

歌唱指導による歌声の音響的特徴と体内運動の変化の検討*

◎高橋純 (大阪芸大), 志々目樹, 戸田菜月, 竹本浩典 (千葉工大)

1 はじめに

歌唱指導において、歌唱中の体内運動は外部から観察できない。そのため、指導者は学習者の歌声から発声器官の状態を判定し「喉を開く」等の体内運動に対するイメージや感覚を示す用語を用いて、指導を行なっている。また、訓練により歌唱技術を習得するプロセスにおいて、学習者の歌声や体内運動がどのように変化するかを客観的に示すことはこれまで難しいとされてきた。

近年、磁気共鳴画像法 (MRI: Magnetic Resonance Imaging) を用いて体内運動を任意の断面でリアルタイムの動画として撮像する技術 (rtMRI) が発展し、歌唱時の発声器官の運動を観測することが可能となった[1,2]。

これまで、プロの歌手と声楽を学ぶ学生を比較することにより、歌声の音響的特徴や歌唱中の体内運動について報告してきた。しかし、歌唱指導によって学習者の歌声と体内運動がどのように変化していくのかは明らかになっていない。そこで本研究では、声楽未経験の学習者が、1年間の歌唱指導を経て、歌声の音響的特徴と歌唱中の体内運動がどのように変化したかを検討したので報告する。

2 方法

2.1 学習者と歌唱課題

学習者は声楽の経験がない 20 代の男子大学生である。Fig. 1 は歌唱課題である。連続する 3 音と /a/, /i/, /u/ の 3 母音を含む歌唱課題で、/i/ と /u/ は /a/ を経由して歌唱する。



Fig. 1 3 母音の変化を含む歌唱課題

2.2 オンラインレッスン

本実験での歌唱指導 (レッスン) は音楽大学で教鞭をとるプロの声楽家が行った。レッ

スはすべて Web 会議ツール zoom (Zoom Video Communications, Inc.) を用いてオンラインで実施した。学習者は防音室 (AMCB20 YAMAHA) で、PC (Mac Book pro Apple) に接続された Web カメラ (C922 logicool) とオーディオインターフェイス (M-Track 2X2M M-AUDIO) を介して接続された単一指向性マイク (C214 AKG) を用いてレッスンを受講した。期間は 2022 年 7 月から 2023 年 7 月までの約 1 年間で、合計 24 回受講した。

2.3 SF 集中度の計算方法

これまでの研究から、「歌い手のフォルマント Singer's formant (以下 SF)」[3] と呼ばれる音声スペクトルの 3 kHz 付近の高まりが優れた歌手の歌声に共通し、この高まりが顕著なほど聴き手から高い評価を受けることが明らかになっている[4]。そこで、STRAIGHT [5] による平滑化スペクトルから、12 kHz までのパワーの総和を求め、2-4 kHz の帯域に占めるパワーを除いてその割合を SF 集中度とした。

2.4 rtMRI 撮像

ATR-Promotions に設置されている MRI 装置 (Siemens, MAGNETOM Prisma fit 3T) を用いて撮像を行った。学習者は MRI 装置内で仰臥して歌唱し、声道をスライス厚 10 mm、10 フレーム毎秒の速度で 50 秒間の動画を撮像した。なお、ピクセルサイズは 1×1 mm とした。

2.5 評価実験

評価者は歌唱指導歴もあるプロの歌手 5 名 (テノール 1 名, バリトン 4 名) で、声楽的に「良い声」の最高点を 5 点として 5 段階で評価した。さらに、評価者が被験者の歌唱中の体内運動を、歌声だけから推定できるのか検討するために、舌の前後位置、口唇の開閉度合い、口腔の広さ、喉頭の上下の位置、咽頭の広さについてそれぞれ 5 段階で評価した。

* A study of changes in acoustic characteristics and body movements of singing voice by singing instruction, by TAKAHASHI, Jun (Osaka University of Arts), SHISHIME, Itsuki, TODA, Natsuki, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Institute of Technology).

