

抽象名詞に対する意味プライミングの半球非対称性

— 事象関連電位を用いた研究 —

加藤 公子^{*1}・沖田 庸嵩^{*2}

近年、左右大脳半球の機能的差異について明らかになってきており、言語情報に関してはその処理スピードは左半球が右半球よりも速いとの知見がある (Collins, 1999; Koivisto, 1997)。これらの研究は行動指標を使用してプライミング実験を行い、プライムとターゲットとして呈示される単語の刺激間隔 (stimulus onset asynchrony: 以下 SOA とする) を操作している。Koivisto (1997) は短い SOA (165 ms) では左半球、長い SOA (750 ms) では右半球で優位にプライミング効果が生じることを示した。Collins (1999) は、こうした研究に基づき、左半球では意味情報の自動的活性化がプライム呈示後 500 ms あたりまで持続し、それ以降は制御的過程が始まるのに対し、右半球では自動的活性化がプライム呈示後 500 ms あたりから始まり、少なくとも 750 ms は持続すると主張している。本研究では事象関連電位 (event-related potential: 以下 ERP とする) を使用したプライミング実験から、左右大脳半球の機能的差異について検討した。

意味プライミング実験で広く使用される ERP 成分には、刺激呈示後 400 ms あたりに意味処理にもなって出現する陰性波の N400 がある。この N400 成分を指標として、刺激の右視野呈示では意味的関連と無関連の差はターゲット呈示後 300 ms に始まり、750 ms まで続くが、左視野呈示では 550 ms に始まり 750 ms まで続くとの知見がある (Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007)。この研究ではプライムとターゲットを SOA 150 ms で同視野に呈示しており、上記の Collins (1999) の示唆に従えば、プライムによる自動的活性化はターゲットの意味情報アクセス時にはすでに左半球では生じているが、右半球ではまだ生じていないこととなる。Bouaffre & Faïta-Ainseba (2007) が得た N400 プライミング効果の時間的な視野差はそうした左右半球における自動的活性化の時間的相違を反映したものと考えられる。さらに、プライムを中央に 750 ms 間呈示し、続いてターゲットを左右視野のいずれか一方に呈示した実験で、ターゲット右視野呈示は左視野呈示と比べ N400 プライミング効果が増大したという結果が見出されており (Atchley & Kwasny, 2003)、左右半球における言語処理の違いが N400 プライミング効果に反映されていると推測できる。

こうした研究を背景に、加藤・沖田 (2008) はプライムとターゲットの両刺激とも左視野呈示 (LL)、あるいは両刺激とも右視野呈示 (RR)、さらにプライムとターゲットをそれぞれ左視野と右視野呈示 (LR)、あるいは右視野と左視野呈示 (RL) の 4 条件を設定し、ERP 実験を行なった。長い SOA (1000 ms) を用いてプライムとターゲットの意味関連性判断遂行中に ERP を記録した結果、左半球の N400 プライミング効果が右半球と比べて増大した。この SOA では、Collins

※1 心理学研究科 研究生

※2 コミュニケーション心理学科

(1999)に従うと、ターゲットの意味情報アクセス時には、左半球はすでに制御処理が行われており、右半球では自動的活性化が終了しようとしている時間帯である。左半球の制御処理については、Federmeier & Kutas (1999) が示唆するような、刺激文脈に基づくより限局された項目(ノード)を活性化する予測的処理に関連づけることができる。こうした主張と一致して、連想性のみを共有する刺激対では右視野呈示にのみN400プライミング効果が見出されている(Deacon, Grose-Fifer, Yang, Stanick, Hewitt, & Dynowska, 2004)。加藤・沖田(2008)が使用したプライムとターゲットは強い連想関連語対であり、プライム語によって連想性の強いターゲット語が制御処理レベルで予測された結果、左半球に優勢なN400プライミング効果が生じたと理解できる。

