

平成 21 年 4 月 15 日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17390543
 研究課題名（和文） 4次元声道モデルに基づいた鼻咽腔閉鎖機能診断、治療システムの開発
 研究課題名（英文） Developing the diagnostic and treatment system of velopharyngeal Function based on 4-dimensional vocal tract model
 研究代表者 片岡 竜太（KATAOKA RYUTA）
 昭和大学・歯学部・准教授
 研究者番号 20214322

研究成果の概要：

鼻咽腔閉鎖不全により生じる開鼻声を治療するために、音響的、空気力学的手法を応用した開鼻声の定量的評価システムを臨床に応用している。しかし手術法の選択や発音補助装置の製作をする際には、さらに鼻咽腔閉鎖運動も考慮する必要がある。研究代表者らによる先行研究によって、健常者の口蓋帆挙筋と上咽頭収縮筋を中心とする鼻咽腔閉鎖運動は3次元的に明らかになった（岩崎、片岡ら 四次元MRIによる発音時の鼻咽腔閉鎖運動の観察 - 鼻咽腔閉鎖パターンと口蓋帆挙筋の動きとの関連の検討 2006）。この運動の違いは主に口蓋帆挙筋の位置と走行の違いによることが明らかになった。このデータを基に口腔粘膜に類似した素材を用いて鼻咽腔閉鎖ロボット（3次元声道実態モデル）を製作し、このモデルで音声を合成を始めた（荒井、片岡ら 軟らかい素材による軟口蓋を伴う声道の物理模型 信学技法 2008-103）。このモデルで鼻咽腔閉鎖部の形態、大きさ、声源などが音声に及ぼす影響を検討している。開鼻声や鼻咽腔閉鎖不全の程度の診断が難しい症例を臨床的に診断し、それらの症例のファイバースコープ所見、音声の音響学的・聴覚的特徴を把握した上で、鼻咽腔閉鎖ロボットにより音声産生過程（鼻咽腔閉鎖運動）、音声の音響学的・聴覚的特徴の関連を明らかにする。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度			
2006年度			
2007年度	2700000	810000	3510000
2008年度	2700000	810000	3510000
年度			
総計			

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：鼻咽腔閉鎖機能，開鼻声，4次元声道モデル，診断システム，治療支援

1．研究開始当初の背景

口蓋裂患者の鼻咽腔閉鎖機能の主観的な評価である聴覚的評価に加えて、日常臨床に音響分析や空気力学を応用した定量的評価法を導入し、治療方針の決定に応用している。

2．研究の目的

定期的な鼻咽腔閉鎖機能の検査は、侵襲のない音声の音響分析や空気力学を応用した pressure-flow を用いて行うべきであるが、これらの検査で鼻咽腔閉鎖不全があり治療が必要であると判定された場合は、手術や補綴的発音補助装置による治療を検討する。その際には、個々の患者の鼻咽腔閉鎖運動に関する情報が必要である。鼻咽腔閉鎖運動を4次元的に把握し、声道モデルを製作した上で、声道形態と鼻咽腔閉鎖運動の特徴を把握したうえで、個々の患者に合った治療法を検討する事を目的として本研究を行った。

3．研究の方法

被験者は成人健常者8名(男性4名M1～M4、女性4名F1～F4。年齢は24～49歳)である。鼻咽腔の運動を賦活するために鼻咽腔の閉鎖が必要な音である母音/i/と子音/p/、さらには鼻咽腔を開放する鼻音/m/を含む無意味音節の[impi:]を被検音として用いた。

MRIの撮像は、(株)ATR-Promotions 脳活動イメージングセンタの島津 Marconi 社製 MAGNEX ECLIPSE 1.5T Power Drive 250 を用いて行った。

MRIの撮像法は Synchronized Sampling Method(SSM)法を用いた。撮像パラメータは、トリガー間隔が1500ms、TR = 33ms、TE = 3ms、FA = 30度、位相エンコード数128回、加算

回数(NEX) = 1回、FOV = 256mm、スライス数 = 8スライス、スライス厚み = 4mm、フレーム間隔 = 66msec(20フレーム)である。協力者は仰臥位にてMRI装置に入り、外部トリガーの信号に合わせて、8回の発声後に2回分(3秒間)の休息を経て、2回分のダミー音を聞いた後に再び発声を8回繰り返した。この作業を16セット行うことで、検査音を合計128回繰り返し発話した。

