

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月17日現在

機関番号：33921

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22720173

研究課題名（和文）日本語無声破擦音における母語話者別の音響的特徴の解明

研究課題名（英文）Research on acoustic features of voiceless affricates in native and non-native Japanese speakers

研究代表者

山川 仁子（YAMAKAWA KIMIKO）

愛知淑徳大学・人間情報学部・助教

研究者番号：80455196

研究成果の概要（和文）：日本語の破擦音[ts]（ツの子音）と破擦音[tɕ]（チュの子音）、摩擦音[s]（スの子音）を区別する音響的特徴について音声生成の面から調べた。その結果、調音方法が異なる子音対（[tɕ]-[s]、[ts]-[s]）では、時間領域の音響的特徴が子音の区別に有効であり、調音位置が異なる子音対（[ts]-[tɕ]、[tɕ]-[s]）では、周波数領域の音響的特徴が子音の区別に有効であることが分かった。

研究成果の概要（英文）：Acoustic features of affricates [ts] and [tɕ], and a fricative [s] in Japanese were investigated to clarify good variables for consonant discrimination. It was revealed that acoustic features in the time domain are efficient to discriminate consonants with a different manner of articulation such as [tɕ]-[s] and [ts]-[s]. By contrast, acoustic features in the frequency domain are efficient to discriminate consonants with a different place of articulation such as [ts]-[tɕ] and [tɕ]-[s].

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成22年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成23年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成24年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・言語学

キーワード：無声歯茎破擦音・無声歯茎硬口蓋破擦音・音声生成・時間領域・周波数領域・日本語

## 1. 研究開始当初の背景

非日本語母語話者にとって日本語の「ツ」は発音が難しく、「ス」や「チュ」と混同して発音する傾向がある。この傾向は、日本語上

級レベルの非日本語母語話者にもしばしば見られることから、母語による影響はかなり強いといえる。どんなに正確な文法で流暢に日本語を話しても、「ツ」を「ス」や「チュ」

と発音すると稚拙な話し方に聞こえてしまう。また、わずかな発音の誤りは意味の取り違えを生じさせるばかりでなく、良好な人間関係を築く上での障害を引き起こす可能性が考えられる。この状況を踏まえ、非日本語母語話者に対し適切な日本語破擦音の発音指導を行うことは極めて重要であるといえる。しかし日本語の発音指導は、日本語教師の経験と勘に基づいてなされることが多く、必ずしも合理的・効果的とはいえないのが現状である。特に日本語の発話や聞き取りの教育は、多方面からの研究が進められているとはいえ、日本語の文法・語彙教育などに比べると、その専門知識や教授法に関するノウハウはまだ不足していると言わざるを得ない。この状況を改善するためには、非日本語母語話者における発音の特性と問題点を音声科学的に解明し、その知見を日本語音声教育に反映させて行く必要がある。このような背景に基づき、研究代表者は、韓国語母語話者が不得意とする破擦音[ts]と、摩擦音[s]の音響的特徴を解析した。その結果、[ts]と[s]は「立ち上がり部の時間長(Rise)」と「立ち上がり部以外の時間長(Steady+Decay)」という2変数によって区別でき、かつ日本語母語話者に比べ韓国語母語話者では、両者の区別が不明確であることが明らかになった。この結果は、これら2つの変数を用いて非日本語母語話者の破擦音[ts]と摩擦音[s]の発音の良さを音響物理的に区別でき、さらに、これら2つの変数を用いた科学的・効率的な音声教育が可能であることを示唆している。しかしこの結果が適用できるのは、破擦音[ts]と摩擦音[s]だけであり、他の音韻には適用できなかった。

