

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12048

研究課題名（和文）オペラ歌唱における声道と横隔膜の制御に関する研究

研究課題名（英文）Research on control of the vocal tract and diaphragm in operatic singing

研究代表者

竹本 浩典（Takemoto, Hironori）

千葉工業大学・先進工学部・教授

研究者番号：40374102

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：オペラ歌唱において声道や横隔膜は声の高さや大きさの制御のために重要である。しかし、これらの器官は体内にあって観測が困難であった。そこで本研究では、歌唱中のオペラ歌手の頭頸部と胸腹部の運動をリアルタイムMRIで動画として記録して分析した。その結果、声が高くなると頸椎の後弯が大きくなること、声の高さの変化量に応じて横隔膜の上下動を変化させていることが明らかになった。前者は喉頭の構造を利用して声帯の張力を制御し、後者は空気の圧縮性を利用して肺圧を制御していることを示すと思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

声が高くなると口が開くことは知られていたが、これに加えて頸椎の後弯の度合いが大きくなることを世界で初めて明らかにした。これは、従来知られていなかった喉頭の構造を利用した声の高さの制御方法が存在することを示唆する。また、一般的に歌唱中は呼気流を生み出すために横隔膜は上昇するが、熟練したオペラ歌手は肺圧を下げるために空気の圧縮性を利用して呼気流を生み出しながらも一時的に横隔膜を下降させていることを明らかにした。これも世界で初めて得られた知見で、歌唱技術の指導に貢献する。

研究成果の概要（英文）：In the operatic singing, the vocal tract and diaphragm are important for controlling the pitch and loudness. These organs, however, are difficult to be observed because they are internal structures of the human body. Thus, in the present study, movements of these organs during singing were recorded and analyzed by using real-time MRI. As a result, it was revealed that the cervical spines were bended backward as the pitch increased and vertical movements of the diaphragm depended on the amount of the pitch changes. The former seems to mean that the structure of the larynx is used to control the tension of the vocal folds, and the latter seems to mean that the compressibility of the air is used to control the lung pressure.

研究分野：音声生成

キーワード：リアルタイムMRI オペラ 声道 横隔膜 呼気圧

1. 研究開始当初の背景

オペラ歌唱に特有の音量があって良く響く声はフォルマント同調(図1)によって生み出されていると言われていた。近年、歌唱中のオペラ歌手の口唇から信号を入力すると同時に声道からの反射を録音して分析した結果、声帯振動の基本周波数(f_0)あるいは倍音成分($n f_0, n=1, 2, 3, \dots$)に声道の第1共鳴(f_{R1})と場合によっては第2共鳴(f_{R2})を同調させていること、声種と音高によって同調の様式が異なることが明らかになった[1]。このフォルマント同調により、声帯振動の特定の倍音成分が大きく増幅されて、オペラ歌唱に特徴的な声となる。

しかし、フォルマント同調には生理学的に解明されていない問題が2つある。第1に、倍音成分に同調させるために、声道のどの部分をどのように変形させて共鳴周波数を制御しているのかという問題である。歌唱中の声道形状の変化を直接観測することは困難であり、音高が上昇するにつれて口の開きが大きくなることを除き、どのような制御が行われているのかほとんど知られていない。第2に、音量と直結している呼気圧をどのように制御しているのかという問題である。音量を増すために呼気圧を大きくすると、声帯振動の基本周波数が上昇する。つまり、ある音量と音高で発声するためには、呼気圧、声帯の張力、声道共鳴の周波数の3つを同時に適切に調整する必要がある。呼気圧を生成するのは主として横隔膜の上昇であるが、歌唱中にどのような制御が行われているのかあまり検討されていない。

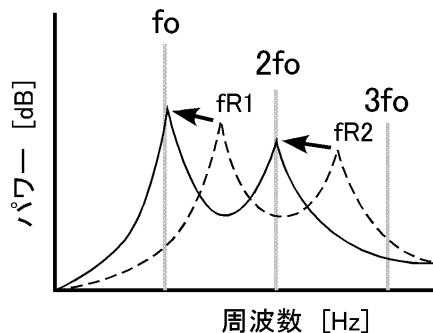


図1:フォルマント同調の例。声帯振動の基本周波数(f_0)と2倍音($2f_0$)に声道の第1、第2共鳴(f_{R1}, f_{R2})を一致させる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、オペラ歌手がどのように声道を変形させて声道共鳴を制御し、どのように横隔膜を変位させて呼気を制御してフォルマント同調を行い、特有の歌声を生成しているのかをリアルタイムMRI動画による観測とシミュレーションにより明らかにすることである。

