

令和 6 年 5 月 2 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K19996

研究課題名（和文）音響学的アプローチによる韓国語破裂子音の知覚学習法とその神経生理学的評価

研究課題名（英文）Perceptual training for distinguishing Korean stop consonants: an acoustic approach and neurophysiological evaluation

研究代表者

成 儒彬（Sung, Yubin）

九州大学・大学病院・学術研究員

研究者番号：30968326

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、声の高さに注目する知覚訓練によって日本母語話者が韓国語の破裂子音（/t*/, /t/, /th/）の聴き分けをより効果的に習得できるかを検討した。さらに、訓練を通じて、声の高さに関連する神経活動が韓国語母語話者に近づく形で変化するかを調べることで、声の高さに注目する訓練の有効性を生理学的観点から示すことを試みた。その結果、声の高さに注目するよう助言を受けた群と受けなかった群の両群とも、訓練を通じて韓国語母語話者と同程度に正答率が上がることが示された。さらに、脳波分析では、声の高さの遷移に応じて生じる脳神経活動の位相同期度の変化を観察することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本語母語話者は韓国語の破裂子音の聴き分けを習得することは困難であることが知られている。本研究の結果は、音声刺激と訓練次第では日本語母語話者も聴こえてくる破裂子音の発音を三つのカテゴリーに分けて習得することができることを示唆する。また、本研究では、破裂子音を聴き分ける時の下降または上昇する後続母音の周波数の遷移の神経表現を観察することができた。この結果は、脳波の時間周波数解析によって発音習得の程度が評価できる可能性を示唆しており、外国語学習者や子どもの発音習得度の評価のための研究につながれると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, I examined whether perceptual training focused on voice pitch would enable native Japanese speakers to more effectively distinguish among Korean stop consonants (/t*/, /t/, /th/). In addition, I aimed to demonstrate the effect of pitch-focused training from a neurophysiological perspective by investigating whether neuronal activity related to pitch changes in a manner similar to that of native Korean speakers. The results revealed that both the group advised to focus on pitch and the group without such advice showed improved correct response rates comparable to those of native Korean speakers through training. Furthermore, EEG analysis using the phase-locking factor showed changes in phase synchronization of neuronal activity corresponding to transitions in voice pitch.

研究分野：知覚心理学

キーワード：韓国語 破裂子音 日本語母語話者 知覚訓練 脳波 韓国語母語話者 基本周波数 神経振動

1. 研究開始当初の背景

有声 (e.g., /d/) と無声 (e.g., /t/) の2種類に分けられる日本語の破裂子音とは異なり、韓国語の破裂子音は濃音 (e.g., /t^{*}/), 平音 (e.g., /t/), 激音 (e.g., /t^h/) の3種類に分けられる。Park & Park (2008) によれば、韓国に留学中の日本人韓国語学習者が韓国語母語話者の音声を聴取した際に濃音、平音、激音を聴き取れた割合はそれぞれ 49, 53, 49%であり、日本語母語話者にとって韓国語の破裂子音の聴き分けを習得することは困難であるとされている。さらに、同研究において、知覚訓練課題を用いてその学習効果を検討したところ、すべての破裂子音の聴き分け能力が同時に向上することはなく、平音と激音を区分して習得することが特に困難であった。