撮像データをDICOM形式のデータとして外部のコンピュータに移動した後、三次元可視化用のソフトウェア(AVS/Express)の形式に変換した。このソフトウェア上で1mm x 1mm x 1mmのボクセルサイズに変換(線形補間法)し、レイトトレーシング法により可視化するとともに三次元構築画像とした。さらに得られた三次元画像を時間軸上に配列して四次元データとした。四次元データを用いて、検査音の各音を(/i/, /m/, /p/)発音時のフレームを各々の協力者で特定し、抽出した。

正中矢状断面図で、口蓋平面に平行になる4mm間隔のreference lineに従ったスライス面を、頭上に近い方から順にスライス1～スライス8と定めた

軟口蓋の挙上および咽頭後壁との接触の観察は正中矢状断面図で行い、鼻咽腔開存部、LVP筋の位置形状の観察は水平断面図で行った。鼻咽腔開存部とLVP筋の重ね合わせの際は頸椎を基準として重ね合わせを行い観察した。

各被検者の安静時及び、/i/, /m/, /p/発音時における鼻咽腔開存部と頸椎の概形のトレースを行った。これらのトレース結果を、

被検者ごとに頸椎を基準として同一平面上に重ね合わせて、鼻咽腔開存部の位置形状の変化を観察した。鼻咽腔開存部の位置や形態の変化を観察しやすいように、/p/発音時に鼻咽腔開存部が完全閉鎖される(もしくは完全閉鎖に近い)スライス面において観察を行った。この結果を上記の4つの鼻咽腔閉鎖パターンに分類する。本研究においては、その主要因を特定するために、水平断面図と正中矢状断面図の全スライス面における鼻咽腔閉鎖運動の観察を行なった。さらに、多角視点から鼻咽腔閉鎖面を観察できるソフトウェアのAVSを用いて、鼻咽腔閉鎖運動を観察した。これらの観察と、上述した鼻咽腔閉鎖運動のトレース結果を踏まえて、鼻咽腔閉鎖運動の軟口蓋と咽頭側壁・後壁の運動を解析し、鼻咽腔閉鎖パターンの分類を行なった。またそれぞれの運動量を計測するために、鼻咽腔開存部の縦・横の長さを測定し、安静時から発音時にかけての縦・横の移動距離を推測し、鼻咽腔閉鎖に関わっている部位(軟口蓋、咽頭側壁、咽頭後壁)の変移量を推測した。

2次元平面上での鼻咽腔開存部の縦の長さAPD(AnteroPosterior Diameter of the VP port)と、横の長さTD(Transverse Diameter of the VP port)を測定する際には、鼻咽腔開存部を厳密な左右対称の楕円形状とみなせるように、鼻咽腔開存部が収容できる最小の大きさの長方形を想定して、その長方形の縦と横の長さを測定する。

式 1 は、安静時から/i/発音時にかけての縦方向の鼻咽腔開存部の移動距離を、安静時の縦方向の長さ APD1 で割ったものであり、これは安静時の縦の長さ(APD1)と比べた、/i/発音時の縦方向への移動距離の割合を算出する式である(単位は%)。

$$D_{APD} = \frac{APD1 - APD2}{APD1} \times 100 \quad \text{式 1}$$

同様に式 2 は、安静時の横方向の長さ(TD1)と比べた、/i/発音時の鼻咽腔開存部の横方向への移動距離の割合を表す。

$$D_{TD} = \frac{TD1 - TD2}{TD1} \times 100 \quad \text{式 2}$$

式 1 と式 2 において、 D_{APD} の値が大きいほど軟口蓋の動きが顕著であり、 D_{TD} の値が大きいほど咽頭側壁の動きが顕著であると言える。これらの数値の差を α として

$$\alpha = D_{APD} - D_{TD} \quad \text{式 3}$$

の値の大きさを、鼻咽腔閉鎖運動に起因する要因が推測できる。

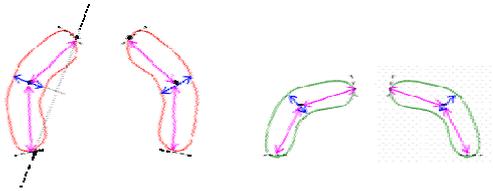
α の値が大きいほど、咽頭側壁の動作に比べて軟口蓋の動作の方が顕著であると考えられ、逆に α の値が小さいほど、咽頭側壁の動作がより顕著であると考えられる。本研究においては、鼻咽腔閉鎖パターンの分類を行なった後、参考までに α の数値と照らし合わせることにする。