しかし、加藤・沖田(2008)で使用した刺激対は連想関連語対であったが、具体語と抽象語が混在しており、さらにカテゴリが一致する単語対もあれば連想関係のみを有する単語対も含まれていた。反応時間実験において、具体語によるプライミング効果は左半球に比べ右半球で大きい、抽象語には左右半球差が認められなかった(Shibahara & Lucero-Wagoner, 2002)。また、先に注目したERP研究で、意味特徴のみを共有する刺激対では左視野呈示にのみN400プライミング効果が見出されている(Deacon et al. 2004)。これらの研究を踏まえると、加藤・沖田(2008)の刺激設定は半球優位性を明確に述べるためには不十分だといえる。

そこで、本研究ではプライムとターゲットとして、反意語(例えば、勝利—敗北)、類義語(例えば、準備—用意)、複合語(例えば、東西—南北)といった連想性の高い抽象名詞のみを用いて、加藤・沖田(2008)が得た左半球に優勢なN400プライミング効果を再検討することとした。さらに、この再検討では実験事態に次のような改良を加えて、より明瞭なN400プライミング効果を観察しようと試みた。意味プライミングの反応時間実験およびERP実験で用いられる課題の多くは離散的な実験パラダイムを使用しており、プライムに次いで呈示されたターゲットに対し実験参加者には語彙判断を課し、実験参加者がボタン押しといった運動反応を行なった時点で1試行終了する(例えばCollins, 1999; Bouaffre & Fäita-Ainseba, 2007)。こうしたパラダイムを使用すると、ERPのN400成分を主な指標として意味処理過程を検討するには以下の2つの問題がある。まず、プライム呈示後CNV(contingent negative variation)様の緩徐な電位が発達することである。この電位がターゲット呈示で基線復帰するために大きな陽性電位変動が生じ、それがN400に重畳する。別の問題は運動反応に関わる電位である。運動反応には反応選択、反応実行といった脳内活動が生じ、これに伴う電位がN400成分に重畳する可能性がある。こうした可能性を排除するため、まず、1ブロックを通して単語を連続呈示し、プライムとターゲットが実験参加者に判別し難いようにした。運動反応については、時折呈示される非単語にのみボタン押し反応を要請し、N400を記録する単語刺激にはボタン押し反応を求めないようにして解決を試みた。

方法

実験参加者 20歳から35歳(平均23.1歳)の右手利き9名(男性1名、女性8名)が実験に参加した。利き手の判定は参加者の自己申告とした。いずれの参加者も視覚機能に異常は認められなかった。実験開始前に参加者全員に実験について説明をしたうえで了解を得た。

刺激材料 意味関連条件のプライムとターゲットとして抽象語から成る連想語対80対と意味無関

連条件として抽象語から成る連想関係をもたない単語対80対の計160対を使用した。またプライムとターゲットの一方が単語、もう一方が非単語とする非単語対を30対用意した。各単語は1文字から3文字のひらがなおよび漢字で表記され、いずれも黒色インク、MS UIゴシック体で縦書きにモニター画面上に呈示した。単語刺激の大きさは、視角にして、1文字で縦1.6°×横1.7°、3文字単語で縦5.3°×横1.7°であった。画面の背景は白色で、プライムとターゲットの単語は画面中央から左右水平方向に2.7°の位置に呈示した。

刺激はPC/AT互換機とそれに接続された17インチCRTディスプレイによって呈示した。刺激呈示の制御とトリガー信号の制御にはCedrus社製SuperLab Pro for Windows (Ver. 2.04)を使用した。

条件と課題 プライムとターゲットの意味的関連性により、関連条件と無関連条件を設定した。またプライムとターゲットの呈示視野により、いずれも左視野(LL)条件、いずれも右視野(RR)条件、左視野・右視野(LR)条件、右視野・左視野(RL)条件の計4視野条件を設けた。

