

# 音響特徴量を用いた初心者向けビブラートの練習法の改良

永井 佑

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: yu.nagai.7x@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

In this research, even beginners can easily understand the practice method of vibrato, and we will study what kind of practice method is a high-quality practice method. Vibrato is one of the singing expressions that vibrates the pitch when the sound is stretched, and it is difficult for beginners to consciously apply vibrato. Therefore, in addition to the practice method of the reference book to practice based on everyday phrases, we considered the achievement goals for each item and improved the quality of the practice by using the f0 locus and the least squares method. The experiment was conducted on about 10 beginners of vibrato. The conventional research had evaluated the average of vibrato-likeness that measures the features of vibrato speed and depth. In addition, the practice method was evaluated by description. As a result, it was able to quickly find the steps we were not good at, and the average vibrato and the quality of practice improved. From these results, it is necessary in modern times to program in addition to the conventional practice method in order to improve the song more efficiently.

## 1 はじめに

ビブラートとは主に音を伸ばすときに音高を振動させる歌唱表現の一つである。ビブラートにより歌手の感情が付与でき、歌唱表現を豊かにする。ビブラートは歌がうまい人が頻繁に歌唱中に用いる高等テクニックとであり、初心者にはビブラートを意識的にかけることが難しい。そこで本研究では、初心者にとってわかりやすく練習の質が高い練習方法を明らかにする。練習方法は日常のフレーズを基にビブラートをかける練習法 [1] に加えて新たに客観的な指標を用いて練習法の質 (理解、改善) を高める。この練習法を用いて本研究では練習前後でビブラートの安定性、自然性を客観評価する。また練習方法の質が良いかについて主観評価を行う。

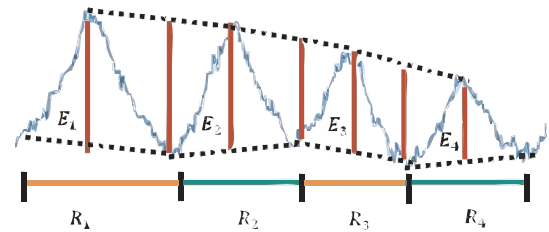
## 2 初心者向け練習方法

### 2.1 初心者向け練習方法

ビブラートは高等テクニックとされており初心者がいきなり練習するのは難しい。そこで日常のフレーズを使って練習することで初心者でもわかりやすくビブラートをかけるきっかけを作る。また鏡を使って舌の位置を確認したり、CD を聞いてお手本と同じ音を発声することでわかりやすい。

### 2.2 歌唱力を自動的に評価する研究

ビブラートの評価に関する研究は少なく特に人間がビブラートをかけて評価する研究は少ない。参考文献 [2] では人間がかけたビブラートの評価を自動的に行う研究がされており、ビブラートの速さと深さをもとにビブラートらしさの値を求め、その平均値と最大値でビブラートの上手さを示している。



## 3 客観指標を用いた練習方法の提案

初心者が高等テクニックのビブラートの練習するには難しい。そこで初心者にも簡単な日常のフレーズを基にビブラートをかける練習法 [1] を採用する。しかし歌の練習方法は感覚で説明することが多く、初心者にとって練習ができているかわからず、できていないまま練習している可能性がある。そこで練習の質を高めるために各練習ステップに新たに客観的指標を用いて達成目標を考えた。これにより初心者がわかりやすく理解でき、ビブラートの形成過程も可視化でき苦手な練習ステップをすぐに見つけられることができる。そしてその苦手な練習ステップに注目して改善することができ、ビブラートの評価を数値化できる。

### 3.1 音高の幅を周波数の対数スケールで評価

周波数を対数スケールで表し、cent 単位を表す。平均律では半音を 100cent にし、基準周波数を A4(440Hz) の値を 5700cent とすると周波数  $f_h$  の音の cent 値  $f_c$  は

$$f_c = 1200 * \log_2 \frac{f_h}{f_c} + 5700 \quad (1)$$

で表される。

### 3.2 一定の強さと高さを保つ評価

一定の強さと速さを測るために回帰直線を使って傾きの絶対値を測って評価を行った。傾きの絶対値が小さいほど一定に保つことができ、大きいほどばらばらの強さと速さのビブラートになる。

### 3.3 ビブラートの上手さの評価

ビブラートの上手さ評価はビブラートらしさ  $P_v(t)$  [2] を使って評価を行う。ビブラートらしさは 0 から 1 を示し、値が大きいほどビブラートが上手い評価を示す。従来研究ではビブラートの最大値と平均値を測っていたが、ビブラートらしさの値は

