

日本語における遊離助数詞を含む文のオンライン処理について

- 事象関連電位を指標とした研究 -

安永 大地[†] 坂本 勉[‡]

[†]九州大学大学院人文科学府 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-19-1
[‡]九州大学大学院人文科学研究院 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-19-1
 E-mail: [†] daichi@lit.kyushu-u.ac.jp, [‡] sakamoto@lit.kyushu-u.ac.jp

あらまし 本研究では, 事象関連電位を指標として, 日本語の遊離助数詞を含む文において, 助数詞が入力されてから, 助数詞と関連を持つべき名詞句 (host-NP) が入力されるまでにどのような処理が行われているのかを検討した. 実験の結果, 助数詞が入力されてから, host-NP が入力されるまでの間, 前頭部優位で長潜時にわたる陰性成分が観察された. また host-NP が入力された瞬間に P600 が惹起された. この結果から, 解析器は, (i) 助数詞が入力されると, それを活性化させた状態で保持しておき, (ii) host-NP が入力されると, 即座に助数詞と host-NP とを関連付ける処理を行っていると考えられる.

キーワード 統語解析, 事象関連電位, 遊離助数詞, 作動記憶

On-line processing of floating quantifier constructions in Japanese

- Using Event-Related brain Potentials -

Daichi YASUNAGA[†] Tsutomu SAKAMOTO[‡]

[†] Graduate School of Humanities, Kyushu University 6-19-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812-8581 Japan
[‡] Faculty of Humanities, Kyushu University 6-19-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812-8581 Japan
 E-mail: [†] daichi@lit.kyushu-u.ac.jp, [‡] sakamoto@lit.kyushu-u.ac.jp

Abstract Recording Event-Related Potentials, we investigated the processes from the input of a numeral quantifier (NQ) to the input of its host-NP to be integrated with the NQ. Experimental results showed that sustained anterior negativity was elicited between the input of a NQ and the input of its host-NP. In addition, the P600 was elicited after the input of the host-NP. These results demonstrated that the parser stores the NQ in the working memory until the input of the host-NP, and integrates the NQ and its host-NP soon after the input of the host-NP.

Keyword syntactic parsing, Event-Related Potentials, floating quantifier, working memory

1. はじめに

1.1. 研究の背景

人間は, 時間軸に沿って入力される言語情報の連続を語・句・節といった単位 (構成素) に分析し, 構成素間の関係を決定することで, 言語情報全体がどのような意味を表しているのかを決定している. この一連の処理の中で, 構成素間の構造的な内心表象を構築する部門が統語解析である. これまでに, 統語解析を行う解析器がどのような過程を経て構造を構築し, 構成素間の関係を決定しているのかについてさまざまな研究が行われてきた (坂本 1998[1]参照).

1.2. 本研究で取り上げる現象

解析器に入力される要素の中には, 文中で隣接していない他の要素と関連付けることで初めて役割を果たすものがある. 代表的な例として, 英語やドイツ語における *wh* 要素が

挙げられる. 英語やドイツ語では, 文構造を構築していく中で, 文頭あるいは節頭に現れる *wh* 要素 (filler) は, その元の位置を占めるとされる空範疇 (gap) との関連付けが不可欠である. (1)の例において, filler と gap の関連付けを図式化したものが, (2)である.

- (1) What_i did John buy gap_i ?
- (2) filler と gap の関連付け
- what 空範疇
- filler_i gap_i
- └──────────────────────────────────┘

近年の統語解析研究において, filler と gap の関連付け処理は, オンラインで漸進的に行われていることが示唆されている (King & Kutas 1995[2], Fiebach et al. 2001[3], 2002[4], Ueno & Kluender 2003[5]など).

これまでの研究では, filler-gap の関連付けに焦点が当てられることが多かった。しかし, filler-gap の関連付け以外にも, 文に含まれる構成素間の関係を正しく決定するために, 文中の隣接していない要素同士の関連付けを行う必要がある場合がある。その例として, 日本語の助数詞を含む文が挙げられる。日本語の助数詞 (Numeral Quantifier: NQ) は, (3) に示すように, それが修飾する名詞句 (host-NP) とは隣接してなくてもよい。以下ではこの現象のことを助数詞遊離と呼び, この場合の助数詞のことを遊離助数詞と呼ぶ。

