

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03026

研究課題名(和文) Society5.0指向英単語学習システムのための脳波による習熟度推定手法の開発

研究課題名(英文) Development of EEG proficiency estimation method for society5.0 oriented English word learning system

研究代表者

秋元 頼孝 (Akimoto, Yoritaka)

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：00555245

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、大学生・大学院生を対象とし、提示された英単語に対して知っているかどうかを判断する課題を複数日数にわたって行い、脳活動の変化を簡易脳波計を用いて計測した。実験の結果、簡単な英単語と難しい英単語に対する脳反応がシータ帯域やベータ帯域で異なること、約10日間の英単語提示により、難しい英単語のうち実験参加者が記憶した英単語に対する脳反応が、簡単な英単語に対する脳反応に近づいていくことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で行った実験は、2秒間提示される英単語に対してその意味を知っているかを判断し、その後の2秒間で英単語の意味を日本語で2秒間提示するという、非常に簡単なものである。一回の実験では一つの単語は一度しか提示されないため、一つの英単語に対する学習時間は、日本語で提示された意味の時間を含めても9日間の実験で合計40秒弱と極めて短い。しかし、実験結果は、このような短時間の提示であっても回数を重ねることで徐々に記憶されていくこと、それに対応して脳波も徐々に変わることを示している。したがって、本研究の結果は、分散学習の有用性を脳波という客観的な証拠と共に示している。

研究成果の概要(英文)：In this study, undergraduate and graduate students were asked to judge whether they knew a given English word over several days, and changes in brain activity were measured using a cost-effective electroencephalograph. The results showed that the brain responses to easy and difficult English words differed in the theta and beta bands, and that the brain responses to difficult English words memorized by the participants became similar to that of easy English words after 10 days of English word presentation.

研究分野：認知心理学

キーワード：英単語 記憶 脳波 分散学習

## 1. 研究開始当初の背景

近年、身の回りに存在する様々なデータを大量に収集し、機械学習等の情報技術を用いて解析して活用することにより、仮想空間と現実空間が高度に融合され、社会に革新的な変化が起きるといわれる将来像(Society 5.0)が提示されている。また、様々な生体情報デバイスの低価格化が進んでおり、日常生活でのその活用も現実味を帯びてきた。さらに、脳波計によるニューロフィードバックの手法を使って L/R の聞き分け能力を向上させる技術など、生体情報を解析し教育等に応用する研究も行われるようになってきている。

近年の語学教育では様々な教育法が開発され、より実践的な語学力を育成する努力がなされているが、如何なる場合でも基礎となる語彙力の向上は必要である。特に、複数人が参加する会話場面では対一の場面と違い何度も聞き返すことができないため、即座に意味が理解できるレベルで語彙が記憶に定着している必要がある。語彙学習は繰り返しが必要なため e-Learning に向いており、また、その際の脳活動データを簡易に測定することができれば、Society 5.0 で示されるようなビックデータを活用した効率的な学習方法を開発することができるのではないかと考えられる。しかし、脳活動計測には手間がかかり、また、英単語に対する脳反応と学習状態の関係に関する基礎的知見はまだ明らかとなっていない。

## 2. 研究の目的

当初の研究計画では、装着が容易な簡易脳波計を用いることで多数回の脳波計測を実現することで、(a)英語語彙力の違い(個人間の違い)により英単語への脳反応はどのように異なるのか？(b)英単語の記憶への定着に伴い脳反応がどのように変化するのか？という2つの問いを明らかにすることを目的としていた。また、実験により得られた大量の脳波データを活用することにより、脳反応から英単語習熟度推定を行う手法を開発することを目的としていた。

しかしながら、研究期間の2年目前半はコロナ禍のため大学が完全オンラインになるなど、十分に実験ができない状況になってしまった。そのため十分な数の実験参加者の確保が困難となり、(a)英語語彙力の違い(個人間の違い)について直接検討することは困難であると考えられたため、「(a')簡単な英単語と難しい英単語に対する脳反応がどのように異なるのか」という問いに置き換えて検討することとした。

また、初年度に収集した脳波データで、機械学習を用いて未記憶の英単語と記憶済みの英単語の判別を行ったが、データ量が不足しているためか、判別精度を約70%から大幅に向上させる見込みを立てることができなかった。そのため、英単語を視覚呈示した場合における記憶に関する実験に加えて、英単語を聴覚呈示した場合の記憶に関する実験を行うことを検討した。しかし、本研究計画で購入し実験に使用した簡易脳波計(Emotiv社製EPOC X)が、英単語を聴覚呈示する実験に使用可能であるかが不明であったため、まずは、言語とよく対比され、かつ類似性も指摘される音楽(ピアノ演奏)を題材として、同様に学習により脳活動がどのように変化するかを検討した。実験の結果、練習を重ねることによる脳活動の変化を認められず、本研究計画の目的に対する明確な成果が得られなかったため、詳細の報告は省略する。

