

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K00549

研究課題名（和文）自然なプロソディーのための音声の弱化に関する研究

研究課題名（英文）Studies on phonetic reduction for natural speech prosody

研究代表者

田嶋 圭一（Tajima, Keiichi）

法政大学・文学部・教授

研究者番号：70366821

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）：本研究は母語および外国語の発音においてプロソディーの自然性に寄与する要因を解明するため、強勢を持つ言語と持たない言語における音声の弱化を比較対照しながら検討した。その結果、日本語を母語とする英語学習者は英語の強勢における母音の弱化が母語話者と異なり不十分であることや、語彙的要因が単語の音声的実現に与える影響が日本語では英語などと異なる傾向を示すことが見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究期間全体を通して、自然なプロソディーが音声においてどのように実現されるのか、自然なプロソディーにおいて弱化がどのように機能するのかを、英語における強勢レベルの違いに関連する弱化、単語の区別などの語彙的要因に関連する弱化など、様々な観点からの実証的研究を実施することで検証した。その結果、外国語における自然なプロソディーの実現においては母語の影響が極めて大きいことや、語彙的要因においては単語間の音声的な差異を強調する強化および差異を弱める弱化の両方が存在することなどが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to elucidate the factors contributing to the naturalness of prosody in both native and foreign language pronunciation by examining processes of phonetic reduction in languages with stress and those without stress. Results showed that Japanese learners of English insufficiently weaken vowels in English stress compared to native speakers, and that lexical factors observed in Japanese affect the phonetic realization of words differently than in English and other languages.

研究分野：音声学，心理言語学

キーワード：音声産出 プロソディー 弱化 強勢 外国語学習 語彙的要因 英語 日本語

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

言語によりプロソディー(韻律構造)が異なることは古くから知られている。とりわけ日本語と英語はプロソディーが顕著に異なり、日本語には促音など音の長さを基盤とする特殊拍が存在する一方で、英語には長さ、ピッチ、母音の音色などを基盤とする強勢(ストレス)が存在する。このような違いは日本語を母語とする英語学習者による英語の発音・聞き取りの学習を困難にする要因となる。英語学習者による英語強勢の発音や聞き取りに関する研究はこれまで多く行われてきたが、その多くが強勢によって強められる「強」の部分に着目しがちであり、強勢によって弱められる「弱」の部分に焦点を当てた研究は少ない。しかし、強勢は「強」と「弱」の両側面を持つ相対的な概念であり、音節や母音などの強化および弱化の双方を同時に検討する必要がある。

一方、従来の研究により、ある音韻的属性(例えば有声・無声の対立)が単語の区別を担うとき、その音声的特徴が強調される現象が報告されている。しかし、英語やイタリア語などに関する研究はあるものの、プロソディーの特徴が顕著に異なる日本語においても同様の現象が観察されるかは検証されていない。英語やイタリア語などには強勢があるが、日本語は強勢がない。一方で、日本語は母音や子音の長さにより区別される単語が多数存在するが、英語などにはそのような特徴がない。このように子音や母音の持続時間が持つ音韻的機能が異なる日本語では、英語などとは異なる形で単語の区別の有無(語彙的要因)が単語の音声的実現に影響を及ぼす可能性がある。

本研究課題では、上記の議論を出発点に、次の2つの課題に主に取り組んだ。(1) 日本語を母語とする英語学習者による英語強勢レベルの音声的実現、(2) 単語の対立の有無などの語彙的要因が音韻対立の音声的実現に与える影響。

2. 研究の目的

(1) 日本語を母語とする英語学習者が英単語を発話する時、第一強勢、第二強勢、無強勢の音節をそれぞれどのように実現するか、その特徴が英語母語話者による発話とどのように異なるか、さらに学習者の習熟度によってどのような変化が観察されるかについて、多様な音響的指標(母音の無声化、母音の持続時間、母音のフォルマント周波数、母音のピッチ)を用いて体系的に検討することを目的とした。

(2) 日本語において語彙的要因(特に特定の音韻的特徴が単語対立の唯一の手掛かりであるミニマルペアのような単語の有無)が、単語の音声的実現にどのような影響を及ぼしうるかを、持続時間に関連する2種類の特徴を中心に検討することを目的とした。具体的には、(i) 促音の有無の対立と(ii) 有声開始時間(VOT)による子音の有声・無声の対立の2種類の特徴に焦点を当てた。

