

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01077

研究課題名（和文）音カメラによる声を合わせるイメージの可視化とそれを活用した学習支援システムの検討

研究課題名（英文）Visualization of voice-matching image with a sound camera and investigation of learning support system applying the visualization

研究代表者

田島 達也（TAJIMA, Tatsuya）

信州大学・学術研究院教育学系・准教授

研究者番号：00377615

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：複数名が同じ音の高さで声を合わせる場面で、これまでは聴覚情報のみを頼りにしてきたが、それに加えて視覚情報として捉え、声を合わせる練習の場面で活用することができないか検討した。本研究では、主に（株）熊谷組技術研究所の音源探査装置（音カメラ）を用いて、複数名が声を出したときに、声がかかっている状態とは、どのような状態にあるかを明らかにし、声の合わせる練習の場面で活用できる可能性があることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数名が同じ音の高さで声を出し、ピッチがかかっている状態を音カメラで捉えると、音源方向を示す円が発声者の間で揺れ動くような現象を見ることができる。色別に示されるピッチの状態と、円の大きさと示される声量のバランスの状態を、発声者が視覚情報として捉え、それを見ながら練習を重ねることにより、声を合わせやすくなることを確認した。聴覚情報に加えての視覚情報の提示は学習支援につながる可能性があることを論じた。

研究成果の概要（英文）：In a situation where multiple people match their voices at the same pitch, we have entirely been dependent on auditory information; however, by capturing that information also as visual information, this study investigated whether it was possible to employ the technique to practice vocal harmony. In this study, we clarified the conditions where vocal harmony was achieved when multiple people vocalize using a sound source exploration device (sound camera) developed by the Technical Research & Development Institute of Kumagai Gumi, and found out that the system can effectively be used in the practice of vocal harmony.

研究分野：声楽

キーワード：音の可視化 発声 歌唱指導 音源探査装置

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

声を出している様子を(株)熊谷組技術研究所の音源探査装置(以下,音カメラ)で捉えると,声の放射状態を視覚情報として確認することができる。これまでの研究で,発声の違い,声の大きさの違い,音の高さの違い,母音の違いなどの条件を変えて比較検討をしてきた。さらに,複数名で同じ音の高さで声を出し,ピッチが合っている状態において,音源方向を示す円が発声者の間で揺れ動くような現象を捉えることができた。本研究では,この現象に注目した検討を行うこととした。

2. 研究の目的

本研究では,音を可視化することができる装置を用いて,声を出している様子を視覚情報として捉える方法について検討するとともに,複数名が声を合わせる場面で,音の視覚情報をどのように活用することができるか検討し,視覚情報を加えた学習支援システムの可能性を探ることを研究の目的とした。

3. 研究の方法

本研究は,主として実験的な手法で研究を進めた。音の可視化において本研究で用いた主な装置は,(株)熊谷組技術研究所の音源探査装置(音カメラ)と,(株)ポリテックジャパンの PSV-500-Xtra スキャニング振動計(以下,スキャニング振動計)である。実験協力者は,声楽家及び声楽の基礎を学んでいる大学生に依頼した。なお,本研究の推進にあたっては(株)熊谷組技術研究所の協力を得た。

4. 研究成果

(1) 声の可視化の方法

音カメラを用いての声の可視化

音カメラは,5つのマイクロホンと1つの CCD カメラを装備しており,マイクロホンで収録した音情報(サンプリング周波数 16,384Hz)を用いて音源方向を推定し,CCD カメラから得られた映像情報とパソコン上で組み合わせて表示する。実験結果は全て A 特性補正を行った状態とした。音源方向の計算は 0.25 秒間のデータを用いて行い,これを 1/30 秒ずつずらしながら表示することで時系列変化を確認した。FFT による周波数特性は,サンプリング周波数 16384Hz,データ長 0.25 秒,ハミング窓を用いて計算した結果とした。図 1 は,無響室にて,男性声楽家(バス・バリトン)の声(母音「ア」,C3)を音カメラで捉えたものである。

