

英語・中国語・母語話者の日本語朗読音声の F0 に現れる特徴

F0 features of Japanese Sentences Read Aloud by English, Chinese, and Naive speakers

平野宏子 1 広瀬啓吉 2 河合剛 3 峯松信明 4
Hiroko Hirano Keikichi Hirose Goh Kawai Nobuaki Minematsu

1 東京大学大学院新領域創成科学研究科

2 東京大学大学院情報理工学系研究科

3 北海道大学大学院メディア・コミュニケーション研究院

4 東京大学大学院工学系研究科

1 Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, Japan

2 Graduate School of Information Science and Technology, University of Tokyo, Japan

3 Research Faculty of Media and Communication, Hokkaido University, Japan

4 Graduate School of Engineering, University of Tokyo, Japan

1. 要旨

日本語朗読音声の F0 に現れる特徴を、日本語学習レベル中上級のアメ리카英語話者、標準中国語話者、東京方言の母語話者を比較して調べた。発話レンジは母語話者より学習者で全体的に狭く、最小値が高かった。F0 モデルのパラメータによる分析から、母語話者より学習者のフレーズ指令、アクセント指令が多く生成されることを示した。また、アクセント指令は母語話者では主に内容語の位置に生起するが、学習者の発話では機能語にも多く生起した。

ただし、中国語話者は一様ではなく、母語話者よりレンジが狭い発話と広い発話があり、また、最大値、平均値、最小値が他の言語話者より有意に高かった。アクセント指令の大きさは、特に中国語話者で内容語と機能語で同等であった。英語話者には文節をまたぐ指令が中国語話者より多く見られ、F0 の局所的な変動は中国語話者より緩やかであった。

2. はじめに

筆者らは日本語学習者の発話の韻律的特徴について調べている[1][2]。従来の日本語教育では音声教育が体系的に行われていなかったが[3]、自然なイントネーションで会話をしたいという学習者のニーズを捉え、音声指導、特に韻律指導への関心が高まっている。だが、音声を体系的に扱った教材は絶対数が少なく[4][5]、韻律に関する定量的な研究は不足している。これまで国内の日本語学習者の3分の2を占める中国語話者の発話を分析してきたが、特定の言語話者固有の特徴と他の言語話者にも共通して現れる特徴を区別するため、標準中国語話者と母語話者の音声の他に、英語話者、中国語の他方言話者を含め、日本語と学習者の母語発話を収録した新たなコーパスを作成した。本研究では、アメリカ英語話者と標準中国語話者と母語話者の日本語文朗読の音声特徴を F0 の観点から比較した。全体の発話レンジと高さ、F0 モデル[6]による分析に基づいて報告する。

3. 音声資料

2007 年の冬、標準中国語話者 30 名、上海方言話者 14 名、アメリカ英語話者 15 名、日本語母語話者 10 名の文朗読の音声を収録した (16kHz, 16bit)。PC 上に音声収録用のインターフェースを作成し、各自が録音、停止、

再生などのプロンプトをマウスクリックすることによって各人が録音作業を行った。文は 1 文ずつ提示され、ヘッドセットマイクを着用し、録音ボタンをクリックして、発声する。停止ボタンを押すと、波形が表示され、再生ボタンを押すと録音した音声が増える。録音は 1 文につき何度でも可能であり、その都度上書きされ、最後に録音したものが保存される。中国語話者と母語話者は日本の東京大学構内の遮音室で主に収録し、一部小教室も用いた。英語話者はアメリカのプリンストン大学構内、あるいは自宅で収録した。

分析に使用した文は、4 文節-7 文節、16-31 モーラからなる 12 文で (表 1)、収録の際これらはランダムに 5 回ずつ現れる。文は漢字かな混じり文で、上にルビがふってあり、読点はない。文は音声収録前に目を通し、日本語は対訳とともに意味や構造を確認し、読みの練習を各自で行った。母語話者によるモデル音声は聞いていない。

文中の各単語はおおよそアクセント核がある語で構成されている。学習者はアクセント核のない語にもアクセント核を置いて発話しがちである。平板型の語のアクセント習得は遅いことが知られている[7]。アクセント型が違えば全体の F0 パターンの形状が異なってくるため、アクセント型の誤りが欲しくない。それで文の多くは平易な有核語を用い、学習者が日常でも使いそうな文を用意した。尚、日本語文を朗読した後、中国語話者と英語話者には各母語の対訳文も 5 回ずつランダムに読んでもらい、これも 1 文ずつ収録している。

