

日本語母音のアクセントと緊張性の相関 —長母音「イー」と連母音「イイ」のフォルマント移動に注目して—

石 崎 達 也

キーワード:アクセント、緊張性、フォルマント移動、フォルマント周波数、母音

要旨

第1フォルマント移動(時間依存性を持つ第1フォルマント周波数の変化)は、英語音声学において注目される音響的な特性の一つであり、緊張性との相関が指摘されている。本稿では、日本語の長母音「イー」と連母音「イイ」の第1フォルマント移動に注目し、緊張性とアクセントの相関を議論した。その結果、第1フォルマント移動にはアクセント依存性が存在し、アクセントHL及びLHと対応する第1フォルマント移動の方向性は逆である傾向が得られた。また、この方向性の相違は英語の緊張母音*/i:/*及び弛緩母音*/i/*のそれと同様であり、アクセントにより緊張性が異なることを示唆した。母音のアクセントと緊張性の相関性を議論する際には、第1フォルマント移動のような動的な音響的特性に基づいて議論するということが一つの方法になり得ることを提示する。

1. はじめに

音声の音響的な特性を研究対象とする分野は、近年の音声分析機器の発達に伴い発展的に研究されている。母音の音響的な特性を研究する際に使用される主なパラメータとして挙げられるものは、フォルマント周波数である。母音のフォルマント周波数は3つの調音上の要素と相関があることが知られており、それらは舌の位置の最高点(前舌性、後舌性)、口の開き(舌の高さ)及び円唇性である。発音における調音器官の動きと音響的な特性の関係を明らかにすることが目的である音響音声学においては、母音のフォルマント周波数の挙動を調査することは極めて重要である。

近年、英語を含む多くの言語の母音に関して、新しい音響的な特性の研究が行われるようになってきている。この特性はフォルマント移動(時間依存性を持つフォルマント周波数の変化)である。日本語音声学においては、母音の持続時間内における時間軸上の一点において抽出したフォルマント周波数を解析に使用することが多い。

日本語の母音については、その音質はほぼ一定であると捉えられているためと考えられる。日本語母音のフォルマント移動に関しては石崎(2016)が発音教育への応用について言及しているが、管見の限りほとんど研究は行われていない。

2. 研究目的

本稿においては、日本語の母音の第1フォルマント移動に注目し、緊張性とアクセントの相関を明らかにすることを研究目的とする。特に、持続時間が比較的長めで狭母音、前舌母音と分類される日本語の長母音「イー」と連母音「イイ」に焦点をあてる。持続時間が長めの母音を研究対象としたのは、フォルマント移動の観測可能性をより高め、さらにアクセントの高低との相関性の検証を容易にするためである。また、すでに緊張性が明らかになっている英語の長母音/i:/と短母音/i/の特性を参照し、その緊張性、フォルマント移動およびアクセントの相関を包括的に議論する為に、近い開口度や舌の位置で発音される狭母音、前舌母音を選択した。

3. 音響的な特性と先行研究

3-1. フォルマント移動

英語を含む多くの言語の母音研究において使用されている音響的特性を図1に示す。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(duration)と呼ばれるものである。時間onsetからoffsetにおける比較の変動の

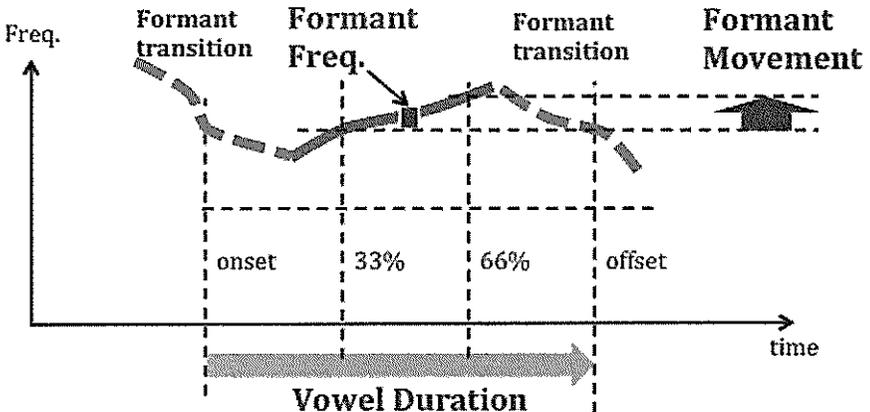


図1 英語などの母音の音質を研究する際に使用される音響的特性(筆者作成)
 持続時間33%から66%の間におけるフォルマント移動(formant movement)を示す

