

# マルチモーダル音環境センシングに基づく合唱指導場面における介入効果の可視化

堀田堯嗣（静岡大）<sup>†1</sup> 西村勇輝（静岡大）<sup>†2</sup> 桐山伸也（静岡大）<sup>†3</sup>

**概要：** 本稿では、芸大声楽科出身の講師による合唱指導場面における指導効果、学習者のスキル変容について音楽表現に関連する様々な観点を踏まえて観測するマルチモーダル音環境センシングに基づく分析によって可視化する手法の有用性について示す。分析対象となる芸大声楽科出身の講師は合唱の指導以外にも音大での個人レッスンやリトミック教育、高齢者向けのボイストレーニングなどの舞台で非常に幅広い年齢層、実力層を相手に高水準なレッスンを行うスペシャリストであり、指導相手の実力や特性、場の雰囲気などを踏まえてリアルタイムに介入行動を巧みに選択するノウハウを持った講師である。このようなプロの講師によるレッスン風景から得られた分析成果を通じて相手や環境に応じた効果的な指導方針の選択による学習者のスキル変容が見て取れ、指導者、学習者双方の合唱練習に対するモチベーション向上に繋がる知見が得られた。

**キーワード：** 合唱、音声分析、マルチモーダルセンシング、歌声フォルマント

## 1. はじめに

本研究は、合唱練習における熟練指導者による介入が学習者の上達にどのように貢献していったのかという過程の可視化することを目指したものである。まず、指導を通じての歌唱能力の向上は当事者達が知覚することは難しく、特に大人数の集大成が成果として表れる合唱場面においてはなお実感を感じづらく、この問題は指導や練習のモチベーションを保つ上で大きな課題となっている。そこで、熟練講師による合唱指導場面をカメラやマイク、空間の気温や湿度などを記録する環境データセンシングツールなどを用いて収録したデータを分析するという方針を用い、リアルタイムで変化する指導場面の環境でどのようなスキル変容が起きていたのか、そしてその変容は講師のどのような狙いから起こされたのか、その狙いを見出す着眼点はどこにあったのかといった内容について解き明かしていく。これらの成果を通じて、指導者には適切な介入行動や効果的な指導方法を振り返るきっかけとなる事例を、学習者には確かな上達の過程を実感できる事例を用意することで、合唱練習に対するモチベーション向上に繋げていくことができると考える。

## 2. マルチモーダル音環境センシングによる分析の実現方針

このセクションでは、本研究の特徴であるマルチモーダル音環境センシングによって得られたデータをどのように活用していくのかということについての説明を行う。

## 2.1 Multimodal communication Analysis の機能



図 1 ツールのメイン画面

マルチモーダルコミュニケーションアナライシスとは、本研究室で開発した映像データに対し分析対象者の行動をラベリングすることによって行動の意図や目的を明らかにすることができるツールである。本ツールを用いて映像事例を分析することにより対象者の介入行動を客観的に評価することができるため、その時々で場面で対象者が何を考え行動したのか、その行動によってどのような変化が起こったかなどを視覚的に理解できる。この分析結果は対象者（例えば熟練の指導者）自身の内省や、対象者以外の者による熟練者のスキルの表出、改善点の明確化に繋がる。そして最終的には、分析結果から明らかになったスキルや改善案を現場で実践することによって、熟練者だけでなく熟練者以外のその現場に携わる者のスキル向上が期待できる。

## 2.2 歌唱力の定量化に用いるラベル設計

分析を進めるにあたって、まず講師の介入をカテゴリーに分ける作業が必要となる。こちらは実際に指導を行っている芸大声楽科の講師の方に監修を下に音程（ピッチ）、リ

ズム、拍子感（テンポ）、発声タイミング、音価、音量、アーティキュレーションなどの数値化可能なデータを洗い出し、それらをラベルとして設定した上で介入効果のカテゴリーごとに学習者に与えた特徴的な影響・変化を紐付けていく。

