く存在する。このような基本的行動の機構を分子レベルから理解することが現在の神経科学において重要な課題である。

しかしながら、このような動物行動に関する基本的な問題を分子レベルから解明しようとする際には、神経系の複雑さと、研究のために取り得るアプローチの制限が障害となる。例えば哺乳類の脳は1千億個以上もの神経細胞からなる複雑さをもつ。さらに組織が不透明であるために、神経細胞の活動や分子の動態のリアルタイム観察に有効なイメージング技術の適用範囲が限られていた。そのため、当該学問分野における画期的な進展を図るために、生体において特定の行動や学習の鍵となる神経細胞とシナプスを同定し、重要な分子の働きを1細胞レベルで解析できる実験系が必要であると考えられた。さらに、生物個体の中で、分子メカニズムが行動にどのようなプロセスで反映するかをトータルに理解することが必要と考えられた。

分子から神経回路、さらには行動までを見渡せるモデル生物による行動原理の理解

そこで、本研究領域では分子から行動までを見渡せるモデル生物を中心的に用い、行動選択、学習記憶など動物の基本的な行動の原理を分子レベルから解明することを目的とした。例えば、線虫 *C. elegans* は神経細胞が 302 個しかなく個体の全神経、さらにはそれらの間のシナプスが全て同定されている。この基盤の上に行動を指標として突然変異体を分離することによって、行動に関わる新規遺伝子を発見することができ、理論的解析も有効である。ショウジョウバエは哺乳類と同様にコンパートメント化された脳を持つが、哺乳類に比べ格段に神経細胞が少ない。強力な遺伝学の基盤があり、神経回路網の同定が急速に進みつつある。学習記憶はもとより、性行動、攻撃行動、意思決定など多彩な行動の分子遺伝学的な解析が進行している。脊椎動物であるゼブラフィッシュは高等動物とよく似た体制をもつが、小型で透明なため神経系を俯瞰することができ、分子遺伝学的操作が容易である。これらモデル生物を中心として用い、それぞれの生物の利点を生かした研究を行うとともに、それぞれの欠点を他の生物で補う横断的な研究領域を形成し、相互協力のもとに研究を推進する。これらの利点を生かし、本研究領域では主に以下のような神経機能・行動に注目して研究を進めることとした。

- 1) 複数の感覚情報を処理して意味を抽出する機構と 1 つの感覚にのみ選択的に応答する機構。行動選択の機構と選択にバイアスを与える分子の検索。
- 2) 運動制御回路の働き。特に神経活動の振動により作り出される交互運動の生成機構と、その強度やパターンを変化させる機構。
- 3) 感覚入力に依存しない自発的行動の意義。神経の自発的活動と外部からの入力とがどう相互作用して行動が起こるかの理解。
- 4) 記憶形成を支える神経回路の形成メカニズムの解明。
- 5) 学習記憶行動に必要な、記憶情報の統合・保持・消失に特異的に関わる分子経路の遺伝学的・解剖学的同定と活性化動態の解析。
- 6) 老化により記憶力を低下させる特異的制御経路の解明。

新学問領域「システム分子行動学」の提唱—システムとして総合的な理解を目指す

上記いずれの課題についても、その行動に関わる遺伝子を同定し、丸ごとの生物を用いて行動を分子・細胞レベルから説明することを目指した。しかし分子から行動までは距離があり、このような完全な理解を得るためには従来の方法論では不十分であった。そこで本研究領域では行動遺伝学、神経行動学、分子生物学、電気生理学、分子可視化技術、定量化技術、情報神経科学、数理工学などの諸分野を融合することにより「システム分子行動学」と称する新学問領域を形成することとした。各階層における解析技術を組み合わせ、それぞれを専門とする研究者が協力することにより、これまで困難であった課題に取り組む計画である。