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(formant frequency)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(formant movement/dynamics)と呼ばれるものである。母音前後に子音や母音がある単語を用いて研究を行う際には、隣接する音による母音の音質への影響(formant transition)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。

図2は、Assmann and Kats(2000)が示した英語母音/i:/, /ɪ/, /ɛ/, /æ/のフォルマント移動(時間33%から66%の間における音質変化)である。図中の矢印はフォルマント移動を示し、矢印の始点から終点へ向かうように音質変化があることを意味している。

Hillenbrand(1995)が米国英語のフォルマント移動の測定実験を行い、正確な母音識別を行う上でフォルマント移動の情報が重要であることを示したが、それ以降多くの音声学の研究者によりフォルマント移動の研究が盛んに行われてきている。音響的な特性(Hillenbrand et al. 1995)、人間による母音の認識(Iverson and Evans 2007)、機械による母音の認識システム(Wrede et al. 2000)、方言差(Jacewicz and Fox 2013)、個人・年齢差(Yang and Fox 2017)、発音教育(Schwartz 2015, 石崎2016)、辞書アクセスのモデル検討(Slifka 2003)などのような、非常に多くの分野が

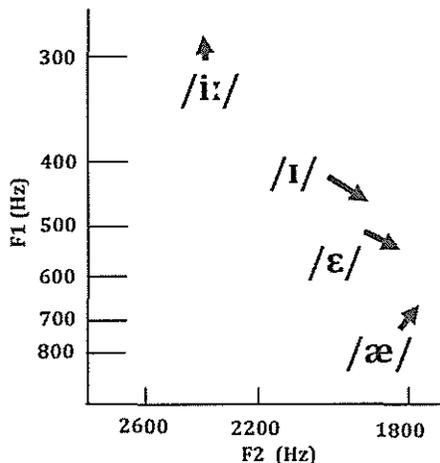


図2 米国英語話者が発音する英語前舌母音のフォルマント移動 (Assmann and Kats (2000)を基に筆者作成)

研究対象となっている。

上述の通り多くの言語の母音研究においては、時間軸上の一点すなわちフォルマント周波数を研究対象とするのでは十分でなく、さらにその時間依存性であるフォルマント移動に注目する必要があると考えられている。一方、日本語母音に関するフォルマント移動の研究は管見の限りこれまでにほとんど実施されていない。これは、日本語母音の音質がほぼ一定のものであるという前提のもとに研究が行われているためであると考えられる。また、母音の発せられる持続時間は非常に短いため、母音に何らかの音質の変動が存在したとしても音声学的または音韻論的に特に重要な意味を持ち得ないと考えられてきた可能性がある。

3-2. ピッチ周波数、アクセント

粕谷ら(1968)は日本語5母音のピッチ周波数とフォルマント周波数の相関について調査を行なった。粕谷ら(1968:364)は年齢や性別によらない音韻性を有効に表現する特徴量を議論し、「ピッチとホルマントの相関々係は年齢を媒体として間接的に認められ、同一年齢層内でのピッチとホルマントの相関は発声の調音の個人差に比べて有意ではない。定常母音を年齢、性別にかかわらず誤りなく区別するためには第1、第2ホルマント周波数F1、F2だけでは不十分で、年齢、性別の効果を表すためにピッチ周波数F0あるいは第3ホルマント周波数F3を加えることが必要であり、F0、F3は本質的に重要な物理量である。」と述べた。このように、母音の持続時間内の定常状態におけるピッチ周波数とフォルマント周波数の相関を議論した研究はこれまでに行われている。一方、持続時間内の上記2つの周波数に関する時間依存性の相関については管見の限りこれまでに研究されていない。

