

歌唱時の皮膚振動計測における再現性の調査*

○北村達也, 金澤咲弥 (甲南大)

1 はじめに

本研究ではスキヤニングレーザドップラ振動計による皮膚振動計測の再現性を調査する。レーザドップラ振動計は、振動体にレーザ光を当て、その反射光に生じるドップラ効果を利用して振動速度や変位を計測する装置である。この振動計は過去に母音と鼻子音の発話時の皮膚振動速度パターンの計測 [1] やの歌唱時の皮膚振動速度パターンの計測 [2] に用いられた。しかし、これらの研究では計測が1度ずつしか行われておらず、実験の再現性について検討されていない。そこで、本研究では複数の実験参加者を対象にして複数回の皮膚振動速度パターン計測を行い、計測の再現性を調査した。

2 方法

2.1 振動計

スキヤニングレーザドップラ振動計 Polytec PSV-500 を使用した。

2.2 実験参加者

男性声楽家1名および声楽を学ぶ大学院生の男女各1名の計3名が実験に参加した。以下では、A(男性声楽家)、B(男子大学院生)、C(女子大学院生)と表す。声楽経験者を実験参加者に採用したのは、彼らが一定の基本周波数で安定した発声ができることと、将来的に皮膚振動速度パターンを歌唱訓練に利用することを考慮したことによる。

2.3 タスク

各実験参加者の出しやすい音程にて日本語母音/a/を連続歌唱させた。彼らには「響きの高い」声で歌うよう指示した。歌声が実際に「響きの高い」ものであったか否かは彼らの自己評価に任せた。計測の直前にピアノでその音程を提示し、音の高さを確認させた。

2.4 実験手続き

実験は防音機能を有する音楽室にて実施した。実験参加者はレーザ光が眼に入ることを防ぐゴー

グルをかけ、各自の体格に高さを合わせた椅子に座った。そして、椅子の前に置いた机に固定したあご台 (SR Research SR-HDR) で前額を固定した。このあご台はあごを乗せるパーツを外し、あごの動きを障害しないようにした。振動計のスキヤニングヘッド (レーザ光の発光、受光を行う部分) は、実験参加者の顔正面から約1 mに正対する位置に三脚で固定した。

本研究では、顔面上の59点の皮膚振動速度を計測した。計測点数および計測点のおおよその位置は実験参加者間で統一した。各計測点では100 Hz から5 kHz までの振動速度を計測した。各点では計測を3回計測し、それらの平均値をその点の計測値とした。実験参加者の口元から約50 cmの位置にマイクロフォン (Sony ECM-77B) を置き、音声をトリガとして振動計測を行った。顔面全体の計測には約2分要した。

以上の計測を1名につき連続して3回実施した。計測中に頭部が動いて計測点がずれた場合には計測を中断し、やり直した。また、個々の計測の間に必要に応じて計測点の位置を調整した。皮膚振動計測と同時に、騒音計 (リオン NL-20) を用いて歌声の等価騒音レベルを計測した。

以上の実験方法は、「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。

2.5 外れ値の求め方

3回の計測結果とそれらの中央値との差を計測し、その値が6 dBを越える点を計測間の差異が特に大きい計測点とした。

3 結果

3名の実験参加者 (A, B, C) はそれぞれ C4 (261.6 Hz), A3 (220.0 Hz), E5 (659.3 Hz) の音程で発声した。また、歌声の等価騒音レベルの最大値は全ての実験参加者で2 dB以内に収まっていた。

紙面の制約から実験参加者 A と B 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あり、青から赤の色が付けられている点の振動速度は、その周囲の計測値の補間によって求

*Verification of reproducibility of facial skin vibration measurements during singing. by KITA-MURA, Tatsuya, KANAZAWA Saya (Konan Univ.)

