

裏声発声に着目した歌唱力向上メソッドの考案

村井 亮介

Ryosuke Murai

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

ryosuke.murai.5j @stu.hosei.ac.jp

abstract

In order to sing popular music in recent years, it is necessary for a man to utter a pitch sound that cannot be spoken out. When a man sings popular music, he can only produce a high pitched sound with a backsound, flips over with a high pitched sound, or has a hoarse voice. To prevent these, you need to learn mixed voice. In this study, we establish new methods that take into account the problems of the "YUBA method", such as "throat vocalization" and "raising utterance," and devise a practice system for each method. The determination of the mix voice and the back voice is determined using a spectrum or a formant. As a result, the smoothness of voice conversion from voice to back voice and the accuracy of pitch improved. Focusing on the accuracy of the judgment and the improvement rate, it can be said that it is more effective than the YUBA method.

1 はじめに

歌というものは形こそ変わってきたものの、昔から娯楽の一つとして楽しまれてきた。現代では義務教育に音楽の授業があり、スマートフォンでいつでもどこでも音楽を聴くことができる。そしてカラオケなど一般人にとって身近なものになってきており、コミュニケーションをする際に用いられることもある。また、多くのボイストレーニングの本 [1][2] が出版されていることから、上手に歌い上げられるようになりたいと思う人が多いことが確認できる。そこで歌唱という一つの娯楽を楽しむためにも、歌唱力が必要となってくる。

歌唱力には、音程・リズム・表現力の要素があり、カラオケの採点でもそれらを総合した採点が導き出される。しかし、J-POP 曲を雰囲気にとぐわな裏声で歌唱しても高得点が取れてしまうことから発声や声帯の制御の可否はそれほど評価していないことが分かる。そこでカラオケ採点で重要視されていない発声面の可否を判定するシステムを作成する。向上と言っても、各人の度合いによって改善点とその改善策は異なることから、本研究は音程のズレはあまりない、つまり一般的に音痴ではないがうまく歌うことができない男性を対象にする。男性の歌唱の問題点にたびたび見受けられる。「高い声が出せない」「音量や音高が安定しない」などの問題点の提示とこれらに対する具体的な改善策を提案する。そこでミックスボイスに着目して研究を進めていく。ミックスボイスは高音発声をするためには必要不可欠な技術であり、近年の歌手のほとんどがミックスボイスを必要とする楽曲を歌っていることから重要性は明らかである。先行研究では高音発声のよし悪しを判定するシステムを構築していたが、高音発声が可能になるためのシステムは作って

いない。特にミックスボイスなど発声法に着目した歌唱力向上の研究事例は少ない [3][4]。歌唱力をなるべく客観的に評価できるように、喉頭音源の理想スペクトルに近づけることを基準として研究を進めていく。自身の体を楽器のようにコントロールするため、言葉で説明しても既存楽器に比べ感覚的な説明になってしまう。出来ている人の音源を聴きながら、段階的に発声をコントロール可能にしていく。

2 歌唱力向上メソッド

2.1 向上メソッド

従来研究では、YUBA メソッド [5] に沿ってミックスボイス習得を進めていった。YUBA メソッド [5] とは、弓場徹が考案したミックスボイス習得法の 1 つで、6 つのステップを踏んで習得を目指していく。表声と裏声をはっきり出し分けられるかという初歩的なところから、表声と裏声の境目をなくして滑らかに歌唱するところまで段階的にトレーニングをおこなっていき向上を図るものである。表声や裏声を出し分けて発声できているか否かの判定はスペクトルを比較し、聴いたときの主観評価と表声と裏声の明確な違いである高い倍音成分の有無の 2 つを基準にし判定をする。しかし、YUBA メソッドの問題点として「張り上げ発声」「喚声点ショック」が起りやすい。「張り上げ発声」や「喚声点ショック」は一般的に悪い発声と知られており、またそのスペクトルの特徴量はきれいに発声したミックスボイスと似ている場合がある。このことから YUBA メソッドからの習得やそれに対する判定は効果的ではないと考えられる。そこで以上の問題点が起りにくい裏声発声を基準としたメソッドを考案する。新しいメソッドは従来メソッドと違い、裏声からのアプローチを意識して練習をおこなっていく。表声と裏声は使用する筋肉が異なることが一般的に知られており、ミックスボイスは表声と裏声の筋肉どちらも使用する。男性においてミックスボイスが容易に実現できない理由として裏声発声に慣れていないことが原因の一つであり、裏声の筋肉をコントロールすることに重きを置くことでより克服しやすいメソッドであると考えられる。YUBA メソッドと新しいメソッドの手順を図 1,2 に示す。

