意味活性の時間経過における半球差¹

——事象関連電位による検討——

加藤 公子 国立長寿医療センター研究所 沖田 庸嵩 愛知淑徳大学

Hemispheric difference in the time course of semantic activation:
Evidence from event-related potentials

Kimiko Kato (*National Institute for Longevity Sciences*) and
Tsunetaka Okita (*Aichi Shukutoku University*)

To investigate hemispheric differences of semantic activation, event-related potentials were recorded when two pairs of words were successively presented with a SOA of 200 ms or 800 ms. Each word pair was simultaneously exposed to the left (LVF) and right (RVF) visual fields. Participants were required to attend one visual field and make a judgment whether the words (prime-target) presented at the attended visual field were semantically related or not. A priming effect on reaction time was observed for RVF targets with SOA 200 ms, and for both LVF and RVF targets with SOA 800 ms, consistent with the idea that semantic activation is faster in the left than the right hemisphere. In contrast, the priming effect on N400 amplitude was not affected by the SOA and visual field, and the onset latency was shorter for RVF than for LVF targets, irrespective of SOA. The N400 priming effects were interpreted to be associated with task-induced semantic processing.

Key words: semantic priming, time course, hemispheric difference, N400, event-related potentials.

The Japanese Journal of Psychology
2010, Vol. 81, No. 3, pp. 226–233

心的辞書における意味関連ノードの活性化の広がりや速さに関して、従来の意味プライミング研究は左右大脳半球の非対称性を明らかにしてきた。活性化速度に関して Koivisto (1997) はプライム-ターゲット間の間隔 (stimulus onset asynchrony: 以下 SOA とする) を操作し、意味プライミング課題遂行に要する反応時間から言語情報の処理速度は左半球が右半球よりも速いことを示した。さらに Collins (1999) は SOA が 500 ms 以下では左半球にのみ自動的活性化拡散が生じるのに対し、500 ms 以上になると左半球は意味関連情報の制御処理が始まり、右半球ではこの時間帯から自動的活性化が進行すると主張した。たとえば、250 ms と 450 ms の SOA を用いた反応時間実験 (Abernethy & Coney, 1996) で連想関連をもつプライムとターゲットがともに右視野に呈示された時にのみプライミング効果が認められたが、これは Collins

(1999) の考えによって理解できる。

近年、こうした左右各半球における意味処理の時間経過を事象関連電位 (event-related potential: 以下 ERP とする) で検討した研究が報告されているが (Atchley & Kwasny, 2003; Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007; Coulson, Federmeier, Van Petten, & Kutas, 2005; Deacon, Grose-Fifer, Yang, Stanick, Hewitt, & Dynowska, 2004; Kandhadai & Federmeier, 2008), そうした結果は Collins (1999) の考えを必ずしも支持していない。その主な ERP 測度は、ターゲット呈示後 400 ms あたりに惹起する陰性電位、すなわち N400 における意味プライミング効果である。意味プライミングは N400 の減衰をもたらす。Bouaffre & Faïta-Ainseba (2007) は連想関係を有するプライムとターゲットを SOA150 ms で同視野に呈示した。ターゲットに対する語彙判断課題に対して右視野呈示では N400 プライミング効果を、左視野呈示では少し遅れて P600 でプライミング効果を見いだした。Deacon et al. (2004) は、連想単語対 (実験 1) または意味特徴が重複する単語対 (実験 2) を同側視野に短い SOA (250 ms) で呈示し、意味関連性判断課題を行

Correspondence concerning this article should be sent to: Kimiko Kato, Department of Brain Science, National Institute for Longevity Sciences, Gengo Morioka-cho, Obu 474-8511, Japan (e-mail: kimi.kato@nifty.com)

¹ 本研究は愛知淑徳大学にて行った。

わせた。N400 プライミング効果は実験 1 では右視野呈示にのみ、実験 2 では左視野呈示にのみ観察された。また連想関係を有する単語対を SOA750 ms で呈示した意味関連性判断課題 (Atchley & Kwasny, 2003)、同様の単語対を SOA500 ms で呈示した命名課題 (Coulson et al., 2005) でいずれも右視野ターゲットに有意な N400 プライミング効果を認めた報告もある。

