

# 日本語母音の緊張性とフォルマント移動の相関 -母音「イー」「イイ」のフォルマント周波数の時間依存性に注目して-

石崎 達也

キーワード： 緊張性、フォルマント移動、フォルマント周波数、母音

## 要旨

従来、日本語母音に関する研究においては、その音質には時間依存性がなくほぼ一定であると捉えられることが多かった。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）についての研究は管見の限りほとんど行われていない。一方、英語を含む多くの言語の母音に関してはフォルマント移動の研究が盛んに行われている。本稿では、日本語の長母音「イー」及び連母音「イイ」のフォルマント移動を確認し、英語の緊張母音/i:/及び弛緩母音/ɪ/の同特性を参照し考察を行なった。その結果、日本語母音においてもフォルマント移動が存在し、さらに固有の方向性を示し、日英語の第1フォルマント移動の方向性に共通点があることが見られた。これは緊張性の時間依存を示唆している可能性があり、日本語母音の緊張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。

## 1. はじめに

日本語音声学の研究においては、母音の音質はほぼ一定であると考えられることが多く、長母音は短母音と長音素素/R/からなるもの、または短母音を繰り返したものと捉えられている。日本語の短母音及び長母音の音質を論じる際の前提は、その音質には時間依存性がないというものである。そのため、時間依存性を持つ母音の音質変化即ちフォルマント移動に関する研究はこれまでにほとんど行われてこなかった。

一方、英語を含む多くの言語における母音のフォルマント移動については、音響的な特性 (Hillenbrand et al. 1995)、人間による母音の認識 (Iverson and Evans 2007, Watson and Harrington 1999)、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 (McDougall and Nolan 2007, Yang and Fox 2013, 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、非常に多くの分野において研究が行われている。例えば Assmann and Katz (2000) が主張する「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」のように、非常に興味深い事実が明らかになってきている。また、フォルマント移動は母音の識別を行う上で重要な要素の一つとなっていることを、Iverson and Evans (2007) などの複数の研究者が主張している。このように、フォルマント移動は音声学において重要な研究対象の一つとなっている。

## 2. 研究目的

本稿においては、未だ十分な研究が行われてきているとは言えない日本語の母音を持つフォルマント移動の音響的な特性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」及び連母音「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/ɪ/の特性を参照し、その緊張性とフォルマント移動との相関を議論する為に、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

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。近年、この研究分野において新しい音響的特性に関する研究が行われてきている。その音響的特性はフォルマント移動であり英語母音に関する研究は多い。一方、日本語母音のフォルマント移動に関しては石崎（2016）が教育分野への応用の可能性について言及しているが、管見の限り他の研究はほとんど行われていない。

英語母音の研究において使用されている音響的特性を図 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（duration）と呼ばれるものである。時間 onset から 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（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）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（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。

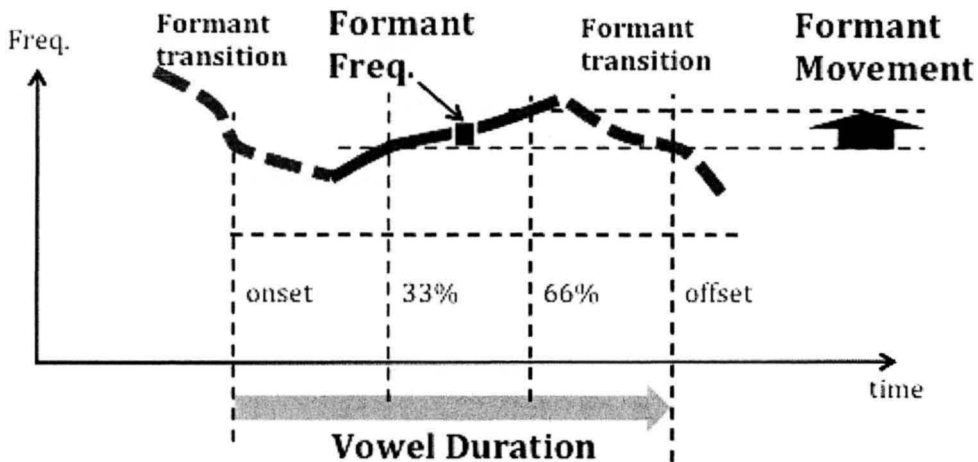


図 1 英語母音の音質を研究する際に使用される音響的特性（筆者作成）  
持続時間 33%から 66%の間におけるフォルマント移動（formant movement）を示す