分析に使用した音声は、中国語話者は標準中国語話者の男性 10 名、英語話者はアメリカ話者の男性 10 名、母語話者は東京方言話者男性 10 名である。学習者の日本語レベルは中上級、20 代の話者である。

4. 分析手法

4. 1 F0 抽出, F0 モデルパラメータ抽出, 音素セグメンテーション

F0 抽出は、まず、音声ファイルを 10kHz, 16bit でダウンサンプリングし、遅れ時間比例窓長の自己相関関数を用いた手法[8]によって 10ms 毎に値を得た。ピッチレンジを計測する先行研究では、F0 の抽出誤りや倍ピッチによる悪影響を避けるため、抽出された全 F0 値の平均からの 80%、

表 1. 分析に用いた文

S#	Text
1	昨日から頭が痛いので今日の授業は休みました。(6 文節 27 モーラ)
2	木曜日の午後にある音楽の授業が一番の楽しみだ。(7 文節 30 モーラ)
3	ビールを飲みながら皆で語り合いにぎやかな夜だった。(6 文節 28 モーラ)
4	鍋に水を入れて湯を沸かしてください。(6 文節 19 モーラ)
5	ラーメンが食べたいと思って近所の店まで歩いた。(6 文節 26 モーラ)
6	テレビを見ながら家で一人でワインを飲んだ。(6 文節 22 モーラ)
7	音楽のリズムに合わせて子ども達が元気に踊っている。(7 文節 29 モーラ)
8	何度も繰り返し練習しなければうまくなることはできません。(7 文節 31 モーラ)
9	この仕事が終わるまで帰らないでください。(5 文節 21 モーラ)
10	5時になったら帰ってもいいです。(4 文節 16 モーラ)
11	読みたい本は借りられているので今日は借りられない。(6 文節 25 モーラ)
12	覚えることがたくさんあって全部覚えられない。(6 文節 24 モーラ)

90%範囲, $\pm 2SD$ などを用いて分析を行っている場合が多い[9]. 本研究でも F0 抽出の際, 学習者の音声に特に抽出誤りや倍ピッチなどが多く出現した. 本研究では今後 F0 モデル[6]を用いて統一的に韻律の分析を進める予定であることから, F0 モデルによる指令を立てて, A-b-S 法により, 観察された F0 パターンを最良近似する F0 値を本報告の全ての分析に用いた. これにより, 全ての誤り値を排除して分析を行った. パラメータ抽出は, 発話全体の F0 パターン, 音声波形, 音素ラベリング, 文節等の言語情報と対応を取りながら, 基底周波数, フレーズ指令, アクセント指令のタイミングと大きさを決定した. フレーズ指令, アクセント指令の固有角周波数 α , β , アクセント成分の相対飽和値 γ はデフォルトの 3/s, 20/s, 0.9 を統一して用いた. 音素単位のセグメンテーションは, 大語彙連続音声認識エンジン Julian[10]を用いて自動ラベリングを行った後, PRAAT[11]上で手修正を施した.

5. 結果

5. 1 発話全体の F0 の高さとレンジ

各言語話者の日本語発話の F0 (Hz) のレンジ, 最大値, 平均値, 最小値 F0 (Hz) に関するヒストグラムを semitone (基準値 50Hz)スケールで図 1 に示した. 各群のデータ数は 10 名の 12 文の 5 回発話から 600 である. 各話者の違いは Kruskal-Wallis 法で 3 標本の中央値の差の検定を行い, Steel-Dwass 法で多重比較

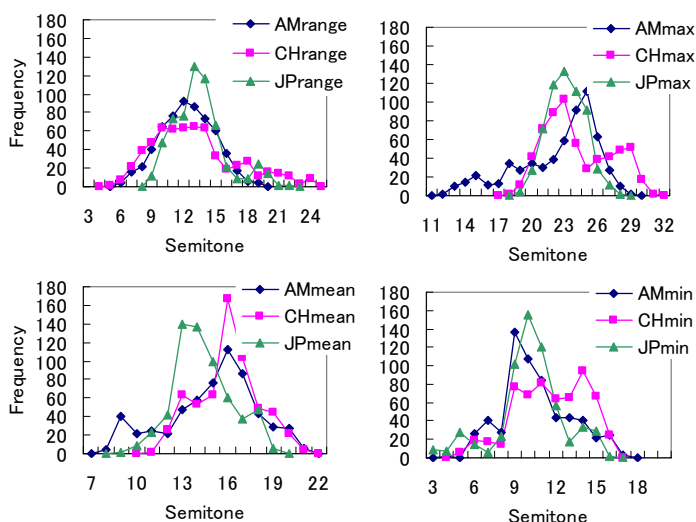


図 1 英語話者・中国語話者・日本語母語話者の発話の各文単位の F0 レンジ(左上), 最大値(右上), 平均値(左下), 最小値(右下)のヒストグラム (Semitone relative to 50Hz) .

