

事象関連電位を用いたアスペクト情報処理の研究

龍 盛 艶

(2010年10月7日受理)

An Event-related Potentials Study of Aspectual Information Processing

Shengyan Long

Abstract: A recent event-related potentials (ERP) study revealed that aspectual mismatch contexts evoked a significantly greater frontal negativity between 400-700ms. Another magnetoencephalography (MEG) study revealed that the aspectual mismatch is associated with increased activities of the anterior midline field (AMF), localized in ventromedial prefrontal cortex. In this study, we conducted an electrophysiological study of real-time computation for Japanese aspectual mismatch using ERP. We recorded ERP response to the sentences that included aspectual mismatch. The result indicated that the N400 component associated with semantic anomaly was not elicited in the aspectual mismatch condition, suggesting that semantic computation for an aspectual mismatch is different from that of a semantic mismatch between words and their discourse context. Additionally, a significant negativity was elicited in the 350-750ms time-window in the left anterior site. Considering the scalp distribution, this negativity for the coercion condition is likely to be a LAN effect, suggesting that aspectual coercion might enhance the cortical activation related to semantic ambiguity.

Key words: aspect coercion, ERP, N400, LAN

キーワード：アスペクト強制, ERP, N400, LAN

1. はじめに

言語表現によって言及される事象が時間軸の中でどのように展開されるかという「事象タイプ」は「瞬間性」「限界性」「状態性」などの概念によって特徴づけられ、その認知には文を構成する動詞の「語彙的アスペクト」と呼ばれる特性が深いかわりを持つと指摘されている (Smith, 1991; Vendler, 1957)。事象タイプの認知がどのように行われているかを解明するために、動詞を中心としたアスペクト情報が有効な材料の一つだと考えられて研究が行われてきた。これまで

に、動詞の語彙的アスペクトと時間副詞等の述語修飾要素との間のアスペクト情報の不一致が文処理の負荷を増大させるという事実が、英語や日本語を対象言語とした文処理研究によって指摘されてきた (Brennan & Pytkänen, 2008; Piñango, Zurif, & Jackendoff, 1999; 龍・小野・酒井, 2010; Todorova, Straub, Badecker, & Frank, 2000)。しかし、なぜ処理負荷が増大するのか、またそれが処理メカニズムのどのような特性を反映しているのかについては、まだ研究者の意見は一致していない。さらに近年、事象関連電位 (event-related potential; ERP) や脳磁図 (magnetoencephalogram; MEG)¹⁾ のような生理指標を用いて、アスペクト情報の処理過程を探る実験も行われてきた (Brennan & Pytkänen, 2008; Paczynski, Ditman, Choi, Jackendoff, & Kuperberg, 2010)。しかし、これらの研究は主に英語を対象としたもので、英語と異なる構造を持つ言語で

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：酒井 弘 (主任指導教員), 大浜のい子,
白川博之, 町 博光, 宮谷真人

は、生理指標を用いてアスペクト情報の処理過程を調べる研究はまだほとんど実施されていない。

そこで、本研究は生理指標の一つである ERP を計測することにより、日本語のアスペクト情報の不一致が処理負荷を増大させる原因を探ることを通して、アスペクト情報処理の特性を明らかにする。日本語におけるアスペクト情報処理のメカニズムを検討することで、上述のような議論に異なる角度からデータを提供し、処理過程の言語間における相違や、言語を越えた一般的な特性を探ることに貢献することができるだろう。さらに、アスペクト情報処理のメカニズムを解明することは、事象タイプの認知が文の理解過程においてどのようになされるのかというより大きな問題の解明にもつながると考えられる。

2. アスペクト情報

2.1 アスペクト情報とは

アスペクトとは、発話時と事象との時間的前後関係を表すテンスとは異なって、「ある現象について語ろうとする時に、話し手がその現象の起点、終点、持続性などの時間的特質をどのようにとらえるかの様々な方法」と定義される (Vendler, 1957)。アスペクトは語彙的アスペクトと文法的アスペクトに分けられる。語彙的アスペクトは動詞句を構成する要素の語彙的特性である。この語彙的特性によって英語動詞 (句) を「活動」、「到達」、「達成」、「状態」の四つのタイプに分類した Vendler (1957) の研究がよく知られている。状態動詞以外の三つは動的性質を有する動詞であり、限界性 (telicity) によって、限界的事象 (telic) と非限界的事象 (atelic) を表すことができる。例えば、「公園を散歩する」という活動動詞が表す事象は開始点があるが、自然な終了点がない。一方、「駅に到着する」と「絵を描く」はそれぞれ到達動詞と達成動詞であり、両方とも自然な終了点がある事象を表す。本稿では、Vendler (1957) の動詞 (句) 分類の観点を採用した上で、特に非限界的事象を表す活動動詞に焦点をあて、日本語のアスペクト情報処理のメカニズムを検討する。

