

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25770168

研究課題名(和文)文処理過程における言語情報間の相互作用について

研究課題名(英文)On the interaction between multiple sources of linguistic information during sentence processing

研究代表者

大石 衡聴(Oishi, Hiroaki)

立命館大学・総合心理学部・准教授

研究者番号：40469896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず、文理解過程における言語情報間の相互作用の証拠と主張されていた semantic P600 が二次的課題の内容やフィラー文による影響などといった外的要因によって惹起されるものであることを示唆する実験結果を提示した。さらに、N400効果やP600効果が観察されたのと同じ潜時帯で脳の律動的活動パターンにも有意な変化が観られる場合もあれば、有意なERP効果が観察されても脳の律動的活動パターンには有意な変化が観られない場合もあること、さらには脳の律動的活動パターンを観ることによって従来のERPを指標とした手法では研究が困難であった初分析処理過程についても知ることが出来ることを示した。

研究成果の概要(英文)：The result of an ERP experiment in this study suggested that the "semantic P600 effects" which has been considered the evidence of the interaction between multiple sources of linguistic information during online sentence processing are elicited by the external effects such as task demands and filler sentences. Furthermore, this study revealed that the brain's oscillatory activities sometimes showed significant change in the same latency as a N400 effect or a P600 effect but other times showed no significant change in response to the syntactic or semantic anomalies which elicited larger N400 or P600 effects. Moreover, the results of an experiment in this study indicated that brain's oscillatory activities can be useful tool for investigating the first-pass processing which ERPs are not good at looking into.

研究分野：心理言語学

キーワード：文処理 事象関連電位 脳波 時間周波数解析 P600

1. 研究開始当初の背景

時間軸に沿って高速かつ効率的に展開される認知的処理である文処理が我々の心/脳内でどのように実現されているのかについて検討するにあたり、文処理研究分野では脳波の一種である事象関連電位 (Event-related Potential: ERP) を用いた研究が盛んに行われている。ERP は時間解像度が高く、高速な認知的処理である文処理を観察するのに適している。さらに、意味的な側面における負荷を反映して N400 が、統語的な側面における負荷を反映して P600 が惹起される等、文処理の特定の側面における負荷に敏感な ERP 成分があることが明らかにされており、それらを指標として仮説の妥当性を検証するという研究スタイルが確立されている。

近年、統語的には問題ないがある種の意味的逸脱を含む文 (例: For breakfast the eggs would eat ...) を読んだ際に、N400 は惹起されずに P600 が惹起されるという研究成果が数多く報告されている (レビューとして Kuperberg, 2007)。それらの研究では、統語情報は考慮に入れずに内容語の語彙・意味的情報 (例えば上記の例文の場合、“the eggs” は統語構造上は動詞 “eat” の主語の位置にあるため「行為者」の意味役割を付与されるが、世界知識に照らして考えると “eat” という動詞で表される行為の「対象」としてもっともらしい物である、等の情報) に基づいた解釈をすれば plausible な解釈が得られる文が用いられていることから、N400 は内容語の語彙・意味的情報に基づいて構築される表象の plausibility に敏感であると主張されている。さらに、そのようにして構築された表象と、統語情報に基づく表象とが相反することから、(i) 文処理過程において統語情報や意味情報等はそれぞれ独立して処理されており、各情報に基づく表象を統合して最終的な表象が構築される (ii) P600 は統合の段階で表象間に競合が生じた場合に惹起されるという仮説が提唱されている。

2. 研究の目的

1. で述べた研究成果は、言語情報間の独立性および相互作用性を示すものとして大きな関心が寄せられていた。さらに、後述のように理論的に異なる様々な処理の負荷に対して P600 が観察されているが、P600 の機能的意義を (ii) のように捉えることでそのような発見に対する説明が可能という主張もあり、認知神経科学的な議論も活発であった。しかしながら、まず、P600 がそのような多重情報間の競合を反映するという直接的な証拠は研究開始時点では存在しておらず、(ii) を前提とする (i) の真偽は不明であった。さらに、理論的に異なる処理に対して観られる P600 が同じ認知的処理を反映して

いるという証拠も存在しておらず、P600 を指標として (i) を証明することは困難である。

そこで本研究課題では、文処理過程でこれまで様々な現象に関連して観察されてきた (少なくとも表面的には同一の形態的特徴を持つ) P600 が同一の認知的処理を反映しているのかを、脳波の時間周波数解析という方法を用いることでその異同を明らかにすることを主たる目的とした。Science 誌に掲載された Hagoort, Hald, Bastiaansen, & Petersson (2004) では、P600 と同様に言語の処理に関連して惹起される N400 という成分を研究対象とし、選択制限 (restriction violation) の違反が生じる文と、世界知識 (world knowledge) の違反が生じる文 (ともに N400 が観察される) とを呈示した際の脳波データに対して時間周波数解析を実施したところ、異なる周波数帯域での活動が観られたことを報告している。本研究課題では Hagoort et al. と同様の手法を用い、P600 に反映される認知的処理の詳細について検討し、文処理過程における言語情報間の相互作用について明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

