視野内視野間意味プライミング¹

——事象関連脳電位を用いた研究——

加藤公子² 沖田庸嵩 愛知淑徳大学

Semantic priming within and between the visual fields: An event-related brain potential study

Kimiko Kato and Tsunetaka Okita (Aichi Shukutoku University)

To investigate interhemispheric transfer of language information, event-related brain potentials (ERPs) were recorded during performance of a semantic matching task in which prime and target word pairs were sequentially presented to either the left (LVF) or the right (RVF) visual field. A posterior slow negative shift prior to the target presentation developed over both hemispheres for LVF primes, whereas for RVF primes the negative shift declined over the right hemisphere. An N400 attenuation was observed for targets semantically related to the primes and was predominant over the left parietal site. The N400 priming effect was significantly reduced for LVF targets preceded by RVF primes, compared to other patterns of presentation. These findings indicate that semantic priming is attenuated in the right hemisphere when information is transferred from the left hemisphere.

Key words: semantic priming, lateralization, interhemispheric transfer, event-related brain potential, N400.

The Japanese Journal of Psychology

2008, Vol. 79, No. 2, pp. 143-149

近年、脳梁を介した左右半球の協応的な働きについて関心が集まり始めている (Banich, 1998)。本研究はそうした半球間相互作用の主要な問題の一つを取り上げ、脳梁を介した情報の流れについて事象関連脳電位 (event-related brain potential: 以下 ERP とする) を使用して検討するものである。

半球間情報転送の研究は特に半球間相互作用や半球側性化に関わる転送速度の非対称性に焦点が当てられている (Larson & Brown, 1997)。行動指標で推定された転送時間は右半球から左半球がその逆よりも速いという知見 (Marzi, Bisiacchi, & Nicoletti, 1991) や課題処理に対する半球優位性によって影響されるという知見がある (Braun & Daigneault, 1994)。

Nowicka, Grabowska, & Fersten (1996) は、この転送時間を生理学的指標で記録し、左右大脳半球の機能的非対称性と半球間転送との関係を検討した。この研究では刺激として左半球優位性を示す言語刺激と右半球優位性を示す非言語刺激を使用し、ERP の N170

(N1) 潜時から転送時間を算出した。その結果、転送時間は言語刺激に対しては右半球から左半球への転送が速く、非言語刺激では逆に左半球から右半球に速いことを見出した。一方、Larson & Brown (1997) は文字マッチング課題と図形マッチング課題中の ERP を測定し、N1 潜時から転送時間の半球非対称性を検討したが、課題による半球優位性と転送速度の方向性に関係を見出せなかった。

上記のように情報転送時間に関する研究はこれまで一貫した知見は得られていないが、一方で語彙、意味情報の半球間転送に関して非対称性を示す興味ある報告がある。Khatib, Michel, Pegna, Thut, Landis, & Annoni (2001) は二つの意味カテゴリが同じ単語 (プライムと標的) を継時的に (stimulus onset asynchrony: 以下 SOA とする, 850 ms) それぞれ左右半側視野に呈示し、意味カテゴリ判断課題遂行中の ERP を記録した。標的惹起 ERP に対し発生源局在化 (source localization) 分析を時系列に沿って施行したところ、単語の呈示視野と反対側半球の視覚領域に賦活が生じた後、左右視野呈示とも左半球の前頭領域と後頭領域に賦活が生じることを示した。すなわち、単語が左視野に呈示された場合でも早い時点 (刺激後 150 ms 以内) でその情報が左半球に転送され、右視野呈示と同じ言語ネットワークが使用され処理されること

Correspondence concerning this article should be sent to: Tsunetaka Okita, Graduate School of Communication Studies, Department of Psychology, Aichi Shukutoku University, Nagakute-cho, Aichi 480-1197, Japan (e-mail: kimi.kato@nifty.com)

¹ 本研究は、平成 18 年度愛知淑徳大学研究助成 (研究代表者 沖田庸嵩) を受けて実施された。

² 現所属: 日本障害者リハビリテーション協会

を示唆した。さらに、右視野呈示ではそうした反対側半球への情報転送が観察されなかったことから“脳梁中継 (callosal relay)”モデル (Moscovitch, 1976) を支持する知見として解釈された。脳梁中継モデルによれば、言語情報は右半球から言語優位な左半球に一方的に転送され、左視野呈示時の遂行成績低下は左半球への半球間転送によって生じる時間と情報損失によるものと説明される。

