

論文

MRI 動画から観測される日本語・中国語の二連母音 /-a.i/ と二重母音 /-ai/ の調音的特徴の相違

朱春躍・呉琪・張曉昭

要旨：

本研究では、日本語・中国語の二連母音 /-a.i/ と二重母音 /-ai/ に対し、MRI 動画観測の手法を用いてその調音的特徴を検討した。結果、中国語の二重母音は定義通りに調音されるが、日本語の /-a.i/ と /-ai/ における /a/ と /i/ は低舌性・前舌性・下顎開大とも有意差がないことが判明した。よって、日本語「二重母音」は音韻論的意義があっても、調音的には二重母音とは言えず、二連母音と見るべきである。なお、二重母音 /-ai/ への下顎開大の影響は低舌性 / 前舌性ほど強くないことも、調音データによる新たな裏付けを得た。

キーワード：日本語、中国語、二重母音、/-ai/ と /-a.i/、調音的特徴、MRI

Abstract:

This study utilized MRI to analyze the articulatory characteristics of /-a.i/ and /-ai/ in Japanese and Chinese. The results indicated that the Chinese /-ai/ is articulated as defined. In contrast, in Japanese, no significant differences were observed in low tongue position, front tongue position, or jaw opening between /-a.i/ and /-ai/. Therefore, while “diphthongs” may have phonological significance in Japanese, they

cannot be considered true diphthongs from an articulatory perspective and should instead be viewed as a “vowel sequence”. Furthermore, the impact of jaw opening on /-ai/ was less pronounced compared to the low tongue and front tongue positions.

Keywords: Japanese, Chinese, diphthong, /-ai/ & /-a.i/, articulatory features, MRI

1. はじめに

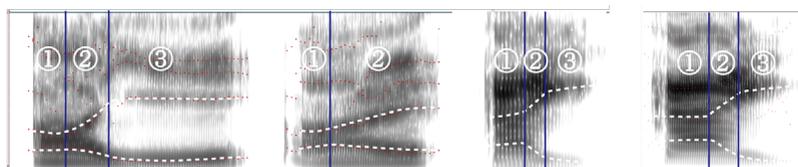
母音連続 /-ai/ には、日中両言語とも二連母音と二重母音があるとされている(服部 1951, p.52、斎藤 2009, p.81、林・王 1992, pp.97–99、鮑・林 2014, p.116)。前者は2つの母音があきらかに境界をもって発せられるが、後者は「一つの音節内部で時間とともに音質が変化する母音。(中略)二重母音を構成する二つの要素は一方が強く他方が弱い関係におかれる」と定義されている(新版 音響用語辞典、p.295)。これらを区別するため、斎藤(2009)は「母音連続の場合はそれぞれの母音が別々の音節(後述)に属するので、特にそれを表したい場合は音節境界の記号[.]を間に入れる。」「二重母音を記述するときは始まりと終わりの音色の母音の記号をならべて書くが、際立っていないほうの母音の下に[.]をつけて、それが二重母音であることを示す」としている。また、「始まりの部分のほうがより際立っているもの([ai] など)を下降二重母音、その逆のもの([ia] など)を上昇二重母音という」とし、「日本語の場合は、言い方によって二重母音が現れたり母音連続が現れたりする」と述べている(斎藤2009、p.80–81)。

なお、音韻論的に「音節」の定義を再検討したうえ、あらためて日本語に二重母音が存在するかを検討した結果、「日本語にも二重母音は存在する。(中略)ただ、発話テンポやピッチ変化の影響で連母音として具現されやすいのも事実である」との指摘もある(大高 2016, p.24)¹。

ここではまず、音声学入門書等で定義されている「ある音色で始まっ

て別の音色で終わるが、調音器官の移動はなめらかに連続しており、はっきりとした切れ目はない。(中略)あくまでも一つの母音であって、2つの別々の母音ではない」(斎藤 2009, p.80) という、二重母音の重要な特徴を見るため、中国語・日本語の二連母音・二重母音の代表例について、音響分析ソフト *praat* (version 6.2.12) を用いてスペクトル分析を行なった。その結果を図 1 に示す(発話者は 20 代の中国語普通話話者と 50 代の東京方言話者で、2 名とも女性)。

図 1 (a) は中国語二連母音 *ayi/a1.i2/*、(b) は二重母音 *ái/ai2/* (IPA 表記中の数字 1、2 は声調の音素表記。以下これを省略する)、(c) は日本語二連母音の */ka.i/* (外科医 */geka.i/* の第 2、第 3 音節)、(d) は二重母音を含む音節 *カイ /kai/* (「下界 */gekai/*」の第 2 音節) のスペクトログラムである²。図中の白い点線は F1 (第 1 フォルマント) と F2 (第 2 フォルマント) で (*praat* 上のフォルマント自動抽出結果を参照しながら、フォルマントを示す黒のバーの中心部をなぞって作成。なお、図 1 中の各図とも同じ分析条件での結果である)、図中の丸数字①は第一母音 /a/、③は連母音 /a.i/ の第二母音 /i/ である。図 1 (a) と (c) (d) の②は母音 /a/ から /i/ に移行する音節間の「境界(=わたり音)」であるが、図 1 (b) の *ái/ai2/* の②は「下降二重母音」/ai/ の第 2 母音 /i/ である。この図で明らかのように、二重母音 /ai/ の第 2 母音は定義のとおり、初めから終わりまで時間とともに音色が変化しており、安定した「単純母音」/i/ の音色を示す部分は見あたらない。そして、F2 の到達点も、図 1 (a) の連母音より低く、実質的には標準的 /i/ まで到達しておらず、/ɛ/ の近辺で終わっていることが見てとれる。



