

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：23901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24720254

研究課題名(和文) 音声 - 調音特徴変換に基づく発音動作可視化の研究

研究課題名(英文) Pronunciation gestures based on articulatory feature extracted from Speech

研究代表者

入部 百合絵 (IRIBE, Yurie)

愛知県立大学・情報科学部・助教

研究者番号：40397500

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)：本研究では、視覚的に分かりやすく誤り箇所およびその矯正方法を示すために、学習者の音声からその調音動作をCGアニメーションで表現する。具体的には(1)音声から調音動作を数値化した調音特徴を抽出し、(2)抽出した調音特徴をもとに調音動作を可視化したCGアニメーションを自動的に生成する。音声から調音特徴への変換は、多層ニューラルネットワークを用いる。この提案手法により、学習者の音声と教師の音声から生成したCGアニメーションを比較し、異なる点をハイライトすることで、学習者は誤った発音を矯正するためにどの調音器官をどのように動作させればよいのか容易に理解することができる。

研究成果の概要(英文)：We describe computer-assisted pronunciation training (CAPT) through the visualization of the articulatory gestures from learner's speech in this paper. Typical CAPT systems cannot indicate how the learner can correct his/her articulation. The proposed system enables the learner to study how to correct their pronunciation by comparing the wrongly pronounced gesture with a correctly pronounced gesture. In this system, a multi-layer neural network (MLN) is used to convert the learner's speech into the coordinates for a vocal tract using Magnetic Resonance Imaging data. Then, an animation is generated using the values of the vocal tract coordinates. Moreover, we improved the animations by introducing an anchor-point for a phoneme to MLN training. The new system could even generate accurate CG animations from the English speech by Japanese people in the experiment.

研究分野：音声情報処理，ユーザインタフェース

キーワード：発音訓練 外国語教育 調音運動

1. 研究開始当初の背景

グローバル化の波により、日本社会も人的資源の流動性を高める必要に迫られている。課題の一つに、国際標準言語としての英語に対する教育改善があるが、発音を指導できる教師の数が絶対的に不足している。そこで、近年、音声認識技術をもとに学習者の発音誤りを指摘する自主学習用発音ソフトが開発されている。現在の発音学習ソフトは、誤った音素を指摘したり、発音の正しさをスコアリングする機能を有している。また、正しい音声と学習者の音声の波形やフォルマント情報を表示することでその違いを示すソフトも開発されている。しかしながら、学習者はそれらを通して自身の発音が教師と異なっていることは認識できても、誤った調音動作を具体的にどのように修正すればよいのか分かりづらいといった問題がある。特に、波形パターンやフォルマントに関しては、音声の専門家でない限り、それらの違いからどこをどのように矯正すればよいのか理解することは難しい。一方、発音動作を視覚的に示すために動画ビデオやCGアニメーションを用いたソフトも開発されている。しかし、それらは予め用意した正しい調音動作に関するものであり、学習者の調音動作を含めて比較提示する研究は存在しない。一般的に、語学学習は face-to-face のように教師が学習者の調音動作を見ながら、調音の仕方(舌、口唇、顎、口蓋などの動き)を的確に指摘することで、正しい発音へと導く手法が採られる。このため、教師がいない環境では学習者の調音動作の誤りを指摘し教示することが難しいとされてきた。

2. 研究の目的

本研究では、face-to-face における教師のように学習者の誤った調音の仕方を的確に指導する。そのため、音声からその調音特徴を抽出し、学習者の調音動作をCGアニメーションにより可視化する。そして、図1のように正面の口唇と口蓋断面に対して、学習者の調音動作と正しい調音動作を比較提示する。このように調音動作を視覚的に直接観察することは教育効果が高いと言われている。以上のことを実現するための具体的な研究目標は以下の3点である。

1. 教師と学習者の音声から調音動作を数値化した調音特徴を直接抽出する
2. 抽出した調音特徴をもとに、調音動作を可視化したCGアニメーションを自動的に生成する
3. 上記手法により、学習者の音声と教師の音声から生成した調音動作のCGアニメーションを調音器官毎に比較し、異なる点を分析し該当箇所をハイライト(強調的に表示)する。これにより、学習者は発音動作の何処が具体的に誤っているのか、またどうすれば矯正できるのかを容易に理解することができる。

