

日本語文における意味処理と統語処理の時系列的関係

— 事象関連電位を用いて —

梨和ひとみ・宮谷 真人

(2006年10月5日受理)

Temporal relation between semantic processing and syntax processing of Japanese sentence

Hitomi Nashiwa and Makoto Miyatani

Language comprehension involves the integration of semantic, syntactic, and pragmatic sources of knowledge. The mechanisms and time series of the integration process are a major issue in psycholinguistic research. In this study we investigated whether Japanese native speaker use parallel or serial models when they read Japanese sentences. While parallel models pose that semantic and syntactic information are processed independently, serial models posit that semantic and syntactic information are processed serially and dependently each other. We recorded event-related potentials (ERPs) with four types of sentence including correct (Correct), semantic mismatch (SemMM), syntactic mismatch (SynMM), and semantic and syntactic mismatch (Sem_SynMM) conditions. Results showed that larger N400 (360-460 ms) arose in a dual mismatch condition than in semantic or syntactic conditions. In addition, we observed later negativity (580-640 ms) only in the Sem_SynMM condition. Our results suggested that, though most of the previous studies supported syntactic first serial model, temporal relation between semantic and syntactic processing could depend on different languages, tasks, and grammatical violations using in the experiment.

Key words: semantic process, syntactic process, event-related potential

キーワード：意味処理, 統語処理, 事象関連電位 (ERP)

1. はじめに

われわれ人間にとって他者とコミュニケーションをとることは必要不可欠である。そのコミュニケーションをとる手段の1つとして言語がある。言語はある一定の規則に従って構成されている。ここでいう言語の規則とは、文法のことを指している。われわれは、文法を理解することにより、言語を理解していると言える。言語を構成する要因として、音韻、意味、統語などの言語理解には欠かせない処理過程（モジュール）がある。音韻処理では、音声や音の聴覚的処理が行われる。意味処理とは、統語構造に対応する意味解釈を与えることである。統語処理では、その言語のもつ文

法的処理を行っている。これらの処理過程は独立して働いているのではなく、相互に作用しながら処理を遂行していると考えられている。

意味処理と統語処理は読んだり書いたりする際に、さらに音韻処理は会話などの音声を変えた情報交換に用いられる。読み書きする場合、特に意味処理と統語処理の関係が重要になってくる。統語処理が不十分なために意味が解釈できないときは、意味処理から統語処理へコントロールが戻されて、統語処理の変更が行われると考えられている。そのような過程が顕著に現れるのが、袋小路文 (garden path sentence) である。例えば、(1)「太郎は花子の写真を撮った」、(2)「太郎は花子の写真を撮った次郎をほめた」の文を比較し

てみると、(1)の文では、写真を撮ったのは明らかに太郎である。しかし、(2)の文では、次郎が現れたとたんに意味がおかしくなって、それまでの統語処理の変更が必要になる。その結果、写真を撮ったのは太郎ではなく次郎であることが明らかになる(酒井, 2002)。このことから、文処理が単なる単語の意味処理だけではなく、統語処理を必要としていることが分かる。酒井(2002)によると、文を理解するためには、一つ一つの単語の辞書的な意味だけでなく、文を構成する要素や文法などを理解する必要がある(未知の言語に遭遇した時、その言語辞書を用いて単語の意味を理解したとしても、文を理解することはできない)。文法的知識を使わないと文の意味を正確には理解できないことから、意味処理と統語処理の関係について多くの研究が行われてきた。しかし、言語理解における意味処理と統語処理の時系列的関係については、明確に示された研究が少なく、さらにそれらのほとんどが、ドイツ語や英語などのアルファベットを用いた欧米の言語に関する研究である。日本語という言語体系の異なる言語でも、多くの先行研究と同じような結果が得られるのか、もしくは日本語特有の言語処理過程があるのかどうかは、明らかではない。

