■原著

仮名表記語を刺激とした語彙判断課題における大脳半球機能分化の検討

中川敦子*

要旨：右利き大学生18名を対象に，平仮名表記語を刺激として，一側視野瞬間提示の意味プライミング実験を行った。

意味的符号化に関しては，プライムによる意味ネットワークの自動活性化後，関連の弱い語に対する抑制が，これまでの英単語および単漢字を用いた実験結果（Nakagawa, 1991, 1994）と一致して，左半球のみに認められた。一方視覚的処理に関しては，英単語では左半球優位，単漢字では右半球優位であったが，今回平仮名では左半球優位であった。

本研究により，言葉の視覚的処理では文字体系により左右半球の重要性が異なるが，意味的符号化においては文字体系の違いにかかわりなく左右半球が一定の役割を担うことが再確認された。

神経心理学 10；165-172

Key Words：大脳半球機能分化，語彙検索，平仮名，プライミング，注意
laterality, lexical access, Hiragana, priming, attention

言語機能における左半球優位の概念は，失語症に関する臨床的観察とともに発展してきた。しかし，分離脳患者や右脳損傷患者を対象とした研究，正常者を対象とした分離視野研究などから，右半球も言語処理に関わっていることが示唆されてきた（山鳥，1980）。言葉の意味的な符号化についても検討が進められ，近年の総説（Chiarello, 1991）は，多義語の意味理解における右半球の役割を示唆している。文中に多義語が出てくると，読者はその語が持ついくつかの意味の中からまずひとつを選択する。読み進むにつれて文中での意味が選択したものとは違うことがわかると，読者は意味を選択しなおそうとするだろう。このような場合，当初選択されなかった（抑制された）意味は，時間が経っても依然右半球においては保持され選択が可能であり，右半球が役立つという。

意味的な符号化における半球機能分化について，正常者を対象とした研究では，左右各半球における意味プライミング効果を比較することで検討されてきた（Chiarello, 1991）。意味プライミング実験では，先行刺激（プライム）に続いて後続刺激（ターゲット）が提示され，両者の意味的関係が，ターゲットの処理にどのような影響を及ぼすかが検討される。ターゲットの文字列たとえば“nurse”に対し，意味がある正しい単語であるか否かをできるだけ速くかつ正確に判断することを求める語彙判断課題（lexical decision task）では，被験者の判断時間は，意味的関連性のあるプライム（例：doctor）の場合，そうでない（例：butter）場合に比べて有意に短くなる。この現象が意味プライミング効果と呼ばれるもので，活性化拡散モデル（Collins & Loftus, 1975）によって説明されきた。このモデルでは意味記憶についてネットワーク構造が仮定され，意味的に近い概

1994年6月27日受理
Laterality during Lexical Decisions of Words in Hiragana
*金沢医科大学神経精神科，Atsuko Nakagawa：Department of Neuropsychiatry, Kanazawa Medical University

念は空間的に近く，遠い概念は空間的に遠くに位置すると考えられている。ある概念が刺激されると，活性化は関連ある意味概念へと自動的にネットワーク上を結線にそって広がっていく。活性化は刺激が終わってもすぐにはもとに戻らず，徐々に減衰しながら近隣の概念に拡散していくと仮定される。その結果，活性化された概念の処理はその活性化の程度によって軽減されることになり，したがって，プライムによって活性化されている概念への判断時間はそれだけ短くなると考えられるのである。

Burgess & Simpson（1988）は同形異義語（homograph：たとえば“bank”（土手）と“bank”（銀行））をプライムに用い，その処理において左右半球がもつ役割を検討した。彼らはプライム提示とターゲット提示の時間間隔（SOA）を2条件（35msと750ms）設定し，被験者にはターゲットが意味のある文字列であるか否かの語彙判断を求めた。その結果，たとえばプライム“Bank”の提示後，35msSOAでは両半球で意味的に優勢な概念“Money”への判断時間が短く，一方750msSOAでは，意味的に優勢ではない概念“River”への判断時間が右半球のみで早かった。意味プライミングパターンから，プライム刺激による意味ネットワークの活性化後，その初期には意味的に優勢な概念が両半球で活性化する。一方，意味的に優勢ではない概念の活性化は左半球では次第に抑制されていくのに対し，右半球では引き続き維持されていくことが示唆された。彼らは，左半球で認められた抑制の過程は，ヒトの注意が意味的に優勢な概念にはらわれるためにおこるのではないかと考察している。

