

喉頭機構のなまけ現象を含む基本周波数の時間変化パターン分析

森山 高明[†] 小川 均[†] 天白 成一[‡]

[†] 立命館大学理工学部情報学科
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

[‡] (株) アルカディア
〒562-0013 大阪府箕面市坊島 1-3-40

あらまし 基本周波数制御モデルは文中に含まれる単語のアクセント型と話調に関する成分に基づいて発話の基本周波数パターンを生成する。しかし人間の発話の基本周波数パターンを分析した結果、単語のアクセント型を基準にした各モーラの音の高低と実際の基本周波数の高低が必ずしも一致しない場合が観測された。このような場合の例として、おそ下がりと呼ばれる特殊な音声現象が報告されている。しかしこれ以外でも、ある音韻列のある継続時間長で発話した時にアクセント型通りに基本周波数の概形が観測されない場合が存在した。この現象を喉頭機構のなまけ現象と呼ぶことにする。本研究では喉頭機構のなまけ現象が発生した部分の音韻列を基準にして分類し、それぞれの音韻継続時間長を計測した。さらにこの現象が発生する場合と発生しない場合の音韻列の違いを音節構造の概念を用いて解釈した。

Analysis of fundamental frequency about the delay of the laryngeal movement

Takaaki MORIYAMA[†] Hitoshi OGAWA[†] Seiichi TENPAKU[‡]

[†] Department of Computer Science,
Faculty of Science and Engineering,
Ritsumeikan University
1-1-1, Nojihigashi, Kusatsu,
Shiga, 525-8577 JAPAN

[‡] Arcadia, Inc
1-3-40, Bohnohshima, Minoh,
Osaka, 562-0013 JAPAN

Abstract The model to control fundamental frequency (F_0) generates the pattern of F_0 using information about the type of a word accent and the intonation. However, according to the result analyzed F_0 in the natural speech, the difference between the pitch of each mora based on the type of a word accent and extracted F_0 in the speech is observed. For example, there is the report about the special phenomenon which is called OSOSAGARI. In addition to it, the contour of F_0 is occasionally not consistent with the type of a word accent. This phenomenon is called the delay of the laryngeal movement about generating F_0 . In this study, this delay of the laryngeal movement was classify as the phonemes. And measured the durations of each phonemes. In this paper, the difference about the order of phonemes was explained using the concept of the syllable structure.

1 はじめに

音声合成を行う上で、人間の発話音声から抽出できる基本周波数と同程度に自然な基本周波数パターンを生成することは非常に重要な課題である。人間

の場合、この基本周波数の制御には声帯を含む喉頭部分の筋肉および軟骨が深く関わっている。そのためこれまでに喉頭機構を考慮した基本周波数制御モデルが提案されている [1]。このモデルは声帯を緊張

または弛緩させるための力を入力することで基本周波数パターンを生成できる。さらにモデルの評価のために、意図的な基本周波数の上昇、下降が存在する大阪方言発話の基本周波数を分析した結果が報告されている [2]。分析時に利用する各音韻の時間長は発話音声のサウンドスペクトログラムから目視で計測している。

さらに単語アクセントとイントネーション以外の要素が比較的少ないと考えられる合文法無意味文の基本周波数分析も行われている。大部分の発話の基本周波数パターンは正しく分析できる。しかし一方で、現在では分析が困難な基本周波数パターンも存在する。例えば単語アクセントと実際に観測される基本周波数の概形が大きく異なる場合が確認されている。基本周波数制御モデルでは単語のアクセント型と話調に関する傾向を元に入力する力の大きさを決定しているため、このような場合にはモデルが生成する基本周波数と実際に観測される基本周波数との差が大きくなる。これらの例外には単語アクセントに関する特殊な音声現象が関連していると考えられる。そこで本稿では単語アクセントに関する特殊な音声現象の基本周波数パターンについてまとめた結果を報告する。

2 単語アクセントに関する特殊な音声現象

基本的な東京方言の単語アクセントはアクセント辞典 [3] を参考にできる。本章ではアクセント辞典の単語アクセント通りの各モーラの音の高低と実際に観測される基本周波数パターンが異なる場合として次の 2 つの現象に注目する。

おそ下がり 単語のアクセント型は正しく知覚できるが、実際的基本周波数パターンが標準的な単語アクセントの高低と違う現象。

喉頭機構のなまけ現象 アクセント核を挟む音韻列がまとまって発声された場合にアクセント核の位置で基本周波数が下降しない現象。

これらの現象の発生頻度と発話速度との間には深い関係があり、一般に発話速度が速いほど発生しやすい。これは音韻継続時間長が 100msec 以下の時、人間はその音程変化を聴覚的に認識できないことにも関連していると考えられる [4]。

