

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K00789

研究課題名(和文)日本人小中学生の英語音声の追跡的分析と韻律自動評価

研究課題名(英文) Longitudinal analysis of English speech produced by Japanese children and automatic evaluation of prosody

研究代表者

加藤 恒夫 (Kato, Tsuneo)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：60607258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：様々な言語的背景をもつ日本人中学生の英語音声を100名規模で収集し、就学以前・小学生期の言語環境が英語の発音に与える影響を分析した。英語無強勢母音の発音を、国内で日本語による初等教育を受けた生徒、国内で日本語・英語のバイリンガル教育を受けた生徒、外国で英語による初等教育を受けた生徒の3群で比較し、差異を定量化した。

英単語発声のアクセント、短文発声の文強勢を参照用の母語話者発声なしで自動評価できるように、Transformerを用いて参照用の韻律を推定して評価する手法を考案し、日本人大学生による英単語発声と短文発声において主観・客観評価値間の相関係数の有意な改善を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内における英語教育ではコミュニケーション能力を育むため早期化が行われたが、小学生以前の言語環境、国内における集中的な英語教育がコミュニケーションの土台である発音に与える影響は明らかではない。本研究は英語教育のさらなる早期化がもたらす効果の予測に資すると考えられる。また、自動韻律評価は将来の英語コミュニケーションの自習を可能にするコンピュータ支援言語学習システムの高度化に資する。

研究成果の概要(英文)：We analyzed English read speech produced by a hundred Japanese junior high school students with various linguistic backgrounds to reveal the effects of linguistic environments in preschool and elementary school on English pronunciation. We compared the quality and quantity of the produced unstressed English vowels among three groups of students: those who received primary education in Japanese at domestic schools, those who received bilingual education in 50% English and 50% Japanese domestically, and those who received primary education in English internationally. To automatically evaluate accents of English words and stresses of short phrases without referencing a native speaker's speech, we proposed an automatic prosody evaluation method by estimating reference prosody using a Transformer encoder. Experimental results demonstrated significant improvements in subjective-objective score correlations on English word and short phrase utterances produced by Japanese university students.

研究分野：音声信号処理

キーワード：小中学生 英語音声 追跡的分析 無強勢母音 韻律評価

## 1. 研究開始当初の背景

英語コミュニケーション能力の向上は国民の喫緊の課題とされ、2020年度より英語教育の開始が早期化された。2011年度以来5-6年生で行われていた外国語に親しむ活動が3-4年生に前倒しされ、5-6年生では「外国語(英語)」が教科化された。

一般にコミュニケーション力の土台となる第二言語音の習得は早いほどよいとされるが、英語の発音を自信をもって教えらえる小学校教師の要請は容易ではない。そこで、近年技術革新が進む音声認識・音声合成技術を用いて発音を含む英語コミュニケーションの訓練を補助するコンピュータ支援言語学習(Computer-Assisted Language Learning, CALL)技術が確立されれば、広く英語教育の効果を高めることに貢献できると考えられる。しかし、そうした技術を適用するにも、小学校の英語音声を継続的に収録・分析した研究は少なく、発達や教育により児童の英語音声はどのように変化するのかについては十分に調査されていない。

提案者らは2017~2019年度の科学研究課題「日本人小学生の英語音声の音韻的特徴と音声知覚の追跡的分析」において、かねてより英語教育に力を入れてきた同志社小学校の協力を得て、同校の1学年90名の英語音声を4年生冬から6年生夏まで2年に渡って半年おきに収録した。母音発音の分析により、成人同様に/i/と/ɪ/、/u/と/ʊ/、/ɑ/と/ɒ/の緊張母音と弛緩母音を音韻的に区別することは困難であるが、継続時間長によって区別していること、英語教育により日本語にない/æ/や/ɔ/を全般的に区別できるようになっているが、個人差が大きいことを明らかにした。

