

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：34431

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13519

研究課題名(和文)脳波を用いた外国語能力評価方法の確立

研究課題名(英文)Electrophysiological assessment of abilities in a foreign language.

研究代表者

松本 敦(Matsumoto, Atsushi)

関西福祉科学大学・心理科学部・講師

研究者番号：20588462

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では脳波を用いて外国語能力の評価を行うことの可能性を検討した。特に単語に対して惹起するN400と呼ばれる脳波成分の反応は参加者の外国語能力により線形に変化し、この成分からの評価の可能性を示した。また、自然な外国語スピーチに対する反応からの脳波成分の抽出にも成功し、外国語能力が高い参加者では外国語の音素に対する反応が、より構造化していることが示され、この結果を用いての外国語能力評価の可能性をしめした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、外国語学習をどのように正確に評価し、その能力を判断していくのかという問題はますます重要性を増しているように思える。これまでの外国語能力の評価は主にペーパーテストにより行われてきた。言うまでもなく、ペーパーテストによる外国語能力評価は評価法のゴールデンスタンダードではあるが欠点があることも事実である。本研究の結果を応用することで、「どの程度」理解しているかなどの定量的な評価問題を設定せず、聞いているだけで理解の程度を評価し、音声を聞いているだけで「単語レベル」、「文法レベル」、「音素聞き取りレベル」などを独立に評価することが可能になる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In order to develop a method that can objectively evaluate foreign language proficiency by using brain activities, we measured EEG while subjects were listening congruous or incongruous words with preceding pictures. The N400 effect, the amplitude when processing incongruous words subtracted from the one when processing congruous words, had significant correlation with test scores.

The EEG responses to 38 phonemes and words were estimated and these responses were compared between the proficient English group and the non-proficient English group. The EEG responses were different according to the type of phonemes in the proficient group, whereas these differences were not observed in the non-proficient group. The result shows that these responses are useful to objectively evaluate vocabulary level of foreign language.

研究分野：生理心理学

キーワード：脳波 外国語能力

1. 研究開始当初の背景

これまでの研究により、言語処理の関連することが明らかになっている ERP 成分は主に 3 つ考えられている。意識的な意味表象へのアクセスを反映する N400 と呼ばれる成分で、文章などの意味的逸脱に対して惹起する。例えば、At the restaurant, I ate a という文章が一語ずつ呈示された場合、最後に book という意味的に逸脱した(誤った)単語が呈示された場合、book の呈示に対して生起(惹起)する。もう一つの成分は LAN と呼ばれる成分であり、文章中の文法的な逸脱(過ち)に対して前頭部に刺激呈示後 250ms 程度から惹起する。この成分は自動的な文法処理を反映していると考えられている。最後の成分は P600 と呼ばれる成分で文法的な逸脱に対して惹起する。この成分は LAN よりも遅く惹起し、意識的な文法処理を反映すると考えられている。これらの成分が第 2 言語習得に関してどのようにふるまうかはいくつかの研究がある。Ojima et al. (2005)では英語の母語話者、英語力の高い日本人、英語力の低い日本人の英語文章に対する脳波の反応を記録した。その結果、意味的逸脱に対して惹起する N400 は英語能力に関わらずその振幅の大きさは変わらなかったが、英語能力が高いほど N400 の頂点潜時が早くなっていた。この結果は N400 の振る舞いから英語能力が推定できる可能性を示している。また、文法的逸脱に関しては自動的な文法処理を反映する LAN が母語話者と高英語力の日本人のみにおいて観察され低英語力の日本人では観察されなかった。また、P600 は母語話者のみで観察され日本人では観察されなかった。この結果は英語の熟達度によって脳の反応が違ふことを示している。

2. 研究の目的

これまでの研究では英語をはじめとする第 2 言語の習得度と ERP の定性的な変化を示す研究しか存在していない。例えば先に示したように英語能力の高低による ERP 成分の振る舞いの違いを示している。しかし、本研究の最終的な目的は ERP 成分の振る舞いから個人レベルでの第 2 言語能力を評価する事である。そのために、ERP 成分からどの程度第 2 外国語能力が予測できるのかを一般線形モデルを用いた解析によって定量的に評価することを目的とする。また、ペーパーテストでは測れない脳活動を検討するために外国語母語話者の脳活動との相関を指標としていく。成果が得られた場合には子供の英語学習評価に対して適用できるのかどうかを実際に英語学習中の子供から脳波を計測して検討していく。最終的には子供から大人まで簡便な課題と計測で外国語能力が評価できる計測システムと解析システムを構築することが目的である。

