

(410) 情報その他

三次元変位計測を用いた発声時の皮膚振動に関する基礎検討

Study of Skin Vibration during Pronunciation Using Three-Dimensional Displacement

武藤巧†

中山仁史††

石光俊介††

二渡良康†††

Takumi Muto†

Masashi Nakayama††

Shunsuke Ishimitsu††

Yoshiyasu Futawatari†††

†広島市立大学 情報科学部

††広島市立大学大学院 情報科学研究科

†††ダンテック・ダイナミクス

1 はじめに

発声や歌唱時における皮膚振動の計測において、レーザドップラ計などによる一次元変位の計測方法が一般的である[1,2]。しかし、ヒトの顔面形状や体内伝搬などの複雑さを考慮すると、多次元かつ高周波数分解能を有した計測が望ましい。本研究では2軸の三次元変位計測を用いて、発声時の顔面皮膚における振動や伝搬の解明を目標とする。三次元変位計測を用いることで、発声時の上唇上部を対象に振動方向の偏りや信号強度を確認し、発声と顔面皮膚振動の関係性を明らかにする。

2 三次元変位計測

異なる角度に設置した複数の高速撮像カメラを用いることで、任意点の三次元変位を得ることができる[3]。一般的に、三次元変位計測は先端材料や部品試験を対象とした計測で用いられているが、これを用いて発声時の顔面皮膚振動や音声伝搬の解明を試みた振動計測や報告はほとんど確認されていない。そこで、三次元変位計測を用いた発声時の顔面皮膚振動の計測を試みる。本研究により、発声時に生じる複雑な皮膚振動や伝搬の解明が期待できる。さらに、顔面皮膚振動を正確に計測することができれば、骨伝導をはじめとする体内伝導音や歌唱訓練への視覚的フィードバックに応用できると考えられる。

3 三次元変位計測による皮膚振動解析

音声は口や鼻孔から放射される際、声道内の空気の振動とともに皮膚や骨にも振動が伝搬する。本研究では三次元変位計測を用いてこの振動計測を試み、皮膚伝搬、音声及び体内伝導音の各信号を比較することで振動の仕組みや関係性を明らかにする。基礎検討として、健常発声可能な話者を対象に音声及び三次元変位計測の解析結果を報告する。

3.1 音声データセットの構築

最初の検討として、図1に示すような単カメラによる2軸の三次元変位計測（二次元変位計測）を試みる。表1に三次元変位計測の機器を示す。音声はマイクロフォン、体内伝導音は加速度ピックアップ、皮膚振動は三次元変位計測を用いて収録する。

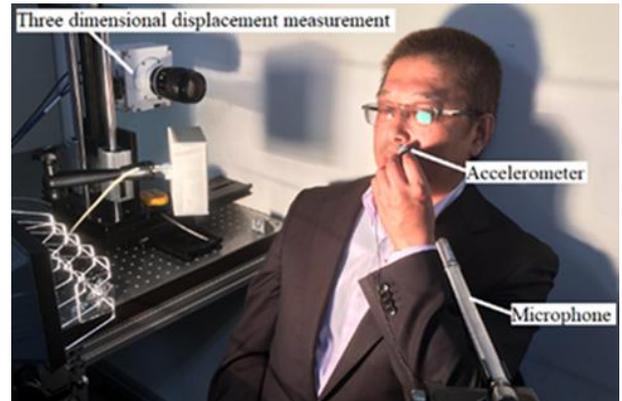


図1: 三次元変位計測を用いた音声収録

表1: 三次元変位計測の機器

Equipment	Model name
Software	Istra4D, Dantec Dynamics
3D measurement	Q-400, Dantec Dynamics
Camera	VEO410L, Phantom
Lens	NIKKOR 105mm, Nikon
Lighting	Halogen & LED lighting
Microphone	MI-1431, Ono Sokki
Accelerometer	NP-2110, Ono Sokki
Amplifier	SR-2200, Ono Sokki

収録条件として、健常発声可能な男声1名が日本語5母音、撥音及び無発声の7条件で発声した。マイクロフォンは口元から約30cmの位置に設置した。これまでの成果[4]より、体内伝導音は上唇左上部において音声に近い周波数特性が得られることを確認している。

本研究では、音声、体内伝導音及び二次元変位を同時収録する必要がある。そのため、体内伝導音と同位置表面は加速度ピックアップで覆われるため二次元変位の撮像ができない。ヒトの身体はほぼ対象と考え、上唇左上部に対して上唇右上部を撮像することにした。このとき、第4フォルマントまでの周波数帯域の撮像能力を考慮し、10kHz サンプリング及び約0.2sの撮像時間とした。