3. 研究の方法

実験参加者はのべ12人のプロのオペラ歌手とオペラを学ぶ学生で、声種(バリトン、テノール、ソプラノ)や歌唱技術を考慮して選定した。各実験参加者はMRI装置内(ATR-Promotions, 京都府相楽郡精華町)に仰臥し、5度跳躍進行などの指定された歌唱課題を歌唱する。同一の歌唱課題に対して、歌唱中の頭頸部と右側胸腹部の矢状断面においてリアルタイムMRI動画を撮像した。空間解像度は頭頸部では $1.0 \times 1.0 \times 10$ mm、胸腹部では $1.2 \times 1.2 \times 10$ mm、撮像速度はいずれも10フレーム毎秒とした。

得られた動画の各フレームから、発声器官各部の輪郭と肺の輪郭を機械学習により点群データとして抽出した[2]。なお抽出にあたっては、各フレームで解剖学的に同定可能なランドマークを輪郭の始点と終点とし、その間の輪郭はフレーム間で同数の等間隔の点群(セミランドマーク)とした。これにより輪郭の統計分析が可能になったので、頭頸部の動画に関しては、音高変化時の主成分分析を行った。一方、胸腹部の動画に関しては、音高変化時の肺の断面積の変化から、呼気流量と肺圧の推定を行った。

4. 研究成果

統計分析により様々な知見が得られたが、ここでは主要な2つの知見を報告する。

まず、音高変化時の声道形状の制御について得られた知見について述べる。図2はプロのテノールが5度跳躍進行を行った際の発声器官の運動の第1主成分(PC1)とそのスコアを示したものである。PC1は口の開閉と頸椎が後弯する動作を表す。PC1の寄与率は68%、そのスコアと音高の相関係数は0.85である。したがってこの結果は、音高が上昇すると口が開き、頸椎の後弯の度合いが大きくなり、結果として口腔と咽頭の容積が増大することを示す。この実験参加者はプロのテノールで音声スペクトルからフォルマント同調を行うために f_{R1} を上昇させていることが確認できているので、これらの運動は音高の上昇に合わせて f_{R1} を上昇させる効果をもたらすと考えられる。音高の上昇にともなうこれらの運動は、他のプロの歌手でも観測された。

先行研究により、音高に合わせて口の開きが大きくなることは知られており、これが f_{R1} の上昇に寄与するとされていたが[3]、頸椎の後弯の度合いも連続的に大きくなることは知られていなかった。頸椎の後弯が大きくなると、咽頭が拡大するという声道形状の変化が生じるだけでなく、甲状軟骨と輪状軟骨の角度に対して輪状甲状筋の収縮と同様の变化をもたらす、結果として声帯の張力を高めると考えられる。すなわち、頸椎の後弯は声道形状を変化させるだけでなく、声帯張力を増加させる。また、プロでは声区のブレイクによらず音高の上昇に合わせて頸椎の後弯の度合いは連続的に大きくなったが、歌唱技術を十分に習得していない学生では、声区のブレ

イクを超えた最高音でのみ頸椎の後弯が見られたことから、頸椎の連続的な後弯は地声と裏声を滑らかに連続させる声区融合の技術と関係があることを示唆する。

研究開始時には、声道形状とその共鳴の変化に着目していたが、研究の結果得られた音高の上昇にともなう頸椎の後弯は、声道形状のみならず声帯張力も変化させる可能性がある。前述したように、これは喉頭の構造を利用して声帯の張力を連続的にしかも大きく変化させることが可能なメカニズムであり、声区融合の技術と関係があると思われる。声区融合はオペラ歌唱の重要な技術であり、そのメカニズムは未解明であるので、本研究で得られた知見は今後の研究に大きなインパクトを与えるものと考えられる。