韓国語母語話者が発声する破裂子音は、子音部の時間的成分である Voice Onset Time (VOT) と後続母音部の周波数的成分である基本周波数 (F0) によって濃音、平音、激音が特徴づけられることが知られている (Bang et al., 2018)。そのため、韓国語母語話者は破裂子音を聴き分ける際にもこれらを主な手がかりとすると考えられている。日本語の有声破裂音と無声破裂音の間にも VOT と F0 に差が見られるが、F0 の差は VOT ほど明らかなものではない (Holliday, 2019)。そのため、日本語母語話者は主に VOT を用いて破裂子音を聴き分けると考えられている。以上を考慮すると、日本人学習者による濃音の習得が比較的容易な理由は、濃音は VOT を手がかりとして平音と激音から区分されるためであると考えられる。これに対し、平音と激音は F0 の高低を手がかりとして弁別する必要があるために習得が難しいと考えられる。Park & Park (2008) の研究で、短期間の知覚訓練が平音と激音を聴き分ける割合を多少向上させることは報告されているが、その効果は言語習得という観点で見ると十分とは言えず、また、その効果がどのようなメカニズムで生じたのかが定かではない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、声の高さに注目する知覚訓練を行うことで、日本母語話者が韓国語の破裂子音の聴き分けをより効果的に習得できるかを検討することであった。また、音声の聴取時には、音声の F0 と同じ頻度で生じる神経振動を捉えられることが知られている (e.g., Ross et al., 2020)。そこで、訓練を通じて F0 に関連する神経活動が韓国語母語話者に近づく形で変化するかを調べることで、声の高さに注目する訓練の有効性を生理学的観点から検証した。

3. 研究の方法

参加者：健康な日本語母語話者 30 名及び韓国語母語話者 19 名が実験に参加した。うち韓国語母語話者 1 名は脳波データのノイズの除去が困難だったため今回のデータ分析では除外した。日本語母語話者は訓練時に声の高さに注目するよう助言を受ける群 (15 名、うち女性 9 名) と助言を受けない群 (15 名、うち女性 9 名) の二群に分けられた。日本語母語話者の助言あり群と助言なし群の平均年齢はそれぞれ 25.7 歳、26.1 歳であった。韓国語母語話者群 (18 名、うち女性 9 名) の平均年齢は 29.3 歳であった。参加者の聴力が正常であるかは、オーディオメータ (AA-32W1, RION) を用いて純音聴力検査を行うことで確認した。

刺激：音声編集・分析ツール (Praat) 内の音声合成装置 (source-filter speech synthesizer) を用いて韓国語の濃音、平音、激音の歯茎破裂音 (e.g., /ta/) の人工音声を作成した。刺激は破裂部 (8 ms)、VOT 部、後続母音部で構成された。濃音、平音、激音の区分は、VOT と F0 の操作によって行った。濃音の VOT は 10 ms とし、平音と激音の VOT は 35 ms とした。濃音と激音の F0 は 120 Hz から始まり 100 Hz まで徐々に下がるようにし、平音の F0 は 80 Hz から始まり 100 Hz まで徐々に上がるようにした。どの刺激も 100 ms にかけて F0 が変化するようにし、100 ms 以降は 100 Hz に固定した。母音の長さは濃音は 202 ms であり、平音と激音は 177 ms であった。したがって、刺激の総長さはどの刺激も 220 ms であった。

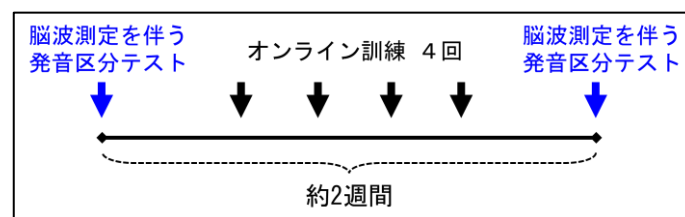


図1. 実験参加のスケジュール

手続き：日本語母語話者は6日間実験に参加し、韓国語母語話者は訓練を行わないため2日間参加した (図1)。初日は、脳波測定をしながら韓国語の濃音、平音、激音を聴き分けるテストを行った。日本語母語話者は、この日のみ、テストを受ける前に5分間濃音、平音、激音の発音と文字を学習した。聴き分けテストは、ランダムな順番・回数で流れる濃音、平音、激音を聴き、最後に聴こえた音声の発音を同定することであった。参加者は、目を閉じた状態で音声

