

日本語母音の音声ハイエラキ

——母音を初頭音とする3拍構成の無意味語の命名課題からの考察——*

広島大学 玉岡 賀津雄

九州工業大学 村田 忠男**

問題と目的

音声学には、「ソノリティ」(sonority)または「聞こえ」と呼ばれる概念がある。これは、音声に固有の強度を意味している。これまで、音声的強度を序列化して、「ソノリティ・ハイエラキ」(sonority hierarchy)を構築しようとする試みが続けられてきた。本研究は、まずその試みを検討して、それらのソノリティ理論が、音韻処理における「心理的現実」(psychological reality)と一致するかどうかを検討する。

生成音韻論では、音声の強弱差を認め、ソノリティ・ハイエラキを利用してきた(例えば、Kiparsky, 1979; Selkirk, 1984; Haraguchi, 1984など)。Selkirk (1984)によると、最も音声的強度の強い母音が/a/で、これを10点と定めている。次に/e/と/o/が9点、/i/と/u/が8点で、ハイエラキの上位はまず母音が占める。さらに、子音の/r/が7点、/l/が6点と続き、最も弱い無声閉鎖音が/p/, /t/, /k/の0.5点として、序列を設けている。ソノリティ・ハイエラキから母音だけを取り出して配列してみると、a>e>o>i=uとなる。

また、窪菌(1998)は、この順序を次のように説明している。まず、/a/は、「母音の中の母音」と言われるように、最も口が開いた状態で作り出される母音である。

また、自然言語に最もよく見られる母音であり、どの言語でも幼児が初めに発音できるようになる音でもある。また、重症の失語症患者においても最後まで発音することのできる音である。逆に、/i/と/u/は、最も口を閉じて舌の位置が高い状態で発せられた音あり、高舌母音といわれる。これら三つの母音は、口の中の「母音空間」(vowel space)において、お互いに離れた位置にあり、区別しやすい母音である。

しかし、Selkirk (1984)や窪菌(1998)等のハイエラキの設定法には疑問が残る。確かに、開口度に基づいた序列は、一般的に受け入れられやすい方法である。しかし、同じ開口度で前舌と後舌になった場合に、何を根拠に判定するのであろうか。また、鼻腔や声門などが関係する音声と開口度をどう関連づけるのかについても、その説明が不充分である。

発達的な母音の獲得過程を理論的に序列化した研究がある。小泉(1980)および窪菌(1998)は、Jakobson(1968)の主張する子供の母音体系を紹介している。母音空間において、低舌の/a/から、前舌高の/i/へ、さらに後舌高の/u/へ、もしくは低舌の/a/から、/i/を経て、そして前舌中の/e/へと母音の習得が進んでいくという。

日本人乳児の音声の獲得過程を観察した研究(大久保, 1984)によると、母音/a/から始まって、/u/と/e/, そして/i/と/o/へと母音の獲得が進んでいくと報告されている。

いずれの場合でも、集約母音/a/と拡散母音の/u/や/i/が対比する枠組み、即ち母音空間が描くような対比を形

* The hierarchical structure of Japanese vowels: A naming task investigation of 3-mora non-words with initial vowel sounds

**TAMAOKA, Katsuo (Hiroshima University) and MURATA, Tadao (Kyushu Institute of Technology)

成するように母音獲得が進むという点では、獲得過程に若干の違いがみられるものの、Jakobson (1968) も大久保 (1984) も同じ獲得方向を示唆しているといえそうである。

さて、英語の 'tick-tack' や 'ding-dong', 日本語の 'ちらほら' や 'むしゃくしゃ' などのような前半部と後半部の多少異なるAB型のオノマトベとか重複形、さらには英語の 'this and that' や 'here and there' とか、日本語の '根も葉も' や 'することなすこと' のような慣用的に語順が定まったAB型の凍結句を分析していくと、前半部のAよりも後半部のBの方が、音声的に優越性の高い要素がくる (村田, 1984; Murata, 1990) という原則がある。例えば、英語の 'tick-tack' とか日本語の 'ちらほら' であれば、前半部と後半部を音声的に比較すると、後半部の 'tack' と 'ほら' の方が前半部の 'tick' と 'ちら' よりも音声的に優位性が高くなっている。つまり、後半部の/a/と/o/の方が前半部の/i/よりも音声的ソノリティあるいは音声的強度が強くなっていることが、言語心理学的な先行研究 (例えば、Cooper & Ross, 1975; Cutler & Cooper, 1978; Oden & Lopes, 1981; Pinker & Birdsong, 1979) でも実証されている。

こうしたオノマトベや凍結句に見られる音声原則を利用して、村田 (1984, 1992) は、日本語音声の強弱差を抽出した。その手続きとして、日本語に存在しないAB型の擬似オノマトベを作成し、日本語を母語とする1,191名の被験者を対象に質問紙調査を行った。たとえば、'ピラプラ' (AB型) と 'プラピラ' (BA型) のどちらの順序が「音声的に好ましいと直感的に思ったか」を、アンケート方式で選ばせた。後半部の方が音声的に優越性の高い要素であるというオノマトベの母音規則から、仮に、'ピラプラ'/pira pura/が自然であると感じる被験者が多ければ、後ろにくる母音の/u/の方が、母音の/i/よりも優越と判定する。逆に、'プラピラ'/pura pira/の方が音声的に好ましいと感じる被験者が多ければ、後ろにくる/i/が/u/よりも優越ということになる。その結果、日本語の母音について、o>a>e>u>iとい