言語情報の半球間転送に関わる左右大脳半球の処理能力は、ERP 研究ではむしろ N400 成分の意味プライミング効果で検討されてきた。N400 は刺激呈示後 400 ms あたりに頂点をもち、頭頂部位において大きく出現する比較的緩徐な陰性電位であり、意味情報の処理にともなって組織的に変化する。すでに多くの研究が示すように、意味プライミングは N400 振幅の減衰をもたらす。Kutas & Federmeier (2000) によれば、実験参加者が遂行する課題に応じて、N400 はプライミングの自動的過程とみなされる活性化拡散、あるいは制御的 (方略的) 過程と仮定される期待の生成や意味の照合を反映する。この N400 を指標とした近年の半球側性化の研究では、従来の多くの行動研究と同様に視野瞬間呈示法を使用している。その主要な論点は行動研究から提出された仮説をめぐるものである。左半球でプライミング効果の開始が早いのはどのような半球間機能差によるものか。左半球では右半球より単語処理が自動化されていることによるものか (Koivisto, 1998)、意味活性化が限局され単語の意味アクセスの選択性が優れていることによるものか (Beeman & Chiarello, 1998)、行動研究と同様、プライム-標的の SOA (短, 長) と意味関連性 (連想, カテゴリ) が操作され検討されてきた。

Deacon, Grose-Fifer, Yang, Stanick, Hewitt, & Dynowska (2004) は意味カテゴリが異なる連想語対を短い SOA (250 ms) で呈示し、右視野呈示にのみ N400 プライミング効果を見出した。意味特徴を共有するが連想関係でもなく同一カテゴリにも属さない単語では左視野呈示にのみプライミング効果が生じた。こうした結果は、左半球では意味表象が活性化拡散系内で局所的に連想リンクによって結合されているのに対し、右半球では個々の意味特徴に基づいて分散して存在するという仮説を支持した。Grose-Fifer & Deacon (2004) も同様に支持する知見を得たが、Bouaffre & Faïta-Ainseba (2007) は、150 ms の SOA で呈示した意味関連 (連想, カテゴリ) 語対に対し N400 プライミング効果を右視野呈示でのみ認め、左視野呈示では遅延して P600 でプライミング効果が生じた。これと同様のプライミング効果の出現時間帯の違いを、Coulson, Federmeier, Van Petten, & Kutas (2005) はプライムを中央に呈示し少し長い SOA (500 ms) を用いた研究で見出している。このように、N400 プライ

ミング効果が示す半球特性は研究間で必ずしも一致していないが、右視野に連想関連語対をプライムと標的として呈示した研究では左半球で一貫したプライミング効果を観察している。

上記の ERP 研究を踏まえ、本研究ではプライミングを強める連想関連語対をプライムと標的に使用し (Neely, 1991), 1s の SOA で左右いずれかの視野に呈示した。しかも、これまで一貫して観察されてきた N400 の意味期待への鋭敏性を活かすため (Brown & Hagoort, 1993; Holcomb, 1988), ここではむしろ長い SOA を使用し期待方略を促進しようと考えた (Neely, 1991)。さらに、長い SOA によりプライム情報の半球間転送に十分な時間を与えることで、半球間の情報の流れが探りやすくなるだろうと考えた。こうした実験設定により、先述の初期処理段階における情報転送を N1 成分で探るとともに、従来の研究ではほとんど注目されてこなかったプライムと標的の異なる視野への呈示に焦点を当て、プライミング効果を検討する。すなわち、脳梁を介した言語情報の半球間転送について、次の三つの疑問から探求を試みる。

まず、先に述べた Nowicka et al. (1996) が示すように、言語刺激 (単語) では右半球から左半球への転送時間がその逆よりも速いのか。この疑問に対し、刺激後 200 ms 以内に惹起される N1 の潜時を測定して検討する。

第二に、プライムはその呈示視野によって半球間に異なる電位変化をもたらすであろうか。もしプライム呈示視野により半球間で異なる電位変化が生じた場合に、標的に惹起された N400 プライミング効果の発達様相と何らかの関係がみられるのか。これまでこうした検討は報告されていないが、標的呈示に先行して CNV (contingent negative variation) 様の緩徐な陰性シフトが発達すると予測できるので、この電位を測定して検討を試みる。

