

A-6

長音と促音の知覚における隣接要素の持続時間及び音韻長の影響：発話速度の観点から
石橋 頌仁 (福岡大学大学院) 竹安 大 (福岡大学)

要旨

日本語の長音や促音の知覚において、隣接要素の持続時間の影響と隣接要素の音韻長の影響が存在し、この2つが共起しうることが知られている。この隣接要素の持続時間及び音韻長の影響の共起は、単語のF0パターンに関係なく、また、東京方言以外の方言においても観察されることが報告されている。長音や促音の知覚においては発話速度が重要な役割を果たすが、先行研究における隣接要素の影響に関する議論では発話速度を考慮した分析が行われてこなかった。そこで本研究では、知覚実験により発話速度を変更した際にも同様の結論が得られるのかを検証した。その結果、発話速度によらず、長音と促音の知覚における隣接要素の持続時間及び音韻長の影響が生じることが確認された。

1. はじめに

日本語には母音と子音に音韻的長短の対立が存在する。母音や子音の音韻的長短の知覚の主要な手掛かりは、当該母音または子音の持続時間であるが(藤崎・杉藤 1977)、隣接する音節の構造やその構成要素の持続時間、母音のF0、発話速度など、様々な二次的要因が影響することも知られている(大深ほか 2005, Amano and Hirata 2010, Kinoshita et al. 2002, Takeyasu and Giriko 2017)。本稿では、Takeyasu and Giriko (2017)で指摘された隣接要素の持続時間及び音韻長の影響について、発話速度がどのように影響するのか、知覚実験に基づき検証する。具体的には、3種類の異なる発話速度(Fast, Normal, Slow)の刺激音を用いた際にも、先行研究で報告されている同化効果及び対比効果が観察されるのかを検証する。

ある要素間において、一方が長くなるともう一方も長く感じられることを同化効果と言い、一方が長くなるともう一方が短く感じられることを対比効果と言う。Takeyasu and Giriko (2017)は、隣接する母音と子音の音韻長(長音と促音)の知覚において、(1)及び(2)に挙げられるような同化効果と対比効果が存在することを明らかにした。

(1) 隣接要素の持続時間の影響(同化効果)

- a. 先行する母音の物理的な持続時間が長くなるにつれ、後続する子音が促音だと判断されやすくなる(知覚される音韻長が長くなりやすい)
- b. 後続する子音の物理的な持続時間が長くなるにつれ、先行する母音が長母音だと判断されやすくなる(知覚される音韻長が長くなりやすい)(ただし、後続子音が促音と判断された場合を除く)

(2) 隣接要素の音韻長の影響(対比効果)

- a. 先行する母音が長母音だと判断される(先行母音の知覚された音韻長が長くなる)と、後続する子音が促音だと判断されにくくなる(後続子音の音韻長が短くなりやすい)
- b. 後続する子音が促音だと判断される(後続子音の知覚された音韻長が長くなる)と、先行する母音が長母音だと判断されにくくなる(先行母音の音韻長が短くなりやすい)

石橋ほか(2018)や石橋・竹安(2019a,b)は、Takeyasu and Giriko(2017)とは被験者の方言や刺激の特徴が異なる場合であっても(1),(2)と同様の実験結果が得られることを示し、長音と促音の知覚に見られる隣接要素間の同化効果と対比効果は一般性が高い現象であると主張している。しかし、いずれの研究においても発話速度の影響を考慮に入れた分析を行っていない点については注意を要する。一般に、ある要素が隣接する要素に影響を与えるためには、両者が一定の時間的範囲(時間窓、およそ300ms(Newman and Sawusch 1996, Sawusch and Newman 2000))に収まっている必要があるとされている。仮にこの時間窓が固定的なも

のであるならば、発話速度の変化に伴い各要素の持続時間が変化すれば、(1), (2) の同化効果及び対比効果の生じ方が変わる可能性がある。例えば、後続子音が促音の場合に観察されなかった (1b) が発話速度が速くなると観察されたり、発話速度が遅くなると (1), (2) のような同化効果及び対比効果の影響が弱くなる可能性も否めない。長音や促音の音声産出・知覚は発話速度によって影響を受けることが報告されていることから (Hirata 2004, Hirata and Lambacher 2004, Amano et al. 2007, Amano and Hirata 2010)、発話速度が変化した際に (1), (2) のような同化効果及び対比効果が観察されるかどうかについては検討の余地がある。