う好ましさを序列を見出している。さらに村田 (1984, 1992, 1993) は、従来のソノリティ・ハイエラキがさまざまな問題を抱えていることを指摘し、ソノリティという用語の使用を避けて、この序列を「音声ハイエラキ」(sound hierarchy) と呼んでいる。

従来の生成音韻論等で利用されてきたソノリティ・ハイエラキと比べて、母音の音声ハイエラキは、次の3つの点で大きく異なっている。まず第1に、最も音声的強度が強いのが/a/ではなく/o/であるという点である。/o/は、従来の理論では、その音声的強度は中間に位置してきた。第2に、ソノリティ・ハイエラキでは、最もソノリティが弱いのは/i/または/u/とされてきたが、母音の音声ハイエラキでは、/i/が最も音声的強度が弱いと位置付けている。第3に、母音の音声ハイエラキの中間にある母音が、/a/と/e/と/u/であり、/e/以外は、ソノリティ・ハイエラキと異なっている。このように、擬似オノマトベの調査から得た母音の音声ハイエラキは、従来のソノリティ・ハイエラキの序列とは異なっている。

村田 (1984) は、母音の音声ハイエラキを、「日本語話者の心理的舌の位置関係ないしは音感を具現したもの」(村田, 1984, p.80) と捉えている。このような調査から得られた母音の音声ハイエラキをみると、母音の音韻処理の「心理的現実」と、生成音韻論や音声の獲得過程等で利用されているソノリティ・ハイエラキにはかなりの乖離があるのではないかと思われる。そこで、本研究では、「命名課題」(naming task) によって、日本語の5つの母音が、構音までに要する時間を測定することによって、「心理的現実」とソノリティ・ハイエラキが一致するか否かを検討することにした。

実験

音声的強度が母音の種類によって異なるとすれば、母音の種類によって、音韻処理の速度やその発音の誤答率に違いが生じてくるのではないかと思われる。そこで、3拍で構成される無意味語の2拍目と3拍目を統制

して、初頭音を日本語の5つの母音とする条件で、命名課題を行い、日本語の母音の発音に要する「命名潜時」(naming latencies)と発音の「誤答率」(error rates)を比較した。なお、本実験の分析結果の報告については、ソノリティ・ハイエラーキではなく、音声ハイエラーキという用語を使用する。

方法

被験者：女性14名（平均23歳2ヶ月）と男性7名（平均22歳3ヶ月）の合計21名の大学生が実験に参加した。全被験者21名の平均年齢は、22歳と10ヶ月である。

装置：コンピュータ（東芝J-3100GTプラグマ・ディスプレイ）を使って命名課題を行った。コンピュータの内臓タイマーは、デフォルトとして、BIOSの1秒当たりが18.2回の周波数（0.0549秒の精度）で設定されている。これでは、ミリ秒（ms）単位の測定はできない。BIOSの周波数の設定を、少なくとも毎秒928.2回の周波数に変えて、0.00107秒の精度を確保しなくてはならない。そこで、本研究では、パスカルで書かれたプログラム（玉岡，1994，p. 91-96のプログラムを参照）で、BIOSの周波数の設定を毎秒1,820回にして、0.00055秒の精度にした。

また、命名潜時の測定は、ボイス・キー（voice key）装置でタイマーのスイッチを切るようにプログラムした。これは、音声の音圧が一定のレベルを超えるとタイマーを止める装置である。しかし、音圧レベルは音声の種類によって異なっている。佐久間・伏見・辰巳（1997）は、測定誤差が生じることを指摘している。日本人の成人被験者10名による日本語の母音の平均測定誤差は、/a/が-16ms、/i/が-24ms、/u/が-16ms、/e/が-13ms、/o/が-17msである。測定誤差の範囲は、/i/と/e/で最も大きく、11msである。これは誤差としては微妙である。被験者の個人差もあるので、これが絶対的なボイス・キーの測定誤差であると定めることはできないが、本研究の結果を考察する際に、一応、考慮に入れた考察も加えておく。

刺激：表1の刺激一覧に示したように、3拍で構成される無意味語の初頭音が/a/、/i/、/u/、/e/、/o/の5種類の日本語の母音について、それぞれ20刺激ずつの合計100刺激を作成した。その際考慮しなくてはならないのは、拍の音韻構造が無意味語の命名のための音韻処理に影響するということである（玉岡・梁瀬・村田，投稿中）。したがって、2拍目と3拍目の音韻構造が命名潜時に影響しないように統制しなくてはならない。

その方法として、まず3拍で構成される無意味語は、初頭音が母音で始まり、2拍目と3拍目は、子音（C）と母音（V）の組み合わせが続くようにした。したがって、本研究で使用した刺激の音韻構造は、すべてVCVCVの3拍である。さらに、2拍目と3拍目で使用するCV構造の子音と母音の種類を統制した。表1から「あばみ」/a pa mi/の列を例に採ると、初頭音のVが/a/から/i/、/u/、/e/、/o/と5種類の母音に変化する。しかし、2拍目と3拍目の子音は/p/と/m/で変化させず、さらに2拍目の母音も/a/、3拍目も/i/とし、母音が常に同じになるようにした。この方法で、すべての可能な組み合わせ（ ${}_2P_5=10$ ）について、前後を入れ換えると、20種類の組み合わせができる。この20種類について、初頭音を5種類の母音に順次入れ換えていくと、表1のように100種類の刺激が完成する。この手続きによって、2拍目と3拍目とが常に同一となる。そのため3拍で構成される無意味語の命名課題によって、1拍目にくる5種類の母音を命名潜時と誤答率で比較できるはずである。

