

筋電位と呼吸情報を用いた歌唱の分析と評価の基礎研究

藤野剛志† 伊東一典† 池田操‡ 久保直子‡ 米沢義道† 橋本昌巳†

カラオケの普及により一般の人が人前で歌う機会が増加しており、歌の苦手な人には問題である。一方、声楽を専門に学ぶ人にとってもどのように声を出すかは重要で、歌唱情報を客観的に分析、評価するシステムの構築が望まれている。本研究では歌声のピッチ、音量等の精度の評価に加えて、歌唱時の身体の様子を知ることが目的として、歌声と同時に筋電位や呼吸情報を取り入れ、歌唱の分析と評価の可能性を検討した。その結果、歌唱の習熟度の違いを見出すことが出来た。

Basic study on analyses and evaluations of the singing using myoelectric and respiratory signals

Takeshi Fujino† Kazunori Itoh† Misao Ikeda‡ Naoko Kubo‡ Yoshimichi Yonezawa† Masami Hashimoto†

Many people have chances to sing in front of listeners by the popularity of Karaoke. Not only the person whose vocal skill is poor, but also people who professionally study vocal music want to receive objective analysis and evaluation of their singing. In this paper, we examined the possibility of a support system for singing that measured myoelectric and respiratory signals at the same time as singing voice. As a result, we could find out the difference of the degree of vocal skills.

1. まえがき

近年、様々な音楽情報処理の研究が行われている。特に歌唱練習支援の分野では、歌唱分析と評価に関する研究¹⁾や視覚フィードバックによる調子外れの治療支援システム²⁾などがある。また、カラオケの普及により一般の人が人前で歌う機会が増加しており、歌の苦手な人には問題である。一方、声楽を専門に学ぶ人にとってもどのように声を出すかは重要で、歌唱の習熟度を客観的に分析、評価するシステムの構築が望まれている。

ところで、歌声情報の分析のみでも、ピッチ、音量等の評価は可能であるが、響きや曲の流れに伴う細やかな表現の分析は難しく³⁾、歌唱の分析、評価のためには歌声の情報と同時に生体の情報を取り入れる必要がある。そこで本研究では筋電位と呼吸情報を用いた歌唱の分析と評価の可能性の検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

歌唱と身体の緊張との間には密接な関係がある。そこで、表面筋電位及び呼吸波の測定部

† 信州大学工学部情報工学科 Department of Information Engineering, Shinshu University

‡ 上越教育大学 Joetsu University of Education

位は以下の事を考慮して決定した。

初めに筋電位については声帯を囲む喉頭軟骨を支える喉頭懸垂機構の働きが重要で、歌唱法の習得が未熟の場合、この機構が正常に作用しないので、図1に示すような舌骨より上方の筋に負担がかかる⁴⁾。本研究はこれに注目し、図1に示す破線枠の筋肉を対象に筋電位の測定を行い、その時の電極配置の様子を図2に示す。

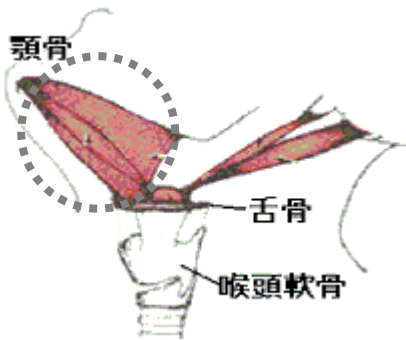


図1：舌骨以上の筋

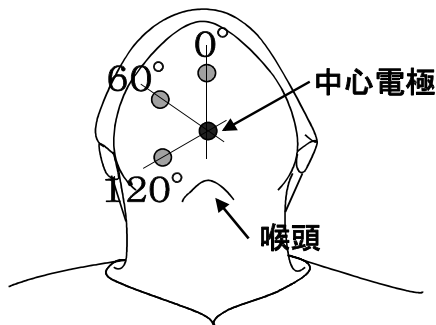


図2：電極の配置

喉頭直上の正中面に中心電極を配置し、顎二腹筋、顎舌骨筋、舌骨舌筋に対応するよう0°、60°、120°の放射方向に3つの電極を配置した。

次に、呼吸については、胸郭左右、前後径が変化する胸式呼吸、横隔膜の作用により胸郭の上下径が変化した結果、腹壁が変化する腹式呼吸がある。歌唱時には双方が混合した形で行われ、歌唱の上達にはこのような呼吸への理解が必須である⁵⁾。本研究では胸式と腹式に対応し、図3のように胸囲と腹囲の周長の変化を呼吸ピックアップでとらえる事にした。呼吸ピックアップはラテックスゴム製で伸縮により抵抗が変化するが、呼吸タイミングは測れるものの、

