

## 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、コンピュータによる歌唱分析に関する研究<sup>1)</sup>やリアルタイム視覚フィードバックによって誤ったピッチを修正するシステム<sup>2)</sup>、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、歌唱練習を支援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<sup>3)</sup>、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. 歌唱と筋電位の測定

歌唱と身体の緊張との間には密接な関係があり、声帯を囲む喉頭軟骨を支える喉頭懸垂機構はその要である。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

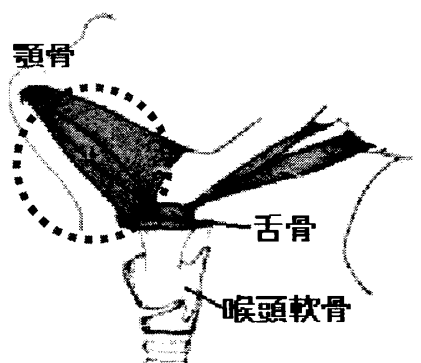


図1：舌骨以上の筋

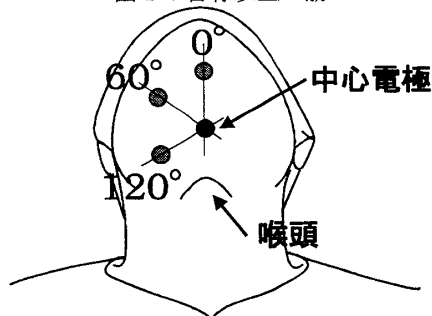


図2：電極の配置

かる<sup>4)</sup>。

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。

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。測定環境を以下に示す。

- ・電極：塩化銀電極、直径約8mm、電極間距離20mm
- ・マイクロホン：Fostex YM-211（ダイナミック型）
- ・筋電位アンプ：差動型、増幅度60dB
- ・デジタルレコーダー：TEAC DR-M3、標準化周波数：10 kHz、量子化：16bit

また、被験者は以下の通りである。

- ・合唱経験者4人（20代）
- ・合唱未経験者3人（20代）

図3は歌唱実験の結果の一例を示したもので、合唱経験者が「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12秒間を歌唱したものである。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である。歌唱に際し、事前にピッチのチューニングを行い、テンポ60のメトロノームに合わせた。

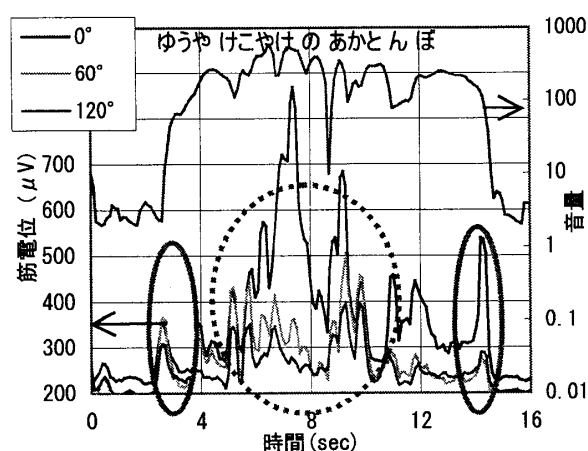


図3：音量と筋電位（経験者）

被験者間で筋電位レベルに差異があるものの、以下のことが確認できた。

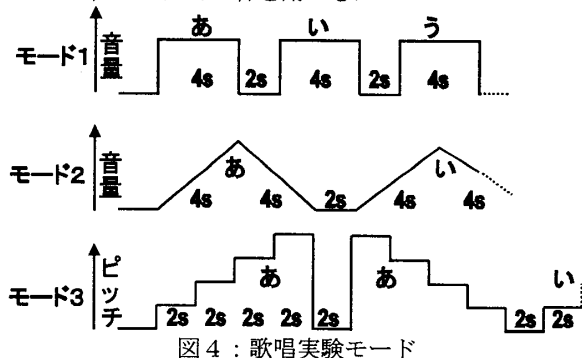
- ・歌唱の切れ目において高い筋電位が見られる。（図中の実線枠）
- ・歌唱の盛り上がり部において高い筋電位が見られる。（図中央の破線枠）

## 3. 筋電位の要因について

前述の音量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、歌唱のこういった要素に関わってい

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

るのかを調べるため、母音唱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4は実験用歌唱モードの概念図である。モード1はピッチと音量を一定に保った歌唱(28秒間)、モード2はピッチを一定に保ち、音量をクレシェンド、デクレシェンドして変化させた歌唱(48秒間)、モード3は音量を一定に保ち、ピッチを変化させた歌唱(98秒間)である。ピッチ条件は、平均律音階上でド、ミ、ソ、ドと変化させた。尚、モード1, 2ではミの音を用いる。



