

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650534

研究課題名(和文)音カメラを用いた新しい音楽実技指導法の開発とその成果の脳生理学的検証

研究課題名(英文)Development of a new method for instructing school music activities by using the sound camera and cerebrophysiological investigation of its effects

研究代表者

中山 裕一郎(NAKAYAMA, Yuichiro)

信州大学・教育学部・教授

研究者番号：80155895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：「音カメラ」とは、音の大きさや周波数を視覚化することができる装置である。もともと工業用に開発された装置であるが、本研究では、音楽実技指導における「音カメラ」の活用の可能性について検討した。発声指導の場面を想定した実験では、人間の声は口のほか、身体の何処の部位から放射されているのかについて検討した。その結果、声は頭部ではなく、胸部を中心に放射されていることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Sound camera is an apparatus that visualizes the intensity and frequency of sound. Originally it was developed for industrial use; but in this study, we investigated the possibility of using the sound camera for instructing school music activities. In an experiment that assumed a voice lesson, the camera was used to investigate parts of the human body from which voice is emitted other than the mouth. Voice was found to be emitted mainly not from the head but from the chest.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：音カメラ 音楽科 発声指導

1. 研究開始当初の背景

既存の音声分析ソフトを用いると、マイクロホンで集音した音声をデジタル化し、音圧レベルや周波数、スペクトル、ソナグラム、ホルマントなどの情報を視覚的に表示させることができる。しかし、音はマイクロホンが置かれている位置で集音されるため、音が発生している音源の位置を特定することはできない。それに対して本研究で用いる音カメラは、複数の音源の位置を特定し、リアルタイムに音圧レベル (dB) や周波数 (Hz) を色や丸い図形の大きさで表示することができる。音カメラの開発目的は、騒音対策などの工業用目的であるというが、これを音楽実技指導の場面で活用することにより、これまでは耳に入ってくる聴覚情報だけを頼りに指導が行われてきた音楽実技指導を、より具体的により効率的に行うことができるのではないかと考えた。音楽実技指導における音カメラの活用に関する研究は未踏の研究領域である。

2. 研究の目的

音カメラを用いた新しい音楽実技指導法を開発することを本研究の目的とする。具体的には次の内容を含める。

(1) 音カメラによる器楽や声楽の演奏情報の視覚化

器楽や声楽の演奏情報は、音カメラでどのように表示されるのかについての基礎実験を行い、演奏の視覚データを蓄積する。

(2) 器楽の実技指導における音カメラの活用の可能性

器楽指導では、鍵盤楽器、管楽器、打楽器など様々な楽器を取り扱うが、音カメラを活用しやすい楽器の種類は何か、またその活用の可能性を検証する。

(3) 声楽の実技指導における音カメラの活用の可能性

声楽では、どのような場面で音カメラを活用することができるのか、その可能性を検証する。

3. 研究の方法

音カメラを用いて、楽器や声楽の演奏情報を視覚化する。残響の影響を極力減らすために実験は無響室で行う。平成 23 年度は、鍵盤楽器、管楽器、打楽器等の楽器を用いた音の計測を行い、楽器音の視覚データを蓄積する。平成 24 年度は、主に声の視覚化を行い、プロの声楽家とアマチュアの違いを比較する実験などを行う。平成 25 年度は、具体的な音楽実技指導の場面を想定しての実験を行う。なお、一部の検証の場面で、光トポグラフィ装置を用いての脳内の酸素化ヘモグロビン濃度の変化を計測する。

なお、本研究は、音カメラを開発した(株)熊谷組の協力を得て行った。

4. 研究成果

音楽活動の様々な場面での音の視覚化を試みた。楽器については、箏、サクソフォン、打楽器、ピアノ等を用いて、音カメラで計測した。その結果、楽器本体の複数の箇所から音が発生していることを確認することができた。特に、箏は楽器下部からの響きが豊かであることから、立奏台を用いて演奏した方が、音響効果は良いのではないかという仮説を立てることができた。声楽の場面では、プロの声楽家とアマチュアの発声の違いをみる実験、音の高さの違いによる声の発生部位の比較をする実験、母音の違いによる声の放射の違いをみる実験、声を二人で合わせる場面での音の視覚化などを行った。ここでは紙面の関係で、以下の研究テーマを取り上げるが、主要な部分のみを記載する。

