

特定人物と声色を合わせるための合唱学習支援システムの構築と評価

Development and Evaluation of a chorus learning support system for matching voice to a specific person

深瀬 仁菜^{*1}, 曾我 真人^{*1}
Nina FUKASE^{*1}, Masato SOGA^{*1}

^{*1} 和歌山大学

^{*1}University of Wakayama

Email: s246241@wakayama-u.ac.jp

あらまし：合唱は周りの歌声を聴き、各々が声色を合わせることで綺麗なハーモニーとなる。しかし、周りの人物と声色を合わせることは容易ではない。そこで、本研究では声色を合わせるための合唱学習支援システムとして、特定人物の声色に合わせる練習ができるシステムを構築し、評価を行った。本システムは、高速フーリエ変換によって声色の基音成分と倍音成分をバー表示で可視化する。特定人物と学習者のグラフを重ね、一致率を表示することで、声色の違いを視覚的に比較できるようにした。評価実験では、実験群と統制群の一致率の向上値の比較と、アンケート回答結果より本システムの有用性を評価した。

キーワード：声色、声質、倍音、周波数、高速フーリエ変換

1. はじめに

合唱において、一同が織りなすハーモニーの美しさは歌い手、聴き手の双方にとって魅力的なものである。美しいハーモニーは、各々が自由に歌うのではなく、周りの歌声を聴き、声色を合わせることで、美しい和音や響きが生まれ、織りなされる。しかし、声色は生まれ持ったものであり、周りの人物と合わせることは容易ではない。また、声色を合わせる練習は、当事者の存在や第三者からの助言が必要な場合が多く、一人で練習を行うことは困難である。

そこで女声と男声のうち、魅力的な声色を持つ人物の声色を事前に録音し、可視化することで、声色を合わせる練習が一人でも可能になるのではないかと考えた。録音した声色の基音成分と倍音成分を可視化し、当事者たちの成分の差を提示することで声色に対する気付きを与えるシステムの開発と、本システムの有用性を評価することを目的とする。

2. システムの概要

本システムは、PC 本体 1 台、外付けマイク 1 台から構成される。

本システムは、声色を合わせる対象（以下、「対象者」という）と学習者の声色を、外付けマイクによって録音し、取得した歌唱データに高速フーリエ変換（以下、「FFT」という）を実施することで、声色を可視化する。録音する歌唱データは、a, e, i, o, u の 5 つで、女声は A5、男声は高声が F3、低声が C3 のピッチで、各母音 5 秒ずつとする。

2.1 データ処理

取得した歌唱データに FFT を実施することで、各周波数の値とそれに付随する周波数成分を取得する。次に、3,500Hz 以上の周波数に付随する周波数成分がほぼないことから、3,500Hz 以下の値とそれに付随する周波数成分のみ取り出す。このとき、取り出した各周波数のうち整数部が同じ値が複数

ある場合、最も周波数成分が大きい値のみに絞る。この段階で、データ量削減のため、周波数は小数点以下を切り捨てた状態にする。次に、グラフの視認性を向上させるため、取り出した各周波数の周波数成分のうち、値が 10 以上の周波数成分のみを取り出す。また、基音成分と、存在する第 n 倍音成分 ($n=1,2,\dots$) をそれぞれ 1 つに絞るため、取り出した各周波数の前後 50 個を走査し、その中で最も周波数成分が大きい値とそれに付随する周波数を最終的なリストに格納する。

2.2 声色の可視化

本システムでは、視認性を重視し、声色をカラオケにおける音程バーのように可視化する。そのため、処理を施し得たデータを、縦軸が振幅（＝周波数成分）、横軸が周波数のグラフ上に積み上げ棒グラフで表示する。積み上げ棒グラフを作成する際、グラフの頭の部分を、対象者は灰色、学習者は橙色にし、グラフの頭の部分以外は白色に統一することで、バー表示にする。声色を可視化したグラフを図 1 に示す。

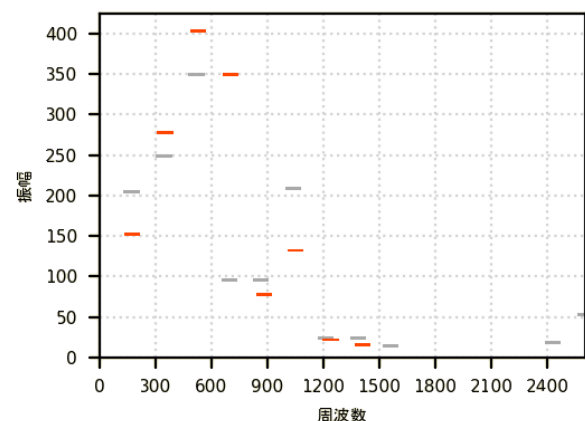


図 1 声色を可視化したグラフ

2.3 一致率判定

本システムでは、対象者と学習者の声色の一致率を下限 0、上限 100 として算出する。まず、対象者と学習者の各リストの要素数を、0 を付与することで揃える。次に、対象者と学習者の周波数を 1 つずつ比較し、スコアを算出するとともに、その周波数に付随する周波数成分も比較し、周波数成分に対するスコアも算出する。最後に、各スコアの総計を各リストの要素数で割った値から、対象者と比較して倍音成分が足らなかった数×1 点を減算した値を 2 で割った値を一致率とする。このとき、一致率の小数点 2 桁目以降は切り捨て、また、マイナス値になる場合は 0 とする。

