

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成22年5月1日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19791223

研究課題名(和文) 微小振動音源を用いた発声装置の声質改善のための基礎的検討

研究課題名(英文) Improvement of Voice Quality of Artificial Larynx with Quiet Vibrator

研究代表者

阪口 剛史 (SAKAGUCHI TAKEFUMI)

奈良県立医科大学・医学部・助教

研究者番号：50347564

研究成果の概要(和文)：喉頭摘出者が本法(微弱振動音源による発声)による発声を行ったとき、その発話内容が理解できるものが含まれていたことが確認された。また、その音声をささやき声に変換することで、声質の自然性がやや向上することも確認され、このことは、本法の有効性を示唆するものとなった。

研究成果の概要(英文)：We succeeded to receive the speech sounds which were produced by articulation motion without exhalation through both the normal and the contact-type microphones without any leak of audible sounds to outside. We also performed voice conversion to the recorded voice, and succeeded to improve its naturalness.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	2,500,000	0	2,500,000
平成20年度	400,000	120,000	520,000
平成21年度	500,000	45,000	545,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	165,000	3,565,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学

キーワード：耳鼻咽喉科

## 1. 研究開始当初の背景

本格的な高齢化社会に突入しつつある今、コミュニケーション障害者の増加が予想され、彼ら(彼女ら)へのこれまでも増した支援が求められてくるものと考えられる。耳鼻科領域においては、聴覚障害者、発声障害者などがその対象となるわけであるが、ここでは喉頭摘出を行うなど、発声に障害を有する方の支援について特に着目することにする。

全国に2万人以上いるとも言われている喉頭摘出者など発声に障害を有する方は、その家族や介護者との家庭内コミュニケーションだけでなく、社会生活のさまざまな場面において人々とのコミュニケーションに支障をきたしている。現状では、彼ら(彼女ら)は筆談やジェスチャーに頼ったり、食道発声をしたり、電動式及び笛式の人工喉頭を用いた代用音声を利用したりしている。しかし、筆談やジェスチャーでは

声が運ぶ情報の一部しか伝えることができず、ことばの微妙なニュアンスを即座に伝えるのには適さない。

また、食道発声法には、声の高さや大きさがある程度調節可能であり、器具を用いることなく発声できるといった利点がある一方で、習得に訓練を要する上に、発せられる音声の音量が大きくなり、発声持続時間も短い、などといった欠点がある。電動式人工喉頭を用いる方法は、習得が比較的容易であり、発声に伴う疲労も大きくないという利点がある一方、音源が単調であるため発せられる音声も単調で抑揚に乏しいであるとか、有声音・無声音の区別が困難であるとか、音源自身の音がうるさい、などの問題点を有している

つまり、これら既存の代用発声方法は、声質、声量、明瞭度、自然性、上肢の運動制限、補助器具の必要性などの観点から数多くの問題を抱えており、その改善が切望されている。そこで、図1に示すがごとく

1. 微小音量の代用音声音源による入力
  2. 調音（構音）
  3. 頸部に装着したピックアップによる受波
  4. 音声変換（ピッチ付与、声質変換、スペクトル歪補償など）
  5. 増幅後に小型スピーカから出力
- という手順で変換代用音声(Transformed Artificial Speech: TAS)を生成することにより、
- ・習得の難易度は、電気式人工喉頭と同程度
  - ・音源が発する音圧は極めて小さいため、装置自身の「うるささ」は皆無に近い
  - ・声質変換処理により、既存代用音声に比べて、より自然性の高い発声が可能
  - ・音源、ピックアップともに頸部への装着を想定しているため、上肢の運動制限なしなど、上述の問題点の改善が見込まれるのではないかと我々は考えており、現在、試作器を作成し、その実用にむけて検証を重ねているところである。

## 2. 研究の目的

本研究では以下のことを期間内に明らかにする。

- ・音源の最適化  
…入力信号、振動子の周波数特性、出力音圧、配置などの最適化
- ・ピックアップの最適化  
…振動子の種類、形状、周波数特性、感度、配置などの最適化
- ・喉頭摘出者による試用、評価およびそのフィードバック

