

日本語の母音の調音におけるアクセント型の影響 -超音波を用いた予備分析*

☆相葉瑛玲菜（上智大），守本真帆（上智大／学振），溝口愛（前橋工科大），
李瑋昱，荒井隆行（上智大）

1 はじめに

日本語の発話におけるアクセント型の影響については資料が不足しており，特にアクセント型と持続時間や調音動作の関係など，基本周波数（F0）以外の側面については研究が十分に進んでいない[1]。

アクセント型と母音の持続時間の関係については先行研究でも相反する結果が報告されており，アクセントがあると母音の持続時間が長くなるという報告[2]がある一方，持続時間にはアクセント以外の要因も働いているという考察もある[3]。また，先行研究では持続時間と調音動作の大きさの関係が示唆されていることに鑑みて[4, 5]，アクセント型と調音動作の関係についても検討の余地がある。

本研究は，アクセント型が母音の調音に与える影響を検証することを目的とする。日本語母語話者による無意味語の発話実験を行い，日本語の母音における影響を3種類の音節において調査した。持続時間とフォルマント値に関する音響分析および超音波診断装置による調音動作分析の結果を報告する。

2 実験

2.1 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（MicrUs, 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113.5 fpsであった。参加者の右前方にマイクロフォン（RODE-NT2-A）を設置して音声を録音し，オーディオインタフェース（Focusrite, Scarlett Solo 3rd Gen）を介してPCに保存した。また，超音波画像も同じPC上に動画で保存した。超音波診断装置を用

いた録画にあたり使用したソフトウェアはAAA[6]であった。

2.2 参加者

日本語母語話者である男性3人が参加した。年齢は全員20代であり，聴覚障害や発話障害はなかった。話者の詳細を実験時のアンケートに基づいてTable 1にまとめる。

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。

Table 1 Linguistic background of each speaker

話者 ID	性別	年齢	日本語の方言
BJM21p	男	25	東北, 東京
BJM22p	男	22	東京
BJM23p	男	21	東京

2.3 実験方法

本実験では，2音節の日本語の無意味語を提示し，それぞれ7回ずつ，アクセント型が異なる3つのセッションに分けて読み上げてもらった。セッションの順は全ての話者でH*L（頭高型），LH*（尾高型），LH（平板型）の順であった。Hは，“High”，Lは“Low”，*はアクセント核を表している。

各語は擬似ランダム的な順にカタカナを用いて参加者の正面に置いたモニターに提示され，それぞれの参加者にとって自然な速度と声の大きさに「まあ__といます」というキャリア文に埋め込んで読み上げてもらった。

2.4 分析対象

本研究では，Table 2に示すC₁V₁C₂V₂の形を持つ無意味語について，アクセント型がH*LおよびLHの場合のV₁の音声学的な特徴について報告する（Cは子音，Vは母音を表す）。V₁を含む音節の種類は，軽音節（Light），促音を含む音節（Long C），長母音を含む音節（Long V）の3タイプである。

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。V₁

* The Effect of Pitch-Accent Patterns on Japanese Vowel Articulation: A Preliminary Ultrasound Analysis, by AIBA, Erena (Sophia U), MORIMOTO, Maho (Sophia U/JSPS), MIZOGUCHI, Ai (Maebashi Institute of Technology), LI, Weiyu, ARAI, Takayuki (Sophia U).

が無声化しているデータは、持続時間の分析には含んでいるが、フォルマント値の分析には含めていない。本研究では、計 362 回分の発話（母音 3 種×音節タイプ 3 種×アクセント型 2 種×7 回×話者 3 人から 16 のエラーを除外）を分析対象としている。

Table 2 List of stimuli included in this study

V ₁	Light	Long C	Long V
/a/	pata	patta	pa:ta
/i/	pita	pitta	pi:ta
/u/	puta	putta	pu:ta

3 結果と考察

3.1 音響分析

音声ファイルをもとに Praat[7]を用いて分節化を行い、TextGrid ファイルを作成した。Fig. 1 に分節化の例を示す。これは“pata”の場合であり、C₁=p, V₁=a（図では a1）、C₂=t, V₂=a（図では a2）となっている。

