

スキャニング型レーザードップラ振動計による発話時の皮膚振動計測*

北村達也 (甲南大)

1 はじめに

音声は口や鼻孔のみならず体表面の振動を介しても空中に放射されている [1][2]。しかし、皮膚から放射される成分の音響特性や音声全体への寄与、様々な発声における皮膚振動パターンの差異などに関して詳しく解明されているわけではない。先行研究の多くでは加速度ピックアップなどの振動計を被験者の身体に固定して発声中や歌唱中の皮膚振動を計測していた [3][4][5]。これらの振動計には非常に軽量なものも含まれるが、それが計測対象の振動に影響しないとは言いきれない。そこで、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非接触な手法で発声中の皮膚振動速度パターンを計測した予備的な結果を報告する。

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 Polyttec PSV-400-M4 にて発声時の皮膚振動速度を測定した。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測定する [6]。本研究で使用したスキャニング型の振動計は、対象物上の複数の測定点を自動的にスキャンすることができる。

2.2 被験者

発声に関する既往症のない日本人の成人男性 1 名 (22 歳) が実験に参加した。

2.3 データ収集

本研究では発声時の皮膚振動速度を 5 kHz まで測定した。測定においては、振動計のセンサヘッドが下向きになるよう三脚に固定した。被験者は、顔がセンサヘッドの真下に位置するように仰臥位にて床に横になった。被験者の頭部は木製のブロックで固定した。

被験者は水泳用のゴーグルに光を遮断するテ-

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被験者の眼を保護した。

データ収集は被験者が日本語母音/a/および鼻音/N/の持続発声中に行った。被験者には、頭部を動かさないようにしながら繰り返し持続発声するよう求めた。

本研究で使用した振動計は、レーザーの照射方向の振動速度および変位を測定することができる (対象物の面に垂直な方向の振動および変位ではない)。そこで、本研究では顔の正面方向と左方向の皮膚振動速度を測定した。正面方向は主として前額に正対する方向、左方向は主として鼻の側面や頬に正対する方向である。それぞれの方向における測定点の数は 75 点と 49 点である。これらの測定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。1 点の測定には約 1 秒を要した。

以上の測定方法は「甲南大学におけるヒトを対象とした研究審査」により承認されたものである。

3 結果

図 1(a) および (b) は、正面方向から測定した母音/a/および鼻音/N/発声時の皮膚振動速度パターンを示している。図中の格子点は測定点で、その他の色のついている点の値は補間によって求めた。これらの図は、本研究で用いた振動計により発声中の皮膚振動速度を測定できることを示している (振動計によってはヒトの皮膚からの反射が弱く振動が測定できないものがある)。

母音と鼻音の皮膚振動速度パターンには明確な差異が見られる。前者では口唇の周囲における値が他の部分と比較して大きい。一方、後者では鼻の周囲における値が他の部分と比較して大きい。これは、鼻音発声時には鼻腔や副鼻腔が共鳴することによると考えられる。

* Measurement of vibration of skin during phonation using scanning vibrometer. by KITAMURA, Tatsuya (Konan University)

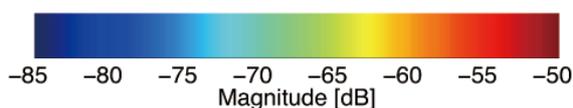
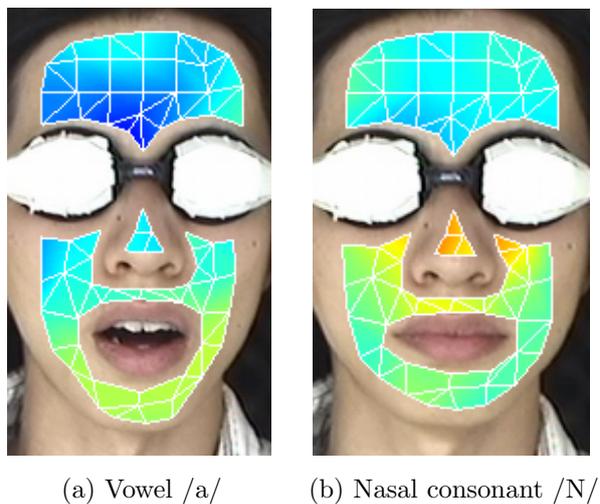


Fig. 1 Vibration velocity patterns of frontal facial surface during articulation of (a) Japanese vowel /a/ and (b) nasal consonant /N/. The unit is m/s [dB] and 0 dB is equal to 1 m/s.

