

声帯の開き具合を意識した高音域歌唱練習システム*

松沢 知花[†], 伊藤 克亘[†],

1 はじめに

カラオケなどの普及によって、歌唱する機会が増加し、歌唱楽曲のジャンルも、ポップスやロック、演歌など多岐にわたる。近年の人気のあるポップスやロックの楽曲は音域が広く、特に高音域の力強い発声が必要とする楽曲が多い。このような楽曲を歌唱するには、地声のように強く裏声の音域を発声する方法 [1] を習得する必要がある。本研究では、この発声法のことをミドルボイスと呼ぶ。この発声法を習得すると、腹式呼吸と同様に、喉に負担をかけずに歌唱音域が広い歌が歌えるようになる。

2 人間の歌唱・声帯の制御

これまで、歌唱音声の特性を明らかにする研究や、人間の歌唱理解に関する研究がおこなわれてきた。例えば、歌唱音声の音響解析に基づく歌唱力評価の考察 [2]、などの研究事例がある。歌唱音声の自動評価に用いられる特徴量は、楽譜情報を用いる場合は、音程やリズム感などであり、楽譜情報を用いない場合は、相対音高やビブラートなどである。木立らの研究 [3] では、呼気量や声質などに着目し、高音域の歌唱をより力強い歌唱に修正した。しかしこれは歌唱自体の上達を目指すものでない。片岡らの研究 [4] では、歌唱練習システムの構築を目的とし、ピッチ、音長、音量を特徴量として分析を行ったが、ミドルボイスの習得といった声区についての記述はない。発声状態や声帯の制御に着目した歌唱音声評価の研究事例 [5][6][7][8][9] は存在するが、ミドルボイスの習得を目指すトレーニングシステムの構築を目的とした研究事例はない。一方で教育学の分野では、ミドルボイスの習得法を用いた発声に関する問題点の改善の検証 [10] が行われている。本研究では、教育学の分野で行われてきたミドルボイストレーニングを自動化することを目指す。

3 高音域歌唱練習システムの実現方法

高音域歌唱練習システムの実現のために、YUBA メソッドを利用する。YUBA メソッドは、ミドルボイス習得法の 1 つで、6 つのステップを踏んで習得を目指す [11]。以下の表 1 のように、裏声と地声をはっきり出し分けることから始め、最終的に、裏声と地声の境目をなくして滑らかに歌唱する。これらのステップを

表 1. YUBA メソッドの手順

LEVEL1	裏声と地声をはっきり出し分ける
LEVEL2	裏声と地声を色々な高さで出す
LEVEL3	裏声と地声で簡単なメロディーを歌う
LEVEL4	両方の声を行き来して歌う
LEVEL5	両方の声を混ぜて喚声点を目立たなくする
LEVEL6	裏声と地声の境目をなくして滑らかに歌唱

踏むことで、各声区で異なる筋肉を使うことを歌唱者

に意識・トレーニングさせることができる。それぞれの項目を習得できたかを自動で判定するには、基本周波数推定と、声区判定をする必要がある。

3.1 基本周波数推定

基本周波数推定には、自己相関関数を用いる。まず、対象の歌声の音声ファイルを読み込み、16000Hz にダウンサンプリングする。次に自己相関関数を求める。この時の分析フレーム長は 512 点、フレームシフトは 256 点とする。上記の手順で得られた歌声の基本周波数を、楽譜情報から得たガイドメロディの基本周波数を重ねて表示し、ピッチが取れているかを可視化する。

3.2 声区推定

裏声と地声の違いを見るには、声帯振動を使用する。声帯振動は、線形予測係数の逆フィルタを用いて声道特性を除去することで推定した。人間の声は、声帯振動と声道特性によって特徴づけられる。

具体的には、肺から送られてくる息によって声帯が振動し、その振動が声道や口の形の影響を受けて発声される。この声帯の振動が声帯振動、声道を通るときの周波数の影響が声道特性である。声帯振動は、振動数が高いと音程が高く、振動数が低いと音程が低くなるといった声の高さに影響する。声道特性は、誰でも似たような概形になり、音韻性に影響を与えている。

まず、対象の歌声の音声ファイルを読み込み、高域強調・16000Hz にダウンサンプリングする。次に次数 28 次で線形予測係数を求め、これを逆フィルタとして歌声に畳み込む。この時の分析フレーム長は 512 点、フレームシフトは 256 点とする。この方法で得た声帯振動のスペクトルから次の式でスペクトル重心を求める。

$$f_g = \int_0^{\infty} fS(f)df \quad (1)$$

このスペクトル重心を基本周波数で割った値を裏声判別指標 [12] という。裏声の場合は、基本波が相対的に大きくなるため重心が低くなり、値が小さくなる。地声はその逆で重心が高く、値が大きくなることを利用している。このような指標を利用して声区が融合されたかを確認する。

4 実験

被験者は、音楽を専門に学んでいない一般男性 1 名である。以下の表 2 に、被験者に関する情報を示す。実

表 2. 被験者の情報

区分	年齢	喚声点	裏声
一般学生・初心者	22 歳	G#	△
発声に関する所見	高音が出しにくい 滑らかなピッチ変化が困難		

験期間は、1 回 30 分～40 分ほどの練習を 3 回行った。実験の最初に、トレーニング前後での効果を測るために、図 4 の楽譜に記されたフレーズを歌唱してもらい、

*: English Title Upper Register Training System with Self-consciousness about the Vocal Fold Status (Hosei Univ.) et al.

