

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：34449

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26370467

研究課題名(和文) 音声知覚における摩擦性極周波数特性の影響に関する総合的研究

研究課題名(英文) A study of the the pole-frequency effect of the fricatives on the speech perception

研究代表者

松井 理直 (Matsui, Michinao)

大阪保健医療大学・大阪保健医療大学 保健医療学部・教授

研究者番号：00273714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：日本語において、摩擦音の特性は摩擦子音だけでなく、様々な音韻性に影響を与える。例えば、日本語の東京方言では、無声子音に挟まれた狭母音や語末にある狭母音がほぼ義務的に無声化を起す。この無声化母音については、母音が残存しているかそれとも脱落しているのかという点で多くの議論がなされてきた。本研究では、摩擦音に後続する無声化した狭母音の知覚が、摩擦成分が持つ極周波数遷移の特性によって決まり、また摩擦音の有声性判断は摩擦成分の極周波数遷移中における声帯振動の開始時間に依存することを心理実験および生理学的実験によって検証した。また、こうした音声過程が C/D モデルによって適切に説明できることを見た。

研究成果の概要(英文)：This research argues the following points: (1) the important perceptual cue discriminating between fricatives is the transition of pole frequency, (2) this transition motivates the morphological boundary as the ending point of the proper consonant, which means the starting point of the following vowel. If the pole frequency transition of fricatives is caused by the survival of the following vowel, the phonological boundary as the starting point of the vowel should exist in this long consonant. Moreover, when the periodic vibrations occurred after the estimated boundary point in the long fricative, the subjects recognized this fricative as a voiceless consonant regardless of the consonant with vocal fold vibration. This result provides a suggestion for the distribution with two peaks of VOT of voiced plosives; the command of vocal fold vibration is controlled on two different reference points. The model according to this explanation can simulate the distribution of VOT.

研究分野：言語学・音声学

キーワード：摩擦音 極周波数 無声化母音 VOT 双極性分布 エレクトロパラトグラフィ C/D モデル

### 1. 研究開始当初の背景

日本語音声の音源には、声帯音源と口腔内摩擦音源(スパイクノイズを含む)が考えられる。典型的には、声帯音源は有声音の音源であるのに対し、口腔内摩擦音源は無声音に必須の音源と見てよい。したがって、こうした音源の用いられ方は、日本語の母音無声化や VOT の分布といった現象に強い影響を与えていると考えられる。

例えば無声化について言えば、日本語の母音は、無声子音間等の環境下で無声化を起こすことが知られている。この現象について、前川(1989)や馬場(1998)は、その実体が先行する無声子音の延長であることを指摘している。一方、川上(1977)は「シ・チ」における母音無声化は無声子音の延長と考えられるが、「シュ・チュ」などの無声化母音には実体があり、無声化母音に2つのタイプがあると述べている。

また、無声子音についてはプラスの VOT 値が重要であることは言うまでもないが、一方の有声化について言えば、高田(2013)は日本語諸方言における語頭有声破裂音の VOT について興味深い現象を報告している。特に興味深いのが関西方言における語頭有声破裂音の VOT 分布で、マイナス VOT とプラス VOT の領域に、「双極性」の分布を描くという。言い換えれば、VOT がマイナス値から 0ms 付近に近づくにつれ、VOT の生起確率が減少するのである。こうした特性は、日本語音声における2種類の音源の用いられ方に、一定の規則性があることを示している。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究は、子音における摩擦成分(スパイクノイズを含む)の共鳴特性とその時間変化が、音声知覚に与える多様な影響について、総合的に研究することを目的とする。扱う現象は以下の通りである。

(A)日本語における2種類の無声化母音(母音の性質を持つか、単なる先行子音の延長か)。(B)子音の有声性に関する複合的な知覚の手がかり(VOT 分布の双極性)と、声帯制御のモデル化。(C)借用語における摩擦促音の非対称性をもたらす要因の解明と、借用語の促音挿入/抑制の理論化。本研究では、これらの現象を、摩擦成分の知覚様式によって統一的に説明することを目指す。

