

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26770148

研究課題名(和文)日本語アクセント再訪：音響特徴の定量化

研究課題名(英文)Japanese pitch accent revisited: Quantifying its acoustic properties

研究代表者

杉山 由希子(SUGIYAMA, Yukiko)

慶應義塾大学・理工学部(日吉)・准教授

研究者番号：70525112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、日本語アクセントの音響特徴を同定、定量化することを目的としていた。先行研究より、日本語アクセントの主要な音響特徴が基本周波数(F0)であることは分かっているため、二次的な音響特徴について、その有無を含めて検証することが目的であった。音素配列と音の高低パターンが同一で、アクセント型のみが異なる最小対(例：花と鼻)をテスト語とし、F0とその倍音を除去した音声を日本語話者に提示する聴取実験を行ったところ、聴者はチャンスレベルを有意に超える精度で単語を聞き分けることができた。このことは、日本語アクセントに二次的な音響特徴が存在することを示す。その音響特徴が何であるかは、現在分析中である。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to examine and quantify acoustic cues to pitch accent in Tokyo Japanese. While past studies have shown that Japanese pitch accent is primarily realized by F0 contours, less is known about its secondary cues, including their existence. In the present study, noise-vocoded speech which contained no F0 or its harmonics was created and presented to native speakers of Tokyo Japanese. The results show that Japanese listeners were able to identify minimal pairs that contrast only in the presence or absence (e.g. haNA 'flower' and hana 'nose'; the syllable indicated in upper case represents it is accented) at a rate that exceeded chance level. This suggests some acoustic signals that co-vary with pitch accent were present in the stimuli, allowing listeners to use them to distinguish the two types of words. An acoustic analysis of the stimuli is currently in progress to identify the cues that listeners used.

研究分野：音声学

キーワード：アクセント 日本語 劣化雑音音声 音声知覚

1. 研究開始当初の背景

世界の言語は、韻律特徴に注目すると、英語のようにストレスの位置で単語を区別する言語と、北京語のように声調の種類で単語を区別する言語に大別される。ストレスは一連の音節をグループごとにまとめる機能を持ち、ストレスのある音節は無い音節よりも時間長が長く、FO(基本周波数)の動きが大きいなど、複数の音響特徴で実現される。これに対し声調は、個々の音節ごとに声調の種類が決まっており、声調の種類は FO の動き方によって実現される。この分類によると、日本語のアクセントは音韻機能としてはストレスのような性質を持つ一方、音響的には声調に近い性質を持つため分類が難しく、研究者によって意見が分かれている。一方、近年、フィールドワークで世界の多様な言語の韻律特徴が分かってくるにつれ、単語韻律にはこれまでに考えられてきた以上に多くの音響特徴が複雑な形で関与している可能性が指摘されており、従来の二分法を再検討する動きもある。このような流れの中で、日本語の音響特徴を解明することは、世界の諸言語の韻律の分類や比較研究に大きな影響を与えることになる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、日本語(東京方言)のアクセントの知覚に寄与する音響特徴を定量的に示すことである。日本語アクセントの主要な音響特徴が FO であることは、従来の研究で示されているものの、それ以外の二次的な音響特徴については、その存在の有無を含めて解明されていない点が多い。このことを踏まえ、申請者の先の研究では、日本語アクセントを知覚する手がかりには、従来言われてきた FO とその倍音に加え、二次的な音響特徴があることを初めて実証した。本研究ではその研究結果をさらに発展させた。まずは、先の研究結果が一般性を持つものかどうかを確認するため、先の研究で行ったのとは異なる方法で FO と倍音を含まない刺激(雑音駆動音声)を作成して知覚実験を行い、同じような結果を得られるかどうかを確認する。雑音駆動音声では、時間長と振幅動態はそのまま保持されるが、音源をノイズ(雑音)で置き換えるため、FO や倍音などの微細構造は著しく破壊される。知覚実験の終了後は、収集したデータの分析結果を参照しながら、聴者に提示した刺激を分析し、聴者がどのような音響特徴を手がかりに単語を同定していたのか、定量的に示すことを目指す。それにより、研究の進んでいる他言語との韻律特徴の比較し、世界の言語の韻律体系の類型化を試みる。