実験参加者の課題は単語刺激系列中に呈示される非単語を検出し、できるだけ速く反応ボタンを押すことであった。

手続き 実験は参加者個別に行われた。実験参加者はシールド室内に入り、刺激呈示用モニターの前に置かれた椅子に座り、測定用電極の装着を受けた。実験参加者は顔面固定台に頭部を固定し、目からモニターまでの距離を60 cmに保つようにした。

本試行は10ブロック実施した。1ブロックは70試行から成り、そのうち非単語と単語の対呈示が6試行であった。意味関連条件、無関連条件は32試行ずつ、視野条件LL, LR, RL, RRは各8試行であった。これらの試行は無作為な順序で呈示した。本試行に先立ち実施した練習試行は44試行、うち非単語は4試行であった。

各ブロックを通して画面中央には凝視点が呈示され、各試行ではプライムが100 ms間、700 msの間隔(すなわち、800 msのSOA)をおいてターゲットが100 ms間、試行間隔は700 msであった。したがって、プライムとターゲット、そして単語と非単語の区別なく、すべての刺激が700 msの間隔をおいて呈示される刺激系列であった。刺激呈示系列の例を図1に示す。

反応ボックスは実験参加者の体の正面に置き、参加者には非単語が呈示されたら中央の

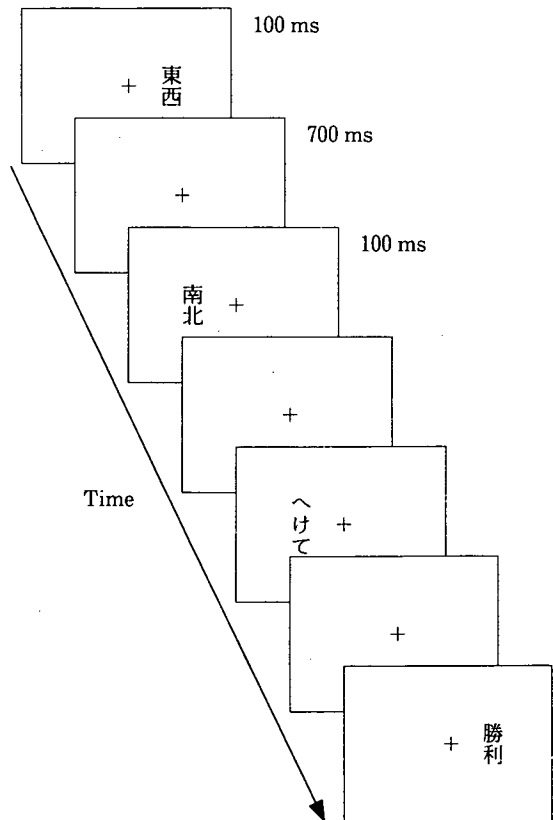


図1 刺激呈示系列

ボタンを押すよう要請した。参加者の半数は前半5ブロックに対して右手人差し指で、後半5ブロックに対して左手人差し指で反応し、残りの半数の参加者はこの逆の順序で反応した。また実験参加者には課題遂行中は画面中央を凝視するよう教示した。

記録及び分析 反応の採取にはCedrus社製反応ボックスを使用し、反応時間の記録には刺激呈示で使用したCedrus社製SuperLab Pro for Windows (Ver. 2.04)を用いた。

脳波は銀・塩化銀電極を国際10-20法によるFz・Cz・Pz・P3・P4の5部位に装着し、左右両耳朶結合を基準として導出し、多チャンネル生体アンプMA1000 (デジテックス研究所製)により増幅後(帯域通過周波数0.05-30 Hz)、G1-ERP Analyzer (G1システム社製)に500 Hzでサンプル記録した。また右眼窩上縁部より垂直眼球電図、左右外眼角側方1 cmより水平眼球電図も同時に記録した。電極インピーダンスは5 k Ω 以下とした。