厳密な伸縮長を測ることは出来ないため、以下の実験では記録値から最も周長の縮んだ値を差し引き、変化量としてサンプル値で示した。

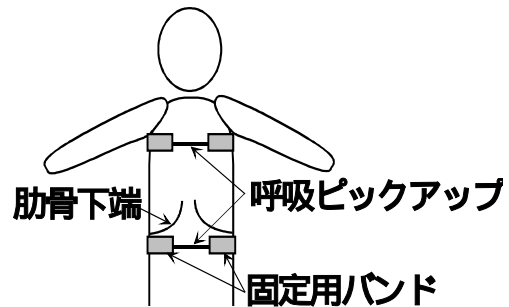


図3：呼吸ピックアップ装着位置

実験器具及び実験条件を以下に示す。

- ・電極：塩化銀電極、直径約8mm、電極間距離20mm
 - ・筋電位アンプ：差動型、増幅度60dB
 - ・呼吸ピックアップ：日本光電 TR-753T
 - ・マイクロホン：Fostex YM-211(ダイナミック型)
 - ・デジタルレコーダー：TEAC DR-M3、標準化周波数：10kHz、量子化：16bit
 - ・歌声分析システム(Windows版)¹⁾ピッチ抽出：ケプストラム法、窓関数：ハミング窓
- また、被験者は以下の通りである。
- ・被験者A(女性)音楽(声楽)科の先生
 - ・被験者B(女性)音楽(声楽)科の学生
 - ・被験者C(女性)合唱団に所属経験あり、専門に声楽は学んでいない。

3. 歌唱実験

図4、5は歌唱実験の結果の一例を示したもので、「赤とんぼ」(作詞：三木露風、作曲：山田耕作)の「ゆうやけこやけのあかとんぼ」の約15秒間を被験者の中で最も習熟度の高い被験者Aが歌唱した模範的歌唱である。図4(a)はピッチの推移を、図4(b)の上方の推移は音量、下方は3チャンネル各々の筋電位の実効値を示してある。また、図5の上方の推移は音量、下方は胸囲と腹囲の変化量である。

ピッチと音量は「あかとんぼ」の曲想通りで被験者Aの歌唱精度を確認できた。

筋電位については歌唱の切れ目において高い筋電位が見られる(図中実線枠)ことと、ピッチと音量が共に上昇する曲の盛り上がり部

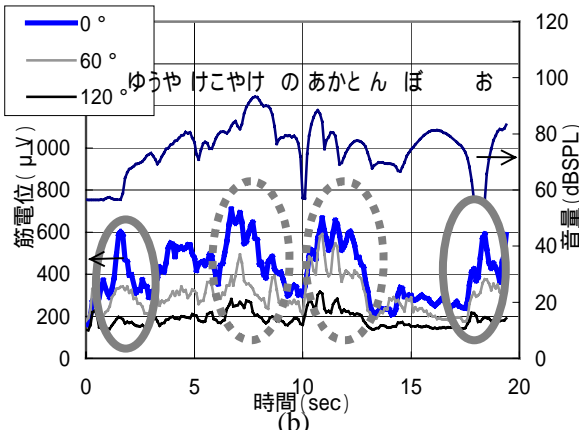
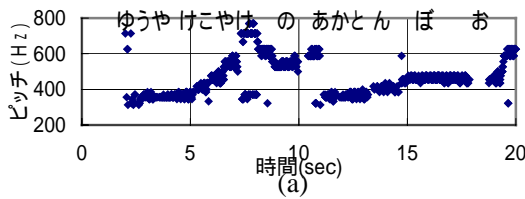