第三の疑問が本研究の主題であるが、プライムと標的の呈示視野が異なる条件では同じ視野に呈示される条件と比較して、N400 意味プライミング効果に違いはあるのか。上記の疑問で述べたように、もしプライムの呈示視野によって左右半球間で標的に対して異なるプライミング状態が産み出されるとすれば、プライミング効果への影響があるかもしれない。

方 法

実験参加者 21 歳から 27 歳 (平均 22.8 歳) の右利き大学生と大学院生 12 名 (男性 2 名, 女性 10 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 プライムと標的には意味関連語対として連想性の高い名詞 80 対と意味的に無関連な名詞 80 対（たとえば、園芸-反対）、計 160 対を使用した。関連語対の 52% は抽象語対（たとえば、勝利-敗北）、25% は抽象語と具体語の対（たとえば、水泳-水着）、残り 23% の具体語対のうち同一カテゴリ（たとえば、耳-鼻）が 14%、異なるカテゴリ（たとえば、仏像-寺）が 9% であった。全体の連想強度は“弱”（1）から“強”（5）の尺度上で平均 4.5（範囲 3.3-5.0）であった。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³、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°、4 文字単語で縦 7.1°×横 1.7°であった。画面の背景は白色で、プライムと標的の単語は画面中央から左右水平方向に 2.7°の位置、凝視点は画面中央に呈示した。

実験装置 刺激は DEC 社製 PC とそれに接続された 17 インチ XGA ディスプレイによって呈示した。反応の採取には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、関連条件と無関連条件を設定した。さらにプライムと標的の呈示視野により、プライム標的とも左視野(LL)条件、プライム左視野標的右視野(LR)条件、プライム右視野標的左視野(RL)条件、プライム標的とも右視野(RR)条件の計 4 条件を設けた。

実験参加者の課題はプライムと標的の意味関連性判断であり、標的が呈示されたらできるだけ速くかつ正確に判断し、反応ボタンを押すように求めた。

手続き 各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。

練習 24 試行後、本試行 8 ブロックを施行した⁴。1 ブロックは 20 試行から成り、LL・LR・RL・RR 各 5 試行、意味関連無関連条件を均等にランダムな順序で呈示した。

各試行では画面中央に凝視点が 500 ms 間、次にプライムと凝視点が 100 ms 間呈示された。続いて凝視点が 900 ms 間、その後標的が 100 ms 間呈示された。標的呈示後 1.5 s の間隔をおいて次の試行が始まった。

反応ボックスは体の正面に置き、左ボタンは左手人差し指で、右ボタンは右手人差し指で押すように要請

した。実験参加者の半数には関連判断に左ボタンを、無関連判断に右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。

記録及び分析 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、左右両耳朶結合を基準として導出し、MA1000（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）、KCR-000（キッセイコムテック社製）に 500 Hz でサンプル記録した。また右眼窩下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プライムに対して呈示前 200 ms から呈示後 1 000 ms までの 1 200 ms 間、標的に対しては呈示前 200 ms から呈示後 800 ms までの 1 000 ms 間とした。基線はいずれも刺激呈示前 200 ms 間の平均電位とした。誤答および反応時間が 200 ms 以下、1 500 ms 以上の試行、さらに脳波、眼球電図に 70 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。加算回数はプライムでは平均 66（範囲 50-78）回、標的では平均 18（範囲 15-20）回であった。

N1 は後頭部（O1・O2）優勢に標的呈示後 130-230 ms 間に発達する最大陰性電位として同定し、その潜時を測定した。標的に先行する緩徐な陰性電位を検討するため、プライム呈示後 600-1 000 ms 間の後側頭部（T5・T6）における平均電位を求めた。N400 は標的呈示後 200-600 ms 間の平均電位として頭頂部（Pz・P3・P4）で測定した。

反応時間は 200 ms 以下、1 500 ms 以上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、多重比較については Bonferroni 法を用いた。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

