

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	大川 晋平
主 論 文 題 目： A Study on Improvement of Dipole Estimation in MEG Measurement (MEG 計測における磁場源推定精度向上に関する研究)				
(内容の要旨) MEG (magnetoencephalography) は脳内の神経細胞が電気的な活動をする際に生じる磁場を頭皮上に配置した SQUID (superconducting quantum interference device) によって計測するものであり、他の脳機能計測法に比べて優れた時間分解能を有し、脳活動を直接反映したデータを得ることができることから近年注目を集めており、医療応用や神経生理学的な研究などに幅広く用いられている。しかし、脳磁場は非常に微弱な信号であり、データの信号雑音比が低い。このため加算平均によってノイズ除去が必要であり、検査が長時間におよび、患者や被験者にとって大きな負担を強いることや、脳内活動源推定 (MEG 逆問題) が不良設定問題でありその解法が先験情報や時間情報に大きく依存し、妥当な推定を得ることが難しいという問題点がある。本研究ではこれら信号処理と逆問題に関してその問題解決に向けて新手法の提案を行い、計算機実験と実際の MEG データ解析を通してそれらの有効性を論じる。 ノイズ除去を目的とした信号処理についてはカルマンフィルタによるセンサノイズ除去とその後の独立成分分析による信号成分の抽出を提案する。この手法ではカルマンフィルタに必要な状態空間モデルを MEG 順問題を利用して構築し、システム・観測ノイズの共分散推定には因子分析を用いる。計算機実験によって提案手法により、非加算平均データと同程度のノイズに対しても効果的にセンサノイズ除去が行えること、ノイズ除去の際に必要な因子数決定における誤差に対しても頑健であること、従来から行われているバンドパスフィルタによる処理と比較しても優れた性能を有し、その後の独立成分分析において原信号とより高い相関を持つ成分を推定できることが示された。 脳内活動源推定に関しては先験情報への依存が少ない空間フィルタを時間情報を用いずに設計する方法を提案する。設計には各位置における電流ダイポールが確率変数であることを仮定し、その統計学的な性質、特に2次と4次のキュムラントを評価関数に用い、最適化を行うことで電流密度分布の性質を変化させ、より局在性の高い活動源推定が可能であることを計算機実験によって示した。また、空間フィルタによる推定結果を重回帰分析とその変数選択の基準である Cp 統計量を利用した再構成を行うことによって、客観的な局在化とより鮮明な活動源推定結果を得ることができ、空間フィルタ処理とその後の再構成によって従来の逆問題解法の問題点である先験情報への依存と解の低局在性を解消することが確認された。 さらに、実際の聴覚誘発磁場に対して提案した信号処理と逆問題解法を用い、非加算単一試行データからの聴覚反応成分の抽出とその活動源推定を行った結果から、提案手法が実用性を兼ね備えていることが示された。				