

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00496

研究課題名(和文) 言語通級指導教室における発音指導を支援するシステムの研究開発

研究課題名(英文) Development of a support system for pronunciation instruction in special education classes for language-disabled children

研究代表者

勝瀬 郁代 (Katsuse, Ikuyo)

近畿大学・産業理工学部・准教授

研究者番号：20373540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：(1)深層学習による音素識別学習と児童への提示方法の検討、(2)学校と外部専門家間の映像通信システムの開発と評価を実施した。

(1)については、音声のスペクトル特徴量と音源特徴量を入力とし、音素または弁別素性ラベルを教師データとした多層パーセプトロンを学習した。そして、入力依存線形システムとしてのネットワーク特性に対して次元削減を行い、可視化した。音素や構音の位置/様式の識別性能を定量的に評価し、これらを十分に識別できる構造を有することを示した。

(2)については、遠隔構音検査システムを開発し、教員や児童を対象とした性能評価実験を行い、対面検査と同等以上の診断性能を有することを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果と、過去の科学研究費(基盤研究(C)25350692)の成果物である「発音練習のためのアプリケーションシステム」を組み合わせることにより、言語通級指導教室で発音指導を受けている児童が、個々の児童の発達や障害、学習段階に合わせた練習内容に従って、家庭で発音の反復練習をできるようになり、かつ、発音誤りと調音の関係を自分で確認できるようになる。また、外部専門家が遠隔から定期的に児童の発音の状態を確認し、言語通級指導教室の教員や保護者の教育相談に対応するなど、言語通級指導教室と外部専門家間の効率的な連携を実現できる。

研究成果の概要(英文)：(1) The study of phoneme identification learning by deep learning and its presentation to children, (2) The development and evaluation of a video communication system between the school and external experts.

For (1), a multi-layered perceptron was trained using spectral and source features of speech as input and phoneme or distinctive feature labels as teacher data. The dimensionality reduction was performed for the network characteristics as an input-dependent linear system and then the result was visualized. We quantitatively evaluated the discriminatory performance of phonemes and syllables in terms of place/manner, and showed that the structure was sufficient to discriminate them.

As for (2), we developed a remote articulation test system and conducted experiments to evaluate its performance, and confirmed that it has the same or better diagnostic performance than face-to-face test.

研究分野：音声情報処理

キーワード：言語通級指導教室 発音練習 教育支援 遠隔システム 構音検査 深層学習 発音評価

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本の公立小・中学校には、通常の学級に在籍する軽度の障害がある児童生徒に対して、障害の状態に応じて特別な指導を行うための通級指導教室が設置されている。平成 26 年度の通級児童数は約 8 万 4 千人に及び、この数は年々増加傾向にある。障害種別児童生徒数では、言語障害が全通級児童の約 41.0% を占め、最も多い。言語通級指導教室では、聴覚や構音、発達における障碍のためにことばの発達が遅れている児童に対して、様々な自立活動が行われているが、発音訓練もその一つである。

日本では、特別支援教育への需要が年々高まっているが、教員の専門技術の養成がそれに追いついていない。そこで近年、特別支援学級や通級指導教室に対し、外部から言語聴覚士といった専門家の派遣や巡回指導による教育支援が行われるようになってきた。しかし、児童の通級は週に一度程度であるため、多くの児童を担当している外部専門家による巡回では、直接個々の児童の発話の様子を観察し発音の状態を把握できる機会は、非常に限られているのが現状である。

このような背景から、研究代表者は、自治体からの助成や科学研究費(基盤研究(C)25350692)などを受け、言語通級指導教室に通級する児童が家庭で反復練習するための Web アプリケーション型システムを開発し、学校・家庭・外部専門家間の連携を支援する試験的な運用を行ってきた。残された課題として、自宅で練習している児童に対し、発音誤りと構音誤りの関係をフィードバックする仕組みの実現と、外部専門家が遠隔からより対面検査に近い構音検査ができる仕組みの実現が挙がっていた。