しかしながら、4年生から6年生までの収録機関以外の時期における言語獲得と発音の変化の関係は明らかではない。第二言語の発音は母語の音韻体系に加えて、学校で習う文字と発音との対応関係にも強く影響される。具体的には2年生から4年生までの間にアルファベット、phonicsの基本、日本語のローマ字表記を習うことにより児童の英語の発音は変化する。また、中学生以降は語彙と文法知識が増大し、徐々に自発的な文発音ができるようになるが、文発音におけるアクセントやイントネーションの獲得についてもデータ収録と分析は十分に行われていない。

一方、コンピュータを用いた発音訓練(Computer-Assisted Pronunciation Training, CAPT)システムでは音声認識技術を用いて音素置換や母音挿入等を検出する機能が主流であるが、英語母語話者の音声との差異を指摘する機能に留まっており、母語の特徴を踏まえた訓練や韻律、特に正解が唯一でないイントネーションやリズムの誤りを検出、指摘する機能は未だ装備されていない。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、国内で教育を受ける小中学生の英語音声の変化を定量的、統計的に分析し、その結果を踏まえ母語の特徴を考慮した発音訂正や韻律、特に文発音のリズムの自動評価手法を確立することである。具体的な目的は以下の3点である。

- (1) 小学校低学年におけるアルファベット、Phonicsの基本、日本語のローマ字表記等の学習による英語発音の変化の定量化。
- (2) 中学生における英語韻律の変化の定量化。
- (3) 音声認識技術に基づく英語のアクセント、イントネーションの自動評価技術の確立。

## 3. 研究の方法

前項の目的に対して、それぞれ以下の方法で研究を進める。

- (1) 同志社小学校の低学年1学年の児童の英語音声を定期的に収録する。また、同小学校から進学した生徒を中心に同志社中学校、同志社国際中学校の英語音声を定期的に収録する。
- (2) 中学生の英語発音は就学前および小学生期の言語環境が大きな影響を与えるため、生徒の言語的背景を調査し、いくつかの群に分割したうえで音響的な比較分析を行う。
- (3) 自動韻律評価の基本は母語話者による同一発音との比較であるが、任意の発音内容について母語話者による参照用発音を必要とするのは現実的でない。母語話者は初見の単語・文であってもスペルから発音・アクセント・韻律を推定できる。そこで、機械学習手法を用いて参照用発音なしで英語のアクセント、イントネーションを自動評価する技術を開発する。

## 4. 研究成果

日本人小中学生の英語音声について身体的・知能的な発達、言語的背景、教育プログラムとの関係性を明らかにするため、2016年から継続的に児童・生徒の英語音声を収録してきた。本研究課題開始以前の2019年まで小学4年生から6年生の英語音声を90名規模で収録し、2020年以降にその延長として計画していた中学生英語音声収録はコロナ禍のため規模縮小を余儀なくされたが、収録した37名の中学生には様々な言語的背景をもつ生徒が含まれたため、国内で本

格的な英語学習が始まる中学生以前の言語環境が英語発音に与える影響の分析を進めた。

様々な言語的背景をもつ日本人中学生の英語発音の分析は、英語無強勢母音に焦点を当てて、1)国内で日本語による初等教育を受けた生徒(JP)、2)国内で日本語と英語によるバイリンガル初等教育を受けた生徒(BP)、3)外国で英語による初等教育を受けた生徒(EP)、の3群に分類して中学1年生から3年生までの発音の変化を調査した。その結果、EPは無強勢母音のスペクトル品質を強勢母音のそれと区別し、一方で無強勢母音の表記には強い影響を受けていなかった。JPは無強勢母音のスペクトル品質を強勢母音のそれと区別できておらず、一方で無強勢母音の表記に強い影響を受けていた。BPはEPとJPの間であったが、語によってEPに近い発音とJPに近い発音が確認された。中学1年生から3年生の2年間で各群のスペクトル品質はほとんど変化しなかったが、JPについては継続時間による強勢母音との区別が改善することを確認した。日本人小学生の英語短母音の音響的・時間的分析について音声研究誌論文として纏めるとともに、日本人中学生の英語無強勢母音の弱化的定量的分析について第35回日本音声学会全国大会で発表した。