ERP加算平均処理の分析区間はターゲット呈示前100 msから呈示後800 msまでの900 ms間とした。基線はいずれも刺激呈示前100 ms間の平均電位とした。脳波・眼球電図に100 μ V以上の変化が生じた試行は加算平均処理から除外した。加算回数は平均71(範囲49-80)回であった。

N400はターゲット呈示後300-600 ms間の平均電位として頭頂部(P3・P4)で測定した。

統計分析は反復測定分散分析を行い、有意水準は.05に設定した。また、すべての分散分析において3水準以上の要因については、自由度補正としてHuynh-Feldtの ϵ を適用した。

結果

正答率 非単語が呈示された時にボタンを押した試行を正答とし正答率を算出した。9名の平均正答率は45.4(33.3-70.0)%であった。

N400プライミング効果 図2にターゲット呈示後のP3部位とP4部位の波形を示す。300 msあたりから関連条件と無関連条件の分岐が始まり、その差は400 msあたりで最大となっているが、これはP3部位の特にプライムとターゲットが異なる視野に呈示されるLR, RL条件で顕著に認められた。P4部位でも視野LR, RR条件で若干その傾向がみられるもののLL, RL条件では認められなかった。

ターゲット呈示後300-600 ms間の平均電位について関連性 \times 視野 \times 部位の分散分析を行ったところ、関連性の主効果($F(1, 8) = 10.50, p < .05$)、関連性 \times 部位の交互作用($F(1, 8) = 9.35, p < .05$)が有意であった。単純主効果検定の結果、P3部位では無関連条件(視野条件間の平均: 0.12 μ V)と比較して関連条件(1.04 μ V)でN400減衰が認められたが($F(1, 16) = 18.24, p < .001$)、P4部位では関連条件(0.65 μ V)と無関連条件(0.33 μ V)に差はなかった($F(1, 16) = 2.30, ns$)。つまり、プライミング効果はP3部位でのみ認められた。また、視野 \times 部位の交互作用($F(3, 24) = 4.65, p < .05, \epsilon = 1.00$)が有意であり、単純主効果検定の結果、RL条件ではP3部位(関連性条件間の平均: 1.36 μ V)よりもP4部位(0.04 μ V)で陰性シフトが大きいことが認められた($F(1, 32) = 10.31, p < .005$)。その他の視野条件において部位間に振幅差はなかった($F_s(1, 32) = 0.17-2.45, ns$)。