(a) *ayi/a1.i2/* (阿姨=おばさん) (b) *ái/ai2/* (癌=ガン) (c) */ka.i/* (カイ=科医) (d) */kai/* (カイ=界)

図 1 中国語と日本語の二連母音・二重母音の音響的特徴

日本語「(外)科医」と「(下)界」の母音部は、そのフォルマントのパターンを見れば分かるように、中国語の二重母音と明らかに異なる。もっとも、第2母音 /i/ (図中の③)の F1 と F2 は水平線になっていないようにも見えるが、傾斜度が小さいうえ、③の全域において十分に標準的母音 /i/ の周波数領域に達している。

一般的には、複数の母音を連続して発する時に「調音結合」が生じる。母音列 /ai/ の前部要素 /a-/ は後部要素 /i/ の調音位置に影響され、単独発話時よりも舌全体が少し高く前寄りになるが、逆に後部要素の /i/ も直前の /a-/ の同化を受けて、単独発話時よりも舌全体が若干奥寄りになり、舌背最高点も低くなる。ただし、こうした調音結合は言語によって異なる特徴を示すことがしばしばある(朱・波多野 2010)。連続して発音される2つの母音 /a/ /i/ が二重母音 /-ai/ になるか、各自の調音域を持ち、はっきりした境界を持つ2母音の連続体 /-a.i/ なのかの判断も、基本的には調音結合の程度によるが、日本語と中国語の母音連続 /-a.i/ と /-ai/ において、両言語の調音結合の度合いが同様にどうかに関する量的研究は、管見の限り見当たらない。

日本語教育の現場では、母語に二重母音 /-ai/ を持つ学習者がよく二重母音の調音法で発話し、その際の /-ai/ がしばしば /-ae/ に聞こえる。すると、「行きたい」が「行きてえ」に聞こえるなど、ポライトネスの上で誤解され、時と場合によっては発話者の素養まで疑われる可能性がある。日本語・中国語二重母音の調音上の相違を重視しなければならない所以である。

日本語も中国語も、二重母音 /-ai/ と二連母音 /-a.i/ は、「下界(ゲ/カイ): 外科医(ゲ/カ/イ)」、「阿姨 āyí : 癌 ái」のように文字表記の形態論的相違によって判別できるが、日本語では同じ表記の語でも、「丁寧に発音する場合は二連母音的であるが、ぞんざいに発音すると二重母音的になる」、との指摘もある(斎藤 2009, pp.80-81)。これは、日本語では中国語などのような音節リズムの言語とは異なり、「音節」よりも、モーラの意識が強いことから来る現象だと思われる(朱 2018)。いずれにしても、音声学的に日本語の /-ai/ と /-a.i/ の相違をはっきりさせることは、学術

的にも、教育的にも意義があることと思われる。

以上を踏まえ、本研究では、日本語・中国語における二連母音 /-ai/ と二重母音 /-ai/ に対し、対照単語対を用いて、MRI 撮像により調音の実態を観察し、質的・量的に検討する。さらに、調音的観点から、両言語の「二重母音」が定義通りの二重母音になっているかどうかを検証する³。

2. 実験⁴

2.1 発話語

日本語と中国語における /-ai/ と /-ai/ の調音的相違を究明するために、日中両言語で近似した音環境の単語対を用意した(表 1)。ただし、中国語には āyí /ai/ (阿姨=おばさん)、ái /ai/ (癌=ガン) 等のような「準最小対語」があるが⁵、日本語には母音だけからなる二連母音・二重母音の常用語ペアが見当たらないため、1 個ずつ単独発話された母音 /a//i/ を採用し、それを母音 /a//i/ の調音域や二重母音 /-ai/ の参照基準とした。

また、日本語内において、「下界 /gekai/」「異体 /itai/」のように /ai/

表 1 発話語リスト 1: 日本語 /a//i/ 単独発話, 中国語二連母音 / 二重母音と, 1 音節中に二重母音を含む日中近似音

日本語	a/i ア / イ	kaikou ① 開口	kaimu ① 会務	kaitou ① 解答	taibu ① 大部	naishin ① 内心	maiban ① 毎晩	haian ① 廃案
中国語	āyí/ái, záyì/zài 阿姨 / 癌, 杂役 / 在	kaikǒu 開口	kāimù 开幕	kāitóu 开头	táibù 台布	nàixīn 耐心	mǎibàn 买办	hǎiān 海岸

発音の表記: 日本語はローマ字, 中国語はピンイン

表 2 発話語リスト 2: 日本語二連母音・二重母音の準最小対語

母音の種類	gekai	itai	kanai	shimai	wakai
/-a.i/	外科医②	痛い②	金井①	島井①	若い②
/-ai/	下界①	異体①	家内①	姉妹①	和解①

注: ○つき数字はアクセント型。①=無核型, ①=頭高型, ②=後ろから 2 拍目がアクセント核

が同じ音節に収まる「二重母音」と、「外科医 /geka.i/」「痛い /ita.i/」のように /a/ と /i/ が異なる音節に分立する二連母音があり、アクセントは異なるが分節音が同一の準最小対語と認められるので、その調音動態を観測するために、日本語発話語リスト2を作成した(表2)⁶。