このBurgess & Simpson（1988）の追試を行い，Nakagawa（1991）の実験1では英単語を，Nakagawa（1994）の実験1，実験2では単漢字を，実験4では2文字熟語を用いてその妥当性を検討した。そして，言葉の意味的符号化においては，文字体系の違いに関わりなく左右半球が一定の役割を担うことを明らかにした。すなわち，これらの実験に共通して左半球のみにプライムによる意味ネットワークの自動活性化後，関連の弱い語に対する抑制傾向が認められたのである。一方，視覚的な処理については，文字体系によって左右半球の関与が異なることが明らかとなった。すなわち，語彙判断課題に要する反応時間全体に関しては，英単語では左半球優位，単漢字では右半球優位，漢字2文字熟語に関しては左右差なしという結果であった。

Nakagawa（1991，1994）は，これらの結果をPosnerらの認知神経科学的アプローチによる注意研究（Posner，1988；中川，1993）に依拠して考察してきた。彼らは注意の下位システムとして，関係する脳部位の相対的位置によって名付けたposterior attention networkとanterior attention networkを提起している。前者はおもに感覚刺激に対して注意を指向する（orienting）機能を，後者は情報の意識的な制御（control）あるいは実行（execution）の機能をもつと考えられている。Posner & Snyder（1975）より，意味的符号化における抑制と注意の関係が示唆されており，これまで認められてきた左半球における抑制傾向は，anterior attention networkに依るものと考察された。一方，視覚的処理の過程には，posterior attention networkが関わっていると考えられるが，本研究ではこのnetworkについてはとくに検討しなかった。

本研究では刺激として平仮名表記語を用い，Nakagawa（1991）の手続きに従って，一側視野瞬間提示の意味プライミング実験を行った。すなわち，被験者の視野中央にプライム，続いて左右いずれかの半視野にターゲットを与え，ターゲットの平仮名文字列が意味をなすか否かの判断を求めた。意味的符号化の半球機能分化を追試するとともに，平仮名表記語の視覚的処理における半球機能分化を検討することを目的とした。

I 方　　法

1. 被験者

日本人大学生男女18名（男10名，女8名）。年齢は19～23歳で，いずれも矯正視力で1.0以

上あった。Bryden（1982）の利き手テストでは（得点は－1（extreme left-handed）から＋1（extreme right-handed）まで），すべての被験者が＋0.8以上で右利きであった。

2. 実験計画

視野（左，右）×SOA（67ms，750ms）×プライム・ターゲット間の意味関係（反対，遠隔連想，無関係，中性）の被験者内3要因実験であった。なお，反対，遠隔連想という意味関係は，意味ネットワーク上の2語間の意味距離がより近い，より遠いことをそれぞれ意味する。

3. 刺激材料

各試行はプライムとターゲットの平仮名表記語のペアより成る。1つの刺激リストは，4つの異なった意味的関係を含むプライム・ターゲットの40ペアによって構成される。すなわち，10の反対，10の遠隔連想，10の無関係，10の中立のペアである。原則として Nakagawa（1994）で刺激として用いた単漢字および2文字熟語のうち2文字から4文字の平仮名で表記でき，しかも同音異議語が存在しない語を刺激とした。中立のプライムとしては“くうはく”が用いられた。

4つの刺激リストを設け，1つの刺激リスト内で同じターゲットが繰りかえされることはない。例えば，リスト1で反対語条件（さむい―あつい）のターゲットは，リスト2では遠隔連想条件（あせ－あつい），リスト3では無関係条件（ゆずる－あつい），リスト4では中立条件（くうはく－あつい）となる。ターゲットについては3文字からなるものが24個，2文字と4文字からなるものが各々8個であった。非単語は単語の1文字を入れ替えて作った。刺激は垂直に提示。その大きさは視角にして1文字が0.6°×0.6°，縦に1.9°から2.7°，横に0.6°であった。各プライム条件におけるターゲットの各々は，被験者全体を通して，左右視野に均等に提示された。