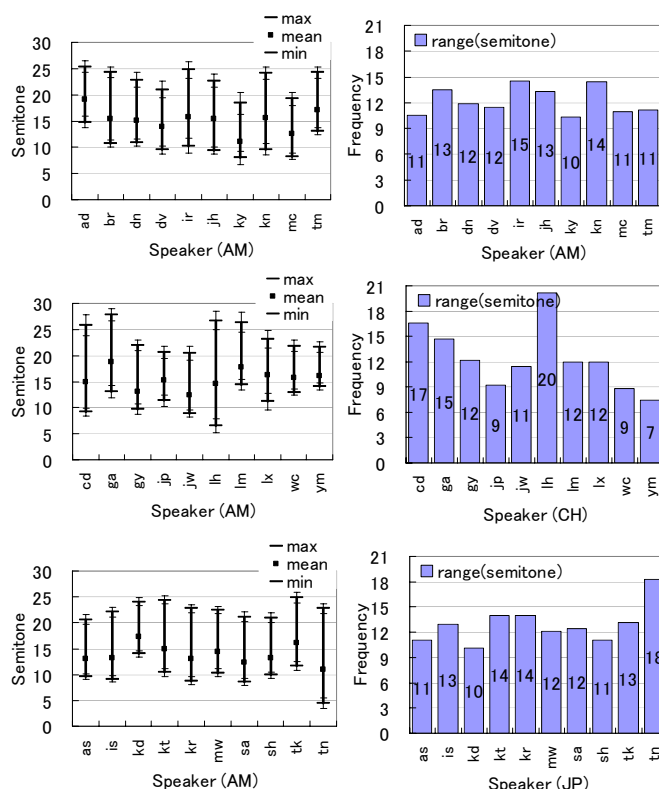


図 2 英語話者(上)・中国語話者(中)・日本語母語話者(下)の 10 名各個人の平均発話レンジの最大値・平均値・最小値 (Semitone relative to 50Hz) .

図 3 英語話者(上)・中国語話者(中)・日本語母語話者(下)の 10 名各個人の平均発話レンジ (Semitone relative to 50Hz) .

を行った (1%有意水準)。また、個人単位の発話の高さとレンジを図2と図3に示した。各グラフのデータ数は60である。図2では、各発話内のF0の最大値、平均値、最小値の各点における平均を用いて「王」形のグラフにした。最大値と最小値の間のグラフ長がレンジに当たる。図3にはレンジのみを示した。

レンジ(図1左上)は、検定により、母語話者と比較して、全体では中国語・英語話者のどちらとも有意に狭く、また、両者には有意な差は見られなかった。ただし、両者で分散は広く、特に中国語話者でヒストグラムの裾野が広がっており、母語話者よりレンジの狭い発話、広い発話があることが分かった。これは図3の個人毎の発話にも現れており、母語話者はレンジが18stの1名の他は、10-14st内にあり、英語話者は10-15stで母語話者の範囲と重なっているのに対し、中国語話者は、個人差が7-20stと大きい。

最大値(図1右上)は、検定により、平均して中国語話者が最も高く、次いで母語話者、英語話者の順に3者で有意差が見られた。ただし、中国語話者のヒストグラムのピークは2つあり、母語話者と同じところ最頻値があり、それよりもかなり高いところに第2ピークがある。英語話者の最頻値は母語話者より高いところにあるが、母語話者・中国語話者よりもかなり低いほうにも分布している。図2の個人毎の発話でも、中国語話者(中段)の最大値に低い話者と高い話者がいることが分かる。英語話者(上段)は最大値が他の話者に比べてかなり低い話者がいる。母語話者の最大値は話者間にあまり大きな差がない。