そこで本研究では、発話速度が変化した際にも (1), (2) に示したような同化効果及び対比効果が一貫して観察されるのかどうかを検証していく。

2. 実験

2.1. 刺激

刺激音は石橋ほか (2018) の平板系列をもとに作成した。作成するもととなった音声は、福岡在住の日本語母語話者 (女性) に、2 音節の無意味語「パーポ」(/paRpo/)、アクセント型は平板) を、「彼は__と言った。」というキャリア文に入れた状態で、話者にとって普通の発話速度で発話してもらい、この無意味語の第 1 音節母音及び第 2 音節子音の閉鎖区間の持続時間を操作することによって作成したものである (語の各セグメント持続時間は表 1 を参照)。

上記の音声を Normal 系列とし、さらに、Praat (Boersma and Weenink 2017) の Convert 機能を用いてキャリア文を含めた刺激音の持続時間を以下のように操作することにより、Normal に加えて、Fast、Slow の合計 3 系列を作成した (表 1)。Fast では、Normal の各刺激の持続時間を 0.7 倍に変化させた。対して Slow では、Normal から Slow への比の増減が Fast から Normal への増減と等間隔になるようにするため、Normal の各刺激の持続時間を 1.429 倍 ($1 \div 0.7$) に変化させた。以上の操作により、 V_1 持続時間 (7 段階) \times C_2 閉鎖持続時間 (7 段階) \times 発話速度 (3 段階) の掛け合わせにより、147 種類の刺激音声を作成した。発話速度の操作に関しては、予備実験により、Fast、Slow とともに Normal と比較して発話速度の変化を感じ取ることが出来、かつ自然 (極端に速すぎる、または遅すぎることのない音声) に聞こえることを確認した。

表 1: 刺激の持続時間の設定

	C_1 (/p/)	V_1 (/aR/)	C_2 (/p/): 閉鎖区間	C_2 : VOT	V_2 (/o/)
元の音声	閉鎖区間: 99 ms VOT: 51 ms	198 ms	76 ms	16 ms	66 ms
Normal	閉鎖区間: 99 ms VOT: 51 ms	60 ms ~ 186 ms (21 ms 刻み、7 段階)	55 ms ~ 181 ms (21 ms 刻み、7 段階)	16 ms	66 ms
Fast	閉鎖区間: 69 ms VOT: 36 ms	42 ms ~ 130 ms (15 ms 刻み、7 段階)	39 ms ~ 127 ms (15 ms 刻み、7 段階)	11 ms	46 ms
Slow	閉鎖区間: 141 ms VOT: 73 ms	86 ms ~ 266 ms (30 ms 刻み、7 段階)	79 ms ~ 259 ms (30 ms 刻み、7 段階)	23 ms	94 ms

2.2. 被験者・刺激の提示方法

12 名の福岡在住の日本語母語話者 (19 ~ 23 歳) が実験に参加した。刺激語はキャリア文に埋め込まれた状態でヘッドフォン経由で被験者に提示され、被験者は刺激語が「パポ」、「パーポ」、「パッポ」、「パーッポ」のいずれに聞こえるかを回答した。

実験は3段階の発話速度ごとにブロックに分けられ、各ブロックでは、最初に練習用に選ばれた4種類の刺激語が計2回ずつ(合計で8試行)提示され、その後同じブロック内の全ての刺激が計10回ずつ(49×10=490試行)、被験者ごとにランダムな順序で提示された。全ての被験者は初めにNormalのブロックの実験を受け、その後被験者の半数はFast→Slowの順で、残りの半数はSlow→Fastの順番で実験を受けた。

2.3. 結果

被験者の回答は、V₁が音韻的に長い(=長母音である)と判断されたかどうか、また、C₂が音韻的に長い(=促音である)と判断されたかどうかという点から集計・分析された。以下では、まずC₂の音韻長の知覚に対するV₁の持続時間及びV₁の音韻長の影響に関する分析結果、次にV₁の音韻長の知覚に対するC₂の持続時間及びC₂の音韻長の影響に関する分析結果を提示する。

2.3.1. C₂の音韻長の知覚に対するV₁持続時間及び音韻長の影響

このセクションでは、以下の点に着目してC₂の音韻長の知覚に対するV₁の影響を分析する。

- (A) C₂が促音であるか非促音であるかの判断に対して、V₁の持続時間がどのように影響するか
- (B) C₂が促音であるか非促音であるかの判断に対して、V₁の音韻長(V₁が長母音と判断されるかどうか)がどのように影響するか
- (C) V₁が短母音と判断された場合と長母音と判断された場合とで、(A)の影響の現れ方がどのように変化するか
- (D) 発話速度の変化に伴い、(A)(B)(C)の影響の現れ方がどのように変化するか

