

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 若手研究（B）
 研究期間： 2008 ～ 2009
 課題番号： 20700467
 研究課題名（和文） 音源として圧電発音体を用いた人工喉頭の頸部生体信号による制御と音源の最適化
 研究課題名（英文） Optimization of control method by neck bio signal and shape of sound source for artificial larynx with piezo-ceramic sounder
 研究代表者
 大惠 克俊（KATSUTOSHI OOE）
 名古屋大学・大学院工学研究科・COE 特任講師
 研究者番号： 80388123

研究成果の概要（和文）：

これまでに喉頭傷害や喉頭癌等により、声帯の音源としての機能を失った患者のための人工喉頭の開発に関する研究を行ってきた。この人工喉頭は音源に軽量小型な圧電発音体を使用しているが、その発音は人間の声帯音とは異なる。そのためこの音源の音質向上に関する研究を行った。また、発声音の制御を行うことで音声の明瞭度を向上させることが可能であり、頸部の筋電位信号に着目し、その信号を用いた制御に関する研究を行った。

研究成果の概要（英文）：

In this study, I investigated an artificial larynx meant for patients who have lost their vocal cords because of laryngeal injury or laryngeal cancer. This artificial larynx has a piezoceramic sounder as the sound source. It has a disadvantage that its sound is different from the sound from the human vocal cord. I attempted to improve its sound quality by shape optimization. In addition, I attempted to improve the voice articulation by controlling the pitch frequency and on-off. For this, I focused on the neck myoelectric potential and a control method based on biosignals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野： 総合領域

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： 人工喉頭, 筋電位信号, 圧電発音体, 代用発声法

1. 研究開始当初の背景

喉頭癌や喉頭傷害により声帯の発声機能を消失した患者は、人間の音源機能を失うこととなるため、発声が不可能となる。また、

ALS や筋ジストロフィー等で人工呼吸器による呼吸管理を行う必要が生じた際にも、声帯を呼気が通過することがなくなり、発声機能を喪失する。そのような患者のため、音源

機能を代替する様々な代用発声法が考案され、実用されている。しかし、いずれの代用発声法も修得性や音声明瞭度等に問題を抱えており、満足しうる代用発声法は実用化されていない。

そこで私は、これらの問題点を克服した人工喉頭の実現を目指して、研究を行ってきた。私が提案する人工喉頭は、以下の3点を特徴とする。

(1) 音源に軽量小型な圧電発音体を使用

圧電発音体は軽量・小型かつ低消費電力、さらにノイズの発生が少ないため、医療現場に適しているという特徴を持つ。

(2) 音源部と体内設置部を分離

生体適合性の高い体内設置部（カニューレ）を採用し、音源部とチューブで接続することで、システムとして高い生体適合性を持つ。また、音源よりの音波を気管内で放射させ、これを原音として発声することにより、高音質を得る。

(3) 頸部筋電位信号による制御

胸骨舌骨筋の筋電位信号を制御信号として利用することで、ピッチ周波数とオンオフの制御を行う。これにより、使用時に両手が自由になる。

それまでの成果で、音源形状の最適化による発生音の改良と、胸骨舌骨筋の筋電位信号による人工喉頭のピッチ周波数とオンオフ制御の可能性が示されている。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時における目的は、以下の4点である。

(1) 人工喉頭の音源として最適な周波数特性を持つ音源の作製

従来の圧電発音体の発生音は、人工喉頭の音源としては高周波数帯域であるため、これを最適化する。手法としては音源を部分的に剛性を低下させた形状にすることにより、発生音の低周波数化と、振幅の増大が見られたため、この形状の最適化を行う。また圧電高分子の使用や、音響フィルタ等の使用も考慮する。