平均値(図1左下)は、検定により、平均して中国語話者がもっとも高く、次いで英語話者、母語話者の順であるが、英語話者と母語話者には有意差がなかった。ただし、ヒストグラムからは、中国語話者と英語話者の最頻値が同じところであり、母語話者の最頻値の方が低いところにあることが分かる。図2の各話者の各点(中央の四角)の平均は英語話者(上段)が15.13st、中国語話者(中段)が15.49st、母語話者(下段)が13.86stであり、英語話者・中国語話者の方が高い傾向がある。

最小値(図1右下)は、中国語話者が最も高く、次いで英語話者、母語話者の順に3者で有意差が見られた。ヒストグラムからは、中国語話者は、英語話者、母語話者と似たような高さと、さらに高いところにも多く分布していることが分かる。図2の個人毎の発話では、母語話者(下段)は2名平均から離れて最小値の低い話者と高い話者がいるが、他の高さは同様である。英語話者(上段)は両端の2名が平均から離れて高いが、他は同様である。中国語話者(下段)は、かなりばらついている。

以上をまとめると、全体としては学習者のF0レンジは母語話者より有意に狭く、最小値が有意に高かった。中でも中国語話者が、最大値、中央値、最小値のどれもが2話者より有意に高い。母語話者は、話者間でレンジ、最大値、最小値にばらつきがすくなかった。英語話者は最小値にばらつきが少なく、最大値が様々であった。中国語話者は最小値も最大値もばらつきが大きく、母語話者と比較してレンジのかなり狭い話者、広い話者がいた。

全体の傾向は個人の傾向を反映していた。

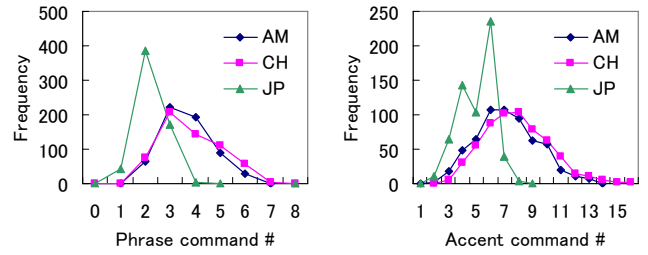


図4 フレーズ指令(左)とアクセント指令(右)の生成数のヒストグラム

表2 フレーズ指令(左)とアクセント指令(右)の生成数の記述統計

	Phrase command			Accent command		
	AM	CH	JP	AM	CH	JP
#	600	600	600	600	600	600
total	2190	2273	1332	4314	4691	3019
med	4	4	2	7	8	5
mean	3.65	3.79	2.22	7.19	7.82	5.03
sd	1.01	1.20	0.57	2.18	2.27	1.24
max	6	7	4	13	16	8
min	2	1	1	2	3	2

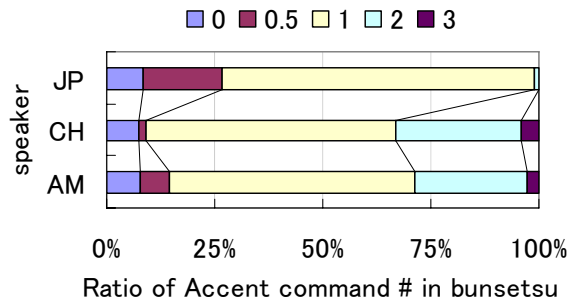


図5 文節内のアクセント指令の生起率

5.2 F0モデルによる分析

各言語話者の日本語発話の韻律語、韻律句がどのように形成されているかを、F0モデルのフレーズ指令、アクセント指令の生成状況により調べた。指令の生成数、大きさに対し、Steel-Dwass法で1%有意水準による多重比較を行って差異を調べた。

図4は、各文中に生起するフレーズ指令の数、アクセント指令の数をヒストグラムにより示した。また、表2に数値を記した。フレーズ指令もアクセント指令も、母語話者に比べ、学習者の生成数が多い。

文中のフレーズ指令数は、母語話者の平均が2.22である。12文の平均モーラ数は24.83であるから、およそ11.2モーラ毎に1つのフレーズ指令が生起する割合である。また、1文の平均文節数が6であるので、文節の長短があり一概には言えないが、3文節に1つ程度指令が生起する。対して英語話者は文中の平均指令数が3.65、中国語話者は3.79であり、それぞれの発話で6.8モーラ、6.6モーラ毎に指令が生起する割合となる。およそ2文節に1つ生起する状況である。検定結果からは、母語話者と英語話者、中国語

