

脳情報の解読と制御

http://www.bmi.jst.go.jp



研究総括

川人 光男

(株)国際電気通信基礎技術研究所
脳情報通信総合研究所 所長/
脳情報研究所 所長/ATRフェロー

●研究領域の概要

本研究領域は、運動・判断の脳内情報を利用するための革新的要素技術の創出を目的とし、脳科学の基礎的研究と社会に大きな貢献をすることが期待される応用分野をつなぐ、探索的研究や革新的技術開発を対象とします。

具体的には、ブレインマシンインタフェース(BMI)、ニューロリハビリテーション、ニューロマーケティング、ニューロエコノミクス、ニューロゲノミクス、ニューロエシックスなどの応用分野に資する研究と一体的に、脳の活動から情報を読み出し操作するための脳情報解読制御技術等の基礎的な研究を進めていくことが期待されます。このような観点から、本研究領域では、脳科学とその応用分野の広がりに対応して、計算・実験神経科学、工学、臨床医学、基礎生物学、経済学を含む社会科学、心理学を含む人文科学、情報学など多方面の研究者を対象とします。

●領域アドバイザー

伊佐 正

自然科学研究機構生理学研究所 教授

入来 篤史

理化学研究所脳科学総合研究センター チームリーダー

大須賀 美恵子

大阪工業大学工学部 教授

太田 淳

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 教授

加我 君孝

東京医療センター臨床研究(感覚器)センター 名誉センター長

片山 容一

日本大学 医学部長/教授

神崎 亮平

東京大学先端科学技術研究センター 教授

西條 辰義

大阪大学社会経済研究所 教授

佐倉 統

東京大学大学院情報学環 教授

笹井 芳樹

理化学研究所発生・再生科学総合研究センター グループディレクター

清水 公治

京都大学医学部附属病院 先端医療機器開発 臨床研究センター 医療機器開発支援室/大学院医学研究科 室長/特任教授

下條 信輔

カリフォルニア工科大学生物学部 教授

銅谷 賢治

学校法人 沖縄科学技術大学院大学学術神経計算ユニット 教授

宮井 一郎

大道会森之宮病院 院長代理

平成20年度採択研究者 1期生

他者と自己の戦略的行動モニタリングとその脳内情報表現

磯田昌枝

沖縄科学技術研究基盤整備機構
神経システム行動ユニット 代表研究者
理化学研究所脳科学総合研究センター 研究員



実社会において意思決定や行動企画を行うには、自己の行動情報(行動意図、行動内容、行動結果)と他者の行動情報を同時にモニターし、それらを統合することが重要です。本研究はこのような自己行動のモニタリングとそれに基づく行動企画を実現する脳内メカニズムを明らかにします。得られる知見は神経経済学などの応用脳科学分野に進展をもたらす、また自他関係やコミュニケーションの脳科学的理解を促進することが期待されます。

非線形多様体学習による脳情報表現とそのBMI技術への応用

末谷大道

鹿児島大学理学部 准教授
同上 研究員



EEGやNIRSなど、様々な脳イメージング手法で測定される脳情報をどのような形式で表現するかという問題は、優れたBMI技術を開発する上で重要な鍵となります。本研究では脳内ダイナミクスの非線形性、特に状態空間におけるアトラクタやサドルなどの非線形構造に着目します。そして、遅延座標系による多変量時系列データの幾何学化とカーネル法を軸とする非線形多様体学習に基づいた脳情報表現法の構築を目指します。

意図した方向を解読し移動車を操作するBMIの開発

高橋 晋

京都産業大学コンピュータ理工学部 助教
同上



本研究は、独自に開発したマルチニューロン活動の長期間記録法と、マルチニューロン活動を正確かつリアルタイムに分離する手法を統合することで、行動している動物の神経回路網が表現する情報を正確にオンラインで解読する方法を確立します。そして、意図した移動方向という高次元脳情報を海馬神経回路網の活動から解読することで、動物が自ら全方向移動車を操作し目標へ到達するBMIを開発し、更に海馬の機能的役割を解明します。

