



## Kobe Shoin Women's University Repository

Title	摩擦子音の知覚における極周波数遷移と VOT の影響 The Interaction between Pole Frequency Transition and VOT on the Perception of Fricatives
Author(s)	松井 理直 (Michinao F. MATSUI)
Citation	神戸松蔭女子学院大学研究紀要文学部篇 Journal of the Faculty of Letters, Kobe Shoin Women's University, No.2 : 19-34
Issue Date	2013
Resource Type	Bulletin Paper / 紀要論文
Resource Version	
URL	
Right	
Additional Information	

# 摩擦子音の知覚における極周波数遷移と VOT の影響

松井 理直

神戸松蔭女子学院大学言語科学研究所・大阪保健医療大学

**Author's E-mail Address:** matsui[at]sils.shoin.ac.jp

**Author's web site:** <http://sils.shoin.ac.jp/~matsui/>

---

## The Interaction between Pole Frequency Transition and VOT on the Perception of Fricatives

Michinao F. MATSUI

Kobe Shoin Institute for Linguistic Sciences

### Abstract

本稿は、借用語の無声摩擦促音に見られる非対称性に関与する物理条件を明確にし、それが音韻知識と音声実現のフィードバックループの中でどのように機能しているかを議論したものである。結論として、摩擦成分に含まれる極周波数遷移の重要性を実験によって検証し、それが音韻境界の手がかりとなることを主張する。

Retention of phonological (phonemic) contrast in the source language is the most fundamental factor in the asymmetrical phenomenon of geminate voiceless fricatives [s:] ([ss]) and [ç:] ([çç]) in Japanese loanword. Though phonetic (acoustical) factor also has an powerful impact on this asymmetry, occurrence of the acoustical condition which is related to perception of geminate fricatives results from the retention of the phonemic contrast. This paper defines the substance of this acoustical condition and proposes the feedback loop between phonological knowledge and phonetic representations.

キーワード：摩擦音、極周波数、遷移、音声立ち上がり時間、促音

Key Words: Fricatives, Pole Frequency, Transition, Voice Onset Time, Geminates

## 1. 序論

日本語の摩擦音は、音声知覚の観点からいくつかの興味深い性質を持つ。例えば、日本語の無声化母音は、基本的に無声摩擦音がその音声学的な実態であり、母音としての音響情報を失っているが、知覚上は母音が認識される。また、英語からの借用語においては、原語の語末に無声摩擦音 [ɸ] である場合には非常に高い確率で「ダッシュ」「キャッシュ」のように促音化が生起するが、語末子音が無声摩擦音 [s] であった場合には「キス」「ミス」のように促音挿入が起こらないことが多い。次節で述べるように、松井 (2012) はこの2つの現象には共通の要因があり、それが摩擦音に存在するフォルマント遷移（この用語は誤解を招きやすいため、本稿では極周波数遷移という用語を用いる）の有無であることを指摘した。

本論文は、この摩擦音の遷移が促音知覚以外の音声知覚、具体的には知覚的補間母音や有声摩擦音／無声摩擦音の違いにも関与していることを実験的に確認したものである。

## 2. 摩擦音の極周波数遷移に関する先行研究

### 2.1 借用語における促音の挿入

日本語の借用語では、日本語の音節構造が持つ制約に束縛されて生じる母音挿入と共に、促音の挿入が観察される。促音挿入を引き起こす最も典型的な子音は、(1) に示すように、原語で抑止母音 (checked vowel) に後続し、語末の coda 子音となる無声破裂音・無声破擦音・無声摩擦音である。

- |     |    |     |              |   |                             |
|-----|----|-----|--------------|---|-----------------------------|
| (1) | a. | p#  | lip [lɪp]    | → | [.ɾip̚ːːp̚ːːɯ.] ([ɾip̚ːːɯ]) |
|     | b. | t#  | mitt [mit]   | → | [.mit̚ːːto.] ([mit̚ːːo])    |
|     | c. | k#  | pick [pɪk]   | → | [.pik̚ːːku.] ([pik̚ːːɯ])    |
|     | d. | tʃ# | pitch [pɪtʃ] | → | [.pit̚ːːtʃi.] ([pit̚ːːçi])  |
|     | e. | ts# | Mets [mɛts]  | → | [.met̚ːːtsu.] ([met̚ːːsu])  |
|     | f. | ʃ#  | mash [mæʃ]   | → | [.mʲaɕ̚ːːɯ.] ([mʲaɕ̚ːːɯ])   |

### 2.2 促音挿入の抑制

しかし興味深いことに、(1) に類似した環境で、促音挿入が可能と思われる条件であるにも関わらず、促音の挿入が阻止されてしまう現象が存在する。その最も代表的な事例は、有声阻害音の促音生起が抑制であろう。例えば、(1) と同様に抑止母音に後続し、語末の coda を占める阻害音であっても、それが有声子音である場合には促音化が阻止されることがあり、(2) に示すように、促音挿入について揺れを持つ。

- (2) a. b# nob [nob] → [.no.buu.] / \* [.nob<sup>ˀ</sup>.buu.]  
 snob [snob] → [.suu.nob<sup>ˀ</sup>.buu.]
- b. d# ad [æd] → [.a.do.] / \* [.ad<sup>ˀ</sup>.do.]  
 bed [bɛd] → [.bed<sup>ˀ</sup>.do.]
- c. g# mag [mæg] → [.ma.guu.] / \* [.mag<sup>ˀ</sup>.guu.]  
 dog [dɔg] → [.dog<sup>ˀ</sup>.guu.]