LVP 筋の存在が確認できる全てのスライス面において、安静時及び/i/と/p/発音時のLVP 筋の概形をトレースした。スライス面ごとに、頸椎を基準として安静時と/i/及び/p/発話時のLVP 筋のトレース結果を同一平面状に重ね合わせて位置と形状の比較を行った。水平断面で観察すると、LVP 筋は楕円形状に似た構造をしている。LVP 筋は、その重心から前後2つの部位に大きく分けられ、これらはほぼ同様の形状をしている。前後2つの部位を"前部分"、"後る部分"として別個に考えて解析を行い、それらを組み合わせることで総合的に、LVP 筋の検討を行なうことにする。

安静時から発音時にかけて、左右のLVP 筋は鼻咽腔開存部に向かって動作をする。本研究においては、以下の2つの観点からLVP 筋の解析を行う。

・視覚的判断(トレース結果に基づく LVP 筋の位置の変化の観察)

・定量的判断(2つの部位に分けた LVP 筋の位置の変移量や大きさの測定)

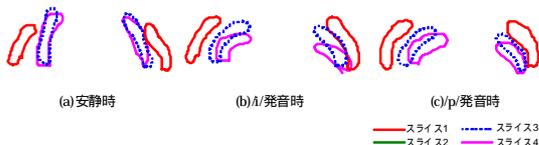
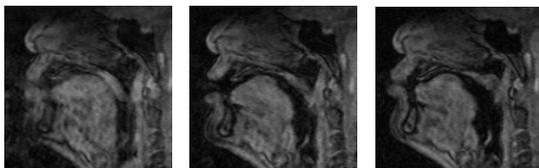


に関しては、トレースを行なった結果から LVP 筋の動きをおおまかにとらえて、鼻咽腔閉鎖パターンとの関連性を考察する。 に関しては、LVP 筋を前後2つの部位に分けて、さらに LVP 筋の左右の部分を別個に考える(以下、左右の部分を”左”, ”右”で呼ぶ)。左右の LVP 筋に対して、その幅や長さなどを測定し、個人間での左右の相違の比較、並びに全協力者での比較を行なった

4. 研究成果

ソフトウェア AVS による観察とトレース結果を踏まえて、協力者 M1~M3, F3, F4 は軟口蓋の運動が顕著であることから Coronal pattern と判断し、軟口蓋と咽頭側壁の運動がほぼ同等の M4, F2 は Circular pattern とみなした。F1 には、それらの運動に加えて咽頭後壁の運動が視覚的に確認できるので、Circular with Passavant's ridge pattern と判断した。

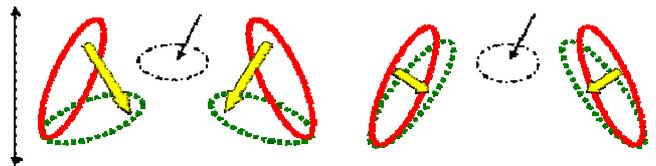
Coronal pattern の協力者(M1~M3, F3, F4)



LVP 筋を斜位冠状断面図で観察すると、発

音時の動作方向は頭部の後上方向であると考えられている。本研究においては LVP 筋に対して水平断面でのスライスを数箇所において取り、それらを繋ぎ合わせることで LVP 筋の形状と動作を多角的にとらえた。その結果、LVP 筋の形状は、水平断面において厳密な楕円の形状をしているわけではなく、前後2つの対称な部位が組み合わさって構成されており、これらが連なったような形状をしていると考えられる。また動作に関しては、軟口蓋に特に近い水平断面において顕著に動作していることがわかった。LVP 筋のこの部分の発音時の動作の程度を鼻咽腔閉鎖パターンと関連させると、以下の関係があると考えられる。

軟口蓋方向



Coronal > Circular > Circular with
Passavant's ridge

上記の関係は、LVP 筋が軟口蓋の挙上動作に関与していることを意味しており、LVP 筋の定量的測定が、これまでの報告をおおむね支持する結果となった。

これらの結果に基づき、軟らかいゲル素材を用いて、軟口蓋、咽頭側壁や後壁が運動し、鼻咽腔閉鎖をする模型を製作した。模型の喉頭側から基本周波数が 100Hz の声源を入力し、鼻咽腔部の形態を変化させて音声を生成した。その結果鼻咽腔開存面積の増大に伴い、開鼻声の程度が重度になることが確認できた。

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 7 件)