日本語の高低アクセントの規則性についてはすでに明らかにされているところであるが、その規則性を議論する際に外来語を使用することの有用性を窪田・太田(1998)は提示した。窪田・太田(1998:209)は、「アクセントに関しては、和語に比べて外来語ならば歴史が浅い分不規則な変化を起こしている可能性が少なく、また、あまりなじみがなく、暗記しているわけではないものならば、規則で処理するしかないので、規則を発見するには好都合なのである。」と述べた。「なじみがない単語であるならば、規則で処理するしかない」という考え方は、アクセントのみならず他の音声学における様々な現象に適用可能であると考えられる。本稿においては、フォルマント移動に関する調査を行う際には上記の考え方を積極的に取り入れ、日本語が持つフォ

ルマント移動の規則性を議論するために使用する単語として多数の外来語を選択した。

3-3. 緊張と弛緩

母音は調音器官の筋肉の緊張性により区別され議論されることがある。英語母音においては、長母音(i:, u:, ɔ:, ɑ:)と二重母音(eɪ, oʊ, aɪ, aʊ, ɔɪ)は緊張母音、短母音(ɪ, e, æ, ʊ, ə, ʌ)は弛緩母音と考えられている。緊張母音は調音器官の筋肉に緊張が生じ、弛緩母音はその筋肉が弛緩している状態である。一方、日本語母音においては、その緊張性についてはまだ不明な点が多い。

Slifka (2003)は、英語母音の緊張性と第1フォルマント移動(第1フォルマント周波数の時間依存)の間に関連性があることを主張した。Slifka (2003)によると、第1フォルマント移動が下降傾向にあるのは緊張母音の88.9%、第1フォルマント移動が上昇傾向にあるのは弛緩母音の91.7%であった。これは、緊張母音と弛緩母音の第1フォルマント移動の方向性が逆であることを意味している。即ち、第1フォルマント移動の方向性と緊張性に関連性があることを示唆している。

4. 研究方法

日本語の長母音「イー」と連母音「イイ」の第1フォルマント移動を観測し、アクセントと第1フォルマント移動の相関性について考察を行う。

日本語の音声データとして使用したものは、三省堂の「新明解国語辞典第七版」を収録した電子辞書アプリケーションに付属している音声データ、東京大学大学院のオンライン日本語アクセント辞書(OJAD)とOxford Acoustic Phonetic Database (OAPD)である。新明解国語辞典においては、すべての見出し語にアクセントが表示され女性1名(青年層)の音声データが収録されている。東京語を基礎とする標準的なアクセントを採用するように努めたものとされている。OJADは国立国語研究所・共同研究プロジェクト「日本語教育のためのコーパスを利用したオンライン日本語アクセント辞書の開発」の成果物である。約9,000の名詞、約3,500の用言(動詞、い形容詞、な形容詞)について男女各1名(青年層)の音声データ(東京方言アクセント)が収められている。OAPDはオクスフォード大学で作成された音声資源で、日本語やフランス語などの9ヶ国語の単語の音声調べることが可能である。約500の名詞、用言について男女各4名(26~31歳)の音声データが収められている。日本語母音「イー」及び

「イイ」のフォルマント移動を調査する上で使用したのは計125音声データであり、内訳は女性1名計66音声データ(新明解)、男女各1名計33音声データ(OJAD)、男女各4名計26音声データ(OAPD)である。調査するアクセントパターンについてはHL, LH, (HH, LL)の3つで、データ数は43, 42, 40である。隣接する子音や母音による観測対象の母音の音質への影響を取り除くために、観測対象の母音の持続時間33%時点から66%時点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を行った。単語からの母音の抽出には、音声解析ツールPraat(version6. 0. 21)を使用した。

