

フォルマント移動に注目した英語母音の発音指導方法の考察

石崎 達也

キーワード: 音声、フォルマント移動、母音、発音、音響的特性

要旨

英語母語話者による英語母音の認識に関する研究で扱われる音響的特性については、従来はフォルマント周波数と持続時間の2つが主であった。近年、フォルマント移動も英語母音の認識に関与する音響的特性の1つとして捉えられている。本研究では、/ɪ/の発音指導方法の仮説をたて、フォルマント周波数及びフォルマント移動を使用し妥当性検証を行った。仮説に基づいた音声は、/ɪ/に非常に近いフォルマント周波数を持ち、更に/ɪ/と同様なF1上昇というフォルマント移動の傾向が見られた。フォルマント移動に基づく音響音声学的考察が、英語母音の発音指導方法の妥当性確認に有益となり得る可能性を提示した。

1. はじめに

日本語音声は、日本語が持つ固有の音韻体系に従い発せられ、様々な点で英語音声との間に相違が見られる。日本語母語話者による英語の発音が英語母語話者に容易に認識されない場合、様々な要因があると推測できるが、この音韻体系に基づく音響的な特性の違いが大きな要因の一つであると考ええる。この問題を解決するためには、両言語の母音と子音の特性を体系的に整理し、その類似点や相違点を明確にし、具体的にどのような点が発音上の問題となっているのかを検証する必要がある。

母音と子音は、人間の発する音声の基本要素であると言える。これら2種類の分節音の発音に必要な要素は、それぞれ大きく異なる。子音の発音に必要な要素としては調音法と調音点があり、一方、母音の発音に必要な要素としては舌の位置の最高点と口の開きや円唇性がある。英語子音については、調音法と調音点の情報を基にした発音の練習を日本語母語話者が行うことで、英語母語話者とほぼ同等の子音の発音を実現することはある程度可能と考える。しかし、英語母音については、発音に必要な要素としての舌の位置の最高点と口の開きや円唇性の情報を基にして日本語母語話者が発音の練習をしたとしても、英語母語話者とほぼ同等の母音の発音を実現する

ことは、子音の場合に比べて困難が伴うと考える。その理由は、母音の発音に必要な要素は、舌の位置や口の開きのような明確な認識が困難なものであり、子音の発音に必要な要素と比べて抽象度が高いと考えるからである。

本稿では、日本語母語話者にとって英語発音の実現がより困難と考えられる母音において、特に/i/の発音指導方法を検討する。英語母語話者が母音を認識する際に使用する音響的特性の一つであるフォルマント移動に注目し、その指導方法の妥当性を考察する。

2. 研究目的

日本語母語話者による英語母音の発音方法を研究する上で重要なことは、英語母語話者がどのようなパラメータを使って母音を認識しているかを考慮することである。日本語母語話者が通用するであろうという認識を持って発音を行ったとしても、それを認識する相手が使うパラメータが考慮されていないと良い結果は期待できない可能性がある。例えば、Hillenbrand et al. (1995)、Assmann and Katz (2000)及びIverson and Evans (2007)は、英語母語話者が英語母音を認識する際の重要な要素の一つが、動的な音響的特性といえるフォルマント移動であることに言及している。本稿においては、英語母音の発音指導法の考察において必要な要素の一つをフォルマント移動と捉え考察を行う。新しく考案した発音方法の妥当性の検証を、フォルマント移動というパラメータに基づき行っている点が、本稿の大きな特徴である。

3. フォルマント移動

母音の音質に関する研究において、使用される音響的特性としてまず挙げられるものはフォルマント周波数と持続時間である。日本語母語話者による英語母音の発音方法の研究において扱われる音響的な特性も、同様である。

近年、この研究分野において新しい音響的特性を使用した研究が行われてきている。この音響的特性はフォルマント移動であり、音質の時間依存を指している。フォルマント移動について言及する研究が、学会誌において発表されるようになってきている (Kewley-Port 1996, Watson and Harrington 1999, Schwartz 2015など)。

