

歌声の音響特徴量の比較に基づく歌唱スキル習熟度の考察

Consideration of growth of singing skills based on the comparison of acoustic features of the singing voice

佐久間 雄輝*¹
Yuki Sakuma

香山 瑞恵*²
Mizue Kayama

池田 京子*³
Kyoko Ikeda

大谷 真*²
Makoto Otani

橋本 昌巳*²
Masami Hashimoto

伊東 一典*²
Kazunori Itoh

*¹ 信州大学大学院理工学系研究科

Graduate School of Science and Technology, Shinshu University #1

*² 信州大学工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University #2

*³ 信州大学教育学部

Faculty of Education, Shinshu University #3

The purpose of this study is to establish a teaching method of singing based on acoustic features of singing voice. At our first step, we explore the relationship between acoustic features of singing voice and singer's growth processes. Our subjects are all solo singer. In this study, we focus on the quantitative features of Singer's Formant: the peak sharpness (Q-factor) and the Second Formant ratio (SFR). In this paper, the changes in these features of two beginners are considered based on the results of two experiences, which are 1 month special training and 1 year regular training. After 1 year training, both in the Q-factor and SFR, all subject show larger value than before 1 month training.

1. はじめに

近年、歌声特有の音響特徴量に着目した研究として、邦楽歌唱や民謡歌唱における音響分析等が盛んに行われている。また、典型的な良い声の条件としてビブラートや Singer's formant を有することが挙げられており、それらが「歌声らしい」という聴感的印象に影響を与えているという知見がある[斎藤 08]。しかし、Singer's formant の定義はいくつか存在している。例えば Sundberg は男性オペラ歌手の母音スペクトルに現れる 2.8 kHz 付近のピークであるとしており[Sunberg 74]、中山らは能楽による歌唱でも 3~4 kHz 付近に同様のピークが見られる事を示している[Nakayama 04]。また、斎藤らはソプラノ歌手の場合、音源の非周期性指標が 3 kHz 付近において非常に小さくなる事を示している[斎藤 08]。このように、Singer's formant は有無について議論される事が多いが、その強度が評価された例は少なく、歌唱の習熟度の評価への応用は十分議論されていない。

これまでの研究で、Singer's formant のピークの鋭さ(Q 値)を定量化することで、習熟度の評価が出来る可能性が示唆されている[山辺 12]。本研究では、音響分析の結果を応用し、音響特徴量を可視化することで歌唱者の発声法の向上の助けとなるようなシステムを構築することを目的とする。そのために、Singer's formant が含まれるとされる高周波帯域(2-4 kHz)の鋭さと含有率を定量的にとらえることで、習熟度評価の確立を目指す。

本稿では、音響特徴量として LPC スペクトル包絡線における高周波帯域の鋭さを Q 値、周波数スペクトルにおける高周波帯域の含有率を SFR(Second Formant ratio)として定量化し、それによる習熟度評価の検証と考察を行う。以降の章では、初学者に対する中期的な歌唱指導にともなう Q 値と SFR の遷移と、そ

の指導から一年が経過した時点での Q 値と SFR を比較することで、Q 値と SFR の習熟度との関連について議論する。

2. 音響特徴量とその計算方法

本研究で着目する音響特徴量は Q 値と SFR である。音声の分析ツールとして音声工房(NTT アドバンステクノロジー)を用いており、分析の対象区間は評価対象区間における母音の安定区間の 500 ms である。

図 1 に LPC スペクトル包絡と周波数スペクトルの例を示す。左軸は LPC スペクトル包絡における相対強度レベルを示しており、右軸は周波数スペクトルの RMS 値を対数で示している。本研究では、LPC スペクトル包絡の第二フォルマントの鋭さを Q 値と称する。LPC スペクトル包絡の分析条件を以下に示す。

