

解説

日本語の特殊拍の音響と知覚*

— 促音を中心として —

川原繁人 (ラトガーズ大学、Assistant professor) ..

43.70.-h & 43.71.-k

1. はじめに

本稿では、日本語の特殊拍（促音、撥音、長母音、とりわけ促音）に関する音響的、知覚的研究を概観する。特殊拍を含む音の音響的特徴を簡略化して述べれば“長い音”ということになるが、その他にも様々な音響的特徴を伴って現れる。また発話の速度の違いを考慮に入れると、絶対値で特殊拍の長さを定義することは不可能である。よって相対的な音の長さの定義が必要となる。本稿ではこれらの問題に対するこれまでの研究を概観する。また、特殊拍の音響的特徴の議論を踏まえ、それらが知覚にどのように影響するかを議論する。最終節では、以上の議論を踏まえて、今後に残された課題を挙げる。

2. 日本語の特殊拍

様々な言語で音の「長短」が弁別的であるのと同様、日本語でも長短が弁別的である。例えば音声的に[kado] (角) と[kado] (カード) といった母音の長短の対立や、[kata] (型) と[katta] (買った) のような(無声)¹阻害音の長短対立、さら

に[ana] (穴) と[anna] (あんな) のような鼻音の長短対立がある。伝統的にこれらの対立は、特殊拍として表され、それぞれ/R/ (または/H/) (長母音), /Q/ (促音), /N/ (撥音) が使われる。上の例では、長い音を含む音はそれぞれ/kaRdo/, /kaQta/, /aNna/と表す。本稿では、これらの特殊拍の音響的・知覚的特徴を概観する。これまでの研究では、促音に関する論考が比較的多いため、本稿でも促音に特に重きを置くが、他の特殊拍についても、できるかぎり言及する。

本論は紙面の都合上、過去の全ての文献を網羅的に紹介することは不可能である。ここで取り上げている以外の促音に関する文献にも興味のある読者は、[4]を参照されたい。[4]では日本語にとどまらず、日本語の促音の特徴を他言語の特徴と比較している。また、本稿では扱わない促音の調音的特徴も議論している。

3. 音響的特徴

3.1 音響的長さ

英語では、長母音をlong vowel、促音と撥音は、まとめてgeminateと表現することが多い。また短母音はshort vowel、特殊拍を含まない子音はsingleton (単音) と呼ぶ(英語による日本語の促音の解説は[4]を参照。) 他言語においても、日本語においても、これらの促音や長母音に共通する際立った特徴は、その長さである。促音と撥音の波形とスペクトrogramを図1, 2に示す。(図の作成にはPraatを用いた[5].)

* The acoustics and perception of Japanese special moras.

.. Shigeto Kawahara (Department of Linguistics & Rutgers University Center for Cognitive Science, Rutgers University, 18 Seminary Pl. New Brunswick, NJ, 08901. USA)

¹ 和語では有声阻害音は促音としては現れず、有声阻害音が音韻的に延ばされる場合、撥音が挿入される(のび-のび=>のんびり) [1]. ただし、外来語では、借用によって起こる促音化の結果として、有声阻害音促音は出現する ([heddo] (ヘッド), [eggu] (エッグ) など)。しかし、これらの音も、空気力学的な問題[2]から、声帯振動が閉鎖の途中で止まることが多く、日本語では完全

な有声音としては実現しないことが多い[3].

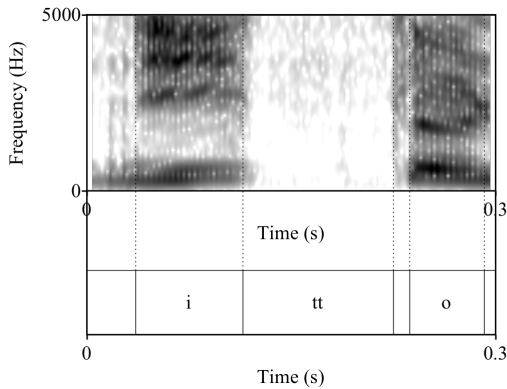
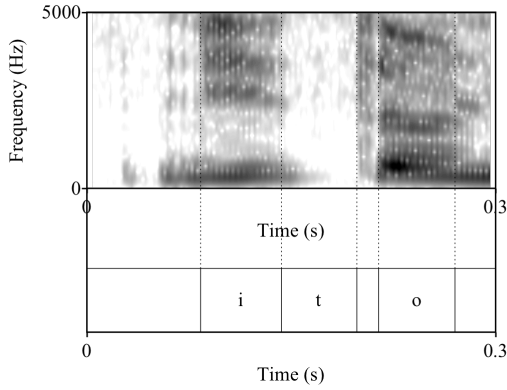