図1はV₁の持続時間、V₁の知覚された音韻長、発話速度の条件ごとにC₂の促音判断境界値を示したものである。図1より、全体として、V₁が短母音だと判断された場合、V₁が長母音と判断された場合の両方において、V₁持続時間が長くなるほど促音判断境界値が下がっていく、つまり促音だと判断されやすくなる様子が見て取れる。また、V₁持続時間が同じであれば、V₁が長母音だと判断された場合の方が促音判断境界値が高くなることを見て取れる。以上の傾向はV₁が長母音と判断されたかどうかに関係なく、また、発話速度にも関係なく、一貫して見られるようである。

被験者のC₂音韻長の判断を2値の従属変数(非促音(0); 促音(1))とし、C₂持続時間(連続変数)、V₁持続時間(連続変数)、V₁音韻長(名義変数: 短母音(0); 長母音(1))、発話速度(名義変数: Normal(0)、Fast(1)、Slow(2))を独立変数とするロジスティック回帰分析の結果、V₁の音韻長×発話速度、V₁の持続時間×発話速度の交互作用が有意であり、発話速度によってC₂音韻長に対するV₁音韻長の影響、またはV₁持続時間の影響が異なることが示唆されたため、発話速度ごとにデータを分割して再度ロジスティック回帰分析を実施した。

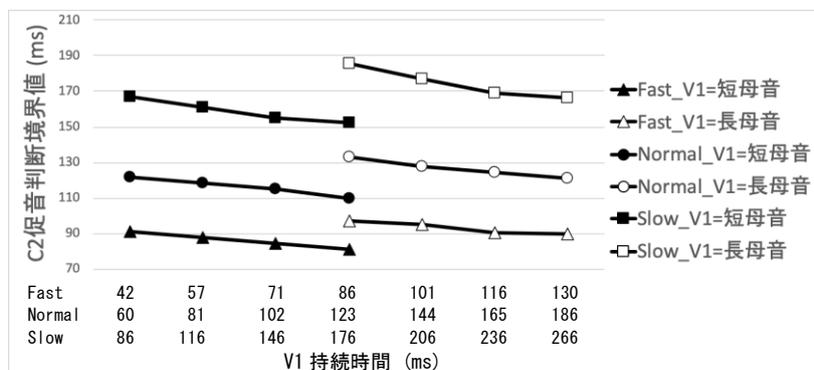


図 1: V₁持続時間、V₁の知覚された音韻長、発話速度ごとのC₂の促音判断境界値

その結果、どの発話速度においても、V₁が長母音だと判断されるとC₂が促音だと判断されにくくなる(判断境界値が上がる)という対比効果が存在することが明らかとなった(表2)。また、V₁持続時間がC₂の促音判断に与える影響は有意であり、V₁持続時間が長くなるほどC₂が促音だと判断されやすかった(判断境界値が下がった)。すなわち、発話速度によらず、C₂の音韻長の知覚に対してV₁持続時間による同化効果が存在することが判明した。V₁持続時間とV₁の知覚された音韻長の交互作用は有意ではなかったことから、V₁の知覚された音韻長によって、V₁持続時間の影響の現れ方は変わらないと言える。

表 2: C₂の音韻長に対するV₁の影響 (V₁持続時間×V₁音韻長の交互作用を含まない場合)

発話速度	独立変数	結果
Normal	V ₁ 持続時間	同化効果 ($B = 0.015, W^2 = 40.454, df = 1, p < 0.001$)
	V ₁ 音韻長	対比効果 ($B = -1.880, W^2 = 89.772, df = 1, p < 0.001$)
Fast	V ₁ 持続時間	同化効果 ($B = 0.023, W^2 = 59.738, df = 1, p < 0.001$)
	V ₁ 音韻長	対比効果 ($B = -1.880, W^2 = 106.379, df = 1, p < 0.001$)
Slow	V ₁ 持続時間	同化効果 ($B = 0.012, W^2 = 58.837, df = 1, p < 0.001$)
	V ₁ 音韻長	対比効果 ($B = -2.138, W^2 = 117.512, df = 1, p < 0.001$)

以上の分析結果をまとめたのが表3である。本研究の実験のように発話速度が変更された場合においても、V₁の持続時間が同化効果を示すという点と、V₁の知覚された音韻長が対比効果を示すという点で、石橋ほか(2018)や石橋・竹安(2019a,b)、Takeyasu and Giriko(2017)などで報告されているのと同様の結果が得られたことになる。

