

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：25403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560309

研究課題名(和文)聴覚障がい者の発声支援のための振動フィードバックシステムの開発

研究課題名(英文)Study on vibration feed back system for hearing impaired

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) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：聴覚障がい者のコミュニケーション支援と同時に、リハビリテーション機能も備えた触覚(振動)フィードバックシステムの開発をおこなった。音声情報の抽出には騒音やまわりの音声の回り込みに強い体内伝導音(骨導音)を用いた。基礎実験によって得られた有効な呈示位置に振動フィードバックを与え、指に装着する装置が有効であった。また、装置も小型化し、評価実験のために実際の発声障がい者の方にもご協力いただき、実用上有効な結果も得た。

研究成果の概要(英文)：Hearing impaired is difficult to control their uttered voice such as volume, clarification and so on. The speech support system using vibration feedback system for them was proposed. It is also useful for them to work with rehabilitation. The proposed system could present vowel information and volume of which were uttered by the pattern and strength of vibration. This study presents result of vibration perception threshold and standard variation measurement take at the fingertips, proximal phalanges and wrist of right hand. And the optimal positions were the fingertips and proximal phalanges. The system was miniaturized to actual use. The hearing impaired also participated in the experiment and the expected results were got for practice.

研究分野：音響工学

キーワード：発声支援 聴覚障がい 振動 フィードバック 声量

1. 研究開始当初の背景

聴覚障がい者は聞こえだけではなく発声に関して日々のコミュニケーションで苦労されている。それは自分自身の声も聞こえないためである。視覚を用いた音声情報呈示装置(コムフレンド"ボイスルーラー"[http://www.com-friend.co.jp/pdf/110308\\_voice.pdf](http://www.com-friend.co.jp/pdf/110308_voice.pdf) など)があるが、視覚はアイコンタクトをはじめコミュニケーションにおいては重要であるため、視覚以外の情報をフィードバックに使いたいと考えた。そこで図1のように聴覚障がい者の方への音声情報フィードバックとして触覚を取り入れる。また、音声情報の抽出には体内伝導音(骨導音)を用いる。体内伝導音は騒音に頑健で、かつ自分自身の声の情報のみをフィードバックできる。その情報は体内伝導音認識から抽出するが、それについて申請者はこれまで多くの研究を行ってきており、その知見を本システムに生かすことができる。また、振動を音声フィードバックに用いる研究はほとんどなされていないため、聴覚障がい者の発声支援の新しいシステムとし期待できる。

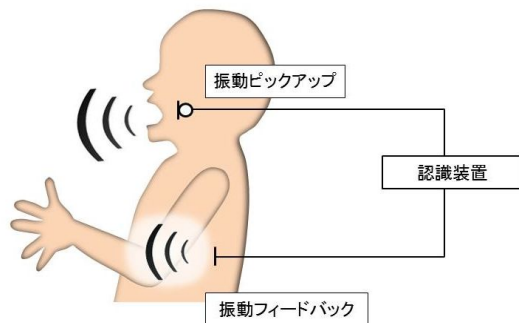


図1 聴覚障がい者への音声フィードバック

2. 研究の目的

聴覚障がい者のコミュニケーション支援と同時に、リハビリテーション機能も備えた触覚(振動)フィードバックシステムの開発が目的である。音声情報の抽出には騒音やまわりの音声の回り込みに強い体内伝導音(骨導音)を用いる。そこから連続音節認識の仕組みにより音声情報を抽出後、その結果を時々刻々と実時間で振動パターンに変換する。そして、基礎実験によって得られた有効な呈示位置に振動フィードバックを与える。このような特徴を持つ発声支援システムの開発を目的としている。また、評価実験のために発声障がい者の音声データベースも作成し、それをさらに公開し、聴覚障がい者支援研究に寄与することも目的の1つである。このような展開のみではなく、言語聴覚士とともに新しいリハビリテーションへの応用検討も行いたい。