こうした一貫性を欠く原因の特定はプライムとターゲットの単語間意味関連特性や課題が絡んで難しいが、その一つの原因として反応時間と N400 測度が異なる処理側面を反映することをあげられるだろう。Neely & Keefe (1989) によれば、反応時間のプライミング効果は(a)自動的活性化拡散、(b)制御の予期、(c)意味マッチングを含む過程と考えている。自動的活性化拡散は心的辞書におけるプライムの処理が結果として意味関連語の表象を活性化し、後続のターゲットに対する処理時間を短縮する。方略的な制御の予期はプライム情報に基づき実験参加者が産出する予期セットであり、予期されたターゲットは処理が促進され、予期セット外のターゲット処理は抑制される。この予期プライミングは Collins (1999) の制御の処理と対応づけることができる。これらの自動的活性化拡散と制御の予期が語彙アクセス自体に関わっているのに対し、意味マッチングは語彙アクセス後に生じ、プライムとターゲット間の意味的重複を実験参加者がチェックする過程である。反応時間プライミング効果は、Kandhadai & Federmeier (2008) も指摘するように、これらの複数の処理における累積の効果とみなせる。

他方、N400 が反映する過程についてはまだ論争が続いているが、従来の研究は語彙アクセスとアクセス後の両過程を反映することを示している。近年の研究ではプライムがマスクされた場合にも N400 プライミング効果を見だし、N400 が自動的活性化拡散を反映することが示された (Deacon, Hewitt, Yang, & Nagata, 2000; Kiefer & Brendel, 2006)。Brown, Hagoort, & Chwilla (2000) は刺激系列中に占めるプライムとターゲットの意味関連語対と非関連語対の呈示率を操作し、語彙判断課題では関連語の呈示率が高い条件で予期が N400 に作用することを示した。さらに、黙読時には N400 プライミング効果に意味関連語対の呈示率効果はなく、こうした事態で標準的に働くプライムとターゲットの意味マッチングを反映するプライミング効果と報告した。

しかし、課題無関連な刺激として単語を無視すると N400 自体が惹起されず、当然ながら N400 プライミング効果も観察できなくなる (McCarthy & Nobre, 1993; Okita & Jibu, 1998; 沖田・治部, 2002)。こうした注意方向に鋭敏に応答する N400 から推定すると、自動的活性化拡散、制御の予期、および意味マッ

グはそれぞれ課題要求に応じた処理負荷に影響することで N400 に反映されるが、それぞれの過程は直接的には N400 に反映されないものと推察できる。さらに、こうした課題関連意味処理が先行する語彙処理の進行に依存して始まるとすれば、その課題処理の始まりは N400 プライミング効果の開始潜時として測定され、この潜時は特に反応時間の条件差をもたらす情報処理過程の検索に有効な測度となると期待できる。

こうした測度の問題、さらに先にあげた刺激特性と課題に加えて、意味情報処理の左右半球差について検討する場合、左右半球間の情報転送が問題を複雑にする。刺激を左右どちらか一方の視野に呈示した場合、呈示視野と対側半球には直接、同側半球には脳梁を介した情報転送により間接的に刺激が入力されることになり、一つの刺激に対して左右半球が協同で処理する構図をとる。プライムとターゲットの一侧視野呈示により意味処理における左右半球の相互作用を見いだした研究 (加藤・沖田, 2008) があることから、一侧視野呈示は単語処理における半球間の相互作用に関して検討するには有用であるが、各半球の特性を独立させて検討するには適さないように思える。

そこで、本研究はプライムとターゲットのいずれにも意味的に無関連な単語を別の対側視野に呈示し、プライムとターゲットの呈示時に同時に課題無関連語が別の半球に入力されるよう設定した。この無関連語との左右視野同時対呈示により、それぞれの半球では直接入力された単語が (少なくとも、自動処理段階では) 優先的に処理され、対側半球からの影響が减弱されることによって、各半球に直接入力された単語の処理特性がより独立的に分析できると期待した。