### 3. 研究の方法

まず、音響面から無声化を起こしたシュ音とス音・シ音などの違いをスペクトログラムによって分析を行った。また、こうした音響特性がどのような調音動態によってもたらされたものであるかを精査するため、エレクトロパラトグラフィ(EPG)による調音動態分析を行った。

調音動態測定には、WinEPG (Articulate Instruments Ltd.) を用いた。EPG の人工口

蓋床は山本氏により開発されたもので、話者間の比較ができる標準化された電極配置を持つ(歯茎2列、後部歯茎2列、硬口蓋3列、軟口蓋境界部1列;最前列6点、他は8点)。被験者は人工口蓋床に慣れた関西方言話者の男女1名ずつで、刺激語には第2モーラが無声化する3モーラの有意味語・無意味語を用いた。

### 4. 研究成果

音響面から無声化を起こしたシュ音とス音・シ音との違いを見た場合、摩擦成分の時間特性に顕著な違いが観察される。すなわち、無声化を起こした「す」「し」の摩擦成分が比較的安定して持続するのに対し、「しゅ」では時間と共に摩擦極周波数が低下するという極周波数遷移を伴う。これは、口腔の広さは母音として十分でないものの、ウ音の後舌性という性質が時間的に残存していることを示す。

この性質は、EPG の結果からも支持されるものであった。母音無声化を起こしたス音の音節前半部と後半部では、音節内の調音動態変化がほぼ観察されない。同様の現象は、シ音でも観察される。一方、無声化を起こしたシュ音は、後半部で調音動態の変化が観察され、前半部と比べると硬口蓋後部から軟口蓋にかけてウ音の性質が加わっていた。こうした調音動態の変化が、摩擦性遷移をもたらす母音の残存と考えられる。

重要なことは、これらの調音で口腔内の狭窄が強く、摩擦性を保っていることである。このことは、日本語に「摩擦母音」が存在し得ることを示している。

この摩擦母音という性質は、無声化した母音に限らず、有声摩擦子音に後続する狭母音の調音動態でも起こり得る。例えば、「崩す・外す」「指示詞・宇治市」におけるズ音・ジ音の調音動態を EPG で観察したところ、いずれも母音部で摩擦子音とほぼ同一の調音が持続しており、典型的な母音の調音ではない。日本語では有声摩擦音に後続する母音が脱落や無声化を起こさないことから、日本語には有声・無声のいずれの発声においても摩擦母音が存在すると考えるのが妥当である。

以上の音響情報と調音動態から日本語には母音の変異音として摩擦母音が存在することが明確となった。残る問題は、その実態は先行する無声子音を持つ摩擦成分とほぼ同様の性質を持っており、それが果たして知覚的に母音としての価値を持つのか、あるいは知覚的には子音の価値しか持たず、知覚的母音挿入によって母音が判断されるのかという点が明確ではところにある。この問題について、以下のような知覚実験を行った。

実験に用いた刺激は「オ+無声歯擦音」の音韻連鎖で、歯擦音の極周波数条件を様々に変化させたものである。被験者は言語聴覚士養成校で基本的な音声学の訓練を受けた

39名で、各刺激音について「ス・シ・シュ・その他」の強制選択を行わせ、

「その他」の場合には知覚した音声を発音記号で表記するよう指示した。実験の結果、な高周波域に中心的な極周波数成分を持つ摩擦音は「ス」に、摩擦極周波数成分が低くなれば「シ」に知覚されることが明らかとなった。さらに重要なことは、中心的な極周波数成分が低い場合に、摩擦成分が定常的である限り「シュ」には知覚されにくいこと、シュ音が「確実」に知覚されるためには、摩擦極周波数成分の下降遷移が必須であることが確認された。

こうしたシュ音における極周波数遷移部は摩擦子音に「後舌性の母音」が後続することを示す手がかりとなっており、後続母音の知覚を引き起こす知覚の手がかりになっていると見てよい。一方、ス音とシ音は定常的な摩擦成分のみで、後続母音を示唆する手がかりが欠落している。それにも関わらず、定常的な摩擦音自体が、子音の知覚と共に母音 /u/, /i/ の知覚も引き起こす。その理由として、以下の2つの仮説が考えられる。