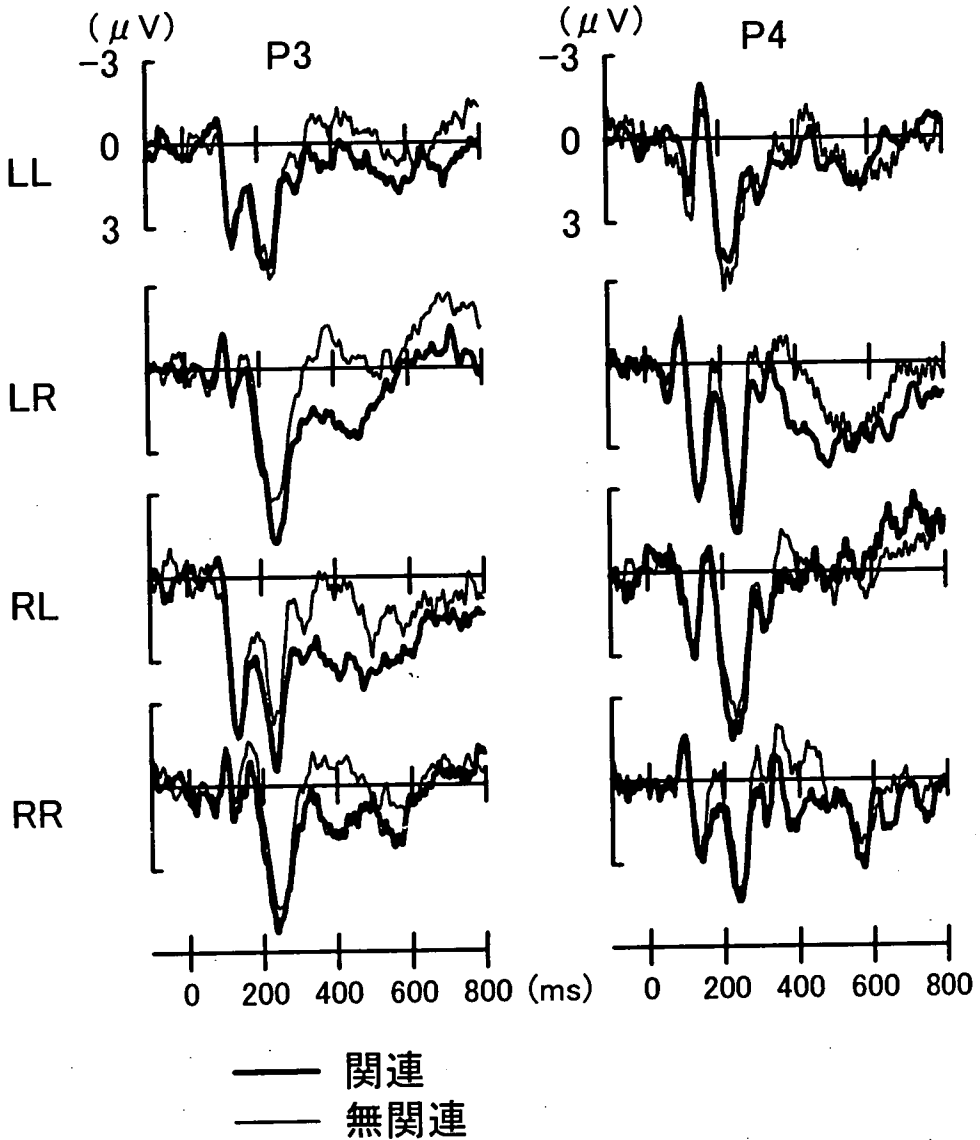


図2 左右頭頂部 (P3・P4) 部位における視野条件別の平均加算波形 (N = 9)

考 察

本研究では連想性の高い抽象語対に対するN400意味プライミング効果を分析し、単語処理における左右大脳半球の機能的差異を検討した。左右頭頂部 (P3・P4 部位) で測定したN400には左半球にのみ有意なプライミング効果がみられ、右半球には認められなかった。意味関連プライムが先行する条件ではターゲット呈示後300 msあたりで左半球にN400減衰が生じ、意味処理負荷の軽減が推察できる。SOA800 msを用いた本実験ではCollins (1999) の示唆によれば、左半球は制御処理、右半球は自動処理を実施している時間帯である。制御処理に基づいて左半球の意味活性化がプライムと連想性の高いノードに焦点化されていたならば、焦点化ノードと一致するターゲッ

トの処理負荷は軽減されるだろう。このことを反映して左半球のN400プライミング効果が観察されたと推察できる。一方、右半球におけるN400プライミング効果の欠如は、本実験で使用した連想性の高い抽象語対では自動的活性化拡散に基づくターゲット処理負荷に軽減効果をもたらさなかったことを示している。

観察された左半球優勢なN400プライミング効果は実験で使用した抽象語の特性も関与していると考えられる。具体語を使用したプライミング効果は、意味関連性が強い単語対は左右頭頂部において、意味関連性が弱い単語対は左頭頂部でのみ認められている (Frishkoff, 2007)。この実験間の差異は言語刺激のイメージの容易性が影響しているようである。二重符号仮説 (dual coding theory) (Paivio, 1971) によれば、左半球は言語コードを用いた処理を行い、右半球は視空間コードを用いた処理をする。右半球はイメージ化が容易な具体語に対してイメージ化が困難な抽象語よりも優れた処理を行う (Young & Ellis, 1985)。本研究で使用した抽象語に対して右半球ではイメージ化が困難なため、N400プライミング効果が減弱したと推察できる。

