

声楽家の歌唱時の皮膚振動計測*

北村達也, 波多野博顕 (甲南大), 齋藤毅 (金沢大)

下倉結衣, 羽石英里, 岸本宏子, 細川久美子 (昭和音大)

1 はじめに

声楽家は歌唱時の身体感覚を独特の表現を用いて表すことができる。このような身体感覚とそのとき声楽家の身体で生じている物理現象との対応関係を解明することができれば、歌唱のメカニズムの解明や歌唱の訓練などに応用できると考えられる。

Kitamura [1] は、スキャニング型レーザードップラ振動計を用い光学的な手法で発声中の皮膚振動速度パターンを計測できることを示した。本稿では声楽家が歌唱したときの顔面の皮膚振動速度パターンをこの手法を用いて計測した結果を報告する。

2 方法

2.1 スキャニング型レーザードップラ振動計

スキャニング型レーザードップラ振動計 Polytec PSV-400-M4 にて発声時の皮膚振動速度を計測した。振動する物体にレーザーを照射しその反射光を観測すると、ドップラ効果により光の周波数がシフトする。レーザードップラ振動計は、このシフト量に基づいて対象物の振動速度および変位を計測する。本研究で使用したスキャニング型の振動計は、対象物上の複数の計測点を自動的にスキャンすることができる。

2.2 実験協力者

日本人の女性声楽家3名が実験に参加した。このうち声楽家AおよびBはクラシックを専門とし、声楽家Cはミュージカルを専門としている。

2.3 データ収集

本研究では歌唱時の皮膚振動速度を100 Hzから10 kHzまで計測した。実験協力者は椅子に座った状態で計測を行った。前額をふさがずに頭部を固定するため、棒状の治具により頭部を両側から挟み込み、さらに手術用クッションにより頸部を固定した。

実験協力者は水泳用のゴーグルに光を遮断するテープを貼ったものを装着した。本研究で使用した振動計はクラス2のレーザーを用いている。クラス2のレーザーは、JIS C6802「レーザー製品の安全基準」に拠ると「偶発的に眺めることで生じる瞬間的な(0.25秒)被ばくは、危険ではないと考えられる」とされているが、念のため上記のようにして実験協力者の眼を保護した。

データ収集は実験協力者が最も発声しやすい基本周波数で日本語母音/a/および/i/を裏声にて持続歌唱しているときに行った。声楽家Aに関しては、その高さでの地声にて歌唱(/i/のみ)、より高い基本周波数での裏声にて歌唱(/a/および/i/)の際にも計測した。なお、マイク入力により得られる音声の振幅で振動計測のトリガをかけているため、歌唱時のみ振動が計測される。

本研究では、顔面の正面方向からレーザーを照射し、その方向の振動速度を計測した。計測点の位置は振動計の制御ソフトウェアにて手動で指定した。実験協力者ごとに計測点数が異なり、声楽家Aは69点、声楽家Bは99点、声楽家Cは91点であった。1点の計測には約1秒を要した。

以上の計測方法は「甲南大学におけるヒトを対象とした研究審査」により承認されている。

3 結果

3.1 母音による差異

声楽家Aが発声しやすい高さ(A4=440 Hz)で裏声にて母音/a/および/i/を持続歌唱した際の皮膚振動速度のRMS値を図1に示す。図中の格子点は計測点で、その他の色のついている点の値は補間によって求められている。なお、振動速度のカラーマップは本稿の図で共通である。

この図から母音/i/の歌唱時に鼻周辺および頬の振動速度が大きいことがわかる。これは声楽家BとCにも共通して見られる傾向であった。恐らく母音/i/発話時の口腔内圧は母音/a/発話時よ

* Measurement of vibration of facial surface during singing for professional singers. by KITAMURA, Tatsuya, HATANNO, Hiroaki (Konan Univ.) SAITOU, Takeshi (Kanazawa Univ.), SHIMOKURA, Yui, HANEISHI, Eri, KISHIMOTO, Hiroko, HOSOKAWA, Kumiko (Showa College of Music)

