

先端科学技術研究科 博士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)	数理情報学 (池田 和司 (教授))		
学籍番号	1821024	提出日	令和 3年 4月 20日
学生氏名	鈴木 啓大		
論文題目	Towards Low-Cost and High-Reproducible MEG Current Source Reconstruction using Meta-Analysis fMRI Data fMRIのメタ分析結果を利用した低コストかつ高い再現性を持つMEG電流源推定問題に関する研究		
要旨			
<p>Magnetoencephalography (MEG) offers a unique way to noninvasively investigate millisecond-order cortical activities by mapping sensor signals (magnetic fields outside the head) to cortical current sources using current source reconstruction methods. Current source reconstruction is defined as an ill-posed inverse problem, since the number of sensors is less than the number of current sources. One powerful approach to solving this problem is to use functional MRI (fMRI) data as a spatial constraint, although it boosts the cost of measurement and the burden on subjects. Here, we show how to use the meta-analysis fMRI data in two different ways instead of the individually recorded fMRI data. In the first approach, single meta-analysis fMRI data was imported as prior information of the hierarchical Bayesian estimation to mitigate the differences between the meta-analysis and individual data. In the second approach, a combination of multiple meta-analysis fMRI data was automatically selected based on MEG data and used as prior information of currents. Using simulations, we found the performances of both approaches were better than a conventional method such as weighted minimum norm estimation. Notably, the first approach showed better performance than the estimation using low-quality individual fMRI data. By applying experimental data of a face recognition task, we qualitatively confirmed that group analysis results using the first approach showed a tendency similar to the results using the individual fMRI data. Using the second approach, in addition to reconstructing a plausible current map, it also estimated related terms derived from meta-analysis data. Our results indicate that the use of meta-analysis fMRI data improves current source reconstruction without additional measurement costs and leads to reproducible results because of omitting the contaminated prior information.</p>			

氏名	鈴木 啓大
----	-------

(論文審査結果の要旨)

脳磁図 (MEG) は非侵襲でミリ秒オーダーの時間精度で脳活動を測定することができる一方、センサ数が限られることから空間解像度が低いという問題がある。この問題を解決するため、fMRI データを利用して拘束条件を導入する方法が提案されているが、被験者ごとに fMRI データを取得することはコストの増大を招き、現実的ではない。

本論文はコストを抑えつつ高い空間解像度を実現するため、fMRI のメタ分析結果を利用することを提案するものである。メタ分析結果の利用法は二つあり、単一のメタ分析結果を階層ベイズ推定の事前分布として利用する方法と、複数のメタ分析結果を自動的に組み合わせて電流源の事前分布として利用する方法である。いずれも電流源推定において従来法あるいは精度の低い fMRI データを利用した場合よりもよい結果を示し、その有効性が確認された。

以上をまとめると、本論文は MEG の電流源推定における fMRI データの利用法を提案しており、非侵襲脳活動測定機器による神経科学研究に大いに資すると考えられる。よって、博士 (工学) の学位に値するものと認められる。