

ヘテロ複雑システムによる コミュニケーション理解のための 神経機構の解明



NEWS LETTER Vol. 3

CONTENTS

| | |
|-------------------------|----|
| 巻頭言 | 2 |
| 平成23年度成果報告 | 5 |
| 平成23年度イベント報告 | 28 |
| 平成23年度研究受賞一覧 | 34 |
| 平成23年度実施の研究会・公開講座 | 36 |

無意味化されたコミュニケーションの意味 — 「想定外」は想定外

津田一郎

北海道大学電子科学研究所・教授
北海道大学数学連携研究センター・センター長



東日本大震災は巨大地震とその後の津波による未曾有の被害をもたらし、さらには福島第一原発に対して人類史上最大級の事故を引き起こし、甚大な放射能汚染をもたらした。被災された方たちに衷心よりお見舞い申し上げます。全地球規模でも、まれにしか起きないと思われていた現象が頻繁に起こっている。いわゆる rare event である。これは長い時間スケールを持った複雑現象に共通する特徴であるが、厄介なのは、このような現象がいつ起きるのかを正確に予測できないことだ。しかし、現象をつぶさに分析することによって現象そのものになってみるという直覚が得られれば、別の見方も可能になってくるだろう。

津波という言葉は漢字から想像するに、「多くの波」、「多量の波」、もしくは「湾にくる波」の意かもしれないが（ちなみに、私の苗字の「津田」は田んぼが湾のようにたくさん集まった場所を意味している）、この言葉によって我々はどうしても波を想定してしまう。これが明らかに間違いであることは今回映し出された映像によって明らかである。津波は海底の変動によって盛り上がった海水部分が移動してくるものだが、今回の映像にははっきりとキンク現象が見えていてソリトンだということが良く分かる。つまり、海全体が押し寄せてくるのであり、波を想定していればとても対応できないことになる。波ではなく物体が塊となっ

て押し寄せてくるのである。tsunami はすでに国際的な学術用語にすらなっているので、いまさらけちをつけるのはもったいないが、脳のイメージ力にはフィットしない用語のようだ。波が「多い」と言っても実際は可算無限ですらないので、極限のとり方を間違えた命名法のように思えるのだ。“流体力学的極限”をちゃんととれば、「海動」、「界動」とか「海襲」といった造語になるだろうか（もっとよい言葉を誰かセンスのよい人が考えてほしい）。あるいは文献にあるように、「海立」（「つなみ」と読むが、別の読み方にする方がよいだろう）でも良いかもしれない。

次に気になるのはやはり原発である。今回の事故後私が最初に思ったことは、原発が複雑系だということを想定している人が当事者たちの中にほとんどいないのではないかとということだった。原発は原子炉だけでできているわけではない。原子炉自体も複雑系だが、福島原発のような水冷式なら、さらに電気系統と水系統がカップルした大変に複雑なシステムになる。今の 1/2 のサイズの原発を作ったらどうなるか。あるいは 2 倍のサイズの原発なら何が起きるか。これらの問いに誰も答えることはできない。原発というシステムは要素系の非線系結合系であり、しかもその非線形性がどのようなものかが明らかではないのだから。さらに、マイクロなレベルでエラーが起きたと

きに、エラーが容易にシステム全体に波及する可能性がある。地震で配水管のどこかに（たいていはつなぎ目だろうが、乱流が発生するような形状の場所ではそこもまた疲労が蓄積しやすくなるだろう）小さな亀裂が走るだけで、ポジティブフィードバックによってこのシステム全体にエラーが拡大していく事は明らかであるように見える。いったん事故が起きれば数十年という単位で地球を放射性物質で汚染してしまうこの複雑システムにおいて、フェールセーフがなされていないことは科学的見地からはまさに想定外である。いったん全電源喪失になれば何時間で水が干上がるかは大学の物理の練習問題だ。炉心溶融は起こるべくして起こるし、メルトダウン、メルトスルーは想定内であるはずだ。だから全電源喪失にならないようにしなければならない。とすれば何をしなければならなかったかは明らかだろう。それができていなかったということは、自然が生み出す複雑現象への理解と人間が作る複雑システムへの懐疑と想像力の欠如以外のなものでもない。ちなみに新幹線が優れているのはこのフェールセーフ機能である。毎時200km以上の速さで走る列車の車輪と車軸の結合系は複雑系だ。ここで小さなエラーが発生すれば車体全体に大きなエラーが波及していく。これを押さえるために、二重三重のフェールセーフ機能が施されている。小さな異常を検知すれば、乗用車並みのスピードに落としさらには止めてしまう。原発ではむろん運転を止めるだけでは事は収まらない。それからが問題だからだ。だからこそ新幹線以上のフェールセーフ機能を施しておかねばならないはずである。

さらに今回の原発事故では近隣住民への避難指示に重大な問題があった。何も予測ができないならば、アメリカ政府が在住アメリカ人に対して行ったように「福島原発から80 km圏外へ即時避難せよ」というべきである。80km

という数字も学問的根拠に乏しいが、チェルノブイリやスリーマイルアイランドでの事故後の放射能の拡散度合いを一つの経験値と考えれば、妥当な数値に見える。80 km圏外に出ていれば、ひとまずは安心だということだ。結果的にそれは大枠において当たっていたのではないか。ホットスポットは風向きを計算しないと解析はできない。事故後、ヨーロッパの多くの国がHP上で放射性物質拡散のシミュレーション結果を動画にして掲載した。これは全く科学的根拠のないものであり、非常に迷惑な話だった（実際、各国のHPには「このシミュレーションには科学的根拠は全くない。このシミュレータがどの程度精度があるかは実測値の公表を待たないといけない」といった但し書きが書いてあった。しかし、多くの人は動画の迫力のほうに気が行ってしまうがちであり、但し書きを読んで冷静に判断する人がどれだけいたかはなほだ疑問であった）。特に今年度はICCN2011を6月に北海道ニセコで開催し、我々の新学術領域のメンバーが主体となって運営が行われた。ところが、これらの動画では北海道は事故後数日で真っ黒に塗りつぶされていたので、開催延期や沖縄での開催を希望する海外からの参加予定者が現れたのだ。ICCN2011の閉会の挨拶で述べたように、私はこれらのシミュレーションは実測値がなければ根拠のないものだという事を参加予定者に送った。ICCN2011のHPでも公表した。研究者は納得してくれたようだが、一般人やマスコミ、政府関係者のどれだけがこのことを理解しているだろうか。

そもそも放射性物質の拡散を計算したいなら、3次元のナビエ・ストークス方程式を解かなければならない。仮に気象の観測点はおおよそ10 km四方に1点であるとする、拡散項は空間の二階微分だから平面上ではおおよそ30 km四方に一点が実測値で検証できる計算結

果を与えるに過ぎない。鉛直方向は通常は 10 個程度のメッシュに切ってシミュレーションをするようだ。むろん計算自体は観測点がなくともできるが、この方程式は一般に初期値、境界値に鋭敏であるので、観測に基づかない単なる初期値問題だけのシミュレーションではどんな答えも出せてしまう。細かい観測データがあって初めて正確な境界条件の下で方程式を解くことができるのである。さらに、ナビエ・ストークス方程式には流体の塊の移動を表現する移流項がある。この項は数値計算上かなり厄介な項である。速度の空間変化の推定が少し異なっただけで結果が大きく異なってくる。要はどれだけ細かい観測データが迅速に得られるかだ。SPEEDI が機能するには、気象の観測データ、さらにはモニタリングポストでの放射能の実測値が必要だろう。これらのデータがあれば、何日か後の放射性物質拡散図は描けるだろう。しかし、正確な実測値がなければ、他国が行ったのと同じさまざまな計算結果を SPEEDI とともに吐き出すだけになってしまい、機能しない。

こういったことはすべて論理的に想定可能なことである。コミュニケーションにおいても我々は常に偶然事象に出会う。相手の突発的な予想外の言動がコミュニケーションを中断させる。それは想定した意味と異なる意味が現れるからだ。こういった contingency がむしろ日常的に起こるゆえに我々は contingency を想定することができ、対応がマニュアル化されていなくともとっさに判断し対応できるのである。自然災害との違いは contingency が生起する時間スケールにある。寺田寅彦がいみじくも言ったように、自然現象のタイムスケールが 10 分の一に縮まれば、あるいは人間の寿命が 10 倍延びれば、巨大地震や大津波のような自然災害は日常的な雨や嵐と同程度のものとして我々は認識するだろう。ならば対処できるという

わけだ。しかし、このスケール変換は実際には不可能なので、我々は直接 rare event に対処できない。できることは、しっかりと記憶することだけだ、と寺田は言っている。問題が深刻なのはむしろ原発の方だろう。今回の事故ではっきりしたことは、少なくとも今の日本人には持つ資格がないものだということだ。唯一未来があるとすれば、複雑なシステムをとことん理解する方策を立て、瞬時に意思疎通が図れるコミュニケーション能力の高い組織を作ることだろう。

2011 年は我々の新学術領域にとっても一つの区切りとなる中間評価があった。大変良い評価をいただいたが、また大きな期待が寄せられてもいる。期待に答えるための課題もすでに明瞭になっている。2012 年からの 2 年間はこれらの課題を解決できるように工夫していきたいと考えている。公募班は入れ替えもあるだろうが、それはこのプロジェクトの趣旨により沿ったものを採用するという条件があるからである。何度も言ってきたが、個々の研究レベルが高いだけでは現在の学術領域のような規模のプロジェクトでは独創的な成果は得にくい。この規模であれば、テーマをいったん限定し、目標を具体化しながら、優秀な研究者たちの共同研究によって問題意識を共有し、役割分担しながら研究を進めるほうがより独創的な研究は生まれやすいと思う。まさにコミュニケーションの成立条件そのものであり、意味生成の基本である。発散は収束の後でなければならぬ。このプロジェクトが終了した時点で個々の研究者が領域のテーマの中で問題解決を成し得、「コミュニケーション神経情報学」を打ちたてる一翼を担い、さらに個々の脳の中に領域を超えた新たな発想が芽生えていれば、「期待以上の成果」があがったことになるだろう。

平成 23 年度 成果報告

A01：数理システム論（数理システム班）

A01G1 班

動的脳の情報創成とカオス的遍歴の役割

研究代表者：津田 一郎（北海道大学）

研究分担者：高橋 陽一郎（東京大学） 藤井 宏（京都産業大学） 連携研究者：山口 裕（北海道大学）

研究協力者：李 永濤、田所 智、渡部 大志、前田 真秀、塚田 啓道（北海道大学）

本班では、従来の力学系理論を越えた解釈枠組みとして、次の三つの系の研究を数理的に行っている。[1] 脳内ヘテロシステム間相互作用系、[2] ヘテロ力学系ネットワーク系、[3] ランダム力学系である。

主な成果は次のとおり。

1. Novelty-induced learning（新規性学習）の成功。異なった記憶を複数学習した二つのヘテロシステムを相互作用させ、学習を導入することで、両システムとも自分の記憶を失わないで他のシステムの記憶を学習できることが分かった。

2. 脳の大域的相互作用が層によってヘテロになっていることの効果を見るための数学モデルとして、二つのカオス力学系のヘテロ相互作用システムを考えた。両システムの位相差に情報の流れに関する意味情報が反映されることが分かってきた。

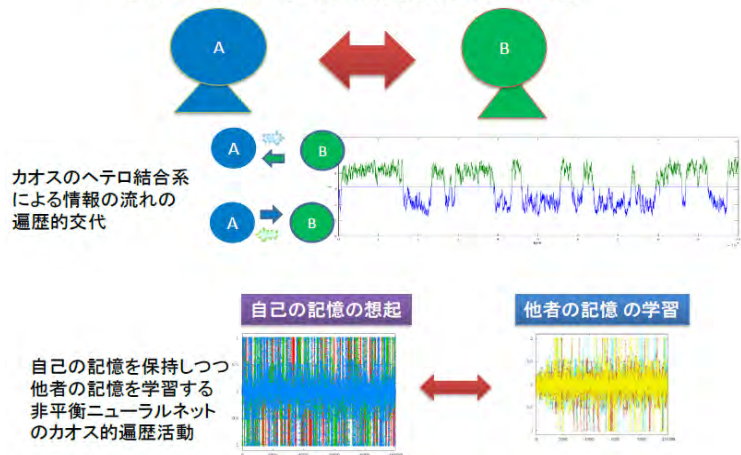
3. 内側前頭皮質－マイネルト核－大脳新皮質注意回路系の神経連絡などの構造を精査し、注意機構と脳内ダイナミクスの関係を調べた。

4. Noised dynamical systems に関して、数学的な定式化の可能性について詳細な議論を行った。

5. 海馬 CA3 の神経生理学的モデルを Pinsky & Rinzel 型の 2-コンパートメントモデルによる結合微分方程式の形で構築した。

A01: 動的脳の情報創成とカオス的遍歴の役割

コミュニケーションにおける情報創成の数学モデルの構築



A01G2 班

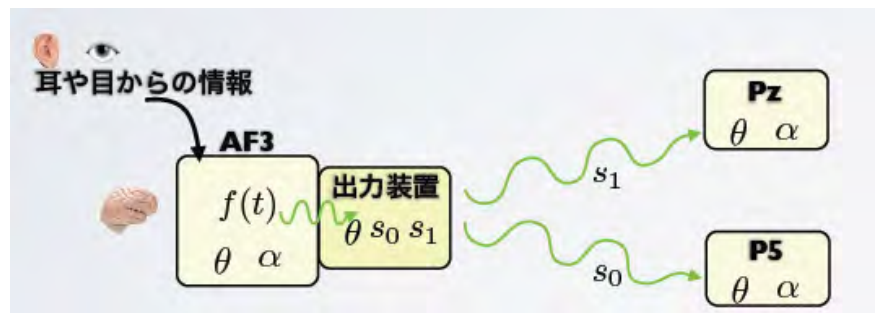
ヘテロな動的パターンの相互作用の数理的解明とその生命科学への展開

研究代表者：西浦 廉政（北海道大学） 研究分担者：國府 寛司（京都大学）

連携研究者：上田 肇一（京都大学） 荒井 迅（北海道大学） 研究協力者：手老 篤史（九州大学）

不均一性に起因する自発的パルス生成の力学系の起源を探索している。外的刺激がない状況で適切な不均一性は自発的にパルス波を生成する。周期的なものからカオス的発振まで多彩である。その数理的起源は多重に縮退したホモクリニック軌道であることが数値的に明らかにされ、パルス制御への応用が期待される。

我々は多くの情報を外界から同時に取り込んでいる。混乱せずに、どのようにそれらを振り分け、処理しているのだろうか。音声・視覚の情報を同時に受けた場合の脳波に埋め込まれた情報の分離について、山口班の川崎らと共にその試作的数理モデルを手老、秋山が中心となり作成した。二つの異なる刺激（音声と



情報分離の模式図

視覚)の情報を位相差の違いでコーディングして、その位相差に応じて出力形態が異なる(情報分離の模式図)と同時にその出力波形がある特徴パターンを有するように分離できることが判明した。