3. 研究の方法

(1) 英語強勢に関する実験の参加者は次の3群から構成された。(a) JEM: 日本語を母語とする日本在住の中級英語学習者の大学生(女性7名、男性1名)で、TOEICスコアの平均が531点(標準偏差=65.6点)。(b) JEH: 日本語を母語とする日本在住の上級英語学習者の大学生(女性4名、男性4名)で、TOEICスコアの平均が823点(標準偏差=64.6点)。(c) AE: アメリカ在住のアメリカ英語母語話者(女性4名、男性4名)。

実験で使用した英単語は、接辞の付加により強勢位置が移動する派生英単語83単語であった。具体的には、*computer - computation* のような2単語からなるセットが34組、*photograph - photographical - photography* のような3単語からなるセットが5組であった。

実験では、83の単語を1単語ずつ画面に表示し、参加者に読み上げてもらい、その音声をPCに録音した。JEMおよびJEHには英語の正書法とともに発音記号および強勢位置を画面に表示した。各参加者には83単語を異なるランダム順に並べたリストを2回読み上げてもらった。2回の繰り返しのうち1回目の発話を分析対象とした。

録音した音声について、音声分析ソフトPraat [1]を用いて次の観点での音響分析を行った。1つ目に、母音の無声化を調べるために、母音に2サイクル以上の声帯振動周期が観察されることと、母音らしいフォルマント構造がはっきりとスペクトログラム上で観察されること、という2つの条件を設け、その両方を満たしていない母音を「無声化された母音」と認定した。2つ目に、母音らしいフォルマント構造の始端と終端をマークし、その区間から母音の持続時間を測定した。3つ目に、母音の中間点での第1フォルマント周波数(F1)を測定した。最後に4つ目として、F1と同様に母音の中間点での基本周波数(F0)を測定した。

(2) 語彙的要因を検討する実験の参加者は 32 名の日本語を母語とする大学生であった (男女各 16 名)。

実験で使用した単語の例を表 1 に示す。単語は 4 種類のミニマルペア (分節音 1 つで異なる単語ペア) から構成された。表 1 の上半分は促音/Q/の有無で対立する単語ペアを示す。1 つ目のペア /kaki/ - /kaQki/ はどちらも実在語である。ペアのどちらの単語も促音の有無によって対立する単語が存在することになる。一方、2 つ目のペア */raki/ - */raQki/ はどちらも無意味語である (*はその語が無意味語であることを示す)。このペアのどちらの単語も促音の有無によって対立する単語が存在しないことになる。3 つ目と 4 つ目のペアは、片方が実在語であるのに対してもう片方が無意味語である。実在語のほうは促音の有無によって対立する単語が存在しないことになるが、無意味語のほうは促音の有無によって対立単語が存在することになる。このような 4 種類のペアを設けることで、単語そのものが実在語か無意味語かという要因と、促音の有無で対立する相手の単語が存在するか否かという要因を、直交して操作することが可能となり、この 2 種類の語彙的要因の独立した効果を検討することができる。

Singleton	Geminate
/kaki/ 柿	/kaQki/ 活気
*/raki/	*/raQki/
/taki/ 滝	*/taQki/
*/haki/	/haQki/ 発揮
Voiceless	Voiced
/kara/ 空	/gara/ 柄
*/kapa/	*/gapa/
/kana/ 仮名	*/gana/
*/kaka/	/gaka/ 画家

表 1 語彙的要因の実験で使用した単語の例

表 1 の下半分は語頭子音の有声性 (有声か無声か) で対立する単語ペアを示す。上半分と同じような 4 種類の単語ペアから構成された。

実験では、まず表 1 のような単語セットを、ミニマルペアの一方の単語をリスト 1 に、他方の単語をリスト 2 に分けるようにして 2 つの読み上げリストを作成した。2 つのリストのどちらか片方だけを各参加者に読み上げてもらうことで、ミニマルペアの存在に気づかれないように配慮した。各参加者には、分析対象となる単語とフィラー単語を疑似ランダム順に並べ替えた単語リストを読み上げてもらい、その音声を PC に録音した。

録音した音声について、Praat [1] を用いて次の観点での音響分析を行った。促音の有無で対立するミニマルペアについては、語中子音の閉鎖区間の持続時間や単語全体の持続時間を測定した。一方、子音の有声性で対立するミニマルペアについては、語頭子音の VOT (= voice onset time : 子音の閉鎖の解放から声帯振動開始までの時間差) を測定した。