英語母音のフォルマント移動のデータとしては、Assmann and Katz(2000)によるフォルマント移動の挙動に関する研究結果を使用した。これは、米国在住の成人男性が発音する英語母音についてのフォルマント移動に関する研究結果である。

以下、日本語母音については適宜「イー」を/iR/、「イイ」を/ii/と表記する。

5. 結果

5-1. 日本語母音/iR/ (HL)のフォルマント移動

アクセントHLで発音される長母音「イー」についての結果(新明解国語辞典)を表1に示す。女性の日本語話者が発音する母音/iR/ (HL)の持続時間33%及び66%時点における第1フォルマント周波数F1(33%)、F1(66%)は約260~400Hz付近に分布している。第1フォルマント移動F1(66%) - F1(33%)は負の値を示す傾向にあり、その平均値は-37.1Hzである。ほぼ同様の第1フォルマント移動の傾向を示したOJAD、OAPDの/iR/や/ii/についての結果は本稿では省略する。

表1 日本語母音 /iR/ (HL) のフォルマント移動

母音	母音	単語	アクセント	F1(33%)	F1(66%)	F1(66%)-F1(33%)
前	後			[Hz]	[Hz]	[Hz]
-	[z]	イージー	HL(語頭)	396.8	302.9	-93.9
-	[b]	イーブン	HL(語頭)	390.2	334.7	-55.5
-	[s]	イースト	HL(語頭)	328.1	344.1	16.0
[k]	[k]	キー局	HL(語頭)	372.2	345.2	-27.0
[k]	-	キー	HL(語頭)	310.6	288.1	-22.5
[k]	[ɕ]	キール	HL(語頭)	372.4	300.3	-72.1
[ç]	[ts]	シーツ	HL(語頭)	376.8	354.1	-22.7
[ç]	[ɕ]	シール	HL(語頭)	373.1	296.3	-76.8
[ç]	[n]	シーン	HL(語頭)	359.5	349.1	-10.4
[t]	-	ティー	HL(語頭)	316.3	336.3	20.0

[ç]	[r]	ヒール	HL(語頭)	317.9	261.0	-56.9
[ç]	[k]	リーク	HL(語頭)	339.7	299.6	-40.1
[dz]	[p]	ジープ	HL(語頭)	357.8	333.3	-24.5
[b]	[t]	ビート	HL(語頭)	334.1	304.3	-29.8
[t]	[k]	アンティーク	HL(語中)	367.5	311.1	-56.4
[ŋ]	[z]	ジャパニーズ	HL(語中)	354.7	335.7	-19.0
[ç]	[b]	オリーブ	HL(語中)	359.4	313.0	-46.4
[k]	-	スキー	HL(語末)	319.0	270.0	-49.0

5-2. 日本語母音 /iR/ (LH) のフォルマント周波数

アクセントLHで発音される長母音「イー」についての結果(新明解国語辞典)を表2に示す。女性の日本語話者が発音する母音/iR/ (LH)の持続時間33%及び66%時点における第1フォルマント周波数F1(33%)、F1(66%)は約280~440Hz付近に分布している。第1フォルマント移動F1(66%) - F1(33%)は正の値を示す傾向にあり、その平均値は35.5Hzである。ほぼ同様の第1フォルマント移動の傾向を示したOJAD、OAPDの/iR/や/ii/の結果は本稿では省略する。

