

論文内容の要旨

博士論文題目 Noise-Removal From Electroencephalographies
Toward Single-Trial Cognitive State Analysis

(邦題：脳波による単一試行認知状態推定を目的としたノイズ除去法)

※ 論文題目が外国語の場合はワープロ等を用いること。また、その邦文を論文題目の下に () で記入すること。

氏名 真木 勇人

要旨

脳波 (electroencephalography) の信号対ノイズ比は低いため、単一の脳波信号を対象とした推論や情報抽出は通常難しいことが知られている。単一試行の脳波解析技術が確立すれば、認知や感情の状態について従来得られなかった知見の獲得が期待できるため注目を集めている。本論文では、単一試行の事象関連電位、及び合成音声聴取時の反応を解析する方法についてそれぞれ研究を行った。事象関連電位の抽出については、以下二つの異なるアプローチから研究を行った。(1) 脳波を時間や周波数など複数のモダリティをもった多次元配列データと捉え、テンソル分解の適用について検討した。テンソル分解の最適化において、頭皮上における脳波計の電極配置を事前知識とした正則化及び初期化の方法を提案し、これによって事象関連電位の抽出精度が向上することが確認された。(2) 脳波の振幅生成を確率的生成モデルを用いて表現し、モデルパラメタの最尤推定解を利用して信号分離を行う方法について検討した。観測データの振幅が高次元の確率的生成モデルによって表現されることによって最尤推定が不安定になる問題に対し、既存の事象関連電位データを用いてパラメタの事前分布を導入し、これによって推定が安定化することが確認された。また、合成音声聴取時の脳波と主観評価との関係を統計的に学習することによって、単一の脳波信号を用いて合成音声の品質予測を行う方法について検討した。結果、合成音声に対する主観評価をある程度予測可能なこと、また特徴量の予測に対する貢献の大きい周波数帯などから神経生理学的な知見からも妥当な予測モデルを学習可能なことが示された。

氏名	真木 勇人
----	-------

(論文審査結果の要旨)

脳波 (electroencephalography) の信号対ノイズ比は低いため、単一の脳波信号を対象とした推論や情報抽出は通常難しいことが知られている。単一試行の脳波解析技術が確立すれば、認知や感情の状態について従来得られなかった知見の獲得が期待できる。本論文では、単一試行の事象関連電位、及び合成音声聴取時の反応を解析する方法についてそれぞれ研究を行った。事象関連電位の抽出については、二つの異なるアプローチから研究を行った。(1)脳波を時間や周波数など複数のモダリティをもった多次元配列データと捉え、テンソル分解の適用について検討した。テンソル分解の最適化において、頭皮上における脳波計の電極配置を事前知識とした正則化及び初期化の方法を提案し、これによって事象関連電位の抽出精度が向上することを確認した。(2)脳波の振幅生成を確率的生成モデルを用いて表現し、モデルパラメタの最尤推定解を利用して信号分離を行う方法について検討した。観測データの振幅が高次元の確率的生成モデルによって表現されることによって最尤推定が不安定になる問題に対し、既存の事象関連電位データを用いてパラメタの事前分布を導入し、これによって推定が安定化することを確認した。また、合成音声聴取時の脳波と主観評価との関係を統計的に学習することによって、単一の脳波信号を用いて合成音声の品質予測を行う方法について検討した。これにより、合成音声に対する主観評価をある程度予測可能なこと、また特徴量の予測に対する貢献の大きい周波数帯などから神経生理学的な知見からも妥当な予測モデルを学習可能なことを示した。

これらの成果は、従来技術では本質的に解決困難であった問題に対する解決策を示しており、成果として2編の英文学術論文(査読中1件を含む)、4編の査読付きトップ国際会議論文に採択されていることから、研究業績として非常に高く評価できる。以上、本博士論文の審査を行い、本論文は、博士論文(工学)として十分な価値があるものと判断した。