## 3. 研究の方法

大学生・大学院生22人(解析対象者は17人)が脳波計測実験に参加した。実験では、脳波計(1回目と9回目は日本光電社製EEG9100、2~8回目はEPOC X)を装着したうえで、視覚的に呈示された英単語に対して知っているかどうかを判断する課題を1か月の間に合計9回実施した。具体的には、英単語が2秒間視覚呈示され、実験参加者はその単語の意味が分かるかどうかをキー押しにより回答した。その後、英単語の意味が日本語で2秒間呈示された。実験参加者は、呈示された英単語の意味が分かるかをキー押しにより判断するだけで良く、英単語を意識して(努力して)記憶する必要はないと説明された。実験刺激には、300個の難しい英単語(6000語レベル)を用いた。1回目と9回目のみ、300個の簡単な英単語(1000語レベル)についても実験刺激に用いた。また、実験の10回目には、英単語の意味を10択で選択する課題を予告なしで実施した。解析では、脳波データに対して事象関連スペクトラム摂動解析を行った。

## 4. 研究成果

### (1)行動データ

解析対象者17名についての自己申告による英単語の記憶数(最大300個)の推移を図1に示す。10回目のみ、10択形式による正答数を示している。それぞれの英単語について、1回の実験の中では英単語とその意味(日本語訳)がそれぞれ2秒間ずつしか呈示されなかったにもかかわらず、実験を重ねるごとに自己報告による記憶成績が上がっていることが確認できる。さらに、9回目の自己報告と10回目の正答率に大きな違いがないことから、自己申告による回答にはある程度の信頼性があると考えられる。この実験結果は、英単語記憶における分散学習の有用性を示したものである。

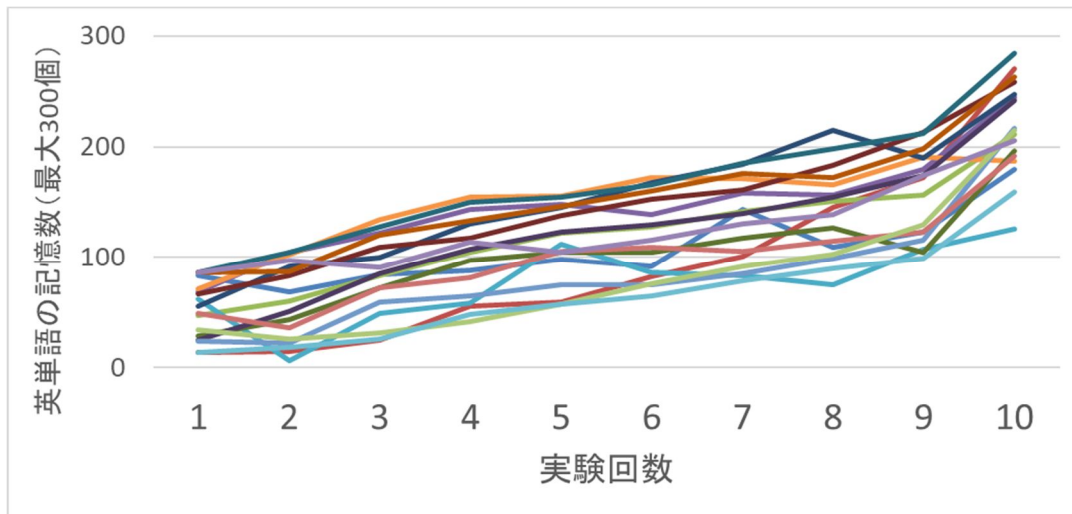


図1 自己申告による英単語の記憶数の推移(10回目のみ、10択形式による正答数を示す)

(2)脳波データ

(a') 簡単な英単語と難しい英単語に対する脳反応がどのように異なるのか?

図2に、EEG9100で計測したF3, F4, P7, P8電極における、簡単な英単語(左)と難しい英単語(中央)に対する事象関連スペクトラム摂動解析の結果を示す。右図は、両者の統計検定の結果(FDR補正,  $q < 0.05$ )を示す。簡単な英単語は難しい英単語と比べて、特定の時間帯でシータ帯域(4~8Hz)とアルファ・ベータ帯域(8~30Hz)のパワーに統計的に有意な違いを認めた。