・窓関数: ハミング窓 ・窓長: 30 ms ・分析次数: 12

Q 値の抽出には、包絡線の高周波帯域において上に凸の波形が見られることを条件としており、ピークの周波数 f_a と、 f_a の相対レベルに対して値が -3 dB となる周波数を f_b , f_c として、次式により算出している。

$$Q = \frac{f_a}{f_b - f_c}$$

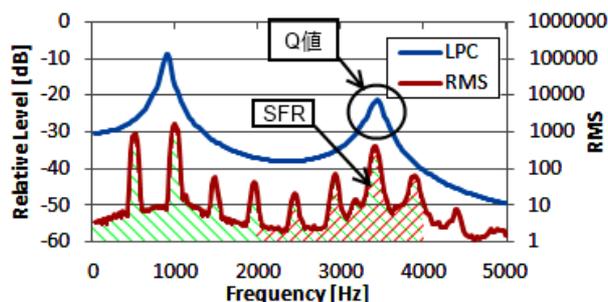


図 1: LPC スペクトル包絡と周波数スペクトル

連絡先: 佐久間 雄輝, 信州大学大学院理工学系研究科

住所: 長野県長野市若里 4-17-1

E-mail: 13tm519e@shinshu-u.ac.jp

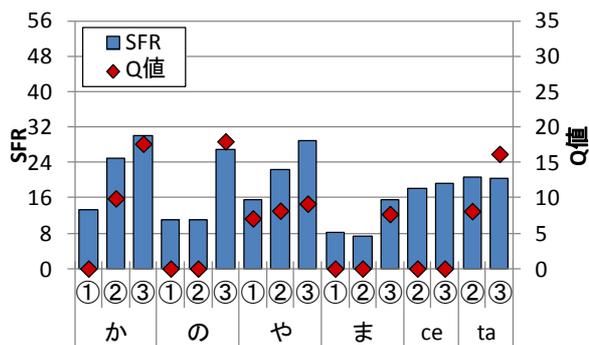


図 2: 被験者 A の Q 値と SFR

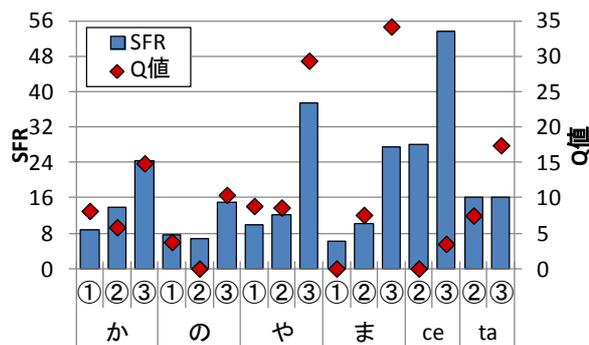


図 3: 被験者 B の Q 値と SFR

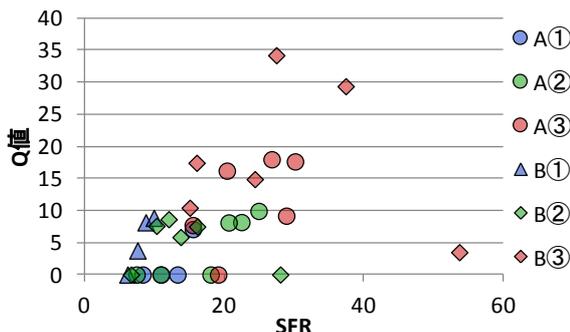


図 4: 被験者 A, B での SFR-Q 値の関係

また、高速フーリエ変換を行うことで周波数スペクトルを算出している。高速フーリエ変換の分析条件を以下に示す。

・窓関数: ハミング窓 ・フレーム周期: 10 ms ・窓長: 30 ms

LPC スペクトル包絡の第二フォルマントに相当する帯域と同様に、周波数スペクトルでの高周波帯域を対象としてその帯域の割合を SFR と称する。こちらは上に凸の波形が見られない場合でも算出する。SFR の計算式を以下に示す。

$$SFR = \frac{2\sim 4 \text{ kHz の RMS 値の合計}}{4 \text{ kHz までの RMS 値の合計}} \times 100$$