Dynamical Dot Quartet と呼ばれる錯視実験では、縦振動から横振動への見えの変化において脳波の同期現象がみられる(山口班北城らによる)。その現象を理解するために大域結合をもつ複数の振動子クラスターの数理モデルが上田らにより提案された。スパイク状の外部刺激を与えた際の同期-非同期状態間の遷移可能性とそのパラメータ依存性を数値的に明らかにした。

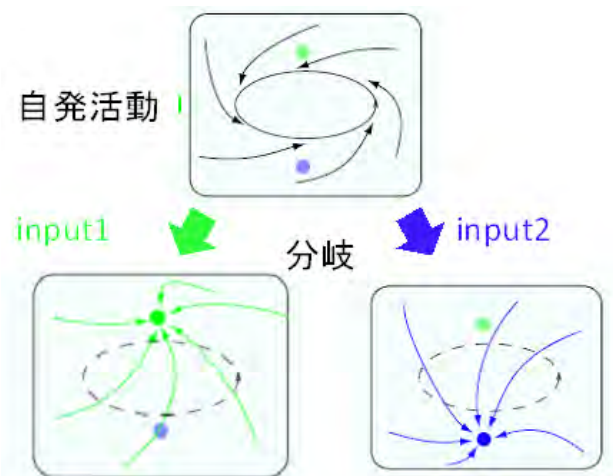
A01G3 班

多時間スケールダイナミクスによるメタルール生成とそれに基づく学習、進化の理論

研究代表者：金子 邦彦 (東京大学) 研究協力者：齊藤 稔、栗川 知己、嶋岡 大輔 (東京大学)

生命システムが自らの発展を規定する規則を生成させていく過程の理論的枠組みを適応、進化、学習を例にとって構築している。特に、力学系の分岐やゆらぎと可塑性の関係を明らかにしつつある。主要な結果は以下のとおりである。

1. 入出力関係の学習、記憶と自発活動：これまでの記憶=アトラクターという描像にかわって、記憶の想起は入力に応じて、要請された出力が生じるように神経力学系の分岐が生じることであり、学習によってそのような分岐を起こす力学系がかたちづくられるという描像を提出した(栗川-金子, 図)。その描像をいくつかの神経力学系モデルで実現し、また、それを可能にするシナプス変化則を提示した。特に、入力がない時に、記憶に対応した出力を経巡るようなカオスの自発的神経活動が生成されることを見出した。これは近年の実験とも対応しうる成果である。



2. 揺らぎで見た、進化と発生をつなぐ関係の定式化：力学系の発展結果の状態から適応度を定め、高い適応度をうむ力学系を進化させそのような力学系の特性を調べた。特に、状態変数のゆらぎを、力学系でのノイズによるもの Vip と遺伝的変異によるもの Vg に分けて、その両者が多くの変数にわたって比例していることを見出した。さらに、環境が変動する際に、ノイズが適度な大きさを持つと、外界への適応性と進化的な安定性が両立させられることを示した。つまり、ノイズを通して可塑性が維持されている。

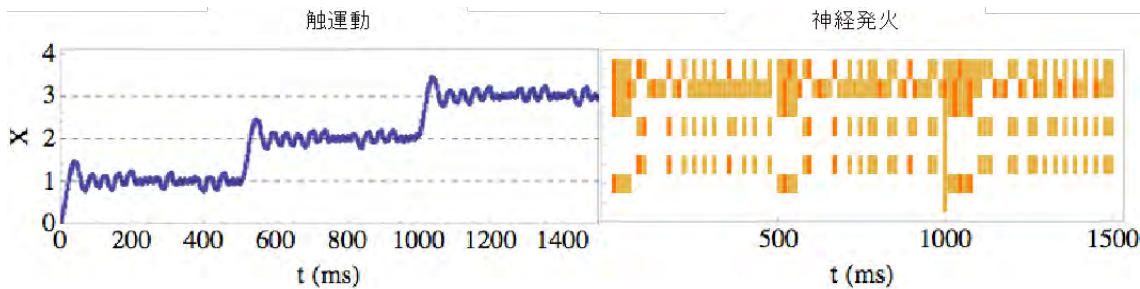
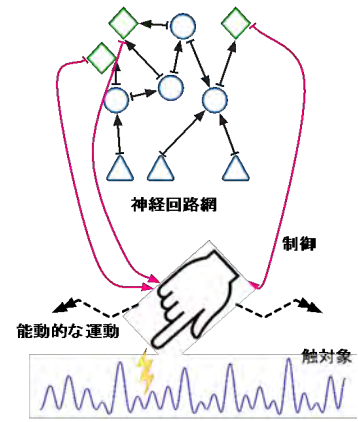
3. このほか、カオスによる可塑性を持つ結合力学系が相互作用を通して階層的細胞分化をすること、大自由度力学系による外界への適応などを見出し、可塑性の数理的基盤を求めることを進めた。

A01K1 班

能動的触覚の数理モデルの設計と神経活動—触運動間コミュニケーションの解明

研究代表者：柳田 達雄 (大阪電気通信大学)

触覚は接触により生じる皮膚感覚に手指の位置、動き、運動方向などの情報を統合し、その総体として認知が成立している。触覚器の動かし方に依存して認知までの正確さや速さが変わるため、いかに触運動を自発的、能動的に制御するかが重要である。このような能動的触覚システムが脳では自己組織的に形成されているが、その設計原理は解明されていない。触運動、刺激受容体、運動制御回路からなるモデルを構成、解析することにより数理的解明を目指した。神経網をマルコフ連鎖モンテカルロ法により学習させた結果、能動的運動により触対象を検知するシステム設計に成功し、複数の触運動モードが創出した。触運動と神経細胞発火との関係、検知アルゴリズム及びロジック、検知ダイナミクス形成などの能動的な認知過程を理解する上で重要な数理基盤を与えた。

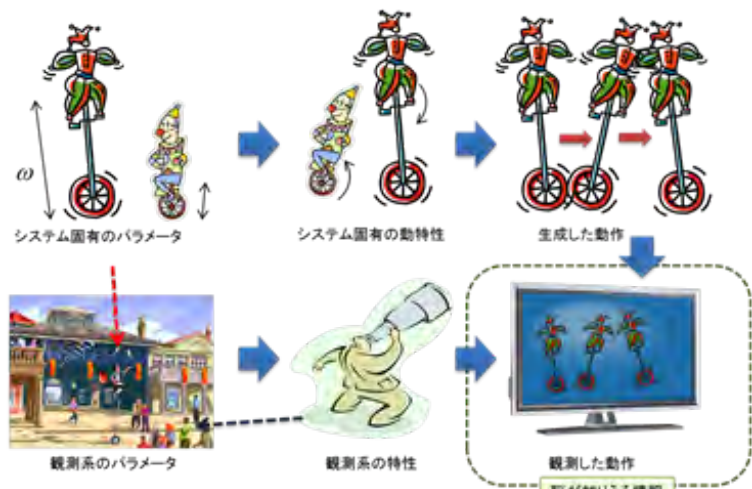


A01K3 班

多様なダイナミクスを学び、理解し、生み出すための学習理論

研究代表者：古川 徹生 (九州工業大学) 連携研究者：徳永 憲洋 (九州工業大学)

たくさんの動作パターンや音声パターンなど、私たち人間はたくさんのダイナミックなシステムを学ぶことができる。しかも単に学ぶだけでなく、その成果を利用して新しい動作や音声のパターン生み出すこともできる。これがどんなに不思議なことなのかを知ること、どうやってこの不思議な能力を実現できているかを知ること、それがこの研究の目的である。この研究は、まず問題の定義や前提条件をはっきりさせることから始まった(上図)。実は脳が知るうる範囲は点線の中だけであり、それ以外はすべて未知なのである。このような困難な問題でも脳は学習できている。このような問題を解くには、情報欠損の状況下での非線形テンソル解析の技術が必要であることを私たちは見出した。そしてそのアルゴリズムの基本形を開発し、どうやら使えそうだというところまでこぎつけることができた。



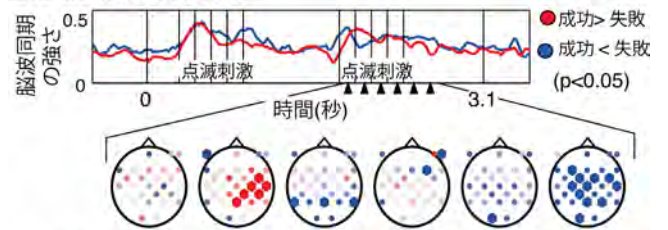
A01K4 班

フリッカ誘導脳波の解析による記憶の脳同期回路メカニズムの解明

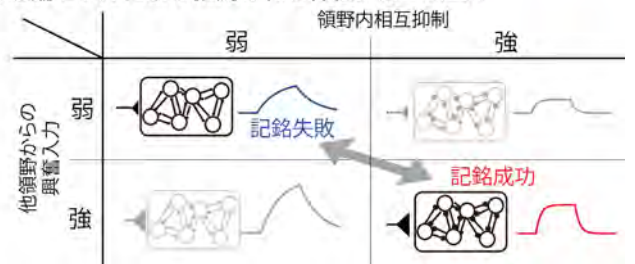
研究代表者：佐藤 直行（公立はこだて未来大学）

うまく記憶ができているときには4～8Hzの脳波が強まることが知られているが、脳波は課題に無関係な成分が多いため、その詳細な神経メカニズムがわからない。そこで本研究では、記憶課題中に視覚性点滅刺激（フリッカ）を与えて7Hzの脳波を増大させ、その脳波の伝播の解析することで、記憶に関わる脳部位間の同期回路の働きを調べた。結果として、記憶がうまくできる場合には、主に後頭部に現れたフリッカ誘導脳波が他の部位にまで広く伝播することが明らかになった。特にその効果はフリッカ開始時と停止時に大きく、うまく記憶ができる場合には誘導脳波のパワが立ち上がり・立ち下がりとも素早く応答した。各脳部位を非線形振動子の相互抑制回路として数理モデルを構成し、その性質を検討した結果、誘導脳波の素早い応答を得るためには、脳部位間の興奮結合が強く、かつ領野内の相互抑制も強い必要があることがわかった。この結果は、各部位が局所脳波の強さと位相を自律的に調整していることを意味し、同期回路の生成メカニズムを明らかにする上で重要な結果である。

□ 脳波計測実験の結果：



□ 理論モデルにより推測される神経メカニズム：



B01：ヘテロ脳内システム間相互作用（脳システム班）

B01G1 班

脳神経回路の同期の生成崩壊に基づく認知情報生成機構の解明

研究代表者：山口 陽子（理化学研究所）

研究分担者：北城 圭一（理化学研究所） 川崎 真弘（理研 BSI-TOYOTA 連携センター）

ヒトのコミュニケーションを構成する重要な要素として、意図推定を伴う相互アクションの協調的生成があげられる。個人レベルでのアクション生成、相手のアクションのタイミングの推定から、それらの相互協調による周期的時系列形成、また非協調による不規則な時系列生成が期待できる。このような協調行動を生成する脳のダイナミクスを解明することは様々な協調行動におけるコミュニケーションのしくみの解明の基礎となると考えられる。われわれは、二人の交互協調タッピング課題を作成し、二人の脳波を同時に測定した。課題としては、2人が交互にキーボードでタッピングをし、互いのタッピングの間隔が一定になるように指示した。間隔の大きさは任意である。2人の相互作用は、相手がタッピングした瞬間にモニターにシグナルが現れるだけとし、直接的な視覚聴覚の相互作用を排除した。実験参加者は2人ずつ12組である。結果としては、二人のリズムが一定になるケースは少なく、乱れて不規則な時系列を生成することが多かった。二人の間にリズム協調性の差異があり、役割分担と思われる傾向が見られた。脳波解析は現在進めているが、ミラーニューロン活動に関連するとされるミューリズムが協調性の高い場合に現れる傾向が見られた。



われわれは、二人の交互協調タッピング課題を作成し、二人の脳波を同時に測定した。課題としては、2人が交互にキーボードでタッピングをし、互いのタッピングの間隔が一定になるように指示した。間隔の大きさは任意である。2人の相互作用は、相手がタッピングした瞬間にモニターにシグナルが現れるだけとし、直接的な視覚聴覚の相互作用を排除した。実験参加者は2人ずつ12組である。結果としては、二人のリズムが一定になるケースは少なく、乱れて不規則な時系列を生成することが多かった。二人の間にリズム協調性の差異があり、役割分担と思われる傾向が見られた。脳波解析は現在進めているが、ミラーニューロン活動に関連するとされるミューリズムが協調性の高い場合に現れる傾向が見られた。

B01G2 班

異なる入力情報の相互作用による自己組織化メカニズムの解明

研究代表者：相原 威（玉川大学）

研究分担者：藤井 聡、酒井 裕（玉川大学） 研究協力者：関野 祐子（国医薬食衛生研） 塚田 稔（玉川大学）

脳内の外界モデル形成には、外界からのボトムアップ情報だけでなく、注意や情動などによる内因性のトップダウン情報も融合する必要がある。そうしたトップダウン情報は、個体間のコミュニケーションで重要な情報と直結しており、脳内モデルの自己組織化に与えるコミュニケーションの影響として捉えることができる。

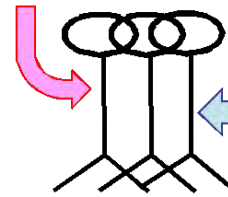
海馬や皮質などの神経回路へのトップダウン信号は、集中時などに内在性アセチルコリンとして放出され、記憶に関与する報告がある。本研究はアセチルコリンによるボトムアップ入力の修飾を二つの実験を行うことにより調べた。

細胞レベル：海馬C A 1野におけるトップダウン（内因性アセチルコリン）がボトムアップ（感覚入力）情

報の統合に与える影響を解明することを目的とし、アセチルコリン放出時のスパイクタイミング依存性可塑性をげっ歯類海馬により調べた。結果として、長期増強が促進され、長期抑圧の誘発は妨げられることが分かった。

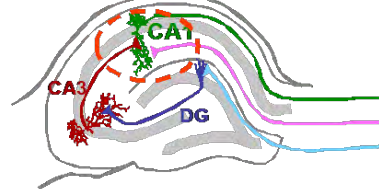
ネットワークレベル：条件刺激 (CS) に純音、無条件刺激 (US) に両足への電気刺激を用いる恐怖反応条件付けを行い、その時の聴覚野応答の光計測を行った。結果として、電気刺激による US 情報が、扁桃体、前脳基底部を経て聴覚野へトップダウン入力としてアセチルコリンを放出し、ボトムアップ入力との連合により音刺激のみでも聴覚野に応答が起こることを明らかにした。

トップダウン情報 (アセチルコリンなど)



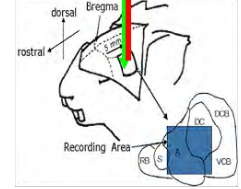
ボトムアップ情報 (グルタミン酸など) 感覚入力からの情報や文脈情報

(1) 海馬スライス



(細胞レベル)

(2) 聴覚野 光計測



(ネットワークレベル)

B01G3 班

過去の経験と現在の状況から展望的記憶を動的に形成する記憶メカニズムの解明

研究代表者：奥田 次郎 (京都産業大学) 研究分担者：藤井 俊勝 (東北大学)