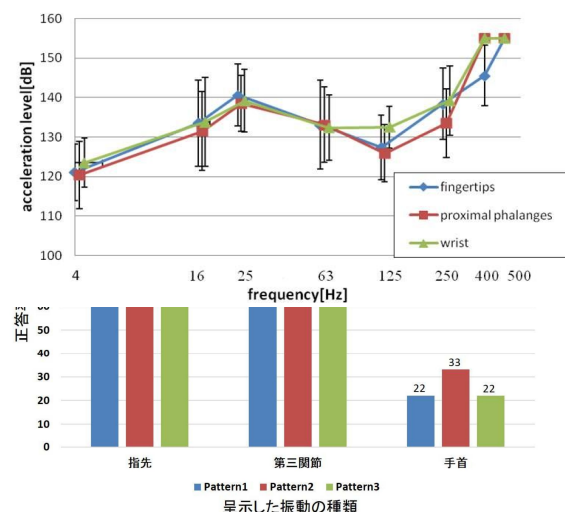
3. 研究の方法

システムを実現するために、入力側として音声情報を抽出する体内伝導音抽出位置とその認識方法の検討を行う。これらはすでに先行研究で検討したノウハウがあり、その結果を有効利用する。出力側としては有効な振動呈示箇所を振動検知関で評価し、最も有効な呈示箇所を見いだした後に、入力信号を処理して出力側に渡す中間部分の検討に移る。ここでは、マイコンや信号処理プロセッサを用いて呈示装置を試作し、実験を進めると同時に、実用システムも試作していく。それを用いた実験では実時間処理に基づく音声呈示時間での振動認知などを明らかにする。また、実用システム開発においては聴覚障がい者の方に日常使用して頂き、その声を元に改良を加え、さらに実験検討をしていく。また、評価実験用に聴覚障がい者音声及び体内伝導音を高ダイナミックレンジで多チャンネル収録し、データベースとしても構築するとともに公開する。

4. 研究成果

・フィードバック呈示する刺激の検討

振動パターンの呈示には偏心モータを用いて行い、音量は振動の強さで表現する。振動の強弱を呈示するためには感覚のダイナミックレンジ把握のため、振動弁別域の調査を行った。そこでまず加振コントローラを用いて、それらの調査を行った。それを用いることにより、刺激の付加(重量、力)を補正して加速度を一定に与えることができ、正確な反応を計測することができる。計測はベクシー法により行った。指先、第3関節、手首の振動感覚閾値を図2に示す。加横軸が周波数、縦軸が加速度レベルである。振動加速度レベルはISO規格の $10^{-6} \text{ms}^{-2}$ を基準とした。また、5人の被験者共に250Hzまでは第3関節が最も振動を感じやすかったという感想が得られた。振動感覚閾値やばらつきに大きな変化は見られない。また、各周波数での振動の感じ方に振動呈示箇所には影響しないことがわかった。



行った。本システムは母音認識結果から振動をフィードバックする仕組みとしているので、母音の発声時間である数十ミリ秒での刺激が検知でき、かつ連続的にこれらが識別できることを実験した。このためにその振動パターンを連続的に出力する装置が必要であるが、そのような計測器は存在しないため、システムを自作した。

その装置を用いて、まず、図3は振動感覚2点弁別結果である。この結果、手首は装着に向いていない結果となった。

つぎに、電子協地名百選の単語を用いて振動パターンの呈示実験を行った。それぞれの振動の呈示時間は0.5sと0.2sの2種類とした。まず実験を開始する前に正しい振動を3回呈示し、学習を行った。被験者に1つの単語につき3種類の振動パターンをランダムに呈示し、呈示された振動パターンに関する認証実験を行った。このとき、これらを5回ずつ呈示し正答率を求めた。図4に振動呈示時間実験の正答率の結果を示す。tsは指先に0.5sの振動パターン、tfは0.2sの振動パターン、psは第三関節に0.5sの振動パターン、pfは0.2sの振動パターンを呈示した場合の結果である。これらの結果から、振動呈示時間を長くしたほうが知覚しやすいと読み取れる。

