

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：34431

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K00765

研究課題名（和文）外国語の自然なスピーチに対する脳波反応を用いた外国語能力評価法の確立

研究課題名（英文）Establishment of a method for evaluating ability for listening of foreign language using EEG responses to spontaneous speech.

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では自然な発話刺激を聴取している際の脳波を記録し発話中の単語等に対する脳波反応を特定した。聴取者の外国語能力の差異によって脳波の反応がどう異なるのかを検討した結果、P2成分やN400成分などの脳波反応の振幅や潜時が聴取者の外国語聞き取り能力によって変化することが示された。また、これらの脳波反応を特徴量とする統計的モデルを構築し、その統計モデルから聴取者の外国語聞き取り能力をどの程度予測できるのかを検討したところ、予測値と実測値の相関係数は0.51となり、精度をもった統計モデルを構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳波を用いた先行研究では主に脳波の一部である事象関連電位（ERP）が用いられてきた。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呈示することが常であった。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。本研究の結果は自然な音声に対する理解力を客観的に脳波から評価できるようになる可能性を示唆する点において重要であると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we recorded electroencephalogram (EEG) responses while listening to natural speech stimuli and identified EEG responses to words in speeches. The results showed that the amplitude and latency of EEG responses such as P2 and N400 components varied depending on the listener's foreign language listening ability. The correlation coefficient between the predicted and measured values was 0.51.

研究分野：認知神経科学

キーワード：脳波 外国語能力評価 一般線形モデル

1. 研究開始当初の背景

今日、グローバル化の波はあらゆる分野に押し寄せ、外国語学習の重要性は増すばかりである。大学入試においても読む、書くだけでなく聞く、話すという4技能の能力を評価しようという試みが行われるようになってきている。また、いくつかの国内企業では英語の公用語化が行われるようになってきた。そんな中で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ドスタンダードではあるが、以下のような欠点があることも事実である。

理解しているかどうかという決定が問題に正解するか不正解かという二分法によってきまってしまうことがあり得る。

試験問題の設定などテストを行う上で重要な変数の調整が難しい。

単語レベルの理解、文法レベルの理解などの切り分けの難しさ

しかし近年、神経科学の長足の進歩により、言語能力を脳活動から評価することの下地が整ってきた。脳活動から評価を行うことで上記のような問題に対して対処できる可能性が考えられる。つまり、脳活動を用いた評価方法を確立することにより、

「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

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

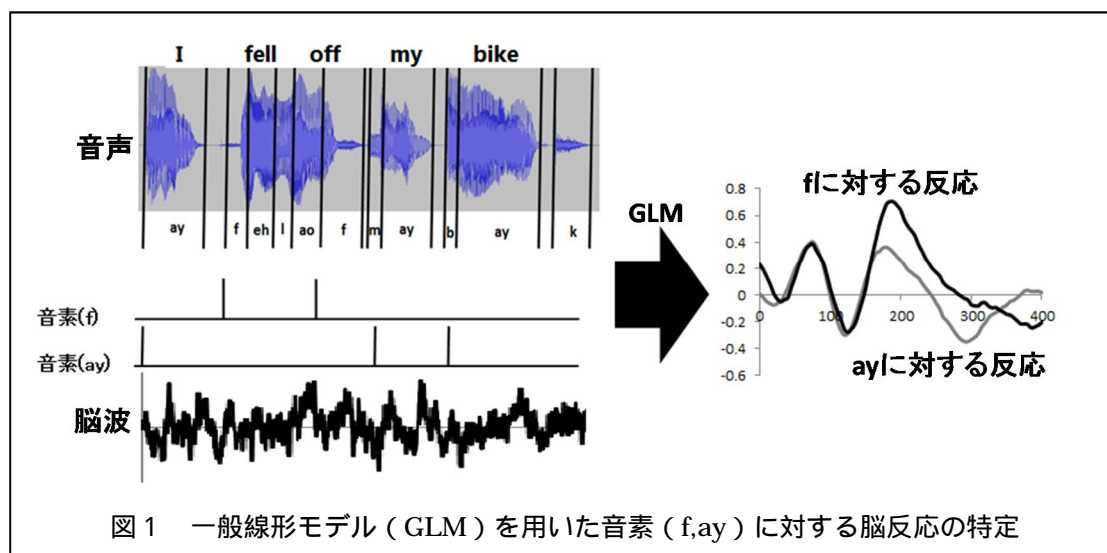
することが可能になると考えている。

本研究では特に脳波を用いて外国語能力を評価する手法を確立することを目的とした。

2. 研究の目的

脳活動を用いて外国語能力の評価を行おうと考えた場合、装置や計測のコストを考えると、実用化には脳波を用いて行うのが現実的であると考えられる。そこで本研究では脳波を用いた外国語能力評価を試みた。