具体的な研究推進の例として、以下のような計画を立てた。

線虫の移動運動や複数の化学刺激に対する走性行動を、実験系の研究者が顕微鏡下で測定し、理論系の研究者が行動パターンを数式化する。さらに理論系の研究者が全てのシナプスを組み込んだ神経回路モデルを構築し、実験家が遺伝子の変異体や細胞破壊を用いてこれを検証する。

また、ゼブラフィッシュにおいては、分子マーカーを用いて神経の種別と機能を明らかにし、これに電気生理学、遺伝子操作、理論的解析を組み合わせることで交互運動に関わる神経回路の動作を明らかにする。学習・記憶については線虫で学習不能の変異体を分離し、そこから遺伝子を同定する。

一方ショウジョウバエではエンハンサートラップの手法で遺伝子と回路を同定する。同定された遺伝子については種間での機能比較を行う。多くの遺伝子の機能が種を超えて保存されていることが知られているので、本領域での研究から記憶の保持や消失に関わる新規遺伝子がみつかれば、哺乳類まで保存された分子機構が明らかになる可能性が高いと考えられた。

個体の多数の神経細胞や機能分子の活動状態を観測するためには光学的イメージング技術が有効である。しかし生物個体の神経系は 3 次元の広がりをもつ対象であり新たな手法の開発が必要であった。そこで、分子遺伝学の専門家と光学プローブの作成や光学的測定に関する専門家が協力し合うことによりこれを達成し、神経回路解析の武器とすることを目指した。

最後に、これらの分析的な研究から得られた知見をもとに、同じ行動を再現するロボットを作成する一方、光刺激で神経興奮を起こさせるタンパク質を線虫およびゼブラフィッシュの特定の神経に発現させ、光により自在に行動を制御することを計画した。さらに、感覚応答機構の研究で得られた知見をセンサー開発

などの工学的応用に結びつけることを目指した。

本研究の準備段階でみつかっていた分子（経路）のうち、インスリン経路（飯野）、CASY-1（飯野）、PKA/CREB 経路（齊藤、多羽田）、NMDA 受容体（齊藤）などは、モデル生物で解析中の神経機能がヒトでも保存されていることが示唆あるいは実証されていた。本研究で新たに明らかになる分子機構も、種を超えて保存されている可能性が期待された。したがって、本研究領域で、基本的な分子機能と学習記憶その他の行動との関係の理解を得ることにより、ヒトの学習能の向上や、複雑化、高齢化する社会において火急の課題となっている神経疾患、精神疾患の理解にも直接的に繋がると予想された。本研究領域における研究協力をもとに、新たな手法を用いて先に記載した重要な問題点について取り組むことにより、従来なし得なかった先端的な研究成果が得られると見込まれ、その成果はヒトをも含むより複雑な脳機能の解明に寄与するものであると考えられた。また、本研究領域では若手育成にも力を入れたので、本領域の活動が我が国における当該分野の多大な発展に寄与することが期待された。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

「1. 研究領域の目的と概要」に記載した1)～6)のいずれの課題についても、その行動に関わる遺伝子を同定し、分子・神経回路のレベルから現象を説明することを目指した。イメージング技術や数理解析を取り入れることにより、従来達成できなかった確度での理解を行うことを目指した。以下、この目標に対する達成度の自己評価を上記の課題項目別に記載する。

1) 複数の感覚情報を処理して意味を抽出する機構と1つの感覚にのみ選択的に応答する機構。行動選択の機構と選択にバイアスを与える分子の検索。

複数の感覚情報の処理については、線虫では飯野班が味物質、石原班と木村班が匂い物質、久原班が温度の情報処理機構を詳細に解析した。その結果、これらの分別の大部分は感覚神経レベルで行われているが、介在神経回路においては一部共通、一部異なる神経回路で処理をしていることが明らかとなった。また、同じ物質であっても濃度によって受容する感覚神経と処理機構が異なることが、飯野班・石原班・新貝班の共同研究で明らかになった。上川内班は一つの器官により感知される力の情報が重力、気流、音など異なる感覚情報として感知される機構について調べ、神経経路の分別によりこれがなされていることを明らかにした。吉原班、小早川班は、それぞれゼブラフィッシュ、マウスで、異なる種類の匂い物質およびフェロモンが異なる応答を引き起こす機構について、神経経路の決定、受容体の決定、神経活性の可視化などにより明らかにした。

