

長期的な専門的指導による歌声の音響特徴量の 時系列変化に関する基礎的考察

Fundamental Considerations on Time-Series Changes in Acoustic Features of Singing Voices by Long-Term Professional Instruction

平井 雅人^{*1}, 香山 瑞恵^{*2}, 池田 京子^{*3}, 山下 泰樹^{*4}, 小畑 朱美^{*5}, 山口 道子^{*5},
谷 友博^{*5}, 永井 孝^{*6}, 召田 優子^{*7}, 浅沼 和志^{*7}, 伊東 一典^{*2}

Masato HIRAI^{*1}, Mizue KAYAMA^{*2}, Kyoko IKEDA^{*3}, Yasuki YAMASHITA^{*4}, Akemi OBATA^{*5}, Michiko YAMAGUCHI^{*5},
Tomohiro TANI^{*5}, Takashi NAGAI^{*6}, Yuko MESUDA^{*7}, Kazushi ASANUMA^{*7}, Kazunori ITOH^{*2}

^{*1}信州大学大学院, ^{*2}信州大学工学部, ^{*3}相山女学園大学, ^{*4}長野県工科短期大学校

^{*5}武蔵野音楽大学, ^{*6}ものづくり大学技能工芸学部, ^{*7}国立高専機構長野高専

^{*1}Graduate school of Science & Technology, Shinshu University, ^{*2}Faculty of Engineering, Shinshu University,

^{*3}Sugiyama Jogakuen University, ^{*4}Nagano Prefectural Institute of Technology,

^{*5}Musashino Academia Musicae, ^{*6}Faculty of Technologists, Institute of Technologists,

^{*7}National Institute of Technology, Nagano College

Email: ^{*1}21w2054a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、歌声の響きに関連する音響特徴量を定量化し、歌声評価指標として提案することである。本稿ではまず、音楽大学生の歌声における長期間での音響特徴量の変化を示す。そして、声楽指導者からの印象評価語との対応を考察する。

キーワード：歌声、周波数特性、歌唱評価指標、音響特徴量、音大生、定量化、Singer's formant

1. はじめに

近年、スキル学習の場面で学習成果の定量化を図る研究が多くなっている^(1,2)。我々は、声楽を学ぶ学生を対象に、歌声の音響特徴量に基づく学習成果の定量化を探究している⁽³⁾。ここで扱う音響特徴量は、歌声の響きに関係するとされる Singer's formant⁽⁴⁾を定量化した成果である。具体的には、Singer's formantの割合である SFR と Singer's formantの強度である Q 値を用いる。

これまで、イタリア歌曲を対象にし、教育学部音楽コースの学生を対象とした中期間(1.5年間)の学習成果は報告された⁽⁵⁾。しかし、声楽を専門的に学ぶ音楽大学の学生(以下、音大生と称す)を対象とした長期間(4年間)の声楽指導の成果として、歌声の各音響特徴量との関係は報告されていない。そこで、本稿では、音大生を対象とした長期間での歌声の変化を考察する。

2. 解析方法

本章では歌声の解析方法について述べる。本研究では、同一大学声楽科の音大生を対象に、大学入学時から卒業直前までの4年間、特定楽曲の歌声を記録した。記録対象者は9名であった。本稿では、このうち同一声種(ソプラノ)であり、かつ卒業直前の歌声が最も良いと判断された7名(以下、被験者 A, B, C, D, E, F, G と称す)の歌唱データを対象とする。彼らに対する専門的な声楽指導は2017年度から2020年度に行われた。そのうち、本稿では、入学直後と卒業直前の歌唱データ(各28データ)を

解析対象とする。解析対象楽曲は、声楽指導者の意見から「Caro mio ben」(作詞：不明、作曲：Tommaso Giordani)とした。

被験者は分析対象とする区間を独唱し、各被験者につき1回の収録で2回ずつの歌唱をさせた。収録は音の反響しない静かな部屋で行った。被験者にはレコーダから2m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44.1kHz、量子化ビット数16bitで収録した。また、「Caro mio ben」内の歌詞「Cessa」区間と「Tanto」区間を評価対象とした。なお、歌唱データはベッセルフィルタによる平滑化を行った上で解析した。

3. 解析結果

図1はCessa区間のSFR、図2はCessa区間のQ値、図3はTanto区間のSFR、図4はTanto区間のQ値を表す。箱ひげ図中の横線は中央値を示す。また、ひげの長さは、箱の長さの1.5倍以内にある最大値、最小値までの距離である。各図の縦軸は各音響特徴量の大きさを表している。横軸は被験者7名を表しており、アルファベットに続く2桁の数字は収録年度の下2桁を表している。例えばA17は被験者Aの2017年度を表す。ここでは、2017年度前期を指導前、2020年度後期を指導後と称す。被験者毎に指導前と指導後の解析結果を並べている。

4. 考察

先行研究では、「良い声」の音響特徴量の閾値として、Cessa区間はSFRが14.4以上24.4以下、Q値が

15.0 以上 34.7 以下, Tanto 区間は SFR が 14.4 以上 24.0 以下, Q 値が 18.0 以上 35.9 以下と報告されている(以下, 良領域). 一方, 「良くない声」は SFR が 9.9 以下, Q 値が 5.4 以下である⁶⁾(以下, 悪領域). 図 1~4 に良領域と悪領域を網掛けで示す(■部: 良領域, ■部: 悪領域). 良領域と悪領域の間, 及び良領域の上側の範囲にある声は, 現状, 良悪の判断が不明である(以下, 不明領域).