これについては、日本語が有声促音を阻止する制約を持っており、和語や漢語といった語彙層で基本的に有声子音の促音が許されないことが、借用語にも影響しているためであろう。Kuroda (1965) が分析したように、和語では撥音と促音が後続子音の有声性に対応して相補分布を成す。そのため、仮に借用語で有声子音の促音が生じた場合でも、その促音という性質を強く維持した場合には、「ベッド」「ドッグ」がしばしば [bet<sup>ˀ</sup>.to], [dok<sup>ˀ</sup>.kuu] と発音されるように、表層の音声実現形が基底形の有声性を失い、無声子音に変化することも珍しくない。

また、長母音・二重母音の後に促音が生じないという現象も存在するが、これも有声阻害音の促音抑制と同様に和語・漢語なども含めた日本語全体が持つ音韻的性質に由来するものである。

- (3) a. p# leap [li:p] → [ .ri:.puu.] / \* [.ri:p<sup>ˀ</sup>.puu.]  
 lip [lip] → [ .rip<sup>ˀ</sup>.puu.]
- b. t# meat [mi:t] → [ .mi:.to.] / \* [.mi:t<sup>ˀ</sup>.to.]  
 mitt [mit] → [ .mit<sup>ˀ</sup>.to.]
- c. k# peak [pi:k] → [ .pi:.kuu.] / \* [.pi:k<sup>ˀ</sup>.kuu.]  
 pick [pik] → [ .pik<sup>ˀ</sup>.kuu.]

しかし、借用語の促音阻止には、こうした日本語全体の音韻特性からは説明のつかない奇妙な現象も観察される。例えば、(1f) と良いコントラストを成す例として、以下のような借用語が挙げられよう。

- (4) a. s# miss [mis] → [ .mi:.suu.] / \* [.mis<sup>ˀ</sup>.suu.]
- b. f# puff [pʌf] → [ .pa.ɸuu.] / \* [.paɸ<sup>ˀ</sup>.ɸuu.]

このうち、(4b) については、日本語でハ行子音の促音は抑制されるという一般的性質が関与しているという説明も考えられよう。しかし、(4a) については、和語であれ漢語であれ「あっさり」「まっすぐ」「喫茶」のように [s] 音の促音化が可能であることから見て、和語・漢語を含む日本語全体の音韻制約によって抑制された現象とはいえない。

工藤・窪蘭 (2008) は、借用語の [s] 音と [ç] 音における促音生起の非対称性が、これらの音の促音知覚に必要な時間長の違いに起因するという仮説を提案した。すなわち、[ç] のほうが [s] よりも短い持続時間であっても促音と判断することができ、[ç] の促音知覚がより容易であるため、それが借用語に影響を与えて、[s] の促音よりも [ç] の促音のほうが起こりやすくなるのであろうという仮説である。この仮説に基づいて、竹安 (2009) は [s] と [ç] に関する促音知覚の容易度を実験的に検証した。彼の実験デザインは、「pabaS」という音声単語刺激および「これは pabaS といいます」という音声文刺激について、「S」の部分における摩擦成分の周波数特性を [ç] から [s] まで連続的に変化させ、無声摩擦成分の周波数帯域と促音知覚に必要な持続時間の相互作用について検証するというものである。実験の結果、工藤・窪蘭 (2008) の仮説通り、いずれの場合も [ç] のほうが [s] よりも促音知覚に要する持続時間が若干短く、[ç] のほうがより促音に知覚されやすいという結果が見出され、またその効果が音声環境の影響を受けることも確認された。

しかし、竹安 (2009) の結果を、借用語の無声摩擦音における促音生起の非対称性に即座に結びつけることは難しいように思われる。彼の実験結果を見ると、[ç] と [s] における促音知覚率の違いは最も差の出る条件であっても 10% を少し超える僅かなものであった。また、彼の実験結果では、単語刺激「PabaS」に対する促音知覚率はどのような音響条件であっても 40% を超えておらず、「これは PabaS といいます」という「と」が後続する文刺激であっても 70% を超えていない。しかし、借用語における [s] 音と [ç] 音の促音生起率は質的な違いを持っており、語末の coda 子音という環境に限定すれば、前者の促音生起率がほぼ 0% であるのに対し、後者の促音生起率はほぼ 100% となる。竹安 (2009) の実験結果からは、この質的な違いを明確に説明することができない。

### 2.3 摩擦音に含まれる極周波数遷移の影響

松井 (2012) は、竹安 (2009) の実験と同様に摩擦子音で終わる [Rebos] ~ [Reboç] を用い、[s] と [ç] の促音知覚に関する知覚実験を行っている。刺激音は Klatt 型のフォルマントシンセサイザーで合成され、刺激末尾の摩擦成分については (5) に示す 9 条件を設定された。調音上は、S1 は歯茎の部分で極めて強い狭窄が起こっている [s] 音であり、S9 に近づくほど、狭窄点は徐々に後方に移ると共に、徐々に強い円唇性を持つ発音に相当する。したがって、S9 は日本語の [ç] よりも音色の暗い英語の [ç] 音に近い摩擦音となる。

#### (5) 摩擦成分の極周波数条件：

刺激番号	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
極周波数 1	6000	5550	5100	4650	4200	3750	3300	2850	2400
極周波数 2	7200	6700	6200	5700	5200	4700	4200	3700	3200
極周波数 3	8100	7650	7200	6750	6300	5850	5400	4950	4500
極周波数 4	9600	9150	8700	8250	7800	7350	6900	6450	6000

松井（2012）の実験条件が竹安（2009）の実験と異なる点は、摩擦音の音響条件が時間的に定常的なものと共に、(5)の S7, S8, S9 に対し、語末摩擦音の最終 30msec の部分に下降する極周波数遷移を付加した条件 S7', S8', S9' が設定されている点にある。図 1 に、日本語のシャ行子音に近い特性を持つ S5 の [reboꜱ], 英語の sh に近い特性を持つ S8 の [reboꜱ], および極周波数遷移を持つ S8' の [reboꜱ] の音響特性を示す。一番右のパネルで○を付けた部分が摩擦成分に付与された極周波数遷移であり、「シュ」の発音に生じる調音点の後方移動に対応する特性である。