2.2 実験協力者

日本語母語話者3名(東京方言話者男女各1名、近畿方言話者男性1名)
中国語母語話者2名(中国語北方方言話者男女各1名)

2.3 撮像機材と方法

機材 ATR-promotions 脳イメージングセンタにおいて、Siemens 製 MAGNETOM Verio (3T) を使用した。

方法 実験協力者が MRI 装置内で仰臥位をとり、頭部変位を抑える固定具を装着する。ノイズバースト列にリズムを合わせて同じ発話語を1発話語につき96回繰り返して発話する。本実験において、1 pixel あたり1mm×1mmの分解能と1 slice あたり3mmの厚みを持つ正中矢状断面画像を記録し、60fpsの動画像を構成した。実験中の音声も同時に記録した。

中国語の2音節語と日本語の2音節(4モーラ)語と3音節(3モーラ)語の動画撮像には1200msに1回発話する2拍子トリガー信号を用いた。これにより構成された動画像は68枚の静止画からなる。また、比較の参照基準として、日本語の母音 /a//i/ も1音節語として同じ方法で撮像した。

2.4 画像解析の方法

母音の調音は、「円唇・非円唇」の要素を除けば、基本的には声道中狭めの上(音響的特徴ではF1)・前後(同F2)により決められる。また、本研究の目的である /a//i/ の調音については、開口度がどの程度影響しているかも観察する必要がある。そこで、本研究では、撮像された各発話語の動画像の母音定常部(二重母音の場合は第1母音の開始部と第2母音の調音動作終了前のフレーム)に対し、市販の描画ソフト(Adobe Photoshop)を用いて視認と手描きで調音器官の輪郭をトレースし、狭め

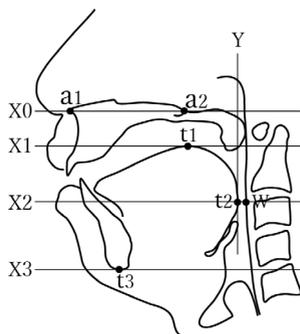


図2 計測方法

の高低の目安となる低舌性、同前後位置の目安となる前舌性と、開口度とある程度連動する下顎開大を計測した。

頭頸部の MRI 画像では実験協力者ごと、または実験ごとに頭部の位置と角度が異なるため、解剖学的基準平面に従った規格化を必要とする。正中矢状断面においては口蓋平面と交わる前鼻棘(上顎骨の前端)と後鼻棘(口蓋骨水平板の後端)を結ぶ直線を基準線として用いることができる。本研究では、図2に示したように、前鼻棘(a1)と後鼻棘(a2)を直線X0で結んだ基準平面が水平になるようにMRI画像の角度を調節したうえで、舌背の最高点t1と下顎骨の下端t3に合わせてX0と並行する水平線X1とX3を描き、さらに舌根面の最後点t2に合わせ、X0と直交する直線Yと水平線X2を追加し、X2上の(舌根最後点と向かい合う)咽頭壁の位置をWとした。以下の3点について計測した。

(1) 低舌性 舌高点t1(規格化画像上の舌背最高点)から基準線X0までの垂直距離を用いた。実測値が小さいほど、「舌面が高い」ことを意味する。

(2) 前舌性 舌根面の最後点t2から咽頭壁Wまでの水平距離によって求めた。実測値が大きいほど「舌全体が前寄り」であることを示す。

(3) 下顎開大 下顎骨の下端t3から基準線X0までの垂直距離を求めた。実測値が大きいほど、「下顎が開いている」ことになる。

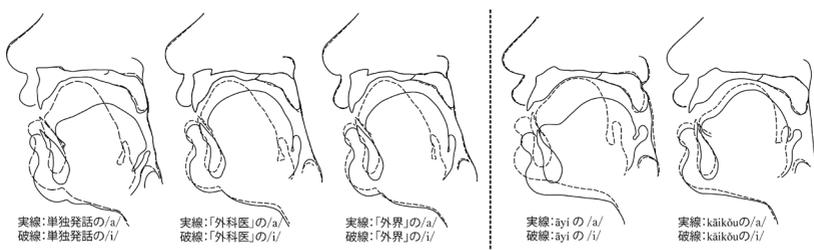
3. 結果と考察

3.1 質的検討

図3に示したのは東京方言話者による日本語単独発話のア /a/、イ /i/ と外科医 /geka.i/ (下線部二連母音)、下界 /gekai/ (下線部二重母音)、中国語北方方言話者の二連母音「阿姨 āyí」の /ai/ と二重母音「开(口) kāi (kǒu)」の /-ai/ における /a/ と /i/ のトレース図をそれぞれ重ね合わせたものであるが、図3に見られた調音的特徴は他の単語例でもほぼ同様の傾向を示している。日本語母音 /a/ /i/ 単独発話を示す目的は、単語発話の場合の二連母音・二重母音が母音単独発話からどの程度変位しているかを見るためである。

次に、日本語話者による単独発話の /a/ /i/ と単語発話「外科医 /-ka.i/, 下界 /-kai/」における /a/ /i/ と、中国語二連母音「阿姨 āyí /a.i/ や二重母音「开(口) kāi (kǒu) /kai (kou) /」における /a/ /i/ の異同を比較しやすいように、母音ごとに各発話語の /a/ /i/ の声道形状トレース図を重ね合わせた(図4)。図中の鎖線・実線・破線はそれぞれ単独発話・二連母音・二重母音を示す。

