

日本語の音韻組立処理を検討するための心理実験法¹

河原純一郎・玉岡賀津雄²・丸石正治³・村中博幸³

(2003年9月20日受理)

An experimental paradigm for the processing of phonological assembly in the Japanese language

Jun-ichiro Kawahara, Katsuo Tamaoka², Masaharu Maruishi³, and Hiroyuki Muranaka³

The present study investigated phonological assembly in the Japanese language. Twenty-eight native Japanese speakers were presented with CVCVCV-structured words and nonwords in hiragana. Participants were asked to make lexical decisions for 25 words and 25 nonwords. In the assembly condition, meaningful words were anagrammed so that participants had to assemble apparently nonsensical morae into a meaningful unit in order to make a lexical decision. The reaction times for the assembly condition were substantially slower (a difference of 1770 ms) than those for the control condition. This result suggests that phonological assembly for three hiragana morae is involved in identifying meaningful words from the Japanese lexicon.

Key words: phonological assembly, the Japanese language, lexical decision task

キーワード: 音韻組立, 日本語, 語彙判断課題

導 入

日本語を母語とする話者が発話する際に、日本語母語話者は、いかに語順の自由な日本語の単語 (Tamaoka, Sakai, Kawahara & Miyaoka, 2003; Tamaoka, Sakai, Kawahara, Lim & Miyaoka, 2003) を意味のある順序に並べているのだろうか。またこのとき、脳はどのように働くのだろうか。さらにまた、それらの基本となる語彙処理における音韻組立 (phonological assembly) に関わる脳部位はこれまでに十分に研究されておらず検

討の余地がある。しかし、音韻組立に関わる脳活動を測定する前に、機能的脳活動測定に転用可能な、音韻組立を行動指標で確認するための方法を開発しておく必要がある。そこで本研究では、心理実験によって日本語の音韻組立を示す方法を開発することを目的とした。

組立型の音韻処理では、通常は漢字で書かれる“水”を“ミズ”とカタカナで視覚的に提示すると、単語の視覚的イメージが壊れるため書字的表象の活性化が起こりにくくなる。その結果、片仮名から拍への音韻転換が行われると考えられる (日本語の音韻処理については、Tamaoka & Murata, 2001; Tamaoka & Terao, in pressなどを参照)。この場合、すぐに /mizu/ という音韻的表象が活性化されるので、無意味語の“ムズ”などに比べると速く発音に達すると考えられる。一方、“ミズ”を逆から表記した“ズミ”を意味のある単語とするには、通常の読みの左側からではなく、右側からの読みによって /mizu/ を見出さなくてはならない。ここで、音韻操作が必要となる。仮に、左からの読みで片仮名表記の有意義語の語彙性判断を行うとすれば、“ミズ”なら簡単な音韻操作で“水”の音韻的表象を活性化することができるであろうが、“ズミ”では、

¹この研究は平成13年度広島大学 文・理ジョイントプロジェクト 意識を支える心の諸機能の視覚化：記憶・言語・注意・身体感覚と脳活動 (研究代表者 宮谷真人) の助成を受けた。

²広島大学留学生センター International Student Center, Hiroshima University

³広島県立身体障害者リハビリテーションセンター Division of Rehabilitation Medicine, Hiroshima Prefectural Rehabilitation Center

左からの /zu/ と /mi/ の組立で失敗した後に、右から /mi/ と /zu/ を組み立てて音韻操作を行うことによって音韻的表象の活性化が起こるので、より長い時間を要すると想定される。さらに、3拍の片仮名単語の場合には音韻操作に要する時間はもっと長くなり、その結果、音韻処理のための認知負荷が高くなると考えられる。

この音韻処理を測定するための方法を fMRI での脳活動測定事態の実験で用いることによって、音韻処理が実際に特定の脳部位（たとえばブロードマンの45野、BA45）で行われているか否かを調べることが可能になるだろう。その前段階として、まず心理実験によって音韻処理現象を観察する。すなわち、実際に“ミズ”と“ズミ”の語彙判断に要する時間を測定して、両者に違いがあることを確認しておく。その上で、音韻操作の度合いを変えることによって、その操作に対応した音韻処理に関わる部位が fMRI で判断できると考える。本研究では、このような方法論の基礎となる心理実験を行った。具体的には、音韻組立の処理を確認するために、CVCVCV（Cは子音、Vは母音）の3拍条件で心理実験（語彙性判断課題）を行った。