本研究では東京方言女性話者が発話した JEIDA 100 文の音声から抽出した基本周波数を対象として

これらの現象に関する分析を行う。各音韻の継続時間長はサウンドスペクトログラムから目視で計測した結果を用いる。

2.1 おそ下がり

アクセント核の位置で基本周波数が下降せず、アクセント核直後の音節以降で基本周波数の下降が始まる音声現象をおそ下がりと呼ぶ [4]。おそ下がりが発生した場合の基本周波数は本来のアクセント型と異なった概形を示す。具体的にはアクセントのあるモーラよりも後続するモーラの基本周波数の方が高く、しかもアクセント核直後のモーラは下降音調である (図 1)。この概形は東京方言の平板または尾高アクセント、大阪方言の頭高アクセントに相当する。しかしその発話音声を聴取した人間は正しく本来のアクセント型を聞き取ることができる。おそ下がりだけでなく無声化したモーラにアクセントが知覚できるのもアクセント核直後のモーラの基本周波数が下降音調を示す場合である [4]。



図 1: アクセント核前後の基本周波数パターン

おそ下がりの例を図 2 に示す。この例では「わがままに (/wagama'mani/)」の部分がおそ下がりである。この例ではアクセント核に後続する /ma/ の母音部分が下降音調を示している。なお「'」はアクセント核を示す。

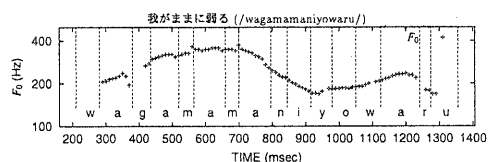


図 2: おそ下がりの基本周波数パターン

アクセント核直後のモーラが下降音調ではないおそ下がりの例を図 3 に示す。この例では「ベストに (/be'sutoni/)」の部分がおそ下がりである。アクセント核直後のモーラ /su/ が無声化しているためそれに続く /to/ の部分で下降音調を示している。

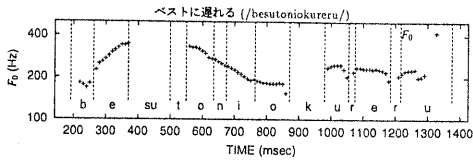


図 3: アクセント核直後が下降音調でない場合

2.2 喉頭機構のなまけ現象

東京方言の発話音声の基本周波数を観測した結果、本来アクセント核の位置で下降すべき基本周波数パターンがアクセント核の位置を通り過ぎても上昇または平板のままであるという現象が見られた。しかしこの現象で観測される基本周波数の概形はおそ下がりの場合とは明らかに異なり、アクセント核直後のモーラに下降音調は見られない。これは基本周波数制御を行なう喉頭機構が短い時間間隔で上昇から下降への変化を行うことができなかつたため発生したと考えられる。このような現象は喉頭機構の制御をなまけた結果であると考えられるため、本稿ではこのような現象を基本周波数の時間変化における喉頭機構のなまけ現象と呼ぶ。さらに喉頭機構のなまけ現象が発生しているか否かを判断するために次に挙げる基準を用いる。

- アクセント核の位置で基本周波数が下降せず、アクセント核の後ろの音節以降で基本周波数の下降が始まる。
- アクセント核直後のモーラの基本周波数が下降音調でない。

3 喉頭機構のなまけ現象の分類

発話音声の基本周波数分析の結果、喉頭機構のなまけ現象はアクセント核をはさむ2モーラの音韻の並び方によって次の2つに分類できる。

- 二重母音、長母音型
- ラ行音型

また JEIDA 100 文の発話音声中で喉頭機構のなまけ現象が確認できた数を表 1 に示す。

3.1 二重母音、長母音型

アクセント核を挟む2モーラが二重母音の場合または母音とそれに続く長母音の場合に発生する。二重母音型の例を図 4 に長母音型の例を図 5 に示す。

表 1: 喉頭機構のなまけ現象の発生数

型	二重母音、長母音型		ラ行音型
	二重母音型	長母音型	
発生数	8	14	4

図 4 では「ぶらうす (/bura'usu/)」の /ra'u/ の部分に喉頭機構のなまけ現象が発生し、/rau/ の次にアクセント核が移動している。図 5 では「めーわく (/me'waku/)」の /me'-/ が /me'-/ に変化している。