図3と図4で明らかのように、母音単独発話と比べると、日本語単語発話の場合は二連母音・二重母音とも、第1母音 /a/ は第2母音 /i/ への顕著な同化が見られた(ただし、聴覚的には /a/ から離れていない)が、第2



日本語: /a/ /i/ 単独発話(左), 「二連母音」(中), 「二重母音」(右) 中国語: 「二連母音」(左), 「二重母音」(右)
 図3 日本語・中国語の /a/ /i/ 単独発話と単語発話における「二連母音」と「二重母音」の一例

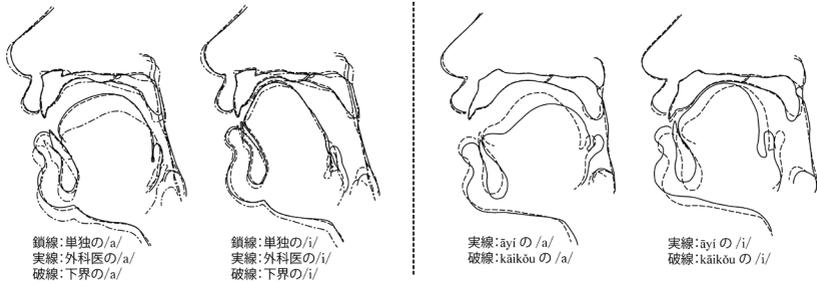
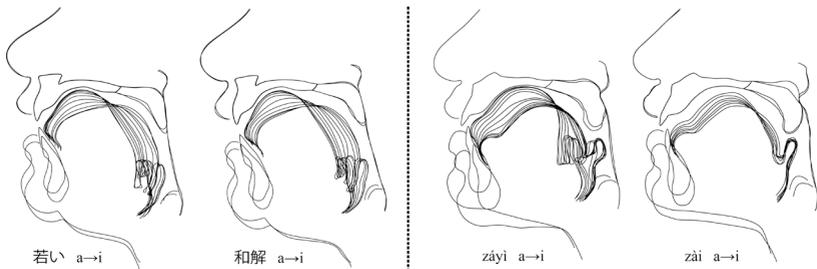


図4 日本語 / 単独発話の /a//i/ と /geka.i/, /gekai/ における /a//i/, (左), 中国語二連母音 /a.i/, 二重母音 /kai(kou)/ における /a//i/ (右) の声道形状

母音の /i/ は単独発話との差が小さく、二連母音と「二重母音」はどちらもほぼ同じ位置で調音されている。

中国語の二重母音は、第1母音(図4左から第3図の破線)は日本語と同じ程度に先行子音の /k/ に同化し、舌全体が大きく上昇している(聴覚的にはやはり /a/ から離れていない)が、第2母音では日本語と異なり、本来の調音位置(図4左から第4図の実線)から大きく変位し、[i] に到達せずに [ɛ] の近傍で音節を終了している(図4左から第4図の破線)⁷。この事実は中国語の二重母音は定義通りの二重母音であることの証左となろう。

二重母音の定義から、/ai/ の2母音は時系列上連続的に変化し、/a/ と /i/ の間にはっきりとした境界がないのに対し、二連母音 /-ai/ の場合は /a/ と /i/ がそれぞれ独自の調音域を持ち、前者から後者へ瞬時に変位



日本語：若い /waki.i/ (左), 和解 /wakai/ (右) 中国語：zāyī /tsa.i/ (左), zàiyī /tsai/ (右)
 図5 日本語・中国語における二連母音 /-ai/ と二重母音 /-ai/ の声道形状変化軌跡

する境界(図1の②がこれに相当)を有するので、調音的には時系列上でもはっきりと判別できるはずである。そこで、次に二重母音と二連母音の声道形状変化の軌跡を見るため、/a/ から /i/ までのすべてのフレームをトレースし、上顎骨の水平板を基準にして重ね合わせた図5を作成した(図5に示したのは日本語・中国語発話語中の1例であるが、他の例でも同様である)。

MRI 動画の1発話語は68枚の静止画から(時間順に)構成されているが、図5の各図に示されたように、舌の輪郭線が時系列上に並べられているので、もし舌がしばらくの間ある調音域に留まっているのであれば、数本の輪郭線がわずかにずれていながら重なって見えるため、線が太く見える(図5左から第1～3図)。一方、舌の変位速度が速い場合、線と線の間隔が広がる。また、/a/ と /i/ の間にはっきりした境界がなく、舌の変位が漸次的であれば、輪郭線が太く見えるような「独自の調音域」を持たず、一定の間隔で並べられているように見える(図5左から第4図)。

図5で見られたように、中国語の二連母音(雑役 záyì / (ts)a.i/) と日本語二連母音(若い / (wak) a.i/)、二重母音(和解 / (wak) ai/) の3者はいずれも似たような声道形状変化軌跡を示している。すなわち、母音 /a/ と /i/ が独自の調音域を持ち、/a/ から /i/ への変位は瞬時に行われていて、/i/ に到達した後もしばらくその位置に留まる。これに対し、中国語の二重母音(「在」 zài / (ts)ai/)、図5の左から第4図)は二重母音の定義通りに調音され、調音結合が顕著に行われているため、両母音は互いに近づき、第1母音から第2母音へ漸次的に変化していき、/i/ に到達せずに音節が終了している様子が見てとれる。

3.2 量的検討

日本語・中国語の言語間差異、日本語内の二連母音と二重母音の差異という2つの側面から実測値を分析する⁸。3.2.1と3.2.2ではそれぞれ発話語リスト1と2による実験結果を用いる。