また、大学、高校、中学の教育現場での実践実験を通してソフトの改善を行っていく。



図1 開発したCGアニメーション

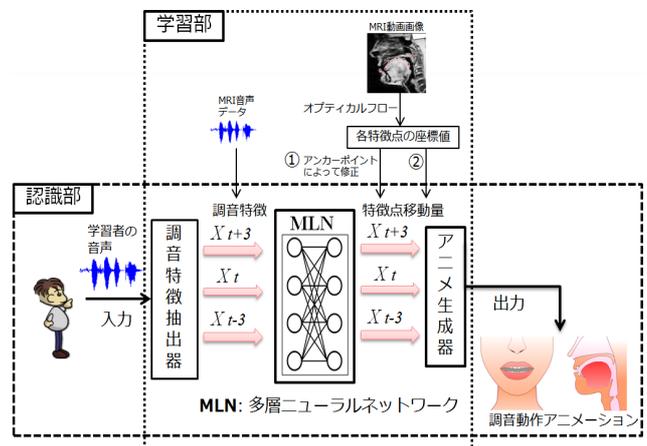


図2 システム構成図

3. 研究の方法

3.1 システムの構成

本システムの構成図を図2に示す。予めMRI動画画像と同時に収録した音声から、調音特徴(Articulatory Feature;以降AF)を抽出する。調音特徴への変換手法に関しては後述する。次に、調音動作の詳細な動きを把握するために発音の様子を撮影したMRI動画を用いてアニメーションの特徴点を導出する。具体的には、調音特徴を入力とし、MRI動画中の各調音器官の特徴点の移動量を出力とするMLNを構築することで、調音特徴を移動量へ変換する。特に発音上、口唇の開閉や舌尖の位置などが重要であるため、それらの部位をアンカーポイントとして音素毎に設けて、アンカーポイントに対して特徴点の移動量を修正する。そして、修正した特徴点を教師信号としてMLNに与えることで調音動作アニメの動きを矯正する。アニメーションはMLNから出力された特徴点の移動量をもとに自動生成される。予めMRI動画画像と同時に収録した音声から、調音特徴(Articulatory Feature;以降AF)を抽出する。AFへの変換手

法に関しては後述する．次に，MRI 動画像から各調音器官の動きを表す座標ベクトルと声道中の狭めや閉鎖などに対応する調音のアンカーポイントをフレーム毎に抽出する．抽出した AF を入力とし，MRI 動画における各調音器官の特徴点の移動量と調音のアンカーポイントを出力(教師データ)とする MLN を学習する．これにより学習者の音声は，AF 介して声道各部位の特徴点移動量とアンカーポイントに変換される．最後に，これらの出力値をもとに，調音動作アニメが自動生成される．

3.2 調音特徴の抽出

調音特徴 (Articulatory Feature; AF) は，単音分類に用いられる調音様式 (母音，子音，有声，無声など) と調音位置 (前舌，半狭，半広，など) の諸属性を指す．具体的には，人間が音声器官を制御して子音や母音を生成することを調音運動という．調音特徴とは，その調音運動に寄与する音声器官の動きの情報を意味する．例えば，/p/ の発音をするためには，唇を閉じるといった情報を意味する．調音特徴は言語や話者に依存しない不変的な特徴であり，あらゆる音素は調音特徴の有無 (+/-) を示すベクトルで表現できる．調音特徴を音声認識で利用する際の利点は，調音的に近い音素同士を距離の近いベクトルとして表現できることである．今回用いた調音特徴セットは，国際音声記号 (International Phonetic Alphabet: IPA) から英語と日本語に関する部分を取り出し作成した．

調音特徴は，局所特徴を多層ニューラルネット (Multi Layer Neural Network; MLN) に通すことで得られる．局所特徴 (Local Feature; LF) は，音声スペクトル系列の時間微分と周波数微分から求めたベクトルである．入力音声は，16kHz でサンプリングされた後，25ms のハミング窓で 10ms 毎に，512 点の FFT 処理を受ける．この結果はパワースペクトルの形で積分され，中心周波数を (聴覚に近似した) メル尺度間隔で設計した 24-ch の BPF (Band Pass Filter) 出力にまとめられる．256 次元長に設計されたフィルタを W ，音声信号を S とすると，BPF による分析式は以下の式で表される．

