

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 11 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350316

研究課題名(和文)音カメラを用いた発声トレーニングの実用化モデルの開発とNIRSによる検証

研究課題名(英文)Development of a practical model of vocal training using sound camera and verification by NIRS

研究代表者

中山 裕一郎 (NAKAYAMA, Yuichiro)

信州大学・教育学部・名誉教授

研究者番号：80155895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、音カメラを用いて声の視覚化を試みた。声は、口や胸部を中心に放射しており、正面のみならず、側面や背面からも放射している状況を視覚的にとらえることができた。声楽熟達者の声は、初学者と比べて、胸部を中心とした声の放射範囲が広くなり、倍音成分を多く含むことを明らかにした。二人で同じ音の高さの声を出し、二人のピッチが合っている状態のときには、二人の間の空間に、音がつながって見える現象を捉えることができた。なお、音カメラは、現段階では高額な装置で、一般に普及していないことから、実際の指導場面におけるNIRSによる検証は研究途上にある。

研究成果の概要(英文)：In this study, visualization of voice was investigated. The authors successfully visualized voice that was radiating mainly from the mouth and chest toward not only the front but also the sides and back. The voice of a proficient vocalist radiated mainly from the chest over a larger zone compared to a beginner and contained more harmonic components. When two persons were vocalizing a tone of the same pitch in unison, a phenomenon was observed where sounds seemed to be connected in the space between them. Currently a sound camera is still expensive and has not gained popularity. Therefore, verification of the model in actual training by using near-infrared spectroscopy (NIRS) is still in the process of research.

研究分野：音楽教育

キーワード：音カメラ 音楽教育 発声

1. 研究開始当初の背景

一般的な発声トレーニングの場面では、自らの声を自らが聴き、目標とする声のイメージを抱きつつ、自らの声を高めていく。その過程においては、聴覚情報を頼りにしているため、自らの声を確認しにくかったり、目標とする声のイメージをもちにくいという問題点があった。そこで、本研究では、工業用目的に開発された音カメラを用いて、声の視覚化を試み、発声トレーニングの場面で、視覚情報を加えることの可能性について検討する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、音カメラを用いて、声の視覚化を試み、発声トレーニングにおいて実用化できるモデルを検討することである。具体的には、声楽熟達者の声は体のどこから出ているか、さらに母音の違い、音程の違い、発声方法の違い、強弱の違い等に着目した発声の比較検討を行う。

3. 研究の方法

本研究の手法は、無響室内における音カメラを用いた実験研究とした。被験者は、声楽熟達者男性1名、声楽熟達者女性1名、声楽経験者女性（声楽の基礎的なレッスンを受けている大学生）複数名とした。発声時の状況について、音カメラを用いて、被験者の正面及び側面から測定を行った。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る表示することができる。被験者と音カメラの距離は1,200mmとした。実験結果は、音声の主な成分が含まれる160~7600Hzの周波数範囲で解析を行った。音源方向の表示は音圧レベルが40dB以上の成分とした。音源方向の計算は1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。

4. 研究成果

(1) 声楽熟達者の声は体のどこから出ているか

声は口から出ていることは言うまでもないが、発声トレーニングの場面では、たとえば、頭声発声という言葉を用いて発声指導が行われ、頭部から声が出るというような印象を与えていることがある。本研究では、声楽熟達者の声が体のどこから出ているのか検討を行った。その結果、声は、図1に示すように、口や胸部を中心に拡散するように正面及び背面、両側面から放射していることを確認した。なお、図に示している円は音の発生している位置を、円の大きさは音の大きさ、色の濃さは周波数を表している（青色の方が低い周波数、赤色の方が高い周波数）。

