

中国語母語話者による日本語促音の調音タイミングに関する予備調査 —超音波データをもとに—

守本 真帆[†] 溝口 愛[‡] 李 瑋昱[§] 荒井 隆行[§]

[†] 上智大学理工学部 / 日本学術振興会 〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

[‡] 前橋工科大学工学部 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1

[§] 上智大学理工学部 〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

E-mail: [†] maho.morimoto.jp@gmail.com

あらまし 本研究では, 中国語を母語とする日本語学習者による促音の調音タイミングを, 超音波データをもとに舌尖の動作に着目して母語話者と比較し, 検討した. 分析対象とした1名の学習者による発話では, 舌尖が上昇し始めてから最高点に達するまでの時間が母語話者よりも短いものの, 先行する母音の発話が終わらないうちに子音の動作が開始しているという点においては母語話者との共通点がみられた. しかし, 母語話者では舌尖上昇の際に舌全体がほぼ同時に持ち上がっているのに対し, 学習者では舌尖がまず上昇し, 追って舌端が上昇していた. 今後の分析では, より詳細な音響分析および舌尖以外の調音器官の動作にも着目した分析を進める必要がある.

キーワード 促音, 超音波, 中国語母語話者, 日本語学習, L2, 調音タイミング

Preliminary Study on Articulatory Timing of Japanese Geminate Obstruents in Native Chinese Speakers — Based on Ultrasound Data —

Maho MORIMOTO[†] Ai MIZOGUCHI[‡] Weiyu LI[§] Takayuki ARAI[§]

[†] Faculty of Science and Technology, Sophia University/Japan Society for the Promotion of Science

7-1 Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8554 Japan

[‡] Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology 460-1 Kamisadori, Maebashi City, Gunma, 371-0816 Japan

[§] Faculty of Science and Technology, Sophia University 7-1 Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8554 Japan

E-mail: [†] maho.morimoto.jp@gmail.com

Abstract In this ultrasound study, we compared the gestures and their relative timings for Japanese geminate obstruents produced by a native Chinese speaker and a native Japanese speaker, with special focus on the tongue tip (TT) rising gesture. The duration of TT gesture was shorter in the learner's speech compared to the native speaker. However, for both speakers, the onset of TT rising gesture overlapped with the production of the preceding vowel. We also observed that while TT gesture of the native speaker is accompanied with simultaneous tongue blade (TB) rising gesture, the two gestures occur in sequence for the learner. Taken together, the results suggest the need for further acoustic analyses as well as articulatory analyses beyond TT gesture, including other relevant articulatory gestures.

Keywords geminate, ultrasound, L1 Chinese speakers, L2 Japanese, articulatory timing

1. はじめに

日本語における子音の長短対立の知覚と産出は, 学習者にとって困難であることが指摘されている[1]. 学習者による促音の産出に関する先行研究には音響的な対立の実現に関するものが多々挙げられるが[1, 2], 調音動作そのもののタイミングに関するものは多くない. しかし, 学習者による促音の発話ストラテジーによっ

ては, 音響的な子音の持続時間による対立が見受けられたとしても, 母語話者にはリズムが不適切に聞こえたり[1], その他の音響的特徴によりやや不自然に聞こえたりすることが報告されている. たとえば[3]では, 母語話者の発話では促音に先行する母音の出わたりにみられるフォルマント遷移が学習者ではみられないケースについて指摘している. そのような場合, 「かった」のように促音を含む語が「か」「た」のような独立して

発話された2つの音節のように聞こえることがある。

母語話者による母音から子音にかけての舌の運動のタイミングが図1-Aのようになっていると仮定するならば、学習者によるフォルマント遷移が伴わない発話では、舌の運動の開始のタイミングが母語話者よりも遅い可能性がある(図1-B)。また、そのような場合には母音が終わる直前もしくは終わったのちに子音の準備を素早く進めるために、舌の上昇運動開始から動作の完成までの時間が短くなることが予想される。あるいは、母音末尾において舌ではなく声帯の操作によって無音の区間を実現するという可能性も考えられ、その場合には舌の上昇動作の持続時間はフォルマント遷移のみられる発話(図1-A)と同様であっても、動作のタイミングが異なる可能性がある(図1-C)。