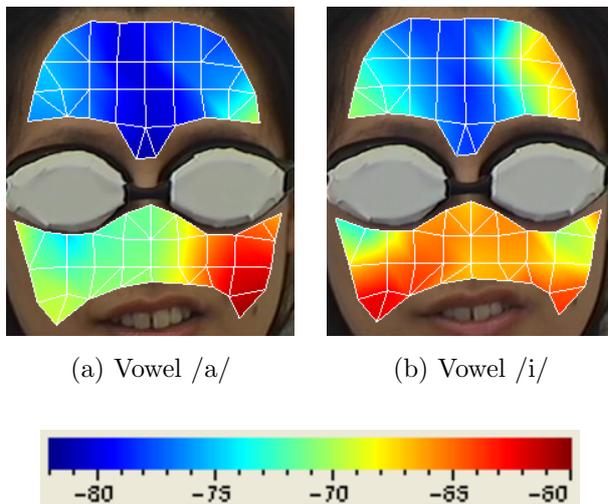


Fig. 1 Vibration velocity patterns of facial surface during singing of (a) Japanese vowels /a/ and (b) /i/ in falsetto at her most comfortable pitch ($A_4=440$ Hz). The unit is m/s [dB] and 0 dB is equal to 1 m/s.

りも高いことに関係があるものと推測される。

3.2 基本周波数による差異

声楽家 A が $F_5=698.5$ Hz で裏声にて母音 /a/ および /i/ を持続歌唱した際の皮膚振動速度の RMS 値を図 2 に示す。図 1 の皮膚振動速度パターンと比較して前額の値が大きい。また、母音 /i/ では頬の振動速度が増加し、その一方で鼻周辺の振動速度が減少した。

声楽家 A は「高い声はあてて出す必要がある」、「高い声は突き抜けるイメージ」と述べている。これらはいずれも歌唱技術や共振に関する身体感覚を表していると推測される。

3.3 歌声と地声の差異

声楽家 A が彼女の出しやすい高さ ($A_4=440$ Hz) で地声にて母音 /i/ を歌唱した際の皮膚振動速度の RMS 値を図 3 に示す。図 1(b) に示した歌唱時の皮膚振動速度パターンとは異なる結果となっている。特に頬の値が減少している。

声楽家 A は「地声は内にいく感じ」と述べている。このことは、声楽家自身の身体感覚も裏声で歌唱した時とは異なることを示している。

4 おわりに

本稿ではスキャニング型レーザードップラ振動計を用いて計測した歌唱時の皮膚振動パターンについて報告した。上述のように、声楽家は歌唱

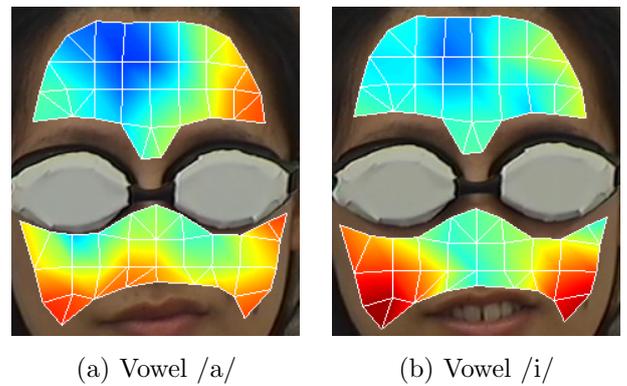


Fig. 2 Vibration velocity patterns of facial surface during singing of (a) Japanese vowels /a/ and (b) /i/ in falsetto at the pitch frequency of F_5 (698.5 Hz).

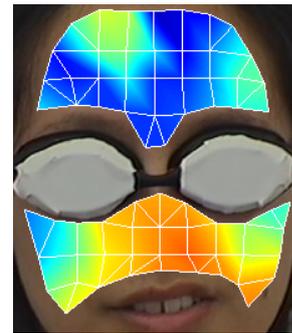


Fig. 3 Vibration velocity patterns of facial surface during singing of Japanese vowel /i/ in modal voice at her most comfortable pitch ($A_4=440$ Hz).

時の身体感覚を独特の表現を用いて表すことができる。次の段階では、このような身体感覚と皮膚振動速度パターンの対応関係を一般化していく。さらに、その対応関係に対して物理的な裏付けを与え、出力される歌声の音響的特徴との関連を明らかにすることが目標である。

なお、今回の計測では計測中に実験協力者の頭部が動いてしまうことがあった。今後、安定した計測ができるよう検討する必要がある。

謝辞 本研究は平成 23 度 (財) 兵庫県科学技術振興助成金および平成 24 年度科学研究費補助金 (21300071) にて実施された。本研究にご協力いただいた伊藤一仁博士 (産総研) に深謝します。

参考文献

- [1] Kitamura, *Acoust. Sci. & Tech.*, 33, 2, 126–128 (2012).