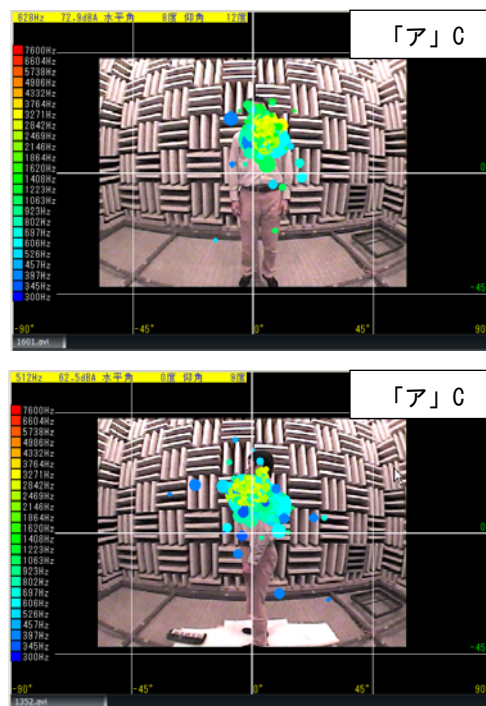


図1 声は体のどこから出ているか(正面と側面)

(2) 母音の違いに着目した発声の比較事例

母音の違いによって声の放射部位に違いが見られるか比較検討を行った。同じ音の高さで、母音を比較したものが図2である。ここでは、「ア」と「イ」のみの掲載とする。放射部位は基本的に口と胸部を中止に放射しているが、その広がり状況が異なることがわかる。

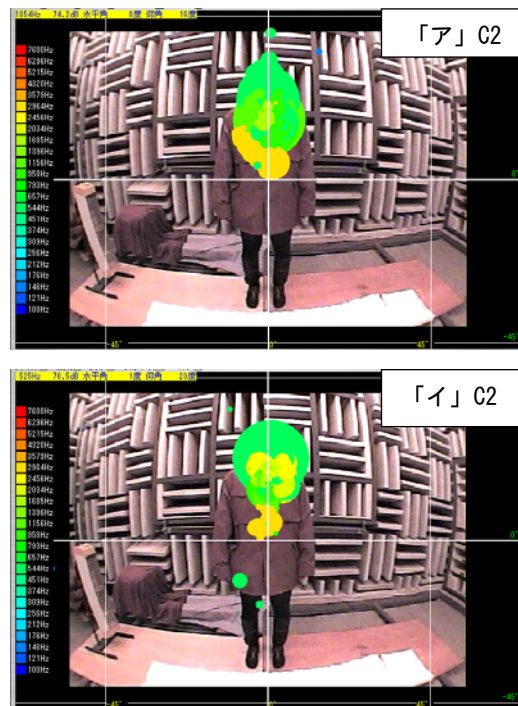


図2 母音の違いによる比較(正面)

(3) 音程の違いに着目した発声の比較事例

発声トレーニングにおいて、音の高さの違いによって、声の放射部位が変わるかどうか比較検討を行った。図3は、男性声楽熟達者

が母音「ア」で声を出したもので、c音(低い)とc1音(高い)を比較したものである。図4は女性声楽熟達者が母音「ア」で声を出したもので、c1音(低い)とc2音(高い)を比較したものである。いずれも口や胸部を中心に音が放射しており、いわゆる頭声発声といわれている高音域においても、放射部位に顕著な変化は確認できなかった。

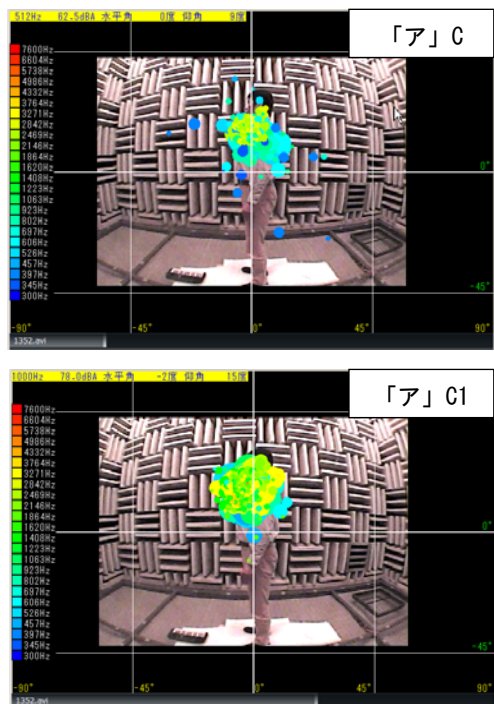


図3 音程の違いによる比較(男性, 側面)