- (a) 実体としての母音はないが、音響情報からボトムアップに「子音」が理解され、日本語の音素配列（促音を除き、子音には母音が後続）に関する知識がトップダウンに掛かって、知覚的母音挿入により母音が認識される。
- (b) 日本語の /u/, /i/ は、無声子音に後続する環境で「摩擦母音」という変異音を持つ。その実体はウ音の場合は極周波数成分が低い周波数帯域に存在しないものであるのに対し、イ音は2500Hz付近を中心とした低い周波数帯域に極周波数成分を持つものである。この極周波数成分の性質により、母音の知覚がボトムアップ処理として可能となる。

これらの仮説を検証するため、子音の持続時間が促音知覚の主要な手がかりであることを利用した知覚実験を行った。今、摩擦音の定常的な摩擦部だけを長くした音声が合った場合、仮説(a)では摩擦部が全て「摩擦子音」として処理されるため、長くなった摩擦部は「促音」として知覚されることになるはずである。一方、仮説(b)が正しいなら、摩擦部のある区間が「摩擦子音」として知覚され、残りが「摩擦母音」として処理される可能性があり、促音の知覚のみならず、長母音の知覚も起こり得るはずである。

実験条件として、「オシ・オシュー・オス」における [o] 音を120msで固定し、摩擦音の持続時間を180ms~360msまで20msずつ変化させ、また摩擦部の極周波数は遷移のない条件と終端部60msの間で600Hzの周波数遷移を持つものを設定した。反応は39名の被験者に対し、「オス・オッス・オスー・オシ・オッシ・オシー・オシュー・オッシュ・

オシュー」の中から強制選択を行わせた。

実験の結果、定常的な摩擦部を延長した刺激では促音知覚がほとんど生じず、摩擦部の延長は「オスー」「オシー」という長母音の知覚を引き起こすことが明らかとなった。一方、極周波数遷移を持つ条件では促音知覚が起こり、長母音の知覚はほとんど生じていなかった。この結果は、仮説(a)を棄却し、仮説(b)を支持するものである。また、極周波数遷移がある場合には、その遷移部が子音と母音の音韻境界の指標となっていることを示している。

音声知覚としてこの性質を考えるなら、以下のような過程が存在すると考えられる。まず、摩擦部の持続時間が長いことから、「重音節」の存在が理解される。日本語で重音節を形成する代表的な要因は撥音・促音・長母音であるが、この実験で用いた刺激には鼻音の手がかりとなる鼻音極や高周波域のアンチフォルマントが存在しないため、撥音の認識はブロックされる。また、促音の同定は子音持続時間の長いこと（重子音であること）が絶対条件であるが、摩擦部の極周波数遷移を持たない「ス音・シ音」は摩擦子音と摩擦母音が1つの音節構造として渾然一体となっており、子音の持続時間のみを取り出すことができない。したがって促音の認識も抑制され、結果的に長母音と判断される。一方、極周波数遷移が存在する「シュー音」では音節内部に摩擦極周波数遷移という母音開始境界の手がかりとなる音響特性が存在するため、摩擦子音の持続時間を検出することが可能となり、促音の知覚が引き起こされる。

すなわち、本研究で行った実験から、日本語の音声知覚において、短母音/長母音や短子音/重子音（促音）といった「認識」に先立ち、軽音節か重音節かという音節量の「知覚」が行われていることが示された。日本語の音節とモーラの関係は未だに議論の余地があるが、モーラが音節量と関わっている点は間違いない。その音節量の判断に、音声の持続時間が重要な役割を果たす。長音や促音の「認識」に持続時間が関与するの、重音節を「知覚」する手がかりの1つが持続時間であることが第一の要因であると考えられる。またこの議論は、借用語における語末ス音・シ音の促音抑制 (miss ミス/\*ミス, brush ブラシ/\*ブラッシ) と語末シュー音における促音生起 (dash ダッシュ/\*ダッシュ) という非対称的な現象とも整合性を持つことも指摘しておいてよいであろう。

