

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12411

研究課題名（和文）アルトラスOUNDによるビジュアルフィードバック効果の検証

研究課題名（英文）Effects of Ultrasound Visual Feedback

研究代表者

山根 典子（Yamane, Noriko）

広島大学・人間社会科学研究科（総）・准教授

研究者番号：70319391

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,600,000円

研究成果の概要（和文）：日本人英語学習者のトラブル音の研究については豊富な文献が見つかるが、主に知覚学習の成果に関するものであって、発音における舌の運動制御能力については未だ明らかになっていない。臨床言語研究の分野ではアルトラスOUND（超音波）が用いられ、自分の舌の運動をリアルタイムで観察しビジュアルフィードバックを受けることで、調音の制御能力が向上することが報告されている。本研究ではこの技術を日本人英語学習者に応用した。明示的な指導をしつつ舌の観察学習に導くことにより、調音の制御能力が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本語にはない英語の音、例えばLやRの発音は知覚訓練によってある程度改善されるが、膨大な訓練時間が必要である。本研究では、聴覚に加えて視覚刺激を加え、モデルの顔の横から舌の動きを可視化して埋め込んだオーバーレイ動画や、自分の舌のアルトラスOUND映像をリアルタイムで観察しつつ、モデルの舌の動態を模倣する短期間の練習の効果が確かめられたことから、新たな発音の学習法として注目を集める可能性が高い。また舌や口に深い関わりがあるとされている話者の手のジェスチャーの模倣学習への応用も期待される。

研究成果の概要（英文）：Research points to L1 Japanese L2 English learner sound challenges, where learner identification of such sounds improves following perception training. What remains unclear, however, is the extent to which such improvement is based on lingual motor control when producing sounds. Clinical linguistic research has reported that patient articulatory controls improve following real-time ultrasound technology training based on online visual feedback. The current study applied this training technique to teaching new sounds to L1 Japanese and L2 English learners. Results indicate that following visual feedback with explicit phonetic instruction, learner articulatory controls improved.

研究分野：応用音声学

キーワード：超音波 発音 調音運動 英語 舌 模倣

1. 研究開始当初の背景

外国語4技能の習得のうちスピーキング、リスニングの習得に必要なのは文法や意味だけでなくどのように話されどのように聞くかが重要な鍵となる。日本の英語教育で音声の学習といえば、シャドーイングが一般的であり発音の習得に効果があるとの報告があるが、発音をどのように行うかの理解は学習者の聴覚の能力に委ねられている。日本語母語話者にとって英語の L と R の区別が聴覚的にも調音的にも困難であることはよく知られているが、このような音韻的難聴ともいえる現象の背景の一つとして、発音指導が軽視されてきたことは否めない。

英語圏の子供にとっても L や R の習得は簡単ではなく、遅い時期に習得される音として知られている。そのためこれらの発音は、聴覚や調音に困難を感じる大人や子供たちにとっても難しい音であり様々な指導法が提案されている。中でも、超音波（アルトラスOUND）を使って、どのように舌を動かしているのかを可視化しビジュアルフィードバックを受ける発音訓練が、言語聴覚士の現場で積極的に取り入れられ、改善の成果が報告されていることは注目に値する。また、フィールド言語学の分野においては、絶滅の危機に瀕する言語の子音や母音の発見に役立てられ、調音の動画を保存することにより、学習者や継承話者に調音位置や調音方法などの有益な情報が提供されている。音声学分野では、口内の静止画が掲載されている教科書はあるが、発音開始から終了までどのタイミングでどの部位がどのように動くかはわからない。音声教育のウェブサイト eNunciate.ubc.ca では伝統的な調音音声学の概念を踏襲しつつ、アルトラスOUNDで撮影した舌の運動をオーバーレイとして顔の動画の埋め込み、インタラクティブな国際音声記号のチャートが作成されている。