なお、日本語の5種類の母音を単音で提示した場合の命名潜時（玉岡・初塚，1997）については、平仮名提示条件で、/a/が426ms、/i/が422ms、/u/が423ms、/e/が436msで、/o/が421msであった。これらの母音には有意な主効果はなかった。したがって、母音の単音レベルでの命名には違いはない。

これらすべての刺激は、すべて平仮名で提示した。それにより、さまざまな実験でよく知られている視覚提示による書字形態の親近性からくる影響（例えば、Besner & Hildebrandt, 1987；林，1999；広瀬，1984；川上，

表1 本実験の刺激一覧

a→i		i→a	
あばみ	a pa mi	あちか	a ti ka
いばみ	i pa mi	いちか	i ti ka
うばみ	u pa mi	うちか	u ti ka
えばみ	e pa mi	えちか	e ti ka
おばみ	o pa mi	おちか	o ti ka

i→e		e→i	
あじせ	a zi se	あけし	a ke si
いじせ	i zi se	いけし	i ke si
うじせ	u zi se	うけし	u ke si
えじせ	e zi se	えけし	e ke si
おじせ	o zi se	おけし	o ke si

a→u		u→a	
あばぬ	a ba nu	あゆな	a yu na
いばぬ	i ba nu	いゆな	i yu na
うばぬ	u ba nu	うゆな	u yu na
えばぬ	e ba nu	えゆな	e yu na
おばぬ	o ba nu	おゆな	o yu na

i→o		o→i	
あびぼ	a bi po	あとひ	a to hi
いびぼ	i bi po	いとひ	i to hi
うびぼ	u bi po	うとひ	u to hi
えびぼ	e bi po	えとひ	e to hi
おびぼ	o bi po	おとひ	o to hi

a→e		e→a	
あやて	a ya te	あでら	a de ra
いやて	i ya te	いでら	i de ra
うやて	u ya te	うでら	u de ra
えやて	e ya te	えでら	e de ra
おやて	o ya te	おでら	o de ra

u→e		e→u	
あふぜ	a hu ze	あめつ	a me tu
いふぜ	i hu ze	いめつ	i me tu
うふぜ	u hu ze	うめつ	u me tu
えふぜ	e hu ze	えめつ	e me tu
おふぜ	o hu ze	おめつ	o me tu

a→o		o→a	
あらと	a ra to	あぞわ	a zo wa
いらと	i ra to	いぞわ	i zo wa
うらと	u ra to	うぞわ	u zo wa
えらと	e ra to	えぞわ	e zo wa
おらと	o ra to	おぞわ	o zo wa

u→o		o→u	
あすこ	a su ko	あろゆ	a ro yu
いすこ	i su ko	いろゆ	i ro yu
うすこ	u su ko	うろゆ	u ro yu
えすこ	e su ko	えろゆ	e ro yu
おすこ	o su ko	おろゆ	o ro yu

i→u		u→i	
あきつ	a ki tu	あぬび	a nu pi
いきつ	i ki tu	いぬび	i nu pi
うきつ	u ki tu	うぬび	u nu pi
えきつ	e ki tu	えぬび	e nu pi
おきつ	o ki tu	おぬび	o nu pi

e→o		o→e	
あてご	a te go	あこぺ	a ko pe
いてご	i te go	いこぺ	i ko pe
うてご	u te go	うこぺ	u ko pe
えてご	e te go	えこぺ	e ko pe
おてご	o te go	おこぺ	o ko pe

注: a→oなどの表記は、2拍目から3拍目への母音の変化を示す。

1993;玉岡・初塚・ケス・ボグダン, 1998;浮田・杉島・皆川・井上・賀集, 1996;横山, 1997) が避けられるであろう。また、平仮名の種類による影響も指摘されている(例えば、今井・福沢, 1980;佐久間・伏見・辰巳, 1997;玉岡・初塚, 1997) が、表1の刺激一覧からもわかるように、ある程度、類似した平仮名が使われているため、平仮名を構成する書字的・音韻的な影響も極

めて弱いと考えられる。

手続き: コンピュータのスクリーンの中央に、凝視点として「*」を600ms間提示した。その直後、同じ位置に刺激を提示して、被験者にできるだけ速く正確に声に出して発音するよう指示した。また、刺激はランダム提示とした。発音の正誤は実験者が判断して、各刺激ごとに入力した。また、本実験に入る前に、合計18語からなる

練習試行を行った。

分析結果

命名潜時は、正しく発音された項目のみを分析に使用した。さらに、被験者が正しく発音した刺激項目の平均から標準偏差で2.5以上またはそれ以下の命名潜時は、被験者の平均から標準偏差2.5で示された境界値で置き換えて分析した。各母音ごとの平均の命名潜時と誤答率は表2に示したとおりである。また、図1は、その結果を視覚的にわかりやすく示したものである。

表2 日本語の母音ごとの命名潜時および誤答率

Table 2 Naming latencies and error rates of Japanese vowels

母音の種類 Type of vowel	命名潜時 (ms) Naming latency	誤答率 (%) Error rates
/o/	588 (90)	9.7 (10.6)
/u/	574 (88)	6.0 (6.0)
/e/	569 (102)	8.8 (8.2)
/a/	567 (76)	4.8 (6.8)
/i/	542 (88)	3.6 (4.2)

注: 括弧内は標準偏差。

Note: Figures in parentheses are standard deviations of naming latencies.