図4：音量と筋電位及びピッチ（被験者A）

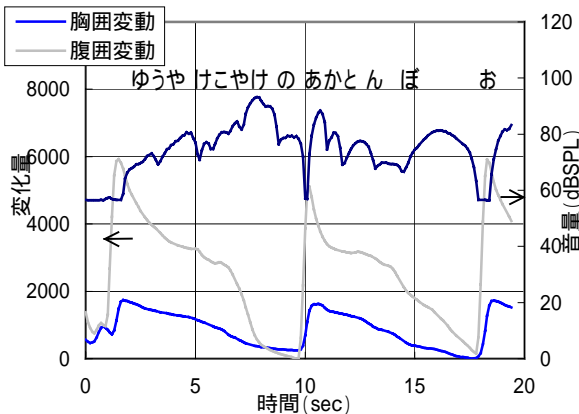


図5：音量と呼吸情報（被験者A）

においても同様に高い筋電位が確認できた(図中破線枠). このため、筋電位は音量又はピッチの上昇と関連しているように思われる. また、呼吸については、音量やピッチの変化に伴う変化は見られず、プレスに応じて胸囲、腹囲とも変化し、その変化量は腹囲のほうが胸囲よりも大きいことが確認できた.

しかし、詳細は不明であり、以下、これらの現象について詳しく調べることにした.

4. 筋電位について

前述の音量及びピッチと筋電位の関係のうち、盛り上がり部で起こる高い筋電位が、歌唱

のどのような要素に関与しているのかを調べるために、母音唱「いえあおう」について音量とピッチのパラメータを変えた実験モードを作成した. 図6 (a)(b)(c)(d)は実験用歌唱モードの概念図である. (a)モード1はピッチと音量が一定で母音を変えながら4拍を歌い、4拍を休止した歌唱(全36拍), (b)モード2はピッチが一定で、クレシェンド、デクレシェンドして音量を変化させた歌唱(全56拍), (c)モード3は音量が一定で、ピッチを平均律音階上でド、ミ、ソ、ドと変化させた歌唱(全51拍), (d)モード4は「いえあおう」5母音を1セットとして1セット目は話し言葉、2セット目から5セット目までピッチを変化した歌唱(全66拍)でピッチ変化はモード3と同じである. モード1, 2でのピッチは最高音のドを用いる. 尚、テンポは被験者が自然に歌える速さに合わせてテンポ70~80程で1拍は約0.8秒である.

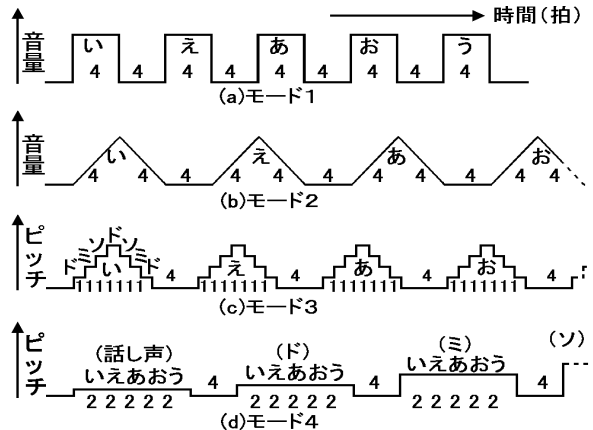


図6：歌唱実験モード

4.1 モード1（ピッチ固定，音量固定）

音量と筋電位の時間推移を図7, 8, 9に示す.