動詞の限界性を測るテストとして、時間副詞との共起関係が挙げられる。以下の例に見られる通り、(1) のような限界動詞は “in a day” のような副詞と共起しやすく、(2) のような非限界動詞は “for a week” のような副詞と共起しやすい (Dowty, 1979; Vendler, 1957)。“in a day”, “for a week” のような表現は、それぞれ「期限副詞」「期間副詞」と呼ばれている。

(1) John made a chair [in a day/? for a day].

(2) Joe studied French [for a week/?? in a week].

語彙的アスペクトに対するもう一つのアスペクトの捉え方として、文法的アスペクト (視点アスペクトともいう) がある。文法的アスペクトは主に話し手がどのような時間的視点から出来事をとらえているかを文法標識によって表現する形式である (Smith, 1991)。本研究では主に語彙的アスペクトに焦点をあてる。

2.2 アスペクト情報の文処理過程

アスペクト情報の処理をめぐるこれまでの文処理研究は、文の意味はどのように計算されているのかという問題を解決する糸口として、アスペクト情報の不一致というパラダイムを使用してきた (Brennan & Pylkkänen, 2008; Paczynski et al., 2010; Pickering, McElree, Frisson, Chen, & Traxler, 2006; Piñango et al., 1999; 龍他, 2010; Todorova et al., 2000)。特に、動詞の語彙的アスペクトと時間副詞が持つアスペクト情報が一致しない場合に、文の処理負荷の増大が観察されるかについて、検討が進められてきた。それらの研究の多くは、アスペクト強制 (aspectual coercion) という現象との関係で、その処理負荷の増大を解釈しようとしている。

アスペクト強制について、Piñango et al. (1999) の例を見てみよう。(3a) では「女の子」は「夜明け」という時間帯まで、「寝る」という動作を行っている。この場合、文の意味を理解するためには、それぞれの語彙の基本的な意味をそのまま組み合わせるだけで十分である。

(3a) The girl slept until dawn.

(3b) The girl jumped until dawn.

一方 (3b) の意味は、(3a) ほど単純ではない。「女の子」は「夜明け」という時間まで、「ジャンプする」という動作を行ったと考えられるが、「ジャンプする」という動詞は終了点を持つ限界動詞であり、通常は、地面から離れた足が再び着地することで終了する動作を表す。従って、一回だけ、しかも比較的短い時間で完結する行為である「ジャンプする」という通常の意味では、「夜明けまで」のような持続的な期間副詞とは共起できない。(3b) が適格な文として認められるためには、動詞の性質を強制的に変更し、「女の子は繰り返しジャンプし続けていた」という継続性を持った事象タイプに切りかえる必要がある。要するに、動詞の語彙的アスペクトと時間副詞の組み合わせにより、文が適格な文として認められない場合、動詞の語

彙的アスペクトが強制的に切りかえられる。このようなメカニズムをアスペクト強制と呼ぶ (Jackendoff, 1997)。つまり、アスペクト強制は人間が言語表現を理解するために、語彙的アスペクトを調整するための仕組みだと言える。

英語を対象とした行動実験では、文のアスペクト情報が処理される際、動詞と述語修飾要素 (時間副詞) の限界性の不一致が処理負荷の増大をもたらすという結果 (Brennan & Pykkänen, 2008; Piñango et al., 1999; Todorova et al., 2000) と、もたらさないという結果 (Pickering et al., 2006) の両方が得られている。また処理負荷の増大をもたらす場合の原因として、アスペクト強制に関わる負荷を指摘する研究が多い (Piñango et al., 1999; Todorova et al., 2000) が、なぜ強制が負荷の増加をもたらすのか、アスペクト情報処理のメカニズムに関する更なる検討が必要であろう。一方、英語と異なる構造を持つ日本語を対象とした龍他 (2010) の研究では、日本語の動詞の語彙的アスペクトと時間副詞が表すアスペクト情報の不一致が文を処理する負荷を増大させると報告されている。

龍他 (2010) は自己ペース読文法²⁾を用いて、以下のような材料で実験を行った。

- (4a) 10分間 / 選手が / 体育館で / 練習したと / 助手が / 監督に / 強調した。
 (4b) 10分で / 選手が / 体育館で / 練習したと / 助手が / 監督に / 強調した。
 (“ / ”は視覚呈示された句の切れ目を表す。)