4. 研究成果

(1) まず、JEM, JEH, AE による母音の無声化の生起率について分析した。その結果を表 2 に示す。表 2 には、全発話のうち無声化された母音が生起した率を示す「無声化率」が最も高かった単語がまとめてある。各単語の赤で示した母音の無声化率を参加者群ごとに算出した結果が記されている。表 2 より、JEH および JEM が頻繁に無声化母音を産出したことが分かる。例えば、**computation** や **hospital** の第 2 母音のように 2 つの無声子音に挟まれた母音が頻繁に無声化された。これは日本語において無声化母音が生起する音声的環境と一致しているといえる。一方、**responsible** の第 3 母音や **national** の第 2 母音のように、前後の子音の両方が無声子音でない場合も頻繁に母音が無声化されたことも分かる。

Word	AE	JEH	JEM	Word	AE	JEH	JEM
comp <u>u</u> tation	0.0	62.5	50.0	cont <u>i</u> nent	12.5	12.5	37.5
resp <u>o</u> nsible	12.5	25.0	37.5	ca <u>t</u> astróphic	0.0	50.0	0.0
na <u>t</u> ional	0.0	50.0	25.0	ca <u>t</u> ástrophe	0.0	37.5	12.5
na <u>t</u> ional <u>i</u> ty	12.5	50.0	12.5	ra <u>t</u> ionale	12.5	37.5	0.0
h <u>o</u> spital	0.0	37.5	37.5	h <u>o</u> sp <u>i</u> tality	0.0	25.0	25.0
pol <u>i</u> tical	0.0	37.5	37.5	ph <u>o</u> tográphic	0.0	25.0	25.0
co <u>m</u> munic <u>a</u> te	25.0	37.5	0.0	ph <u>o</u> t <u>o</u> graphy	25.0	12.5	12.5

表 2 英単語の発話における無声化母音の生起率

次に、母音の持続時間が強勢レベルによってどのように変化するかを分析した。図1にその結果を示す。グラフの横軸は参加者群と強勢レベル(1=第一強勢, 2=第二強勢, 0=無強勢)を、縦軸は標準化(z変換)された母音持続時間を示す。持続時間の分析では元の秒単位で表した持続時間をそのまま用いると、母音の種類による内在的な持続時間の違いや話者群の間の持続時間の違いなど、持続時間を大きく左右する要因が多数あるため、強勢による持続時間の変化に焦点を当てた分析が困難となる。そこで、これらの要因を統計的に排除するため、単語セットおよび話者群ごとに持続時間の平均値と標準偏差を統一するための変換を行い、その変換値を分析することとした。また、図1では、3つの強勢レベルをペアごとに分析した結果が示してあり、左のグラフが無強勢と第一強勢、中央のグラフが無強勢と第二強勢、右のグラフが第一強勢と第二強勢を比較したものになっている。

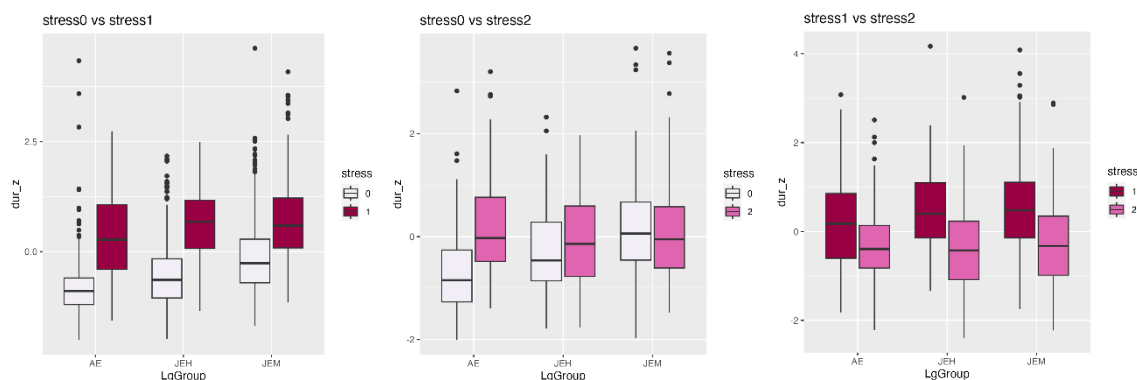


図1 参加者群および強勢レベルのペアごとの標準化された持続時間

図1によると、無強勢と第一強勢の比較(左のグラフ)では、第一強勢母音のほうが無強勢母音より標準化持続時間が長く、その傾向がAE, JEH, JEMのいずれの話者群においても観察された。一方、無強勢と第二強勢の比較(中央のグラフ)では、第二強勢母音が無強勢母音より標準化持続時間が長い傾向がAEでは見られたものの、JEMではその傾向がまったく見られず、JEHは中間的な傾向が見られた。最後に、第一強勢と第二強勢の比較(右のグラフ)では、第一強勢母音が第二強勢母音より標準化持続時間が長い傾向がJEHおよびJEMでは観察されたものの、AEではその傾向が弱かった。