意味処理と統語処理の関係についての研究では、事象関連電位(ERP)がツールとして用いられる場合がある。なぜなら、脳波は電気活動の記録であるため、オンラインで脳の活動をモニターすることができるからである。ERPは、脳の電気生理学的変化を捉えており、刺激に対して即座に変化する脳の神経活動をミリ秒単位で測定することが可能である(郡司・坂本, 1999)。異なる処理段階のそれぞれを反映する成分を同時に記録することができるので、それらの出現潜時や依存関係を調べることによって複数の処理段階の時間的関係を推測できる。よって意味処理と統語処理の時系列的関係を調べるのに有効である。

ERPを用いた多くの言語研究において、意味処理に関連して、文の最後や途中にある意味逸脱語や、意味的には逸脱していないが期待していなかった語に対して、刺激(意味逸脱)呈示後400 ms前後で頂点を示し、中心部・頭頂部優勢に出現する陰性方向の電位が出現することが報告されている(Kutas & Van petten, 1988, 1994のレビューを参照)。例えば、「タロウが冷蔵庫を 食べた」という文を読むとき、「タロウが冷蔵庫を」まで読んでいくと「開けた」や「買った」などが次にくる単語だと予測されるが、「食べた」という動詞がきている。このとき、「食べた」という動詞が呈示されてから約400 ms後に頂点を示すのが、N400と呼ばれる陰性電位である。一方、統語処理に

関わる電位としては、主に2つの成分が報告されている。1つは、ELAN/LAN (early/left anterior negativity)という成分で、句構造逸脱(単語範疇違反)や形態統語的逸脱(主語と動詞の数や性の一致違反)にたいして、短潜時(100-300 ms)で左前頭葉付近に出現する陰性電位(Friederici, Steinhauer, & Frisch, 1999; Hahne & Friederici, 1999)である。もう1つの成分がP600である。P600は、統語処理自体(Hagoort, Brown, & Groothusen, 1993)、または、統語的統合の難易度(Friederici, 1995; Osterhout, Holcomb, & Swinney, 1994)を反映しているという報告がある。例えば、「タロウが りんごに 食べた」という文を読んでいるとき、「りんごに 食べた」という与格(格助詞)がおかしい(「りんごを 食べた」が文法的に正しいとされている)ことに気付く。そのとき、「タロウが りんごを 食べた」が文法的に正しい文だと思うこと(解釈すること)を文の再解釈(再構築)と呼び、それを反映しているのがP600という、中心部・頭頂部優勢に分布し、「食べた」呈示後約600 ms前後に出現する陽性電位であるとされている。ただし、N400に比べてP600は、はっきりとした頂点を示さないことも多く、出現潜時と条件差の持続時間には、かなりのばらつきがある。

ERPを用いた文理解研究では、これらのERP成分がさまざまな種類の逸脱を含む文に対してどのように振舞うかを観察することによって、意味処理や統語処理の構造や関係について検討が行われている。例えば、Friederici et al. (1999)は、意味処理と統語処理の相互作用に関する問題の1つとして、それらが並列的に同時に行われるのか(並列モデル)、系列的、すなわちどちらかが先に行われ、その結果が別の処理に影響するのか(系列モデル)という問題を挙げている。彼女らは、もし並列モデルに従って意味処理と統語処理を同時に行っているのであれば、普通文と比べて二重逸脱文では、N400, P600, ELANのすべての成分が観察されると予測した。一方、系列モデルに沿って意味処理と統語処理を系列的に行っているのであれば、統語処理が先行し、それが意味処理に影響(統語逸脱の検出によってそれ以降の意味処理が行われなくなる)を及ぼすと予測した。よって、もし系列モデルが支持されるならば、結果として、P600やELANが観察され、N400効果は出現しないか、または小さな振幅変化が観察されるのみであると予想できる。彼女らは、実験文として正しい文(Das Haus wurde bald gebaut/The house was soon built)、意味逸脱文(Der Priester wurde bald gebaut/The priest was soon built)、統語逸脱文(Das Haus wurde vom gebaut/The house was

