

令和 3 年 6 月 26 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02817

研究課題名（和文）知識処理に基づく間身体性に着目した声楽指導のための身体知獲得メソッドの形式知化

研究課題名（英文）Explicit-knowledge-izing of the body method for vocal music instruction which paid its attention to physicality while being based on knowledge processing

研究代表者

池田 京子（IKEDA, Kyoko）

信州大学・学術研究院教育学系・教授

研究者番号：60283222

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：声楽初学者を対象とし、4年間に亘る継続的なデータ収集と分析を行った上で、声楽の習熟度に関する音響特徴量による歌声評価指標を提案した。更に歌声評価指標の妥当性とその汎用性について分析し、異なる習熟度の歌声を区別できることを明らかにした。また歌声評価指標と声楽指導現場で指導者が行う歌声評価の観点との相関が高い歌声評価項目を抽出し、歌声評価指標の閾値を設定した。歌声の客観的評価について分析した結果、閾値の妥当性が示唆された。また指導前と指導後の初学者の歌声に対する「印象評価語」を抽出し、「指導語」とを関連付けた。こうして初学者の「成長を表す評価語」を抽出し、音響特徴量による歌声評価指標を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
従来、歌唱指導に用いられてきた抽象的な言語表現を分類し、語彙を整理することで指導の一般化を図ってきた。また歌声の響きに関連する周波数特性の強度や割合の定量化を検証し、歌声評価指標として提案することができたことの学術的意義は大きい。評価指標は、特に声楽初学者のみならず多様な習熟度・多様な歌唱の専門性を有する被験者の歌声データを解析することで、提案指標と習熟度との関係を整理した。また提案指標を用いて、歌声の良悪を区別する閾値を具体化した。必ずしも声楽を専門としない音楽科教員による発声指導の基盤となり得る客観的評価指標を提案できたことは、教科書のデジタル化が進む中で社会的意義があるといえる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a singing voice evaluation indices based on acoustic features reflecting the skill level of vocal music. These indices were developed based on four years of continuous data collection and analysis for beginners of vocal music. The validity and applicability of the proposed indices were verified, and it was shown that these indices can be used to separate singing voices with different levels of singing skills. The "impression evaluation words" for the singing voice of the beginners before and after the instruction were extracted, and mapped to the "instruction words" used during the instruction. Then, we extracted "evaluation words expressing growth" of the beginners, and verified the correspondence with acoustic features to show the validity of our singing voice evaluation indices.

研究分野：声楽

キーワード：音楽 声楽 身体知 指導語 印象評価語

1. 研究開始当初の背景

歌声に対する工学的研究は古くからなされている。1960年以降の音響学および生理学的見地からの研究では、良い歌声を生じるためには、喉を中心とする上半身に存在する身体器官の合目的的操作が重要とあることが解明されている。そのような操作の成果としての発声と呼吸とを統合的に制御することで、響きのある良い声が生み出されるという。また、近年では歌唱時の身体変容の可視化も研究対象とされ、MRI等による分析により旧来からの理論仮説が実証的に示されてきた。しかしこのような研究対象は声楽の専門家であり、すでに良い声の出し方を獲得し声楽家として確立している人々で、初学者の歌声の「育成」・「熟達」を対象とした継続的研究はなされてこなかった。

声楽家を育成する際の指導方法や歌唱の評価方法は、指導者によって様々である。すなわち、指導者により発声法や呼吸法に対する評価・指導は異なっている。一方で初学者もまたそれぞれ違った声・骨格を持っている。この複雑な機能を「声楽」という水準にまで引き上げるための指導方法および指導語の認識と見解を具体化し、発声学や音楽教育、そして身体知研究や教育工学の観点からの「共通認識」が求められている。