反応時間 意味無関連の反応時間から意味関連の反応時間を引算してプライミング効果を求めた。その結果、プライミング効果は LR 条件（90.2 ms）で最大で、次に LL（68.7 ms）、RR（64.5 ms）、RL 条件（38.2 ms）と減少した。しかし、視野（LL・LR・RL・RR）×関連性（関連・無関連）の分散分析を行ったところ、プライミング効果を示す関連性（ $F(1, 11) = 22.25, p < .001$ ）の主効果のみが有意で（関連：594.4 ms；無関連：659.8 ms）、視野と関連性の交互作用は認められなかった。

³ 1 文字から 4 文字の全体の比率はそれぞれ 10%、86%、3%、1%であった。

⁴ プライム刺激呈示時に図形判断を課す条件 16 ブロックとともにカウンターバランスした順序で施行したが、ここでは図形判断条件に関しては報告しない。

O1・O2 部位の N1 潜時 Figure 1 に示されるように、標的後 170 ms 前後に惹起された N1 は刺激視野と同側の記録部位に比べ反対側で潜時の短縮と振幅の増大を示した。N1 潜時に基づく視野×部位の分析では交互作用が認められた ($F(1, 11)=35.56, p<.001$)。単純主効果検定から左視野呈示では O2 における潜時 (158 ms) が O1 (182 ms) より短く ($F(1, 22)=22.83, p<.001$)、右視野呈示では逆に O1 (163 ms) が O2 (185 ms) より短いことが示された ($F(1, 22)=20.53, p<.001$)。さらに、左右半球間の転送時間を検討するため、左半球から右半球への転送時間 (O2-O1) と右半球から左半球への転送時間 (O1-O2) を算出し t 検定を行ったが、両転送時間に有意な差は見出されなかった (両側検定: $t(11)=0.20, ns$)。

プライムに惹起された N1 潜時にも交互作用が見出され ($F(1, 11)=40.73, p<.001$)、左視野呈示では O2 の潜時 (158 ms) が O1 (198 ms) より短く ($F(1, 22)=29.82, p<.001$)、右視野では逆に O1 (178 ms) が O2 (198 ms) より短いことが示された ($F(1, 22)=6.67, p<.02$)。左右半球間の転送時間にも方向性に有意な差は見出されなかった (両側検定: $t(11)=1.80, ns$)。

標的に先行する緩徐な陰性電位 プライム呈示後約 600 ms から 1 000 ms にかけて緩徐な陰性電位シフトが発達し、後側頭部で呈示視野による半球間の相違が最大に観察された (Figure 2)。この平均電位につい

Figure 1. Grand mean ($N = 12$) ERPs for target words at O1 and O2 sites. The waveforms are overlapped for the left (LVF) and right visual fields (RVF). Negativity is up.

てプライム視野 (LVF・RVF)×部位 (T5・T6) の分析を行ったところ交互作用が有意であった ($F(1, 11)=24.86, p<.001$)。単純主効果検定の結果、T6 ではプライムが左視野 ($-2.73 \mu V$) に呈示されると右視野 ($-1.29 \mu V$) よりも陰性に大きくシフトするが ($F(1, 22)=17.27, p<.001$)、T5 ではそうしたプライム視野による差はなかった (左視野: $-2.30 \mu V$; 右視野: $-2.84 \mu V$)。また呈示視野別にみると、左視野呈示では T5 と T6 部位で同等にシフトが生じているのに対し、右視野呈示では T6 より T5 で陰性シフトが大きいことを示した ($F(1, 22)=4.33, p<.05$)。

N400 におけるプライミング効果 Figure 3 は Pz 記録の ERP 波形である。標的呈示後 200 ms あたりから緩徐な陽性シフトが始まり、それに重畳する形でプライムと意味無関連な標的には約 400 ms に頂点をもつ顕著な陰性電位 (N400) の発達が見られる。意味関連と無関連の標的に惹起された ERP の分岐点、すなわちプライミング効果の開始点に注目すると、RL 条件では他の視野条件に比べて 100 ms 程度の遅れがある。さらに、RL 条件では標的関連の標的に対する

Figure 2. Grand mean ($N = 12$) ERPs at T5 and T6 sites during the interval between prime and target words. The waveforms are overlapped for primes presented to the left (LVF) and right visual fields (RVF). Negativity is up.