3. 初学者への指導実験とその後の観測の比較

本研究では 2012 年度入学の教育学部音楽科所属の大学生 (女性) 2 名であり、それぞれ被験者 A, B とする。2012 年度に声楽発声指導者により 1 ヶ月間の定期的な発声指導を行っており [佐久間 13]、さらに 2013 年度に再度収録を行い、音響特徴量の変化を観測する。1 ヶ月間での発声指導の回数は 4 回であり、指導前後に収録を行っている。この中で対象としたのは 1 回目の指導前の収録結果 (以後①とする) と 4 回目の指導後の収録結果 (以後②とする) であり、同条件での収録を 1 年後に行い、分析 (以後③とする) している。

評価用音声を集めるための楽曲は声楽発声指導者の意見を参考に「故郷」と「Caro mio ben」(②, ③のみ) とした。「故郷」では「かのやま」の部分の評価対象とし、「Caro mio ben」では「cassa:e」と「tanto:a」の部分の評価対象とした。音声の収録は、静かな教室で行い、歌唱者には、レコーダ (SANYO : ICR-PS605 RM) から 2 m 離れた正面において立位で歌唱させた。音声は、サンプリング周波数 44.1 kHz、量子化ビット数 16 bit で収録した。

3.1 実験結果

図 2, 3 はそれぞれ被験者 A, B の Q 値と SFR のグラフである。ここから、①②と③を比較すると、いずれかもしくは両方の値が上昇している傾向がみられる。また、図 4 は各実験での Q 値

と SFR の関係をプロットしたものである。図 4 からは、特に③での両値の上昇が顕著に現れており、被験者 A, B ともに同様の傾向がみられる。

3.2 考察

声楽発声指導者から、1 ヶ月間の指導を通して「響きのある声が出せるようになった」というコメントが得られた。また、③については共通して「声が成長している」ことが指摘され、特に、被験者 A には「響きが柔らかくなった」、被験者 B には「鳴るようになった」というコメントを得た。これらのコメントは、図 4 に特に現れているように③での Q 値と SFR の増加と関係があると考えられる。このことから、実際に声が良くなる、すなわち習熟度が高くなることで、これらの値も高くなるのではないかと推測できる。

しかし、被験者 B の ce③で SFR が特に高い場合がある。これは、対象の音高が高く、高周波帯域に本研究の目的とは異なるフォルマントが含まれたためである。これを解消する為に、分析の対象領域を 2-4 kHz から狭める必要性が考えられる。

4. おわりに

本稿では、歌声を Q 値と SFR の 2 つの値へと定量化し、それによる習熟度評価について考察した。その結果、習熟度の上昇につれ、これらの値が上昇する傾向がみられた。今後は指導実験を課せずに初学者の音響特徴量を定点観測することで、習熟度と音響特徴量の関係を調査していく。

参考文献

[斎藤 08] 斎藤 毅, 辻 直也, 鶴木 祐史, 赤木 正人: 歌声らしさの知覚モデルに基づいた歌声特有の音響特徴量の分析, 日本音響学会誌, Vol.64, No.5, pp.405-417, 2008

[Sunberg 74] J. Sundberg: Articulatory interpretation of the 'singing formant', J. Acoust. Soc. Am., Vol.55, No.4, pp.838-844, 1974

[Nakayama 04] I. Nakayama: Comparative studies on vocal expression in Japanese traditional and Western classical-style singing, using a common verse, Proc. ICA, pp.1295-1296, 2004

[山辺 12] 山辺 大貴, 池田 京子, 香山 瑞恵, 大谷 真, 橋本 昌巳, 伊東 一典, 山下 泰樹, 浅沼 和志: 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, 信学技報, 応用音響 EA, Vol.112, No.266, pp.61-66, 2012

[佐久間 13] 佐久間 雄輝, 山辺 大貴, 香山 瑞恵, 伊東 一典, 池田 京子, 橋本 昌巳, 大谷 真, 山下 泰樹, 浅沼 和志: 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—, 第 38 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.141-142, 2013