

D-14-9

## フォルマント分析による合唱のための歌唱力評価法

興津 亮吾\*, 横田 康成 (岐阜大学)

Singing Ability Evaluation for a Chorus by Formant Analysis

Ryogo OKITSU, Yasunari YOKOTA (Gifu-University)

## 1. まえがき

計算機により歌唱力を自動評価することは、歌唱練習などに有用である。これまで、歌唱力の評価には、音程の正確さ、熱唱度、ピブラートの上手さなどが利用されてきたが<sup>(1)</sup>、人が感じる歌唱力とは異なる結果が出る問題がある。そこで本研究では、合唱のための歌唱力自動評価のため、フォルマント分析を利用し、新たに言葉の聞き取りやすさと歌声の響きを利用する手法を提案する。具体的に、岐阜大学コーラスクラブに所属するテノール歌手 10 人に対し、提案法を適用し歌唱力評価を行った結果を報告する。

## 2. 評価方法

## &lt; 2.1 &gt; フォルマント

音声の特徴づける要素としてフォルマントがある。フォルマントとは、声道内の空気の共鳴周波数に対応する倍音群である。この倍音群の周波数が低い順から第一フォルマント、第二フォルマント…(以下 F1, F2…) と呼ばれる。母音の違いは F1 と F2 の周波数に現れる。また、歌声と話し声でもフォルマントに違いが現れる。母音「う」に対する歌声と話し声のスペクトル包絡の一例を Fig.1 に示す。歌声の場合、2500~4000Hz 付近に存在する周波数が増幅され、F3, F4 のピークが顕著になる。これを歌唱フォルマントという<sup>(2)</sup>。Fig.2 は、Fig.1 に示した歌声のスペクトルの AR モデルの極 (×) と零点 (○) の配置を複素平面上に示したものである。図中、番号 ①, ②, ③ をつけた極がそれぞれ F1, F2, 歌唱フォルマントを表す。実軸と極のなす角度に標準化周波数を乗じたものが歌唱フォルマントの角周波数を表し、原点から極まで距離がフォルマントのピークの鋭さを表す。

## &lt; 2.2 &gt; 言葉の聞き取りやすさ

言葉の聞き取りやすさは F1, 特に F2 が正しい周波数にはつきり表れることにより評価できる。そこで、F2 を表す極の絶対値と偏角を利用して、言葉の聞き取りやすさを評価する。

## &lt; 2.3 &gt; 歌声の響き

歌声の響きは歌唱フォルマントが関係してくることが、Sundberg の研究によりわかっている<sup>(2)</sup>。歌唱フォルマント周波数が人の聴覚感度の高い周波数にあり、かつその極の絶対値が大きい程、響きのある声に聞こえる。そこで、これらを利用して歌声の響きを評価する。

## &lt; 2.4 &gt; 総合評価

上記二つの要素を合わせて歌声の評価をする。聞き取りやすさの評価値を  $s_1$ 、歌声の響きの評価値を  $s_2$ 、原点から F2, F3, F4 の極までの距離をそれぞれを  $F2_{leng}$ ,  $F3_{leng}$ ,  $F4_{leng}$ , F3 と F4 の周波数 (Hz) を  $F3_{freq}$ ,  $F4_{freq}$ 、総合評価を  $S$  とし次式から歌声の採点を行う。

$$s_1 = 100F2_{leng} - 95 \quad (1)$$

$$s_2 = \frac{F3_{freq}F3_{leng} + F4_{freq}F4_{leng}}{F3_{leng} + F4_{leng}} \cdot \frac{1}{165} \quad (2)$$

$$S = s_1 - s_2 \quad (3)$$

心地良く聞こえる歌声は言葉が聞き取りやすさよりも響きのある声の方が心地良く聞こえるため、歌声の響きに重みをおいて総合評価を行った。

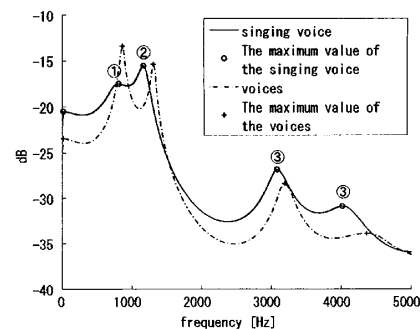


Fig. 1. Spectrum envelope for singing and normal voice

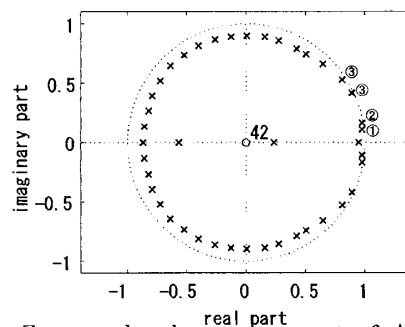


Fig. 2. Zeros and poles arrangement of AR model for singing voice

## 3. 歌唱力評価実験と結果

歌唱フォルマントは、母音、音高、性別、声域などによって出現する周波数が変わってくる。岐阜大学コーラスクラブに所属しているテノール歌手 10 人に母音「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」を A (ラの音, 220Hz) で歌唱してもらった。このとき、基準音は歌唱直前に 440Hz の音叉で音を提示し、歌唱中は歌声だけにした。歌唱音声はサンプリング周波数 44.1(kHz)、量子化ビット数 16(bit) で収録した。10 人を評価した結果、4, 3, 2, 1 回生の評価得点の平均は順に 19.6 点, 6.1 点, 4.6 点, 12.3 点となった。熟練度が高い上回生ほど点数が高い傾向にあった。1 回生の点数が高かった理由は、元の声が高い人が多かったためと思われる。合唱の歌唱技術は短い期間練習しただけでは大きな変化がみられることが少ないため、2, 3 回生の点数が低くなってしまったと見受けられる。

## 4. まとめ

本研究では、歌声と話し声ではフォルマントに違いが生まれ、歌唱フォルマントと呼ばれるものが発生することを示した。そして、フォルマントの抽出方法を示し、歌声の言葉の聞き取りやすさ、歌声の響きから歌唱評価が可能であることを示した。

## 文献

- (1) 大道竜之介, 咸聖俊, 伊藤仁, 牧野正三, 伊藤彰則, “歌唱の「熱唱度」評価の検討” 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-MUS-85, No. 10, pp. 1-6, May. 2010.
- (2) Johan Sundberg, “歌声の科学”, 東京電機大学出版局, 1987.