表 3: C₂の音韻長の知覚に対するV₁の影響：まとめ

	V ₁ 音韻長の影響	V ₁ 持続時間の影響	
		V ₁ が短母音だと判断されたとき	V ₁ が長母音だと判断されたとき
石橋ほか(2018)など	対比効果	同化効果	同化効果
本研究	Normal	対比効果	同化効果
	Fast	対比効果	同化効果
	Slow	対比効果	同化効果

2.3.2. V₁の音韻長の知覚に対するC₂持続時間及び音韻長の影響

このセクションでは、以下の点に着目してV₁の音韻長の知覚に対するC₂の影響を分析する。

- (E) V₁が短母音であるか長母音であるかの判断に対して、C₂の持続時間がどのように影響するか
- (F) V₁が短母音であるか長母音であるかの判断に対して、C₂の音韻長(C₂が促音と判断されるかどうか)がどのように影響するか
- (G) C₂が非促音と判断された場合と促音と判断された場合とで、(E)の影響の現れ方がどのように変化するか
- (H) 発話速度の変化に伴い、(E)(F)(G)の影響の現れ方がどのように変化するか

図2はC₂の持続時間、C₂の知覚された音韻長、発話速度の条件ごとにV₁の長音判断境界値を示したものである。図2より、全体として、C₂が非促音だと判断された場合において、C₂持続時間が長くなるほど長音判断境界値が下がっていく、つまり長音だと判断されやすくなる様子が見て取れる。しかしC₂が促音だと判断された場合には、C₂持続時間が長くなるうとも長音判断境界値はほとんど変化が見られないよう

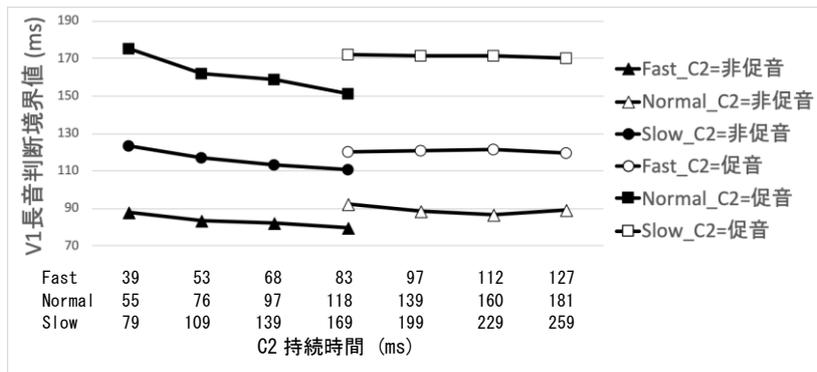


図 2: C₂ 持続時間、C₂ の知覚された音韻長、発話速度ごとの V₁ の長音判断境界値

である。また、C₂ 持続時間が同じであれば、C₂ が促音だと判断された場合の方が長音判断境界値が高くなることを見て取れる。以上の傾向は発話速度に関係なく一貫しているようである。

被験者の V₁ 音韻長の判断を 2 値の従属変数 (短母音 (0); 長母音 (1)) とし、V₁ 持続時間 (連続変数)、C₂ 持続時間 (連続変数)、C₂ 音韻長 (名義変数: 非促音 (0); 促音 (1))、発話速度 (名義変数: Normal (0), Fast (1), Slow (2)) を独立変数とするロジスティック回帰分析の結果、C₂ の音韻長×発話速度、C₂ の持続時間×発話速度の交互作用が有意であり、発話速度によって V₁ 音韻長に対する C₂ 音韻長の影響、または C₂ 持続時間の影響が異なることが示唆された。そのため、発話速度ごとにデータを分割して、再度ロジスティック回帰分析を実施したところ、どの発話速度においても、C₂ が促音だと判断されると V₁ が長母音だと判断されにくくなる (判断境界値が上がる) という対比効果が存在することが明らかとなった (表 4)。

表 4: V₁ の音韻長に対する C₂ の影響 (C₂ 持続時間×C₂ 音韻長の交互作用を含まない場合)