英語母語話者が英語母音を認識する際に使用する音響的特性を図1に示す。縦軸はフォルマント周波数、横軸は時間を表す。時間onsetからoffsetの間に、母音が発せられた場合を示しており、この時間差は持続時間と呼ばれるものである。時間onsetが

らoffsetにおける比較的変動の少ない安定した共鳴周波数を、母音の持つフォルマント周波数とみなし解析を行うのが一般的である。母音の示す共鳴周波数は、時間の経過とともに変動するが、これはフォルマント移動と呼ばれるものである。母音前後に子音がある単語を用いて研究を行う際には、隣接する子音による母音の音質への影響を取り除くために、時間33%から66%の間における音質変化をフォルマント移動と定義し解析するといった手法をとることが多い。本稿でも同様の定義を採用し解析を行う方針とした。

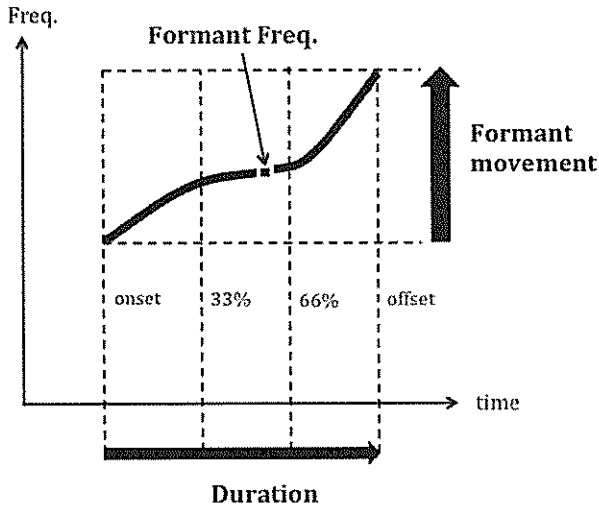


図1 英語母語話者が英語母音を認識する際に使用する音響的特性 (筆者作成)

図2は、英語母音のフォルマント移動の挙動であり、Assmann and Kats(2000)が示したデータから一部抜粋したものである。図中の矢印は、フォルマント移動即ちフォルマント周波数の時間依存である。それぞれの母音には、フォルマント周波数の固有の遷移が見られることがわかる。Assmann and Katz (2000)は、時間onsetにおけるフォルマント周波数が近い値を持つ母音について、以下の主張をしている。即ち、近いフォルマント周波数を持つ2つの母音は、反対方向のベクトルを持つフォルマント周波数を示す傾向にあるということである。このベクトルの方向性の相違は、日本語母語話者が英語母音を発音する際に使用することのできる有効な特性の一つになり得ると考える。

“Vowels whose onsets are close together (such as /e/ and /ɛ/) tend to display

vector movement in opposing directions. This suggests that formant movement provides greater benefits in crowded regions of the vowel space.” (Assmann and Katz, 2000:1865)

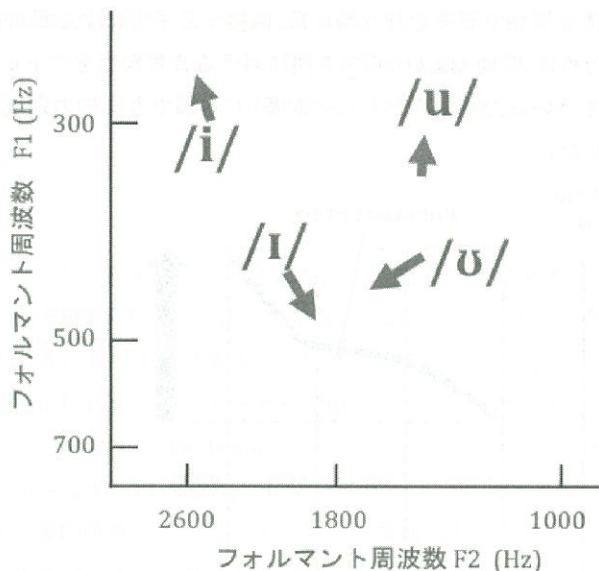


図2 米国英語話者が発音する英語母音のフォルマント移動
(Assmann and Kats (2000)を基に筆者作成)