(3) 学生が 3 冊図書館で参考書を借りた。

(3)において, 「3 冊」と「参考書」は隣接していないにもかかわらず, 「学生が 3 冊の参考書を借りた」と同じ意味であると理解できる。これは「3 冊」と「参考書」が何らかの方法で関連付けられているからであると言える。(3)の助数詞遊離を図式化すると, (4)のように表すことができる。

(4) NQ と host-NP の関連付け

3 冊	参考書
NQ	host-NP
				▲

これまで, 遊離助数詞に関する研究は数多く行われてきた (奥津 1969[6], 黒田 1980[7], Ishii 1998[8]他)。しかし, オンラインで文を処理する際に, 解析器が遊離助数詞と host-NP とを関連付ける処理をどのように行っているかは研究されてこなかった。

本研究では, 助数詞が入力された時点から, host-NP が入力されるまでの被験者の反応を観察することにより, その間にどのような処理が行われているのかを検討する。

2. 先行研究

2.1. 先行研究のまとめ

Fiebach et al. (2001) は, ドイツ語の *wh* 移動を含む文を処理する際にどのような ERP 成分が惹起されるのかを観察した。

- (5) a. 主語 *wh* 疑問文
 Thomas fragt sich, wer_i t_j am Dienstag nachmittag
 Thomas asks himself, who_(NOM) on Tuesday afternoon
 nach dem Unfall den Doktor verständigt hat.
 after the accident the_(ACC) doctor called has
 "Thomas asks himself who has called the doctor after the accident on Tuesday afternoon."
 b. 目的語 *wh* 疑問文
 Thomas fragt sich, wen_i am Dienstag nachmittag nach
 Thomas asks himself, who_(ACC) on Tuesday afternoon after
 dem Unfall der Doktor_j verständigt hat.
 the accident the_(NOM) doctor called has
 "Thomas asks himself who the doctor has called after the accident on Tuesday afternoon."

実験の結果, (5b)"*wen*"の呈示から"*der Doktor*"の呈示までの間, (5a)と比較して sustained-LAN (left anterior negativity) が惹起された。また, (5b)"*der Doktor*"の呈示後, (5a)と比較して P600 が惹起された。

この実験結果から, Fiebach et al.は以下のように結論付けた:(i) sustained-LAN は filler を作動記憶内に保持しておく際に増大した処理負荷を反映している (cf. King & Kutas 1995); (ii) P600 は filler と gap を関連付ける際に増大した負荷を反映している (cf. Kaan et al. 2000[9])。

また, 日本語の統語解析研究においても, かき混ぜ文の処理を対象にして, filler と gap の関連付けを行う際の脳の反応を観察した研究がある。Ueno & Kluender (2003)は文頭にヲ格名詞句を移動させた文を被験者に呈示し,それを処理する際の ERP を記録した。

- (6) a. 基本語順文
 その命知らずの冒険者がとうとうそれを見つけたんですか。
 b. かき混ぜ文
 それ_iを その命知らずの冒険者がとうとう ____j見つけたんですか。

実験の結果, 次の2点が明らかになった:(6b)において, (i) 「それを」の呈示から「とうとう」の呈示までの間, bilateral sustained anterior negativityが惹起される;(ii) 「冒険者が」, 「とうとう」の呈示後にP600が惹起される。この結果から, Ueno & Kluenderは, bilateral sustained negativityはfillerを保持する処理を反映し, P600はgapをfillerで埋める処理を反映していると結論付けた。

2.2. 先行研究の問題点

ドイツ語の *wh* 疑問文, 日本語のヲ格名詞句のかき混ぜ文のような filler と gap の関連付けを行う際には, 2 種類の負荷が増大し, それぞれに対応した ERP 成分が観察されることが示された。1 つが, filler を作動記憶内に保持しておく際に増大した負荷を反映して惹起される sustained(-L)AN, もう 1 つが filler を gap と統合する際に増大した負荷を反映して惹起される P600 である。

しかし, これらの研究には, 以下に指摘する問題点があり, 要素間の関連付け処理がどのように行われているのかを検証するには不十分な研究であると言える。

Fiebach et al.では, gap の位置が異なる *wh* 要素を含む文を比較し, filler と gap の距離が長くなると, sustained-LAN が惹起されると述べられている。しかし, この実験では, 要素間の関連付けを必要とする要素同士を比べているために, 関連付けを必要とする場合の処理とそうでない場合の処理がどのように異なっているのかを観察できない。また, Ueno & Kluender では, filler と gap の関連付けがある場合とそうでない場合の比較をしているが, この実験では filler と gap の

