

言語理解における意味処理と統語処理に 関する事象関連電位研究

梨和ひとみ・宮谷 真人

(2005年9月30日受理)

Event-related-potential studies on semantic and syntactic processing in language comprehension

Hitomi Nashiwa and Makoto Miyatani

Language has been considered a prototype of a complex, well-learned, multi-tiered intellectual activity that reflects the fundamental architecture of cognition (Carpenter, Miyake, & Just, 1995). Language comprehension involves the integration of semantic, syntactic, and pragmatic sources of knowledge. Much recent psycholinguistic work has assumed that syntactic and semantic interpretations of a sentence are produced by separate cognitive processes that can work serially or in parallel (Fodor, 1983). The mechanisms and time course of the integration process are a major issue in psycholinguistic research (Gunter, Stowe, & Mulder, 1997). However, there is still controversy about which model (serial model or parallel model) would be applicable. In this article, we introduced and compared several language studies which used event-related brain potential (ERP) measures, focused on time course of sentence processing, and reported divergent findings. Although these different findings might be results of using different methods (e.g. using different grammatical violation), tasks, or language, it is not yet clear where the divergence has come from. We discussed the advantages of ERP measures for disentangling these problems, and investigating the temporal structures of processes involved in language comprehension.

Key words: language comprehension, semantic process, syntactic process, event-related potentials (ERPs)

キーワード：言語理解，意味処理，統語処理，事象関連電位（ERPs）

1. 言語理解と情報統合のモデル

われわれ人間が社会の中で生きていくために、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。その方法の1つとして昔から用いられているのが、言語によるコミュニケーションである。広辞苑第4版(新村, 1991)によると、言語とは、“人間が音声または文字を用いて思想・感情・意思などを伝達したり、理解したりするために用いる記号体系”とある。そして、言語は、認知機能を基礎として学習された複雑で高次な知的活動の典型であると考えられてきた(Carpenter, Miyake, & Just, 1995)。

1990年代に入り脳イメージング研究が急速に進められ、人間の脳機能に関する実験的研究がさかんに進められるようになった(乾, 1997)。言語研究においても、

言語構造の解析など、言語学などで従来行われてきた研究に加え、神経心理言語学的立場や心理生理学的立場から、音韻、意味、統語という言語を構成する諸領域について、多くの研究がなされるようになった(Friederici, Hahne, & Saddy, 2002)。我々の脳には多くの機能モジュールがあり、それらは相互に通信しあっている。このような相互作用を通じて、高度な認知機能が実現されていると考えられる(乾, 1997)。しかしながら、言語における多くの諸機能(それぞれのモジュール)がどのように相互に作用しているかについてははっきりとわかっているわけではない。本稿は、事象関連電位(event-related potentials, ERPs)という心理生理学的指標を用いた言語研究、とくに意味処理モジュールと統語処理モジュールの関連性を扱った研究を紹介し、今後のERPによる言語研究の可能

性について考察することを目的とする。

言語理解を支える処理過程について、音声処理、単語処理、統語解析といった区別が行われることがある。音声処理のレベルでは、音声の聴覚的処理が行われる。単語処理レベルでは、語の認識や心的辞書に保存された情報の取り出しなどが行われる。文処理、または統語解析では、語と語の関係を計算して文の構造（統語構造）が作られる。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。文脈処理では、語用論的知識や世界に関する知識などを用いて、もっとも適切な解釈を選び出し、話し手の意図を推定することが行われている（坂本, 1998）。

言語理解の過程で、これらの情報がどのように統合されていくのかについて、2つの考え方がある。1つは、自律説 autonomy hypothesis, モジュール説 modular hypothesis, 系列/直列モデル sequential/serial model などと表現されるものである。この考え方では、言語処理には、音韻、意味、統語という自律的・独立的な下位処理部門（モジュール）が関わっており、かつ、それらの下位処理部門が時系列的な順序に従って配列されていると仮定する。もう1つは、相互作用説 interactive hypothesis, 並列モデル parallel model などと呼ばれる考え方である。この考え方では、さまざまな処理レベルの情報（例えば、意味情報、統語情報、音韻情報）が、相互に作用しあいながら言語処理が進行していくと仮定している（坂本, 1998）。

