

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04126

研究課題名(和文) 精密な物理モデリングと高精度数値解析に基づく楽器デザイン

研究課題名(英文) Design of musical instruments based on precise physical modeling and high-accuracy numerical analysis

研究代表者

鮫島 俊哉 (SAMEJIMA, Toshiya)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：00298192

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：楽器の精密な振動・音響物理モデル化と高精度数値解析手法を導入することで、楽器のデザインに真に資することができる精度を有する数値解析基盤を開発した。対象とした楽器は、ティンパニ、ヴァイオリン、シンバルをはじめとして12種類にわたる。物理モデル化においては、振動-音響フル連成や高次の非線形物理現象を、なるべく簡略化や近似を行うことなく含めた。その支配方程式の解を得るためには、差分法や有限・境界要素法といった一般的な数値解析手法に比べて、小さい計算負荷で格段に高精度な数値解が得られるスペクトル法を導入した。開発した数値解析基盤を用い、既存の楽器のより最適な形態の探索、および新規形態の提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ある楽器音を高精度に予測計算できれば、我々はその楽器を真に理解できたと言える。これは、「楽器の科学」の立場からの純粋な問い：ある楽器を、その楽器たらしめているものは何なのか、その楽器らしさの本質とは何なのか、に対する信頼性・精度を伴った物理的・定量的な解答の提示に寄与する。さらに、どのような材質と形状で作れば、どのような楽器音となるかを予測計算できるようになれば、代替材の単なる提案を超えて、既存楽器のデフォルト材料(例えば木材など)という物性範囲の制限から開放された、これまでのプロセスでは創り得なかった新しく個性的な楽器と音色の創生、さらには音楽芸術の創生へ波及する可能性もある。

研究成果の概要(英文)：This work develops vibro-acoustic numerical analysis methods of musical instruments that can contribute to their real design. The development is achieved through high-fidelity physical modeling of vibro-acoustic phenomena in musical instruments and high-accuracy numerical analyses of governing equations of the modeling. The study treats 12 musical instruments including timpani, violins, and cymbals. The physical modeling involves full vibro-acoustic coupling and high-order nonlinear phenomena, without any simplification and approximation. For the numerical analysis of the governing equations, spectral methods are adopted; spectral methods can often achieve greater accuracy in solving ordinary and partial differential equations than other numerical methods, such as the finite difference, finite element, and boundary element methods. Using the developed methods, design of optimal form of existing musical instruments and creation of unconventional form of instruments are performed.

研究分野：音響工学

キーワード：計算力学 数値計算手法 振動学 音響学 楽器

1. 研究開始当初の背景

楽器の振動・音響特性を理論的に把握し音色を精密に予測することは、楽器のデザインの効率化に資する。そのために古典的な楽器音響学では、楽器を少ない自由度の機械振動系や等価回路で単純モデル化して解析するという方法がとられていた。しかし実際の楽器はその構成要素が複雑であり、単純モデルから得られる振動・音響特性について議論しても、結局それは不十分なものに終始してしまう。構成要素のより複雑な構造と動作機構を考慮して解析する場合には、差分法(FDM)、有限要素法(FEM)、境界要素法(BEM)などの数値解析が有効となってくるが、そのような数値解析を適用した研究においてさえ、現時点では振動・音響物理モデリングの精密性が低いものが多い。その理由は、精密な物理モデリングにはそれ相応の高度な数式処理能力が要求されることと、精密な物理モデリングができたとしてもその支配方程式の信頼性のある数値解を得るためには計算負荷も増大してしまうことがネックとなるからである。これらのことが、楽器開発・制作の実務に数値解析(FDM, FEM, BEM)が活用されることはあっても、課題や限界があると残念ながら指摘されてしまう主要な理由である、と研究代表者は考えている。

2. 研究の目的

以上の背景のもと、研究代表者が考えた学術的に解決したい課題は、振動・音響数値解析を、

- ・楽器の開発制作プロセスのブレーキとならない程度の小さい計算負荷のまま、
- ・楽器のデザインに真に資することができるように高精度化する

ことである。さらに、そのような高精度な振動・音響数値解析でもって、ある楽器の演奏音を高精度に予測することができるようになれば、我々はその楽器を真に理解できたと言える。すなわち「楽器の科学」の立場としての研究課題(学術的に解明したい謎)であるところの、以下の問い:

- ・ある楽器を、その楽器たらしめているものは何なのか？
- ・ある楽器について、その楽器らしさの本質とは何なのか？

に対して、信頼性・精度を伴った物理的・定量的な解答を提示できる可能性がある。そしてこの解答は、楽器のデザイン指針の新規設定へフィードバックできる可能性がある。

3. 研究の方法

本研究には、大きく分けて以下の①から④の4つの目的(プロジェクト)がある。

①振動・音響物理モデリングの精密化プロジェクト

楽器の構造・動作機構の精密な物理モデルを妥協することなく構築する。その支配方程式を立てる際、これまで無視あるいは近似されることの多かった、構成要素の非線形性、構成要素同士の間相互作用、および音響-振動連成について、できうる限り厳密に数学表現する。

②数値解析の高精度化プロジェクト

精密化が施された支配方程式の意味のある数値解を得るために、FDM, FEM, BEMのような一般的な数値解析手法に比べて、小さい計算負荷で格段に高精度な数値解が得られるスペクトル法(Spectral Method)を導入する。

上記①②により構築された、楽器デザインに真に資することができる精度を有する振動・音響数値解析基盤を、下記③④のプロジェクトへ利用する。

③新規楽器のデザインプロジェクト

楽器の形状と材料特性を設計変数としてその探索範囲を広げていくことで、楽器ごとに設定するデザイン指針の観点からより最適な楽器の形態の創生、あるいは代替材料の提案も含む新規形態の創生を試みる。ここでいうデザイン指針とは、音色の主観評価に対応する振動・音響物理特性がより強調されることを指しており、研究の初期段階では既存の知見を基に設定するが、先に述べたように、本数値解析基盤によって楽器の本質が明らかになれば、それをフィードバックして新規に設定されることもありえる。

④新規楽器のプロトタイプ制作プロジェクト

開発した振動・音響数値解析基盤によって創生された新規形態の楽器について、そのプロトタイプ

イプを実際に制作する。プロトタイプの振動・音響物理特性を測定し、所期の物理的性能が実現されているかを確認する。さらに、音色の主観評価実験も行って、所期の音色が実現されているかを確認する。

4. 研究成果

まず、研究計画当初に対象としていた、ティンパニ、ヴァイオリン、シンバルについて、それぞれの楽器ごとに得られた成果を以下にまとめる。

(1) ティンパニ

図-1 に、本研究で構築したティンパニをはじめとする膜鳴楽器の物理モデル化の概略を示す。ヘッドの振動場は張力を有する薄板として物理モデル化する。マレットは非線形バネ定数を有する 1 質点系として物理モデル化する。そして、それらとケトル内部音場、外部放射音場とを適切に連成させる。数値解析手法としては、ティンパニの形状が軸対称であることを有効利用することを考えて、円周方向のフーリエ級数展開と、回転断面におけるスペクトル法の適用を組み合わせた高精度・高効率な手法を構築した。

楽器の既存の設計プロセスは、形状や材質を変えながら、試作、実測を繰り返し、人間の主観や経験に基づいて試行錯誤的に最適化するというものである。本研究では、数理最適化手法として差分進化 (Differential Evolution: DE) を用いた、対話型進化計算 (人間の主観評価と計算知能によるインタラクティブな進化計算) による、ティンパニ・ヘッドの最適設計フレームワークを構築した。ティンパニの音色の特徴として、そのピッチ感が挙げられる。ティンパニが明瞭なピッチ感を有する理由を図-2 に示している。これより、固有周波数と整数比の誤差の 2 乗和を目的関数とし、ヘッドのヤング率 E 、厚さ t 、密度 ρ 、ケトルの高さ h を設計変数として、最適設計を実施した。図-3 に生成された各世代の目的関数値を示す。50 世代目における設計変数の値として、 $E = 9.15 \times 10^9 \text{ Pa}$ 、 $t = 0.670 \times 10^{-3} \text{ m}$ 、 $\rho = 717 \text{ kg/m}^3$ 、 $h = 0.100 \text{ m}$ を得た。表-1 に、このときの固有周波数比を示している。