これらの背景を元に、本研究では初学者の歌声の成長を継続的に、工学的かつ教育的に見ていこうとするものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、知識処理に基づく間身体性の詳細化・具体化による身体知獲得メソッドの形式知化を試みることである。ここでは、声楽家育成の研究分野とし、声楽を学ぶ初学者とその初学者を指導する声楽家(指導者)を研究対象とする。そして、歌声を評価する言葉および歌声を修正するための指導に用いる言葉に着目する。声楽家育成という身体知獲得過程における指導者間・指導者学習者間での身体知の熟達に関する共通認識、すなわち間身体化を目指すものである。具体的には、歌声評価・指導表現とその意図や意味する事柄、そして歌声の音響的特徴を整理する。

一般にレッスン室という個室においてマンツーマンで、抽象的かつ感覚的な言葉を用いて行われる実技指導を、今回、声種やレパートリーが異なる複数の声楽家が、それぞれの歌声評価の仕方や指導法を公開・共有し、互いの差異の明確化を図ろうとするものである。

初学者はそれぞれ違った声・骨格を持っている。その複雑な機能を声楽という水準にまで引き上げるための指導方法および指導語の認識と見解を具体化し、共通認識を得る試みは、発声学や音楽教育、そして身体知研究や教育工学の観点からも意義深いものであるといえる。

3. 研究の方法

身体知研究の観点から、評価・指導のための言葉と、それらの声に対応する物理量との対応付けを具体化する。

まず、声楽初学者を対象とした歌唱指導と音響特徴量との関係に着目し、音楽大学の声楽専攻に所属する学生と、教員養成学部の音楽教育コースに所属する学生を対象に、4年間に亘る継続的なデータ収集と分析を行った。また、指導者の印象評価と歌声評価指標との関係を分析するため、独自の歌声評価シートを用いた聴取実験を行い、指導者の印象評価を得た。

次に指導者による指導前と指導後の「初学者の歌声」に対する「印象評価語」を抽出し、精査した上で、初学者の歌声に対する「指導語」を抽出し、これらに関連付けた。さらに4年間に亘る指導を受けた初学者の歌声に対する「成長を表す評価語」を抽出・精査し、音響特徴量による歌声評価指標を構築した。

(1) 歌声評価指標

声楽の習熟度に関連する音響特徴量による歌声評価方法を開発し、客観的な歌声評価を実現するための歌声評価指標を提案した。その上で、それを用いて声楽の習熟度を区別することが可能であるかを検証した。

先行研究で提案された歌声評価指標である SFR と Q 値の妥当性を検証し、歌声評価指標としての頑強性を実証的に議論した。ここでは Singer's formant に相当する周波数帯域(2.4~4.0 kHz)の成分に着目し、この帯域の周波数成分の割合と強さを定量化した(図1、図2参照)。

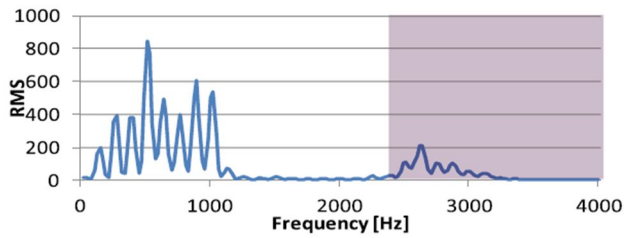


図 1 SFR の算出概念図

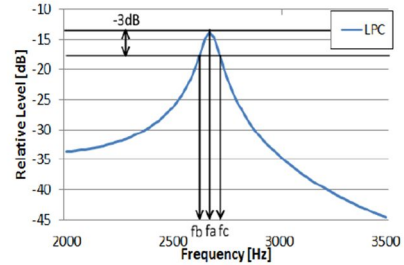


図 2 Q 値の算出概念図

(2) 初学者とプロ歌手との比較

歌声評価指標を用いて、習熟度の異なる声楽初学者群とプロ歌手群を比較した。その結果に基づき、提案指標の妥当性を男声・女声それぞれについて検証、考察した。分析で使用する楽曲は、イタリア古典歌曲「Caro mio ben」（作詞：不明、作曲：T.Giordani）とした。楽曲中、最高音と最長音を有するワンフレーズ“ cessa ”と“ tanto ”部分を評価対象とし、SFR と Q 値を算出した。分析対象としたデータ数は、男声では“ cessa ”と“ tanto ”それぞれ 49 データであり、女声ではそれぞれ 268 データである。

