

課題名 (タイトル) :

## MTRNN を用いた ECoG 信号の再構成

利用者氏名 : 小松 三佐子

理研での所属研究室名 :

和光研究所 脳科学総合研究センター 心と知性への挑戦コア 動的認知行動研究チーム

### 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

皮質脳波 (ECoG) は脳の表面に留置した電極によって計測された脳活動である。頭皮上から記録した脳波に比べ信号の精度が高く、脳に電極を埋め込む手法に比べ信号の安定性に優れていること、侵襲度の低さなどから、ブレイン・マシン・インターフェース (BMI) の情報源として近年注目を集めている。ECoG 信号から BMI を操作するために必要な情報を取り出すために、線形回帰 (Pistohl et al., 2008; Schalk et al., 2008)、サポート・ベクター・マシーン (Yanagisawa et al., 2009)、人工ニューラル・ネットワーク (Cornwell et al., 2004) など様々な手法が提案されている。しかしながらこれらは何れも、動物やヒトの腕の位置といった BMI の操作に使用する情報と ECoG 信号との間のマッピングを抽出することを目的としており、ECoG 信号の基盤となる脳内のメカニズムについては着目していない。

本研究ではこの脳内メカニズムに焦点を当て、ECoG 信号を生成する基盤である神経活動と行動の円環的因果律 (circular causality) を抽出することを目標とする。さらに、行動が神経回路のダイナミクスから生成されるならば、神経活動と行動の circular causality を再現できれば、数秒後の行動を予測することも可能になると考えられ、その手法の確立を目指す。

### 2. 具体的な利用内容、計算方法

本年度は、皮質脳波間の構造を推定するため、部分的に観測された信号間の関係性の強度を推定する新しいネットワークモデルを提案した。

ネットワークは時系列信号の現在および 1 ステップ未来の状態を入出力とし、誤差逆伝搬法 (Rumelhart et al., 1986) を用いた逐次学習を

通して、その時系列の順モデルとして信号間の関係性を獲得する。提案したネットワークモデルによる推定の精度を評価するため、我々は人工時系列および行動中のサルから多電極記録した皮質脳波に本モデルを適応した。

学習に用いた時系列データは大規模なものであったが (1 データあたり 32 あるいは 64 チャンネル、約 20000 データ点)、RICC システムを用いてほぼ同じ長さの 8 つの異なるデータを並列的に計算することで、計算時間の大幅な短縮を実現した。

### 3. 結果

人工時系列を用いた推定では、すべてのデータを用いて推定を行った場合には因果性も含めて関係の有無を正しく推定することができた。一方、一部のデータのみを用いて推定を行った場合には、時系列間の関係の有無は推定できたものの因果性については誤推定した。また、推定した結合強度を用いて時系列をクラスタリングしたところ、同じ信号源から入力を受ける時系列は同じクラスタに分類されるという結果を得た。さらに、皮質脳波から推定した結合強度を用いて電極のクラスタリングを行ったところ、解剖学的に同じ脳領野に含まれる電極が同じクラスタに分類されるだけでなく、機能的に関係していると思われる電極も同じクラスタに分類された。

### 4. まとめ

得られた結果が既知の脳科学的知見と一致したことから、本研究で提案したネットワークモデルは、部分的に観測された信号から信号間の関係性を推定するために有効であると考えられる。

この結果は The 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2012)

において発表予定である。

## 5. 今後の計画・展望

今後、理論的側面および神経科学的側面からの考察が必要となる。

具体的には、同じデータを用い、提案したモデルで得られた機能結合とグレンジャー因果律などを用いた機能結合との推定結果の比較を行う。また、他分野での隠れ状態のあるネットワークの構造推定方法との比較などが必要である。

## 6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容

平成 23 年度中、申請者は皮質脳波間の構造を推定するため、部分的に観測された信号間の関係性の強度を推定する新しいネットワークモデルを提案した。

得られた結果が既知の脳科学的知見と一致することから、提案したモデルは部分的に観測された信号間の関係性を推定するのに有用であると考えられる。しかしながら、モデルはまだ試験段階であり、ほかの手法に対する利点などを比較研究を通して定量的に示していく必要があり、さらなる計算機実験が必要となる。

来年度は、提案したモデルで得られた機能結合とグレンジャー因果律を用いた機能結合との推定結果の比較を行う予定である。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【国際会議などの予稿集、proceeding】**

M. Komatsu, J. Namikawa, J. Tani, Z. C. Chao, Y. Nagasaka, N. Fujii, K. Nakamura. “Estimation of functional brain connectivity from electrocorticograms using Artificial Network Model.” Proc. IJCNN 2012, Brisbane, Australia. (accepted)