(2) 頸部筋電位信号を用いたオンオフ、ピッチ周波数制御手法の確立

それまでの成果で可能性が確認された、胸骨舌骨筋の筋電位信号を用いた制御手法を確立する。筋電位測定箇所の最適化と、検出した信号の信号処理の最適化を行う。並行して、頸部の動きや嚥下時に作用する筋の筋電位信号測定を行い、これらの信号を組み合わせることで、効率のよい制御信号を得る。また、この制御信号を応用した新規医療用デバイスの研究に着手する。

(3) 筋電位制御を用いた人工喉頭システムの試作

上記の(1)と(2)を組み合わせた、人工喉頭システムを試作する。

(4) 圧電材料への生体適合性の付与

最適化した圧電発音体を体内に埋め込むという将来的な目的のため、圧電発音体表面の生体適合性向上に関する研究を行う。これは生体分子の基板上への固定化技術を応用して進める。

3. 研究の方法

研究の方法は、研究目的に示した項目に沿って述べる。

(1)の音源作製に関しては、有限要素法を用いたシミュレーションによる最適化設計を行い、その結果に基づき試作を行う。

(2)の制御手法の確立に関しては、筋電位の計測箇所をミリオーダーで指定し、最適な検出箇所を求める。またこの信号を制御用信号として変換する信号処理の最適化を行う。新規デバイスに関しては、スピーチバルブと発声訓練用マイクロポンプに着目し、試作と制御実験を行う。

(3)の人工喉頭システムに関しては、(1)と(2)の成果を組み合わせるため、研究としては第2段階とする。

(4)の生体適合性の付与に関しては、基板表面へ細胞接着性因子であるフィブロネクチンを固定化し、その上へ細胞を播種、その接着を確認することで生体適合性を評価する。フィブロネクチンを固定化する条件を変化させ、最適な固定化条件を導出する。

4. 研究成果

本研究課題の成果として、以下の5点が得られた。

(1) 複数の頸部筋から筋電位信号を検出し、それらの組み合わせから最適な信号の抽出

胸骨舌骨筋、胸鎖乳突筋、輪状甲状筋を対象として、それぞれの筋電位信号を、①首の上下運動、②首の左右運動、③発声時、に測定し、それぞれの動作と筋電位信号との関係を調べた。その結果、首の上下運動からはいずれの筋電位信号も得ることができず、左右運動時には胸骨舌骨筋と胸鎖乳突筋から、発声時には輪状甲状筋、胸骨舌骨筋からの筋電位の発生が確認された。これらのことから、胸骨舌骨筋と胸鎖乳突筋の筋電位信号を同時にモニタリングすることで、発声時にのみ必要な信号を分離することが可能であると考えられる。

(2) 単一の筋電位（胸骨舌骨筋）を用いた制御用信号の生成と音源制御

胸骨舌骨筋の筋電位信号から求めた RMS

値と発声音のピッチ周波数を図1に示す。RMS値と発声音のピッチ周波数の間に線形性が見られ、RMS値によるピッチ周波数の可能性が確認される。このRMS値を用いてピッチ周波数を、筋電位信号を全波整流した後任意の時刻以前の一定区間の移動平均を求めたものを用いてオンオフを制御する信号を得た。この信号を用いて、PCのスピーカのピッチ周波数とオンオフ制御に成功した。制御実験時に使用したシステムを図2に示す。