埋め込み節の活動動詞「練習した」と期間副詞「10分間」が組み合わせられた (4a) はアスペクト情報が一致する条件であり、期限副詞「10分で」が組み合わせられた (4b) はアスペクト情報が一致しない条件であった。読文実験の結果、「助手が」の領域で、時間副詞が期限副詞 (4b) である時のほうが期間副詞 (4a) である時より読み時間が長いことが明らかになった。この読み時間の差は、自己ペース読文課題でよく見られる溢れ (spill-over) 効果であり、動詞で生じた処理負荷が反映されたものだと見なされる。つまり、日本語の動詞の語彙的アスペクトと時間副詞が表すアスペクト情報の不一致が文を処理する負荷を増大させることが明らかになった。

文の処理負荷の増大をもたらす原因について、以下の二つの説明が考えられる。第一は、先行文脈から期待される要素が出現しなかったために、文脈との統合のための処理負荷が高まった可能性である。龍他 (2010) では、日本語母語話者は (4b) のように期限

副詞が呈示されると、それを手がかりに限界動詞句が後続すると予測するが、その予測が裏切られたため、読み時間が増大したのではないかと述べている。つまり、予測に反して出現した非限界動詞句を文脈に取り込もうとする際に、処理負荷が高まって読み時間が長くなったと考えられる。第二は、より複雑な意味の計算によって、処理負荷が高まった可能性である。すなわち、(4b) で期限副詞が呈示された場合、より可能性の高い解釈は期限副詞が動作の終了点を表す解釈である。埋め込み節の非限界動詞句が呈示された際、日本語母語話者は動作の終了点を表す解釈が成立しないことに気づき、もう一つの可能な解釈である開始点を表す解釈に切り替える。このとき、母語話者は複数の事象タイプの間で優先される意味の切り替えを行うと言う、複雑な意味計算を実施しなければならない。このため、負荷が増加し、読み時間が長くなったと考えられる³⁾。この二つの可能性のどれが正しいかは、読み時間を計測する読文実験では特定することができない。近年、以下で紹介する諸研究によって、文処理過程における様々な処理負荷を反映する脳電位があることが明らかになってきた。それらの脳電位を指標とすることによって、ある刺激が呈示される際に脳内でどのような処理が行われるのかについて検討することが可能となる。そこで、本研究はERPを用いてその原因を検討する。

3. アスペクト情報処理に関わる脳機能

3.1 文処理に関わるERP成分

脳波もしくは脳電図 (electroencephalogram; EEG) 及び事象関連電位とは、入戸野 (2005) によると次のようなものである。「生きている人間の頭部に二つの電極を貼り付けると、その間にわずかな電位差 (電圧) が生じる。その大きさは数十マイクロボルトにすぎないが、脳波計で数万倍に増幅すると、リズムを持った波として観察できる。これに対して、光・音などの刺激や運動に対して生じる脳の電氣的活動がある。このような脳電位を事象関連電位と呼ぶ。」(入戸野 (2005), p1より)

文処理研究において、ERPを計測することにより、刺激を処理している間の脳活動の変化を連続的に記録することができる。また、ERPは時間解像度に優れており、脳の電気活動を数ミリ秒単位で記録することが可能である。このことから、文処理のようなりアルタイムで行われる高速な処理について、ERPはもっとも適切なアプローチ法の一つであると言えるだろう。さらに、文処理研究において、意味的側面と統語

的側面のそれぞれに敏感な ERP 成分がいくつか観察されている。ここで本研究と関わりのある N400, P600, LAN を紹介する。

N400は刺激が呈示されてから約400 ms 後にピークを迎える陰性電位であり、主に中心部から頭頂部にかけて分布する。N400をはじめ取り上げた研究は Kutas & Hillyard (1980) である。N400は先行文脈に意味的に合致しない刺激が入力された際に惹起される成分であることが明らかになった。また、先行文脈に意味的に合致するが予期しなかった語が呈示された場合や、実世界の知識と違反する場合にも N400が惹起されることが確認されている (Hagoort, Hald, Bastiaansen, & Petersson, 2004; Kutas & Hillyard, 1984)。

一方、P600は刺激の入力から約600ms 後にピークを迎える陽性電位である。Hagoort, Brown, & Osterhout (1999) や Osterhout & Holcomb (1992) の結果から、P600成分は、文処理中の統語的な制約に関わる逸脱、あるいは要素同士を統合する際の負荷を反映する成分であることが示されてきた。