実験参加者には左右各視野に同時呈示される単語対のうち一方の単語に選択的に注意を払わせ、意味関連性判断を要求した。すなわち、継時的に呈示される課題関連語のプライムとターゲットに選択的に注意を払わせ、両単語間の意味関連性を判断させた。先に引用した先行研究によれば、このように同時に単語を呈示した場合でも、無視された単語には N400 が惹起されず、選択的に注意が払われた単語にのみ意味処理に応じた N400 振幅の増減が生ずる (Okita & Jibu, 1998; 沖田・治部, 2002)。

こうした両視野同時対呈示のもとで、本研究では、プライムとターゲットの呈示視野条件を設けた。すなわち、実験参加者には左右いずれか一方の視野に選択的に注意を払わせたうえで、その注意視野にプライムとターゲットの意味関連語対が呈示される条件 (左視野関連、右視野関連)、その意味関連語対が異なる視野に呈示され、プライムのみが注意の対象となる条件 (対側関連)、意味関連語対がいずれの視野にも呈示されない条件 (無関連) の計 4 条件を設定した。さらに、こうした呈示視野条件に加えて SOA を操作し、

SOA が 200 ms と 800 ms の 2 条件を設けた。

先に述べた Collins (1999) が主張するように、プライム呈示後 500 ms 以内では左半球においてのみ自動的活性化拡散が生じるとすれば、SOA200 ms 条件では左視野関連条件に比べ右視野関連条件でターゲットに対する意味処理が促進され、N400 振幅減衰のプライミング効果が観察されるだろう。プライム呈示後 500 ms 以上になると、左半球では制御的予期プライミング、右半球では自動的活性化拡散が始まるならば、SOA800 ms 条件では左右各視野条件で同等の N400 減衰プライミング効果が認められるだろう。加えて、もし本研究で採用した両視野同時対呈示における上記の期待に反し、非注意視野に呈示された課題無関連語が結果に影響するならば、対側関連条件で多少ともプライミング効果が生ずると予測できる。

本研究の第一の目的は、上記の実験仮説を検証することにより、Collins (1999) が主張する左右大脳半球における意味活性化過程の時間的相違を究明することであった。第二に、本研究では N400 振幅とともに N400 潜時も分析し、反応時間と対応づけたプライミング効果の時間的な面からも検討することを目的とした。ERP は脳内情報処理過程の時間的推移を分析する優れた測度として使用されてきたが、N400 についてはその時間特性を活かした潜時分析がほとんど行われてこなかった。先に述べたように、N400 振幅におけるプライミング効果は一致した結果が得られていないが、新たに N400 潜時の分析を加えることで、N400 プライミング効果の統一的な見解に近づけるものと期待した。

方 法

実験参加者 19 歳から 31 歳 (平均 22.8 歳) の右利き大学生および大学院生 12 名 (男性 3 名、女性 9 名) が実験に参加した。利き手の判定は八田・中塚 (1975) の利き手テストを使用した。いずれの参加者も視覚機能に異常は認められなかった。実験開始前に実験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 プライムとターゲットには意味関連語対として同一カテゴリに属し、連想関係をもつ具体名詞 50 対 (例えば、バス-電車) と意味無関連対として具体名詞 50 対 (例えば、スキー-電車) を使用した。プライム画面とターゲット画面には左右視野同時に単語が呈示されるがそれら両側の単語間には意味的関連性はなかった。各単語はひらがな、カタカナ、漢字により 1 文字から 4 文字で表記し、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 $1.6^\circ \times$ 横 1.7° 、4 文字で縦 $7.1^\circ \times$ 横 1.7° であった。凝視点にはプラス記号に左右どちらかを示す矢印を付け

たものを用意した。この大きさは縦 $1.1^\circ \times$ 横 1.1° であった。画面の背景は白色で、プライムとターゲットは画面中央から左右水平方向に 2.8° の位置、凝視点は画面中央に呈示した。

