

## 歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく 初学者の音響特徴量に関する考察

### A Consideration of Acoustic Features with Frequency Characteristics related to Singing Skill in Singing Voice of Novice Singers

野田 美春<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*1</sup>, 池田 京子<sup>\*2</sup>, 山下 泰樹<sup>\*3</sup>, 伊東 一典<sup>\*1</sup>, 浅沼 和志<sup>\*4</sup>

Miharu NODA<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>, Kyoko IKEDA<sup>\*2</sup>,

Yasuki YAMASHITA<sup>\*3</sup>, Kazunori ITOH<sup>\*1</sup>, Kazushi ASANUMA<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup>信州大学工学部, <sup>\*2</sup>信州大学教育学部, <sup>\*3</sup>長野県工科短期大学校, <sup>\*4</sup>国立長野工業高等専門学校

<sup>\*1</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University, <sup>\*2</sup>Faculty of Education, Shinshu University

<sup>\*3</sup>Nagano Prefectural Institute of Technology, <sup>\*4</sup>National Institute of Technology, Nagano College

Email: <sup>\*1</sup>{12t5065a, itohk}@shinshu-u.ac.jp, <sup>\*1</sup>kayama@cs.shinshu-u.ac.jp,

<sup>\*2</sup>kyikeda@shinshu-u.ac.jp, <sup>\*3</sup>yasuki@pit-nagano.ac.jp, <sup>\*4</sup>asacoordi@nagano-nct.ac.jp

あらまし: 本研究の目的は, 声楽初学者に適切な歌唱指導を行うための歌声分析の方法を探究することである。ここでは, 歌声の周波数特性に着目し, LPC 包絡線の 2 番目の凸部成分の比率と凸部成分の高さを用いた評価値を利用する。本稿では, これらの評価値について, 声楽初学者が教育学部音楽科の指導者による歌唱訓練を行ったときの変化を考察する。その結果, 歌唱訓練を経た初学者の凸部成分には差が確認されなかったが, 凸部の検出率が上がり, かつ凸部成分の高さも上昇する傾向が確認された。

キーワード: 歌声, 歌唱指導, 音響特徴量, 習熟度評価, Singer's formant, 周波数特性

#### 1. はじめに

現在, 歌声の音響分析は盛んに行われており, 歌声合成技術や歌声検索, カラオケの採点システムなど我々の生活にも普及している<sup>(1)</sup>。しかし, これらの技術が歌唱指導の現場で応用されることは少ない。歌声の評価方法は, 音程, 音量, ヴィブラートなどあるが, その中でも, 典型的な良い声の条件として Singer's formant が挙げられており, 歌声らしさという聴覚的印象を表すといわれている<sup>(2)</sup>。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あまりなく, さらに歌唱の習熟度の評価への応用は十分議論されていない。

先行研究では Singer's formant が含まれているとされる帯域の含有率である SFR (歌声の 4.0kHz までの範囲のうち 2.4~4.0 kHz の帯域内の値の合計値の割合), Singer's formant の高さである 2 凸を定量化することで, 習熟度の評価が出来る可能性を示唆した<sup>(3,4)</sup>。そこで本稿では, これらの評価値に加え, 凸部の検出率(2 凸が 0 より大きくなった割合)から, 声楽初学者が教育学部音楽科の指導者による歌唱訓練を長期間行ったときの変化について述べる。

#### 2. 初学者の歌声の経時変化

本研究では, 声楽を学び始めた教育学部音楽科の学生を対象としている。収録した歌声の情報を表 1 に示す。大学のカリキュラムに沿ったレッスンが行われるため, 大学暦での前期と後期の開始時と終了時を収録時期とした。声楽を学び始めた 2 年生前期から共通専門教育が終了する 3 年生後期の約 24 ヶ月間で 6 回収録した。被験者は, 女性のべ 21 名であ

り, 3 年生後期の被験者のうち 4 名は 2 年生前期, その他 4 名は 2 年生後期と同一被験者である。被験者には, 歌声収録時の 1 回の収録につき 2 度歌唱させた。本研究で使用する楽曲は「故郷」(作詞: 高野辰之, 作曲: 岡野貞一)とした。その中で「かのやま」部分を分析対象区間とした。分析対象区間の歌唱は独唱とした。収録は静かな教室で行い, 被験者にはレコーダから 2 m 離れた正面立位で歌唱させた。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. 分析結果

SFR と 2 凸, 凸部の検出率を箱ひげ図にしたものを図 1~3(ひげの端点は最小値と最大値, 箱の上下の辺は Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>)に示す。横軸は収録時期を表し, 「2 前まえ」は 2 年生の前期開始時, 「3 後あと」は 3 年生の後期終了時の収録データである。

被験者の SFR は, 24 ヶ月の指導を通して大きな変化は見られなかった。2 凸は, 歌唱訓練を経ることで高い値の四分位範囲になった。特に, 歌唱を学び始めた頃である 2 年生の前期開始時(図 2 中「2 前まえ」と, 3 年生の後期終了時(図 2 中「3 後あと」)

表 1: 収録した歌声情報

収録期間	被験者
2 年生前期	教育学部音楽科学生女性 6 名
2 年生後期	教育学部音楽科学生女性 6 名
3 年生後期	教育学部音楽科学生女性 9 名

に収録した歌声では、中央値に差が見られ、統計的に有意な差も確認された。これに対応するように、凸部の検出率も訓練が進むにつれ高くなり、2年生前期開始時に比べ有意な差が確認された。また、図2, 3中の\*の収録期間でも有意差が確認された(全て5%水準)。