続いて，24-ch パワースペクトル系列上の音響特徴抽出が行われる．パワースペクトル系列が構成する曲面は，多様体として見ると時間と周波数方向の局所的な微分要素で表現できる (微分多様体)．そこで，時間軸と周波数軸上に各々 3 点の線形回帰 (Linear Regression; LR) 演算を行い，微分特徴としての局所特徴へ変換する．フレーム総数を N ，線形回帰の中心となるフレームを f (時間方向に変化)，BPF チャンネルを f (周波数方向に変化) として，スペクトルの時間変化による動的特徴 ΔT と周波数変化による動的特徴 ΔF をそれぞれ求めるまた，対数パワーの時間変化による動的特徴 ΔP は次式で求められる．次に ΔT と ΔF を，DCT を用いて 12 次元のケブ

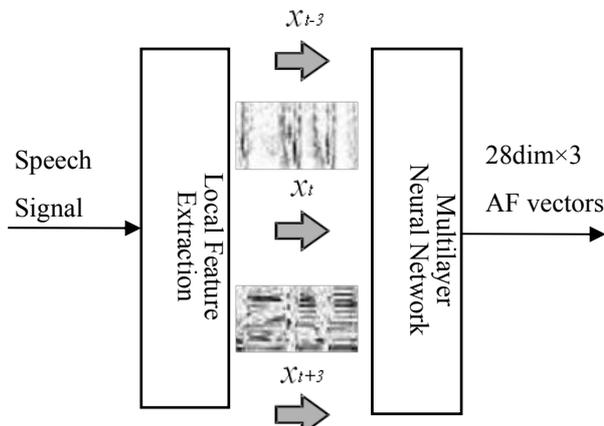


図 3 調音特徴抽出器

ストラムに変換する，DCT によるケブストラムへの変換式を以下に示す．以上の計算過程で得られた $CepT$ ， $CepF$ ， ΔP をフレームごとに結合し，25 次元のパラメータとしたものを局所特徴 LF と呼ぶ．

本研究で使用する調音特徴抽出器を図 3 に示す．入力の局所特徴と出力の調音特徴には，ともに注目フレーム X_t と前後 3 点離れたフレーム (X_{t-3} ， X_{t+3}) を用いた．すなわち，入力は 75 次元 (25x3) の局所特徴，出力は 84 次元 (28x3) の調音特徴である．注目フレーム X_t だけでなく，前後 3 点離れたフレーム (X_{t-3} ， X_{t+3}) のスペクトル情報を含むことで，調音特徴への変換精度が向上する．本研究では，日本人のための英語発音学習を対象としているので，英語音声データと日本語独特の音素を抽出するために，日本語音声データを MLN の学習データとして用いる．学習はラベル付き音声データを用いて行い，+ の属性を 0.9，- の属性を 0.1 とし，誤差逆伝播法を用いた．

3.3 特徴点移動量の変換器

本研究では人間の自然な調音動作を表現できるようにするために，MRI 動画像から得た特徴点の移動量を MLN で学習させる．磁気共鳴画像装置 (Magnetic Resonance Imaging system; 以降 MRI) は磁場と電波を用いて体内などの画像を撮影する装置である．この方法により発話中の舌，喉頭，軟口蓋などの運動を観測することができる．

特徴点の移動量とは MRI 動画像の口腔形状 (舌，口蓋，口唇，下顎) の初期フレームに付与した特徴点の位置からフレーム毎の移動量を計算したものである．MRI 動画像における各器官の特徴点の位置には個人差があるため，特徴点移動量を用いることにより調音動作アニメーションの生成が容易になる．特徴点移動量の抽出は以下の手順で行う．

- (1) MRI 動画像から画像に取り込む前に，MRI 動画像の画質を良くし，動画像のサイズ・角度を変換する．MRI 動画像の画質を良くすることで，特徴点の抽出精度が向上する．

- (2) 局所特徴は音声から 1 フレーム 10ms で変換されるため、MRI 動画像からも 1 フレーム 10ms で画像を取り込む。
- (3) 初期フレームの画像に対する特徴点の座標データを取る。唇、口蓋、上唇、下顎の特徴点として、変化量大きい点を中心として、各器官のラインを各々 15 点、11 点、7 点、10 点を選択した。
- (4) オプティカルフロー算出プログラムを使って、各特徴点の座標データを抽出する。このプログラムの入力ファイルは(2)で得た画像と(3)で得た初期フレームの画像に対する座標データである。これによって、自動的に(2)で取り込んだすべての画像に各調音器官の特徴点が付けられて、それらの特徴点の座標値データも抽出される。