さらに、潜時400ms 周辺でピークを迎える陰性成分には、left anterior negativity (LAN) と呼ばれる成分がある。N400と比べて頭皮上分布の違いが挙げられる。N400は中心部から頭頂部にかけて振幅が大きくなるのに対し、LAN は左前頭部を中心に振幅が大きくなる。そして、LAN は形態統語的な逸脱、ワーキングメモリーへの負荷、意味的な曖昧性等に関わる成分であると指摘されている (Friederici, 2002; Hagoort & Brown, 1994; Vos, Gunter, Kolk, & Mulder, 2001)。

3.2 アスペクト情報処理に関わる脳機能

第2節に示した通り、行動実験を採用した研究では、動詞の語彙的アスペクトと時間副詞が表すアスペクト情報が一致しない場合、処理負荷が増大すると報告されることが多い。しかし、そのような処理負荷をもたらす原因については、これらの研究ではまだ可能性を示唆する段階にとどまっている。そこで、アスペクト情報を処理する際の脳活動を調べることにより、アスペクト情報処理過程を探ることは有効な方法の一つだと考えられる。このような手法を用いた研究として、Paczynski et al. (2010) と Brennan & Pylkkänen (2008) が挙げられる。Paczynski et al. (2010) は以下のような材料を用いて ERP を計測する実験を行った。

- (5a) After several minutes the cat *pounced*...
- (5b) For several minutes the cat *pounced*...
- (5c) Several times the cat *pounced*...

アスペクト情報が一致しないのは (5b) であった。“pounce” (飛びかかる) が表す事象は一回だけで完結する行為であるため、持続性のある期間副詞 “for several minutes” と共起しにくい。この文が適切な文として認められるために、動詞の語彙的アスペクトが強制されて、事象タイプが一回きりの事象から反復的事象に切り替えられる必要がある。ERP を計測した結果、(5a) と比べ、(5b) と (5c) の “pounced” が呈示されてから潜時400-700ms の間、前頭部で持続的な陰性成分が惹起されたことが確認された。潜時と頭皮上分布の違いにより、この成分は N400 とは異なる成分であると考えられる。Paczynski et al. (2010) は、“pounced” が出力される際に、文処理の処理負荷が増大し、その処理負荷をもたらす原因は予測違反ではなく、アスペクト強制によるものだと述べている。しかし、観察された陰性成分がどのような処理を反映しているかについて、Paczynski et al. (2010) では明確には述べられているわけではない。

また、Brennan & Pylkkänen (2008) は MEG を使用して以下の材料を用いてアスペクト情報処理に関わる脳活動を調べた。

- (6a) Throughout the day the student *sneezed* in the back of..
- (6b) After twenty minutes the student *sneezed* in the back of..

(6a) はアスペクト情報が一致しない条件である。MEG を計測した結果、(6b) と比べ、(6a) の “sneezed” が呈示されてから、潜時450ms 付近に前頭中心部 (anterior midline field; AMF) で活発な脳活動が観察された。この研究は MEG を用いているため、Paczynski et al. (2010) と直接比べることはできないが、潜時と頭皮上分布において両研究が重なる部分がある。しかし、それが同じ脳活動を反映しているかどうかについては、さらなる検討が必要だと考えられる。

一方、アスペクト強制と異なる強制には、(7) のような補語強制 (complement coercion) と呼ばれるものがある。

- (7) The journalist began the *article*...

Baggio, Choma, van Lambalgen, & Hagoort (2010) の ERP 実験の結果から、(7) の “article” が呈示された際に、潜時300-550ms, 700-1000ms 間に頭頂部で持続的陰性成分が惹起されたことが分かった。潜時の違いにより、この陰性成分は N400 と異なる成分であると

指摘されている。Paczynski et al. (2010) と Baggio et al. (2010) の結果から、「強制」による事象タイプの切り替えが反映した脳活動は意味の逸脱や予測違反などに関わる N400とは異なることが判明している。

まとめると、英語を対象とした研究において、アスペクト情報（時間副詞と動詞の語彙的アスペクト）が一致しない場合、アスペクト強制により文処理過程において処理負荷が増大したことがより多くの研究で報告されている。その場合に計測された脳活動は、意味の逸脱や予測違反を反映した場合に観察される N400とは異なる場合が多い。しかし、英語と異なる構造を持つ言語において、生理指標を用いてアスペクト情報処理に関わる脳機能を調べる研究はまだほとんど実施されていない。そこで、本研究は龍他（2010）の材料を用いて、ERPを計測することにより、日本語のアスペクト情報の不一致が処理負荷を増大させる原因を探る。もし龍他（2010）で観察された処理負荷をもたらす原因が予測に反する埋め込み節動詞が呈示され、文脈に対する統合の負荷が高まったことによるのであれば、埋め込み節の動詞が呈示される際に、N400が惹起されるだろう。一方、もしその原因がアスペクト強制による複雑な意味の計算から生じるものであれば、Paczynski et al., (2010) で観察された成分と似たものが惹起されるだろう。これらの仮説を検証するために、ERPを計測する実験を実施した。