分散が大きく最大値と最小値の差が大きい。そこで私はビブラートらしさの最大値ではなく平均値を基にビブラートの評価を行う。

これからビブラートの導出を示す。

1. 歌唱サンプルを用いて f0 軌跡  $F(t)$  を求める。

f0 軌跡とは基本周波数の動的変動成分を観測することができビブラートの場合音高が一定の時に周期的に音が振動する瞬間を視覚的に観測できる。

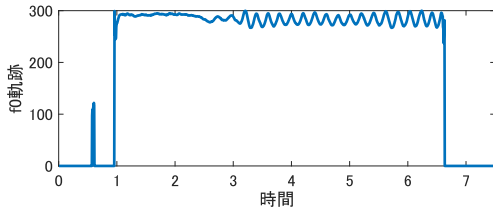


図 1. 母音「あ」を伸ばしながらビブラートをかけた f0 軌跡

2. F0 軌跡によるビブラート区間を求める。

F0 軌跡  $F_0(t)$  の一次差分  $\Delta F(t)$ (10msec ごと) を求める。また 10ms ごとの一次差分が求まるには関数 resample を用いて元のサンプリング周波数を変えて周波数の値を変更する。

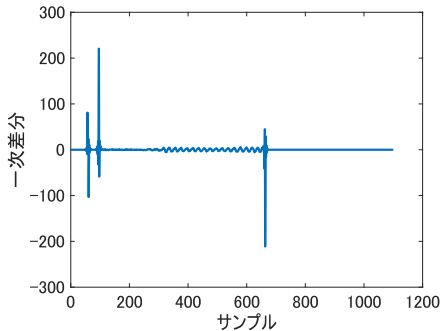


図 2. F0 軌跡  $F_0(t)$  の一次差分  $\Delta F(t)$ (10msec ごと)

3. ビブラート区間の振幅スペクトル  $X(f, t)$  を求める。  
ビブラートの振幅スペクトルを 32 点のハン窓を使って短時間フーリエ変換で求める。
4. 振幅スペクトル  $X(f, t)$  を正規化した  $\hat{X}(f, t)$  を求める。

$$\hat{X}(f, t) = \frac{X(f, t)}{\int X(f, t) dt} \quad (2)$$

5. 周波数帯域のパワーを求める。

周波数帯域のパワーは正規化した振幅スペクトルを周波数に対して偏微分し絶対値をとった値を先ほどと同じように  $5\text{Hz}(F_L)$  から  $8\text{Hz}(F_H)$  まで積分する。

$$\Psi_v(t) = \int_{F_L}^{F_H} \hat{X}(f, t) df \quad (3)$$

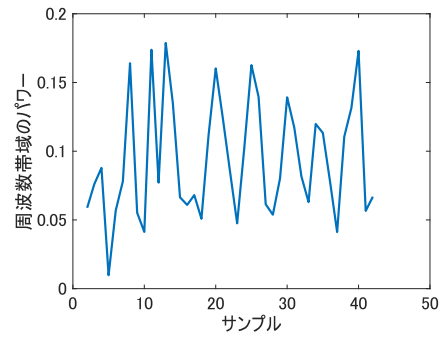


図 3. 周波数帯域のパワー  $\Psi_v(t)$

6. ピークの鋭さを求める

ピークの鋭さは速さの制限 5 から 8Hz までを正規化した振幅スペクトルで sum 関数を用いて積分する。

$$S_v(t) = \int_{F_L}^{F_H} \left| \frac{\partial \hat{X}(f, t)}{\partial t} \right| df \quad (4)$$