2曲目						
No.	タイプ	対象	スタート	エンド	何について	特徴
12	介入		14:23	14:45	拍子感	2分の2と8分の6
13	介入		16:10	16:14	姿勢	
14	介入		16:47	17:10	発音	出だしの音
15	変容		17:25	17:30		
16	介入		17:45	18:35	音量	メロディーが聞こえてのハモリ
17	変容		18:49	18:50		すぐに終わる
18	介入		18:50	19:18	発音	「い」の口の形、一点へ
19	変容		19:18	19:38	発音と音量	
20	介入		19:38	19:59	視線	自分が遠くへ
21	介入		20:02	20:27	音程	お護の支え
22	介入		20:28	20:42	アーティキュレーション	楽譜をあげて目線上げる

図 2 歌唱力に影響を与えた介入に関するラベル

図 2 は指導者による介入と学習者の変容についてまとめたラベルの一例で、これらを楽譜情報と照らし合わせながら、その変化についてツールやアナライザーなどを用いて数値的に表現していく。

### 2.3 環境や当事者の心的状態に関するラベル設計

2.1 のマルチモーダルコミュニケーションアナライシスによる分析では、当事者達の心的状態を加味した分析を行う為に、分析対象の内面と相関のある指標を見るためのラベルを用意している。例えば、いい発声と強い関連のある重心や肩の位置、首の角度から見る姿勢や、学習者の練習に対する熱意や興味などを見る表情などがそれにあたる。分析対象である熟練講師は非常に幅広い年齢層、実力層、様々な目標意識を持った生徒に対する指導経験が豊富であり、学習者の性質と上記の情報を加味して指導内容や練習方針をフレキシブルに決定している。よって、介入行動を選択した理由、経緯、状況についても並行して見ていかなければ講師の知識表現構造に迫ることはできないと考えられるため、本研究ではそういった当事者達の内面にもフォーカスをあてた分析を行っている。

## 3. 介入効果の検出に成功した場面の事例

### 3.1 独語発音に見られた発声タイミングの遅れ

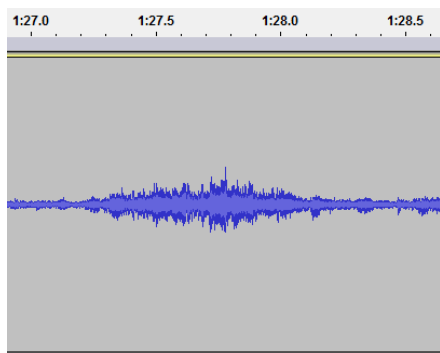


図 3 学習者に見られた傾向の波形

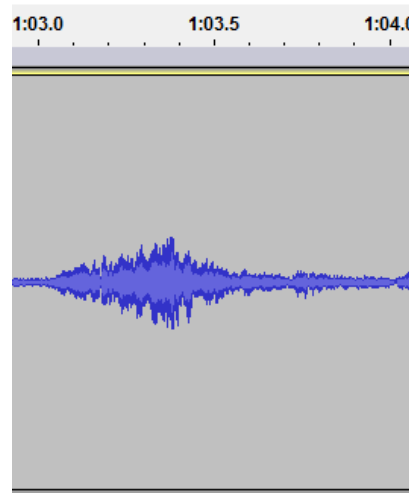


図 4 指導者のお手本の波形

上記の図は 4 種のバイオリンの時間波形の立ち上がりの違いから楽器の評価を行っていた先行研究[2]をもとに、学習者と熟練者の表現力の差を見たものである。DTM 音楽で用いられる ADSR の A にあたる Attack の長さに注目し、発音タイミングからピークを迎えるまでの時間の違いを見た。

図.3 と図.4 は、今回題材とした歌曲の一つ「流浪の民」の独語 ver. の歌唱場面において見られた特徴的な場面の一つであり、独語は相対的に見て子音成分特徴的な言語である為、日本人が歌うと音が立ち上がる（発音の音量がピークを迎える）までにやや遅れが生じる傾向がある。これはその傾向が顕著に現れた一音について見たものであり、立ち上がりが発音タイミングから 0.8s ほどとなだらかな学習者と比較して、指導者側の立ち上がりは 0.4s ほどと急であることが伺える。この遅れはリズム感やテンポ感を失わせる要因となり、合唱全体の質を大きく落としてしまう致命的な要素となりえる。