次に、音高変化時の横隔膜の制御について得られた知見について述べる。図3上はプロのテノール歌手の1オクターブ跳躍進行時 (Ab3 Ab4 Ab3) の音声波形と声の高さ(基本周波数)で、網掛けの色の薄い区間がAb3(約207.7 Hz)、濃い区間がAb4(約415.3 Hz)である。高音から低音へ移行する直前に音声波形が小さくなり、基本周波数の抽出が途切れた。図4上はリアルタイムMRI動画の該当するフレームから抽出した肺の断面積が体積の3/2乗に比例し、最大吸気時の肺の容積が5500 cm³と仮定した場合の肺の容積変化を表す。高音から低音に移行する直前の音声波形が小さくなったフレームで、一時的に吸気したかのように肺の容積が増加する現象が見られた。この現象は他の歌手でも見られ、音型が全体として高く、跳躍幅が大きくなるほど顕著に見られた。

波形が小さくなったとはいえ、発声が持続しているにも関わらず肺の容積が一時的に増加した要因を追求するために、空気の圧縮性を考慮した分析を行った。リアルタイムMRI動画は肺の断面を1秒間に10フレーム記録できるので、歌唱中の肺の容積の変化を0.1秒間隔で推定可能である。まず、吸気から呼気に移行する直前の肺圧が大気圧と等しいとする。そして、肺の容積変化により肺圧が変化し、その後の0.1秒間に発声による呼気流で減圧するとする。つまり、あるフレームに移行した瞬間に容積変化により圧力が変化(断熱変化)し、その後の0.1秒間に肺の容積は一定で発声により減圧する過程が繰り返されるとする。このとき、単位時間に流出する空気の質量 \dot{m} は以下の式で表される[4]。

$$\dot{m} = \frac{Ap}{\sqrt{RT}} \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left\{ \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right\}} \quad \text{kg/s.}$$

ここで A は平均の声門の面積で0.05 cm²、 p は肺圧、 R は空気の気体定数で287.1 J/(kgK)、 T は空気の温度で310 K、 γ は空気の比熱比で1.4、 p_a は大気圧で100 kPaとした。

図4下は、上式によって肺圧(大気圧との差圧)を推定した結果である。高音から低音に移行する415フレームの直前に、肺の容積が一時的に増加したことによって肺圧が減少して0に近くなったが、その後再び肺の容積は減少して肺圧が上昇した。同様の肺圧の変化は他の歌手でも見られた。

歌手の内観報告によれば、高音から低音への移行時には、「支え直す」技術を用いているとのことであった。一般に、音高によって適切な肺圧は異なり、高い音高では高い肺圧が、低い音高では低い肺圧が必要である[5]。そのため、1オクターブ下へ移行する場合、急激な減圧が必要となる。肺圧は発声を中止して声門を開けば急激に下降するが、発声を持続しながら下降させるためには、発声を持続しながら一時的に横隔膜を緊張させて肺容積を増加させ、空気の圧縮性を用いて減圧していると考えられる。その後、再び肺圧を上昇させて低音を歌唱する。つまり、「支え直す」とは、一旦肺圧を下降させた後で再び上昇させながら低音の発声を行う技術なのではないかと推測される。

オペラ歌唱において横隔膜の制御は重要とされるが、体内にあって観測が困難であったため、これまでほとんど着目されてこなかった。しかし本研究では、歌唱中の横隔膜を含めた肺の断面形状の変化をリアルタイムMRIで実測して分析した。そして、前述したように肺の断面積から推定した容積の変化から空気を圧縮性流体とみなして肺圧や呼気流量を推定する手法を用いて、高音から低音へ移行時に用いられる「支え直し」と呼ばれる歌唱技術を解明することができた。このように目に見えない歌唱技術をリアルタイムMRIの動画を分析することで解明した研究は世界的にみても類例が少ないが、これから発展する可能性がある。