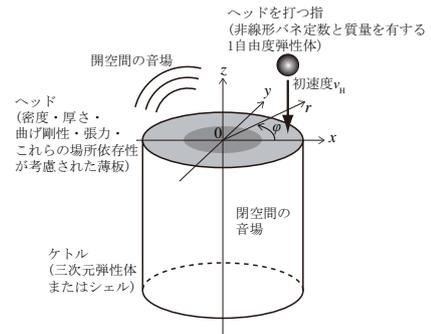


図-1 膜鳴楽器の基本構成要素とその物理モデル化

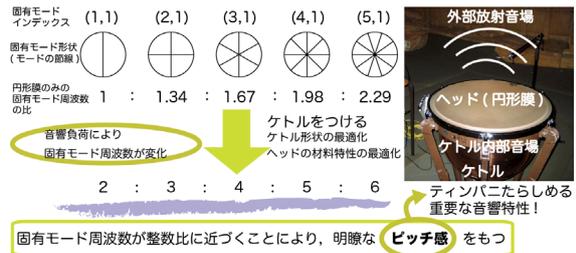


図-1 ティンパニの固有モードについて

図-2 ヘッド(円形膜)の固有振動モードとティンパニのピッチ感との関係

(2) ヴァイオリン

弓の振動場と、擦弦振動場を適切に連成した解析手法、および、弓の振動による弓圧の時間変動も考慮した解析手法を構築した。図-4 に、本研究で構築したヴァイオリンの弦と弓の物理モデル化の概略を示す。弦は、両端固定の理想弦としてモデル化し、固有関数展開法による理論解析で計算する。弓については、FEM による数値解析にて計算する。弓の構成要素のうち、弓の棒、ヘッド、フロッグ、ネジについては、3 次元弾性体要素としてモデル化する。弓の毛については、張力のかかった梁要素としてモデル化する。弦と弓の毛の間の摩擦特性を媒介として両者を連成し、弦と弓のダイナミクスがすべて含まれた全体系の支配方程式として組み立てる。全体系の支配方程式は、1 階の常微分方程式としてまとめられ、その時間応答は差分法によって計算される。図-5 は、提案解析手法を等価回路として表したものである。これは、既存の擦弦振動の等価回路に、弓のダイナミクスを表す暗箱が導入されたものとなっている。

提案解析手法を用いて、弓の振動特性が擦弦振動の特徴たるヘルムホルツ波の形成に与える影響の検討、および、弓の踊りーヴァイオリン学習者が克服する課題のひとつ、演奏中に弓が踊って(震えて)しまう一の発生メカニズムを調べた。図-6 は、擦弦時における弓の変形の時間発展を示している。 $\theta = 0$ 度の場合(弓を弦に垂直に当てた場合)には、弓が大きく振動している

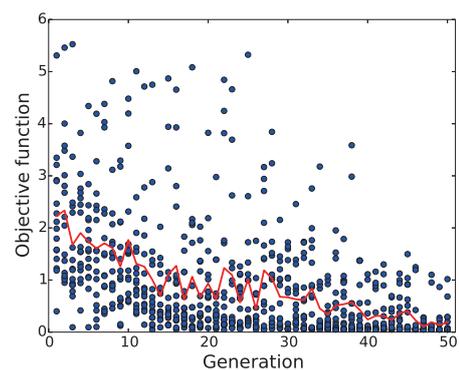


図-3 DE によって生成された各世代における目的関数の値
点は各個体の値、実線は各世代の平均値を示す。

表-1 DE によって最適化された固有周波数比

$T[\text{N/m}]$	f_{21}/f_{11}	f_{31}/f_{11}	f_{41}/f_{11}	f_{51}/f_{11}
1000	1.53	2.03	2.53	3.05
2000	1.53	2.01	2.49	2.96
3000	1.53	2.01	2.48	2.94
4000	1.53	2.01	2.48	2.94
5000	1.54	2.02	2.48	2.94
6000	1.54	2.03	2.49	2.95

様子が見られる。 $\theta=45$ 度とする(弓を傾ける)と、振動が抑えられていることが分かる。更に、 $\theta=90$ 度とする(弓を完全に横に寝かせる)と、振動が更に抑えられていることが分かる。