### 3.1 モード1 (ピッチ固定, 音量固定)

音量と筋電位の時間推移の一例を図5に示す。ここで、図3で見られた歌唱の切れ目での高い筋電位は定常部での観察を容易にするために除去してある。以下に示す他のモードについても同様である。音量は母音間で僅かにレベル差が見られるが、定常時は一定に保たれているこ

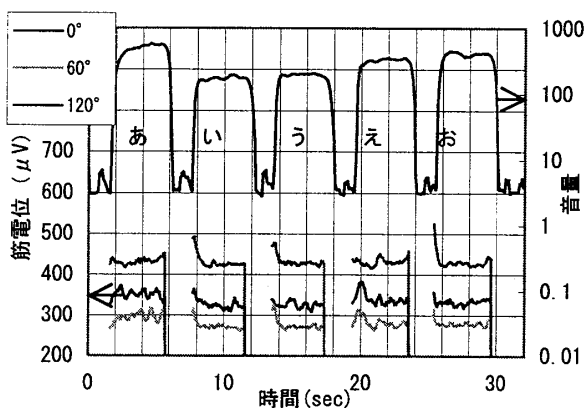


図5：モード1 (経験者, 音量と筋電位の時間推移)

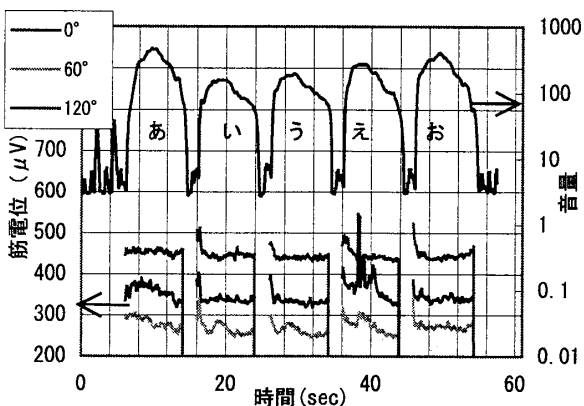


図6：モード2 (経験者, 音量と筋電位の時間推移)

とがわかる。筋電位は安静時のレベル ( $0^\circ$  :  $320 \mu V$ ,  $60^\circ$  :  $270 \mu V$ ,  $120^\circ$  :  $400 \mu V$  程) より僅かな上昇が見られるだけで、母音間にレベル差はない。

### 3.2 モード2 (ピッチ固定, 音量可変)

音量と筋電位の時間推移の一例を図6に示す。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る。筋電位は安静時より僅かに上昇しているものの、3つの電極共にほぼ一定である。

### 3.3 モード3 (ピッチ可変, 音量固定)

ピッチと筋電位の時間推移の一例を図7に示す。ピッチは音階の変化に伴い階段状に正確に抽出されていることがわかる。筋電位はピッチの上昇に従って上昇し、逆にピッチの下降に従って下降するのが見られる。ここで未経験者の例を示したのは筋電位の変化が経験者より顕著な傾向にあるためである。この例でのピッチと筋電位の相関係数はほぼ0.9で、母音間、電極間でレベル差は見られず、ピッチと筋電位の間に高い相関関係が認められた。

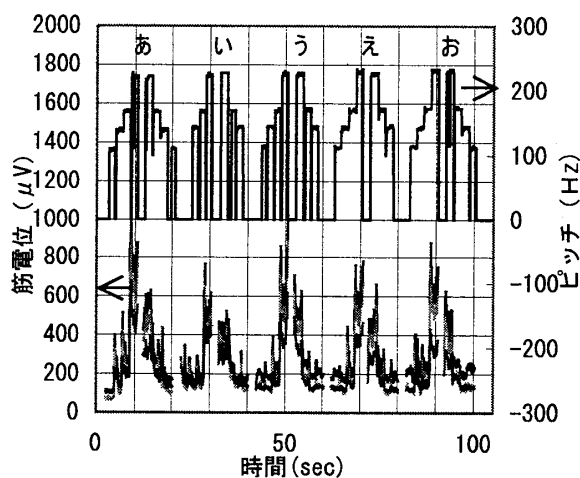


図7：モード3 (未経験者, ピッチと筋電位の時間推移)

## 4. 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の抽出を行った。その結果、筋電位はピッチの変化に伴って変化することが明らかになり、音量には依存しないことがわかった。今後、歌唱法の習得度と筋電位の関係を求めていきたい。

## 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-II Vol. J84-D-II No9 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 vol152, No5, 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.