一方、2つの相反する化学刺激が与えられた際にどちらを優先して応答するかという感覚相互作用の問題については線虫を用い石原班で研究を行った。その結果、二つの感覚神経から入力を受ける介在神経（AIA 神経）が行動選択のバイアスを決める働きをしていることがわかった。行動選択が異常になる突然変異体の分離により、AIA で働く受容体型グアニル酸シクラーゼ GCY-28 や受容体チロシンキナーゼ SCD-2 がその働きに重要であることがわかった。これらのことから、AIA ニューロンで二つの感覚情報の統合が起きていると推定された。この研究成果は、高等動物における意思決定（Decision Making）の制御に関わる神経・分子メカニズムを研究する上での基盤として重要であると考えられる。

尾崎班ではクロキンバエを用い、匂いが食欲を増進または減退させる機構、すなわち味覚と嗅覚の相互作用についての研究を行い、食欲を増進/減退させる匂いの神経投射を調べたところ、軸索分枝が味覚中枢である食道下神経節に投射し、そこで味受容神経と相互作用することを示唆する結果を得た。

これらに見られるように、感覚情報処理についてはほぼ目標とした分子・神経回路レベルでの理解が達成されたものとする。ただし、未だ学術論文としての成果発表に至っていない内容も多く含まれる。この学問分野では、今後引き続き研究が継続されることにより、より包括的な理解が得られるものと予想される。

2) 運動制御回路の働き。特に神経活動の振動により作り出される交互運動の生成機構と、その強度やパターンを変化させる機構。

神経系の情報処理の主要な出力形態は運動である。交互運動は、さまざまな動物において歩行や遊泳の基本的な機構となっている。動物が危険を回避したり食糧を確保したりするため必要十分な行動を起こすように、神経系が交互運動をどのように変化させるのかは本研究領域の一つの課題であった。

飯野班は線虫の化学走性の機構について運動パターンの観点から解析を行った。その結果、クリノキネシスとクリノタクシスの2つの行動パターンの併用により化学物質の濃度勾配を登る行動が引き起こされることがわかった。クリノキネシスは交互運動を中断する行動、クリノタクシスは交互運動を片側に偏ら

せる行動を基本とする。化学物質に向かう場合、化学物質から逃げる場合のそれぞれについてこれらの行動がどう出力されるかが明らかにされた。木村班は、忌避行動を引き起こす匂い物質に対する線虫の行動を調べた。その結果、上記の2つとは異なる第3の行動機構を見いだした。この機構は非常に効率がよく、線虫は匂いから遠ざかる方向を選んで直進するという行動戦略をとっていた。

見つけた3つの行動制御機構については、各研究グループにより、それを産み出す神経回路の研究が進められ、必須な介入神経がそれぞれ見いだされた。また、行動異常を引き起こす変異体もいくつか同定された。飯野班はさらに、光活性化プローブを用いて、交互運動と同期して神経を人為的に活性化させることにより、進行方向を制御することに成功した。

ゼブラフィッシュはミリ秒単位での非常に速い逃避行動を見せる。東島班では、音・振動刺激に対してゼブラフィッシュ幼魚がどちら側に体を曲げて逃げるかの決定の機構に注目した。この反応を主に司るのは左右一対のマウスナー細胞であるが、これらの両者が発火してしまった際に、その一方を下流で阻害することにより正しく一方向に体を曲げることを保証する神経、CoLo 神経を発見した。さらに、V2a 神経と呼ばれる一群の神経を光活性化することにより遊泳運動を引き起こさせること、光不活性化することにより遊泳運動を止めることに成功した。一方、浅川班は、ゼブラフィッシュ胚を用いて機械刺激に対する逃避行動の際に体を曲げる角度を制御する機構について調べ、後脳の一部の細胞 (mafb 細胞) の機能を阻害すると屈曲角度が増大することを見いだした。以上、運動神経の周期的な興奮による遊泳運動を司る基本的な神経に加え、これを制御する神経経路についての理解が進んだ。