### 3.2 遅れ部分の立ち上がり、タイミング修正の成果

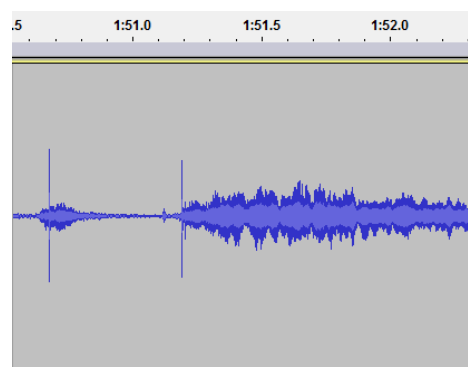


図 5 指導後の学習者の波形

図 5 は、その遅れに気付いた講師が指導を行った場面の变化である。一定のリズムで鳴らすフィンガースナップを利用して介入を行うことで、音の立ち上がりを早め、また、学習者側が子音成分の長さを考慮して自発的に発音タイミングを調整する動きが見られた。

## 4. 声色（音色）から見る歌唱力向上の過程

### 4.1 歌声フォルマントと歌唱力の相関性

歌声フォルマント（別称:歌唱ホルマント）とは、主に男性オペラ歌唱の母音スペクトルにおける 2.4kHz 付近に存在する顕著なピーク成分である。歌声に聴感的な響きを与える絵要因と考えられており、邦楽歌唱においても存在することが報告されている[1]。また、人間が歌声らしいという聴覚印象を受け取る要素としてもスペクトルピーク成分である歌声フォルマントは代表的である[3][4]。そこで、本研究では 3kHz 付近に含まれている倍音成分の豊富さを歌の迫力、響きの要因として捉え、歌唱力における音色（声色）を見ていく上での指標の一つとして設定し、音声波形分析ツールによる比較検討を行う。

### 4.2 学習者と指導者の歌声フォルマント成分の比較

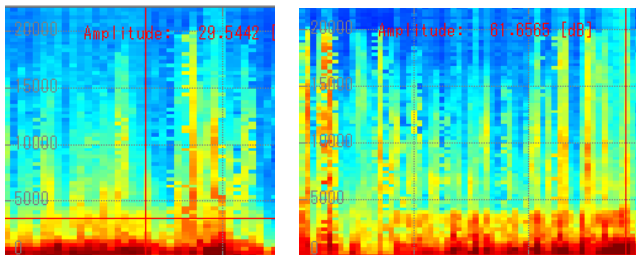


図 6.学習者（左）と指導者（右）のスペクトログラム

図 6 は、学習者と指導者それぞれの歌を同じ機材、環境で収録し、それらの比較を行ったもので、相対的に指導者側が全体を通して 3kHz 付近に含まれている倍音成分が非常に豊かであることが見て取れる。