これまでの研究において外国語の能力と脳波の反応はいくつかの研究で行われている。先行研究では主に脳波の一部である事象関連電位(ERP)が用いられてきた。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(刺激を一定間隔を置いて)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)を用いて時間的に線形に混合した脳波信号を分離する手法である(図1を参照)。本研究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る。この手法を用いるこ

とで自然な音声に対する理解力を評価できるようになるという点が本研究のもっともすぐれた強みであると考えている。

また、大規模（数百人）のデータを集めることによって脳波反応をデータベース化しそのデータベースを基に構築された統計的なモデルから、新しく計測されたデータの外国語能力を予測することが可能になる。

3. 研究の方法

自然なスピーチを聞いている際の脳波を異なった外国語(英語)能力をもった実験参加者から計測し、一般線形モデルを用いて文章の持つ様々な要素に対する脳波反応を特定した。実験参加者は流れてくる英語音声を聞き取り、理解しようするだけで特に課題は求めなかった。一般線形モデルを用いた解析法を使い、脳波上で混合している様々な要素に対する反応を分離した。具体的には、音素(子音 k, r, n, 母音 a, i など)に対する反応、単語の品詞(名詞、前置詞など)、スピーチの文脈、単語間の音素の linking などに対する反応を同定した。これらの反応が外国語能力によってどのように変化していくのかをデータから概観した。

また、明らかになった結果から、外国語能力を反映するいくつかの脳波成分が特定できたので、様々な外国語能力を持つ多くの実験参加者から計測し、ターゲットとなる成分の反応をデータベース化する。実験参加者は 205 名であった。データベース化した脳波反応から機械学習手法(LASSO 回帰)を用いて統計モデルを構築した。この統計モデルからどの程度参加者の外国語能力が予測できるのかを検討した。

また、外国語母語話者から同様の課題を用いて脳波を計測し、外国語母語話者と日本語母語話者との比較を中心に検討した。課題、脳波計測などは実験 1 と同様に行い、取得された脳波から外国語母語話者の特性を明らかにすることを目的とした。

4. 研究成果

実験の結果から自然な音声を聞いている際の単語に対する複数の脳波成分がペーパーテストによる外国語能力の高低と関連していることが明らかになった。自然な音声の中の単語に対する N1 成分、P2 成分、N400 成分などの脳波成分はその振幅の大きさや潜時に関して外国語能力高群と低群と違いがあった。