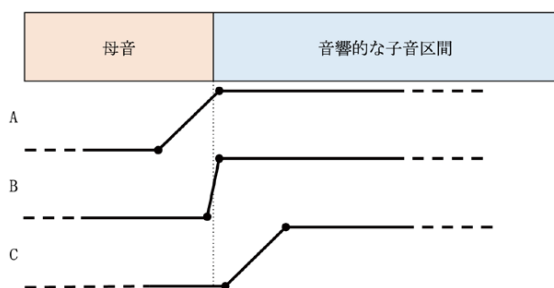


図1 舌の上昇タイミングのイメージ図

本研究では中国語を母語とする日本語学習者による促音の発話について、調音動作とそのタイミングに着目し調査した。特に閉鎖音の促音における舌尖の調音動作と音響的な持続時間やタイミングとの関係について予備的な分析の結果を報告する。

2. 実験

2.1. 参加者

本実験には日本語母語話者および中国語母語話者がそれぞれ10名ずつ参加したが、本稿ではそのうちの中国語母語話者1名(BCF03)について報告する。また、比較対象として日本語(標準語)の母語話者1名(BJF03)についても報告する(いずれも20代女性)。中国語母語話者については、母語が中国語(標準語, 広東省出身)の日本語学習者で、実験時において日本語学習歴が合計6年あり、そのうちの2年9ヶ月間は日本に居住していた(日本語能力試験N2取得済)。

本研究は上智大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施された。実験時のアンケートに聴覚や構音に異常があると答えた話者はいなかった。

2.2. 実験環境

実験は防音室にて実施した。実験参加者にはヘッドギアを装着してもらい、超音波診断装置(MicUs, EXT-1H)に接続したプローブ(MC10-5R10S-3)を下顎の下から上方に向かって押し当てるように固定し、矢状面の舌の運動を記録した。得られた超音波画像のフレームレートは113.5fpsであった。

また、参加者の前方45度の角度で約30cmの距離において、オーディオインターフェイス(Focusrite, Scarlett Solo 2nd Gen)を介してPCに接続したマイクロフォン(Rode, NT2-A)を用いて音声を収録し、超音波画像と同じPC上に保存した。

2.3. 実験方法

本実験では前後の母音を/a/とする子音/t, k, s, ʃ/について、それぞれの促音と非促音を含む実在語を10回ずつ発話してもらった。各語は擬似ランダム的な順にひらがなでモニターに提示され、参加者には本人にとって自然な速度で「これは__といます」という文に入れて読み上げてもらった。本稿では「はた(人名の畑)」および「はった(這った)」のみについて報告する。

なお、本実験は2つのセッションからなり、1つのセッションはアクセントが頭高型の語のみを含み、もう1つのセッションは尾高型もしくは平板型の語を含んでいた。どちらのセッションを先に実施するかは参加者によって異なっており、本稿にて報告する話者については中国語母語話者は頭高型セッションを先に、日本語母語話者は頭高型セッションを後に実施している。また、実験を開始する前に語の意味と読み方、既知かどうかを確認した。

2.4. 分析方法

まず、音声ファイルをもとに、Praat[4]を用いて分析対象となるターゲット語/hata/および/hat:a/, その中の子音/t/ないし/t:/ (以下C), そしてその先行母音/a/ (以下V1)の音響的な開始, 終了および中間点を特定した。それらの情報をもとに、表1に示したそれぞれの時点での舌の輪郭をMatlab上でGetContours[5]を用いて目視でトレースし、平滑化処理を施したのちに抽出した。また、調音動作において鍵となるタイミングのフレームの位置(タイムスタンプ)を抽出した(表1)。TTGestOnsは母音発話時の安定した状態から舌尖(Tongue Tip)が上がり始めたフレームとし、TTMaxおよびTBMaxはそれぞれ舌尖, 舌端(Tongue Blade)の上昇動作が止まったフレームとした。それぞれのフレームのタイミングのイメージを図2に示す。