距離の遠近が異なった場合の処理の違いを観察することができない。

3. 本研究の着目点と予測

3.1. 着目する点

2.2節で指摘した先行研究の問題点を解消するためには、「要素間の関連付け処理が必要かどうか」という要因と、「関連付けを行う要素間の距離が近いか遠いか」という要因の2要因の実験計画を立てる必要がある。

そこで本研究では、(7)に示すような遊離助数詞を含む文を刺激に用いた実験を行った。

- (7) a. 近距離条件
学生が/ 近所の/ 新しい/ コンビニで/ 3冊/ 雑誌を/ 買った/。
- b. 統制条件1
学生が/ 近所の/ 新しい/ コンビニで/ 昨日/ 雑誌を/ 買った/。
- c. 長距離条件
学生が/ 3冊/ 近所の/ 新しい/ コンビニで/ 雑誌を/ 買った/。
- d. 統制条件2
学生が/ 昨日/ 近所の/ 新しい/ コンビニで/ 雑誌を/ 買った/。

(7)において、「3冊」は文中の特定の要素との関連付けを必要とする要素であり、「昨日」はそうでない要素である。また、「雑誌を」が「3冊」と関連付けが行われる要素である。

(7a)と(7b)の第5文節、あるいは(7c)と(7d)の第2文節の比較を行うことで、要素間の関連付けを必要とする要素(「3冊」)が入力された場合と、関連付けを必要としない要素(「昨日」)が入力された場合の処理の違いを観察することができる。また、(7a)と(7b)の間で、第5文節が入力されてから第6文節が入力されるまでを比較することで、関連付けが必要な場合に、関連付けを行うまでにどのような処理が続いているのかを観察することができる。(7c)と(7d)の間で、第2文節が入力されてから第6文節が入力されるまでを比較することで、関連付けが必要な場合に、関連付けを行うまでにどのような処理が続いているのかを観察することができる。

さらに、(7a)と(7b)の比較において、第5文節が入力されてから第6文節が入力されるまでに惹起されたERP成分の違いと、(7c)と(7d)の比較において、第2文節が入力されてから第6文節が入力されるまでに惹起されたERP成分の違いを比較することによって、関連付ける要素(「3冊」と関連付けられる要素(「雑誌を」)との距離の遠近が処理にどのような違いを及ぼすのかを観察することができる。

本研究では、(8)に示す3点に着目し、遊離助数詞を含む文において、助数詞が入力されてから、host-NPが入力されるまでの間にどのような処理が行われているのかを検討す

る。

- (8) 本研究が着目する点
- 助数詞が入力された時点でどのような処理が行われるのか。
 - 助数詞が入力されてから、host-NPが入力されるまでの間にどのような処理が行われるのか。
 - host-NPが入力された時点でどのような処理が行われるのか。

3.2. 結果の予測

助数詞が入力された際に、解析器がhost-NPと関連付ける必要があると判断し、要素同士の関連付け処理を行うのであれば、以下のような実験結果が予測される。(7a)-(7b)の比較では、第5文節入力時のERPに差が観察されると予測される。また、(7c)-(7d)の比較では、第2文節入力時のERPに差が観察されると予測される。そして、助数詞が入力されてhost-NPとなるべき名詞句が入力されるまでの間、解析器が助数詞を保持し続けるという処理をする場合、(7a)-(7b)の比較においても、(7c)-(7d)の比較においても、助数詞入力直後からhost-NPの入力の瞬間まで、ERPの差が持続すると予測される。さらに、host-NPが入力された時点で、助数詞とhost-NPとの関連付けが行われるのであれば、(7a)-(7b)の比較でも、(7c)-(7d)の比較でも、第6文節入力時のERPに差が観察されると予測される。

4. 実験

4.1. 被験者

日本語を母語とする九州大学の大学生、大学院生16名(19歳5ヶ月~25歳8ヶ月)が実験に参加した。Oldfield(1971)[10]に基づいた利き手調査を行った結果、全員が右利きであった。また、被験者は全員正常な視力であった(矯正視力を含む)。なお、被験者には電極の装着前に十分に実験の安全性を説明し、書面による同意を得た。また、実験後には規定の謝金を支払った。

