

令和 5 年 6 月 18 日現在

機関番号：34309

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K00549

研究課題名（和文）声調言語の音節の音響的構造と知覚に関する研究

研究課題名（英文）A Study on the Acoustic Structure and Perception of Syllables in Tone Languages

研究代表者

壇辻 正剛（Dantsuji, Masatake）

京都橘大学・国際英語学部・教授

研究者番号：10188469

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではタイ語や中国語などのいわゆる声調言語の音節構造に関して、音響音声学的分析を施すとともに、知覚実験を実施した。これらのアプローチを通じて、声調言語の音節構造の音響的特徴について再検討を施した。また、音節構造に影響を与える子音や母音をさらに下位レベルである弁別素性にまで分析した。音節構造に関して、弁別素性の音響面からの再検討も試みた。また、それらの成果を応用して、日本語母語話者の声調言語の習得や、調音や知覚に困難を感じる音節の習得に支援を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義としては、声調の種類を多く持つ声調言語の母語話者が、母語以外の声調の知覚や認識、弁別において、必ずしも他言語の声調の弁別に対して有利なわけではないことが示唆された。また、音響分析や知覚実験を通じて、声調言語の記述の枠組みを再検討することができた。社会的意義としては、日本語母語話者の声調言語の習得に役立つ知見が得られたことである。中国語やタイ語などのいわゆる声調言語を母語とする国々との交流は今後さらに深まっていくものと想定されるので、日本人学習者の声調言語の習得の支援につながる研究成果は社会的意義も大きいと言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, acoustic-phonetic analysis and perceptual experiments were conducted on the syllable structures of so-called tone languages such as Thai and Chinese. Through these approaches, the acoustic characteristics of the syllable structure of tone languages were re-examined. Consonants and vowels that affect syllable structure were analyzed down to their distinctive features. The syllable structure of tone languages was re-examined in terms of the acoustic aspects of discriminative features. The results were applied to help native speakers of Japanese acquire tone languages and syllables that they have difficulty articulating and listening to.

研究分野：音響音声学、応用言語学など

キーワード：声調言語 音節構造 音響分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 音節の音声学的定義には chest-pulse (胸拍) 説や sonority (きこえ) 説、内破・外破説、漸強・漸弱説等があるが、いずれも客観的な裏付けのある定説とはなっておらず、満足のいく定義はない (Ladefoged, P. and K. Johnson (2015⁷) とされているように、十分に説得力のある定義はなされず、むしろ、音韻論的な側面からの研究が優先されてきたという学術的背景があった。

(2) 弁別素性に関しても、当初 Jakobson, Fant & Halle(1952)においては、音響的な定義が試みられていたものの、Chomsky & Halle(1968)の生成音韻論以降は専ら調音的側面から定義されるようになり、音響的側面への記述は充分ではなかった。また、音節と同様に、音韻論的な側面からの記述が専らになってきた経緯がある。特に、声調に大きく関わる韻律面での弁別素性の記述や枠組みは十分に展開されてこなかったという学術的背景があった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では声調言語の音節の音響的構造に関して、知覚実験を通じたアプローチによる分析を通じて再検討を試みることを目的としていた。本研究では、音響分析や知覚実験を通じて音響音声学や聴覚音声学的なアプローチを遂行すると共に、応用言語学的な知見も加味して、声調言語の音節の音響的構造にまつわる諸特徴の分析に関する再検討を試みることを目指していた。

また、音声情報処理技術を応用した認識実験の分析によって得られた知見も融合して、従来の音節の記述の枠組みに転換をもたらすと共に、音節構造の分析に新しい視点を導入することを目指した。さらに、その成果を応用することによって、声調言語の習得や、調音や知覚に困難を感じる音節の習得に側面から支援を試みることも副次的な目的としていた。

3. 研究の方法

(1) 音声収録と音声データベース化：母語話者音声や学習者音声の音声収集・収録を進める。喉頭の制御や口唇の動きなど視認可能な調音器官の動態変化を観察するために、一部は音声だけでなく、映像データも収録する予定である。また、分析対象の音声データを整理、編集し、データベース化をはかる。

(2) 知覚実験：狭義の声調言語の話者、日本語母語話者 (ピッチ・アクセント) などの広義の声調言語の話者だけではなく、非声調言語の母語話者も対象にして知覚実験を行う。中国語話者によるタイ語声調の知覚実験など、通言語的/言語横断的 (cross lingual) な知覚実験を行う。声調の知覚実験だけではなく、音節頭位の有気音・無気音の知覚実験や音節末尾の子音など音節の構造や体系に関連した知覚実験も行う。