なお、超音波画像と音声の同期ができなかった発話については分析対象から外した。本稿では、BCF03では18回分の発話(非促音・促音9回ずつ)、BJF03で

は 19 回分の発話（非促音 10 回，促音 9 回）が分析対象となっている。

表 1 舌の輪郭を抽出したフレーム

フレーム	説明
V1mid	促音の先行母音の音響的な中間点
Cons	促音の音響的な開始点
Cmid	促音の音響的な中間点
TTGestOns	超音波画像上で舌尖が上昇し始めたフレーム
TTMax	超音波画像上で舌尖が最高点に達したフレーム
TTGest50	超音波画像上で，TTGestOns と TTMax との中間のフレーム
TBMax	超音波画像上で，舌端が最高点に達するフレーム

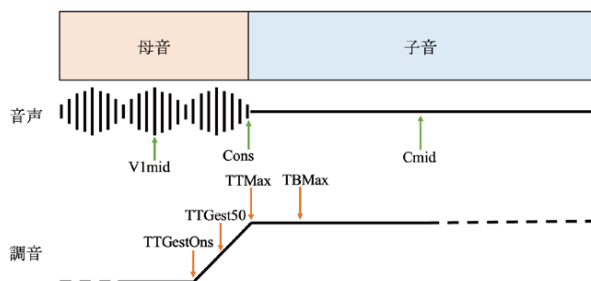


図 2 舌の輪郭を抽出したフレームのタイミングのイメージ図

3. 結果と考察

3.1. 音響的な持続時間

/hata/および/hat:a/における語の持続時間，C および V1 の持続時間を表 2 に示す。

表 2 音響的な持続時間 (ms, 括弧内は sd)

話者	子音	Word	V1	C
BCF03	非促音 (n=9)	517.65 (18.92)	90.13 (12.02)	142.42 (19.98)
	促音 (n=9)	608.27 (38.26)	83.76 (5.59)	202.40 (26.88)
BJF03	非促音 (n=10)	235.10 (28.41)	49.97 (6.23)	60.62 (9.33)
	促音 (n=9)	296.02 (28.35)	62.33 (10.73)	129.39 (9.54)

まず，今回分析対象としている話者は話速が大きく異なっており，母語話者の方が話速が速いため表 2 の全ての指標において絶対的な持続時間が短い。しかし，それぞれの話者による子音長の対立に着目してみると，程度の差はあるがいずれの話者も子音の音響的な持続時間は非促音と比べて促音の方が長くなっている。母語話者では促音は非促音の 2.13 倍長く，学習者では

1.42 倍長くなっている。

また，日本語の促音の特徴として促音の先行母音の持続時間が非促音と比べて長くなることが挙げられており，今回も母語話者では促音の先行母音が非促音の 1.25 倍となっている。一方，そのような傾向は学習者ではみられず (0.93 倍)，この点に関しては母語の干渉が起こっている可能性がある。

3.2. 舌尖の上昇運動の持続時間

舌尖の動き始め (TTGestOns) から最高点 (TTMax) までの時間長を表 3 に示す。語の長さに対する舌尖の上昇運動の時間を比べると，母語話者よりも学習者の方が舌尖の動作にかかる時間が短いことがわかる (語の持続時間の 16%)。これは図 1-B のパターンと合致する傾向であるが，実際に舌尖の動作開始が母語話者と比べて遅くなっているかどうかについては，音響的な子音区間の開始時点と舌尖の動作開始時点の関係をみる必要がある。

表 3 舌尖の上昇運動の持続時間 (ms, 括弧内は sd)