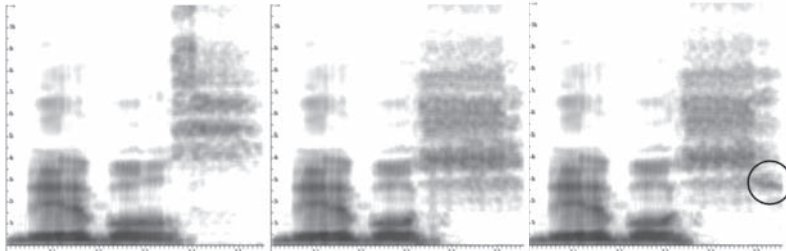


図 1：刺激音 [reboꜱ] の音響特性（右：S5 中：S8 左 S8'）

図 2 に定常的な摩擦音に対する促音判の結果を、図 3 に極周波数遷移を持つ摩擦子音に対する促音判断の結果を示す。極周波数遷移を持たない定常的な刺激を使った結果（図 2）と比較した時、極周波数遷移が存在刺激音の結果（図 3）では促音知覚が 100% に達する点に注意されたい。

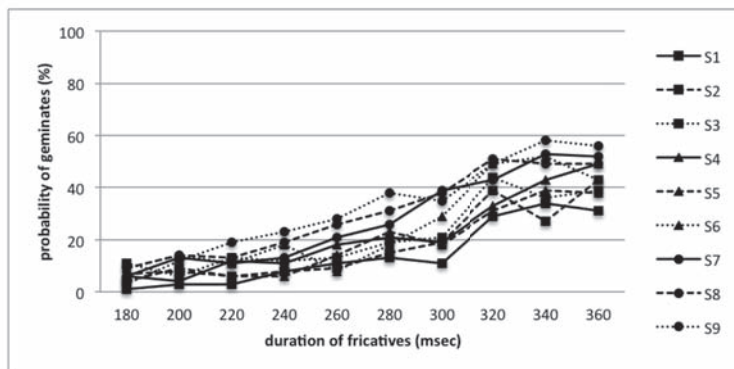


図 2：定常的な摩擦子音に対する促音判断率

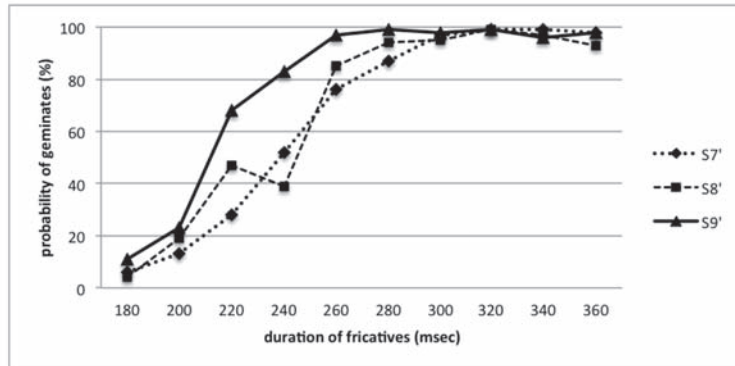


図3：極周波数遷移を持つ摩擦子音で刺激が終わっている場合

松井（2012）の実験報告でもう一つ重要な点は、摩擦音の後に生じる「知覚的補間母音」の違いにある。この実験で使われた刺激音では、摩擦音に後続する母音の音響特性が存在していない。この場合、日本語の音節構造の要請から言っても、子音の後に音響的には存在しない母音が「心理的に」補間される。この心理的な挿入母音も、促音挿入と同様に極周波数遷移の影響を受けるといえる。定常的な摩擦音で終わっている刺激音では、[s]の後で母音の /u/ が、[ç]の後では母音の /i/ が知覚されるのに対し、極周波数遷移を持つ [ç] では /u/ 音が知覚されるようである。

定常的な [ç] と極周波数遷移を持つ [ç] の間で、知覚される母音が異なる点は興味深い。Otaki (2011) の調査によると、[ç] 音に関しては、「ブラシ／ブラッシュ」「ラデシ／ラデッシュ」のように、挿入母音が /i/ 音である時には促音挿入が抑制され、挿入母音が /u/ 音である場合には促音挿入が促進されるという。これは、フォルマント遷移を持つ [ç] では促音知覚が起りやすく、かつ /u/ 音が知覚され、定常的な [ç] では促音知覚が抑制され、また /i/ 音が知覚されるという現象と並行的である。

しかし、松井（2012）では、極周波数遷移が知覚される母音に影響を及ぼす条件 — 例えば、フォルマント遷移の開始周波数が重要なのか、終了周波数が重要なのか、あるいはフォルマント遷移の傾斜を持つ微分係数が重要なのか — といった点が明確ではない。次節では、まずこの点を実験によって確認する。

### 3. フォルマント遷移に基づく母音推定

#### 3.1 実験条件

実験課題として、無声摩擦音で終わる刺激音に対し、摩擦音後の母音がどのように推定されるかという点について検討を行った。実験手法は以下の通りである。まず、刺激音には [oc] を用い、被験者には最後の音が「シュ」か「シ」のいずれであったかを選択するよう指示を行っ