以上の議論をまとめると、本研究から以下の性質が明確となった。まず、日本語の狭母音は摩擦母音という変異音を持つ。また、摩擦極周波数成分が、摩擦子音および摩擦母音の知覚の手がかりであり、さらに摩擦極成分の時間的遷移も音韻知覚に重要な影響を及ぼす。そして音韻性の認識に先立って、音節量の知覚が行われている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 19 件)

松井理直: 確率に基づく条件文理解に必要な可能世界の近接性判断. 日本認知科学会第30回全国大会論文集. 418--427. 2013.

松井理直: 歯擦音の有声性と無声化母音の知覚の手がかりについて. 第27回日本音声学会全国大会論文集. 35--40. 2013.

松井理直: 想定確信度の時系列的更新. 『神戸松蔭女子学院大学研究紀要 文学部篇』, 3, 41--61. 2014.

松井理直: 歯擦音の母音無声化・VOT 分布・促音挿入. 『神戸松蔭女子学院大学研究紀要 言語科学研究所篇 (TALKS)』, 16, 67--106. 2014.

Toshio Matsuura, Michinao F. Matsui: Where Lexical Distribution meets Phonetic Realization. *Proceedings of "GemCon 2015"*, 37-38. 2015 (University of Glasgow, NINJAL).

Michinao F. Matsui: On the effect of the fricative vowels in the adaptation of English voiceless fricatives in Japanese. *Proceedings of "International Conference of Phonetics and Phonology 2015 (ICPP2015)"*, 21-22. 2015 (Keio University, NINJAL).

松井理直: 知覚的挿入母音最高: 母音変異としての摩擦音. 日本認知科学会第32回全国大会論文集. 352--361. 2015.

松井理直: C/D モデルに基づく日本語無声化母音の分析に関する一考察. 第29回日本音声学会全国大会論文集. 170--175. 2015.

松井理直: 日本語の母音無声化に関する C/D モデルの入力情報について. 『音声研究』, Vol.19, No.2. 55--69. 2015. 8.

松井理直: C/D モデルにおける閉鎖要素と摩擦要素について. 『神戸松蔭女子学院大学研究紀要 言語科学研究所篇 (TALKS)』, 19, 57--100. 2016.3.

松井理直・川原繁人・Jason Shaw: EPG を用いた日本語歯茎促音の調音的特徴, 日本音声学会創立 90 周年記念大会講演論文集, 132-137, 2016.

松井理直: 日本語の歯茎摩擦音に後続するウ音について, 日本言語学会 153 回大会予稿集, 448-453, 2016.

松井理直: 日本語における音韻要素の内部構造, *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, 89-126, 2017.

松井理直: 日本語音声における調音の多様性について, 日本音響学会 2017 年春期研究発表会講演論文集, 1377-1380, 2017.

Kawahara S, Matsui M: Some aspects of Japanese consonant articulation: A preliminary EPG study, *ICU Working Papers in Linguistics(ICUWPL)*, 2, 9-20, 2017.8.

松井理直: 母音や摩擦音が後続する撥音の異音について. 日本音声学会全国大会予稿集, 200-205, 2017.9.

Matsui M: On the Input Information of the C/D model for Vowel Devoicing in Japanese, *Journal of the Phonetic Society of Japan*, 21(1), 127-140, 2017.9.

松井理直: エレクトロパトグラフィ (EPG) の基礎. 日本音響学会誌, 73(8), 491-498, 2018. 2.

松井理直: 日本語特殊拍音素の要素と構造について. *Theoretical and Applied Linguistics in Kobe Shoin*, 21, 105-150, 2018.3.

[学会発表](計 23 件)

松井理直: 有声促音知覚における促進的/抑制的手がかりに関する一考察. 「理論・構造研究系プロジェクト研究成果合同発表会」, 国立国語研究所. 2013.3. 2.

松井理直: 摩擦成分のフォルマント遷移が音韻知覚に与える諸影響. 近畿音声言

語研究会, 西宮市大学交流センター,  
2013.4.6.