意味情報と統語情報の統合に関しても、系列モデルと並列モデルの妥当性に関して多くの議論が行われてきた。系列モデルは、統語情報が意味情報よりも先に自動的に処理されると仮定するモデルである（Frazier, 1987; Frazier & Fodor, 1978）。一方、並列モデルは、あらゆるタイプの情報が、言語理解の各段階で相互作用すると仮定する（Marlsen-Wilson & Tyler, 1980; MacLellan et al., 1989）。それぞれのモデルについて、それを支持するさまざまな行動的証拠が報告されてきた（Frazier & Rayner, 1982; Gorrell, 1987）。

2. 事象関連電位を用いた言語研究

文を理解するために、言語処理システムは非常に短い時間で多くの言語情報を処理し、統合しなければならない（Hahne & Friederici, 2002）。ごく短時間に生起するこれらの過程を調べる方法として、ERP が用いられることがある。ERP とは、刺激や運動など客観的に同定することが可能な事象に時間的に関連して生じる脳の電位変化である（入野, 2005）。脳のどの部分が活動しているかを調べるための空間解像度

は、機能的 MRI (functional magnetic resonance imaging, fMRI) などの脳機能イメージング手法に比べて劣るが、脳電位という変化の早い現象を、ミリ秒単位で計測できるという点で、時間的解像度に優れた測度である。頭皮上で記録される ERP は、多くの神経集合の活動が時間的、空間的に統合されたものであることから、ハードウェア的な時間解像度は高くても、機能的な時間解像度は必ずしも高くないという指摘（酒井, 2002）もある。しかし、以下の2点から、ERP は言語研究の指標として有効であると考えられる。まず、刺激が呈示されてから、何らかの言語的反応が行われるまでの過程を、連続的に記録することができる。第2に、ERP は、それぞれ異なる情報処理過程を反映すると想定される複数の成分で構成される。例えば意味処理と統語処理を反映する成分が同定でき、両方が出現するような課題を工夫できれば、両者の出現潜時のちがいなどから、2つの処理過程の機能的関係（系列的か並列的かなど）について推測することが可能である。

現在、音韻処理、意味処理、統語処理をそれぞれ反映する ERP 成分として、次のものを挙げることができる。まず、音韻処理に関しては、音韻刺激に対するミスマッチ陰性電位 (mismatch negativity, MMN) がある（Näätänen, 1992）。MMN は、聴覚刺激を用いた課題において、反復する刺激（標準刺激）の中にまれに出現する逸脱刺激に対して、刺激後約200 ms を頂点とし、前頭部優勢に出現する ERP 成分である。従来、MMN は純音などの非言語的刺激を用いて検討されてきたが、Näätänen (2001) によると、音韻刺激を用いることで、音韻知覚に関わる過程を反映する MMN（語音 MMN）が記録できる。Näätänen, Lehtokoski, Lennes, Cheour, Huottilainen, Iivonen, Vainio, Alku, Ilmoniemi, Luuk, Allik, Sinkkonen, & Alho (1997) は、フィンランド人を被験者とし、母語の母音と外国語の母音を刺激として、MMN を記録した。その結果、標準刺激が母語の場合、逸脱刺激が外国語の時よりも母語の時に MMN 振幅が大きくなり、MMN が反映する音素の記憶痕跡は言語依存的事象であることが分かった。また、MMN に対応する脳磁図成分である MMNm が母語の逸脱刺激に対して左半球優勢に出現したことから、音韻的な記憶痕跡が左聴覚皮質に存在していることが示唆された。

Näätänen (2001) によると、語音 MMN の発生の基礎となる音素の記憶痕跡は、ある言語環境にさらされることで出現する。この音素の記憶痕跡は、音韻知覚における認識パターン、すなわちテンプレートとして機能しており、これによって母語が正しく知覚でき

るようになる。音素の記憶痕跡は、言語を習得する過程で発達することから、語音 MMN の発生システムは、言語習得と密接に関係しているといえる。言語習得について、ワーキングメモリ (Baddeley, 1992) の下位システムである音韻ループが「言語習得装置」(Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998) として機能することが指摘されている。尾形・宮谷(2003)は、音韻ループの音韻ストア (Baddeley, 1986) のはたらきを妨害する操作 (無関連スピーチ効果, Salamè & Baddeley, 1982) によって、純音に対する MMN は影響されないのに対し、語音 MMN 振幅が減少したことから、音韻ストアのはたらきが MMN に反映されると指摘している。ERP の MMN 成分を指標とする、言語の音韻的処理やその獲得に関する研究が、今後も進展していくと考えられる。