一方、日本語母音の研究において使用されている音響的特性を図 2 に示す。持続時間、フォルマント周波数に関する研究は非常に多くなされているが、フォルマント移動についてはあまり注目されていない。本稿では日本語母音のフォルマント移動に焦点をあて、その挙動に注目していく。

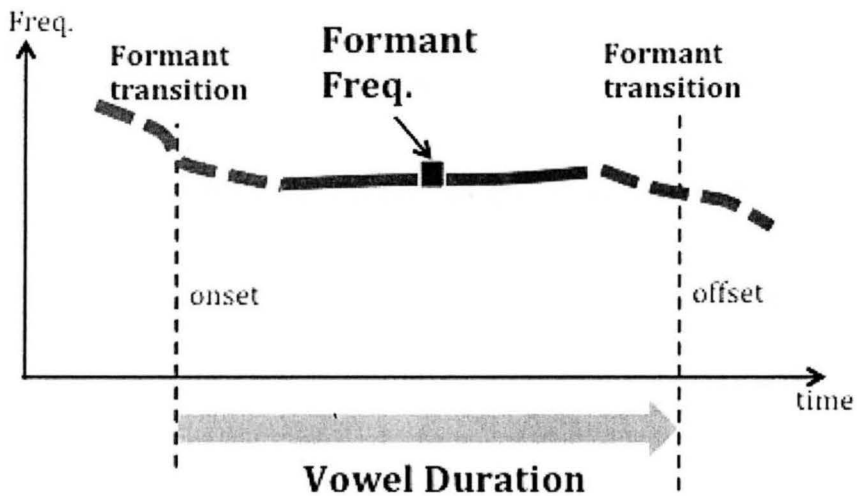


図2 日本語母音の音質を研究する際に使用される音響的特性(筆者作成)

図3は、米国在住の成人男性が発音する英語母音のフォルマント移動の挙動であり、Assmann and Kats (2000) が示したデータを基に筆者が作成したものである。解析においては時間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ている。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。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2つ

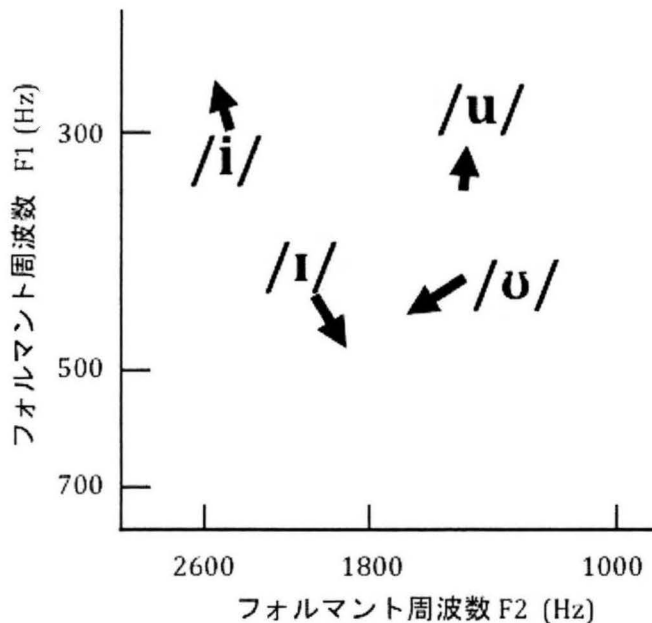


図3 米国英語話者が発音する英語母音のフォルマント移動 (Assmann and Kats (2000) を基に筆者作成)

の母音について、反対方向のベクトルを持つフォルマント移動を示す傾向にある、と主張している。このようなベクトルの方向性の相違が存在する理由はあるのか、また様々な言語における普遍的な特性なのか、についてまだ明らかになっていないが非常に興味深い事象であることは確かである。

“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)