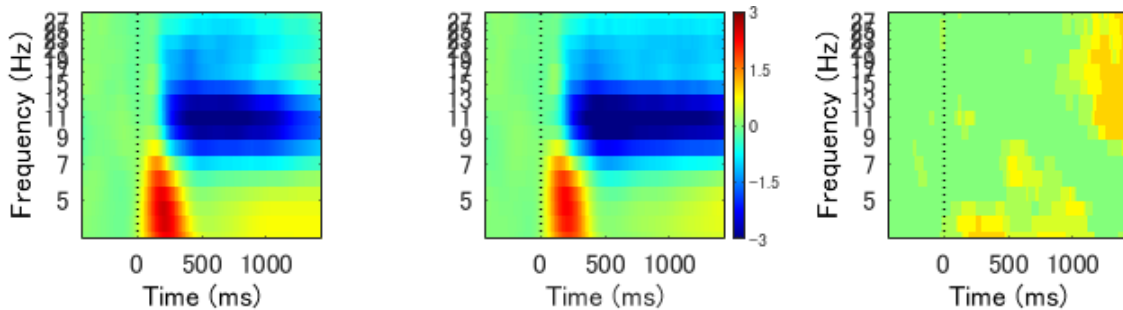


図2 簡単な英単語(左)と難しい英単語(中央)に対する事象関連スペクトラム摂動解析の結果

(b) 英単語の記憶への定着に伴い脳反応がどのように変化するのか?

(a')の解析でベータパワー(13~20Hz)の違いが認められた時間帯(1300~2000ms)において、EPOC X(簡易脳波計)で計測したF3, F4, P7, P8電極における未記憶の難しい英単語と記憶済みの難しい英単語に対するベータパワー(13~20Hz)が学習を重ねることによりどのような推移を示すかを調べた(図3)。その結果、4回目までは記憶済みの英単語の方がベータパワーが小さいのに対し、8日目にはそれが逆転することが分かった。この結果は、記憶済みの英単語に対する脳反応が、簡単な英単語に対する脳反応に近づいていくことを示している。

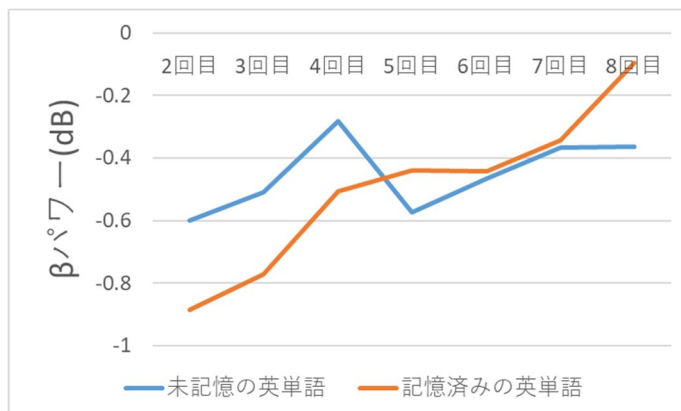


図3 未記憶の難しい英単語と記憶済みの難しい英単語に対するベータパワーの学習回数による変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 秋元頼孝, 石野未沙, 三宅圭音, 宮澤志保, 落合純, 中平勝子	4. 巻 19
2. 論文標題 簡易脳波計によるピアノ演奏技能の上達評価に向けた予備的研究：キーボードの違いと演奏音の有無が脳波と反応時間に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 長岡造形大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 6-13.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 渡邊怜, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 単語中の文字順変更を含む文理解時の脳波計測
3. 学会等名 教育システム情報学会第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyake K, Ishino M, Miyazawa S, Ochiai J, Nakahira K. T., & Akimoto Y
2. 発表標題 Preliminary evaluation of improvement in piano performance by a cost-effective EEG device
3. 学会等名 The 2022 Annual Conference of the Korean Society for Cognitive and Biological Psychology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅圭音, 石野未沙, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 脳波計測によるピアノ演奏課題の練習効果の測定の試み
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤遼哉, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 簡易脳波計で取得した脳波データのデータ量と機械学習のパフォーマンスの関係についての検討
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akimoto Y, Masuda T, & Nakahira K.T.
2. 発表標題 Increase in theta band EEG power during covert infant directed speech.
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akimoto Y, Suzuki R, & Nakahira K.T.
2. 発表標題 Pilot experiments on the evaluation of learning status of English words using a cost-effective electroencephalogram
3. 学会等名 The 2020 Annual Conference of the Korean Society for Cognitive and Biological Psychology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊怜, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 単語中の文字順変更を含む文理解時の脳波計測
3. 学会等名 教育システム情報学会2020年度学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木理玖, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 脳波・視線同時計測を用いた難易度推定指標の設計
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木理玖, 秋元頼孝, 中平勝子
2. 発表標題 簡易脳波計を用いた難易度別暗算時の脳活動の比較
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度学生研究発表会
4. 発表年 2020年

〔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
研究 分担 者	中平 勝子  (Nakahira Katsuko)  (80339621)	長岡技術科学大学・工学研究科・准教授   (13102)	

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
---------	---------