た。刺激音の音響特性は、母音 [o] の持続時間を 120msec とし、後続する摩擦成分については以下の条件を設定した。

- (6) a. 摩擦部の持続時間を 160msec とする。
- b. 摩擦部は定常的な性質を持つか、あるいは後半部 60msec の部分で極周波数遷移を持つ。
- c. 極周波数遷移を持つ場合、開始部を 1600Hz～3200Hz まで 200Hz 刻みで変化させる。
- d. 極周波数遷移の終端部は、開始部周波数と同一（遷移なし）のものから、1200Hz まで 200Hz 刻みで変化をつける。
- e. 摩擦部における極周波数の最低値は極周波数遷移開始周波数に一致させる。

刺激音の例を 4 つ示す。左から 最低極周波数が 2400Hz で定常的なもの、極周波数遷移が 2400Hz から 1800Hz に下降するもの、最低極周波数が 2000Hz で定常的なもの、極周波数遷移が 2000Hz から 1400Hz に下降するもののスペクトログラムである。刺激音の数が膨大になるため、実験手法には上下法を採用し、被験者の負担低減を図った。

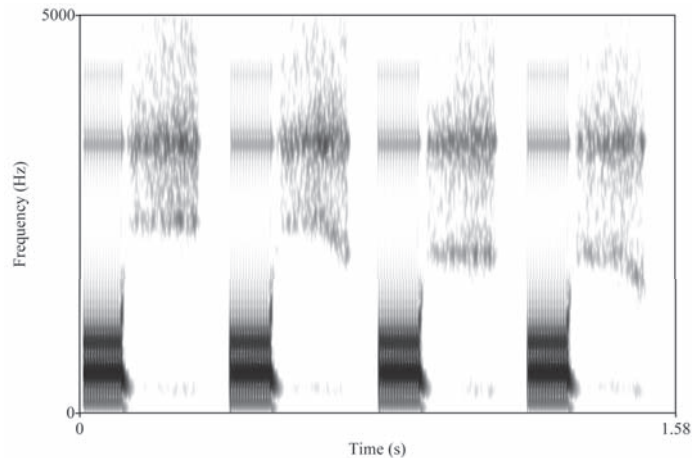


図 4：母音推定に用いた刺激音 [oc] の例

実験は、言語聴覚士の養成校に所属する健聴の被験者 23 名（男性 4 名、女性 19 名）に対して行った。いずれの被験者も、言語学・音声学の基本的な訓練を受けている。なお、実験後に、母音の第 1 フォルマント・第 2 フォルマントを様々に変化させた音を聴取させ、「ア・イ・ウ・エ・オ」のうち、どの母音に聞こえるを強制選択させ、各被験者の母音に対する知覚的手がかりの境界も求めておいた。

### 3.2 母音推定の結果と考察

実験の結果、音声的には存在しない母音が (7) のように知覚された。いずれも範疇的な知



覚様式を持つ。(7)の結果から、/u/音が推定されるためには、極周波数遷移の開始周波数に関わらず、極周波数遷移自体が必要であり、定常的な特性では/u/音の知覚が起こらないことが明らかとなった。しかし、フォルマント遷移があれば/u/の知覚が生じるという単純なものではなく、フォルマント遷移の終端周波数が最低でも2400Hz以下でなければ/u/音の推定は行われない。また、/u/音の推定が行われる終端周波数の条件は、極周波数遷移の開始周波数の影響を受けることも確認できた。

- (7) a. 極周波数遷移の開始周波数が3200 Hz～2600Hzの場合、終端周波数が2400Hzまでは/i/が推定され(平均93%)、終端周波数が2200Hz以下では/u/の知覚が優位となる(平均86%)。
- b. 極周波数遷移の開始周波数が2400 Hzの場合、終端周波数が2000Hzまでは/i/が推定され(平均89%)、終端周波数が1800Hz以下では/u/の知覚が優位となる(平均92%)。
- c. 極周波数遷移の開始周波数が2200 Hz, 2000Hzの場合、終端周波数が1600Hzまでは/i/が推定され(平均85%)、終端周波数が1400Hz以下では/u/の知覚が優位となる(平均97%)。
- d. 極周波数遷移の開始周波数が1800 Hz, 1600Hzの場合、終端周波数が1400Hzまでは/i/が推定され(平均86%)、終端周波数が1200Hzでは/u/の知覚が優位となる(平均94%)。

この結果は、母音の音声知覚との関連から見て興味深い。今回の23名の被験者については、前舌母音[i]が安定して知覚されるためには、第2フォルマントで約2200Hz以上が必要であった。また、後舌母音[u]の知覚判断境界は、第2フォルマントが約1600Hz以下(かつ第1フォルマントが約360Hz以下)であった。したがって、(7a)の結果は、極周波数遷移の終端周波数が母音の第2フォルマントと等しい価値を有していることを示唆している。すなわち、摩擦音の音響的なエッジ特性は、母音の音響特性としても解釈され得るのであろう。

このことは、松井(2012)で、「知覚的補間母音」が「定常的摩擦成分」から補間可能な母音として定義されていることと密接な関係を持つ。すなわち、明確なフォルマント遷移を持つ摩擦成分は、音声的に摩擦音のみであっても、母音が後続していると考えられるべき明確な理由が音響的にも存在するのである。しかし、「定常的」な摩擦成分には、こうした情報は存在しない。もし定常的な摩擦成分の極周波数も母音知覚の手がかりとして使われているのであれば、極周波の開始周波数が1600Hzでありさえすれば、極周波数遷移の有無に関わらず、母音/u/が知覚されるはずである。しかし、(7d)で見る通り、極周波の開始周波数が1600Hzであっても、母音/u/の推定には極周波数遷移が必要であり、定常的な[c]の特性のみでは母音/i/が認識されてしまう。このことは、極周波数遷移のある[c]では、音響特性自体が母音知覚の手がかりになっているのに対し、定常的な[c]に対する母音推定は、音響の手がかりによるものではなく、完全に心理的なもの—すなわち音韻知識との相互作用の結果、「知覚的