本研究の左半球優位なプライミング効果は加藤・沖田 (2008) と一致するが、この先行研究と異なり、本研究では視野条件によるプライミング効果が見出されなかった。加藤・沖田 (2008) は他の視野条件と比較してRL条件にプライミング効果の減弱を見出し、これは左右半球とも同様に出現した。本研究ではRL条件のプライミング効果に半球左右差は認められなかったが、この条件は他の条件とは異なる結果を生んだ。LL・LR・RR条件では意味関連性条件間の平均N400振幅に半球左右差はなかったが、RL条件では左半球よりも右半球で大きな陰性シフトが認められ、刺激の意味関連性に関わりなく、右半球に生じた高い意味処理負荷を示した。このRL条件の結果の解釈は難しいが、加藤・沖田 (2008) とともに特徴的な結果を示すRL条件は、脳梁を介した情報伝達、それに伴う左右半球非対称性の解明に糸口を与えるように考える。

本実験では、離散的な試行を設けず、単語を連続的に呈示する方法を用いた。期待したように、ERP波形には一般に観察されるような大きな陽性電位は惹起されず、P230後に始まる陰性電位としてN400が観察され、左半球では有意なプライミング効果が認められた。一方で、反応正答率が低く、非単語を検出することが困難であったことは刺激呈示方法に関係があるだろう。各単語の100 msの呈示時間と、漢字表記のみで構成された非単語を含んでいたことが相まって、実験参加者にとっては非常に難しい課題であったようである。

こうして、本研究では、連想性の高い抽象語対をSOA 800 msで呈示した結果、加藤・沖田 (2008) と同様の左半球優位なN400プライミング効果を確認し、Collins (1999) が示唆するような、刺激呈示後500 ms以降における左半球の予測的な制御処理様式を示した。ここでは制御処理に基づくN400プライミング効果を示すことができたが、自動的活性化に基づくプライミング効果については言及できていない。従来に関連するERP研究を展望したうえで、この点を検討していく必要がある。

引用文献

Atchley, R. A., & Kwasny, K. M. (2003). Using event-related potentials to examine hemispheric differences in semantic processing. *Brain and Cognition*, 53, 133-138.

- Bouaffre, S., & Faïta-Ainseba, F. (2007). Hemispheric differences in the time-course of semantic priming processes: Evidence from event-related potentials (ERPs). *Brain and Cognition*, 63, 123-135.
- Collins, M. (1999). Differences in semantic category priming in the left and right cerebral hemispheres under automatic and controlled processing conditions. *Neuropsychologia*, 37, 1071-1085.
- Deacon, D., Grose-Fifer, J., Yang, C.-M., Stanick, V., Hewitt, S., & Dynowska, A. (2004). Evidence for a new conceptualization of semantic representation in the left and right cerebral hemispheres. *Cortex*, 40, 467-478.
- Federmeier, K. D., & Kutas, M. (1999). Right words and left words: electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cognitive Brain Research*, 8, 373-392.
- Frishkoff, G. A. (2007). Hemispheric differences in strong versus weak semantic priming: Evidence from event-related brain potentials. *Brain and Language*, 100, 23-43.
- 加藤公子・沖田庸嵩 (2008). 視野内視野間意味プライミング—事象関連脳電位を用いた研究— *心理学研究*, 79, 143-149.
- Koivisto, M. (1997). Time course of semantic activation in the cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, 35, 497-504.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Shibahara, N., & Lucero-Wagoner, B. (2002). Hemispheric asymmetry in accessing word meanings: Concrete and abstract nouns. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 1292-1300.
- Young, A. W., & Ellis, A. W. (1985). Different methods of lexical access for words presented in the left and right visual hemifields. *Brain and Language*, 24, 326-358.