3.2.1 日本語・中国語の言語間差異

低舌性・前舌性・下顎開大の3つの側面から計測した日本語・中国語の二連母音と二重母音の平均値 (mm) / (標準偏差) と /a-/i/ の差分を表3に示す。また、日本語・中国語の相違が視認しやすいように、両言語の二連母音・二重母音における /a-/i/ の差分(絶対値)を図6のグラフにした。

表3と図6から判明したことは次の2点にまとめられる。(1)日本語・中国語とも、舌面最高点の変位幅を示す低舌性・前舌性のどちらも下顎開大より顕著に大きい。(2)二重母音の下顎開大は二連母音(ただし日本語の場合は単独発話の /a/i/) より小さい。以下具体的に見てみる。

低舌性において、単独発話のア / イと中国語二連母音 āyí のいずれの場合でも、/a/i/ はそれぞれ標準的広 / 狭母音の調音域にあり、/a-/i/

表3 低舌性・前舌性・下顎開大の平均値(mm)/(標準偏差)の日中比較

	低舌性				前舌性				下顎開大			
	二連母音		二重母音		二連母音		二重母音		二連母音		二重母音	
	日本語	中国語	日本語	中国語	日本語	中国語	日本語	中国語	日本語	中国語	日本語	中国語
/a/	32.9 (12.1)	33.4 (1.02)	28.6 (4.53)	24.3 (5.83)	8.77 (3.89)	12.4 (8.39)	16.7 (6.05)	18.2 (12.0)	144 (6.92)	150 (2.54)	143 (5.68)	144 (4.74)
/i/	11.4 (4.08)	12.7 (3.23)	12.0 (4.15)	16.4 (3.74)	35.6 (7.58)	40.6 (14.0)	38.3 (6.92)	35.2 (15.4)	135 (7.46)	136 (9.31)	137 (5.47)	139 (7.82)
/a-/i/	21.5 (8.69)	20.8 (4.07)	16.6 (3.92)	7.94 (3.97)	-26.8 (5.33)	-28.2 (6.8)	-21.6 (6.43)	-17 (7.72)	9.31 (3.36)	14.0 (7.87)	5.56 (3.18)	4.32 (4.89)

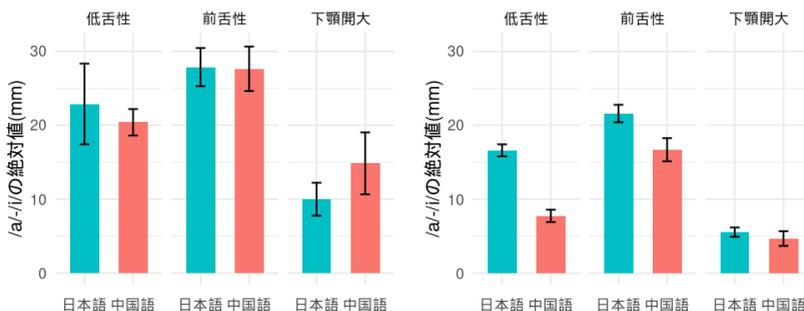


図6 日中両言語の二連母音 /a.i/ (左) と二重母音 /-ai/ (右) における /a—i/ 差分の比較

の差分もそれぞれ 21.5mm と 20.8mm で大差ないが、二重母音 /-ai/ においては日中間で顕著な差異が現れた。/a/ では中国語の値が日本語より小さく、/i/ では中国語のほうが大きかった。低舌性の数値は狭めの狭広変動範囲の大きさの目安となるので、この結果は中国語の二重母音は二連母音より舌面の上がり下がりの範囲が小さいことを意味する。/a/-/i/ の差分を見てもよくわかるが、中国語の二重母音は全体的に日本語の半分以下と値が小さく、舌面の上がり下がりの変位幅は小さい。つまり、中国語では、二重母音中の /a/ を連母音より狭く、第二母音を通常の /i/ より広くし、2 母音を互いに近づけることで二重母音性を実現している。

前舌性においては、単独発話のア / イ と連母音 *āyi* /ai/ では低舌性の場合と同じ特徴が示され、母音 /a/ /i/ が各自の調音域にあり、/a/-/i/ の差分は日・中それぞれ -26.8mm と -28.2mm で大差ないが、二重母音 /-ai/ では、中国語の /a/-/i/ 差分は日本語より小さかった。すなわち、中国語の二重母音における /a/ から /i/ への舌の水平方向の移行距離は二連母音より小さく、調音結合の程度は日本語の「二重母音」より高いと言える。

下顎開大において、中国語二連母音 *āyi* は単独発話のア / イ より大きいですが、二重母音の場合、日中間の相違は小さくなっている。

日本語の「二重母音」は、単母音と比較すると分かるように、第一母音 /a-/ は調音結合の影響を受けて若干狭くなっているが、第二母音 /-i/ の到達点は単母音 /i/ とさほど変わらない。中国語の二重母音が第二母音 /-i/ にその二重母音性が顕著に表れているという事実からすれば、日本語の「二重母音」は調音的には二連母音、ないし単独発話の /a/ /i/ とほぼ同じだと言える。

日本語・中国語の二重母音 /-ai/ の /a/-/i/ の差分における低舌性・前舌性・下顎開大の実測値に対し、低舌性・前舌性・下顎開大を従属変数とした多変量分散分析を実施した。その結果、言語の主効果は有意であり (Pillai's trace = 0.647, $F(3, 31) = 18.91, p < .001$)、言語によって調音的パターンが有意に異なることが示された。各調音指標に対して一変量分散分析では、低舌性 ($F(1, 33) = 53.68, p < .001$) および前舌性 ($F(1, 33) = 6.41,$