実験装置 刺激は PC/AT 互換機とそれに接続した 17 インチ CRT ディスプレイによって呈示した。反応の採取には Cedrus 社製反応ボックスを使用した。刺激呈示の制御、トリガー信号の制御、および反応時間の記録には Cedrus 社製 SuperLab Pro for Windows (Ver. 2.04) を使用した。

条件と課題 意味的関連性により、左視野関連条件、右視野関連条件、対側関連条件、無関連条件を設定した。さらに SOA200 ms 条件と SOA800 ms 条件を設けた。

実験参加者の課題は矢印で示された側のプライムとターゲットの意味関連性判断であり、ターゲットが呈示されたらできるだけ速くかつ正確に判断し、指定された反応ボタンを押すことであった。

手続き 実験は個別に行われた。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 60cm に保つようにした。

二つの SOA 条件別にそれぞれ 12 試行の練習を行った後、本試行 10 ブロックを施行した。そのうち SOA200 ms 条件と SOA800 ms 条件はそれぞれ 5 ブロックずつであり、ブロック間で交互に実施した。1 ブロックは 40 試行から成り、左視野関連条件、右視野関連条件、対側関連条件、無関連条件とも 10 試行ずつであった。これらの試行はランダムな順序で施行した。

各試行では画面中央に凝視点を 500 ms、次にプライムを 100 ms 呈示した。続いて凝視点を SOA200 ms 条件では 100 ms、SOA800 ms 条件では 700 ms 呈示した後、ターゲットを 100 ms 呈示した。ターゲット呈示後 1.5 s の間隔をおいて次の試行が始まった。

反応ボックスは実験参加者の体の正面に置き、上ボタンは左手人差し指で、下ボタンは右手人差し指で押すように要請した。実験参加者の半数 6 名には関連判断に上ボタンを、無関連判断に下ボタンを押すように、残り 6 名にはその逆で反応するように指示した。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に教示した。

記録および分析 脳波は銀・塩化銀電極を国際 10-20 法による Fz・Fp1・Fp2・F3・F4・F7・F8・Cz・C3・C4・Pz・P3・P4・T3・T4・T5・T6・O1・O2 の 19 部位に装着し、左右両耳朶を基準として導出し、MA1132 (デジテックス研究所製多チャンネル生体アンプ) 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に対して呈示前 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 間から呈示後 100 ms 間の平均電位とした。誤答および反応時間が 200 ms 以下の試行、さらに脳波・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 35 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正中部 (Fz・Cz・Pz)、頭頂部 (P3・P4) で測定した。

N400 プライミング効果開始時点の同定は左視野関連条件および右視野関連条件をそれぞれ無関連条件から減じたプライミング効果を示す波形についてジャックナイフ法 (Kiesel, Miller, Jolicœur, & Brisson, 2008) を用いて行った。実験参加者を 1 名ずつ除いた下位総加算平均波形を条件ごとに算出し、各波形においてターゲット後 300 ms から 600 ms 間で -2μ V 以下の値による N400 総面積を算出し、その 30% に達した時点プライミング効果開始潜時として同定した。このジャックナイフ法で得られた潜時は分散分析にかけられ、そこで算出された F 値は修正 ($F_c = F / (n-1)^2$), ただし、 n は各セルにおける測定値の数) がなされた。

反応時間は誤答および 200 ms 以下の試行を除いたデータに基づき分析した。

統計分析は反復測定分散分析を用い、多重比較につ

Table 1

Mean reaction times (ms) and SDs for SOA 200 ms and SOA 800 ms

	SOA 200 ms				SOA 800 ms			
	LL	RR	RUR	UR	LL	RR	RUR	UR
Mean	580	563	593	592	613	606	663	653
SD	67	67	61	65	118	110	97	98

Note. LL=target words semantically related to primes at LVF, RR=target words related to primes at RVF, RUR=target words related to primes at the contralateral visual field, UR=target words unrelated to primes at either LVF or RVF.

