

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282178

研究課題名(和文)発声機能障害者支援システムの小型化実用検討

研究課題名(英文)Implementation of speech support system for speech disorders.

研究代表者

石光 俊介 (ISHIMITSU, SHUNSUKE)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：70300621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,300,000円

研究成果の概要(和文)：発声機能障がい者のための発声支援システムの開発を行った。このシステムはサブワードレベルでの伝達関数(線形予測係数)を用いて障がい者の発声を明瞭化しようとするものである。その有効性を聴取実験、音声認識実験および調音組成分析により検証した。それにより、欠損情報が復元できることを確認した。タブレットで動作するシステムも開発し、障がい者の方からの良い評価も頂いた。また、発声障がい者音声データベースも構築した。

研究成果の概要(英文)：We proposed a speech support system using body-conducted speech recognition. This system retrieves speech from body-conducted sound via a transfer function, using recognition to select a sub-word sequence and its duration. In this study, we demonstrate the effectiveness of producing clear body-conducted speech using a linear predictive coefficient instead of a transfer function and used continuous sub-word recognition automatically. To confirm the improvement in synthesized speech, a jury test and articulatory feature analysis were employed. Then we confirmed the lost informations involving disabled were recovered with these methods. Practical tablet system was developed and got a good evaluation by disorders. And a database of speech disorders was also constructed.

研究分野：音響工学

キーワード：リハビリテーション 発声障がい 発声支援 音声 音声認識 伝達関数

1. 研究開始当初の背景

当初応募者は体内伝導音を利用した高騒音下での音声通信システム開発を行った。騒音が音声より大きな環境下では音声は通信に使えないため、騒音の影響を受けにくい骨導をはじめとする体内伝導音による通信システムを構築した。この検討の中で体内伝導音により明瞭度のある音声を作り出すことができるのであれば、発声機能障がい者の音声も体内伝導音から高品質に変換できる可能性への着想に至った。高品質な音声に変換するために、応募者は体内伝導音から音声への伝達関数を求め、明瞭度の高い音声を得る研究も行い、その有効性を確認した。さらに、この伝達関数をサブワード(音素、音節)単位で設定することにより、自由な発話をも可能とした。図1に声帯信号と音声との関係を示す。図のように音声、体内伝導音共に、ある伝達関数でそれぞれに声帯信号を関連づけることができるので、体内伝導音から明瞭度の高い音声への変換も可能となる。図2は各体内伝導音と声との関係を示したものである。機能障害者の発声も体内伝導から明瞭な音声への変換が可能である。このことは体内伝導音と健常者の音声との間に伝達関数が存在することを意味している。同様に、健常者の音声においてもその伝達関数関係が存在する。ここで有効となるのが、申請者が提案した線形予測係数を伝達関数として使う方法である。線形予測係数では音声を共振部と音源部に分離することが可能であり、その共振部を健常者のもの、音源部に障がい者自身ものを使うことで、発声障がい音声の明瞭化がその声質を保ちつつ可能となる。

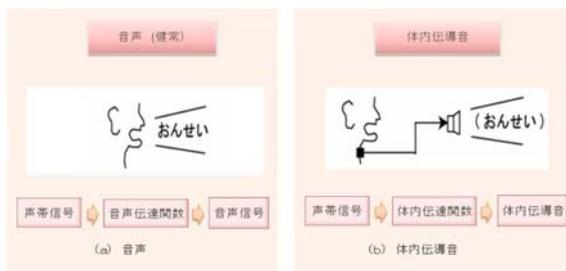


図1 声帯信号と音声の関係

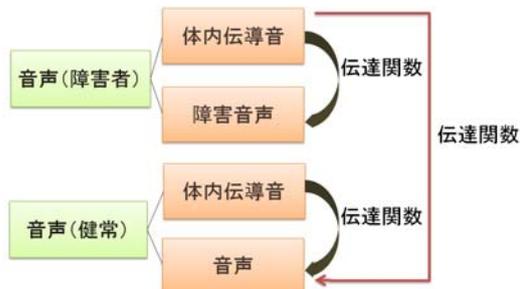


図2 音声と体内伝導音の関係

また、声帯機能が残っている場合には、その体内伝導音を音源信号としてそのまま適用することが可能である。よって、本研究では構音障がい者にも容易に適用可能であり、口唇口蓋裂等の先天性障害から交通事故による

