

神経回路網における学習・記憶システムのメカニズムの解明

～記憶情報システムの細胞レベル・ローカルネットワークレベルの研究～

相原 威 研究室



研究方針

相原研究室では、記憶システムのシナプスレベルからマクロな統合的高次ネットワークレベルまでの橋渡しとして、時空間情報処理とそのダイナミクスに焦点を絞り研究をおこなっています。記憶・学習に関わる研究に発展は見られるものの、実際の実験においてはコーディング（可塑性；ハードウェアの変化）とダイナミクス（ソフトウェアのアルゴリズム）についての統合的研究はまだなされていません。さらに、抑制性細胞を加味した回路網のメカニズムについても十分な実験と議論による解明が求められています。そこで、記憶神経回路網への多感覚野からの入力とそれを取りまくフィードフォワード、フィードバックの抑制性細胞からなる情報処理システムの処様式とダイナミクスを調べ、ローカルなネットワークの情報コーディングとそのダイナミクスの解明を目指します。そして、脳の高次領域間の情報統合（結び付けと情報表現）において海馬が担う役割と学習則を見出すことを目標としています。

研究手法

(1) 生理実験的研究 (physiological experiment)

ラットの記憶神経回路網に電気刺激およびオプトジェネティクスによる光刺激によって入力を行い、その回路網の応答のダイナミクスと可塑的变化を計測します。計測手法としては、電位依存性色素を用いたオプティカルレコーディング（光計測法）による多点同時計測やパッチクランプ法による単一細胞計測を用いています。そして、可塑的ネットワークにおける時空間ダイナミクスの変化を考察します。

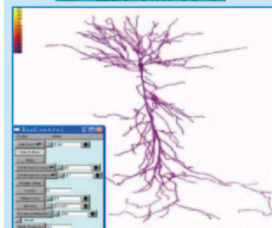
(2) 理論的研究 (computational experiment)

本研究室の特徴として、実験的研究に加え生理実験結

(1) 実験的研究手法



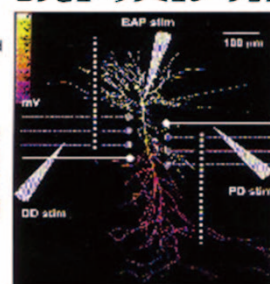
(2) 理論的研究手法



神経生理実験



コンピュータシミュレーション

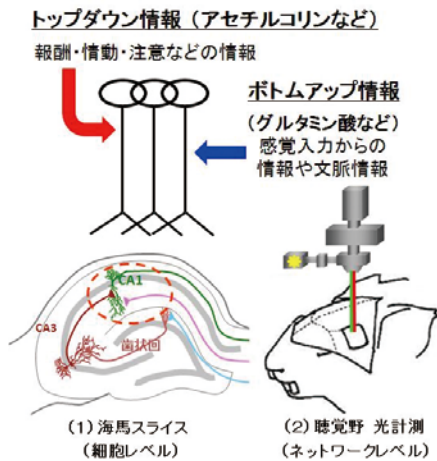


神経細胞への記憶の書きこみ

果により構築したモデルや NURON シミュレータを用いてモデルシミュレーションを行い、理論サイドからモデルの検証と予測を行います。そして理論と実験の両側面からの研究を融合させ記憶学習システムの機能解明を目指しています。

研究内容

脳内の外界モデル形成には、外界からのボトムアップ（感覚）情報だけでなく、注意や情動などによる広範囲調節系と呼ばれる内因性のトップダウン情報も融合する必要があります。注意や集中時には、海馬への調節系の信号は、内在性アセチルコリン（ACh）として放出され、記憶情報処理に関与するとの報告があります。そこで、本研究はボトムアップ入力の統合に対する注意によるトップダウン情報（内因性 ACh）による修飾を以下 2 つの実験で検証することを試みています。



(1) 細胞レベルの研究：ラット海馬の出力部である CA1 野における ACh 放出時のスパイクタイミング依存性可塑性に着目し、抑制性細胞の有無による ACh の存在下での長期増強（記憶）および長期抑圧（忘却）を調べ、新たな学習則を見出すことを試みます。海馬の入力部である DG 野において、場所に関する空間情報と匂いなどの感覚による非空間情報がいかに融合されるか、またその時にトップダウン情報がいかにそれを修飾するかの解明を行っていきます。

(2) ネットワークレベルの研究：モルモットに対して視覚（光）、聴覚（純音）と触覚（電気刺激）による恐怖条件付けを含む 2 次条件付けを行い、条件付け前後における各領域野の応答変化について光計測で調べました。その結果、各感覚皮質がその主感覚刺激に応答した後、別の領域野にその応答が遅れて現れることを明らかにしました。このことは条件付けにおける記憶の統合が皮質間でも行われ、主感覚以外の入力にも連合により応答が起こることを示しています。これらの結果は、その過程において、恐怖条件付け時に起こる扁桃体→前脳基底部を経た各領域野への ACh を放出が、皮質関連合に重要な役割を担っている可能性があることを示唆するものです。今後は、記憶が皮質-皮質間の連合によりいかに構築され、アセチルコリンなどのトップダウン信号によりいかに修飾されていくのか調べていきます。

研究室について

研究室は工学部にあり、毎年の学部生は 3 年生と 4 年生で 15~16 名程度、また大学院生は修士課程と博士課程を合わせると 5~6 名で、研究員を入れると総勢 20 名程度の構成で研究を行っています。学部生が多いため、



ゼミ旅行や各種イベント（たこ焼き、そうめん流し、餃子パーティー、BBQ）などが学生企画で行われ、研究室内の実験プロジェクトのチームワークが促進されます。また、脳科学研究所の他研究室（磯村研究室、鮫島研究室、酒井研究室、佐々木研究室）とも合同のゼミを開き、さまざまな刺激が得られるとともに研究のディスカッションを楽しんでいます。

自己紹介

工学博士（玉川大学・工）、医学博士（山形大学・医）。東京都神経科学総合研究所研修生を経て 1987 年より玉川大学工学部助手。同講師、准



教授を経て、2000 年 UC サンディエゴ大学訪問研究員、2001 年 UC バークレイ大学 Mu-ming Poo Lab 特別研究員、2004 年より現職の玉川大学工学部教授。光計測法による海馬の記憶情報処理と広範囲調節系（アセチルコリン）の研究に従事。日本神経回路学会理事、電子情報通信学会 NC 研究会幹事、Neural Networks 編集委員、SICE 部会主査などを歴任。

趣味：トレッキング（星を眺めに山へ砂漠へ、写真はマッターホルン登山中）