いては Holm 法を用い、有意水準は .05 に設定した。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

反応時間 Table 1 に条件別の平均反応時間と標準偏差を示す。SOA (200・800) $\times$ 関連性 (左視野関連・右視野関連・対側関連・無関連) の分散分析を行ったところ、関連性の主効果 ($F(2, 17) = 11.99$, $p < .001$, $\epsilon = 0.520$), SOA $\times$ 関連性の交互作用 ($F(2, 27) = 4.99$, $p < .05$, $\epsilon = 0.805$) が有意であった。単純主効果検定は SOA200 ms 条件 ($F(3, 66) = 3.86$, $p < .05$), SOA800 ms 条件 ($F(3, 66) = 16.13$, $p < .001$) とともに四つの関連性条件間に差を認めた。多重比較は SOA200 ms 条件の右視野関連条件は無関連条件よりも反応時間が短縮したが、左視野関連条件ではそうした結果は認められなかった。また左右視野関連条件と

Figure 1. Grand mean ($N=12$) ERPs at P3 and P4 sites.

The waveforms are overlapped for target words semantically related at LVF (LL), RVF (RR), contralateral (RUR) and unrelated (UR) to primes, and depicted separately for the two different SOAs, 200 ms and 800 ms. Negativity is up.

もに對側関連条件との差は認められなかった。SOA800 ms 条件では左右視野関連条件とも對側関連、無関連条件よりも反応時間が短縮した。両 SOA 条件とも右視野関連条件と左視野関連条件間、對側関連条件と無関連条件間には差がなかった。また、SOA の主効果は有意とはならなかった。

N400 平均電位 Figure 1 はターゲット呈示後の SOA 条件別に描いた P3・P4 部位における波形を示す。300 ms あたりから関連性条件間で分岐が生じ、左右視野関連条件は陽性方向へシフトしていくのに対し、對側関連条件、無関連条件は逆に陰性方向へシフトし、この分岐は 600 ms あたりで収束した。この傾向に SOA や部位による差はみられない。

ターゲット呈示後 300—600 ms 間の平均電位について SOA × 関連性 × 正中部位 (Fz・Cz・Pz) の分散分析を行ったところ関連性の主効果 ($F(2, 18) = 35.76$, $p < .001$, $\epsilon = 0.556$) が有意であり、多重比較は左視野関連条件 (8.52 μV) と右視野関連条件 (8.27 μV) は對側関連条件 (2.98 μV)、無関連条件 (2.36 μV) よりも N400 が低減したことを示した。さらに 3 要因の交互作用も認められた ($F(6, 66) = 2.51$, $p < .05$, $\epsilon = 1$) が、下位検定はいずれの部位も関連性に関し主効果と同様の結果を示すものであった。SOA × 関連性 × 左右頭頂部位 (P3・P4) の分散分析を行ったところ関連性の主効果が有意であった ($F(1, 17) = 36.54$, $p < .001$, $\epsilon = 0.502$)。多重比較は左視野関連条件 (8.05 μV) と右視野関連条件 (8.08 μV) は對側関連条件 (2.39 μV)、無関連条件 (2.43 μV) に比べ減弱した N400 を認めた。その他の主効果および交互作用は有意とはならなかった。

プライミング効果開始潜時 Figure 2 は無関連条

件から左視野関連条件、右視野関連条件をそれぞれ引き算して得られたプライミング効果を示す波形である。この引き算波形をみると、ターゲット呈示後 400 ms から 500 ms 間に頂点をもつ N400 プライミング効果が P3・P4 部位ともに顕著に認められ、右視野呈示条件が左視野呈示条件よりも N400 プライミング効果の立ち上がりが若干先行している。

プライミング効果開始潜時について SOA × 視野 (左視野・右視野) × 部位 (P3・P4) の分散分析を行ったところ、SOA の主効果が有意であり ($F(1, 11) = 7.08$, $p < .05$)、200 ms 条件 (430 ms) が 800 ms 条件 (390 ms) よりもプライミング効果開始時点が遅れることを示した。また視野の主効果も有意であり ($F(1, 11) = 4.60$, $p < .05$)、左視野条件 (420 ms) が右視野条件 (400 ms) よりも遅延することを認めた。部位の主効果およびいずれの交互作用も有意とはならなかった。