4. 実験

4.1 方法

参加者 日本語を母語とする大学生及び大学院生22名（男女各11名、平均年齢22.1歳）が実験に参加した。参加者全員が右利きであり、視力（矯正視力を含む）は正常範囲であった。

実験計画 1要因2水準の配置を用いた。要因は時間副詞の種類で、期限副詞と期間副詞の2水準であった。要因は参加者内要因であった。

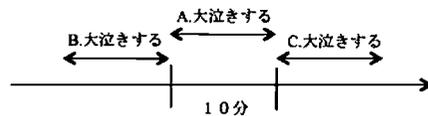
材料 実験で使用した各条件の刺激の例を表1に示す。ターゲット文はすべて時間副詞から始まる5文節で構成された。アスペクト情報が一致する条件は期間副詞条件であり、一致しない条件は期限副詞条件であった。アスペクト情報の不一致が明らかになるのは動詞の領域であり、この関心領域が試行の最後の領域にならないように、関心領域を含む文を従属節に埋め込んで、動詞の位置が第3領域になるように統一した。

表1 ターゲット文（例）

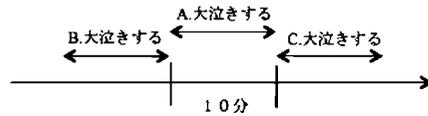
	1	2	3	4	5
期間副詞	1～2分	新生児が	大泣きしたと	看護師が	言った。
期限副詞	1～2分で	新生児が	大泣きしたと	看護師が	言った。

アスペクト強制解釈が好まれる適切な実験材料文を選定するために、質問紙法を用いてノーミング調査を実施した。調査の参加者は日本語母語話者29名であった。1要因2水準からなるターゲット文（e.g., 8a, 8b）80セットをラテン方格法で二つのリストに分け、またそれぞれ前半と後半に分け、合わせて四つのリストを作成した。そして、それらの四つのリストにそれぞれ40文のフィラー文と組み合わせて参加者にランダムに呈示した。参加者に文の適切性を5段階で判断させ、時間副詞と文が表す出来事の関係を表すのに、最も適切だと思う選択肢の一つを選ばせた。その結果、適切性判断課題の点数が3点以下（5 = 非常に自然だと思う）の文を取り除いた（ $M=3.40$, $SD=.31$ ）。

(8a) (期間副詞) 10分間新生児が大泣きしたと看護師が言った。



(8b) (期限副詞) 10分で新生児が大泣きしたと看護師が言った。



三つの選択肢の意味解釈はそれぞれ次の通りである。(A)は「10分」を事象（大泣きする）の継続時間として、捉えた解釈を表している。(B)は事象が終了してからの経過時間が「10分」であったと言う解釈である。(C)は事象の開始までの時間が「10分」であったこと、すなわち期限副詞の示す時間を事象の開始点として捉えた解釈を示す。本実験の対象は(8b)の(C)のようなアスペクト強制の解釈であるため、期限副詞条件(8b)において、Cの選択率が低い(50%以下)項目の埋め込み節内の動詞を入れ替え、修正を加えた文を本実験のターゲット文に用いた。

以上のようなノーミング調査で選定されたターゲット文72セットをラテン方格法で二つのリストに分け、それぞれ152文のフィラー文と組み合わせ、本実験の

刺激文(表1)に用いた。半数のフィラー文に理解判断課題を加えた。ターゲット文およびフィラー文に使用した名詞句と動詞はいずれも重複しなかった。ターゲット文とフィラー文と組み合わせた合計224文を参加者にランダムに呈示した。

手続き 電極装着後、各参加者はCRT画面の前に座り、画面の中央に文節ごとに呈示される日本語の文を黙読するように指示された。各試行の開始前に凝視点(+)が700ms間呈示された。凝視点の消失から500ms後に最初の文節が呈示され、その後、刺激文が文節ごとに呈示された。第一刺激の開始から第二刺激の開始までの時間間隔(stimulus onset asynchrony; SOA)は900msであり、刺激間時間間隔(inter stimulus interval; ISI)は300msであった。また、72文のフィラー文の最後の文節が消失してから300ms後に文の内容に関する正誤判断課題が呈示され、参加者にボタンを押して答えてもらった。正しいと判断した場合には“Yes”ボタンを、間違いと判断した場合には“No”ボタンを押すように指示した。正解の場合、1,000ms後に「次の文です」という指示が1,300ms間呈示された。不正解の場合、「残念間違いです」というフィードバックが画面に示された。一方、正誤判断課題が付いていない刺激文の最後の文節が消失してから3,500ms後に、「次の文です」という指示が1,300ms間呈示され、次の刺激文に移った。本実験の前に、実験の教示に続いて練習を5試行を行い、反応方法の理解を確認した後に本実験に移行した。