の聴取を始め、音声が止まったら目を開けて発音の同定を行い、また目を閉じて音声を聴取することを繰り返した。発音の同定の回答には手を楽に下におろした状態で使えるリングマウスを使用した。音声刺激は、音圧レベルを調整したうえで挿入型イヤホンを通して呈示した。音圧レベルはACO社のハンドヘルドアナライザ（TYPE6240）とイヤーマシミュレータ（TYPE2128E）を用いて調整した。脳波の測定には、Biosemi社のアクティブ電極脳波計ActiveTwo（64チャンネル）を使用した。

初日以降は、日本語母語話者のみ、4日間聴き分け訓練を行った。訓練日は基本的には参加者が参加可能な日にしたが、できるだけ等間隔になるように要請した。初日の学習課題と初日以降の訓練課題は実験課題作成ツール（jsPsych）を用いて作成した。訓練はオンラインで実施した。課題共有ツール（Cognition.）を用いて参加者がオンラインで課題にアクセスできるようにした。訓練は、一つの音声を聴いてそれが濃音、平音、激音のうちどれかを判断する同定課題と二つの音声を聴いてそれが同じ発音か否かを判断する弁別課題で構成された。訓練初日はオンライン会議ソフト（Google Meet）を用いて、訓練の進め方や注意事項に関する説明を行った。そのとき、助言あり群には韓国語破裂子音の音響的特徴について説明し、声の高さにも注目するよう教示した。初日以降の訓練日においても助言あり群には訓練の前に、声の高さにも注目しながら訓練を受けるよう教示した。助言あり群と助言なし群ともに、成績の向上を目指して訓練を受けるよう教示した。訓練の際は、初日に貸与したヘッドホン（JBL Quantum 400）を使用するように教示した。参加者は初日から約2週間後に初日と同様に脳波測定とテストを行った。

4. 研究成果

テスト成績について、3要因（3群×2テスト×3破裂子音）の分散分析を行った結果、群とテストの有意な交互作用が見られた（ $F(2, 45) = 16.33, p < 0.001$ ）。また、テストの主効果と群の主効果が有意であった（テスト： $F(1, 45) = 32.55, p < 0.001$ ；群： $F(2, 45) = 7.50, p = 0.002$ ）。さらに、それぞれの群におけるテストの単純主効果がすべて有意であり（助言あり群： $F(1, 14) = 14.67, p = 0.002$ ；助言なし群： $F(1, 14) = 23.22, p < 0.001$ ；韓国語母語話者群： $F(1, 17) = 9.86, p = 0.01$ ）、テストにおける群の単純主効果は1回目のテストのみ有意であった（ $F(2, 45) = 14.53, p < 0.001$ ）。1回目のテストにおける群間比較を行ったところ、助言あり・なし群とも韓国語母語話者より正答率が低く（それぞれ、 $p < 0.001$ ）、助言あり群となし群の間に差は見られなかった（ $p = 0.31$ ）。破裂子音ごとの各群のテスト成績の平均値を図2に示す。これらの結果は、Park & Park（2008）が報告している通り、日本語母語話者が韓国語の破裂子音の聴き分けを習得することが困難であることを示唆する。一方で、訓練後の正答率が70~80%だったPark & Park（2008）の結果とは異なり、本研究ではどの破裂子音も85%程度と、韓国語母語話者と有意な差のない正答率が示された。この結果は、音声刺激と訓練次第では日本語母語話者も聴こえてくる破裂子音の発音を三つのカテゴリーに分けて習得することができることを示唆する。ただし、1回目のテストの平均成績もやや高いことから、声の高さに注目する効果を明らかにするためには、より高い難易度の課題を用いる必要があると考えられる。