「音楽教育における声の可視化に関する基礎的検討」

(1) 背景と目的

音楽教育における発声指導の場面で、豊かな響きのある声を出すために、頭部の高い位置から声を響かせるようにという指導が行われることがある。声楽家の Lehmann は、高音域になるにつれて響きのイメージを頭部の前方から高い位置へ移動するようにと論じている。今から 110 年以上も前の発声理論であるが、その後、発声生理学者 Husler は、声を当てる場所について、アンザッツという言葉を用いて説明し、高音域は前頭部や頭頂部に声を当てるように論じている。そして現在も、高音域ほど頭部の高い位置へ響きのイメージを移動するように説明している文献も見られる。小学校学習指導要領を見ると、1951 年の第二次学習指導要領では「頭声発声」で歌うことと示され、1958 年の第三次学習指導要領から 1989 年の第六次学習指導要領まで「頭声的発声」という言葉が用いられてきた。現行の第八次学習指導要領では、第 5 学年及び第 6 学年の「2 内容 A 表現 (1) ウ」の中に「自然で無理のない、響きのある歌い方で歌うこと」と示されている。このことについて、「合唱曲などの西洋音楽の技法によってつくられた楽曲を歌う際には、従来行われてきている頭声的な発声と差異はない。」と説明されている。音楽科教科書を見ると、歌声のアドバイスとして、「目と目の間あたりにひびきを集める感じで声を出しましょう。」と記されている。このように、発声指導の場面では、「頭声発声」「頭声的発声」という言葉が用いられたり、高音域では頭部の高い位置に声を当てるという指導が行われたりしており、声は頭部から響かせるというイメージが定着している。それでは、実際に声は頭部から発生しているのだろうか。本研究では、音カメラを用いて声を可視化し、声は体のどこから発生しているかについて実験的に探ることを研究の目的とし、

将来的に音楽教育における発声指導の場面で応用するための基礎研究としたい。

(2) 実験方法

被験者は専門の音楽経験のある 20 代の女性 6 名(基礎的な発声訓練を受けている学生)とした。実験は無響室で行い、音カメラから 1500mm 離れた場所で、母音「ア」で音階を歌うという課題を課した。音域は c^1 (261.6Hz) ~ c^3 (1046.5Hz) までの 2 オクターブとした。なお、正確な音程で声を出せるように、あらかじめピアノ音とメトロノーム音を録音しておき、それをイヤホンで聞きながら声を出すように指示した。次のような手順である。

c^1 のピアノ音を聞く (3 秒) → c^1 を「ア」で歌う (3 秒) → d^1 のピアノ音を聞く (3 秒) → d^1 を「ア」で歌う (3 秒) → ……

各被験者は、「話声」(正面)、「歌声」(正面)、「話声」(側面)、「話声」(側面) という 4 回の計測を行うことになる。音カメラにおける音源方向の計算は、伸ばしている 3 秒間のうち、声が最も安定している中間部の 1 秒間のデータを用いることとした。表示の周波数範囲は音声の主な成分が含まれる 300Hz ~ 7600Hz とし、70dB 以上の成分を画面上に表示させる。図 1 は、実験状況を示すものである。

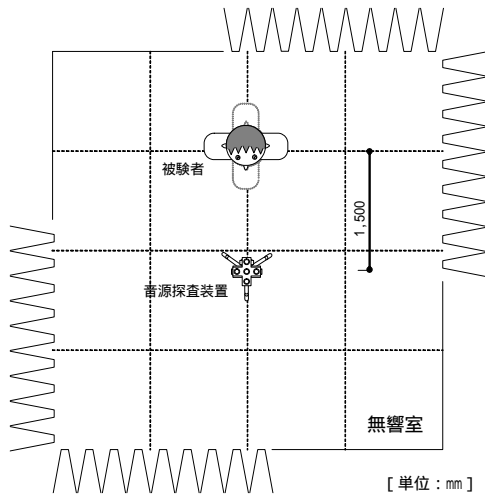


図 1 実験状況

(3) 結果

声は体のどの部位から発生しているか

図 2 は、被験者 A の「歌声」を正面から見たものである。実験では、 c^1 ~ c^3 までの 2 オクターブ (15 音) のデータを得たが、ここでは c^2 , g^2 の 2 音の「歌声」を取り上げる。音が発生している場所に円で表示され、円の大きさが音の大きさで、円の色の濃さは周波数を示している。音域別に発生の部位が異なるかどうかについて注目し、 c^2 , g^2 を比較すると、いずれも頭部と胸部、一部に腹部からの発生が認められ、特に胸部からの発生が目立つ。「歌声」は胸部の正面や側面から発生していることがわかる。高音域になるにつれて頭部からの発生が強調されるというような現象は見られない。