## 3. 研究の方法

- ①本研究を遂行する上での具体的な工夫

(1) 微小振動音源の改良、および実測ならびに数値計算によるその評価（平成19年度）

微小振動音源として、電磁型や圧電型の振動子を用いることを考えているが、本装置を実用レベルにするためには、ピックアップ可能なレベルの音声が発声可能であることはもちろんのこと

- ・頸部に固定可能な軽量で小型
  - ・消費電力が少ない
- ことも要求される。
- ・振動子の種別、配置
  - ・入力信号（既存の電気式人工喉頭の出力波形と類似した波形、三角波、帯域ノイズなど）などの違いによって出力（発声）がどのように変化するかについて、実測ならびに数値計算による評価を行い、振動子の仕様にフィードバックし、入力系の最適化を行う。これらの評価は、申請者がこれまでに作成した人体頭部モデルおよび生体内音場計算手法などを応用して実行する予定である。

(2) ピックアップの選択、および実測ならびに数値計算によるその評価（平成20年度）

微小振動音源により生成された音声を収録するピックアップには、(1)に記した微小振動音源に要求される条件と類似した条件が要求されるのに加え、実環境において話者の発話音声を収録できる「耐雑音性」なども軽視できない。本装置に実装予定の音声認識エンジン(<http://julius.soundforge.jp>)の認識精度に耐えることを最低条件とし、

- ・ピックアップの種別（コンタクトマイク、高感度マイクロホン、加速度ピックアップなど）
  - ・ピックアップの配置
- などを変化させた場合の収録音声について評価を行い、ピックアップの仕様にフィードバックし、入力系の最適化を行う。

(3) 数値計算の評価・改良（平成19～21年度）

簡易モデルや頭蓋解剖モデルなどを用い、実測ならびにそれら実験系をモデル化した数値計算を行い、数値計算の精度の評価を行う。必要に応じて計算条件の改良・修正（振動子のモデル化の修正、分の次数、サブグリッド法導入の必要性の有無、吸収境界条件の改良など）を行う。

(4) 発声障害者による試用およびその評価をフィードバック（平成19～21年度）

(1)～(3)で得られた結果を基に、微小振動音源、ピックアップおよびそれらへの入力信号などを変化させ、発声障害を有する者、および有しない者双方を被験者として、本装置を稼働させ、評価、フィードバックを行う。

#### 4. 研究成果

収録された発声障害者の音声の時間波形の一例を Fig. 1 に示す。

(上段) 微弱振動音源を用いた発声

(中段) それをささやき声へと  
変換した音声

(下段) 被験者が平常使用されている  
ご自身の人工喉頭による発声

これら音声を聴力正常者が聴取した結果、喉頭摘出者が本法（微弱振動音源による発声）による発声を行ったとき、その発話内容が理解できるものが含まれていたことが確認された。また、その音声をささやき声に変換することで、声質の自然性がやや向上することも確認され、このことは、TAS 実現の可能性を示唆するものとなった。

しかしながら、人工喉頭使用時には無視できるほど小さな音圧であった気管孔から漏れ出る呼気からのノイズが、微弱振動音源による音声生成時には、無視できないほど大きいときがあることも同時に確認され、その場合、生成された発話内容を十分に聞き取ることができなかった。このことは、従来型電気式人工喉頭とは異なるリハビリテーション、すなわち、呼気を止めながら発話（構音）する訓練が本法には求められることが示唆された。

また、本法において良好な音声品質を得るためには、微弱振動音源ならびに接触型マイクロホンそれぞれの固定位置を話者毎に数 mm オーダーで最適化する必要がある、その状況を長時間維持するのは容易でないことが分かった。従って、本法を実用化するにあたっては、音源およびピックアップの固定法を改善する必要があるものと考えられた。

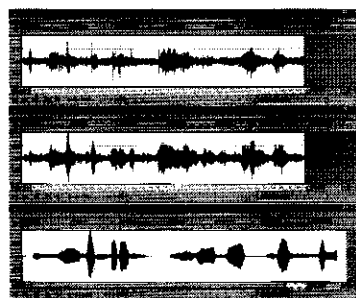


Fig. 1 Recorded voice (一週間ばかり、ニューヨークを取材した) produced by quiet sound source (upper), transformed voice to small speech (centre), and voice produced by conventional electrolarynx (lower).

