

氏名	玉越勢治
学位の専攻分野の名称	博士(心理学)
学位記番号	甲文第98号(文部科学省への報告番号甲第358号)
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	2011年3月3日
学位論文題目	脳波を指標とした聴覚情報処理過程に関する基礎及び応用研究
論文審査委員	(主査) 教授 八木昭宏 (副査) 教授 片山順一 小西賢三(吉備国際大学教授)

論文内容の要旨

人に光や音など刺激が与えられると、脳にその事象に関連した電位変化が生じ、脳波を解析することによって求めることができる。それは事象関連電位(ERP)と呼ばれ、刺激の特性と人の認知的な要因によって変動する。今回の論文では、音の変化に対するERPが取り上げられた。論文は、基礎研究と応用研究の2部から構成されており、第I部では、複数の実験による2つの研究から成っている。

第I部の研究1では、変化音に対して生起するERPを実験的に検討した。ERPには、聴覚情報の変化検出過程に関連した電氣的に陰性の成分が二種類ある。N1(N100)とミスマッチ陰性電位(mismatch negativity: MMN)である。N1は、従来、ピッピッピと簡潔的に継続する外的刺激によって誘発されると考えられていた。MMNは、刺激の強度や高さが突然変化すると出現する。その後、N1は、持続的に聞こえている音が突然終了した際にも生じることが見いだされた。一方、MMNは、簡潔的に継続した刺激が、途中で抜けて欠落した際にも出現する。さらにMMNは、刺激に対して注意を向けていなくても、また本人が変化に気付いていなくても、脳波の中に観察される。近年、両者は同じ成分であるという議論もなされていた。本論文では、終了時点をきっかけにして生起するN1反応をOff-N1と呼び、刺激の開始時点で出る場合にOn-N1と呼んで分析している。申請者は、MMNとOff-N1反応の違いを調べるため、刺激呈示の間隔を操作して欠落刺激に対する反応を測定した。

研究1では、ピッピッピと断続的に聞こえる音も、間隔が次第に短くなると、ピーと連続した音として知覚される。この時間間隔の境界は25ms程度である。本論文では、この特性を利用し、連続音の中の欠落刺激と断続音の中の欠落刺激、それぞれに対する電位を比較した。本論文では前者の連続音では区切りと呼び、後者の断続音では、「欠落」と呼んでいる。刺激の終了時点で出現するOff-N1が欠落に対する反応であるなら、区切れでも欠落でも同様な反応が得られると仮定した。間隔を操作した実験で両者に違いが得られるなら、N1成分はMMNとは異なることになる。実験の結果150ms以下の呈示間隔の中に挿入された欠落刺激について、陰性電位が確認された。さらに欠落事態に対して出現するN1成分とMMNは区切りか欠落かという事態の違いを反映する異なる成分であることが示された。

申請者は、さらに、刺激の欠落に対する検出や照合過程は、音圧の変化に基づくのか、入力される刺激の構造の変化に基づくのかについて検討した。その結果、欠落刺激の検出には、記憶の痕跡と、入力される情報の構造の変化に基づいて行われていることが示された。これらの結果より、刺激欠落に対する反応はMMN特有のものであることが明らかになった。さらに、N1成分は、MMNとは、変動の仕方が異なっ

た。それを説明するため、その聴覚情報処理の機構として時間統合窓（Temporal Window of Integration : TWI）のプロセスを議論した。

研究2では、定常的に提示される継続した音刺激による脳電位（Steady-State Response : SSR）を指標として、TWIと入力情報の不応期について検討した。研究2-1では研究1の結果における注意の効果を検討されたが、その効果は認められず、課題依存のものではないことを明らかにした。研究2-2では欠落事態が生じさせる反応の特異性について、アンプのフィルターの設定を変え、計測上の影響と考えられる諸効果を検討した。その結果、ERPは、SSRと異なる特性を反映した電位変動であることを明らかにした。

そこで研究2-3においては、刺激欠落の条件と、刺激オンセットを含まない周波数に変化する条件を用いて、SSRの減衰過程より、TWIの形成と入力情報不応期について検討した。その結果、N1の不応期が見られる潜時帯ではSSRの減衰が認められた。これらの結果から、TWIの照合過程において、入力情報に対する処理が働き難いことが明らかにされた。

以上のように、断続音系列に挿入された欠落刺激は、ある程度短い間隔で刺激が呈示されていないとMMNは出現しない。今回の実験では150ms以内でMMNが出現した。この時間の違いによる照合過程の差を検討した。MMNは先行刺激の形成する記憶痕跡と、入力情報との変化が反映すると考えられている。申請者の実験では、その構造の変化によってMMNは出現したと結論付けた。聴覚系は、ある時間範囲で区切ったTWI情報として処理をしている。そのためMMNはTWIの特徴を検討する指標となると考えられる。

欠落刺激によってMMNを観察するには、短い呈示間隔での刺激呈示が必要条件となる。刺激が150ms以内の間隔で入力される場合、先行刺激と後続刺激の二つの刺激がペアとなってTWIに統合される。一方、欠落刺激は刺激がペアとならないため、その違いに基づいて検出される。TWIの時間長を超える呈示間隔であると、刺激一つが一つのTWIに収まり、ペアとして統合されることはない。刺激欠落では、刺激が入力されないためTWIは形成されない。結果的に刺激欠落に対してMMNの反応が生じなくなるのである。申請者の実験結果では、その照合は音圧の変化を検出しているのではなく、ペアか、そうでないかという情報の構造を照合していることが示された。