英語やドイツ語、オランダ語といったインド・ヨーロッパ系言語を対象とした研究に加え、日本語を対象とした研究でも P600 が観察されていた下記の認知的処理が実行されると想定される実験文を呈示し、得られた脳波データに対して ERP を抽出するための加算平均と、律動的活動の変化を観察するための時間周波数解析を実施するという研究計画であった。

- (a) 文法性判断 (e.g., Osterhout & Holcomb, 1992)
- (b) ある時点までに構築された統語構造の修正 (e.g., Osterhout, Holcomb, & Swinney, 1994)
- (c) 統語的操作により移動した構成素の、元の位置での再活性化 (e.g., Ueno & Klueder, 2003)
- (d) 統語情報に基づく解釈と意味情報に基づく解釈とが対立する際に行われる処理 (e.g., Kuperberg, Sitnikova, Caplan, & Holcomb, 2003)

4. 研究成果

まず、上記 (d) の処理が実行されると想定される日本語文に対する脳反応が、上記 (b) が実行されると想定される日本語文に対する脳反応と質的に異なるか否かを明らかにするための実験を実施した。(d) を選んだ理由は、本研究課題の主たる研究テーマである言語情報間の相互作用が観察されることが先行研究によって示唆されていたため

であり、(b) を選んだのは研究代表者がこれまで実施した実験で安定的に P600 が観察されていたためである。

実験文は下記のような文であった（下線を引いた語はターゲット語）。

(1) a. イモムシが葉っぱにかじりついた。
(control sentence)

b. 葉っぱがイモムシにかじりついた。
(semantically-reversible sentence)

(2) a. 犯人を捕まえた青年に警官が謝礼した。
(control sentence)

b. 警官が犯人を捕まえた青年に謝礼した。
(garden-path sentence)

まず、それぞれのターゲット条件文で P600 が惹起されたかを確認するため、ターゲット語を呈示した際の ERP を条件間で比較した。その結果、(2b) では (2a) に比べて有意に大きな P600 が観察されたが、(1b) では (1a) に比べて N400 の振幅が有意に大きく、P600 に関しては有意な差は観られなかった。また、同脳波データに時間周波数解析を実施した結果、(1b) では潜時 300-500ms 間で帯域 (13~18Hz) で (1a) に比べて有意に大きな事象関連脱同期 (Event-related desynchronization: ERD) が観察された。一方、(2b) では潜時 600-800ms 間で (2a) に比べて帯域で有意に大きな事象関連同期 (Event-related synchronization: ERS) が観察された。

(1b) では先行研究の結果を再現することはできなかったものの、時間周波数解析の結果、ERP と同じ潜時帯で脳の律動的活動に有意な変動が観られたこと、さらにはその変動のパターンにも違いが観られたという発見は大変興味深い。

(1b) のような semantically-reversible sentence で先行研究とは異なり P600 が観察されなかったという事実に対する可能な説明の一つとして「文呈示終了後の二次的課題の内容の違い」が挙げられる。Semantically-reversible sentence を呈示した際に P600 が観察されたと報告した先行研究では文の呈示終了後には必ず文法性判断課題や容認性判断課題といった二次的課題が課されていた。われわれは日常の文理解過程において、入力されてきた文の文法性や容認性の判断などは意識的には行わない。一方の本研究課題で実施した実験では、直前に呈示された文の内容に関する Yes/No 判断課題を 5 文に一度程度の割合で課す程度に留めていたため、相対的には通常の文理解過程に近いと考えられる。そのような相違点を考慮に入れると、先行研究の semantically-reversible sentence を読んだ際の実験参加者の脳内では二次的課題の影響で（通常では生じない）言語情報間の相互作用が生じた可能性が考えられる（詳細は

大石 (2016) を参照）。

上記の仮説を検証するにあたり、本研究課題では二次的課題の内容を先行研究に合わせるのではなく、フィラー文を操作することによって同様の効果が観られるかどうかを検討した。具体的には下記のような実験文を参加者に呈示した。