実験

音韻組立の処理過程が存在するのならば、日本語の単語にはない音韻配列の刺激に対する処理は、音韻組立の強い介入を必要とするため、語彙性判断課題に際して、日本語にある単語と同じ音韻配列の刺激よりも長い時間を要することが予測される。そこで、2種類の課題を行った。第1は、左から読んで日本語にある単語となる刺激に対して肯定判断を行うという通常の語彙性判断課題である。第2は、左から、あるいは右から読んで日本語にある単語となる刺激に対して、肯定反応を行うという語彙性判断課題である。本実験は、この2種類の課題を用いて、音韻組立の処理過程が観察されるかどうかを調べた。

方法

被験者 女性22名と男性6名の合計28名の大学生及び大学院生が実験に参加した。平均年齢は23歳1ヶ月であった。最高年齢は29歳0ヶ月、最少年齢は21歳1カ月であり、標準偏差は2歳5ヶ月であった。視力は矯正を含め、正常であった。

刺激 刺激語として CVCVCV 構造をもつ平仮名3文字からなる有意味語50語と無意味語50語を用いた。有意味語としては、左から読んで意味をなす通常の語彙判断（正順条件）と、音韻の配列を組換えとき

に意味をなす語彙判断（入換条件）の2つの条件を設定した。1被験者が2つの条件で試行した。

例えば、有意味語の正順条件の場合、“ほたる”は左から読んで意味をなすので肯定反応となり、“かりぜ”は左から読んで意味をなさないの否定反応となる。この有意味語の正順条件については、そのまま左から読む場合にのみ日本語にある単語となり、入れ換えて読んだ場合には単語として意味をなさない刺激を選定した。入換条件では、そのまま左から読んで意味をなすか、あるいは組み換えて意味をなす場合に肯定反応となるため、“ほたる”の平仮名の音韻配列を変えた“るほた”も肯定反応となる。以上のような正順条件を25語、入換条件を25語選定した。一方、無意味語の50語は、3つの平仮名の順序をどのように組み換えても日本語にある単語にならないものとした。

要因計画 1人の被験者が、正順条件と入換条件の実験を個別ブロックで行った。その際、被験者と刺激とが2つの条件で2度重ならないようにクロスカウンターさせるために、まず左から読んで意味をなす有意味語と無意味語を半分にして、25語ずつの2つのリストを作成した。さらに、これら2つのリストにおける有意味語の平仮名の音韻配列を変えた条件を作成した。従って、同じ有意味語および無意味語を同一の被験者が2回見ることはなかった。また、被験者28名を半分の14名ずつに分けて、異なる刺激リストで実験を行い、50語の有意味語がすべて両肯定条件になるようにした。入換条件では、すべての肯定反応が入れ換えた有意味語条件であることを隠すために、左からの音韻配列で意味をなす平仮名3文字からなる刺激を6つダミー条件として加えた。

装置 刺激の呈示および反応時間の測定は、コンピュータ（Toshiba J-3100 プラズマ・ディスプレイ）を用いて行った。フォントサイズは、5mm × 7mm であった。

手続き 28名の被験者は個別に実験を行った。本実験の正順条件では、コンピュータの画面中央に呈示される刺激に対して、それがそのまま左から読んだときに意味を持つ単語であるか否かをできるだけ速く正確に判断するという語彙性判断課題であった。被験者は呈示された3文字の平仮名が意味を持つ単語か否かをキーを押して判断した。入換条件では、左からだけでなく、右から読んでも、意味のある単語となれば、正しいと判断するように指示した。これも、左右いずれかから読んで意味が成り立てばよいという語彙性判断である。条件ごとに、12刺激からなる練習を行ってから本試行に入った。まず、凝視点の“*”を600ms呈示したすぐ後に、刺激を被験者が反応するまで呈示

した。刺激の呈示順序はランダムに行った。

結果

誤判断は反応時間の分析から除外した。さらに正反応の中でも、各被験者の有意味語と無意味語それぞれの反応時間の平均から、標準偏差で±2.5の境界値から外れたものは、この境界値で置き換えてから分析した。全被験者の平均を示したものが表1である。