口腔破損などの後天的障害と適用範囲も広い。

音声再生の手法として、個人音声での規則合成(CHATR, ATR)を用いる方法がある。しかしこれはあくまでもテキストを入力した上での音声再生であり、今回のように機能障がい者が発声した音声が即座に変換されるというものではない。しかし、このCHATRと連続音声認識の手法を体内伝導音に適用することで瞬時性は得られるものと考えられる。ただし、認識と規則合成を組み合わせた場合、誤認識時にはその誤認識した言葉がそのままはつきりと発話される。一方、今回の提案のような伝達関数をたたみ込む場合、誤認識であっても発話に近い伝達関数特性が認識結果として選択されるため、発声の主体を失わず、より実地的である。また、非可聴つぶやき音を用いるシステムの研究も行われているが、本提案のような体内伝導音連続認識システムを使う方法とは異なっている。この体内伝導音を利用したシステムは応募者の2001年における講演以降様々な機関で研究が推進されるようになってきた。これまで主として体内伝導音を利用した認識システムの構築を研究してきたが、この認識システムが今回の開発では重要な役割を果たす。それは体内伝導音から音声への変換に用いられる伝達関数を全音声に対して同じものを用いるわけにはいかないからである。音声は非定常信号として、時々刻々とその特性が変化する。よって、音声のできるだけ小さな単位である個々のサブワードレベル(音節・半音節レベル)での伝達関数のペアを逐次探し、つなぎ合わせて、その言葉(音声)の伝達関数を得る必要がある。これはUnited States Patent 5,903,865(石光俊介, 1999年)より着想に至った。この特許はカーナビゲーション音声認識システムにおいて、新しいモデルを音声により追加する手段として考えたものである。

2. 研究の目的

本システムは前年度までに咽頭癌などで声帯を失った機能障害者への適用を行ってきたので、それをさらに構音障がい者にも応用範囲を広げ、さらに小型実用化検討を行う。詳細は研究計画・方法に述べるが、以下のことを研究期間中に明らかにする。

- ・機能障害者発声データベースの作成
 - ・各障害の音声特徴、パターンの明確化
 - ・機能障害者発声における体内伝導音連続音節認識システムの構築
 - ・機能障害者発声時の各サブワードモデルでの伝達関数導出
 - ・誤認識時の影響調査
 - ・スマートフォンによる小型実システム構築時における問題点
- 昨年までの調査にて発声障害と音声再建方

法の種類の多様さを目の当たりにした。このため、データベース構築とともに各症例に関して解析を行い、パターン化も同時に行うことが重要であると実感している。これは伝達関数の特徴の明確化にも繋がる。

これまで音声認識の致命的な欠点であった騒音に対する脆弱性を補うために、応募者は骨導を初めとする体内伝導音インタフェースを開発してきた。この低 SNR 環境下でのノイズロバストな認識システムの手法を発声障害者の音声復帰に用いるという点においても学術的特色となっている。また、機能障害者以外における音声品質向上への適用も考えられ、応用分野の裾野の広がり予測される。食道発声法は非常に長い訓練が必要であるが、訓練におけるフィードバックシステムとしてのシステム利用することにより、リハビリテーションシステムとしての応用も期待できる。また、他の音声再建術により思い通りの音声が出せない方へのリハビリテーションシステムでもあり同時に発声補助システムにもなりうる。さらに、現在、骨導インタフェースとしてスマートフォンを用いた小型化の検討を行っている。それらの研究成果が本研究に適用されることにより、将来的に補聴器のような小型システム化を実現し、発声機能障害者への負荷軽減を目指すことも可能となると考えられる。