情動的意思決定における脳内分子メカニズムの解明

高橋英彦

京都大学大学院医学研究科 准教授
放射線医学総合研究所
分子イメージング研究センター 主任研究員



ヒトは個人の利得を最大限にしようと、合理的に振舞うとする理論では説明できない非合理的な意思決定(例: 利他行為、モラル判断、ギャンブル)を時に行います。これらの人間らしい意思決定には情動が関与しています。情動的意思決定に関連する脳部位をfMRIで同定し、PETで得られるドーパミン等の情報や、薬物による影響を併せて検討し、情動的意思決定の分子機構を明らかにします。この手法を応用し、情動教育や精神疾患の診断に役立てます。

情報理論と情報縮約による適応的デコーディング

高橋宏知

東京大学先端科学技術研究センター 講師
同上



脳活動から脳内情報を解読するためには、脳活動のどのような特徴に情報が潜んでいるかを知る必要があります。さらに、脳が経験や学習、状況に応じて情報処理方法を変化させていることも考慮する必要があります。本研究では情報理論や情報縮約といった数理的手法を用いて、情報の在り処を特定し、さらに、それが経験や学習、状況に応じてどのように変化していくかを考察したうえで、優れた脳情報解読手法を構築します。

ドパミン-セロトニン相互抑制による報酬・嫌悪情報処理機構

中村加枝

関西医科大学医学部 教授
同上



私たちが行動を決定する際、脳は、期待される報酬と、罰やコストの量との両方をバランスよく計算します。本研究では、神経伝達物質であるドーパミン・セロトニンが相互に関係しながらこの計算をしているという仮説を、伝達物質を含む神経細胞の発火パターンの記録や薬理学的実験によって検証します。検証結果に基づいて、新しい意思決定や学習の働きを表わす回路図を提案し、それを応用した精神疾患の治療に役立つ情報を提供します。

脳卒中の機能回復の機序の解明とBMIの基礎的応用

服部憲明

森之宮病院神経リハビリテーション研究部 副部長
同上 研究員



本研究では、脳卒中によって生じる運動障害の機序を詳しく調べ、さらに患者が持っている運動学習能力を事前に調べることで、リハビリ治療の効果を予想します。また、現在、運動障害のある患者のために、患者の意図を直接読み取り、機械を操作する技術の研究開発が行なわれていますが、どのような情報を脳のどの部から取り出すのが適当かについて、磁気共鳴画像(MRI)などを用いて解明します。

BMI学習による神経可塑性変化の非侵襲的計測

花川 隆

国立精神・神経医療研究センター
脳病態総合イメージングセンター 部長
国立精神・神経センター神経研究所 室長



脳が身体を介さず直接機械を操作するBMIは、脳卒中や脊髄損傷の後遺症に苦しむ人々の社会復帰を援助する技術として期待されています。BMIの使用を学ぶ際に、脳は自らの可塑性によりダイナミックに変化していきます。この脳の柔らかさを活かし、脳と機械が協調して進化する未来志向のBMI技術開発に取り組みます。

単一ニューロン分解能の神経活動記録・制御技術の開発と応用

林勇一郎

科学技術振興機構 さきがけ研究者
大阪バイオサイエンス研究所
システムズ生物学部門 共同研究員



脳がどのように運動や知覚といった生理現象を引き起こすかを知るには、脳活動を測定するだけでなく人為的に制御することが必要です。しかし、行動中の動物の脳活動を単一ニューロン分解能で制御する方法は確立していません。本研究では、多数のニューロン活動を単一ニューロン分解能で自由に制御できる内視鏡電極法を開発します。さらにこれを用いてニューロンの活動パターンがどのような生理的役割を担っているかを直接検証します。

機能的神経回路形成の可視化と誘導

山田麻紀

科学技術振興機構 さきがけ研究者
(株)三菱化学生命科学研究所
分子加齢医学研究グループ 主任研究員



イメージに対応する脳活動を誘導・測定できれば、身体障害者がイメージ通りに機械を動かすことができます。本研究では、脳で可塑性変化を起こした神経細胞シナプスの選択的可視化により脳活動が記憶や学習につながるルールの解析を行い、それを活用して神経細胞の活動誘起による機能的神経回路形成誘導を目指します。まず分子生物学・細胞生物学的手法を駆使して基盤技術を開発します。