話者	子音	TTGestOns~TTMax	語の持続時間との比
BCF03	非促音 (n=9)	85.22 (15.27)	0.16
	促音 (n=9)	88.15 (13.94)	0.14
BJF03	非促音 (n=10)	72.28 (17.53)	0.31
	促音 (n=9)	99.90 (24.54)	0.34

また，母語話者では促音の方が非促音と比べて舌尖の動作時間が長くなる傾向にあるが，学習者ではそのような傾向はみられない。

3.3. 舌尖の上昇開始と音響的な子音区間開始とのタイミング

表 4 は舌尖の動作開始時点 (TTGestOns) から音響的な子音区間の開始時点 (Cons) までの時間を示している。まず，いずれも正の値をとっていることから，母語話者においても学習者においても母音の発話途中 (音響的な子音区間の開始前) に舌尖の上昇運動が始まっていることがわかる。また，絶対的な時間長は学習者の方が長いものの，語の持続時間との比をみると母語話者の方が音響的な子音区間前の早い段階から舌の上昇運動を始めている。一方で，母音の持続時間との比でみると，学習者の方が母音の持続時間が短いため，母語話者も学習者も母音区間内に占める舌尖の上昇運動時間の割合にはさほど大きな差はない。したがって，現時点ではいずれの話者の発話も図 1-A のパターンとある程度合致しているといえる。

母音の発話と舌尖の上昇運動が重なって行われているこの区間にフォルマント遷移がみられることが予想されるが、いずれの話者においてもある程度はそのような区間が存在することが確認されたため、本稿の分析対象となっている学習者の発話は少なくとも図1-Cのようなパターンではないと考えられる。

促音の知覚において、そのような区間の絶対的な時間（例 60ms など）や母音の持続時間の中に占める割合（例 80%など）が重要なのか、あるいは話速に対して一定の長さが必要なのかは今後検討していく必要がある。また、母音の発話途中に舌が動き始めていることによって実際にフォルマント遷移が作られているかどうか、今後音響分析によって検討する必要がある。

表 4 舌尖の上昇動作開始から音響的な子音開始までの時間 (ms, 括弧内は sd)

話者	子音	TTGestOns ~Cons	語の持続時間 との比	V1 持続 時間との 比
BCF03	非促音 (n=9)	75.42 (15.34)	0.15	0.84
	促音 (n=9)	78.36 (11.19)	0.13	0.94
BJF03	非促音 (n=10)	60.82 (11.34)	0.26	1.22
	促音 (n=9)	60.72 (16.75)	0.21	0.97

3.4. 舌運動の軌跡とタイミング

図3と図4はそれぞれ学習者と母語話者による舌の上昇運動の軌跡を示している。舌尖の上昇運動の開始時 (TTGestOns), 終了時 (TTMax), そしてそれらの時間的な中間点 (TTGest50) での舌の輪郭が描かれているが、動作の中間時点における舌尖の位置をみると、母語話者では上昇動作の50%かそれ以上を達成しているのに対し、学習者では50%以下となっていることが観察される。このことから、母語話者と学習者では舌尖の上昇動作の加速の仕方に違いがある可能性が示唆される。

一方で、舌尖の最高点において、母語話者では舌全体が上昇しているのに対し学習者では舌尖のみが上昇していることが観察される。ここで、学習者は舌端や舌体の上昇を伴わない舌尖の上昇のみによって子音の狭窄を作り出しているのかという疑問がうまれるが、舌端の最高点を含めた図5をみるとそうではないことがわかる。図5と図6はそれぞれ学習者と母語話者による舌尖の上昇運動の開始時 (TTGestOns), 終了時 (TTMax), そして舌端の上昇運動の終了時 (TBMax) の舌の輪郭を示しているが、図5のTTMaxとTBMaxを比べると、学習者による子音の調音には舌端の上昇運動も参加していることがうかがえる。すなわち、学

