

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/1)

研究題目	呼吸筋の活動調節トレーニングシステムの開発 ～吹奏楽における音の安定性を目指して～	報告書作成者	上 英俊, 吉武康栄
研究従事者	上 英俊, 吉武康栄, 大嶋義実		
研究目的	<p>吹奏楽や声楽において、ロングトーンに代表される「安定した音を一定時間奏でるための演奏法」は、基礎技術であることはもちろん、引き続き習得が望まれる特殊演奏(ビブラート等)に繋がる重要な技術である。したがって、この必須技術を獲得するためのトレーニングシステムを構築することは、音楽界にとって非常に有用である。</p> <p>呼吸筋活動を定量化し、認識することは、吹奏楽や声楽の教授法で有用であることは示唆されているが、実際に声楽中の呼吸筋活動を定量化した研究は非常に少ない。吹奏は「呼気流量の厳密なコントロール」によって作られ、この実現には「横隔膜の位置・形状変化を左右する“呼吸筋活動”の協調的な調整」が必要とされる。このため、吹奏楽や声楽のレッスンでは横隔膜周辺にある筋の使い方を口頭にて説明する事も多いが、可視化できない身体活動であるために、その指導は具体性を欠き、特に初心者への習得を困難にさせている。また、実際に、ロングトーンやビブラートなどのパフォーマンスを制御する主動筋は明らかとなっていないため、そもそも、どの筋をターゲットに使い方を教授すれば良いか不明である。</p> <p>以上のような背景から、我々はこの呼気流量の調節の役割を担う呼吸筋の活動(=筋電図)をリアルタイムで可視化させ、客観的に声楽評価を可能としたシステムの開発を試みる発想に至った。具体的には、その第一段階として、まず、1)呼気流量の変動動態と呼吸筋群の筋電図波形から、呼気流量の調節を担う筋の定量化を試み、さらに、2)声楽(一定発声およびビブラート)中における音の安定性を目指して、筋活動(筋電図波形)の簡易可視化を利用した「呼吸筋の活動調節トレーニングシステム」の提案を目指した。</p>		

研究内容

対象は、健康な一般男子大学生 4 名(年齢 22.3 ± 1.6 歳), および声楽を専攻している男子大学生 4 名(年齢 22.5 ± 1.0 歳)とした。対象者には、測定機器などを実際に見せながら実験の内容について口頭で説明し、同意を得てから測定を行なった。

本研究では、機器の精度などの事情により、流量計(キーエンス社製;FD-100A)を用いた。対象者は、流量計に直接接続した楕円形(縦 21mm, 横 34mm)の硬紙を口に咥え、発声を行なった。そのため、本研究での発声の音色は、全て「お」に統一した。

対象者は最大努力での発声、一定流量での発声、および同一レベルでのビブラート発声を行なった。対象者は立位において、左手にて流量計を保持し、できるだけ頭部をはじめ、体幹部および四肢が動かない状態で発声を行なった。

a. 最大努力での発声(最大流量)

対象者にはできるだけ早く全ての息を吐き出すように指示した。この課題は、試行間に 3 分間の休憩を挟んで 3 回行い、そのうちの最大値を最大流量とした。

b. 一定発声およびビブラート発声

目標とする一定流量レベルは、最大流量の 30%に設定した。対象者前方に設置したディスプレイには、自身が発揮した呼気の流量および目標とするターゲットラインを提示し、対象者はそれを目視しながら、呼気流量が目標にできるだけ一致するよう最低 10 秒間努力した。ビブラート発声課題においては、対象者は一定発声課題と同様に呼気流量が目標値にできるだけ一致し、かつ、ビブラート発声を行なった。なお、一般学生においては、ビブラートを真似るよう教示した。その課題の順番はランダムとし、それぞれ 3 回ずつ行なった。試行間に最低 2 分間の休憩を挟んだ。

筋電図測定」対象者の広背筋、内腹斜筋、外腹斜筋、肋間筋、胸鎖乳突筋、腹直筋より表面筋電図を双極誘導にて導出した。直径 9mm の心電図用電極(日本光電社製;F-150S)を用い、電極間距離 2cm にて各筋の筋腹に貼付けた。電極の装着は、皮膚抵抗を減らすために筋電図貼付部位の皮膚表面をサンドペーパーで擦り、アルコール綿で十分に拭き取った後、乾燥させてから行なった。アース用の電極は上腕骨外側上顆または肘頭に貼付した。

c. 解析方法

解析は全て MATLAB(MathWorks 社製)上にて自作のプログラムを用いて行った。試行中後半 8.192 秒を解析区間とした。全ての筋電図波形と流量の変動の間の波形類似性の有無から、発声に対する貢献度の高い筋の導出を試みた。まず、筋電図波形は、全波整流化の後、20Hz のローパスフィルタ処理を行った(図 1)引き続き、相互相関係数(CCF)の算出を行い、 $\pm 100\text{msec}$ の間での明らかなピーク値を算出した。(図 2)。

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/1)