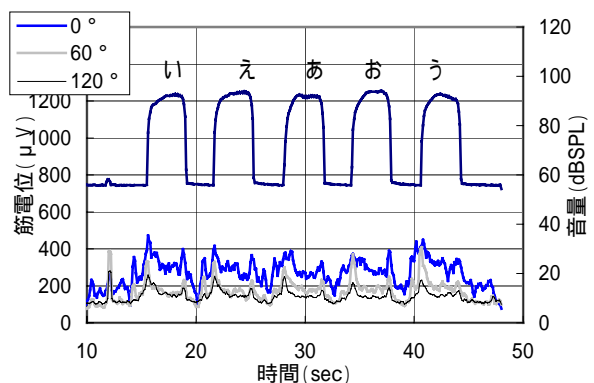


図7：モード1（被験者A，音量と筋電位）

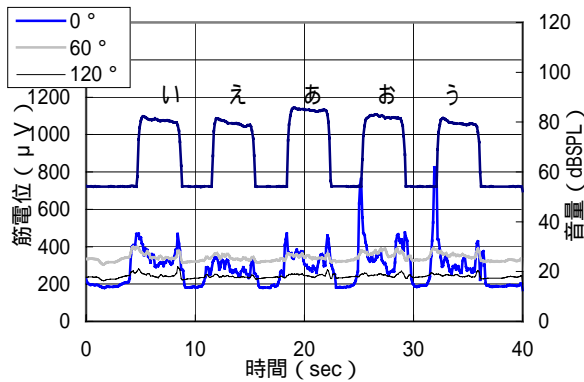


図 8 : モード 1 (被験者 B, 音量と筋電位)

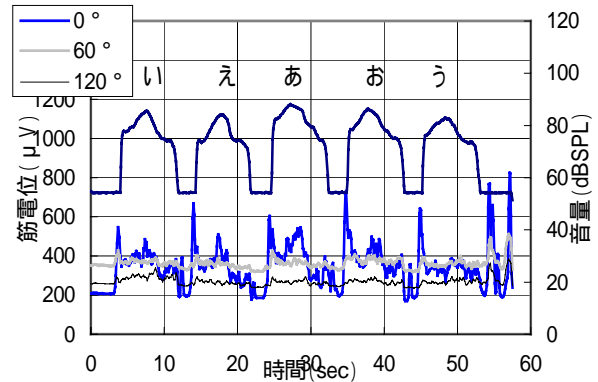


図 11 : モード 2 (被験者 B, 音量と筋電位)

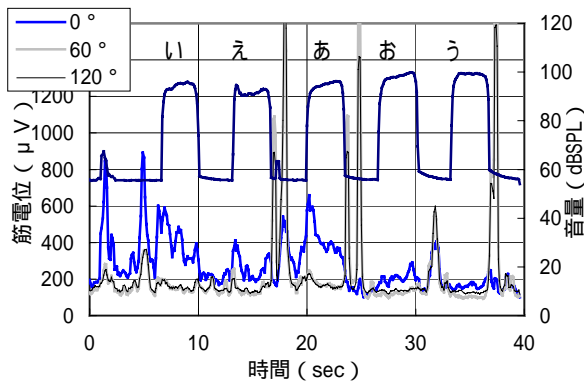


図 9 : モード 1 (被験者 C, 音量と筋電位)

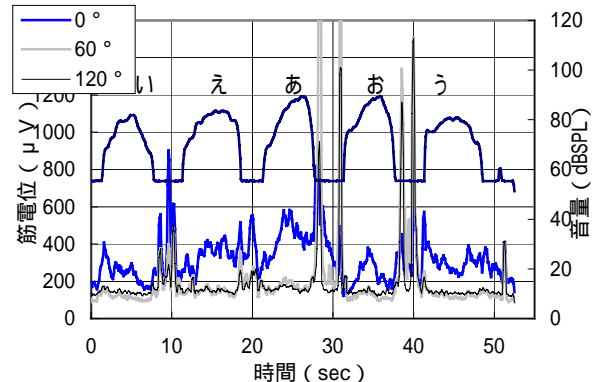


図 12 : モード 2 (被験者 C, 音量と筋電位)

被験者 A は歌唱定常時の筋電位が母音ごと揃い、一定に保たれている。被験者 B にもその傾向が見られるが、被験者 C は母音ごとの筋電位が大きく異なる。

4.2 モード 2 (ピッチ固定, 音量可変)

音量と筋電位の時間推移を図 10, 11, 12 に示す。

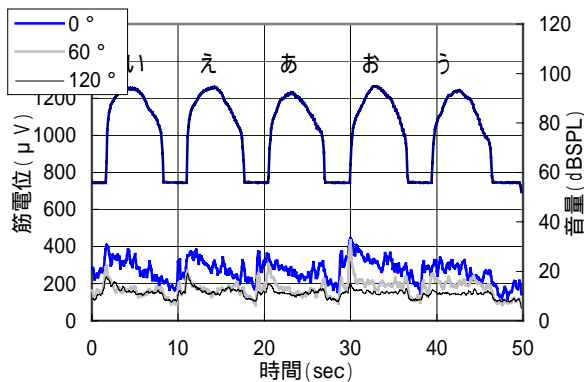


図 10 : モード 2 (被験者 A, 音量と筋電位)