本研究の最大の特徴はこれまでペーパーテストで行われてきた英語能力の評価をまた違った観点から行える可能性を示すことである。脳波で外国語能力を評価するメリットは主に 2 つであると考えている。

(1) ペーパーテストに反映されない潜在的な理解の程度を視覚化できる。例えば、ある 2 つの単語の意味が答えられたとしてもその定着度は異なるかもしれない。脳波ではその定着度を可視化できる可能性がある。反対に答えられない問題であっても、その理解の程度が違う可能性があるがそれも可視化することが出来るだろう。また、どんなにペーパーテストで点数を取ったとしても母語話者と同じように処理を行っているのかは判然としないが、脳活動を比較することでどの程度同じなのかを評価できる可能性がある。

(2) 刺激に対する反応を求めなくても理解度が反映される。ペーパーテストでは、例えば文章に対してどのような問題を用意するかは大きな問題だが、脳波では課題を設けず、ただ文章や単語を見ているだけで理解の程度を評価できる。これは、例えば児童などの外国語理解を評価する際には大きな利点がある。また、fMRI や MEG など様々な脳機能計測がある中で脳波を用いた利点も簡便性であり、児童からも比較的簡単、安全に計測ができる。申請者の所属する情報通信研究機構で開発された簡単に計測できる簡易脳波計で計測することにより様々な企業や研究機関、教育機関で気軽に計測を行い、外国語能力を評価できるような評価法を確立していきたい。こういった新しい評価法は新しい外国語学習の発達のためには必要不可欠なものであると考えている。

3. 研究の方法

実験 1 では特に意味的逸脱をより簡便な方法にして N400 を用いて評価することを目的にしていく。絵とその単語を表す単語を同時に呈示し、その時の脳波を記録する。実験参加児童は何もせずに呈示される絵を見て、単語を聞いている。文章中の逸脱だけでなく、呈示された絵と名称の逸脱に対しても N400 などの成分が惹起することが知られている。そこで、本実験でも呈示された絵と名称の不一致に対して惹起する N400 の振幅と潜時を指標として一般的な英語テストの点との関連性を調査した。英語能力の高低によって N400 がどのように変化するのかを見極め、N400 の動向から英語能力を評価する可能性を探った。

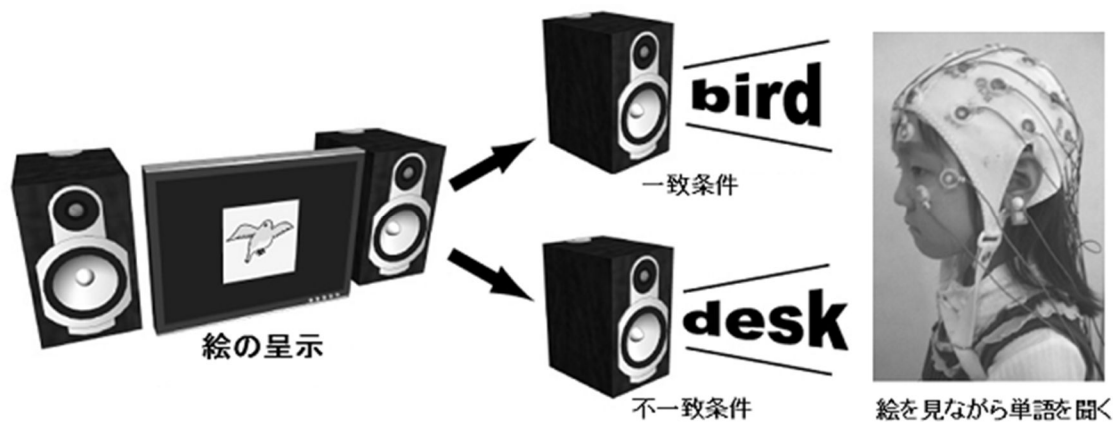


図1 刺激の呈示方法

ERPの研究では特定の刺激に対する反応を計測するために刺激を時間軸上で離散的に（刺激を一定間隔をおいて）呈示することが常であった。例えば特定の単語に対する脳波の反応を記録しようと思った場合、文章の単語を1秒間隔で呈示するなどの方法がとられてきた。これはターゲットの前後の単語に対する反応が混入しないようにするために行われる手法だが、このような離散的な呈示手法では多くの単語が連続的に出現する現実の聞き取りとは状況がかい離しており、現実環境の外国語能力を反映しているのかという指摘は古くから成されてきた。近年の信号解析技術の向上により重畳する複数の脳波成分を分離することが可能となってきた。具体的には一般線形モデル（重回帰モデル：GLM）を用いて時間的に混合した脳波信号を分離する手法である。実験2ではこの手法を用いて、自然な会話やスピーチ音声を聞かせることによって発生する脳波信号から、音声が含まれている様々な要素（例えば、単語、音素、強弱）に反応する脳波反応を吟味し、その反応から外国語能力を予測することを試みた。