話者の間には 1%水準で有意差が見られ、英語話者と中国語話者の間には 5%水準で有意差が見られた。文中のアクセント指令数は、母語話者の平均が 5 であり、12 文の平均モーラ数が 24.83 であるから、5 モーラ毎に 1 つのアクセント指令が生起する割合である。また、12 文の平均文節数が 6 であり、おおよそ 1 文節に 0.8 個の指令生成の割合となる。対して英語話者は平均が 7.19、中国語話者は 7.82 であり、それぞれ 1 文節に 1.2 個、1.3 個の指令生成の割合となる。検定結果からは、3 者のいずれの組み合わせにおいても、1%水準で有意差が見られた。

5. 3 文節内のアクセント指令の生成数

ただし、文節によってはアクセント指令が生起しなかったり、他の文節と指令を共有するものがあつたため、文節内のアクセント指令数を数えた。文節内に指令が生起しないものを 0、他の文節にまたがっているものを 0.5、他は生起数に応じて 1, 2, 3 の数値で内訳し、比率を図 5 に示した。指令は 3 話者とも 1 文節に 1 つが基本であるが、学習者には 2-3 つ生成される箇所も見られる。文節をまたいで生成されるものは中国語話者は少ないが、英語話者には比較的多い。これも英語話者の指令数が中国語話者より少ないことに関わっている。

5. 4 フレーズ指令とアクセント指令の大きさ

図 6 は、各文中に生起するフレーズ指令とアクセント指令の大きさに関するヒストグラムであり、表 3 に記述統計を記した。フレーズ指令は、最頻値は 3 群とも同等である。平均では英語話者がもっとも大きく、次いで中国語話者、母語話者の順であり、3 者に有意な差があつた。アクセント指令は、平均で母語話者が最も大きく、次いで中国語話者、母語話者の順であり、3 者に有意な差があつた。母語話者は、0.3-0.4 を最頻値として、それより大きい指令、小さい指令と広く分布している。英語話者、中国語話者は、0.1-0.2 の大きさのものが多く、0.2-0.3, 0.3-0.4 と大きな指令の数は減少していく。

5. 5 内容語と機能語におけるアクセント指令の生成

母語話者の発話には大小のアクセント指令があり、学習者と比較して数が少ないが、学習者の発話には小さなアクセント指令が多数存在していることが分かった。学習者発話には文節内に 2 つ以上のアクセント指令が生成される場合が多かつたため、文節内のアクセント指令の生成を内容語と機能語に分類した。

図 7 に 3 話者の内容語と機能語の大きさの分布を示す。分布の形状を知るため、グラフの左目盛に内容語の頻度を、右目盛に機能語の頻度を取り、内容語と機能語の分布の最頻値が同程度の高さと観察できるように配置した。図 8 は図 7 と同じデータから、話者の違い分かるように、内容語と機能語を分けて 3 話者をまとめたものを示した。また、表 4 に数と大きさの具体的な数値を記した。

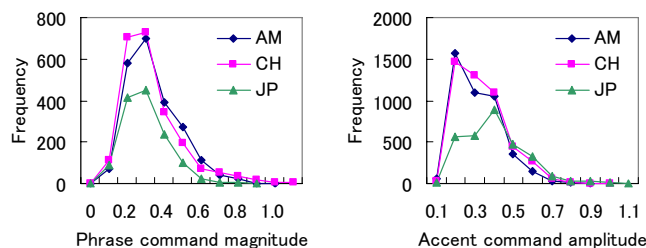


図 6 フレーズ指令(左)とアクセント指令(右)の大きさのヒストグラム

表 3 フレーズ指令(左)とアクセント指令(右)の大きさの記述統計

	Phrase command			Accent command		
	AM	CH	JP	AM	CH	JP
#	2190	2273	1332	4314	4691	3019
total	237	624	332	1143	1336	1057
med	0.27	0.24	0.24	0.24	0.27	0.35
mean	0.29	0.27	0.25	0.26	0.28	0.35
sd	0.14	0.16	0.12	0.12	0.13	0.16
max	0.82	1.04	0.73	0.85	0.97	1.05
min	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06