(3) 基本周波数(F0)・音長・音量の分析：知覚実験の結果を参照しながら、基本周波数(F0、ピッチ)や音長 (duration)・音量 (強さ、intensity) の分析を施し、動態変化や相互作用、代償作用、階層性 (hierarchy) などの検討を行う。基本周波数の倍音の構造にも注目する。

(4) フォルマント分析：フォルマントのピーク抽出に適した LPC 分析 (線形予測分析) 等を用いてフォルマント構造の検討を行う。通常は、調音音声学との関連から、開口度 (舌の高低位置) と相関の高い第 1 フォルマントや舌の最高点の前後位置と相関の高い第 2 フォルマントと第 1 フォルマントの差分に注目する。

(5) attribute の概念の検討：近年、音声情報処理の分野では、言語学の弁別素性の概念に近似した "attribute" の概念が、導入されている。ディープ・ニューラルネットを用いた研究では、attribute の数と種類の選択によって、音声認識の結果が大きく左右されており、この attribute の数や種類の組み合わせを精査し、認識結果がどのような影響を受けるのかを分析して、弁別素性の概念に写像して、弁別素性や音節構造の再検討を試みる。また、音声学や言語学、言語教育等の関連文献の収集・検討も行う。

4. 研究成果

(1) 中国語やタイ語などのいわゆる声調言語の音節構造に関して、音響音声学的分析を施すとともに、知覚実験を行い、これらのアプローチを通じて、声調言語の音節構造の音響的特徴について再検討を試みた。知覚実験に関しては、日本語母語話者だけではなく、声調言語を母語とする諸言語 (諸方言) の話者も対象にして、実験結果の分析に基づいて、声調の弁別に関する検討を試みた。声調は音節によって定まっているとされており、声の高さの高低や高さの変化によって語彙的な意味や文法的な意味を弁別する働きを担っている。世界には様々な声調言語が存在しているが、音節内での声の高さの変化を伴い、語彙的な意味の弁別を有する声調言語は中国や東南アジア諸国に多く見られ、本研究でもこの地域の諸言語の話者を対象に研究を進めた。

(2) 母語話者音声の収集・収録や学習者音声の音声収集・収録を進めることができた。収録した音声データを整理、編集し、データベース化をはかるとともに知覚実験の刺激音として有効に活用することができた。

(3) 知覚実験に関しては、日本語母語話者（ピッチ・アクセント）などの広義の声調言語の話者だけではなく、非声調言語の母語話者も対象にして知覚実験を行った。中国語話者によるタイ語声調の知覚実験など、通言語的/言語横断的（cross lingual）な知覚実験を行った。声調の知覚実験だけではなく、音節頭位の閉鎖音の知覚実験や音節末尾の子音など音節の構造や体系に関連した知覚実験も行った。

(4) 知覚実験の被験者（実験参加者）は、日本語母語話者の場合はいわゆる無アクセントの方言話者も対象に含めた。声調の数や種類が異なる声調言語の話者としては、7種類前後の声調を区別する中国語南部方言話者、6種類の声調を区別するベトナム語北部方言話者、5種類の声調を区別するタイ語話者、4種類の声調を区別する中国語北部方言話者を被験者（実験参加者）とした。実験対象としては、タイ語の5種類の声調を取り上げ、聴き取り実験を試みた。日本語は狭義の声調言語には含まれないが、声の高さの変化が意味の区別に関与するいわゆるピッチアクセントの言語であるが、前述のように無アクセント地域の方言話者も比較のために参加してもらった。

(5) 聴き取り実験を行い、声調の識別の難易度について分析した結果、全体的な正答率はタイ語話者 > 中国北部方言話者 > ベトナム北部方言話者 > 中国南部方言話者 > 日本語母語話者 > 日本語無アクセント地域の話者（容易 困難）となり、日本語母語話者の正答率が低い傾向にあることが示されたが、タイ語話者が他言語の話者よりも識別率が高い点と日本語無アクセント地域話者の識別率が低い点を除いて、統計的には有意な差が認められなかった。

(6) 実験前に難易度順位を、声調の種類を多く持つ言語の話者は他言語の声調の識別も優位になると予測していたが、中国北部方言話者と中国南部方言話者、またはベトナム北部方言話者の間では予測した難易度順位（中国南部方言話者 > ベトナム北部方言話者 > 中国北部方言話者 > 日本語母語話者）とは異なった様相を示した。また、誤り傾向に関しては話者の出身地にかかわらず、第1声調と第2声調の混同、第4声調と第5声調の混同が顕著であった。この点に関する分析結果を検討した結果、タイ語声調のピッチ曲線の動的変化が明確ではないことが知覚に大きな影響を与えることが示唆された。そこで、知覚実験の結果を精査検討し、知覚テストに用いたソフトウェアを改善するとともに、被験者の出身地や方言等についても再検討を施した。従来の5度調値法による記述の枠組みは中国語の声調の記述には有効であるが、タイ語の声調の記述には問題を含んでおり、見直しが必要であることが示唆された。