<p>研究のポイント</p>	<p>声楽の発声を司る筋を見出すために、筋電図解析という工学的手法を用いて定量化を試みたことは、これまでの研究では行われていない。特に、一定発声だけではなく、特殊発声であるビブラートを司る筋の定量化を試みたことは、新規性が高い。</p>
<p>研究結果</p>	<p>相互相関解析の結果(図 2, 3), 一定発声においては肋間筋を除き, 一般学生と声楽学生にはほとんど差がなかった。一方で, その肋間筋においては, 一般学生において標準偏差が非常に大きいことから, 発声に対して肋間筋の貢献度に一般人は個人差が大きいことが伺える。つまり, 声楽によって発声の熟練する一つの要因は, 肋間筋の作用が考えられる。</p> <p>ビブレート発声においては, 興味深いことに, 一定発声よりもビブレート発声の方が, 内腹斜筋, 外腹斜筋, 腹直筋において, 筋活動の増減が流量の変動との類似性が増した。このことから, 熟練者において, ビブレート発声は, 体幹筋群の筋活動を同時に増減させることにより, ビブレートの独特の振るえを発生させていることが明らかとなった。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>ビブレート中の筋活動を取得した先行研究から, 広背筋の貢献度が高いことが示唆されているが, 本研究では, 特に広背筋の関与は認められなかった。これは, 演奏者のスキルの差なのか, 人種差なのか, 不明である。さらに, 本研究においてリクルートした声楽を専攻としている学生の熟練度が, プロフェッショナル演奏者と比較してどの程度差があるのか不明である。従って, 今後はより, スキルの高い声楽演奏者を対象として研究を行う必要がある。一方で, 本研究より, ビブレートを司る筋の定量化が可能であることが明らかとなったことは, 今後の研究の発展を予感させると考えられる。</p>

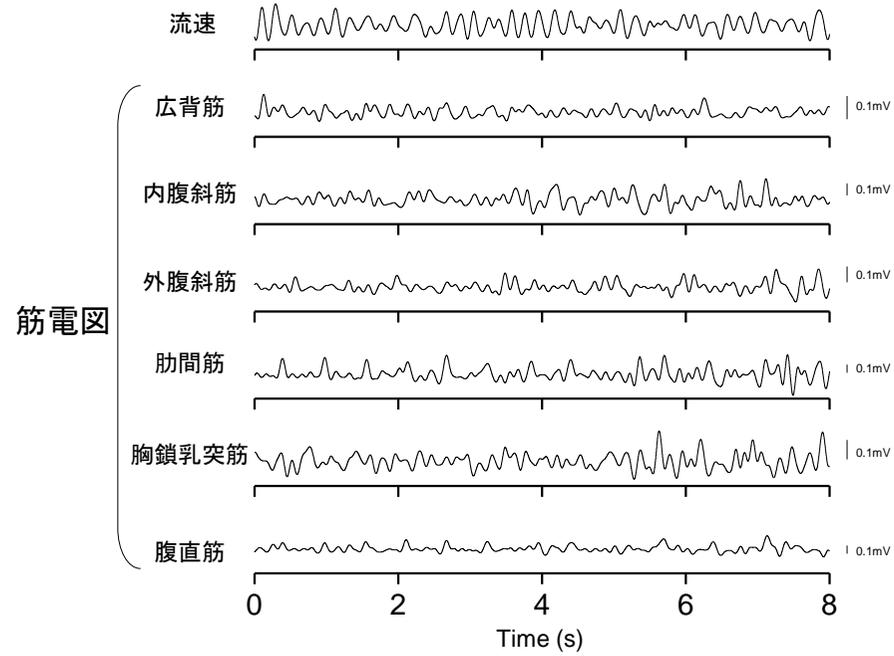


図 1. (上から)声楽学生におけるビブラート発声中の呼気流速(流速の 1 階微分値),そして当該筋から得られた筋電図のローパスフィルタを施した全波整流波形.