私達人間は様々な経験から文脈的に記憶を形成し、これを元に未来の行動計画を展望的に編成・遂行することができる。本研究では、記憶や環境認知、計画立てと遂行といった複数の認知プロセスが時間的な幅をもつ

て動的に連携しあうこのような過程を実現させる脳神経メカニズムを、脳内の複数の機能領域間の時間横断的な活動連関 (脳内神経モジュール間コミュニケーション) と複数認知プロセス連携 (認知プロセス間コミュニケーション) との関係という観点から調べている。

上記に対するアプローチのひとつとして、機能的 MRI データの異時点間活動相関解析の手法を考案し、現在の刺激に対する認知応答と未来の行動予定の想起・遂行という異なるプロセス間の注意制御過程の解析へと応用することを試みた。具体的には、MRI 信号から神経活動時系列をベイズ推定する手法を応用し、異なる課題試行間での複数の課題関連領域間の時間横断的な神経活動相関を検討した。現在の刺激に対する認知応答が求められる試行 (現行課題) と特定の行動予定の想起・遂行が求められる試行との間の反応時間のトレードオフから、現在の認知活動と未来の行動予定との間の注意制御を定量化し、これと関連する異時点間活動相関を内側前頭葉の領域間に見出した。

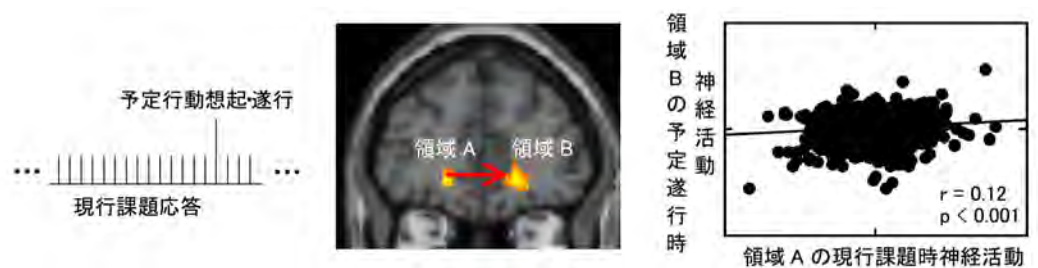


図) 現在の認知活動と未来の行動予定との間の注意制御における異時点間活動相関解析の例。
 左) 課題の流れ。眼前に呈示される刺激に対する認知判断と運動応答が求められる現行課題試行の間に、ある特定の予定行動と関連付けられた刺激が呈示される予定行動試行が低頻度に挿入される。
 中央) 現行課題応答と予定行動遂行との間の反応時間のトレードオフ (行動注意制御) と対応した活動を示す脳領域が内側前頭葉に見い出された。右) 反応時間トレードオフから定量化された行動注意制御の強さと関連して、内側前頭葉内の領域 A から B への試行間活動相関が示唆された。

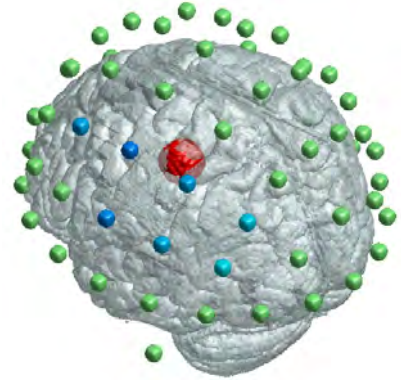
B01G4 班

脳内回路の引き込み協調による言語・非言語コミュニケーションの創発原理の解明

研究代表者：水原 啓暁（京都大学）

研究分担者：乾 敏郎、笹岡 貴史（京都大学） 研究協力者：鹿内 学（京都大学）

人を対象とした認知神経科学においては機能的 MRI が主に用いられている。この方法は脳活動の空間部位を調べるものであり、コミュニケーションにおいて必要であると考えられる神経活動の早い変化をとらえることが原理的に不可能である。そこで本研究グループでは、神経活動の早い変化を計測可能な脳波計測を機能的 MRI の計測と同時に実施することで、いつ、どこで神経活動が発生したかを、人を対象として開頭手術などによらない非侵襲な方法で実現した。さらに、言語および非言語による人と人とのコミュニケーションの脳機能に関して研究を実施している。言語によるコミュニケーション理解については、人がどのように言語を理解するのかを、また音声言語の知覚がどのように実現されているのかを、脳波と機能的 MRI の同時計測に基づき時間・空間特性の解明を進めている。また、非言語コミュニケーションについては、他者の行動を模倣する際の脳波計測を実施するとともに、他者の存在による脳内ネットワークの変化について機能的 MRI 計測データの解析を進めている。



脳波と機能的 MRI の同時計測にもとづく解析結果の一例。皮質の活動に対応する脳波分布を同定することが可能となる。

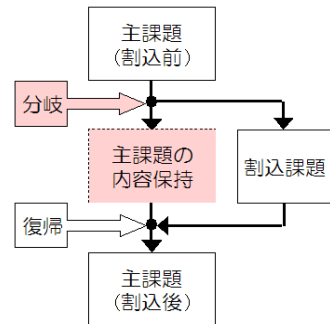
B01K1 班

霊長類前頭前野におけるマルチシステムとしての情報処理機構

研究代表者：嶋 啓節（東北大学） 連携研究者：中島 敏（東北大学）

我々がある課題（主課題）に取り組んでいるとき、別の課題（割込課題）が外部から割り込んでくることはよくある。そんなとき、我々は一旦主課題を棚上げにし、割込課題に対応した後、主課題を再開することができる。この種の「複数課題の並列処理」を可能にしている神経機構はどのようなものだろうか？ 筆者らはこの疑問に答えるべく、ニホンザルに主課題と割込課題からなる腕の動作課題を行わせ、そのときの神経細胞活動を前頭前野 (PFC)・背側運動前野 (PMd) と呼ばれる領域から多数記録した。主課題では、色信号を 2 回提示してサルに順序動作を覚えさせ、のちに記憶に基づいてその順序動作を繰り返し行わせた。割込課題は主課題の最中に挿入され、画面に 1 度だけ提示される色信号に応じた動作を主課題とは独立して行わせた。割込課題終了後、サルは直前まで行っていた主課題の順序動作を 8 割以上の確率で記憶に基づいて正しく再現した。割込課題中の神経細胞活動を解析したところ、(1) 主課題ではなく、割込課題の動作を指示する色信号に強く応答する細胞、(2) 主課題と割込課題で行う動作の関係を表現する細胞、が PFC, PMd で数多く見出された。この結果は、PFC, PMd が、主課題から割込課題への分岐を制御し、かつ、割込課題中であっても忘れてはならない主課題の内容を間接的な形で保持していると示唆する。

複数課題が並列処理される過程を示した模式図



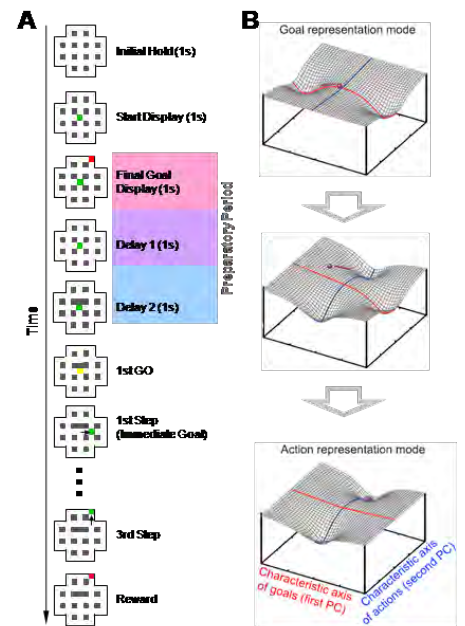
前頭前野・背側運動前野が「分岐」・「主課題の内容保持」に関与することが示唆された。

B01K2 班

行動指令の動的生成機構としての前頭葉興奮性・抑制性神経細胞の機能分化と相互作用

研究代表者：坂本 一寛（東北大学） 連携研究者：虫明 元（東北大学） 研究協力者：川口 典彦（東北大学）

絶えず変化する環境で生きていくためには、行動指令も柔軟かつ動的に生成されねばならない。本研究では、サル前頭葉で行動指令が動的に生成される機構を神経細胞活動レベルで明らかにする。経路探索課題（図 A）と呼ばれる課題を遂行中のサル前頭前野には、行動指令の動的な策定に対応する、つまり、行動の最終目標位置を符号化した活動から具体的な行動目標を反映した活動へと遷移（以下、行動目標表現遷移）する細胞群が存在する (Sakamoto et al., 2008)。我々はこのような細胞の性質を、神経回路のアトラクタ構造の再構成、すなわち、神経回路の安定状態が自発的に相転移するというモデルで再現した（図 B） (Katori, Sakamoto et al., 2011)。このような相転移が前頭前野で実際に生じているかを検証するため、相転移前のアトラクタの不安定化に伴い神経細胞の発火ゆらぎが上昇することを理論的に検証したあと、実際の細胞で行動目標表現遷移前に発火ゆらぎが上昇していることを示した (Sakamoto et al., 2011)。一方、細胞群を興奮性と抑制性に区別し、2つの細胞群の活動バランスと行動目標表現遷移との時間関係を見たところ、行動目標表現が遷移する時刻では抑制性細胞群の活動が相対的に一過性の上昇を示すという予備的な結果を得た。これらを統合すると前頭前野の行動指令の動的策定の背後には、最終目標表現状態の不安定化（発火ゆらぎ上昇）→同期発火細胞群の一過性の上昇 (Sakamoto et al., 2008) →抑制性細胞活動の相対的上昇→具体的な行動目標の表現、という機構が存在すると推定される。



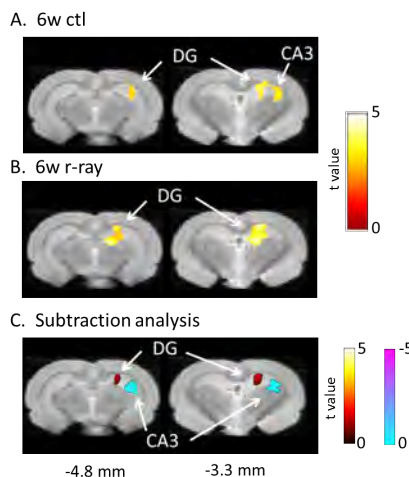
B01K3 班

アダルトニューロジェネシスによるヘテロ脳回路の動的アセンブル

研究代表者：久恒 辰博（東京大学）

連携研究者：井ノ口 馨（富山大学） 研究協力者：阿部 欣史（東京大学）

海馬新生ニューロン回路の生理的特性を調べるために Optogenetics-fMRI 解析を行った。Thy1 プロモーターの制御下で光感受性チャネル ChR2（チャンネルロドプシン2）を発現する遺伝子組み換えラット（東北大学八尾教授・生理研深澤助教より分与）を用い、光ファイバーを海馬歯状回部位に挿入し、MRI 装置内で青色半導体レーザー光源 (473 nm) を用いて光刺激した。新生ニューロンのはたらきを調べるために、ガンマ線照射 (10Gy) により新生ニューロンを除去した遺伝子組み換えラットを準備し、同様の実験を行い、結果をコントロールラットと



放射線照射 6 週間後の ChR2 発現ラットにおける海馬ネットワーク活動の変化 右の海馬歯状回 (DG; Bregma から -3.3mm) を光刺激した際の海馬 BOLD 信号の変化。(A) はコントロール群 (n=18)、(B) はガンマ線照射 6 週間後群 (n=18) の反応を示す。(C) は照射群からコントロール群を差分した SPM 解析の結果を示す。照射群で CA3 領域の反応が低下、逆に DG の反応性が増加した。Hot color は BOLD positive 変化、Cool color は BOLD negative 変化を示す。(阿部欣史ら、未発表データ)

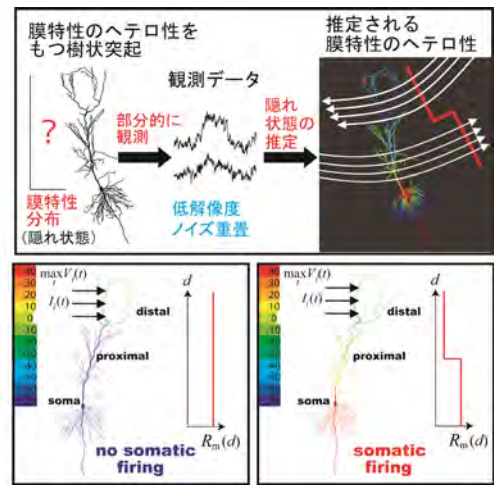
比較した。なお、動物は α -chloralose(50mg/kg) の腹腔投与により麻酔し、光刺激の有無による BOLD 信号の変化を 4.7Tesla 小動物用 MRI(Varian) を用いて導出した。これらの MRI データを脳機能解析ソフトである SPM5 を用いて統計学的に解析し、それらの集団解析を行った。その結果、新生ニューロンを除去した放射線照射ラットでは、コントロールと比較して、CA3 領域における有意な BOLD 信号の低下が観察された。アダルトニューロジェネシスは海馬回路の機能的連結に深く寄与していることが示唆された。

B01K4 班

樹状突起における脳内ヘテロ情報の統合メカニズムの解明

研究代表者：大森 敏明（東京大学） 連携研究者：岡田 真人（東京大学）

樹状突起におけるヘテロ情報の統合メカニズムの解明を目的として、(1) 樹状突起における膜特性のヘテロ性を推定する統計学的推定法の構築を行うとともに、(2) 膜特性のヘテロ性が樹状突起におけるヘテロ情報の統合メカニズムに与える影響に関する理論研究を行った。(1) まず、膜特性のヘテロ性を抽出するための統計学的枠組みを構成するために、樹状突起の膜電位ダイナミクスが従う偏微分方程式であるケーブル方程式をベイズ統計学の枠組みに取り入れた推定アルゴリズムを構築した [上図]。更に、急峻な変化をもつ場合にも膜特性分布の推定を可能にするために、ラインプロセスを導入したアルゴリズムを構成し、膜特性の関数形の候補が未知である場合での膜特性のヘテロ性の推定を実現した。これらの研究により、樹状突起膜電位の時空間ダイナミクスと樹状突起膜特性のヘテロ性を同時に抽出する統計学的枠組みを構築した。(2) 次に、膜特性のヘテロ性が神経情報処理に与える影響を明らかにするために、樹状突起の数理モデルを用いた理論研究を行った。まず、ケーブル方程式を用いた理論解析により、膜特性のヘテロ性が細胞内信号伝播を向上する役割を持つことを示した。更に、マルチコンパートメントモデルを用いた数値実験により、樹状突起スパイクの信号伝播が膜抵抗のヘテロ性により向上することを示唆する結果を得た [下2図]。これらの結果は、膜特性のヘテロ性が樹状突起におけるヘテロ情報の統合様式に重要な役割を担っていることを示唆する。