#### 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 8 件)

- ① Yamashita A, Nishimura T, Nakagawa S, Sakaguchi T, Hosoi H, Assessment of ability to discriminate frequency of bone-conducted ultrasound by mismatch fields, *Neurosci Lett.* 2008 Jun 20;438(2):260-2. (2008)
- ② Yoshiki Nagatani, Katsunori Mizuno, Takashi Saeki, Mami Matsukawa, Takefumi Sakaguchi, Hiroshi Hosoi, Numerical and experimental study on the wave attenuation in bone - FDTD simulation of ultrasound propagation in cancellous bone, *Ultrasonics* 48, 607-612, (2008)
- ③ 長谷芳樹, 橘亮輔, 阪口剛史, 細井裕司, 親密度別単語了解度試験用音声データセット (FW03) 単音節音声ラウドネス校正, *日本音響学会誌*, Vol. 64, No. 11, pp. 647-649, (2008)
- ④ Tadashi Nishimura, Seiji Nakagawa, Akinori Yamashita, Takefumi Sakaguchi, Hiroshi Hosoi, Nlm amplitude growth function for bone-conducted ultrasound, *Acta Oto-Laryngologica*, 1651-2251, Volume 129, Issue 1, Supplement 562, 28-33 (2009)
- ⑤ Akinori Yamashita, Tadashi Nishimura, Yoshiki Nagatani, Tadao Okayasu, Toshizo Koizumi, Takefumi Sakaguchi, Hiroshi Hosoi, Comparison between bone-conducted ultrasound and audible sound in speech recognition, *Acta*