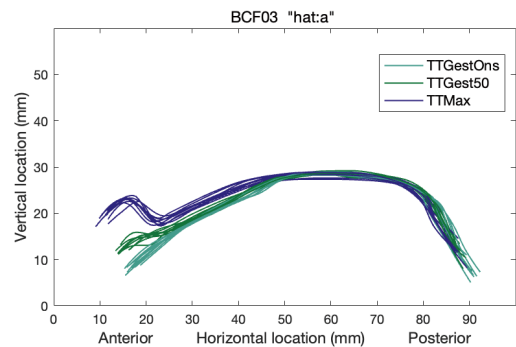


図3 学習者による「はった」における舌運動 (舌尖の上昇開始, 舌尖の最高点, その中間点)

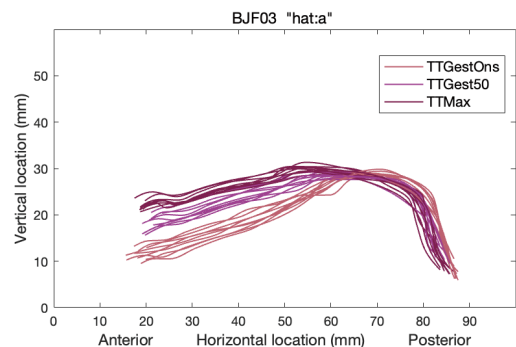


図4 母語話者による「はった」における舌運動 (舌尖の上昇開始, 舌尖の最高点, その中間点)

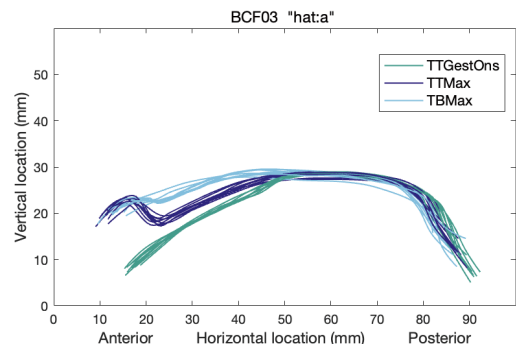


図5 学習者による「はった」における舌運動 (舌尖の上昇開始, 舌尖の最高点, 舌端の最高点)

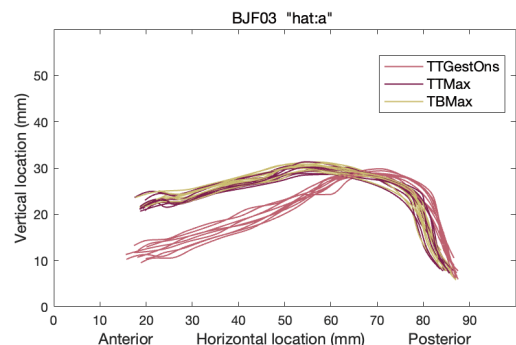


図6 母語話者による「はった」における舌運動 (舌尖の上昇開始, 舌尖の最高点, 舌端の最高点)

習者では舌尖の上昇と舌端の上昇という別個の動作が異なるタイミングで起こっていると考えられる。

したがって、学習者においては必ずしも舌尖の上昇運動の終了をもって子音の調音動作の完成とは言えず、舌端の上昇運動も考慮する必要がある。

そこで、音響的な子音区間の開始から舌尖の最高点までの時間 (Cons~TTMax)、そして子音区間開始から舌端の最高点までの時間 (Cons~TBMax) を表 5 に示す。学習者が舌尖ではなく舌端により子音の閉鎖区間を作っていた場合、Cons~TTMax は負の値をとることが予想されるが、実際には子音区間の開始から 10ms 程度遅れて舌尖の最高点が起こっていることがわかる。したがって、喉頭において別の動作 (声門閉鎖や声帯振動の停止など) が起こっていない限りは、学習者においても舌尖の上昇動作によって子音区間が実現されていると考えられる。舌端の最高点は子音区間の開始後 69~90ms 程度遅れて起こっており、学習者においてはまず舌尖の上昇、追隨して舌端の上昇が行われていることがわかる。また、舌尖の上昇終了のタイミングは非促音と促音とで変わらないが、舌端上昇の終了のタイミングは促音の方が非促音よりも 20ms ほど遅くなっている。