4. 先行研究

日本語母語話者に対する英語発音教育法の研究は、これまでに数多くの研究者により行われてきている。例えば、日本語母語話者による英語母音/i/の発音方法については、清水(2011)は「『イ』と『エ』の中間くらいの音を用いる」ことで本母音を実現できると述べている。小野(2012)は「唇をやや横に張り、『エ』の口の形で『イ』と言う」ことを発音方法として推奨している。一方、中村(2012)は「清水(2011)の上記指導方法は良いが、『イ』で代用しても通じやすさの点で問題ない」と述べている。このように、様々な日本語母語話者の為の新しい英語発音方法が考案されており、発音方法の妥当性評価については、研究者自身の優れた英語発音能力がその基準となっている。

本稿では、日本語母語話者の為の新しい英語発音方法を考案しその妥当性評価を行う際に、音響的特性という指標を使用した。新しい英語発音方法について音響的特

性を使用してその妥当性を評価した研究は、これまでにほとんど行われていない。

本稿で注目している音響的特性であるフォルマント移動に関しては、例えば英語母音については非常に多くの研究が体系的に行われてきているが、日本語母音についての体系的な研究は行われていない。

表1 日本語母語話者向けの英語母音/i/の発音方法

発案者	発音方法
清水 (2011)	「イ」と「エ」の間くらいの音を用いる。
小野 (2012)	唇をやや横に張り、「エ」の口の形で「イ」と言う。
中村 (2012)	清水 (2011) の上記指導方法は良いが、「イ」で代用しても通じやすさの点で問題ない。

5. 英語母音/i/に対する新しい発音方法の仮説構築

図3右に示すのは母音チャート¹である。母音、舌の最高点の位置及び開口度の相関を表している。縦軸は開口度に対応しており、その度合いに応じて、“Close”, “Close-mid”, “Open-mid”, “Open”の4つに分けられる。横軸は舌の最高点の位置に対応しており、“Front”, “Central”, “Back”の3つに分けられる。

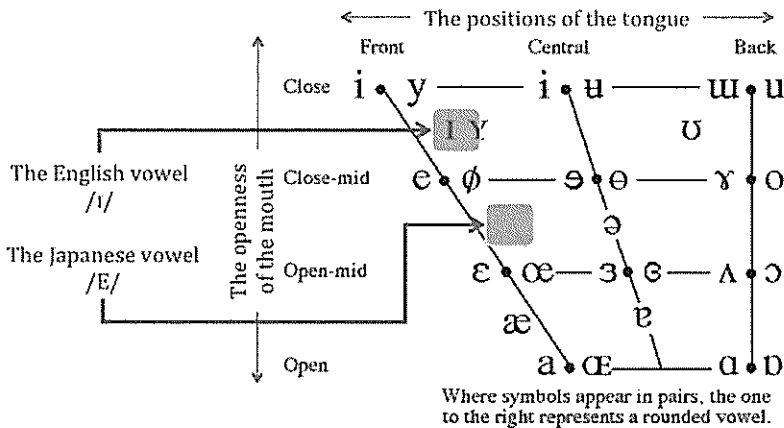


図3 母音チャートにおける英語母音/i/と日本語母音/E/ (筆者作成)

図中には、英語母音/i/と日本語母音/E²の位置の目安を付記してある。英語母音/i/は開口度“Close”と“Close-mid”の間に位置し、日本語母音/E/は開口度“Close-mid”と“Open-mid”の間に位置することはすでによく知られている。この事実から、日本語

母音/E/を発音する際に開口度を若干狭くすることで、英語母音/i/の発音が可能となると考えられる。英語母音/i/に対する新しい発音方法の仮説を以下の通り設定した。

仮説：口を横に開きながら日本語母音「エ」を発音³することにより、英語母音/i/の発音を実現できる。

6. 検証(被験者、音声録音、実施方法)

