

X線マイクロビームの観測に基づく日英母語話者による英語弱化母音の調音分析 —弱化母音と完全母音の比較—*

◎波多野博顕, 北村達也 (甲南大)

1 はじめに

英語は、強勢を有する母音と有さない母音で、音色が大きく異なることが知られている。Ladefoged & Johnson (2006) では、前者を “Full vowels”, 後者を “Reduced vowels” と呼び、両者を vowel cart における外側—中心の違い (中舌化) として説明している [1]。Gimson (1980) では、強勢間隔によるリズムとそれに伴って生ずる弱音節の曖昧化を英語発音の最も重要な特徴とし、そのようなリズムを有さない母語の英語学習者は、それらを重点的に学ぶ必要があると指摘している [2]。さらに、Dauer (1983) では英語の強勢間隔を計測し、スペイン語など音節拍リズムである他の言語と同様、強勢音節間で等時性に有意差がみられないことを明らかにした上で、英語が強勢拍リズムと知覚される要因として、強勢の有無に起因する内在的な母音長の違いを指摘した [3]。以上のように、強勢リズムに基づく母音音色の相違は、生成・知覚共に英語音声の大きな特徴である。

英語母音の調音を観測機器によって分析した研究は存在するものの [4]、完全母音 (full vowel) と弱化母音 (reduced vowel) の相違、および英語話者と日本語話者の差違を定量的に分析した研究は見当たらない。日本語では各モーラが等時性を持ち、単音の音色変化も英語ほど生じないため、弱化母音に相当する音素交代がない。弱化母音が英語らしい発音の実現を支えている以上、その特徴を記述し日本語話者との相違を明らかにすることは、英語の発音学習に対して大きな貢献となる。

以上のような背景から、本発表では X 線マイクロビームによる日英母語話者の調音データを分析し、フォルマント観測による音響分析も併せて行うことで、英語弱化母音の特徴を、完全母音と比較して明らかにする。

2 データの概要と分析方法

2.1 X 線マイクロビームデータベース

本発表は、公開されている X 線マイクロビームデータベースを使用している。英語母語話者のデータとして Westbury (1994)、日本語母語話者のデータとして吐師 (2000) を用いた [5, 6]。X 線マイクロビーム装置は、舌や下顎等の調音器官に直径約 2.5 ~ 3 mm の金製ペレットを接着し、X 線ビームによってペレット周辺を走査することで位置を追跡し、その運動を記録するものである [5]。

本発表で分析に使用するペレットは、舌正中表面上の 4 個 (舌前方から T1, T2, T3, T4)、上下口唇の粘膜皮膚境界に装着された各 1 個 (UL, LL) の計 6 個である。ペレットの位置は、上顎中央前歯の先端を原点とし (CMI)、上顎咬合面 (MaxOP) を x 軸、原点を通り x 軸に直交する線を y 軸とする 2 次元の基準座標系に表示される。基準座標系と標準ペレット配置の概要を図 1 に示す。

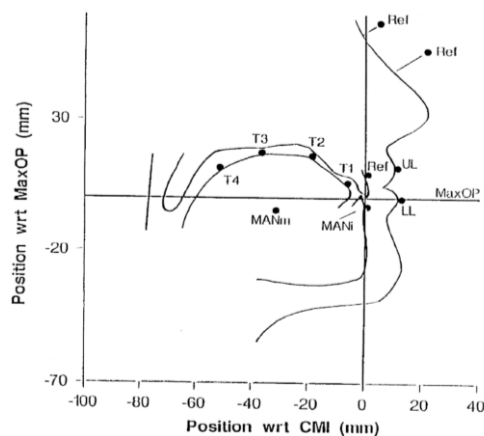


Fig. 1 Approximate pellet placement locations drawn from Westbury (1994) (CMI: central maxillary incisor, MaxOP: maxillary occlusal plane, UL: upper lip, LL: lower lip, T_n: tongue no. n)

* Analysis of articulation of English reduced vowels uttered by native English/Japanese speakers based on observation of X-ray microbeam data: Comparison of reduced vowels with full vowels, by HATANO, Hiroaki and KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.).