このように、アルトラスOUNDはMRIやX線に比べて安価で安全なツールとして発音教育に導入する可能性が溢れているため、その有用性を多角的に検討する必要がある。

2. 研究の目的

日本人英語学習者のトラブル音の研究については豊富な文献が見つかるが、主に長期に渡るリスニング訓練の成果に関するものであって、発音における舌の運動制御能力については未だ明らかになっていない。海外の言語治療の分野ではアルトラスOUND(超音波)が用いられ、自分の舌の運動をリアルタイムで観察したビジュアルフィードバックを受けることで、調音の制御能力が向上することが報告されている。本研究ではこの技術を日本人英語学習者に応用し、学習者自身やモデルの舌の観察学習により、調音の制御能力が向上するかという疑問を明らかにしようとする。

3. 研究の方法

(1) 課題1：自分の舌のアルトラスOUND映像をリアルタイムで観察学習することにより、トラブル音の知覚や調音が向上するか？

プレテスト及びポストテストで読み上げに使用するL, R音を含む刺激語リストを作成した。L, R音は語頭、語末、語中、子音連続、その他にバランスよく配置した。知覚テストに利用するL, Rによるミニマルペアの単語(reek, leak, peer, peel など)をキャリアセンテンス“**We have _____**”に入れ23ペア、合計46文を用意し、カナダ英語母語話者の読み上げ録音により作成した。研究室にアルトラスOUNDステーションを設置、被験者は日本語母語話者大学生6人(男性1名、女性5名、2週間以上の渡航歴無し、TOEIC L&R 平均点657.5)であった。実験群(自身の舌とモデルの舌の動画)と、比較群(モデルの舌の静止画)に分け、別々の曜日に小グループで指導を行った。同意書、事前アンケート調査記入、プレテスト、3週間1コマの指導、事後アンケート調査、ポストテストを行った。

指導プログラムは、英語のLとRと日本語のラ行子音の違いに関する動画及び、英語のLとRを発音する際の英語母語話者の舌のアルトラスOUNDオーバーレイ動画([eNunciate! - http://enunciate.arts.ubc.ca](http://enunciate.arts.ubc.ca))の観察学習に引き続き、トレーニング用単語リストが被験者全員に手渡され、指導者により単語リストの見方、音声発音時の注意事項が説明された。あらかじめ単語リスト順に沿ってグループでシャドーイングをした後、一人ずつフィードバックが与えられた。実験群は、顎の下にプローブを当て、録音・録画されたカナダ人英語母語話者(以下、モデル)の舌のアルトラスOUND動画と比較しながら、一方、比較群では、録音された音声と比較しながら唇や舌の動きに関するフィードバックが与えられた。すべての音声は実験用PCの内蔵スピーカーにより出力された。

レコーディングは防音室で Articulate Assistant Advanced(以下 AAA)(Articulate Instruments, 2012)を使用し、市販のノートPC(Mouse Computer m-Book T510)にインストールした。被験者の音声をコンデンサーマイク(SHURE BETA 54)をオーディオインターフェース(Steinberg UR22)に接続し収録した(44.1kHz 16bit)。被験者の舌の動画を Articulate Instruments 社の Micro speech research ultrasound(Convex 2-4MHz, 22MM radius, Max FOV 92°)を使用し録画した。更に、ヘッドギアでプ

ローブを被験者の頭部に固定し、レコーディング中の被験者の動きによるプローブ位置のずれを最小限にした。

調音評価は、音声分析ソフト Praat による第 3 フォルマントの数値と、AAA 内蔵の機能を使用し舌の輪郭をトレーシングした。舌の輪郭は技術上とれなかった一人を除き、5 名を対象にした。

(2) 課題 2：モデルの顔の側面の動画に舌の動きを可視化して埋め込んだオーバーレイ動画 (eNunciate! – <http://enunciate.arts.ubc.ca/>) を観察し模倣することにより、発音が向上する生理的根拠があるか？