また、分析結果の傾向を明確化するために、算出結果に対してローパスフィルタを用いて平滑化した。ここではグラフの急な立ち上がりや立ち下りの整形に適しているベッセルフィルタを適用した。歌声データの Q 値の時間変化に対する平滑化例を図 3 に示す。グラフの横軸は時間軸、縦軸は Q 値である。破線が平滑化前、実線が平滑化後を表す。

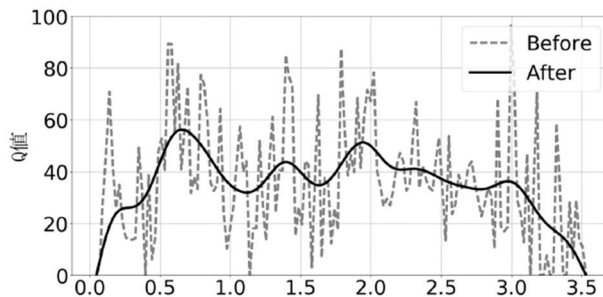


図 3 評価指標の平滑化例 (Q 値の場合)

(3) 分析結果

図 4 は男声“ cessa ”区間と“ tanto ”区間、図 5 は女声の“ cessa ”区間と“ tanto ”区間に対する分析結果を表す。いずれのグラフも横軸が SFR であり、縦軸は Q 値である。

これらの図では、マークで示される教育学部生のデータが音大生及びプロ歌手と比べて、SFR・Q 値ともに男声は 20 以下、女声では 10 以下に多く見られた。

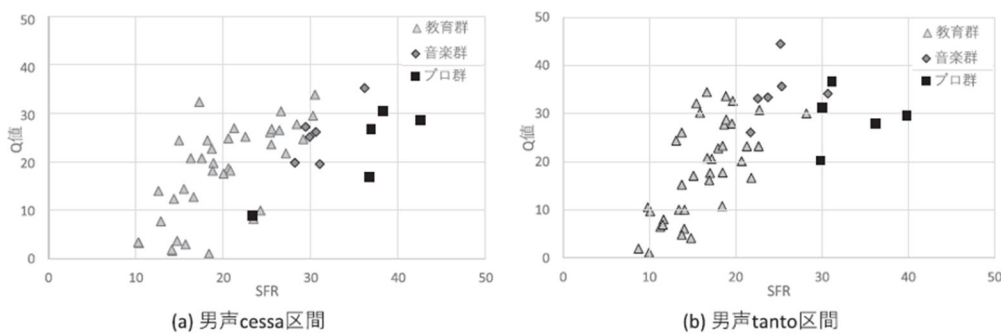


図 4 SFR-Q 値の分布 (男声)

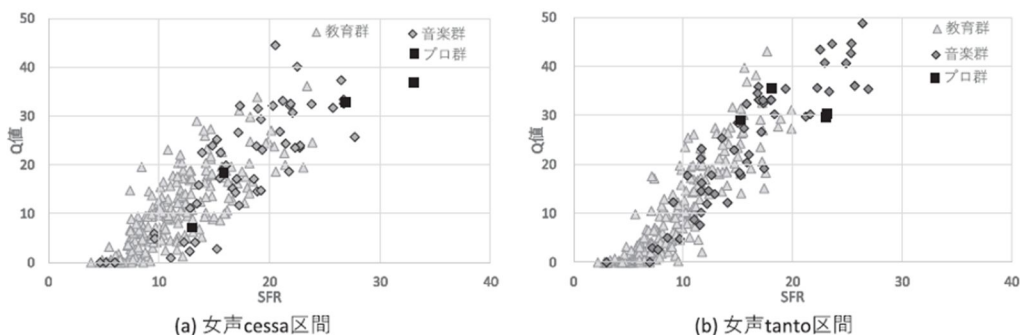


図 5 SFR-Q 値の分布 (女声)

