

# 事象関連電位に基づく仮名文字黙読・照合に 関わる脳内プロセスの研究

## 学位論文内容の要旨

脳の電気活動を非侵襲的方法で観測できる事象関連電位 (Event-Related Potential ; ERP) が、近年の脳研究において、脳の情報処理プロセスを探る客観的指標として用いられている。脳の非侵襲的計測法には他にPET (Positron Emission Topography) とfMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) といった手法があるが、ERPの利点は、刺激入力から反応出力間に介在する中枢処理の時間的推移を、その時々刻々のERP変化として、ミリ秒単位で分析できるところにある。本研究は課題遂行時の被験者の行動指標である反応時間とERP計測を行うことにより仮名文字黙読・照合に関わる脳内プロセスを調べたものである。文字の照合プロセスには音韻的、形態的、意味的などの操作があることは心理学的に知られている。そこで、カタカナ文字とひらがな文字を用い、形態的には異なるが読みが同じという仮名文字の特徴を生かし、音韻的操作に注目して研究を行った。

本論文は、全体として8章から構成されおり、以下に、各章の内容を具体的に示す。

第1章では序論であり、本研究の目的と構成を述べている。

第2章では、本研究で得られた結果の理解及び考察を進める上で必要な背景を述べている。まず、自発脳波とERP成分の種類及び特性を説明し、次に短期記憶・ワーキングメモリに関する認知心理学と神経科学的研究の結果をまとめた。最後に、本研究に関連する記憶走査、記憶探索課題実験のERP研究について概括した。

第3章では、ERP計測の実験装置、方法と解析方法を述べている。

第4章は、仮名文字照合における再認課題実験に関するものである。再認課題では、サンプル刺激呈示後の一定の遅延時間の後、プローブ刺激を呈示して、被験者にはプローブ刺激が先行刺激に含まれたか否かを再認させる。文字認知、音韻的照合・判断プロセスと関連するERP成分を調べるため「記憶照合課題」とコントロール課題である「認知課題」を使い、反応時間とERP計測を別々に行った。「記憶照合課題」では、被験者にサンプル刺激を0.2秒呈示し、2~3秒遅延の後、プローブ刺激を0.2秒呈示した。2秒後被験者は合図によりプローブとサンプル刺激の中の読みの照合結果をマウスのボタン押しにより応答する。「認知課題」では、被験者にプローブ刺激だけを0.2秒呈示し、被験者はプローブ文字を理解した時ボタンを押す。

「記憶照合課題」は四つのERP成分がそれぞれ155-160ms, 225-240ms, 315-335ms, 495-580msが観測された。一方、「認知課題」では、二つのERP成分がそれぞれ155-160ms

と325-355msに観察された。そのうち315-355msにおけるERP成分は、両課題共に現れたことから文字認知プロセスに関連すると判断された。

第5章は、仮名文字照合における再生課題実験に関するものである。再生課題では、刺激を呈示した後、被験者がそれらを再生(想起)して課題遂行を行う。文字認知とその後に生じるプロセス(音韻的照合・判断)を時間的に分離する、また音韻的照合・判断プロセスに関連したERP成分を観測することを目的にして、「黙読」と「黙読・照合」両課題実験を行った。「黙読」課題では、4文字のカタカナを同時に0.3秒呈示し、被験者が黙読し終る時点でボタン押しにより黙読終了時間を計測した。「黙読・照合」課題では、サンプル刺激(3文字ひらがな)とプローブ刺激(1文字カタカナ)を同時に0.3秒呈示し、被験者が黙読して、ひらがなとカタカナの読みが一致するか否かを判断し、ボタン押しによりその時間を計測した。ERP計測ではERPデータにボタン押しに関わる運動に関連した電位の混入を防ぐため、刺激呈示して2秒後、合図によりボタン押しをするように教示した。

反応時間計測の結果から、判断終了時間が黙読終了時間により有意に長いことが分かった。ERP計測の結果については、「黙読・照合」と「黙読」両課題共に、4つのERPのピーク成分がそれぞれ125ms, 190ms, 320~345msと550~580msに観察された。また、「黙読・照合」課題では黙読終了時間と判断終了時間の間に、5つ目の陽性電位成分が1260msに観測された。両課題間のERPの差及び反応時間から、5つ目のERP成分は音韻的照合・判断を反映すると判断された。

第6章は、感覚記憶再生の反応時間計測に関するものである。黙読と音韻的照合・判断プロセスを時間的に分離する、また照合・判断前(1280ms前)のプロセスの時間経過を明らかにすることが目的である。同時呈示文字数を2, 3, 4と変化させ、各文字数に対して適切な刺激呈示時間を調べ、次に黙読開始、黙読終了と判断終了時間の計測を行った。