### 4.3 空間的な配置の変化から生じた歌声に含まれる倍音成分の違い

この項では、練習部屋における学習者の立ち位置の配置を変化させるという介入によって得られた効果について考察していく。

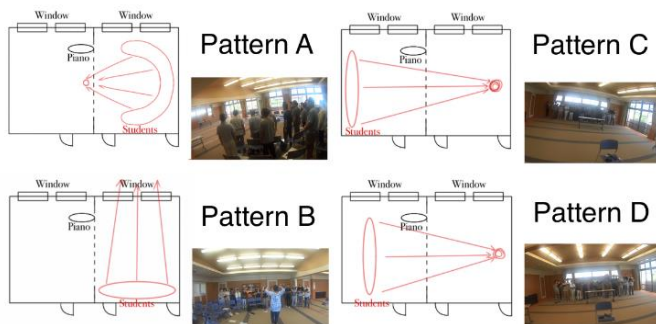


図 7 練習部屋における配置パターン

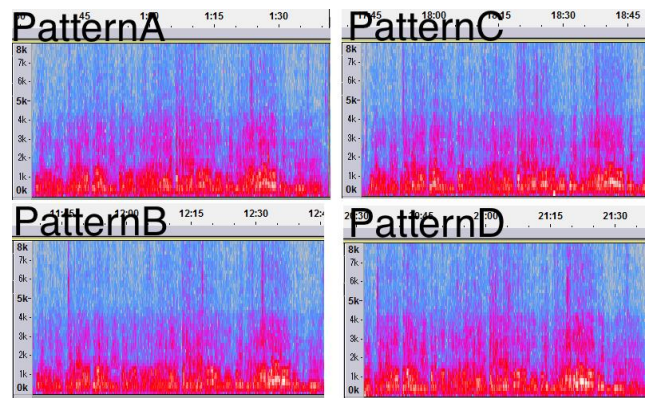


図 8 パターン別のスペクトログラム（一曲分）

配置変えをして歌う場面の特徴抽出ラベル						
1、窓に向かう場面<PatternB>						
No.	タイプ	対象	スタート	エンド	何について	特徴
1	介入	全員	0:11	0:22	視線	外の様の上へ
2	介入		0:58	1:10	姿勢	お護と頓
3	介入	テナー	1:40	1:48	音量	テナーが大きい
4	変容		2:10	3:08	音量	
5	介入		2:36	2:44	表情	体の表現
2、窓+天井を少し高くした場面(3:22~5:32)						
3、奥行きがある(6:25~9:35)<PatternC>						
No.	タイプ	対象	スタート	エンド	何について	特徴
6	介入	ソプラノ	6:25	7:09	姿勢	ダーツを先に投げておく感じ
7	介入	全員	7:11	7:50	視線	くぼみとジジ
8	変容	ソプラノ	9:10	9:15	姿勢	
4、奥行きがある+後ろの壁とのスペースを空けた+天井を少し高くした場面(9:30~12:10)<PatternD>						
No.	タイプ	対象	スタート	エンド	何について	特徴
9	介入	ソプラノ	10:15	10:45	姿勢	冒頭もダーツの感じ
10	介入	全員	10:45	10:56	その他	初めて歌う気持ちで
11	変容	全員	10:57	12:10		明るめに

図 9 配置変更練習時の介入と変容のラベル

空間的な配置を変更したこの練習は、ロングノートの響きを遠くに飛ばすという表現を歌に含ませる為に行われたものである。講師の指揮を見ながらアドバイスを受ける普段のパターン A が通常時の場面だが、パターン B は窓の外に移るビルを目標物として捉えさせて歌わせており、パターン C は壁を背にし、部屋を最大限広く感じさせる位置に移動し、逆サイドの壁付近に置いた縫いぐるみに向かって歌わせている。パターン D は天井が高い位置に潜り込むような位置に移動し、頭頂部からの発声を促すような介入がなされた。図のパターン別のスペクトログラムの後半部分がこの曲のクライマックス部分にあたり、含まれている倍音成分の変化から空間を広く感じさせることで響きのある伸び伸びとした歌唱に繋がっていたことが見て取れた。

## 5. おわりに

以上から、学習者のスキルや特性、空間的な特徴などを加味した介入行動によるスキルの変容過程が可視化され、マルチモーダル音環境センシングに基づく分析が熟練講師によるレッスン効果を可視化する手法として有効であるということが示された。この分析手法を用いることで、環境データや内面（心的）状態を加味した効果的な介入方法の存在といった新たな知見が得られる可能性があり、指

導者自身が効率的な指導方針を探ったり、学習者がスキル向上の成果を実感したりする上で役立てていくことができると考える。なお、この分析手法では学習者一人一人が介入行動からどのような心的変化を及ぼしたか、各々が思い描く理想にどのような影響があったかまでは捉えることはできず、現在の知識表現構造の限界である。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導・ご助言頂いた佐藤有起先生に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 齋藤毅, 後藤真孝: 歌唱指導による歌声中の音響特徴の変化: 歌唱ホルマントと F0 動的変動に着目した音響分析, 日本音響学会講演論文集, 457, (2008)
- [2] 徳弘 一路: 昭和音楽大学所有のヴァイオリン・ストラディバリウス (別名: ナドー・クーレンキャンプ) の音響特性と聴き比べ実験, 62-63, 大学紀要(2014)
- [3] 齋藤毅, 辻直也, 鶴木祐史, 赤木正人: 歌声らしさの知覚モデルに基づいた歌声特有の音響特徴量の分析, 日本音響学会誌 64 卷 5 号(2008), 268, (2008)
- [4] 阿曾慎平, 齋藤毅, 後藤真孝, 糸山克寿, 高橋 徹, 尾形哲也, 奥乃博: F0・音韻長・パワー制御による. 歌声らしさ・話声らしさの変化の評価. 情報処理学会第 73 回全国大会, 2-255, (2011)