以上の持続時間に関する結果を簡潔にまとめると、AEにおいては「第一強勢 ≈ 第二強勢 > 無強勢」という関係が成り立ち、JEHおよびJEMにおいては「第一強勢 > 第二強勢 ≈ 無強勢」という関係が成り立つことが明らかとなった。つまり、英語母語話者は第二強勢母音を第一強勢母音と同じように長く発音するのに対して、学習者は第二強勢母音を無強勢母音と同じように短く発音しており、第二強勢母音を適切に産出することが困難であることが示唆される。

なお、母音の第1フォルマント周波数(F1)についても同様に標準化された数値を計算して分析したところ、持続時間と同様の結果が得られた。母音のF1の高さが顎の開きの程度の指標であると仮定すると、この結果は、AEについては無強勢母音においてのみ顎の開きが比較的小さく母音が弱化されているのに対して、JEHとJEMについては無強勢母音と第二強勢母音の両方が同じ程度の顎の開きを示しており、母音の弱化において無強勢母音と第二強勢母音を区別していないことを示唆している。

(2) 語彙的要因が分節音の時間的特徴に及ぼす効果について分析したところ、検討した2種類の語彙的要因のうち、単語が実在語であるか無意味語であるかという要因は持続時間にほとんど影響を及ぼさないことが見出された。そこで、実在語と無意味語の結果を分けずに両者の平均を求め、2つ目の要因である「促音の有無または子音の有声性で対立する単語が存在するか否か」に焦点を絞って分析を行った。その結果を図2に示す。左のグラフは促音の有無で対立するミニマルペアの結果を示す。縦軸は促音の有無の主要な手がかりである語中閉鎖音の閉鎖区間の持続時間を単語全体の持続時間で割った値(closure-to-word duration ratio, C/W ratioと略記)である。一方、右のグラフは語頭子音の有声性で対立するミニマルペアの結果を示しており、縦軸は語頭の閉鎖音のVOTである。横軸はいずれのグラフも「対立する単語(lexical competitor)の有無」であり、「without comp.」が対立する単語が存在しない場合、「with comp.」が対立する単語が存在する場合を意味する。

図2の左のグラフによると、促音(geminate)のC/W ratioが、対立する単語があ

る場合のほうが、対立する単語がない場合に比べてより大きい値であった。一方、図2の左のグラフによると、対立する単語がある場合のほうが無声音（**voiceless**）の **VOT** が短く、対立する単語がない場合のほうが **VOT** が長かった。

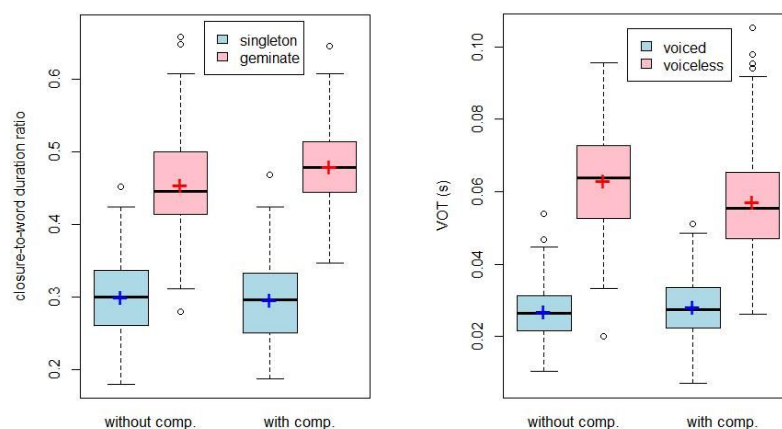


図2 対立する単語の有無による単語の時間的特徴の変化

以上の結果をまとめると、促音の対立においては、促音の有無で対立する単語が存在するときに、促音の手掛かりとなる閉鎖区間の持続時間を増大させ、対立する単語との音声的な差異をより強調し際立たせていると捉えることができる。この結果はこれまで英語などの言語において報告されてきた「単語間の音声的な差異を強調する」という傾向と一致する。しかしその一方で、有声性の対立においては逆の傾向が示された。すなわち、有声・無声で対立する単語が存在するときに、無声音の **VOT** を短くし、有声音との音声的な差異を弱めていると捉えることができる。この結果はこれまでの先行研究で得られた結果とは対照的である。つまり、「単語間の音声的な差異を弱化される」傾向があることを示唆している。以上の結果から、日本語のように英語とは韻律構造が顕著に異なる言語を検討することで、語彙的要因が単語の音声的実現に及ぼす影響についてこれまでとは異なる傾向の存在を確認することができた。つまり、単語の発音においては語彙的対立を常に強調させる方向で変化が生じるわけではなく、時には対立を弱化させる方向で変化が生じうることが示唆された。