● 脳は、脳・神経細胞とそれと連結して動くロボット・インターフェースをイメージしたものです。

視覚系をモデルとした、情報処理の基盤をなす神経回路の解析

吉村由美子 自然科学研究機構 岡崎統合バイオサイエンスセンター 教授 名古屋大学環境医学研究所 准教授



本研究では、遺伝子改変マウスと電気生理的手法を組み合わせた実験を行い、大脳皮質でみられる情報処理がどのような神経回路により行なわれているかを明らかにします。また、固有の感覚入力を受けた感覚野が、他の感覚の情報処理に参加し、失われた感覚機能を代償することが知られていますが、効率よく機能を回復する方法とその仕組みを調べます。以上の解析による成果はBMIや神経リハビリテーション法の開発への応用が期待されます。

感覚情報をコードする局所神経回路の機能構築

喜多村和郎 東京大学大学院医学系研究科 准教授 同上 助教



脳の情報処理を理解するためには、その基盤となる局所神経回路のはたらきを知ることが不可欠です。本研究では、2光子イメージング技術を駆使することで、個体脳(in vivo)の大脳皮質において、局所回路の感覚情報表現や安定性、可塑性を1シナプス・1ニューロンレベルの空間解像度で明らかにします。これにより、BMI技術に欠くことのできない、皮質局所回路の機能構築に関する核心的な知見を得ます。

人工神経接続によるブレイン・コンピューターインターフェイス

西村幸男 自然科学研究機構生理学研究所 准教授 ワシントン大学医学部 訪問研究員



本研究では、患者さん自身の損傷されずに残った神経と四肢を有効利用し、神経代替装置を介して神経同士を繋ぐ「人工神経接続」によるブレイン・コンピューターインターフェイス(BCI)技術により、自分自身を「制御し」、「感じる」ことのできるシステムの構築を目指します。具体的には、脊髄損傷モデル動物での機能再建とパーキンソン病モデル動物での不随意運動が出たときに電気刺激を与え症状を緩和する治療的BCIを試みます。

神経回路網が示す自発的可塑性のルール抽出と制御

池谷裕二 東京大学大学院薬学系研究科 准教授 同上



脳回路の発火活動の大多数は外部情報と直接関連を持たない自発活動で、この自発活動を通じて脳回路は自らを自己編成しています。本研究では、回路編成の法則を発見することで自発活動のパターンを予測し、さらに自由自在にパターン情報を書き込むことを目指します。脳回路の動作原理や学習則の理解が深まるだけでなく、脳回路の制御と解読、人工回路の設計などについても貢献ができます。

機能的シリコン神経ネットワークの構築

河野 崇 東京大学生産技術研究所 准教授 同上



神経細胞の電気生理学的機能をまねた電子回路(シリコンニューロン)を組み合わせてシリコン神経ネットワークを構築し、リアルタイムで神経ネットワークの機能を模倣するシステムを実現します。数学的手法を積極的に用いることにより、より低消費電力・コンパクトな回路を可能とし、複雑で自律的なアクチュエータ・ロボット制御やBMIデバイスの高機能化、小型低消費電力化、ロバストで自律的な情報処理システムの実現を目指します。

BMIを介した観察者間の知覚共有技術の開発

林 隆介 産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門 研究員 理化学研究所脳科学総合研究センター 研究員



脳情報を伝達することで、同一知覚体験の共有を支援するブレイン・ブレイン・インターフェースの開発を目指します。動物モデルを用いたシステム開発と検証実験を行い、知覚決定に関わる脳内情報処理を解明します。このシステムのようなコミュニケーション・ツールの拡大により、将来的に、人間同士の創造的な協調作業が可能になります。

実行動下動物における方向情報の脳内表現と変換機構の解明と展開

小川宏人 北海道大学大学院理学研究院 准教授 同上



動物は刺激のやってきた方向を認識して、自分がどちらへ移動するかを決めます。そのためには、脳の中で「刺激が来た方向」という情報を取り出して脳の中で表現し、それを「自分が向かおうとする方向」に変換しなければなりません。本研究では、コオロギにいろいろな方向から音や風の刺激を与えて、刺激を受け取った時や歩行しようとしている時の脳の活動を光を使って計測し、「方向」の表現と変換を行う神経システムを明らかにします。