意味処理を反映する ERP 成分として、N400 が報告されている (Kutas & Van Petten, 1988; Osterhout & Holcomb, 1995)。N400 は、最初 Kutas & Hillyard (1980) によって、文脈から意味的に逸脱した単語に対して生起することが見出された。刺激呈示 (意味的逸脱) 後約 400 ms 前後で頂点を示し、中心部・頭頂部優勢に出現する。N400 は、単語に対する期待によっても影響される (Kutas & Hillyard, 1984)。例えば、“タロウが／冷蔵庫を／食べた” という文を読む時、“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、それとは異なる “食べた” という動詞が呈示されることにより、N400 が出現する。その後、単語刺激を用いた場合でも、文を用いた場合よりも短潜時の N400 が出現することが明らかにされ (Bentin, 1987; Rugg & Doyle, 1992)、多くのプライミング研究で N400 が指標として用いられてきた。

統語処理を反映する ERP 成分としては、主に 2 つが報告されている。1 つ目は、ELAN/LAN (early/left anterior negativity) 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) に対して、逸脱を検出した時点から 100-300 ms の短潜時に左前頭付近に出現する陰性電位 (Friederici, Steinhauer, & Frisch, 1999; Hahne & Friederici, 1999) である。もう 1 つは、統語処理に関連するという点では ELAN/LAN と同じであるが、それらよりも出現潜時が遅い P600 と呼ばれる成分である。P600 は、統語処理自体 (Hagoort, Brown, & Groothusen, 1993)、統語的統合の難易度 (Kaan, Harris, Gibson, & Holcomb, 2000)、あるいは文の再解釈／再構築 (Osterhout, Holcomb, & Swinney, 1994) を反映している考えられている。例えば、“タロウが／りんご

に／食べた” という文を読むと、“食べた” という動詞に対して “りんごに” という与格／格助詞がおかしいことにより、P600 という中心部－頭頂部優勢な分布を示す陽性電位が出現する。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、出現潜時や条件差の持続時間には、かなりばらつきがある。

言語理解に関する心理学的研究は、言語情報の系列的 (特に聴覚的) 入力から言語理解にいたる過程で関与する複数の心的過程を記述し、そこで行われる計算や相互作用の空間的・時間的構造について記述することを目指す (Kutas, 1998; Kutas & Federmeier, 2000)。脳全体に散らばる複数の言語領域の活動によって言語情報が処理されていく過程、またその過程でワーキングメモリや長期記憶がどのように利用されていくのかを時間を追って調べる手段として、ERP は有効である。

3. 意味処理と統語処理の関係に関する研究

複数の処理過程の時間的関係を調べるのに優れる ERP の特徴を利用して、意味処理と統語処理の構造や関係について検討が行われてきた。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、もし並列モデルが示すように意味処理と統語処理が同時に行われるのであれば、意味逸脱と統語逸脱の両方を含む二重逸脱文では、普通文と比較した時に、N400, P600, ELAN のすべての成分が観察されると予測した。一方、系列モデルが正しく、統語処理が先行してそれが意味処理に影響するのであれば、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と予想した。つまり、二重逸脱文において P600 や ELAN は観察されるが、N400 効果は出現しないか、または小さくなると考えた。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、それぞれの文に対する ERP 波形を比較した。その結果、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。これは、ドイツ語文では、意味処理よりも統語処理が先行するという系列モデルを支持する結果である。さらに、Hagoort (2003) も、文の容認性判断課題における文法的性の一致違反がもたらす ERP 変化に基づいて、意味処理と統語処理の関係について検討している。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 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 (ELAN に反映される) は、意味解析 (N400) と並列に行われ、その後統語の再解析 (P600) 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) 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、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 課題というように、それぞれの研究で採用されている課題が異なる。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。

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の fMRI 実験を実施した。意味処理と統語処理に関する多くの研究では、ヨーロッパ言語 (ドイツ語、オランダ語、英語など) を用いているが、Luke et al. (2002) 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いた。彼らは、意味処理と統語処理の相互関係が言語によって異なる可能性を指摘し、中国語では、2つの処理が別々に行われるのではないと考えている。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、意味処理と統語処理の相互関係について検討する際には、言語の違いについても考慮する必要がある。