1	表声と裏声をはっきり出し分ける
2	表声と裏声をいろいろな高さで出す
3	表声と裏声で簡単なメロディーを歌う
4	両方の声を行き来して歌う
5	両方の声を混ぜて喚声点を目立たなくする
6	表声と裏声の境目をなくして滑らかに歌唱

図 1. YUBA メソッドの手順

1	表声と裏声を出し分ける
2	表声と裏声で音程を上下させる
3	喚声点付近で表声と裏声を出す
4	裏声で喚声点以下の音程を出す
5	裏声から表声に変化していく際の感覚を覚える
6	ミックスボイスで声を出していく

図 2. 提案メソッドの手順

2.2 男性の歌唱法と制御

男性の歌唱の問題点の一つとして「高い声が出せない」という点が挙げられる。普段の会話などで使われている声区の表声で高い声を出そうとしてもあの一定の高さ以上の音を発声することはできない。(以後その高さを喚声点と呼ぶ。)喚声点より高い音域を必要とする曲に表声と裏声を混ぜ合わせた声(以後ミックスボイスと呼ぶ。)が必要不可欠となってくる。一般にイメージされていないが、表声から裏声への遷移は離散的に変化するわけではなく、連続的に変化させられる。ミックスボイスを扱うことができない人は、表声だけで発声することができる限界である喚声点以下音域しか歌声として扱うことができない。そして高くなるほど喉を締めた発声になり、聞き苦しいものになる。ミックスボイスを扱えるようになると、少なくとも2オクターブ以上の発声が可能になる。

2.3 発声器官

発声器官は、呼吸器官、声帯、声道の異なる3つのシステムから成り立っている[6]。肺から空気を送り出し、空気が喉頭を通過するときに声帯が振動し閉鎖する。声帯を振動させることによって喉頭原音と呼ばれる音を生み出し、声道の共鳴作用で喉頭原音の振幅を増大することで音を大きくして我々の耳に届いている。我々が一般的に言っている「表声」「裏声」というものは使っている筋肉が違うことから音色の違いが生まれる。表声の発声は甲状披裂筋、裏声の発声は輪状甲状筋を使用することで発声を可能にしている。表声の発声は声帯を振動させる発声で、高くなればなるほど声帯を伸展させる必要がある。一方裏声は声帯は伸展しているが、声帯そのものを振動させているわけではない。声帯の粘膜部のみを振動させて発声する。また表声発声時は声帯が閉鎖する瞬間があるが、裏声発声時は声帯の閉鎖はない。表声だけの発声では、声帯の振動数や筋肉の機能に限界があることからミックスボイスを使わなければならない。

2.4 発声区分

ミックスボイスを用いて、裏声の音域を表声のように聞かせるためには正しい声区で発声する必要がある。表声と裏声の中でも発声法の違いで細かく分類することができる。「チェストボイス」、「ミドルボイス」、「ヘッドボイス」、「ファルセット」の5つ分類することができる。チェストボイスはいわゆる表声(地声)であり、甲状披裂筋を使用して発声する。個人差はあるが、男性は~mid2G(392Hz)付近までまで発声することができる。それ以上の高さを出そうとすると声が裏返る、喉を痛めるといった問題が現れる。ミドルボイス、ヘッドボイスはミックスボイスであり、一般的に男性が喚声点より高い音が含まれている楽曲を歌唱する際に用いられる。音が高くなっていくとともにチェストボイス→ミドルボイス→ヘッドボイスと声区を切り替え歌唱することが理想の発声とされ、このようにミドルボイス、ヘッドボイスへと声区転換するためには甲状披裂筋と輪状甲状筋をどちらも使いこなさなければならない。ファルセットはいわゆる裏声で、輪状甲状筋を使用して発声する。(声区転換の例を図3に示す。)