by the built), 二重逸脱文 (Der Priester wurde vom gebaut/The priest was by the built) の4種類のドイツ語文を用いて, 再認課題におけるそれぞれのERP波形について検討している。結果は, 正しい文と二重逸脱文の波形を比べると, 二重逸脱文でP600とELANが高振幅で観察されたが, N400は出現しなかった。このことから, ドイツ語文では, 意味処理よりも統語処理を先行して行う系列モデルを支持する結果を報告している。さらに, Hagoort (2003) は, 意味処理と統語処理の関係について Friederici et al. (1999) の実験をもとに, 文法的性の一致違反がもたらすERP変化について, 文の容認性判断課題を用いた実験で検討している。その結果, 統語処理によって意味処理は影響を受けるが, 意味処理による統語処理への影響がないことから, 系列モデルを支持している。

しかし Friederici et al. (1999) では, 二重逸脱文においてはN400が出現しなかったのに対し, Hagoort (2003) では, 同様の二重逸脱条件で, 単独の意味逸脱文に比べてN400の振幅が増大しており, 結果が一致しているとは必ずしも言えない。さらに Gunter, Stowe, & Mulder (1997) は, 二重逸脱条件において, N400, ELAN, P600のすべてが観察されたことから, 自動的な統語解析 (初期の統語処理を反映する陰性電位 ELAN に反映される) は意味解析 (N400に反映) と並列に行われ, その後統語の再解析 (P600に反映) が行われることを示唆した。

このように, 意味処理と統語処理の相互作用について, 並列モデルと系列モデルのどちらが適切であるかについては, 一貫した結果が得られていない。これらの結果の不一致の原因は, 統語処理について検討するための条件設定の多様さにあると考えられる。Friederici et al. (1999) では, 統語逸脱条件として, 受動文における不適切な前置詞の有無を操作している。一方, Hagoort (2003) は, オランダ語の冠詞の性と数の一致違反を操作している。また, Gunter et al. (1997) は, 文の最後に出てくる動詞の活用形の適切さを操作している。さらに, 課題として Friederici et al. (1999) では再認課題, Hagoort (2003) では文の容認性判断課題, Gunter et al. (1997) では filler 課題といったように, それぞれ異なる課題を用いて実験を行っている。したがって, 統語処理と意味処理の相互作用のあり方は, どのような統語逸脱条件で検討するか, またどのような課題で検討するかに依存する可能性があり, 並列モデルがあてはまる状況, 系列モデルがあてはまる状況それぞれを明確にしていく必要がある。

また Luke, Liu, Wai, Wan, & Tan (2002) は, 中国語を用いて意味処理と統語処理に関わる脳領域を特定

するためにfMRIを用いて実験している。意味処理と統語処理の多くの研究は, ヨーロッパ言語 (ドイツ語, オランダ語, 英語など) を用いて実験されているが, Luke et al. (2002) では, 中国語の統語と意味が密接な関係にあり, 統語を意味から分離させることが困難であるという特徴に着目し, 意味性判断課題と文法性判断課題を用いて実験している。その結果, 中国語における意味性判断課題と統語性判断課題で活性化した多くの脳部位は重なっており, 中国語における意味処理と統語処理は, Friederici et al. (1999) が述べているようには独立していないという, 意味処理と統語処理の相互関係が異なる可能性を指摘している。言語によってありうる統語逸脱の種類も異なる (例えば, 日本語では人称による動詞の変化はない) ことから, 2つの処理 (意味処理と統語処理) 過程の相互関係については, 言語の違いについても考慮する必要がある。