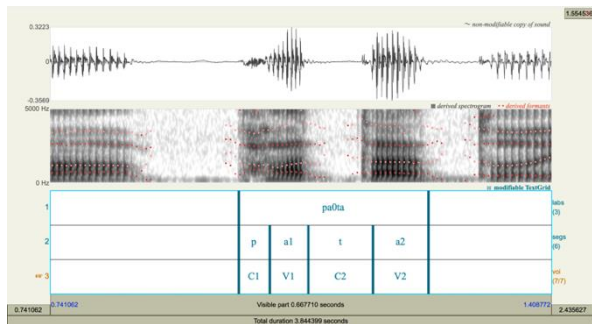


Fig. 1 Example of segmentation

3 人分の TextGrid ファイルにもとづいて計測した持続時間と第 1 フォルマント (F1) および第 2 フォルマント (F2) の結果を報告す

Table 3 Average duration in milliseconds (sd)

音節タイプ	アクセント型	BJM21p	BJM22p	BJM23p	3 人の平均
Light	H*L	48.12 (11.28)	57.19 (11.81)	68.88 (10.26)	57.89 (13.92)
	LH	46.16 (9.41)	61.30 (10.41)	62.64 (8.34)	56.66 (11.97)
		47.17 (10.33)	59.35 (11.15)	65.94 (9.79)	57.28 (12.95)
Long C	H*L	63.09 (10.33)	66.60 (10.87)	76.51 (13.98)	68.64 (12.95)
	LH	63.35 (7.89)	77.61 (8.10)	66.91 (14.94)	69.50 (12.34)
		63.21 (9.17)	72.11 (10.98)	71.71 (15.09)	69.06 (12.61)
Long V	H*L	193.48 (14.39)	210.88 (19.04)	150.75 (22.32)	185.62 (31.32)
	LH	169.62 (7.37)	267.33 (17.64)	168.20 (22.03)	202.79 (49.98)
		181.55 (16.53)	239.79 (33.82)	159.70 (23.60)	194.35 (42.57)

る。分析には R[8]を用いた。持続時間の図は、話者ごとに正規化した値 (z-score) を用いて作成した。

まず、話者ごとに音節の種類とアクセント型で分けた V₁ の持続時間を Fig. 2 と Table 3 に示す。

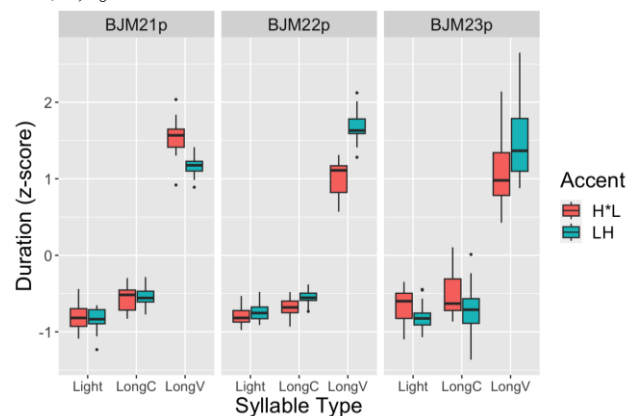


Fig. 2 V₁ duration by speaker, syllable type and pitch-accent pattern (z-score)

Fig. 2 より、話者によってアクセント型による V₁ の持続時間への影響の傾向が異なることが分かった。一方、音節タイプごとの V₁ の持続時間は、全体的に Long V, Long C, Light の順に長くなっていることが分かった。これは長母音が短母音よりも長く、また促音の先行母音が非促音に先行する短母音よりも長くなるという先行研究の報告と合致する傾向である[4, 9]。また、Long V で特にアクセント型の影響が顕著に見られた。したがって、アクセントがあるからといって、一律に持続時間が長くなるわけではないと考えられる。

次に, Fig. 3 に話者ごとにアクセント型で分けた V_1 の母音空間図を示す。Fig. 3 より, アクセント型による母音空間への影響は話者ごとに異なり, また母音ごとに異なることが分かった。BJM21p では, /a/ は H*L の場合に LH の場合よりも下方に位置しており, /i/ は H*L の方が LH よりも前方に位置している。/u/ では他の母音に見られるようなアクセント型の影響が見られなかった。一方, BJM22p では, /a/ は LH の方が下方に位置しており, /i/ はアクセント型の影響が見られなかった。/u/ は LH の方が上に位置している。BJM23p では, /a/ においてはアクセント型の影響が見られなかった。/i/ は H*L の方が LH よりも前方に位置しており, /u/ は H*L の場合に下方に位置している。したがって, H*L の場合に母音空間が全体的に拡張するという傾向はみられなかったが, 部分的に拡張する話者と縮小する話者がいた。それぞれの母音を音節タイプごとに分けるとアクセント型の影響が見られたものもあったが, ここでは割愛する。