フレーム毎に抽出された座標データ(X, Y)をもとに特徴点移動量(Δx , Δy)を算出する。MRI データ収録には多大な費用がかかるため、少量の MRI データでも効果的に MLN の学習を行うため、移動量の比較的大きい特徴点を 7 点選び(図 4)、MLN で学習する。すなわち、MLN の学習データの次元数が 14 (7x2)になる。

MRI 動画像からの調音動作観察では、数十枚の画像を同期加算する過程を経るため、調音部位が明確でないことが少なくない。そのため、オプティカルフロー算出から得られた座標値は必ずしも正確ではないため、音素ごとのアンカーポイントに応じて特徴点の修正を行う。ここで扱うアンカーポイントとは、発話の際に両唇や舌の動作により声道中に狭めや閉鎖を生じる重要な調音部位を指す。

MRI 動画像に含まれる音声を取り出し、音素ラベリングを行う。次に、調音アニメーションに用いるため、図 4 のように調音器官(言語を発話する際に用いる口唇、舌、口蓋など)の輪郭にそって特徴点を付与し、各特徴点の座標値を算出する。次に設定した各音素のアンカーポイントに対してその座標値、即ち特徴点移動量を修正する。例えば、両唇音である音素/p/は唇を閉じた状態であるため、ある単語中の音素/p/のフレームは唇を閉じるように特徴点の移動量を修正する。

また、より詳細に調音動作をアニメーションで表現するために、正面から見た口唇のアニメーションも生成する。なぜならば、音素 s と z, k と g の口腔アニメーション中の口唇部分は同じ形に見えるが、正面から見た口唇は唇の形が違うことが明らかであるため、口唇アニメーションを示すことも重要である。口唇アニメーションの場合は予め音素毎に口唇アニメーションを生成しておき、口腔アニメーションの動作と合うように再生タイミングを調整する。

次に、特徴点移動量は多層ニューラルネットワークを通して得る。まず、MRI 動画像に含まれる音声を調音特徴抽出器を通して調音特徴に変換する。そして、調音特徴を入力、

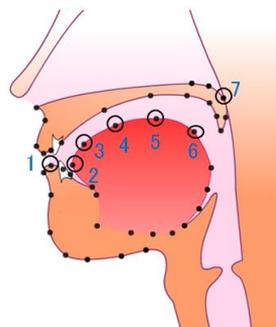


図 4 7つの特徴点

アンカーポイントを修正した特徴点の移動量を出力として多層ニューラルネットワーク構築する。入力の調音特徴と出力の特徴点移動量には、ともに注目フレーム X_t と前後 3 点離れたフレーム (X_{t-3} , X_{t+3}) を用いた。すなわち、入力は 84 次元 (28×4) の調音特徴、出力は 42 次元 (14×3) の特徴点移動量である。注目フレーム X_t だけでなく、前後 3 点離れたフレーム (X_{t-3} , X_{t+3}) のスペクトル情報を含むことで、特徴点移動量への変換精度が向上する。MLN は入力層 84、隠れ層 168、出力層 42 とした。これにより、学習者が発話を行うと、その音声から変換した調音特徴を多層ニューラルネットワークに通すことで、調音特徴にマッピングした特徴点移動量が抽出され、調音動作アニメーションが自動的に生成される。

3.4 調音動作アニメーション生成器

調音動作アニメーションは特徴点移動量をもとに生成する。アニメーション生成プログラムはアドビ社が開発した Actionscript 3.0 と MXML で実装されている。また、滑らかなアニメーションを生成するために、スプライン曲線補間法、中間値フィルタ、移動平均法を用いた。

4. 研究成果

提案システムで生成した調音動作アニメーションの評価を行うため、本システムによって音声から抽出された特徴点移動量とアンカーポイント箇所では修正した各特徴点移動量の相関係数を算出した。特に、特徴点移動量をアンカーポイントに応じて修正した場合(修正あり)と修正しなかった場合(修正なし)を比較した。実験で用いた MRI 動画像データと MRI 動画像に含まれる単語リストを表 1 に示す。表 2 より、MLN の教師信号として与える特徴点移動量をアンカーポイントに応じて修正することで、全体的にアニメの可視化精度が向上したことが分かる。一方、MLN の評価データを英語母語話者音声(ネイティブ)のみと日本語母語話者音声のみとした場合の平均相関係数は、ネイティブ話者と日本人話者に対してそれぞれ 0.07 (9%)、0.08 (11%) と向上した。