### 2. 研究の目的

このような背景から、本研究では、次の 2 つを研究目的とした。

- (1) 児童の発音誤りの判定と、調音位置や調音方法に関するフィードバックの実現
- (2) オンライン構音検査の実現

### 3. 研究の方法

- (1) 児童の発音誤りの判定と、調音位置や調音方法に関するフィードバックの実現

発音の評価を練習する子どもに視覚的にフィードバックするために、Deep Neural Network (DNN) の入力標本依存性の 2 次元表現を利用することを検討した。

それぞれ 2 種類の DNN の標本依存性、次元削減法、音響特徴量、教師ラベルの条件下で、音素ならびに弁別素性の弁別性能を検討した。ネットワーク特性として標本依存線形変換 (SLT) と隠れ層の出力、次元削減法として t-SNE と SVD、入力音響特徴量として、スペクトル特徴量単独とスペクトルと音源特徴量の組み合わせ、教師ラベルとして音素と弁別素性を用意した。

2 次元平面上の音素分布の分類能力を定量的に測定するために、学習データの分布上にテストデータをプロットし、large-margin 20-nearest neighbour 分類によってテストデータの音素を予測した。

- (2) オンライン構音検査の実現

言語通級指導教室の教育支援のために遠隔から構音検査を行うという観点から、次の 6 つのシステム要件を満たす遠隔構音検査システムを開発した。システム構成を図 1 に示す。

- ・インターネット環境があれば、PC スキルが高くない人でも容易に使用できること。
- ・映像や音声が見え聞こえること。
- ・個人情報やプライバシーが守られること。
- ・構音検査用の絵カードは著作権で保護されているため、許可された者だけが使用できるようなシステム構成になっていること。
- ・絵カードの提示を容易に行えること。
- ・拡張性が高いこと。

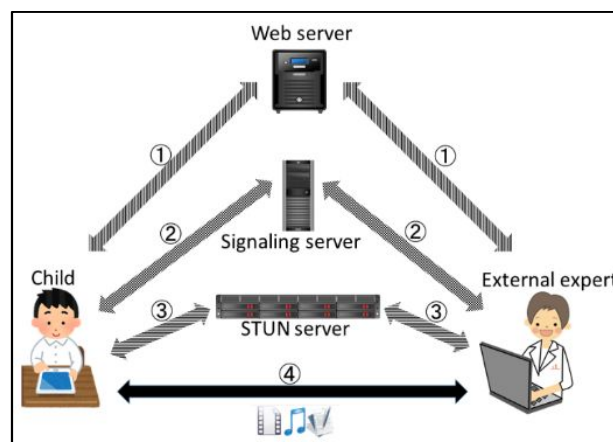


図 1: Interaction with various servers for P2P communication

我々が開発したシステムを使った遠隔構音検査が、対面による構音検査と同程度の検査性能を有していることを確認する必要がある。そこで、本研究では、対面による検査と開発システムを用いた検査の比較、並びに、既存の web 会議システムを使った遠隔検査との検査性能比較実験を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 児童の発音誤りの判定と、調音位置や調音方法に関するフィードバックの実現

実験結果の一部を表 1 及び図 1 に示す。隠れ層の活動パターンは、SLT よりも標本依存ネットワーク特性として適していること、次元削減法としては SVD よりも t-SNE の方が適していることがわかった。音響特徴量と教師ラベルの適切な組み合わせは、発声の仕方や場所に依存していた。

表 1: Identification rates (%) of phonemes .

pho: phoneme, dis: distinctive features

acoustic feature	5th hidden layer				4th hidden layer			
	SpF		SpF+SoF		SpF		SpF+SoF	
teacher label	pho	dis	pho	dis	pho	dis	pho	dis
correct rates	80.2	78.9	79.9	79.0	78.6	78.6	78.9	79.3