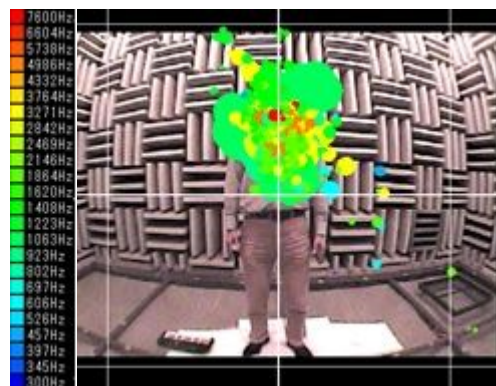


図 1 男性声楽家の声

スキャニング振動計を用いての声の可視化

男性声楽家(バス・バリトン)に実験協力者を依頼し,発声しているときの顔,頸部,胸部を含む範囲を対象に身体表面の振動速度をスキャニング振動計で計測した。図 2 のように,顔の位置を安定させるために,実験協力者には仰向けに横たわった状態で発声してもらった。5 秒 ~ 10 秒程度の発声を繰り返し行ってもらい,身体表面における各測定点の振動速度を順次計測した。

サンプリング周波数 25kHz, 1 点当たりの測定時間は 80msec であり, FFT による周波数の分解能は 12.5Hz である。FFT における窓関数はハニング窓を用いた。実験の結果, 母音「ア」の発声時には, のど付近が最も振動速度が大きかった。あごおよび胸付近も振動速度が大きかった。ハミングで発声した場合は, 鼻やあご, ほほ, ひたいなど顔の部分は通常の発声に比べて振動速度が大きくなる傾向が見られた。スキャニング振動計は, 音が発信している場所に向けてレーザ光を照射し, その反射光のドップラ効果(周波数シフト)で振動速度を検出するため, 体を固定して声を連続して出さなければならないという難しさがあった。

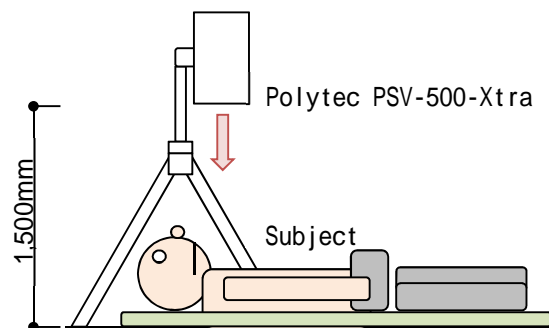


図2 スキャニング振動計を用いた実験

(2) 声が合っている状態を捉える

音楽の基礎を学んでいる大学生二人が, 同じ音の高さで声を出し, ピッチが合っている状態を音カメラで捉えると, 音源方向を示す円が発声者の間で揺れ動くような現象を見ることができると。図3から図5は, 母音「ア」で音の高さはA4である。図3は横並びの状態, 図4は向かい合った状態で, 図5は背中合わせの状態を捉えたものである。何れの隊形においても, ピッチが合っている状態を確認することができた。

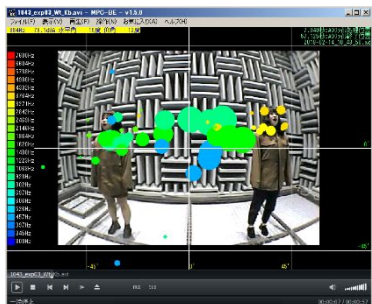


図3 横並び

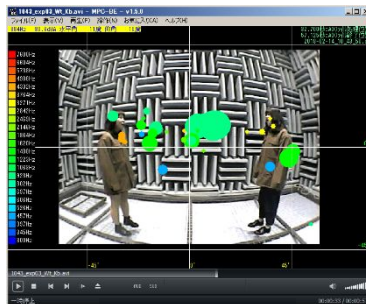


図4 向かい合い

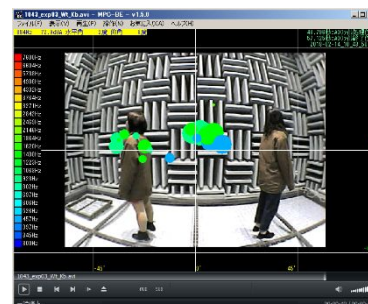


図5 背中合わせ

続いて, バス・バリトンの男性声楽家とソプラノの女性声楽家の二人が横並びで, 声を出している状態を音カメラで捉えた。図6は, 二人が母音「ア」で音の高さはC4で声を出し, ピッチが合っている状態を捉えたものである。図7は, 男性が母音「ア」で音の高さはC4, 女性が母音「ア」で音の高さはG4で声を出しており, ハーモニーが合っている状態を捉えたものである。