データ記録と分析 国際10-20法に基づき、両耳朶を基準電極とし、Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pzから脳波を記録した。また、眼球運動及び瞬きによる脳波への影響を監視するために左眼窩上下、左右の目尻に電極を設置した。高域遮断周波数は30Hz、低域遮断周波数は0.1Hzであった。サンプリング周波数は500Hzであった。電極間インピーダンスは実験中10k Ω 以下に保たれた。刺激呈示前100ms区間をベースラインとし、刺激呈示後900ms区間までの1,000ms区間を、各部位で $\pm 50\mu\text{V}$ を超える電位を示した試行を除いて条件別に加算平均した。

統計的検定に際しては、自由度が2以上の反復測定を含む分散分析に関しては球面性の仮定からの逸脱を補正するためにGreenhouse & Geisserの ϵ によって自由度の修正を行った。多重比較にはBonferroniの方法を用いて、有意水準を5%に設定した。

予測 もし龍他(2010)で観察された読み時間の増大をもたらす原因が、文脈への意味の統合によるものであれば、埋め込み節の動詞(大泣きした)が入力

される際、N400成分が惹起されるであろう。一方、もしその原因がアスペクト強制解釈にともなう計算の複雑性を反映したものであれば、埋め込み節の動詞が入力される際、N400成分ではなく、Paczynski et al. (2010)で観察された成分に近いものが観察されるであろう。

4.2 結果

22名の参加者のうち、加算平均数が少なかった(20回以下)3名の参加者を分析対象から除外した。各条件における埋め込み節動詞を呈示した際の条件別ERP総加算平均波形を図1に示す。

図1を見ると、まず、期限副詞に対する左半球(F3, C3, P3)のERPは期間副詞に対するERPより、刺激後400ms前後から、陰性方向にシフトしている。この陰性電位の潜時はN400と重なるが、中心部から頭頂部にかけて広く分布するN400成分とは異なって、左半球に局限している。この点をさらに検討するために、中心線で記録されたデータに関して、300-500msの時間帯を設定し、時間副詞条件(2水準:期間/期限)と電極部位(3水準:Fz/Cz/Pz)を要因とする2要因分散分析を実施した。その結果、時間副詞の主効果及び交互作用は有意ではなかった(すべて $p>.10$)。

次に、期限副詞に対するERP成分として、期間副詞とは異なり、持続する陰性電位が観察された。特に左前頭部(F3)において、350-750ms区間では、期限副詞に対するERPが期間副詞の波形より陰性であるという条件差があるように見える。この持続する陰性電位はPaczynski et al. (2010)で観察された400-700ms区間の陰性電位と類似している可能性が高いと考えられる。この可能性を検討するために、4つの領域を設定し、電極を次のように組み合わせた。すなわち、左前頭部はF7, F3, 右前頭部はF4, F8, 左後頭部はT5, P3, 右後頭部はP4, T6とそれぞれ2電極ずつ組み合わせた。その4つの領域で記録されたデータに関して、時間副詞条件(2水準:期間/期限)、電極部位(2水準:前頭部/後頭部)、及び半球(2水準:左半球/右半球)を要因とする3要因分散分析を実施した。その結果、時間副詞条件 \times 電極部位 \times 半球の2次の交互作用が有意であった($F(1,18)=5.08, p<.05$)。さらに下位検定を行った結果、前頭部においてのみ、時間副詞条件 \times 半球の単純交互作用が有意傾向であった($F(1,18)=3.27, p<.10$)。単純・単純主効果の検定を行った結果、左前頭部において、時間副詞条件では有意な条件差が観察された($F(1,18)=6.72, p<.05$)。期限副詞条件のERPは期間副詞条件のERPに比べて、有意に陰性方向に向いていることが明らかになった。