$p = .016$) において有意差が認められた一方、下顎開大には有意な差は見られなかった ($F(1, 33) = 0.60, p = .445$)。また、日本語の「二重母音」/ai/ における /a/ → /i/ への舌高点の変位幅は統計的に中国語の二重母音より顕著に大きいとの結果を得た。以上のことから、二重母音 /ai/ の音色変化は、調音的には舌の上下・前後の位置変化によって実現されているのであって、下顎開大が音色変化の重要な手段として用いられていないといえる。

下顎開大の程度は開口度の目安であり、一般的には母音の狭広と連動することが多く、広母音 / 狭母音は下顎開大の大 / 小に対応し (城生 1998 p.76, Erickson et al. 2012, Kawahara et al. 2017)、さらに、音響的特徴と調音的特徴の関係については、開口度が増大するにつれて F1 の値が大きくなる (城生 1998 p.76, Lindblom et al. 1971)、とされている。学会発表などでこの説をベースにした研究が散見され、また、外国語教育の現場で母音種の相違をそのまま口唇形状の相違として説明されていることが多いところからみれば、この説もある程度の影響力を持っているようである。しかし、より多くの著書では、F1 の値に対応しているのは舌の最高部の高さとしている (斎藤 2009 p.153, Lee et al. 2016)。本研究の計測結果は後者の説を支持している。つまり、下顎開大(開口度)は必ずしも舌面の高さと常時連動しているわけではなく、下顎を大きく下げなくても、舌の上下方向の調節により、十分に広母音の調音が可能だし、逆に下顎が大きく下がった状態でも、舌面の高さによる狭母音の調音がさほど困難になるわけでもない。

有力な傍証として、日本語 5 母音を模した教育用声道モデル (Tube-connected models, Arai 2009) では、/o//u/ の 2 母音のみ、「円唇性」のため開口面積が小さくなっているが⁹、/i//e//a/ の 3 母音は、狭めの前後位置と狭さが異なるものの、開口面積は同じである。このことは、日本語の /i//e//a/ において、舌高点の上下・前後の位置こそがこれら 3 母音を区別する最重要な物理的手がかりであり、開口度の差は少なくとも音色を区別するうえで絶対不可欠なパラメータではないことを意味する。

実際の日常会話において、ある程度の下顎開大のもとで、舌高点の調節

により母音の狭広が自由自在にコントロールするというのは、むしろ日本語において多くの話者が常日頃やっていることではないか。日本語教育現場での母音の指導は、学習者に開口度を意識させるよりも、舌高点の位置を意識させたほうが本質的な改善が望めることは、日本語教育の現場でも実証・実践されている¹⁰。

3.2.2 日本語内の /-a.i/ と /-ai/

表2の日本語二連母音 /-a.i/ (「外科医」など) と「二重母音」 /-ai/ (「下界」など) における母音の低舌性 / 前舌性 / 下顎開大のパラメータは表4に示す。なお、表4の数値データに見られる日本語 /-a.i/ と /-ai/ の差を視認しやすいように、/a-/i/ の差分(絶対値)を図7に示す。

表4と図7に見られたとおり、低舌性・前舌性・下顎開大の平均値のいずれの場合でも、二連母音と「二重母音」の差は1mm以下である。そこで、日本語内の二連母音と「二重母音」の低舌性・前舌性・下顎開大について、/a-/i/ の差分に対し、母音連続のタイプ(二連母音・二重母音)を独立変数、低舌性・前舌性・下顎開大を従属変数とした多変量分散分析をした。その結果、有意な主効果は認められなかった (Pillai's trace = 0.003, $F(3, 26) = 0.02, p = .995$)。さらに、各調音的指標に対して一変量分散分析を実施したが、低舌性 ($F(1, 28) = 0.02, p = .892$)、前舌性 ($F(1, 28) = 0.02, p = .898$)、下顎開大 ($F(1, 28) = 0.01, p = .942$) のどの項目においても有意な差は見られなかった。以上の結果から、日本語の「二重母音」は、定義

表4 日本語二連母音と二重母音における低舌性・前舌性・下顎開大の平均値(mm)/(標準偏差)

	低舌性		前舌性		下顎開大	
	二連母音	二重母音	二連母音	二重母音	二連母音	二重母音
/a/, /a-/ /i/, /i-/ /a-/i/	28.5 (5.31)	29.4 (4.6)	19.2 (4.77)	19.1 (4.11)	144 (5.58)	145 (6.69)
	9.72 (2.86)	10.4 (3.52)	39.5 (5.34)	39.2 (5.22)	137 (4.71)	137 (4.31)
	18.8 (4.83)	19.0 (4.86)	-20.3 (5.93)	-20.1 (5.09)	7.8 (3.39)	7.71 (3.75)