被験者は、日本の国立大学に所属する7名の女子学生と4名の男子学生の計11名である。11名のうち7名は国際学部の学生で、残りの4名は国際学研究科の大学院生である。2年生の男女学生が3名ずつ、4年生の女子学生が1名、修士1年の女子学生が2名、修士2年の男女学生が1名ずつである。録音に使用した機器は、SONY linear PCM recorder PCM-D50と事前に校正を行い、その周波数測定値に問題がないことを確認した音声レコーダ機能付属の携帯端末である。実験に際しては、参加者に単語“live”の発音を3つの記載された手法により実施させ、それを録音した。3つの手法は、「リヴ」「レヴ」「口を横に開きながらレヴ」と発音するというものであり、これらの音声データから日本語母音/i/、/E/、/E/ with spread lipsを抽出した。本実験が発音能力の向上に関する研究の一部であることを被験者が実験時に知った場合、実験結果の妥当性に悪影響が出る可能性がある。それを排除するため実験目的を被験者には一切通知しなかった。

検証の実施に際しては音響分析ソフトウェアであるPraat (version 5.3.09)を使用し、日本語母音の音響的特性を英語母音のそれと比較した。図4に示すのは、Praatでの分析により得られた、被験者が発した「リヴ」の音声波形とスペクトログラムである。スペクトログラム上にある複数の線は、音声データのフォルマント周波数を表す。

英語母音/i/、/ɪ/、/e/の音声データについては、Cambridge English Pronouncing Dictionary及びLongman Pronunciation Dictionaryの音声データ“leave”, “live”, “led”から母音の部分抽出することにより準備した。アメリカ英語の標準語である一般米語(General American)の発音を使用した⁴。

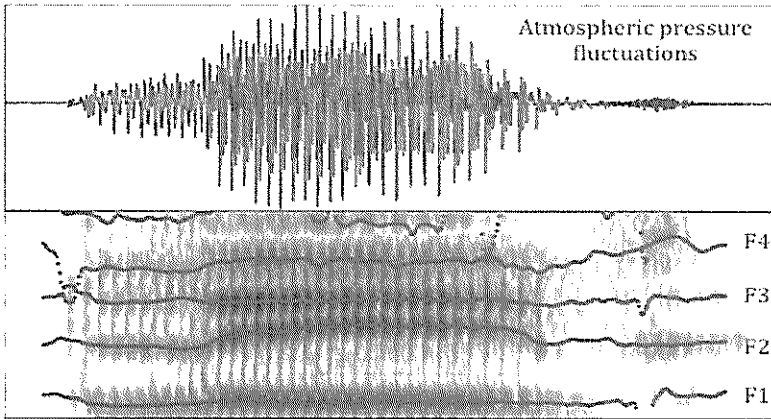


図4 ボイスサンプル「リヴ」の音声波形(上)とスペクトログラム(下)

7. 結果

7-1. フォルマント周波数

表2に示すのは、英語母音/i/, /ɪ/, /e/のフォルマント周波数である。比較的変動の少ない安定した共鳴周波数を採取した。F1最小値は/i/において見られ、318.57Hzである。F1最大値は/e/における805.76Hzである。/i/のF1は上記2母音の間を取り、412.07Hz, 431.43Hzである。F2最小値は/e/における1728.83Hzであり、F2最大値は/i/における2671.27Hzである。/ɪ/のF2は/e/と比較的近い値を示している。

表3に示すのは、日本語母音/E/ with spread lipsのフォルマント周波数である。本稿では、日本語母音/E/, /I/のフォルマント周波数の全実測値については記載を省略するが、これらの3つの日本語母音におけるF1最小値は/I/において見られ、304.81Hzである。F1最大値は/E/における645.74Hzである。F2最小値は/E/における1577.55Hzであり、F2最大値は/I/における2797.01Hzである。