Hillenbrand et al. (1995) は、米国英語のフォルマント移動の測定実験を行なった。12 個の母音 (/i, ɪ, e, æ, a, ɔ, u, ʊ, ʌ, ɜ, ɛ, o/) についての調査を行う上で音節 /hVd/ を被験者に発音させて録音したもので、被験者は男性 45 名、女性 48 名、子供 46 名の計 139 名であった。また、録音音声の聴取実験も行い、録音した音声 /hVd/ にどの母音が含まれていると判断されるか確認を行った。この実験は、Peterson and Barney (1952) の測定実験で得られたフォルマント周波数のデータが時間軸上の一点において抽出したものであり、フォルマント移動のデータが存在しないことから行われた。解析においては時間 20% から 80% の間における音質変化をフォルマント移動と定義している。その結果、F1-F2 空間上で近接する母音の分布は大きく重なり合っていた。また、それぞれの母音は固有の方向性を持つフォルマント移動を示し、母音の認識率は高かった。判別分析により、それぞれの母音がどの程度個別の群に属すると言えるのかを調査した結果、安定状態におけるフォルマント周波数のデータを使用した場合は 68.2%、母音の持続時間における 20% と 80% 時点のフォルマント周波数（フォルマント移動）のデータを使用した場合は 87.9% であった。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唆した。

上述の通り英語母音の研究においては、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きている。一方、日本語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。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 緊張と弛緩

調音器官の筋肉の緊張と弛緩は、母音の特徴を論じる際に使用されるパラメータである。音声学においては、この緊張は「テンス」、弛緩は「ラックス」と呼ばれることもある。比較的長い持続時間を持つ長母音 (/i:, u:, ɔ:, a:/) と二重母音 (/eɪ, ou, aɪ, aʊ, ɔɪ/) は、緊張母音として知られている。一方、持続時間が短い短母音 (/ɪ, e, æ, ʊ, ə, ʌ/) は、弛緩母音と捉えられている。このように英語母音においては、母音の持続時間と緊張性に関係性があるように見える。長母音を発音する際には調音器官の筋肉に緊張が生じ、短母音を発音する際にはその筋肉は弛緩している状態であると言える。しかし、母音の緊張性については管見の限り明確な定義はない。

英語母音を発音する際の調音器官の筋肉のこのような緊張性には、音響的な特性との相関

が見られるという指摘が、下記の通り Lindau (1978) によってなされている。Lindau (1978) は、緊張母音と弛緩母音の違いは、狭母音と広母音の違いと同じではないと主張している。さらに、狭母音と広母音は第 1 フォルマントの違いとして区別できるが、緊張母音と弛緩母音は「周辺—中央」の違いとして区別できる、とも述べている。すなわち、緊張母音と弛緩母音は、特性「周辺」という考え方により最も適した分類が可能であるという主張である。Lindau (1978) は、緊張母音を特性「周辺」において[+peripheral]、弛緩母音を[-peripheral]と分類している。

“It is worth noting here that, from an acoustic point of view, the difference between the so-called tense and lax vowels is not the same as the difference between [expanded] and [constricted] vowels.”

“The tense-lax vowels differ on a peripheral-central axis, while the [expanded] and [constricted] vowels differ on a vertical axis of the first formant.”

“The difference between tense and lax vowels is best labeled by a feature Peripheral.”

(Lindau, 1978: 558)

また Lindau (1978) は、特性「周辺」というものは他の言語において何らかの対照性を説明するものとして知られているわけではないが、完全な音声学的記述を行う上で必要なものである、と述べている。

“..., peripheral is not known to be independently contrastive in any language; however, it is required for complete phonetic description.”

(Lindau, 1978: 558)

一方 Slifka (2003) は、緊張母音の産出の際に前方舌根性 (ATR) 及び調音音響空間上の位置が極端に促進されるとの仮説をたてた。第 1 フォルマント周波数の時間依存即ち第 1 フォルマント移動を測定することにより、緊張・弛緩母音の区別が可能であるか調査し、その仮説の妥当性について検証した。その結果、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。緊張母音においては調音器官が極端な位置へ、弛緩母音においては中間の位置へ向かって移動するという仮説を裏付けた。

“The lax vowels have a rising slope in 91.7% of the cases, and the tense vowels have a falling slope in 88.9% of the cases. These results agree with the assumption that changes in F1 occur across these vowels as the articulators either move toward an extreme position (tense vowels) or possibly toward a neutral position (lax vowels).”