これらを踏まえて、梨和 (2005) は、日本語文を用いて、Friederici et al. (1999) と類似した2つの実験を行った。実験1では、“タロウがりんごを食べた (正しい文)”, “タロウが冷蔵庫を食べた (意味逸脱文)”, “タロウがりんごに食べた (統語逸脱文)”, “タロウが冷蔵庫に食べた (二重逸脱文)” の4条件を設定して、文の再認課題を行った。刺激文呈示中の被験者の課題は、刺激文を読んで、5試行ごとにおこなわれる再認課題に備えることであった。この実験では、意味逸脱文に対して N400が、統語逸脱文に対して P600が出現し、二重逸脱文に対しては N400のみが出現するという結果が得られた。二重逸脱文で P600がほとんど観察できなかった原因として、2つが考えられる。まず、統語逸脱文に対して出現した P600が、二重逸脱文では消失ないし減衰した可能性である。二重逸脱文における P600の消失は、意味処理が統語処理に先行し、意味逸脱を検出することによって、その後の統語処理過程が通常とは異なるものになることを示唆する。意味処理と統語処理が系列的関係にあるという点では、ドイツ語を材料として同様の研究を行った Friederici et al. (1999) と一致したが、どちらが先行するかについては全く逆の関係を示している。したがって、この推測が正しければ、日本語文の処理においては、統語処理に比べて意味処理の重要性が高いことを示すことになる。Luke et al. (2002) が中国語に関して指摘した、統語と意味の密接な関係性、すなわち、統語処理と意味処理の非独立性が、日本語においてもあてはまるのかもしれない。

もう一つの可能性は、実験1の統語逸脱文に対して出現した P600は、実験の目的に合うほど安定したものではなかったということである。この可能性もさらに2つの場合に分けて考えることができる。一つは、もともと日本語処理においては、意味処理が優位で、統語逸脱に対する独自の処理が生じにくい、あるいは統語逸脱によって意味逸脱に対する処理が自動的に生じるような特徴があるということである。この場合、前述したように、言語の特性、特にヨーロッパ言語と中国語・日本語の間の性質の違い (例えば表音文字

vs. 表意文字)を考慮した検討が必要になる。もう一つは、日本語においても統語逸脱の種類によっては明瞭な P600 が出現し得るが、実験 1 で設定したような格助詞による動詞と目的語の関連性の適切さの操作では、P600 に反映される統語処理が喚起されない場合である。Nakagome, Takezawa, Kanno, Hagiwara, Nakajima, Itoh, & Koshida (2001) が日本語文を材料とした実験で既に P600 を報告していることから、この可能性は大きいと考えられる。

実験 2 では、実験 1 と同様の刺激文を用いて、文の再認課題ではなく、1 文を呈示するごとに文の容認性判断課題を課した。統語処理が明示的に行われるような課題に変更することによって、意味処理と統語処理の関係をより明確に示す目的であった。しかし、課題の変更に伴い、N400 や P600 が出現する潜時帯に、P300 や PSW と思われる大きな陽性電位が出現し、当初の目的を果たすことはできなかった。ただし、二重逸脱文に対して、少なくとも意味逸脱文に対するのと同程度以上の N400 が出現することと、統語逸脱文に対して、統語的再分析を反映すると思われる後期陰性電位が出現する可能性が示された。

このように、意味処理と統語処理の関連性を検討した研究では、研究間で結果の不一致が目立つ。これらの不一致が、課題の違い、刺激として用いる統語逸脱の種類の違い、言語の特性の違いのどれに起因するのかについて、今後さらに体系的な検討が必要である。その際、分析のターゲットとなる ERP 成分が分析しやすいように、それ以外の成分が出現しにくくなるような工夫を加えることも大切である。

4. 今後の課題

本稿では、言語理解過程における意味処理と統語処理の関係を扱った ERP 研究を中心に紹介した。それらの研究間の結果の不一致の問題を解決するには、言語処理が直列的か並列的かということよりも、さまざまな言語情報の相互作用ないしは並列処理という観点から議論することが必要である(井上・中島, 1997)ように思われる。意味や統語に関する情報がどの程度利用できるかによって、それらの処理のしかたも変化するような、柔軟な仕組みを文理解過程に想定するほうが自然なように思われる。また、意味処理や統語処理と、本稿では扱わなかった音韻処理(視覚的言語の場合にはそれに加えて形態処理)がどのように関わってくるかという問題もある。