図 1. [t]と[tt](/Qt/)の閉鎖時間長の違い

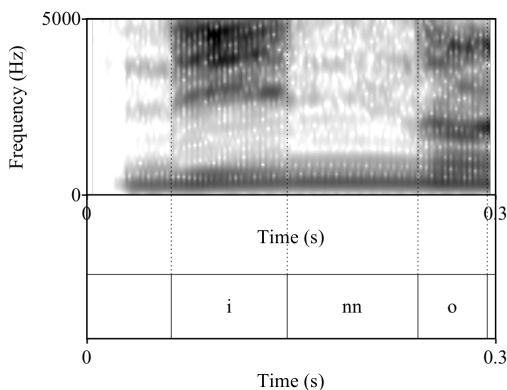
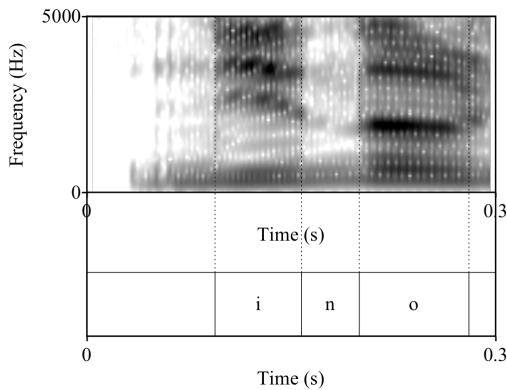


図 2. [n]と[nn](/Nn/)の閉鎖時間長の違い

図 1、2ともに全体の持続時間を0.3秒で統一しており、点線で大まかな音の区切りを示してある。図が示すように、促音([tt])も撥音([nn])も子音の閉鎖持続時間が単音([t], [n])に比べて音響的に長い。紙面の都合上、図は割愛したが、[ss]などの摩擦音も狭窄時間が長くなり[4]、[ts]などの破擦音の促音では主に閉鎖時間が長くなる[6]。

過去の様々な研究で、日本語の子音の単音と促音の持続時間が比べられている[3, 7-12]。具体的な値に関しては[4]のまとめ、および個々の文献を参照してもらいたい。単音と促音の比は少なくとも2倍から3倍、場合によっては4倍に達することもある。

ただし、これらの研究は促音、おもに破裂音を対象としており、撥音を対象にした研究は少なく、今後の研究が期待される。例外は[7]で、撥音の時間比は2.5あたりとされているが、計測数は少ない。筆者の未出版のデータでは、[m]が平均69ms、[mm]が116msで、時間比が1.7程度、また[n]が44ms、[nn]が96msで時間比は2.2程度であった(3人の女性話者の平均、計測数はそれぞれ25程度)。

長母音に関して、短母音との長さの比較があり、比率としては、例えば最近の実験[13]では、無アクセントの母音で2.47、アクセントのある母音で2.55となっている。

ただし時間長の違いは、その音そのものだけに現れる訳ではない。図 1、2にも見られるように、先行母音の長さにも違いがみられる。促音、撥音ともに先行母音が長くなるのである(特に[14]、また[3, 11-12, 15-18])。たとえば、[10]の実験では[k]の前の[u]は、単音の前で平均68ms、促音の前で86msであった。

また先行母音の長さほど影響がはっきりであるわけではないが、促音の後続母音が短くなるという報告もある[11-12, 14, 16-17]。例えば、[12]では、単音に後続する母音の長さの平均は76ms、促音に後続する母音の長さの平均は63msであった。これらの周りの母音の長さが子音の長さの知覚に与える影響は4節で議論する。

3.2 持続時間以外の音響的な違い

特殊拍は長さの違いとしてとらえられることが多く、過去の研究は主に単音と長音の長さの違い

いに注目してきた。しかし、[3, 12]を代表として、単音と促音の違いは長さだけで表されるものではない、という指摘もある。これらの研究の結果を(1)にまとめる。²

(1) 促音の持続時間以外の音響的違い

- a. 先行母音と後続母音の音の大きさ (intensity) の違いが、促音の前後のほうが大きい[12, 17].
- b. 先行母音にアクセントがある場合、促音を跨ぐと、アクセントのF0による落ち具合が大きい[3, 12, 17].
- c. 無アクセント語の場合、F0が促音に向かって降下する[15].
- d. F1が促音の後の母音のほうが低い[3].
- e. スペクトル傾斜 (H1-A1)³の値が促音の周りの方が低い。つまりきしみ音 (creaky)になる傾向がある (声帯の閉まりが強い) [12].