(Slifka, 2003: 922-923)

#### 4. 研究方法

日本語の長母音「イー」と連母音「イイ」のフォルマント移動を観測し、緊張性とフォルマント移動の相関性について考察を行う。考察を行う上で、英語の緊張母音/i:/及び弛緩母音/ɪ/の同特性を参照する。

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を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。調査する単語の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 (version 6.0.21) 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/iɾ/、「イイ」を/ii/と表記する。

## 5. 結果

### 5. 1 日本語母音 /iɾ/ (アクセント HL, HH, LL) のフォルマント周波数

最初に発音される「イ」と次に発音される長音符号「ー」に対応する音で構成される母音「イー」についての結果 (OJAD) を表 1.1、表 1.2 に示す。男性の日本語話者の場合、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 は約 270~400Hz 付近、第 2 フォルマント周波数 F2 は約 2210~2530Hz 付近に分布している。女性の日本語話者が発音する場合は F1 は約 390~550Hz 付近、F2 は約 2860~3160Hz 付近に分布している。

### 5. 2 日本語母音 /ii/ (アクセント LH) のフォルマント周波数

最初に発音される「イ」と次に発音される「イ」のアクセントパターンが、「低高」となる母音「イイ」についての結果 (OJAD) を表 2.1、表 2.2 に示す。男性の日本語話者の場合、/ii/ (LH) の持続時間 33% 及び 66% 時点における F1 は約 260~370Hz 付近、F2 は約 2270~2540Hz 付近に分布している。女性の日本語話者の場合、F1 は約 410~540Hz 付近、F2 は約 2770~3180Hz 付近に分布している。母音 /ii/ (LH) のフォルマント周波数の分布は、上述の母音 /iɾ/ とほぼ同様であった。

表 1.1 日本語母音 /iɾ/ (HL, HH, LL) の第 1 フォルマント周波数 (OJAD)

母音 前	母音 後	単語 (発話者 F1)	アクセント	F1(33%) [Hz]	F1(66%) [Hz]	F1(66%)-F1(33%) [Hz]
[p]	[s]	コピーする	LL (語中)	515.2	428.3	-86.9
[p]	[te]	スピーチする	HL (語中)	486.6	419.2	-67.4
[r]	[z]	フリーズする	HL (語中)	388.3	395.7	7.4
[r]	[z]	フリーズする	HH (語中)	485.7	474.7	-11.0
[ɲ]	[k]	ユニークな	HL (語中)	550.4	506.0	-44.4
母音 前	母音 後	単語 (発話者 M1)	アクセント	F1(33%) [Hz]	F1(66%) [Hz]	F1(66%)-F1(33%) [Hz]
[p]	[s]	コピーする	LL (語中)	312.6	281.4	-31.2
[p]	[te]	スピーチする	HL (語中)	276.6	284.4	7.8
[r]	[z]	フリーズする	HL (語中)	288.0	273.6	-14.4
[r]	[z]	フリーズする	HH (語中)	356.2	320.6	-35.6
[ɲ]	[k]	ユニークな	HL (語中)	404.1	388.8	-15.3

表 1.2 日本語母音 /iɾ/ (HL, HH, LL) の第 2 フォルマント周波数 (OJAD)

母音 前	母音 後	単語 (発話者 F1)	アクセント	F2(33%) [Hz]	F2(66%) [Hz]	F2(66%)-F2(33%) [Hz]
[p]	[s]	コピーする	LL (語中)	2880.9	2988.4	107.5
[p]	[te]	スピーチする	HL (語中)	3025.0	2913.1	-111.9
[r]	[z]	フリーズする	HL (語中)	2860.8	2937.8	77.0
[r]	[z]	フリーズする	HH (語中)	2967.0	2939.2	-27.8
[ɲ]	[k]	ユニークな	HL (語中)	3005.1	3160.5	155.4
母音 前	母音 後	単語 (発話者 M1)	アクセント	F2(33%) [Hz]	F2(66%) [Hz]	F2(66%)-F2(33%) [Hz]
[p]	[s]	コピーする	LL (語中)	2234.0	2208.7	-25.3
[p]	[te]	スピーチする	HL (語中)	2270.7	2534.2	263.5
[r]	[z]	フリーズする	HL (語中)	2285.9	2340.7	54.8
[r]	[z]	フリーズする	HH (語中)	2337.5	2366.9	29.4
[ɲ]	[k]	ユニークな	HL (語中)	2466.1	2506.7	40.6