3. 評価実験

本実験では、男女 18 名を実験群と統制群に分け、本システムが特定人物と声色を合わせる練習にふさわしいかを検証するために、事前・事後アンケートと事前・事後テストを実施した。

3.1 実験手順

事前アンケートを行った後、軽い体操と発声練習を行う。その後、声色について説明し、各母音に対して事前テストを行う。ここで、事前データとして、対象者の各母音の声色との一致度を計測する。事前テスト終了後、実験群は本システムを使用しながら各母音を 20 回ずつ、5 秒間録音する。統制群は事前に用意しておいた資料を確認してもらい、アドバイザーとともに各母音を 20 回ずつ、5 秒間録音する。両群とも練習終了後、各母音に対して事後テストを行い、事前テストと同様に、対象者の各母音の声色との一致度を計測する。事後テスト終了後、両群に事後アンケートを行う。

3.2 アンケート結果と考察

本システムのユーザビリティ評価を行うために、SUS を採用し、被験者のうち実験群 9 名の SUS スコアの平均を求めた。SUS の結果を図 2 に示す。

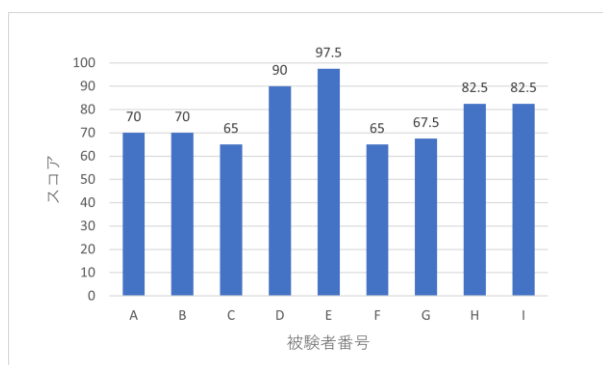


図 2 SUS の結果

図 2 において、SUS スコアの平均は 76.7、標準偏差は 11.2 となった。SUS スコアの解釈に関する一般的な指標⁽¹⁾より、68 点～80.3 点は Grade B の Good

に該当するため、本システムは高いユーザビリティ評価であり、多くの人が扱いやすいシステムであるといえる。

また、事後アンケートの自由記述にて、「自身の声の状態がわかりやすい」、「発声のアドバイスが良かった」などの肯定的な意見があった一方で、「どのようにしたらグラフが変化するかといったアドバイスが欲しい」などの意見が複数見受けられたため、改善の余地があると考ええる。

3.3 検定結果と考察

本研究では、事前・事後テストから得た一致率の向上値で検定を行った。有意差検定には、データ数が少ないことからデータが正規分布に従うと仮定できないため、Wilcoxon の順位和検定を採用する。Wilcoxon の順位和検定において、帰無仮説に「向上値に差がない」、対立仮説に「向上値に差がある」を設定して片側検定を行う。各群の一致率の向上値における検定結果を表 1 に示す。

表 1 各群の一致率の向上値における検定結果

	実験群	統制群
平均	5.5422	5.5867
標準偏差	5.5181	5.6574
p 値	0.3456	

表 1 において p 値が 0.3456 となり、帰無仮説が棄却されない。したがって、有意差が認められず、本システムは特定人物と声色を合わせる練習に向いているとは言えない。これは、本システムにおけるアドバイスが、第三者視点のアドバイスと比べて不十分だったことが原因の一つと考える。

4. まとめ

本研究では、特定人物と声色を合わせる練習ができる合唱学習支援システムを構築した。評価実験では、SUS において高いユーザビリティ評価を得られたことから、本システムは扱いやすいシステムであるといえる。しかし、有意差検定での有意差は認められず、本システムが特定人物と声色を合わせる練習システムとして有用であるとは現段階では言えないことがわかった。また、アンケートにおいて、アドバイスが不十分との声が多く挙がり、本システムはアドバイスの改善が必要であると考ええる。本研究は科研費課題番号 17H01996 の支援を受けて推進した。

参考文献

- (1) How to Measure Product Usability with the System Usability Scale (SUS) Score, UX Planet, <https://uxplanet.org/how-to-measure-product-usability-with-the-system-usability-scale-sus-score-69f3875b858f> 最終閲覧日: 2023 年 1 月 27 日