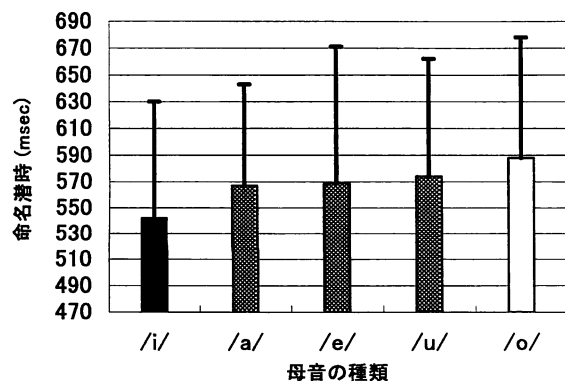


図1 3拍の無意味語の命名潜時における初頭母音の比較

命名潜時による比較

3拍の無意味語がコンピュータのスクリーンに視覚提示されてから発音に達するまでの時間を初頭音の5種類の母音で比較してみると、図1から明らかなように、最も命名潜時が長かったのが/o/であり、最も短かったのが/i/である。この間に、母語/u/と/e/と/a/が入っている。/o/と/i/の命名潜時には、46msの差がある。これら母音の種類による命名潜時の差を検討するために、日本語の5つの母音について、被験者をランダム変数とした場合の繰り返し分散分析を行った。その結果、母音の種類の主効果が有意であった [$F(4, 80) = 5.31$, $MSe = 1098.64$, $p < .005$]。つまり、母音の種類によって、命名潜時が異なっていることを示している。

より詳細に5種類の母音の初頭音による命名潜時の違いを検討するために、直行多項式対比で比較した。その結果、まず最も短い命名潜時を示した/i/と次に短かった/a/の間の25msが、すでに有意な差を示した [$F(1, 20) = 5.74$, $MSe = 2202.55$, $p < .05$]。当然、予想されることであるが、/i/と/e/の間の27msの違い [$F(1, 20) = 7.43$, $MSe = 1998.06$, $p < .05$]、/i/と/u/の間の32msの違い [$F(1, 20) = 11.54$, $MSe = 1844.35$, $p < .005$]、/i/と/o/の間の46msの差 [$F(1, 20) = 39.83$, $MSe = 1114.75$, $p < .0001$]もすべて有意であった。つまり、/i/は、最も発音に達しやすい日本語の母音であるといえよう。これは、ソノリティ・ハイエラーキが、閉口母音である/i/または/u/を音声的強度の弱い母音であるとしている点と、/i/については一致するものの、/u/は音声的強度の弱い母音とは言い難いことを示している。

次に、2番目に命名潜時の短かった/a/と残りの母音を比較すると、/a/と/e/の間は、わずかに2msの差である。これは、有意な差ではない。また、/a/と/u/の間もわずかに7msの差であり、これも有意な差ではない。/a/と最も命名潜時の長い/o/の間は、21msの差があり、これは有意である [$F(1, 20) = 4.59$, $MSe = 2203.26$, $p < .05$]。/a/と/o/の母音は、いずれも口を大きく開けて発

音される母音である。そのため、両者を同一の如くに扱うことも多いが、命名潜時から考察する限り、/a/と/o/には、大きな命名潜時の差が観察された。

さらに、3番目に命名潜時の短かった/e/と他の残りの母音についてはどうであろうか。/e/と/u/の命名潜時の差は、わずかに5msである。これは有意な差ではない。/e/と/o/には、19msの差があるが、これは有意な差である [F(1,20)=4.48, MSe=1763.47, $p<.05$]。4番目に命名潜時の短かった/u/と/o/の間は、14msの差である。これは、有意ではない。しかし、14msの差は、/a/と/e/と/u/の間の非常に短い命名潜時の違いに比べると、ある程度の隔たりがあると考えてもよいのではないだろうか。そうであれば、母音/o/が日本語の母音の中で発音までの時間が最も長くかかる音であるといえよう。

最後に、命名潜時について5種類の日本語の母音を全体的に比較すると、母音/i/が最も発音に達しやすく、/a/と/e/と/u/の3種類の母音は/i/よりも命名潜時が長いものの、互いに接近しており、ほぼ同じくらいの時間で発音に達するようである。母音/o/は、5種類の母音のうち、最も発音に達しにくい音である。従って、この実験の結果、命名潜時から見た日本語の母音の音声ハイエラーキは、/o/ > /u/ = /e/ = /a/ > /i/であると要約できよう。

本研究の命名潜時の測定には、ボイス・キーを使用した。佐久間・伏見・辰巳(1997)は、ボイス・キーの音圧が音声によって異なることを指摘し、その測定誤差を算出している。この数値が絶対的な測定誤差とは決められないが、佐久間等の示した測定誤差を考慮して、本研究の得られた5つの母音の命名潜時を比較してみる。測定誤差を差し引いた数値を挙げると、命名潜時の長い順に、/o/が571ms、/u/が558ms、/e/が556ms、/a/が551ms、/i/が518msである。命名潜時の長さによる母音の音声ハイエラーキの順序は変わらない。/u/、/e/、/a/の3つの母音は以前とおなじで7ms以内で類似している。/o/と/i/の差は、むしろ46msから53msに広がった。

