

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19200018

研究課題名 (和文) 機能的結合に基づく神経情報ダイナミクス・デコーディング

研究課題名 (英文) Neural information decoding  
by estimation of the dynamic functional connectivity

研究代表者

工藤 卓 (Suguru N. Kudoh)

関西学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：10344110

研究代表者の専門分野：神経知能工学

科研費の分科・細目：情報学／感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：複雑系、T-ノルム、神経知能工学、BMI、神経情報コード

### 1. 研究計画の概要

神経情報を抽出する素材として分散培養神経回路網を用いた。培養神経回路網は、外界からの信号に応じて誘発される神経電気活動の特定の時空間パターンを複数保持することができ、更に自発活動による状態の内部変動を持つ系であり、脳内の神経回路におけるダイナミクスと本質的に相同な系である。

培養生体神経回路網の特長を活用して、神経細胞間の結合性に関する各種パラメータを試薬及び・局所電気刺激により制御し、内部状態に摂動を与えることで現れるダイナミクスを解析する。その結果から、神経機能的結合パターンの規則性を抽出してこれを特微量として定義し、特定の刺激に対する応答特性をカテゴリー化する手法を確立する。

### 2. 研究の進捗状況

安定的培養条件を確立し、電気活動経時変化のキャラクタライズを行った。100 日以上 of 長期間培養細胞を維持し、この培養条件下で、ラット海馬分散培養系に於いて多数の入力を受けるハブ的な神経細胞が出現し、これらは神経回路網に於ける自発的な電気活動により自律的に構成されることが示唆された。また、自発的活動電位の高頻度バースト活動後に、活動頻度の空間分布が不均一化するという興味深い知見を見いだした。培養細胞の密度に依存した機能的結合状態の経時変化の様態を免疫組織化学的手法で解析し、グリア細胞の増殖が培養後数十日で安定してくること、神経細胞の脱落は培養開始の早い時期に起こり、その後は比較的安定して維

持されることを確認した。また、機能的結合の空間パターンを識別するためのアルゴリズムを開発した。これは学習型 T-ノルム演算子、T-コノルム演算子を用いて神経細胞間の結合構造を表現し、空間パターンの特微量データから、ノルムの結合パラメータを非線形探索手法で学習、同定する手法である。これを培養神経回路網の電気生理学的データから計算するソフトウェアを開発した。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。現在までに神経ネットワークの刺激依存状態変異の持続時間に関する知見を応用して、ダイナミクス・デコーディング・プログラムに必須な解析手法を確立し、実際にプログラムの開発を行った。ここまででデコーディング・プログラムがほぼできあがっている。

また、結合パターンの規則性や論理性を T-ノルム、T-コノルム演算子を用いて抽出し、特長量として解析することを現在行っており、この結果と時間窓の設定手法を組み合わせることで、ダイナミクス・デコーディング手法が完成する。

さらに、識別パターンを現実の事象と結びつけるために、境界条件をより詳細に制御できる高次脳機能模倣系として分散培養系に外界と相互作用するシステムを接続した。具体的には LEGO Mindstorm NXT を用いて小型移動ロボットを作成し、このセンサからの入力を培養系にフィードバックするシステムを開発した。これらの成果を英文論文誌 3 報、和文誌 2 報に報告した。研究の進行は順調であり、次年度は手法のブラッシュアッ

プと実証実験を中心に行い、研究成果をまとめていく。

#### 4. 今後の研究の推進方策

昨年度に引き続き神経回路網の電気活動ダイナミクスを詳細に解析するとともに、神経回路網活動のダイナミクスを機能的結合性の時間変動パターンの観点からカテゴライズする手法（ダイナミクス・デコーディング）を確立してプログラムを完成させる。また、上記手法を搭載した神経信号ダイナミクス・デコーディングシステムをさらに発展させる。開発した手法を統合して、識別パターンを現実の事象と結びつけるための分散培養系-外界・相互作用システムを用いてデコーディング手法の実証実験を行う。

#### 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3件）

1. S. N. Kudoh, A. Kiyohara, M. Tokuda and T. Taguchi: "PARADIGMS REPRESENTING THE RELATIONSHIP BETWEEN INNER OF THE BRAIN AND THE OUTER WORLD", Transactions on Electrical and Electronic Engineering Vol. 6 / No. 1 in press 2010, 査読有.

2. A. Kiyohara, T. Taguchi and S. N. Kudoh: "EFFECTS OF ELECTRICAL STIMULATION ON AUTONOMOUS ELECTRICAL ACTIVITY IN A CULTURED RAT HIPPOCAMPAL NEURONAL NETWORK", Transactions on Electrical and Electronic Engineering Vol. 6 / No. 2 in press 2010, 査読有.

3. 清原 藍, 田口隆久, 工藤 卓: "分散培養系における自発性活動電位と誘導活動電位との関係性", 電気学会論文誌C (電子・情報・システム) Volume 129-C Number 10 pp. 1815-1821, 2009, 査読有.

〔学会発表〕（計1件）

1. Suguru N. Kudoh, The network dynamics and spontaneous activity in dissociated rat hippocampal culture, Neuroscience 2009, SfN's 39th annual meeting, 2009年10月19日 McCormick Place, Chicago