4. 装置

刺激の提示にはタキストスコープ（TKK-231）を用い，デジタルタイマーによって時間制御を行った。反応時間の測定にはデジタイマーを用いた。

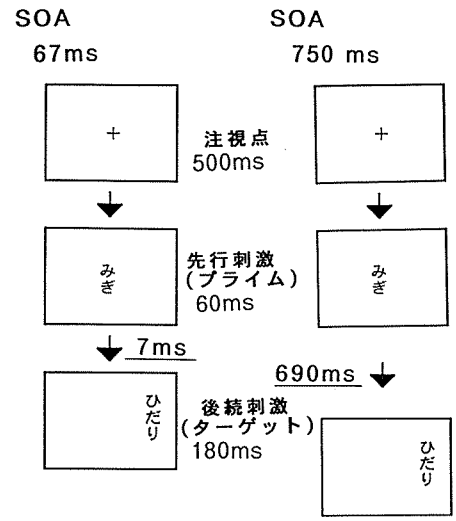

図1　実験手続

5. 手続き

被験者は64試行（16試行×4ブロック）の練習の後，4つのブロックに分けて4つの刺激リストが与えられた。1つのブロックは40の単語と40の非単語ターゲットより成っており，リストの提示順序は被験者間でカウンターバランスされた。

各試行ではまず視野中央に注視点500ms，プライムが60ms 提示された。そして刺激間間隔7ms あるいは690ms の後（すなわち SOA67ms あるいは750ms），ターゲットが180ms 左あるいは右視野にランダムに提示された（図1）。ターゲットは中心から左右に4°の位置に示された。被験者は実験中，視野中央を凝視するように求められ，ターゲットが有意味な文字列（単語）であるか否か（非単語）の判断をボタン押しによってできるだけ早くかつ正確に行うよう求められた。ボタンを押す際には右手の人差し指と中指を用い，単語，非単語に該当するボタンは被験者間でカウンターバランスされた。

II 結　　果

結果の分析は単語に対する正反応時間およびエラー率について行われ，反応の促進（facilitation）および抑制（inhibition）効果は，各

プライム条件での反応時間が中立条件（くうはく）での反応時間よりも早いか，遅いかによって決定された。なお，反応時間が150ms 以下あるいは2000ms 以上の反応は結果の分析には含まれていない。すべての被験者の各ブロックでの正答率は75%以上であった。

表1に各ターゲット条件における反応時間とエラー率を示す。反応時間に対する3要因の分散分析の結果，有意な右視野（左半球）優位が認められた（$F(1,17)=6.60$, $p<.02$）。プライムの主効果も有意であった（$F(3,15)=20.7$, $p<.001$）。視野×プライム×SOA の3要因交互作用が有意であり（$F(3,15)=4.04$, $p<.03$），以下に視野ごとにプライムと SOA の効果について検討する（図2）。

表1 Mean Lexical Decision Latensies (in ms) and Error Proportions For Each Target Condition

Prime	Reaction time	S. D.	Error Rate
(67 ms-left visual field)			
Opposite	763	111	.13
Remote	760	92	. 2
Unrelated	859	122	.29
Neutral	768	128	.25
(67 me-right visual visual field)			
Opposite	694	92	.17
Remote	772	100	.14
Unrelated	789	103	.23
Neutral	775	101	.23
(750ms-left visual field)			
Opposite	744	106	.17
Remote	805	100	.15
Unrelated	868	118	.34
Neutral	843	119	.24
(750ms-right visual fiead)			
Opposite	728	126	.08
Remote	765	123	.12
Unrelated	831	155	.23
Neutral	768	117	.17