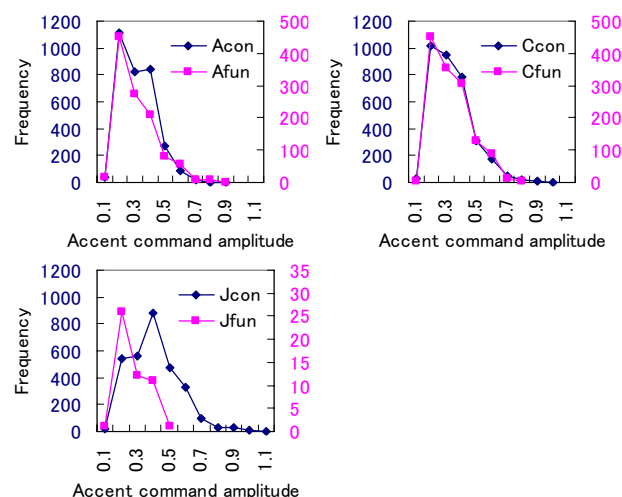


図 7 内容語と機能語に生成されたアクセント指令の大きさのヒストグラム

表 4 内容語と機能語に生成されたアクセント指令の大きさの記述統計

	Content word			Function word		
	AM	CH	JP	AM	CH	JP
total	3203	3340	2968	1111	1351	51
med	0.27	0.27	0.35	0.23	0.27	0.21
mean	0.27	0.29	0.35	0.26	0.28	0.21
sd	0.12	0.13	0.16	0.13	0.13	0.09
max	0.80	0.97	1.05	0.85	0.76	0.47
min	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09

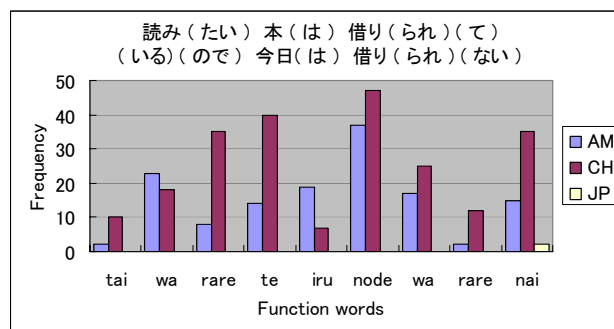
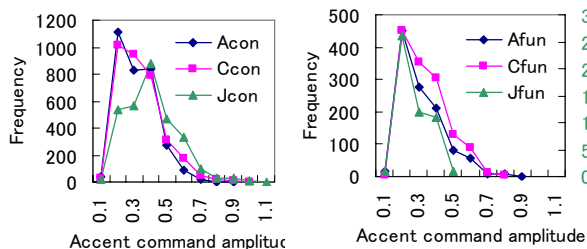