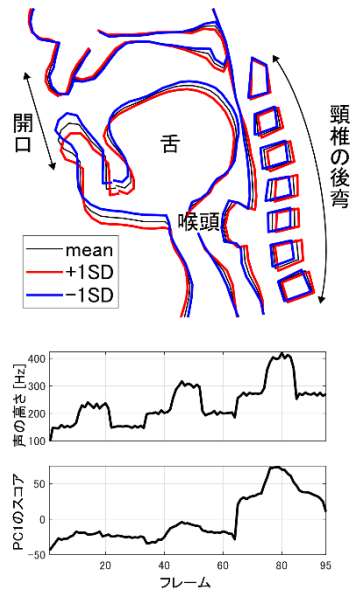


図2: 声の高さの変化による運動のPC1(上)とそのスコアの変化(下)

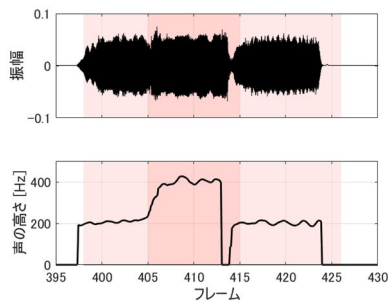


図3: 音声波形(上)と声の高さ(下)

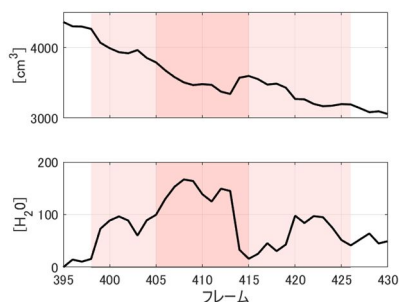


図4: 肺の容積(上)と肺圧(下)