表 2.1 日本語母音 /iu/ (LH) の第 1 フォルマント周波数 (OJAD)

母音 前	母音 後	単語 (発話者 F1)	アクセント	F1(33%) [Hz]	F1(66%) [Hz]	F1(66%)-F1(33%) [Hz]
—	[m]	言います	LH (語頭)	458.3	458.6	0.3
[k]	[t]	聞いた	LH (語頭)	480.8	459.8	-21.0
[ɕ]	[t]	敷いた	LH (語頭)	448.0	505.1	57.1
—	[k]	言い聞かせる	LH (語頭)	408.3	449.3	41.0
—	[k]	いい加減な	LH (語頭)	482.8	536.0	53.2
母音 前	母音 後	単語 (発話者 M1)	アクセント	F1(33%) [Hz]	F1(66%) [Hz]	F1(66%)-F1(33%) [Hz]
[k]	[t]	聞いた	LH (語頭)	268.4	282.1	13.7
[ɕ]	[t]	敷いた	LH (語頭)	292.7	301.3	8.6
—	[m]	言い間違える	LH (語頭)	265.9	327.4	61.5
—	[a]	言い表す	LH (語頭)	261.6	273.1	11.5
—	[k]	言い聞かせる	LH (語頭)	272.2	372.2	100.0
—	[k]	いい加減な	LH (語頭)	272.6	357.8	85.2

表 2.2 日本語母音 /i:/ (LH) の第 2 フォルマント周波数 (OJAD)

母音前	母音後	単語 (発話者 F1)	アクセント	F2(33%) [Hz]	F2(66%) [Hz]	F2(66%)-F2(33%) [Hz]
—	[m]	言います	LH (語頭)	2989.8	3181.4	191.6
[k]	[t]	聞いた	LH (語頭)	3022.3	3117.5	95.2
[c]	[t]	敷いた	LH (語頭)	2767.4	2912.9	145.5
—	[k]	言い聞かせる	LH (語頭)	2763.6	2914.4	150.8
—	[k]	いい加減な	LH (語頭)	2847.9	2929.6	81.7
母音前	母音後	単語 (発話者 M1)	アクセント	F2(33%) [Hz]	F2(66%) [Hz]	F2(66%)-F2(33%) [Hz]
[k]	[t]	聞いた	LH (語頭)	2361.0	2380.8	19.8
[c]	[t]	敷いた	LH (語頭)	2274.2	2398.3	124.1
—	[m]	言い間違える	LH (語頭)	2368.0	2381.6	13.6
—	[a]	言います	LH (語頭)	2374.0	2536.2	162.2
—	[k]	言い聞かせる	LH (語頭)	2337.0	2349.4	12.4
—	[k]	いい加減な	LH (語頭)	2296.7	2348.8	52.1

他の結果については記載を省略する。以下の考察では、顕著な音質変動を確認できた OJAD データを使用する。アクセント表記については適宜省略する。

## 6. 考察

### 6. 1 日本語母音 /i:/ と英語母音 /i:/、/ɪ/ のフォルマント移動

日本語母音 /i:/ の持続時間 33%、66% 時点におけるフォルマント周波数は図 4 において矢印の始点と終点で表されており、同一の値を取らず異なっていることが分かる。これは /i:/ の持続時間 33% 時点から 66% 時点において、その音質は一定ではなくある方向性を持って変動していることを示している。従って、この母音は例えば日本語の短母音 /ɪ/ を長く伸ばして発音