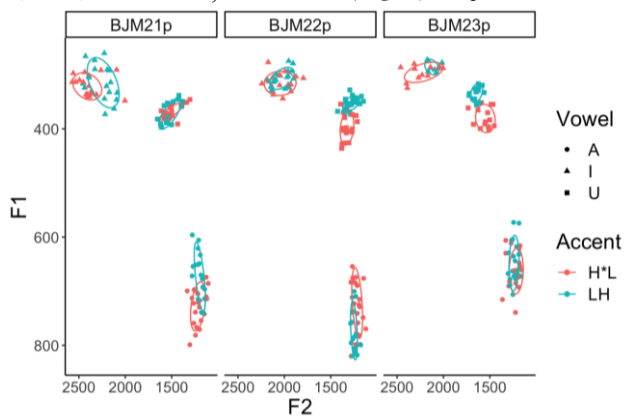


Fig. 3 Vowel space of V_1 by speaker and pitch-accent pattern

3.2 調音分析

音響分析で作成した TextGrid ファイルの情報をもとに, Matlab 上で GetContours[10] を用いて V_1 の音響的な中間点の舌の輪郭を縁取り, 平滑化した。Fig. 4 に縁取りの例を示す。これは“putta”の V_1 , すなわち /u/ の音響的な中間点の舌の様子である。右側が舌尖である。

条件ごとに R[8] を用いて GAM[11] (一般加法モデル) によるモデリングを行い, 予測される舌の輪郭を Fig. 5 (a) から (c) のように描画した。縦軸は舌の高さ, 横軸は舌の前後を表している (右が前方)。

