

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01454

研究課題名(和文) 発声訓練法の空気力学解析に基づく発声機構の解明

研究課題名(英文) Elucidation of vocal mechanism based on aerodynamic analysis of vocal exercises

研究代表者

片岡 英幸 (KATAOKA, Hideyuki)

鳥取大学・医学部・教授

研究者番号：00224436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：鉗子孔付きファイバースコープを経由したプローブ型マイクロフォンを用い、発声時の声門上部の音圧変動を計測し、音響分析を行った。チューブを咥えながらも発声でき、チューブ発声時の音響特性を実測した。発声時の音圧変動からケプストラム分析により声道特性を分離し、スペクトルの包絡線から声門上部のホルマント特性を検証した。声門上部でも母音ごとのホルマントの特性が観察され、口唇から放出される音声のホルマントの特性と近似していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトにおいてプローブ型マイクロフォンを用い、声門直上の音圧を飽和することなく高周波領域まで直接測定することに成功した。声門上部でも共鳴腔としての特性を持った音圧変動を実測し、スペクトルの包絡線から声門上部のホルマント特性を検証できた。声門上部においても高周波成分を含んだ音声信号と声道の共鳴特性が存在していることを実証した。また、声道の共鳴特性は各母音の発声において変化していることが観測できた。

研究成果の概要(英文)：A probe microphone through a fiberscope with forceps holes was used to measure the sound pressure fluctuation in the supraglottis during phonation, and acoustic analysis was performed. It was possible to phonate naturally while holding the straw in the mouth, and the acoustic characteristics during straw phonation were also measured. The vocal tract characteristics were separated from the sound pressure fluctuation during phonation by cepstral analysis, and the formant characteristics of the supraglottis were verified from the envelope of the spectrum. Formant characteristics for each vowel were also observed in the supraglottis, which approximated the formant characteristics of speech radiated from the lips.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：声門上圧 音圧変動 ホルマント チューブ発声

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

音声訓練の治療として取り入れられているチューブ発声法は音声訓練の一つとして近年注目されている。チューブ発声法の原法は、鼻咽腔閉鎖不全のブローイング訓練として使用されてきたが、偶然、嚙声改善にも有効なことがわかり音声訓練法としても用いられるようになった。これまでチューブ発声時の状態について経口的に口腔内圧を測定し、空気力学的に解析した報告があったが、声門直上の音圧変化を測定した報告はなかった。鉗子孔付きファイバースコープを経由したプローブ型マイクロフォンを用いて声門上の圧力変化を直接測定し空気力学的に検証することを考えた。

2. 研究の目的

音声機能検査では経口的に口唇部において口腔内圧、呼気流を測定する方法が用いられている。声道の影響を観測するため、声門上部の音圧を直接測定することを試みた。これまでの先行研究では、声門上部の音圧を直接測定する方法では、周波数特性が低く高周波成分の分析が行えなかったり、小型マイクロフォンのダイナミックレンジが不足していたため音圧の測定時に飽和したりしていた。このようにヒトにおいて声門上部まで計測用センサーを到達させ実測することは、制約が多く困難であった。鉗子孔付きファイバースコープを経由したプローブ型マイクロフォンを用いることによって、発声時の声門上部の音圧変動を計測し、その特徴を明らかにすることを試みた。本研究の特徴は、チューブを咥えながら自然な発声を行えることである。音声訓練法であるチューブ発声の特性を空気力学的に実証し、効率的な音声訓練法を導出することを目指した。

3. 研究の方法

(1) プローブ型マイクロフォンの作成

鉗子孔付き喉頭ファイバーを用いてプローブ型マイクロフォンを作成した。喉頭ファイバーの鉗子孔にマイクロフォン用アダプタを装着、そこに 1/2 インチマイクロフォン (B&K, Type 4192-L-001) を接続した。