に補間」されたものであることを強く示唆している。

### 3.3 無声化母音との関係

摩擦音の特性から生じるこうした母音推定の特性は、日本語の無声化母音の知覚と密接な関係を持つ。川上（1977）や吉田（2002）によれば、日本語の母音が無声化を起こす最も典型的な条件は(8)のようなものである。単語末では無声子音と同様に声帯の振動が止まることを考えれば、この条件は「声帯振動が止まる環境に挟まれた狭母音」とまとめてもよいだろう。

- (8) a. 無声子音に挟まれた狭母音。  
 b. 単語末にある無声子音に後続する狭母音。

母音の無声化は狭母音に限らず、[a] や [o] でも起こりうる。ただし、「ココロ」の最初の「コ」や「ホコリ」の「ホ」のように、(8a)と同一の環境で、かつ語頭イントネーションによって低い音調を持った箇所に限られるようである。また、前川（1989）によると、狭母音以外の母音無声化は頻度が低く、また社会的規範としての要請も低いため、狭母音の無声化のように「文法化」されたものとは別に考えた方がよいという。そこで、以下では狭母音の無声化についてのみ議論を行う。

前川（1989）は、無声化を起こした狭母音の音声の実態について、「秋から」の「き」は [k<sub>i</sub>] であるが、「明日」の「し」は [c<sub>i</sub>] と解釈してはならず、正しくは [c] が少し延長したものと理解しなければならない — すなわち無声化した「シ」は純粋な子音だけであり、無声化した母音も存在しない、と述べている。同様に、川上（1977）も、無声化を起こした狭母音の音声の実態について次のような観察を行っており、注目すべきであろう。

- (9) a. 無声子音の直前の「き、び」「く、ぶ、しゅ、ちゅ」は無声母音 [i̥], [ɥ̥] を持つ。  
 b. また、無声子音の直前の「し、ち、ひ」「す、つ、ふ」は一般に無声母音すらもたない。

川上の言う (9b) を大雑把に言うなら、摩擦成分を持つ無声子音（無声摩擦音および無声破裂音）と何らかの無声子音に挟まれた [i], [u] は、母音ですらなく、前川（1989）の言うような先行子音の無声摩擦成分がそのまま延長したものであるということになる。これに対し、(9a) の「き、び、く、ぶ、しゅ、ちゅ」の [i], [u] は、無声摩擦成分の延長ではなく、母音のフォルマント構造を持ち、基本周波数のみを失った無声音 [i̥], [ɥ̥] と解釈できよう。ここで、川上が「き、び、く、ぶ」といった無声破裂音と共に、「しゅ」「ちゅ」という無声摩擦音を (9a) の範疇に入れており、同じ子音を持つ「し」「ち」がまとめられている (9b) には入れていない点に注目されたい。すなわち川上によると、[c] あるいは [tc] に後続する [i] と [u] では無声化の性質が異なるということになる。さらに、(9b) には他の無声摩擦音も一緒に分類されていることから、川上が「しゅ」「ちゅ」の無声化母音を特別な現象と見ていることも読み取れ

よう。前節で問題であると述べた「知覚的に /i/ 音が補間され、/u/ 音が補間されない」理由は、(9)に従えば、刺激最終部に無声子音しか存在しておらず、母音性を持つ音響特性が存在していなかったためであると考えてもよいのかもしれない。しかし、前川（1989）の無声化母音の説明によると、この説明も十分な説得力を持ってない。

前川によると、「シュ」の母音無声化も実態は無声摩擦音であり、「シ」と「シュ」の違いは摩擦子音の性質に依るといふ。彼の説明を簡単にまとめると、以下ようになる。

- (10) a. 現代日本語（の多くの方言）では、イ段とウ段で子音の音質が異なる。  
 b. 日本語の多くの方言では、硬口蓋化が全てのイ段音節に認められるので、子音だけでイ段音節をウ段音節と聞き分けることが可能である。  
 c. ただし、厳密にいうと、イ段音節をウ段音節と聞き分けるためには、破裂子音や鼻子音では閉鎖が解放されなければならない（摩擦音はそのまま子音の性質で聞き分けが可能である）。  
 d. 「シ・チ・ヒ」と「シュ・チュ・ヒュ」の子音は通常 [ç], [tç], [ç] と同じ IPA 記号で表記され、子音だけではイ段とウ段を区別できないように思えるが、実際には「シ・チ・ヒ」と「シュ・チュ・ヒュ」で調音の違いがあり、拗音の子音のほうが後ろ寄りになっているため、混同の生じる恐れは大きくない。

(10a)～(10c)は、どのような子音であれ、イ段とウ段については、子音の持つ摩擦成分（破裂音なら解放部、摩擦音・破擦音なら摩擦子音部）の音質によって区別が付くということを示唆している。これは、馬場（1997, 1998）や吉田（2006, 2008）らの見解とも一致する。ただし、(10d)については一部に疑問が残る。実験2で用いた摩擦音の音響的特徴は、調音点が歯茎寄りのものから硬口蓋寄りのものまでを網羅しているが、どのような場合でも知覚される母音は基本的に /i/ 音であり、/u/ 音はほとんど知覚されていない。前川の記述も「混同の生じる恐れは大きくない」となっており、調音点の違いから生じる音響特性のみでは後続母音の違いを認識するのに十分ではないことが意識されているようである。

前川の(10d)で明確に述べられているのは、「シ・チ・ヒ」に比べ、「シュ・チュ・ヒュ」といった拗音の子音のほうが後ろ寄りになっているという点である。この記述も注目に値する。これは、硬口蓋要素を持つ子音 [ç], [tç], [ç] に同じく硬口蓋性を持つ母音 [i] が後続した場合には調音点の大きな移動がないのに対し、後舌寄りの母音である [u] が後続した場合には調音点も後方への移動があると解釈することができるだろう。この解釈は、川上の記述(9)とも整合性を持つ。

