

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月8日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500476

研究課題名（和文）

ディサースリア音声の可視化と定量化による音声診断・構音訓練システムの開発研究

研究課題名（英文）

Development of a speech diagnosis and articulation training system based on the visualization and qualification of dysarthric speech

研究代表者

上田 裕市（UEDA YUICHI）

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：00141961

研究成果の概要（和文）：音声特徴量の可視化と定量化に基づく構音障害診断支援・発声訓練ツールの構築を行った。可視化においては、音声画像化処理技術を用いて、音素歪みを視覚イメージとして表現し、それらを定量化する機能を持つ機能を持たせた。また、自己発声を模擬する合成母音を目標音として発声訓練を行うツールを試作した。診断機能については、口腔外科臨床現場での評価実験を開始する。一方、構音学習ツールは数校の聾学校で試用されている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a system to support the diagnosis and the speech training for the dysarthric disorders based on visualization and quantification of the speech features. In visualization, the developed PC-based tool is capable of visual representation and its quantification of phoneme distortion using our speech visualization techniques. In addition, we have designed a prototype tool for vowel articulation training using a target sound of the synthetic vowel to simulate oneself utterance. In diagnostic function, we will start the experiment in the clinical evaluation at oral surgery field, and also the developed vowel training tools have been used in some deaf schools.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：福祉情報工学

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：構音障害・音声分析・可視化・診断・リハビリ

1. 研究開始当初の背景

音声障害分野と音声研究分野という医工学の接点としては、音声による情報機器操作を目的とした構音障害者音声の認識に関す

る研究や障害者音声の音響的特徴分析に関する基礎的研究が主であり、臨床やリハビリ現場での診断や訓練など実用性を志向した障害者音声の可視化や定量化を行うシステ

ムの構築例は見当たらない。一方、我々の研究成果として、既に確立していた音声画像化技術と単語音声認識技術について、音声障害・構音障害への寄与という点から眺めてみると次のとおりである。

(1) 音声画像化技術

音声画像は、音声特徴量の組み合わせ（複合パラメータ）により音韻性（色とテクスチャ）と韻律性（パターン形状）を可視化する独自の音声表現方式である。その単語音声パターンの直観性と学習効果の汎化性から、言葉の読み取りにおける有効性が確認されている。一方、パターン上には言語情報と同時に発話時の構音状態も直接反映されることから発話障害に伴う音声の歪み現象を直接観察できる。手本となる正常音声画像と見比べながら発話することで、発話機能回復訓練への用途が期待される。

(2) 音声認識技術

音声画像生成用の複合パラメータを用いる単語音声認識エンジンである。検査語ベースの発話診断では、認識対象は既知であることから、一般的な意味での単語認識機能は不要である。発話障害は、主に音素の[歪み・置換・省略]として現れ、診断時の聴覚印象の要因となっていることから、検査語毎に、音素の[置換と省略]を想定した複数の音素記号列からなる候補単語群を辞書項目として用意し、それぞれのDPマッチングにおける累積距離が最小となる音素系列を選択することで、聴覚印象としての音素系列を自動推定する。一方、音素の時間区分や音素距離スコアを副次情報として利用できることから、特定音素部の音響特徴分析により、[歪み]の性質と程度を定量化する。

このような背景から、我々の音声関連技術を医工学分野・福祉工学分野で活用できるという前提で研究に着手した。

2. 研究の目的

上記の背景から診断と訓練における客観的情報の提供が可能で、「ディサースリア音声の可視化に基づく診断・訓練システムの構築」を目的とした。様々な音声処理・画像処理技術を組み合わせることで、専門家の聴覚印象に対応する音声特徴の自動推定と可視