左視野（右半球）提示では，プライムの主効果が有意で（$F(3,15)=21.6$, $p<.001$），プライム×SOAの交互作用は有意ではなかった（$F(3,15)=2.36$）。右視野（左半球）提示では，プライムの主効果が有意で（$F(3,15)=23.3$, $p<.001$），プライム×SOAの交互作用は有意な水準には達しなかった（$F(3,15)=2.96$, $p<.07$）。しかしながら，意味ネットワーク活性化後に左半球でおこるであろう抑制の過程について検討するため，下位検定をおこなった。その結果，67ms SOAでは，反対プライム条件で有意な促進効果がみられたが（$F(1,17)=18.3$, $p<.001$），750ms SOAでは無関連プライムで有意な抑制効果が認められた（$F(1,17)=6.03$, $p<.03$）。

正答率については，プライムの主効果が有意に認められた（$F(3,15)=9.97$, $p<.001$）。視野の主効果に関して，右視野優位の傾向がみられた（$F(1,17)=3.80$, $p<.07$）。

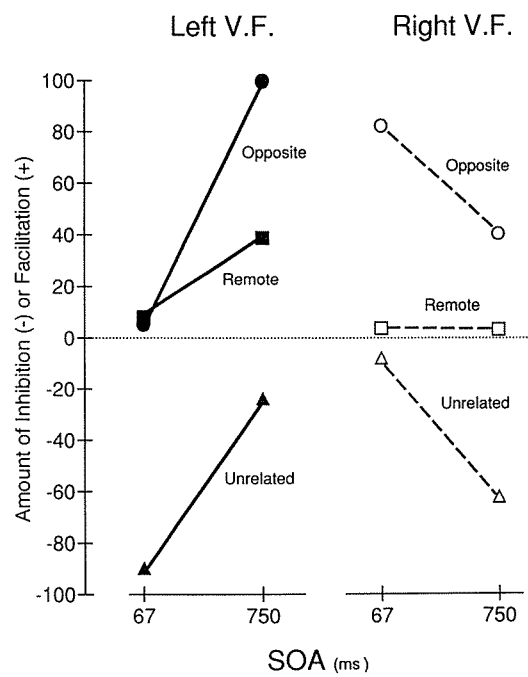

図2 Mean inhibition or facilitation of opposite, remotely associated, and unrelated words at 67 and 750ms SOAs for the left and right visual fields