図 8 内容語(左)と機能語(右)に生成されたアクセント指令の大きさ 図 9 S11 の機能語に生成されたアクセント指令の数

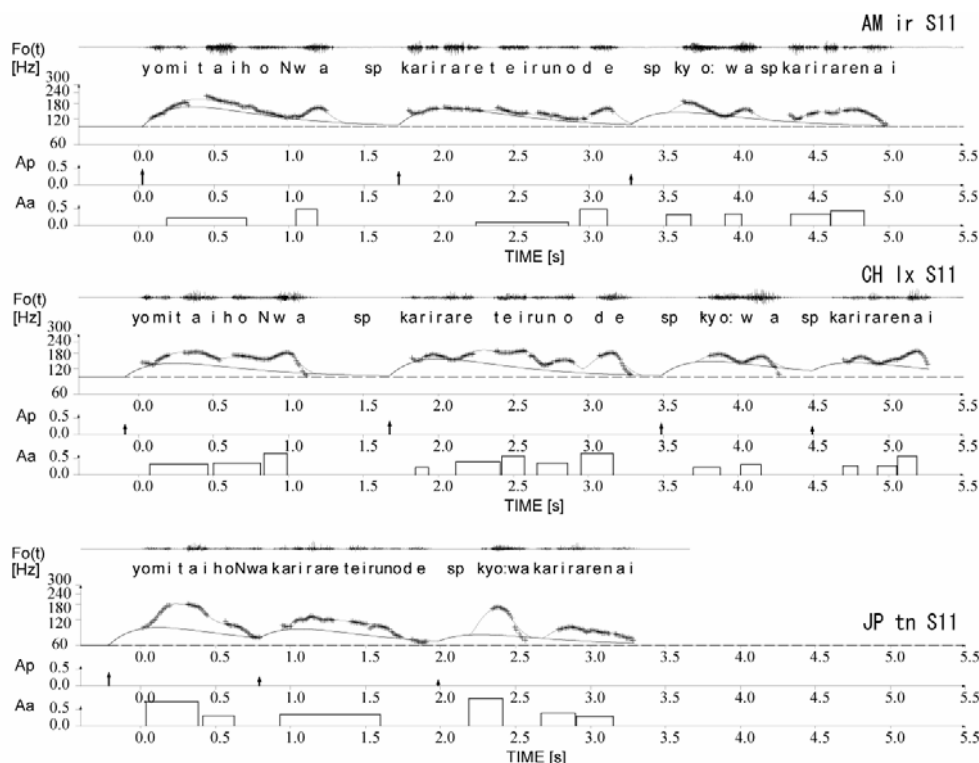


図 10 英語(上段), 中国語(中段), 日本語母語話者(下段)の S11 の発話の F0 パターンとフレーズ指令(Ap)とアクセント指令(Aa)の生成

内容語と機能語に対するアクセント指令の生起率は、機能語を 1 としたとき、内容語は英語話者で 2.88 倍、中国語話者で 2.47 倍、母語話者で 58.24 倍となり、母語話者の発話では、機能語にはほとんどアクセント指令が置かれていないと言える。また、大きさは母語話者が内容語には平均 0.35 の指令が生成されているのに対し、機能語には平均 0.21 の指令が生成され、図 7 から大きさの分布位置の開きが明確である。一方、英語話者と中国語話者では、内容語と機能語の平均値は英語話者が 0.27 と 0.26、中国語話者が 0.29 と 0.28、と 0.01 の差異しかなく、どちらも母語話者の内容語と機能語の大きさの中間ほどの値で、特に中国語話者のヒストグラムの分布形状は内容語と機能語でほぼ一致している。図 8 から、英語話者と中国語話者は内容語に生成されている小さなアクセント指令を排除するか大きいものにし、機能語に生成されている大きな指令を排除するか

小さいものにする、母語話者の分布に近づくと推測される。

5. 2 機能語に生成されるアクセント指令

発話内の機能語毎にアクセント指令がどれだけ生成されているのか、3 群で文毎に延べ数を数えた。10 名が 1 文を 5 回発話している、1 つの群は 50 データある。生成数の勘定については、内容語から機能語にまたがって生成される指令は、内容語に 1 つ生成された指令とみなし、機能語の位置のみに生成されているものを数えた。また、1 つの機能語に複数の機能語が生成されている場合は、その数を勘定した。例えば、「ので」の「の」「で」に 1 つずつ生成されている場合は計 2 つと数える。文中に最も機能語を多く含む S11 の結果を図 9 に示す。

3 話者の比較では、母語話者は 1 名のみに機能語「ない」に指令が生成され、他の全ての発話には機能語の位置には生成されていなかった。学習者の発話では生起頻度は高く、この文ではとりわけ、英語話者より中国語話者の生成が数が多かった。例えば、「借りられているので」は、母語話者では「る」まで F0 がなだらかな下降を示し、その後下降の傾斜が強くなり、「借り」の 1 つの内容語から「られ・て・いる・ので」の 4 つの機能語にまたがって 1 つのアクセント指令が生成されるものである。学習者発話では、これらの 1 つ 1 つに指令が生成されるものが見られた。具体的な発話例を図 10 に示す。図の上段が英語話者、中段が中国語話者、下段が日本語母語話者 1 名ずつのものである。

母語話者の発話は、6 つのアクセント指令 (Aa) が生成されており、そのうちの 1 つが機能語「ない」に出現している。この話者の発話は、母語話者で唯一「ない」に指令が生成された 2 発話のうちの 1 つである。ただし、F0 パターンにはわずかな窪みがあるだけである。母語話者の多くは、「読みたい本は」「借りられているので」「今日は」「借りられない」の意味のまとまり毎に 4 つのアクセント指令が生成されている。

中国語話者は、「読みたい・本は・借り・られ・て・いる・の・で・今日・は・借り・られ・ない」の各位置に指令が生起し、F0 パターンが非常に短い時間単位の中で上下に変動し、多くの韻律語が形成されている。また、休止前の助詞、助動詞の F0 パターンが、上昇から急激な下降を形作っている。

英語話者は、文節末の助詞に比較的大きなアクセント指令が置かれている。ただし、中国語話者の F0 の形状とは異なり、上昇した後に急激な下降は起こしていない。「読みたい本」「ているの」の位置では文節境界を越えてアクセント指令が生成されている。「借り・られない」の位置には 2 つの指令が生成されているが、F0 パターンでは、中国語話者のような 2 つの山にはならず、母語話者のようにわずかな窪みがあるだけである。