表2 日本語母音 /iR/ (LH) のフォルマント移動

母音	母音	単語	アクセント	F1(33%)	F1(66%)	F1(66%) - F1(33%)
前	後			[Hz]	[Hz]	[Hz]
-	[m]	イーメール	LH(語頭)	318.9	356.7	37.8
-	[j]	EU	LH(語頭)	307.2	354.2	47.0
-	[z]	イージーメード	LH(語頭)	325.9	353.2	27.3
-	[b]	EV	LH(語頭)	320.4	372.9	52.5
-	[s]	イースター	LH(語頭)	335.8	386.9	51.1
-	[s]	イースト	LH(語頭)	343.1	339.6	-3.5
[k]	[k]	キー局	LH(語頭)	326.0	370.4	44.4
-	[k]	イーコマース	LH(語頭)	323.2	342.7	19.5
-	[z]	イージーゴーイング	LH(語頭)	325.5	368.4	42.9
[d]	[k]	DK	LH(語頭)	312.8	345.4	32.6
[b]	[z]	BG	LH(語頭)	278.5	351.5	73.0
[ç]	[z]	シーズンオフ	LH(語頭)	357.7	375.8	18.1
[ç]	[t]	シートベルト	LH(語頭)	350.1	363.9	13.8
[tç]	[φ]	チーフメート	LH(語頭)	372.0	360.8	-11.2
[b]	[t]	ビート	LH(語頭)	373.2	436.5	63.3
[b]	[φ]	ビーフステーキ	LH(語頭)	380.5	376.7	-3.8
[ç]	[ç]	ヒーリング	LH(語頭)	299.2	361.9	62.7

日本語母音のアクセントと緊張性の相関
 —長母音「イー」と連母音「イイ」のフォルマント移動に注目して—

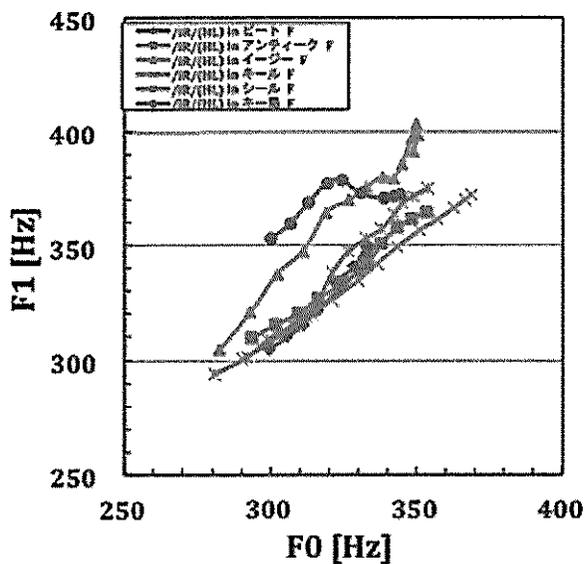


図5 日本語母音 /iR/(HL) の F1 と FO の関係

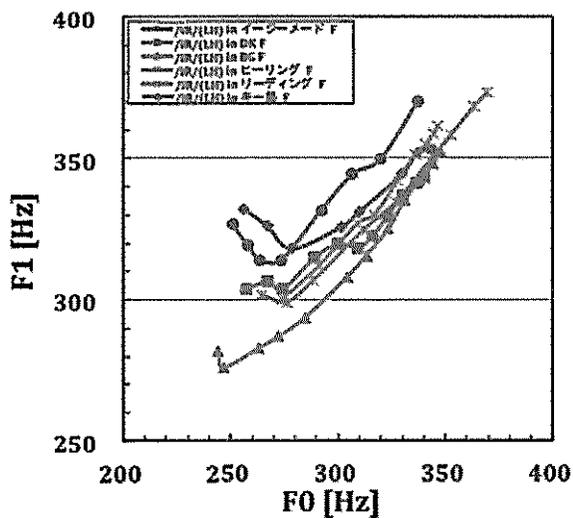


図6 日本語母音 /iR/(LH) の F1 と FO の関係

ント移動に相関性があることを示唆している。

Slifka (2003)は、英語母音の緊張性と第1フォルマント移動(第1フォルマント周波数の時間依存)の間に関連性があることを主張し、緊張母音と弛緩母音における第1フォルマント移動の方向性が逆であることを示した。即ち、第1フォルマント移動を観測することにより、母音の緊張性を考察できることを示唆している。日本語母音/iR/(HL)と/iR/(LH)では第1フォルマント移動とアクセントに相関性が見られ、アクセントの違いは緊張性の違いをもたらす可能性があると推測する。今後更なる調査が必要であるが、母音のアクセントと緊張性の相関性を議論する際には第1フォルマント移動のような動的な音響的特性に基づいて議論するというのも一つの方法になり得ると考えられる。

