

単語中の文字順変更を含む文理解時の脳波計測

EEG measurement during sentence comprehension including changed the order of letters in words

渡邊 怜^{*1}, 秋元 頼孝^{*1}, 中平 勝子^{*1}

Rei WATANABE^{*1}, Yoritaka AKIMOTO^{*1}, Katsuko T. NAKAHIRA^{*1}

^{*1}長岡技術科学大学

^{*1}Nagaoka University of Technology

Email: s181088@stn.nagaokaut.ac.jp

あらまし：本研究は、校正技能評価に資するための基礎研究として、正規文字順または文字順が変更された単語で構成される文を読む際の脳波を計測し、各文との関係を示す。脳波計測の結果から、後者を読む際にアルファ帯域（8～13Hz）のパワー減少が確認された。今後、このアルファ帯域のパワー減少と校正能力の関連を明らかにできれば、それをもとに校正技能を評価し、作文指導の初歩における学習支援への活用が期待される。

キーワード：脳波、アルファ帯域、文理解

1. はじめに

近年、テクニカルライティングが注目されつつある。例えば、塚本ら⁽¹⁾は、文章作成の初歩として辞書を用いた誤字や送り仮名の間違いの削除の指導・常用漢字以外の漢字表記禁止についての指導、などステップを踏んだ教育を行った。この中で行われる作文レポートにおいて、返却時に不備がある箇所を下線で示して学生に自ら間違いを修正させることで、添削を行うだけの指導より教育の実効が上がったことが報告されている。しかし、レポート枚数の増加に伴って、不備を指摘する教員の負担が急増するといった課題も指摘されている。

その解決の一手法として、文章作成の初歩にあたる誤字・脱字や送り仮名の間違いの削除への学習支援を行い、これらの間違いに対する学習者の校正技能を評価するという方法が考えられる。その際の評価指標として、校正すべき箇所を読む際の脳活動が挙げられる。さらに、脳活動をもとに校正に不備があった箇所を指摘することができれば、作文教育における指導者の負担軽減も期待される。

本研究では、校正技能評価に資するための基礎研究として、正規文字順または文字順が変更された単語で構成される文を読む際の脳波を計測した。校正すべき文を読む際の脳波の特徴を明らかにできれば、それを評価指標として活用できる可能性がある。アルファ帯域（8～13Hz）の脳波は認知負荷の大きさに応じてパワーが減少することが知られているため⁽²⁾、明らかに正規ではない文で正規の文よりも大きなパワー減少がみられるのではないかと考えられる。

2. 実験方法

2.1 実験緒元

本研究では、右利きの男性 7 名と右利きの女性 3 名の計 10 名を対象に実験を行った。

実験では、脳波計測に簡易脳波計である Emotiv 社製 EPOC+を用いた。本装置では、AF3, AF4, F3,

表 1 実験に用いた文の例

正規条件文	文字順変更条件文
たいう_が_ひがしに のぼった	たいう_が_ひしがに のっぽた

F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1, O2 に電極が配置されている。サンプリングレートは 128Hz である。脳波データの計測には Emotiv Xavier TestBench を用いた。シリアル通信によるものと、Emotiv 社製の Extender によるものの 2 種類のトリガを用いて文呈示のタイミングを記録した。

2.2 刺激

実験で用いる刺激に日本語で書かれた 300 文を用意し、それぞれについて正規条件文と文字順変更条件文を作成した。文はすべてひらがなまたはカタカナで構成されており、単語の区切りでスペースが挿入されている。文字数が 3 文字以下の単語の場合について、後ろの助詞をつなげて 4 文字以上になる場合はスペースで区切らずにつながっている。文字順変更条件文は、正規条件文をウェブサイト^(3,4)を用いて単語を構成する文字の順番を変換することにより作成した。この変換によりスペースで区切られた単語の最初の文字と最後の文字が固定されたまま、それ以外の文字が並び替えられた。刺激呈示に用いたプログラムにおいて、スペースを用いると意図しない改行が生じることがあったため、文のスペース部分をアンダーバーで置換した。文の文字数は、アンダーバーを含めて平均 22.4 文字であった。

2.3 手続き

1 試行の流れは、黒い画面が 1 秒間呈示された後、文が 3 秒間呈示され、後に自動的に次の試行へ移る。この際、単語ごとでなく、改行なしで文全体を一度に呈示した。被験者には呈示された文を黙読し、文の状況が理解できた場合にキーボードのスペースキーを押し、理解できなかった場合はキーを押さないよう、実験冒頭に指示した。各文を呈示する際の正

規条件・文字順変更条件についてパターン A とパターン B を作成し、被験者を 5 名ずつ割り当てた。

2.4 データ解析

文が理解できた割合と理解に要する時間を評価するため、キーが押された割合と文の呈示からキーが押されるまでの時間の平均をそれぞれ算出した。理解に要した時間は、キーが押された試行について反応時間が 200ms 未満のものを除外した後、個人の平均反応時間から 3SD 離れた値を外れ値としてさらに除外してから算出した。