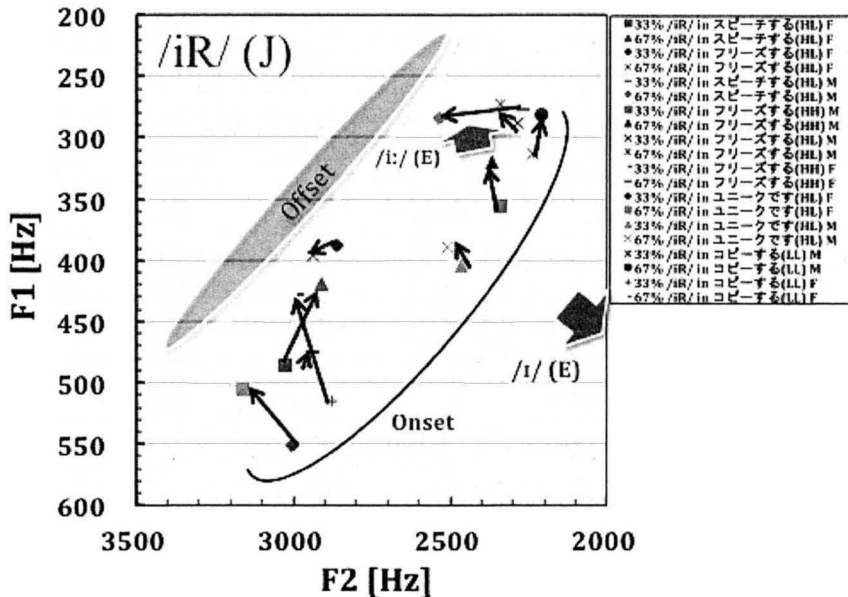


図 4 日本語母音 /i:/ のフォルマント移動



されるような単純な音ではないことを意味している。第1フォルマント移動は下降を示し、第2フォルマント移動は不明瞭ではあるが若干上昇を示す傾向が見られる。

図中に示す/i:/ (E) は、Assmann and Katz (2000) により示された米国在住の成人男性が発音する英語母音/i:/のフォルマント移動である。この英語母音/i:/は、成人男性の日本語母語話者が発音する日本語母音/iR/と類似したフォルマント周波数の分布を示している。フォルマント移動についてもF1下降F2上昇であり同様の傾向を示している。

日本語母音/iR/と英語母音/i:/について、持続時間の長短、開口度、緊張性、特性「周辺」及びフォルマント移動の傾向をまとめたものを表3に示す。

表3 日本語母音/iR/と英語母音/i:/、/ɪ/の特性比較

母音	長短	開口度	緊張性	周辺	フォルマント移動		
					F1	F2	方向性
/iR/ (J)	長母音	狭母音	不明	+	下降	上昇(不明瞭)	中央→周辺
/i:/ (E)	長母音	狭母音	緊張	+	下降	上昇	中央→周辺
/ɪ/ (E)	短母音	広めの狭母音	弛緩	-	上昇	下降	周辺→中央

(E)は英語母音、(J)は日本語母音を示す。

英語母音/i:/は長母音と分類され、調音音声学的には狭母音という位置付けで、さらに緊張母音として知られている。Lindau (1978) は特性「周辺」を導入する上で緊張母音を[+peripheral]、弛緩母音を[-peripheral]と分類している。/i:/は緊張母音であるので[+peripheral]と分類される(表中では+と表記)。

一方、日本語母音/iR/は長母音、狭母音と分類され、緊張性については不明である。日本語母音/iR/の特性「周辺」については、緊張母音である英語母音/i:/と類似したフォルマント周波数の分布を持つことから[+peripheral]としている。長母音、狭母音、F1下降、F2上昇、さらにフォルマント移動はF1-F2空間における中央から周辺への方向性を持つという点で、日本語母音/iR/と英語母音/i:/は非常に類似した動的な音響的特性を持っている可能性がある。

一方、図中に示す/ɪ/ (E) は、Assmann and Katz (2000) により示された米国在住の成人男性が発音する英語母音/ɪ/のフォルマント移動であるが、日本語母音/iR/とは方向性が逆である。

## 6. 2 日本語母音/ii/と英語母音/i:/、/ɪ/のフォルマント移動

日本語母音/ii/ (LH) の持続時間33%、66%時点におけるフォルマント周波数は図5において矢印の始点と終点で表されており、日本語母音/iR/と同様に同一の値を取らず異なっていることが分かる。これは/ii/ (LH) の持続時間33%時点から66%時点における音質は一定ではなくある方向性を持って変動していることを示している。第1フォルマント移動、第2フォルマント移動共に上昇の傾向を示している。

図中に示す/i:/ (E)、/ɪ/ (E) は、Assmann and Katz (2000) により示された米国在住の成人男性が発音する英語母音/i:/、/ɪ/のフォルマント移動である。英語母音/i:/は、成人男性の日本語母語話者が発音する日本語母音/ii/ (LH) とほぼ同じ値のフォルマント周波数を示している。フォルマント移動については英語母音/i:/はF1下降F2上昇、英語母音/ɪ/はF1上昇F2下降であるのに対し、日本語母音/ii/ (LH) はF1上昇F2上昇でありそれぞれ異なる傾向を示している。