3.3 Search for invariance (不変性の探索)

3.1節で見たとおり、特殊拍を持つ音は単音よりも、基本的に長い。しかし、発話の速度を考慮に入れると、ことはそう簡単ではない。なぜならば、速い発話で発音された促音は、ゆっくりとした発話で発音された単音よりも短いことがあるからである。よって、絶対的な時間が、すべての単音と促音を区別できるわけではない。言い換えれば、具体的にxx ms以上であれば促音 (または撥音) である、というような特徴付けは不可能なのである。この問題は短母音と長母音の区別においても起こる問題である[13].

² 短母音と長母音の対立に関しても、長さだけでなく、フォルマントの違いにも影響が出るという報告がある[19]。具体的には、長母音のほうが、F1, F2で定義される母音空間が広がる (特にF2への影響の方が顕著。) ただし知覚的には、時間長のほうが強い影響をもつ[20]。撥音に関しては、時間長以外の音響的・知覚的要素の研究は、管見の限り、あまり行われていない。

³ スペクトル傾斜とは、低周波から高周波へかけてのエネルギーの大きさの変化の指標で、ここで使われているH1-A1とは、第一倍音のエネルギー (H1)と第一フォルマント(F1)のエネルギー(A1)の相対的關係である。この値は声帯の緊張度に相関し、きしみ音は低い値をとる[21]。

この問題は音声学でいう、不変量の探索 (search for invariance)であり[22]、音韻的な長短の対立において常に存在する、音響上の対応物 (acoustic correlate)は何か、という問題である。この問題に対して、様々な提案があるが、基本的に、子音自体の長さとの周りの音の長さの相対的な長さ (比) を計算することで、全体的な発話の速度の効果を考慮に入れる (speech rate normalization [23])、という形を取ることが多い。単純化して言えば、発話中のある音の長さが短かったとすると、発話全体が速く発音されているということになり、より短い音でも、長い音として知覚される、ということである。

このような提案の具体的なものとして、(2) - (3) に代表的なものとして、その判別分析 (discriminant analysis)の結果をまとめる。これらの実験では、さまざまな速度で産出された単音と促音の時間長を計算し、その絶対的な子音持続時間や、周りの音の長さを考慮に入れた相対的な比を基にした尺度を判別分析にかけたものである。判別分析の結果は、提案された尺度が、発話全体のうち、どれだけ正しくカテゴリーに分類するのかを示している。(つまり値が高いほど、正確に単音と促音を区別できる。) また、C1, V1はそれぞれ先行子音、先行母音、Wは単語全体の長さを表す。

(2) Hirata & Whiton (2005) [24]

絶対的時間長	82.2% (無意味語)	81.4% (実在語)
C/V1	92.1% (無意味語)	91.3% (実在語)
C/W	98% (無意味語)	95.7% (実在語)

(3) Idemaru & Guion-Anderson (2010) [25]

絶対的時間長	87.2%
C/V1	83.7%
C/(C1+V1)	92.6%
C/V2	94.1%
C/(C+V2)	92.3%
C/W	96.3%

これらの結果が示すように、基本的に相対的な比をとる尺度のほうが絶対値よりも、よりよく単音と促音を区別することが分かる。ただし、これらの結果はあくまで、産出パターンをどれだけ統計

的に区分できるかの目安であって、実際の聞き手がこれらの尺度を使っている保証はない[25-26]. 次節でこの問題を含め、促音の知覚のパターンを研究したものをいくつか紹介する.

4. 知覚のパターン

4.1 絶対的時間長

次に知覚のパターンであるが、やはり子音の長さが特殊拍の知覚に大きく影響しているのは間違いない. 例として図3に[27]の実験結果を示す. 横軸は子音の持続時間を表し、右に行くほど長くなる. 縦軸は、刺激が促音と判断された割合を%で示している. この実験では先行母音の長さを変えているが、どの条件でも子音の持続時間が伸びるほど、刺激がより促音として知覚されやすいことがわかる.