B01K5 班

神経回路網におけるカオスに基いた脳内通信の原型モデル

研究代表者：奈良 重俊（岡山大学）

本期間では特に「カオスを含む複雑なダイナミクスを生体的制御機能への応用、およびカオスを通信媒体として用いた複数離点間同時多チャンネル通信の計算機実験とそれに基づく脳内ヘテロコミュニケーション機能へのアプローチ、更に脳機能型擬似神経デバイス (Neuromorphic Device) の試作」を行った。具体的には、(1) 神経回路網に適切なアトラクターを埋め込み、ネットワーク構造を変化させてカオスを導入し attractor regime と chaos regime を適応的に切り替えることにより自律的に不良設定問題求解を行うロボットシステムを構築し、成功裡に計算機機能実験を行った、(2) 神経回路網に適切なアトラクターを埋め込み、ネットワーク構造を変化させてカオスを導入し、設定した送受信素子群間において多点間の同時多チャンネル情報伝達に関する計算機機能実験を行った。そしてそれを基礎にした脳内ヘテロコミュニケーション機能にアプローチを行った、(3) 非線形光電子デバイスによる擬似神経素子の試作とその評価およびそれらの拡散結合型の条件化

での (a) スモールワールドネットワーク, (b) ランダム結合ネットワーク, における離点間同時多チャンネル同期現象の計算機実験を行った。(4) 現在の半導体技術を用いて動的自己電気光学効果素子 (Dynamic Self-Electro-optic-Effect Device: DSEED) の試作を行い, その素子特性・動作特性について評価を行った。

B01K6 班

蛍光イメージング法による鳥海馬神経回路解析

研究代表者：岡 浩太郎（慶應義塾大学） 研究協力者：岩崎 麻衣、丸山 曜資、高延 岳史（慶應義塾大学）

メスキンカチョウがオスのさえずりをどのように聞き分けているのについて、種々の蛍光イメージング法を用いることにより調べたところ、メス鳥の海馬領域の特定部位がさえずり選択的に応答していることがわかった（図参照）。鳥海馬領域の神経回路については不明な点が多いことから、個々の神経細胞形態を色分けして調べることが可能なマルチカラー蛍光ゴルジ染色法により、海馬特定脳領域の神経細胞構築を調べたところ、メス鳥に固有な神経細胞を見出した。一方、さえずりに応答する海馬領域には、脳の他の部位から、セロトニンを含む神経細胞が神経線維を投射していることもわかった。神経興奮に伴う最初期遺伝子発現を調べた結果、このセロトニン神経細胞はさえずり刺激に伴って神経活動が亢進することを見いだした。以上の結果は、「メス鳥のさえずり受容には、海馬を含む複数の脳領域が用いられている。」ことを強く示唆するものである。今後さえずり嗜好性と海馬応答の関係などを明らかにする。また鳥海馬での研究成果が哺乳類脳での海馬機能の理解を深めるものと期待している。

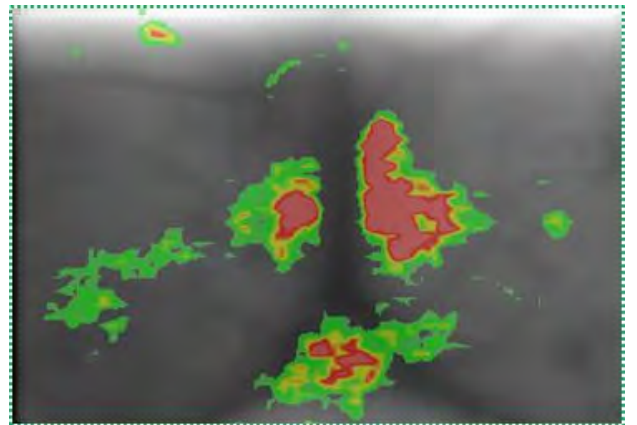


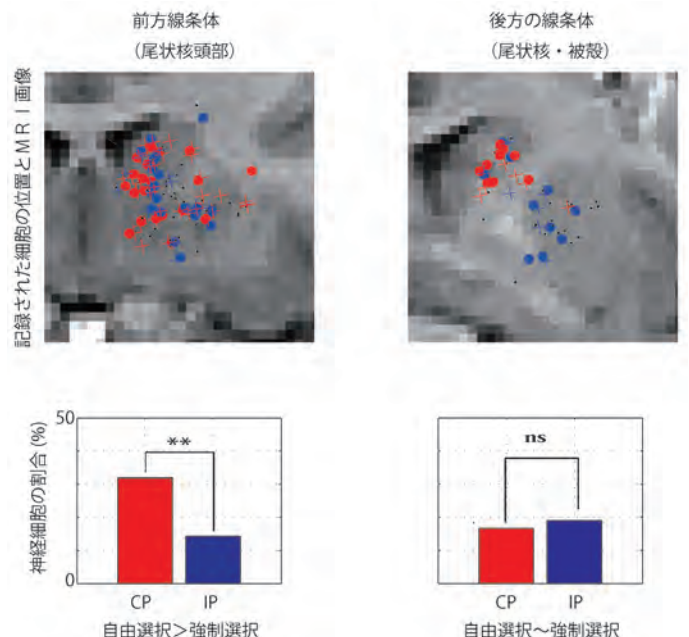
図 メス鳥海馬領域におけるさえずりを聞かせた際の神経応答例
神経細胞興奮に伴う細胞質の酸性化をイメージングしている。海馬の特定部位に神経応答(赤い領域)が見られる。

B01K7 班

情報探索と利用の神経機構

研究代表者：鮫島 和行（玉川大学）

これまで、目的や対象の選択が前頭前野などの大脳皮質で行われ、十分訓練した運動の選択に皮質下の大脳基底核が関わりと考えられてきた。このような皮質—皮質下の階層性は本当だろうか？ 今回、私たちは、動物に複数の図形情報からジュース報酬に基づいて1つを選択する課題を行わせ、大脳基底核の線条体と呼ばれる神経核からの神経活動を計測した。前方の線条体の尾状核頭部の神経活動は、図形を指示された時よりも報酬に基づいて自由に選択する時に強く活動する神経細胞が多数存在した。しかも、その神経活動には比較する図形の色や形などの報酬の手がかりになる情報が表現され、実際に選択



する直前には「これから選択する図形」の情報へと変化していた。この結果は、大脳基底核が実際の運動だけでなく、行動を規定する認知情報と報酬の関係性を学習し、より高次の「抽象的な選択」に関わることを示唆している。

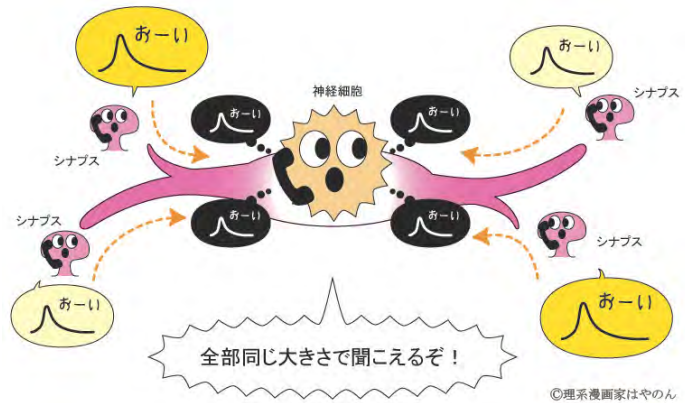
B01K8 班

大脳皮質局所神経回路の抑制性シナプスの機能的解析

研究代表者：窪田 芳之（生理学研究所）

樹状突起の形は、シナプス信号の統合やニューロンの興奮性に影響する事が知られているが、一見でたらめなパターンになっているように見える。今回、電子顕微鏡連続切片3次元再構成法を使って、4種類の形態が違う大脳新皮質介在ニューロン（非錐体細胞）の樹状突起の形を詳細に解析したところ、4種類の細胞に共通する3つの原理が明らかになった。一つ目は、樹状突起の太さは、その樹状突起が長ければ長い程太い、つまり、遠くの信号を伝える樹状突起はより太くより信号を伝えやすくなっている。樹状突起に入る信号の大きさが均一化されて細胞体で受け取れるように工夫されているわけである。二つ目は、樹状突起の分岐点では、分岐前の断面積と分岐後の断面積の合計が一致している事である。三つ目の原理として、樹状突起の断面は、細胞体に近い太い部分ほど、より扁平な楕円形である事がわかった。

遠くても近くても、伝わってきた電気信号の大きさは均一になる！



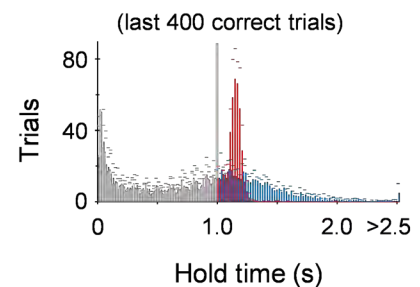
神経細胞の樹状突起の形には遠くの信号はより受け取りやすく、近くの信号はそれなりに均一化されて受け取る仕組みがあり、神経細胞の細胞体ではほとんど同じ大きさの信号を受け取ることがわかった。

B01K9 班

行動開始に伴う海馬と大脳皮質のマルチニューロン活動遷移

研究代表者：磯村 宜和（玉川大学） 連携研究者：福島 康弘（川崎医療福祉大学）

本研究は、随意運動を誘発的（外発的）または自発的（内発的）に発現する際に、大脳皮質の運動野（や海馬）の神経細胞群がどのように運動情報を処理するのかを、マルチニューロン記録をもちいて解明することを目的としている。そこで、まず前肢で操作させるレバーの先端から報酬の水滴が供出される「スパウトレバー」を導入した行動実験系を考案し（特許出願中、論文準備中）、頭部を固定したラットが外発性／内発性運動課題を数日以内に効率的に学習することを示した。（同様に、Go / No-go 弁別課題も数日で学習可能であった。）このように外発性と内発性の運動発現を繰り返すラットにおいて、一次運動野の前肢領域に2シャンク4テトロード配置を有する16チャンネル・シリコンプローブを挿入し、複数の神経細胞の発火



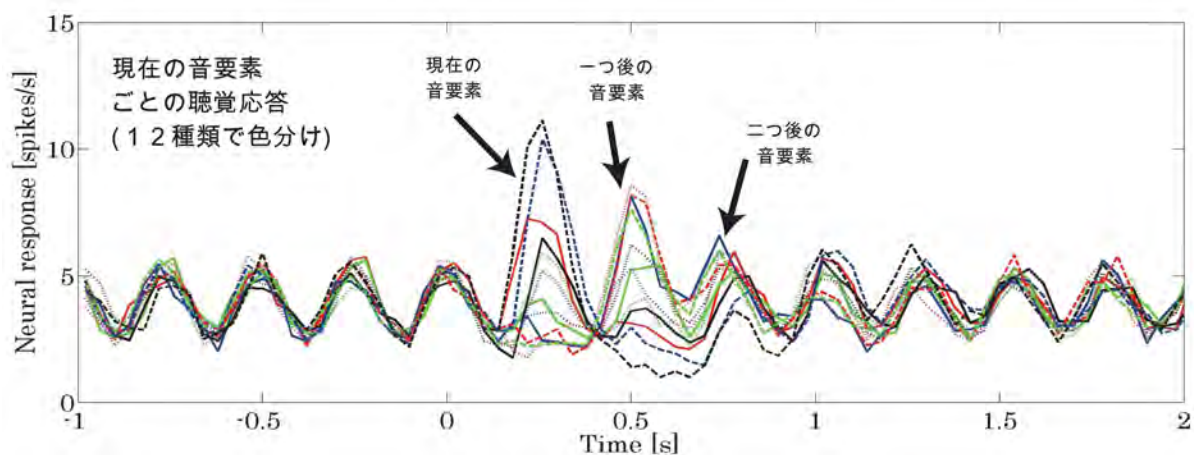
活動を解析した。その結果、外発性と内発性の運動発現で RS（興奮性）細胞と FS（抑制性）細胞の活動に違いがみられること、運動発現の諸局面に応じて活動する機能的に異なる細胞間で同期的発火がみられることなどを見出した。また、運動の保持の段階と実行の段階で、それぞれ低周波と高周波のガンマ・オシレーションが生じ、多くの神経細胞が両段階で位相特異的に発火することを示した(理化学研究所との共同研究)。このように、運動野における運動発現の回路機構の一端を解明することができた。

B01K10 班

時系列信号によるコミュニケーションを司る神経情報表現の解明

研究代表者：西川 淳（北海道大学）

小鳥の一種であるジュウシマツの脳には、さえずり（歌）の生成・学習・認知に特化して発達した神経回路が存在し、歌制御系と呼ばれている。中でも、HVC という神経核では音要素の時系列情報処理を担っていると考えられている。一方、時系列情報をシステム全体へ埋め込む方法として、フラクタル集合をうまく利用したカントールコーディングという方法が理論家から提案され、注目を集めている。近年の研究において、海馬スライスに対して数種類の電気刺激を時系列的に行うことによりカントールコーディングが実験的に検証されたが、こうした実験は *in vitro* で行われており、生物学的に意味のある入力要素を用いていない点が問題とも言える。そこで本研究では、実際に生物学的に意味のある形で使われている歌の音要素からランダム系列入力を作成し、その聴覚刺激に対するネットワークレベルの神経応答を *in vivo* で測定し、カントールコーディングの観点から解析を行った。系列ごとに平均発火率の時間変化を調べたところ、個々のニューロン活動に最大 2 step の時系列文脈依存性を見出すことができた（下図）。これは、ジュウシマツ HVC において音要素系列がカントールコーディングされていることを示唆する結果となっている。現在、主成分分析や各種インデックスを用いたネットワークレベルの活動解析を行なっているところである。



C01：個体間相互作用（個体システム班）

C01G1 班

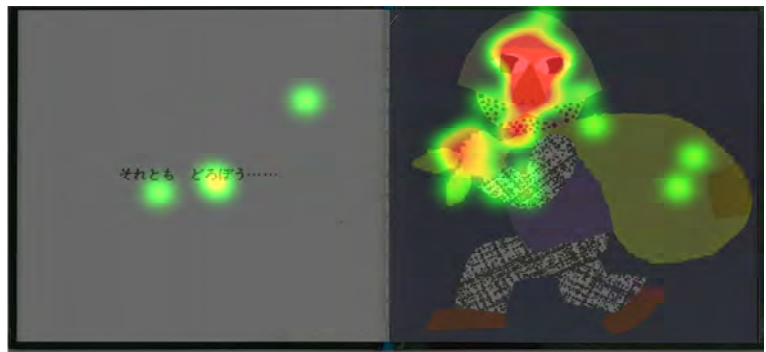
他者との相互作用を介した情報獲得メカニズムの解明

研究代表者：中村 克樹（京都大学） 研究分担者：中村 徳子（昭和女子大学）

連携研究者：倉岡 康治（京都大学） 佐々木 丈夫（日本公文教育研究会）

乳幼児がコミュニケーションの能力を発達させていく過程では、指さし行動や視線さらには表情といった動作を用いて、相手と意図や興味や感情を伝達したり共有したりすることが大切である。私たちは、動作理解・観察学習・動作模倣という観点で健常児と障害児の間にどのように差が見られるのかを明らかにすることを目標として、これまでに絵本を読み聞かせている場面における健常児と障害児の視線の動きを分析してきた。