(3) シンバル

シンバルは、非線形性がその本質であることから、非線形打楽器とも呼ばれるユニークな楽器の一つである。図-7に、シンバルの物理モデル化の方法を示した。シンバルの本体は、浅い球殻として物理モデル化されることが一般的であるが、本研究ではそれに加えて、シンバルの支持条件に関わるワッシャーと、打撃条件に関わるパチ(スティックやマレット)の動作方程式を連成させた物理モデル音源を開発した。

図-8は、シンバルの物理解析の事例を示している。パチを強く握った場合(Tight grip)と、緩く握った場合(Loose grip)に、シンバルの音のスペクトログラムがどのように変わるのかを計算した結果である。高周波成分が大きな時間遅れをもって現れる様子が見られ、クラッシュ音とよばれるシンバル音の主たる特徴が再現できている。Loose gripの場合には、クラッシュ音の時間遅れが若干大きくなっている様子が見られる。楽器の材質と演奏動作の違いが引き起こすシンバルの音色変化の表現が可能な物理モデルと数値解析手法を構築することができた。

研究の進展により、計画当初に対象としていたもの以外の楽器を幾つか追加した。それらについて、それぞれの楽器ごとに得られた成果を以下にまとめる。

(4) ピアノ

ピアノ弦の3次元空間運動(横振動と縦振動)を表す非線形の支配方程式と、ピアノ弦の支持条件となるブリッジの振動の両者が考慮された支配方程式を構築し、さらにハンマーと弦の間の3次元的相互作用を考慮した物理モデル化と、その高精度数値解析手法の開発を行った。それを用いて、どのような物理的条件が満たされていると、ピアノ弦の3次元空間運動が生じるのかを明示すると共に、ピアノ音の大きな特徴たる二次系列や二段減衰の度合いを調整するための、ハンマー、ピアノ弦、ブリッジの設計指針を構築した。

また、ハンマーシャンクの多自由度振動系としてのダイナミクスを考慮したピアノ弦の振動場の物理モデル化と、その高精度数値解析手法の開発を行った。その解析手法を用いて、ピアノ演奏におけるタッチの違いが、ピアノの音質に与える影響についての検討を行った。加えて、タッチの違いによるピアノの音質の制御のしやすさの観点から、ハンマーシャンクの新たな形態のデザインを行った。

(5) エレクトリックベースギター

撥弦・電鳴楽器の一例として、エレクトリックベースギターの物理モデルを構築した。弦は、張力を有する梁振動場として、ボディは3次元弾性体振動場として物理モデル化した。特に、当該楽器の特徴的な奏法であるスラップ奏法を想定した物理モデルを提案、その支配方程式を構築し、端緒の計算を実施した。

(6) スネアドラム

スネアと呼ばれるキャリアヘッドに張られている螺旋状の金属のダイナミクスを考慮した物理モデルを構築した。ヘッドは膜振動場として物理モデル化し、ケトル内の音場と連成させた。