そこで本研究では, Friederici et al. (1999) の研究に基づき, これまで同様の条件設定をした研究が行なわれておらず, さらに文法構造が大きく異なる (ドイツ語, オランダ語, 英語は主語, 動詞, 目的語の順序であるが, 日本語は主語, 目的語, 動詞であり, 冠詞, 性や数の一致なども日本語文法には含まれていない) 日本語文を刺激とし, 意味処理と統語処理が並列的に行なわれるのか, 系列的に行なわれるのかをERPを用いて調べた。日本語を刺激とした数多くの研究で, 意味逸脱に対するN400が報告されており, 本研究でも意味逸脱条件でN400が観察されると予想される。また, Nakagome, Takazawa, Kannno, Hagiwara, Nakajima, Itoh, & Koshida (2001) は, 日本語文における統語逸脱に対するP600を報告しており, 本研究の統語逸脱条件でもP600が出現すると予想できる。意味逸脱と統語逸脱の両方を含む二重逸脱文においては, 2つの処理が並列的に行われるのであれば, 意味逸脱に対するN400と統語逸脱に対するP600の両方が観察されると予測される。一方, 系列的に行われるのであれば, N400とP600のどちらか一方のみが観察されると予測される。統語処理が先行して, 統語逸脱が検出された時点でその後の意味処理が中止されれば, P600のみが観察されるであろう。逆に意味逸脱が先行して, 意味逸脱が検出された時点でそれ以降の統語処理が中止されれば, N400のみが観察されるであろう。二重逸脱条件においてN400とP600が出現するか否かを観察するのが, 本研究の目的である。

2. 方法

参加者 日本語を母国語とする大学生および大学院

生17名、年齢21歳から35歳（平均年齢24.6歳）を参加者とした。そのうち、加算回数の十分でない被験者7名を分析から除いた。参加者は、全員右利きで、正常な視力または矯正視力の持ち主であった。

材料 刺激は17インチの液晶モニタを用いて、薄いグレーの背景に黒字で呈示した。刺激として、主語+目的語+動詞からなる3単語文を4種類作成した。刺激はまず日本語として誤りのない文を240文作成し、ランダムに60文ずつ4リストに分けた。そのうち1リストについては、意味的に誤りのある文（意味逸脱文）を作成するために、動詞（3番目の単語）を文の間で適宜入れ替えて、動詞と目的語が意味的に無関連になるようにした。意味逸脱リストのうち、1つについては、目的語の格助詞を“を”と“に”を入れ替え、二重逸脱文となるようにした。別のリストについて、統計的に誤りのある文（統語逸脱文）を作成するために、目的語の格助詞を“を”と“に”を入れ替え、不適当な文にした。なお、4つのリストがどの条件に割り当てられるかの点で異なる、4種類の刺激セットを作成した。

手続き 各試行は、参加者が左右のボタンを同時に押すことで始まった。ボタン押しと同時に画面中央に凝視点を900 ms 呈示した。凝視点消失後100 ms 後に主語（S1）に相当する刺激を500 ms 呈示した。S1消失後に目的語（S2）を500 ms 呈示した。S2消失後に動詞（S3）を500 ms 呈示した。文字はHG ゴシック体で、フォントサイズを24とした。

刺激文呈示中の参加者の課題は、文の容認性判断課題であった。各文（S1, S2, S3）呈示後、その文が日本語文として容認可能かどうかを右か左かのボタン押しで判断させた。反応（はい/いいえ）と左右ボタンの対応は、参加者の半数ずつで逆にした。参加者には反応はできるだけ早く正確にするよう指示した。3番目の単語（S3）呈示後、2 000 ms 以内に反応が行われない場合は、誤反応とした。本実験開始前に課題に慣れてもらうために、20試行の練習課題を行った。また、実験に先立って、刺激呈示中には、体動や瞬きを避けるように教示した。240の刺激文は40ずつの6ブロックに分けて呈示した。ブロック内における4種類の刺激の順序はランダムとした。

脳波の記録と分析 脳波の記録にはデジタル脳波計（EEG-1100, 日本光電）を用いた。ERPの導出部位は国際10-10法表記によるFz, Cz, Pz, Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, F7, F8, P3, P4, T7, T8, P7, P8, O1, O2とした。基準電極は、記録時にはC4とC3の平均電位であり、オフライン処理で左右耳朶連結とした。垂直EOG（Fp1-左眼窩下）および水平