提案した歌声評価指標を用いて、異なる習熟度群同士を区別できる可能性について性別ごとに検証した。各習熟度群同士の対応がないため、等分散性を調べる F 検定を行った後、有意水準 1% で t 検定を行った。

まず男声では教育学部生群とプロ歌手群を比較すると cessa 区間の Q 値を除いて、有意水準 1% で有意差が確認された。Singer's formant は母音の違いに依存せず、特に男声の「響く声」「艶のある声」を特徴付けるといわれる。これらのことから、SFR を用いることによって声楽の習熟度の異なる被験者同士を区別できることが示唆される。また、評価指標の SFR を用いることによって、教育学部生とプロ歌手との習熟度の差をより明確に区別できることが示唆された。

一方女声では評価対象区間、評価指標に関わらず、教育学部生群と音大生群、プロ歌手群を比較すると有意な差となった。このことから、SFR と Q 値を用いることによって、教育学部生より専門的に声楽を学んでいる音大生、プロ歌手との習熟度の差を区別できることが示唆された。

(4) 歌声の印象評価語と指導語

4 名のクラシック音楽のプロフェッショナルな歌手が、各自が音楽大学等で指導する声楽専攻学生の歌声を収録し、その歌声の「印象評価語」を抽出した。抽出された語彙の表現を検討し、重複を整理して「1 発音源因子」「2 共鳴因子」「3 呼吸因子」の 3 因子に分類した。抽出した 40 語の印象評価語は、表 2 の最左列に示している。

次に初学者の歌声を指導する際に用いる「指導語」を抽出し、印象評価語の 3 因子に分類した。そして初学者による同一曲の複数の歌声に対して、その歌声を教育するのに最適な指導語を指摘した(表 1)。

表 1 抽出した「指導語(42 語)」

① 発音源因子

- 1 声帯の機能を理解させる
- 2 軟口蓋を引き上げて
- 3 正しい音程を意識して
- 4 前歯の裏に息を当てて
- 5 顎関節で口をあけるように
- 6 口を大きく開けて
- 7 上の奥歯を引き上げて
- 8 自分の声も聴いて
- 9 喉をよく開けて
- 10 喉頭を下げて
- 11 顎を上げないで
- 12 喉頭蓋を引き上げて
- 13 下顎の力を抜いて
- 14 吐くほどに舌根を下げて
- 15 首の後ろを引き伸ばして
- 16 母音の正確な調音位置を意識して
- 17 舌尖を上げないで
- 18 声門閉鎖を意識して
- 19 声帯を柔軟に閉じるように

② 共鳴因子

- 1 鼻からも息を吸う
- 2 声を息に乗せて
- 3 おでこの前に響かせて(声を前に集めて)
- 4 もっと息を流して
- 5 響きのポジションを高くして
- 6 鼻から耳へ道を通すように
- 7 目から声(息)を出すように
- 8 目から息を吸うように
- 9 目を見開いて眉毛を上げて
- 10 副鼻腔に響かせて
- 11 ほほを上げて
- 12 耳道を開けるように
- 13 耳から息が出るように

呼吸因子

- 1 横隔膜の機能を理解させる
- 2 腹斜筋を引き上げて
- 3 尻筋を引き寄せて
- 4 背筋を使って
- 5 インナーマッスルを意識して
- 6 リラックスして
- 7 呼吸を深く
- 8 息の支えを意識して
- 9 声量を下げて
- 10 息を出しすぎないで(息を吸い込むように)

(5) 印象評価語(40 語)と指導語(42 語)の対応

次に 40 の印象評価語で表された初学者の歌声を改善するためには、どの因子からどの指導語を用いるかについて検討し、1 つの歌声に対し 3 つの指導語を指摘した。例えば表 2 の「-2」は、表 1 で指摘した「発音源因子」の指導語にある「2 軟口蓋を引き上げて」を意味している。