言語理解を支える過程に関する ERP 研究は、欧米言語以外を扱った研究の数が少なく、多種の言語での

研究データの蓄積が必要である。多くの言語によって同様の研究が行われることにより、言語に共通するとされる Chomsky の提案する Universal grammar が実在するのか否か、言語の処理過程は、その言語のもつ特性によって異なるのか否かなど、今まで明確にされていなかったことについて、実験的データに基づく説明が期待できる。

【引用文献】

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, **255**, 556-559.
- Baddeley, A., Gathercole, S. E., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, **105**, 158-173.
- Bentin, S. (1987). Event-related potentials, semantic processed, and expectancy factors in word recognition. *Brain and Language*, **31**, 308-327.
- Carpenter, P. A., Miyake, A., & Just, M. A. (1995). Language comprehension: Sentence and discourse processing. *Annual Review of Psychology*, **46**, 91-100.
- Fodor, J.A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Frazier, L. (1987). Theories of sentence processing. In J. Garfield (Ed.), *Modularity in knowledge representation and natural-language processing* (pp.291-307). MIT Press.
- Frazier, L. & Fodor, J. D. (1978). The sausage machine: a new two-stage model of the parse. *Cognition*, **6**, 291-325.
- Frazier, L., & Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, **14**, 178-210.
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Saddy, D. (2002). Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal of Psycholinguistic Research*, **31**, 45-63.
- Friederici, A. D., Steinhauer, K., & Frisch, S. (1999). *Lexical integration: Sequential effects of syntactic and semantic information*. *Memory and Cognition*, **27**, 438-453.
- 郡司隆男・坂本 勉 (1999). 現代言語学入門 1 言語学の方法 岩波書店
- Gorrell, P. (1987). *Studies in human syntactic processing*:

- Ranked parallel versus serial models*. Ph.D. Dissertation, University of Connecticut.
- Gunter, T. C., Stowe, L. A., & Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, **34**, 660-676.
- 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.
- 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.
- 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.
- Hahne, A., & Friederici, A. (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research*, **13**, 339-356.
- 乾 敏郎 (1997). 言語機能の脳内ネットワーク 心理学評論, **40**, 287-299.
- 井上雅勝・中島義明 (1997). 構造曖昧文の理解におけるガーデンパス現象 心理学評論, **40**, 169-187.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, **15**, 159-201.
- Kutas, M. (1998). Current thinking on language structures. *Current Psychology of cognition*, **17**, 951-969.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 463-470.
- Kutas, M., & Hillyard, A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, **207**, 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, **307**, 161-163.
- Kutas, M., & Van Petten, C. K. (1988). Event-related brain potential studies of language. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles (Eds.), *Advances in psychophysiology 3* (pp.139-187). Greenwich, CT: JAI Press.
- 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.
- Marslen-Wilson, W. D., & Tyler, L. K. (1980). The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, **8**, 1-71.
- McClelland, J. L. et al. (1989). An interaction model of context effects in letter perception: Part I. An account of basic findings. *Language and Cognitive Processes*, **4**, 287-336.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, **38**, 1-21.
- Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennes, M., Cheour, M., Huottilainen, M., Iivonen, A., Vainio, M., Alku, P., Ilmoniemi, R. J., Luuk, A., Allik, J., Sinkkonen, J., & Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*, **385**, 432-434.
- 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.
- 梨和ひとみ (2005). 文理解における意味処理と統語処理の時系列的関係 平成16年度広島大学大学院教育学研究科修士論文抄, 279-280.
- 入戸野 宏 (2005). 心理学のための事象関連電位ガイドブック 北大路書房
- 尾形明子・宮谷真人 (2003). 音韻ループとミスマッチ陰性電位 日本心理学会第67回大会発表論文集, 630.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1995). Event-related potentials and language comprehension. In M. Rugg & M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind* (pp. 171-215). Oxford: Oxford University 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.
- Rugg, M. D., Doyle, M. C. (1992). Event-related potentials and recognition memory for low- and high-frequency words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **4**, 69-79.
- 酒井邦嘉 (2002). 言語の脳科学 中公新書

坂本 勉 (1998). 人間の言語情報処理 大津由紀雄・坂本 勉・乾 敏郎・西光義弘・岡田伸夫 (編) 岩波講座 言語の科学 11 言語科学と関連領域 岩波書店, Pp.1-55.

Salamé, P., & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **21**, 150-164.

新村 出 (編) (1991). 広辞苑 第4版 岩波書店