Table 1 Mean square error of vibration velocity of facial skin surface (dB)

Singer	Measurement		
	1st	2nd	3rd
A	2.1	1.7	1.7
B	2.8	2.6	4.0
C	3.2	2.8	2.8

められている。3名とも口および鼻の周辺の皮膚の振動速度がその他の部分に対して大きかった。各実験参加者の3回の計測結果は概ね同じ傾向を示したが、一方で、皮膚振動速度のパターンには実験参加者による差異も見られた。

皮膚振動速度の平均二乗誤差を表1に示す。今回の実験では、平均二乗誤差は1.7 dBから4.0 dBの範囲で変動した。

さらに、3回の計測結果において外れ値(2.5節参照)が存在した計測点を求めたところ、実験参加者A, B, Cでそれぞれ4点, 3点, 6点存在した。すなわち、今回の実験における全計測点531点中13点, 2.4%が外れ値であった。これらの計測点は図1内の矢印で指し示している。その多くは、鼻、頬骨、オトガイの曲面部であり、計測中の頭部の動きによってレーザー光が垂直に当たらなくなってしまう点である。ただし、実験参加者Aの上唇など、外れ値の生じる理由が特定できない計測点も存在した。

4 おわりに

本研究では、スキャニングレーザドップラ振動計を用いた発声中の皮膚振動速度パターンの計測における再現性について検討した。その結果、曲面部を計測する場合に外れ値が生じやすいことが明らかになった。今後の計測においては、この結果を考慮に入れ、最適な計測点を選択していく。

謝辞 本研究は平成24年度科学研究費(24650088)にて実施された。実験にご協力いただきました京都市立芸術大学 津崎実先生、実験参加者の皆様、ポリテックジャパン(株) 若月祥子様に感謝いたします。

参考文献

- [1] Kitamura, *Acoust. Sci. & Tech.*, 33, 2012.
- [2] Kitamura *et al.*, *Proc. of SMAC2013*, 2013.

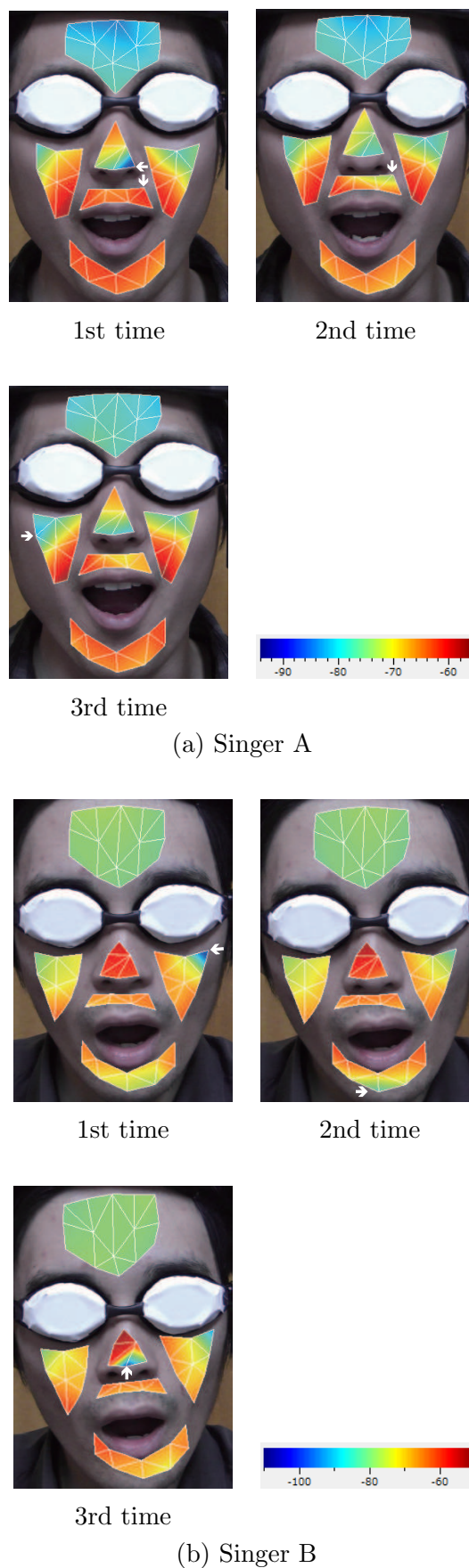


Fig. 1 Vibration velocity pattern of facial surface during singing for singers A and B. The measurements were carried out three times for each singer. Arrows indicate outliers.