したがって、ボイス・キーを使用することによる測定誤差は本研究の命名潜時の結果に影響していない。

誤答率による比較

音韻処理の指標として先に、命名潜時を使ったが、補助的な指標として、誤答率についても5種類の母音で比較した。各母音についての誤答率の平均および標準偏差は表2に示した通りである。また、図2は、誤答率の違いを視覚的に示したものである。

図2から明らかなように、3拍の無意味語を平仮名で視覚提示して最も迅速に発音に達した/i/が、誤答率が最も低かった。また、誤答率が最も高かったのは、発音までの時間の最も長かった/o/であった。そして、命名潜時と同様に、/i/と/o/の5.7%の差の間に/e/、/u/、/a/が入った。さらにこれら母音の種類による誤答率の差を検討するために、日本語の5つの母音について、被験者をランダム変数とした場合の繰り返し分散分析を行った。その結果、母音の種類の主効果が有意であった [F(4,80)=3.46, MSe=37.94, $p<.05$]。つまり、母音の種類によって、誤答率が異なってくることを示している。

さらに、5種類の母音についてより詳細な誤答率の違いを検討するために、直行多項式対比で比較した。その結果、まず誤答率が最も低かった/i/と次に低かった/a/

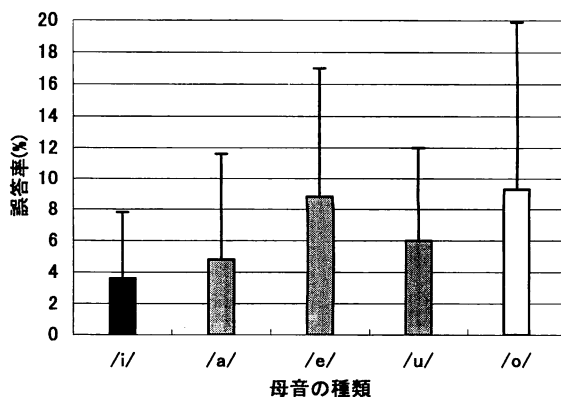


図2 3拍の無意味語の誤答率における初頭母音の比較

の間の1.2%の差, および/i/と/u/の間の2.4%の差は, 双方とも有意ではなかった。次に/i/と/e/の誤答率の5.2%の差 [F(1,20)=8.09, MSe=71.19, $p<.01$], および/i/と/o/の5.7%の差 [F(1,20)=5.15, MSe=133.21, $p<.05$] は有意であった。従って, 母音の/i/は, /e/および/o/と比べて, 3拍で構成される無意味語を発音する際, 誤りが有意に少ないことを示している。

/i/に次いで誤答率の低かったのは, 母音/a/であった。まず, /a/と/u/との誤答率の差である1.2%は有意ではなかった。しかし, /a/と/e/との誤答率の差である4.0% [F(1,20)=6.67, MSe=51.55, $p<.05$], また, /a/と/o/との誤答率の差である4.5% [F(1,20)=4.79, MSe=89.76, $p<.05$] は有意であった。したがって, /i/と同様に, /a/についても/e/と/o/よりも発音の誤りが有意に少ないといえよう。

3番目に誤答率の低かったのは, 母音/u/であった。しかし, /u/と/e/の2.8%の誤答率の差および/u/と/o/の3.3%の誤答率の差は, いずれも有意ではなかった。さらに, 4番目に誤答率の低かった/e/と最も誤答率の高かった/o/の間の0.5%の差は有意ではなかった。/e/と/o/の差は1%以下であり, ほぼ同じ程度の誤答率であった。

考 察

本研究は, すべてVCVCVの音韻構造を持つ3拍から構成される無意味語の刺激を使用した。それらの刺激の2拍目と3拍目の子音と母音のCV構造を統制し, 1拍目の初頭音である母音を変えた条件で, 命名潜時および発音の誤答率を測定した。2拍目と3拍目が統制されているため, 初頭音である母音の違いだけが無意味語の命名潜時および誤答率の違いとして観察されるはずである。この方法によって, 日本語の五つの母音を比較した結果, 生成音韻論(たとえば, Kiparsky, 1979; 窪 蘭, 1998; Selkirk, 1984; Haraguchi, 1984など)や発達の獲得過程(例えば, Jakobson, 1968; 大久保, 1984など)で利用されてきたソノリティ・ハイエラーキの母音の序列と

は大きく異なっており, むしろ, 擬似オノマトペを使った調査結果から得られた母音の音声ハイエラーキの序列(村田, 1984, 1992, 1993)とほぼ一致した。以下, 先行研究を踏まえながら, 本研究で明らかにした主要な点を示した。

(1) 音声的強度の最も強い母音

生成音韻論や発達のな母音獲得では, /a/が音声的強度の最も強い母音であるとされてきた。しかし, 本研究の命名潜時および誤答率は, 村田(1984, 1992)が, 母音の音声ハイエラーキで主張するように, /o/が最も音声的強度の強い母音であることを示した。

母音/o/は, 命名潜時が588msで最も長かった。もしも, 音声的強度の強い母音ほど, 発音までに要する時間が長いと仮定すれば, /o/が最も音声的強度の強い母音であるといえる。一方, /a/の命名潜時は567msであり, /u/の574ms, /e/の569msよりも, ほんのわずかではあるが速く発音に達している。/o/と比べるとその差はさらに大きく, /a/の方が21msも速く発音された。これは, 開口度に基づいて/a/が最も音声的強度が強いとか, あるいは, 幼児が初めに獲得する発音であるという根拠では説明できない結果である。

