

発声障害者の音声コミュニケーション手段の研究開発 (051307004)

Speech Communication Technology for Voice Disordered People

研究代表者

平原達也 富山県立大学 工学部

Tatsuya Hirahara, Toyama Prefectural University

研究分担者

大谷真[†] 鹿野清宏^{††} 戸田智基^{††} 中島淑貴^{††} 細井裕司^{†††} 阪口剛史^{†††} 本多清志^{††††} 足立整治^{††††}

Makoto Otani[†] Kiyohiro Shikano^{††} Tomoki Toda^{††} Yoshitaka Nakajima^{††}

Hiroshi Hosoi^{†††} Takefumi Sakaguchi^{†††} Kiyoshi Honda^{††††} Seiji Adachi^{††††}

[†]富山県立大学 工学部 ^{††}奈良先端大学院大学 情報科学研究科

^{†††}奈良県立医科大学 医学部 ^{††††}国際電気通信基礎技術研究所

[†]Toyama Prefectural University, ^{††}Nara Institute of Science and Technology,

^{†††}Nara Medical University, ^{††††}Advanced Telecommunications Research Institute International

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

喉頭摘出者などの発声障害者にとって、家族や介護者との音声コミュニケーション、街頭での会話や電話を介した音声コミュニケーションが困難なことが、その QOL を著しく低下させている。本研究では、発声障害者の音声コミュニケーション手段を回復するために、声帯振動がなくても音声器官の調音運動機能があれば生成することができる微弱振動の声道共鳴を利用した新しい方式の代用音声技術を開発した。具体的には、外部からの微小振動源あるいは微弱な呼吸を駆動音源として生成される微弱な声道共鳴音を体表装着型の高感度センサで検出し、それを聞き取りやすいささやき声に変換する音声変換技術を開発した。また、その微弱な声道共鳴音の生成機序および体内伝播過程を明らかにするとともに、体表装着型の高感度センサの音響特性を明らかにした。

Abstract

This project is intended to develop a technology that enables people with voice disorders to communicate using speech. When vocal cord function is degraded or even lost as a result of laryngectomy, we lose our voice. Even when we lose voice capability, weak vocal tract resonance sounds can be generated with weak air flows from the trachea or with a weak vibrator as long as the articulators remain functional. This weak vocal tract resonance sound, which is named non-audible murmur (NAM), is detectable as a body-conducted voice sound by a special sensor attached to the neck. We have revealed the NAM production mechanism, the NAM propagation characteristics through body and acoustical characteristics of the NAM sensor. Furthermore, we have developed a transformed artificial speech system that transforms the NAM signal into a readable whispered voice sound. Using the system, people with voice disorders are able to use revived speech communication.

1. まえがき

全国に 2 万人以上いる喉頭摘出者、あるいは声帯の老化や麻痺をもつ多くの発声障害者は、声帯振動が得られないだけの理由で、社会生活のさまざまな場面における人々とのコミュニケーションに支障をきたしている。そして、筆談やジェスチャーを用いたり、食道発声法を修得したり、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、これらの代替コミュニケーション法や代用音声は、情報伝達能率、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。

本研究開発課題では、非可聴つぶやき声 (NAM : Non-Audible Murmur) と呼ばれる微小振動源や微弱な呼吸を駆動音源として生成される微弱な声道共鳴音を、体表装着型の高感度センサで検出し、NAM 信号を統計的な音声変換技術を用いて聞きやすい音声に変換・拡声する新しい代用音声技術を開発することを目的とした。また、NAM の生成メカニズムと体内伝播特性を明らかにするとともに、体表装着型の高感度 NAM マイクロフォンを開発しその音響特性を明らかにすることを目指した。