< 引用文献 >

[1] Boersma, P. & Weenink, D. (2023). Praat: doing phonetics by computer. <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Phonetic realization of multiple stress levels by speakers of a non-stress language: A case of Japanese-accented English
3. 学会等名 ICPhS2023 (20th International Congress of the Phonetic Sciences) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北原真冬・田嶋圭一・米山聖子
2. 発表標題 学習者の英語発音における3段階の強勢の実現について：ピッチを中心に
3. 学会等名 日本音声学会2023年(令和5年)度第37回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kiyoko Yoneyama, Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara
2. 発表標題 Is secondary-stress phonetically real for second-language learners? Evidence from Japanese-accented English
3. 学会等名 Acoustics 2023 Sydney (joint meeting of the Acoustical Society of America and the Australian Acoustical Society) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, and Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Vowel reduction by speakers of a non-stress language: A preliminary corpus analysis of Japanese-accented English
3. 学会等名 New Sounds 2022: 10th International Symposium on the Acquisition of Second Language Speech (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 米山聖子, 北原真冬, 田嶋圭一
2. 発表標題 日本人大学生による英語母音弱化の音響特性: 発話実験と辞書データの比較による予備的分析
3. 学会等名 2022年度第36回日本音声学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, and Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Effects of lexical competition on two types of durational contrasts in Japanese: Geminate and VOT
3. 学会等名 JK 29 Satellite Meeting: The 3rd NINJAL-SNU Joint Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiyoko Yoneyama, Mafuyu Kitahara, Keiichi Tajima
2. 発表標題 Effects of Japanese prosody on English word production: Interaction between voicing and gemination
3. 学会等名 10th International Conference on Speech Prosody 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Effects of lexical status and competition on the production of voicing contrasts in Japanese: An experimental study
3. 学会等名 LabPhon17 (17th biennial conference of the Association for Laboratory Phonology)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田嶋圭一, 北原真冬, 米山聖子
2. 発表標題 日本人英語学習者の弱化母音の実現について: 予備的コーパス調査
3. 学会等名 国立国語研究所プロソディー研究班オンライン研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Phonetic realization of vowel reduction by Japanese learners of English: A preliminary corpus analysis
3. 学会等名 Workshop on phonetic and psycholinguistic approaches to L2 speech acquisition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, and Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 Lexically conditioned phonetic variation: An experimental test with the singleton-geminate contrast in Japanese
3. 学会等名 ICPhS2019 (19th International Congress of the Phonetic Sciences) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mafuyu Kitahara, Keiichi Tajima, and Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 The effect of lexical competition on realization of phonetic contrasts A corpus study of the voicing contrast in Japanese
3. 学会等名 ICPhS2019 (19th International Congress of the Phonetic Sciences) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiyoko Yoneyama, Mafuyu Kitahara, and Keiichi Tajima
2. 発表標題 Voicing Effects on Durational Characteristics of English Words by Japanese Learners: A Preliminary Analysis
3. 学会等名 New Sounds 2019 (The 9th International Symposium on the Acquisition of Second Language Speech) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mafuyu Kitahara, Keiichi Tajima, & Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 The effect of lexical competition on realization of phonetic contrasts: The case of voicing in Japanese
3. 学会等名 ICPEAL17-CLDC9 (The 17th International Conference on the Processing of East Asian Languages and the 9th Conference on Language, Discourse, and Cognition) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Tajima, Mafuyu Kitahara, & Kiyoko Yoneyama
2. 発表標題 The effect of lexical competition on phonetic realization of the singleton-geminate stop length contrast in Japanese
3. 学会等名 ICPP2018 (5th NINJAL International Conference on Phonetics and Phonology) (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究 分担 者	北原 真冬 (Kitahara Mafuyu) (00343301)	上智大学・外国語学部・教授 (32621)	

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
研究分担者	米山 聖子 (Yoneyama Kiyoko) (60365856)	大東文化大学・外国語学部・教授 (32636)	

	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	久木 身和子 (Hisagi Miwako)	カリフォルニア州立大学・Department of Communication Disorders・Assistant Professor	
研究協力者	マンソン ベンジャミン (Munson Benjamin)	ミネソタ大学・Department of Speech-Language-Hearing Sciences・Professor	

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1件

国際研究集会 Workshop on phonetic and psycholinguistic approaches to L2 speech acquisition	開催年 2021年～2021年
---	--------------------

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
---------	---------