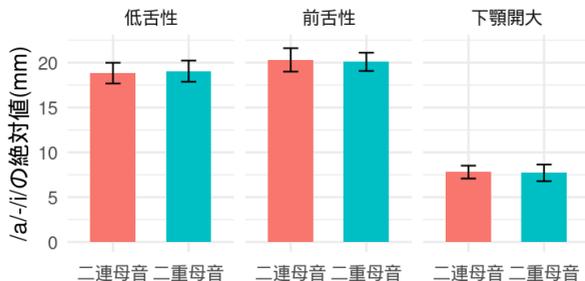


図7 日本語における二連母音と二重母音の比較

通りに調音される中国語二重母音のように二連母音との明確な相違があるわけではなく、調音的二重母音とは言いにくい。

中国語は音節言語であり、音節は一つまたは複数の母音を中心に構成される。母音が複数の場合、互いに協調しながら調音され、1母音から他母音へ漸次的に移行し、母音間の境界がはっきりせず、音節内の調音結合が高度に現れる。一方、モーラ言語の日本語はモーラ間の境界がはっきりしていて、形態論的・音韻論的二重母音の場合でも、2モーラから構成される重音節内の /ai/ はモーラ間の境界を壊すことなく、母音の安定性が保たれる(朱2018)。このように、日本語「二重母音」、特に第2母音の母音間調音結合が中国語より弱いことは、モーラ言語の特徴だと思われる。

以上の質的・量的検討の結果、日本語における「二重母音」は、音韻論的にはその重要性は認められるが(アクセント核の担い手は音節であり、「二重母音」の後部はアクセント核にならない。窪園2006, p.19)、音声的特徴の明確な定義・説明は日本語音声の事実の記述のためにも、日本語教育において学習者に自然な発音を指導するうえでも大変重要だと思われる。

なお、本研究で提供した視認できる調音データは、広母音 /a/ と狭母音 /i/ の音色の相違は狭めの位置(本研究では低舌性と前舌性)によって決められ、下顎の開大との関連性が弱いことを裏付ける新たな参考資料になり、今後の日本語教育に役立つことが期待できよう。

4. まとめ

本研究では、二連母音 /-a.i/ と二重母音 /-ai/ の日本語・中国語における調音実態について、中国語母語話者2名、日本語母語話者3名の発音に対しMRI動画撮像の手法を用いて、質的・量的に検討した。その結果、中国語の二連母音 /-a.i/ は2母音それぞれの調音域を持ち、母音間でははっきりした境界を持つ時系列上の連続であるが、二重母音では顕著な調音結合が見られ、/a/ と /i/ が互いに相手の調音域に近づき、また、/a/ から /i/ へ漸次的・連続的に移行し、/i/ に到達せず /ε/ の近傍で音節が終了していることが分かった。しかし、日本語の二連母音と「二重母音」における /a/ と /i/ の調音は低舌性・前舌性ともその差が有意ではなく、/a/ と /i/ は各自の本来の調音域を守っている、等のことが明らかとなった。

現時点ではMRI実験のサンプル数が限られているが、以上の実験結果より、中国語の二重母音は音声学の定義通りのものであるが、日本語の「二重母音」は、音韻論的存在意義があっても、調音的には2母音各自の調音域を持ち、母音間の境界がはっきりしている二連母音との明確な相違があるとは言いにくい。また、母音の狭・広は低舌性・前舌性と密接に関連しているが、下顎開大の影響は低舌性・前舌性ほど強くないことも、調音データによる新たな裏付けが得られた。本研究の実験と上記の結論は、二重母音における日本語・中国語の調音上の相違の解明と同時に、外国語教育にも貢献できると思われる。

今回の研究で利用したMRI動画撮像法は「特殊な同期撮像法」(Masaki et al. 1999) というもので、(3拍子「○△△」の「△△」のところで発話するなど) 決まったリズムパターンに従って1発話語を96回繰り返し発音しなければならず、途中でリズムが狂ってしまうと鮮明な映像を構成することができなくなり、実験が失敗する。このように、実験協力者として適任者を見つけるのが難しいという制限があったため、実験データのサンプル数不足が量的検討結果の信頼性を損なっていることは否めない。今後はリズムパターンの縛りがなく、装置の中で自由に発話できるリアルタイ

△ MRI 撮像法を活用するなどして、発話者数・発話語数を増やした上でさらなる調査を行う必要がある。

注

1: 「音節」の定義は学者により複数の観点が存在しているが(大高2016)、本研究では一般音声学の定義にしたがい、日本語に関しては、リズム(長さ)単位である1モーラからなる「(C)V軽音節」と(C)VR、(C)VN、(C)VQのように「ひく音、はねる音、つまる音」を含む2モーラからなる「重音節」を認め、さらに /(-)ai/、/(-)ae/、/(-)au/、/(-)ao/、/(-)oi/、/(-)ou/ などのような二重母音(を含む)音も2モーラの「重音節」と見る。一方、中国語(普通話)のほうは、母音(連続体として3つまで許す)だけの音節と母音の前後に子音を組み合わせる音節はあるが(ただし、音節末の子音はn, ngのどちらかに限る)、基本的に漢字1字分の音が1音節であるため、日本語のようなややこしさはない。

2: 本研究では、表記の簡素化のため、補助記号 [] を用いず、二重母音を /ai/、二連母音を /ai/ のように記すことにする。

3: 日本語の「下降二重母音」は、アイ /ai/ のほかに、アエ /ae/、アウ /au/、アオ /ao/、オイ /oi/、オウ /ou/ などもあるが、本研究では最も代表的な /ai/ と二連母音 /-ai/ を観察することにする。

4: 本研究のMRI実験のデータ収集は、ATR-promotions BAIC 脳イメージング研究センタの研究倫理ガイドラインを満たしていることを確認し、また、神戸大学国際文化学研究所研究科倫理委員会の承認(受付番号2015-1)と、参加や公表範囲について研究参加者の同意を得て実施された。