EOG（左右眼窩外側間）を記録し、眼球運動と瞬きをモニタした。アーチファクト混入試行（ $\pm 100 \mu V$ 以上の電位、水平EOGでは、 $\pm 50 \mu V$ ）を除き、S1, S2, S3それぞれの呈示前100 msから呈示後1 000 msの脳波について、4条件別に加算平均してERPを求めた。統計的検定に際しては、反復測度の分散分析を適用し、球面性の仮定が満たされないことによる第1種の過誤の増大を防ぐために、必要に応じてGreenhouse & Geisserの ϵ による自由度の修正を行った。多重比較にはBonferroniの方法を用い、有意水準を5%に設定した。

3. 結果

行動測定 文の容認性判断の平均反応時間（ \pm 標準偏差）は、正しい文、意味逸脱文、統語逸脱文、二重逸脱文の順に、691.7 ms (± 125.8 ms), 652.4 ms (± 101.1 ms), 708.3 ms (± 112.0 ms), 635.1 ms (± 101.7 ms)であった。誤答率の平均は、同じく18.5% ($\pm 17.7\%$), 6.0% ($\pm 9.0\%$), 19.3% ($\pm 23.5\%$), 4.8% ($\pm 10.0\%$)であった。反応時間について、1要因の反復測定分散分析を実施したところ、文の種類の主効果 ($F(3, 27) = 16.37, \epsilon = .650, p < .001$) が有意であった。多重比較の結果、有意な差が得られたのは、正しい文-二重逸脱文、意味逸脱文-統語逸脱文、統語逸脱文-二重逸脱文の条件間であった。誤答率について同様の分析を行ったところ、文の種類の主効果 ($F(3, 27) = 5.41, \epsilon = .679, p < .05$) が有意であった。多重比較の結果、Bonferroni法による一対比較では、有意な差を示す条件の対は得られなかった。

ERP 第1刺激（S1）に対するERPの総加算平均波形（Figure 1）を見ると、正しい文、意味逸脱文、統語逸脱文、二重逸脱文の4条件間に、波形の大きな違いは現れていない。刺激呈示時点から1 000 ms ま

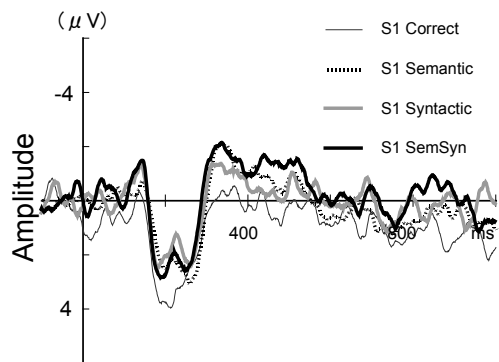


Figure 1. CzにおけるS1に対するERP波形

での区間を20 ms ごとの50区間にわけ、それぞれの区間平均電位を算出した。文の種類×部位の分散分析の結果、文の種類の有意な効果は得られなかった。

第2刺激(S2)に対するERPの総加算平均波形(Figure 2)では、S1波形に比べて、頭部全体でN400が大きく出現していることが分かる。しかし、S1波形と同様、4条件間で波形に大きな違いはなく、平均振幅に関する分散分析の結果も視察を支持し、文の種類の有意な効果を示した区間はなかった。

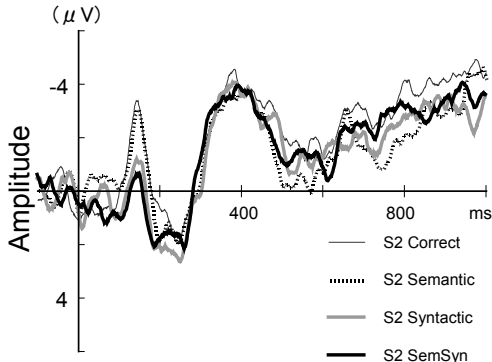


Figure 2. CzにおけるS2に対するERP波形

第3刺激(S3)に対するERPの総加算波形(Figure 3)では、S1波形やS2波形と異なり、文の種類による波形の違いが観察できる。まず、正しい文に対するERPは他の3条件と大きく異なり、刺激オンセット後300 ms前後から、陽性方向に大きくシフトしている。他の3条件は、互いによく類似しているが、Czの波形を見ると、刺激後350–450 ms区間では二重逸脱文に対するERPが他の2条件よりもやや陰性であり、550–700 ms区間では統語逸脱文に対するERPが他の2条件より陰性であり、さらに700–900 ms区間では統語逸脱文に対するERPが他の2波形よりも