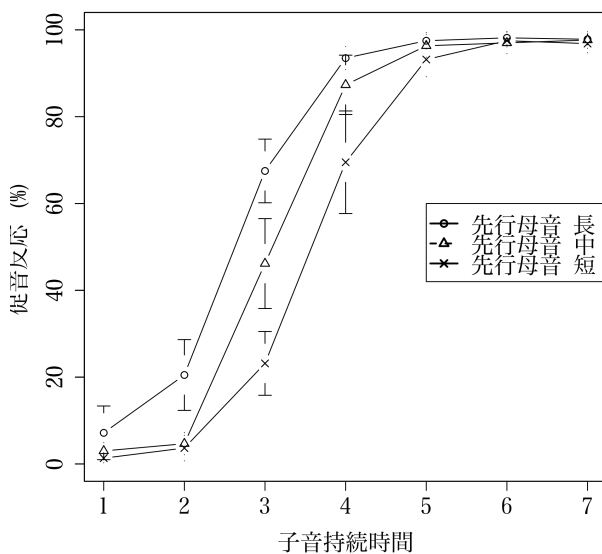


図3 [27]に基づく子音持続時間と促音知覚の関係

4.2 相対的時間長

促音の知覚に子音の絶対的時間長が関わっているのは間違いないが、他の要素も関連する. 例えば、[15]では、もともと単音であったものを伸ばすと促音として知覚されるのに対し、もともと促音であったものを短くしても、必ずしも単音として知覚されない、という結果が出ている. よって、促音知覚に絶対的時間長以外の要因(相対的時間長や他の音響特徴)が関わっているのは間違

いない.

ここで、図3の三つの先行母音の長さを比べてみると、先行母音がより長いほど、子音を促音として知覚し易いという傾向がみてとれる. これは3節で見た、促音の前では先行母音が長くなるという音響的な(または調音的な)特徴を反映していると言える. [27]以外にも、同じような結果を出している研究も多い([17-18, 28]).

しかし、反対に先行母音が短いほど、促音を知覚し易いという実験結果もある([25, 29-30]など. 他の文献に関しては[4]). なぜこのような、相反する結果が出ているのかという疑問が生じるが、一つの答えとして、後者のパターンは先行母音が長い場合、音韻的に長母音として知覚され、日本語の音韻では長母音+促音という組み合わせは嫌われるため、単音が聞かれる、という可能性がある[18].

また、他のどの音の長さが子音の長さの知覚に影響を与えるのかも面白い課題である. 例えば、後続母音も子音の知覚に影響する、という実験結果もあるが[28]、先行母音(モーラ)の影響のほうが後続母音の影響よりも大きい、とする実験結果も同時にでている[25, 28].

さらに、音の単位を超えて、単語[26]や、⁴文レベルで他の音の長さ[29]が、促音知覚に影響する実験も報告されている.

まとめると、今後の課題として特殊拍の知覚において、局所的(local)な情報に基づいて知覚がなされているのか、大局的(global)な情報も関わっているのか、またそれらの情報がどのように音韻的な制約と関わって、促音の知覚に関わっているのかが問題となる. また、知覚実験に関しては促音、とくに破裂音を中心とした研究が多く、撥音の知覚の研究なども今後期待される.

以上の議論は促音を例にとって進めてきたが、まったく同じ文脈効果の問題が短母音と長母音の対立についても言える. 詳しくは、[31]を参照されたい.

⁴ [26]では、知覚に関わる尺度は単純な比ではなく $(C+K)/W$ (C =consonant duration, K =constant, W =word duration)であるとの主張がなされている.

4.3 他の音響特徴の知覚への影響

(1)で紹介したように、促音の産出は長さだけの問題ではなく、他の音響的特徴も関わっている。このような音響的特徴がどのように知覚に関わるかは興味深い問題である。

たとえば、アクセントのある2音節語とアクセントのない2音節語を比べてみると、促音の長さが前者のほうが短い[17]。これに対応して、同じ時間長の刺激を与えても、アクセントがある場合のほうが、より促音を聞き易いという実験結果がでている[17]。つまりアクセントによるF0の降下が、促音知覚に関わっている可能性がある[32]。([33]も参照。)

また、摩擦音の促音の知覚に関して、摩擦の周波数が促音の知覚に関わる、という結果もでている[34-35]。これらの研究も踏まえて、F0やF1、スペクトル包絡線(spectral envelope)、破裂の強さ(burst intensity)などがどの程度、促音の知覚に関わっているか、今後の研究が期待されると思われる。