また, 各被験者の声楽指導者から得た印象評価語(発声源・共鳴・呼吸因子を含む)のを表 1 に示す. ここでは 3 名(A, E, F)の指導前後での歌声を比較して, 4 名の声楽指導者が, 共通して成長したと判断した特徴がまとめられている.

ここでは, 図 1~4 とこれらの結果から, 長期的な歌唱の専門指導と音響特徴量の変化について先行研究を踏まえて考察する.

2 つの評価対象区間において, 指導後に悪領域になった被験者は存在しない. Cessa 区間では全被験者, Tanto 区間では 6 名において, SFR と Q 値いずれかの音響特徴量の領域が維持あるいは改善された.

特に Cessa 区間において, B, C, F の SFR と Q 値の中央値は指導前では悪領域あるいは下側の不明領域であったが, 指導後は全て良領域となった. また, 残りの 4 名は, 指導前には良領域にあり, 指導後も良領域か上側の不明領域になった.

また, Tanto 区間においては, B, D の SFR と Q 値の中央値は指導前では悪領域あるいは下側の不明領域であったが, 指導後は不明領域あるいは良領域となった. また, E, F, G は, 指導前には良領域にあり, 指導後も良領域か上側の不明領域になった. A の SFR は, 指導前では悪領域であったが, 指導後は下側の不明領域になった(上昇に有意差なし). A の Q 値は, 指導前後で中央値は上昇したが, 悪領域のままであった(上昇に有意差あり).

表 1 より, 響きに関する印象評価語として, A は「共鳴腔を意識できるようになった」と評価された. このことは, 両評価対象区間において Q 値の維持, あるいは値の上昇が反映したものと考える. E は「よく響くようになった」, F は「声が明るくなった」と評価された. これらのことは, 両評価対象区間において指導後に両指標が良領域あるいは上側の不明領域になったことが反映したものと考える.

表 1 聴取実験結果

被験者	評価
A	息漏れが少なくなった 共鳴腔を意識できるようになった 息に乗せられるようになった
E	声が突っ張らなくなった よく響くようになった 腹式呼吸ができるようになった 腹筋・背筋が使えるようになった
F	音程がよくなった 声が明るくなった 声が安定してきた/声が揺れなくなった

5. おわりに

本稿では, 長期的な専門的指導を受けた音大生に対して, 音響特徴量の時系列変化に対する基礎的考察を行った. その結果, Cessa 区間では全被験者, Tanto 区間では 6 名において, SFR と Q 値いずれかの音響特徴量の領域が維持あるいは改善された. また, 4 名の声楽指導者による評価から響きに関連する印象評価語を得た. 今後は指導者による評価に対応する音響特徴量として発声源や呼吸に関連する評価指標の具体化を検討する.

謝辞 科研費 18K02817 と 22K00237 の支援を受けた.

参考文献

- (1) 人工知能学会, “論文誌特集号スキルサイエンス”, 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.5 (2005).
- (2) 教育システム情報学会研究会, “スキルや経験に関わる学習支援法や支援環境/一般”, Vol.2020, No.4 (2020)
- (3) 吉田祥他, “声楽発声の熟度に関連する音響特徴量に基づく歌声の評価指標の提案” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J103-D, No.4, pp.247-260 (2020)
- (4) W.T.Bartholomew, “A Physical Definition of “Good Voice-Quality” in the Male Voice”, J. Acoust. Soc. Am., Vol.6, No.1, pp.25-33 (1934)
- (5) 吉田祥他, “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の特定個人の長期的変化”, 情報処理学会音楽情報科学研究会, Vol.114, No.12, pp.1-6 (2017)
- (6) 野田美春他, “歌唱の習熟度に関連する周波数特性に基づく音居特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価”, 信学技報, Vol.115, No.444, pp.35-40 (2016)
- (7) 池田京子他, “歌声の「印象評価語」と「指導語」の抽出と分類 ～最適な指導語を求めて～”, 人工知能学会身体知研究会, Vol.33, pp.2-5 (2020)

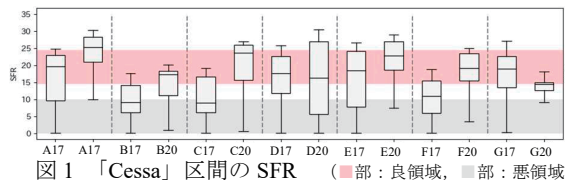


図 1 「Cessa」区間の SFR (■部: 良領域, ■部: 悪領域)

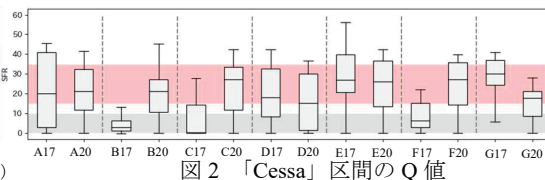


図 2 「Cessa」区間の Q 値

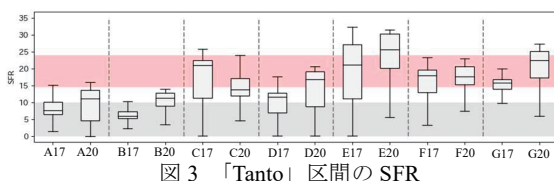


図 3 「Tanto」区間の SFR

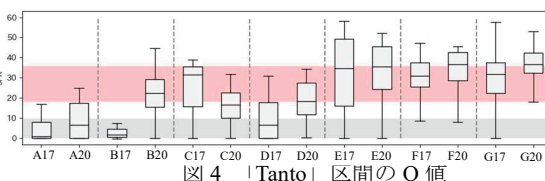


図 4 「Tanto」区間の Q 値