考 察

本研究の目的は Collins (1999) が仮定する左右大脳半球における意味活性過程の時間的相違を検討することであった。

反応時間の結果は SOA200 ms 条件では右視野関連条件のみで、SOA800 ms 条件では左右視野関連条件ともにプライミング効果を認めた。これは SOA500 ms 以下では左半球にのみ自動的活性化拡散、500 ms 以上になると左半球は制御的予期、右半球では自動的活性化が進行すると仮定する Collins (1999) の見解を支持する。

N400 振幅は意味関連条件と無関連条件との差を顕著に現したが、對側関連条件と無関連条件には差がな

Figure 2. Grand mean ($N=12$) difference ERPs at P3 and P4 sites.

The differences are obtained by subtracting ERPs to related targets of LVF (LL) and RVF (RR) from ERPs to unrelated targets, respectively. The waveforms are depicted separately for the two different SOAs, 200 ms and 800 ms. Negativity is up.

かった。これらの結果は Okita & Jibu (1998) と沖田・治部 (2002) が聴覚刺激で観察した知見と一致し、両視野同時対呈示において矢印による注意方向の指示が有効に働き、一側視野の単語にのみ選択的な意味処理を実行させたことを示している。さらに、プライミング効果がみられなかった対側関連条件の結果は、注意の対象となったプライムと意味的関連の強い単語が非注意視野に呈示された場合でも、指示された注意方向の刺激に対する処理が選択的に進行したことを示している。

しかし、N400 振幅には予測したような SOA と意味関連条件の交互作用は認められなかった。Collins (1999) に基づく予測では、SOA200 ms 条件では左半球の自動的活性化拡散により右視野関連条件でのみ、SOA800 ms 条件では左半球の制御的予期と右半球の自動的活性化拡散により左右各視野関連条件とも意味処理の促進が生じ、N400 プライミング効果が生じるはずである。本結果は、SOA に関わらず、左右の視野関連条件ともプライミング効果が有意で、SOA200 ms の左視野関連条件でも N400 減衰のプライミング効果が認められた。こうした結果は Deacon et al. (2004) とは一致するところがあるものの、プライムとターゲットを左右各視野に呈示した研究 (Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007) およびターゲットのみ左右視野に呈示した研究 (Atchley & Kwasny, 2003; Coulson et al., 2005) とは異なる。反応時間と N400 プライミング効果の開始潜時に共通して SOA200 ms 条件では左右の視野関連条件間に相違が認められた点を考慮すると、左右視野関連条件間に差異がなかった N400 振幅の結果はむしろ振幅測度のもつ特異性によるものと捉えたほうがよいように思われる。本研究ではプライムとターゲット間の意味関連性判断を参加者に課した。この意味関連性判断は、プライムとターゲットの個々の語彙決定とは異なり、語彙アクセス後の意味マッチングを課題関連処理として要請する。この意味マッチングが強調された課題処理において、ターゲット呈示視野、さらに SOA に関わりなく、意味関連“あり”試行 (左右各視野関連条件) と“なし”試行 (対側関連と無関連条件) で反応決定後に違いが生じた可能性がある。N400 を最初に報告した Kutas & Hillyard (1980) は N400 を先行文脈に照らした意味の再解釈処理に関連づけたが、ここで観察された N400 振幅のプライミング効果も意味関連“なし”試行におけるプライム-ターゲット意味関連性の再チェックを反映した結果のように考えられる。すなわち、SOA と視野関連条件に関わりなく、意味関連“あり”試行で N400 を惹起する課題処理が終了した後も、“なし”試行では意味関連性の再チェックが続行し N400 が持続したと推定できる。したがって、N400 振幅に予測したような SOA と意味関連条件の交互作