T1は舌尖から7~10 mm 後方に、T4は発話者が耐えうる限り後方に接着され、T2T3はその間をほぼ等分するように配置された。

各ペレットのオリジナルサンプリング周波数は、T1が160 Hz、T2、T3、T4、LLが80 Hz、ULが40 Hzである。ペレット位置のRMS測定誤差は、静止しているペレットの場合0.03~0.25 mm (平均0.15 mm) である [5]。また、音声収録も同時に行われ、調音データとの同期誤差は2 msec以内とされている [5]。音声データは、サンプリング周波数21739 Hz、量子化ビット数15 bitで採取された。

2.2 発話者

英語母語話者(以下:ENS)は、データベースから出身地を米国ウィスコンシン州に限定し、男女各8名を抽出した。日本語母語話者(以下:JNS)は、男性4名、女性5名である。詳細を表1に示す。データは米国ウィスコンシン大学で収集されているため、本発表で対象とする日本人発話者は、データ収集時点で最低でも現地に8ヶ月以上滞在している(平均21ヶ月、最長46ヶ月)。なお、JNSでは出身地の統制はとれていない。

Table 1 Participant's mother tongue, sex, number, and age (average, range and standard deviation)

Language	Sex	N	Age AVG (Range, SD)
English	M	8	20.7 (19-22, 1)
	F	8	21 (19-24, 1.5)
Japanese	M	4	25 (21-28, 3.2)
	F	5	25 (20-32, 4.4)

2.3 分析対象

まず、データベースに収録されている単語発話を対象に、個々の語についてオンライン辞書Oxford Advanced Learner's Dictionary [7]によって発音記号を確認した後、弱化母音と完全母音の選定を行った。その結果、弱化母音としては、最も代表的とされるschwa(曖昧母音)の/ə/, および、/ə/と音色が非常に似ておりr-coloringが加わった/ɚ/ (語末/er/を/ɚ/とした) [1]を、完全母音としては、/ə/の“unstressed counterpart”であり舌が“low-mid, back central”である/ʌ/, および、“low-front”である/æ/ [8]を分析対象とした。音素環境を

統制するため、後続の子音はcoronal /t, d, s, n/ であるものを選んだ。JNSについては、さらに、日本語母音「ア」の母音単独発話も分析データとした。分析対象箇所を下線を引いた各語の一覧を表2に示す。

Table 2 Word list

Vowels	Words	Pronunciation symbols
/ə/	dormitory	'dɔ:rmətɔ:ri
	understand	ˌʌndər'stænd
	conversation	kə:nvər'seɪʃn
/ɚ/	dormer	'dɔ:rmər
	order	'ɔ:rdər
	measure	'meʒər
/ʌ/	much	mʌtʃ
	country	'kʌntri
	understand	ˌʌndər'stænd
/æ/	that	ðæt
	had	hæd
	understand	ˌʌndər'stænd

2.4 分析方法

分析には、ウィスコンシン大学で開発された分析プログラムであるtf32を用いた [9]。tf32でデータを再生し、単語発話のスペクトログラムから目視により対象母音の定常区間を決め、この範囲を音響分析の対象とした。また、調音データとして、その中間地点の各ペレットの座標値を用いた。音響分析にはPraatを用い、デフォルトの設定で各母音のフォルマント周波数を抽出した (Maximum formant: 女性5500 Hz, 男性5000 Hz, Window length: 0.025 s, Pre-emphasis: 50 Hz)。

3 結果

3.1 調音分析

各母音発話時の座標データについて、母語話者別に男女で平均し、母音ごとにグラフ化した結果を図2に示す (T1~T4の各座標点間は舌形状把握のため点線で補間してある)。

T1~T4に注目すると、ENS、JNSとも/ə/では/ə/より各ペレットが後方に位置している。

(ENS男性では/ə/でT2が高くなっている)。また、ENSではT2を頂点として舌全体が咽頭方向へ傾いているのに対し、JNSではT2T3が盛り上がり、全体が扁平である。/ʌ/と/æ/の比較では、ENSは/æ/でT2T3の位置が高く前寄りになる一方、JNSでは前寄りになるだ

けで高さが不足している。弱化母音と完全母音の別も、ENS では前者で T1~T3 が咽頭へ持ち上がり後者と調音が大きく異なるが、JNS では前者で舌位置が若干上昇するものの両者の区別が曖昧である。JNS の英語母音と日本語母音の比較では、後者の T1~T3 が前者よりも大きく下方に位置（低舌）している。

口の開きに対応する LL の位置をみると、ENS, JNS とともに /ə/ < /ɚ/ < /ʌ/ < /æ/ の順で UL との距離が広がり、開口度が大きくなっている。また、日本語母音「ア」の開口度が一番大きい。これは「ア」の舌位置の低さと対応している。

