

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19500256

研究課題名（和文） 脳局所神経回路における回路トポロジーの自己組織的制御メカニズム

研究課題名（英文） Self-organization mechanism of topology of local neural circuit

研究代表者

片山 統裕 (KATAYAMA NORIHIRO)

東北大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：20282030

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・生体生命情報学

キーワード：脳情報処理

1. 研究計画の概要

従来それぞれ独立して研究されてきた、神経回路のトポロジー、神経回路のダイナミクス、及びシナプス可塑性を、脳のスライス標本を用いた電気生理学実験と数理モデル・シミュレーション研究を有機的に連携することによって統合的に研究し、これらの間の機能的連関を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

脳の神経回路のトポロジーを計測するために、多点電極による多細胞記録システムと、独立成分分析法や従来のスパイク相関解析法等を基にした新しい信号解析法を開発した。これらの手法を、脳スライスや生体内の大脳皮質、海馬等の局所神経回路に適用することにより、脳局所回路のトポロジーの計測と解析を行っている。従来の研究により報告されている実験データとあわせることにより、脳局所神経回路のモデル化に必要なデータがそろいつつある。また、実験データに基づいた脳局所神経回路のモデリング、シミュレーションを平行して行っている。中枢神経回路の自己組織化において重要な役割を果たしていると考えられる、スパイクタイミング依存性シナプス可塑性（STDP）を組み込んだスパイク発生型神経回路モデルを構築し、自己組織化のプロセスを解析した。すでに報告されているように、全結合型 STDP 神経回路モデルをランダムノイズで駆動すると、ニューロンが同期的に活動する3つ程度のグループに分離し、それぞれが決まった順序で興奮を繰り返す同期発火連鎖が生じることが知られている。この自己組織化過程を観察し、回路構造の変化を可視化した。その

結果、ニューロンは一気に少数のグループに分かれるのではなく、はじめはランダムに結合していたニューロンが多数のグループを形成し、それが不連続的に統合され、数個のグループにまとまっていくという段階を踏むことを見出した。また、脳内においてはシナプス伝達に要する時間を要することに着目し、この遅延時間が同期発火連鎖の形成にどのように影響するかを調べた。その結果、最終的に形成されるグループ数に影響していることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

当初は計画していなかった神経回路構造の視覚化法を開発したことによって、神経回路構造の自己組織化過程に関する新しい知見が得られた。これにより自己組織化過程に介入することによって神経回路の構造を外部から制御できる可能性が拓けた。

4. 今後の研究の推進方策

当初計画どおり、神経回路の解剖学的トポロジーのうえで神経回路ダイナミクスとシナプス可塑性によって自己組織される生理学的に機能する神経回路トポロジーを計算機シミュレーションにより探索する。この回路の応答特性を評価することにより、解剖学的神経回路構造、ニューロンのダイナミクス、そしてシナプス可塑性がどのように連成し、神経回路機能を規定しているかを明らかにしていく予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

[1] 高所晃一, 片山統裕, 辛島彰洋, 中尾光之, 急性海馬 CA3 スライス内神経回路の准安定なダイナミクス, 第 24 回生体・生理工学シンポジウム論文集, 257-258, 2009 (査読無)

[2] 菊池修, 片山統裕, 辛島彰洋, 中尾光之, 神経スパイクの相互相関解析を利用したシナプス結合強度のモデルベース推定, 生体医工学, 46 (6) 667-674, 2008 (査読有)

[3] 久保貴嗣, 片山統裕, 辛島彰洋, 中尾光之. 複数ニューロン記録用多重電極の設計支援を志向した 3 次元神経組織モデルの構築, 生体医工学, 46 (6), 675-683 , 2008 (査読有)

[4] T. Kubo, N. Katayama, A. Karashima, M. Nakao, The 3D position estimation of neurons in the hippocampus based on the multi-site multi-unit recordings with silicon tetrodes, Proc IEEE EMBS, 5021-5024, 2008 (査読有)

[学会発表] (計 15 件)

[1] N. Katayama, S. Yamada, A. Karashima, M. Nakao, Self-organization process of network structure in a STDP neural network model, 日本神経科学大会, 2009 年 9 月 18 日 (名古屋)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]