松井理直: 音韻境界判断における摩擦性フォルマント遷移の影響. 関西音韻論研究会 (PAIK), 神戸大学. 2013.4.20.

松井理直: 摩擦性フォルマント遷移と無声化母音・障害音有声性・借用語摩擦促音の変異. 音声言語研究会. TKP大阪梅田ビジネスセンター, 2013.5.11.

松井理直: 無声化母音・障害音有声性の知覚の手がかりと摩擦促音の生起. 「日本語レキシコンの音韻特性」, 国立国語研究所, 2013.6.23.

松井理直: 有声障害音の VOT 分布に関するモデル化と考察. 関西音韻論研究会 (PAIK), 神戸大学, 2013.10.5.

Michinao F. Matsui: On the Perceptual Cue of Devoiced Vowels and Voicedness of Obstruents. ICPP3, National Institute for Japanese Language and Linguistics, 2013.12.21.

松井理直: VOT 分布のシミュレーションに関する予備的研究. 「レキシコン・フェスタ」, 国立国語研究所, 2014.2.1.

松井理直: 摩擦母音と音節性: C/D モデルから見た母音無声化. 「日本語音声コミュニケーションのこれまでとこれから」, 神戸大学, 2015.3.21.

松井理直: 摩擦音に後続する狭母音の性質と母音無声化について. 「理論・構造研究系プロジェクト研究成果発表会」, 国立国語研究所. 2015.4.11.

松井理直: 歯茎摩擦音に後続する母音の無声化と C/D モデル. 関西音韻論研究会 (PAIK), 神戸大学. 2015.4.18.

松井理直: 日本語の摩擦母音について. 近畿音声言語研究会, 関西学院大学梅田サテライトキャンパス, 2015.6.6.

Michinao F. Matsui: On the effect of the fricative vowels in the adaptation of English voiceless fricatives in Japanese. ICPP2015, Keio University, 2015.9.25.

松井理直: 日本語母語話者による音響的に存在しない母音の知覚. 日本心理学会第79回全国大会, 名古屋国際会議場, 2

015.9.22.

松井理直: 無声摩擦音の特性と摩擦母音-知覚的挿入母音の再検討-. 関西言語学会, 神戸大学国際文化学研究, 2015.6.14.

松井理直: C/D モデルに基づく日本語無声化母音に関する一考察, 日本音声学会秋期大会, 神戸大学, 2015.10.3.

松井理直: C/D モデルから見た素性の不完全指定について. 関西音韻論研究会 (PAIK), 神戸大学. 2016.2.6.

松井理直: 調音動態から見た日本語歯茎摩擦音の特異性, 関西音韻論研究会, 神戸大学, 2016.9.3

松井理直・川原繁人・Jason Shaw: EPG を用いた日本語歯茎促音の調音的特徴, 日本音声学会, 早稲田大学早稲田キャンパス, 2016.9.18

松井理直: EPG が音声学にもたらす新たな知見, 第3回 EPG 研究会, 朝日レントゲン関東営業所, 2016.10.2

松井理直: 日本語の歯茎摩擦音に後続するウ音について, 日本言語学会 153 回大会, 福岡大学, 2016.12.4

松井理直: 日本語音声における調音の多様性について, 日本音響学会 2017 年春期研究発表会, 明治大学生田キャンパス, 2017.3.17

松井理直: 撥音の同化と音節性について, Phonological Association in Kansai, 神戸大学, 2017.7.22 .

〔図書〕(計2件)

松井理直(分担執筆): 現代音韻論の動向—日本音韻論学会 20 周年記念論文集, 208-211, 開拓社, 2016.9.

松井理直(分担執筆): 音韻研究の新展開—窪園晴夫教授還暦記念論文集, 231-248, 開拓社, 2017.3.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:

権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

松井理直 (MATSUI, Michinao)  
大阪保健医療大学・大学院保健医療学研究  
科・教授  
研究者番号：00273714

(2) 研究分担者：なし  
( )

研究者番号：

(3) 研究協力者：なし  
( )