2. 研究内容及び成果

2.1 NAM の生成メカニズム

ささやき声と NAM 発声時の頭頸部 3 次元形態を MRI 撮像し、声道を含む頭頸部全体のボリュームデータを得、喉頭形状の違いを比較するとともに、声門および声道を流れる空気流の 3 次元非圧縮性解析を行った。その結果、NAM 発声時には、ささやき声発声時よりも喉頭室近傍が下降・開放し、梨状窩が拡張していることが分った。さらに、NAM 発声時でも声門上部において弱いながらも渦が生じ、音源となっていることも分かった。(図 1)

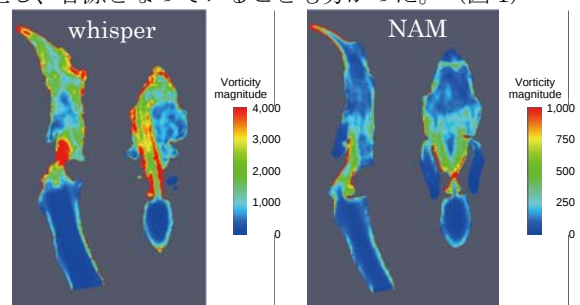


図 1 声門および声道を流れる空気流の渦度の絶対値 $|\omega|$ の分布

2.2 NAMの体内伝播特性

声道共鳴音が声道内部から頭頸部の生体軟組織を伝搬して体表に伝達する過程を、差分法を用いて数値解析した。NAM マイクロホンで検出する NAM 信号は、声道共鳴音が声道壁を通じて生体軟組織へ透過し、さらに最短距離で 70 mm の生体軟組織中を伝搬したものである。空気と生体軟組織の音響インピーダンス比から、音波が空気から軟部組織に透過する際に音響エネルギーで約 30 dB 減衰する。そして、軟組織中を伝搬する事により 1kHz ではさらに 50 dB 減衰する。なお、この軟部組織伝播損失は周波数に依存して約-10dB/oct で高域での減衰が大きいことが分った。(図 2)

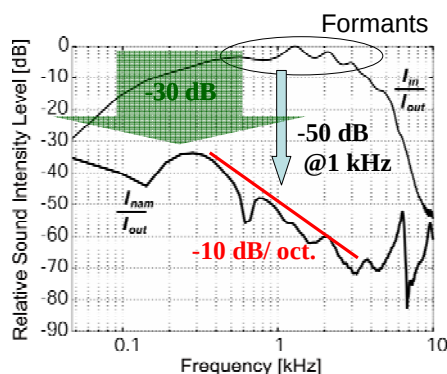


図 2 NAM の軟部組織伝播損失特性のシミュレーション結果

2.3 高感度 NAM マイクロフォンの開発とその音響特性

音媒体として自己粘着性のあるウレタンエラストマーを用いた体表装着型の NAM マイクロホンと、気導外部雑音に強く、固定する皮膚の質によって粘着度を自由に設定できる二重包埋構造型 NAM マイクロホンを開発した。さらに、Bluetooth あるいは小型 FM 送信機を用いたワイヤレス型 NAM マイクロホンも開発した。各種 NAM マイクロホンの周波数特性を詳細に解析した結果、従来のソフトシリコン型(SS)も、体表装着型(UE)および二重包埋型(DUE)マイクロホンも約 700 Hz にピークがあり高域側が約-10 dB/oct. で減衰する周波数特性を持つことが分った。