4. 研究成果

実験1の結果から、聞こえてくる音声と呈示されている絵が一致しない時に惹起されるN400は英語の能力が高いほど大きくなること示された。図2の(a)では実験参加者を英語能力を基に3つの群に分け単語に対するN400を示したものである。赤線は不一致条件の時の波形を、青線は一致条件の時の波形を表している。これを見れば明らかなように英語能力が高い参加者では不一致条件と一致条件でN400の差が大きく観察されているのに対し、低い参加者では差がはっきりしていない。また(b)では一致条件と不一致条件のN400における電位の差と英語テ

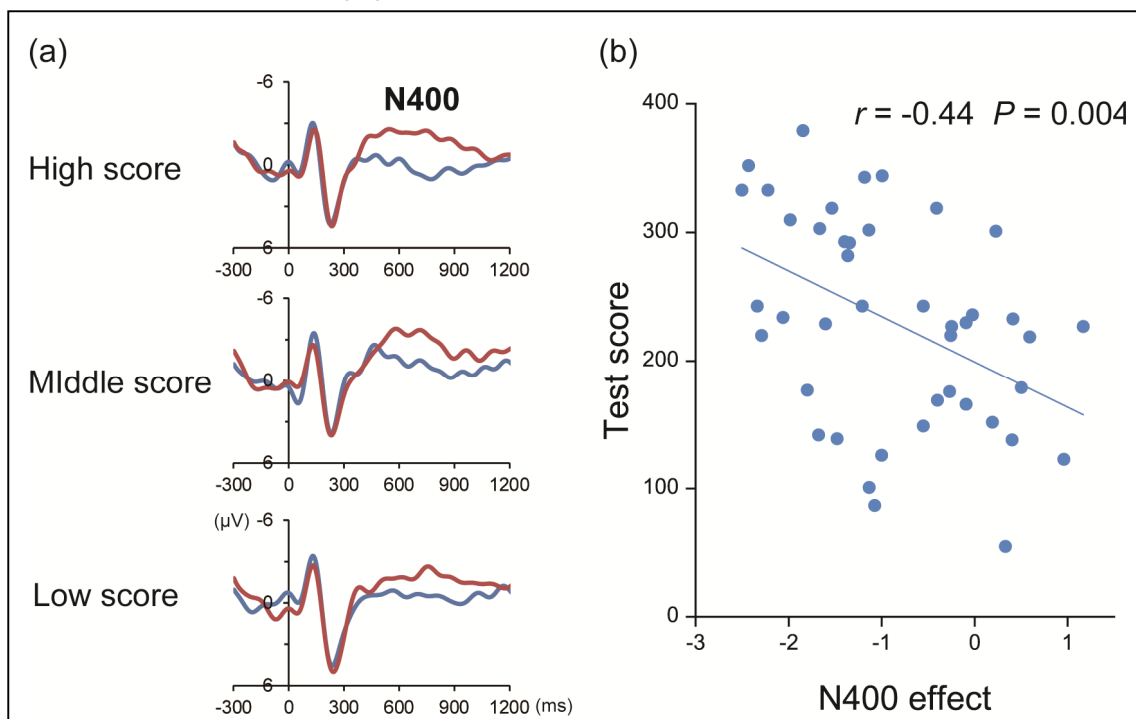


図2 N400と英語能力の関係

ストの関係性をプロットした。これを見ると英語テストの点数と N400 の効果に有意な相関関係が存在していることがはっきりとわかる。これらの結果は N400 が英語能力を反映し、N400 から英語能力の評価ができる可能性を示唆している。

MDS(多次元尺度構成法)による配置(子音)