全体的に相関係数が高いが、部分的にまだ相関係数が低い特徴点があった。例えば、音素 p, b, f, v, m のアンカーポイントに対応する特

徴点 1 の相関係数が比較的低い。AF 抽出器の更なる改良が必要である。

表 1 評価実験データ

学習データ	MRI データ (音声, 動画像): 227 単語 - ネイティブ: 男女 2 名(102 単語) - 日本人: 男女 2 名(126 単語)
評価データ	データ 1: 1 単語(ネイティブ話者) データ 2: 1 単語(日本人話者のみ)
評価方法	Leave-One-Out Cross-Validation 法

表 2 アンカーポイントにおける相関係数

特徴点	評価データ			
	ネイティブ話者のみ		日本人話者のみ	
	修正なし	修正あり	修正なし	修正あり
1	0.72	0.81	0.69	0.78
2	0.75	0.85	0.72	0.82
3	0.77	0.83	0.74	0.83
4	0.75	0.83	0.76	0.83
5	0.78	0.84	0.76	0.81
6	0.76	0.81	0.77	0.82
平均	0.76	0.83	0.74	0.82

修正なし: 特徴点移動量をアンカーポイントに応じて修正しなかった場合

修正あり: 特徴点移動量をアンカーポイントに応じて修正した場合

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 9 件)

1. Kazunori Nishino, Yurie Iribe, Shinji Mizuno, Kumiko Aoki and Yoshimi Fukumura, "The e-Learning Courses Recommendation System Matching the Learning Styles of the Learners", International Journal of Knowledge and Web Intelligence", 査読有, Vol. 3, No. 1, pp.19-32 (2012).
2. 木村 優志, 澤田 心太, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, "音声と画像シーンをを用いた潜在意味解析に基づくタスク推定", 電気学会論文誌 (C), 査読有, Vol. 132, No. 9, pp.1473-1480 (2012).
3. Narendyah W. Ariwardhani, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, "Phoneme Recognition based on AF-HMMs with an Optimal Parameter Set", Journal of Signal Processing, 査読有, Vol. 16, No. 6, pp.571-579 (2012).
4. Yurie Iribe, Takuro Mori, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, "Generation of CG Animation Based on Articulatory Features

for Pronunciation Training", The Journal of Information and Systems in Education, 査読有, Vol.11 No.1 pp. (2012).

5. 新田 恒雄, 入部 百合絵, "音声認識技術の発音学習への応用", メディア教育研究, 査読有, Vol.9 No.1 pp.S19-S28 (2012).
6. 木村優志, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, "調音特徴一声道音響パラメータ変換を用いた調音特徴運動HMM音声合成", 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J96-D No.5 pp.1356-1364 (2013).
7. 桂田 浩一, 勝浦 広大, 入部 百合絵, 新田 恒雄, "Suffix Array を用いた高速音声検索語検出システムの性能評価", 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J96-D No.10 pp.2540-2548 (2013).
8. Seng Kheang, Kouichi Katsurada, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta, "Solving the phoneme conflict in Grapheme-To-Phoneme Conversion using a Two-Stage Neural Network-based approach", IEICE Transactions, 査読有, Vol.E97-D No.4 pp.901-910 (2014).
9. Narendyah Wisjnu Ariwardhani, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, "Mapping Articulatory-Features to Vocal-Tract Parameters for Voice Conversion", IEICE Transactions, 査読有, Vol.E97-D No.4 pp.911-918 (2014).

〔学会発表〕(計 18 件)

1. Kouichi Katsurada, Taiki Kikuchi, Yurie Iribe and Tsuneo Nitta, "Management of User/Device Models for Natural Agent Migration between Terminals" Proc. of KES-IIMSS 2012(Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services) pp. 511-520, 2012年5月23日, Gifu (Japan).
2. Yurie Iribe, Silasak Manosavanh, Kouichi Katsurada and Tsuneo Nitta, "Animated Pronunciation Generated from Speech for Pronunciation Training" Proc. of KES-IIMSS 2012 (Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services) pp. 73-82, 2012年5月23日, Gifu (Japan)
3. Tsuneo Nitta, Silasak Manosavanh, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi and Chunyue Zhu, "Pronunciation Training by Extracting Articulatory Movement from Speech" IS ADEPT (International Symposium on Automatic Detection of Errors in Pronunciation Training) pp. 211-216, 2012年6月6日, Royal Institute of Technology(Stockholm, Sweden)
4. 入部 百合絵, 森 拓郎, 桂田 浩一, 新田 恒雄, "調音特徴抽出に基づく IPA チャートへの英語発音リアルタイム表示", 教育システム情報学会 第 34 回全国大