3. 研究の方法

(1) テスト語

2 モーラ 2 音節からなる単語で、音素配列が同一な尾高型と平板型の最小対 5 対(表 1)をテスト語とした。これらの最小対は、『日本語彙特性』(天野、近藤 1999)での親密度が 5.0

以上(もっとも高い親密度が 7.0)と、日本人には馴染みのある単語である。これらの単語を、東京方言話者の男女各 1 名が、「私は_____が好き」というキャリア文の下線部に埋め込んで読み上げた。

	音素配列	尾高型	平板型
1.	/hana/	花	鼻
2.	/hasi/	橋	端
3.	/hati/	八	蜂
4.	/osu/	雄	お酢
5.	/sita/	舌	下

表 1 実験で使用した最小対 5 対

(2) 雑音駆動音声の作成

録音した音声は、コンピュータソフト(Praat)でスクリプトを用いて加工し、男女の音声からそれぞれ 2 種類の雑音駆動音声を作成した。一方の音声では、50 Hz から 6,805 Hz までを 10 帯域(3-ERB 幅)に分割し、もう一方では 15 帯域(2-ERB 幅)に分割した。分割の際には、各帯域の折点周波数は、健常者の聴覚フィルターを近似したものとした。

(3) 聴者

実験に協力した聴者は、40 名の東京方言話者(男性 16 名、女性 24 名、18-22 歳)であった。

(4) 手続き

聴者には、まず、テスト語の 1 つがコンピュータディスプレイに提示された。それに続いて、その単語がキャリア文に埋め込まれた雑音駆動音声と、最小対のもう一方の雑音駆動音声提示された。被験者には、最初に提示された単語は、1 回目の文に埋め込まれていたか、2 回目の文に埋め込まれていたかを答えてもらった。試行回数は、男女各音声、各帯域数の各単語について、1 人被験者あたり 10 回であった。

(5) 分析

雑音駆動音声において、尾高型と平板型の最小対がどれだけ区別できたかを査定するにあたっては、信号検出理論に則り、 d' と c を算出した。 d' は尾高型と平板型の単語をどれだけ聞き分けることができたか(弁別能力)を示す指標で、聴者、最小対ごとに計算した。そして $d'=0$ を帰無仮説として一標本 t 検定を行った。 d' が有意に 0 よりも大きい場合には、被験者は最小対をチャンスレベル以上の精度で聞き分けることができたことを示す。 c は聴者の判断基準(バイアス)を示す指標で、こちらも聴者、最小対ごとに計算した。 c が有意にゼロよりも小さい場合には、聴者の判断基準が尾高型に偏っていたことを示す。

さらに、どのような要因が単語弁別の正解率に影響を与えたのかを検証するため、混合効果ロジスティック回帰モデルで解析した。その際に、従属変数は d' 、固定効果は帯域数

(10 か 15)、提示順序 (男声が先か女声が先か)、刺激を作成した原音声の性別 (男女)、ランダム効果は聴者と最小対、被験者のランダム係数は原音声の性別、最小対のランダム係数は帯域数、提示順序、原音声の性別とした。

4. 研究成果

(1) 知覚実験

① 単語の弁別能力

一標本 t 検定の結果は、被験者 ($t(39)=13.12, p<0.001$) と最小対 ($t(4)=10.39, p<0.001$) のいずれにおいても有意であった。 d' の平均値は被験者で 1.49 ($SE=0.114$)、最小対で 1.49 ($SE=0.143$) で、いずれもゼロよりも大きい値であり、単語同定の精度がチャンスレベル以上に高かったことを示す。この結果は、聴者は F_0 やその倍音がなくても、それ以外の音響特徴を手がかりにして単語を聞き分けていた、つまり日本語アクセントにも二次的な音響特徴が存在することを示唆する。