光学的BMIによる感覚・運動情報の解読と応用

駒井章治 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 准教授 同上



これまでの脳波を用いた機器の制御では難しかった微細な指の動きや感覚を、訓練することなく再現する技術を開発することを目指します。「光」を用いることにより、多数の神経細胞の活動を、より選択的に記録可能になることが想定されます。さらには選択的に神経回路を刺激することも可能となり、積極的なリハビリへの応用も想定されます。

大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

肥後範行 産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門 主任研究員 同上 脳神経情報研究部門 主任研究員



ニューロリハビリテーションのひとつに脳電気刺激があり、本研究では機能代償に関わる神経活動を入力する新たな脳刺激法の確立を目指します。運動のタイミングに合わせた神経活動入力機能が機能回復に及ぼす効果を行動学的に評価し、従来型電気刺激法との相違を検証します。さらに回復の背景にある脳神経システムの変化を、遺伝子発現や解剖学的手法を用いて明らかにします。

脳機能画像と多チャンネルelectrocorticogram融合による言語機能関連BMIの開発

鎌田恭輔 旭川医科大学脳神経外科 教授 東京大学医学部附属病院 講師



複数の文字を見せ、脳表面に留置した電極から認知関連機能脳皮質電(ECoG)を検出します。ECoGにより脳皮質の周波数成分の経時的・局在変化を解析し、脳機能連合パターンを解読して言語機能出力Brain-machine interfaceとの融合を目指します。ヒト脳機能信号を確実に捉えるために、電極を置く場所は術前と同様の課題による機能MRI、脳磁図の結果を参考にします。

感覚帰還信号が内包する運動指令成分の抽出と利用

関 和彦 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 部長 生理学研究所発達生理学研究系 助教



感覚帰還信号は生物のすべての運動によって自動的に生じ、中枢神経系に戻ってくる信号です。本研究では、生物がこの帰還信号をどのように用いて運動をコントロールしているかを明らかにします。特に感覚帰還信号が脊髄固有神経回路を経由して直接筋肉を駆動するメカニズムに注目し、感覚帰還信号を強化することによって損傷脳の運動制御を支援し、リハビリテーションを促進する方法を開発します。

モチベーションの脳内機構と制御

南本敬史 放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター 神経情報チームリーダー 同上 主任研究員



我々の行動を支配するモチベーションは、報酬などの外的要因と欲求という内的要因によって動的に制御されています。本研究では、2要因に基づいてモチベーションを制御する神経機構の探索・モデル化を行い、モチベーションを外部から制御することでそのモデル検証し、最終的にシステムから分子レベルまで統合されたモチベーション制御モデルの構築を目指します。得られたモデルは、うつ病の診断・治療といった応用が可能です。

リアルタイムTMS制御による脳情報処理の操作的検証

北城圭一 理化学研究所脳科学総合研究センター 副チームリーダー 同上



ヒトの脳活動状態をモニタし、その状態に応じてリアルタイムでTMS(経頭蓋磁気刺激)により脳活動を操作し、知覚状態と脳活動状態との因果関係を検証します。特に脳の大域的な振動同期活動に注目し、これをリアルタイムに操作制御し、脳の振動同期活動と知覚状態の因果関係を操作的に検証する革新的なシステム神経科学的手法として開発し、その有効性を実証します。

記憶獲得維持の分子システムの解明～記憶の消去は可能か？

竹本 研 横浜市立大学医学部 助教 同上



海馬は記憶を司る重要な脳の領域で、これまではin vitroにおいて海馬シナプス応答に関する分子機構が研究されてきました。今後は実際の動物個体の学習記憶システムを深く理解することが重要です。本研究では、開発したAMPA受容体のacuteな機能破壊技術を用いて、1スパインレベルでの「記憶の消去」に挑戦することで、特に複数の記憶が混じり合わず獲得維持される分子システムの解明を目指します。