音量にはクレシェンド, デクレシェンドに伴う変化が見られ、被験者 A は各母音のピークの音量が揃い模範的である。被験者 A では母音ごと筋電位が揃っており、被験者 B にもその傾向が見られるが、筋電位は両被験者とも山型とはならず、音量に伴った変化は見られない。被験者 C では母音間での筋電位差が激しい。

4.3 モード 3 (ピッチ可変, 音量固定)

ピッチの時間推移を図 13 (a) に、音量と筋電位の時間推移を図 13 (b), 14, 15 に示す。各被験者とも正確なピッチで歌唱がされているので、ここでは被験者 A のピッチのみ示してあるが、ピッチの変化に伴う音量の変化が見られる。被験者 A の筋電位は母音ごと中心の高い山型の推移となっておりピッチとの関係が見られるが、被験者 B, C の順にその傾向は低くなっている。

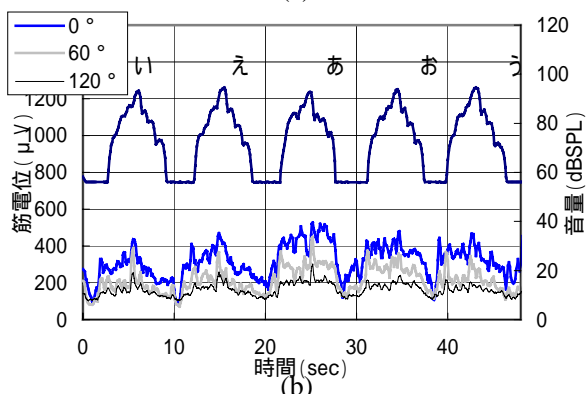
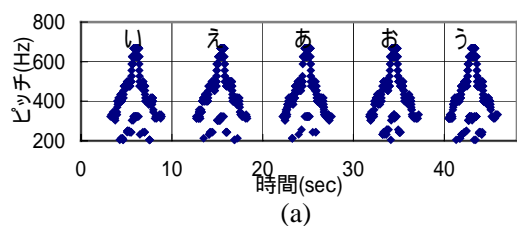


図 13 : モード 3 (被験者 A, 音量と筋電位, ピッチ)

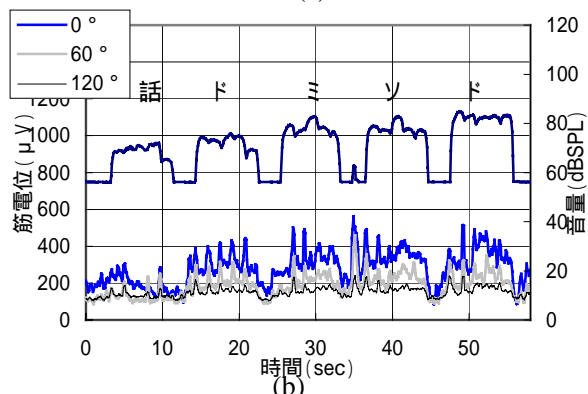
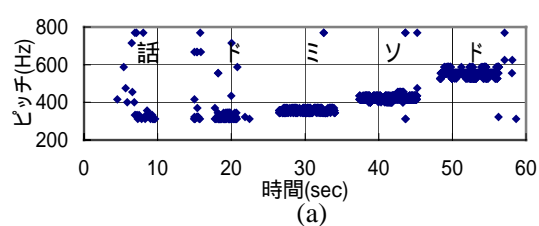


図 16 : モード 4 (被験者 A, 音量と筋電位, ピッチ)