第二言語(L2)英語音声の自動韻律評価手法として、英単語発声のアクセント、短文発声の文強勢を参照用の母語話者発声なしで自動評価できるように、ニューラルネットワーク技術Transformerを用いて発声内容のテキストから母語話者の韻律パターンを推定し、その韻律パターンをもとにL2音声の韻律を評価する手法を開発した。日本人大学生による英単語発声、英語短文発声の評価した結果、その両方で主観・客観評価値間の相関係数を、従来の決定木に基づく手法に比べて大幅に改善した。Transformerを用いた自動韻律評価について、英単語発声に対する提案が電子情報通信学会論文誌に掲載され、英語短文発声に対する提案が国際会議Interspeech 2023に採録された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 加藤 恒夫, 山本 誠一	4. 巻 24
2. 論文標題 日本人小学生の英語音声の継続的収録と英語単母音の音響的・時間的分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 音声研究	6. 最初と最後の頁 71～83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24467/onseikenkyu.24.0_71	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 Kitamura Kohei, Kato Tsuneo, Yamamoto Seiichi	4. 巻 1
2. 論文標題 Tree-based Clustering of Vowel Duration Ratio Toward Dictionary-based Automatic Assessment of Prosody in L2 English Word Utterances	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Speech Prosody 2020	6. 最初と最後の頁 980～984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21437/SpeechProsody.2020-200	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 Yu Suzuki, Tsuneo Kato, Akihiro Tamura	4. 巻 1
2. 論文標題 Automatic Prosody Evaluation of L2 English Read Speech in Reference to Accent Dictionary with Transformer Encoder	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of ISCA Interspeech 2022	6. 最初と最後の頁 4466-4470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21437/Interspeech.2022-10344	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 鈴木 優, 加藤 恒夫, 田村 晃裕	4. 巻 J105-D
2. 論文標題 Transformerエンコーダを用いたアクセント辞書参照によるL2英単語発声の自動韻律評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 700～708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2021JDP706	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 北村孝平, 加藤恒夫, 田村晃裕
2. 発表標題 アクセント辞書参照によるL2英単語発声の自動アクセント評価に向けた継続時間長パラメータの検討
3. 学会等名 音声言語および自然言語処理シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本田裕己, 加藤恒夫, 田村晃裕, 山本誠一
2. 発表標題 非自己回帰型ニューラル音声認識における周期性導入による音素セグメンテーションの精度改善
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤恒夫, 菅原真理子
2. 発表標題 日本人中学生による英語無強勢母音の弱化的定量的分析: 初等教育の言語環境による違いの比較
3. 学会等名 第35回日本音声学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木優, 加藤恒夫, 田村晃裕
2. 発表標題 Transformerエンコーダを用いた英単語発声の音素継続時間長モデル化
3. 学会等名 第20回情報科学技術フォーラム(FIT 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木優, 加藤恒夫, 田村晃裕
2. 発表標題 Transformerエンコーダを用いたアクセント辞書参照によるL2英単語発声の自動韻律評価
3. 学会等名 日本音響学会2021秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 畑日菜子, 加藤恒夫, 菅原真理子
2. 発表標題 日本人中学生による英語無強勢母音のフォルマントにおける音素環境の影響の分析
3. 学会等名 日本音響学会2022春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木優, 加藤恒夫, 田村晃裕
2. 発表標題 Transformerエンコーダを用いたアクセント辞書参照によるL2英語文発声の自動韻律評価
3. 学会等名 日本音響学会2022春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山里咲, 加藤恒夫, 田村晃裕
2. 発表標題 Transformerエンコーダを用いて多様な韻律パターンを推定するL2英語音声自動韻律評価
3. 学会等名 第25回日本音響学会関西支部若手研究者交流研究発表会
4. 発表年 2022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	菅原 真理子  (Sugahara Mariko)  (10411050)	同志社大学・文学部・教授   (34310)	
研究 分担者	山本 誠一  (Yamamoto Seiichi)  (20374100)	同志社大学・理工学部・教授   (34310)	

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