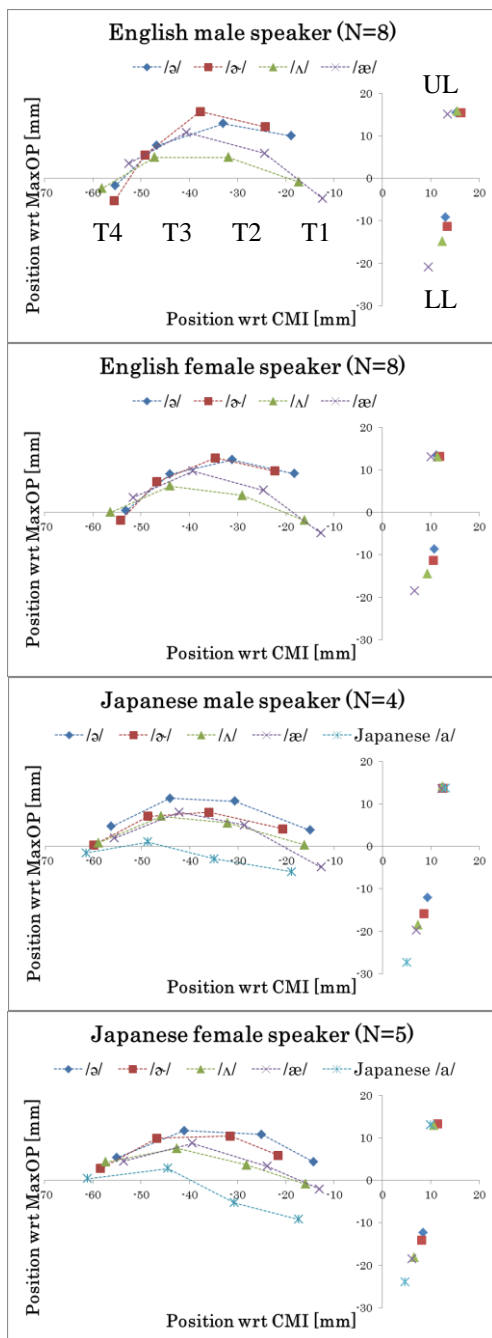


Fig. 2 Average pellet locations of each vowel

3.2 音響分析

各母音の F1 を縦軸、F2 を横軸に配置したグラフを示す (図 3)。また、各母音のフォルマント周波数の平均値を、表 3 に示す。

弱化母音の分布では、ENS が緊密なグループを形成しているのに対し、JNS では拡散している。JNS 女性で F2 が高い値を示しているが、これは“dormitory”の /ə/ で F2 が高かったことに起因する。JNS の調音分析結果で完全母音 /ʌ/ と /æ/ は類似した舌形状を示していたが、フォルマント分布では互いに区別されている。

日本語母音「ア」は、舌位置が異なるにも関わらず、音響的には /ʌ/ と近い音質である。

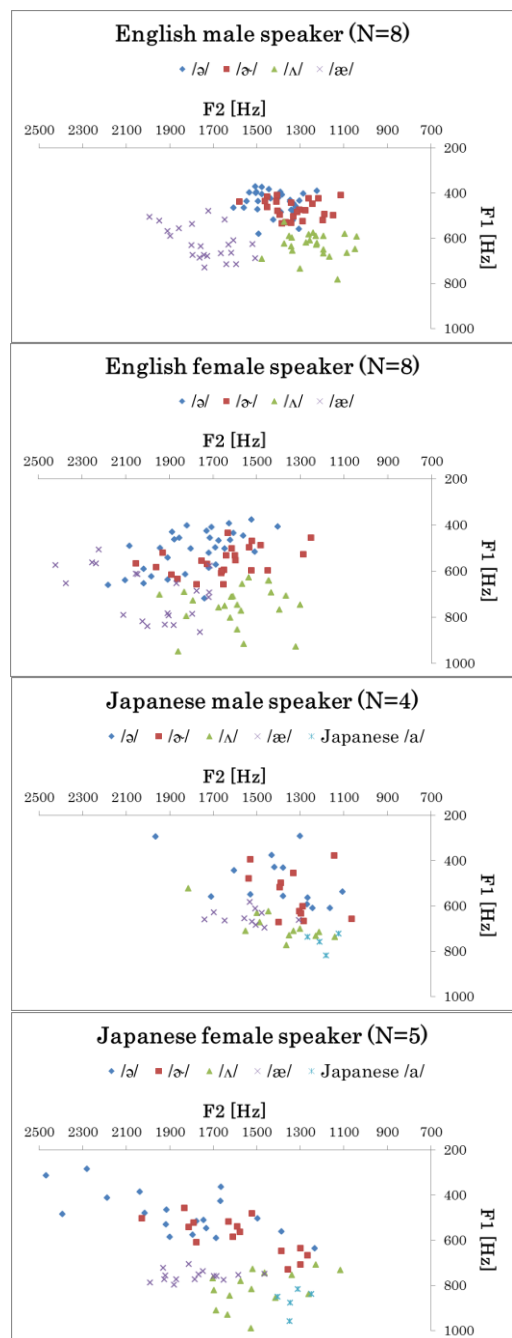


Fig. 3 Distribution of formant frequencies(F1,F2)