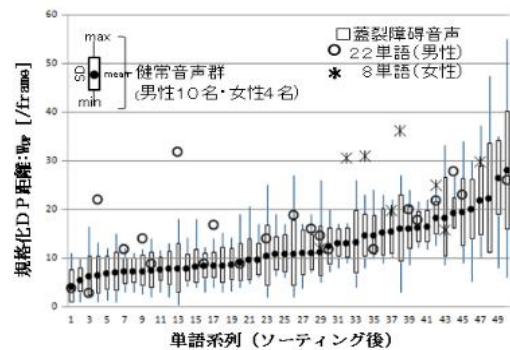


図1：検査語50語のDP距離基準と

障害音声例の歪尺度としてのDP距離分布

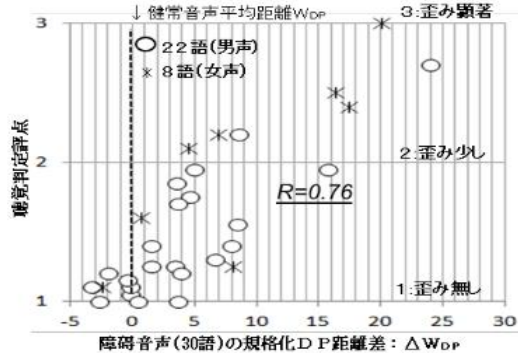


図2：障害音声のDP距離と聴覚的歪みの相関

化を行い、ディサースリア音声の診断と訓練という臨床現場での利用を可能にする独自のシステムを開発することである。

3. 研究の方法

本研究で行った診断用の音声特徴定量化手法と構音訓練（母音）リハビリのための目標音声呈示方式について述べる。

(1) 構音障害診断のための定量化方法

① 音素歪み情報の推定

障害診断のために定められた検査語音声群と単語辞書間で音素系列の音素距離の比較を行う。単語辞書は各単語の音素記号系列が表記されており、発話意図している単語が既知であるため、検査語毎に、癖や発話障害等（音素の置換・省略）が予想される単語については、各単語に複数候補の記号系列が辞書に登録される。継続時間長を適合させるためにフラグ付DPマッチングを用いる。これにより入力単語音声と比較する候補音素列の最小累積DP距離を決定する。本研究では、この累積DP距離を発話における歪みの評価基準として検討している（図1・図2に、聴覚的歪みの定量的評価としてのDP距離の妥当性を示

す)。この距離を単語辞書中のすべての候補音素列について求め、距離が最も小さくなる候補音素列を選択する。その後、DP マッチング結果のバックトラックにより、音素セグメンテーション境界を探索し、単語中の音素セグメンテーションを行う。同時に、各音素セグメントでの音素距離平均値を算出する。これらの音素情報(音素系列~セグメント長/音素距離) から発話評価の定量化を目指すと共に、これらを音声画像表現と並列可視化して診断補助として提供する。

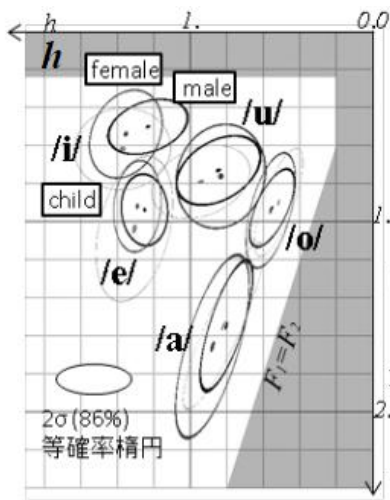
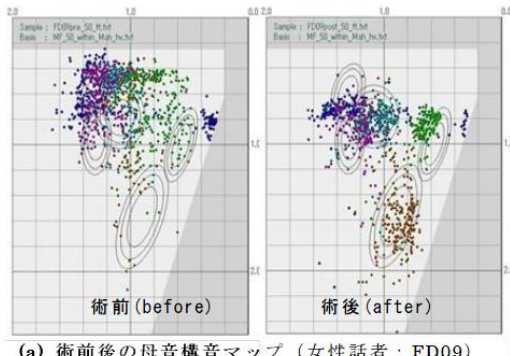


図 3：健常話者検査語母音部の基準構音マップ



(a) 術前後の母音構音マップ (女性話者: FD09)

図 4：顎変形症患者の検査語母音構音マップ

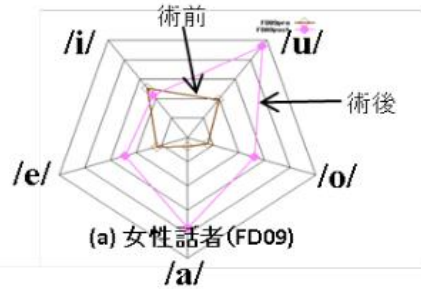


図 5：構音マップ定量化のための母音バランスチャート (図 4 の例)