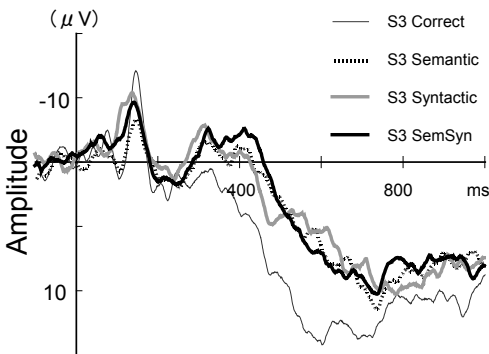


Figure 3. CzにおけるS3に対するERP波形

やや陽性であるという条件差があるように見える。

正しい文(Yes)と他の3文(No)では、反応が異なるので、反応の種類が同じ意味逸脱、統語逸脱、二重逸脱の3条件で、逸脱の種類によるERPの違いを、統計的に検討した。まず、刺激オンセットから1000 msまでを20 ms ごとの50区間に分け、各区間の平均振幅について、文の種類(意味逸脱文、統語逸脱文、二重逸脱文)×部位(Fz, Cz, Pz, Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, F7, F8, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2)の分散分析を行った。その結果、360–460 msの区間ではC4, Cz, Pzにおいて文の種類の主効果($F_s=3.43-6.83, p<.06$)が、580–640 msの区間でもC3, C4, T3, T6, Czにおいて文の種類の主効果($F_s=3.91-6.31, p<.05$)が認められた。そこで、360–460 msと580–640 msの2区間について平均振幅を再計算し、文の種類×部位の2要因の分散分析を行った。

360–460 ms区間では、文の種類の主効果($F(2,18)=4.49, p<.05$)が優位であり、多重比較の結果、意味逸脱文や統語逸脱文よりも二重逸脱文で大きな陰性電位が出現していることが分かった。意味逸脱文と統語逸脱文では、ERPの振幅の違いはなかった。また、580–640 ms区間でも文の種類の主効果($F(2,18)=5.43, p<.05$)が有意であった。多重比較の結果、意味逸脱文や二重逸脱文と比較して、統語逸脱文に対するERPが、より陰性であった。

4. 考察

本研究は、日本語の意味・統語二重逸脱文に対するERPを観察することにより、日本語文における意味処理と統語処理の時系列的関係について検討することを目的として行った。その結果、二重逸脱文において意味逸脱文や統語逸脱文よりも大きなN400が出現した。後者の2条件間には、N400に関する違いはなかった。同様の目的で行われたNashiwa, Nakao, & Miyatani (2006)では、統計的に十分な支持が得られなかったものの統語逸脱文においてP600が観察され、また意味逸脱文と二重逸脱文において統語逸脱文よりも大きなN400が出現しており、本研究と彼らの結果には一致しない点がある。

本研究でP600が観察できなかったこと、およびN400の出現の様相がNashiwa et al. (2006)とは異なっていたことについては、次のような原因が考えられる。彼らの実験では、刺激文が5文呈示されるごとに、プロンプ文を呈示し、再認課題を行った。一方、本実験では、1試行ごとに、文の容認性判断を行った。Nashiwa et al. (2006)と本研究の波形を比較すると、

第3刺激に対する波形が大きく異なっており、本研究では、すべての条件で刺激後600 ms 前後に頂点をもつ大きな陽性波が出現した。これは、第3刺激に対する明示的な課題を課したために、課題に関連した刺激に対して出現するP300 (P3b) が大きく出現したのが原因であると考えられる。また、FzやCzの波形では、P300が2つの大きなピークを示す2峰性も観察でき、P300以外にも、positive slow wave (PSW) が重畳している可能性もある。