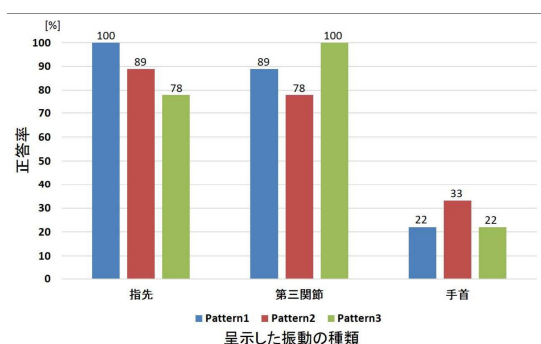


図3 振動感覚 2点同時刺激による正答率

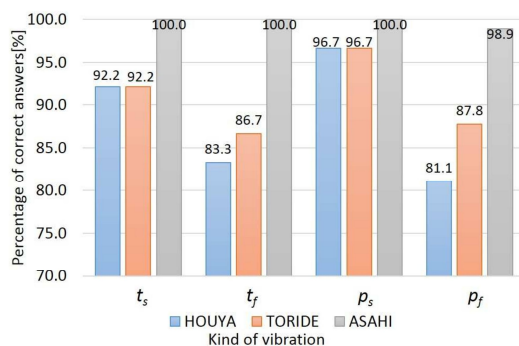


図4 振動呈示時間と各振動呈示箇所での正答率

#### ・体内伝導音抽出方法の検討

体内伝導音を用いることで対話相手の声や周囲雑音に影響されないというメリットがある。この方法は発声機能障がい者支援シ

ステム(S. Ishimitsu et al., Speech support system using body-conducted speech recognition for disorders, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.5, No.11, pp.4255-4266, 2009)で検討してきており、この知見を本課題にも生かすことができた。

#### ・聴覚障がい者音声データベースの作成

聴覚障がい者音声を体内伝導音も含めて収録することにより、本システムによる統計的な母音認識用評価のみではなく、データベースとしても構築した。

#### ・体内伝導母音認識システムの検討

上に述べたように体内伝導音認識の知見は活かすことができるが、母音認識を行うために認識スコアや時間長を利用した精度向上の検討が必要である。また、実際の障がい者の方の音声の特徴に適応処理する必要がある。これはシステムを使ううちにリハビリテーション的側面とシステムの側面の両方から徐々に適応変化していくものである。その追跡も含めて、評価していく必要がある。多様な障がい者の発声に対応できるものにならなければならない、この認識率が実用化の要となる。また、システムは実時間動作しなければならない、今回は音量フィードバック装置を開発した。図5に開発基板を示す。体内伝導音入力部とコインモータ出力部を装備しており、実用化に近づいたと考えている。マイコンなどの部分も小型化することで実用化可能と考えており、担当学生は起業し、実用化を検討している。