III 考　　察

本研究では，平仮名表記語を刺激として，一

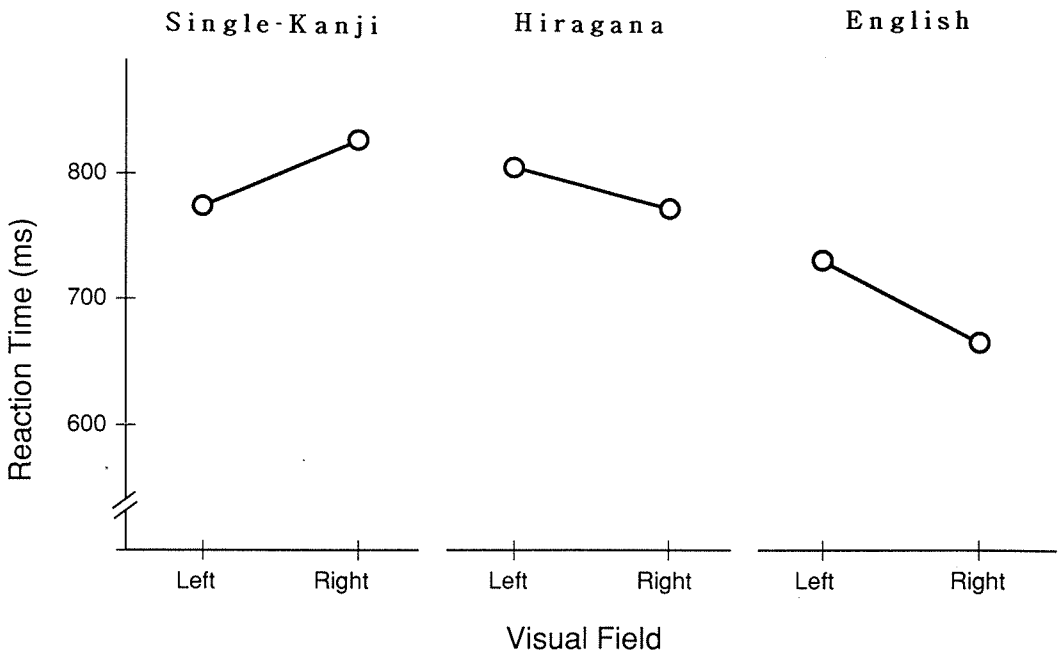

図3 Mean lexical decision latencies for each target on the neutral condition

側視野瞬間提示の意味プライミング実験を行った。その結果，意味ネットワークが自動活性化したのち，無関連語の活性化の抑制傾向が，これまでの英単語（Nakagawa, 1991）や漢字（Nakagawa, 1994）を用いた実験結果と一致して左半球のみに認められた。本結果は，競合しあう刺激の中から不必要なものを抑制し必要なものを選択していくという注意，anterior attention network の左半球への局在を支持し，さらにこの半球機能分化は，文字体系の違いに影響されないことをより明らかにした。

語彙検索における選択機能の左への局在は，一側半球損傷者での報告（右半球損傷者はたとえば反対語や同義語などの外延的な意味の関連性をより重視し，左半球損傷者は比喩的表現で用いられるような内包的な意味の関連性をより重視した（Brownell et al, 1984）など）と一致する。また近年の Beeman ら（1994）の正常者を対象とした実験結果も，左への注意の局在と矛盾するものではない。彼らはターゲットと弱く関連した（比較的意味的距離のある）語を3語プライムとして用い，右半球での意味ネットワークの活性化は左半球に比べて弱いがその広がりは大きいことを示唆した。

一方，視覚的処理に関して，全体的な反応時間については，本実験では優位な左半球優位の結果となった。比較検討のために，Nakagwa（1991, 1994）の結果とともに刺激別に中立条件での反応時間を示す（図3）。単漢字では右半球優位，英単語および平仮名表記語では左半球優位であり，それぞれの文字を用いたこれまでの一側視野提示実験の結果（Hatta, 1977, 1978；Sasanuma et al, 1977；Beaumont, 1982）と一致するものである。言葉の視覚的処理の過程では，文字体系により左右半球の重要性が異なると考えられるだろう。

仮名表記語を用いた本実験結果は英単語および2文字熟語による結果と同様に左半球優位を示した。これまで英単語および2文字熟語の結果は，PET を用いて人間の言語活動を局所脳血流量の変化としてとらえる activation study の報告を参考に考察してきた。すなわち，正常成人を対象とした実験で，Petersen et al（1990）は，英単語や英語のつづりの規則に従った疑似語の視覚提示によって左後頭葉腹側部の賦活を報告している。また櫻井ら（1992）

は，2文字熟語の音読課題において，左優位の側頭葉後下部の賦活を認めている。これらの部位には，学習された単語の形態的特性の存在が示唆されており，このシステムの局在ゆえに，英単語および2文字熟語の語彙判断課題で左半球優位の結果となったと考察した（Nakagawa, 1991, 1994）。

では，今回の仮名表記語についてはどうだろうか？ 櫻井ら（1993）は，さらに無意味仮名文字列と仮名単語について activation study を行っている。賦活領域における平均局所脳血流の変化を比較検討したところ，後頭葉内側面・外側面では無意味仮名文字列，仮名単語ともほとんど差がなかったが，側頭葉後下部では特に左において仮名単語がより多くの血流増加を示した。この結果に関して，彼らは以下のような2つの推論を述べている。まず，仮名単語の意味的属性が側頭葉後下部をさらに左優位に賦活させたという可能性，次に，仮名単語が語全体としていわば Gestalt 的に認知されたために，それが血流増加の差となって現われたという可能性である。この問題については，刺激語の仮名表記の熟知性を検討することが有効であるかもしれない。ある単語が通常はどの表記で表記されているかという表記の熟知性は，単語の処理にかなりの影響をあたえることが報告されている（Sasanuma et al, 1988；杉島ら，1993）。したがって，櫻井ら（1993）の報告が刺激語として仮名表記の熟知性が高いものを用いた結果であるとするならば，左側後頭葉後下部での血流増加が学習された単語の形態的な処理と関わっている可能性がより高くなるといえるだろう。