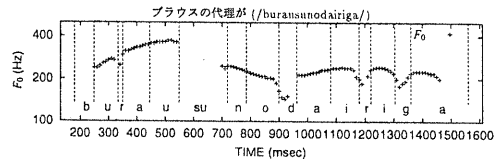


図 4: 二重母音型

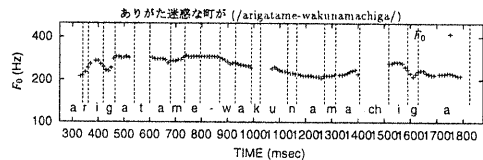


図 5: 長母音型

また、喉頭機構のなまけ現象が発生していない場合と発生している場合の音声波形、基本周波数パターンおよびサウンドスペクトログラムをそれぞれ図 9、10 に示す。図 9 の「とむらう (/tomura'u/)」と図 10 の「ぶらうす (/bura'usu/)」においてアクセント核を挟む2モーラ /ra'u/ を比較する。その結果、図 10 では基本周波数の変化に喉頭機構のなまけ現象が発生しているだけでなく、/a/ から /u/ にかけてのスペクトルの変化もなまけている事が観測できる。さらに図 9 の例のように文末では喉頭機構のなまけ現象が発生している例は存在しなかった。

3.2 ラ行音型

アクセント核直後のモーラがラ行である場合、次のような2つのパターンが存在する。

- アクセント核直後のラ行のモーラの音調動態が単純な下降音調ではなく、最初は上昇しており途中から下降する場合 (図 6)。
- 喉頭機構のなまけ現象の場合 (図 7)。

なお図 6 のように音調動態が途中で変化する例はいずれも頭高型の繰り返し言葉であった。図 7 はア

クセント核直後のモーラが下降音調ではないのでおそ下がりではないが、二重母音、長母音型とは異なりアクセント核前後のモーラで基本周波数の傾きが大きく変化している。

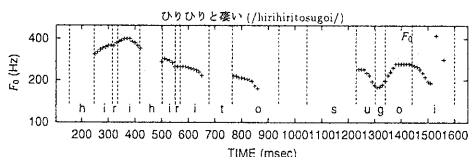


図 6: 音調動態が途中で変化する場合

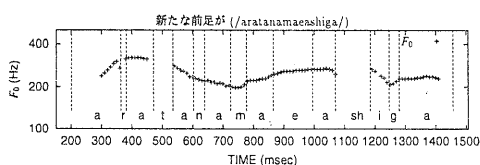


図 7: 喉頭機構のなまけ現象の場合

4 発話速度との関連性

3章で分類した型のうち、二重母音、長母音型の方がラ行音型に比べて喉頭機構のなまけ現象は発生数が多かった。しかしこれらの型に分類できる発話中の全ての場合で喉頭機構のなまけ現象が発生した訳ではない。なまけ現象が発生する条件と発話速度の間には密接な関係があると考えられる。二重母音型のアクセント核直前直後における同音節の平均時間長をそれぞれ表 2, 表 3 に示す。

表 2: アクセント核直前の同音節の平均時間長

音節	なまけあり	なまけなし	速度比
ra	113 (msec)	115 (msec)	1.02
na	162	225	1.39
ta	148	153.5	1.04
ro	120	198	1.65

この分析結果から分かることを以下に示す。

- アクセント核直前の同じ音節の平均時間長は喉頭機構のなまけ現象が発生する場合よりも発生しない場合の方が長い。
- アクセント核の次の同じ母音の平均時間長は喉頭機構のなまけ現象が発生する場合よりも発生しない場合の方が長い。

表 3: アクセント核直後の同音節の平均時間長

音節	なまけあり	なまけなし	速度比
u	104 (msec)	134.75 (msec)	1.30
e	124	111	0.90
i	90	115.79	1.29
o	115	238.67	2.08

つまり文末を除いては、アクセント核直前直後の発話速度が早い場合に喉頭機構のなまけ現象が発生しやすい事が分かる。また、文全体の発話速度との間には関連性は見られなかった。

5 音節構造の概念を用いた喉頭機構のなまけ現象の解釈

これまでの分析結果から、喉頭機構のなまけ現象はアクセント核を挟む特定の音韻列を持つ 2 モーラがある一定の速度で発話された場合に発生すると考えられる。そこで本章では喉頭機構のなまけ現象が発生する特定の音韻列のまとまりについて音節構造の概念を用いた説明を試みる。

5.1 フットとの関係

人間が発話する際のまとまりとしてモーラより大きい単位が存在していると考えれば、喉頭機構のなまけ現象は一定以上の発話速度で発話した際に、まとまりの中では基本周波数が下降しにくいいため発生するとも考えられる。日本語の音韻的な長さの単位としてはモーラが一般的であるが、近年、英語では従来から認められているフット (foot) という考え方が日本語にも適用できると報告されている [5]。