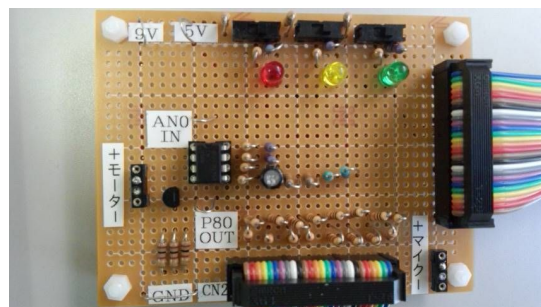


図5 開発基板

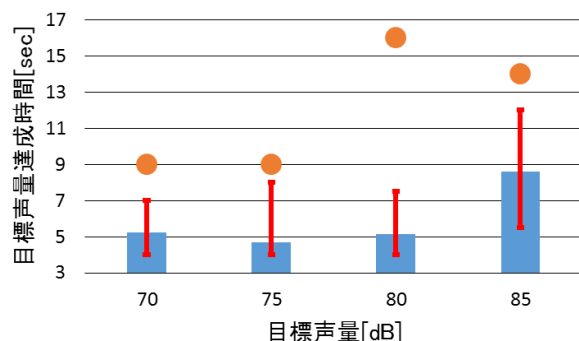


図6 障がい者および健常者の音量フィードバック実験結果

・障がい者の方によるシステム評価  
音声収録にご協力頂くとともに開発されたシステムを評価して頂き、実験で得られた振動検知閾などの妥当性の評価を評価した。声量フィードバックの結果を図6に示す。棒グラフは健常者、丸は聴覚障がい者である。目標声量への達成時間で評価しているが、通常音声への誘導は障がい者は1~4秒程度で有り、慣れにより改善されると考えられる。

今後は認識機能をより充実させ、障がい者に寄り添うデバイスに進化させたいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- [1.] Effects of masking noise in auditory feedback on singing, Satoshi Iijima, Shunsuke Ishimitsu and Masashi Nakayama/International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)、査読有、Volume 13, Number 2, 591-603, April 2017
- [2.] COMPARISONS OF CONTEXT-DEPENDENT SUB-WORD TRANSFER FUNCTIONS FOR THE SPEECH SUPPORT SYSTEM, Yibing Cheng, Masashi Nakayama and Shunsuke Ishimitsu, ICIC EXPRESS LETTERS, 査読有、PartB: Applications Vol.7, No. 9, pp.2007-2012, September 2016
- [3.] 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, 査読有、第15号1号, 特集「第17回大会」pp.127-134 2016年2月
- [4.] EFFECTS OF HIGH-PASS FILTERED AND PITCH-SHIFTED AUDITORY FEEDBACK ON A SINGER'S PITCH, Satoshi Iijima, Sho Seikoba, Shunsuke Ishimitsu, Masashi Nakayama, ICIC EXPRESS LETTERS, 査読有、PartB: Applications Vol.6, No.12, pp.3285-3289, December 2015
- [5.] A Vibration-Signaling Device for Individuals with Hearing Impairment, Daisuke Iwase, Shunsuke Ishimitsu, ICIC EXPRESS LETTERS, 査読有、PartB: Applications Vol.6, No.4, pp.1069-1074, April 2015
- [6.] Study of Improving Sound Quality in Support System for Speech Impaired, Takahiro Yamanaka, Shunsuke Ishimitsu, Kazutoshi Fukui, ICIC EXPRESS LETTERS, 査読有、PartB: Applications Vol.5, No.2, pp.595-600, April 2014

〔学会発表〕(計 17 件)

- [1.] Comparisons of Context-Dependent

Sub-Word Transfer Functions for the Speech Support System, Yibing Cheng, Masashi Nakayama and Shunsuke Ishimitsu, The proceedings of ICICIC2016, ICICIC2016-SS05-08, pp.79, August 15 - 17, 2016, Harbin, China