さらに, /o/の誤答率である9.7%は, /a/の4.8%よりも有意に高かった。音声的強度の強い母音を発音する方が, より大きいエネルギーを要すると仮定すれば, 五つの母音の中で, /o/が最も誤りやすい母音であるとも考えられる。誤答率の示す結果も, 村田(1984, 1992)の母音の音声ハイエラーキを支持している。

音声的強度が強いほど, 構音のための準備時間がより長くかかり, また発音の誤りも多くなると仮定した場合, 生成音韻論で「母音中の母音」とされる/a/が必ずしも, 日本語の母音の中で, 最も音声的強度の強い母音であるとはいえなくなる。むしろ, 命名潜時の長さおよび発音の誤答率から比較すると, 村田(1984, 1992)の母音の音声ハイエラーキで示しているように, /o/が最も音声的強度の強い母音であるといえよう。

(2) 音声的強度の最も弱い母音

生成音韻論および音声獲得過程では、口を閉じた高舌母音であることを理由に、/i/または/u/を最も音声的強度の弱い母音であるとしている。しかし、本研究の命名潜時および誤答率の結果は、村田（1984, 1992）が主張するように、/i/が最も音声的強度の弱い母音であることを示した。

表2の平均命名潜時から明らかなように、/i/は542msで、/u/は574msと、両母音には32msという有意な差があった。したがって、命名潜時をみる限り、/u/が音声的強度の弱い母音であると結論づけることは困難である。また、/i/と/u/が異なる命名潜時を示したことは、生成音韻論という閉口度とか母音空間（Kiparsky, 1979；窪蘭, 1998；Selkirk, 1984；Haraguchi, 1984など）によって、音声的強度を説明できないことを示している。

また、誤答率の分析結果も命名潜時の分析と表裏をなすが如く、/i/の誤答率は、わずかに3.6%であり、五つの母音の中で最も低かった。もしも、音声的強度が弱いものほど、発音が容易であり、誤って発音することも少ないと仮定すれば、/i/が最も音声的強度の弱い母音であるということになる。また、生成音韻論で音声的強度が弱いとされている/u/は、誤答率が6.0%で、/a/の4.8%よりも高い。誤答率をみても、/i/と/u/の両者が音声的強度の弱い母音であるとはできない。

以上のように、生成音韻論は、閉口音の/i/と/u/が、日本語の母音の中で最も音声的強度が弱い母音であるとしてきた。しかし、命名潜時および発音の誤答率から比較すると、村田（1984, 1992）の母音の音声ハイエラキが示すように、/i/のみが最も音声的強度の弱い母音であるといえよう。

(3) 母音の周波数特性と/o/と/i/の対照

本研究の結果および村田（1984, 1992）の母音の音声ハイエラキで対照を成している/o/と/i/は、音響学というフォルマント（formant）の対照関係とも、かなり類似しているようである。

音響学の研究（シュービゲル著、小泉訳、1996）では、

声道の共鳴特性を分析するために周波数を細かい帯域に区切って、その中のエネルギーの時間変化を描いている。これはサウンドスペクトロ・グラムまたは声紋と呼ばれている。それによると、エネルギーが集中しているところが黒く（または濃く）描かれる帯域が、声道で共鳴した周波数に対応している。これが、フォルマントである。第1および第2フォルマントの周波数を2次元空間で図（城生, 1992, p.39, 図4-6；日本音響学会, 1997, 図1-15, p.38；上村, 1989, p.1694, 図1）にしても、やはり/o/と/i/の距離が図の中で最も遠くなり、対照をなしている。

東京方言話者の成人男性6名の平均（藤崎・杉藤, 1977）のデータによると、第1フォルマントでは、/i/が310Hzで、/o/が490Hzであり似ているが、第2フォルマントでは大きく異なり、/i/が2050Hzであるのに対して、/o/が870Hzである。第2フォルマントの周波数領域は「音声通路により形成される共鳴室の長さ」（シュービゲル著、小泉訳、1996, p.53）によって決まるとされている。この第2フォルマントが/o/と/i/の音響学的な意味での顕著な特徴を形成している。ただし、藤崎・杉藤（1977）は、さらに4歳児から成人までの男女30名の東京方言話者により発音された日本語の5つの母音の第1および第2フォルマントの周波数を図にしている（藤崎・杉藤, 1977, p.73, 図7）。そして、/o/と/a/の母音にかなりの重なりがあることを指摘している。しかしそれを考慮しても、図を全体的にみると、やはり/i/と/o/の方が/i/と/a/よりも対照的であるように見える。

このように、母音の周波数特性を示したフォルマントでも、本研究および村田（1984, 1992）の研究結果と同様に、/o/と/i/とが対照をなしているようである。

(4) 母音の音声ハイエラキで中間に位置する母音

日本語の五つの母音を命名潜時と誤答率で比較した本研究は、最も音声的強度の強い母音と弱い母音において、従来のソノリティ・ハイエラキ（Kiparsky, 1979；窪蘭, 1998；Selkirk, 1984；Haraguchi, 1984など）と異なり、母音の音声ハイエラキ（村田, 1984, 1992）と同

