

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：24301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26580018

研究課題名(和文)『歌唱音声・吹奏楽音の安定性』に対する体幹トレーニングの効果

研究課題名(英文)The effect of core training for singing sound.

研究代表者

上 英俊(UE, HIDETOSHI)

京都市立芸術大学・美術学部 / 美術研究科・准教授

研究者番号：90433242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：音楽学部に所属する健常高校生を対象に、体幹筋トレーニングによる歌唱音声への効果検証を目的として調査を行った。

トレーニングは腹筋や背筋を中心に鍛える6種目の静的トレーニングとし、週に1回の頻度で10週間実施した。歌唱音声はSTRAIGHT分析法によって、音の安定性に関与すると想定される各種特徴量により評価した。その結果、歌唱音声に影響があると思われる呼吸機能へのトレーニング効果は確認できなかった。しかし、体幹トレーニングによって歌唱能力の1つとされるビブラートを深くかけるようになった事が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Effects of the trunk muscle training on the quality of musical vocal performance were investigated using a group of high school students who participated in a chorus group. They were randomly divided into two groups: (a) the training group; (b) the control group. The members of the training group were asked to participate in a course of isometric training which focuses to strengthen the abdominal and back muscles. The course was arranged in a weekly manner and lasted 10 weeks. Effects of the training were investigated in two aspects: (1) efficiency of respiratory function; (2) stability of singing voice by comparing the scores between the pre-, and post-training, both for the training and control groups. Although no significant difference was found between the two groups as to the respiratory functions, some acoustical features, especially, which can be assumed to reflect the stability of "vibrato" provided statistically significant effects of the muscle training.

研究分野：運動生理学

キーワード：体幹トレーニング 歌唱音声 安定性

### 1. 研究開始当初の背景

声楽演奏時の呼吸制御は通常発声時とは大きく異なり、一定の基本周波数を長時間保たなければならない。そのため、安定した音を奏するためには、できるだけ長く呼気流量を繊細にコントロールする必要がある。この長時間の呼気流量制御は、大別して2つの要因によって制御される。1つは肺自体が持つ受動的な力であり、もう1つは肺を支える胸郭容量-横隔膜の位置・形状による力である。前者は肺の残気量によって常時変化するため、より安定した呼気流量を維持するためには肺を支える胸郭容量-横隔膜の位置・形状による力を左右する筋群(呼吸筋群)の協調的な調整が必要となる。

歌唱音声や吹奏楽音を安定させるためには複雑な生体機能の変化が求められるが、生理学的機序とは関係なく、演奏家は気付かないうちに呼吸を意識している。このように、演奏家にとって、呼吸が重要であるにもかかわらず、成功体験に基づく教示の一部として、身体トレーニングの必要性が経験的に継承されているに過ぎない。

### 2. 研究の目的

演奏指導者が共通して指導する内容のひとつに「身体支持の重要性」が含まれることから、筋力トレーニングによる“ある程度の効果”が直感的に期待される。また、日頃から体力の維持に努力しているというプロの演奏家も多い。しかし現段階では、身体トレーニングによる効果に関する検証はほとんど見あたらず、本当に効果が期待できるか否か、明らかにされていない。

一方、スポーツ界では、あらゆる動作の基本となる“身体の軸”を鍛える「体幹トレーニング」が注目されている。有名選手が導入し、姿勢維持・バランスの安定に効果が得られた事から、多くの選手が導入するトレーニング手法となった。本研究では、身体トレーニングの中でも、特に呼吸調節への影響が大きいと考えられる「体幹トレーニング」が歌唱パフォーマンスに及ぼす影響について調査を行った。

### 3. 研究の方法

#### 【歌唱音声分析法の選定】

まず初年度は、体幹筋による歌唱音声への効果検証には欠かせない「歌唱音声の測定・評価方法」の選定に取り組んだ。健康大学生を対象として歌唱音声をサンプリングし、様々な評価方法により分析を行って比較検討した。その結果、本研究における歌唱音声の評価にはSTRAGHT分析が最適であると考えた。STRAGHT分析は調波成分の頂点を辿るスペクトル包絡を、音声信号から取得される基本周波数情報を用いたスペクトル平滑化によって推定する方法である。本分析法による平滑化スペクトルからは基本周波数の変動が除去されるため、声の高さの変化と音色の