テスト時に各破裂子音の発音の声の高さに応じて生じる脳波の位相同期度（Phase-Locking Factor）を分析したところ、音声刺激の声の高さ（周波数）の遷移に応じて生じる位相同期度の変化を観察することに成功した（図3）。/ba/に対する英語母語話者の脳神経活動の位相同期度の変化を脳磁図を用いて捉えた先行研究（e.g., Ross et al. 2020）は存在するが、子音の聴き分けに着目して下降または上昇する後続母音の周波数の遷移の神経表現を観察した研究は研究代表者の知る限りでは存在しない。一方で、今回の分析では群間の位相同期度の差を統計学的に見出すことはできなかった。当初は、1回目のテストで示された韓国語母語話者と日本語母語話者の正答率の差を反映するような、位相同期度に差のある時間帯と周波数帯域をクラスターベースの並べ替え分散分析によって見出し、その領域から訓練の効果を検討する計画であったが、有意なクラスターを見つけることができなかった。今後は、今回得られたデータを多様な角度から分析し、知見をまとめて論文で報告し、次の研究につなげる予定である。

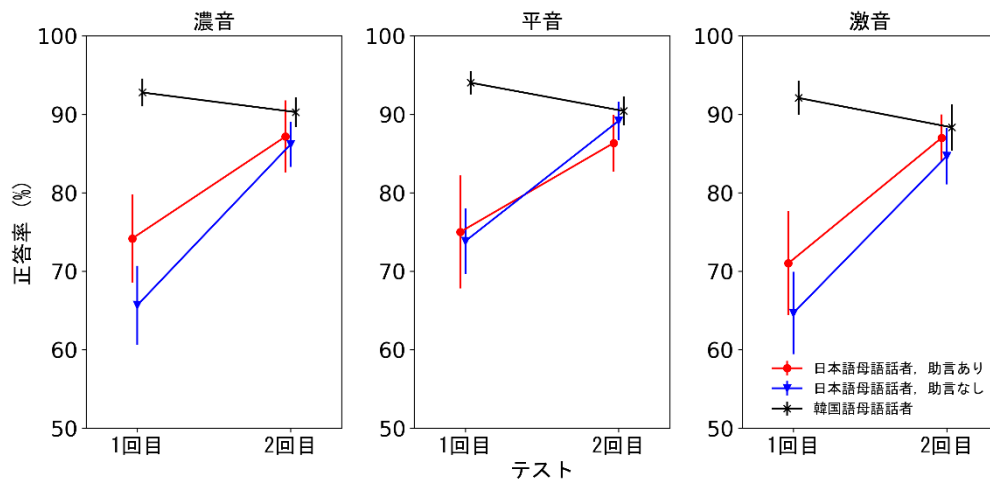
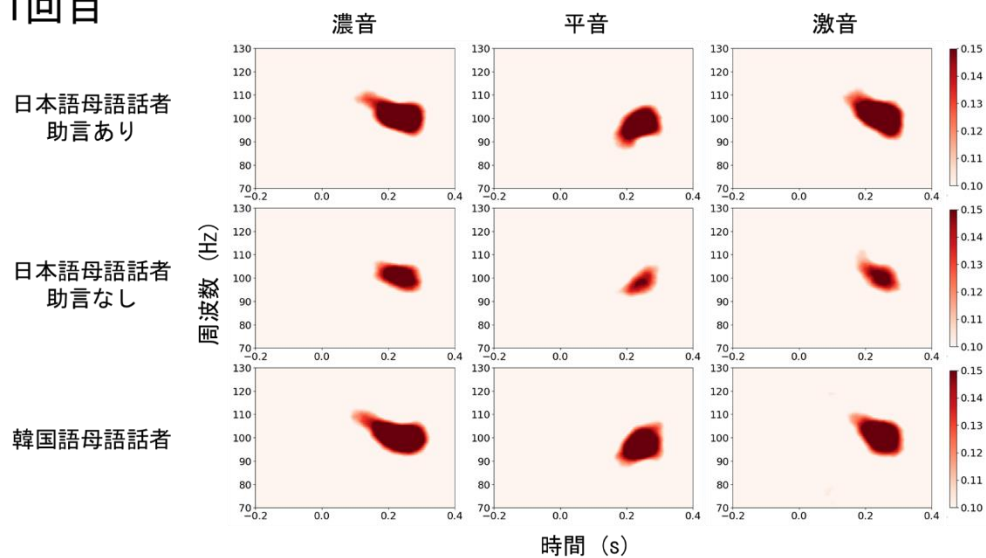