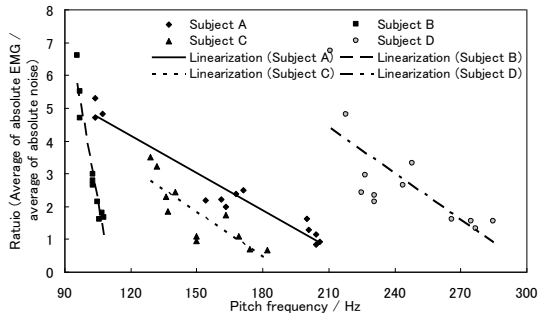


図1 4人の被験者の筋電位信号のRMS値と発声音のピッチ周波数の関係

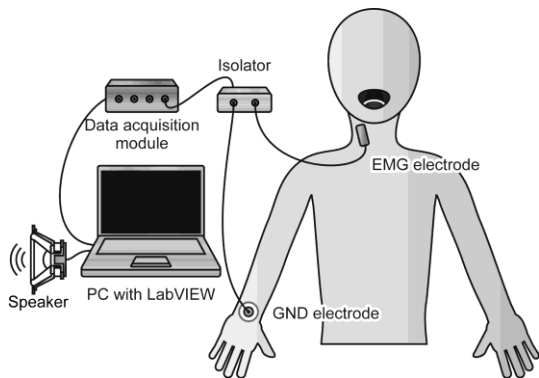


図2 筋電位信号によるPC上のスピーカ制御実験の模式図

(3) 低音発生に適した新形状音源の作製
シミュレーションを用いて新形状の設計を行い、試作と評価を行った。その結果、共振周波数の低下は確認されたが、発声音の大きさに課題を残した。図3に試作発音体を、図4にその変形状を示す。

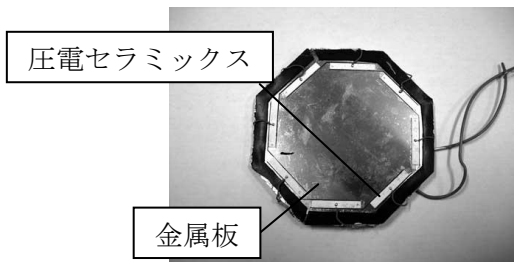


図3 試作剛性低下型圧電発音体

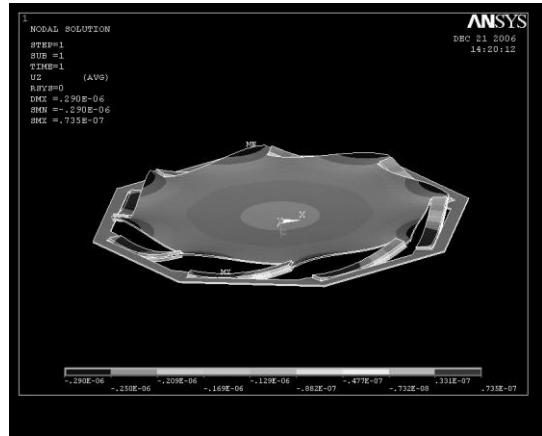


図4 試作圧電発音体の変形状(シミュレーション)

(4) 制御用信号を用いたスピーチバルブの制御

(2)でもとめたオンオフ制御用信号を用い、試作したスピーチバルブの開閉制御を行った。従来のスピーチバルブはワンウェイバルブを用いており、開放時においても気流抵抗となるため、使用者にストレスを与えるものであったが、試作したものは開閉を電磁スライダにより行い、開放時に気流抵抗となることが少ないという利点を持つ。実際の制御実験において、筋電位により任意に開閉を行うことができた。本スピーチバルブは小型化を推し進めることにより、日常生活へ適用可能であると考えられる。図5に試作したスピーチバルブを示す。

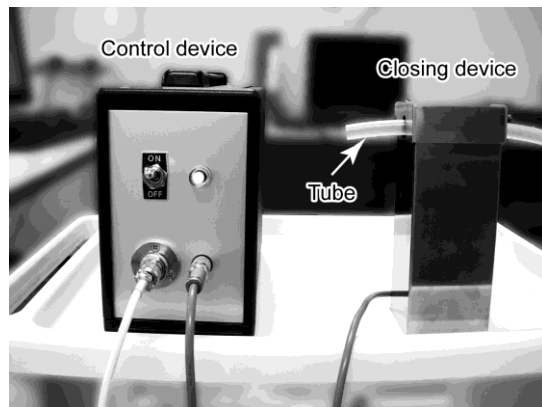


図5 試作スピーチバルブ

(5) 筋電位測定精度の向上

筋電位測定精度の向上のため、測定箇所を厳密化を目標として小型筋電位測定電極を試作し、これを用いて筋電位計測を行った。この測定電極は従来のものと比較して設置面積が1/7、電極間距離が1/2であるため、測定箇所を細かく調整することが可能である。その結果、検出信号への首の上下運動や