用が観察されなかったのであろう。

N400 振幅で得られなかった左右視野関連条件間の相違、および SOA200 ms と 800 ms 条件間の相違は、N400 プライミング効果の開始潜時に認められたが、この開始潜時における結果の詳細な考察を行う前に、開始潜時と意味処理過程との関係を考えておきたい。N400 プライミング効果は無関連条件の ERP から左右各視野関連条件の ERP を減算して求めたので、その開始潜時は無関連 ERP と各視野関連 ERP の分岐に応じた時点を示している (Figure 2)。この時点以降、上記のように、無関連条件では続行する意味処理を反映して N400 が持続するのに対して、左右各視野関連条件では意味処理を終了し N400 が減衰する。したがって、N400 プライミング効果の開始潜時はプライミングによって意味処理負荷が軽減されて早く終了するとそれだけ短くなる。Okita & Jibu (1998) と沖田・治部 (2002)、そして本研究でも示されたように、その N400 プライミング効果をもたらす処理は明らかに課題関連刺激に選択的に生じており、課題関連処理を反映した効果であることが分かる。序論で述べたように、自動的活性化拡散、制御的予期、および意味マッチングはそれぞれ課題処理を介して N400 に反映されるが、それぞれの過程は直接的には N400 に反映されないといえるだろう。N400 プライミング効果の開始潜時は左右各視野関連条件における課題関連意味処理が終了した時点に依る測度とみなせる。

右視野関連条件のプライミング効果は、SOA に関わらず、左視野に比べ平均 24 ms 早く開始した。この左半球の促進効果は上記の考えに基づいて次のように解釈できる。すなわち、Collins (1999) の仮説に沿って最も単純に考えれば、まず、SOA200 ms では右半球に生じなかった自動的活性化拡散が左半球で生じ、左半球では右半球よりも意味処理が早まった結果として解釈できる。また、SOA800 ms については、Kutas & Federmeier (2000) も示唆するように、左半球では制御的予期が右半球の自動的活性化拡散よりも焦点化されたノードを活性化し、効率的で早い意味処理が実行された結果として解釈できる。また、SOA800 ms 条件のプライミング効果は、ターゲット呈示視野に関わらず、SOA200 ms よりも平均 45 ms 早く開始した。この効果についても、上記の考察から同様に解釈できる。すなわち、SOA800 ms では右視野関連条件で左半球に制御的予期、左視野関連条件で右半球に自動的活性化拡散が生じるが、SOA200 ms では右視野関連条件で左半球に自動活性化拡散が生じるのみである。いずれの視野条件においても SOA200 ms に比べ SOA800 ms 時にプライミングによる促進効果は大きかったと解釈できる。

反応時間と N400 プライミング効果の開始潜時では、いくつかの異なる結果を得た。SOA800 ms 条件

の N400 潜時に認められた視野条件差が反応時間に反映されず、反応時間では交互作用がみられた。また、N400 潜時では SOA200 ms 条件よりも SOA800 ms 条件のほうが早いのに対し、反応時間には有意差はなく、むしろ全体的に SOA800 ms が遅いという結果が得られた。こうした相違の解釈は難しいが、おそらく、反応時間が刺激入力から反応出力に至る処理諸段階の累積的な効果を含む測度であることに由来するのであろう。先述のように、N400 プライミング効果の開始潜時は左右各視野関連条件における課題関連意味処理が終了した時点を示す測度であるのに対して、反応時間は課題関連意味処理以降の反応選択や反応実行といった反応過程も含んでいる。N400 潜時には含まれない処理過程に要する時間により、測度間に異なる結果が生まれたと考えられる。