その結果、健常児は登場人物の顔や手に非常に注目していることが分かった。特に、顔では目に注目していた。目は視線の理解だけではなく表情の理解にも重要であることが知られている。また、手は指さしの理解だけではなく、掴む・引っ張るといった動作の理解にも重要である。乳幼児期にはこうした動作の理解につながる部分に特に注意を向けていることが分かった。一方で、障害児ではこうした部分への視線の集中現象は確認されず、さまざまな場所を偏り少なく見ていることが分かってきた。動作に関する情報を含んでいる場所への関心・注意が健常児と障害児では異なっていることを示唆する結果である。



ある絵本の見開きページに対する健常児の注視パターン
注視時間を色で示し分けている。この健常児は、だるまぼうしの顔や袋を掴む手など赤い部分に特に注目していた。

C01G2 班

社会場面での人の役割分担の自律的発生メカニズムの解明

研究代表者：大森 隆司（玉川大学）

研究分担者：長井 隆行（名古屋大学） 有田 隆也（電気通信大学）

人は子供と遊ぶとき、子供の好み、その瞬間の興味、集中度などを観察し、それに合わせて遊びの内容や働きかけの方法を変化させ、結果として長時間楽しく遊ぶことができる。このような、直接には観測が困難な相手の心的状態を推定しつつの相互作用は、子供の遊びに限らず、我々の日常的な相互作用に広くみられる現象である。しかし我々はその脳内で起こっている情報処理過程についてよく知っているかというそうでもない。対人相互作用場面における他者の意図推定とそれに応じた行動決定の解明は、人間のコミュニケーションの理解、ひいては役割分担発生のメカニズムの理解に重要である。

そこで本研究では、遊びに関わる子供の心的状態のダイナミクスについての計算モデルを開発し、それをロボットに実装して遊び実験を行った。モデルは保育士との遊び場面での子供行動の状態遷移を用い、ロボッ

トはその各状態に応じた行動選択確率の分布を知識として運用して、30分間子供と遊ぶことに成功した。しかし現状では多様な子供の行動のすべてに対応できる訳ではなく、モデルが扱う状況の拡大が課題である。

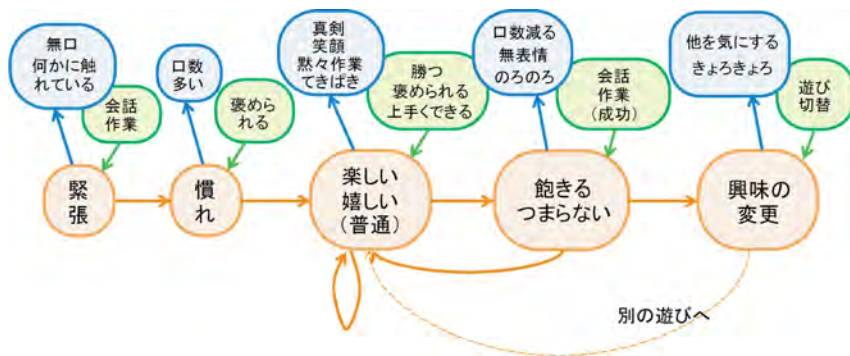


図1 遊びにかかわる子供の心的状態の遷移

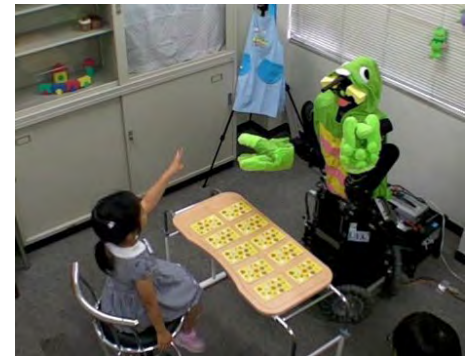


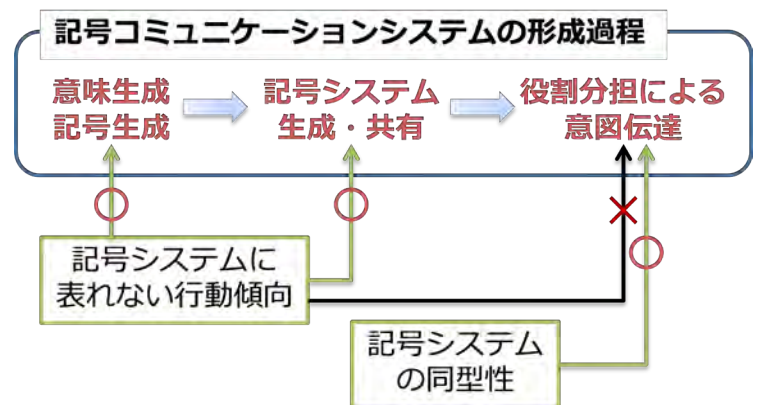
図2 ロボットと子供の遊び実験

C01G3 班

言語的推論と連続ダイナミクスの相互作用による意味創造メカニズムの解明

研究代表者：橋本 敬（北陸先端科学技術大学院大学） 研究分担者：森田 純哉（北陸先端科学技術大学院大学）

本計画班では、コミュニケーションを、表現生成と主体的意味づけの連鎖プロセスとして捉え、動的・生成的コミュニケーションを支える基盤メカニズムのシステム論的理解を目指している。これまで、記号コミュニケーションシステムの創発過程を定性的・定量的に調査・分析できる認知実験パラダイムを構築し、その過程の特徴を明らかにしてきた。この実験では、2×2に配置された部屋のどこかに位置し、他者の位置は分からない被験者2名が、単純な図形を組み合わせた記号メッセージを1回送受信し、上下または左右の移動1回で相手と会うという調整課題を繰り返す。この実験では、記号が表す意味や組み合わせ方に何のルールもない状態から、相互作用を通じて被験者が独自に記号への意味づけと体系化を行い、記号システム（意味・統語）を共有し、さらに、ターンテイクによる役割分担でメッセージの意図を伝えられる記号コミュニケーションシステムが形成される。



記号システムの形成過程には、少数の記号を使う、メッセージ送信時間差を短くするという、記号システムには表れない行動傾向が重要な働きを持つが、役割分担の形成要因にはなっていないことを明らかにした。さらに解析を進めた結果、2人が作る記号システムの同型性が役割分担に有効であることがわかった。また、一方が作った記号システムを他方がそのまま採用するより、両者が記号システムを部分的に作って合わせて行く方が役割分担に至る傾向があることも分かって来た。

現在、B01G3 班と共同で、本課題中の2人同時脳波計測を行い、コミュニケーションを成立させる脳内神経機構の解明に取り組んでいる。



C01G4 班

環境と神経モジュールの相互作用による実時間運動指令創成のメカニズム

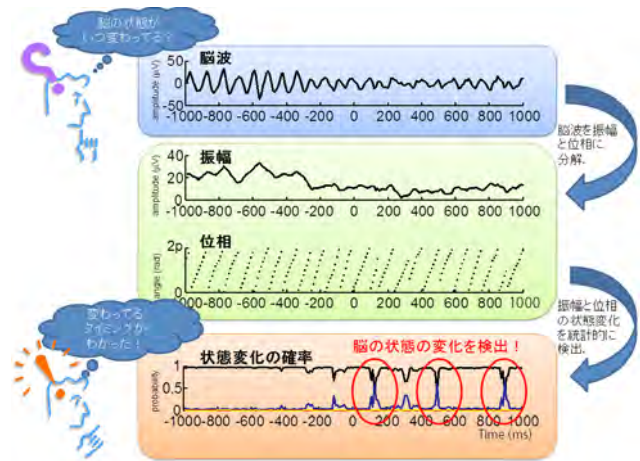
研究代表者：阪口 豊（電気通信大学）

研究分担者：宮下 英三（東京工業大学）成瀬 康（情報通信研究機構）石田 文彦（富山高等専門学校）

連携研究者：村田 哲（近畿大学）研究協力者：井上 康之（電気通信大学）

この班では、環境との相互作用の中で脳神経系が運動指令を実時間で生成するメカニズムの解明を目的として、計算理論、行動実験、生理実験を組み合わせた研究を行なっている。

計算理論では、連続的な時間を離散的な区間に分節して前向き制御を行なうという「間欠的制御」の作業仮説を提案してその制御モデルを構築し、現在、数値実験によりその挙動を検証しているところである。行動実験では、視覚目標を追従するという連続的課題においてヒトの運動に間欠的な挙動が観察されることを示すと同時に、その間欠性が課題の条件に応じて変化することを見出した。一方、生理実験では、運動の間欠性を脳活動として捉えることを目的として、単一試行で得られたヒトの脳波からその位相の不連続変化を検出する信号処理手法を開発し、視覚関連活動に適用してその効果を確認した（図参照）。加えて、サルでの電気生理実験では、一次運動野の単一神経細胞活動と運動変数の関連性について解析し、これまで、関節トルクと関節角速度を成分とする運動変数ベクトルと細胞固有の至適ベクトルとの内積により発火頻度を精度良く近似できることを明らかにした。



C01K1 班

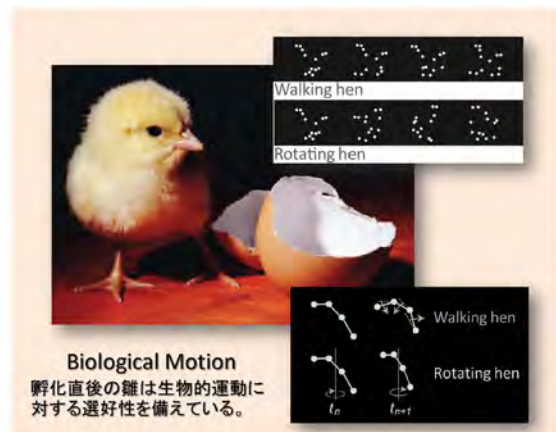
バイオリジカルモーションの幾何学と脳内鋳型：刻印付け手順による研究

研究代表者：松島 俊也（北海道大学）

研究分担者：本間 光一（帝京大学）Giorgio Vallortigara（トレント大学）

バイオリジカルモーション（生物的運動 BM）は、主要な関節を光点に置き換えた単純な動画から、生き生きとした人の姿が知覚されるという現象である。Johansson による発見以来、BM から性別・年齢・個人を特定するのみならず、感情をも読み取ることが判明した。

このように BM 知覚はヒトの社会的知性を構成する基本的な現象であるが、これまでヒト以外の動物では BM を明確に知覚しているという根拠が得られず、脳内機構の研究も進まなかった。適切な動物モデルが無く、行動学的にも神経科学的にもその詳細を解析する手立てが立たなかったからである。本研究では孵化直後のニワトリ雛（ヒヨコ）を対象とする行動実験を行い、刻印付け手順によって生後初期の BM 選好性が強く誘導されることを見出した。動物の胚発生における誘導と類似して、決定と発現誘導が分離されている。すなわち、BM 画像一般に対する選好性は生得的であるにも関わらず、機能的に発現するために一定の視覚経験が必要なのである。誘導を引き起こす視覚刺激は広い範囲に及び、教示的な学習を伴うものではない。

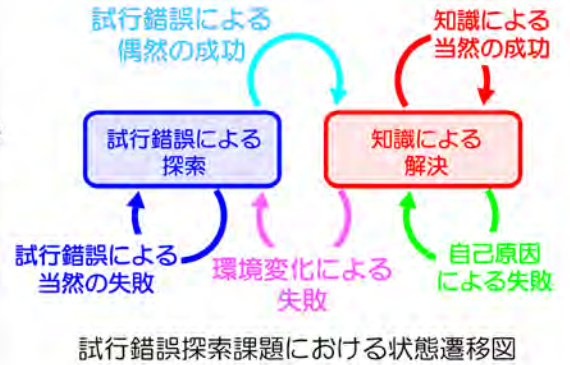
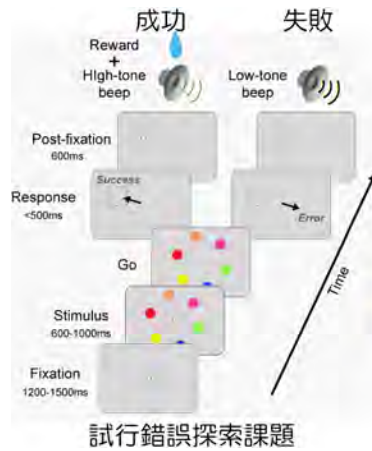


C01K2 班

未知環境とのコミュニケーションによる意義情報の抽出と新たな知識の生成過程

研究代表者：小川 正（京都大学） 連携研究者：熊田 孝恒（産業技術総合研究所）

我々は問題状況に直面した場合であっても、適切な知識があれば問題解決を図ることが可能である（知識による問題解決）。しかしながら、環境が動的に変化している現実世界では、既存の知識（ルール）が無効になることがあり、そのような場合には試行錯誤により問題解決のための新たな知識を探索することが必要



となる（試行錯誤による問題解決）。本研究では、このような2つの行動方略を柔軟に切り替える脳メカニズムを解明するため、サル前頭前野から単一ニューロンの神経活動を記録した。実験の結果、当初予想していなかった「自分（サル）が行った行動に対する自信・信頼性（confidence/reliability）」を反映する神経活動を見出した。知識にもとづいて問題解決を図った場合に望ましくない結果（失敗）が生じる状況として、①既存知識にもとづいた正しい行動選択であっても（自己行動に対する信頼性が高い）、環境変化のために知識自体が無効になっていた場合と、②知識は有効であるが、不注意などにより不完全な行動選択を行った（自己行動に対する信頼性が低い）場合が考えられる。重要なことは、同じ失敗であっても、2種類の失敗要因に依存して次試行でとるべき行動方略が全く異なることである（前者では「試行錯誤による問題解決」、後者では「知識による問題解決」が必要であり、実際にサルはそのような行動特性を示す）。前頭前野で見出した「自信・信頼性」の神経情報は、失敗要因が環境と自己のどちらにあるのか判断するのに不可欠な情報であり、失敗要因に依存した行動方略の決定において極めて重要な働きをしていると考えられる。

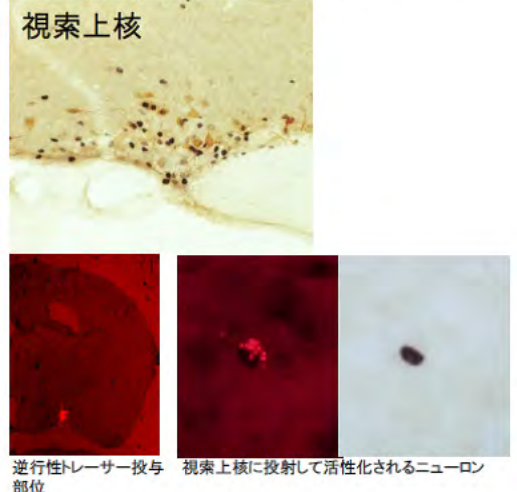
C01K3 班

下垂体後葉ホルモンによるコミュニケーション促進機構

研究代表者：尾仲 達史（自治医科大学） 連携研究者：高柳 友紀（自治医科大学）

下垂体後葉ホルモンのオキシトシンとバゾプレシンは投与すると社会行動が促進することが知られている。しかし、内因性下垂体後葉ホルモンの働き、作用部位について不明な点が多い。そこで、まず、同種同性の個体と会うという社会的刺激により、下垂体後葉ホルモンを産生するニューロンが活性化されるかどうかを検討した。社会的刺激をマウスに加えると、内側扁桃核、分界条床核、内側視束前野の細胞が活性化されると共に、分界条床核と視床下部に存在する下垂体後葉ホルモン産生ニューロンが活性化された。さらに、逆行性トレーサーを用いた実験により、社会的刺激を加えると内側扁桃核のニューロンが活性化されること、そのうち一部は下垂体後葉ホルモン産生細胞が局在している視床下部に投射していることが明らかとなった。ま