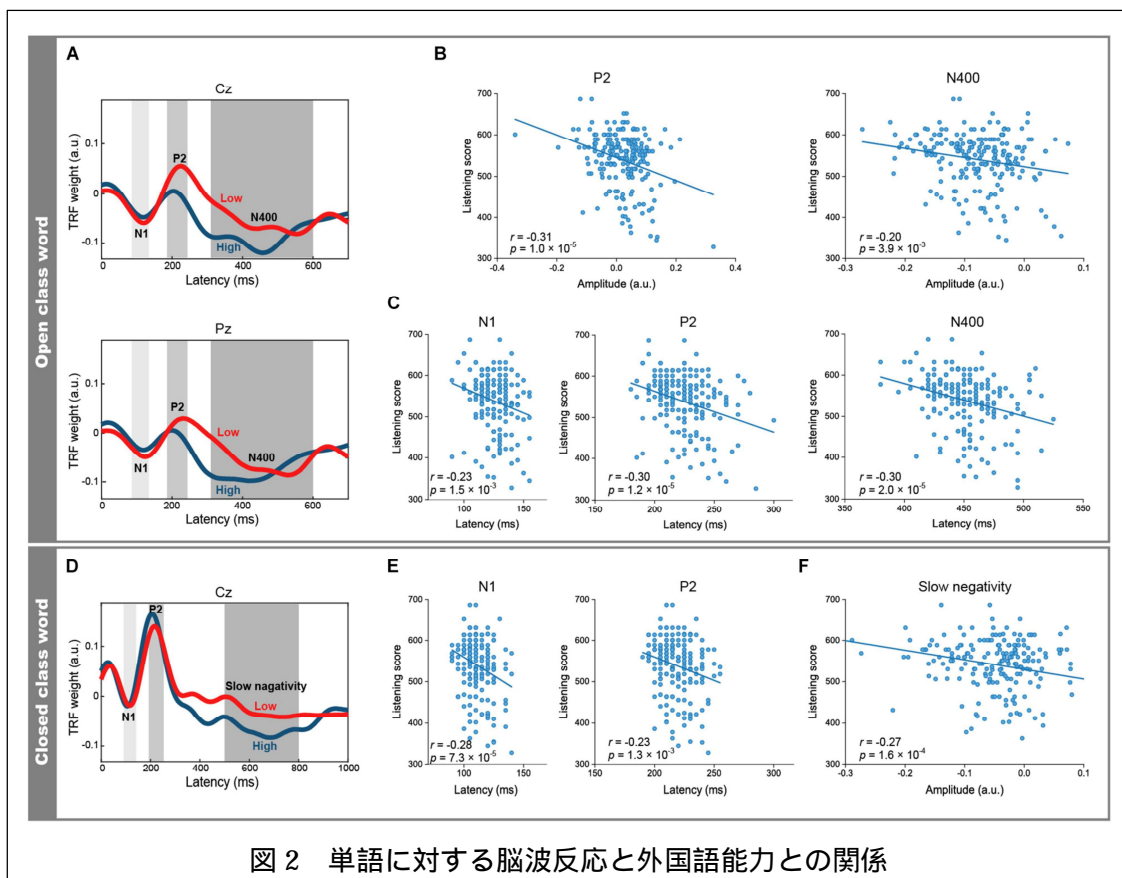


図 2 単語に対する脳波反応と外国語能力との関係

また、これらの成分と外国語能力との間には有意な相関関係が観察され、関連があることが示された。特に P2 成分の振幅や N400 成分の潜時に関して相関が大きかった(図 2)。また、品詞別で見たときには一般名詞に対する N400 成分の潜時と外国語能力との相関が大きかった。

これら観測された複数の特徴量を利用して脳波反応から外国語能力を予測する統計モデルを構築した。構築に当たっては LASSO 回帰を用いた。その結果、構築されたモデルによって予測された外国語能力と実際の外国語能力の相関係数は0.51であり統計的にも有意であった(図3)。このことはこの統計モデルからある程度外国語能力が予測できる可能性があることを示唆して

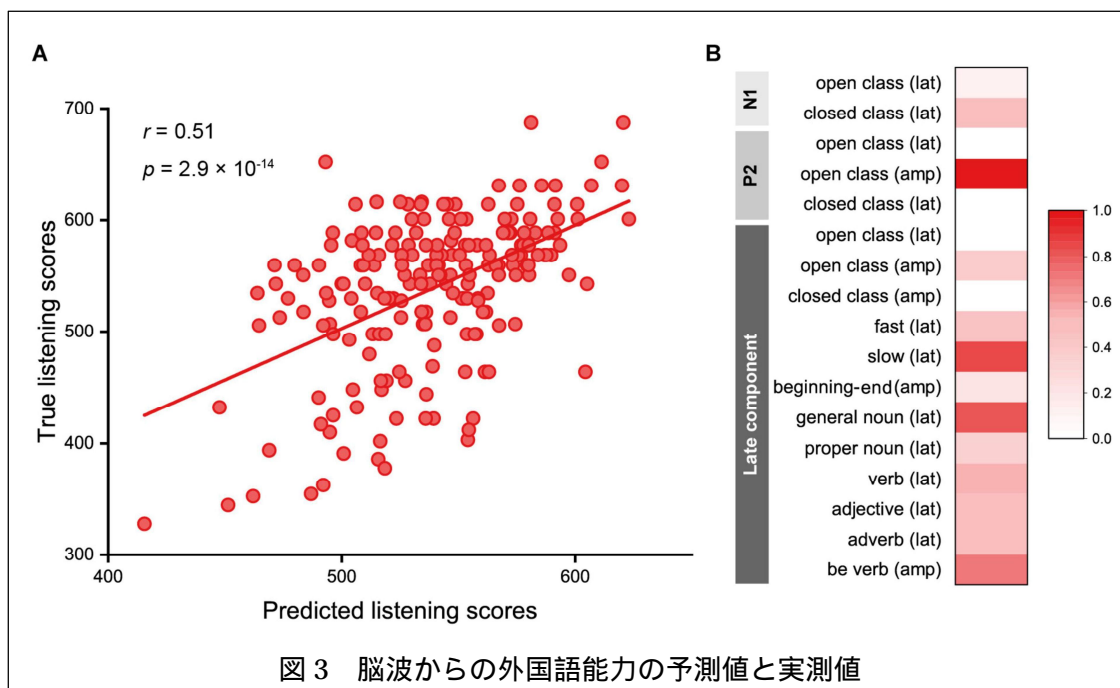


図3 脳波からの外国語能力の予測値と実測値

いる。

また、同様の音声を外国語の Native 話者に対して提示し、その時の脳波を記録した。日本人の外国語能力高能力者と比較して、Native 話者では冠詞や前置詞、代名詞などの単語に対しても意味処理を反映する N400 成分が惹起していることが観察された。このことは Native 話者はこういった品詞の単語に対しても意味的処理が行われていることが示された。対照的に日本語話者では高能力者であってもこの成分は観察されなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ihara AS, Matsumoto A, Ojima S, Katayama J, Nakamura K, Yokota Y, Watanabe H and Naruse Y	4. 巻 15
2. 論文標題 Prediction of Second Language Proficiency Based on Electroencephalographic Signals Measured While Listening to Natural Speech	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2021.665809	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Matsumoto A, Soshi T, Fujimaki N, Ihara AS.	4. 巻 11
2. 論文標題 Distinctive responses in anterior temporal lobe and ventrolateral prefrontal cortex during categorization of semantic information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-92726-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------