Figure 3. Grand mean ($N = 12$) ERPs at Pz. The waveforms are overlapped for target words semantically related and unrelated to primes and depicted separately for the four different trials, LL, LR, RL, and RR. Negativity is up.

ERPの減弱が他の条件に比べて少ない。このRL条件におけるプライミング効果の遅延と減弱がFigure 4(a)に示す無関連語ERPから関連語ERPを引算して得られた波形でも明らかである。このN400発達期間で計測した四つの視野条件の総平均電位のマップをFigure 4(b)に示す。最大のプライミング効果が観察された頭頂部で左半球に若干優勢に生じていることが確認できる。

標的後200–600 ms区間の平均電位について視野×関連性×部位(P3・P4・Pz)の分散分析を行ったところ、視野($F(3, 33)=4.49, p<.01, \epsilon=0.992$)、関連性($F(1, 11)=58.17, p<.001$)、部位($F(2, 22)=5.55, p<.05, \epsilon=1$)の主効果が認められた。また視野×関連性($F(3, 33)=5.78, p<.01, \epsilon=0.830$)の交互作用が認められた。単純主効果検定では無関連語に視野効果がなく(LL: $3.89 \mu V$; LR: $4.23 \mu V$; RL: $3.64 \mu V$; RR: $3.38 \mu V$)、関連語のみ有意であり($F(3, 66)=9.57, p<.001$)、多重比較はRL視野($5.77 \mu V$)と他の3視野条件(LL: $9.81 \mu V$; LR: $9.33 \mu V$; RR: $9.08 \mu V$)間に有意差を示した。つまり、RLは他の視野に比べて関連条件におけるN400減衰の程度が小さいことを示した。また呈示視野別にみると、N400プライミング効果を反映して、いずれの視野においても関連条件よりも無関連条件で大きなN400が認められた($F_s(1, 44)=5.86-44.93$, RL試行のみ $p<.05$, LL・LR・RR試行はいずれも $p<.001$)。さらに関連性×部位の交互作用も認められた($F(2, 22)=11.26, p<.01, \epsilon=0.969$)。単純主効果検定は関連条件にのみ部位効

果を示した($F(2, 44)=12.21, p<.001$)。多重比較よりP3とP4、PzとP4に有意差があり、P4はP3とPzに比べN400減衰の程度が小さいことを示した。

考察

本研究の目的は脳梁を介した言語情報の半球間転送について、(a)N1潜時でみた初期段階における転送時間、(b)標的に先行する陰性電位でみたプライム呈示視野の影響、(c)N400意味プライミング効果におけるプライムと標的の呈示視野の影響、これらの三点から探ることであった。

N1でみた半球間転送時間 単語呈示後200 ms以内に生じるN1潜時でみた言語関連情報の半球間転送時間には左から右と右から左で差がなく、これは顔刺激を用いたTerasaki & Okazaki (2002)と一致した。つまり、Nowicka et al. (1996)の知見に反し、本実験結果はLarson & Brown (1997)と同様、刺激や課題による半球優位性が転送速度に影響しないことを示した。

標的呈示前に発達する陰性電位 プライム呈示後600 ms以降に発達した緩徐な陰性シフトをみると、呈示視野による半球間の相違が右後側頭部(T6)で最大に観察され、右視野呈示時のみが小さく、その右視野呈示時の左後側頭部および左視野呈示時の左右後側頭部には差がなかった。本結果の解釈は難しいが、Klaver, Talsma, Wijers, Heinze, & Mulder (1999)は図形のサンプル-マッチング課題を用いた研究で、先行刺激呈示後400–800 msに緩徐な陰性シフトが呈示視野と反対側半球に大きく発達することを示し、サンプル

Figure 4. (a) Grand mean ($N = 12$) difference ERPs at Pz, P3 and P4. The differences are obtained by subtracting ERPs to related targets from ERPs to unrelated targets. The waveforms are overlapped for the four different trials, LL, LR, RL, and RR. (b) Scalp topography of the voltage differences between ERPs for unrelated and related targets. The voltages were measured in the time window 200–600 ms after target onset and collapsed over the four different trials.