3 結果と考察

Table 1 は、訓練前・後の歌声の評価値である。全てのタスクにおいて、訓練前より訓練後の歌声は聴き手に高く評価された。これは、歌唱訓練によって被験者の歌声に声楽的な評価が高くなる変化が生じたことを示す。

Table 1 訓練前後の歌声の評価値

	訓練前			訓練後		
	/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
評価値	2.2	1.3	1.3	3.6	3.3	3.3

Fig. 2 は訓練前後の SF 集中率を示す。訓練後は全ての母音で SF 集中率が上昇し、特に /a/ で顕著であった。これが訓練後に歌声の評価値が上昇した要因であり、特に /a/ の評価値が高かった要因であると考えられる。



Fig. 2 訓練前後の SF 集中率の比較

Fig.3 は、各母音における訓練前後の声道形状である。全ての母音で訓練前に比べて、訓練後は口が開き、口腔と咽頭が拡大し、喉頭が下降した。これは「喉を開く」等の歌唱中の体内運動に対するイメージや感覚を示す指

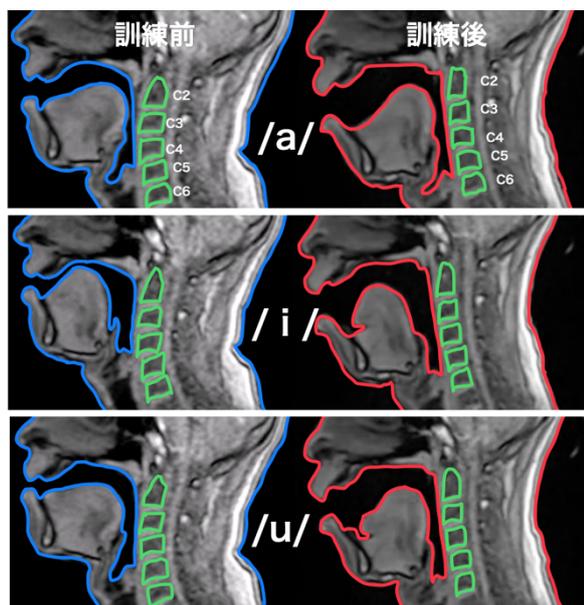


Fig.3 各母音における訓練前後の声道の比較

導用語を用いた指導によって、実際に口腔や咽頭の空間が増加したことを示す。特に咽頭の拡大は SF 集中率の上昇に寄与すると考えられる[6]。

Table 2 は、歌声から歌唱中の体内運動を推定した結果である。訓練前後の各器官の体内運動の推定結果は、Fig.3 で示した結果と定性的に一致していた。これは、歌い手は歌声から高い精度で歌唱中の体内運動を推定できることを示唆している。

Table 2 歌唱中の体内運動の判定

		訓練前			訓練後		
		/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
舌	5.前 1.後	3.2	3.3	3.2	2.8	2.8	2.8
口唇	5.開 1.閉	2.2	1.8	1.8	4.0	3.3	3.0
口腔	5.広 1.狭	1.5	1.5	1.7	4.0	3.7	3.2
咽頭	5.広 1.狭	1.5	1.5	1.3	4.2	3.8	3.2
喉頭	5.下 1.上	1.8	1.7	1.3	4.0	3.5	3.2

4 まとめ

本研究では、1年間の歌唱指導を経て、声楽未経験者の歌声と歌唱中の体内運動がどのように変化したかを検討した。その結果、訓練前に比べて訓練後は歌声の評価が高くなり、口が開き、口腔と咽頭が拡大し、喉頭が下降した。評価の向上は特に咽頭が拡大して SF 集中率が上昇したことが要因と考えられる。また、プロの歌い手は、歌声から歌唱中の体内運動を推定できることも示された。しかし、精度や程度については、画像における各部の面積や長さなどの数値と評価値を比較するなどの分析が必要である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K13773, 23K11172 の支援を受けた。また、実験に参加して頂いた全ての方々に感謝する。

参考文献

- [1] Takemoto *et al.*, Proc. Interspeech 2019, 904-908, 2019.
- [2] 高橋他, 音講論 (秋), 773-774, 2020.
- [3] Sundberg, *THE SCIENCE OF THE SINGING VOICE*, 1987.
- [4] 高橋他, 音講論 (秋), 795-798, 2019.
- [5] Kawahara *et al.*, Speech Communication, 1999, 187-207, 1999.
- [6] 高橋他, 音講論 (春), 737-738, 2021.