以上の議論から、摩擦音のフォルマント遷移は、促音知覚の生起と共に、後続音の「無声化母音」の知覚に影響を及ぼしていることが理解される。このことは、借用語における摩擦音の促音生起に関する非対称性と密接な関係を持つ。日本語の借用語において、原語の語末摩擦音 [s], [ʃ] のどちらに対しても、母音 /u/ が挿入され、発音上はこの /u/ 音は無声化母音として実現される。したがって、語末摩擦音 [s] については「フォルマント遷移を持たない摩擦音」

であってよいのに対し、語末摩擦音 [c] については「フォルマント遷移を持つ摩擦音」でなければならない。フォルマント遷移の有無は促音知覚の促進／抑制と関連するため、結果的にフォルマント遷移を持つ摩擦音 [c] の前では促音挿入が起こり、フォルマント遷移のない摩擦音 [s] の前では促音挿入が抑制されることになる。このアプローチは、Kubozono, Itô, and Mester (2009) の分析における韻律外要素指定と重音節化というプロセスとも関連づけることが可能であろう。

本節の実験では、極周波数遷移の音響特性自体が、母音知覚の手がかりになることを見た。次に問題となるのは、極周波数遷移のどの部分が母音知覚の決め手になるのかという点である。次節では、この点についての検討を行う。

## 4. 摩擦音の有声性と極周波数遷移との関連

### 4.1 Voice Onset Time

破裂音の有声／無声を決める主要な手がかりが Voice Onset Time (VOT) であることは、Lisker and Abramson (1964) の研究以来、多くの言語で確認されてきた。ただし、有声／無声の知覚境界を決める VOT の値は言語ごとに大きく違う。また、高田 (2011) は、有声／無声の違いが生じる VOT の知覚境界は、年代間や方言間でも大きく異なることを示している。しかし、VOT が有声／無声の違いを決める音響的手がかりであることは間違いない。

VOT は、完全閉鎖の解放が始まる瞬間を持って定義される。したがって、この概念を摩擦音にまで拡大することは難しい。そこで、完全閉鎖の解放が始まる時点を、ノイズ性の音響特性が始まる瞬間と捉え直してみよう。すなわち、VOT について「ノイズ性の音響特性が始まる瞬間から声帯振動の始まる瞬間までの時間」という定義を行う。この定義に従うと、有声摩擦音は VOT がほぼゼロであり（この定義では、摩擦音において VOT がマイナスになることはない）、無声摩擦音の VOT はプラスの値を持つことになる。最初に、無声摩擦音／有声摩擦音の VOT 判断境界値がどの程度の時間であるのかを確認しておこう。

### 4.2 定常的な摩擦音の有声性に関する判断境界値

刺激音として「母音オ + 歯茎硬口蓋摩擦音 + 母音イ」の系列を用いた。持続時間はいずれの部分も 120msec で固定している。また、声帯振動については、母音部には必ず存在しており、摩擦音内では、摩擦開始と同時に声帯振動が起こっているものから、摩擦開始後 90msec 時点で声帯振動が始まるものまで、10msec 刻みで 10 通りの条件を設定した。被験者は、言語聴覚士養成校に在籍している学生 39 名（男性 4 名、女性 35 名）で、条件 10 通り × 8 セッションの刺激を上下法によって提示し、有声摩擦音であるか無声摩擦音であるかの判断を行った。実験に用いた刺激音の例を図 5 に示す。

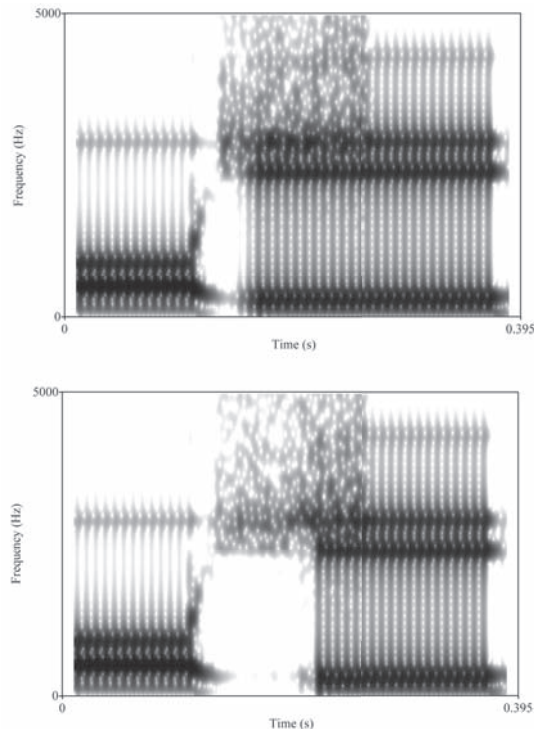


図5：定常的な摩擦音の有声性判断実験に用いた刺激音の例

実験の結果、摩擦音に関しても有声／無声の知覚はほぼ範疇的に行われており、極周波数遷移を持たない定常的な摩擦音については、VOTで51.1msecが判断境界値になることが分かった。次に、この判断値をベースラインとして、極周波数遷移を伴う摩擦音における判断境界値を求めてみよう。