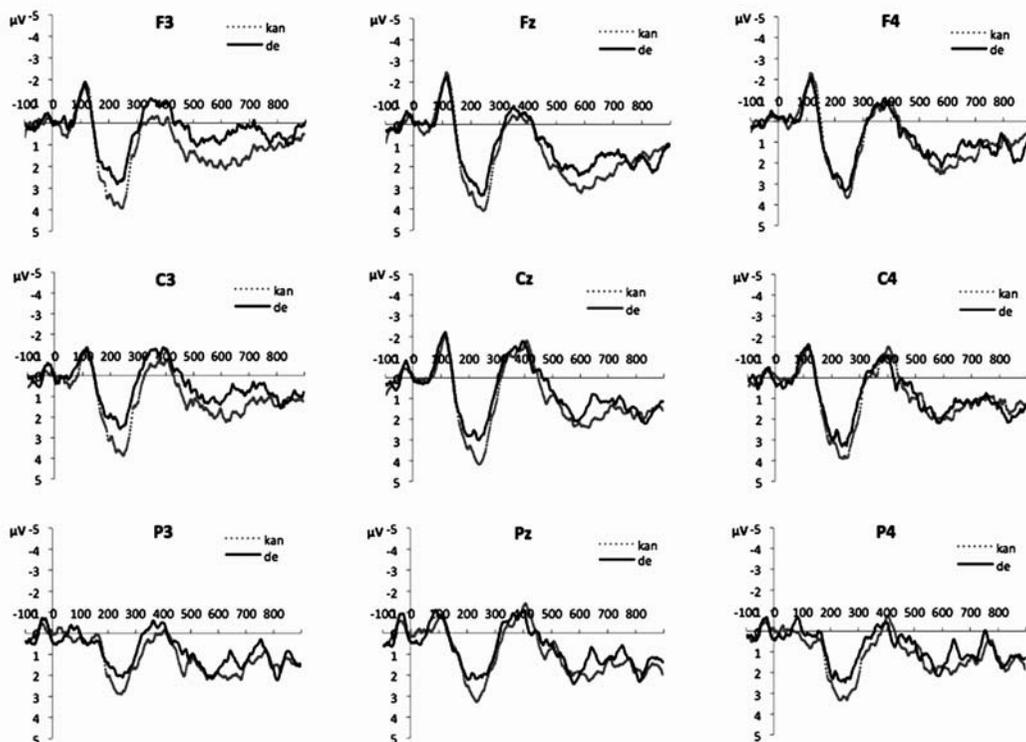


図1 埋め込み節動詞句を呈示した際のERP波形

5. 考察

本実験では、期限副詞条件で記録されたERP成分として、左前頭部で潜時350-750msの間持続する陰性電位が観察された。この陰性電位は、中心部から頭頂部にかけて広く分布するN400成分とは頭皮上分布が大きく異なっており、N400成分ではないと考えられる。このことから、観察された読み時間の増大をもたらす原因は予期違反により統合の負荷が高まったものではなかったと考えられる。また、この結果はアスペクト強制解釈が行われたことを示唆している。すなわちアスペクト強制により、より複雑な意味情報を総合し、事象タイプを切り替える必要があるため、処理負荷が生じ、それがERP成分に反映されたと考えられる。

Paczynski et al. (2010) では、潜時400-700msの間、前頭部で持続的な陰性成分が惹起された。本研究と比べてみると、潜時及び電極部位において重なっている部分がある。ただし、日本語のアスペクト強制は、英語のような一回きりの事象から反復事象に切り替えることではなく、むしろ時間副詞により、事象の開始点や終了点が操作されたものである。言語構造やアス

ペクト強制タイプが異なるにもかかわらず、類似した結果が得られたことから、動詞の語彙的アスペクトと時間副詞のアスペクト情報が一致しない場合、英語と日本語の母語話者は同じ処理を行っている可能性が高いと考えられる。さらに、Paczynski et al. (2010) は単に観察された陰性成分はN400成分ではないことのみを指摘しているが、それがどのような処理を反映するものかは明記していない。本研究で観察された陰性電位は左前頭部で優勢であることから、この陰性電位はLANである可能性が考えられる。先行研究では、複数の意味のある曖昧文を処理する際、LANが惹起されたことが報告されている (Hagoort & Brown, 1994)。本研究でも、アスペクト強制により、複数の事象タイプを処理することで処理負荷が生じ、それがLAN成分に反映された可能性は十分あると考えられる。

また、MEGを計測した研究Brennan & Pyllkkänen (2008)の研究では、AMF効果が観察された部位は前頭中心部にあり、本研究の結果と重なっている。Paczynski et al. (2010)の結果と合わせてみると、三つの研究の共通点は前頭部で活発な脳活動が観察されたことである。このことから、アスペクト強制により、事象タイプを切りかえる処理に関連する脳部位は前頭