英語ではフットは 1 つの強勢を持つ音節と、強勢を持たない 1 つ以上の音節からなると定義されている。したがって、英語では単語中の強勢の数がフットの数に一致する。一方、日本語では強勢の有無を基準にできないが、2 モーラずつが韻律上まとまることが多いので、その 2 モーラずつのまとまりをフットと呼んでいる。すなわち日本語ではフットはモーラによって規定でき、1 フットは 2 モーラから成ると言える。ただし日本語のフットが 2 モーラ単位であるという主張には、例外も多く確認されている。特に特殊拍とフットの関係についてはいまだ十分な議論がなされていない。

喉頭のなまけ現象が発生するのはアクセント核をはさんだ 2 モーラであるから、発話のまとまりとしてフットが存在していると考えられることは可能である。

例えば、図8では「太陽」のアクセント核は本来/ta'iyō-/であるのに、喉頭のなまけ現象が発生した結果、/tai'yo-/に変化している。これは「たい」という2モーラ(1フット)がまとまっているために発生したと考えられる。

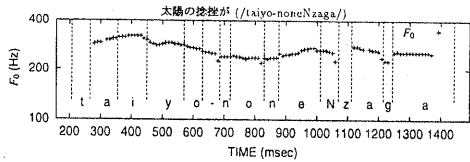


図8: フットを単位とした喉頭のなまけ現象

一方、喉頭機構のなまけ現象が発生しているところが必ずフットであるとは限らない。例えば、図4において「ブラウス」の「ラウ」の部分は喉頭機構のなまけ現象のためにアクセント核が移動しているが、「ブラウス」をフットを単位とすると「ブラ/ウス」に分割できる。

以上の点から、フットを単位として喉頭機構のなまけ現象が発生すると結論づけることは難しい。

5.2 音節構造との関係

フットのように盲目的に2モーラを単位とするのはやや乱暴な考え方である。そこで

喉頭機構のなまけ現象が発生した場合のアクセント核を狭んだ2モーラの音節構造について考える(表4)。

表4: 喉頭機構のなまけ現象と音節構造

型	二重母音, 長母音型		ラ行音型
	二重母音型	長母音型	
音節構造	CVJ	CVR	VCV, CVCV

C 子音

V 母音(二重母音の第2母音と長母音を除く)

J 二重母音の第2母音

R 長母音

特殊拍以外の2モーラが連続する場合, VV, VCV, CVV または CVCV のいずれかの並びになる。二重母音の第2母音と長母音を表4のように区別すれば, 二重母音, 長母音型は特殊な音節構造をしていると言える。このような特殊な音節構造は比較的まとまりやすい性質があると考えられる。これは音節量という概念として説明できる[5][6]。

一方, ラ行音型は VCV または CVCV のどちらかに相当する。しかし, 間に挟まれる子音である[r]の音韻継続時間長は平均して短いことが, 喉頭機構のなまけ現象のような特殊な基本周波数変化が発生する場合には影響を与えている可能性がある。その結果, ラ行音型は音調動態が途中で変化する場合と喉頭機構のなまけ現象の場合の2つのパターンが存在していると考えられる。

6 まとめ

本稿では本来の単語アクセント型と異なる基本周波数パターンについて単語アクセントに影響を与える音声現象という観点から分析を行った。その結果, 喉頭機構のなまけが引き起こすと考えられる音声現象が観測された。またこの現象は, 単語のアクセント型と実際の基本周波数パターンが異なる代表例であるおそ下がりとも異なる現象であった。この喉頭機構のなまけ現象をアクセント核を挟む2モーラの音韻列を基準に分類したところ, 二重母音, 長母音型とラ行音型の2つに分類できた。また音節構造の考え方をを用いてこれらのまとまりやすい音韻列について解釈を行った。さらにその音韻継続時間長と喉頭機構のなまけ現象との関連性を分析し, 喉頭機構のなまけ現象が発生する場合の音韻継続時間長は発生しない場合よりも短いことが確認された。

今後は喉頭機構のなまけ現象の発生要因と発話時間長との関係について発話例を増やして分析を行う。またこのような特殊な音声現象を現在の基本周波数制御モデルで生成するために, アクセント核を挟む2モーラの音韻列の並びと各音韻の継続時間長の点から制御規則を提案する必要がある。

参考文献

- [1] Takaaki MORIYAMA, Hitoshi OGAWA and Seichi TENPAKU: "A new control model based on rising and falling fundamental frequency", *Proceeding of ASA/ASJ Third Joint Meeting*, pp. 1171-1176 (1996-12).
- [2] 森山高明, 小川均, 天白成一: "大阪方言に見られる特徴的な基本周波数変化の分析", *音講論集*, 1-Q-20, pp. 337-338 (1997-3).
- [3] NHK放送文化研究所(編): *NHK日本語発音アクセント辞典 新版*, 日本放送出版協会(1998).
- [4] 杉藤美代子: *日本語音声の研究4 音声波形は語る*, 和泉書院(1997).
- [5] 窪菌晴夫, 太田聡: *日英語比較選書10 音韻構造とアクセント*, 研究社出版(1998).
- [6] 窪菌晴夫: "モーラと音節の普遍性", *音声研究*, 第2巻, 第1号, pp. 5-15 (1998-4).