#### 4.3 極周波数遷移を持つ摩擦音の有声性に関する判断境界値

刺激音として「母音オ+歯茎硬口蓋摩擦音+母音ウ」の系列を用いた。摩擦音部分に極周波数遷移を持たせる関係上、刺激音の自然性を保つため、前項で述べた実験と後続母音の質が異なっている点に注意されたい。また、本項の実験は、声帯振動の開始時点と極周波数遷移の相互作用を見ることが目的であるため、摩擦部の定常区間は前項の実験で示されたVOTの判断境界値51.1msecよりも短い時間幅でなければならない。しかし、摩擦定常区間が極端に短い場合、摩擦音の知覚が不安定になることが分かったため、本実験では摩擦定常区間を40msecに設定した。刺激音の詳細を以下に示す。実験に用いた刺激音の例は図6を参照されたい。なお、実験手法および被験者は、前項の実験と同一である。

- (11) a. 先行母音 [o] : 定常部 100msec + 遷移部 20msec  
 b. 摩擦部 : 定常区間 40msec + 極周波数遷移区間 80msec

- c. 摩擦部の声帯振動：前項と同じく、摩擦開始と同時に声帯振動が起こっているものから、摩擦開始後 90msec 時点で声帯振動が始まるものまで、10msec 刻みで 10 通りの条件。
- d. 後続母音 [u]：120msec
- e. 判断：有声摩擦音か無声摩擦音かの強制選択

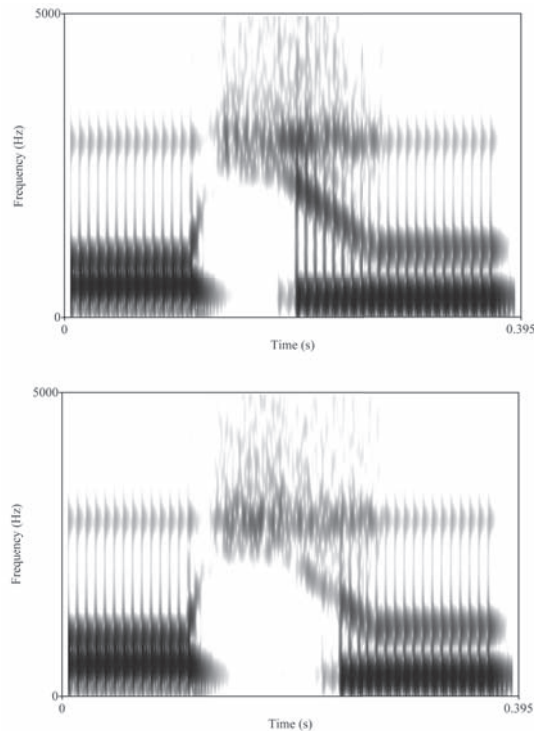


図 6：定常的な摩擦音の有声性判断実験に用いた刺激音の例

実験の結果、極周波数遷移を持つ摩擦音については、VOT で 98.3msec が判断境界値となった。今回の刺激では、摩擦部の極周波数遷移が始まるまで、定常的な摩擦区間が 40msec あるため、極周波数遷移部から 58.3msec 遅れて声帯振動が始まった時に、はじめて無声摩擦音と知覚されていることになる。これは、前項の実験で求めた VOT の判断境界値 51.1msec と類似した値である点に注意されたい。この結果は、摩擦成分の開始時点と同じく、極周波数の開始時点も有声／無声の判断境界として機能していることを示唆している。

## 5. 総合論議

第 2 節・第 3 節・第 4 節の実験結果で一貫して言える結論は、摩擦成分内に生じる極周波

数の遷移は、それ自体で何らかの音韻境界として機能しているということである。ただ、それが何の境界として機能しうるかは固定されていない。前後の音韻系列という文脈によって、母音の手がかりとして機能することもあり、あるいは子音の手がかりとして機能し、有声／無声を判断するためのポイントとして使われる場合もある。

この結論は、Kubozono et al. (2009), 松井 (2012) による借用語の促音挿入／促音抑制の分析と整合する。彼らの議論では、「kiss → キス」などの語末 [s] 音については、後続する挿入母音 /u/ 音が特別な音 (Kubozono et al. (2009) の分析では韻律外指定を受ける要素) として扱われるのに対し、「cash → キャッシュ」などの語末 [ç] 音では、後続する挿入母音 /u/ はそうした特別な扱いを受けない。こうした特別な音としての分析を受ける挿入母音は、他に「brush → ブラシ」「puff → パフ」などが挙げられよう。この挿入母音が特別な扱いを受けるということが、促音挿入の生起／抑制の違いを生む。すなわち、語末挿入母音が特別な母音でない場合は、語末 [s] 音では「bat → バット」「cash → キャッシュ」のように促音生起が促される。一方、語末挿入母音が特別な母音の場合には、促音化が抑制されてしまう。その根本的な理由を、本稿の議論に即して考えてみよう。促音知覚にとって最も重要な音響的な手がかりは、促音部の持続時間である。一般に日本語の促音や撥音という重子音は単子音と比較して持続時間が有意に長い。音声知覚の面においても、川越・荒井 (2007) や Hirata (2007) が、先行モーラと促音の時間長との比率、先行母音と促音の持続時間長との比率、単語長と促音の時間長との比率、先行母音と促音の時間長との比率といった要因を詳細に検討し、促音の知覚に必要な安定した手がかりに関する議論を行っている。日本語母語話者が促音知覚に用いる手がかりがどの比率であるかは未だに議論が残るものの、促音知覚においてまず何よりも必要とされる情報が重子音の持続時間長であることは間違いない。したがって、促音部の持続時間が不明確であれば、促音知覚は抑制される。持続時間が不明確になる要因は唯一つ、音韻境界が不明確になることであろう。