(2) プローブ型マイクロフォンの音響特性の検定

鉗子孔付き喉頭ファイバーを用いたプローブ型マイクロフォンの性能を確認するため、内寸 4m×4m×4m の 6 面無響室で音響特性を検定した。プローブ型マイクロフォン先端の音圧と検定用マイクの音圧の比を計測した。音響特性の計測は、周波数 20Hz から 10kHz までの正弦波を、毎秒 20Hz でスイープさせてスピーカに入力し、両方のマイクで計測した。周波数 7kHz 以上では、感度が低くなり、このプローブ型マイクロフォンでの解析は 7kHz が上限と考えられた。

(3) 音圧測定

喉頭ファイバーを経鼻的に挿入することで咽頭反射を避けることができ、また、自然な発声状態で実験が可能となる。被験者の鼻から、喉頭ファイバーを声門上に挿入し、モニタで位置を確認して留置する。この状態で被験者の発声にあわせて画像の撮影と音圧の計測を同時に行う。音圧の記録は、サンプリング周波数 32.768kHz で行った。

(4) 音響分析

記録した音圧波形から切り出した時間波形を高速フーリエ変換し、対数パワースペクトル算出。さらに、対数パワースペクトルを逆フーリエ変換しケプストラムを計算した。ケプストラムによって音源特性と声道特性とに分離し、スペクトルの包絡線から各母音の発声におけるホルマンント周波数の関係を調べた。

(5) 発声方法

母音 'イ' 'エ' 'ア' 'オ' 'ウ' を発声する。

チューブを咥えていない状態で 'ウ' を発声する。チューブを咥え 'ウ' を発声する。

母音 'イ' を連続発声しプローブ型マイクロフォン先端を徐々に声帯から上方に移動し、声帯直上から喉頭蓋外側の中咽頭内での音圧を計測する。

プローブ型マイクロフォンで記録した声門上の音響特性と口唇から外のマイクロフォンで記録した音響特性とを比較する。

4. 研究成果

(1) 喉頭ファイバースコープの鉗子孔を利用したプローブ型マイクロフォンを用いて、ヒトの発声時の音圧変動を声門上部で計測した。音圧変動を計測した結果、計測点が声門上から離れて喉頭蓋上部に移動しても、基本周波数の音圧の大きさに大きな変化は見られなかった。声門上の音圧は 800Pa~1000Pa に達するほどの大きさがあったが飽和することなく計測できた。