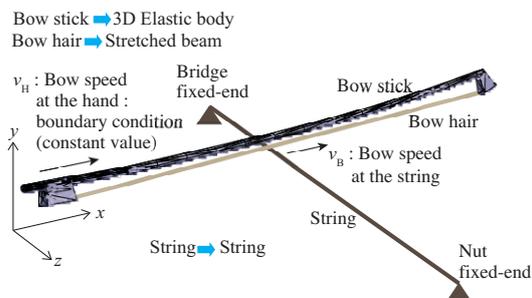


図-4 ヴァイオリン弦と弓の物理モデル化

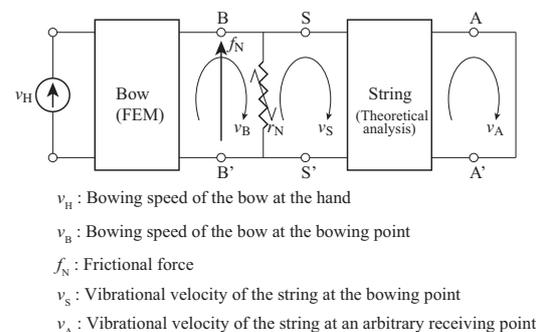


図-5 弓のダイナミクスを含めた擦弦振動の等価回路

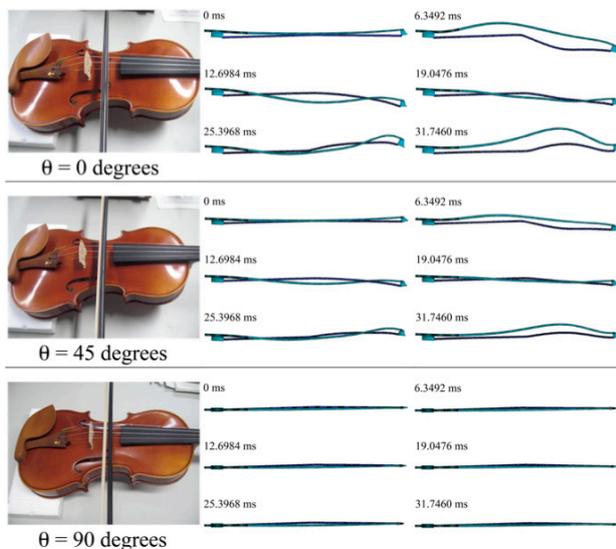


図-6 擦弦時における弓の変形の時間発展
弓の震えと弓の傾きの関係を検討するため、弓を指板方向へ傾斜させた場合(上から順に、 $\theta=0, 45, 90$ 度)の計算結果を示す。

スネアは弦振動場として物理モデル化し、ヘッドとの衝突の支配方程式を構築した。提案手法を用いて、スネアの形態を変えることで、新たな音色のスネアドラムのデザインを行った。

(7) 小鼓

ヘッドに貼られる調子革に由来するヘッドの物性値の不均一性、およびケトル中央部の極端な絞りに由来する形状の不均一性を考慮した物理モデル化を行うと共に、ヘッドの非線形性も加味した支配方程式を構築した。その支配方程式の数値解析手法としては、スペクトル法の導入も行い、高精度化・高効率化を図った。提案手法により、小鼓のピッチと余韻を決める要因を明らかにし、さらに小鼓の演奏音の特徴の一つである、ピッチグライド(ピッチの動的変化)を再現することが可能となった。

(8) 二胡

弦・サウンドボックス・ネックのダイナミクスを考慮した物理モデル化を行い、それを擦弦振動の等価回路表現へ導入することで、擦弦振動場のより詳細な解析手法を構築した。弦(琴弦)、および上駒(千斤)は張力を有する梁振動場として、糸巻(琴軸)、およびネック(琴杆)は張力がない通常の梁振動場として物理モデル化した。胴(琴筒)の前面に張られた蛇の皮(琴皮)については、張力を有するシェルとして、胴(琴筒)、および駒(琴碼)は、張力がない通常のシェルとして物理モデル化した。提案解析手法により、二胡の音色を特徴づける要因が明らかにされ、さらに、擦弦楽器における弦の3次元空間運動を再現することが可能となった。

(9) チェロ

先に二胡を対象として構築済みの、弦・サウンドボックス・ネックのダイナミクスを考慮した擦弦振動の解析手法をチェロに応用した。チェロの構成要素のうち、弦は張力を有する梁振動場として、魂柱・エンドピンは張力がない通常の梁振動場として物理モデル化した。ネック・ボディ・ブリッジ・テールピース・バスバーはシェル振動場として物理モデル化した。提案解析手法により、エンドピンの材質によって、擦弦振動の特徴たるヘルムホルツ波が形成されるまでの時間が変化することが明らかとなった。

(10) 箏

撥弦・和楽器の一つである箏の物理モデルを構築した。弦は張力を有する梁振動場として、胴と柱は3次元弾性体振動場として物理モデル化した。さらに、爪と呼ばれる道具による撥弦の物理モデルとして、爪と弦の間のスティック・スリップ運動を含めた計算手法を構築し、撥弦動作の違いが引き起こす音色変化を表現できる物理モデル音源を構築した。