社会行動で活性化されるニューロン



た、破壊実験により、社会的刺激による下垂体後葉ホルモン産生ニューロンの活性化に内側扁桃体が必須であることが示唆された。

C01K4 班

社会的欲求の生成と変容の脳内機構

研究代表者：松元 健二（玉川大学） 連携研究者：難波 克己（玉川大学）

研究協力者：村山 航（ミュンヘン大学） 出馬 圭世（カリフォルニア工科大学） 松元 まどか（玉川大学）

グローバル化の進む現代社会では、オンライン辞書 Wikipedia の成功に見られるように、金銭報酬とは関係なく、働くこと自体に喜びを見出す内発的動機の重要性がますます認識されてきている。しかし、内発的動機の脳内機構については全くの未知であった。金銭報酬を目的とする外発的動機と、課題の達成自体に喜びを見出す内発的動機とを区別し、それらがどのように脳内で相互作用しているかについて調べた。その結果、外発的動機を起こす金銭報酬ばかりでなく、内発的動機を起こす成功自体にも、線条体が反応することが明らかとなった。また、金銭報酬による外発的動機を経験してしまうと、内発的動機は抑えられてしまう。この“アンダーマイニング効果”に伴って、これから行う課題への準備を行う前頭前野の活動と、成功に対する線条体の反応とが、失われてしまうことを明らかにした（Murayama et al. 2010 PNAS 誌）。

また、私たちの購買行動は、経済活動の重要な部分を占めるが、私たちが何を選んで買うかは、好みによって決まってくる。しかしイソップ物語の「酸っぱい葡萄」の例でよく知られるように、自分の好きな物を諦めざるを得ないという事態に直面すると、矛盾（認知的不協和）を感じ、諦めた物の価値を低めることがある。認知的不協和の強さに応じて、前頭前野が活動し、その結果として起こる好みの変化に伴って、線条体の活動も変化することを明らかにした（Izuma et al. 2010 PNAS 誌）。

以上のように、社会生活の中でよく見られる、やる気や好みの変化を起こす脳内過程の一端を明らかにすることができた（図）。

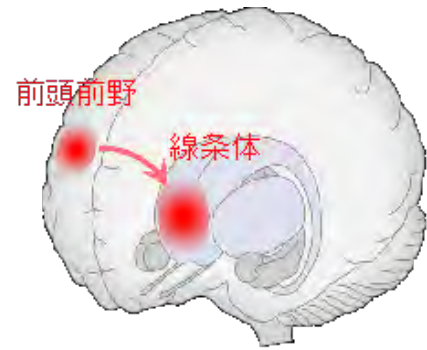


図) やる気や好みの変容の脳内過程

C01K5 班

教師である父や配偶個体を前にした小鳥の歌学習行動の変容と脳内ドーパミン濃度の変化

研究代表者：奥村 哲（静岡理科大学）

ジュウシマツなどの小鳥は、短い音声信号である地鳴きをコミュニケーションに用いるが、正しい音声行動を行うためには、社会的文脈や状況を適切に把握する必要がある。またジュウシマツのオスは歌をさえずるが、歌行動は幼若期からチューターである父の歌を学び、練習を熱心に繰り返すことで習得される。本研究ではまず、自由行動下でのオスに他個体の映像を呈示し、その音声行動を仔細に記録した。その結果、ジュウシマツの雄は複数の種類の地鳴きを、呈示された他個体の性別や地鳴きの有無によって使い分けている事が明らかになった（図1）。さらにマイクロダイアリシス法を用いて、神経核のドーパミン（DA）、セロトニンなど複数のモノアミン濃度の変動を自由行動下で連続測定する技術を開発した。哺乳類の先行研究から、記号列情報の配列学習や社会行動には、大脳基底核における DA などのモノアミンの役割が重要であることが知られている。今後は、この実験系を用いて、小鳥の行動文脈の変化と、脳内モノアミンレベルのダイナミックな変動との関連を検討したい（図2）。本研究の成果は、今後、社会的文脈や他個体との相互作用の中におかれているヒトの言語能力やコミュニケーションの発達の研究にも、貢献することを期待している。

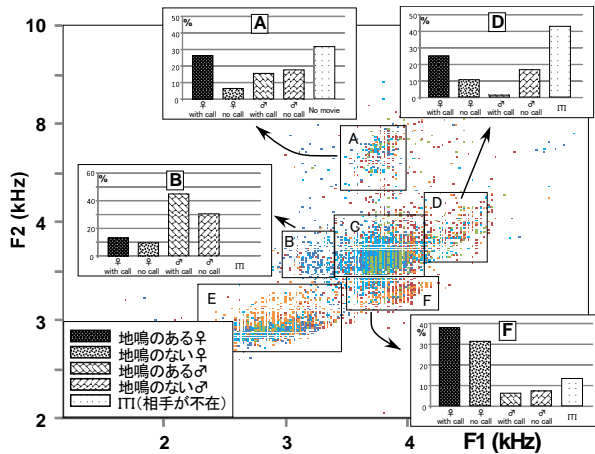


図1 地鳴きはF1-F2プロット上で数種類(この個体では6種)に分類され、また、それぞれの地鳴きの発声頻度は、呈示した個体の雌雄や地鳴きの有無によって異なっていた。

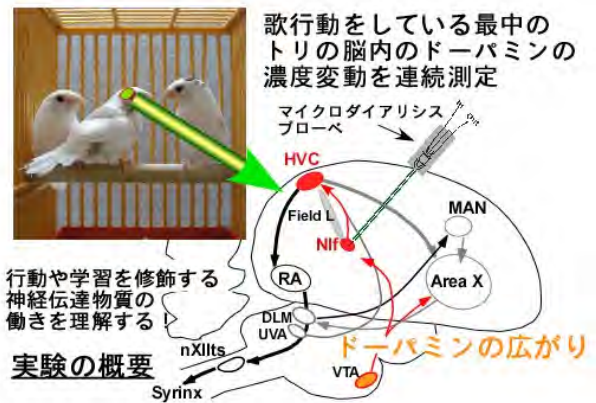


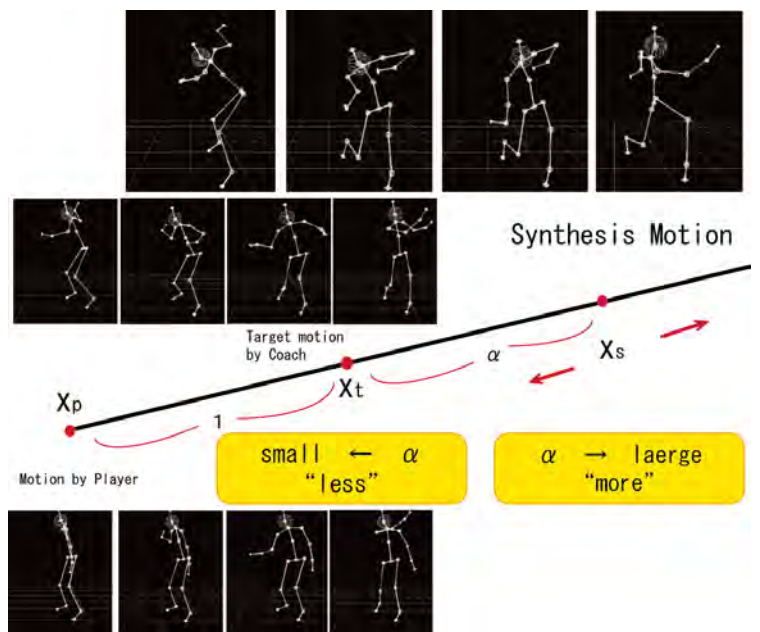
図2 実験方法の概要図
自由行動中のトリの脳に設置したマイクロダイアリスプロブのイメージ

C01K6 班

他者の身体的内部状態推定に基づくシンボルと感覚運動情報の融合コミュニケーション

研究代表者: 稲岳 哲也 (国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学) 研究協力者: 奥野 敬丞 (総合研究大学院大学)

人間とロボットの間感覚運動情報を介したコミュニケーションの例題として、スポーツのコーチングに焦点をあて、人間のスポーツ初心者に対してロボットが動作をコーチングするシステムの開発を行い、感覚運動情報の差異に基づく発話と動作の提示方法の研究を行った。単に目的の動作 (X_t) を提示するだけではうまく初心者が動作を学習できない場合、初心者の動作 (X_p) と目的動作 (X_t) の外挿を行い、新しい提示動作 (X_s) を生成する手法を提案した。具体的には、隠れマルコフモデルによって抽象化された感覚運動パターン間の距離に基づいて構成された空間を用いて X_p から X_t の方向へ外挿を行う。また、外挿の度合い α (デフォルメの度合い) を被験者ごとに適応させ、 α の値に沿って「もっとこのようにしてください」や「少しこのようにしてください」などの言語的ガイダンスに用いる副詞を選択することで、被験者の学習速度が向上することを確認した。さらに、人間のコーチが行っている戦略をモデル化するためにコーチングの戦略を観察・分析し、 X_p と X_t 間の距離に応じて、 α と副詞表現を選択するモデルを構築した。

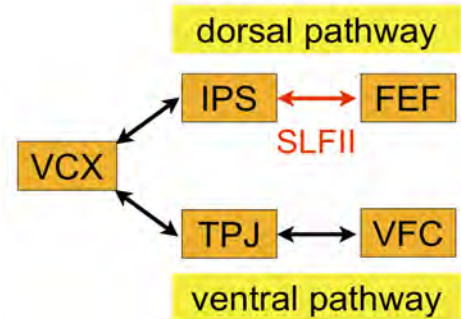


C01K7 班

マカクザル半側空間無視モデルを用いた空間および身体の認知機構の解明

研究代表者：吉田 正俊（生理学研究所）

半側空間無視とは主に右大脳半球の損傷によって引き起こされる、損傷と反対側の空間の感覚刺激に対する反応が欠如・低下する認知的障害である。半側空間無視は、頭頂 - 側頭連合野と前頭連合野とのあいだでの情報伝達の機能不全が原因であると考えられるようになってきた(図)。本研究では半側空間無視のモデル動物を作成することを目的として、マカクザル右脳の頭頂連合野と前頭連合野とを繋ぐ神経線維である上縦束を切断した。その結果、左視野に置いた餌を無視するような視覚での障害のみならず、左側の身体への接触への無視などが見いだされた。一方で、運動麻痺や視覚障害などが起きていないかまたは軽微であることが確認された。以上のことから、この動物モデルにおいて空間および身体の無視の症状が起きていることが示唆された。



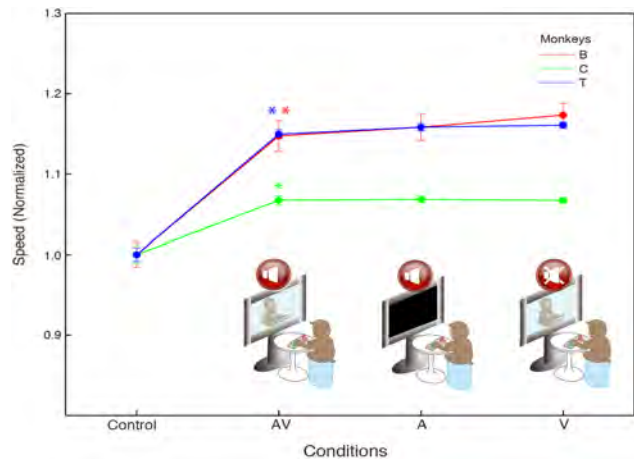
半側空間無視に関わる神経ネットワーク。
VCX: 視覚皮質、IPS: 頭頂間溝、FEF: 前頭眼野、TPJ: 側頭頭頂接合部、VFC: 前頭前野腹側部、SLFII: 上縦束 II

C01K8 班

無意識的同調行動における脳内統合過程の解明

研究代表者：長坂 泰勇（理化学研究所）

本研究の目的は、2頭のサル間に生じる無意識的な同調行動(ボタン押し行動)を行動と脳活動から検討し、社会的適応行動の脳機序を明らかにすることである。本研究年度では、前年度と同様な動物の行動実験を継続したが、ペアとなるサルはボタンを押しているサルのビデオ動画 (VM) に置き換えられた。これによって視覚・聴覚情報を操作し、さらに動作の速さを一定にし、同期現象の生起をより詳細に検討した。まずサルの動作速度の変化について検討したところ、VM 提示中のボタン押しのスピードは、サルが単独でボタン押しを行っている時のスピードよりも有意に速くなった。また視・聴覚情報をそれぞれ単独に提示してもその影響は見られなかった。一方、実際のサルと VM のボタン押しの同期について検討したところ、視・聴覚情報を単独で提示した場合には同期現象が見られなかったが、視・聴覚情報を同時に提示した条件でのみ、同期現象が確認された。実験には3頭のサルを用いたが、いずれのサルも同様な結果を示した。これまでの結果から、相手の存在によってサルの行動が変化することが確認されたが、それはビデオ映像に対しても同様であることが示された。またそのような行動の変化については、視聴覚情報が単独で提示されても同等な効果を示したが、同期現象には視聴覚情報の双方が必要であることが確認された。



図：視聴覚情報の提示条件 (AV: 視聴覚刺激提示, A: 聴覚刺激提示, V: 視覚刺激提示) によるサルの行動の速さ。Control は単独で行った時の速さを示し、値はこの条件によって標準化した値である。

C01K9 班

高次認知過程を伴う協調行為の生成に関するその動的メカニズムの構成論的理解

研究代表者：谷 淳（理化学研究所） 研究連携者：並川 淳、西本 隆之助、有江 浩明（理化学研究所）

人間は他者の行為を、自分の行為との関係から予測するような内部モデルを獲得していると考えられている。しかし、自由意志をもって勝手に振舞う側面を持つ他者の全てを予測することは不可能である。そこで、各時点において相手の振る舞いの予測自身がどの程度正しいかをも予測しうるよ

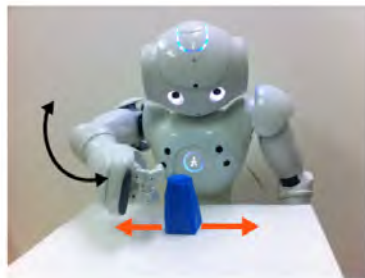
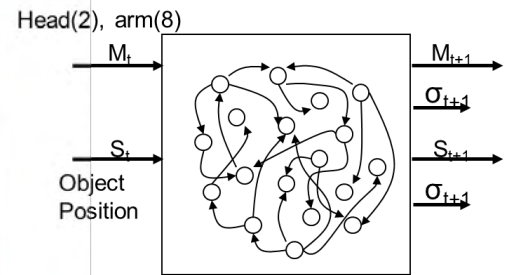


