

音響的特徴に基づく中国語声調のカテゴリー知覚
—母語話者と日本人学習者を対象に—

朱虹（中南財經政法大学・上智大学理工学部） 吉本啓（東北大学国際文化研究科）

荒井隆行（上智大学理工学部）

zhuhong200812@yahoo.co.jp, kei@compling.jp, arai@sophia.ac.jp

1. はじめに

音声に関するカテゴリー知覚は、Lieberman et al. (1957) によってはじめて報告された。最初は主に分節音素である母音と子音を中心とするカテゴリー知覚の研究であったが、90年代の後半から、超分節音素 (suprasegmental phoneme) を対象とするカテゴリー知覚の研究 (Abramson 1979; Francis et al. 2003) が増えてきた。その中、中国語声調 (Tone) (声調の種類が方言により異なるが、本稿では標準語における四つの声調を中心に扱う) に対するカテゴリー知覚の検討は Wang (1976) をはじめ、多くの研究者 (Hallé et al. 2004; Xu et al. 2006; 王他 2010; 榮 他 2013) に注目された。しかしながら、四つの声調における音響的な特徴は異なり、音声刺激の作成に使われるパラメータも異なるため、声調に対する知覚はカテゴリー的か否かはまた議論されている。

声調に関する音響的な研究において、莊 他 (1975) は基本周波数 (以下、fo) の変化範囲、振幅、持続時間から分析し、第1声 (以下、T1) は「平らなパターン」、第2声 (以下、T2) は第3声 (以下、T3) と同じ「凹型パターン」、第4声 (以下、T4) は「放物線パターン」のようにまとめた。さらに、声調の習得研究では、中国語母語話者のみならず、T1 と T4、T2 と T3 は弁別しにくいペアとして多数の研究によって指摘され、混同しやすいペアになる理由は、T1 と T4 の fo が始点において類似していること、ならびに T2 と T3 の fo 曲線が類似していることが報告されている (Huang 2001; So 2005; Lee, 2008)。

また、声調のカテゴリー知覚に関する習得研究において、主に中国語母語話者および欧米人母語話者を対象にして、声調言語と非声調言語の言語経験に着目し、検討されてきた。特に日本人中国語学習者を対象とする研究は非常に少ないが、その中の一つに張 (2010) がある。張 (2010) は T1 から T2 までの刺激連続体を使い、それぞれ同定実験と弁別実験を行った結果、日本人学習者は母語の経験の影響により音声の高さに敏感で、習熟度が高いほど声調に対するカテゴリー知覚の程度が高くなると述べた一方で、張 (2010) は T2 を「上昇調」として扱い、「凹型パターン」に相応しくないと考える。従って、本研究は4つの声調の音響特徴に基づき、カテゴリー知覚の実験的手続きに従い、日本人中国語学習者および中国語母語話者における声調の習得しにくい T1 と T4、T2 と T3 に対する認知モードを究明することを研究目的とし実験を行う。

2. T1 と T4 に関するカテゴリー知覚

2.1. 終点の fo に基づく音声刺激

T1 の fo は高く、平らなパターンに対して、T4 は始めの fo は高いが、放物線的パターンで急激に下降するという特徴を持っている (莊 1975)。また、中国語声調の記述に広く用いられる「五度制」によって、低い方から 1~5 の数字を振り、T1 と T4 をそれぞれ [55]、[51] のように記述する。すなわち、T1 と T4 の始点は大体同じピッチレベルであるが、終点の fo ははるかに異なることがわかった。

そこで、T1 と T4 に関して、終点の fo をパラメータとして単母音 /u/ に関する音声刺激連続体を作成する。T1 から T4 までの連続体は図 1 に示すように、持続時間を T1 と T4 の平均値の 335 ms、始点の fo を平均値の 273 Hz にした。音声合成のパラメータとなる終点の fo については、T1 の終点の 266 Hz から T4 の終点の 166 Hz まで 10 Hz の間隔で計 11 個の刺激を Praat によって作成した。