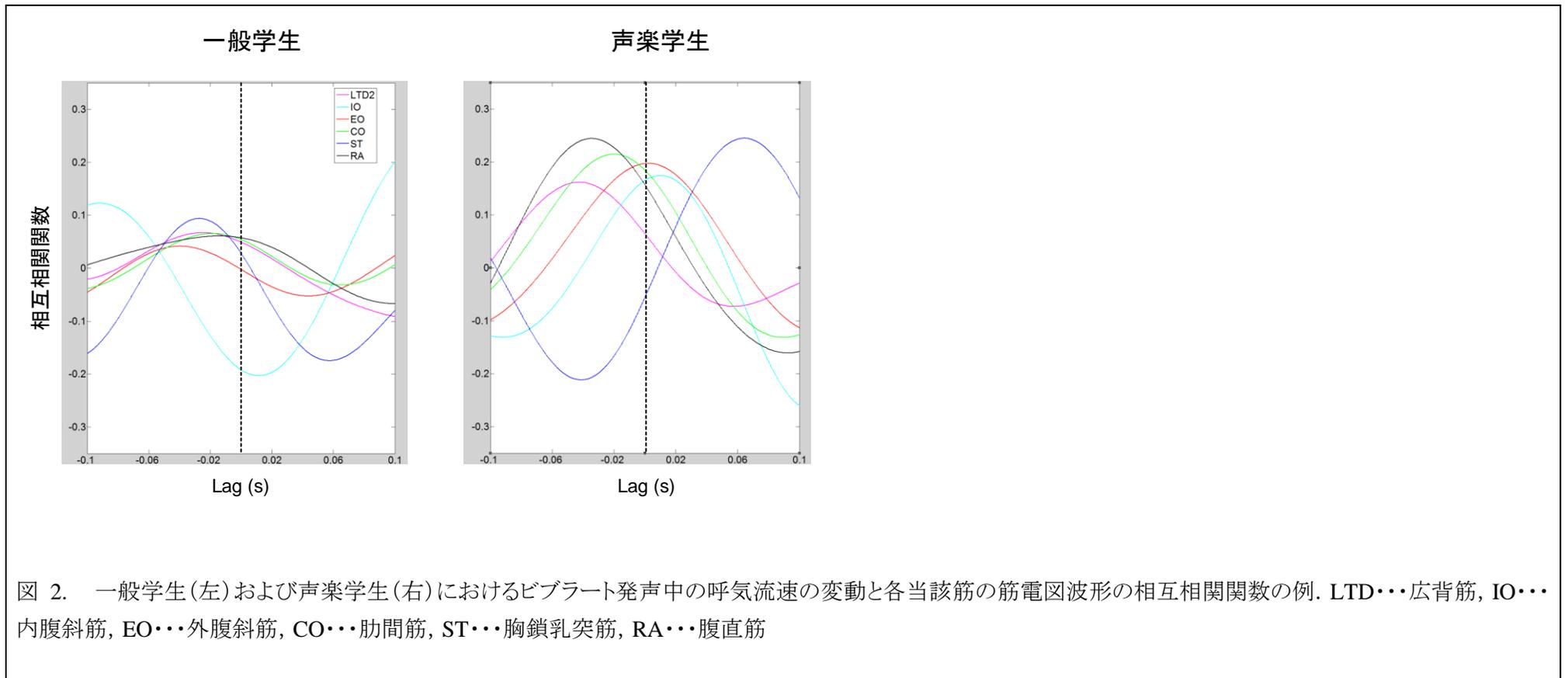


図 2. 一般学生(左)および音楽学生(右)におけるビブラート発声中の呼気流速の変動と各当該筋の筋電図波形の相互相関関数の例. LTD・・・広背筋, IO・・・内腹斜筋, EO・・・外腹斜筋, CO・・・肋間筋, ST・・・胸鎖乳突筋, RA・・・腹直筋

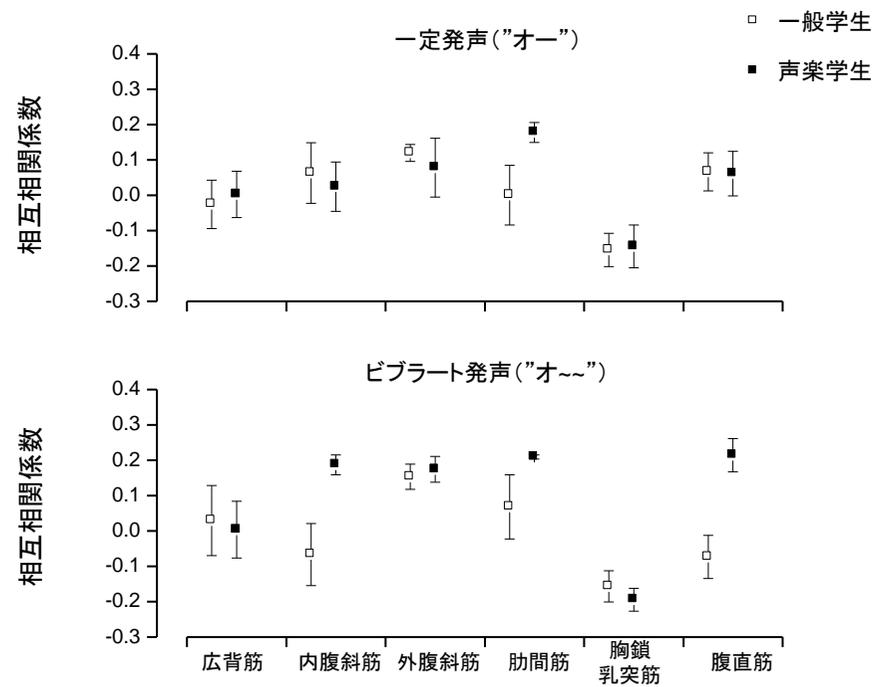


図 3. 一般学生(□)および声楽学生(■)における一定発声(上)とビブラート発声(下)中の呼気流速の変動と各当該筋の筋電図波形の相互相関係数の平均値.