その結果、被験者が自然に課題遂行できる最短時間として、2文字では60ms、3文字では120ms、4文字では200msという長さが決定された。また、黙読開始に要する時間は文字数が増加してもほぼ一定であったのに対し、黙読終了と判断終了に要する時間の方は増加することが分かった。

第7章は、感覚記憶再生のERP計測に関するものである。第5と6章で創製した「黙読」と「黙読・照合」両課題を用いて反応時間とERP計測を行い、文字数変化(2~4)に伴い観測されるERP成分の意味及びそれらの成分の振幅の課題依存性について検討を行った。

ERP計測の結果では、6つのERPピーク成分がそれぞれ130-140ms, 180-200ms, 320-380ms, 490-540ms, 600-630msと850-1460msに観測された。反応時間及び各ERP成分の潜時と頭皮上電位分布(トポグラフィ)から320-380ms, 490-540ms, 600-630msと850-1460msの成分はそれぞれ文字認知、視聴覚変換・関連付け、黙読、音韻的照合・判断を反映していると判断された。また、黙読プロセスに対応するERP成分の振幅が両課題間で有意な差が観測され、この差は黙読における注意・意識等の違いを反映していると推察された。

第8章では、本論文で得られた結果を総括する。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 栗 城 眞 也  
副 査 教 授 山 本 克 之  
副 査 教 授 伊 福 部 達  
副 査 助 教 授 小 林 哲 生

学 位 論 文 題 名

## 事象関連電位に基づく仮名文字黙読・照合に 関わる脳内プロセスの研究

脳の電気活動を非侵襲的方法で観測できる事象関連電位 (Event-Related Potential ; ERP) が、近年の脳研究において、脳の情報処理プロセスを探る客観的指標として用いられている。脳の非侵襲的計測法には他にPET (Positron Emission Topography) やfMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) といった手法があるが、ERPの利点は、刺激入力から反応出力間に介在する中枢処理の時間的推移を、その時々刻々の振幅や位相の変化としてミリ秒単位で分析できるところにある。本研究は、課題遂行時の被験者の行動指標である反応時間とERP計測を行うことにより、仮名文字黙読・照合に関わる脳内プロセスを調べたものである。文字の照合プロセスには音韻的、形態的、意味的などの操作があることは心理学的に知られている。そこで、カタカナ文字とひらがな文字を用い、形態的には異なるが読みが同じという仮名文字の特徴を生かし、音韻的操作に注目して研究を行った。本研究の主な成果は以下の点に要約される。

(1) 仮名文字の黙読・照合に関わる脳内プロセスを調べるため、「黙読・照合課題」遂行に関わる処理の各段階の時間経過を被験者の反応時間の計測により検討している。そのために、黙読開始、黙読終了と判断終了時間の計測を行った。その結果、黙読開始に要する時間は文字数が増加してもほぼ一定であったのに対し、黙読終了と判断終了に要する時間の方は増加することを見出している。

(2) 仮名文字の「黙読・照合課題」及び対照となる「黙読課題」の2つの課題遂行時のERP計測を行い、脳活動を非侵襲的に検討している。その結果、潜時の順にCP1～CP6の6つのERPピーク成分がそれぞれ130-140ms, 180-200ms, 320-380ms, 490-540ms, 600-630msと850-1460msに観測された。CP1成分は前頭前野で陽性、後頭と両後側頭で陰性電位、CP2成分は前頭前野で陰性、後頭と両後側頭で陽性電位、CP3成分は頭蓋中央と前頭野中央で陽性、後頭と両後側頭で陰性電位、CP4成分は左前頭前野、左後頭と左後側頭で陽性電位、CP5成分は頭頂中央で陰性電位、CP6成分は前頭前野、左上側頭と頭頂で陽性電位である。すなわち、全電極部位にわたってCP4～CP6は単極性電位（陽性か陰性）分布であるのに対し、CP1～CP3に関しては、前頭前野及び両後側頭と後頭でそれぞれ陰性（陽性）と陽性（陰性）電位となる双極性分布であることを観測している。

(3) 反応時間及び各ERP成分の潜時と頭皮上電位分布(トポグラフィ)から320-380ms, 490-540ms, 600-630msと850-1460msの成分はそれぞれ文字認知、視聴覚変換・関連付け、黙読、音韻的照合・判断を反映したものと指摘している。著者はさらに「黙読・照合課題」と「黙読課題」間で黙読プロセスに対応するERP成分の振幅に有意な差が観測されることを見出し、この差は黙読における注意・意識等の違いを反映したものと指摘している。

以上を要するに、著者は、ERP計測と反応時間計測を行い、観察されたERP成分の解析と処理の各段階に要する時間を検討することによって仮名文字黙読・照合に関わる脳内プロセスについての新知見を得たものであり、生体工学、特に脳機能計測に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。