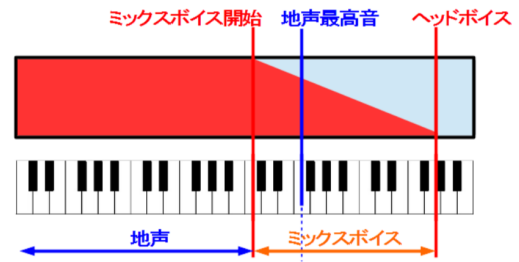


図 3. 声区転換

3 声区判定

3.1 ミックスボイスと裏声

表声と裏声の違いは倍音成分の違いであり、一般的に人々は倍音が多い声を「良い声」と感じさせる[6]。倍音は音を共鳴させることで高い倍音成分が増える。楽器で例えるならば、トランペットが倍音が多く、リコーダーが倍音が少ない楽器として有名であり、リコーダーの音のほうがより簡素な音に感じる人が多いだろう。表声は倍音が多く含まれるため、人々に良い印象を与えやすい。一方裏声は倍音が少ないため大衆に良い印象を与えにくい。またミックスボイスは表声に似たスペクトルを示すことが分かっている。音の高さに応じて響かせる場所を胸から頭まで推移していくことを意識して発声することで共鳴しやすくなり、結果的に倍音を多く含んだ声を発声できることが分かった。

3.2 倍音判定

対象の歌声の音声ファイルを読み込み、8000Hzにダウンサンプリングする。フレーム長は256点分とし、フーリエ変換を用いて周波数成分を解析した。ミックスボイスと裏声のスペクトルを比較すると高い倍音成分に大きな違いが現れている。ミックスボイスは高い周波数成分まで強く現れており、母音特徴が大きく反映されている。ここでは「あ」の母音の特徴量が反映されている。裏声は基本波が強く現れており、4倍音あたりから急激に落ち込んでいる。母音特徴もミックスボイスのスペクトルと比較しても分かりづらい。表声発声は整数倍音がきれいに出来るが、裏声発声は整数倍音がきれいに出来ないこともある。スペクトルの図を以下の図4に示す。

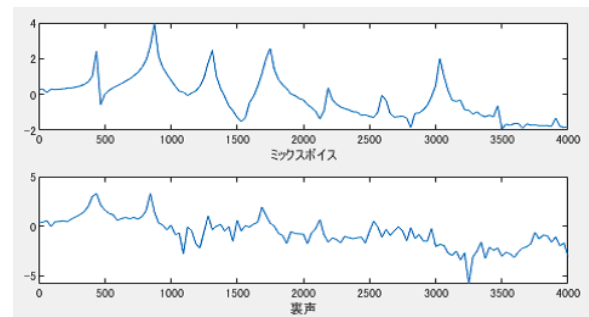


図 4. スペクトル比較

3.3 ミックスボイスと裏声の判別

裏声はミックスボイスに比べ、高い周波数成分が出ていないことが特徴として挙げられる。第一フォルマントと第三フォルマントの傾きを使い、ミックスボイスと裏声の判別をおこなう。図は440Hzで「あ」の音を発生したもので、上がミックスボイス、下が裏声のスペクトルである。第一フォルマントが870Hz付近、第三フォルマントが3000Hz付近に現れている。さまざまな喉頭音源を収集し、その音源がミックスボイスか裏声かを仕分けた。各々のフォルマントの傾きを学習させ、その傾きに