本実験で用いた刺激語については，表記の熟知性は考慮しなかった。プライム，ターゲットとして，漢字実験（Nakagawa, 1994）の刺激を仮名表記したものを用いた。したがって，本実験の刺激語は，通常は漢字表記されているものであり，仮名表記の熟知性はそれほど高くはないと言える。今回このような刺激語を用いた結果，視覚的処理において左半球優位となった。これについて，仮名表記の熟知性はそれほど高くなくとも，語そのものの熟知性が高く，しかも仮名表記にそれほど違和感はなかったために，語として形態的に処理されたという可能性が考えられる。これに対し，仮名文字が逐次的に処理されたという可能性もあり，この場合は音韻的符号化による処理がかかわっていると考えられるだろう（笹沼，1987）。つまり本実験では，仮名表記語について，行動観察のレベルでは英単語，2文字熟語と同様に左半球優位の結果であったが，これらの表記の脳内での処理のされ方については推測の域を出ない。

本研究では認知神経科学的アプローチによって，仮名表記語の認知過程を検討してきた。認知神経科学的アプローチはヒトの高次精神過程を構造と機能の両面からモデル化していくことを目指すものであり，臨床的アプローチとは相互補完的な関係にあるといえるだろう。PET を用いてヒトの認知，言語活動を局所脳血流の変化としてとらえることが可能になってから，欧米ではとくにさかんに行われているアプローチである（Posner & Raichle, 1994）。現在この立場から，内外で読みのモデルと大脳の神経回路網の対応が試みられており，漢字，仮名の認知過程については国際的にも関心が高まっている。したがって，大脳の普遍的なモデルを目指す立場から，漢字，仮名の認知を検討していく必要性は大きいと思われる。近年，語の視覚的処理に関して，左右大脳半球の各々が語の形態的要素の違った側面に関与しているという報告もあり（Marsolek et al, 1992），漢字，仮名の認知についても，今後の認知神経科学的なアプローチの集積に期待したいところである。

謝辞：実験の実施にあたって技術的援助をいただきました名古屋市立保育短期大学鋤柄増根助教授，また御校閲いただきました金沢医科大学神経精神科鳥居方策教授に厚くお礼申し上げます。

本研究は平成5年度文部省科学研究費奨励研究A（課題番号05851012）ならびに平成5年度金沢医科大学特別奨励研究費の補助を受けた。

文　献

1）Beaumont JG：Studies with verbal stimuli.