図1 ロボットの行動の模式図。ランダムな位置に置かれるオブジェクトに視線を向けて手で触ることを繰り返す。



うな数理モデルを、尤度最大化を基本原理として考え、それを回帰型神経回路モデル上に実現した。本モデルの特徴は、予測が可能と推定される部分の学習は強く行われ、予測が不可能と推定される部分の学習は弱く行われることにより、予測可能な部分の構造が、予測できないランダムな要素に攪乱されずに安定的に学習できることにある。上述のモデルの作動を確認するために、実ロボットを用いた実験を行った。一台のロボットがランダムな位置にオブジェクトを置き、もう一台のロボットがそのオブジェクトに視線を向けて手で触ることを繰り返すタスクを教示学習させた。その結果、予測できない部分（物体はどこに置かれるか）と予測のできる部分（物体が置かれた後）に関する学習注意の重みを自発的に切り替えて学習が進むことが確認され、またロボットは学習した行為をスムーズに生成しうることが確認された。

C01K10 班

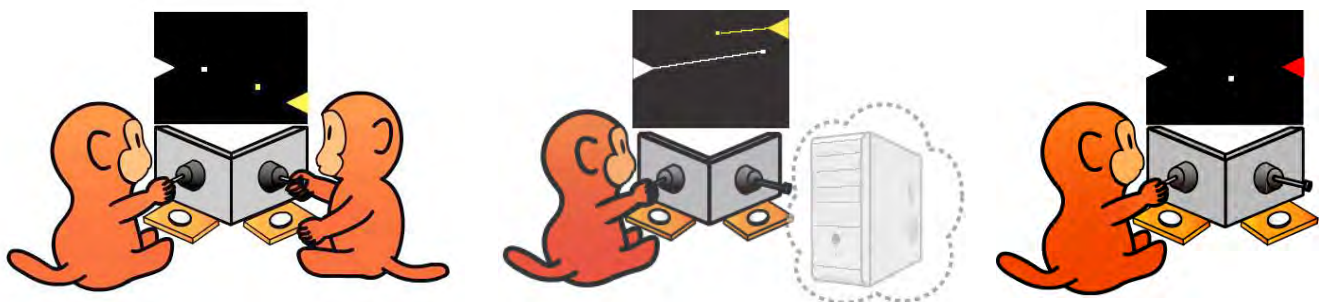
個体間コミュニケーションとしてのサルの競争行動とそれを支える脳活動

研究代表者：渡辺 正孝（東京都医学総合研究所）

連携研究者：児玉 亨（東京都医学総合研究所） 研究協力者：細川 貴之（東京都医学総合研究所）

本研究は、2頭のサルに競争的ゲームを行わせ、一方が勝てば必ずもう一方は負け、一試合ごとに勝ち・負けが変化するような事態で、競争相手の存在やその行動がもう1頭のサルの行動やニューロン活動にどのような影響を与えるのかを詳しく調べることにより、コミュニケーション行動としての競争の脳メカニズムを調べたものである。脳活動としては特に前頭連合野のニューロン活動に注目した。

行動上では、サルが同じように標的に弾を当てるというゲームでも、1頭で行う非競争事態に比べ、競争事態では、弾を撃つまでの潜時が短くなり、その正確さが増すことを見出した。前頭連合野背外側部のニュー



ロン活動を記録したところ、同じようにターゲットに弾をあてて報酬を得ても、競争条件で非競争条件におけるより大きな活動を示すニューロンが多数見つかった。それとは逆に、報酬を得ることができなかった場合も、競争で負けて報酬を得られなかったときに、非競争条件で報酬が得られなかった場合より有意に大きな活動を示すニューロンも多数見出された。

競争条件ではサル対サル、サル対コンピューターの2種類があった。負けて報酬が得られなかったときに、ジュースの飲み口をなめるまでの時間はサル対サルの条件で有意に長かった。この2つの競争条件で、勝ちや負けに関係した活動を示すニューロンを調べたところ、サル対サルの競争でより大きな活動を示すものが圧倒的に多いことが明らかになった。これは、コンピューターとの競争よりサル対サルの競争で社会的相互作用が大きくなることを反映しているものと考えられる。

さらに競争事態における反応結果と報酬との随伴性を操作することにより、「勝者も敗者も報酬がある、あるいは勝者も敗者も報酬がない」という「不条理な」競争事態を設定し、通常の競争事態と比較したときの行動とニューロン活動の違いを調べた。サルの反応を調べたところ、反応潜時は不条理条件で条理条件より有意に長くなった。また正解率は条理条件で有意に高かった。前頭連合野からニューロン活動を記録したところ、不条理性を反映した活動を示したものが見出された。多くの場合、ゲームの結果として報酬が与えられたり、与えられなかったりした場合に、不条理条件においては、条理条件に比べて報酬反応あるいは無報酬反応に抑制が見られた。

イベント報告

玉川大学脳科学トレーニングコース

玉川大学脳科学トレーニングコース 体験記

網田 英敏

(北海道大学・大学院生命科学院)

2011年6月23日から25日にかけて「玉川大学脳科学トレーニングコース2011—心をくすぐる技の共演—」が開催された。今回が初めての開催となる玉川大学脳科学トレーニングコースは4つの実習コース（ラットのマルチニューロン記録、霊長類の単一神経活動記録、ヒトのfMRI実習、赤ちゃんの視線計測）に分かれており、そのうち私が受講したのは「霊長類の単一神経活動記録」(鮫島和行先生)のコースだった。今回このコースには、学部生から大学院生までの男女5名が参加していた。これから霊長類を研究しようとしている方はもちろん、純粋な興味で参加している方もおられた。

1日目の午後に開会式が行われたあと、霊長類の単一神経細胞記録方法の基礎について講義を受けた。ここでは、サルを用いて研究する意義や実践的手法について学んだ。サルはヒトとの類似性が高く、ヒトの脳機能モデルとして研究されてきた。とくに、前方に目があることや前肢を使った物体操作が得意なことから、視覚処理や手の運動の研究に用いられてきた。サルの単一神経活動記録の手法は1960年代にEvartsによって開発された。現在用いられている手法もこれに改良が加えられたものだという。私がかつとも興味深かったのは、サルに目的の課題を訓練させるまでの過程だった。サルは手取り足取り学習させてもうまくいかない。そこで、偶然ある行動を行ったとき

に報酬を与えて、その行動を強化していくという強化学習のアプローチを用いる。実験室への馴化から始まって目的の課題を行わせるまでには、長期間にわたる段階的な訓練が必要である。これまでサルを扱ったことのない私にとっては、サルをトレーニングするのがいかに大変なことかを思い知った。

2日目の午前、サルを扱っている3研究室の学生や研究員の方々の研究発表を聞かせていただいた。研究目的に合わせて、トレーニング課題やテスト課題がよく作り込まれている印象を受けた。午後から実験室へ移動し、実際の研究風景を見せていただいた。サルの行動実験は、サルが課題に集中できるように防音の施された暗室のなかで行われる。実験者は別室でサルの行動をモニターしながら、課題のプログラムを実行する。サルが課題をこなすと報酬としてジュースが与えられる。少量のジュースのために数時間もの間、飽きもせずに課題を繰り返し遂行するサルの能力に、実験動物としての魅力を感じた。サルが黙々と課題に打ち込んでいる姿は今でも印象に残っている。ここでは、実験をされている方にいろいろと質問をさせていただく機会があり、サルを研究する苦勞や楽しさを聞くことができた。夕方からはグループセッションが行われた。酒井裕先生か





ら提示された課題に班ごとに議論し、その結論を発表するというものだった。班のメンバーは各トレーニングコースからバランスよく分けられており、これまで話す機会のなかった参加者の方々と接することができた。ここだけの話だが、課題とは関係のない雑談で盛り上がりたりもした。3日目の午前は、神経活動解析の方法について講義を受けた。ここでは、記録した神経活動からどのように情報を取り出してくるかについて学んだ。脳内の情報処理過程を知るためには、計算論的な解析手法が不可欠であると感じた。午前の講義を終えた後、トレーニングコース参加者全員の修了式が行われた。振り返ってみれば、本当に内容の濃い3日間だったと思う。

今回、トレーニングコースに参加することで、実践的な知識を身につけることができただけでなく、他の研究室がどんな雰囲気か、どのような研究をしているかを知ることができた。自分が扱ったことのない対象や手法で行われた研究は、学会発表を聞いただけ、論文を読んだだけではなかなかピンとこない。しかし、トレー

ニングコースに参加して実際の研究風景を目のあたりにすることで、研究の鮮明な具体像を把握することができた。まさに「百聞は一見にしかず」と感じた。今回のトレーニングコースのあと、サルの神経生理研究に関する論文をいくつか読んだが、トレーニングコースに参加する前に比べて格段と理解度が向上したことを実感している。

最後になるが、お世話になった講師、スタッフ、研究員、学生の皆様にお礼を申し上げたい。また、今回のトレーニングコースの参加にあたって、玉川大学・グローバル COE「社会に生きる心の創成一知情意の科学の再構築―」および新学術領域「ヘテロ複雑システムによるコミュニケーション理解のための神経機構の解明」よりサポートをいただいた。この場をお借りして心より感謝申し上げます。



玉川大学脳科学トレーニングコース 2011

―心をくすぐる技の共演―

日程：2011年6月23日（木）～25日（土）

会場：玉川大学 脳科学研究所

イベント報告

高校生理科教室「コミュニケーションする脳!？」

高校生理科教室「コミュニケーションする脳!？」 参加報告

長坂 泰勇

(独) 理化学研究所
脳科学総合研究センター
適応知性研究チーム



去る 2011 年 8 月 19 日、(独) 理化学研究所・脳科学総合研究センターにおいて、高校生理科教室「コミュニケーションする脳!？」が開催された。20 以上の高校から 30 人以上の高校生（と引率の先生方）が一日研究員として本領域の研究の一端を体験した。ここでは講師の一人として、その様子を簡単に報告する。

はじめに領域代表の津田一郎先生から本領域の紹介と今回の理科教室の趣旨である「体験を通して得られる問いの重要性」についてお話をいただき、引き続き、山口陽子先生によるレクチャー「脳とリズムについて」が開かれた。このレクチャーでは参加者との対話を絡ませながら、私たちの普段のコミュニケーションを支える脳活動の一つ「リズムの同期」について、参加者の理解を深めた。

多少難しい内容も含まれていたが、参加者は積極的に意見を出し、大変熱心に聴講している様子であった。

その後、5つの班に分かれて体験学習を行った。5つの班にはそれぞれ、北城圭一講師（B01-G1班）による「リズム現象をつくる」、川崎真弘講師（B01-G1班）による「ヒトの脳波リズムの同期現象」、橋本敬講師（C01-G3班）による「新しい言語をつかってコミュニケーション」、大森隆司講師（C01-G2班）による「ヒトらしさを感じるロボット」、そして私（C01-K8班）が担当した「ヒトの無意識的な同期現象」というテーマが設定されていた。ほとんどのテーマは本領域で各講師が実際に日々研究している内容であり、高校生に実際の研究・実験現場をじかに触れてもらうよい機会となった。たとえば私が担当した「ヒトの無意識的な同期現象」では、向い合って座っている2人の高校生に、各人の前方に置いてある2つのボタンを交互に押しってもらう課題を体験してもらった。ここでは対面者の組み合わせや観察条件等を変化させることによって2人のボタン押しのタイミングや腕の動きが徐々に同期していく現象を観察した。また観察だけではなく各実験のたびに即座にデータを解析し、そのグラフを参加者全員で検討することで、同期現象の生起過程だけではなくデータの解析や解釈についても理解を深めてもらった。さらにこちらで準備した実験条件以外にも、参加者自身に新しい条件を考案してもらい、2人の腕の動作はどのように変化していくのか？なぜ人は同期するのか？といった、高校生自身から発せられる問いについて議論を深めた。体験時間は2時間ほどであったが、大変短く感じられるほど私の予想を超えた大変熱のこもった体験学習であった。なお別の実験班の講師からも、高校生がそれぞれに創意工夫しながら自主的

に体験学習を進め、さまざまな問いを投げかけていたと報告があり、体験学習は講師陣の想像を超えた成果を収めたとの感想が多くあった。

体験学習のあとに再び参加者全員が集合して、各班の代表者が講師と共に体験学習の概要や研究の意義、実験の結果を報告した。各代表者は講師の助けをほとんど借りることなく、難しい内容をやさしくまとめて参加者全員に報告していた。短い時間であったにもかかわらずわれ



われの研究をきちんと理解したその理解力に驚くと共に、自身の研究を通してそのような高校生たちと交流を深められたことに大変なよろこびを感じることができた。また閉会後も講師に質問する高校生や、講師や実験助手と談笑している高校生の様子が会場のあちらこちらで見受けられ、参加した高校生がこの会に満足してくれたことを実感することができた。なお参加者全員から感想等をもとめるアンケート（選択回答式および自由記述式）を行ったので、ここで簡単に報告する。

まず講演内容やその時間について、すべての参加者が講演内容を理解できたようであり、その講演時間も概ね妥当であったと思われる（Figure 1）。一方で、30%の参加者が講演時間を短く感じている。会全体の時間が限られていたため、参加者が求める詳細な情報を十分に提示できなかったことが問題であったと考えられる。またどのようにしてこのイベントを知ったかという問いについて、半数が学校からの案内（つまり理研からの案内）と回答している（Figure 2）。特筆すべき点として参加者の25%が理研ホームページ

と答えている点である。web ページが乱立している今日にあって、ややもすればその顕著性が失われがちな web ページに効果があったことは、本領域 web ページ運営にあたって参考となるデータである。

自由記述によるコメントの中には、「日常観察していることに、脳のすごさ、不思議さが隠れていることがよくわかった」、「身近な道具を用いて脳の仕組みを理解することができて魅力的だった」、「人間らしいロボットをつくるためには単に見た目だけではなく、とても難しいことであることが理解できた」、「知識としてしか知らなかった脳波を実際に計測できて興味深かった」、「リズムやコミュニケーションと脳との関係がはじめはよくわからなかったが、講演やグループワークを通して理解することができた」等、本理科教室の目的が十分に達成できたことを示す意見が多数を占めた。また少人数のグループワークを通して、「いろいろと意見交換をすることができ、自身の理解を深めることができた」等、積極的な参加姿勢や、自由な議論ができる環境であったことを示す意見

が多数あった。参加者のモチベーションが高かったことはいうまでもないが、各講師がそれを維持できる雰囲気作りに努めていたことも重要な要因であったと思われる。ところで上述したように本理科教室ではグループワークの後に全員が参加する報告会を行った。これにはグループワークの短い時間の中で報告会の準備も同時に進めなければならず、すべての講師陣が報告会の成功に不安を抱きながら挑戦した試みであった。しかし予想に反して、どの代表者も参加した研究テーマについて明解に説明することができ、聴講した他の参加者から「最後にそれぞれのグループの人がまとめてくれたのが、とてもわかりやすかった」等、肯定的な感想が寄せられていた。