より近い方に判定するシステムを構築した。フォルマントの傾きを図5に示す。

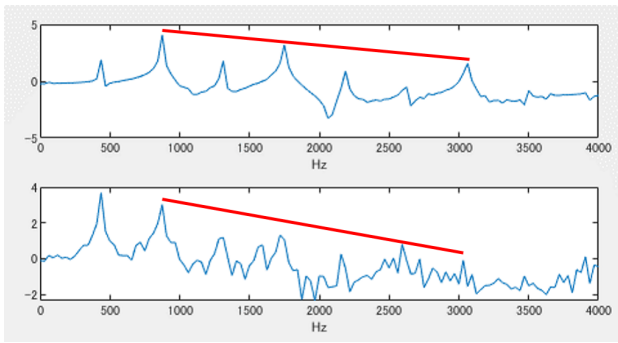


図5. フォルマント比較

3.4 フォルマント比較の重要性

フォルマントはその音の音色、音韻を決定づけるものでピークが強く出ることが特徴である。母音ごとにフォルマントの周波数が大きく異なるため、スペクトル包絡で推定すると精度が低くなってしまふ。歌声らしい喉頭音源の共通点として第三フォルマント（歌唱フォルマントとも呼ばれる）が強く現れることが一般的に知られている。図は「あ」と「い」のスペクトルを表示したものであるが、「あ」のスペクトルは1000Hz付近が強く現れており、そこが第一フォルマントだと推定できる。一方「い」のスペクトルは500Hz付近が強く出ており、第一倍音が第一フォルマントだと推定できる。それ以降は倍音が出づら傾向がある。このように母音によって倍音成分が大きく変化する。母音ごとのスペクトルの違いを図6に示す。

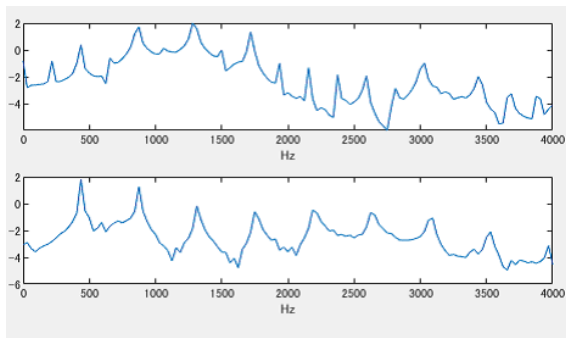


図6. 「あ」と「い」のスペクトル比較

3.5 ミックスボイスと裏声の判別の問題点

スペクトルの倍音構造やフォルマントの傾きでミックスボイスか裏声かを判定するプログラムであり、歌声のある一点を取り出して解析することから声区のスムーズな変化を正確に判定することが難しい。ミックスボイス練習メソッドにおいて声区転換の項目からはスペクトログラムから可否判定をする必要がある。図7は同一のフレーズを歌ったもので、上が成功例。下が喚声点ショックのフレーズである。基本周波数~2000Hz付近に注目すると、下は上に比べて倍音の形が崩れている時間が長い。新規提案メソッド5,6はスペクトログラムの乱れから判定をする。スペクトログラムでの比較を図7に示す。

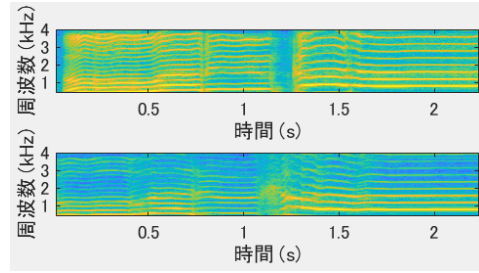


図7. スペクトログラム比較

3.6 声区転換の可否判定

スムーズな声区転換は動的特徴量を用いて判定をおこなっていく。スペクトルの時間方向の動的特徴の特徴は音声認識にとって重要なパラメータであり、これを回帰モデルでモデル化する。動的特徴量が大きいほどスペクトログラムが変化しており、入力音声とモデルを比較し、自動判定するシステムを作った。