<参考文献>

- [1] N. Henrich, J. Smith, and J. Wolfe, "Vocal tract resonances in singing: Strategies used by sopranos, altos, tenors, and baritones," *J. Acoust. Soc. Am.*, **129**, 1024-1035 (2011).
- [2] H. Takemoto, T. Goto, Y. Hagihara, S. Hamanaka, T. Kitamura, Y. Nota, and K. Maekawa. "Speech Organ Contour Extraction Using Real-Time MRI and Machine Learning Method," *Proc. of the Interspeech 2019*, 904-908, (2019).
- [3] J. Sundberg, THE SCIENCE OF THE SINGING VOICE, Northern Illinois University Press, State of Illinois, 1987.
- [4] 松尾一泰, 圧縮性流体力学, (2020).
- [5] J. Sundberg, I. Titze, and R. Scherer. "Phonatory control in male singing: A study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency, and mode of phonation on the voice source," *J. Voice*, 7(1), 15-29, (1993).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takemoto Hironori, Adachi Seiji, Toda Natsuki	4. 巻 44
2. 論文標題 One-dimensional static vocal tract model in the time domain	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 9 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 戸田 菜月、工藤 理佐子、竹本 浩典、高橋 純	4. 巻 78
2. 論文標題 リアルタイムMRIを用いたオペラ歌唱における呼気の制御に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 646 ~ 649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.78.11_646	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 戸田 菜月、竹本 浩典、高橋 純、足立 整治	4. 巻 SP2022-9
2. 論文標題 リアルタイムMRI動画を用いた オペラ歌唱における「支え直す」技術の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 30 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 戸田 菜月、竹本 浩典、高橋 純、足立 整治	4. 巻 2022年9月
2. 論文標題 オペラ歌唱の演奏技法の違いによる肺圧の制御に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1033 ~ 1034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋純, 戸田菜月, 竹本浩典	4. 巻 2022年9月
2. 論文標題 オペラ歌唱における声の明暗の表現と声道形状の制御の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1035 ~ 1036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田菜月, 竹本浩典, 高橋純	4. 巻 2023年3月
2. 論文標題 リアルタイムMRIを用いたソプラノ歌手の高音発声に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1159 ~ 1160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋純, 戸田菜月, 竹本浩典	4. 巻 2023年3月
2. 論文標題 音声分析と体内運動の観測に基づく歌唱指導の可能性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1161 ~ 1164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田菜月, 竹本浩典, 高橋純	4. 巻 2021年9月
2. 論文標題 オペラ歌唱における音高と声道形状に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 821-822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 内尾紀彦, 鴻信義	4. 巻 2021年9月
2. 論文標題 鼻副鼻腔の模擬手術が伝達関数に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 799-800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋純, 幸実優, 佐々木香諒, 戸田菜月, 竹本浩典	4. 巻 40
2. 論文標題 リアルタイムMRIに基づくオペラ歌唱の音量の制御に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 音楽音響研究会資料	6. 最初と最後の頁 7-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田菜月, 竹本浩典, 高橋純, 足立整治	4. 巻 2022年3月
2. 論文標題 音高変化におけるオペラ歌唱技術の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 825-826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典, 高橋純	4. 巻 2020年9月
2. 論文標題 オペラ歌手が非声楽的な発声を模擬したときの横隔膜などの制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 677-678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 鴻信義	4. 巻 2020年9月
2. 論文標題 鼻音生成時の伝達関数に生じる零点の生成要因の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 651-652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典, 高橋純	4. 巻 2021年3月
2. 論文標題 rtMRI動画をを用いたオペラ歌唱における呼気の制御に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 735-736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋純, 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典	4. 巻 2021年3月
2. 論文標題 オペラ歌手が非声楽的な発声を模擬した際の歌声の音響的特徴	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 737-738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 鴻信義	4. 巻 2021年3月
2. 論文標題 内視鏡下鼻副鼻腔手術による 術前・術後の形状と音響特性の変化の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 743-744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹本浩典、足立整治	4. 巻 76
2. 論文標題 声道モデルにおけるインパルス応答の生成技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 188-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹本浩典、足立整治	4. 巻 2020年3月
2. 論文標題 壁振動を考慮した時間領域差分法による1次元の声道音響モデル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 777-778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋純、竹本浩典、榊原健一	4. 巻 2020年3月
2. 論文標題 rtMRIを用いたオペラ歌唱における喉頭と横隔膜の制御の観察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 773-774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉浦唯、竹本浩典、北村達也、内尾紀彦、鴻信義	4. 巻 2020年3月
2. 論文標題 鼻音生成時の声道形状の抽出と音響特性の解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本音響学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 767-768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 戸田菜月, 竹本浩典, 高橋純
2. 発表標題 オペラ歌唱における音高と声道形状に関する検討
3. 学会等名 日本音響学会 2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 内尾紀彦, 鴻信義
2. 発表標題 鼻副鼻腔の模擬手術が伝達関数に及ぼす影響
3. 学会等名 日本音響学会 2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋純, 幸実優, 佐々木香詠, 戸田菜月, 竹本浩典
2. 発表標題 リアルタイムMRIに基づくオペラ歌唱の声量の制御に関する研究
3. 学会等名 音楽音響研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 戸田菜月, 竹本浩典, 高橋純, 足立整治
2. 発表標題 音高変化におけるオペラ歌唱技術の検討
3. 学会等名 日本音響学会 2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典, 高橋純
2. 発表標題 オペラ歌手が非声楽的な発声を模擬したときの横隔膜などの制御
3. 学会等名 日本音響学会2020年秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 鴻信義
2. 発表標題 鼻音生成時の伝達関数に生じる零点の生成要因の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典, 高橋純
2. 発表標題 rtMRI動画をういたオペラ歌唱における呼気の制御に関する研究
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋純, 戸田菜月, 工藤理佐子, 竹本浩典
2. 発表標題 オペラ歌手が非声楽的な発声を模擬した際の歌声の音響的特徴
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 鴻信義
2. 発表標題 内視鏡下鼻副鼻腔手術による 術前・術後の形状と音響特性の変化の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹本浩典, 足立整治
2. 発表標題 壁振動を考慮した時間領域差分法による1次元の声道音響モデル
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋純, 竹本浩典, 榊原健一
2. 発表標題 rtMRIを用いたオペラ歌唱における喉頭と横隔膜の制御の観察
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉浦唯, 竹本浩典, 北村達也, 内尾紀彦, 鴻信義
2. 発表標題 鼻音生成時の声道形状の抽出と音響特性の解析
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020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	榊原 健一 (Sakakibara Kenichi) (80396168)	北海道医療大学・リハビリテーション科学部・准教授 (30110)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------