- [2.] Effects of High-Pass Filtered and Pitch-Shifted Auditory Feedback on a Singer's Pitch, Satoshi Iijima\*, Sho Seikoba, Shunsuke Ishimitsu and Masashi Nakayama, The proceedings of ICICIC2015, ICICIC2015-007, pp.116, August 20 - 22, 2015, Dalian, China
- [3.] 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 4pages, Melbourne, Australia, 16-19 November 2014
- [4.] CONSTRUCTION OF SUPPORT SYSTEM FOR SPEECH IMPAIRED USING BODY-CONDUCTED SPEECH RECOGNITION, S.Ishimitsu, T.Yamanaka, M.Saito, K.Fukui, Forum Acusticum 2014, CDROM Regular Session R20D-1 6 pages, Krakow-Poland, 7-12 September, 2014
- [5.] 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
- [6.] A Vibration-Signaling Device for Individuals with Hearing Impairment, Daisuke Iwase, Shunsuke Ishimitsu, The Ninth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, Busan, Korea, June 15-18, 2014
- [7.] 歌唱におけるロンバード効果と高域強調フィードバックの影響 飯島 聡志, 石光 俊介, 中山 仁史 日本音響学会 2017 年 春季研究発表会 講演要旨・講演論文 CD-ROM 1-Q-42 pp.327-328(2017年3月15日(水)~17日(金)) (明治大学)
- [8.] COMPARISONS OF CONTEXT-DEPENDENT SUB-WORD TRANSFER FUNCTIONS FOR THE SPEECH SUPPORT SYSTEM, Cheng Yibing, Masashi Nakayama, Shunsuke Ishimitsu, 第18回 IEEE 広島支部学生シンポジウム 論文集 CDROM A4-60 3pages (2016年11月19日(土)~20日(日)) 山口大学 常盤キャンパス・j

- [9.] 聴覚障がい者のための振動呈示を用いた声量フィードバック装置の開発, 室瀬 一真, 石光 俊介, 中山 仁史/第 18 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム 文集 CDROM A4-57 2pages (2016 年 11 月 19 日(土)~20 日(日)山口大学 常盤キャンパス)
- [10.] コインモータを用いた振動呈示による振動知覚レベルの検証, 室瀬 一真, 石光 俊介, 中山 仁史/第 17 回 IEEE 広島支部学・カシンポジウム 論文集 CDROM B-73 2pages (2015 年 11 月 21 日(土)~22 日(日)岡山大学津島キャンパス)
- [11.] 聴覚フィードバック実験におけるマスキング音に関する基礎検討, 飯島 聡志, 長嶺 彩加, 石光 俊介, 中山 仁史/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) B3-2, BMFSA2015-074, pp.235 ~ 236 (2015 年 11 月 21 日(土)~22 日(日)東海大学熊本キャンパス)
- [12.] 聴覚フィードバックが与える音程への影響, 清木場 将, 飯島 聡志, 石光 俊介, 中山 仁史/日本音響学会 2015 年春季研究発表会 講演論文集 1-Q-7 pp.691-692(2015 年 3 月 16 日(月)~18 日(水)中央大学後楽園キャンパス)
- [13.] 聴覚障害者のためのコミュニケーション支援装置の開発, 岩瀬 大佑, 石光 俊介, 中山 仁史/日本音響学会 2015 年春季研究発表会 講演論文集 1-R-38 pp.363-364(2015 年 3 月 16 日(月)~18 日(水)中央大学後楽園キャンパス)
- [14.] 聴覚障がい者を対象としたコミュニケーション支援装置の開発, 岩瀬大佑, 石光 俊介, 中山仁史/第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム 論文集 CDROM B-69 2pages (2014 年 11 月 15 日(土)~16 日(日)広島市立大学)
- [15.] 聴覚障がい者のための声量フィードバックシステムの検討, 室瀬一真, 岩瀬大佑, 石光 俊介, 中山仁史/第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム 論文集 CDROM A-70 2pages (2014 年 11 月 15 日(土)~16 日(日)広島市立大学)
- [16.] 発声障がい者支援システムの構築, 石光 俊介, 福井和敏, 山中貴弘, 齋藤愛, 中山仁史 /第 57 回自動制御連合講演会 プログラム・概要集 CDROM 1D05-5 5pages(2014 年 11 月 10(月)~12 日(水))
- [17.] 聴覚障がい者を対象とした振動呈示装置の開発, 岩瀬大佑, 石光 俊介, 中山仁史 /第 57 回自動制御連合講演会 プログラム・概要集 CDROM 1D05-4 2pages(2014 年 11 月 10(月)~12 日(水))

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

## 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) 連携研究者

安原 幸美 (YASUHARA, Yukimi)

広島大学・病院助教

研究者番号: 20531693