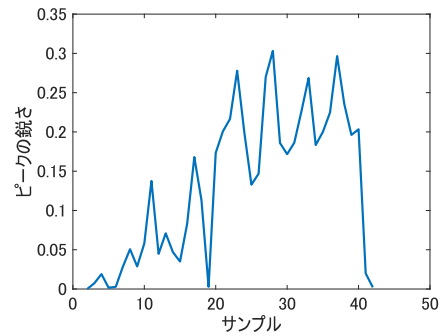


図 4. ピークの鋭さ  $S_v(t)$

7. ビブラートらしさ  $P_v(t)$  を求める。

最後にピークの鋭さと周波数帯域のパワーをかける。

$$P_v(t) = S_v(t) * \Psi_v(t) \quad (5)$$

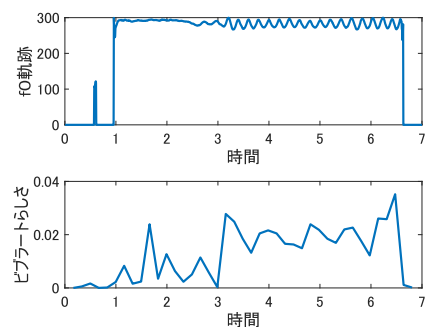


図 5. ビブラートらしさ  $P_v(t)$

確かにビブラートの評価を求めるにはビブラートらしさは評価に相当であると考えられる。

### 3.4 達成目標

達成目標は音楽経験なしの被験者数名を募り、参考文献 [1] の練習方法の各練習ステップにおいて被験者が録音した f0 軌跡と、付属 CD の f0 軌跡を見比べながら達成目標を考えた。また、練習方法では全てのステップにおいて常に一定の高さと強さでビブラートをかけることに注意すると書かれていた。そこで 3.2 の評価を使って一定の強さと高さを数値化で表した。

### 3.5 練習方法

この練習法はビブラートの音高の差を大きくしてからだんだん小さくしてそれぞれの項目での指示は発声練習する言葉を表し、注意は発声練習する際の注意事項が書かれている。また、達成目標はビブラートらしき  $P_v(t)$  や  $f_0$  軌跡を使って客観的な評価ができるように定めた。練習方法では全てのステップにおいて常に一定の高さと強さでビブラートをかけることに注意すると書かれていた。そこで音高や声の大きさをを一定に保てるように  $f_0$  軌跡や音声波形を使って高さや声の大きさを可視化できるようにし、3.2 の評価を使って一定の強さと高さを数値化で表した。また、ステップ 3 の半音高い声でビブラートをかけるステップでは、3.1 の評価を使って半音 100cent 上げることを示した。またステップ 4 は付属 CD の  $f_0$  軌跡を見て 1 秒間に 5 回ビブラートをかけていたので達成目標は 1 秒間に 5 回ビブラートをかけるようにした。そしてステップ 5 は適正なビブラートの音高の幅が半音だと記載されていたが、初心者にとって半音の幅はよくわからない。また幅を狭くしすぎるとのどを痙攣させたちりめんビブラートのようにになってしまいビブラートが上手くかからない。そこで 4.1 の評価を用いて 100cent の音高の幅を保てるようにした。それぞれの発声の  $f_0$  軌跡を掲載する。

#### 1. 同じ言葉の高低差がある日常のフレーズを言う。

指示：例：電車に乗り遅れた時のため息をついたことを想像し、ああああ、しまったー、やちゃったー。

達成目標：力を抜いて声を出す。

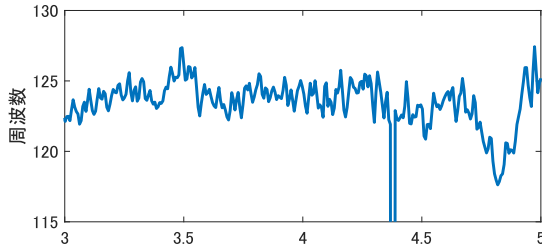


図 6. ああああ、しまったー、やちゃったー

#### 2. 高低差を大きくしてビブラートをかける。

指示：ああああああ…、をしっかりと言う。

達成目標：深さを 150cent 以上注意：高い「あ」と低い「あ」を交互に長く発声するとだんだん声が高くなる。このことに注意して発声練習を行う。しっかりと音高の差をつけ幅が広くても交互に発声していく。時々重心を左右に変えたりジャンプしながら発声練習することも力を抜くには効果的である。

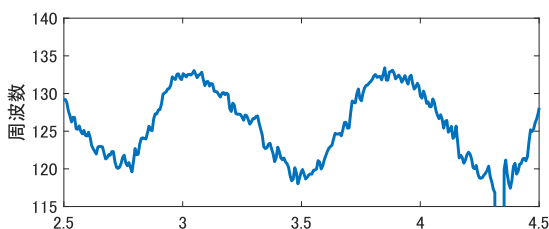


図 7. ああああああ…

#### 3. より高い声でビブラートをかける。

指示：あああああ…を少し高い声で言う。

達成目標：音高を半音 (100cent) 以上上げる。

注意：口角をあげることで高いチェストボイスを出しやすくする。少し遠くにいる人に感じて声を出す。自然と声が大きくなり高くなるが常に力を抜くことが大切である。また上に向くことも効果的に自然と音高を上げるのに最適である。