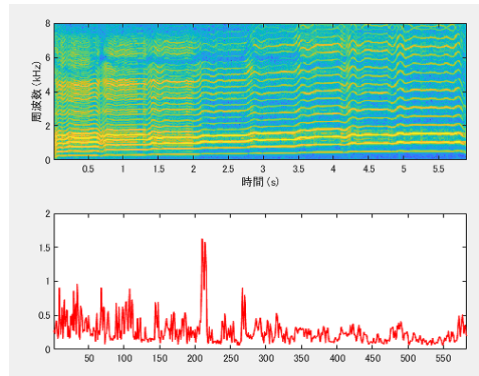


図8. 声区転換判定

4 実験

4.1 被験者の特徴

3人の被験者が新しいメソッドを練習している。被験者Aは素人の目線でも音程の乱れがあり、喚声点より高い音域は発声することができない。また喚声点に近づくほど音程の乱れが大きくなり、聞くことに不快感を覚える場合もある。被験者Bは人によっては上手いと思うこともあるが、よく聞くと声区転換に違和感がありピッチの乱れがある。被験者Cはピッチは合わせられるが、表声と裏声の乖離が激しくミックスボイスとは程遠い。メソッド実行前の状態を図9に示す。

	発声の特徴
被験者A	喚声点より高い音を出せない 素人目に気になるピッチのズレ 裏声は出せるが、歌に組み込めない 喚声点より高い音を出せる
被験者B	声区転換が上手ではない 裏声を歌に組み込むことができる
被験者C	喚声点より高い音を出せない 出せる音ならピッチを合わせられる 裏声を歌に組み込むことができる

図9. 被験者特徴

4.2 評価

主観評価と客観評価両方を考慮する。主観評価はメソッド実行前と実行後、被験者自身の感覚がどう変化したかをまとめる。客観評価はスペクトル及びスペクトログラムからメソッド練習フレーズができているかどうかを自動判定するプログラムを用いて判断する。

4.3 練習

被験者各々のメソッドの進捗具合に合わせた練習を提案した。よりメソッドの効率性を高めるために一人一人の問題点、自身の懸念点などを相談し、各々に適したステップの提案をした。メソッド開始前の被験者の様子を図 10 に示す。

	LEVEL	メソッド開始時の所見
被験者A	2	裏声の音量が極端に小さい 歌になるとピッチのずれがある
被験者B	4	喚声点を跨ぐ1オクターブの変化は可能 歌によって声区転換の可否が極端に分かれる
被験者C	3	裏声の音量が小さい 喚声点を跨ぐ1オクターブの変化ができない

図 10. メソッド開始時の状況

被験者 A の所見として、歌いなれておらず、表声の筋肉と裏声の筋肉を柔軟に動かすことが必要と考えられ、「表声と裏声で音程を上下させる」メソッド 2「表声と裏声で音程を上下させる」からの開始となる。表声と裏声で歌うことに慣れる必要があるため、1 オクターブを行き来するトレーニングをおこなった。また、実際の歌唱を視野に入れ、喚声点より十分低い曲を表声のみでの歌唱。喚声点より高い音合唱曲のソプラノパートを歌い感覚を養っていく。被験者 B の所見として、ミックスボイス自体は発声することができるが、喚声点ショックが起きてしまい曲中に滑らかに声区転換ができない。スペクトログラムからもその様子が確認できた。メソッド 4「裏声で喚声点以下の音程を出す」からの開始となる。hiC(523Hz)～mid2C(262Hz)へスムーズに下げていくトレーニングをおこなった。裏声のみで mid2C を発生することはほぼ不可能であることから徐々に表声の発声が見れる。声区が徐々に変化していく感覚を養っていく。被験者 C の所見として、ピッチのずれが少ないことから、表声と裏声を出す筋肉は別々になら十分使うことに慣れていように見受けられる。メソッド 3「喚声点付近で表声と裏声を出す」からの開始となる。一般的な喚声点は mid2G(392Hz) 付近と知られているため、± 3 音周辺を目安にトレーニングをした。また実際の歌唱を視野にいれ、さまざまなテンポでの練習を提案した。表声と裏声の練習スケールを図 11 に示す。