- Oto-Laryngologica, 1651-2251, Volume 129, Issue 1, Supplement 562, 34-39 (2009)
- ⑥ Yoshiki Nagatani, Katsunori Mizuno, Takashi Saeki, Mami Matsukawa, Takefumi Sakaguchi and Hiroshi Hosoi, Propagation of fast and slow waves in cancellous bone: Comparative study of simulation and experiment, *Acoust. Sci. & Tech.* 30, 4, 257-264 (2009)
- ⑦ Nishimura T, Nakagawa S, Yamashita A, Sakaguchi T, Hosoi H., Nlm amplitude growth function for bone-conducted ultrasound, *Acta Otolaryngol Suppl.* 562, 28-33 (2009)
- ⑧ Yamashita A, Nishimura T, Nagatani Y, Okayasu T, Koizumi T, Sakaguchi T, Hosoi H, Comparison between bone-conducted ultrasound and audible sound in speech recognition, *Acta Otolaryngol Suppl.* 562, 34-39 (2009)  
[学会発表] (計17件)
- ① Takefumi Sakaguchi, Takehiko Fukuda, Yoshiki Nagatani, Katsunori Yane, Hiroshi Hosoi, Electrolarynx with Quiet Vibrator and Voice Conversion System, The 9th Japan-Taiwan Conference in Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery, 97 (2007)
- ② Takefumi Sakaguchi, Osamu Saito, Hiroshi Hosoi, Hearing Aid Using Cartilage Conduction, The Thirty-First Annual Midwinter Research Meeting of the Association for Research in Otolaryngology, Vol. 31, 186 (2008)
- ③ Takefumi Sakaguchi, Hiroshi Hosoi, Acoustical analysis of tympanoplasty with soft posterior meatal wall reconstruction, *The Mediterranean Journal of Otology*, Vol. 4, Supplement 1, 137-138 (2008)
- ④ Takefumi Sakaguchi, Hiroshi Hosoi, Post-Operative Hearing of the Reconstructed Ear with Soft Posterior Meatal Wall, The Thirty-Third Annual Midwinter Research Meeting of the Association for Research in Otolaryngology, Vol. 33, 21 (2010)
- ⑤ 阪口剛史, 長谷芳樹, 福田多介彦, 上條朋之, 三上慎司, 細井裕司 微弱振動音源を用いた新しい人工喉頭に関する基礎的検討 - 音声加工による声質変換と語音明瞭性 - 第108回日本耳鼻咽喉科学会学術講演会, 石川県立音楽堂・ホテル日航金沢・金沢全日空ホテル, 金沢市 (2007)
- ⑥ 阪口剛史, 山下哲範, 西村忠己, 細井裕司 67-S と FW03 による最重度難聴者の聴取評価に関する検討 日本音響学会 2007 年秋季研究発表会, 山梨大学甲府キャンパス, 甲府市 (2007)
- ⑦ 阪口剛史, 山下哲範, 西村忠己, 細井裕司 FW03 を用いた最重度難聴者の聴取評価 第 52 回日本聴覚医学会学術講演会, 名古屋国際会議場, 名古屋市熱田区 (2007)
- ⑧ 阪口剛史, 細井裕司 軟骨導補聴に関する基礎的検討 日本音響学会 2008 年春季研究発表会, 千葉工業大学津田沼キャンパス, 習志野市 (2008)
- ⑨ 阪口剛史, 齋藤修, 細井裕司 軟骨伝導補聴に関する基礎的検討 日耳鼻大阪地方連合会第 306 回例会, 大日本住友製薬(株) 7 階ホール, 大阪市 (2008)
- ⑩ 阪口剛史, 齋藤修, 細井裕司 軟骨導音の方向感に関する基礎的検討 日本音響学会 2008 年秋季研究発表会, 九州大学大橋キャンパス, 福岡市 (2008)
- ⑪ 阪口剛史, 細井裕司 軟骨導補聴の基礎的検討 第 53 回日本聴覚医学会学術講演会, 明治記念館, 東京都港区 (2008)
- ⑫ 阪口剛史, 細井裕司 微弱振動音源を用いた代用音声に関する基礎的検討 第 53 回 日本音声言語医学会学術講演会, 三原市芸術文化センター ポポロ, 三原市 (2008)
- ⑬ 柳井修一, 阪口剛史, 細井裕司 単音節音声のラウドネスに及ぼす影響の効果に関する予備的検討(第 2 報) 第 308 回日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会, 大日本住友製薬(株) 7 階ホール, 大阪市中央区 (2009)
- ⑭ 柳井修一, 阪口剛史, 細井裕司 透過音評定尺度作成の試み 第 309 回 日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会, 大日本住友製薬(株) 本社ホール, 大阪市中央区 (2009)
- ⑮ 山下哲範, 西村忠己, 岡安唯, 阪口剛史, 柳井修一, 細井裕司 骨導超音波語音における母音弁別能の検討 第 310 回 日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会, 大日本住友製薬(株) 本社ホール, 大阪市中央区 (2009)
- ⑯ 山下哲範, 西村忠己, 長谷芳樹, 岡安唯, 阪口剛史, 柳井修一, 細井裕司 骨導超音波補聴器の母音弁別能 第 54 回日本聴覚医学会学術講演会, 新横浜プリンスホテル, 横浜市港北区 (2009)
- ⑰ 柳井修一, 阪口剛史, 細井裕司 周波数領域特異的な劣化処理音声による語音明瞭度の測定 第 312 回 日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会, 大日本住友製薬(株) 7F ホール, 大阪市中央区 (2010)

[図書] (計0件)  
[産業財産権]  
○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

**阪口 剛史 (SAKAGUCHI TAKEFUMI)**  
奈良県立医科大学・医学部・助教  
研究者番号：50347564

### (2) 研究分担者 ( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者 ( )

研究者番号：