情動記憶形成と消去を担う扁桃体局所回路の制御機構の解明と応用

渡部文子 東京慈恵会医科大学医学部 講師 東京大学医科学研究所 助教



恐怖などの情動は、危険な場所や刺激を記憶するなど、私たちの生存維持にとっても大切です。本研究では、恐怖学習の成立とその消去に関与する細胞群を、特殊な遺伝子改変マウスを用いて可視化します。さらに分子・細胞生物学的的手法と電気生理学的手法を駆使して、その神経回路レベルの調節機構を明らかにします。本研究成果から恐怖記憶の消去を制御するヒントが得られ、PTSDなどのリハビリテーションへの応用が可能となります。

MEGを用いた知覚における時間情報のデコーディング

天野 薫

科学技術振興機構 ささげ研究者
東京大学大学院新領域創成科学研究科 助教

音や光がいつ生じたのかという知覚の時間的な側面を、MEGによって非侵襲的に計測した脳活動から解読するモデルを提案します。さらに、この解読技術と刺激の操作を組み合わせ、モデルの内部変数に対応した脳活動や知覚の変化を定量的に解析することで、時間情報の脳内表現を解明します。情報表現を理解するための研究手法の確立を目指すとともに、脳信号に基づく車のブレーキシステムなど実社会への応用の可能性も追求します。



ショウジョウバエ脳において聴覚情報処理を行う神経基盤の解明

上川内あづさ

名古屋大学大学院理学研究科 教授
東京薬科大学生命科学部 助教

本研究では、情報処理に関わる全ての神経細胞を高い解像度で解析し、特定の神経の活動を可視化したり制御したりすることが容易なショウジョウバエの脳をモデルとして、高次聴覚神経が形成する神経回路構造の決定、音刺激と各神経回路の活動パターンの相関の解明、各神経回路の活動制御による行動変化の解析を行います。これにより、聴覚情報の符号化と情報処理様式を解明し、ショウジョウバエを用いた脳情報解読制御技術を整備します。



電気、化学、光学的マイクロ/ナノニューロプローブアレイの開発

河野剛士

豊橋技術科学大学工学部 准教授
同上

脳神経の基礎研究から次世代神経計測も含めた幅広い分野の神経電極技術となる、電気、化学、光学的な「マイクロ/ナノニューロプローブアレイデバイス」を開発します。本研究のデバイス技術は、「選択シリコンウイスキー結晶成長法」を用いたものであり、今回の申請ではこの技術とこれまでの研究実績を基に、大脳皮質用マイクロプローブ、ナノプローブ、薬剤投与用化学的プローブ、光学的プローブアレイデバイスの実現を目指します。



脳の情報的・機能的左右非対称性の解明

玉田篤史

新潟大学超域学術院 准教授
理化学研究所脳科学総合研究センター 研究員

脳はマクロな構造としてはほぼ左右対称ですが、ヒトでは左大脳半球に言語機能が局在するなど、機能的には左右非対称です。ミクロなレベルで脳にどのような非対称構造があるのか、それがどのように機能的非対称性を生み出すのかという未解明の謎に、モーター分子による回転運動という斬新な視点から挑戦します。本研究は、高次精神機能の情報処理機構、精神・神経疾患の制御に関して重要な知見をもたらすと期待されます。



多電極同時記録データから高次認知機能を支える脳部位間の機能的つながりを解明する

土谷尚嗣

Monash University 准教授
カリフォルニア工科大学 博士研究員

意識や注意などの高次認知機能は、短い時間スケールにおける、神経細胞集団間の「機能的つながり」の強さの変化によって支えられています。機能的つながりのメカニズムを明らかにするためには、高い時間解像度で多くの電極から同時に神経活動を記録し、それを解析しなければなりません。本研究では、多電極データを、電極 X から電極 Y という情報の流れの方向性までを含めて解析し、膨大で複雑な多次元データを直感的に理解できるように可視化し、統計処理する方法の開発を目指します。