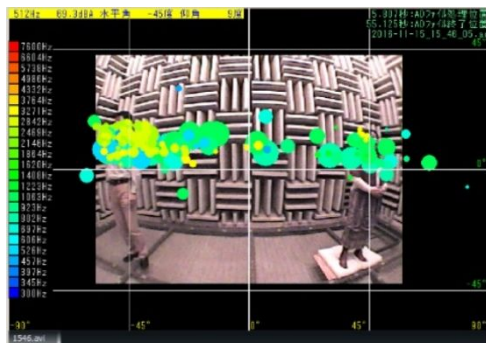


図6 男性, 女性ともにC4



図7 男性はC4, 女性はG4

(3) 学習支援システムの検討

音楽の基礎を学んでいる大学生4名が, 同じ音の高さで声を出し, ピッチが合っている状態を音カメラで捉えたものが図8と図9である。図8は初期の段階のもので, 図9はピッチを合わせ

る練習を重ねた後のものである。図8は、バラバラに発声している状態であるが、図9は、音源方向を示す円が発声者の間で揺れ動くような現象として捉えることができた。練習の成果を視覚情報として確認することができた。色別に示されるピッチの状態と、円の大きさと示される音量のバランスの状態を把握することができたという。さらに、4人の位置を並び替えることにより、声の合わせやすさが変わることも明らかとなり、その状況を音カメラで視覚情報として捉えることができた。これらのことから、音カメラを用いることは、声を合わせる場面での学習支援につながる可能性があると考えられる。ただ、視覚情報は、声を合わせるための参考となるが、ディスプレイを見ることに集中しすぎると、耳で聴いて合わせるという行為の集中力がやや欠けてしまうような気がしたという実験協力者の声もあった。今後は、どのような場面で、どのような人にとって視覚情報が有効となるのかなどの検証も必要となるだろう。

なお、本研究で用いた音カメラは一般に普及している装置ではないことから、誰もが気軽に用いることができるシステムではない。近未来において、複数の人がスマートフォンに向かって声を出すと、誰と声が合っていて誰と合っていない等の情報を視覚的に表示してくれるようなアプリケーションが開発されることを期待したい。



図8 初期の段階



図9 練習を重ねた後

<参考文献>

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討, 信州大学教育学部研究論集, 第6号, 2013, 1-11

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 歌唱法の違いによる発声の比較事例 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その2, 日本音響学会講演論文集, 2013, 1375-1376

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 母音や発声方法の違いに着目した発声の比較事例 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その3, 日本音響学会講演論文集, 2014, 1469-1470

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也, 複数名が同時に発声した場合における比較事例 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その4, 日本音響学会講演論文集, 2015, 1235-1236

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也, 母音発声時の声の大きさの違いに関わる比較事例 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その5, 日本音響学会講演論文集, 2016, 1113-1114

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也, 声楽熟達者による声の出し方の違いの比較事例 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その6, 日本音響学会講演論文集, 2017, 775-776

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也, スキャニング振動計及び音の可視化装置による歌唱時の可視化に関する一検討, 日本音響学会講演論文集, 2018, 7-8

齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也, 複数名が声を合わせる場面での音の可視化装置の教育への活用, 日本音響学会講演論文集, 2019, 5-6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也 |
| 2. 発表標題 スキャニング振動系及び声の可視化装置による歌唱時の可視化に関する一検討 |
| 3. 学会等名 日本音響学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|----------------------------|
| 1. 発表者名 齊藤忠彦, 田島達也 |
| 2. 発表標題 人間の声の放射部位に関する検討 |
| 3. 学会等名 日本音楽教育学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也 |
| 2. 発表標題 声楽熟達者による声の出し方の違いの比較事例 - 音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討その6- |
| 3. 学会等名 日本音響学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 齊藤忠彦, 財満健史, 大脇雅直, 田島達也 |
| 2. 発表標題 複数名が声を合わせる場面での音の可視化装置の教育への応用 |
| 3. 学会等名 日本音響学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------|---|--|----|
| 研究 分担 者 | 齊藤 忠彦 (SAITO Tadahiko) (10313818) | 信州大学・学術研究院教育学系・教授 (13601) | |