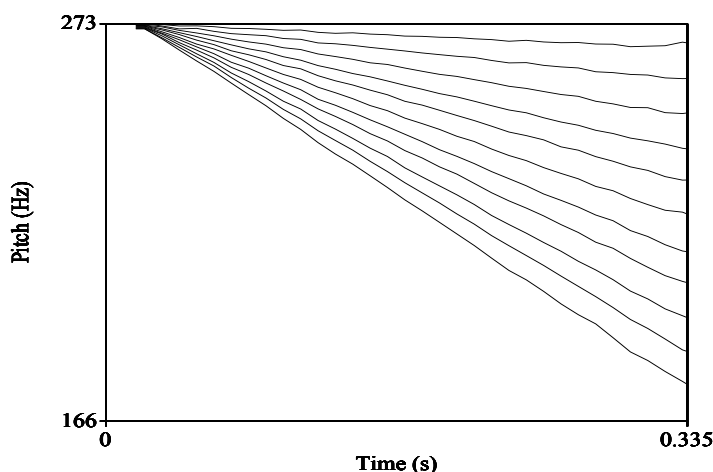


図 1: T1 から T4 までの刺激連続体

2.2. 被験者と実験手順

被験者は日本人中国語上級者 20 名、日本人中国語初級者 20 名、北京出身の中国語母語話者 20 名の三つのグループに分けられた。全員とも聴覚に障害がないことを確認した。上述した被験者にそれぞれ同定実験と弁別実験を行った。同定課題では、11 個の音声刺激が 1 つずつランダムで 10 回提示され、被験者にパソコン画面上に選択肢のボタンを提示し判断させ、その刺激が何かを答えてもらった。なお、刺激 40 個おきに休憩をとってもらった。一方、弁別課題では使われる刺激音は同定実験に使用された 11 個の刺激音から 2 ステップ離れたステップ番号「1, 3」、「2, 4」、「3, 5」、「4, 6」、「5, 7」、「6, 8」、「7, 9」、「8, 10」、「9, 11」の 9 組の刺激ペアを用い、連続して提示され、被験者にこの 2 つの刺激が同じかを答えさせた。合計は 90 組 (9 組の刺激ペア×10 回繰り返し) となった。

2.3. 実験結果

同定実験ならびに弁別実験では、刺激の間で有意差が見られた。日本人学習者も中国語母語話者も同定曲線 (図 2) では、連続している刺激の間で同定率が急激に変化し、急峻な下降が見られた。この急な下降点は弁別曲線 (図 3) におけるピークと一致したので、T1 と T4 に対する知覚はカテゴリー知覚だと判断した。日本人学習者は習熟度が高くなると、知覚範疇化の程度も高くなり、カテゴリー知覚の境界は始点が 273 Hz、終点が 216 Hz~226 Hz のところである。一方、母語話者は範疇内の刺激に対する反応は敏感ではなく、弁別率が低い、異なる範疇間の刺激に対する反応は敏感で、弁別率が日本人学習者より高かった。知覚範疇化の程度は日本人学習者より高い、カテゴリー境界は始点が 273 Hz、終点が 226 Hz のところである。

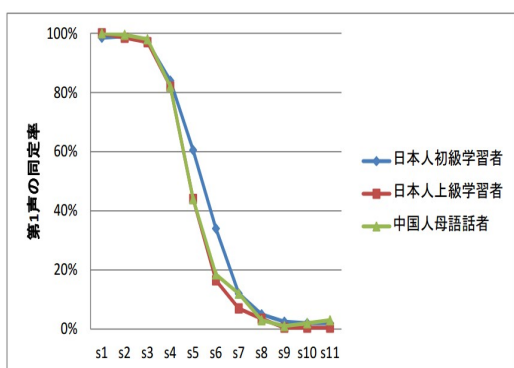


図 2: T1 と T4 に関する同定実験の結果

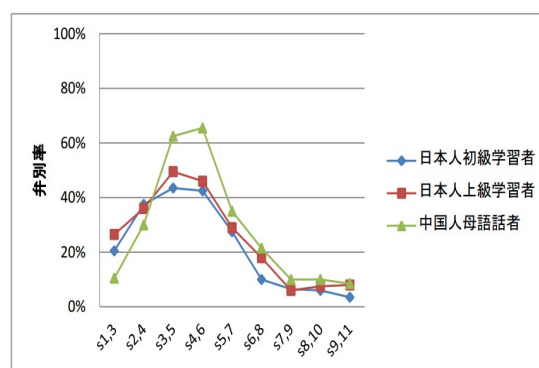


図 3: T1 と T4 に関する弁別実験の結果

3. T2 と T3 に関するカテゴリー知覚

3.1. Δf_0 と TTP に基づく音声刺激

T2 と T3 の弁別に関する重要な聴覚的キューとして、転換点 (ピッチ曲線が下降から上昇へと変化する点) までの時間 (Time of Turning Point, 以下、TTP) および Δf_0 (音節開始点から転換点までの f_0 の差) という 2 つが指摘されている (Shen et al. 1993; Moor & Jongman 1997)。朱 他 (2012) はこの 2 つのキューが日本人学習者および母語話者の T2 と T3 の弁別に重要な役割を果たしているを実証した。従って、本実験は TTP、 Δf_0 をパラメータにして、T2 と T3 のような「凹型パターン」の認知モードを検証する。