5. 今後の課題

以上の議論の中でも特殊拍に関する未解決の問題を提示してきたが、最後に数点問題点をまとめてみたい。

5.1 撥音

まず、今までの議論からわかるように、促音に関する研究は非常に多いが、撥音に関しては、音響、知覚とともに比較的研究がなされていないのが現状である。⁵音響では[7]が挙げられるが、比較的古い研究であり測定数も限られている。また促音の中でも破裂音を中心とした研究が多く、摩擦音や破擦音の研究も限られている。

知覚実験でも、撥音の知覚研究は、筆者の知る限り[36]に限られる。撥音と促音の比較研究も含め、今後の研究の発展が期待される。

5.2 促音の声帯緊張

促音に関しては、「つまる音」という呼び名がある通り[37]、調音上、声帯の閉まりが関係している可能性がある。実際、促音が語尾に現れる場合、声門閉鎖音(glottal stop)として実現する(「えっ=[eʔ]」などの場合の[ʔ])。実際に促音に声帯の閉まりが伴うかは議論の別れるところであるが[38]、もし伴う場合、その声帯の閉まりが持つ音響的・知覚的影響は興味深いところである。

5.3 方言差

本稿では、おもに東京方言に関する研究をとりあげたが、さまざまな方言の特殊拍の研究がこれから望まれる。とくに興味深いのがモーラをベースとする方言とシラブルをベースとする方言の比較である。後者に関しては青森方言の促音の研究なども存在するが[39]、これからの積極的な比較研究が望まれる。

6. まとめ

特殊拍を含む音は、単純に言えば「長い音」であるが、その影響は周りの音にも広がり、また「長い」という概念は発話速度を考慮にいれて定義をする必要が可能性が高い、という複雑なものである。また特殊拍は長さだけで定義できる単純なものではなく、他の音響的特徴も考慮に入れなければならないことも、本稿では確認した。特殊モーラにおいて、長さ、さまざまな音響的な特徴がどのように知覚的に関わっているのか、今後の研究が期待される。

謝辞

本研究はRutgers Research Council Grantから助成を頂いた。また本稿に関して、荒井隆行氏、佐野真一郎氏、三間英樹氏、竹村亜紀子氏、増田斐那子氏、松浦年男氏、にコメントをいただいた。

文献

[1] S.-Y. Kuroda, *Generative Grammatical Studies in the Japanese Language*. Doctoral dissertation, MIT (1965).

