

# 歌唱における歌手のフォルマントに関する研究

大阪芸術大学短期大学部 通信教育部 保育学科 特任講師 高橋 純

## はじめに

本研究の目的は、歌唱における演奏技能の仕組みを明らかにすることである。優れた歌手の歌声には、共通する音響特性として「歌手のフォルマント Singer's formant (以下 SF)」と呼ばれる 3kHz 付近の周波数群 (フォルマント) が存在し、この周波数帯域は人間が可聴しやすく、他の楽器にはないフォルマントピークであるためマスクされにくいという特性がある [1]。しかし、歌手が演奏する際に、歌唱中の SF がどのぐらい維持されているのかは明らかになっていない。

歌声の周波数成分は、声帯で作られる喉頭音源波が、声道 (口腔, 咽頭腔, 喉頭腔) に響くことによって作られる。優れた歌手は SF を維持させるために、声帯と声道の形状を巧みに調節していると予想される。筆者が行った先行研究 [2] では、プロ歌手と音楽大学で声楽を学ぶ学生の歌声を比較すると、連続する 2 音間において歌声に含まれる SF の割合 (SF 占有率) は、プロの方が SF 占有率が高く、またその変化量も少ないことが明らかとなった。しかし、この知見は被験者と歌唱課題が限定的で、楽曲中の SF のふるまいを検討するためには、さらに多くのパターンの歌唱課題を用いる必要がある。

そこで本研究では、音高の変化と発声法の変化を含む歌唱課題を作成し、音声分析によって歌声に含まれる SF のふるまいを検討した。

## 実験方法

### 被験者

歌声の収録を行うために、プロとして国内外で活躍している歌手から、音楽大学で声楽を学ぶ学生まで様々な熟達度の歌唱技術を有する歌手 5 名 (テノール 2 名, バリトン 2 名, バスバリトン 1 名) を被験者として選定した。

### 歌唱課題

発声法の変化は、オペラ歌手が熟達した歌唱法を用いて発声 (以下, 声楽的発声) した際と、その歌唱法を用いずに発声 (以下, 非声楽的発声) した際の歌声を歌い分けることとした。音高の変化は完全 5 度跳躍進行とし、声種に合わせて指定された音高 (テノール [es], バリトン・バスバリトン [c]) から、連続する 3 音を歌唱し、1 音目から、2 音目に完全 5 度上行跳躍し、さらに 2 音目から 3 音目に完全 5 度下行跳躍する。それを 1 つ目のパターンとして、次に開始音を完全 4 度上の音に設定した 2 つ目のパターン、さらに完全 4 度上の音に設定した 3 つ目のパターンの合計 3 パターンを低音部, 中音部, 高音部として、3 回ずつ歌唱する。1 つのパターンにつき、1 回目を非声楽的な発声、2 回目を声楽的な発声とし、3 回目は予備のサンプルとして非声楽的な発声で歌唱したが、今回の分析では用いなかった。いずれも歌唱する母音は [a] とした。

### 歌唱収録

録音は、実験会場の静寂な部屋で実施された。コンデンサーマイク (SENNHEISER 社製 MK4) をオーディ

オ・インターフェイス (ZOOM 社製 UAC-2) を経由し、PC (Apple 社製 Mac Book pro16) に接続した。また、サンプリング周波数は、44.1kHz で、量子化ビット数は 24bit の圧縮なしの WAV ファイル形式でデジタル録音した。

### 音声分析

歌手によって収録された歌唱課題の録音データから、数値解析ソフト MATLAB を用いた STRAIGHT 分析法 [3] によって平滑化スペクトルを求めた。音声分析変換合成システム STRAIGHT によって入力された音声は、歌声の周波数成分を、声帯由来のソース情報と声道由来のフィルター情報に相当する要素に分離することができ、基本周波数 (F0) の影響を排除してスペクトル包絡の違いを観察できる。そのサウンドスペクトログラムから非声楽的発声部, 声楽的発声部を観察し、各区間の 3 秒間の平均スペクトルを算出した。そして、各区間において 2 kHz から 4 kHz までの周波数帯域の値を全体のパワー (強度) で割り dB 単位で表記したものを SF 占有率 (dB) とした。SF 占有率は、2-4 kHz のみにしかパワーがないときに 0 dB となり、常に負の値で、その絶対値が小さいほど占有率は高いこととなる。

### 結果と考察

声楽的発声の SF 占有率の平均値は -15.03 dB, 非声楽的発声の SF 占有率の平均値は -18.78 dB であった。このことから、声楽的発声と非声楽的発声の歌声の SF 占有率を比較した場合、声楽的発声の方が SF 占有率の値が高いことが明らかとなった。この結果は、従来の先行研究と整合性があり、歌手が意図的に発声法を変化させた場合、声楽的発声と非声楽的発声では、SF 占有率を変化させていることを示唆している。

また、歌唱課題の 3 パターンの中で、声楽的発声と非声楽的発声の SF 占有率の差が最も大きかったのは高音部であった。これは高音部の最高音が、それぞれの声種において声区転換が必要な音域に設定されており、最も歌唱技術の差が現れやすく、その差が SF 占有率の差として示されているからだと考えられる。

### まとめ

本研究では、音高の変化と発声法の変化を含む歌唱課題を作成し、音声分析によって歌声に含まれる SF のふるまいを検討した。その結果、声楽的発声の方が SF 占有率の値が高いことが明らかとなり、歌手が意図的に発声法を変化させた場合、声楽的発声と非声楽的発声では、SF 占有率を変化させていることが示唆された。

### 参考文献

- [1] Sundberg. J, *THE SCIENCE OF THE SINGING VOICE*, 1987.
- [2] 高橋他, 音講論 (春), 773-774, 2020.
- [3] Kawahara *et al.*, *Speech Communication*, 1999, 187-207, 1999.