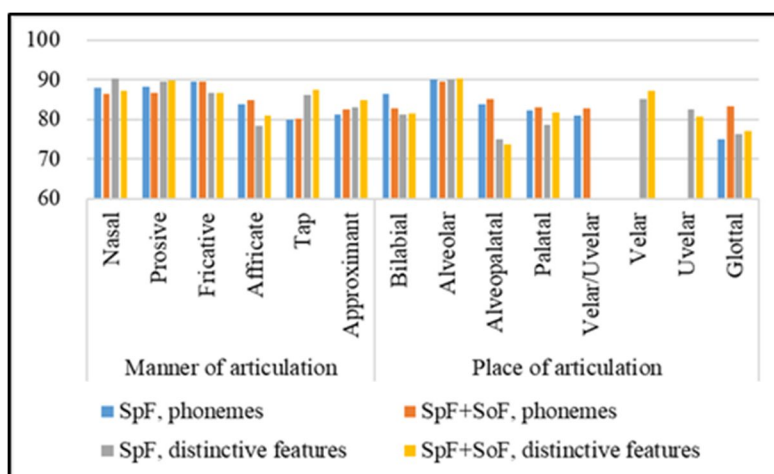


図 2: Identification rates (%) of manner of articulation and place of articulation under the dimension reduction condition of t-SNE or SVD.

2次元平面への分布の例を図 3 に示す。音素毎にまとまりがあり、かつ、調音に近い音素が近くに分布していることがわかる。児童へは、よりわかりやすい視覚的表現でフィードバックすることを検討する。

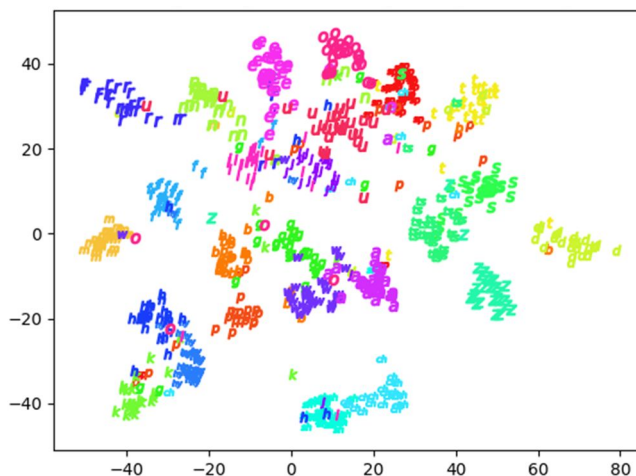


図 3: Mapping of activity patterns of the fifth hidden layer when input is SpF+SoF and teacher label is phoneme.

(2) オンライン構音検査の実現

対面による検査と開発システムを用いた検査の比較、並びに、既存の web 会議システムを使った遠隔検査との検査性能比較実験の結果を図 4、5 に示す。

実験の結果、発音検査方法間及び検査者間で、診断結果の一致率が十分に高かった。また、診断確信度は、遠隔構音検査システムを用いた場合は、他の 2 種類の検査方法よりも有意に高いことが示された。また、アンケートの結果、遠隔構音検査システムは、web 会議システムよりも使用感が高いという評価を得た。

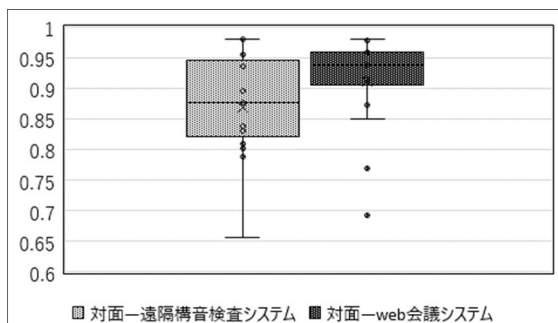


図 4: Strength of diagnosis agreement between face-to-face and remote sessions using our remote articulation test system and between face-to-face and remote sessions using existing web video system