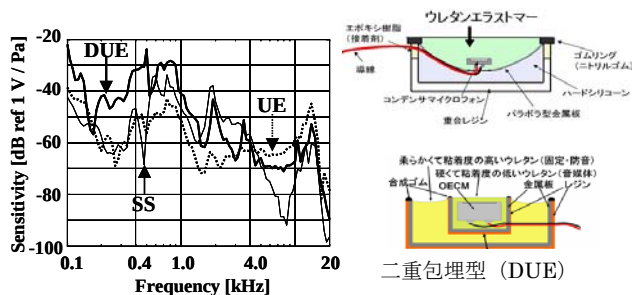


図 3 NAM マイクロホンの構造と周波数特性

2.4 変換代用音声 (TAS) システム

TAS (Transformed Artificial Speech) 技術の基本アルゴリズムとして混合正規分布モデルに基づく最尤特徴量間変換法を採用し、NAM 信号を通常の有声音およびささやき声に変換する音声変換技術を確認した。そして、本プロジェクトで開発した微弱振動音源用振動子および NAM マイクロホンと、この声質変換アルゴリズムとを組み合わせ変換代用音声 (TAS) システムを構築した。(図 4) そして、健康者および発声障害者でシステムの評価を行った結果、TAS システムは、自然性及び明瞭性において従来の人工喉頭を用いて生成した代用音声を大きく上回る音声を生成できることが分った。

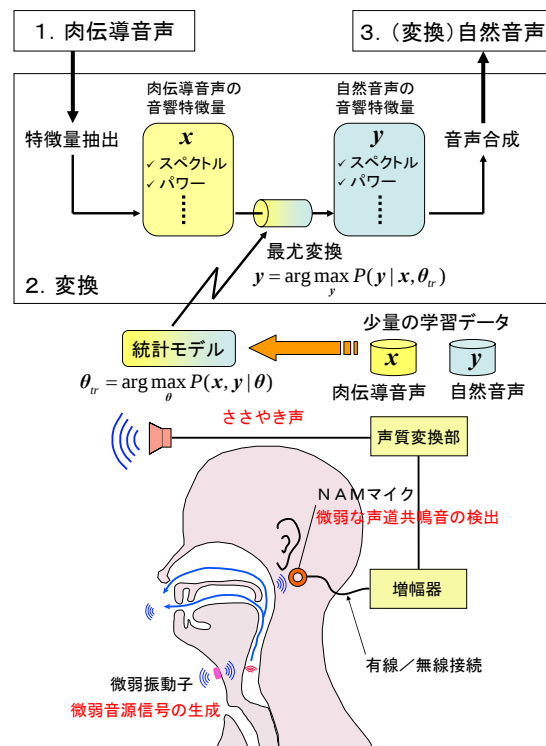


図 4 変換代用音声 (TAS) システムと声質変換アルゴリズム

3. むすび

本研究開発課題では、微小振動源や微弱な呼吸を駆動音源として生成される微弱な声道共鳴音である NAM を、体表装着型の高感度センサーで検出し、NAM 信号を聞きやすい音声に変換する新しい代用音声技術を開発した。また、これまで未解明であった NAM の生成メカニズムと体内伝播特性を明らかにするとともに、体表装着型の高感度 NAM センサーの諸特性も明らかにした。これらによって、発声障害者が、その残存する調音機能を利用して、音声コミュニケーションを行うことが可能になった。

【誌上発表リスト】

- [1] 中島淑貴、鹿野清宏、“非可聴つぶやきをインタフェースとするコミュニケーションのためのソフトシリコン型 NAM マイクロホンの開発”、電子情報通信学会論文誌、Vol.J89-D, No.8, pp.1802-1810 (2006).
- [2] 中村圭吾、戸田智基、猿渡洋、鹿野清宏、“肉伝導人工音声の変換に基づく喉頭全摘出者のための音声コミュニケーション支援システム”、電子情報通信学会論文誌、Vol.J90-D, No.3, pp.780-787 (2007).
- [3] Makoto Otani, Shota Shimizu, Tatsuya Hirahara, “Vocal tract shape of non-audible murmur production,” Acoustical Science and Technology, Vol.29, No.2, pp.195-198 (2008).

【申請特許リスト】

- [1] 中島淑貴、調音呼吸音の体内伝導を採取するマイクロホン、特願 2005-226211
- [2] 中島淑貴、肉伝導採取用マイクロホン、特願 2006-217028
- [3] 戸田智基、他、音声処理方法、音声処理プログラム、音声処理装置、特願 2006-211351

【報道発表リスト】

- [1] “ささやき声もしっかり集音 ATR など新型マイクシステム開発”、日本経済新聞、2005 年 12 月 2 日