4.2. 刺激

(7)に示した4組みの文を120セット作成し、ラテン方格法に基づき、4つの刺激リストに分けた。各リストには120文を埋め草文(filler sentence)として加え、計240文をランダムサイズして各被験者に呈示した。

4.3. 手続き

実験は、防音設備のある実験室において個々の被験者ごとに行った。コンピュータのTFT画面上に、「凝視点として」"を3000ミリ秒間呈示し、その直後から同じ位置に句ごとに一定のペースで刺激を呈示した(SOA: 700ミリ秒, ISI: 100ミリ秒)。刺激呈示の統制には玄海堂製Lingua Lab for EEGを使用した(<http://www.genkaido.jp/>)。

被験者には文を黙読してもらい、各文の呈示後に、ある単

語を呈示した。被験者には、その単語が直前に読んだ刺激に含まれていたかどうかを判断し、マウスで回答する課題を与えた（単語再認課題）。なお、実験中は実験室内を暗くし、被験者の集中力を持続させるために、約5分間脳波を記録するたびに、5分程度の休憩を取るようにした。実験は電極の装着・脳波の記録および休憩・電極の取り外しを含めておよそ100分であった。

4.4. 脳波の記録

脳波の記録には、日本光電製誘発電位検査装置 MEB-5504 を用いた。電極は銀・塩化銀皿電極を用い、基準電極は両耳朶連結とした。電極の配置は Jasper (1958)[11]の国際 10-20 法に準拠し、Fz, Cz, Pz, F3, F4, P3, P4 の7箇所から脳波を記録した。また、瞬目によるアーチファクト混入を監視するために、左眼下に1つ電極を配した。電極間抵抗値はすべて5kΩになるようにした。帯域遮断フィルターは0.01-50Hzに設定し、サンプリング周波数は200Hzとした。

4.5. 結果

4.5.1. 助数詞入力時

図1に、(7a, b)の第5文節入力時のERPを示す。視察の結果、潜時300~500ミリ秒間において、(7b)「昨日」と比較して、(7a)「3冊」において陰性成分が観察された。この潜時帯におけるERPの平均電位量について、「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」、「電極部位」ともに主効果が観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 1.04, p > .1$; 電極部位： $F(6, 90) = 1.18, p > .1$)。交互作用が観察された($F(6, 90) = 2.24, p < .05$)。F4において「文タイプ」の単純主効果が観察され、Fz, Czにおいては有意傾向であった(F4: $F(1, 105) = 6.55, p < .05$; Fz: $F(1, 105) = 2.94, p < .1$; Cz: $F(1, 105) = 3.43, p < .1$)。

図2に、(7c, d)の第2文節入力時のERPを示す。視察の結果、潜時300~500ミリ秒間において、(7c)「昨日」と比較して、(7d)「3冊」において陰性成分が観察された。この潜時帯におけるERPの平均電位量について、「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」、「電極部位」ともに主効果は観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 1.04, p > .1$; 電極部位： $F(6, 90) = 0.94, p > .1$)。交互作用が観察された($F(6, 90) = 3.26, p < .005$)。F3, F4において「文タイプ」の単純主効果が観察され、Fzにおいては有意傾向であった(Fz: $F(1, 105) = 3.48, p < .1$; F3: $F(1, 105) = 4.93, p < .05$; F4: $F(1, 105) = 4.66, p < .05$)。

これらの結果から、助数詞が入力されると、潜時300~500ミリ秒間において、前頭部・中心部で陰性成分が観察されることが明らかになった。この陰性成分がどのような処理を反映したERP成分であるのかを次節以降で検討する。

4.5.2. 助数詞入力から host-NP 入力まで

図1において、潜時300~500ミリ秒間以降も、潜時700

ミリ秒周辺まで、緩やかな陰性成分が観察される。そこで、(7a)-(7b)の比較において、第5文節呈示後300~700ミリ秒間におけるERPの平均電位量について「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」の主効果が観察され、「電極部位」の主効果、および交互作用は観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 7.80, p < .05$; 電極部位： $F(6, 90) = 1.18, p > .1$; 交互作用： $F(6, 90) = 0.35, p > .1$)。