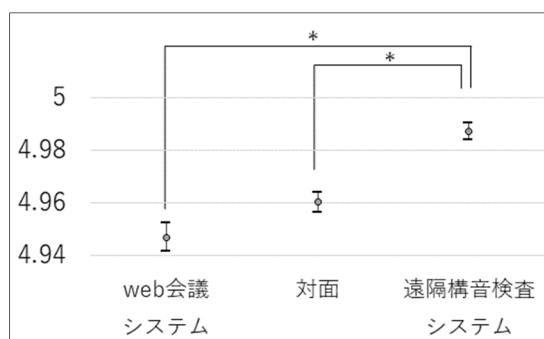


図 5: Average diagnostic confidences and 95% confidence intervals for face-to-face and remote sessions of our remote articulation test system and existing web video system

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ikuyo Masuda-Katsuse	4. 巻 -
2. 論文標題 Pilot study on visualization of activities on DNN layers for pronunciation evaluation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. WESPAC 2018 - 13th Western Pacific Acoustics Conference	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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 勝瀬郁代	4. 巻 34(1)
2. 論文標題 言語通級指導教室における発音指導を支援するシステム	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 7-19
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 -

1. 著者名 勝瀬郁代	4. 巻 34(1)
2. 論文標題 言語通級指導教室における発音指導を支援するWebアプリケーションシステム	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 20-31
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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 勝瀬郁代, 平島ユイ子
2. 発表標題 発音診断とその確信度に基づく遠隔構音検査システムの評価
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平島ユイ子
2. 発表標題 小児の構音障害と支援
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 勝瀬郁代
2. 発表標題 言語通級指導教室の発音指導を支援する～教員・児童・保護者を支援する技術
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 勝瀬郁代
2. 発表標題 DNN活動パターンの可視化による発音評価フィードバックに関する 基礎的検討
3. 学会等名 教育システム情報学会第43回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝瀬郁代
2. 発表標題 発音評価フィードバックを目的としたDNN活動パターンの可視化
3. 学会等名 日本音響学会2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝瀬郁代, 大橋直耶
2. 発表標題 WebRTCを利用した遠隔簡易認知機能検査システムの 開発
3. 学会等名 平成30年度(第71回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝瀬郁代, 平島ユイ子
2. 発表標題 遠隔構音検査システムの評価～対面検査との比較
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuyo Masuda-Katsuse
2. 発表標題 Remote Articulation Test System Based on WebRTC
3. 学会等名 INTERSPEECH 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 勝瀬郁代, 松本光輔, 岳村星哉
2. 発表標題 遠隔構音検査システムの開発～読み書き障害簡易診断機能の導入
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大橋直耶, 塚崎天人, 勝瀬郁代
2. 発表標題 遠隔簡易認知機能検査システムの開発
3. 学会等名 2018年日本生体医工学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝瀬郁代, 芳田拓也, 平島ユイ子
2. 発表標題 言語通級指導教室のための遠隔構音検査システムの開発
3. 学会等名 教育システム情報学会第42回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ikuyo Masuda-Katsuse
2. 発表標題 Web application system to support pronunciation instruction in special education classes for language-disabled children
3. 学会等名 Youngnam-Kyushu Joint Conference on Acoustic 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ikuyo Masuda-Katsuse
2. 発表標題 Support system for pronunciation instruction and practice in special education classes for language-disabled children enrolled in conventional schools
3. 学会等名 Meetings on Acoustics, Volume 29, 172nd Meeting of the Acoustical Society of America (国際学会)
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 勝瀬郁代
2. 発表標題 障害児の発音指導支援のためのWebアプリケーション ～実地試験による評価～
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部第69回連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 勝瀬郁代
2. 発表標題 言語通級指導教室における発音指導を支援するシステム
3. 学会等名 教育システム情報学会第41回全国大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

遠隔構音検査システム <a href="http://mm.joho.sv.fuk.kindai.ac.jp">http://mm.joho.sv.fuk.kindai.ac.jp</a>
---

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	平島 ユイ子  (Hirashima Yuiko)  (10637812)	福岡国際医療福祉大学・言語聴覚専攻科・教授    (32206)	