

## 音響特徴量に基づく初学者の歌唱評価法の検討

—継続的訓練における音響特徴量の推移—

A Consideration of Evaluation Method for Singing Voice by Novice Learner  
based on Acoustic Features  
- Changes at Continuous Trainings in 4 weeks -佐久間 雄輝<sup>\*1</sup>, 山辺 大貴<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*2</sup>, 伊東 一典<sup>\*2</sup>, 池田 京子<sup>\*3</sup>橋本 昌巳<sup>\*2</sup>, 大谷 真<sup>\*2</sup>, 山下 泰樹<sup>\*4</sup>, 浅沼 和志<sup>\*5</sup>Yuki SAKUMA<sup>\*1</sup>, Daiki YAMABE<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*2</sup>, Kazunori ITOH<sup>\*2</sup>, Kyoko IKEDA<sup>\*3</sup>  
Masami HASHIMOTO<sup>\*2</sup>, Makoto OTANI<sup>\*2</sup>, Yasuki YAMASHITA<sup>\*4</sup>, Kazushi ASANUMA<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> 信州大学大学院理工工学系研究科<sup>\*2</sup> 信州大学工学部<sup>\*3</sup> 信州大学教育学部<sup>\*1</sup> Division of Science & Technology Master's  
Program, Shinshu University<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering,  
Shinshu University<sup>\*3</sup> Faculty of Education,  
Shinshu University<sup>\*4</sup> 長野県工科短期大学校<sup>\*5</sup> 国立長野工業高等専門学校<sup>\*4</sup> Nagano Prefectural Institute of Technology<sup>\*5</sup> Nagano National College of Technology

Email: 13tm519e@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、歌声の音響分析に基づく声楽初学者に対する発声指導法の探究である。ここでは、独唱での歌声を対象に、音響特徴量としてパワー、ピッチ、周波数スペクトルに着目する。本稿では、1ヶ月間の継続的訓練における音響特徴量の経時変化を考察する。

キーワード：歌声、歌唱指導、音響特徴量、声楽初学者、声楽発声指導

## 1. はじめに

近年、歌声の音響分析の報告は多くされている。例えば、歌声の音響的な特性である Singer's formant やビブラートに着目したものや、歌声の心理的な特性に着目したものなどがある<sup>[1]</sup>。また、音響分析の結果は歌声合成等に应用されるが、歌唱の教育場面の習熟度評価に应用される事例は少ない。

本研究の目的は、歌声の音響分析に基づく声楽初学者に対する発声指導法の探究である。我々のこれまでの研究成果として、短期的な声楽発声実験における音響特徴量の変化が検討された<sup>[2]</sup>。本稿では、1ヶ月間の継続的声楽発声の訓練を通して、歌声に含まれる音響特徴量の経時変化について考察する。

## 2. 評価用楽曲と音響特徴量

## 2.1 評価用楽曲

評価用音声を集めるための楽曲は、声楽発声指導者（以下、指導者）の意見を参考に、「故郷」（作詞：高野辰之、作曲：岡野貞一）とした。評価用音声のうち「かのやま」の箇所を評価対象区間とした。

## 2.2 音響特徴量

音響特徴量として、パワー、Q 値、ピッチ、倍音構造における Singer's formant 帯域の含有率（以下、SFR）、ビブラートに着目した。パワーは評価対象区間全体での平均値[dB]として求める。また、Singer's formant の鋭さとして、評価対象区間における各母音発声区間の LPC ケプストラム曲線の 2.0~4.0 kHz 区間でのピークの鋭さ（Q 値）を用いる。

ピッチは2分音符の長さを有する「かの」と「ま」の発声区間の中央値±25%である4分音符分の長さについて、理想音高との比較から正しい音程の比率

を評価した。「かの」の部分区間 A、「ま」の部分区間 B とした。ピッチは、220Hz を基準に cent 変換を行い、それぞれの理想音高から±25cent の領域を正しい音程（以下、理想領域）とした<sup>[3]</sup>。

倍音構造は評価対象区間における各母音での発声区間から取得された FFT データの各パラメータを、RMS 値に変換し、1/6 オクターブバンド分析により求めた。その中から、Singer's formant 帯域の成分を抽出することで SFR を求めた。

ビブラートは cent 変換されたピッチから、周波数が 4~8Hz、かつ振幅が 30cent 以上である区間とした。この条件に見合う区間の合計をビブラートの継続時間として求める。

## 3. 継続的な発声訓練の実験

本実験では表 1 の被験者に対して、指導者により 1ヶ月の間に定期的な発声指導を与えた。これらの指導前後での音響特徴量の変化を考察する。

## 3.1 実験方法

被験者は、非音楽系学科所属で声楽未経験な大学生 2 名（被験者 A, B）と、教育学部音楽科所属の大学 1 年生 2 名（被験者 C, D）の計 4 名である。被験者のプロフィールを表 1 に示す。実験手順は以下の通りとした。指導期間は約 1 カ月であり、発声指導は計 4 回受ける。1 回の指導時間はおよそ 30 分間である。1 回目の指導のみ、全員が同じ内容の指導を受け、2 回目以降の指導では、男性と女性に分かれて指導を受ける。指導期間中は、指導者の意見を参考にし、指導の無い日には 20 分間の個人での発声訓練（自主練）を行うように指示した。個人での発声訓練は毎日行うことを目標とし、最低でも