このように、本項目についても当初計画したレベルでの研究が達成されたと考えられる。ただし、いずれの行動についてもさらに多くの神経が関わっていると予想され、今後継続した研究が完全な理解への到達のために必須である。

3) 感覚入力に依存しない自発的行動の意義。神経の自発的活動と外部からの入力とがどう相互作用して行動が起こるかの理解。

この研究項目については、研究上のアプローチが難しいことがわかり、未だ十分な結果が得られていない。従って、目標を達成することはできなかった。

4) 記憶形成を支える神経回路の形成メカニズムの解明。

ショウジョウバエの脳の記憶中枢であるキノコ体は、軸索束からできた3つの軸を基本とする特徴的な形態を持ち、この構造が記憶の形成や想起に重要であることが知られている。多羽田班では、キノコ体構造が形成される機構について、軸索走行が異常になる変異体の同定を中心に研究を進め、Wnt5/PCP 制御経路と Rac/Sickie/Slingshot 経路が軸索投射を制御することを見いだした。

一方、岩里班は、マウスの皮質体性感覚野のバレル構造の形成機構について研究を行った。これはマウスのヒゲからの感覚入力に依存した回路形成が起こるモデル系であり、感覚受容とその可塑性に重要である。新生仔マウスにおいて、バレル細胞の樹状突起が NMDA 受容体依存に出生後徐々にバレル方向への方向性を獲得することがわかった。

本研究領域で特徴的であった研究活動として、神経回路の構造を決定する努力が活発になされた。伊藤班はエンハンサートラップによりショウジョウバエの一部の神経をラベルし、その形態、特に接続関係を網羅的に解析する手法を開発した。これを用いて脳の配線図を系統的に作成し、ショウジョウバエの脳機能の研究の強力な基盤を作成した。上川内班は音の感覚受容に注目して感覚受容器から高次中枢に至る複数の経路を、吉原班はゼブラフィッシュの匂い情報処理経路の構造を広範に明らかにした。これらは求愛歌や嗅覚の学習を研究する基盤として今後貴重な情報となることが間違いない。

以上に見られるように、本研究領域では神経回路形成について基盤的知見が多く得られた。形と用は表裏一体であることから想定される通り、これらの基盤をもとに各生物における研究の方向は形態形成から機能面の解析に進みつつある。

5) 学習記憶行動に必要な、記憶情報の統合・保持・消失に特異的に関わる分子経路の遺伝学的・解剖学的同定と活性化動態の解析。

学習・記憶の機構は本研究領域の主要な課題の一つと位置づけ、さまざまなモデル系での研究を行う研究者を結集させた。領域内での相互作用による研究の発展もめざましいものがあつたと総括できる。以下、主要な成果について概観する。

線虫では、飯野班により、塩の感覚受容と飢餓を連合することにより塩の忌避を引き起こす学習の機構が調べられた。これに必要な因子として哺乳類カルシニンホモログが見つかり、さらに、この膜蛋白質がインスリン受容体の軸索輸送を介して学習を制御することが明らかとなった。一方、線虫が塩の濃

度を記憶することが発見され、その記憶が感覚神経に蓄えられているらしいことが明らかになった。感覚神経から介在神経のシナプス伝達の変化が学習記憶に依存した行動変化を引き起こしているらしいことも見いだされた。

石原班では、記憶の忘却の機構の研究が進められた。嗅覚学習の忘却が早い変異体を分離して調べたところ、学習が起きている嗅覚神経とは異なる神経で働く JNK-1 MAP キナーゼ経路の働きが忘却を早める機能を持つことがわかった。この経路は、学習後の環境に依存して忘却を制御していることから、細胞間で働く忘却促進シグナルの存在が発見されたことになる。