変化を分離できると利点がる。

#### 【体幹筋トレ効果の検証】

(1) 初年度の研究成果を基に、歌唱音声に対する体幹筋トレ効果の検証に取りかかった。まず、地域のコーラス団体に所属する健康高齢女性を対象として調査を実施した。週に1回の頻度で10週間の体幹トレーニングを実施し、その効果について検討した。その結果、本研究で必要とされる歌唱能力を満たしておらず、分析に耐えうる歌唱音声を得る事ができなかった。二重盲検法を用いており、トレーニング期間前後の歌唱音声はトレーニング期間後にまとめて分析された。そのため、被験者の歌唱能力をトレーニング実施前に把握する事ができず、このような結果に至った事は反省すべき点である。

(2) 前回の結果を参考に、調査対象を「クラブ活動で音楽教員の指導のもと、日々歌唱トレーニングを行っている者」として新たに調査を行った。対象は音楽部に所属する健康高校生とし、歌唱音声に対する体幹筋トレーニングの影響について評価した。

#### <体幹トレーニング内容>

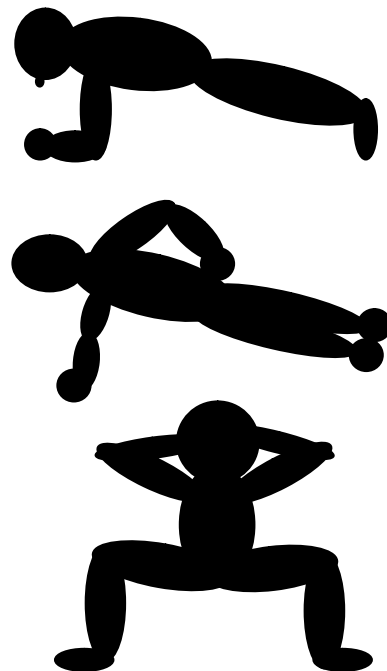
頻度 / 期間: 1週間に1回の頻度で10週間  
種目: フロントブリッジ、サイドブリッジ(左右)、腹筋、背筋、四股姿勢

各種目は可能な限り動かないように努力する“アイソメトリックトレーニング”

(維持時間) 1セットあたり、最大1分間の姿勢維持

(セット数) 各種目3セットとし、セット間の休息時間は1分30秒とした

#### <トレーニング姿勢の例>



<トレーニング期間前後での評価項目>

(歌唱音声の安定性)

歌唱音階：ピッチは各自の最も得意とするキーの主音，その1オクターブ上，さらに各自が発生可能な最も高い音の3種類とした。

歌唱音響：3種類の各音階について，メゾフォルテ，ピアノ，ピアノシモの3種類の音量で歌唱した。

音源収録：収録機材には，ワイヤレスマイクロフォン・システム，デジタル・オーディオ・インタフェースならびにラップトップコンピュータを用，量子化ビット数16bit，標準化周波数44.1kHzでデジタル収録した。

音響解析：各歌唱について，分析合成系STRAIGHT (Kawahara et al., 2008)による基本周波数の抽出と平滑化スペクトルの推定を実施した。分析フレーム・シフトは5msである。さらに，これにより得られるF0情報を基から自動抽出される「安定区間」に対する音響特徴量を求めた。

基本周波数軌跡を8Hzをカットオフ周波数とする2次のバターワースフィルタで平滑化し，軌跡の上での最初の極大点以降で基本周波数の中央値より40cent以内に入る点から，最後に40cent内にとどまっている点までを安定部と定義した。なお，この定義法が妥当なものとなるために基本周波数軌跡の冒頭と最後には「0」入れたのちに平滑化をかけることとした。また，各特徴量とも同一歌唱者による事前，事後の値を持つので，その差分(事後数値 - 事前数値)を算出した。