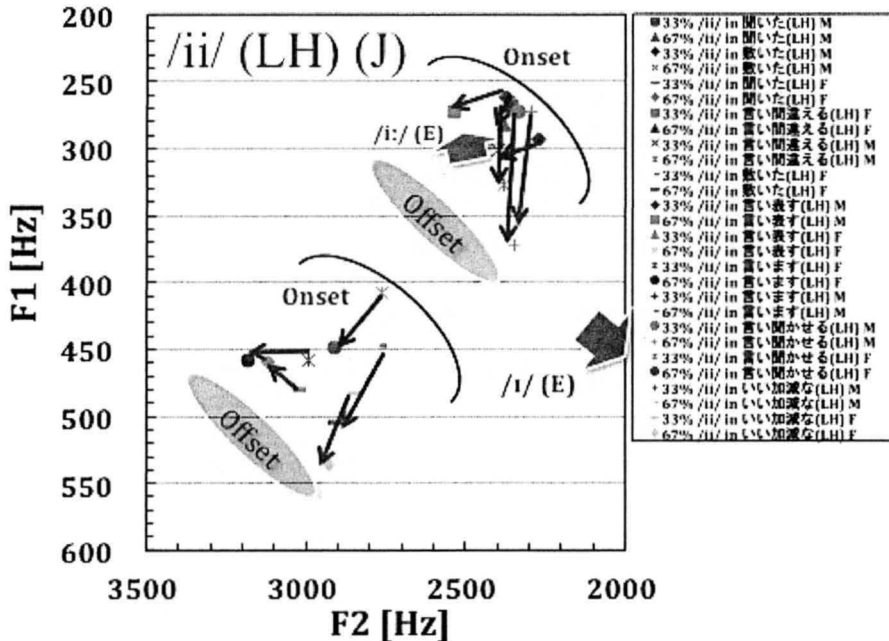


図5 日本語母音/ii/ (LH) のフォルマント移動

上記3つの母音について、持続時間の長短、開口度、緊張性、特性「周辺」及びフォルマント移動の傾向をまとめたものを表4に示す。日本語母音/ii/ (LH) の特性「周辺」については、緊張母音である英語母音/i:/と類似したフォルマント周波数の分布を持つことから[+peripheral]としている(表中では+と表記)。連母音、狭母音、F1上昇、F2上昇、さらにフォルマント移動はF1-F2空間における中央から周辺へ方向性を持つ日本語母音/ii/ (LH)は、英語母音/i:/や/ɪ/と異なる動的な音響的特性を示している。

表4 日本語母音/ii/ (LH) と英語母音/i:/、/ɪ/の特性比較

母音	長短	開口度	緊張性	周辺	フォルマント移動		
					F1	F2	方向性
/ii/ (LH) (J)	連母音	狭母音	不明	+	上昇	上昇	中央→周辺
/i:/ (E)	長母音	狭母音	緊張	+	下降	上昇	中央→周辺
/ɪ/ (E)	短母音	広めの狭母音	弛緩	-	上昇	下降	周辺→中央

(E)は英語母音、(J)は日本語母音を示す。

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、反対方向のベクトルを持つフォルマント移動を示す傾向にあるということを主張している。図4、5から日本語母音/iR/と/ii/ (LH) はほぼ同じフォルマント周波数の分布を示し、ほぼ反対方向のベクトルを持つフォルマント移動を示しているように見える。従って、Assmann and Katz (2000) の英語母音についての主張は日本語母音/iR/と/ii/ (LH) のフォルマ

ント移動の挙動においても適用できる可能性があると考えられる。

## 7. まとめ

従来、日本語母音に関する研究においては、その音質には時間依存性がなくほぼ一定であると捉えられることが多かった。そのため、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）についてはこれまでにほとんど研究されてこなかった。本稿では、日本語の長母音「イー」及び連母音「イイ」のフォルマント移動を確認し、英語の緊張母音/i:/及び弛緩母音/ɪ/の同特性を参照し考察を行なった。その結果、日本語母音においてもフォルマント移動が存在し、さらに固有の方向性を示し、日英語の第1フォルマント移動の方向性に共通点があることが見られた。これは緊張性の時間依存を示唆している可能性があり、日本語母音の緊張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。