ここで重要になるのが、日本語の現象が母音の無声化である。(9) で見たとおり、無声化母音の音声学上の実体は摩擦音といってよい。したがって、摩擦音後の母音が無声化を起こした場合には、基本的に「摩擦音の延長」が引き起こされる。しかし、一言で摩擦音の延長といっても、[s̥u̯], [ç̥i̯], [ç̥u̯] で起こっていることは異なる。[s̥u̯] および [ç̥i̯] では、摩擦部に極周波数遷移が生じなくても良い。音韻知識との相互作用によって、知覚的に母音を補間することができるからである (詳細は松井 (2012) を参照されたい)。しかし、極周波数遷移が生じなければ、延長している摩擦音のどこまでが「本来の摩擦子音」で、どこからが「音韻的には母音であった部分」なのかが明確にならない。子音と母音の境界が明確にならないということは、重子音の末尾境界の手がかりが失われていることを意味する。したがって、[s̥u̯] および [ç̥i̯] では、「kiss → キス」「brush → ブラシ」のように促音化が抑制されてしまうのであろう。

しかし、[ç̥u̯] では極周波数遷移が生じていなければならない。[ç] が延長された [ç̥i̯] 内で極周波数遷移が生じていなければ、この音節構造は「シュ」ではなく「シ」として認識されてしまうからである。そして、極周波数遷移があれば、その開始時点が何らかの音韻境界とし

て機能し得る。すなわち、この場合は「母音の無声化が起こっていても」、重子音の末尾境界の手がかりが失われることがない。この結果、「dash → ダッシュ」のように、促音化抑制が回避されるのであろう。

本稿で述べた実験は、松井 (2012) で言われている「2 種類の挿入母音」—すなわち、音韻的に決定される挿入母音と知覚的補間される挿入母音を区別する必然性をサポートするものでもある。例えば、「dash → ダッシュ」の挿入母音 /u/ は、音韻的に決定される挿入母音である（その制約は松井 (2012) を参照されたい）。基底に母音 /u/ が存在しているからこそ、表層で母音の無声化が起こったとしても（すなわち音響的には摩擦子音の延長のみになってしまったとしても）、基底の /u/ 音に牽引されて「消失した母音に向かって変化していく極周波数遷移」の情報は残存し続ける。一方、「kiss → キス」の挿入母音 /u/ および「brush → ブラシ」の挿入母音 /i/ は知覚的補間母音であり、基底にも挿入母音の情報は存在しない。音響情報から自動的に補間できる情報だからである。したがって、母音の無声化が起こった時に、「消失した母音に向かって変化していく極周波数遷移」も生じない。こうした基底の言語知識と表層の音響的性質が相互作用を起こす中で、促音挿入の有無や失われた母音の補間、あるいは有声／無声の手がかりとなるポイントなどが決定されていくのである。

この複合的なプロセスを考慮すると、「buzz → バズ」「badge → バッジ」に見られる借用語の有声摩擦音における促音挿入／促音抑制についても妥当な説明が可能になると思われる。謝辞この点については、また稿を改めて議論を行ってみたい。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「認知的関連性のモデル化と文理解実験に基づく実証的研究」(平成 22 年度～平成 25 年度、研究代表者：松井理直、課題番号：22520415)、および基盤研究 (B) 「焦点・スコープ現象の統語・意味論的分析と音声実験・コーパス調査による検証」(平成 21 年度～平成 24 年度、研究代表者：西垣内泰介、課題番号：21320084) による援助を受けている。

## 文献

- 馬場良二 (1997). 日本語における無声化母音の音価. 『日本音響学会聴覚研究会資料』, pp.H-97-83.
- 馬場良二 (1998). 無声化母音は摩擦音である. 『熊本県立大学文学部紀要』, 50, 1-22. Hirata, Yukari. (2007). Durational variability and invariance in Japanese stop quantity distribution: Roles of adjacent vowels. *Journal of the Phonetic Society of Japan*, 11 (1), 9-22.
- 川越いつえ・荒井雅子 (2007). 英語風音声における日本語話者の促音知覚. 『音声研究』, 11 (1), 23-34.
- Kubozono, Haruo., Ito<sup>^</sup>, Junko., & Mester, Armin (2009). Consonant Gemination in Japanese



- Loanword Phonology. In *Current Issues in Unity and Diversity of Languages. Collection of Papers Selected from the 18th International Congress of Linguists*, pp. 953–973. Dongam Publishing Co.
- 工藤紀子・窪菌晴夫 (2008). s と sh を含む単語の促音知覚. 関西言語学会 (KLS) 第 33 回大会ワークショップ・ハンドアウト.
- Kuroda, Shige-Yuki (1965). *Generative grammatical studies in the Japanese language*. Ph. D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- Lisker, Leigh & Abramson, Arthur S. (1964). A Cross Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word*, **20**, 384–422.
- 前川喜久雄 (1989). 母音の無声化. 杉藤美代子 (編), 『講座 日本語と日本語教育第 2 巻』, pp. 135–153. 明示書院, 東京.
- 松井理直 (2012). 借用語における促音生起の抑制要因. *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, **15**, 49–102.
- Otaki, Yasushi (2011). A Diachronic Account of Consonant Gemination in Japanese Loanword Phonology. NINJAL international conference on phonetics and phonology (ICPP 2011, Kyoto University), Handout.
- 川上 稔 (1977). 『日本語音声概説』. 桜楓社.
- 高田三枝子 (2011). 『日本語の語頭閉鎖音の研究』. くろしお出版.
- 竹安大 (2009). 摩擦音の促音知覚における摩擦周波数特性の影響. 『音韻研究』, **12**, 31–38.
- 吉田夏也 (2002). 音声環境が母音の無声化に与える影響について. 『國語學』, **53** (3), 34–47.
- 吉田夏也 (2006). 日本語母音無声化の音声学的研究. 『音韻研究』, **9**, 173–180.
- 吉田夏也 (2008). /p/ に後続する無声化母音を知覚する音響上の手がかり. 『音声研究』, **12** (3), 52–58u.

(受付日 : 2013. 1. 10)