3. 研究の方法

発声機能障害者に障害前の自分自身の声を取り戻させるシステムを実現するため、まず、発声障がい者の音声収録および特性解析をデータベース化しシステムを補強する。その後、これまで有効であった連続サブワード認識の障がい者音声への適用可能性を確認し、音声変換実験を行う。最終的には小型軽量のため、スマートフォンやタブレット上で動作可能なシステムを構築する。

以下の方法で行う。

- (1)発声機能障がい者発声データベースの作成
- (2)各障がいの音声特徴・パターンの明確化、
- (3)機能障がい者発声における体内伝導音連続サブワード認識システムの構築
- (4)ターゲット音声の音声解析、サブワード区間検出
- (5)ターゲット音声ー障がい音声間の各サブワードモデルでの伝達関数導出
- (6)誤認識時の音声明瞭度に及ぼす影響調査
- (7)実システム構築時における問題点抽出、検討および障がい者の方々による評価

4. 研究成果

発声機能障がい者音声の収録と解析および機能障がい者音声データベース構築を行うとともに、発声機能障がい者音声の連続サブワード認識システム、小型化検討およびシ

ステム評価を行った。

(1) 発声障がい者音声データベースの構築

データベースに追加した片側声帯摘出、片側声帯萎縮、声帯溝症などの音声・体内伝導音解析を行い、各症例について特徴パターンをまとめた。さらに声帯画像も同時収録した解析は、実際に音声認識に用いられるメルケプストラムなどのパラメータおよびスペクトログラムにより、特徴解析を行った。また、調音素性分析による明瞭度調査実験も行った。これまでの音声収録した結果をデータベースとしてまとめ整理した。今後公開の予定である。以下にまとめたデータベースを示す

被験者	年齢	性別	症状
健常者1	22	男	異常無し
健常者2	21	男	異常無し
健常者3	21	女	異常無し
健常者4	21	女	異常無し
機能障害者1	28	男	声帯ポリープ
機能障害者2	30	女	声帯結束
機能障害者3	80	男	片側声帯麻痺
機能障害者4	61	男	声帯全摘出、音声再建法
機能障害者5	50	男	舌および顎の一部欠損

(2) 体内伝導音連続音節認識システムの構築

発声障害者発声時における音声認識率や体内伝導音認識率の調査を引き続き行った。また、話者音声への適応化や最適窓長の検討についての成果をまとめると共に、連続サブワード認識の可能性を検討した。また、連続的に解析窓長を変動させてゆく新たな手法も開発した。

また、明瞭音声ー障害音声間の各サブワードレベルでの伝達関数の導出し、それを用いて音声を音源と共振部に分離し、音源部は発声障がい者自身の音声、共振部には健常者の音声を基にした伝達関数を用いて、システムを構築した。伝達関数は線形予測係数を用いることが有効であることを確認した。

(3) 発声障がい者支援システム評価

明瞭度評価と誤認識評価をおこなった。明瞭度の結果を客観評価できる様に検討し、リハビリテーションも視野に入れ、調音素性分析の面からも解析を行い、復元音声肉体的にどの部分の回復に相当するかを明示的に示す検討も行った。以下に機能障害者 5 (舌と顎の欠損) の調音素性解析 (母音) の結果を示す。

素性	機能障害者9気道音声		合成音声(ヒューリスティック)	
	伝達量	伝達率	伝達量	伝達率
舌の位置	0.045	7.4%	1.541	100.0%
開口度	0.477	31.0%	0.774	100.0%
情報伝達量	0.522		2.315	
総情報伝達量	0.723		2.316	
関与率	72.2%		100.0%	

舌が欠損して存在しないにもかかわらず、システム出力音声では伝達率 100%となっており、システムの有効性が明らかとなった。また、誤認識の影響も同様な評価を行うことに