図5に示すのは、日本語母音/E/ with spread lipsと英語母音/i/, /ɪ/, /e/のフォルマント周波数の比較結果である。日本語母音/E/ with spread lipsのF1は約400~500Hz程度を示しており、英語母音/i/と近い値と言える。日本語母音/E/ with spread lipsのF2については約1600~2200Hzであり、日本語母音/E/と比較的近い値を取っており、また英語母音/i/と近い値とも言える。

日本語母音/I/, /E/, /E/ with spread lipsのフォルマント周波数の分布について

は、ほぼ重なり合うことがないことも確認済みである。

日本語母音/E/ with spread lipsの発音の際には、日本語母音/E/を発音する際に口を横に開くことを被験者に要求している。その結果、舌と口蓋の距離が実質的に狭まることになるため、上記のように日本語母音/E/ with spread lipsと英語母音/i/のフォルマント周波数の挙動に近似性がもたらされるものと考ええる。この結果から、フォルマント周波数に関しては、英語母音/i/に対する新しい発音指導方法の仮説の妥当性を確認できたと考える。

表2 英語母音/i/, /ɪ/, /e/のフォルマント周波数

母音	辞書	性別	F1 [Hz]	F2 [Hz]
/i/	Cambridge	Male	318.57	2412.66
	Longman	Female	343.07	2671.27
/ɪ/	Cambridge	Male	431.43	1782.68
	Longman	Male	412.07	1923.84
/e/	Cambridge	Female	617.53	1728.83
		Female	805.76	1877.14

表3 日本語母音/E/ with spread lipsのフォルマント周波数

母音	被験者 ⁵	性別	F1 [Hz]	F2 [Hz]
/E/ with spread lips	JP[F1]	Female	467.18	2166.60
	JP[F2]		515.23	2199.11
	JP[F3]		389.10	1717.92
	JP[F4]		419.20	1832.94
	JP[F5]		495.61	2049.90
	JP[F6]		382.95	1869.79
	JP[F7]		465.41	2217.58
	JP[M1]	Male	489.43	1991.99
	JP[M2]		496.87	2170.43
	JP[M3]		439.35	1596.07
	JP[M4]		466.80	1676.67

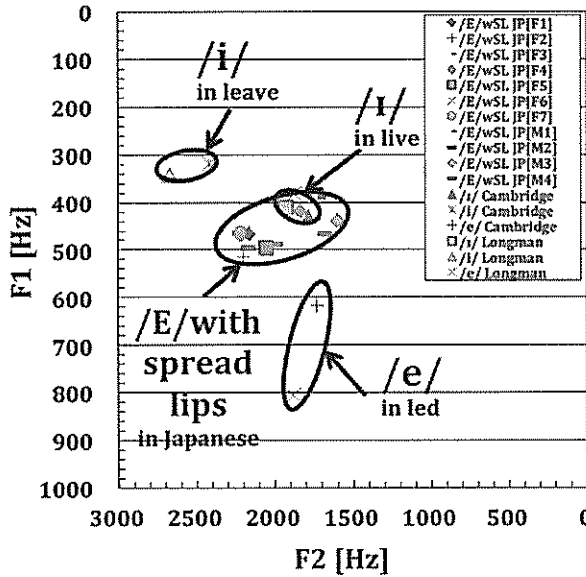


図5 日本語母音/E/ with spread lipsと英語母音のフォルマント周波数

7-2. フォルマント移動

女性/男性被験者が発音した日本語母音/E/ with spread lipsのフォルマント移動を図6、7に示す。フォルマント移動を矢印で示しており、母音の持続時間0%から66%に相当する周波数の移動を意味している。すなわち、矢印の始点が時間onsetにおける周波数を示し、矢印の終点は持続時間の66%における周波数を示している。辞書データから解析した英語母音/i/のフォルマント移動については、持続時間33%から66%における周波数を矢印で示してある。

日本語母音/E/ with spread lipsのフォルマント移動の挙動は英語母音/i/と比べて不安定であり、その方向性は明瞭ではなかった。日本語母音体系にない人工的な母音であることがその理由として考えられる。そのため、フォルマント移動の始点を時間onsetとして方向性の傾向を確認した。