単母音 /u/ に関して、 Δf_0 は、10 Hz の間隔で 30 Hz から 80 Hz まで計 6 個、TTP は、20 ms の間隔で 50 ms から 190 ms まで計 8 個、合計 48 個の刺激を作成した。40 個の刺激に基づき、「TTP を変化させる連続体」6 組 (図 4)、「 Δf_0 を変化させる連続体」8 組 (図 5) 及び「 Δf_0 と TTP を同時に変化させる連続体」18 組 (図 6) という 3 種類の連続体 (合計 32 組) を作成した。

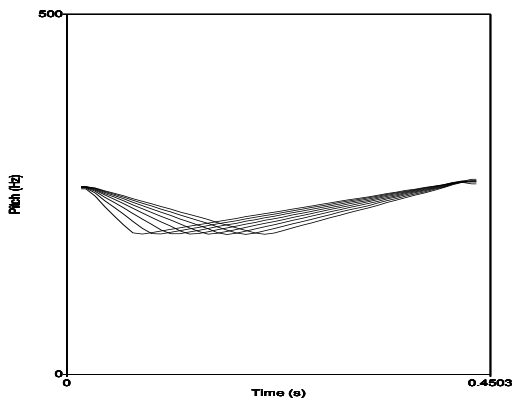


図 4: TTP を変化させる連続体の一例

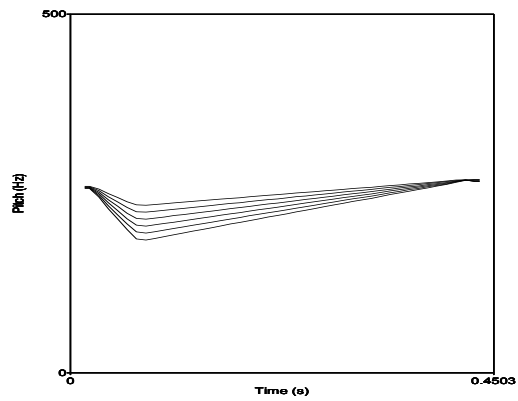


図 5: Δfo を変化させる連続体の一例

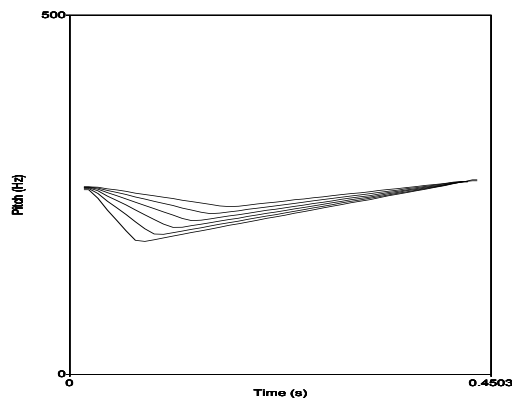


図 6: Δfo と TTP を同時に変化させる連続体の一例

3.2. 被験者と実験手順

被験者は 2.2 と同じ母語話者を含め三つのグループがあり、合計 60 名である。カテゴリ一知覚の実験的な手続きに従い、それぞれ同定実験と弁別実験を行った。同定実験では、刺激は 48 個あり、3 回繰り返して 144 個 (48 個×3 回) になる。弁別実験では、32 組の連続体から 2 ステップ離れた 116 組の刺激ペアを抽出し、2 回繰り返して合計 232 組 (116 組×2 回) となった。両実験もパソコンでランダムな順序で呈示し回答を得た。

3.3. 実験結果

3.3.1 TTP を変化させる連続体の結果

日本人初級学習者も上級学習者も TTP を変化させる連続体において、TTP が 50 ms~190 ms の間に变化してもカテゴリ一知覚は発見されなかった。それに対して、母語話者は Δfo が 50 Hz またそれ以上になる連続体に、カテゴリ一知覚の傾向が生じ、知覚のカテゴリ一境界も明らかになる。凹型パターンの声調において fo の初めの下降は母語話者にとって、重要な役割を果たしていることがわかった。

3.3.2 Δf_0 を変化させる連続体の結果

Δf_0 を変化させる連続体の中で、カテゴリ知覚が発見されたのは、日本人初級学習者については TTP=90 ms であったが、上級学習者の場合は TTP=130 ms であった。それに対して、母語話者の場合は TTP が 170 ms である連続体にカテゴリ知覚が発見された。要するに、習熟度が高くなるにつれて、カテゴリ知覚が発見された連続体における転換点が遅くなる。また、日本人学習者は、 Δf_0 を変化させる 8 組の連続体に対しほぼカテゴリ知覚の傾向が見られた。そのため、日本人学習者にとって、 Δf_0 が T2 と T3 に関するカテゴリ知覚の判断では重要であることはわかった。