同様に、図2においても、潜時300~500ミリ秒以降も緩やかな陰性成分が観察される。そこで、(7c)-(7d)の比較において、第2文節呈示後300~700ミリ秒間におけるERPの平均電位量について「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」、「電極部位」の主効果は観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 2.40, p > .1$; 電極部位： $F(6, 90) = 0.73, p > .1$)。交互作用が観察され($F(6, 90) = 2.34, p < .05$)、「文タイプ」の単純主効果がFz, F4で有意、F3, Czで有意傾向であった(Fz: $F(1, 105) = 4.38, p < .01$; F4: $F(1, 105) = 5.70, p < .05$; F3: $F(1, 105) = 3.33, p < .1$; Cz: $F(1, 105) = 3.07, p < .1$)。

ここで、(7a)-(7b)の比較において、第5文節の入力後700ミリ秒後というのは、第6文節つまりhost-NPとなるべき「雑誌を」の入力時にあたる。ここまでの分析において観察された陰性成分が、先行研究で示された「要素(filler)を保持しておく際に増大した負荷」を反映した成分と同様の成分であるならば、(7c)-(7d)の比較においても、host-NPが入力される時点まで陰性成分が持続することが予測される。

図3に、(7c)-(7d)の比較において、第2文節((7c)「3冊」/(7d)「昨日」)の入力から、第6文節((7c, d)ともに「雑誌を」)の入力までのERPを示す。視察の結果、(7d)と比較して(7c)において緩やかな陰性成分が前頭部で持続していることが観察される。そこで、第2文節入力後300ミリ秒後から2800ミリ秒後までのERPの平均電位量について、「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」の主効果は有意傾向であった。「電極部位」の主効果は観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 3.19, p < .1$; 電極部位： $F(6, 90) = 1.84, p > .1$)。交互作用が観察され($F(6, 90) = 3.93, p < .05$)、「文タイプ」の単純主効果がF3, F4で観察された(F3: $F(1, 105) = 5.78, p < .05$; F4: $F(1, 105) = 4.32, p < .05$)。

4.5.3. host-NP 入力時

図4に(7a)-(7b)の比較における、第6文節(「雑誌を」)入力時のERPを示す。視察の結果、潜時400~700ミリ秒周辺において、(7b)と比較して、(7a)が陽性方向に偏位していることが観察される。この潜時帯におけるERPの平均電位量について、「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」、「電極部位」の主効果は観察されなかった(文タイプ： $F(1, 15) = 2.09, p > .1$; 電極部位： $F(6, 105) = 1.139, p > 0.1$)。交互作用が観察され($F(6, 90)$

= 4.82, $p < .001$), Pz, P3, P4 において「文タイプ」の単純主効果が観察された (Pz: $F(1, 105) = 4.58, p < .05$; P3: $F(1, 105) = 4.91, p < .05$; P4: $F(1, 105) = 7.54, p < .01$).

また、図 5 に(7c)-(7d)の比較における、第 6 文節(「雑誌を」)入力時の ERP を示す。視察の結果、潜時 400~700 ミリ秒周辺において、(7d)と比較して、(7c)が陽性方向に偏位していることが観察される。この潜時間帯における ERP の平均電位量について、「文タイプ」と「電極部位」を要因とする分散分析を行った結果、「文タイプ」の主効果が観察され、「電極部位」の主効果は観察されなかった(文タイプ: $F(1, 15) = 4.40, p < .05$; 電極部位: $F(6, 90) = 1.48, p > .1$)。交互作用は観察されなかった($F(6, 90) = 0.54, p > .1$)。

この 2 つの陽性成分は潜時 極性から P600 と同定される。これらの結果から、助数詞の入力後、host-NP となるべき名詞句が入力されると、P600 が惹起されることが明らかとなった。

4.5.4. 結果のまとめ

実験の結果をまとめると、次のようになる。まず、助数詞が入力された 300 ミリ秒後から 500 ミリ秒後の間で、前頭部・中心部で陰性成分が観察される。さらに、この陰性成分は、その後、host-NP となるべき名詞句が入力されるまでの間、緩やかに持続する(sustained-negativity)。そして、host-NP となるべき名詞句が入力されると、P600 が惹起される。

5. 考察

5.1. sustained-negativity について

助数詞入力後に惹起された陰性成分は、その後、host-NP が入力される瞬間まで持続することが明らかになった。この成分は、解析器が「3 冊」を遊離助数詞であると判断し、作動記憶内にこれを保持しておく際に増大した負荷を反映していると考えられる。