また、良い評価の歌声に対してもより良くなるための指導語を 2 つ指摘した。従って、指摘された指導語が 2 つの歌声はポジティブな印象評価であり、3 つ指摘された歌声はネガティブなものである。

この結果により、従来、歌唱指導に用いられてきた、ともすると誤解を生みかねない独特な言語表現を精査し、語彙を整理分類することで指導の一般化を図った。

表2 抽出した「印象評価語（40語）」と「指導語（42語）」の対応

印象評価語	指導語		
1 発音源因子	① 発音源因子		
1. 喉声/つぶれた声/ つまった声	①-2	①-6	③-6
2. 奥まった声	①-4	②-2	②-7
3. 鼻声	②-4	②-6	①-5
4. のんだ声・発音	①-6	①-5	①-16
5. ちりめん声	③-6	①-13	③-8
6. かすれ声	①-1	①-18	③-5
7. 息漏れする声	③-7	③-9	③-10
8. 未熟な声	①-1	③-1	③-8
9. ガサガサした声	②-5	①-19	②-10
10. 突っ張った声	③-6	②-4	①-13
11. 太い声	③-9	③-10	②-1
12. 細い声	③-8	②-4	①-19
13. 喉頭の上があった声	①-10	①-14	③-1
2 共鳴因子	② 共鳴因子		
1. よく鳴る声	②-6	②-7	
2. ティンプロのある声	①-2	②-12	
3. 豊かな声	②-3	③-5	

4. 薄っぺらな声	②-9	①-15	③-3
5. 生声	②-7	②-8	③-10
6. 響きのある声	②-3	①-13	
7. 柔らかい声	②-3	①-18	
8. 硬い声	②-6	③-6	①-2
9. 明るい声	①-14	③-7	
10. 暗い声	①-4	②-5	①-12
11. 素直な声	③-7	①-16	
12. 平たい声	①-6	②-8	③-8
13. よく通る声	①-3	①-16	
14. 深みのある声	②-9	②-2	
15. 芯のある声	②-10	③-6	②-4
16. 芯のない声	②-3	①-18	③-3
17. 丸い声	②-3	①-16	
18. 幼い声	②-10	③-1	①-17
3 呼吸因子	③ 呼吸因子		
1. ブレスの浅い声	③-7	③-8	③-5
2. ヘロヘロした声	③-7	③-2	①-19
3. 揺れる声	③-9	③-10	①-15
4. 支えの無い声	①-10	①-19	③-8
5. よく支えられた声	①-16	②-13	
6. 力んだ声	①-17	③-6	②-2
7. 息の流れの良い声	③-10	②-8	
8. 息の流れの悪い声	②-4	①-13	②-7
9. ひ弱な声	①-1	③-1	③-5

4. 研究成果

本研究では従来、歌唱指導に用いられてきた曖昧とも言える抽象的な言語表現を分類し、語彙を整理することで指導の一般化を図った。また歌声の響きに関連する周波数特性の強度や割合の定量化を検証し、歌声評価指標として提案することができた。評価指標は、特に声楽初学者のみならず多様な習熟度・多様な歌唱の専門性を有する被験者の歌声データを解析することで、提案指標と習熟度との関係を整理した。また提案指標を用いて、歌声の良悪を区別する閾値を具体化した。

良い声の評価する観点は多様であり、評価方法を一意に決めるのは難しい。そのため、これらの歌声評価指標では歌声の良し悪しを判断できないグレーゾーンの存在も明らかとなった。