⁵ 他言語では、いろいろな調音法のgeminateの研究がなされているものも多い(例えばイタリア語)。他言語の研究や、詳しい文献情報は[4]を参照。

- [2] J. J. Ohala, "The origin of sound patterns in vocal tract constraints," in *The Production of Speech*, P. MacNeilage, Ed. (New York, Springer-Verlag, 1983), pp. 189–216.
- [3] S. Kawahara, "A faithfulness ranking projected from a perceptibility scale: The case of [+voice] in Japanese," *Language*, **82**, 536–574 (2006).
- [4] S. Kawahara, "The phonetics of obstruent geminates, *sokuon*," in *The Handbook of Japanese Language and Linguistics: Phonetics and Phonology*, H. Kubozono, Ed. (Berlin, Mouton, to appear).
- [5] P. Boersma and D. Weenink, "Praat: Doing phonetics by computer." Software (1999–2013).
- [6] R. Oba, A. Braun, and J. Handke, "The perception of Japanese geminates by native and non-native listeners," *ISPhS: International Society of Phonetic Sciences*, 9–29 (2009).
- [7] M. Han, "The feature of duration in Japanese," 音声の研究, **10**, 65–80 (1962).
- [8] Y. Homma, "Durational relationship between Japanese stops and vowels," *Journal of Phonetics* **9**, 273–281 (1981).
- [9] M. Beckman, "Segmental duration and the "mora" in Japanese," *Phonetica*, **39**, 113–135 (1982).
- [10] R. Port, J. Dalby, and M. O'Dell, "Evidence for mora timing in Japanese," *J. Acoust. Soc. Am.*, **81**, 1574–1585 (1987).
- [11] M. Han, "Acoustic manifestations of mora timing in Japanese," *J. Acoust. Soc. Am.*, **96**, 73–82 (1994).
- [12] K. Idemaru and S. Guion, "Acoustic covariants of length contrast in Japanese stops," *Journal of International Phonetic Association*, **38**, 167–186 (2008).
- [13] Y. Hirata, "Effects of speaking rate on the vowel length distinction in Japanese," *Journal of Phonetics*, **32**, 565–589 (2004).
- [14] N. Campbell, "A study of Japanese speech timing from the syllable perspective," 音声研究, **3**, 29–39 (1999).
- [15] 福井誠二, 日本語の閉鎖音の延長・短縮による促音・非促音としての聴取," 音声学会会報, **159**, 9–12 (1978).
- [16] Y. Hirata, "Durational variability and invariance in Japanese stop quantity distinction: Roles of adjacent vowels," 音声研究, **11**, 9–22 (2007).
- [17] 大深悦子, "促音/tt/の知覚: アクセント型と促音・非促音語の音響的特徴による違い," 音声研究, **7**, 70–76 (2003).
- [18] 竹安大, "促音の知覚に対する先行音節子音・母音の持続時間の影響," 音韻研究, **15**, 67–78 (2012).
- [19] Y. Hirata and K. Tsukada, "Effects of speaking rate and vowel length on formant frequency displacement in Japanese," *Phonetica*, **66**, 129–149 (2009).
- [20] D. Behne, T. Arai, P. Czigler, and K. Sullivan, "Vowel duration and spectra as perceptual cues to vowel quantity: A comparison of Japanese and Swedish," *Proceedings of ICPhS XIV*, 857–860 (1999).
- [21] P. A. Keating and A. Esposito, "Linguistic voice quality," *UCLA Working Papers in Phonetics*, **105**, 85–91 (2007).
- [22] K. Stevens and S. Blumstein, "The search for invariant acoustic correlates of phonetic features," in *Perspectives on the study of speech*, J. Miller and P. Eimas, Eds. (New Jersey, Earlbaum, 1981), pp. 1–38.
- [23] J. L. Miller and A. M. Liberman, "Some effects of later-occurring information on the perception of stop consonant and semivowel," *Perception & Psychophysics* **25**, 457–465 (1979).
- [24] Y. Hirata and J. Whiton, "Effects of speaking rate on the singleton/geminate distinction in Japanese," *J. Acoust. Soc. Am.* **118**, 1647–1660 (2005).
- [25] K. Idemaru and S. Guion-Anderson, "Relational timing in the production and perception of Japanese singleton and geminate stops," *Phonetica*, **67**, 25–46 (2010).
- [26] S. Amano and Y. Hirata, "Perception and production boundaries between single and geminate stops in Japanese," *J. Acoust. Soc. Am.*, **128**, 2049–2058 (2010).
- [27] J. Kingston, S. Kawahara, D. Chambless, D. Mash, and E. Brenner-Alsop, "Contextual effects on the perception of duration," *Journal of Phonetics* **37**, 297–320 (2009).
- [28] 大深悦子, 森傭子, 桐谷滋, "促音の知覚に対する先行・後続母音長の影響," 音声研究, **9**, 59–65 (2005).
- [29] 平田ゆかり, "単語レベル・文レベルにおける日本人の促音の聴き取り," 音声学会会報, **194**, 23–28 (1990).
- [30] S. Watanabe and N. Hirato, "The relation between the perceptual boundary of voiceless plosives and their moraic counterparts and the duration of the preceding vowels," 音声言語, **1**, 1–8 (1985).
- [31] Y. Hirata and S. G. Lambacher, "Role of word-external contexts in native speakers' identification of vowel length in Japanese," *Phonetica*, **61**, 177–200 (2004).
- [32] H. Kubozono, H. Takeyasu, M. Giriko, and M. Hirayama, "Pitch cues to the perception of consonant length in Japanese," *Proceedings of ICPhS XVII*, 1150–1153 (2011).

- [33] K. Idemaru, "Role of amplitude and pitch in the perception of Japanese stop length contrasts," *Cross-cultural studies* **24**, 191–204 (2011).
- [34] 竹安大, "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**, 43–50 (2009).
- [35] 松井道直, "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 (2012).
- [36] 藤崎博也、杉藤美代子, "音声の物理的性質," *音韻 : 岩波講座日本語 5* (東京, 岩波, 1977), pp. 63–103.
- [37] 服部四郎, *音声学* (東京, 岩波, 1984).
- [38] M. Fujimoto, K. Maekawa, and S. Funatsu, "Laryngeal characteristics during the production of geminate consonants," *Interspeech* 2010, 925–928 (2010).
- [39] 高田正治 "促音の調音上の特徴について," *国立国語研究所報告 83, 研究報告集 6*, 17–40 (1985).