分析項目

1. 基本周波数 ピッチの変動
  - a) 標準偏差，b) フレーム間変動，c) 変調周波数，d) 変調深度，e) 変調の周期性
2. 非周期性 音声の持つ全体的非周期性
3. 平滑化スペクトル 音色の変動
  - a) 標準偏差，b) フレーム間変動
4. 強度 ラウドネスの変動
  - a) 標準偏差，b) フレーム間変動，c) 変調周波数，d) 変調深度，e) 変調の周期性
5. 持続時間 発生長さ
6. 呼吸関連機能
  - a) 吸気筋力，b) 呼気筋力，c) 努力性肺活量

以上の値について，鍛錬群と対照群の群間差についてのt検定を実施した。

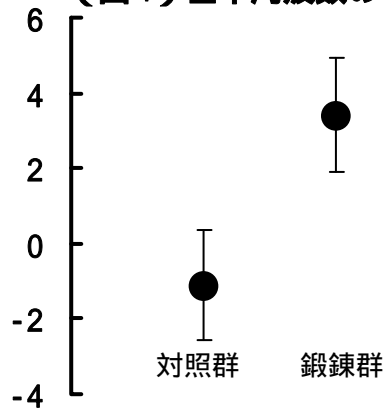
4. 研究成果

<結果>

前述の分析項目のうち，特徴的な変化が認められた項目についてのみ結果を示す。

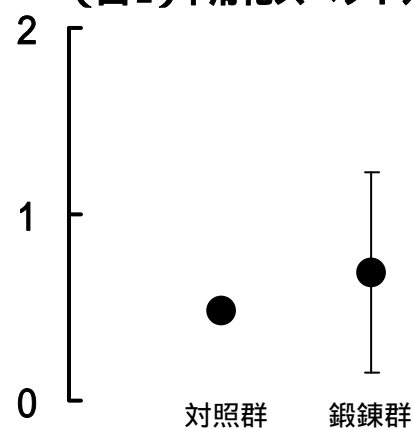
長音歌唱条件で有意差の見られた特徴量  
基本周波数の標準偏差：対照群では下降したが，鍛錬群では上昇した。(図1)

(図1) 基本周波数の標準偏差



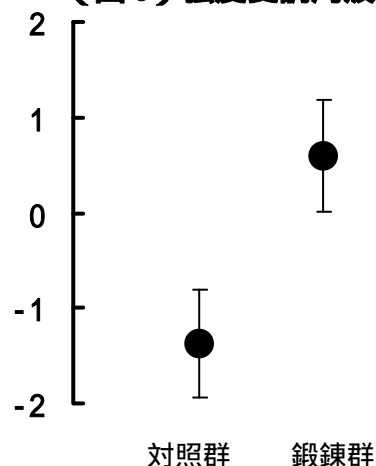
平滑化スペクトルのSD:両群とも上昇傾向であるが，鍛錬群がより大きく上昇した(図2)

(図2) 平滑化スペクトルのSD



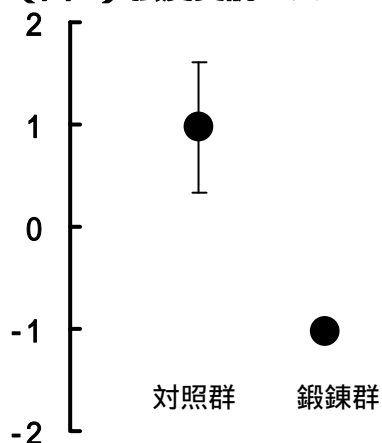
強度変調周波数：対照群では下降気味であったが，鍛錬群では上昇した。(図3)

(図3) 強度変調周波数



強度変調のハーモニシティ：対照群では上昇したが，鍛錬群では下降した。(図4)

