

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, 論述文等の作文教育における文章校正対象の見逃し防止を支援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, 各文と認知負荷の関係を示す. 脳波計測の結果から, 後者を読む際にはアルファ帯域 (8~13Hz) のパワー減少が確認された. このことを活用することで, 校正箇所を正しく修正しなかった際にアラートを出すフィードバックシステムへの適用可能性が示唆される.

キーワード: 脳波, アルファ帯域, 文理解

1. はじめに

作文教育の初期において誤字の削除方法ならびに基本的な作文ルールを学習させることが, 学習者の文章作成能力の向上につながる事が知られている⁽¹⁾. 学習者は作文ルールについての知識が乏しいため, 指導のために熟達者が校正作業を行うことが多い. そこで, 学習者の文章作成能力向上支援の一つとして, 校正熟達者の校正過程を自動的に再現し, 学習者に対して校正過程の欠如が見られた場合にはなんらかのサインを出し, 校正の是非を検討させる方法が考えられる. この思考過程を経て, 学習者は段階的に文章作成能力の向上が期待される. その際の学習者向けフィードバック指標の一つに見逃しが発生する際の脳活動が挙げられる.

本研究では, 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. 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⁾, 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れば, 正規ではない文を読む際の脳活動の指標とすることができる. この指標は校正作業時の見逃し防止システムに適用できると考えられる.

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, 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. 文は全てひらがな又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.

表 1 実験に用いた文の例

	正規条件文	文字順変更条件文
例 1	たいうがひが しにのぼった	たいうがひ しがにのぼった
例 2	しんせんなくう きをとりこむ	しせんんなく きうをとこむ

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。2種類のトリガ間隔を検討した結果、Extenderによるトリガの時間間隔の方が正確だったため、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て設定し、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トラブル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⁽⁶⁾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。

以上の前処理を行った後、全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。

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。

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

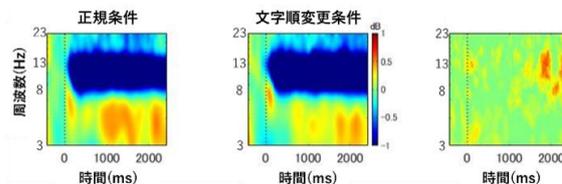


図1 全チャンネルにおける時間周波数解析

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

ーの平均相対値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条件を読む際の認知負荷は正規条件より大きいことを示唆している。

ただし、本研究では予備的解析のため、文を理解できなかった試行も時間周波数解析の解析対象とした。この効果が理解できなかった文のみで顕著に認められるのか、理解できた文でも認められるのかについては、文字順変更条件の中で被験者が理解した文・しなかった文のデータを比較する必要がある。

文字順変更文でも約7割の文が理解できたことは、校正において見逃しが発生することと関係があると考えられる。理解時に正規ではない文だと気付けば校正できるが、気付かなければ見逃しが発生してしまう。本研究で確認された脳波のアルファ帯域におけるパワー減少の違いは、正規ではない文を読む際の脳活動の指標として活用できると考えられる。今後、校正箇所を見逃しの検出に適用していくため、一部に正規ではない単語を含んだ文を読む際の脳活動を計測し、見逃しが発生した際にもパワー減少がみられるか検証していく必要がある。

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

参考文献

- (1) 中島利勝, 塚本真也, 大橋一仁: “工学部学生に対する「技術文章学」教育の試み”, 工学教育, 45巻, 3号, pp.46-51 (1997)
- (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) 「ケブブリッジ ジェネレータ」<http://neue.cc/keburnridge.htm> (2020/11/20 参照)
- (4) OTCHY.NET 「ちんやと よちめう? 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)