様の結果を得た。当然のことながら、音声的強度の序列において中間に位置する母音も、同じことである。

命名潜時の図1および誤答率の図2からわかるように、本研究の結果では、音声的強度においては、/u/と/e/と/a/が五つの母音の中間に位置する。この点についても、村田(1984, 1992)の母音の音声ハイエラキーと同じである。一方、従来のソノリティ・ハイエラキーでは、/a/が最も音声的強度の強い母音あり、/i/または/u/が最も弱い母音であるため、これら/a/と/i/と/u/の母音が中間に位置することはなく、母音/e/と/o/が中間に位置する。ソノリティ・ハイエラキーと母音の音声ハイエラキーで一致しているのは、/e/の母音が序列の中間に位置することだけであった。

総括

本研究の命名潜時および誤答率による結果は、日本語母音の音声的強度を序列化した母音の音声ハイエラキーを支持するものであった。それでは、なぜ従来のソノリティ・ハイエラキーの主張と異なっていたのであろうか。

本文でも繰り返し言及してきたように、生成音韻論や発達の音声の獲得で説明される概念は、主として発音における構音状態を根拠として、ソノリティ・ハイエラキーを構成してきたようである。しかし、特定の母音を発音するための開口度や母音空間での舌の位置は、音声的強度、つまりソノリティを決める決定的要因ではなく、むしろ、構音に必要な口や舌の動き以前の心理的あるいは認知的な音韻処理の過程が、音声的強度を決めていると考えられる。

本研究の命名潜時は、コンピュータ画面に刺激が平仮名で提示されてから、発音までの時間を示している。もちろん、タイマーが切れるのは3拍で構成される無意味語の初頭音が発音されたからである。命名潜時が示すものは、平仮名から拍への「音韻的転換」(phonological conversion)を経て、音素の運動信号が舌や口に伝えられて発音に達するまでの認知的音韻処理の全体の所要時間である。また、本研究の誤答率は、発音された結果につい

て正確さを示したものである。したがって、命名に要する時間が長いほど、音声的強度が強く、また誤答率が高いほど、発音がしにくく音声的強度も強いという仮定のもとで、5つの母音を比較して、母音の音声ハイエラキーの序列をみいだした。これが、村田(1984, 1992)のAB型擬似オノマトベから導き出した母音の音声ハイエラキーとほぼ一致した。このように、本研究は、少なくとも日本語の母音に音声ハイエラキーが存在し、それが心理的・認知的な音韻処理過程を反映しているのではないかということを示唆した。

引用文献

- BESNER, D., & HILDEBRANDT, N. (1987). Orthographic and phonological codes in the oral reading of Japanese kana. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 335-343.
- COOPER, W.E., & ROSS, J.R. (1975). World order. In Chicago Linguistic Society (Ed.), *Notes from the parasession of functionalism*, 63-111.
- CUTLER, A., & COOPER, W.E. (1978). Phoneme-monitoring in the context of different phonetic sequences. *Journal of Phonetics*, 26, 221-225.
- 藤原博也・杉藤美代子(1977) 音声の物理的性質 岩波講座 日本語5 音韻, 岩波書店, pp. 63-106.
- HARAGUCHI, S. (1984). Some tonal and segmental effects of vowel height in Japanese. In M. Aronoff and R. T. Oehrle (Eds.), *Language sound structure*, Boston: MIT Press, pp. 145-156.
- 林龍平(1999) 日本語の単語認知における表記差効果 風間書房.
- 広瀬雄彦(1984) 漢字および仮名单語の意味的処理に及ぼす表記頻度の効果 心理学研究, 55, 173-176.
- 今井靖親・福沢周亮(1980) 「かな」の読み・書きに関する心理学的研究の展望 読書科学, 24, 77-98.
- JAKOBSON, R. (1968). *Child language, aphasia and phonological universals*. The Hague: Mouton.

- 城生佰太郎 (1992) 音声学, アポロン.
- 川上正浩 (1993) 仮名語の語い決定課題における表記の親近性と処理単位 心理学研究, 64, 235-239.
- KIPARSKY, P. (1979). Metrical structure Assignment is cyclic. *Linguistic inquiry*, 10, 421-441.
- 小泉保 (1980) 音韻の構造, 柴田武 (編), 講座言語第1巻 言語の構造, 大修館書店, pp. 45-83.
- 窪菌晴夫 (1998) 音声学・音韻論 くろしお出版
- 村田忠男 (1984) 人工オノマトペによる日本語音声ハイエラーキ 言語研究, 85, 68-90.
- MURATA, T. (1990). AB type onomatopoes and reduplications in English and Japanese. In *Linguistic Fiesta Festschrift for Professor Hisao Kakehi's Sixtieth Birthday*, Kuroshio Shuppan, pp. 257-272.
- 村田忠男 (1992) 音声ハイエラーキ, 音節及びモーラ 文部省重点領域研究「日本語音声における音律的特徴の実態とその教育に関する総合的研究」(E12班) 平成3年度研究成果報告書 日本語のモーラと音節構造に関する総合的研究(1), pp. 8-25.
- 村田忠男 (1993) 音節構造, 音声ハイエラーキ及び調音可能性の度合い 文部省重点領域研究「日本語音声における音律的特徴の実態とその教育に関する総合的研究」(E10班) 平成4年度研究成果報告書 日本語のモーラと音節構造に関する総合的研究(2), pp. 28-50.
- 日本音響学会 (1997) 音のなんでも小事典 講談社
- ODEN, G.C., & LOPES, L.L. (1981). Preference for order in freezes. *Linguistic Inquiry*, 12, 673-679.
- 大久保愛 (1984) 幼児言語の研究 一構文と語彙一 あゆみ出版.
- PINKER, S., & BIRDSONG, D. (1979). Speakers' sensitivity to rules of frozen word order. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 18, 497-508.
- 佐久間尚子・伏見貴夫・辰巳格 (1997) 音声波の視察による仮名の音読潜時の測定—音読潜時は語頭音の調音法により大きく異なる 神経心理学, 13, 126-136.
- SELKIRK, E. O. (1984). On the major class features and syllable theory. In M. Aronoff and R. T. Oehrle (Eds.), *Language sound structure* Boston: MIT Press, pp. 107-136.
- シュービゲル・M (Schubiger, M.) 著, 小泉保訳 (1996) 音声学入門 (新版7版) 大修館書店
- 玉岡賀津雄 (1994) 仮名と漢字による語彙処理のメカニズム—日本語学習者の学習歴と言語背景による影響, 松山大学総合研究所.
- 玉岡賀津雄, 初塚真喜子 (1997) 平仮名と片仮名の処理における感覚弁別および感覚識別機能 読書科学, 41, 15-28.
- 玉岡賀津雄, 初塚真喜子, ジョセフ・F・ケス, デビット・R・ボグダン (1998) ひらがな対カタカナ—語彙および擬似語の処理における表記の親近性効果, 読書科学, 42, 1-15.
- 玉岡賀津雄, 梁瀬祐史, 村田忠男 (投稿中) OCP (Obligatory Contour Principle) の認知的検証—無意味語の音韻処理における反復母音効果.
- 上村幸雄 (1989) 現代日本語 音韻, 言語学大辞典第2巻世界言語編 (中), 三省堂, pp. 1692-1716.
- 浮田潤, 杉島一郎, 皆川直凡, 井上道雄, 賀集寛 (1996) 日本語の表記形態に関する心理学的研究 心理学モノグラフ25 日本心理学会.
- 横山詔一 (1997) 表記と記憶 心理学モノグラフ26 日本心理学会.