発話速度	独立変数	結果
Normal	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.016, W^2 = 42.940, df = 1, p < 0.001$)
	C ₂ 音韻長	対比効果 ($B = -1.761, W^2 = 66.960, df = 1, p < 0.001$)
Fast	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.018, W^2 = 35.409, df = 1, p < 0.001$)
	C ₂ 音韻長	対比効果 ($B = -1.728, W^2 = 85.271, df = 1, p < 0.001$)
Slow	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.011, W^2 = 41.759, df = 1, p < 0.001$)
	C ₂ 音韻長	対比効果 ($B = -1.785, W^2 = 74.372, df = 1, p < 0.001$)

C₂ 持続時間に関しては、主効果としては発話速度に関わらず、C₂ 持続時間が長くなるほど V₁ が長母音だと判断されやすい (判断境界値が上がる) という同化効果が存在するという結果が得られたが、C₂ 持続時間と C₂ 音韻長の交互作用が有意であった (知覚された音韻長によって C₂ 持続時間の影響が変わる) ため、一概に同化効果があるとは言い切れない。そこで、C₂ の知覚された音韻長ごとに再度ロジスティック回帰分析を行ったところ、C₂ が非促音の場合、C₂ 持続時間が V₁ の長音判断に与える影響は有意であり、同化効果が存在すると言えるが、C₂ が促音の場合は C₂ 持続時間が V₁ の長音判断に与える影響は有意でなかった (表 5)。

以上の分析結果をまとめたのが表 6 である。本研究の実験のように発話速度が変更された場合においても、C₂ の知覚された音韻長が対比効果を示すという点と、C₂ が非促音だと判断されると V₁ の音韻長判断に対して C₂ 持続時間の同化効果が生じるのに対し、促音だと判断されると同化効果が生じなくなるという点で、石橋ほか (2018)、Takeyasu and Giriko (2017) などの報告と同様の結果が得られたと言える。

表 5: V₁ の音韻長に対する C₂ 持続時間の影響 (C₂ 音韻長ごとにデータを分割した場合)

発話速度	C ₂ 音韻長	独立変数	結果
Normal	非促音	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.032, W^2 = 71.765, df = 1, p < 0.001$)
	促音	C ₂ 持続時間	影響なし ($B = -0.001, W^2 = 0.023, df = 1, p = 0.879$)
Fast	非促音	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.030, W^2 = 53.397, df = 1, p < 0.001$)
	促音	C ₂ 持続時間	影響なし ($B = -0.001, W^2 = 0.022, df = 1, p = 0.882$)
Slow	非促音	C ₂ 持続時間	同化効果 ($B = 0.024, W^2 = 75.736, df = 1, p < 0.001$)
	促音	C ₂ 持続時間	影響なし ($B = -0.001, W^2 = 0.069, df = 1, p = 0.793$)

表 6: V₁ の音韻長の知覚に対する C₂ の影響：まとめ

		C ₂ 音韻長の影響	C ₂ 持続時間の影響	
			C ₂ が非促音だと判断されたとき	C ₂ が促音だと判断されたとき
石橋ほか (2018) など		対比効果	同化効果	なし
本研究	Normal	対比効果	同化効果	なし
	Fast	対比効果	同化効果	なし
	Slow	対比効果	同化効果	なし

3. 考察

本稿では、石橋ほか (2018)、石橋・竹安 (2019a,b) 及び Takeyasu and Giriko (2017) において観察された隣接要素間での同化効果及び対比効果が、発話速度の変化が起きた際にも観察されるのかという点に注目して知覚実験を行った。その結果、これらの研究で報告された同化効果及び対比効果は、影響の程度の差こそあれど、どの発話速度においても観察された。また、先行研究において、後続子音が促音の場合には後続子音の持続時間による同化効果が観察されないと報告されているが、本研究の実験でも同様に、この条件下ではいずれの発話速度においても同化効果が観察されなかった。以上の事から、長音と促音の知覚における同化効果及び対比効果という二次的要因の影響の現れ方は、発話速度に関係しないことが明らかになった。¹

一般に、ある要素が隣接する要素に影響を与えるためには、両者が一定の時間窓 (およそ 300ms) に収まっている必要があるとされている (Newman and Sawusch 1996, Sawusch and Newman 2000)。仮にこの時間窓が固定的なものであるならば、発話速度の変化に伴い同化効果及び対比効果の生じ方が変わる可能性があるが、本研究の実験においては、発話速度が変化してもこれらの効果の生じ方は変わらなかった。これより、時間窓が固定的なものではなく、柔軟に変化するものである可能性が示された。