となる図形情報が呈示視野の反対側半球で貯蔵されることを示唆した。刺激材料は異なるが、本研究で観察された陰性電位の発達が標的呈示に備えたプライム情報の保持に関わるものと推定できるかもしれない。単語を刺激とした本研究で観察された右視野呈示の反対側優位は Klaver et al. (1999) と一致するが、左視野呈示では異なっている。後述するように、右視野（左半球）プライム情報の右半球への転送が減衰したため、左視野呈示のようなプライミング状態を産み出すことができなかったように考えられる。プライム左視野（右半球）呈示では左右後側頭部に同等の陰性シフトが生じたことから、言語情報の右半球から左半球への半球間転送の優位性を示している。

左右頭頂部における N400 プライミング効果 標的呈示視野にかかわらず、頭頂部に最大に観察された N400 プライミング効果は右半球に比べ左半球で大きく生じた。N400 プライミング効果が右視野呈示の連想語に比較的安定して左半球で観察された従来の報告 (Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007; Deacon et al., 2004; Grose-Fifer & Deacon, 2004) と一致するが、比較的最長い 500 ms の SOA を使用した Coulson et al. (2005) ではむしろ右半球で大きかった。これまでも単語を中央に呈示した研究では右半球に優勢なプライミング効果が報告されており (Kutas, Federmeier, Coulson, King, & Munte, 2000), 本結果との相違は Coulson et al. (2005) がプライムを中央に呈示したことによるものかもしれない。

N400 プライミング効果における刺激視野の影響 RL 条件でプライムと標的が右視野から左視野へと交差して呈示されると、他の LL・LR・RR 条件に比べてプライム意味関連の標的に対してプライミング効果の全体的な減弱が生じた。この N400 プライミング効果の減弱で最も興味ある点は、単に標的の左視野呈示で生じたのではなく、プライムが右視野に呈示された時にのみ生じたことである。RL・LL 条件とも右半球が標的を直接受容するが、LL 条件ではプライム情報が左半球から転送される RL 条件のようなプライミング効果の減弱はなかった。LR 条件ではプライム情報が右半球から左半球に転送されるが、RR 条件と N400 プライミング効果に相違は認められなかった。LR 条件と異なり RL 条件ではプライミング効果をもたらすプライム情報が転送されにくいと推測できる。すなわち、長い SOA を使用して半球間転送に 1 s の時間があつたにもかかわらず、右視野（左半球）に呈示されたプライムは、標的前の陰性電位で先に注目したように、左視野（右半球）呈示と同等の標的に対するプライミング状態を右半球で産み出すことができなかったようである。

“直接アクセス (direct access)” モデル (Zaidel, 1983) によれば、各半球は直接受容する刺激視野の情

報を処理する。たとえば、左視野に呈示された単語は右半球で処理される。このモデルに従えば、RL 条件の N400 プライミング効果の減弱は、上記のような言語情報の半球間転送の非対称性によって、右半球の標的に対する課題処理負荷が他の視野条件よりも大きかったことを示している。この解釈は左視野（右半球）に呈示された連想関連語対では N400 プライミング効果が生じなかったという報告 (Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007; Deacon et al., 2004; Grose-Fifer & Deacon, 2004) と整合性を欠く面があるが、他方でそうした研究よりも長い SOA を使用した Coulson et al. (2005) は左視野の標的に N400 プライミング効果を右半球で認めている。

他方、脳梁中継モデルを支持する Khateb et al. (2001) の示唆によれば、左視野呈示の標的は右半球に到達した後、直ちに（刺激後 150 ms 以内）その情報は脳梁を介して転送され、左半球でプライミング効果をもたらす言語処理を受けることとなる。刺激後 150 ms 以内の転送となると、右半球での処理は限られてくる。単語のもつ情報は視覚的符号、音韻的符号、そして意味的符号に分けることができる (御領, 1987)。多くの研究が N170 と視覚的符号化を関連付けており、音韻的符号化 (N320)、意味処理 (N400) はそれ以降となる (Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier, & Pernier, 1999)。しかし、Khateb et al. (2001) は、プライムと標的を左視野に呈示した結果から、刺激後 150 ms にはすでに後頭部と後側頭部領域で言語ネットワークの語彙処理が働き始めていることを示唆している。こうした示唆を踏まえると、本研究の RL 条件のように左半球から転送されてきたプライム情報ではそうした右半球における初期の言語処理を促進するだけのプライミング状態を産み出せなかったように考えられる。

