

氏名(本籍) 花満雅一(京都府)
学位の種類 博士(医学)
学位記番号 博士第427号
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
学位授与年月日 平成15年3月27日
学位論文題目 **Effect of artificially lengthened vocal tract on vocal fold oscillation's fundamental frequency**
(声帯振動の基本周波数における声道延長の影響)

審査委員 主査 教授 可児一孝
副査 教授 松田昌之
副査 教授 大皮匡子

論文内容要旨

【目的】

声帯振動の基本周波数(F_0)は、声帯の長さ、硬さといった声帯の物性と、声門下圧といった空力的特性により調整されていると考えられる。成人男子においては声門上下圧差を変化させるシャッターバルブを用いて測定した単位声門上下圧差あたりの F_0 の変化(dF/dP)が F_0 に対して非直線的な200Hz付近に谷を持つ、V字型の相関を持つことが今までの研究でわかっている。この非直線的な関係は、ゴム膜モデルや犬摘出喉頭を用いた研究で、V字の左の下がる部分は声帯長が、右の上がる部分は声帯質量が関係していると思われたが、負の dF/dP 値がなぜみられるかなどまだいくつかの疑問を残している。一方声道も声帯振動に影響を与えることが知られているが、いままでの研究では声道の影響を考慮してこなかった。本研究では、声道の長さが dF/dP に与える影響を調べた。

【方法】

6人の健常男子を対象とした。長短2種類のマウスピース(4cm、14cm)を用いて、口唇にくわえることで声道を延長させ、それぞれの dF/dP を測定し比較した。声門上下圧は、管腔面積が回転シリンドリにより瞬時に変化するシャッターバルブを用いて変化させた。 dF/dP は、シャッター作動前の口腔内圧、基本周波数をそれぞれ P_p 、 F_{0p} 、シャッター作動後の口腔内圧、基本周波数を P_q 、 F_{0q} とすると、

$$dF/dP = -(F_{0p} - F_{0q}) / (P_p - P_q) \quad (1)$$

で計算した。縦軸を dF/dP 、横軸を F_{0q} としたグラフを作成した。

【結果】

すべての対象において、V字型のグラフが得られた。 dF/dP グラフは、長い声道において短い声道より左へシフトした。V字型のグラフを分割し回帰分析すると、6人中5人で有意差が得られた。

【考察】

今回の結果は、声道の長さが F_0 と dF/dP に影響することを意味する。我々は、one-mass modelを用いて考察を行った。One-mass modelでは、声帯は一自由度を持った、質量(M^*)-抵抗(M^*)-バネ(M^*)系とみなし、水平方向のみの移動(ξ)が可能とする。すると以下のような運動方程式で表される。

$$M^* \ddot{\xi} + B^* \dot{\xi} + K^* \xi = 0 \quad (2)$$

声道を抵抗や乱流のない理想的な音響管と考えたと

$$M^* = M + 2DIb \quad \xi_0 \quad (3)$$

$$K^* = K \quad (4)$$

$$B^* = B - 2DI \bar{V} \quad (5)$$

とあらわすことができる。M, K, Bは声道の影響を考えない声帯の質量、硬さ、抵抗を表す。Dは声帯の長さ、Iは声道のリアクタンス、bは他論文より引用した定数、 \bar{V} は声門での平均粒子速度、 ξ_0 は発声直前の声門間隙を表す。式により基本周波数は

$$F_0 = \sqrt{K^* / M^*} / 2\pi \quad (6)$$

と計算できる。計算したdF-F₀グラフは負の値をとり、またグラフの位置関係は実験値と同じになる。計算値でのグラフの位置関係は、声道の第1ホルマント周波数(F₁)の違いによるものであり、声道の共鳴より決定されるF₁がdFに影響するといえる。今回dPは声道を理想的音響管としたため計算していない。しかし、dPは人では単調な正の値をとり、dFとdF/dPではあまりグラフの形は変わらないと思われる。

【結 論】

声道の長さを長くするとシャッターバルブを用いたdF/dPグラフは左へシフトした。one-mass modelを用いた検討では、dF/dPのV字の谷は声道のF₁の影響を強く受けた。またdF/dPが負の値をとりうることも示すことができた。

学位論文審査の結果の要旨

声帯振動は主に声帯の長さ、声帯の硬さ、声門下圧によって調整されていると考えられているが、声道の影響について調べたものは少ない。本論文は声道の共鳴特性が声帯振動に与える影響を実際に測定するとともに、数式モデルを用いて理論的に考察したものである。本研究にて得られた結果は以下のとおりである。

1) 単位声門上下圧差あたりの基本周波数の変化(dF/dP)を声道の長さを変えて測定したところ、長い声道ではdF/dPグラフが低い周波数へシフトする。

2) 声帯振動と声道のリアクタンスを数式モデルであらわすと、声道の共鳴がdF/dPグラフの位置に影響していると推測できた。

3) 従来dF/dPが負の値をとる原因がわからなかったが、声道の共鳴が原因と推測できた。

本研究は、声道の共鳴の変化が基本周波数を変える事を示したものであり、将来その変化を利用して、逆に声帯の硬さなどの物性を測定することに継がる研究である。また、詳細な音声生成機構の解明は失喉頭者への音声獲得方法の研究に継がると思われる。よって、博士(医学)の学位に値するものと思われる。