一方、母語話者の発話では、非促音においては (子音区間の開始に対する) 舌尖上昇の終了と舌端上昇の終了のタイミングがほぼ同じであるが、促音では舌端上昇の終了の方が舌尖上昇の終了よりも 15ms ほど遅くなっている。また、非促音と促音を比べると、舌尖および舌端の上昇終了までにかかる時間が 2~3 倍長くなっており、よりゆるやかな動作になっていることが示唆される。

表 5 音響的な子音開始から舌尖および舌端の最高点までの持続時間

(ms, 括弧内は sd, 「比」は語の持続時間との比)					
話者	子音	Cons~TTMax	比	Cons~TBMax	比
BCF03	非促音 (n=9)	9.79 (2.94)	0.02	68.56 (12.29)	0.13
	促音 (n=9)	9.79 (6.89)	0.02	90.11 (7.35)	0.15
BJF03	非促音 (n=10)	11.46 (15.01)	0.05	12.34 (6.16)	0.05
	促音 (n=9)	39.18 (16.56)	0.13	53.87 (11.19)	0.18

4. おわりに

本稿では、中国語を母語とする日本語学習者 1 名および日本語母語話者 1 名による閉鎖子音の促音の発話における調音動作を、主に舌尖の上昇運動に関して比較した。

まず、3.2 節では舌尖の上昇運動の持続時間が学習者では母語話者よりも短いことが示された。3.3 節では、先行研究[3]を調音データから裏づけるかたちで母語話者において促音の先行母音の発話途中に舌が動き始めていることが確認されたが、一方で学習者においても母音の発話途中に舌尖が動き始めていることが観察された。この点においては分析対象の学習者は母語話者と類似した調音動作およびタイミングを用いている可能性 (そしてそれによって促音の先行母音末尾のフォルマント遷移が実現されている可能性) が示唆された。

しかし、3.4 節の結果をうけて、学習者の舌尖上昇開始のタイミングには母語話者と比較して明らかな違いがなかったとしても、舌尖上昇動作と舌端上昇動作のコーディネーションの違いにより音響的な特徴が異なっている可能性が浮上した。

学習者の発話におけるフォルマント遷移の有無や様相については、今後より詳細な音響分析が待たれる。また、舌端や舌体の動作タイミングが母語話者と異なることによりフォルマント遷移の様相に違いが出る可能性も含め、今後は舌尖以外の調音器官の動作も考慮して分析を進める必要がある。

さらに、本稿で報告した特徴が BCF03 個人のものなのか、それとも多くの学習者にみられるものなのか、母語の干渉がなんらかのかたちで起こっているのか、学習者の習熟度とも関係があるものなのか等は今後分析対象の話者を増やして検討していく必要がある。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22J01381 および上智大学重点領域研究の助成を受けた。

文 献

- [1] 戸田貴子, “外国人学習者の日本語特殊拍の習得,” 音声研究, vol.7-2, pp.70-83, Aug. 2003.
- [2] M. Han, “The Timing Control of Geminate and Singleton Stop Consonants in Japanese: A Challenge for nonnative Speakers,” *Phonetica*, vol.40, pp.102-127, July 1992.
- [3] 柳澤絵美, 荒井隆行, “フォルマント遷移とインテンシティの減衰が促音の知覚に与える影響,” 『日本音響学会誌』, vol.71, no.10, pp.505-515, 『日本音響学会誌』 71:10, 505-515, June 2015.
- [4] P. Boersma, and D. Weenink, “Praat: doing phonetics by computer [Computer program],” Version 6.2.14, retrieved 24 May 2022 from <http://www.praat.org/>.
- [5] M. Tiede, “GetContours,” GitHub repository, retrieved 1 May 2022 from <https://github.com/mktiedie/GetContours>.