SUMMARY

Based upon ‘vowel space’ and the opening of the mouth when vowels are pronounced, phonological theory (e.g., Jakobson 1968; Kiparsky, 1979; Koizumi, 1980; Kubozono, 1998; Selkirk, 1984; Haraguchi, 1984) suggests the ‘sonority hierarchy’ in which Japanese vowels are ordered from the strongest sonority of the vowel /a/ via /e/ and /o/ to the weakest vowels of /i/ and /u/. This order, however, conflicts with the ‘sound hierarchy’ of Japanese vowels (Murata, 1984, 1992) which focuses on vowel sound and proposes the strongest-to-weakest order of /o/, /a/, /e/, /u/ and /i/.

The AB-type of onomatopoes follows the phonological rule of vowel hierarchy which stipulates that a vowel in the second part ‘B’ is stronger in sonority than a vowel in the first part ‘A’ (e.g., Cutler & Cooper, 1978; Oden & Lopes, 1981; Pinker & Birdsong, 1979). Basing his approach on this rule, Murata (1984, 1992) asked 1,191 subjects to judge the preferred order of AB-type or BA-type pseudo-onomatopoeic expressions such as ‘ピラプラ’ /pira pura/ and its reverse order of ‘プラピラ’ /pura pira/. If a subject preferred the order of /pira pura/ against /pura pira/, the vowel /u/, which comes in the second part of the preferred pseudo-onomatopoeic expression, was judged to be stronger than /i/, which appears in the first part. Repeating this process, Murata found that the preferred vowel order was /o/ > /a/ > /e/ > /u/ > /i/. He termed this order ‘sound hierarchy’ to distinguish it from ‘sonority hierarchy’.

The difference in vowel order between ‘sonority hierarchy’ and ‘sound hierarchy’ might ultimately stem from the differing approaches taken by researchers when they investigated Japanese vowels. The ‘sonority hierarchy’ focused mainly on the physical action of sounding vowels, whereas the ‘sound hierarchy’ examined psychological or cognitive preferences regarding vowel sound strength. In order to clar-

ify the differences between the two proposals, the present study used a naming task to examine latencies and error rates for the five Japanese vowels.

All the stimulus items used in the naming task were phonologically constructed of VCVCV, as ‘V’ for vowel and ‘C’ for consonant. After controlling the second and third morae of CV, the initial mora was altered to incorporate each of the five Japanese vowels. Twenty-one native Japanese subjects were asked to pronounce all the 3-mora non-words listed in Table 1.

As shown in Table 2 of the present study, subjects took longest (588ms) to begin voicing the 3-mora non-words which started with /o/. Their latency time was briefest (542 ms) for words beginning with /i/. The error rates also provided the same result. The vowel /o/ (9.7%) showed the highest error rate while the vowel /i/ (3.6%) scored the lowest. If it is assumed that vowels which take longer to pronounce and which show higher error rates should be of stronger sound or sonority in terms of their phonological processing, the naming latencies in the present study suggest that the hierarchical order of the five Japanese vowels is /i/ < /a/ = /e/ = /u/ < /o/.

The hierarchical order of the Japanese vowels in the present study distinctly differed from the ‘sonority hierarchy’ but remarkably resembled the ‘sound hierarchy’ proposed by Murata (1984, 1990, 1992). The naming task and its measurements of naming latency and error rate reflect the cognitive processing of vowel phonology from visual presentation to sound output. Thus, the hierarchical order found in the present study, when taken with the previous claim of ‘sound hierarchy’, must suggest that the actual sounding structure, such as mouth opening, vowel space and tongue position, might differ from the psychological or cognitive perspective for Japanese vowels.