(3) a. 患者が葉っぱにかじりついた。

b. 葉っぱが患者にかじりついた。

(3b) は (1b) とは異なり、semantically-irreversible sentence である。先行研究ではこのような文を呈示した際には二次的課題の内容によって観察される ERP 成分が異なっていた (N400 か P600 か)。そこで本研究課題では二次的課題の内容以外の要因によっても脳の反応パターンが通常とは異なるものになりうるかを検証することを目的としてフィラー文を操作した。

(4) 木片が漂流者にしがみつかれた。

(4) は (1b) および (3b) と同様に主語が無生名詞句であり、目的語が有生名詞句であるが、動詞が受動態であるため、意味役割付与に関しては文末の動詞が入力された際には意味的な問題が生じない文である。そのような文を同数呈示することにより、(3b) のように動詞が能動態の場合であっても主語と目的語の意味役割を入れ替えることを検討するのではないかと推察した。

ターゲット語を呈示した際の ERP を比較した結果、(3a) に比べて (3b) で有意に大きな P600 が観察された (N400 振幅には有意差は観られなかった)。以上のことから、二次的課題の内容や、フィラー文の操作などといった外的要因により通常とは異なる処理方略が取られることが、言い換えるならば文処理という認知的処理を実行している心的システムは外的要因からの影響に柔軟に対応しているということが示唆されたといえよう。

また、本研究課題では下記の 2 種類の統語的逸脱文を呈示した際の ERP および脳の律動的活動の変化パターンを分析した。

(5) a. 工藤さんが相川さんに上座の席を譲った。
(control sentence)

b. 工藤さんが相川さんに上座の席を離れた。
(subcategorization-violation sentence)

(6) a. 乗客が不審物を車掌に渡した。
(control sentence)

b. 乗客が不審物を車掌を渡した。
(double-o constraint violation sentence)

実験の結果、(5) と (6) でともにコントロール条件に比べてターゲット条件でターゲ

ット語を呈示した際に Anterior Negativity と P600 の振幅が有意に大きかったことが明らかになった。一方で、同脳波データに対し時間周波数解析を実施した結果、脳の律動的活動の変化パターンには有意な差は観られなかった。これらの事実から、ERP と脳の律動的活動の変化パターンは一対一対応はしていないことが明らかになった。

さらに本研究課題では、脳の律動的活動の変化パターンを分析することの有用性を示すことを目的とし、初分析処理過程における認知的処理の内容の違いを時間周波数解析の実施により取り出すことができるかどうかを検証した。

(7) a. 県警の警部が犯人を捕まえた青年に謝礼した。(control sentence)

b. 本庁の刑事が犯人を捕まえた青年に謝礼した。(major-phrase boundary sentence)

(7a-b) 間の違いは、文頭の2つの名詞がアクセントを付与されるものかどうかという点である。(7b) においては、「本庁」および「刑事」の両方にアクセントが付与されるため、「犯人を」の前に major-phrase boundary が置かれると想定される(Hirose (2003) 参照)。そのことにより、(7a) では通常の選好性の通り「捕まえた」の時点で単文解釈が行われるが、(7b) では major-phrase boundary の存在により「犯人を」が主節ではなく従属節の要素である可能性が示唆され、「捕まえた」の時点では単文解釈が行われないと想定される。ERP は基本的には予測との不一致といった「エラー」に敏感なものであるため、このように「エラー」を伴わない処理が行われている際の脳活動を捉えることは困難である。そこで、このような初分析処理過程での処理内容の違いを脳の律動的活動の変化パターンを観ることにより抽出出来るかどうかを検証してみたところ、(7a) に比べて(7b) で潜時 300ms 以降において 帯域で ERD が観察された。このことから、脳の律動的活動の変化を観ることにより、これまでは取り出すことが困難であった初分析処理過程の処理内容についても知ることが出来ることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

大石衡聴、いわゆる Semantic P600 は独立した意味処理ストリームの存在を示す証拠たりえるのか?、九州大学言語学論集、査読無、第36号、2016、pp 75-92.

〔学会発表〕(計3件)

大石衡聴、脳の律動的活動から文処理過

程を探る試み、第2回坂本勉記念神経科学研究会、2017年2月19日、大正大学(東京都).

大石衡聴、二次的課題やフィラー文がP600に及ぼす影響について、第1回坂本勉記念神経科学研究会、2016年2月21日、沖縄病院(沖縄県).

大石衡聴、脳波の周期性振動活動から言語処理を探る試み、第33回関西心理言語学研究会、2014年7月26日、関西学院大学梅田サテライトキャンパス(大阪府).

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大石 衡聴 (OISHI, Hiroaki)
立命館大学・総合心理学部・准教授
研究者番号: 40469896

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()