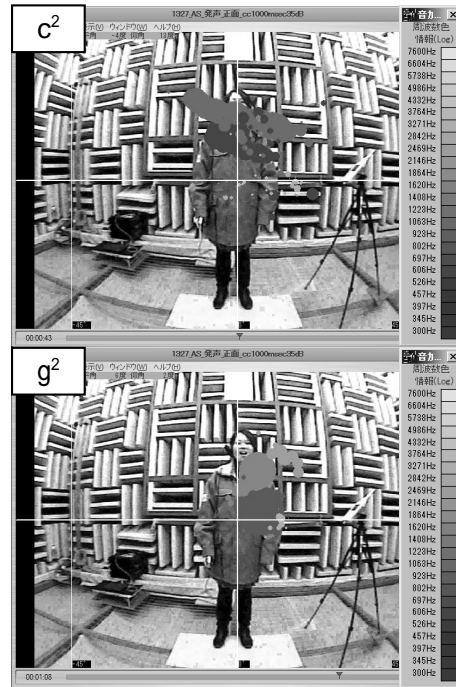


図 2 被験者 A の「歌声」

「話声」と「歌声」の違いはあるか

図 3 は、被験者 A の「話声」の正面から見たものである。ここでは c^2 , g^2 の 2 音の「話声」を取り上げる。「話声」は胸部や腹部の正面や側面から発生していることがわかる。高音域になるにつれて頭部からの発生が強調されるというような現象は見られない。これらのことは、図 2 の「歌声」に見られた傾向と同じである。「話声」と「歌声」の声の発生の部位に、大きな差は見られないことになる。

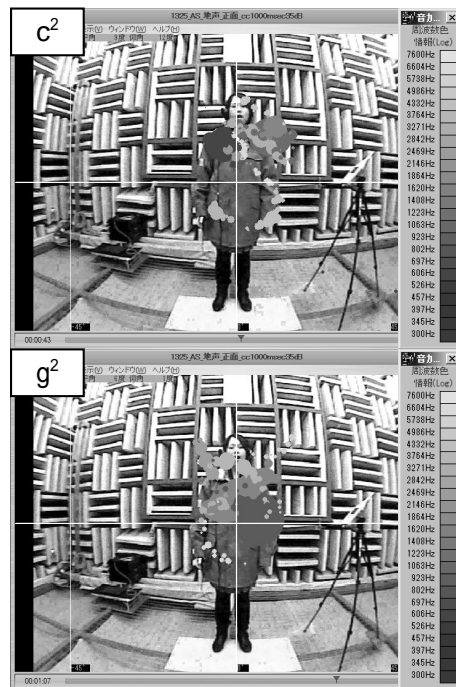


図 3 被験者 A の「話声」

(4) 考察と今後の課題

本研究では、声は体のどこから発生してい

るかについて、音カメラを用いて実験を行った。声を可視化することにより、次の三点を確認することができた。一点目は、声は頭部のみではなく、胸部や腹部から発生していることを確認した。特に胸部からの発生が目立った。声帯から口腔、鼻腔で共鳴した音が脊柱を通り肋骨へ伝道し、肋骨の左右合せて24本の骨から振動が伝わっている可能性がある。二点目は、音高によって、声が発生する場所の移動は認められず、低音域から高音域まで、頭部と胸部が中心となっていることを確認した。これまで高音域は、頭部の高い位置に声を当てるように指導されてきたが、実際には音域による移動は見られなかった。三点目として、「歌声」と「話声」の違いについては、「話声」は高い周波数にランダムな倍音成分を含み、それが腹部あたりに拡散して見えることがあるが、基本的に声が発生する部位は頭部と胸部で、高音域になるにつれて頭部からの発生が強調されるというような現象は「歌声」「話声」ともに見られなかった。

これまでの音楽教育における発声指導の場面では、「頭声発声」「頭声的発声」という言葉を用いてきたため、声は頭部から出ているというイメージを持たせてしまいがちであったが、実際には、声は頭部や胸部、そして腹部からも発生しているという事実を発声指導の場面で伝えていくことが必要となるだろう。声を当てる場所についても、高音域は頭部の高い位置へ声を当てるという指導が行われてきたが、高音域でも胸部を意識させるというような指導法を検討することができるかもしれない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

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, 査読有, 第6号, 2013, 1-11

〔学会発表〕(計3件)

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 2013 年秋季研究発表会, 2013 年 9 月 27 日, 豊橋技術科学大学

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 2012 年秋季研究発表会, 2012 年 9 月 20 日, 信州大学工学部

齊藤忠彦, 「音カメラ」を用いた音楽実技指導法の改善に関する研究, 日本音楽教育学会北陸地区例会, 2012 年 3 月 10 日, 長野市生涯学習センター

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・教授
研究者番号: 80155895

(2) 研究分担者

齊藤 忠彦 (SAITO, Tadahiko)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号: 10313818

小野 貴史 (ONO, Takashi)
信州大学・教育学部・准教授
研究者番号: 10362089