基本周波数の整数倍の周波数の音圧が特徴的に見られ、2kHz～5kHzの高周波成分も含まれており、母音についてホルマント分析を行った。

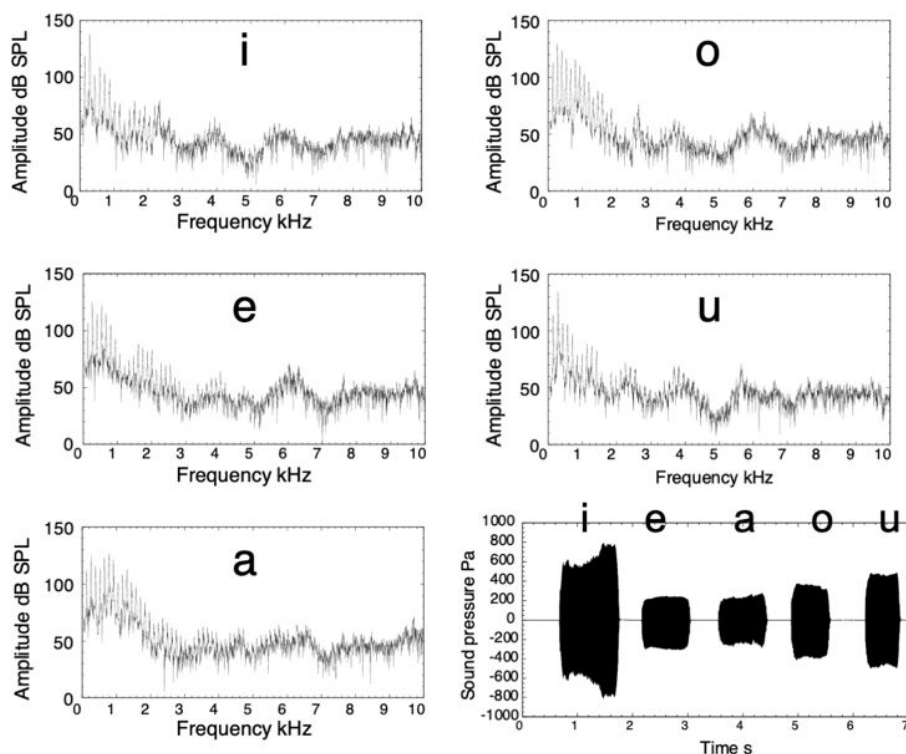


図1：各母音での音圧変動と対数パワースペクトルおよび各母音の音圧変動

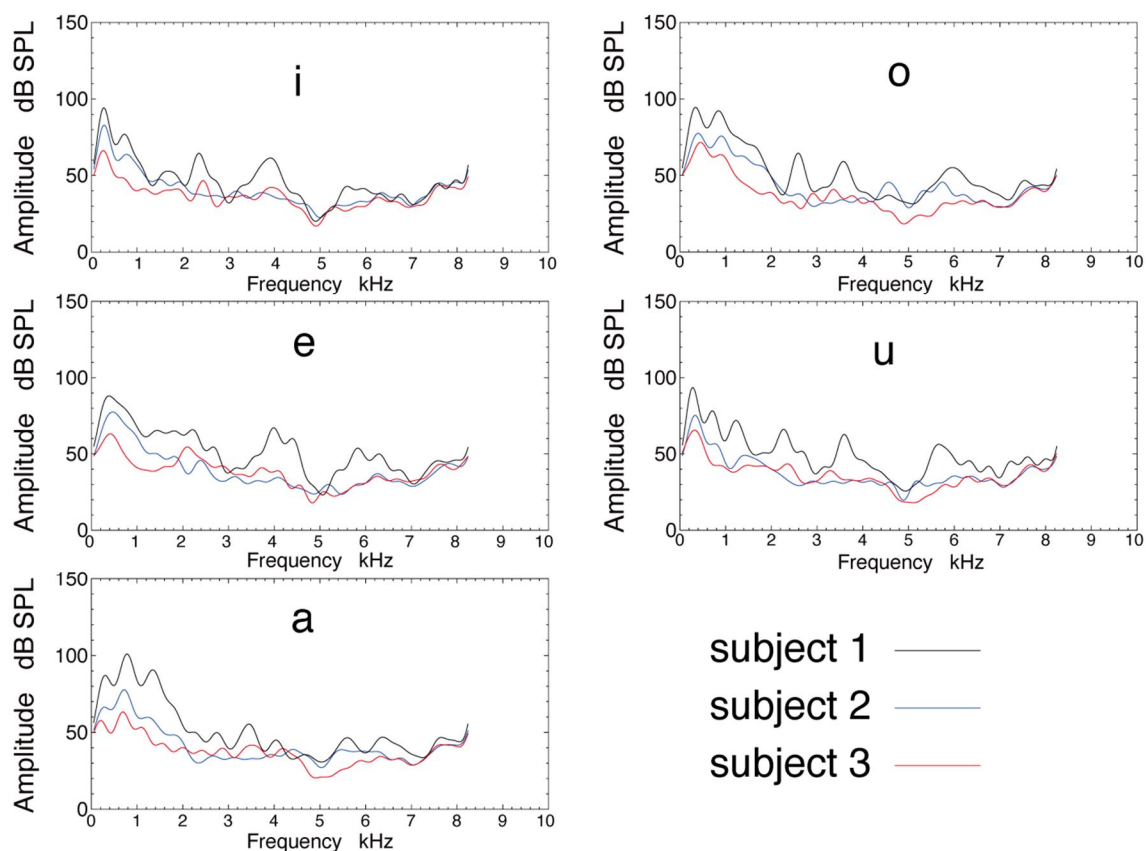


図2：各母音でのスペクトラム包絡線

異なる被検者間でも近似したところにスペクトラム包絡線のピークがみられ、各母音で近似したところにホルマントが観察された。

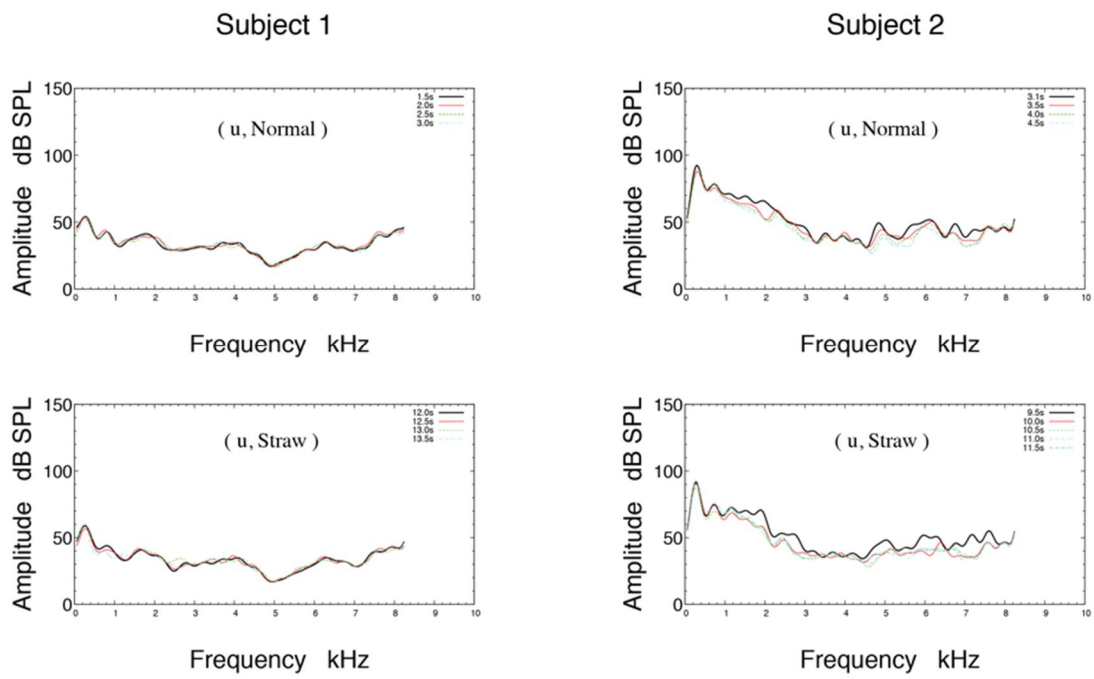


図 3：チューブを咄えた状態の発声および自然な発声でのスペクトラム包絡線の比較

チューブを咄えた状態の発声と自然な発声のスペクトラム包絡線を比較したところ明らかな差を認めなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 片岡英幸, 有井士郎, 土師知行, 藤原和典, 福原隆宏, 森崎剛史, 竹内裕美
2. 発表標題 プローブ型マイクロフォンを用いた声門上部音圧変動解析
3. 学会等名 第120回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Kataoka, Shiro Arie, Tomoyuki Haji, Kazunori Fujiwara, Takahiro Fukuhara, Tsuyoshi Morisaki, Hiromi Takeuchi
2. 発表標題 Evaluations of acoustic resonances above the glottis using transnasal endoscope
3. 学会等名 Pan-European Voice Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡英幸, 土師知行
2. 発表標題 プローブ型マイクロフォンを用いた声門上圧変動の計測
3. 学会等名 第62回日本音声言語医学会総会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	土師 知行 (HAJI Tomoyuki) (20145147)	県立広島大学・保健福祉学部(三原キャンパス)・教授 (25406)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	有井 士郎 (ARII Shiro) (80222751)	鳥取大学・工学研究科・准教授 (15101)	
研究分担者	福原 隆宏 (FUKUHARA Takahiro) (80403418)	鳥取大学・医学部・講師 (15101)	
研究分担者	藤原 和典 (FUJIWARA Kazunori) (90403419)	鳥取大学・医学部・准教授 (15101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関