(7a)のように、助数詞が入力された直後に host-NP が入力される場合であっても、(7c)のように助数詞と host-NP の間に複数の語が介在している場合であっても、解析器は、助数詞の語彙情報を元に、助数詞を作動記憶内で活性化させた状態で保持しておく可能性がある。

なお、文処理の実験において、この潜時間帯で観察される陰性成分として、N400 という成分が挙げられる。この成分は、入力された語がそれまでに入力された語と意味的に適合しない場合に惹起される成分と言われている(Kutas & Hillyard 1980[12]他)。しかし、要素間の意味的な不適合性を反映した N400 効果は、一般的に潜時 400 ミリ秒周辺で頂点を迎える陰性成分で頭皮上分布は後頭部優位であるとされる。本実験で得られた成分は、前頭部優位であった。よって、この成分を要素間の意味的な不適合性を反映した N400 とする妥当性は低い。

5.2. P600 について

(7a)-(7b)の比較においても、(7c)-(7d)の比較においても、host-NP となるべき名詞句が入力された際に、P600 が惹起された。この成分は、助数詞と host-NP とを関連付ける際に増大した処理負荷を反映した成分であろう。先行研究で取り上げられてきた filler と gap は音形をもつ要素である filler と音形をもたない要素である gap との関連付けを対象にしてきた。本研究で取り扱った NQ と host-NP はともに音形をもつ要素同士の関連付けである。このことから、要素が音形をもっていないようが、音形をもっていないかろうが、統語要素同士の関連付けの際に増大した処理負荷は P600 に反映される可能性がある。

6. まとめと今後の課題

本研究の実験結果から、解析器は、助数詞が入力されるとそれを作動記憶内で活性化させた状態で、host-NP となるべき要素が入力されるまで保持し続けるという処理手順をとっていると考えられる。そしてこの処理手順は、陰性成分として ERP 成分に反映される。また、助数詞と host-NP の距離に関係なく、持続した陰性成分が観察されることから、助数詞には host-NP を要求するという語彙情報が含まれており、解析器はこの情報をもとに処理を進めていると結論付けられるであろう。

今後の課題として、作動記憶容量の問題がある。人間の作動記憶容量には個人差があり、容量の大小が文処理に影響を及ぼすことが指摘されている(Just & Carpenter 1992[13]他)。被験者を作動記憶容量の大小の 2 群に分け、それぞれの ERP 成分を観察することで、関連付け処理のどの部分に容量の大小が影響を及ぼしているのかを検討する必要があるだろう。

[謝辞]

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究(C) 課題番号 17520269「日本語の文理解過程に関する事象関連電位による研究」(研究代表者:坂本勉)の援助を受けている。

文 献

- [1] 坂本勉, 「人間の言語情報処理」, 『岩波講座 言語の科学 11 言語科学と関連領域』, 大津由紀雄・郡司隆男・田窪行則・長尾真・橋田浩一・益岡隆志・松本祐治(編), pp. 1-55. 岩波書店: 東京, 1998.
- [2] King, J. W. and M. Kutas, "Who did what and when? Using word- and clause level ERPs to monitor working memory usage in reading," *Journal of cognitive neuroscience*, 7, pp. 376-395, 1995.
- [3] Fiebach, C., M. Schlesewsky, and A. Friederici, "Syntactic working memory and the establishment of filler-gap dependencies: Insights from ERPs and fMRI," *Journal of psycholinguistic research*, 30, pp. 321-338, 2001.
- [4] Fiebach, C., M. Schlesewsky and A. Friederici, "Separating syntactic memory costs and syntactic integration costs during parsing: the processing of German WH-questions," *Journal of Memory and Language*, 47, 250-272, 2002.
- [5] Ueno, M. and R. Kluender, "Event-related brain indices of Japanese scrambling," *Brain and Language*, 86, pp. 243-271, 2003.