部にある可能性が高いと言えるだろう。

本研究はERPを計測することにより、日本語動詞の語彙的アスペクトと時間副詞が表すアスペクト情報が一致しない場合に、文処理過程において処理負荷の増大がもたらされる原因を探った。その結果、アスペクト情報が一致しない条件において、埋め込み節動詞が呈示される際に、潜時350-750msにおいて左前頭部で陰性成分が観察された。頭皮上分布の違いから、これはN400とは異なる成分であると考えられる。このことから、処理負荷が生じる原因は予測違反によって文脈との意味的統合のコストが上昇したというより、アスペクト強制により、事象を切り替えるために複雑な計算が必要とされ、処理負荷が増大したからだと考えられる。本研究で得られた結果はPaczynski et al. (2010)の研究結果と一致している。異なる構造を持つ言語においても類似した結果が得られたことから、文の意味処理過程の一般的特性の解明に貴重なデータを提供したと言えるだろう。

ただし、今回の実験はPaczynski et al. (2010)とはアスペクト強制のタイプが異なっていた。英語のようなアスペクト強制の材料を用いて日本語でどのような結果が得られるのかは興味深い課題であり、今後さらに検討する余地があると考えられる。

【注】

- 1) 脳磁図 (magnetoencephalogram) は脳内の電気活動によって起こる微小な磁界を頭外で計測する。従来の手法と比べて、より高い時間的・空間的分解能を併せ持ちながら、非常に安全（非接触、非侵襲）な優れた脳機能診断法であると言われている。
- 2) 自己ペース読文法 (self-paced reading task) : 実験参加者に1文節ずつ文を視覚呈示し、その文を読んでもらう際の読み時間を計測する課題である。参加者がスペースキーを押すたびに、コンピュータ画面に次の文節が呈示され、語句の呈示からスペースキーが押されるまでの時間が読み時間として測定される。
- 3) ただ、日本語のこの場合のアスペクト強制解釈は英語と異なる点に注意が必要である。(4b)の「10分」は事象（練習する）の継続時間として解釈される可能性もあり、「10分」は事象の開始までの時間と考えられる可能性もある。

【引用文献】

Baggio, G., Choma, T., van Lambalgen, M., & Hagoort, P. (2010). Coercion and compositionality.

- Journal of Cognitive Neuroscience*, **22**, 2131-2140.
- Brennan, J., & Pyllkkänen, L. (2008). Processing events: Behavioral and neuromagnetic correlates of aspectual coercion. *Brain & Language*, **106**, 132-143.
- Dowty, D. R. (1979). *Word meaning and montague grammar*. Dordrecht: Reidel.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, **6**, 78-84.
- Hagoort, P., & Brown, C. M. (1994). Brain responses to lexical-ambiguity resolution and parsing. In C. Clifton Jr., L. Frazier, & K. Rayner (Eds.), *Perspectives on sentence processing* (pp. 45-80). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hagoort, P., Brown, C. M., & Osterhout, L. (1999). The neurocognition of syntactic processing. In C. M. Brown & P. Hagoort (Eds.), *The neurocognition of language*, (pp. 273-316). Oxford: Oxford University Press.
- Hagoort, P., Hald, L., Bastiaansen, M., & Petersson, K. M. (2004). Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, **304**, 438-441.
- Jackendoff, R. (1997). *The architecture of the language faculty*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, **207**, 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, **307**, 161-163.
- 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.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, **31**, 785-806.
- Paczynski, M., Ditman, T., Choi, A., Jackendoff, R., & Kuperberg, G. (2010). *The immediate cost of embodied processing in aspectual coercion: Evidence from event-related potentials*. Poster in the 23rd annual CUNY conference on human sentence processing. Washington Square Village, 16-20 March.
- Pickering, M. J., McElree, B., Frisson, S., Chen, L., & Traxler, M.J. (2006). Underspecification and aspectual coercion. *Discourse Processes*, **42**, 131-155.
- Piñango, M. M., Zurif, E., & Jackendoff, R. (1999). Real-time processing implications of enriched

- composition at the syntax-semantics interface. *Journal of Psycholinguistic Research*, **28**, 395-414.
- 龍盛艶・小野創・酒井弘 (2010). 文理解の過程における事象タイプの認知—日本語のアスペクト情報処理を手がかりに—. *認知科学*, **17**, 313-331.
- Smith, C. S. (1991). *The parameter of aspect*. Dordrecht: Kluwer-Reidel.
- Todorova, M., Straub, K., Badecker, W., & Frank, R. (2000). Aspectual coercion and the online computation of sentential aspect. *Proceedings of the Twenty-Second Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 3-8.
- Vendler, Z. (1957). Verbs and times. *The Philosophical Review*, **66**, 143-160.
- Vos, S. H., Gunter, T. C., Kolk, H. H. J., & Mulder, G. (2001). Working memory constraints on syntactic processing: An electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, **38**, 41-63.