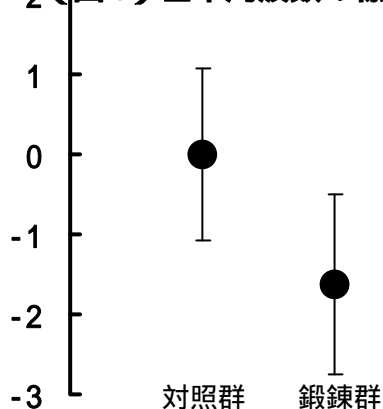
(図4) 強度変調のハーモニシティ



音階歌唱条件で有意差の見られた特徴量

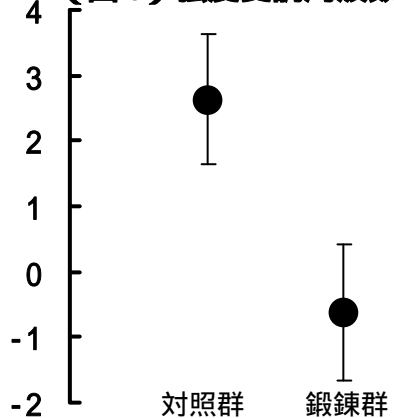
基本周波数の標準偏差：有意差はないが長音条件とは逆の傾向を示した。(図5)

(図5) 基本周波数の標準偏差



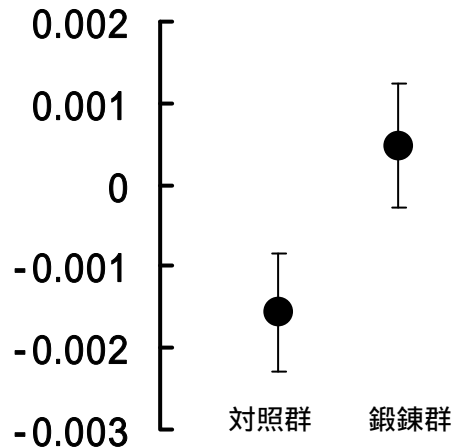
強度変調周波数：対照群では上昇したが，鍛錬群では下降した(図6)

(図6) 強度変調周波数



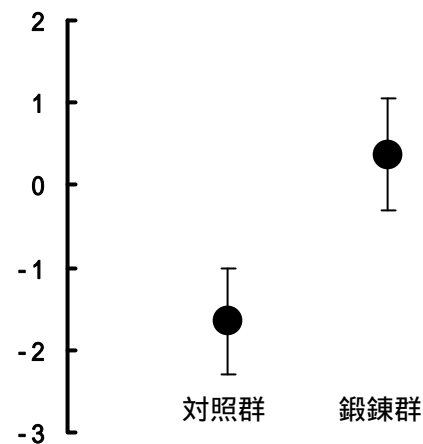
強度変調深度：対照群では下降したが，鍛錬群で上昇した(図7)

(図7) 強度変調深度



強度変調のハーモニシティ：対照群では下降したが，鍛錬群では上昇した(図8)

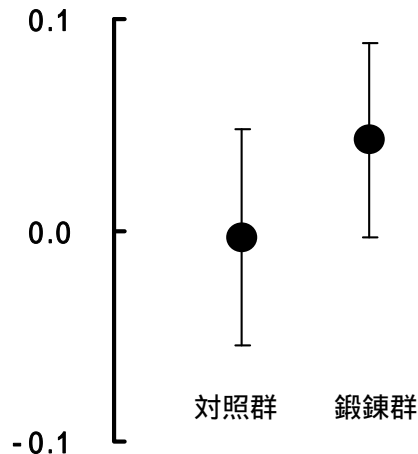
(図8) 強度変調のハーモニシティ



呼吸関連機能

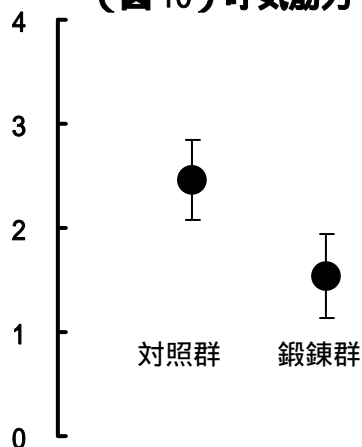
努力性肺活量：両群ともに有意な変化は認められなかった(図9)

