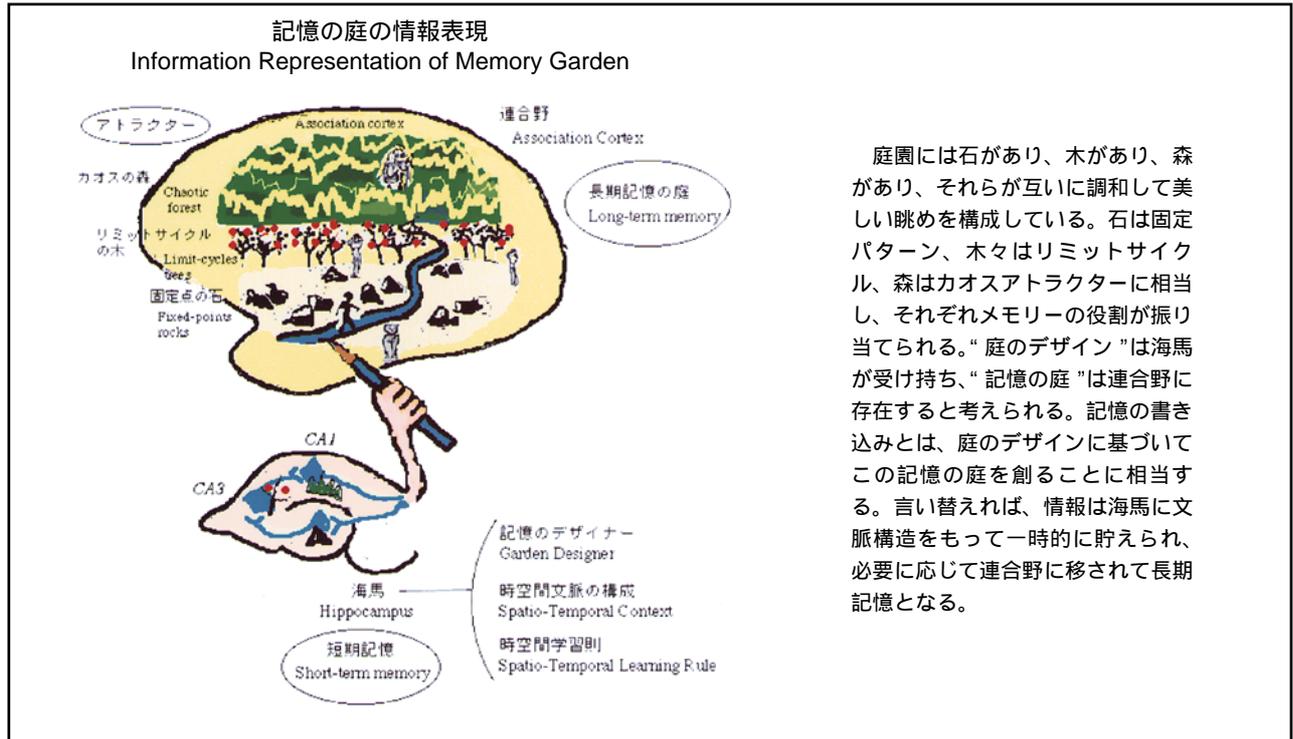


# Self-organization of information representation and a self-learning neuro-chip 情報表現の自己組織化と学習ニューロチップ



プロジェクトリーダー 塚田 稔  
玉川大学 脳科学研究施設 主任 /  
工学部 教授



脳の最も重要な機能は“創造”という機能であろう。人類はその歴史からも判るように行詰ると新しい技術や文化を創造し、環境を克服し、生存と繁栄を築き上げてきた。“創造”という機能によって感性に基づく芸術の世界や、信ずるといふことに始まる宗教的世界を創り出し、知・情・意からなる個々の人間の人格の世界を築き上げている。この機能は、脳のどのような働きによっているのだろうか。そこには学習と記憶のメカニズムが存在し、さらにその根底にシナプスの可塑性というメカニズムが存在するからである。脳には140億個もの神経細胞(ニューロン)が存在し、ニューロンとニューロンはシナプスと呼ばれる結合を作り神経回路網を構成する。情報はこの神経回路網のうちに分散的に表現されている。脳の高次中枢(連合野と呼ばれる部位)では情報をニューロンとニューロンの結び付き、すなわち神経回路網に埋め込んで表現している。従って、記憶の情報表現とその組織化のメカニズムを明らかにすることは、高次脳機能の解明にブレークスルーをもたらすとともに新しい脳型コンピュータの設計原理を与えることになる。

## 1. 研究の目的

本研究の目的は、次の3点からなる。

1. シナプス可塑性の分子レベル、細胞レベル、ネットワークレベルのメカニズムを実験と理論との共同研究で解明し学習ニューロチップの設計原理を提案する。
2. 神経回路モデルによるシミュレーションの実施。
3. 学習ニューロチップの設計と実装。

ここで重要な点は、この研究が生物のダイナミックな細胞活動の情報表現を工学的観点から研究するという点である。そのためには、両分野の密接な連携を保ちつつ、実験デザイン自体を理論モデルに基づいて計画し、その計画に基づいて従来の電気生理学のみならずオプティカルレコーディングなどの最先端計測手法を駆使して脳活動を計測し、理論モデルの実験的検証を行う。さらにこの実験結果を理論モデルの改良のためにフィードバックし、学習ニューロチップの設計原理を提案しフィージビリティを確認する。