## 2. 研究の目的

そこで、非日本語母語話者が混同しやすい無声破擦音[ts]と[tc]を取り上げ、以下の点を明らかにすることを目的とした。

- (1) 日本語母語話者と非日本語母語話者において、無声破擦音[ts]と[tc]の区別に有効

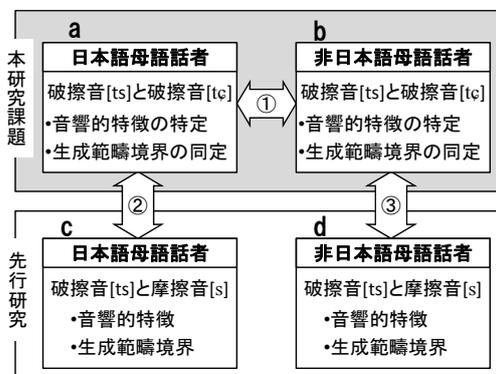


図1：本研究の概要および位置づけ

な音響的特徴と生成範疇境界を明らかにする(図1 a, b)。

- (2) (1)により明らかにされた[ts]と[tc]の区別に有効な音響的特徴と生成範疇境界について、日本語母語話者と非日本語母語話者の間の比較をすることにより、母語による相違点を明らかにする(図1 ①)。
- (3) 無声破擦音[ts]と[tc]の区別に有効な音響的特徴を、先行研究で得られた無声破擦音[ts]と無声摩擦音[s]の区別に有効な音響的特徴(図1 c, d)と比較し(図1 ②, ③)、子音を区別するための音響的特徴が子音対毎にどのように異なるかを明らかにする。

本研究では非日本語母語話者として韓国語母語話者を選んだ。その理由の1つとして、無声破擦音[ts]が無い韓国語を母語とする話者では無声破擦音[tc]と[ts]の混同が生じやすいことがあげられる(助川, 1993; 山川ら, 2005; Yamakawa et al., 2006)。さらに、国際交流基金が2006年に行った調査によれば、日本語を学習する韓国語母語話者の人口が約91万人と世界最大規模であることや、日本への留学生数が約2万人という規模であることも理由としてあげられる。これらの事実はいずれも韓国語母語話者の無声破擦音に関する科学的知見が社会的に必要とされていることを示している。

## 3. 研究の方法

上記の研究目的に沿って、無声破擦音[ts]と[tc]の生成実験を以下の方法で実施した。

参加者：日本語母語話者24名、および日本語を学習中の韓国語母語話者33名が実験に参加した。

発声対象単語：語頭に「ツ」「チュ」「ス」を持つ3または4モーラ長の単語で、第1モーラの母音が無声化せず、かつ長音化しない単語を発声対象単語とした。単語数は「ツ」「チュ」「ス」の各条件につき12単語、合計36単語とした。

録音方法：防音室内において、発声対象単語をランダム順に1つずつコンピュータのモニタ上に平仮名で提示し、それを実験参加者に発声させた。その音声をマイクロホン(SONY, ECM-999)と、A/Dコンバータ(Roland, UA25-EX)を用い、標準化周波数48kHz、量子化ビット数16bitでデジタル録音した。

実験場所：日本語母語話者は日本国内、韓国語母語話者は韓国ソウル市内で実験を行った。

解析方法：録音した音声にカットオフ周波数70Hzのローパスフィルタを適用して低周波雑音を除去した後、音声波形と音声強度を手

がかりに、[ts], [tɕ], [s]に対応する波形部分を抽出した。時間領域における解析では、[ts], [tɕ], [s]の摩擦部の立ち上がり部の持続時間(x)と定常部+立下り部の持続時間(y+z)の2変数を解析に用いた。x, y, zの推定には研究代表者らの提案する自動推定法(Yamakawa et al., 2012)を用いた。すなわち、最小二乗誤差基準を用いて[ts], [tɕ], [s]の強度パターンを折線で推定し、その推定結果から立ち上がり部(x), 定常部(y), 立下り部(z)の持続時間を決定した。決定したxおよびy+zを独立変数とし、子音の種類を従属変数として、[ts]-[tɕ], [ts]-[s], [tɕ]-[s]の子音ペアにおいて判別分析を行った。周波数領域における解析では、[ts], [tɕ], [s]の波形を、中心周波数800~20,000 Hzの15種の1/3オクターブバンドパスフィルタに通過させ、その出力を時間で平均することにより周波数帯域ごとの平均強度を求めた。この平均強度を独立変数とし、子音の種類を従属変数として、[ts]-[tɕ], [tɕ]-[s], [ts]-[s]の子音ペアにおいて、周波数帯域毎に判別分析を行った。日本語母語話者における判別率と韓国語母語話者における判別率とを比較し、韓国語母語話者と日本語母語話者の発声における差異を検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 主な成果