哺乳類では NMDA 受容体のイオンチャネル活性の Mg^{2+} によるブロックがシナプス可塑性に重要とされているが、その意義は不明であった。ショウジョウバエでも NMDA 受容体は連合学習に必要なが、齊藤^(*)班が Mg^{2+} ブロックの抑制された受容体を発現する変異体で調べたところ、連合学習はできるが長期記憶が形成されないことが見いだされた。さらに、 Mg^{2+} ブロックがないと CREB 転写因子の阻害因子が誘導され、CREB の活性化による長期記憶形成に支障を生じることが明らかになった。この成果は、NMDA 受容体の性質としてよく知られる Mg^{2+} ブロックの意義を明らかにした重要な研究となった。

谷村班は、ショウジョウバエが栄養価を認識して学習する現象を探求した。特定のアミノ酸に対する欠乏状態を作り出すと、ハエはそのアミノ酸に対する感度を上昇させ、好んで摂取するようになった。さらに、この行動のために、アミノ酸は体内のセンサーで感知されていることがわかった。一方、齊藤^(*)班は、空腹時と満腹時とで嗅覚学習の能力が異なることに気付いた。すなわち、満腹時には繰り返し学習が必要など、空腹時には一回の学習で長期記憶が形成されることが見いだされた。さらに、この差が起こる理由を探求した結果、満腹時には転写因子 CREB と CBP が共に働くが、空腹時には CREB に対して CRTC が働くためであることが解明された。

マウスでは、松尾班により、異なった二つの時期に活動した神経を染め分ける技術が整備され、音と電気ショックとの連合で形成される嫌悪学習の際に、記憶形成時と記憶想起時それぞれで活動した神経の比較がなされた。さらに、学習時に活動した神経を、後に人為的に活性化する実験系が構築され、人為的活性化により恐怖記憶が想起されることが認められた。これにより、特定のコンテキストで活動した一群の神経細胞が記憶の実体を担うというセル・アセンブリ仮説が支持される結果となった。一方、喜田班は記憶プロセスに対するサーカディアンリズム (概日周期) の役割を検討した。主要な時計遺伝子のひとつ、BMAL1 のドミナントネガティブ型を前脳特異的に発現するマウスを作成し、調べた結果、特定の時間帯の想起にだけ障害が起こることが明らかになった。

以上、学習記憶の機構についてはそれぞれの生物の実験系を生かした、受容体チャネルから生体リズムまでさまざまなレベルでの新規知見が得られた。いずれの研究でも共通しているのは、生物が外界から受け取ったいくつかの情報を組み合わせ、それを神経系の中に保持する機構が何かという疑問である。これについて本領域でいくつかの解答が得られたので、今後より一般化した法則としての理解が進むものと思われる。

6) 老化により記憶力を低下させる特異的制御経路の解明。

老化により記憶力が低下する現象、すなわち加齢性記憶障害については、齊藤^(*)班によりショウジョウバエを用いた解析が進められた。加齢性記憶障害が PKA 変異体で顕著に抑制されることを既に見出していたが、こうした加齢性記憶障害が可逆的か不可逆的か明確でなかった。そこで任意の時期に PKA の活性を低下させられるトランスジェニックフライを作成して調べたところ、加齢性記憶障害となったものでも PKA 活性を低下させると記憶力が顕著に改善されることを見出した。次に、主要な老化のリスクファクターとして知られている酸化ストレスと加齢性記憶障害との関わりを明らかにするため、酸化ストレスの負荷を薬理的、遺伝学的に与えて加齢性記憶障害を調べた。その結果意外なことに、ショウジョウバエで観られる加齢性記憶障害の発現は、酸化ストレスに依らないことが示唆された。