第II部では、日常的な場面で、ERPを応用した研究を実施した。近年、自然物や自然環境が人に対して健康的な影響を与えることが注目されるようになってきた。視覚刺激として、自然的要素を有する暖炉の炎を用い、聴覚弁別課題に対するERPを用いて、炎に対する注意に関して時系列の効果を検討した。実験では、日常的な暖炉の火を見ている際の注意状態を測定するため、二重作業法により、炎と無関係な音刺激をプローブ刺激として用いた。具体的には、炎に対する注意状態を調べるため、炎と関係の無い音刺激を与え、反応指標として注意によって変動するP3成分、及び自動的な逸脱弁別過程を反映するMMN/N2b (N2)成分の変動を測定した。その結果、音刺激に対するN2成分の振幅が、セッションの進行に伴って低下した。この結果は、自動的な弁別過程が炎に向けて働くことを示している。一方、行動指標や、音の変化を意識した場合に出現するP3成分には顕著な変化は認められなかった。主観評価より眠気の増大が見られ、 α 波の増大も認められたが、実際に睡眠状態となった参加者は認められなかった。以上の結果より、炎が奪う注意は前注意過程における自動的な弁別処理であること結論している。この研究成果は、P3以外の事ERPの陰性成分が、実際の生活場面でも応用可能なことを示唆している。

論文審査結果の要旨

玉越勢治氏は、関西学院大学の学部より主査のゼミに所属し、大学院に進学した。博士課程、前期課程と後期課程を修了し、その後、研究員として研究と教育活動を続けてきた。氏の主な研究テーマは、聴覚

における事象関連電位の特性の解析と、事象関連電位計測技術の応用である。事象関連電位は、脳波の中に混在する脳の電位変動で、音刺激の強度、高さ、持続時間などの刺激特性や、聞く人の注意や記憶など認知的な要因によって、いくつかの種類に分類される。今回、取り上げられたのは、継続してきた刺激が、突然変化した際に生じる陰性の電位と、P300と呼ばれる正の電位成分である。陰性の成分には、N1と呼ばれる成分と、ミスマッチネガティビティ (mismatch negativity: MMN) と呼ばれる二つの脳電位がある。

本論文は、2部より構成され、第1部では、変化音に関するN1とMMNの特性が、分析されている。第2部では、事象関連電位を日常現場での注意に関する研究に適用し、P300と陰性電位の研究をおこなった。

第1部では、2つの研究で陰性成分の特性について詳細な分析を行っている。当初、N1は、刺激のオンセットで生じ、刺激変化に応じて出現する電位と考えられてきた。一方MMNは、刺激の変化によって出現する電位で、その両者は異なった電位として扱われてきた。しかし、近年、N1が音の終了時に出現することや、連続してピッピッと提示される断続音が、途中で突然抜けるとMMNが出現する現象が報告され、両者が同一の成分ではないかとの議論が高まっていた。

玉越氏は研究1で、継続音と断続音を刺激とし、その途中で無作為に、音を抜くという操作を加えた。継続音の区切りによりN1が生起し、断続音系列中の欠落ではMMNが生じることを明らかにした。その結果を元に、脳内における処理過程を考察している。また、研究2では、広い意味で事象関連電位に分類されている定常脳電位 (steady state response: SSR) を指標にして、ERPとSSRの比較研究をおこなった。特に、フィルターなど分析法に工夫して詳細に分析した。その結果、刺激が連続的に入力されてくる場合に、認知的にも神経的にも不能期があるという結果を得た。その結果に対して、脳内での音刺激に対する情報処理の一定の時間窓があり、その時間との関係で処理が行われ難くなることを考察している。また、注意の効果を検討したが、その効果は認められず、課題依存のものではないことを明らかにした。

第2部では、実際の生活場面での注意の測定を目的として、ERPのユニークな応用研究を行った。近年、自然物や環境が人の感情や認知に及ぼす影響が話題になっている。自然物に関連するものとして、人が暖炉の火を見ている場面を設定した。炎を見ているときの注意と感情の変化を、事象関連電位のP300、MMNと脳波、心拍などの生理反応と、質問紙による心理評価を用いて分析した。今回は、炎を見ている時に別途、音刺激を提示し、その刺激に対するERPを測定するという、いわゆる二重作業法によって検討した。その結果、音刺激に対する自動的な脳の弁別処理機能を反映する成分が、10分以上経過した段階から減衰することを明らかにした。日常生活場面へERP計測技術の応用は、P300が主であった。今回の研究成果は、まだ意識に上らない前注意と呼ばれる過程の研究が、ERPの他の成分でも、実際場面にも応用できることを示した。このように、他の電位成分も応用しようという意欲は評価できる。

以上の研究成果は、すでに、国内外の学会で発表しており、その一部は、複数の国際誌に投稿誌し、受理されている。申請者の玉越氏は、本大学院文学研究科の後期課程に進学後も、規定に従って2004年12月10日に論文計画書が承認され、2010年2月26日に予備論文、また2010年12月15日に受理審査を合格している。玉越氏の論文内容と、これまでに行ってきた国際的な学術誌での成果の出版、国内外での学会発表などの学術的活動、さらに、2011年1月22日に総合心理学専攻主催として開催された博士論文発表会での発表内容、その後に行われた口頭試問の結果から判断して、玉越勢治氏が、博士学位(心理学)を授与するにふさわしいと、審査員一同判断したので報告する。