回旋運動等の他の動作の影響を減少させることに成功し、これまで問題であった誤作動を減らすことが可能であると考えられる。

(6) 発声訓練用マイクロポンプの試作

カニューレ使用者への発声訓練として、これまでは酸素ポンプを使用した方法が用いられていたが、これを代替する小型ポンプの試作を行った。この試作ポンプは圧電振動子を使用したもので、非常に小型・軽量である。試作したポンプの筋電位信号による制御に成功したが、流量が少なく、十分な性能を持つとは言えなかった。そこで流路の改設計を行った2次試作を進めている。図7に本マイクロポンプを用いた発声訓練システムを、図8に試作したマイクロポンプを示す。

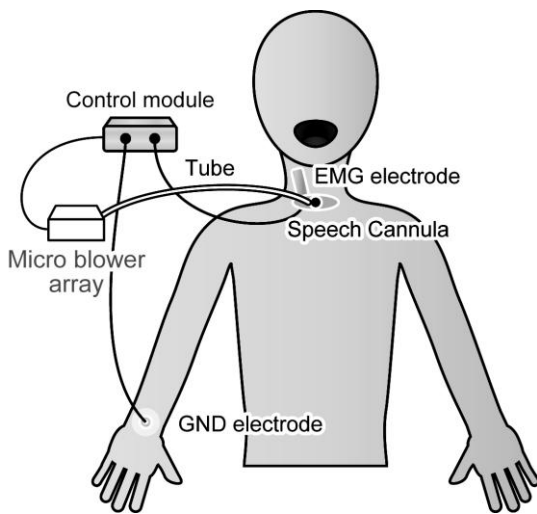


図7 マイクロポンプを用いた発声訓練システムの概略図

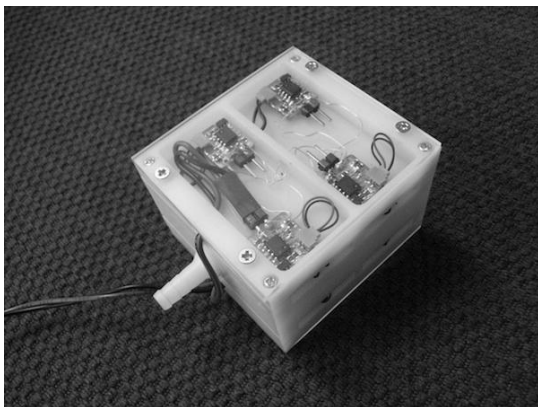


図8 試作発声訓練用マイクロポンプ

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0件)

[学会発表] (計5件)

- ① 大惠克俊, 頸部筋電位信号による人工喉頭とスピーチバルブの制御に関する研究, 第54回日本音声言語医学会総会・学術講演会, 2009年10月16日, 福島
- ② 大惠克俊, 福田敏男, 頸部筋電位信号制御型人工喉頭の開発, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 2009年9月16日, 横浜
- ③ 大惠克俊, 頸部筋電位信号を用いた人工喉頭とスピーチバルブの制御に関する研究, 第24回リハ工学カンファレンス, 2009年8月28日, 所沢
- ④ 仲地真吾, 大惠克俊, 筋電位信号による人工喉頭の制御に関する研究, 第29回バイオメカニズム学術講演会, 2008年10月25日, 広島
- ⑤ 大惠克俊, 仲地真吾, 頸部筋電位信号を制御用信号として用いた福祉用アプリケーションに関する考察, 第23回リハ工学カンファレンス, 2008年8月27日, 新潟

[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

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大惠 克俊 (KATSUTOSHI OOE)
 名古屋大学・大学院工学研究科・COE 特任講師
 研究者番号: 80388123