図 1(a) および (b) からは発声時に前額の皮膚も振動していることもわかる。母音/a/発声時よりも鼻音/N/発声時の方が振動速度が大きく、鼻音発声時に前頭洞内部で共鳴が生じていることを示唆している。

図 2(a) および (b) は、左方向から測定した母音/a/および鼻音/N/ 発声時の皮膚振動速度パターンを示している。鼻音/N/発声時の鼻の側面が、図 1 および 2 の中で最大の振動速度を示している。この結果からも本測定法ではレーザー照射方向の設定が重要であることがわかる。

また、図 2(a) からは母音/a/発声時においても鼻の側面が振動しており、しかもその振動速度は比較的大きいことがわかる。一般に、母音発声時には口蓋帆が挙上し鼻咽腔結合はないとされているが、この図は(被験者 1 名の結果ではあるものの)母音発声時であっても鼻孔から音が放射されている可能性を示唆するものである。

4 おわりに

本研究ではスキャニング型レーザードップラ振動計を使うという新しい手法によって、発声中の皮膚振動パターンを測定できることを示し

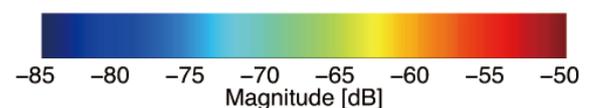
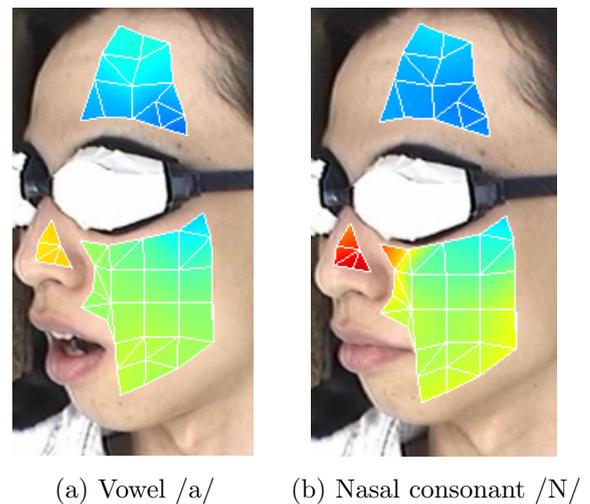


Fig. 2 Vibration velocity patterns of left facial surface during articulation of (a) Japanese vowel /a/ and (b) nasal consonant /N/. The unit is m/s [dB] and 0 dB is equal to 1 m/s.

た。この工学的な測定法により測定対象に非接触な振動測定が可能だった。そして、母音と鼻音の測定結果には明確な差異が見られた。

今後は、周波数による皮膚振動速度パターンの変化の分析のほか、発声に障がいのある患者を対象にした発声訓練や専門的歌唱の訓練などへの利用について検討を進める予定である。

謝辞 本研究は平成 23 年度科学研究費補助金(21300071) および同年度(財)兵庫県科学技術振興助成金にて実施された。本研究の実現にご協力いただいた伊藤一仁博士(産総研)に感謝します。

参考文献

- [1] Sundberg, "The Science of Singing Voice," Northern Illinois University Press, 1987.
- [2] Stevens, "Acoustic Phonetics," The MIT Press, 2000.
- [3] Kirikae *et al.*, *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie*, 85(5-6), 317-345, 1964.
- [4] 鈴木他, 信学論, J74-A(12), 1705-1714, 1991.
- [5] Toyoda, Fujinami, *Proc. Int. Conf. Music Percept. and Cogn.*, 372-380, 2008.
- [6] Polytec, <http://www.polytec.com/>