否定反応は、左から読んで日本語にある単語であると判断する場合（正順条件）と、平仮名の音韻配列を組換えて日本語にある単語であると判断する場合（入換条件）とでは、同じ否定反応刺激であっても、異なる処理がなされると考えられる。すなわち、これらの条件で、無意味語の反応時間および誤答率には異なる成分が含まれると考えられる。従って、ここでは2つの実験条件および有意味語と無意味語を分析対象とした。具体的には、2（課題条件：正順、入換）×2（語彙の有意性：有意味語、無意味語）の二元配置による繰り返し分散分析を、反応時間と誤答率について別々に行った。また、分析は被験者平均と刺激項目の平均で行った。

表1. 実験1の語彙判断における反応時間と誤答率

測定尺度	正順条件		入換条件		
	肯定判断	否定判断	肯定判断	否定判断	
平均	632	664	2530	2305	
標準偏差	84	134	1598	1098	
誤答率(%)	平均	14.29%	2.43%	33.29%	5.57%

反応時間の分析 被験者分析 [$F_1(1, 27)=78.57, p<.001$]でも、刺激項目分析 [$F_2(1, 48)=1374.65, p<.001$]でも、正順条件の反応時間は入換条件の反応時間よりも有意に短かった。有意味語と無意味語の主効果は被験者分析では有意ではなかった [$F_1(1, 27)=0.35, n.s.$]。しかし、刺激項目の分析では有意味語の反応時間が、無意味語より有意に短かった [$F_2(1, 48)=101.46, p<.001$]。また、両変数（課題条件、語彙の有意性）の交互作用も、被験者分析では有意ではなかったが [$F_1(1, 27)=0.59, n.s.$]、刺激項目分析では有意であった [$F_2(1, 48)=129.84, p<.001$]。

誤答率の分析 被験者分析 [$F_1(1, 27)=64.54, p<.001$]および刺激項目分析 [$F_2(1, 48)=8.17, p<.001$]で、二つの条件の主効果が有意であった。有意味語と無意味語の主効果も被験者分析 [$F_1(1, 27)=121.56, p<.001$]および刺激項目分析 [$F_2(1, 48)=32.47, p<.001$]で有意であった。両変数の交互作用は、被験者分析では有意であった [$F_1(1, 27)=18.31, p<.001$]が、刺激項目

分析では有意ではなかった [$F_2(1, 48)=1.44, n.s.$]。誤答率は、入換条件の肯定判断で非常に高かった。

考察

有意味語と無意味語をあわせた正順条件 ($M=648$)と入換条件 ($M=2,418$)では、被験者平均からの算出では、全体の平均で1770msの差がある。また、誤答率は入換条件の肯定判断で非常に高かった。この結果には、呈示された3つの平仮名の音韻配列を組み換えて日本語にある単語を見つけ出す課題達成のプロセスが起因していると考えられる。特に誤答率に関しては、3つの平仮名の音韻配列を組み換えるプロセスは時間を要するために、すべての組み合わせを十分に吟味することなく判断してしまうことが原因として考えられる。したがって、本実験では、音韻組立処理現象の存在が確認されたと言える。

さらに刺激項目分析で異なった有意差がみられたのは、カウンターバランスを取るために反応時間の項目平均を全体の28名の半分である14名ずつで計算しているため、条件間の違いや、肯定・否定反応の違いが顕著に出たものと考えられる。

本研究で用いた方法を脳機能部位測定に転用することによって、正順と入換条件の違いを生み出す音韻組立遂行中脳機能部位の同定が可能になると考えられる。その場合には、被験者に課された処理は、“二重経路カスケード型モデル (dual-rota cascaded model)” (M. Coltheart & Rastle, K., 1994; Rastle & M. Coltheart, 2000)における“組立型音韻処理”に相当すると考えられる立場をとる。その理由は、書辞的表象の中に記憶された単語の視覚的イメージがカタカナ呈示によって壊された刺激は、無意味語と同様に音素、拍、音節などの小さなユニットを組み立てて処理がなされると考えられるためである。また、Rodriguez-Fornells, Rotte, Heinze, Nosselt & Munte (2002)は、バイリンガルを被験者とした研究の中で、M. Coltheartの二重経路カスケード型モデルにおける組立型音韻処理の脳機能部位が、BA45に相当すると主張している。したがって、言語機能そのものに関与していると考えられているブローカ野、特にBA45において音韻配列の組み換えに伴う脳機能部位の活性化が見られると考えられる。Rodriguez-Fornells et al. (2002)は、スペイン語のモノリンガルとスペイン語とカタルニャ語のバイリンガルを被験者とした研究で、バイリンガルの被験者が、スペイン語で処理している際に、カタルニャ語の干渉を回避するために、M. Coltheartら (M. Coltheart, 1985, 1987; M. Coltheart & Rastle,