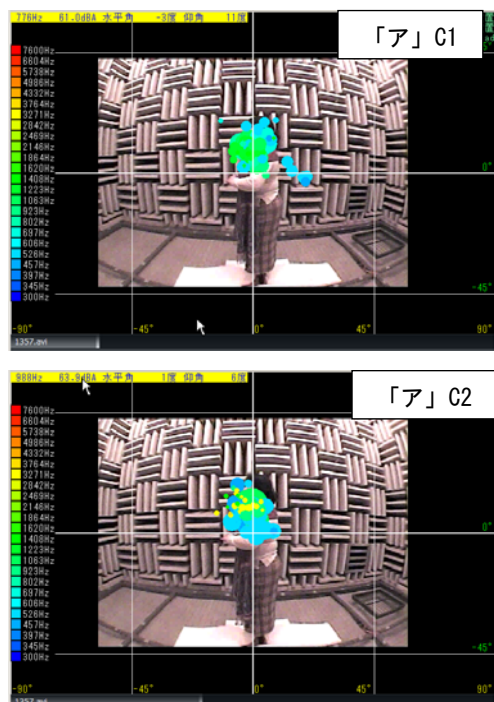


図4 音程の違いによる比較(女性, 側面)

(4) 発声方法の違いに着目した比較事例
発声するときに、高音域では声を額に当て

て声を出すというイメージをもたせることがある。本研究では、声を額に当てて発声する時と、声を胸部に当てて発声する時の違いについて比較検討を行った。声楽経験者女性の例を図5に示す。この被験者の場合は、胸を意識した場合よりも額を意識して発声した場合に放射部位が広がる傾向が見られた。他の被験者も額を意識して発声したほうが放射部位は広がって見える場合が多かったが、被験者によっては差が出ない場合や、逆に胸を意識したほうが広がって見える場合もあった。

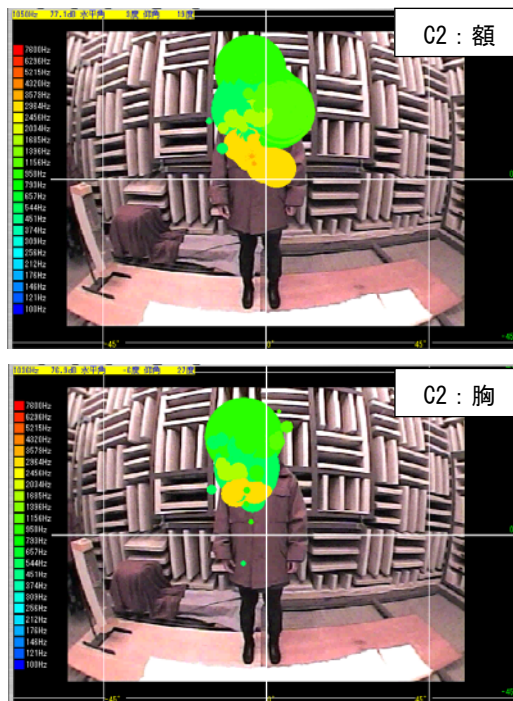
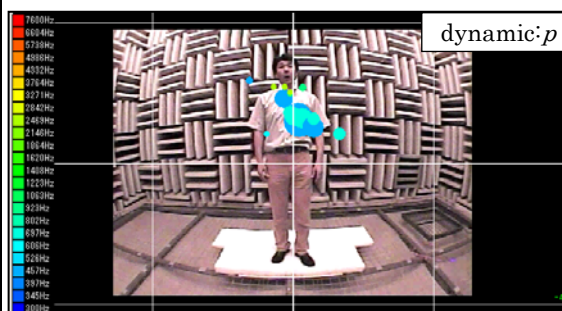


図5 声を当てる場所の違いによる比較(正面)

(5) 声の大きさの違いに着目した比較事例
声の大きさの違いは、声の放射部位に影響を与えるかどうかについて比較検討を行った。図6は、声楽熟達者男性のピアノとフォルテで声を出したときの比較である。声の大きさ(強さ)が大きくなるに従って、高音域の成分が増加しているが、さらに周波数特性において低音域における卓越成分の幅が大きくなっていることが確認できた。声の大きさ(強さ)が小さい時(ピアノの時)では、音源方向を示す円は高音域よりも低音域のほうが相対的に広い範囲に広がる傾向が見られた。