(図9) 努力性肺活量



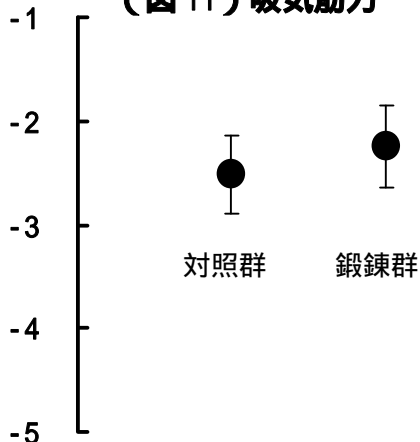
呼吸筋力：両群ともに増加したものの、有意な変化は認められなかった（図 10）

（図 10）呼吸筋力



吸気筋力：両群ともに低下したものの、有意な変化は認められなかった（図 11）

（図 11）吸気筋力



【考察】

歌唱音声に関して、なんらかの意味で体幹トレーニングの有無は効果を出している。但し、今回有意差を示した音響特徴量が「歌唱技術の向上」が体幹筋トレーニングによってもたらされたと結論することは現状では難しい。しかしながら若干アドホックな解釈を試みる。音階を歌唱する場合は、図 7 に見られる強度変調深度は鍛錬群で大きくなっている。これは鍛錬群の方がより深いビブラトをかけようとしており、さらに図 8 で見られるようにその変調の時間的規則性は対照群に比べて低下していない。この側面だけを捉えれば鍛錬群は深い声のビブラトをより規則的に作るようになっていると解釈できる。但し、一定の長音を歌唱する場合は図 4 に見られるように規則性は鍛錬群の方が落ちてしまう。その一方で変調の周波数がより低くなる。つまりゆったりとしたビブラトをかけるようになる。歌唱には、それぞれの文脈で求められる特性が変わるという側面がある。実際にビブラトの付与は歌唱技術の一定の高さを示す一方で、場面に応じて使い分けることが重要視される。今回の実験

協力者達のように合唱の場面では極端なビブラトの付与は調和感を乱すと取られて敬遠されるときもある。つまり、どちらの方向への変化が「良い変化」であるかを現時点で断定することは難しい。しかしながら、体幹筋トレーニングの実施によって、それが無い場合とは異なる変化を閉めうる可能性を示すことができたことは一定の研究成果と考える。

呼吸動作・吸気動作は「呼吸筋」と呼ばれる横隔膜や肋間筋をはじめとする複数の筋収縮によって成り立っている。今回の体幹トレーニングは、それらの筋を収縮させるトレーニングではあるものの、呼吸関連機能を向上させるには至らなかった。

特に声楽では、ロングトーンに必要な肺活量や、短時間に多くの空気を取り入れるための吸気筋力が必要とされる。これらの機能を向上させるためには、別のトレーニングが必要である事が明らかとなった。

近年、スポーツ界やリハビリ界で呼吸機能トレーニングが注目され、実践的研究成果も増えつつある。近々、様々な器具を用いた呼吸機能トレーニングが確立され、より効果的な呼吸機能トレーニングが開発されるであろう。今後は、そのトレーニング法を活用し、声楽や吹奏楽のパフォーマンスに活用できるように研究を進展させたい。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔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〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上 英俊 (Ue Hidetoshi)  
京都市立芸術大学・美術学部・准教授  
研究者番号： 9 0 4 3 3 2 4 2

(2) 研究分担者

津崎 実 (Tsuzaki Minoru)  
京都市立芸術大学・音楽学部・教授  
研究者番号： 6 0 1 5 5 3 5 6

空閑 佐智子 (Kuga Sachiko)  
立命館大学・共通教育推進機構

研究者番号：10573553

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：

(4) 研究協力者  
( )