① 課題 2-1: 音条件は口輪筋の MEP 増大に関連があるか

舌を観察する際の口輪筋一次運動野の興奮性変化を計測するため、以下の 4 つの知覚条件 1) アルトラサウンドオーバーレイビデオ、2) 顔と音声のビデオ、3) 音声のみ、4) ホワイトノイズのみ (コントロール条件) を設定し、観察者へ経頭蓋磁気刺激 (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) を行い運動誘発電位 (Motor Evoked Potential: MEP) の振幅変化を記録した。被験者は 12 人の日本語母語話者大学生 (男性 5 名、女性 7 名) で、刺激音には日本語や英語には存在しない、以下の 4 音とした。

- [歯茎震え音](#)
- [歯吸着音](#)
- [有声両唇震え音](#)
- [両唇吸着音](#)

被験者は 1 メートル離れてスクリーンの前に座り、1) から 3) の条件下でそれぞれの音声を模倣することを脳内で想像してもらい、その際に TMS 刺激が導入された。

② 課題 2-2: 音声模倣能力は口輪筋の MEP の値と関連があるか

実験①の後、発音された音声を調音位置、調音方法、有声性、子音から母音への推移に関して評価を行い、パフォーマンススコアと MEP の値をピアソン相関で分析した。

4. 研究成果

(1) 課題 1

知覚テストでは概ね総スコアが上昇、特に 1 名は有意差があった。

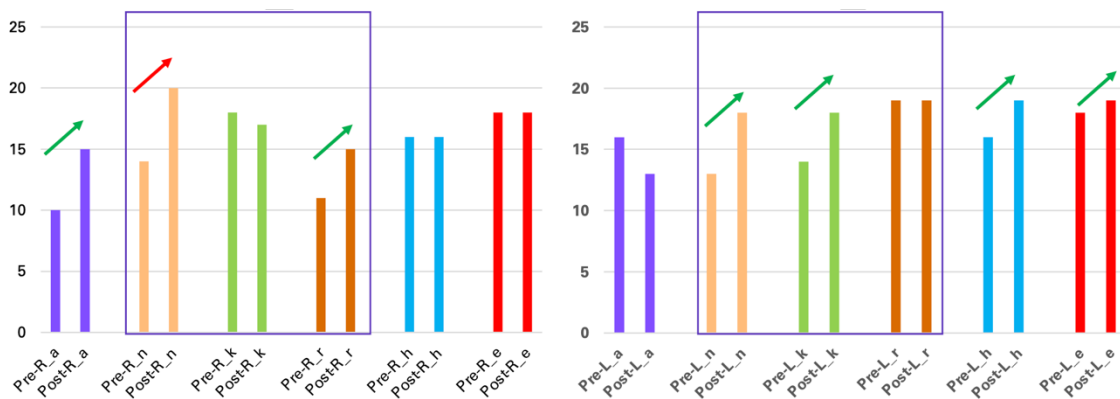


図 1 聴覚テストスコアによる指導前後の比較

記：縦軸はスコア 23 点満点、左図は R、右図は L、紫の囲いは実験群、赤矢印は有意差あり

音響分析による結果では、概ね正しい方向に変化した。特に R においては 3 名が有意差あり、L においては 1 名に有意差が見られた。標準偏差が増大したデータが L で 3 名ほどあり、これらの被験者は L の発音が不安定であると推測される。