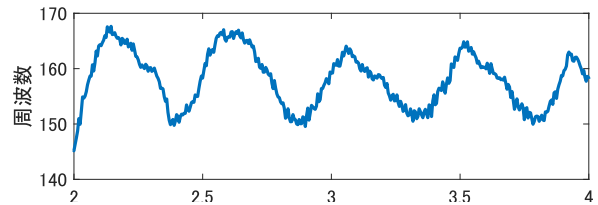


図 8. あああああ…を少し高い声

#### 4. より速くビブラートをかける。

指示：あああああ…をだんだん速く言う

達成目標：1 秒間で 5 回のビブラートをかけて 5 秒以上続ける。

注意：だんだん速くしたときに「あうあうあう」と発声してしまうがのどだけしか動いておらず音高が上下しないので注意する。また速く発声しようとする力が入って肩が上がってしまうので最初の音をキープさせながら音をつけることに注意する。

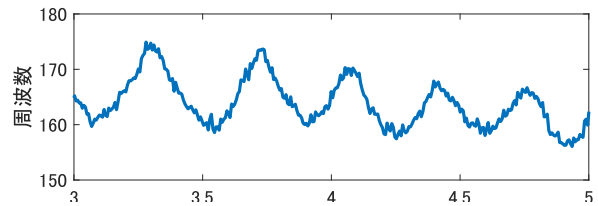


図 9. あああああ…をだんだん速く

#### 5. より深さを小さくビブラートをかける。

指示：あああああ…の音程の幅をだんだん狭くする。

達成目標：幅を 50cent 以上 100cent 以下の幅にする。

注意：初心者の方はよくちりめんビブラートになりやすい。ちりめんビブラートとは音程の幅が小さすぎてのどが痙攣したようなビブラートになることである。そこで声の波を少しずつ小さくしていきリラックスした状態を保つ。下の図では音高の差がステップ 4 より小さくなっていることがわかる。

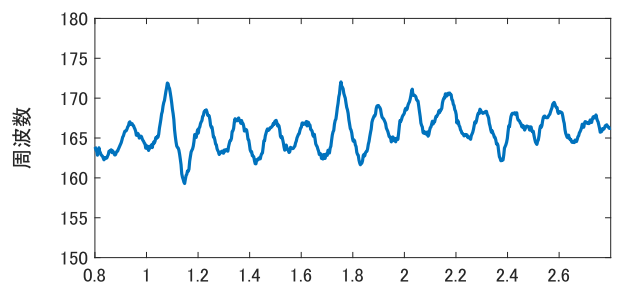


図 10. あああああ…の音程の幅をだんだん狭く

#### 6. 母音を伸ばしながらビブラートをかける。

指示：3 秒母音を伸ばして 3 秒ビブラートをかける。

達成目標：ビブラートらしさ  $P_v(t)$  の平均値 0.01 にする。  
 説明：3 秒後に f0 軌跡が上下に揺れているところがある。  
 そこが f0 軌跡のビブラートがかかっているところである。  
 また最初の 3 秒は母音を伸ばした音である。f0 軌跡は図 2  
 を参照する。

#### 4 評価

今回ビブラートらしさの平均値が練習法によって練習する前より上がるか検証した。まずはじめに母音を 3 秒伸ばしてその後ビブラートを 3 秒伸ばす。その後提案した練習法を毎日 10 分一週間実践しその後母音を 3 秒伸ばして 3 秒ビブラートをかけビブラートらしさ  $P_v(t)$  の評価を行う。条件は、防音室で録音機器を使って CD をきいてもらった後数回練習して CD トラック 12 ‘せーのでビブラート’ (母音を 3 秒伸ばしてからビブラート 3 秒かける) を記録する。

練習前のビブラートらしさの平均は約 0.0039 だった (CD は 0.020)。F0 軌跡からみるとビブラートの場所で音高の上下に揺れるのが小さく、CD と比べて 1 秒間に対するビブラートの回数が少なかった。