[†] 法政大学 情報科学部

ピッチ制御の可否、裏声地声の出し分けの可否を判定する。この時、音韻は/a/で固定する。



図 1. 効果測定に用いたフレーズ

次に、トレーニング用のフレーズを 10 種類歌唱してもらい、それぞれに対してピッチ検出と裏声判定を行う。

5 結果

トレーニング中は、喚声点付近でピッチを外してしまうことが多かった。トレーニング後は、裏声と地声の差がはっきりと分かれている問題が改善した。また、歌いだしのピッチが不安定になることがあったが、練習を繰り返すことで改善した。

トレーニング前後のピッチ推移とスペクトログラムを以下の図 5,5 に示す。ピッチのグラフの横軸が秒単位の時間 (time[s]) を表し、縦軸は周波数 (cent) を表している。スペクトログラムのグラフの横軸は、秒単位の時間 (time[s]) を表し、縦軸は周波数 (Hz) を表している。

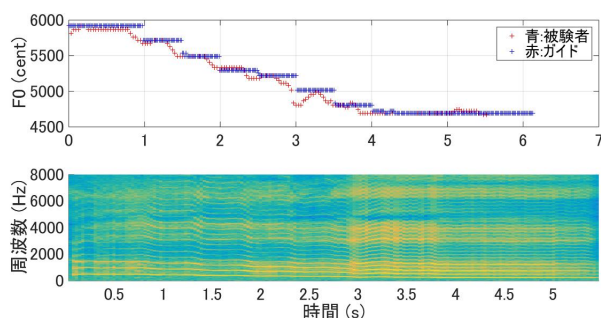


図 2. ピッチ推移とスペクトログラム (練習前)

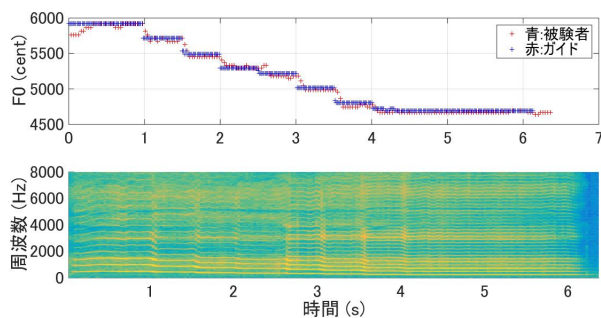


図 3. ピッチ推移とスペクトログラム (練習後)

トレーニング前のピッチは 3 秒付近でピッチがずれていることが分かるが、トレーニング後には改善した。また、スペクトログラムを見ても、練習前はフレーズの前半部分と後半部分で声区が分離してしまっていたのに対し、練習後は声区が融合していることが分かる。しかし、裏声判別指標では有意差は見られなかった。

6 おわりに

一般男性 1 名に対して、ピッチの正確性、スペクトログラムの観察から、声区の融合が見られた。そのため、提案手法は有効であるといえる。今後の課題としては、裏声判別指標の改良と声帯振動のより正確な推定の 2 点が挙げられる。今回は、裏声判別指標を求める際に、50~2500Hz の範囲で求めたが、より高域まで範囲を広げることで、倍音構造をより正確に把握できるため、声区推定もより正確にできるようになる可能性がある。また、声道特性の除去に線形予測係数 (LPC) を用いたが、この手法だと推定誤差が大きいことが問題となる。そのため、より正確に声帯振動を推定できるとされている、ARX-LF モデルを利用する。

参考文献

- [1] ロジャー・ラヴ他 ”歌う力” をグングン引き出す ハリウッド・スタイル 実力派ヴォーカリスト養成術”, リットーミュージック, 2005
- [2] 中野他 ”楽譜情報を用いない歌唱力自動評価手法”, 情処学論, 48 巻 1 号, pp.227-36, 2007-01-15
- [3] 木立 他 ”呼気量のモデル化に基づく歌唱修正システム” 情処学全大 76 巻 2 号 p.2369-p.2370 2014
- [4] 片岡他 ”歌唱支援システム構築のための歌声の分析と評価” 情処学研報 23-30, 1998
- [5] 平山他 ”ポピュラー音楽の歌唱を対象とする高音域発声評価システムの構築” 第 73 回情処学全大, 277 -279, 2011.
- [6] 平山他 ”喉頭の運動に注目した歌唱音声の自動判別と評価” 第 75 回情処学全大, 2.265-2.266, 2013.
- [7] 平野実, ”歌声の調節機構” 音声言語医学会誌, 11 巻 1 号, 1970
- [8] 大谷他 ”声区転換部を含むオペラ歌唱の音響的特性 スペクトル変動に見る音響的指標について”, 日本音楽知覚認知学会誌, 19 巻 1 号, 2013
- [9] 虫明他, ”歌唱における声区転換の可視化に関する研究 (1) —音楽専門家による評価結果と被験者へのヒアリング調査との対応—”, 岡山大学大学院教育学研究科研究集録 第 167 号 (2018) p.37-p.43
- [10] 山崎英明, ”Y U B A 理論 (発声制御理論) に基づいた声区融合の実践における換声点ショックの改善に関する検証”, 三重大学大学院教育学研究科研究集録, 2013
- [11] 弓場徹, ”奇跡のボイストレーニング BOOK”, 主婦の友社, 2004
- [12] 浅野翔大, ”裏声判別指標を用いたボイストレーニングソフトウェア”, 三重大学大学院工学研究科研究集録, 2013