一方で、グループワークや理科教室全体に関して時間が足りなかったという意見が散見され、散

会後の反省会でも講師陣から話題になった。今後、単に時間を増やすだけでなく、グループワークの内容をより簡潔化することが求められると感じた。しかし「興味をもった目で見つめられると、よりサービスしたくなる」というある講師からの反省は、非言語的コミュニケーションによってグループワークが相乗的によい方向へと構築されたことを象徴する意見として興味深い。たしかに今回は短い時間での体験学習だったため、各テーマをより深く掘り下げるまでには至らなかった。また体験報告に十分な時間が取れず、各班の研究の面白さを別の班の参加者に十分伝えられなかった可能性もある。これらの問題点は次回への反省点として活かしていきたいと思う。

さて、ごく少人数を対象とした今回の活動をアウトリーチ活動とよべるのだろうか？体験を通し

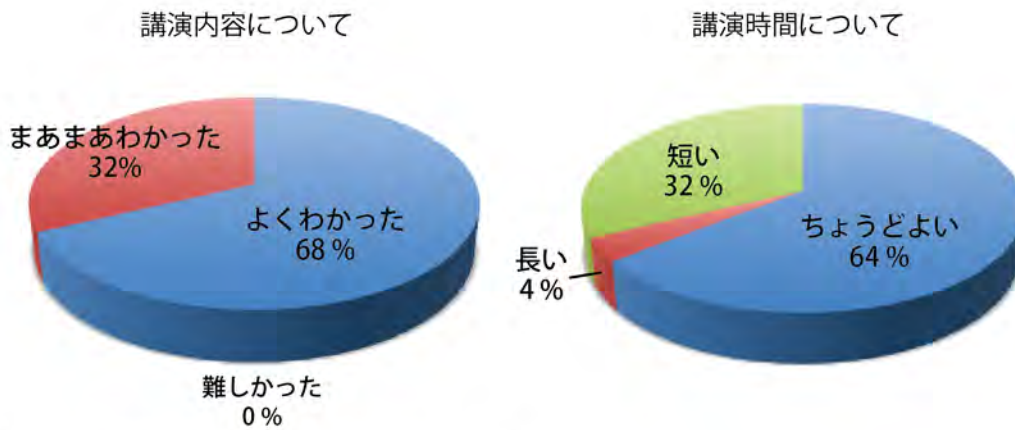


Figure 1. 講義内容と講義時間について (n=28)

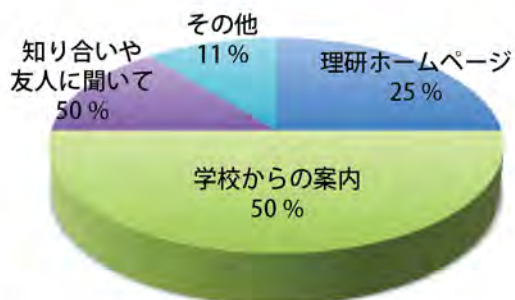


Figure 2. どのようにイベントを知りましたか？ (n=28)

て研究を直接的に公開したという点においては、それは微々たるものであると言わざるを得ない。しかしながら、その波及効果を考慮するとその指摘には誤りがあるように思われる。すなわち参加した高校生や引率の先生方は、理科教室を離れば一生徒であり、一教員である。したがって、この経験を各自の高校に持ち帰り、他の生徒の前で報告する機会を与えられたり、また授業の補助的な教材として利用したりすることで、その波及範囲とその効果は計り知れないと考えられる。また今回の参加者には科学館の職員も含まれており、科学館での企画や展示にも利用されることが期待される。さらに近年発展が著しいソーシャルネットワーク技術 (web ページ, blog, Facebook, twitter 等) による参加者からの情報発信は、より多くの人々にわれわれの研究を紹介する機会を提

供するだろう。今回は体験学習を主旨とした活動であったため、参加人数は限定されたものであった。しかし上に述べた点から、アウトリーチ活動として十分に効果の期待できる活動であったと自負している。今後も講演型アウトリーチ活動と共に、このような体験型活動が行われることを期待し、それを支援したいと思う。

最後に、この理科教室の開催を円滑に進めるために実験助手のみなさん、理研脳センターや領域事務の職員の方々にたいへんご尽力をいただいた。この場を借りてお礼を申し上げる。

高校生理科教室

「コミュニケーションする脳!？」

日程：2011年8月19日(金) 13:30-17:00

会場：理化学研究所 脳科学総合研究センター



領域研究者の平成 23 年度研究受賞一覧

本領域の代表者・分担者・連携者の実施する研究が、平成 23 年度中に以下の賞を授与されました。

【A01G3】 領域課題 (2010.11.24)

ENNS Student Award

受賞題目：「Learning Shapes Bifurcations of Neural Dynamics upon External Stimuli」

受賞者：Tomoki Kurikawa (栗川知己)

【B01K1】 関連研究 (2011.01.23)

第 1 回 東北大学脳科学国際シンポジウム優秀発表賞

受賞題目：「Parallel representation of arm- and action-sequence in the supplementary and pre-supplementary motor areas」

受賞者：Toshi Nakajima, Ryosuke Hosaka, Jun Tanji and Hajime Mushiake

【C01K5】 関連研究 (2011.03.04)

第 12 回静岡ライフサイエンスシンポジウムポスター賞

受賞題目：「ジュウシマツのオスの音声行動の他個体の地鳴きによる変化」

受賞者：長田翠、奥村哲

【C01K5】 関連研究 (2011.03.04)

第 12 回静岡ライフサイエンスシンポジウムポスター賞

受賞題目：「音声行動が性的 2 型を示すジュウシマツ脳の雌雄比較 (AChE 組織化学法による検索)」

受賞者：三浦慎也、奥村哲

【C01G4】 領域課題 (2011.03.08)

IEEE Computational Intelligence Society Japan Chapter

Young Researcher Award

受賞題目：「マルコフ確率場モデルにおける確率伝播法をもちいた α 波位相、振幅の同時推定」

受賞者：成瀬康

【C01K2】 領域課題 (2011.03.10)

IEEE Computational Intelligence Society Japan Chapter

Young Researcher Award

受賞題目：「自発発火活動の時間相関による遅延活動期間の情報保持性能の潜在的表現」

受賞者：西田知史 (京都大学大学院医学研究科)

【C01G2】 関連研究 (2011.05.05)

2011 年度ロボカップ研究賞

受賞題目：「Learning Novel Objects Using Out-of-Vocabulary Word Segmentation and Object Extraction for Home Assistant Robots」

受賞者：Muhammad Attamimi, Akira Mizutani, Tomoaki Nakamura, Komei Sugiura, Takayuki Nagai, Naoto Iwahashi, Hiroyuki Okada and Takashi Omori

【B01K5】 関連研究 (2011.05.20)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「非線形光電子能動デバイスの多重拡散結合系におけるカオスの機能的応用～信号伝達の試み～」

受賞者：新井 裕

【B01G1】 関連研究 (2011.05.24)

電子情報通信学会 ヒューマンコミュニケーション賞

受賞題目：「協調タッピング課題時の「間」に関する 2 名の脳リズム解析」

受賞者：川崎真弘、北城圭一、山口陽子

【B01K4】 関連研究 (2011.06.02)

情報処理学会 論文賞

受賞題目：「スパイクレスポンスモデルの位相応答曲線」

受賞者：飯田宗徳、大森敏明、青西亨、岡田真人

【C01G4】 領域課題 (2011.06.03)

日本生体磁気学会 U35 奨励賞

受賞題目：「周期的自発活動における急激な位相変化を単一試行から抽出する新しい手法」

受賞者：成瀬康

【A01G1】 領域課題 (2011.06.13)

Best Poster Award in “The 3rd International Conference on Cognitive Neurodynamics (ICCN’11)”

受賞題目：「Transitory memory retrieval in the neural networks composed of Pinsky-Rinzel model neurons.」

受賞者：塚田啓道、山口裕、藤井宏、津田一郎

【C01K4】 関連研究 (2011.07.12)

平成 23 年日本神経科学学会奨励賞

受賞題目：「意思決定に及ぼす社会的・認知的影響の神経基盤の解明」

受賞者：出馬圭世

【C01K3】 関連研究 (2011.07.28)

Mortyn Jones Memorial Lecture 賞 (British Society for Neuroendocrinology)

受賞題目：「Stress, energy metabolism and social behavior:」

roles of neurohypophysial hormones」
受賞者：Tatsushi Onaka

【C01K2】 領域課題 (2011.08.24)

包括脳ネットワーク若手優秀発表賞

受賞題目：「Intrinsic temporal structures in baseline activity of single parietal neurons reflect delay-period activity during a memory-guided saccade task」
受賞者：西田知史

【C01K6】 関連研究 (2011.09.08)

日本ロボット学会 第4回功労賞

受賞者：稲邑哲也

【B01G4】 関連研究 (2011.9.30)

日本学術振興会科学研究費補助金第一段審査委員表彰

受賞題目：「模範となる第一段審査委員として」
受賞者：水原啓暁

【B01K5】 関連研究 (2011.10.22)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「リカレント型神経回路網モデルにおけるカオスを用いた移動制御—準3次元迷路求解へ向けた計算機実験システムの構築—」
受賞者：松本 翔

【B01K5】 関連研究 (2011.10.22)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「リカレント型神経回路網モデルにおけるカオスを用いたアーム制御」
受賞者：栗田 誠治

【B01K5】 関連研究 (2011.10.22)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「リカレント型神経回路網モデルにおけるカオスを用いた身体制御—アームロボットシステムへの実装—」
受賞者：青田 朋也

【B01K5】 関連研究 (2011.10.22)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「リカレント型神経回路網モデルにおけるカオスを用いた移動制御—準3次元迷路求解へ向けた計算機実験システムの構築—」
受賞者：松本 翔

【B01K5】 関連研究 (2011.10.22)

電子情報通信学会中国支部若手奨励賞

受賞題目：「リカレント型神経回路網モデルにおけるカオスを用いたアーム制御」
受賞者：栗田 誠治

【C01K2】 関連研究 (2011.12.16)

日本神経回路学会 最優秀研究賞

受賞題目：「自発発火活動の時間相関による遅延活動期間の情報保持性能の潜在的表現」
受賞者：西田知史

平成 23 年度実施の研究会・公開講座

主催会議

「脳と心のメカニズム」第 11 回冬のワークショップ「人の知性の起源と進化」
日程：2011 年 1 月 11 日（火）～1 月 13 日（木）
会場：ルスツリゾート

第 2 回総括班会議

日程：2011 年 3 月 3 日（木）～4 日（金）
会場：金沢エクセルホテル東急

高校生講座「コミュニケーションする脳!? ～脳をカオスで語る～」

日程：2011 年 8 月 19 日（金）13:30-17:00
会場：理化学研究所 脳科学総合研究センター中央研究棟

2011 年度第 1 回全体会議

日程：2011 年 8 月 25 日（木）～26 日（金）
会場：神戸市産業振興センター

2011 年度第 2 回全体会議

日程：2012 年 1 月 10 日（火）13 時～11 日（水）17 時
会場：東京大学大学院数理科学研究科大講義室

共催研究会

第 2 回神経ダイナミクス研究会シンポジウム

日程：2011 年 1 月 29 日（土）14:00～18:00
会場：アクロス福岡

ICCN2011

日程：2011 年 6 月 9 日（木）～13 日（日）
会場：ヒルトンニセコビレッジ（北海道虻田郡ニセコ町東山温泉）

玉川大学脳科学トレーニングコース 2011 「心をくすぐる技の共演」

日程：2011 年 6 月 23 日（木）～25 日（土）
会場：玉川大学 脳科学研究所

包括脳ネットワーク夏のワークショップ

日程：2011 年 8 月 21 日（日）～24 日（水）
会場：神戸国際会議場

文科省数理連携ワークショップ「数理連携 10 の根本問題の発掘」

日程：2011 年 12 月 26 日 2:20～29 日 17:00
会場：理化学研究所大河内記念ホール

The 9th International Conference on the Evolution of Language (Evolang IX)

日程：2012 年 3 月 13 日（火）～16 日（金）
会場：京都

京都大学情報学研究科特別講演

日程：2011 年 4 月 15 日（金）
会場：京都大学

第 69 回 京都産業大学 市民講座「未来はどこからやってくる？－展望的な人間の脳情報処理と社会コミュニケーション－」

日程：2011 年 4 月 27 日（水）
会場：キャンパスプラザ京都

The 15th annual meeting of the ASSC (Association for the Scientific Study of Consciousness)

Neurophysiology Satellite (Neurophysiology of Attention and Awareness)
日程：2011 年 6 月 13 日（月）
会場：京都大学 百周年時計台記念館

ニューロ・リハ・ロボ（第 2 回）＋ Brain-IS 合同研究会

日程：2011 年 6 月 27 日（月）
会場：九州工業大学

神経科学・リハビリテーション・ロボット工学のシナジー効果に関する研究会

日程：2011 年 6 月 27 日（月）
会場：九州工業大学生命体工学研究科

京都学際力学系セミナー「ノイズ誘起現象」

日程：2011年7月15日（金）～16日（土）

会場：京都大学大学院理学研究科数学教室

「触れてみよう！脳とロボット」

日程：2011年8月1日（月）

会場：玉川大学工学部

第82回日本動物学会シンポジウム（公募） “Sensitive period” in imprinting, song learning and cortical plasticity

日程：2011年9月21日（水）

会場：旭川（大雪クリスタルホール）



京都大学情報学研究科特別講演

日程：2011年10月14日（金）

会場：京都大学

地形のダイナミクスとパターンとその境界領域

日程：2011年11月4日（金）～5日（土）

会場：九州大学応用力学研究所

UHF-MRI 国際シンポジウム

日程：2011年11月7日（月）

会場：東京大学柏図書館メディアホール

Emerging Topics on Differential Equations and their Applications

-Sino-Japan Conference of Young Mathematicians-

日程：2011年12月5日（月）～9日（金）

会場：Nankai University, Tianjun, China

第3回ニューロ・リハ・ロボ研究会

日程：2011年12月6日（火）

会場：東北大学・電気通信研究所

神経科学・リハビリテーション・ロボット工学のシナジー効果に関する研究会

日程：2011年12月6日（火）

会場：東北大学電気通信研究所

ダイナミックブレインワークショップ

日程：2011年12月17日（土）

会場：沖縄科学技術機構 OIST

The 11th Japan-Korea-China Joint Workshop on Neurobiology and Neuroinformatics (NBNI 2011)

日程：2011年12月18日（日）～19日（月）

会場：okinawa

今後の予定

第2回総括班会議

日時：2012年3月1日（木）～2日（金）

会場：京都

The 9th International Conference on the Evolution of Language (Evolang IX)

日程：2012年3月13日（火）～16日（金）

会場：京都



南海大学での会合

NEWS LETTER Vol. 3 (2012年2月15日発行)

< 領域代表 >

津田 一郎

所属 北海道大学電子科学研究所
住所 060-0812 札幌市北区北12条西6丁目

< 事務局 >

水原 啓暁

所属 京都大学大学院情報学研究科
住所 606-8501 京都市左京区吉田本町
TEL / FAX 075-753-3147
Email hmizu @ i.kyoto-u.ac.jp

平 厚子

所属 北海道大学電子科学研究所
住所 060-0812 札幌市北区北12条西6丁目
TEL / FAX 011-706-2413
Email singaku-jimu @ math.sci.hokudai.ac.jp