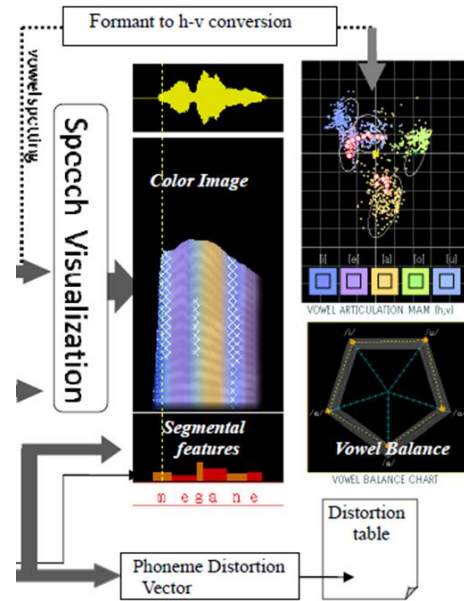


図 6：検査語音声の構音歪みの可視化

②母音構音歪みの推定

聴覚障碍児の母音発声学習における視覚フィードバック手段として、ホルマントグラフが知られている。しかし、ホルマント周波数では声道長の違いによる個性が反映されるために、構音状態を解釈するには話者の性別や年齢を考慮する必要がある。このような母音特徴における話者正規化として、従来の母音色彩化法で用いていたホルマントの RGB 変換法を改良して h v 空間マッピングを提案した。図 3 の健常話者の構音基準マップとの比較において、障碍音声の母音構音異常に基づく構音歪みを定量化した。図 4 に、顎変形症 (女性) 患者の術前後の母音構音マップを示す。さらに、これらの基準マップとの直観的な相違を定量化するために図 5 の母音バランスチャートを提案した。

③音声歪みの可視化

上記①、②で定量化した検査語中の音素歪み、及び母音の構音歪みの可視化として、図 6 の呈示様式 (後述の全体システムの一部) を採用した。図では、従来の手法である単語全体を視覚表示する音声画像パターンも並列表示され、単語全体としてのパターンイメージと各音素の DP 距離 (図中の segmental features としての棒グラフ箇所)、および母音バランスチャートからそれぞれの歪み量が直接呈示される。

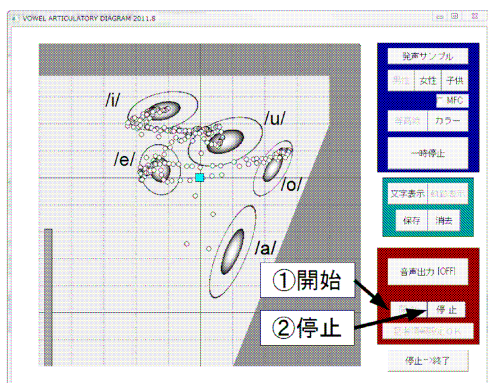
(2) 母音構音リハビリのための音声呈示

構音障害者の発声リハビリでは、話者自身の声質に近い目標音声呈示することは有効であると考えられることから、図3のh v構音空間を介したホルマント復元処理について検討し、任意の構音位置にある話者自身の声質を持つ母音合成とその視覚フィードバックに基づく構音リハビリ訓練ツールを構築した。図7にシステム表示画面を示す。[話者特徴空間の設定]

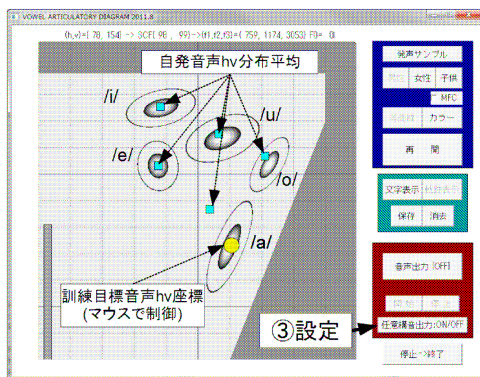
図7(a)の開始ボタンにより、話者は任意の母音を発声し、構音軌跡表示モードでの音声パラメータ収集が始まる。停止ボタンで収集を終了し、話者特徴として、ホルマント復元係数などが算出される。

[任意構音位置の母音生成]

図7(b)の設定ボタンにより話者特徴が定まり、母音合成が開始される。マウス位置(図の○印)のh v座標からホルマント周波数を復元する。復元ホルマントと高次ホルマント