英語母音/i/については、F1上昇F2下降であることがわかる。この傾向は、Assmann and Katz (2000)による研究結果と同様である。日本語母語話者により発音された日本語母音/E/ with spread lipsについては、F1上昇F2上昇の傾向が見られることがわかる。/i/と同様なF1上昇というフォルマント移動の傾向が見られ、これ

は、「口を横に開いて『エ』を発音する」という新しい発音指導方法が、母音持続時間中における開口度の増大効果、すなわちF1上昇を導いていると考えられる。一方、F2については、/ɪ/とは傾向が異なり更なる検討が必要である。

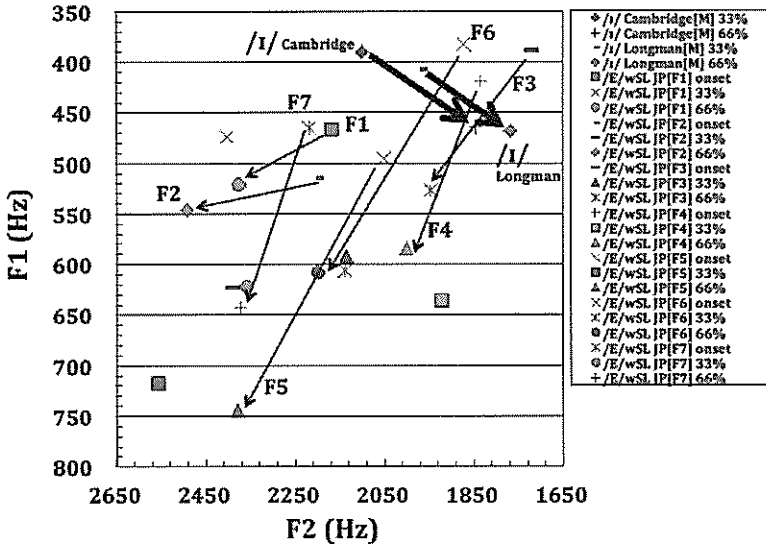


図6 日本語母音/E/ with spread lips(女性)のフォルマント移動

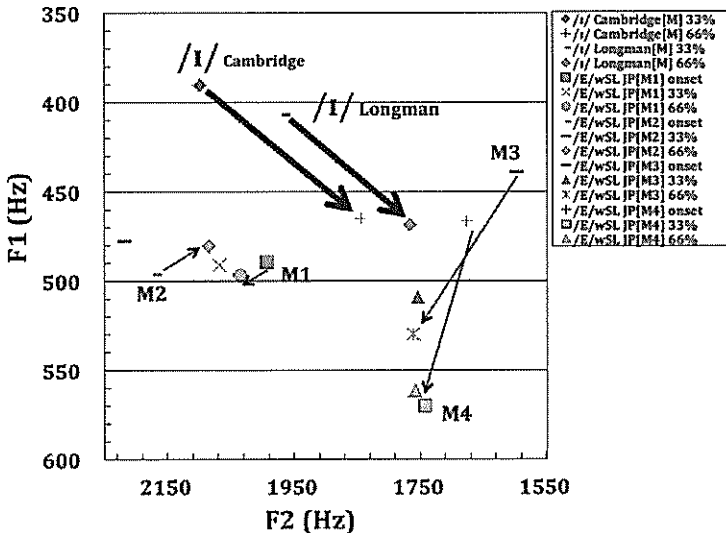


図7 日本語母音/E/ with spread lips(男性)のフォルマント移動

8. おわりに

英語母音を英語母語話者が認識する際に使用する音響的特性は3つ存在する。それらは、静的な特性といえるフォルマント周波数と、動的な特性といえるフォルマント移動及び持続時間である。英語母音の認識と関連した事象を研究する際には、これら3つの要素を考慮する必要があると考える。