より比較検討した。

(4) 実システム構築時における問題点抽出タブレットや携帯端末により実システム構築の検討を行うとともに、補助システムも開発した。体内伝導音認識の時間応答、認識するサブワード個数の妥当性等に焦点を当て、実時間応答と音質の双方が十分に満足されるように検討を行った。実際に障害者の方に補助システムを提供し、好評価を得た。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

[1] COMPARISON OF VOCAL TRACT AREA FUNCTION ESTIMATED FROM AUDIO SIGNAL AND MRI ANALYSIS, Megumi Saito, Shunsuke Ishimitsu, Kazutaka Kasai, Kaori Ishii, Izumi Nishio, Kimiko Yamashita and Satoshi Horihata, ICIC EXPRESS LETTERS, PartB : Applications, Vol.7, No. 6, pp.1201-1205, June 2016

[2] 体内伝導音のサブワード単位線形予測による音質明瞭化と調音素性分析を用いた評価, 福井和敏, 石光俊介, 名越隼人, 山中貴弘, 日本感性工学会論文誌, 第 15 号 1 号, pp. 127-134 2016 年 2 月

[3] Study of Improving Sound Quality in Support System for Speech Impaired, Takahiro Yamanaka, Shunsuke Ishimitsu, Kazutoshi Fukui, ICIC EXPRESS LETTERS, PartB : Applications Vol.5, No.2, pp.595-600, April 2014

[4] Triangular Biorthogonal Wavelets with Extended Lifting, Kensuke Fujinoki, Shunsuke Ishimitsu, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, No.4, pp.1-24, July 2013

[学会発表] (計 18 件)

[1] Frame-by-frame speech recognition as hardware decoding on FPGA devices Masashi Nakayama, Naoki Shigekawa, Takashi Yokouchi and Shunsuke Ishimitsu, The 9th International Conference on Sensing Technology, pp.860-863, December 8-10, 2015, Auckland, New Zealand

[2] Comparison of Vocal Tract Area Function Estimated from Audio Signal and MRI Analysis Megumi Saito, Shunsuke Ishimitsu, Kazutaka Kasai, Kaori Ishii, Izumi Nishio Kimiko Yamashita and Satoshi Horihata, The proceedings of ICICIC2015, ICICIC2015-008, pp.117, August 20 - 22, 2015, Dalian, China

[3] IMPROVEMENT OF BODY-CONDUCTED SPEECH SOUND QUALITY USING THE ACCELERATION DIFFERENCE - EVALUATION BY A WORD INTELLIGIBILITY TEST - M. Nakayama, A. Kajino. S. Nakagawa and S. Ishimitsu, The Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration 499 5 Pages, Florence,

Italy, from 12 to 16 July 2015.

[4] 差分計算を用いた骨伝導音の明瞭化における量子化サイズの検討, 中山仁史, 石光俊介, 第 28 回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会議演論文集 (BMFSA2015) E3-3, BMFSA 2015 - 062, pp.269-270 (2015 年 11 月 21 日(土)~22 日(日) 東海大学熊本キャンパス)

[5] 体内伝導音のサブワード単位線形予測による音質明瞭化と調音素性分析を用いた評価, 福井和敏, 石光俊介, 名越隼人, 山中貴弘, 第 17 回日本感性工学会大会 USB A44_TJSKE-D-15-00039, (2015 年 9 月 1 日(火) ~3 日(木)文化学園大学)

[6] 調音素性分析を用いた舌癖音声の舌位評価に対する検討, 齋藤愛, 石光俊介, 葛西一貴, 石井かおり, 西尾泉美, 山下公子, 堀畑聡, 日本音響学会 2015 年春季研究発表会講演論文集 1-R-39 pp.365-366 (2015 年 3 月 16 日(月)~18 日(水)中央大学後楽園キャンパス)