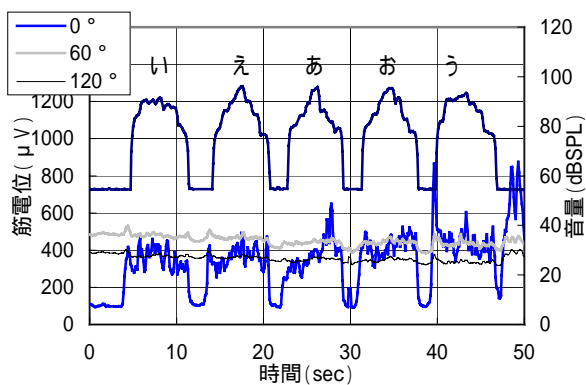


図 14 : モード 3 (被験者 B, 音量と筋電位)

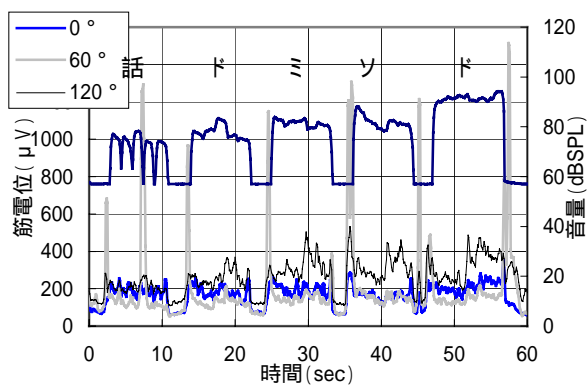


図 17 : モード 4 (被験者 B, 音量と筋電位)

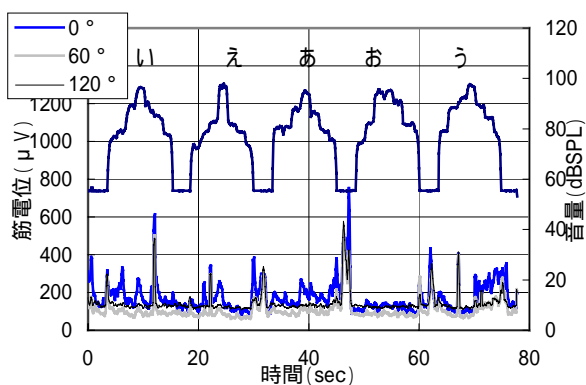


図 15 : モード 3 (被験者 C, 音量と筋電位)

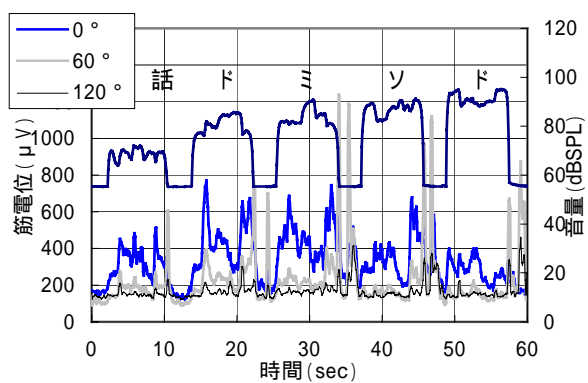


図 18 : モード 4 (被験者 C, 音量と筋電位)

4.4 モード 4 (ピッチ可変, 音量固定)

ピッチの時間推移を図 16 (a) に, 音量と筋電位の時間推移を図 16 (b), 17, 18 に示す。

各被験者とも同様に正確なピッチで歌唱がされているので被験者 A のピッチについてのみ示した。被験者 A, B において話している時よりも歌唱時の筋電位が高く, さらにピッチに

関連して上昇している。しかし、被験者Cではピッチに関する筋電位の変化は見られない。

4.5 実験考察

各モードの実験の結果、習熟度の高い被験者は母音間で筋電位差が小さく習熟度による違いが表れた。これは各母音とも統制がとれており、無駄な力が掛かっていない状態であると思われる。また、4.3より、筋電位はピッチに伴った変化をすることがわかり、4.4ではこれを確認することが出来た。

5. 呼吸について

音量と胸囲、腹囲の変化量の時間推移を図19、20、21に示す。歌唱モードは母音ごとの歌唱時間が比較的長いモード2を示した。

被験者Aでは個々の歌唱に対して最後まで腹囲が保たれているが、被験者Bでは歌唱の途中で腹囲が落ち込んでおり、被験者Cではさらに顕著である。また、呼気から吸気への切り替わり、すなわち変化量が下降から上昇に切り替