本稿では、日本語母語話者に対する英語母音/i/の発音指導方法を検討した。日本語母語話者の英語能力に関わらず、その発音を容易に実現させるために、可能な限り簡易な発音方法「口を横に開いて『エ』を発音する」を考案した。発音方法の妥当性を検証する上で、本方法に従い発音された日本語母音/E/ with spread lipsと英語母音/i/のフォルマント移動を比較した。その結果、開口度に対応するF1の挙動は上昇傾向を示し同等であるという結果が得られた。日本語母語話者が/i/を発音する際にF1上昇の特性を実現することは、英語母語話者による認識のし易さに貢献し、意思伝達の円滑化に寄与する可能性があると考えられる。その点では、本発音指導方法は妥当であると考えられる。但し、F2の挙動は実現できていないと言えないため、改善の余地があると考えられる。今後、上記考察の妥当性確認のための、英語母語話者による認識実験などの更なる検証が必要である。

Assmann and Katz (2000)は、時間onsetにおけるフォルマント周波数が近い値を持つ母音について、「近いフォルマント周波数を持つ2つの母音は、反対方向のベクトルを持つフォルマント周波数を示す傾向にあること」を主張している。このベクトルの方向性の相違は、日本語母語話者が英語母音を発音する際に使用することのできる有効な特性の一つになり得ると考える。

本稿では、フォルマント移動に基づく音響音声学の考察が、英語母音の発音指導方法の妥当性確認に有益となり得る可能性を提示した。日本語母語話者が発音する母音については、フォルマント移動の研究がこれまでにほとんど実施されていない。今後更なる研究が必要である。

注

1. The International Phonetics Association 「IPA:vowels」
<<https://www.internationalphoneticassociation.org/content/ipa-vowels>> 2016年2月25日閲覧
2. 日本語母音「イ」「エ」については、本稿では/i/ /E/と表記する。
3. 本仮説を基にした発音を、本稿では/E/ with spread lipsと表記する。
4. 日本の中学校及び高等学校の英語授業において使用される英語発音は、一般米語である。また、全世界の英語話者により容易に認識される英語発音の一つとして一般米語が挙げられる。そのため、本研究において

使用する英語発音を一般米語のものとしている。

5. F1～F7は女性被験者、M1～M4は男性被験者を指す。

参考文献

- Assmann, P. F. and Katz, W. F. (2000) "Time-varying spectral change in the vowels of children and adults." *The journal of the acoustic society of America*. 108(4), pp. 1856-1866.
- Geoffrey, S. (2015) "Vowel dynamics for Polish learners of English." Waniek-Klimczak, E. and Pawlak, M. (eds.) *Teaching and researching the pronunciation of English*, pp. 205-217. Springer International Publishing.
- Hillenbrand, J., Getty, L. A., Clark, M. J. and Wheeler, L. (1995) "Acoustic characteristics of American English vowels." *The journal of the acoustic society of America*. 97(5), pp. 3099-3111.
- Iverson, P. and Evans, B. G. (2007) "Learning English vowels with different first-language vowel systems: Perception of formant targets, formant movement, and duration." *The journal of the acoustic society of America*. 122 (5), pp. 2842-2854.
- Kewley-Port, D., Akahane-Yamada, R. and Aikawa, K. (1996) "Intelligibility and acoustic correlates of Japanese accented English vowels." *Proceedings of ICSLP 96*, pp. 450-453.
- 中村聡 (2012) 「日本語母語話者が習得すべき国際英語の発音基準－大学英語教育の場から考える－」『跡見学園女子大学文学部 コミュニケーション文化』(6), pp. 162-167.
- 小野浩司 (2012) 「日本人英語:英語発音の実態とその矯正法」『佐賀大学文化教育学部研究論文集』17(1), pp. 57-78.
- Roach, P. (2009) *English phonetics and phonology*. Cambridge University Press.
- 清水あつ子 (2011) 「国際語としての英語と発音教育」『音声研究』15(1), pp. 44-62.
- Watson, C. I. and Harrington, J. (1999) "Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels." *The journal of the acoustic society of America*. 106(1), pp. 458-468.