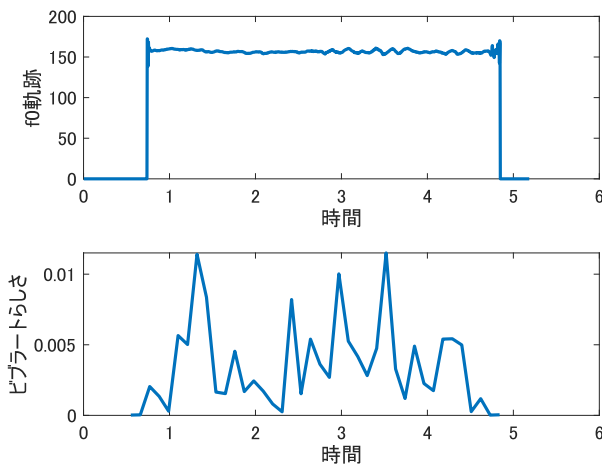


図 11. 練習前の f0 軌跡とビブラートらしさ

そして 2 週間練習を毎日行った結果ビブラートらしさの平均値が 0.0092 となり深さと速さを大きくすると上がった。二週間でビブラートらしさの平均値が 0.0053 上がった。

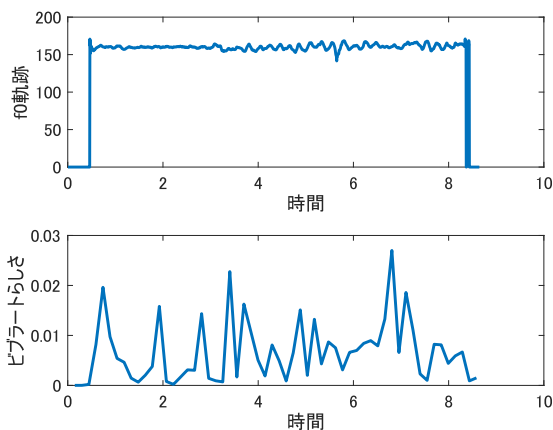


図 12. 練習後の f0 軌跡とビブラートらしさ

ビブラートの速さを 1 秒間に 3 回から 5 回まで速くし、深さを 40cent から 110cent まで大きくしたため、ビブラートらしさの平均値が上がったと考えられる。練習後のビブラートを聞くと深さがあまりないように聞こえるが練習前のビブラートと比べるとしっかりビブラートがかかっていたように聞こえる。練習前のビブラートの f0 軌跡を見るとビブラートの速さは速いが深さが低い。また、練習方法 3.5 の図 7~10 を見ると深さをだんだん小さくしていくとビブラートの速さが速くなり、ビブラートの深さを大きくしようとするとビブラートの速さが遅くなる。この結果からビブラートの速さと深さには負の相関関係があると考えられる。そして今回は被験者 1 名の結果であったためこの練習方法によってビブラートが上手くなるか信憑性が薄い。そのため今後は数名のビブラート初心者練習前と練習後でビブラートらしさがどのように変化したか検討する。

またビブラート区間を現在は 3 秒からビブラートがかかり終わるまでとしていた。しかしこの区間をビブラート区間とすると結果にばらつきが出てしまう。そこで従来研究 (参考文献 [2]) で示したビブラート区間の f0 軌跡の平均音高と 5 回以上交差する区間をビブラートとして判定することが今後の課題となる。

#### 5 おわりに

客観的数値で特徴量を評価し苦手なステップを改善しやすい。またビブラートを可視化でき初心者でも練習ステップが分かりやすい。二週間でビブラートらしさの平均値が 0.0053 上がった。ビブラートの深さを最初大きくしてからだんだん小さくしていくことで深さを保ちながらビブラートをかける練習ができた。しかしビブラートの速さを速くすることでだんだん深さが小さくなっていき速さと深さに負の相関関係がある。そこで今回客観指標を用いたことで簡単に負の相関関係があると気づき速くするときは深さが小さくならないように音高の差を意識しながらビブラートの練習することができる。しかし練習後のビブラートらしさの平均値は付属 CD よりはるかに小さい。これは付属 CD のビブラートより安定して深さを一定に保てず急に深さが小さいビブラートがかかるとピークの鋭さが小さくなるた比例してビブラートらしさが小さくなる。そこで安定して音高を一定に保つ方法を考える必要がある。今後の課題は同じゼミのビブラート初心者メンバーも含めてこの練習方法を練習する。その後またビブラートを録音しビブラートらしさの平均値でビブラートが上手くなったかを評価する。その後練習の質について記述で主観評価を全員行う。

#### 参考文献

- [1] 大木理紗 “ビブラートで歌がうまくなる”, 2010, リットーミュージック
- [2] 中野倫制, 後藤真考, 平賀譲 “楽譜情報を用いない歌唱自動評価法”, 情報処理学会論文誌, 2007, Vol5, No.5, pp1910-1922