- [6] 奥津敬一郎, 「数量的表現の文法」, 日本語教育, 14, pp. 42-60, 1969.
- [7] 黒田成幸, 「文構造の比較」, 『日英語比較講座 第2巻 文法』, 国廣哲弥(編) 大修館書店: 東京, 1980.
- [8] Ishii, Y., "Floating quantifiers in Japanese: NP quantifiers, VP quantifiers, or both?", Researching and Verifying on Advanced Theory of Human Language, Grant-in-Aid for COE Research Report 2 (No. 08CE1001), 149-171, Graduate School of Language Sciences Kanda University of International Studies, Japan, 1998.
- [9] Kaan, E., A. Harris., E. Gibson. and P. Holcomb, "P600 as an index of syntactic integration difficulty," *Language and cognitive processes*, 15, pp. 159-201, 2000.
- [10] Oldfield, R. C., "The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory," *Neuropsychologia*, 9, pp. 97-113, 1971.
- [11] Jasper, H. H., "The ten twenty electrode system of the international federation," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, pp. 371-375, 1958.
- [12] Kutas, M. and S. A. Hillyard, "Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity," *Science*, 207, pp. 203-205, 1980.
- [13] Just, M. A. and P. A. Carpenter, "A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory," *Psychological Review*, 99, pp. 122-149, 1992.

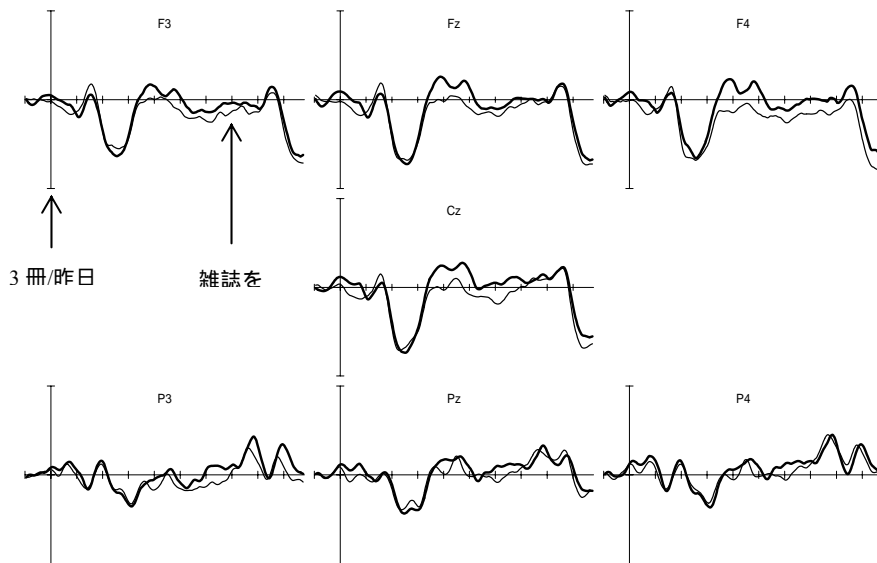


図1. 第5文節入力後-100ミリ秒~1000ミリ秒間のERP波形。横軸が時間を示す。1目盛り100ミリ秒。縦軸が電位量を示す。1目盛り5 μ Vで陰性方向が上向き。太線:(7a)「3冊」, 細線:(7b)「昨日」。

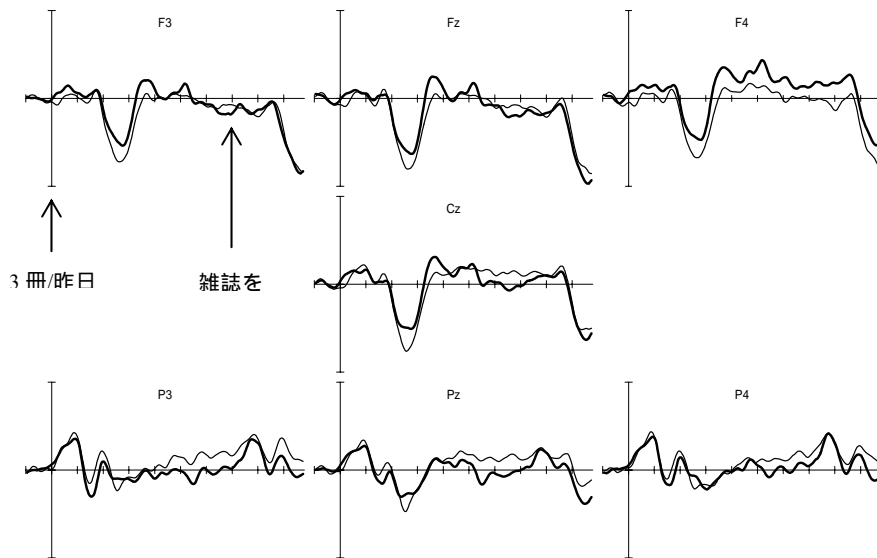


図2. 第2文節入力後-100ミリ秒~1000ミリ秒間のERP波形。横軸が時間を示す。1目盛り100ミリ秒。縦軸が電位量を示す。1目盛り5 μ Vで陰性方向が上向き。太線:(7c)「3冊」, 細線:(7d)「昨日」。

