

論文内容の要旨

博士論文題目 時空間構造に基づいた誘発脳磁場データからの神経活動パターン推定手法の開発

氏名 増田 泰

本研究の目的は、知覚刺激によって誘発された脳磁場を多チャンネル脳磁計測法 (MEG: Magnetoencephalography) で計測して得られたデータから特定の神経活動パターンの寄与を推定する手法を提案することにある。

従来の脳科学における MEG の利用は、信号源推定により活動部位を探索し、脳活動のダイナミクスやメカニズムに関する知見を引き出すことにあつたが、本論文では、信号源の数が確定不能な信号源推定逆問題ではなく、知覚要素が誘発する神経活動パターンが複雑な MEG データの中でどのように寄与しているかを解明するための手法—バーチャルビームフォーマ (VB: Virtual Beamformer)—を提案している。また、聴覚刺激による MEG データの主成分分析により信号空間の広がりに着目すると刺激特有の神経活動パターンの抽出が容易になることを検証している。さらに、提案手法が複数の知覚要素を含む脳活動の解析にも有用であることも実証している。本論文は以下の6章からなる。

第1章では研究のモチベーションとビジョンが紹介され、第2章では脳磁場の発生機序ならびに MEG 研究の経緯と取組み状況を調査し、MEG システムの概要が記述されている。

第3章では、従来の脳科学研究に多用されてきた脳波による解析手法が限界を迎えている現状を打破するため、単耳要素また両耳要素による MEG データを計測し、新しいモダリティである MEG の有効性を検証したが、MEG データの解析手法として常用されている信号源推定法とは異なる新しい解析手法を開発する必要性があることを示している。

4章では、複数の要素を含む聴覚刺激に対する MEG データに主成分分析を適用し、個々の要素に対する神経活動パターンが重畳するとデータ空間が広がることを検証し、データ空間が神経活動パターンを反映する構造を保有していることを実証している。

第5章では、新しい MEG データの解析手法として、複数の要素に共通する神経活動パターンが抽出可能な VB をデータ空間に構成する手法を考案し、音像移動に関連した神経活動パターンを見出すことに成功している。

最後に、結論では、提案手法が MEG システムを利用した脳科学の研究上、刺激要素と誘発脳磁場データの関係新たな視点から解析するツールとして貢献でき可能性が高いことが記述されている。

氏名	増田 泰
----	------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、誘発脳磁場データを逆問題として定式化した信号源推定が直面している課題を解消するため、複数の知覚要素としての刺激と応答間に類似関係を発見する手法の開発を扱っており、主成分分析に基づく時空間を構築して特定の神経活動パターンに対する刺激の寄与度を推定するバーチャルビームフォーマを提案し、複雑な誘発脳磁場データの解析に有用であることを実証した先端的な技術論文である。脳科学の研究において重要な計測手段となっている脳磁場計測法 (MEG) による計測結果は、膨大な神経細胞の活動が混入しており、個々の神経活動に還元する作業は不確定条件が多い信号源推定法では解決できないと考えられている。この限界を打破する可能性を追求した本論文の成果は、以下の3点に要約される。

1. 脳活動の基本である音源定位機能を発揮する処理部位を探るため、バースト波刺激と連続波刺激に対する MEG データを計測した結果、異なるデータが得られたことから、予め信号源の数を限定する必要がある従来の信号源推定手法は音源定位という基本的問題に対しても不確実な解しか得られないことを実証した。
2. 音源定位の MEG データを主成分分析によりデータ空間の広がり調べ、データ空間は複数の知覚要素による神経活動パターンを反映した構造を保有することを実証した。
3. 以上の知見から、複数の知覚要素に対する MEG データから特定の要素による神経活動パターンを抽出する、言い換えれば、神経活動パターンの MEG データへの寄与度を発見することが可能なバーチャルビームフォーマを提案し、その有効性を検証した。

以上述べたように、本論文は、脳科学における MEG データ解析のための新しいツールを提案するとともに、提案手法が音場定位に寄与する要素の抽出に適用した実証研究である。これらの研究成果は、学会論文誌2件、査読付国際学会1件として公表され、情報生命科学に関連する学会誌論文4件および国際会議2件などを鑑みると、誘発脳磁場データの新しい解析手法を開発する上で、学術面での貢献は大きいと認められることができる。

よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。