(a) 話者特徴設定モード



(b) 母音構音訓練モード

図7：母音構音訓練ツールの表示画面

(F4 以上は固定)の共振回路群を通し、事前格納している実効値パターンで振幅変調した合成音出力される。

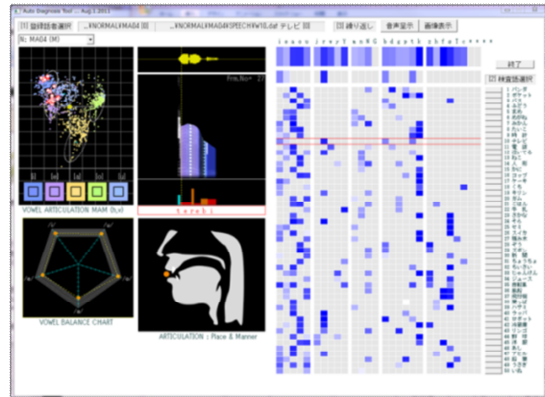


図8：構音診断支援ツール(試作版)の表示画面

結果として、マウスで指示した構音位置の母音音声の間欠音として連続的に聞こえることから、その合成母音を視覚的・聴覚的規範としながら発声訓練を行うものである。

4. 研究成果

音声特徴推定とその可視化機能を備えた診断支援ツールとして、図8に示すシステムを試作した。これは、患者毎の検査語音声データベースを登録することで、それらの平均的な音声歪みや検査語毎の歪み音素の特定を明示するものである。ただし、現行では、小数の症例(顎変形症患者や口蓋裂患者のサンプル音声)についての評価を行ったのみであり、大規模な音声試料について統計的評価を含めたシステム性能の評価が残されている。また、現行ツールは、汎用PCのスタンドアロン利用を前提としており、当初予定していたサーバー・クライアントベースでの利用に向けたシステム構築が残されている。現状のシステムは研究室ホームページ上にて紹介(動作設定は未対応)している。

なお、本研究課題の関連分野としての構音訓練(母音発声訓練ツール)の研究発表(研究成果[学会発表]:④)について、感覚代行研究奨励賞(感覚代行シンポジウム)、音声の視覚表現による解析と言語治療への応用(研究成果[学会発表]:⑩)に関して、日本口腔科学会学会賞優秀発表賞をそれぞれ研究指導学生と共同研究者が受賞している。また、構音訓練ツールは国内の聴覚障害関連学校(盛岡聴覚支援学校、筑波大付属聴覚特別支援学校、鳥取聾学校、香川聾学校、熊本聾学校)において、聾児の母音発声学習ツールとして利用されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① K. Tomita, T. Sakata, Y. Ueda、Investigation of relationship between vowel articulation and its color representation in a speech visualization tool, Proc. of the Kyushu-Youngnam Joint Conference on Acoustics 2011, 査読無, 2011, 153-156
- ② T. Sakata, Y. Ueda, A. Watanabe、Evaluation of dysarthric speech by the IFC-based formant frequencies, Proc. Of the Kyushu-Youngnam Joint Conference on Acoustics 2011, 査読無, 2011, 51-54
- ③ Y. Ueda, T. Sakata, A. Watanabe, Real-time Speech Visualization System for Speech Training and Diagnosis, Proc. of the 129th Audio Engineering Society, 査読有, 2010, 1-6

[学会発表] (計19件)