図 11. 表声と裏声の練習スケール

4.4 練習後

被験者各々がメソッドを進められた。筋肉を動かす運動の延長線であることからイメージの変化をまとめていく。被験者 A の主観評価として「歌声の引き出しが増えた」「音痴ではあるが音程をコントロールしやすくなった」などが挙げられた。被験者 B の主観評価として「張り上げ気味のミックスボイスから裏声よりのミックスボイスも曲中に扱えるようになってきた」などが挙げられた。ミックスボイスの表声と裏声の成分量をコントロールできるようになった。被験者 C の主観評価として「裏声をよりコントロールできるようになった」「ミックスボイスの音域が場合によっては発声できるようになった」などが挙げられる。メソッド実行後の被験者の様子を図 12 に示す。

	LEVEL	メソッド実行後の所見
被験者A	4	表声と裏声を曲中にスムーズに変化 裏声の質の向上。倍音成分の増加
被験者B	6	曲調に合わせたミックスボイスのコントロール 音域の拡張
被験者C	5	ミックスボイスが状況によって使える 裏声の質の向上、倍音成分の増加

図 12. 実行後の被験者の様子

4.5 結果

新規メソッドの実行結果、3 人の被験者は歌声をコントロールできるようになった。被験者全員に言えることは今まで使っていなかった筋肉をメソッドを通じて動かす練習をすることができた。発声したい音高に対して正しい声区を判断し、ほぼ正確なピッチで発声することができた。

4.6 考察

向上した人の共通点として最低限ピッチがとれていることが挙げられた。前述したとおり、出したい音高に対して正しい筋肉の使い方が分からなかっただけと考えられる。出したい音高と自身が発声している音高の違いが判らない人は新規メソッドの効果はなかった。以上のことから提案メソッドはミックスボイス習得に進みつつ、自身が発声したい音高を発声できるようになるメソッドだと考えられるが、しかし被験者が 3 人と少ないことからすべての人に同様な向上結果が見れる確証は薄い。引き続き被験者を増やしメソッドの有用性について追及していく必要があるだろう。また根本的な音痴の解決には違ったアプローチが必要だと考える。

5 おわりに

メソッドの考案としては従来研究の YUBA メソッドの問題点を克服したメソッドを考案できた。被験者のメソッド実行前からメソッド実行後までの変化から、表声の発声で使用する甲状披裂筋と裏声の発声で使用する輪状甲状筋の筋肉を柔軟に動かせるようにすることがミックスボイス習得の基本だと考える。メソッドの考案としては従来研究の YUBA メソッドの問題点を克服したメソッドを考案できた。被験者のメソッド実行前からメソッド実行後までの変化から、表声の発声で使用する甲状披裂筋と裏声の発声で使用する輪状甲状筋の筋肉を柔軟に動かせるようにすることがミックスボイス習得の基本だと考える。またスペクトログラムで推定した声区転換の可否判定法を確立することができた。声区転換の可否について言及している論文がなかったことから、独自性を持ったメソッドを作ることができた。

参考文献

- [1] 弓場徹, “声美人・歌上手になる 奇跡のボイストレーニング BOOK”, 主婦の友社, 2004.
- [2] 亀淵友香 “あなたの声がぐんぐんよくなる!!”, 主婦と生活社, 2006.
- [3] 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”.
- [4] 平山他 “ポピュラー歌唱における高音域の声区と発声状態の判別手法” 第 74 回情報処理学会全国大会論文集
- [5] 中野倫靖, 後藤正孝, 平賀謙 “楽譜情報を用いない歌唱力自動評価手法” 情報処理学会論文誌, 48 巻 1 号, pp227-236, 2007-01-15
- [6] Johan Sundberg “The Science of The Singing Voice” .
- [7] 中村明一 “倍音・音・ことば・身体の文化誌”, 春秋社, 2010.