(7) 声調言語である中国語の方言である呉語の上海語（上海方言）の「軽声」についても研究を進めた。上海語話者の若い世代は、小学校入学以降中国語の標準語とされる普通話での教育を受けるため、上海語話者が減少していく傾向にある。二音節語を対象にした音声実験を通じ、上海語の「軽声」の持続時間と音高の特徴を抽出した。上海語の軽声を認めない立場もあるが、先行研究と実験の結果を踏まえ、持続時間と音高の特徴から、上海語の声調の変調を軽声として認める立場を支持する見解が得られた。

(8) 中国語の標準語とされる普通話においては、語頭の音節の閉鎖音は無声音に限られるが、南部方言の呉語には語頭の音節頭の閉鎖音に有声性という特徴も見られることが指摘されている。この有声性は日本語の有声性とは異なるとされている。呉語では、語頭の有声子音は無声音化しており、後続母音は息漏れの母音になるとされており、この語頭の音声現象に関する研究を進めた。この種の有声性は呉語の音声面での代表的な特徴であるとされている。本研究では、従来の研究を踏まえた上で、世代間及び地域的な側面から再検討を試みた。収録した音声の分析から、この種の有声音に後続する母音の基本周波数は、無清音に後続する母音の基本周波数よりも低いことが確認された。また、この種の音声現象は若い世代になるほど減少してきている状況を確認することができた。

(9) 声調言語の音節構造上、音節末尾に生起する鼻音の知覚・弁別の識別率を向上させる手法に関する検討も進めた。日本語を母語とする中国語学習者を対象として、中国語の標準語とされる普通話の音節末鼻音の知覚、識別の向上を目指した。日本語は促音や撥音は別として、音節構造は基本的には母音で終わる開音節言語である。一方、東アジアや東南アジアの声調言語の多くは音節末尾にも子音が生起する閉音節言語を持つ。中国語の標準語とされる普通話の場合、音節末尾には鼻音の“-n”と“-ng”が生じるが、日本語を母語とする学習者にとっては、両者の知覚・弁別が非常に困難であることが指摘されている。知覚実験の結果を検討すると、一律に両者の弁別が苦手であるわけではなく、当該音節の声調の種類、音節核の母音の種類、話者の影響を大きく受けるとともに、“-n”タイプを苦手とする場合と“-ng”タイプを苦手とする場合などが

あることが示唆された。そこで、一律に習得訓練するのではなく、学習者が苦手とする項目だけを予備実験の結果から抽出し、集中的に訓練する手法を提案した。この訓練手法を用いることによって、中国語の普通話の音節末鼻音の知覚・識別率が向上するという研究成果が得られた。

<引用文献>

- Chomsky, N and H. Morris. (1968) *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row.
- Jakobson, Roman; Fant, Gunnar; & Halle, Morris. (1952). *Preliminaries to speech analysis: The distinctive features and their correlates*. MIT acoustics laboratory technical report (No. 13). Cambridge, MA: MIT. Flanagan, James L .
- Ladefoged, P. and K. Johnson (2015⁷) *A Course in Phonetics*. Wadsworth Pub Co.
- Li, W., Siniscalchi, S. M., Chen, N. F., & Lee, C. H. (2016) "Improving non-native mis-pronunciation detection and enriching diagnostic feedback with DNN-based speech attribute modeling". in *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pp. 6135-6139.
- Duan, R., T. Kawahara, M. Dantsuji, and J. Zhang. (2017) "Articulatory modeling for pronunciation error detection without non-native training data based on DNN transfer learning", in *IEICE Transactions on Information and Systems (IEICE Trans.)*, Vol. E100-D, No. 9, pp. 2174-2182.
- Yang, R. H. NANJO and M. DANTSUJI. (2021) "Self Adaptive Phonetic Training for Mandarin Nasal Coda" *Computer Assisted Language Learning Electronic Journal (CALL-EJ)* Vol. 22, No. 1, 391-413

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ruining YANG, Hiroaki NANJO and Masatake DANTSUJI	4. 巻 Vol.22
2. 論文標題 Self Adaptive Phonetic Training for Mandarin Nasal Codas	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Assisted Language Learning Electronic Journal (CALL-EJ)	6. 最初と最後の頁 391-413
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計2件

1. 著者名 道坂昭廣・壇辻正剛ほか	4. 発行年 2021年
2. 出版社 大地社	5. 総ページ数 116
3. 書名 中国語の世界 - 北京2021 -	

1. 著者名 赤松紀彦・壇辻正剛ほか	4. 発行年 2020年
2. 出版社 大地社	5. 総ページ数 113
3. 書名 中国語の世界 - 上海・2020 -	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------