各マーカ―が一つの音素と対応する

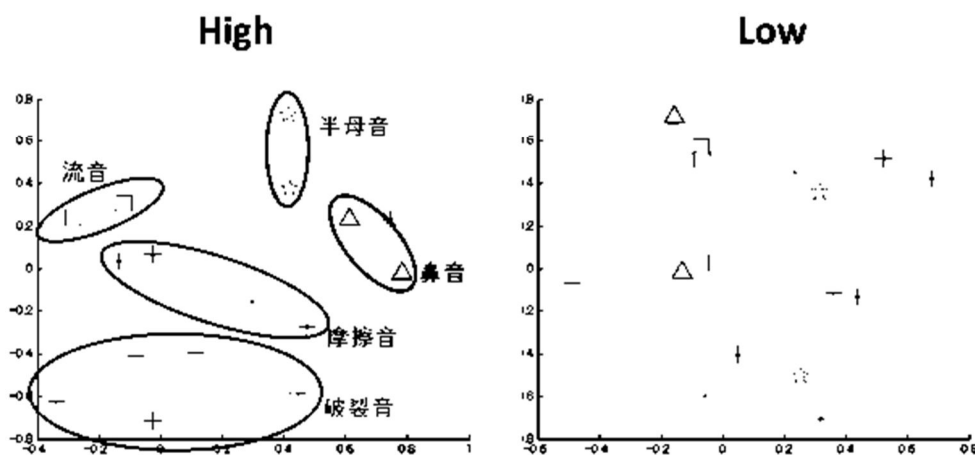


図3 子音に対する反応の配置図

実験2は母語を日本語とする健常成人者60名が参加した。オンラインのリスニングテストのスコアから、英語高習熟能力高群(30名)30名と低習熟群(30名)に30名分類した。実験参加者は絵の呈示後に流れる英語の会話音声聞き、会話の最後の部分として適切な文章を三択で回答した。問題は全部で10問だった。会話音声文章に含まれるから6つの要素(エンベロープ、音素オンセット、会話オンセット、文章オンセット、内容内用語オンセット、機能語オンセット)に対するモデルを構築し、リッジ回帰を用いた重回帰分析により各要素に対する Time response function (TRF)を算出した。

得られた TRF から、全ての音素に対する反応の相関分析を行い、脳波の反応が各音素間でどれほど似ているかを定量化した。さらに、子音に関して得られた相関マトリックスを多次元尺度構成法(MDS)を用いて2次元空間上にプロットした(図3)。

図3からわかるように、高習熟能力群では破裂音、摩擦音など子音の種類に応じてクラスター化されているが、低習熟能力群ではクラスター化が十分ではない。このことは高習熟能力者は子音を聞き分け、その脳反応が異なっているが、低習熟能力者ではそうではないことを示唆している。

また、単語に対する反応を見てみると、低習熟能力群と比較して高習熟能力群では単語発声後200ms近辺の反応が大きく、またその潜時も50msほど短早かった。このことは低群に対して高群では単語に対する処理は素早く、そして深く行われていることを示している。

また、全部で30個ある会話文に対する反応のうち、29個の会話に対する反応から各音素や単語に対する反応を推測し、その推測されたパラメータから残り一つの会話に対する脳波活動を予測した。その結果、予測された脳波と実際に計測された脳波が低群($r=0.179$)と比較して高群($r=0.348$)では有意に相関が高かったことが示された。

実験2の結果から、高い英語に習熟した能力を持つ参加者は子音音素に対する反応が子音の種類ごとに異なっており、子音を系統的に的確に処理していることが明らかになった。これは、母語ではない言語の音素に対する反応の可塑性を示しており、学習することで音素の聞き取りに対する反応が改善、変容しうることを示している。また、低習熟能力者で単語に対する初期の反応が遅く小さかったのは音素の聞き取りが十分でないため、単語の意味表象へのアクセスが遅れ、十分な処理が出来なかったためと考えることができる。

英語能力低習熟群で予測の脳波と実際の脳波の相関が低かったことは、低群と高群で脳波反応を説明するモデルが異なっている可能性を示しており、異なったモデルで検討する必要があると考えられる。

本研究の結果は、脳波を用いてリスニング力などの外国語能力を評価できる可能性を示しており、新しい外国語習熟度能力評価法の確立に寄与しうるものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Atsushi Matsumoto, Junichi Katayama, Shiro Ojima, Yasushi Naruse, Aya S. Ihara
2. 発表標題 Electrophysiological responses to natural conversations in a foreign language.
3. 学会等名 第41回日本神経科学学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本敦, 片山順一, 尾島司郎, 成瀬康, 井原綾
2. 発表標題 英語のNatural Speechに対する脳波反応への習熟効果
3. 学会等名 第82回日本心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本敦, 尾島司郎, 片山順一, 佐々木彩葉, 成瀬康, 井原綾
2. 発表標題 脳波を用いた外国語能力評価の試み
3. 学会等名 第35回日本生理心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本敦, 尾島司郎, 片山順一, 佐々木彩葉, 成瀬康, 井原綾
2. 発表標題 脳波を用いた外国語能力評価
3. 学会等名 第81回日本心理学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 脳活動を利用した語学能力評価装置、及び語学能力評価システム	発明者 松本敦、井原綾、 成瀬康	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-011431	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----