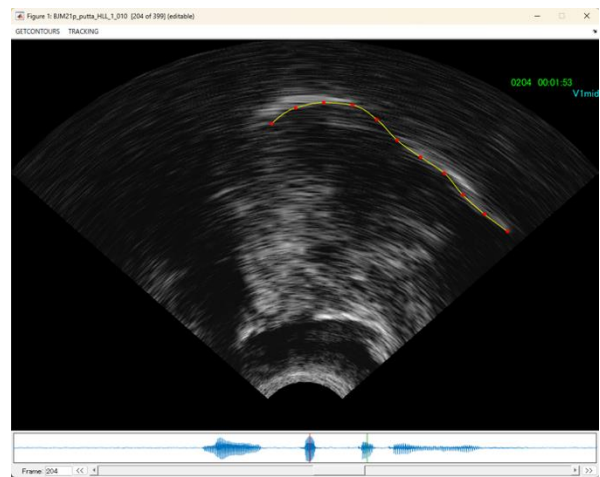


Fig. 4 Example of tongue contour tracking

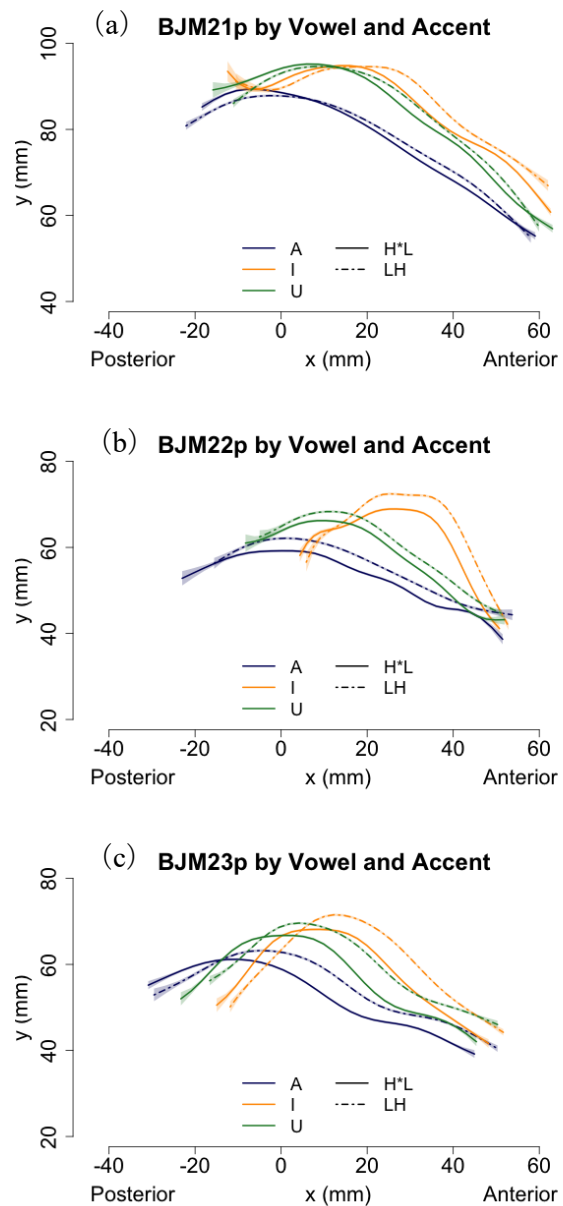


Fig. 5 Tongue contours by vowel and pitch-accent pattern for each speaker

Fig. 5 より、全体的に H*L (実線) よりも LH (破線) の方が舌体が高く、前方に位置している傾向にあり、アクセント型が舌の位置に影響を及ぼしていることが示唆された。また、H*L の時に調音動作がより大きくなっている (それぞれの母音の特徴に応じてより極端になっている) わけではないことがわかった。大げさな発話の際にみられるように、顎の開きが拡大し、それが舌の上下位置に影響しているという可能性も考えられる[12]。

音響分析の結果と調音分析の結果を総合すると、持続時間 (Fig. 2) に比例して調音動作が大きくなるわけではないことが分かった。一方、母音空間図 (Fig. 3) における各母音の上下位置と舌の上下位置の傾向 (Fig. 5) は、BJM22p の/aを除きおおむね一致しているが、前後位置については一致しない場合も多い。また、アクセントによる舌位置の違いは BJM21p では他の話者ほど大きくない。したがって、舌の位置とフォルマント値の間にはある程度の対応関係があると考えられるが、全体像を明らかにするためにはさらなる調査が必要である。

4 おわりに

本研究では、アクセント型が発話に与える影響を調べるために発話実験を行い、母音の持続時間やフォルマント値といった音響的な側面と、発話時の舌の位置および形状といった調音的な側面に注目して分析を行った。

本研究から、アクセント型により母音の調音の際の舌位置が異なることが分かった。また、舌位置の傾向と F1 の関係は多くの場合、矛盾しない。一方、アクセント型が持続時間やフォルマント値にもたらす影響は話者ごとに異なっている。これらの結果に加えて、持続時間と調音動作の大きさの間に一貫した対応が見られないことを考慮すると、アクセント型は持続時間を介して調音に影響しているのではなく、直接的に舌の動きに影響している可能性が示唆される。

今後は、音節タイプや母音の種類の影響や F0 を考慮した分析をさらに進めるとともに、話者の方言や個人差など、その他の要因の影響も検討する必要があると考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22KJ2752 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Sugiyama, *Frontiers in Psychology*, 13, 2022.
- [2] Han, *Japanese phonology: An analysis based upon sound spectrograms*, Kenkyusha Press, 1962.
- [3] 杉藤, 光谷, 樟蔭国文学, 15, 100-119, 1977.
- [4] 藤本, 前川, 音声研究, 18(2), 10-22, 2014.
- [5] 白勢他, 音声コミュニケーション研究会資料, 1, 69-74, 2021.
- [6] Articulate Instruments Ltd., *Articulate Assistant Advanced (AAA)*. Version 221.0.0. 2023.
- [7] Boersma, Weenink, Praat: Doing phonetics by computer. Version 6.3.02. 2022.
- [8] R Core Team., *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. 2014.
- [9] 福居, 音声学会会報, 159, 9-12, 1978.
- [10] Tiede, GetContours: tongue contour fitting software; v0.8. [Computer program], 2021. <https://github.com/mktiede/GetContours>.
- [11] Wood, *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. Chapman and Hall/CRC, 2006.
- [12] 藤村, *音声科学原論-言語の本質を考える*, 岩波書店, 2007.