## 2. 研究内容

この目標を実現するために従来にない新しい戦略として、次の4つの仮説を理論と実験によって検証しニューロチップ設計と実装を行う。

1. 細胞ネットワークにおいてダイナミックに情報が表現されるという仮説‘ダイナミック情報表現仮説’
2. 細胞活動の同期現象やリズムによって情報の統合されるという仮説‘時間相関統合仮説’
3. 情報を細胞ネットワークに書き込むための時空間学習則の仮説‘時空間学習則仮説’
4. 細胞ネットワークに埋め込まれた情報を読み出す非線形動的検索の仮説‘非線形動的検索仮説’

## 3. 特色

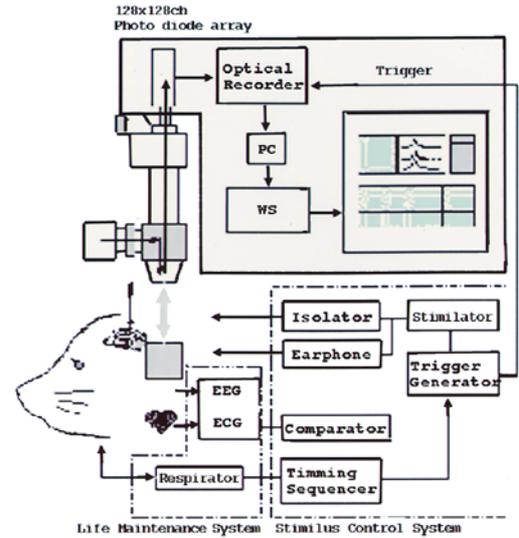
1. 本研究グループは、このオプティカルレコーディング技術を用いてサルやラットの急性や慢性実験による細胞ネットワークの自己組織の計測に世界に先駆けて成功した。この結果、ネットワーク形成のダイナミクスを細胞活動レベルの分解能で解析することができる。従って上記の4つの仮説は、実験的に細胞レベルおよびそのネットワークレベルで実証可能となった。
2. 上記4つの仮説は、細胞ネットワークのダイナミクスに注目した新しい仮説であり、細胞ネットワークの自己組織の研究に新しいブレークスルーを与えるもので、世界的に注目されている。
3. 実装技術として使うアナログ - デジタル素子は、神経回路のダイナミクスによる情報表現を可能にした世界で初めての素子である。

## 4. 研究の体制

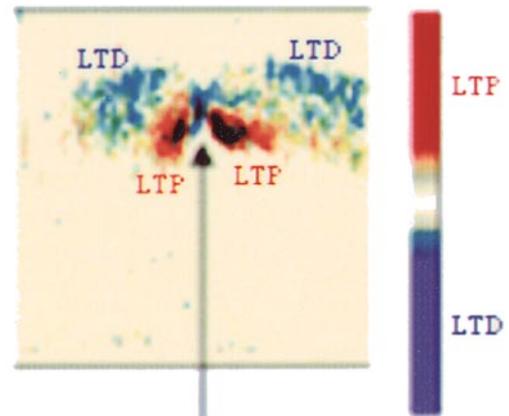
期 間：平成8年～平成13年3月31日まで

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、研究協力者15名  
 この他、大学院学生が多数この研究に参加しています。

実施場所：この研究の主拠点は玉川大学脳科学研究センター（塚田、斎藤）ですが、他大学との協力方式でプロジェクトを進めています。東北大学大学院工学研究科（星宮研究室）、東京大学大学院工学研究科（合原研究室）が緊密な連絡を取ってプロジェクトを進めています。

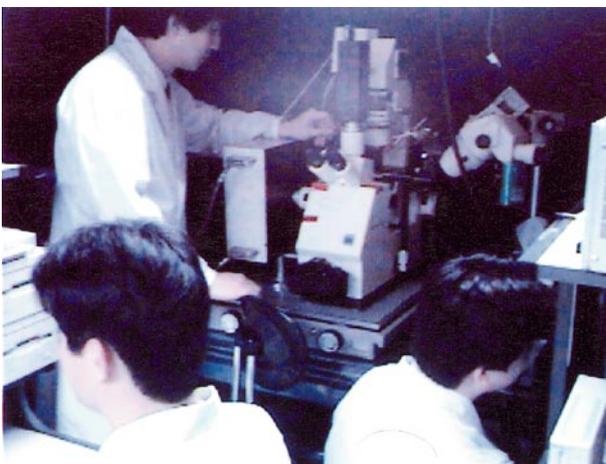


オプティカルレコーディング計測システム

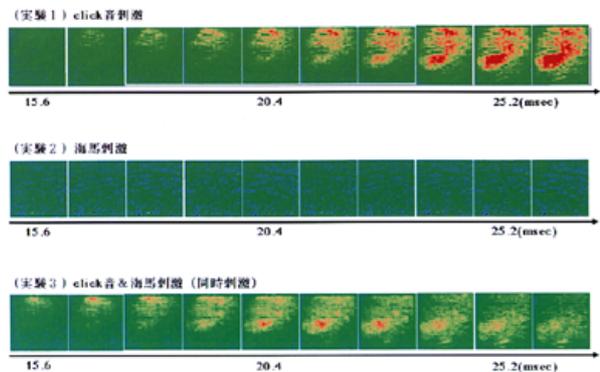


パターン刺激

海馬神経回路の可逆性  
 刺激依存性長期増強 (LTP) /  
 長期抑圧 (LTD) (海馬スライス実験)



実験風景



海馬一皮質系の記憶システム  
 オプティカルレコーディングによる  
 時空間応答 (聴覚野慢性実験)