生成実験で得られた音声の音響的特徴を解析した結果、以下の知見が得られた。

①日本語母語話者における[ts]-[s], [tɕ]-[s]の区別には、摩擦部の立ち上がり部の持続時間(x)と定常部+立下り部の持続時間(y+z)の2変数が有効であることが明らかになった。すなわち、時間領域の情報によって[ts]-[s], [tɕ]-[s]の区別が可能であるといえる。一方、韓国語母語話者でも時間領域の情報によって[ts]-[s], [tɕ]-[s]の区別は可能であった。しかし、[ts]-[s]の区別は日本語母語話者ほど明確ではないことが明らかになった。さらに、日本語母語話者、韓国語母語話者ともに[tɕ]-[ts]の区別には時間領域の特徴が有効ではないことがわかった。

②日本語母語話者における[ts]-[tɕ], [tɕ]-[s]の区別には、中心周波数3150 Hzの1/3オクターブの周波数帯域における平均強度が有効であることが明らかになった。すなわち、周波数領域の情報によって[ts]-[tɕ], [tɕ]-[s]の区別が可能であるといえる。一方、韓国語母語話者でも周波数領域の情報によって[ts]-[tɕ], [tɕ]-[s]の区別は可能ではあった。しかし、[ts]-[tɕ]の区別は日本語母語話者に比べて不完全であることがわかった。さらに、日本語母語話者、韓国語母語話者ともに[ts]-[s]の区別には周波数領域の特徴が有効ではないことが分かった。

③以上をまとめると、破擦音と摩擦音において、調音方法が異なる子音の区別には時間領域の音響的特徴が有効であり、調音位置が異なる子音の区別には周波数領域の音響的特徴が有効であることがわかった(図2)。

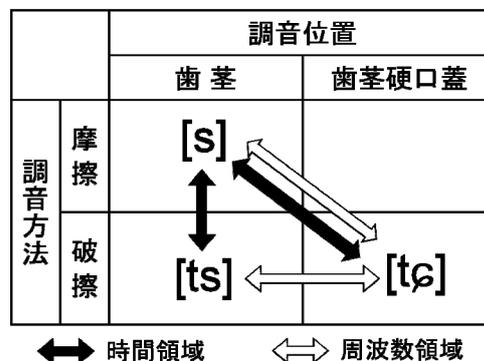


図2：研究成果の概要図

##### (2) 国内外における位置づけとインパクト

本研究の結果は、時間領域の音響的特徴に関する先行研究(Howell 1983, Yamakawa 2012など)や周波数領域の音響的特徴に関する先行研究(Stevens 1960, Jongman 2000, Yamakawa 2011など)とほぼ同様の傾向を示している。ただし、本研究では、時間領域と周波数領域の音響的特徴の両方を解析し、破擦音と摩擦音の区別に関わる要因を総合的に解明した。この点において、本研究は先行研究よりも説明性が高い知見を得たといえる。さらに、本研究では先行研究に比べて多くの解析対象語数、話者数による解析を行い、変動性が多い条件下での音響的特徴を特定した。この点において、本研究は従来よりも一般性が高い知見を得たといえる。

本研究により得られた[ts]と[tɕ]を区別する音響的特徴と、先行研究(Yamakawa et al., 2009)で得られた[ts]と[s]を区別する音響的特徴の両者の知見を合わせることにより、[ts], [tɕ], [s]の3音を区別する音響的特徴について総合的理解を得ることができた。これにより非日本語母語話者に対する日本語音声教育への応用の見通しが良くなると考えられる。さらに、無声破擦音に関する科学的知見が得られたことにより、音響的特徴という科学的データに基づいて、無声破擦音の効果的な発音指導が可能となる。またコンピュータ支援教育(CAI)のアプリケーション・ソフトウェア(Yamakawa et al., 2006)等において、無声破擦音を自動認識させるときの基礎データとしても役立つと考えられる。