Table 3 First and second formant frequencies [Hz] of reduced vowels and full vowels uttered by English/Japanese native speakers

ENS	male		female	
	F1	F2	F1	F2
/ə/	441.7	1415.9	513.3	1783.7
/ɚ/	471.6	1327.6	557.4	1653.7
/ʌ/	631.9	1239.3	746.0	1588.9
/æ/	624.0	1732.7	733.9	1977.4

JNS	male		female	
	F1	F2	F1	F2
/ə/	483.1	1459.7	478.4	1897.2
/ɚ/	549.0	1329.2	581.6	1584.6
/ʌ/	688.8	1393.8	815.8	1487.0
/æ/	647.3	1542.0	759.4	1780.3
Japanese /a/	759.5	1195.5	869.9	1331.0

4 考察

調音時の舌位置・形状は両母語話者で大きく異なるものの、フォルマント周波数に基づく音響分析結果では、両者とも母音カテゴリーが区別されていた。これは、「両母語話者は異なった調音方略で母音を区別している」ということを示す。例えば、弱化母音の方略として、ENS では舌を咽頭方向へ傾けるのに対し、JNS では舌の上昇のみで実現させる。また、ENS では/æ/は/ʌ/より T2T3 を上昇・前進させるが、JNS では前進させるのみである。これらから、音響的な母音カテゴリー形成の方略として、ENS では舌の「形状・位置」の変化を用いるのに対し、JNS では主に「位置」の変化のみで対応していることが分かる。JNS はデータ収集時点で平均 21 ヶ月もの間、米国に滞在している。現地で英語を用いてコミュニケーションを行っている点を考えると、話し手における各母音カテゴリーの認識、および、カテゴリーに基づく発音上での差違の実現は十分可能であると考えられる。しかし、「英語母音カテゴリーの使い分け」と「英語音声としての自然性」は別である可能性がある。今後、英語母語話者による自然性評価によって、この点について確認する必要がある。

JNS が英語母音と日本語母音を発話する際、両者で舌や下顎の位置が大きく異なっていた（日本語母音がより低舌・開口大）。このことから、JNS はいわゆるカタカナ語として英単語を発話していないと考えられる。ただ、日

本語母音は母音単独発話であるのに対し、英語母音は単語発話である。そのため、前者は後者よりも調音目標へ到達し、定常部を維持するだけの余裕があったとも考えられる。

5 おわりに

本発表で明らかになった点をまとめる。

- 1) 調音時の舌を観察すると、両母語話者で大きな違いが見られた。ENS では/ə//ɚ/で T1~T3 が咽頭へ持ち上がり中舌化のような動きがあるが、JNS にはみられない。また、JNS では/ʌ//æ/の違いが前後のみであるが、ENS では高さも加わる。
- 2) 第1第2フォルマントを確認すると、ENS の/ə//ɚ/は均一にまとまっているが、JNS では拡散している。完全母音も含めた全体の観察では、JNS でも比較的まとまった母音カテゴリーが形成されていた。

今後は英語母語話者による音声の自然性評価をおこなう必要がある。

謝辞

本研究を進めるうえで貴重なご意見・ご助言を頂いた県立広島大の吐師道子氏に感謝いたします。本研究は平成 24 年度科学研究費補助金 (21300071) にて実施された。

参考文献

- [1] Ladefoged, P. & Johnson, K., *A Course in Phonetics 6th edition*, Wadsworth, 2006.
- [2] Gimson, A. C., *An Introduction to the Pronunciation of English 3rd edition*, Edward Arnold, 1980.
- [3] Dauer, R. M., *Journal of Phonetics*, 11 (1), 51-62, 1983.
- [4] 中村他, 音声文法, くろしお出版, 29-42, 2011.
- [5] Westbury, J. R., *X-ray microbeam speech production database user's handbook (version 1.0)*, UW-Madison, 1994.
- [6] 吐師, 音声研究, 4 (2), 31-35, 2000.
- [7] <http://oald8.oxfordlearnersdictionaries.com/>
- [8] Shriberg, L. D. & Kent, R. D., *Clinical Phonetics 4th edition*, Allyn & Bacon, 2012.
- [9] Milenkovic, P. H., *TF32 User's Manual*, UW-Madison, 2001.