

オペラ歌手が非声楽的な発声を模擬したときの横隔膜などの制御*

☆戸田菜月, △工藤理佐子, 竹本浩典 (千葉工大), 高橋純 (大阪芸大)

1 はじめに

オペラ歌手の歌声には、豊かな声量や歌唱フォルマントなどの共通した音響的な特徴がある[1]。これは、声楽的な発声の訓練により習得されたと考えられる。しかし、その訓練によって、発話器官の制御がどのように変化したかは明らかではない。

近年、磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging: MRI) を用いてリアルタイムで体内運動を撮像する技術 (rtMRI) が発展した。そして、これを用いて歌唱時の発話器官の運動を観測することが可能となった[2]。

そこで、本研究では、オペラ歌手が熟達した歌唱法を用いて発声 (以下声楽的な発声) をしたときと、その歌唱法を用いずに発声 (以下非声楽的な発声) をしたときの横隔膜などの運動を rtMRI で観測して比較し、2つの発声で発話器官の制御がどのように異なるかを明らかにする。また、プロのオペラ歌手と声楽を学んでいる学生を比較することにより、声楽的な発声の習熟度についても検討する。

2 方法

2.1 被験者

プロとして活躍しているオペラ歌手 1 名 (プロ) と、京都市立芸術大学で声楽を学ぶ学生 1 名 (学生) を用いた。いずれも声種はテノールであった。

2.2 歌唱課題

被験者は音高の変化と発声方法の変化を含む歌唱課題 (Fig. 1) を行った。音高の変化は完全 5 度跳躍進行とし、3つの音型を各 3 回歌唱する。1つの音型の中で、1・3 回目を非声楽的な発声 (青色)、2 回目を声楽的な発声 (赤色) とした。また、3つ目の音型の最高音は、声区のブレイク[3]と呼ばれる、地声と裏声の声区が交差する音域より高い音に設定した。オペラ歌唱では2つの声区を意図的に結合させ、裏声ではなく音色を変化させない高音を出す歌唱技術が存在する。最高音ではこの点に注目し熟達度の差を見る。

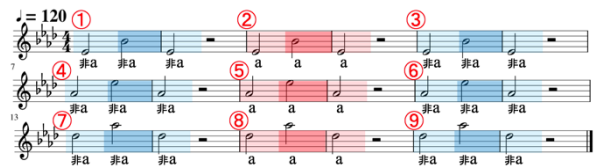


Fig. 1 音高と発声方法の変化を含む歌唱課題

2.3 rtMRI 撮像

撮像に用いた MRI 装置は ATR-Promotions に設置されている Siemens 製 MAGNETOM Prisma fit 3T であった。被験者は MRI 装置内で仰臥し、歌唱課題を横隔膜と喉頭の撮影のためコイルを交換して 2 回ずつ行った。横隔膜、喉頭とも動画をスライス厚 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横隔膜で 1.2153 × 1.2153 mm、喉頭で 1 × 1 mm とした。

2.4 知覚実験

声楽的・非声楽的な発声がなされたか客観的に判断するため、プロの歌手と声楽の伴奏経験が豊富なプロピアニスト合わせて 5 名を被験者とし、声楽である場合を最高点とした 1~5 点で評価をする知覚実験を行った。

2.5 分析

Fig. 2 左は胸腹部の右側矢状断面である。水色、赤色、緑色の各線は、それぞれ横隔膜、胸部、下腹部の歌唱に伴う変位をカイモグラフで分析した位置である。断面の位置や角度は目視で決定したが、これらが多少変化しても、カイモグラフに現れる変動のタイミングは同一であることを確認した[4]。

Fig. 2 右は頭頸部の正中矢状断面である。音高の変化に伴う各部の変位を検討するために、音高ごとに発話器官の輪郭を目視で抽出して重ねて可視化した。

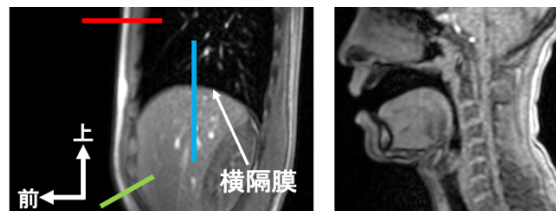


Fig. 2. 胸腹部におけるカイモグラフの位置 (左) 頭頸部の正中矢状断面 (右)

*Control of diaphragm and other speech organs when opera singers imitate non-operatic singing style, by TODA,Natsuki, KUDO,Risako,TAKEMOTO,Hironori(Chiba Institute of Technology)and TAKAHASHI,Jun(Osaka University of Arts).