Slifka (2003) は英語母音の第1フォルマント移動と緊張性には関連性があることを主張している。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ことを示している。本稿で研究対象とした日英語の母音は、共に逆の第1フォルマント移動の方向性を示した。第1フォルマント周波数は母音産出時の開口度と関係があることは周知であるが、このような方向性の相違は緊張性の時間依存性が逆であることを示唆している可能性があると考えられる。すなわち、日本語母音/iR/と英語母音/i:/の示す緊張性の時間依存性  $T_1$  は共通であり、日本語母音/ii/ (LH) と英語母音/ɪ/の示す緊張性の時間依存性  $T_2$  は共通であり、 $T_1$  と  $T_2$  は逆であるということである。

Lindau (1978) は母音の特性「周辺」を導入し、緊張母音を[+peripheral]、弛緩母音を[-peripheral]と分類している。英語母音/i:/は緊張母音であるので[+peripheral]、英語母音/ɪ/は弛緩母音であるので[-peripheral]と分類される。この考え方によると、日本語母音/iR/、/ii/ (LH) のフォルマント周波数は英語母音/i:/とほぼ同様な値を示すことから、緊張母音とみなすことができる。しかし、フォルマント周波数は同じ母音であっても大きな個人差や地域差などの不確定要素を持ち、さらに時間依存性も示すことからフォルマント周波数の比較だけで日本語母音の緊張性を議論することは難しい。そこで日本語母音の緊張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る。

本稿においては、Assmann and Katz (2000) が英語母音について主張した「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、反対方向のベクトルを持つフォルマント移動を示す傾向」を、日本語母音/iR/と/ii/ (LH) において確認した。従って、Assmann and Katz (2000) の示した音響音声学的特性は日英語において共に現れ得る可能性がある。

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、更なる研究によりその全体像を明らかにする必要があるが、その際に緊張性とフォルマント移動の相関性を議論することも重要であると考えられる。

## 参考文献

- Assmann, Peter F. and William F. Katz (2000) Time-varying spectral change in the vowels of children and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America* 108(4): 1856-1866.
- Hillenbrand, James, Laura A. Getty, Michael J. Clark and Kimberlee Wheeler (1995) Acoustic characteristics of American English vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America* 97(5): 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』20:1-12. 仙台：東北大学大学院文学研究科言語科学専攻.
- Iverson, Paul and Bronwen G. Evans (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): 2842-2854.
- Jacewicz, Ewa and Robert A. Fox (2013) Cross-dialectal differences in dynamic formant patterns in American English vowels. *Vowel inherent spectral change*, 177-198. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lindau, Mona (1978) Vowel features. *Language* 54: 541-563.
- McDougall, Kirsty and Francis Nolan (2007) Discrimination of speakers using the formant dynamics of /u:/ in British English. *Proceedings of the 16th International congress of phonetic sciences*, 1825-1828.
- Oxford University (1993) Oxford Acoustic Phonetic Database.  
<http://svr-www.eng.cam.ac.uk/comp.speech/Section1/Data/oxford.html> [accessed April 2018].
- 三省堂 (2011) 『新明解国語辞典 第七版』東京：物書堂.
- Schwartz, Geoffrey (2015) Vowel dynamics for Polish learners of English. *Teaching and researching the pronunciation of English*, 205-217. Cham: Springer.
- Slifka, Janet (2003) Tense/lax vowel classification using dynamic spectral cues. *Proceedings of 15th International conference of phonetic sciences*, 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月アクセス]
- Watson, Catherine I. and Jonathan Harrington (1999) Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America* 106(1): 458-468.
- Wrede, Britta, Gernot A. Fink and Gerhard Sagerer (2000) Influence of duration on static and dynamic properties of German vowels in spontaneous speech. *Sixth International conference on spoken language processing*, 1: 82-85.
- Yang, Jing and Robert A. Fox (2013) Acoustic development of vowel production in American English children. *Interspeech*, 1263-1267.
- Yang, Jing, and Robert A. Fox (2017) Acoustic development of vowel production in native Mandarin-speaking children. *Journal of the International Phonetic Association*: 1-19.

(東北大学大学院生)