- ① 上田裕市、坂田聡、新中須真奈、平原成浩、五味暁憲、構音障害診断支援のための音声特徴量の統合化と可視化に関する検討、電子情報通信学会音声研究会、2012. 3. 8、理化学研究所(埼玉)
- ② 上田裕市、佐伯勇哉、坂田聡、聴覚障児の母音発声学習におけるホルマント情報のリアルタイム呈示様式とその系統的利用法、HCGCシンポジウム、2011. 12. 7、高松コンベンションセンター(香川)
- ③ 柴田航、富永幸佑、坂田聡、上田裕市、話者構音空間と正規化構音図の相互変換による任意母音の合成と音声リハビリへの応用、第37回感覚代行シンポジウム、2011. 12. 5、産総研(東京)
- ④ 佐伯勇哉、坂田聡、上田裕市、カラー構音マップ上での発声フィードバックによる母音発声学習システムの開発、第37回感覚代行シンポジウム、2011. 12. 5、産総研(東京)
- ⑤ 新中須真奈、平原成浩、緒方祐子、野添悦郎、坂田聡、上田裕市、中村典史、音声視覚化システムを用いた母音の構音パターン評価方法の検討-顎変形症患者音声について-第44回日本口腔科学会九州地方部会、2011. 11. 26、九州大学(福岡)
- ⑥ 富永幸佑、柴田航、坂田聡、上田裕市、正規化構音空間での構音変形手法を用いた障害音声の健常化、日本音響学会九州支部・第9回学生のための研究発表会、2011. 11. 26、大分大学(大分)
- ⑦ 佐伯勇哉、坂田聡、上田裕市、構音マッピングによる母音可視化法を用いた発声フィードバックに関する検討、日本音響学会九州支部・第9回学生のための研究発表会、2011. 11. 26、大分大学(大分)
- ⑧ 中尾隼司、金子卓、坂田聡、上田裕市、構音障害診断のための母音構音マッピング法とその定量的評価に関する検討、日本音響学会九州支部第9回学生のための研究発表会、2011. 11. 26、大分大学(大分)
- ⑨ 金子卓、中尾隼司、坂田聡、上田裕市、構音障害の診断支援ツールのための母音特徴推定とその構音マッピングに関する研究、電気関係学会九州支部連合大会、2011. 9. 27、佐賀大学(佐賀)
- ⑩ 佐伯勇哉、坂田聡、上田裕市、母音構音可視化のための構音空間マッピング手法とその応用、電気関係学会九州支部連合大会、2011. 9. 27、佐賀大学(佐賀)
- ⑪ 柴田航、富永幸佑、坂田聡、上田裕市、音声障害者のための発話機能補償システムにおける構音変形手法に関する検討、電気関係学会九州支部連合大会、2011. 9. 27、佐賀大学(佐賀)
- ⑫ 坂田聡、新中須真奈、平原成浩、上田裕市、顎変形症音声の定量評価方法の検討、日本音響学会秋季研究発表会、2011. 9. 21、島根大学(島根)
- ⑬ 新中須真奈、平原成浩、緒方祐子、五味暁憲、野添悦郎、上田裕市、中村典史、音声視覚化システムを用いた音声解析と言語治療応用への試み-第2報: 顎変形症患者についての検討-、第64回日本口腔科会学術集会、2010. 6. 24、札幌プリンスホテル(北海道)
- ⑭ 上田裕市、梶谷めぐみ、坂田聡、音声画像フィードバック機能と音声評価機能を有する発話学習ツールの開発、電子情報通信学会教育工学研究会、2010. 1. 23、筑波技短大(茨城)
- ⑮ 横田豊和、岩永拓郎、坂田聡、上田裕市、構音訓練における目標音声提示のための劣化音声復元に関する検討、電気関係学会九州支部連合大会、2009. 9. 29、九工大(福岡)
- ⑯ 米倉達郎、富田翔、坂田聡、上田裕市、構音検査語群のDPマッピング距離に基づく構音障害の評価基準の検討、電気関係学会九州支部連合大会、2009. 9. 29、九工大(福岡)
- ⑰ 富田翔、米倉達郎、坂田聡、上田裕市、母音音声の色彩表現における視覚的音韻カテゴリーの聴覚整合性に関する検討、電気関係学会九州支部連合大会、2009. 9. 29、九工大(福岡)
- ⑱ 米倉達郎、富田翔、坂田聡、上田裕市、

音声画像ベースの構音障害診断における
詳細スペクトルの分析・表示方式、日本
音響学会春季研究発表会、2009. 9. 10、九
州大（福岡）

- ⑬ 新中須真奈、平原成浩、五味暁憲、上田
裕市、中村典史、音声視覚化システムを
用いた音声解析と言語治療応用への試み
—第1報：健常人の構音について—、第
63回日本口腔科学会学術集会、2009. 4. 16、
アクトシティ浜松（静岡）

[その他]

ホームページ等

・試作ツールの概要紹介

<http://www.voice.cs.kumamoto-u.ac.jp/research04.html>

・感覚代行研究奨励賞受賞

<http://www.sensory-substitution.gr.jp/award/winner37.html>

・日本口腔科学会学会賞優秀発表賞受賞

<http://stomatol.umin.jp/award/yuusyu.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田 裕市 (UEDA YUICHI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：00141961

(2) 研究分担者

坂田 聡 (SAKATA TADASHI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：80336205