

氏名(本籍)	深見忠典(和歌山県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2,124号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	単一刺激応答波形からの誘発電位成分抽出に関する研究
主査	筑波大学教授 工学博士 板橋秀一
副査	筑波大学教授 Ph.D. 坂本直人
副査	筑波大学教授 工学博士 寅市和男
副査	筑波大学教授 工学博士 平井有三
副査	筑波大学助教授 工学博士 椎名毅

## 論文の内容の要旨

《背景及び目的》 脳機能の解明を目指して、様々なアプローチによる研究がなされているが、脳波計測は活動電位を直接的に得る方法であり、さらに計測の簡便さ、安全性の点から広く用いられている。本論文では、そのなかでも聴覚や視覚の刺激が与えられたときに得られる誘発電位を扱っている。この誘発電位のうち認知など脳の高次機能に関連したものは特に事象関連電位(ERP)と呼ばれ、痴呆症などの診断だけでなく、心理学領域では認知機構の解明や、さらに快・不快や情動などの感性に関する情報の客観的に評価する手段として解析されている。

このERPは、自発的に生じる脳波(背景波)と重畳し、振幅も背景波に比べて微弱なため、1回の刺激による応答(単一刺激応答)からでは、簡単に識別できない。そこで、従来は、多数回の刺激に対する応答を同期加算して背景波を抑制し、ERPを抽出する手法が一般に用いられている。しかし、このような長時間にわたる加算平均は、時々刻々変化する人間の生理的状態を正確に捉えることが難しいという問題がある。

したがって、本研究の目的は、人間の精神活動を主とした生理状態の経時的変化を客観的に把握するため、この背景波に埋もれたERP成分を単一応答波形から抽出する手段を開発することにある。

《理論及び方法》 ERPには、刺激に対する「注意」を反映し、潜時(刺激から出現までの時間)が比較的短い「短潜時成分」と、潜時が比較的長く「認知・判断」機能に関係していると見られる「長潜時成分」に大別される。これらは、以下に述べるように信号処理の観点からも特徴が異なるため、本研究ではこれらの各成分に適した処理法を検討した。

長潜時成分は、背景波に比べて緩やかに変化するという条件のみを与えて単一応答波形からERPを推定する手法を提案した。すなわち、単一応答波形をERP、背景波、ノイズの3成分から成るとし、ERPを折れ線からなるトレンドモデルで、背景波を自己回帰過程で表現した状態空間モデルに対して、カルマンフィルタにより各成分を推定する。

短潜時成分の場合は、背景波と周波数帯域が接近しており、波形レベルでの特徴抽出や周波数フィルタなどでの分離は困難である。このため、ERPの信号源の脳内での時空間パターンをもとに推定する手法を提案した。すなわち、これまで、ERPの信号源を電流双極子で近似すると、その脳内での軌跡は刺激を与える各試行ごとに同じ経路をたどるはずであるとする仮説が立てられる。この条件のもとに、頭皮上の多数電極で得られた単一応答

波形より、ERPの双極子の時空間パターンを推定し、それかERP成分の波形を抽出した。

《結果及び考察》 長潜時成分のERPの推定に関する先行研究の多くは加算平均波形を基準にするため、その形状に依存し易いのに対し、提案手法はERPが背景波に比べて緩やかに変化するという条件のみを用いて、単一応答波形から推定できる点が特徴である。

論文では、提案手法の応用例として、従来、廃棄されていた瞬目波形の混入により歪んだ波形から、ERPの推定が可能なことを提示した。また、加算平均を行う場合でも、単一応答波形から抽出したERP成分は、少ない加算回数で済み、波形の変化から状態の細かな時間推移の様子を把握することが可能なことを実験データにより実証した。

一方、短潜時成分については、先行研究は少なく、特に単一応答波形から推定するものは殆どみられない。提案手法の応用例としては、頭皮上の多電極で計測した実験データから、各電極でのERP成分を抽出し、それにより従来法では数分の平均的な状態に対し、1分以下の時間分解能で状態推移が捉えられることが示された。

《結論》 本研究では、被験者の時々刻々変化する状態を捉えるため、ERPの長潜時成分と短潜時成分のそれぞれについて、単一応答刺激波形からERP成分を抽出する手法を提案し、シミュレーション及び実験データの解析によりその有用性を実証した。今後は、それぞれの推定法における改良とともに、得られたERP波形と生理的状态と関連性についての考察し、それによる臨床応用の可能性の検討が課題である。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

従来、微弱な誘発電位波形を得るには、多数回の刺激に対する応答波形を加算するのが一般的であったのに対し、単一刺激に対する応答波形から誘発電位を得る方法を提案した点に新規性が認められる。実際の臨床適用例を示すには至らなかったが、提案手法による実測データの解析結果により、精神状態の経時変化を把握する可能性が示された点は、本手法の有用性を実証するものとして評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。