- 会, 2012年8月22日, 千葉工業大学(千葉県習志野市)
5. 佐々木俊, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, “音素共通部分空間を結合重みとした調音運動 MLN に基づく音素認識”, 平成 24 年度電気関係学会東海連合大会, 2012年9月24日, 豊橋技術科学大学(愛知県豊橋市).
 6. 遠藤基, 桂田 浩一, 入部 百合絵, 新田 恒雄, “調音特徴に基づく音素認識エンジンの提案”, 平成 24 年度電気関係学会東海連合大会, 2012年9月24日, 豊橋技術科学大学(愛知県豊橋市).
 7. シラサック マノサワン, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, 発音訓練のための音声から生成した調音動作アニメーションの開発, 平成 24 年度電気関係学会東海連合大会, 2012年9月24日, 豊橋技術科学大学(愛知県豊橋市).
 8. Yurie Iribe, Takuro Mori, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, “Real-time Visualization of English Pronunciation on an IPA Chart Based on Articulatory Feature Extraction” Proc of. InterSpeech 2012, 2012年9月10日, Portland (USA).
 9. Silasak Manosavanh, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi and Chunyue Zhu, Tsuneo Nitta, “Articulatory Movements from Speech for Pronunciation Training” Proc of. ICCE 2012 pp.499-507 (2012年11月26日, Yunnan (Singapore)).
 10. 佐々木 俊, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, “双対空間における調音特徴抽出の検討”, 日本音響学会 2013 年春季研究発表会, 2013年03月14日, 東京工科大学(東京都八王子市)
 11. 遠藤 基, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄, “調音運動音響モデルと長短音節言語モデルを用いた音素認識エンジン”, 日本音響学会 2013 年春季研究発表会, 2013年03月14日, 東京工科大学(東京都八王子市)
 12. シラサック マノサワン, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 林 良子, 朱 春躍, 新田 恒雄, “調音のアンカーポイントに着目した英語調音動作アニメーションの改良”, 日本音響学会 2013 年春季研究発表会, 2013年03月15日, 東京工科大学(東京都八王子市).
 13. Yurie Iribe, Silasak Manosavanh, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi and Chunyue Zhu, Tsuneo Nitta, “Introducing Articulatory Ancho-point to ANN Training for Corrective Learning of Pronunciation” Proc of. ICASSP 2013 (IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing) pp.3716-3720, 2013年5月30日, Vancouver (Canada).
 14. Kouichi Katsurada, Seiichi Miura, Kheang Seng, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta,

- "Acceleration of Spoken Term Detection Using a Suffix Array by Assigning Optimal Threshold Values to Sub-Keywords" Proc of. Interspeech2013 pp.581-585, 2013年8月27日, Lyon (France).
15. Narendyah W. Ariwardhani, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, "Voice Conversion For Arbitrary Speakers Using Articulatory-Movement To Vocal-Tract Parameter Mapping" Proc of. MLSP2013(IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing), 2013年9月24日, Southampton (UK).
 16. Kheang Seng, Kouichi Katsurada, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta, "Novel Two-Stage Model for Grapheme-to-Phoneme Conversion using New Grapheme Generation Rules", Proc of. ICAICTA2014, 2014年8月20日, Bandung (Indonesia).
 17. Yusuke Morimoto, Kumiko Aoki, Kouichi Katsurada, Genki Ishihara, Yurie Iribe and Tsuneo Nitta, “Search System for Audio and Video Lecture Contents Using Auto-Recognized Transcripts”, Proc of ICCE2014, 2014年12月3日, Nara(Japan).
 18. 入部百合絵, “調音運動抽出アルゴリズムに基づく発話学習支援システムの研究”教育システム情報学会 東海支部総会, 2014年12月6日, 名城大学(愛知県名古屋市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 発音動作可視化装置および発音学習装置
 発明者: 入部 百合絵, 新田恒雄
 権利者: 豊橋技術科学大学
 種類: 特許出願
 番号: 2011-184993
 出願年月日: 2011年8月26日
 国内外の別: 国内外

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ist.aichi-pu.ac.jp/~iribe/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

入部 百合絵 (IRIBE Yurie)

愛知県立大学 情報科学部 助教

研究者番号: 40397500

(2) 研究分担者

該当者なし

(3) 連携研究者

該当者なし