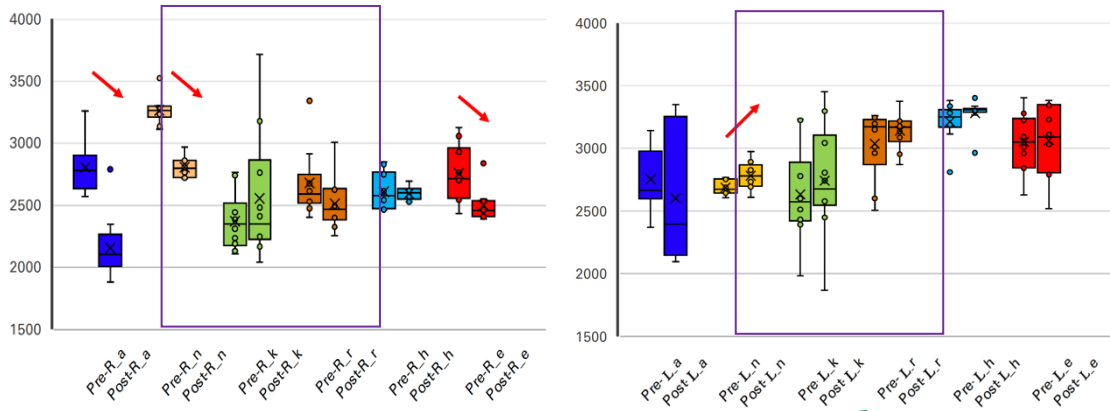


図2 調音テストによる指導前後の比較

記：縦軸は第3フォルマント(Hz), 左図はR(下降が望ましい), 右図はL(上昇が望ましい)
紫の囲いは実験群

舌の輪郭トレーシングによる結果では、舌の形状に顕著な変化が見られた被験者が実験群にあった。

(2) 課題2

①舌を調音部位とする歯茎震え音と歯茎吸着音は、唇を調音部位とする両唇震え音や両唇吸着音よりも若干興奮性が高かったが統計的な有意差は見られなかった。

②超音波オーバーレイビデオ条件は、パフォーマンススコアと MEP 振幅の間に正の相関を示した。顔のみのビデオの条件では正の相関を示さなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Yamane, N., Sun, K., Wilson, I. and Perkins, J.	4. 巻 -
2. 論文標題 Pretest-Posttest Production and Perception Results of Ultrasound Pronunciation Training	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of ISAPh	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yamane, N., Shinya, M., Wilson, I., and Gick, B.	4. 巻 8
2. 論文標題 Effects of Ultrasound Visual Feedback	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact, Science Impact Ltd.	6. 最初と最後の頁 35-37(3)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21820/23987073.2020.8.35	査読の有無 無
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 該当する

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 1件/うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Yamane, N., Sun, K., Wilson, I. and Perkins, J.
2. 発表標題 Pretest-Posttest Production and Perception Results of Ultrasound Pronunciation Training
3. 学会等名 International Symposium of Applied Phonetics（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sun, K., Watanabe, M., Wilson, I., and Yamane, N
2. 発表標題 Ultrasound and Shadowing for Japanese College Students Learning English L and R
3. 学会等名 Phonology Forum, Phonological Society of Japan, Online.（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tan, X., Tanaka, S., Tian, H., Funase, K. and Yamane, N
2. 発表標題 Relationship between Changes in Lip Motor Cortex Excitability and Phonetic Imitation Ability during Tongue Motion Video Observation
3. 学会等名 Phonology Forum, Phonological Society of Japan, Online. (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2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
研究協力者	ジック ブライアン (Gick Bryan)		
研究協力者	談 曉鋒 (Tan Xiaofeng)		
研究協力者	孫 坤楊 (Sun Kunyang)		
研究協力者	渡辺 将弥 (Watanabe Masaya)		
研究協力者	田中 新也 (Tanaka Shinya)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	田 慧 (Tian Hui)		
連携研究者	ウイルソン イアン (Wilson Ian) (50444930)	会津大学・コンピュータ理工学部・教授 (21602)	
連携研究者	パーキンス ジェレミー (Perkins Jeremy) (30725635)	会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授 (21602)	
連携研究者	進矢 正宏 (Masahiro Shinya) (90733452)	広島大学・人間社会科学研究科・准教授 (15401)	
連携研究者	船瀬 広三 (Funase Kozo) (40173512)	広島大学・人間社会科学研究科・教授 (15401)	

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		
カナダ	University of British Columbia		