図 2. 1 回目と 2 回目の聴き分けテストにおける破裂子音ごとの各群の正答率の平均値。日本語母語話者は 1 回目と 2 回目のテストの間に 4 回の訓練を行った。誤差棒は標準誤差を表す。

1回目



2回目

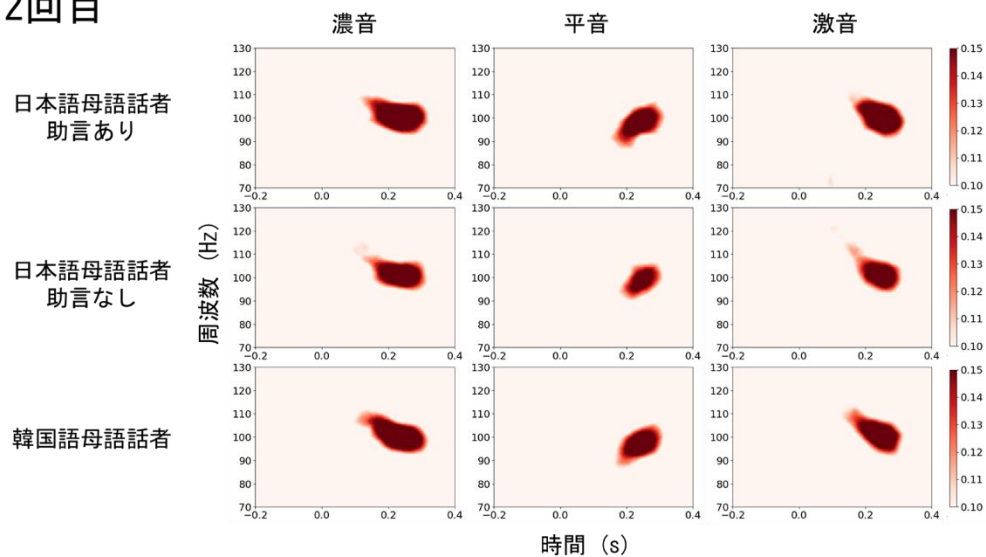


図 3. FCz 電極における 1 回目及び 2 回目の聴き分けテスト時の各破裂子音に対する各群の脳波の位相同期度 (PLF) の平均値。赤色が濃いほど音声刺激の周波数に応じて生じる脳神経活動の位相同期度が高いことを表す。

<引用文献>

- Bang, H.-Y., Sonderegger, M., Kang, Y., Clayards, M., & Yoon, T.-J. (2018). *Journal of Phonetics*, 66, 120-144.
- Holliday, J. J. (2019). *Language and Speech*, 62, 494-508.
- Park, S.-H. & Park, H. (2008). *The Korean Journal of Experimental Psychology*, 20, 145-166.
- Ross, B., Tremblay, K. L., & Alain, C. (2020). *NeuroImage*, 204, 116253.

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 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sung Yubin, Mitsudo Hiroyuki	4. 巻 44
2. 論文標題 Kimchi or gimchi? Perceived similarity between Korean lenis and Japanese voiced/voiceless stop sounds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 66～76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1250/ast.44.66	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三笥良, 田村俊介, 成儒彬, 眞崎勝久, 平野昭吾, 中尾智博
2. 発表標題 発作性運動誘発性ジスキネジアにおける体性感覚定常反応課題時の皮質活動異常
3. 学会等名 第119回日本精神神経学会学術総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三笥良, 田村俊介, 光藤崇子, 成儒彬, 松本航, 山口高弘, 向野隆彦, 重藤寛史, 平野羊嗣, 平野昭吾, 磯部紀子, 中尾智博
2. 発表標題 若年性ミオクロニーてんかんにおける聴性、および体性感覚性定常状態反応の異常
3. 学会等名 第56回日本てんかん学会学術総会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------