[7] Improvement of body-conducted speech recognition using model estimation, Masashi Nakayama, Shunsuke Ishimitsu, Satoshi Nakatani, inter-noise 2014 Proceedings of 43rd International Congress on Noise Control Engineering, Proceedings USB No.444 4 pages, Melbourne, Australia, 16-19 November 2014

[8] CONSTRUCTION OF SUPPORT SYSTEM FOR SPEECH IMPAIRED USING BODY-CONDUCTED SPEECH RECOGNITION, S.Ishimitsu, T.Yamanaka, M.Saito, K.Fukui, Forum Acusticum 2014, R20D-1 6 pages, Krakow-Poland, 7-12 September, 2014

[9] Articulatory feature analysis of tongue-thrust swallowing habit, M.Saito, S.Ishimitsu, T.Yamanaka, Forum Acusticum 2014, R20D-2 5 pages, Krakow-Poland, 7-12 September, 2014

[10] Construction of A Speech Support System: Sound Quality Evaluation, M.Saito, S.Ishimitsu, T.Yamanaka, K.Fukui, The Proceedings of The 21th International Congress on Sound and Vibration, CDROM paper number160, 7 pages, July 13-17, 2014, Beijing, China

[11] 調音素性分析を用いた舌突出癖音声の明瞭度評価に対する検討 齋藤愛, 石光俊介, 中山仁史, 葛西一貴, 石井かおり, 西尾泉美, 堀畑聡/第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム 論文集 CDROM B-60 3pages (2014 年 11 月 15 日(土)~16 日(日) 広島市立大学)

[12] Study of Improving Sound Quality in Support System for Speech Impaired Takahiro Yamanaka, Shunsuke Ishimitsu, Kazutoshi Fukui, The Proceedings of Eighth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, September 2013

[13] Speech Support System Using Body-conducted Speech For disorders And Its Evaluation, Kazutoshi Fukui, Shunsuke Ishimitsu,

Hayato Nagoshi, Takahiro Yamanaka, Seiji Nakagawa, Takayuki Kagomiya, CUTTING EDGE LARYNGOLOGY 2013, June 17-19, 2013, London,UK

[14]調音素性分析を用いた舌突出癖音声の明瞭度評価に対する検討, 齋藤愛, 石光俊介, 山中貴弘, 葛西一貴, 石井かおり, 西尾泉美, 堀畑聡, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集 2-P4-20 pp.923-924(2014年3月10日(月)~12日(水)日本大学)

[15]発声機能障がい者支援システムの構築—音質改善のための検討—, 山中貴弘, 石光俊介, 福井和敏, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集 1-P5-1, pp.813-814(2014年3月10日(月)~12日(水)日本大学)

[16]発声機能障がい者支援システムの音質改善法の検討, 山中貴弘, 石光俊介, 福井和敏, 第 15 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム USB pp430-433 (2013年11月16日(土)~2013年11月17日(日)鳥取大学)

[17]タブレットによる発声機能障がい者支援システムの開発 齋藤愛, 藤井美奈, 石光俊介, 第 15 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム USB pp449-450 (2013年11月16日(土)~2013年11月17日(日)鳥取大学)

[18]発声機能障がい者支援システムの音質改善に関する検討, 山中貴弘, 石光俊介, 福井和敏, Dynamics & Design Conference2013 USB 論文集 No.423 6 pages(2013年8月26日(月)~30日(金)九州産業大学)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○取得状況(計2件)

名称:発声支援方法 ,
発明者:石光俊介, 中山仁史
権利者:広島市
種類:特許
番号:5354485
取得年月日:2013年9月6日
国内外の別:国内

名称:信号再生装置
発明者:石光俊介, 中山仁史, 中川誠司
権利者:産業技術総合研究所, 広島市
種類:特許
番号:5327735
取得年月日:2013年8月2日
国内外の別:国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石光 俊介 (ISHIMITSU, Shunsuke)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号:70300621

(2) 研究分担者

牧田 清 (MAKITA, Kiyoshi)

日本大学・医学部・教授

研究者番号:00139172