1. 岩崎 純二、片岡 竜太、山下 洋介、春日 梨恵、安 啓一、荒井 隆行、新谷 悟
四次元MRIによる鼻咽腔閉鎖運動の観察 - 鼻咽腔閉鎖パターンと口蓋帆挙筋の動きとの関連の検討 - 信学技報Vol.106 49-54.2006
- 2.荒井 隆行、田中 希美、片岡 竜太 軟らかい素材による軟口蓋を伴う声道の物理模型
電子情報通信学会 信学技報SP 2008-103.2008
- 3.春日梨恵、片岡竜太、荒井隆行、今井智子、木村智江 音響分析による開鼻声の定量的評価 - 小児合成音声を用いた言語聴覚士の聴覚的評価との関連 日本音響学会講演論文集 401-404, 2009
4. 荒井隆行 トーキングヘッドを用いた障がい者のための音声教育 日本音響学会講演論文集 1579-1581 2009
- 5.片岡竜太、山下夕香里 口蓋裂児における開鼻声の定量的評価法について - 開鼻声の音響学的特徴 - Dental Medicine Research 29:14-20. 2009.
- 6.片岡竜太 MRIによる発音時の鼻咽腔閉鎖機能の評価について - 鼻咽腔閉鎖パターンと口蓋帆挙筋の動きとの関連 -Dental Medicine Research 29:51-56. 2009.
7. 木村智江、今富摂子、片岡竜太、佐藤亜紀子、大久保文雄 定と音響分析を併用した口蓋裂児の開鼻声の評価 音声言語医学会 2009年10月号掲載予定

〔学会発表〕(計 9 件)

1. 片岡竜太、山下夕香里、南雲正男 4次元MRIを用いた発話時の声道動態の計測 第29回日本口蓋裂学会総会 東京、2005年5月
2. Ryuta Kataoka, Tomoe Kimura, Fumio Ohkubo Measurement of the dynamics of the vocal tract shaping during connected speech using 4D-MRI The 63rd Annual Meeting of the American Cleft Palate-Craniofacial Association Vancouver, BC, April 3-8. 2006. Canada,
3. 片岡竜太、木村智江、大久保文雄、保阪善昭、新谷 悟 四次元MRIによる発音時の鼻咽腔閉鎖機能の観察 - 鼻咽腔閉鎖パターンと口蓋帆挙筋活動の関連 第31回日本口蓋裂学会総会 群馬、2007年5月
4. 木村智江、佐藤亜紀子、今富摂子、片岡竜太、大久保文雄、清水祐紀、大隅昇、新谷悟、保阪善昭 鼻咽腔閉鎖不全に対して手術を行なった口蓋裂児4症例の術前、術後の音声言語所見と鼻咽腔閉鎖機能 第31回日本口蓋裂学会総会 群馬、2007年5月
5. 木村智江、片岡竜太、佐藤亜紀子、今富摂子、大久保文雄、保阪義昭 1/3 オクターブ分析による開鼻声の定量的評価値と聴覚判定との関連 広島 第32回日本口蓋裂学会 2008年5月
6. 木村智江、佐藤亜紀子、今富摂子、片岡竜太、大久保文雄 開鼻声の聴覚判定に影響する音声の特徴について 第53回日本音声言語医学会 広島、2008年10月23日、24日
7. 荒井隆行、田中希美、片岡竜太 軟らかい素材による軟口蓋を伴う声道の物理模型 第10回音声言語シンポジウム 東京、2008年12月9~10日
8. 片岡竜太、荒井隆行 3次元MRI動画像を

用いた発音障害、治療に関する研究 - 発音時の声道動態および鼻咽腔閉鎖機能について 昭和大学歯学部口腔癌包括的研究センター平成 20 年度公開シンポジウム 東京、2009 年 3 月 14 日

9 . 春日梨恵、片岡竜太、荒井隆行、今井智子、木村智江 音響分析による開鼻声の定量的評価 - 小児合成音声を用いた言語聴覚士の聴覚評価との関連の検討 - 日本音響学会 2009年春季研究発表会 東京 2009年3月17 ~ 19日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6 . 研究組織

(1)研究代表者

片岡 竜太 (KATAOKA RYUTA)
昭和大学・歯学部・講師
研究者番号：20214322

(2)研究分担者

木村 智江 (KIMURA TOMOE)
昭和大学・医学部・助手
研究者番号：00449084

荒井隆行 (ARAI TAKAYUKI)
上智大学・理工学部・教授
研究者番号：80266072

山下夕香里 (YAMASHITA YUKARI)
昭和大学・歯学部・講師
研究者番号：50260906

今井智子 (IMAI TOMOKO)
北海道医療大学・心理学部・教授
研究者番号：60260907

大久保文雄 (OOKUBO FUMIO)
昭和大学・医学部・准教授
研究者番号：30223762

(3)連携研究者