このように、振幅の非常に大きいERP成分の出現によって、P600に基づく電位変化が隠され、またN400に伴う電位変化が見かけ上予測されたものとは異なったものになったのかもしれない。反応時間や誤答率を見ると、意味逸脱文にくらべて統語逸脱文の反応が困難であったと考えられる。反応時間とともにP300潜時も後者で延長していたとすると、P300の効果は、統語逸脱ERPよりも意味逸脱ERPで早く現れ、本来ならば出現しているN400を打ち消してしまった可能性がある。また、意味逸脱文に比べて二重逸脱文の反応時間が延長しているの、同じ理由で、本来は同じように出現しているN400が、後者で大きく観察された可能性がある。したがって、本研究の結果から、意味処理と統語処理の時系列的関係に関して明確な結論を導くことはできない。しかし、本研究でも、Nashiwa et al. (2006)と同様、意味逸脱文と同程度以上のN400が出現しており、Friederici et al. (1999)が報告したような統語処理の後に意味処理が行われるという系列性が、他言語や他の種類の逸脱すべてに当てはまるものでないことは確認できた。

本実験では、他に興味深い結果も観察された。580-640 ms区間の統語逸脱文波形が、他の2条件に比べて陰性であったことである。Friederici et al. (1999)は、意味逸脱文および二重逸脱文に対するERPにおいて、潜時750 msあたりで頂点を示し、二重逸脱文ではP600と重畳するように出現する陰性電位を観察し、この電位は、文法解析が終わったあとの2次的意味分析過程を反映しているのではないかと考えている。この主張は、文の意味は、その構造によっては、N400に反映される初期分析と、それよりも遅い潜時の陰性電位に反映される後期分析という複数の過程を経て把握されるものである可能性を示唆している。意味的処理がそのように時間的にずれた複数の過程で支えられるものであるなら、統語的処理についても同様の可能性が考えられる。すなわち、本実験では、LANが反映する統語処理とは異なる統語分析過程がより遅い潜時で生じ、それが統語逸脱文のERPの陰性シフトをもたらしたのかもしれない。上述したよう

に、本実験ではP300やPSWが大きく出現したため、得られたERPデータは、意味分析過程や統語分析過程を分けて検討するには適さないものである。後期の陰性電位の出現条件や、それが反映する過程については、今後の検討課題である。

【引用文献】

- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, *50*, 259-281.
- Friederici, A. D., Steinhauer, K., & Frisch, S. (1999). Lexical integration: Sequential effects of syntactic and semantic information. *Memory & Cognition*, *27*, 438-453.
- 郡司隆男・坂本 勉 (1999). 言語学の方法 (現代言語学入門1) 岩波書店
- Gunter, T. C., Stowe, L. A., & Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, *34*, 660-676.
- Hagoort, P., Brown, C. M., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, *8*, 439-483.
- Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*, 883-899.
- Hahne, A., & Friederici, A. (1999). Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis. Early automatic and late controlled processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 194-205.
- Kutas, M., & Van Petten, C. K. (1988). Event-related brain potential studies of language. *Advances in psychophysiology*, *3*, 139-187.
- Kutas, M., & Van Petten, C. K. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. *Handbook of psycholinguistics*. San Diego, CA: Academic Press. pp. 83-143.
- Luke, K., Liu, H., Wai, Y., Wan, Y., & Tan, L. (2002). Functional anatomy of syntactic and semantic processing in language comprehension. *Human Brain Mapping*, *16*, 133-145.
- Nakagome, K., Takezawa, S., Kanno, O., Hagiwara, H., Nakajima, H., Itoh, K., & Koshida, I. (2001). A

- topographical study of ERP correlates of semantic and syntactic violations in the Japanese language using the multichannel EEG system. *Psychophysiology*, **38**, 304-315.
- Nashiwa, H., Nakao, M., & Miyatani, M. (2006). Interaction between semantic and syntactic processing in Japanese sentence comprehension. *Communicating skills of intention*. (in press)
- Osterhout, L., Holcomb, P. J., & Swinney, D. A. (1994). Brain potentials elicited by gardenpath sentences: Evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **20**, 786-803.
- 酒井邦嘉 (2002). 言語の脳科学 中央公論新社