発話速度によって知覚のパターンが変化しないことから、知覚において不変的な手がかりが存在することが示唆される。Hirata and Whiton (2005) や Hirata (2007) は、単語に占める子音持続時間の割合などの相対的指標を用いれば、発話速度が変化した場合にも産出における促音・非促音の区別が適切になされることを明らかにし、相対的な尺度上での音響的な不変性が存在することを指摘している。また、Amano et al. (2007) や Amano and Hirata (2010) によれば、促音の知覚においてもこうした相対的な指標による分析が有効である。ただし、これらの先行研究では、促音に先行する要素が短母音に限られているため、本研究で議論した

¹ ただし本実験の発話速度の操作は機械的に行われたものであり、話者自身に発話速度を変えて読んでもらったものではないため、この結果の一般性については慎重に考える必要がある。

隣接要素の音韻長等の二次的な要因を加味した上でも、相対的指標に基づく分析が有効であるかは分からない。この点については今後の研究課題としたい。

4. 結論

本稿では、長音と促音の知覚における隣接要素の持続時間及び音韻長の影響が、発話速度が変わった際にも観察されるかどうかを明らかにすることを目的として知覚実験を実施した。その結果、隣接要素の持続時間の影響 (同化効果) も音韻長の影響 (対比効果) も、発話速度に関係なく観察されることが明らかとなった。

References

- 石橋頌仁・神谷祥之介・竹安大 (2018) 「長音と促音の知覚における隣接要素間の同化効果と対比効果」 日本音声学会 第 32 回全国大会 (2018 年 9 月 15 日、沖縄国際大学、ポスター発表) .
- 石橋頌仁・竹安大 (2019a) 「長音と促音の知覚における同化効果と対比効果の妥当性の検証：個人差に関する分析」 『福岡大学研究部論集 A: 人文科学編』 19(1): 65-72.
- 石橋頌仁・竹安大 (2019b) 「長音と促音の知覚における隣接要素間の同化効果：実験デザインの影響の検証」 日本音声学会第 33 回全国大会 (2019 年 9 月 29 日、清泉女子大学、ポスター発表) .
- 大深悦子・森庸子・桐谷滋 (2005) 「促音の知覚に対する先行・後続母音長の影響」 『音声研究』 9(2): 59-65.
- 藤崎博也・杉藤美代子 (1977) 「音声の物理的性質」 『音韻 (岩波講座 日本語 5)』 63-106. 東京：岩波書店.
- Amano, Shigeaki, Ryoko Mugitani and Tessei Kobayashi (2007) Perceptual boundary between a single and geminate stop in Japanese. *Proceedings of the 16th ICPHS*, 733-736.
- Amano, Shigeaki and Yukari Hirata (2010) Perception and production boundaries between single and geminate stops in Japanese. *Journal of the Acoustical Society of America* 128(4): 2049-2058.
- Boersma, Paul and David Weenink (2017) Praat: doing phonetics by computer (Version 6.0.28) [Computer program]. <http://www.praat.org/> [accessed October 2017].
- Hirata, Yukari (2004) Effects of speaking rate on the vowel length distinction in Japanese. *Journal of Phonetics* 32: 565-589.
- Hirata, Yukari and Stephen G. Lambacher (2004) Role of word-external contexts in native speakers' identification of vowel length in Japanese. *Phonetica* 61: 177-200.
- Hirata, Yukari and Jacob Whiton (2005) Effects of speaking rate on the single/geminate stop distinction in Japanese. *The Journal of the Acoustical Society of America* 118(3): 1647- 1660.
- Hirata, Yukari (2007) Durational variability and invariance in Japanese stop quantity distinction: Roles of adjacent vowels. *Journal of the Phonetic Society of Japan* 11(1): 9-22.
- Kinoshita, Keisuke, Dawn M. Behne and Takayuki Arai (2002) Duration and f0 as perceptual cues to Japanese vowel quantity. *Proceedings of the 7th International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP)*, 757-760.
- Newman, Rochelle S. and James R. Sawusch (1996) Perceptual normalization for speaking rate: Effects of temporal distance. *Perception & Psychophysics* 58 (4): 540-560.
- Sawusch, James R. and Rochelle S. Newman (2000) Perceptual normalization for speaking rate II: Effects of signal discontinuities. *Perception & Psychophysics* 62 (2): 285-300.
- Takeyasu, Hajime and Mikio Giriko (2017) Effects of duration and phonological length of the preceding/following segments on perception of the length contrasts in Japanese. In: Haruo Kubozono (ed.) *The phonetics and phonology of geminate consonants*, 85-117. Oxford: Oxford University Press.