② アクセント型の判断基準

一標本 t 検定の結果は、被験者 ($t(39)=1.11, p>0.1$) と最小対 ($t(4)=0.80, p>0.1$) のいずれにおいても、 $c=0$ からの有意な乖離はなかった。つまり、判断基準はどちらかのアクセント型に偏っているわけではないことが分かった。

③ 単語の区別に影響を与える要因

混合効果ロジスティック回帰モデルの解析では、帯域数 ($\chi^2=16.83, df=4, p<0.01$) と刺激を作成した原音声の性別 ($\chi^2=16.98, df=4, p<0.01$) の主効果と、帯域数と原音声の話者の性別 ($\chi^2=15.15, df=3, p<0.01$)、帯域数と提示順序の相互作用 ($\chi^2=14.91, df=3, p<0.01$) が有意であった。それ以外は主効果も相互作用も有意ではなかった ($p>0.1$)。

帯域数と原音声の性別の相互作用は、図 1 が示すように、原音声が女性の場合には、帯域数が多い方 (ERB2) が少ない場合 (ERB3) よりもアクセントの聞き取りが明らかに正確になった (d' の平均値: 10 帯域=0.77、15 帯域=1.82) のに対し、原音声が男性の場合には帯域数が増えても必ずしも単語弁別の精度が上がるわけではなかった (d' の平均値: 10 帯域=1.69、15 帯域=1.67)。

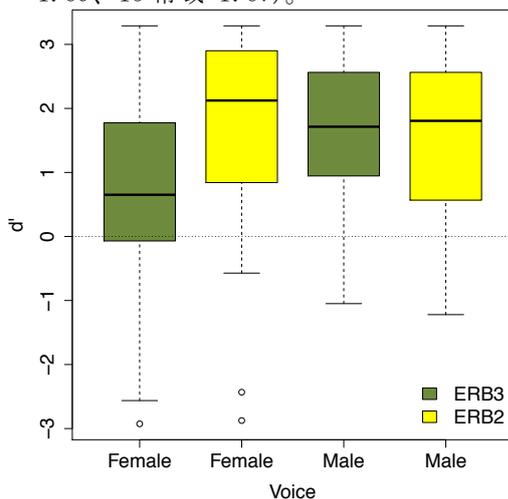
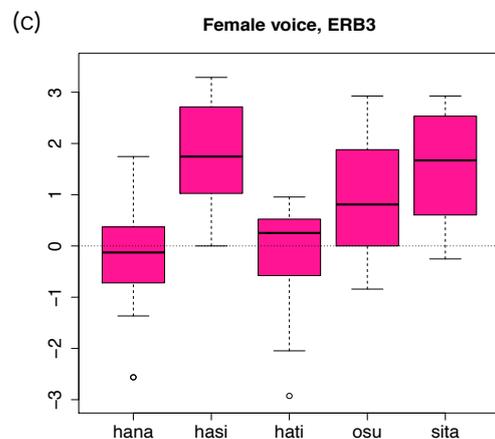
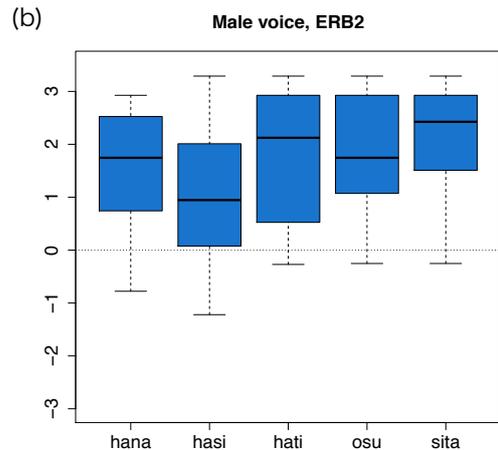
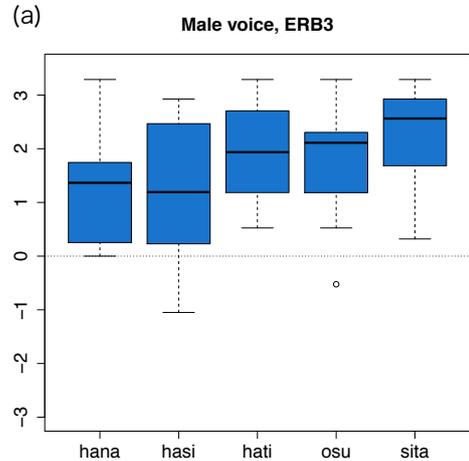