K., 1994; M. Coltheart, Davelaar, Jonasson, & Besner, 1977; M. Coltheart, Besner, Jonasson & Davelaar, 1979; Kay, Lesser, & M. Coltheart, 1992; Rastle & M. Coltheart, 2000) の主張する二重経路モデルの音韻組立処理によって、単語の意味的なアクセスが行われる前に排除してしまうと主張した(よくわからない)。そして、fMRI の研究によって、ブローカ野の特に BA45 で、その音韻組立処理が行われている可能性を示唆した。したがって、今後の研究では、二重経路モデルで示されている音韻組立処理が、実際に BA45 野で機能しているかどうかを、音韻処理を要求する語彙判断実験および fMRI 計測の組み合わせで直接検討する必要があるだろう。本研究はそのうち前半部分を確かめたことになり、その結果、語彙判断実験では音韻的な操作が課題達成に強く影響していることが示された。後半部分に関する測定は適切な課題の困難度設定を慎重に行う必要が示唆されている(河原・玉岡, 2003)。fMRI による計測事態では、標的とする脳部位に十分な負荷がかかる事態を設ける必要があるだろう。この点は今後さらなる検討を要すると思われる。

【引用文献】

- Coltheart, M. (1985). Cognitive neuropsychology and the study of reading. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*, Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.3-37.
- Coltheart, M. (1987). Functional architecture of the language-processing system. In M. Coltheart, G. Sartori & R. Job (Eds.), *The cognitive neuropsychology of language*, Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.1-25.
- Coltheart, M., & Rastle, K. (1994). Serial processing in reading aloud: Evidence for dual-route models of reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, Pp.1197-1211.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. T., & Besner, D. (1977). Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance IV*, Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.535-555.
- Coltheart, M., Besner, D., Jonasson, J. T., & Davelaar, E. (1979). Phonological encoding in the lexical decision task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, Pp.489-507.
- Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1992). Psycholinguistic assessments of language processing in aphasia. Hove, England: Lawrence Erlbaum Associates.
- 河原純一郎・玉岡賀津雄 (2003). 日本語の音韻組立処理に関わる脳機能部位同定の試み 広島大学文理ジョイントプロジェクト 意識を支える心の諸機能の視覚化: 記憶・言語・注意・身体感覚と脳活動 平成13年度報告書.
- Rastle, K., & Coltheart, M. (2000). Lexical and non-lexical print-to-sound translation of disyllabic words and nonwords. *Journal of Memory and Language*, 42, Pp.342-364.
- Rodriguez-Fornells, A., Rotte, M., Heinze, H., Nosselt, T. & Munte, T. (2002). Brain potential and functional MRI evidence for how to handle two languages with one brain. *Nature*, 415, Pp.1026-1029.
- Tamaoka, K., & Murata, T. (2001). OCP effects on Japanese phonological processing. *音韻研究*, 4, Pp.119-126.
- Tamaoka, K., & Terao, Y. (in press). Are Mora and Syllable Units Mutually Exclusive?: An Investigation by the Naming Task of Visually-presented Japanese Nonwords. *Applied Psycholinguistics*.
- Tamaoka, K., Sakai, H., Kawahara, J., & Miyaoka, Y. (2003). The effects of phrase-length order and scrambling in the processing of visually-presented Japanese sentences. *Journal of Psycholinguistic Research*, 32, Pp.431-454.
- Tamaoka, K., Sakai, H., Kawahara, J., Lim, H., & Miyaoka, Y. (2003). Priority information used for the processing of Japanese sentences: Thematic roles, case particles or grammatical functions. *Tokyo Conference on Psycholinguistics 2003*, March Pp.14-15, 2003, Keio University, Japan.