まとめ 左半球の意味処理活性が右半球よりも早いと仮定する Collins (1999) の主張を検討するため、反応時間と ERP を測定した。両視野同時対呈示のもとで、実験参加者には左右いずれか一方の視野に選択的に注意を払わせ、その注意視野に呈示されるプライムとターゲットの両単語間の意味関連性を判断させた。反応時間の結果は SOA200 ms 条件では右視野関連条件のみで、SOA800 ms 条件では左右視野関連条件ともにプライミング効果を認め、Collins (1999) を支持した。しかし、意味処理負荷に応答する N400 成分の振幅は左右視野関連条件とも減衰し、プライミング効果を示した。N400 プライミング効果の開始潜時は右視野が左視野関連条件より早く、また SOA800 ms 条件が SOA200 ms 条件より早かった。N400 プライミング効果は課題に応じて実行される意味処理と関連づけて解釈し、反応時間とは異なる側面を反映したものと考えた。特に、従来ほとんど使用されてこなかった N400 プライミング効果の開始潜時は、自動的活性化拡散、制御の予期、および意味マッチングによるプライミング効果を課題関連意味処理に要した時間から捉える有用な測度と考えた。今後はこの研究で用いた意味関連性判断課題と語彙判断課題との比較が必要であろう。さらに、この研究で設けた対側視野関連条件とは異なり、プライムを非注意視野に、ターゲットを注意視野に呈示する条件は、非注意視野に呈示された意味関連プライムがターゲットの処理に影響するかを検討するうえで興味がある。

引用文献

- Abernethy, M., & Coney, J. (1996). Semantic category priming in the left cerebral hemisphere. *Neuropsychologia*, **34**, 339–350.
- 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.
- Brown, C.M., Hagoort, P., & Chwilla, D.J. (2000). An event-related brain potential analysis of visual word priming effects. *Brain and Language*, **72**, 158–190.
- 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.
- Coulson, S., Federmeier, K.D., Van Petten, C., & Kutas, M. (2005). Right hemisphere sensitivity to word- and sentence-level context: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **31**, 129–147.
- Deacon, D., Grose-Fifer, J., Yang, C., 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.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C., & Nagata, M. (2000). Event-related potential indices of semantic priming using masked and unmasked words: Evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, **9**, 137–146.
- 八田 武志・中塚 善次郎 (1975). きき手テスト作成の試み 大野 晋一 (編) 大西憲明教授退任事業論文集——大阪市立大学心理学研究室 25 年のあゆみ—— 大阪市立大学 pp. 224–247.
- (Hatta, T., & Nakatsuka, Z. (1975). H.N. Handedness inventory. In S. Ohno (Ed.), *Papers for celebration of the 63rd birthday of Prof. Ohnishi*. Osaka City University. pp. 224–247.)
- Kandhadai, P., & Federmeier, K.D. (2008). Summing it up: Semantic activation processes in the two hemispheres as revealed by event-related potentials. *Brain Research*, **1233**, 146–159.
- 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.
- (Kato, K., & Okita, T. (2008). Semantic priming within and between the visual fields: An event-related brain potential study. *Japanese Journal of Psychology*, **79**, 143–149.)
- Kiefer, M., & Brendel, D. (2006). Attentional modulation of unconscious “automatic” processes: Evidence from event-related potentials in a masked priming paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **18**, 184–198.
- Kiesel, A., Miller, J., Jolicœur, P., & Brisson, B. (2008). Measurement of ERP latency differences: A comparison of single-participant and jackknife-based scoring methods. *Psychophysiology*, **45**, 250–274.
- Koivisto, M. (1997). Time course of semantic activation

- in the cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, **35**, 497–504.
- Kutas, M., & Federmeier, K.D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 463–470.
- Kutas, M., & Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, **207**, 203–205.
- McCarthy, G., & Nobre, A.C. (1993). Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **88**, 210–219.
- Neely, J.H., & Keefe, D.E. (1989). Semantic context effects on visual word processing: A hybrid prospective / retrospective processing theory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. Vol. 24. New York: Academic Press. pp. 207–248.
- Okita, T., & Jibu, T. (1998). Selective attention and N400 attenuation with spoken word repetition. *Psychophysiology*, **35**, 260–271.
- 沖田 庸嵩・治部 哲也 (2002). 注意の両耳間切り換えと作動記憶——事象関連脳電位による検討——*心理学研究*, **73**, 399–404.
- (Okita, T., & Jibu, T. (2002). Interaural attention switching suppresses N400 attenuation with spoken word repetition. *Japanese Journal of Psychology*, **73**, 399–404.)
- 2009. 6. 22 受稿, 2010. 1. 30 受理——