3 結果と考察

3.1 知覚実験

Table 1 は知覚実験の結果である。全被験者の結果を3つのグループに分け、平均値を出した。これにより、プロも学生も声楽的な発声直後の非声楽的な発声 (Fig. 1: ③⑥⑨) は、非声楽的な発声に聴こえにくいことが明らかになった。これは声楽的な発声の訓練を重ねることにより、非声楽的な発声から声楽的な発声には迅速に移行できても、逆の移行は困難であることを示していると思われる。この結果を踏まえて、非声楽的な発声として分析を行うデータを Fig. 1 の①④⑦とした。

Table 1 知覚実験の結果

	①④⑦	②⑤⑧	③⑥⑨
プロ	2.22	4.51	2.40
学生	1.69	3.84	1.71

3.2 考察

Fig. 3 は横隔膜の上下動を示す。横隔膜は歌唱直前の吸気で下降し、歌唱による呼気で上昇する。プロでは、吸気による横隔膜の下降の度合いは声楽的な発声で増大した。歌唱による横隔膜の上昇は、声楽的な発声では音高によってパターンが異なっていたが、非声楽的な発声ではその差は明確ではなかった。一方、学生では、吸気による横隔膜の下降の度合いも、歌唱による上昇パターンも、声楽的な発声と非声楽的な発声でほとんど差が見られなかった。これは、プロは横隔膜の制御が声楽的な発声に必要な技術と認識しており、その技術を必要に応じて使い分けることができるが、学生はその技術をまだ習得していないことを示すと考えられる。

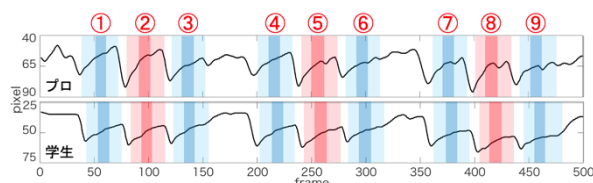


Fig. 3 横隔膜のカイモグラフ

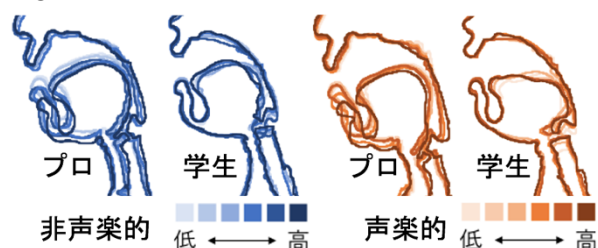


Fig. 4 音高ごとに輪郭抽出した声道形状

Fig. 4 はプロと学生の声道形状を音高ごとに輪郭抽出して重ねたものである。非声楽的な発声と声楽的な発声と比較すると、プロでは喉頭の位置が顕著に低下し、音高の上昇に伴い口の開きと咽頭後壁の後方への変位も顕著に増大した。一方、学生では、喉頭の位置がやや低下して舌が扁平化したものの、音高の上昇に伴う口の開きや咽頭後壁の後方への変位は明確には見られず、舌の扁平の度合いが増加する傾向が見られた。

これらの観測結果は、声楽的な発声では喉頭を下降させる必要があることをプロだけでなく学生も認識しているが、下降させる程度は学生では小さいことを示す。しかし、音高の上昇に必要な技術はプロと学生で認識が異なると思われる。プロでは、口の開きと咽頭後壁の後方への変位を増大させており、これは開口面積の増大、口腔と咽頭の容積の増大をもたらす。一方、学生では、舌の扁平度合いを増加させており、これは口腔容積の増大と咽頭の容積の減少をもたらす。これらは最高音の発声時に最も顕著であり、声区のブレイクより高い音域における歌唱技術の差が、客観的に示されていると考えられる。また、低次フォルマントを介して声帯振動にも異なる影響を与えらると思われる[1]。

4 まとめ

本研究では、プロと学生の声楽的な発声と非声楽的な発声における横隔膜や声道の制御の違いを検討した。その結果、プロでは音高に応じて横隔膜と声道を制御する技術を有していることが明らかになった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K12048 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] Sundberg, J, *THE SCIENCE OF THE SINGING VOICE*, Northern Illinois University Press, 1987.
- [2] Takemoto *et al.*, Proc. Interspeech, 2019, 904-908, 2019.
- [3] コーネリウス・L・リード, 渡部東吾訳, ベル・カント唱法 その原理と実践, 音楽之友社, 1987年.
- [4] 高橋他, 音講論 (春), 773-774, 2020.