5: そもそも連母音は境界がはっきりした2音節語で、二重母音を含む母音連続は1音節に収まり、両者は声調を担うリズム単位が異なるため、本来なら最小対語とは認められない。ここで敢えて「準最小対語」にしたのは、母音種がどちらも /a/ と /i/ で連続しており、重母音と連母音の相違が観察しやすいからである。

6: 表1と表2の発話語について、言語間でも言語内(日本語)でも子音種を統制していないように見えるが、表1の発話語は日中間で同じ音環境の準最小対語となっており、表2の発話語もやはり準最小対語の関係になっているため、個別の準最小対語内での比較はもちろん、全体的比較の場合も、発話語の子音種は日中間(または日本語内)で統制されていると見てよい。

7: 別の研究で複数の中国語話者の [-ie] のMRI動画を収録したが、そのデータとの比較で図3右端の /-i/ が [e] に近いことを確認している。

8：発話者の声道形状に個人差があるので、本来なら正規化したうえで比較すべきであるが、現時点において声道形状のノーマライズ方法が確立しておらず、かつ、本研究の実験協力者の声道形状に目視条件では特に大きな差異が見られないため、実測値を基に統計分析を行った。声道形状の正規化方法については今後の研究で模索したい。

9：朱・呉 2021、朱 2021 の実験研究によると、狭めの位置さえ変わらなければ、口唇開口部の面積を調節することで母音の「非円唇・円唇」性が得られ、また、開口部面積が一定の場合、狭めの上下・前後位置の変化が母音の(円唇 / 非円唇性以外の) 音色の決定的要因となる。

10：指導学生が世界で数多くの日本語スピーチコンテストで優勝している某有名日本語教育従事者の日本語母音の「特訓」に、「お箸を口に銜えながら日本語 5 母音を毎日 3 分間発音練習する」という課題があり、それが学習者の日本語の自然さ改善に大きく寄与している、とご本人から伺っている。筆者らは、下顎開大を一定にし、開口度も小さく抑えながら、母音の音色のコントロールを狭めの位置変化(≒舌の上下・前後の位置変化)に集中させることが、この練習の狙いだと理解している。

謝辞

本稿は日本音声学会 2022 年全国大会で口頭発表した内容をまとめたものです。学会発表や論文投稿にあたり、複数の研究者・査読者から質疑と助言をいただきました。心から感謝しております。

また、本稿は JSPS 科研費(課題番号: 25K16347)の成果の一部です。

参考文献

- Arai, T. (2009) “Simple physical models of the vocal tract for education in speech science.” *Interspeech 2009 brighton*: 756–759.
- 鮑怀翘・林茂灿(2014)『实验语音学概要－增订本』北京大学出版社。
- Björn E. F. Lindblom, Johan E. F. Sundberg (1971) “Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement.” *The Journal of the Acoustical Society of America* 50(4B), 1166–1179.
- Boersma, P., Weenink, D. (2001) “Praat, a system for doing phonetics by computer.” *Glott International* 5(9/10): 341–345.
- Donna Erickson, Atsuo Suemitsu, Yoshiho Shibuya, Mark Tiede(2012) “Metrical structure and production of English rhythm.” *Phonetica* 69(3), 180–190.
- 服部四郎(1951)『音声学』岩波書店。
- Jimin Lee, Susan Shaiman, Gary Weismer (2016) “Relationship between tongue positions and formant frequencies in female speakers.” *The Journal of the Acoustical Society of America* 139(1), 426–440.
- 城生佰太郎(1998)『日本語音声学』サン・エデュケーショナル。
- 窪蘭晴夫(2006)『アクセントの法則』岩波書店。

- 林焘・王理嘉 (1992) 『语音学教程』 北京大学出版社.
- 日本音響学会 (2003) 『新版 音響用語辞典』 コロナ社.
- 大高博美 (2016) 「二重母音と連母音の違いは何か? : 音節構造から比較する英語と日本語の二重母音」, 『言語と文化』 第 19 卷, 関西学院大学言語教育研究センター, 1-29.
- 斎藤純男 (2009) 『日本語音声学入門』 (改訂版) 三省堂.
- Shigeto Kawahara, Donna Erickson, Atsuo Suemitsu (2017) “The phonetics of jaw displacement in Japanese vowels.” *Acoustical Science and Technology* 38(2), 99-107.
- Shinobu Masaki, Mark K.Tiede, Kiyoshi Honda, Yasuhiro Shimada, Ichiro Fujimoto, Yuji Nakamura, Noboru Ninomiya (1999) “MRI-based speech production study using a synchronized sampling method.” *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)* 20(5), 375-379.
- 朱春躍・波多野博颯 (2010) 「MRI 動画撮像により観測した日本語音節連鎖における調音結合」 『音声研究』 14(2), 45-56.
- 朱春躍 (2021) 「日本語の母音 /u/ は「非円唇後舌狭母音」ではない—「ウ」の調音的特徴の再・再認識—」, 日语偏誤与日语教学研究 第六辑, 日语偏誤与日语教学学会, 003-022.
- 朱春跃 (2018) 从汉日调音动态对比看日语元音的稳定性, 东北亚外语研究 2018 第 2 期, 大连外国语学院, 47-53.
- 朱春跃・吴琪 (2021) 普通话圆唇音的生理特征—头部正面, 侧面影像的实验分析, 中国語学 268 号, 日本中国語学会, 54-75.