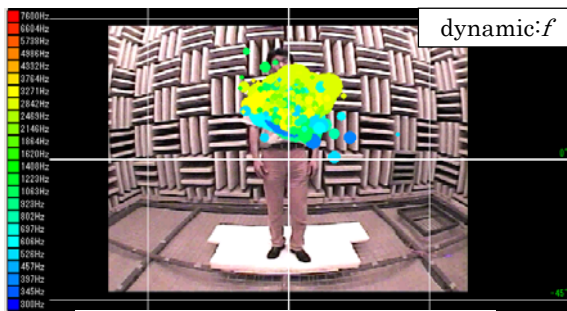


図6 声の大きさによる比較(正面)

(6) 二人で声が合うという状態をとらえる
 二人で同じ音の高さで声を出した時に、声が合っているときと、合っていないときに違いが出るか視覚的にとらえることを試みた。図7は、声楽経験者2名が同じ音の高さで「ア」の声を出し、ピッチが合っている時と、合っていない時の状態を示したものである。二人のピッチが合っているときは、音源方向を示す円は被験者間に多く表れた。合っていないときは、音源方向を示す円は、被験者間にはほとんど見られなかった。

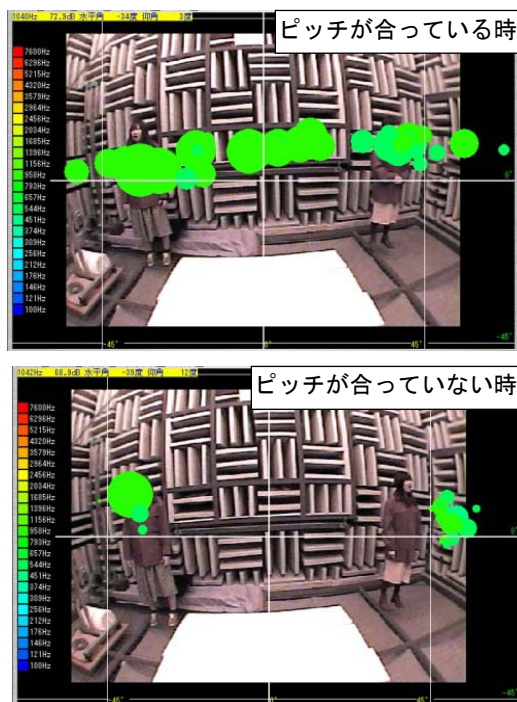


図7 二人で声を出したとき(正面)

(7) 今後の課題

本研究では、音カメラを用いて声の視覚化を試みた。実用化に向けてのモデルの基礎的な検討を行うことができた。現段階では、音カメラという装置そのものが高額な装置で、一般に普及していないことから、一般的な発声指導場面における NIRS による検証は研究途上にある。将来的には、たとえば、二人で、それぞれのタブレットを手にしながらかを出すと、二人で声が合っている状況を視覚的にも確認することができるような次世代のモデル開発へと研究を進展させていきたい。

<引用文献>

- ①大脇雅直, 音カメラの開発と適用事例, 騒音制御 Vol. 35, No. 5, 2011, 421-426
- ②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, 日本音響学会講演論文集, 2-6-2, 2012, 1497- 1498
- ③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, 3-P-29, 2013, 1375- 1376
- ④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, 2-3-4, 2014, 1469- 1470,
- ⑤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, 2-5-10, 2015, 1235- 1236

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

- ①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 2016年秋季研究発表会, 2016.9.14, 富山
- ②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 2015年秋季研究発表会, 2015.9.17, 福島
- ③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 2014年秋季研究発表会, 2014.9.4, 北海道

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 裕一郎 (NAKAYAMA, Yuichiro)
 信州大学・教育学部・名誉教授
 研究者番号: 80155895

(2) 研究分担者

齊藤 忠彦 (SAITO, Tadahiko)
 信州大学・学術研究院教育学系・教授
 研究者番号: 10313818

田島 達也 (TAJIMA, Tatuya)
 信州大学・学術研究院教育学系・准教授
 研究者番号: 00377615

※本研究は、(株)熊谷組技術研究所と共同で行ったものである。