光・電気マイクロチップによる高分解能ニューラルインターフェースとニューロ-LSI融合BMIの開発

徳田 崇

奈良先端科学技術大学院大学
物質創成科学研究科 准教授
同上

生体埋め込みLSI技術を用いて、光と電気によって神経細胞を刺激・計測できる多機能ニューラルインターフェースマイクロチップを開発し、革新的なBMI技術の実現を目指します。マイクロチップを用いた *in vitro* および *in vivo* で新しいBMI技術を実証するとともに、チップ上の培養神経細胞システムとマイクロチップの演算機能のリンクさせた「ニューロ-LSI融合システム」の基礎メカニズムを探索・構築します。



社会ダイナミクスの多様性を脳活動から読む進化型強化学習

春野雅彦

情報通信研究機構脳情報融合研究センター
研究代表者
玉川大学脳科学研究所 グローバルCOE准教授

社会行動における個人差のメカニズムを記述する進化型強化学習モデルを構築します。このモデルでは社会行動に対して各人が持つデフォルトの好みと、戦略的思考による行動選択に好む遺伝と学習の2要因を考慮統合することで、脳活動と社会ダイナミクスの観点から個人差を説明します。さらに、モデルをリアルタイム脳活動計測に応用し、各人の個性と脳活動の状況に応じた働きかけで行動の頻度を変えられるか見ることについて因果性についても検討します。



ベイジアンネットワークに基づく視覚皮質モデルと高次視覚野からの認知的情報の解読

細谷晴夫

科学技術振興機構 ささげ研究者
東京大学情報理工学系研究科 講師

大脳皮質の視覚系は、階層的な組織構造によって、複雑な視覚認知を行っています。本研究では、そのような視覚系のモデルを「ベイジアンネットワーク」という、確率論の強力な後ろ盾のある理論を用いて構築し、今まで未知な面が強かった高次の視覚野の性質をシステムティックに再現・予測します。さらにそのBMIの応用として、fMRIによる高次視覚皮質の活動記録から、見ている物に関する認知的な情報を解読する手法を考案します。



末梢神経損傷によって誘導される上位中枢神経回路の改編と動作原理

宮田麻理子

東京女子医科大学医学部 教授
同上

神経損傷によって上位中枢神経系では神経回路の配線と機能が変化することが知られ、その機構の解明は脳障害後の代償機能の解明や、脳機能回復に向けた新たな治療法の開発のために極めて重要です。本研究では遺伝子改変マウスを用いて触覚求心性線維の体部位局在情報を可視化し、生体下で電気生理学的・解剖学的解析を同時に行うことで、末梢感覚神経損傷による上位中枢神経回路の改編原理とその動作機構を明らかにします。



脳情報の解読による幼児特有の認知的世界の解明

森口佑介

上越教育大学大学院学校教育研究科 講師
同上

子どもにしか知覚できない存在がいるという報告は、発達心理学の研究などから繰り返し指摘されています。しかしながら、大人には知覚できないことから、科学的に関心が払われることはありませんでした。本研究では、幼児を対象にした脳情報解読技術を確立し、その技術を駆使することで、これらの存在について科学的に検証することを目指します。この技術を応用し、言語が未発達な乳幼児の心理・生体状態の推定に役立てます。



質量顕微鏡法による神経伝達物質のイメージング

矢尾育子

関西医科大学医学部 講師
同上

本研究では、脳情報の時空間的制御の解明をコンセプトに、神経活動依存的な神経伝達物質の動態を明らかにします。神経伝達物質可視化のためのツールとして質量顕微鏡法を取り入れ、脳情報の可視化を行い、統合的な理解をはかります。この理解は、脳のはたらしの解明のみならず、神経伝達物質放出異常に関与する多くの神経疾患の治療への手がかりとなり、リハビリテーションなどに重要な新規のアプローチとなることが期待されます。



現実予測に基づく現実感喪失感覚の分子・神経メカニズム解明

山田真希子

放射線医学総合研究所分子イメージング
研究センター 主任研究員
同上 分子神経イメージングセンター
分子神経イメージンググループ 博士研究員

現実感喪失感覚とは、周囲の状況から現実味が失われるという奇妙な感覚です。本研究では、現実予測による感覚と実際に入力された現実感覚との間に生じる誤差感覚を現実感喪失感覚として捉えます。そして、神経活動と分子情報との関係を明らかにし、現実感喪失感覚の脳内メカニズム解明を目指します。