3.3.3 Δf_0 と TTP を同時に変化させる連続体の結果

Δf_0 と TTP を同時に変化させる連続体は 18 組あり、連続体の刺激数によって、「刺激数が 3 つある」、「刺激数が 4 つある」、「刺激数が 5 つある」、「刺激数が 6 つある」と 4 種類に分けられる。それぞれの判断基準に基づき、日本人初級学習者は 2 組の連続体にカテゴリ知覚が発見され、上級学習者と母語話者はそれぞれ 4 組、5 組の連続体からカテゴリ知覚が見られた。3.3.1、3.3.2 を合わせ、32 組の連続体に関するカテゴリ知覚の結果は表 1 のようになる。

表 1: カテゴリ知覚が発見された連続体

	TTP	Δf_0	Δf_0 と TTP	合計
初級者	なし	1 組	2 組	3 組
上級者	なし	1 組	4 組	5 組
母語話者	2 組	1 組	5 組	8 組

つまり、日本人学習者は T2 と T3 に対してカテゴリ知覚の傾向が見られ、習熟度が高くなると、知覚範疇化の程度も高くなる。また、カテゴリ境界は Δf_0 が 60 Hz、70 Hz のところに集中していることが観察された。一方、母語話者についても、T2 と T3 に対する知覚はカテゴリ知覚の傾向が見られ、カテゴリ境界を全体的に見れば、TTP が早く来る場合は Δf_0 が高くなるが、TTP が遅く来る場合は Δf_0 が低くなる。特に、 Δf_0 は 30 Hz、40 Hz である場合カテゴリ境界が見いだされないため、ピッチ曲線で最初の下降の幅が小さい場合 (50 Hz 以下) には T2 と T3 を区別できないことがわかった。

4. 結論

本稿は日本人学習者が声調知覚の習得において混同しやすい T1 と T4 および T2 と T3 に対して、これらの区別に重要な音響パラメータを用い、カテゴリ知覚について検討した。その結果、カテゴリ知覚またはその傾向が見られ、使われた音響パラメータが日本人学習者および母語話者の声調習得に重要な役割を果たしていることがわかった。

参考文献

- 栄蓉,石峰 (2013)「音高和时长对普通话阴平和上声的听感影响」『語言科学』 2, 17-26.
- 王韞佳,覃夕航 (2012)「再論普通話陽平和上声的感知」第10届中国語言学學術會議
- 許勢常安 (1994)「専大の第十一回中国語聴解力コンテストについて」『専修商学論集』 58, 319-357.
- 朱虹,張鵬,張立波,北原良夫,吉本啓 (2012)「日本人学習者による中国語声調の習得の研究—転換点と ΔF_0 の視点から—」『国際文化研究』 18, 75-81
- 莊秋広 (1975)「標準中国語の単音節語の四声の音響的特徴」『日本音響学会誌』 31, 369-380.
- 張林軍 (2010)「日本留学生漢語声調的カテゴリー化知覚」『語言教学与研究』 13, 9-15.
- Abramson, A.S. (1979) “The noncategorical perception of tone categories in Thai”. *Frontiers of speech communication Research*, 127-134.
- Francis, A.L. (2003) “On the (non) categorical perception of lexical tones”. *Perception & Psychophysics*, 65, 1029-1044.
- Hallé, P., Chang Y.H. & Best, C.T. (2004) “Identification and Discrimination of Mandarin Chinese Tones vs. French listeners”. *Journal of Phonetics*, 32, 395-421.
- Huang, T. (2001) “The interplay of perception and phonology in Tone3 sandhi in Chinese Putonghua”. In E. Hume and K. Johnson (eds.) *Studies on the Interplay of Speech Perception and Phonology, Ohio State University Working Papers in Linguistics*, 55, 23-42.
- Lee, C.-Y., Tao, L., & Bond, Z.S. (2008) “Identification of acoustically modified Mandarin tones by native listeners”. *Journal of Phonetics*, 36, 537-563.
- Lieberman, A.M., Harris, K.S., Hoffman, H.S. & Griffith, B.C. (1957) “The Discrimination of speech sounds within and across phonemic boundaries”, *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.
- Moore, C.B., & Jongman, A. (1997) Speaker normalization in the perception of Mandarin Chinese. *J. Acoust. Soc. Am.* 102.1864-1876
- Shen, X.-S., Lin, M., & Yan, J. (1993) F_0 turning point as an F_0 cue to tonal contrast: A case study of Mandarin tones 2 and 3. *J. Acoust. Soc. Am.* 93, 2241-2243
- So, C.K. (2005) “The influence of L1 prosodic background on The learning of Mandarin tones: patterns of tonal confusion by Cantonese and Japanese native listeners”. *Proceedings of the 2005 annual conference of the Canadian Linguistic Association*, 1-7.
- Wang, W.S.-Y. (1976) “Language Change”. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 28, 61-72.
- Xu, Y. S., Gandour, J. & Francis, A. L. (2006) “Effects of Language Experience and Stimulus Complexity on the Categorical Perception of Pitch Direction”, *J. Acoust. Soc. Am.* 120, 1063-1074.