図 1 帯域数(ERB)と原音声の性別の相互作用

図 2(a)-(d) は図 1 のそれぞれの 4 条件下での最小対ごとの弁別度 (d') を示したものである。最小対の d' はそれぞれの条件ごとにばらつきがあり、ある特定の最小対がどの条件においても高い弁別度を示す、あるいは低い弁別度を示すと言うことはなかった。敢えて言うのであれば、sita がどの条件においても比較的 d' が高かった。



(d)

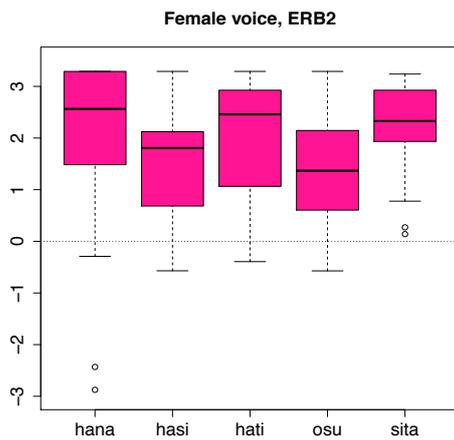


図 2 それぞれの帯域数(ERB)、原音声の性別ごとの最小対の弁別度 (d')

(2) 音響分析

知覚実験において聴者がどのような音響特徴を手がかりに単語を聞き分けたのかを検証するためには、実験で使用した刺激を分析する必要がある。ある音響特徴が尾高型の単語と平板型の単語とで一貫して異なる場合には、それがアクセント型を聞き取る手がかりになった可能性がある。

音響分析については、先行研究などを参考に、時間長、振幅、フォルマント周波数などを現在検証しているところである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Yukiko Sugiyama (2017) Perception of Japanese Pitch Accent without F0. *Phonetica* (Refreed) 74: 107-123.
- ② Yukiko Sugiyama (2016) Perceiving pitch accent in the absence of F0. *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society* 38 (Refreed), 482-492.
- ③ Yukiko Sugiyama (2016) Preliminary reports on word identification in noise-vocoded speech in Tokyo Japanese, *Reports of the Keio Institute of Cultural and Linguistic Studies* (Non-refreed) 47: 63-75.

[学会発表] (計 4 件)

- ① Yukiko Sugiyama (2017) Perception of Japanese pitch accent when F0 cue is compromised, *The 1st Conference on Pokémonsitics*.
- ② 杉山由希子(2017)「原音声の男女差が雑音駆動音声の日本語アクセント知覚に与える影響」日本音響学会春季研究発表会.

- ③ Yukiko Sugiyama (2015) Extracting accent information in noise-vocoded speech in Japanese, 170th Annual Meeting of the Acoustical Society of America.
- ④ Yukiko Sugiyama (2014) Perceptual Relevance of Non-F0 Acoustic Correlates in Japanese, Accent The 14th Conference on Laboratory Phonology.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉山由希子 (SUGIYAMA, Yukiko)
慶應義塾大学・理工学部 (日吉)・准教授
研究者番号：70525112