脳波データは EEGLAB を用いて解析した。Extender によるトリガの時間精度がよかったため、これを解析に使用した。トリガ前の 1 秒間をベースラインとし、トリガ後の 3 秒間を解析対象とした。脳波データ記録プログラムの問題でトリガが記録できなかった試行があったため、それらを除いて解析した。1Hz のハイパスフィルタをかけた後、Artifact Subspace Reconstruction⁽⁵⁾を用いて顕著なアーチファクトを取り除いた。その後、独立成分分析により瞬目成分を取り除いた。最後に、 $\pm 100\mu\text{V}$ 以上の変動があった試行を解析対象から自動的に除外した。

以上の処理を行った後、すべてのチャンネルについて 3~23Hz の範囲で時間周波数解析を行った。キー押しがなかった試行も脳波データの解析に含めた。

その後、文字順変更条件について理解の有無に基づいて脳波データを分け、文を理解できたかによって脳波にどのような違いがあるのかを解析した。

3. 実験結果

それぞれの条件において理解された割合と理解に要した時間を表 2 に示す。文字順変更条件は正規条件よりも理解された割合が有意に低く ($t(9) = 4.392$, $p < .01$)、また理解に要する時間が有意に長かった ($t(9) = 4.913$, $p < .01$)。

時間周波数解析の結果を全チャンネルで平均したものを図 1 左 (正規条件)・中央 (文字順変更条件) に、各チャンネルにおいて条件間で 5%水準の有意差 (多重比較補正なし) が認められた区間を重ねて表示したものを図 1 右に示す。

ベースラインを 1 としたときの相対的なアルファ帯域のパワーについて、正規条件での平均理解時間である 1700ms の前後でそれぞれ平均を算出し (表 3)、時間と刺激を要因とする 2 要因分散分析を行った。その結果、刺激の要因 ($F(1, 9) = 18.155$, $p = .0021$) および交互作用 ($F(1, 9) = 12.349$, $p = .0066$) が有意となった。単純主効果の検定の結果、正規条件において時間の主効果 ($F(1, 9) = 1.46$, $p = .2578$) が有意ではなかったが、文字順変更条件では時間の主効果 ($F(1, 9) = 10.16$, $p = .011$) が有意であった。また、前の時間帯では刺激の主効果 ($F(1, 9) = 1.61$, $p = .2364$) が有意でなかったが、後の時間帯では刺激の主効果 ($F(1, 9) = 29.11$, $p = .0004$) が有意であった。

さらに、文字順変更条件において、時間の前後と

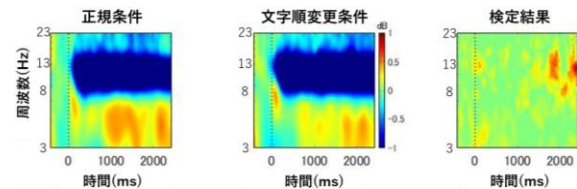


図 1 全チャンネルにおける時間周波数解析

表 2 理解割合と理解時間

	正規条件	文字順変更条件
理解割合	0.97	0.69
理解時間	1774 ms	2041 ms

表 3 アルファ帯域のパワーの平均相対値

	正規条件	文字順変更条件
前の時間帯	0.738	0.721
後の時間帯	0.758	0.684

理解の有無を要因とする 2 要因分散分析を行った。その結果、時間の要因 ($F(1, 9) = 11.155$, $p = .0087$) のみが有意であった。

4. 考察

実験の結果、理解割合と理解時間に有意な差がみられた。また、脳波データでは正規条件と文字順変更条件で、後の時間帯におけるアルファ帯域のパワーに有意な違いが認められた。アルファ帯域のパワー減少が認知負荷の量を反映することをふまえると⁽²⁾、これらの結果は文字順変更文を読む際の認知負荷は正規文より大きいことを示唆している。さらに、アルファ帯域のパワー減少が文を理解できなかった場合にのみ顕著に認められるかどうか検討し、その結果、理解の有無に関して有意な違いが認められなかった。このことから、文字順変更条件文を理解しようとすることは、正規文を理解することよりも大きな認知負荷がかかると考えられる。本研究では正規ではない文を読む際の特徴としてアルファ帯域のパワー減少を認めた。今後、このアルファ帯域のパワー減少と校正能力の関連を明らかにできれば、校正技能の評価指標として、テクニカルライティングの初歩における学習支援に活用できる可能性がある。

謝辞:本研究は科研費(19K03026, 19K12246)の助成を受けた。

参考文献

- (1) 塚本真也, 大橋一仁, 東辻浩夫: “日本語力の徹底訓練による教育法”, 工学教育, 55 巻, 1 号, pp.29-34 (2007)
- (2) Pfurtscheller, G. and Lope da Silva, F. H.: “Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles”, Clinical Neurophysiology, 110, 1842-1857 (1999)
- (3) 「ケブンリッジ ジェネレータ」<http://neue.cc/kebunridge.htm> (2020/11/20 参照)
- (4) OTCHY.NET 「ちんやと よちちめう? ジェネレータ」<http://www.otchy.net/20090508/chanto-yomechau/> (2020/11/20 参照)
- (5) Chang, C. Y., Hsu, S. H., Pion-Tonachini, L. and Jung, T. P.: “Evaluation of Artifact Subspace Reconstruction for Automatic Artifact Components Removal in Multi-Channel EEG Recordings”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 67, 1114-1121 (2020)