上記のいずれの解釈も言語情報の半球間転送における非対称性を前提としている。この非対称性について、今後は刺激材料や SOA を操作して各半球の言語処理特性と関連付けながら分析的に検討していくことが望まれる。

まとめ プライムが右視野に標的が左視野に呈示されると (RL)、他の呈示視野条件に比べ N400 プライミング効果が有意に減弱した。また、標的に先行する ERP 変化をみると、N400 プライミング効果の減弱と関係して RL 視野条件の右後側頭部でのみ陰性シフトが小さいことが観察された。これらの知見は言語情報が左半球から右半球へ流れにくいことを示唆している。しかし、そうした半球間転送の非対称性は、刺激後 200 ms 以内に惹起される N1 潜時では確認できなかった。こうした知見を踏まえると、少なくとも今回の課題では、プライミング効果でみられた半球間転送の非対称性は N1 に反映される処理段階以降で生じた

と考えられる。従来の研究では左右各半球における言語処理特性を検討することに主眼が置かれており、プライムと標的の呈示視野が異なる条件は注目されてこなかった。本研究はそうした交差条件の使用で言語情報の半球間転送の問題に有効にアプローチし得る方法を示している。

引用文献

- Banich, M. (1998). The missing link: The role of interhemispheric interaction in attentional processing. *Brain and Cognition*, **36**, 128-157.
- Beeman, M. J., & Chiarello, C. (1998). Complementary right- and left-hemisphere language comprehension. *Current Directions in Psychological Science*, **7**, 2-8.
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **11**, 235-260.
- 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.
- Braun, W. S., & Daigneault, S. (1994). Effects of a right hemifield advantage on crossed-uncrossed difference in simple reaction time: Toward a new model of interhemispheric relay. *Acta Psychologica*, **85**, 91-98.
- Brown, C. M., & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **5**, 34-44.
- 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.-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.
- 御領 謙 (1987). 読むということ 東京大学出版会 (Goryo, K.)
- Grose-Fifer, J., & Deacon, D. (2004). Priming by natural category membership in the left and right cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, **42**, 1948-1960.
- 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 cerebration of the 63rd birthday of Prof. Ohnishi*. Osaka City University. pp. 224-247.)
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, **35**, 66-85.
- Khateb, A., Michel, C. M., Pegna, A. J., Thut, G., Landis, T., & Annoni, J. M. (2001). The time course of semantic category processing in the cerebral hemispheres: An electrophysiological study. *Cognitive Brain Research*, **10**, 251-264.
- Klaver, P., Talsma, D., Wijers, A. A., Heinze, H., & Mulder, G. (1999). An event-related potential correlate of visual short-term memory. *Neuroreport*, **10**, 2001-2005.
- Koivisto, M. (1998). Categorical priming in the cerebral hemispheres: Automatic in the left hemisphere, postlexical in the right hemisphere? *Neuropsychologia*, **36**, 661-668.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 463-470.
- Kutas, M., Federmeier, K. D., Coulson, S., King, J., & Munte, T. F. (2000). Language. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 576-601.
- Larson, E., & Brown, W. (1997). Bilateral field interactions, hemispheric specialization and evoked potential interhemispheric transmission time. *Neuropsychologia*, **35**, 573-581.
- Marzi, C. A., Bisiacchi, P., & Nicoletti, R. (1991). Is interhemispheric transfer of visuomotor information asymmetric? Evidence from a meta-analysis. *Neuropsychologia*, **29**, 1163-1177.
- Moscovitch, M. (1976). On the representation of language in the right hemisphere of right-hand people. *Brain and Language*, **3**, 47-71.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum associates. pp. 264-336.
- Nowicka, A., Grabowska, A., & Fersten, E. (1996). Interhemispheric transmission of information and functional asymmetry of the human brain. *Neuropsychologia*, **34**, 147-151.
- Terasaki, O., & Okazaki, M. (2002). Transcallosal conduction time measured by visual hemifield stimulation with face images. *Neuroreport*, **13**, 97-99.
- Zaidel, E. (1983). Disconnection syndrome as a model for laterality effects in the normal brain. In J. B. Hellige (Ed.), *Cerebral hemisphere asymmetry: Method, theory, and application*. New York: Praeger. pp. 95-151.