過去の分析<sup>6)</sup>で用いられた女性プロ歌手7名(ソプラノ4名, メゾ・ソプラノ3名)の歌声を「プロ女声」として図中に示す。初学者とプロ歌手を比較すると、プロ歌手の値はSFRと2凸, 凸部の検出率の3つの音響特徴量において、初学者を越える高い値であった。プロ歌手は、SFR, 凸の検出率において、全ての収録時期の初学者と有意差があり、2凸では「2前まえ」から「3後まえ」までの収録時期の初学者と有意差があった。

#### 4. 考察

3の結果より、歌唱訓練前後でSFRに有意差がなかったことから、初学者が声楽を学ぶ過程の音響特徴量の変化は、はじめに凸部が高くなってから該当する帯域が増加していくという過程が考えられる。

初学者とプロ歌手の凸部の検出率を比較すると、初学者の四分位範囲はプロ歌手よりも広範囲にわたった。初学者では、個人の習熟度の差があり値が広く分布するが、プロとして活躍するレベルになると、限られた範囲に分布するのではないかと考えられる。

また、初学者とプロ歌手のSFRに有意差が確認され、プロ歌手のように良いとされる歌声になるには、SFRを増加させる必要があると考えられる。この結果から、良いと感じる歌声の音響特徴量の聴覚的印象に対してSFRがより強く関与していることが考えられる。これは、先行研究での評価実験<sup>5)</sup>の結果とも一致する。

凸部の検出率と2凸の相関係数は0.8と高い値となった。検出率が低く2凸が高いという被験者はいなかったため、凸部の検出率を高めることが2凸の上昇にもつながるといえる。

#### 5. おわりに

本稿では、歌声と習熟度の関連を周波数特性に基づく音響特徴量であるSFRや2凸, 凸部の検出率から考察した。大学のカリキュラムを通じた24ヶ月の歌唱訓練により、初学者は2凸と凸部の検出率が有意に上昇するということが分かった。今後は、各音響特徴量の持つ習熟度への影響をさらに詳細に検討する。また、それらの値を歌唱指導に応用することによって、初学者の歌唱訓練の一助となるようなシステムの構築を進める<sup>6)</sup>。

**謝辞** 本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究C(研究課題番号: 15K01022)により支援された。

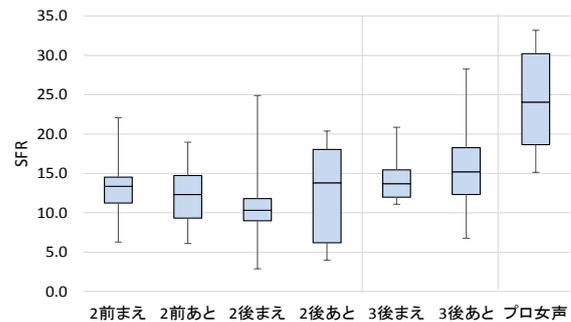


図1 SFRの箱ひげ図

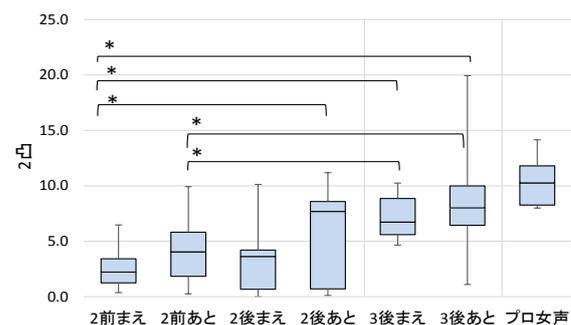


図2 2凸の箱ひげ図

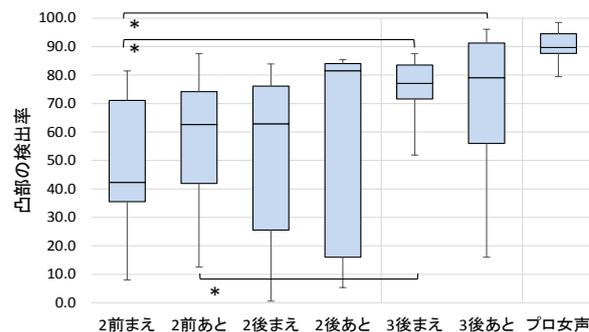


図3 凸部の検出率の箱ひげ図

#### 参考文献

- (1) 後藤真孝他, “歌声情報処理の最近の研究”, 日本音響学会誌, Vol.64, No.10, pp.616-623 (2008)
- (2) 齋藤毅他, “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)
- (3) 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,” 信学技報応用音響, Vol.112, No.266, pp.61-66 (2012)
- (4) 佐久間雄輝他, “歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量,” 信学技報教育工学, Vol.114, No.441, pp.45-50 (2015)
- (5) 野田美春他, “歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価,” 信学技報教育工学, Vol.115, No.444, pp.35-40 (2016)
- (6) 山下泰樹他, “歌声の習熟度に関連する音響特徴量に基づく実時間分析ツールの製作,” 信学技報教育工学, Vol.115, No.444, pp.13-18 (2016)