##### (3) 今後の展望

本研究では無声摩擦音と無声破擦音の区別に有効な音響的特徴を明らかにした。しかし、

課題もいくつか残されている。例えば、本研究で扱わなかった有声破擦音と有声摩擦音の区別には新たな音響的特徴が必要であるかもしれない。また本研究で扱わなかった語中尾の破擦音・摩擦音においては、閉鎖区間や先行母音の影響を考慮する必要があるだろう。さらに話速の影響も考慮する必要があるだろう。なぜならば話速は特に時間領域における音響的特徴に影響すると考えられるからである。

#### 5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 山川仁子, 天野成昭, 破擦音[ts]と摩擦音[s]の生成範疇境界に対する発声速度の影響, 愛知淑徳大学論集—人間情報学部編—, 3, 21-25, 2013. (査読無)
- ② YAMAKAWA, K., AMANO, S., and ITAHASHI, S., “Variables to discriminate affricate [ts] and fricative [s] at word initial in spoken Japanese words,” *Acoustical Science and Technology*, 33(3), 154-159, 2012. (査読有) DOI: [10.1250/ast.33.154](https://doi.org/10.1250/ast.33.154)

#### 〔学会発表〕(計11件)

- ① YAMAKAWA, K. and AMANO, S., “Discrimination between fricative and affricate in Japanese using time and spectral domain variables,” *Interspeech2013*, 2013年9月, Lyon (France), (accepted).
- ② YAMAKAWA, K. and AMANO, S., “Acoustic Features to Discriminate Affricates and Fricatives in Japanese Corpora,” the 2012 International Conference of Speech Database and Assessments (Oriental COCOSDA2012), 2012年12月10日, Macau(China).
- ③ 山川仁子, 天野成昭, “日本語話し言葉コーパスを用いたツ, チュ, ス, シュの判別に有効な音響的特徴の検討,” 第26回日本音声学会全国大会, 2012年9月30日, 大東文化大学.
- ④ 山川仁子, 天野成昭, “破擦音/ts/, 破擦音/ch/, 摩擦音/s/の判別に有効な周波数帯域の特定,” 日本音響学会2012年度秋季研究発表会, 2012年9月21日, 信州大学.
- ⑤ 山川仁子, 天野成昭, “韓国語母語話者が発声した日本語破擦音/ts/と/ch/および摩擦音/s/を区別する音響的特徴,” 日本音響学会春季研究発表会, 2012年3月15日, 神奈川大学.
- ⑥ 山川仁子, 天野成昭, “複数日本語母語話者の破擦音/ts/と/ch/および摩擦音/s/を

区別する音響的特徴,” 日本音響学会秋季研究発表会, 2011年9月21日, 島根大学.

- ⑦ YAMAKAWA, K. and AMANO, S., “Acoustic feature to discriminate between affricates and a fricative in Japanese,” The 17th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS), 2011年8月20日, HKCEC (Hong Kong, China).
- ⑧ 山川仁子, 天野成昭, “韓国語母語話者における日本語の摩擦音[s]と破擦音[ts]の知覚・生成範疇境界,” 日本音響学会聴覚研究会, 2011年7月9日, 東京学芸大学.
- ⑨ 山川仁子, 天野成昭, “無声歯茎破擦音と無声歯茎硬口蓋破擦音を区別する音響的特徴,” 日本音響学会2011年度春季研究発表会, 2011年3月10日, 早稲田大学.
- ⑩ 山川仁子, 天野成昭, “破擦音[ts][tɕ]および摩擦音[s]の判別における摩擦部時間長の有効性の検討,” 第24回日本音声学会全国大会, 2010年10月10日, 國學院大學.
- ⑪ YAMAKAWA, K. and AMANO, S., “Perception boundary between fricative and affricate in Korean speakers,” The 2nd PanAmerican / Iberian Meeting on Acoustics, 2010年9月16日, Cancun (Mexico).

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山川 仁子 (YAMAKAWA KIMIKO)  
愛知淑徳大学・人間情報学部・助教  
研究者番号: 80455196