今後の方針として、このグレーゾーンを歌声評価可能な範囲としていくために、さらに多くの被験者に対して、この閾値を適用し分析する必要がある。また、この歌声評価手法を声楽指導現場に適用していくことを鑑み、歌声の自動評価システムの実現も検討していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 吉田祥, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 山口道子, 小畑朱実, 谷友博, 浅沼和志, 伊東一典	4. 巻 D
2. 論文標題 声楽発声の習熟度に関連する音響特徴量に基づく歌声の評価指標の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌	6. 最初と最後の頁 早期公開
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2019PDP0014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuya Maruyama, Mizue KAYAMA,	4. 巻 1
2. 論文標題 Design of a Reading Fluency Assist Tool Based on Pause Metrics into Reading Aloud	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 The 3rd International Conference on Digital Technology in Education	6. 最初と最後の頁 91-95
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 丸山裕也, 香山瑞恵	4. 巻 1
2. 論文標題 外国にルーツを持つ児童と困難を抱える日本児童のポーズ特徴量に基づく音読流暢性評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教育システム情報学会第44回全国大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 215-216
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11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田祥, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 伊東一典, 浅沼和志
2. 発表標題 歌声の習熟度と周波数特性の時系列変化の関係に関する考察
3. 学会等名 第119回情報処理学会音楽情報科学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田祥, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 伊東一典, 浅沼和志
2. 発表標題 複数の女性オペラ歌手に共通する音響特徴量に関する考察
3. 学会等名 第43回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田祥, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 山口道子, 小畑朱美, 谷友博, 伊東一典, 浅沼和志
2. 発表標題 声楽を専門とする初学者の周波数成分に基づく音響特徴量の経年変化に関する考察
3. 学会等名 H30年度電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田京子, 山下泰樹, 平林花菜, 香山瑞恵, 浅沼和志, 伊東一典
2. 発表標題 歌声の印象評価語・指導語の抽出 - Caro mio benを対象として -
3. 学会等名 日本声楽発声学会 第108回例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下泰樹
2. 発表標題 音声分析から見る, プロ歌手の歌声の特徴
3. 学会等名 日本声楽発声学会長野支部・長野県発声研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田祥, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 山口道子, 小畑朱美, 谷友博, 伊東一典, 浅沼和志
2. 発表標題 声乐の習熟度に関連する音響特徴量に基づく歌声の評価方法に関する研究
3. 学会等名 人工知能学会・身体知研究会・第27回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅沼和志, 伊東一典, 香山瑞恵, 池田京子, 山下泰樹, 沼田優子
2. 発表標題 歌唱呼吸評価のための光学式観測手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田京子, 山下泰樹
2. 発表標題 オンラインを活用した大学における声乐の授業 - 歌声の見える化ツールを用いて -
3. 学会等名 日本音楽教育学会第51回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田京子, 香山瑞恵, 山口道子, 小畑朱実, 谷友博, 山下泰樹, 浅沼和志, 伊東一典
2. 発表標題 歌声の「印象評価語」と「指導語」の抽出と分類-最適な指導語を求めて-
3. 学会等名 人工知能学会 第33回身体知研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村亮, 池田京子, 香山瑞恵, 山口道子, 小畑朱実, 谷友博, 山下泰樹, 浅沼和志, 伊東一典
2. 発表標題 成長を表す評価語の抽出と音響特徴量からみる歌声の成長
3. 学会等名 教育情報システム学会 (教育情報システム学会 北信越支部)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西澤 和輝, 召田 優子, 浅沼 和志, 香山 瑞恵, 伊東 一典, 池田 京子, 山下 泰樹, 山口 道子, 小畑 朱美, 谷 友博, 永井 孝
2. 発表標題 歌唱指導教育のための呼吸情報活用の基礎検討
3. 学会等名 教育情報システム学会 (教育情報システム学会 北信越支部)
4. 発表年 2021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	香山 瑞恵 (Kayama Mizue) (70233989)	信州大学・学術研究院工学系・教授 (13601)	
研究分担者	山下 泰樹 (Yamashita Yasuki) (60777316)	長野県工科短期大学校・電子技術科・教授 (83602)	
研究分担者	原 道子 (山口道子) (Hara Miciko) (70781938)	武蔵野音楽大学・音楽学部・教授 (32679)	

6. 研究組織（つづき）

	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	小畑 朱実 (Obata Akemi) (90781948)	武蔵野音楽大学・音楽学部・教授 (32679)	
研究分担者	谷 友博 (Tani Tomohiro) (00786981)	武蔵野音楽大学・音楽学部・講師 (32679)	

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