In Divided Visual Field Studies of Cerebral Organization. ed by Beaumont JG, Academic Press, NY, 1982, pp. 57-86
2) Beeman M, Friedman RB,Grafman J et al : Summation priming and coarse semantic coding in the right hemisphere. J Cog Neurosci 6 ; 26-45, 1994
3) Brownell HH, Potter HH, Michelow D et al : Sensitivity to lexical denotation and connotation in brain-damaged patients : a double dissociation? Brain and Language 22 ; 253-265, 1984
4) Bryden MP : Laterality : Functional Asymmetry in the Intact Brain. Academic Press, NY, 1982
5) Burgess C, Simpson GB : Cerebral hemispheric mechanisms in the retrieval of ambiguous word meanings. Brain and Language 33 ; 86-104, 1988
6) Chiarello C : Interpretation of word meanings by the cerebral hemispheres : One is not enough. In The Psychology of Word Meanings, ed by Schwanenflugel P, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1991, pp. 251-278
7) Collins AM, Loftus EF : A spreading activation theory of semantic processing. Psychol Rev 82 ; 407-428, 1975
8) Hatta T : Recognition of Japanese Kanji in the left and right visual fields. Neuropsychol 15 ; 685-688, 1977
9) Hatta T : Recognition of Japanese Kanji and Hirakana in the left and right visual fields. Japan Psychol Research 20 ; 51-59, 1978
10) Marsolek C, Kosslyn SM, Squire LR : Form-specific visual priming in the right cerebral hemisphere. J Exp Psy : LMC 18 ; 492-508, 1992
11) Nakagawa A : Role of anterior and posterior attention networks in hemispheric asymmetries during lexical decisions. J Cog Neurosci 3 ; 313-321, 1991
12) 中川敦子：脳・認知システムとしての注意――語彙検索における注意を中心に――. 脳と精神の医学 4 ; 467-476, 1993
13) Nakagawa A : Visual and semantic processing in reading Kanji. J Exp Psychol : HPP 20 ; 864-875, 1994
14) Petersen SE, Fox PT, Snyder AZ et al : Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. Science 249 ; 1041-1044, 1990
15) Posner MI, Snyder CRR : Facilitation and inhibition in the processing of signals. In Attention and Performance V, ed by Rabbitt PMA, Dornic S, Academic Pr, 1975, pp. 669-681
16) Posner MI : Structures and functions of selective attention. In Master Lectures in Clinical Neuropsychology and Brain Function : Research, Measurement, and Practice, ed by Boll T, Bryant B, Am Psych Assoc, 1988, pp. 173-202
17) Posner MI, Raichle ME : Images of Mind. Scientific American Library, New York, 1994
18) 櫻井靖久，百瀬敏光，岩田誠ら：漢字および仮名文字の読字過程――PETによる activation study――. 神経心理 8 ; 176-181, 1992
19) 櫻井靖久，百瀬敏光，岩田誠ら：PET による仮名文字の意味処理過程の検討. 神経心理 9 ; 202-208, 1993
20) Sasanuma S, Itoh M, Mori K : Tashistoscopic recognition of Kana and Kanji words. Neuropsychol 15 ; 547-553, 1977
21) 笹沼澄子：補稿；脳損傷に起因する読みの障害. 読むということ，認知科学選書5，東京大学出版会，東京，1987
22) Sasanuma S, Sakuma N, Tatsumi I : Lexical access of Kana words and words in Kana. Ann Bull Rilp 22 ; 117-123, 1988
23) 杉島一郎，浮田潤，皆川直凡ら：日本語の表記頻度が語の音読潜時と再認記憶に及ぼす影響. 人文論究 43 ; 71-82, 1993
24) 山鳥重：漢字仮名問題と大脳半球の左右差. 神経進歩 24 ; 556-564, 1980

Laterality during lexical decisions of words in hiragana

Atsuko Nakagawa

Dept. of Neuropsychiatry, Kanazawa Medical University

The pattern of semantic priming in English (Nakagawa, 1991) was replicated with the Kanji characters (Nakagwa, 1994). The current study extends the methodology to the study of words in Hiragana. In written Japanese, Kanji characters are nonphonetic graphic symbols for lexical morphemes and Hiragana characters are phonetic symbols for syllables.

In this study, a single priming word is followed after a short (67 ms) or long (750 ms) prime to target delays by a target Hiragana string which may either be a word or a nonsense string. The prime-target relationships were opposite (strong association), remote association, unrelated and neutral. The target is presented lateralized to the left or right of fixation and is presented so briefly that its direct projections are to one hemisphere. The subjects respond by pressing a key whether the target is a word or not. Previous studies with this method have shown that priming by semantically related word lowers reaction time (facilitation) over a neutral condition while priming with an unrelated word raises reaction time (inhibition).

The pattern of laterality of semantic coding found for English was replicated with Hiragana. That is, visual word targets presented directly to the left hemisphere showed an early facilitation and a late developing inhibition. On the other hand, targets presented to the right hemisphere showed a late developing facilitation of both strongly and distantly related words. While English, Kanji and Hiragana showed similar semantic patterns there was a general advantage for the left hemisphere with Hiragana and English and no such advantage for single Kanji characters. It is believed that this reflects differences in visual processing between the Kanji and Hiragana.