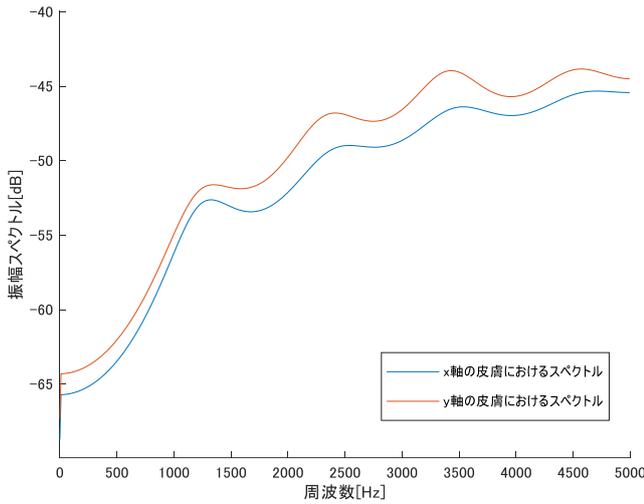


図 2: 皮膚振動における母音/a/のスペクトル

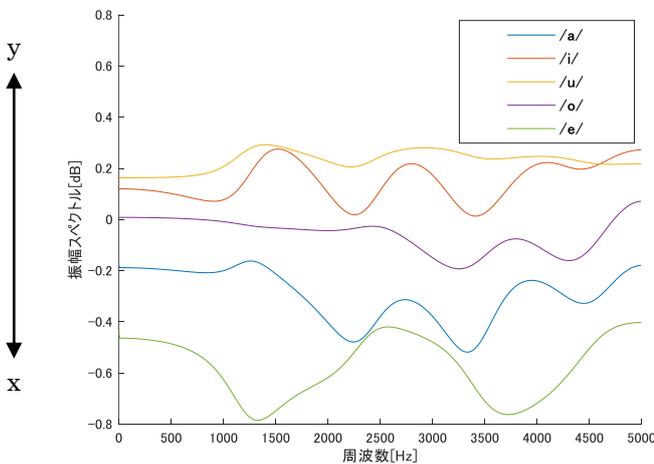


図 3: 母音発声時における皮膚振動方向の偏り

3.2 実験条件

日本語 5 母音の皮膚振動の二次元変位を対象とした解析を行う。音声は声帯振動などの音源情報と口腔や鼻腔など調音器官の伝達関数にわけることができる。本研究では伝達特性や振動方向の解明が目的のため、8 次の線形予測分析(LPC)[5]を用いてスペクトル包絡を確認する。これを用いることで x 軸及び y 軸方向の皮膚振動の強度を表現し、軸毎の振動強度の偏りを確認することができる。なお、x 軸は顔面の縦方向、y 軸は顔面の横方向を意味する。

3.3 実験結果

図 2 に皮膚振動における母音/a/のスペクトルを示す。変位は直流成分のオフセットを含むため速度信号としてもちいる。このとき、スペクトルは 8 次の LPC 分析により概形を求めた。図 3 に各母音発声時における皮膚振動方向の偏りを示す。これは各母音より求めた各軸の LPC スペクトルに対して y/x を求め、皮膚振動方向の偏りとしたまとめたものであ

る。図 2 では、スペクトルの差はほとんど確認できないが、図 3 の結果では縦軸に対して y 軸は正、x 軸は負に強く振動していることがわかる。よって、母音/a/は、周波数帯域全体で縦軸方向に振動が偏っていることが確認できる。同様に他の 4 母音についても求めたところ、/a/、/e/は縦軸方向、/i/、/u/は横軸方向にそれぞれ振動が偏っていることが確認された。また、/o/については、低周波数帯でほとんど偏りがなく、3,000Hz 及び 4,500Hz 付近でやや縦軸方向に振動が偏っているといえる。/i/、/u/では、1,500Hz、2,800Hz 及び 4,000Hz 付近で横軸方向の振動の偏りが大きくなっていった。/a/では、2,200Hz、3,300Hz 及び 4,500Hz 付近で縦軸方向の振動の偏りが大きくなっていった。/e/に関しては、1,300Hz 及び 3,700Hz 付近で縦軸方向の振動の偏りが大きくなっていった。このような差異が生じた原因として、発声時の舌の位置や唇の形などが関係していると考えられ、今回の結果より、/i/のみ、/e/のみ及びそれ以外の 3 つの皮膚振動パターンに分類された。

4 おわりに

本研究では、各 5 母音を発声し計測された二次元変位から皮膚の振動方向の偏りを調査した。結果として、各 5 母音を /i/、/u/と /o/と /a/、/e/の 3 つの皮膚振動のパターンに分類できた。ただし、結果の再現性については被験者が一人であったため、まだ分からない。

今後はケプストラム分析を用いた解析を試み、皮膚の振動方向の偏りや信号強度と周波数の関係を明らかにする。そして、より詳細な皮膚振動や動きを確認できるよう、z 軸も追加し三次元変位での解析を行う予定である。

5 参考文献

- [1] 北村達也, “スキヤニングレーザドップラ振動計による歌唱時の皮膚振動計測における再現性の検証”, 音声言語医学, 55, pp.167-172, 2014.
- [2] 阿久津真理子他, “頸部高速度映像からの音声情報の取得”, 日音学 2012 年秋季講論集, pp.1475-1476, 2012.
- [3] Dantec Dynamics, “Vibration and Model Shape Analysis”, Application note, 2016.
- [4] 石光俊介他, “振動ピックアップ型マイクによる収録音声のマイク特性補正について—音声認識による評価—”, 日本音響学会 2002 年春季研究発表会講演論文集 I, pp.661-662, 2002.
- [5] 宮澤幸希, “MATLAB による音声信号処理入門”, 映像情報メディア学会誌, 66 巻 2 号, pp.130-133, 2012.