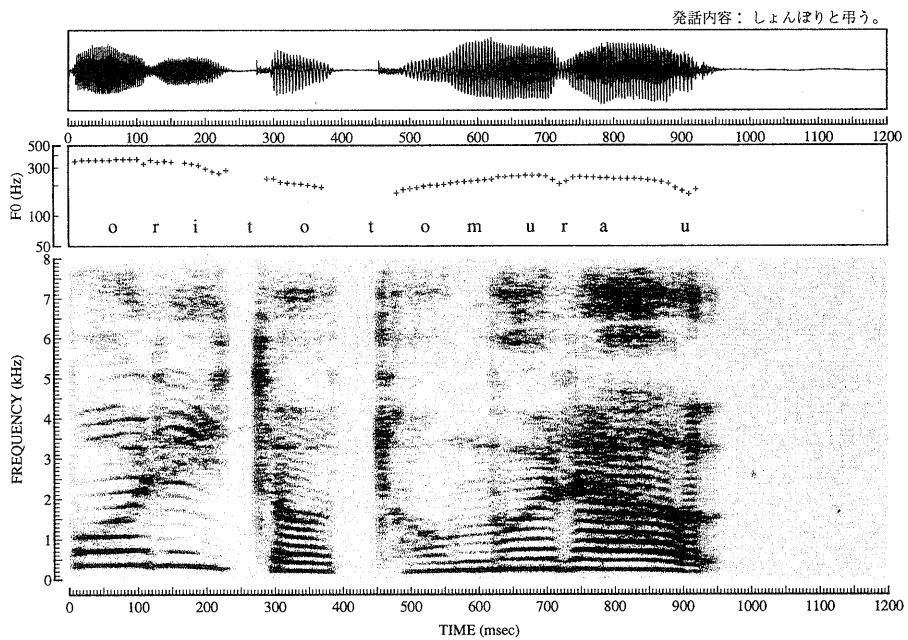


図 9: 喉頭機構のなまけ現象が発生していない場合

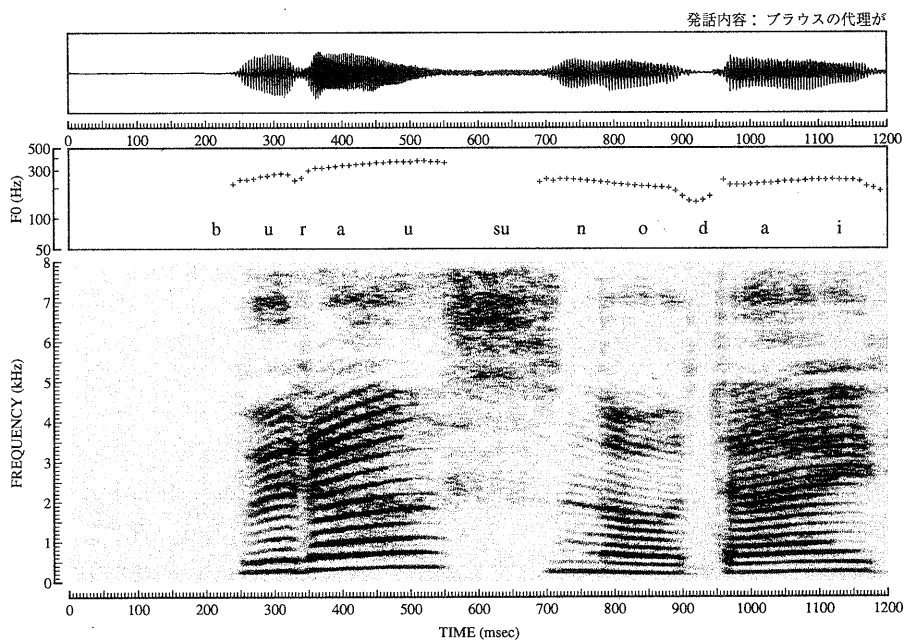


図 10: 喉頭機構のなまけ現象が発生している場合