インスリンシグナルは寿命の制御に深く関わるということが知られている。インスリンシグナルが低下した変異体では老化が抑制され、寿命が長い。そこでインスリンシグナルと加齢性記憶障害との関わりを調べるため、インスリン受容体基質 Chico の抑制変異体を用いて記憶行動を調べたところ、この変異体では、若いときから記憶情報の獲得に障害が観られた。また chico 変異体では脳の発育が悪く、サイズが小さくなっているが、記憶中枢のキノコ体で chico 遺伝子を発現させるとキノコ体のサイズのみ大きくなり、且つ顕著な記憶改善も観られた。これらの結果から、内因性のインスリンシグナルによるキノコ体神経の成長が認知機能の発達に必須であることが示唆された。

以上の結果は、加齢性記憶障害が不可逆的な現象でなく、可逆的なものであることを明らかにした点で意義が大きい。また、これまで加齢性記憶障害の主要な原因と考えられていた酸化ストレスが、少なくともショウジョウバエでは主たる原因となっていないことが初めて示された。世界的にもショウジョウバエを用いた脳老化の分子神経機構の解明の報告がなされており、今後、ショウジョウバエによる脳老化の分

子神経機構解明が大きく発展することが予想される。

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、期待どおりの成果があった)

1. 総合所見

本研究領域は、線虫やショウジョウバエから哺乳類に至るまで、異なるモデル生物を用いて、それらの行動を分子・細胞レベルから説明することを旨とするとともに、行動遺伝学、神経行動学、分子生物学、電気生理学、数理工学などの諸分野を融合することにより、「システム分子行動学」という新学問領域の創出を目指した。異分野融合の有機的な連携によって、多くの共同研究が推進され十分な成果を上げており、期待どおりの成果があったと評価できる。また、参画した若手研究者の多くが研究期間終了後に研究者としてのポストを継続的に確保できており、若手研究者の育成と支援も十分なされてきたと評価できる。

2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究領域の設定目的の達成度

異分野融合の点については、行動、イメージング、数理モデルの3つがうまく融合し、異分野連携の共同研究が数多く推進された。特に、光技術の開発はかなり進み、イメージングとの共有も十分に達成されたと評価できる。異なるモデル生物を用いて、それぞれの利点を生かし、それぞれの欠点を補う「システム分子行動学」という領域は新生できたと言える。また、他領域への波及効果として、ドーパミンに代表されるモノアミン研究に関しては、ヒトを含めた霊長類やげっ歯類等の疾患研究や行動研究に応用できる可能性を示した点で、高く評価できる。

(b) 研究成果

異分野融合の観点からは、行動、イメージング、情報処理の専門家の連携が円滑に進み、新しい発見が数多く見出された。論文発表数とその質も申し分ない。一方で、得られた成果の多くがモデルとした生物の枠内のものであり、種を超えた統一的な理解へ進むにはまだ多くの課題が残されていると思われる。

動物の行動を丸ごとイメージングで解析し、遺伝子レベルまで落とし込もうとする意欲的な取組もなされ、4D イメージングのワークショップや講習会が開催されるなど活発な技術交流がなされた点も評価できる。

(c) 研究組織

行動、イメージング、数理モデルを専門とする研究者がバランスよく配置されていた。領域代表者のリーダーシップのもと、公募研究代表者との連携も円滑に進み、研究組織としてうまく機能していたと言える。また、若手研究者育成やアウトリーチ活動も熱心に行われていた。

(d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

(e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

様々なモデル生物を用いて、行動、イメージング、数理モデルの手法を組み合わせることで数多くの成果が得られ、当該研究分野への貢献度は高いといえる。また、イメージングプローブ技術や神経系の動作研究によって生み出された研究手法は広く他の学問分野にも応用でき、波及性を持っていると評価できる。今後、他の学問分野の研究者との交流によって新技術や新知見が広く活用されることを期待したい。

(f) 若手研究者育成への貢献度

参画した多くの若手研究者が研究期間終了後に研究者としてのポストを継続的に確保できたことは、本領域が若手育成に力を注いだ結果でもあり、高く評価できる。相互の研究を活発に議論できるような自由

な雰囲気と若手の研究をサポートする環境をうまく構築できていたと思われる。