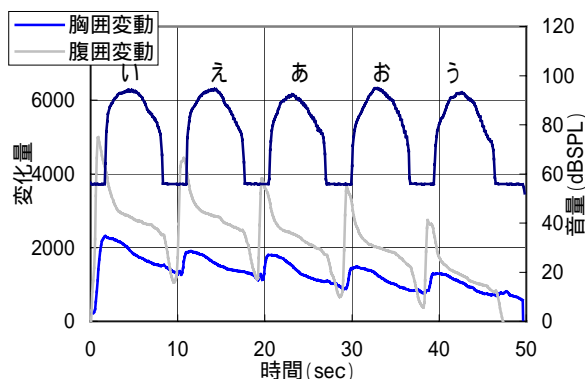


図19：モード2（被験者A，音量と呼吸情報）

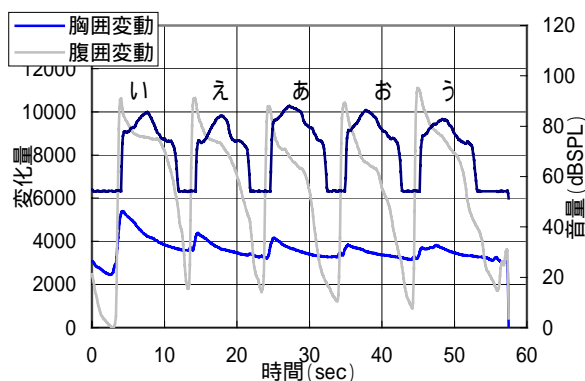


図20：モード2（被験者B，音量と呼吸情報）

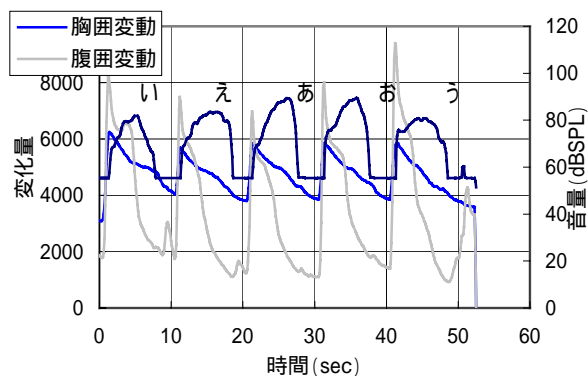


図21：モード2（被験者C，音量と呼吸情報）

わる点から声が出るまでの時間差は、被験者Aが最も長く、腹囲と音量の時間差平均で被験者Aが1.28秒、順に被験者Bの1.06秒、被験者Cの0.76秒となった。胸囲では被験者A、B、Cの順に0.98秒、0.72秒、0.7秒となり、習熟度による違いが表れた。

6. あとがき

歌唱の分析と評価を目的として歌唱情報からの音量、ピッチの抽出に加えて生体情報の代表的なものとして筋電位と呼吸情報の分析を行った。その結果、筋電位、呼吸とも習熟度による違いを見出すことが出来た。さらに筋電位はピッチの変化に伴って変化し、音量には依存しないことがわかった。今後さらに歌唱法の習熟度と筋電位と呼吸の関係を詳しく求めていきたい。終わりに、実験にご協力頂いた池田なつ美さん、竹内瑞穂さんに感謝します。

参考文献

- 1) 片岡，伊東，池田，中澤，米沢，今関，橋本，“歌唱支援システム構築のための歌声の分析と評価”，情報処理学会研究報告，98-MUS-26，pp.23-30，1998．
- 2) 平井，片寄，井口，“歌の調子外れに対する治療支援システム”，電子情報通信学会論文誌D-，Vol.J84-D-，No.9，pp.1933-1941，2001．
- 3) 中山，小林，“歌の声 - 声質の魅力と問題点 - ”，日本音響学会誌，Vol.52，No.5，pp.383-388，1996．
- 4) フースラー，マーニング著，須永，大熊訳，“うたうこと」発声器官の肉体的特質 - 歌声のひみつを解くかぎ - ，pp.26-42，音楽之友社，1987．
- 5) 簗島高，音楽生理学，pp.201-212，音楽之友社，1969．