7. まとめ

フォルマント移動(時間依存性を持つフォルマント周波数の変化)は、日本語母音に関する研究においてこれまでにほとんど注目されてこなかった音響的特性である。本稿では、日本語の長母音「イー」と連母音「イイ」の第1フォルマント移動に注目し、緊張性とアクセントの相関を議論した。その結果、第1フォルマント移動にはアクセント依存性が存在し、アクセントHL及びLHと対応する第1フォルマント移動の方向性は逆である傾向が得られた。また、この方向性の相違は英語の緊張母音/i:/及び弛緩母音/ɪ/のそれと同様であり、アクセントにより緊張性が異なることを示唆している。母音のアクセントと緊張性の相関を議論する際には、第1フォルマント移動のような動的な音響的特性に基づいて議論するということが一つの方法になり得ることを提示する。

Slifka (2003)は英語母音の第1フォルマント移動と緊張性の間に相関があることを主張した。これは、緊張性を議論する際に母音の音質の時間依存性を考慮できる可能性があることを示している。本稿で扱った日英語の母音はそれぞれ固有の第1フォルマント移動の方向性を示したが、このような方向性の相違は緊張性の時間依存性にも相違が存在することを示唆していると推測する。

日本語母音のフォルマント移動の音響的特性についてはまだ不明な部分が多い。今後更なる研究により、本稿で扱っていない他の母音を含めた本特性の全体像を明らかにし、アクセントや緊張性との相関について議論を継続していく必要があると考える。

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 acoustical society of America*. 108(4), pp. 1856 - 1866.
- Hillenbrand, J., Getty, L. A., Clark, M. J. and Wheeler, K. (1995) "Acoustic characteristics of American English vowels." *The journal of the acoustical society of America*. 97(5), pp. 3099 - 3111.
- 石崎達也 (2016) 「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」『言語科学論集』20, 東北大学大学院文学研究科言語科学専攻, pp. 1 - 12.
- 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 acoustical society of America*. 122(5), pp. 2842 - 2854.
- Jacewicz, E. and Fox, R. A. (2013) "Cross - dialectal differences in dynamic formant patterns in American English vowels." *Vowel inherent spectral change*. pp. 177 - 198.
- 柏谷英樹・鈴木久喜・城戸健一 (1968) 「年令, 性別による日本語5母音のビッチ周波数とホルマント周波数の変化」『日本音響学会誌』24(6), pp. 355 - 364.
- 窪田晴夫・太田聡 (1998) 「音韻構造とアクセント」中右実(編)『日英語比較選書10』研究社.
- Oxford University (1993) 「Oxford Acoustic Phonetic Database」
<<http://svr-www.eng.cam.ac.uk/comp.speech/Section1/Data/oxford.html>> 2018年4月1日閲覧.
- 三省堂 (2011) 『新明解国語辞典 第七版』物書堂.
- Schwartz, G. (2015) "Vowel dynamics for Polish learners of English." *Teaching and researching the pronunciation of English*. pp. 205 - 217.
- Slifka, J. (2003) "Tense/lax vowel classification using dynamic spectral cues." *Proceedings of 15th international conference of phonetic sciences*. pp. 921 - 924.
- 東京大学大学院 (2012) 「OJAD - オンライン日本語アクセント辞書」
<<http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/ojad/>> 2016年10月1日閲覧.
- Wrede, B., Fink, G. A. and Sagerer, G. (2000) "Influence of duration on static and dynamic properties of German vowels in spontaneous speech." *Sixth international conference on spoken language processing*. 1, pp. 82 - 85.
- Yang, J. and Fox, R. A. (2017) "Acoustic development of vowel production in native Mandarin - speaking children." *Journal of the international phonetic association*. pp. 1 - 19.