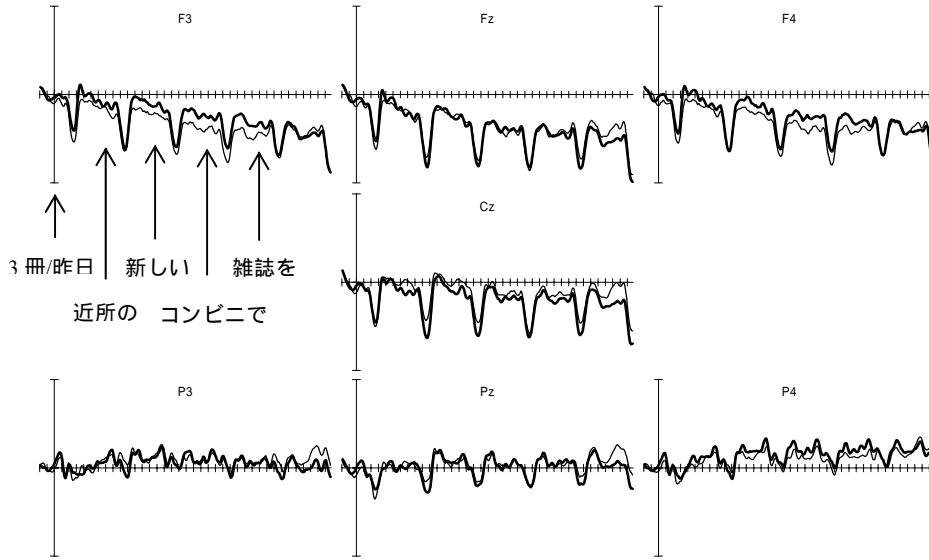


図3．第2文節入力後-200ミリ秒～3800ミリ秒間のERP波形．横軸が時間を示す．1目盛り100ミリ秒．縦軸が電位量を示す．1目盛り $8\mu\text{V}$ で陰性方向が上向き．太線：(7c)「3冊」，細線：(7d)「昨日」．

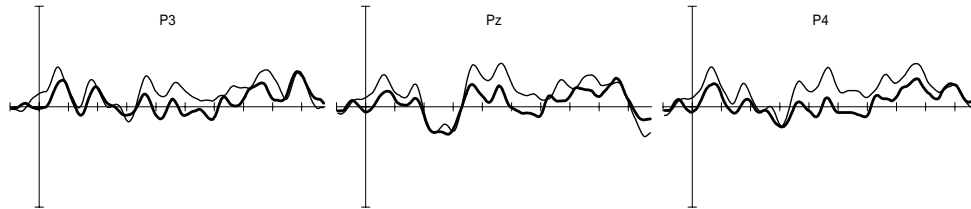


図4．第6文節入力後-100ミリ秒～1000ミリ秒間のERP波形．横軸が時間を示す．1目盛り100ミリ秒．縦軸が電位量を示す．1目盛り $5\mu\text{V}$ で陰性方向が上向き．太線：(7a)「雑誌を」，細線：(7b)「雑誌を」．

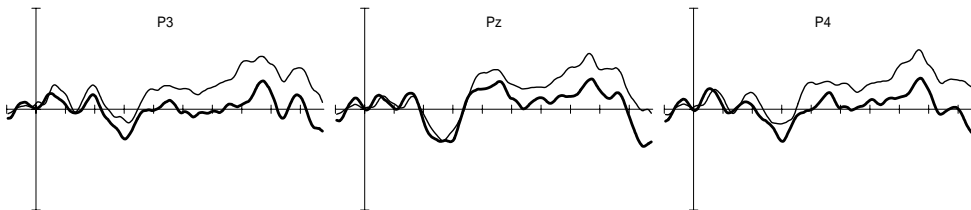


図5．第6文節入力後-100ミリ秒～1000ミリ秒間のERP波形．横軸が時間を示す．1目盛り100ミリ秒．縦軸が電位量を示す．1目盛り $5\mu\text{V}$ で陰性方向が上向き．太線：(7c)「雑誌を」，細線：(7d)「雑誌を」．