表 1 被験者のプロフィール

被験者	歌に関する経験年数	パート
A (男性)	アマチュア男声合唱団に所属 (大学1年から4年間) アマチュア混声合唱団に所属 (大学1年から4年間)	バリトン
B (男性)	アマチュア男声合唱団に所属 (大学1年から4年間) アマチュア混声合唱団に所属 (大学1年から4年間)	テノール
C (女性)	声楽経験(高校3年から) アマチュア混声合唱団に所属 (大学1年から1年間)	ソプラノ
D (女性)	声楽経験(高校1年から) アマチュア混声合唱団に所属 (大学1年から1年間)	ソプラノ

2日に1日は行うこととした。また、指導期間中は各被験者にレッスン記録（自主練内容や歌に関する活動などの記録）を付けるように指示した。

また、被験者 C, D については「故郷」のみでは音域が狭かったため、2回目以降の指導で「Caro mio ben」（作曲：Giuseppe Giordani）も用いている。

各回の指導前後にそれぞれ2度收音し、評価対象とした。音声の收音は、静かな教室で行った。歌唱者には、レコーダ（SANYO：ICR-PS605 RM）から2m離れた正面において立位で歌唱させた。音声の收音条件は、サンプリング周波数 44.1 kHz、量子化ビット数 16bit である。

### 3.2 実験結果

今回の実験では、評価対象とした音響特徴量 5 種の内、パワー、Q 値、ピッチ、SFR に特徴的な差が確認された。これらの特徴量の経時変化について、1回目の指導前(1-pre)、4回目の指導前後(4-pre, 4-post)の3点で比較する。これらの点において、1-pre と 4-post では実験を通しての成果を、1-pre と 4-pre では 30 分間の指導の影響がない状態での成果を、4-pre と 4-post では 1 度の指導による変化を確認する。

図 1 にパワーとピッチの分析結果を示す。パワーでは 1-pre と 4-pre の比較では全員が向上した。また、4-pre と 4-post の比較では男女間で差が生じた。ピッチは 3 名の被験者において、1-pre との比較で、4-pre, 4-post 共に向上している傾向がみられる。区間 A と区間 B では、図に示す各点での変化に全被験者に共通する傾向は確認できなかった。

図 2 に SFR と Q 値の分析結果を示す。ここでは評価対象区間の中の「ま」に着目している。SFR は指

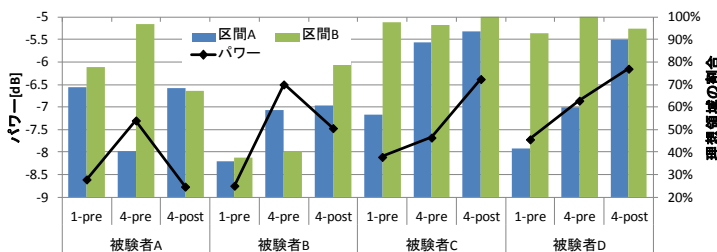


図 1 実験結果（ピッチ、パワー）

導を経て上昇していく傾向がみられる。また、Q 値では被験者に共通した変化はみられなかった。

### 3.3 考察

指導前の被験者に対する指導者の意見として、男性には音程の矯正やレガート唱法の習得の必要性が挙げられていた。また、女性には声楽経験もあり、1年生としては歌唱技量があったため、男性より高度な目標となる声の揺れの矯正や、五母音の響きを揃えるための指導が必要とされていた。

継続的指導においては、男性に対しては正しい姿勢・レガート唱法・声の方向性についての指導が中心に行われた。女性に対しては発声法や呼吸法・レガート唱法の意識に関する指導が中心に行われた。

これらのことから、4-post 時に男性 2 名のパワーが低下したのは、歌唱法に意識を向けたことにより、無理な力みが取れていた為であると推測される。

また、指導後の被験者に対する指導者の意見では、被験者全員に歌う基本姿勢が整ってきたことや、声が安定してきたなどが挙げられた。また、特に男性に対しては力まずに声量を増やせるようになったこと、女性に対しては響きのある声が出せるようになったという意見もあった。これらの意見は、SFR の向上やパワーの向上に対応付けられることから、発声指導の成果と考えることができる。

### 4. おわりに

本稿では、1 カ月にわたる継続的な訓練から、音響特徴量の経時的な変化について考察した。その結果、注目した音響特徴量の中には被験者に共通して向上しているモノがあり、指導者の実験後の印象とも対応付けられることが確認された。今後は、これらの結果をふまえ、更に長期の継続的訓練における音響特徴量の経時変化について考察し、より効果的な初学者の歌唱評価方法を検討する。

#### 参考文献

- 後藤真孝他: "歌声情報処理の最近の研究," 日本音響学会論文誌, Vol.64, No.10, pp.616-623 (2008) .
- 山辺大貴他: "歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討", 電子情報通信学会技術研究報告応用音響研究会, Vol.112, No.266, pp.61-66 (2012) .
- 香山瑞恵他: "指導者知識に基づく初合唱学習支援システムの構築とその評価", 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.2, pp.365-379 (2010) .

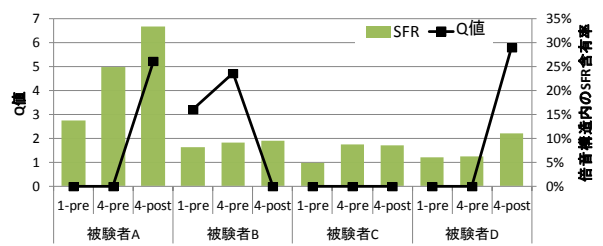


図 2 実験結果（「ま」での SFR, Q 値）