6. まとめと考察

本研究では、まず、英語話者、中国語話者、日本語母語話者の F0 の高さやレンジを計測した。学習者の発話は全体的には、英語話者、中国語話者問わず、母語話者よりレンジが狭かった。ただし、個人ではレンジの広い話者も存在し、特に中国語話者にばらつきが多く見られた。高さは、最小値で学習者の方が母語話者より高かった。これは、学習者発話にフレーズ指令が多く存在することから、F0 が個人のベースラインまで下がり切る前にフレーズの立て直しが行われ続けるためと考えられる。音声収録の前に、時間をもって対訳とともに文法や統語構造の確認をし、読みの練習を行ったが、中上級レベルの話者で第二言語あるいは外国語の発話を一度に制御できるスパンは母語話者よりも短いと考えられる。中国語話者は、発話の F0 の最大値、平均値、最小値のいずれにおいても、母語話者と英語話者よりも有意に高かった。母語の中国語は声調言語であり、F0 モデルでは、日本語と同様の正のアクセント指令に加え、負の指令を持っている。中国語の第三声に対してはこの負の指令のみで構成される。第三声はかなり低く発声されるため、音域に余力を残すために中国語の平均的な F0 は日

本語よりも高いと考えられ、中国語話者の日本語発話に母語の干渉が起こっていることも原因の 1 つとして予測される。全体のレンジでは学習者が母語話者よりも狭かったが、F0 の局所的な変動は学習者の発話の方が激しく、F0 モデルのアクセント指令の生成から、英語話者も中国語話者も生起頻度が高いことが示された。また、内容語と機能語の内訳では、母語話者では機能語に指令がほとんど生起せず、生起しても小さいが、学習者の発話には数が多く、内容語と機能語で大きさにあまり差がなかった。英語話者と中国語話者に共通して文節末の助詞の F0 が高く上昇するパターンが観察されたが、上昇後の様相が中国語話者と英語話者で異なっていた。機能語は様々な文法事項や活用変化を含むため、機能語が連続して接続される場合には特に発話しにくいようである。教室活動の中で教師が文法項目の習得のために殊更にこれらを強調して発話すると、学習者発話にも影響を与えている可能性がある。

今後はコーパスに含まれる母語発話を分析し、母語の影響を観察する予定である。

謝辞

本研究は、日本学術振興会の特別研究員奨励費(194087)の助成を得たものである。

参考文献

- [1]Hirano, H., Kawai, G., Hirose, K., and Minematsu, N., Unfilled pauses in Japanese sentences read aloud by non-native learners, Proc. ICSLP 2006, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, pp.725-728, 2006.
- [2]Hirano, H., Hirose, K., Kawai, G., Wentao, G., and Minematsu, N., "F0 models show Chinese speakers of Japanese insert intonational boundaries and drop pitch", Proc. Interspeech 2007, Antwerp, Belgium, pp.1885-1888, 2007
- [3]日本語教育学会 (編), "日本語教育機関におけるコースデザイン", 凡人社, pp.29-37, 1991
- [4]河野俊之, 築地伸美, 串田真知子, 松崎寛, "1 日 10 分の発音練習", くろしお出版, 2004
- [5]戸田貴子, "コミュニケーションのための日本語発音レッスン", スリーエーネットワーク, 2004
- [6]Fujisaki, H. and Hirose, K., Analysis of voice fundamental frequency contours for declarative sentences of Japanese, J. Acous. Soc. Japan (E) 5 (4), pp.233-242, 1984
- [7]戸田貴子, "日本語学習者による外来語使用の実態とアクセント習得に関する考察—英語・中国語・韓国語話者の会話データに基づいて—", 文藝言語研究 言語篇, Vol.36, pp.89-111, 1999
- [8]K. Hirose, H. Fujisaki, and S. Seto, A scheme for pitch extraction of speech using autocorrelation function with frame length proportional to the time lag, Proc. IEEE ICASSP, 1, pp.149-152, 1992
- [9]Mennen, I., Phonetic and phonological influences in non-native intonation: an overview for language teachers. QMUC Speech Science Research Centre Working Papers, WP-9., 2006
- [10]大語彙連続音声認識エンジン Julius/julian, <http://julius.sourceforge.jp/>
- [11]Boersma, P. and Weenik, D., 2007 Praat: doing phonetics by computer, <http://www.praat.org/>