(11) 梵鐘

梵鐘を打つ撞木のダイナミクスを考慮した物理モデルを構築した。梵鐘本体は、薄肉円筒シェル、または厚肉円筒シェルとして、撞木は梁振動場として物理モデル化し、それらを連成させた物理モデル音源を構築した。提案解析手法により、撞木の材質の違いと、シェルの厚みなどの物性値の場所依存性が引き起こす音色変化の表現が可能な物理モデルと数値解析手法を構築することができた。

(12) 管楽器(クラリネットとトランペット)

管楽器の代表的な物理モデルである Schumacher モデル(クラリネットの物理モデル)、および足立・佐藤モデル(トランペットの物理モデル)を改良し、ベル周辺の内部・外部3次元音場の影響を含めた物理モデルを構築した。さらに、管壁振動の影響も考慮するために、ベルをシェル振動場として物理モデル化した。シェル振動場は有限要素法、周辺音場は法線方向微分型 Helmholtz-Huygens 積分方程式で表し境界要素法によって数値解析され、それらを適切にフル連成した。これにより、管体の振動特性と、ベル周辺の3次元音響放射による音色変化が表現可能な物理モデル音源を構築した。

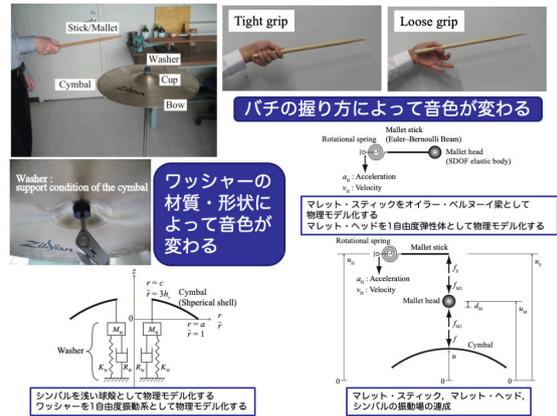


図-7 ワッシャーとマレットのダイナミクスを含めたシンバルの物理モデル化

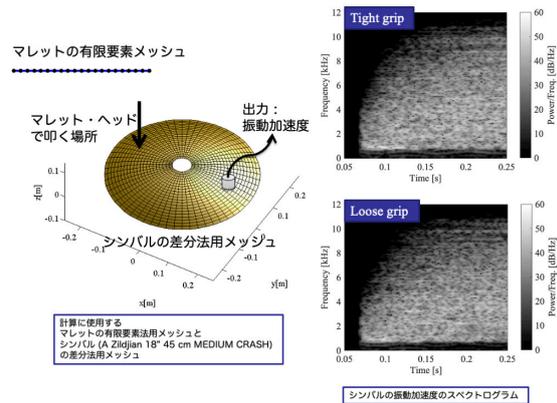


図-8 シンバルの物理モデル音響合成音のスペクトログラム
バチの握り方の違いの影響を示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8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 Nao Sato and Toshiya Samejima	4. 巻 44
2. 論文標題 Vibration analysis of piano strings involving dynamics of hammer shanks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 230-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.230	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 Fukiko Ishida and Toshiya Samejima	4. 巻 44
2. 論文標題 Physical modeling wind instruments involving three-dimensional radiated sound fields	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 247-258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.247	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 Shintaro Sakai and Toshiya Samejima	4. 巻 44
2. 論文標題 Vibro-acoustic analysis of cellos using the finite and boundary element methods and its application to studies on the effects of endpin properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 259-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.259	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 Toshiya Samejima	4. 巻 44
2. 論文標題 Vibration analysis of a bowed string involving dynamics of a soundbox and neck and its application to a Chinese traditional bowed string instrument "Erhu"	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 281-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.281	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 Yuya Oguchi and Toshiya Samejima	4. 巻 44
2. 論文標題 Physical modeling of Japanese temple bells using thin cylindrical shells involving dynamics of clappers Shumoku	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 292-301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.44.292	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 鮫島俊哉	4. 巻 77
2. 論文標題 ヴァイオリンの弓のダイナミクスを考慮した擦弦振動解析手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 277-287
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 Toshiya Samejima	4. 巻 42
2. 論文標題 Nonlinear physical modeling sound synthesis of cymbals involving dynamics of washers and sticks/mallets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 314-325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.42.314	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 Shu Sekiguchi and Toshiya Samejima	4. 巻 43
2. 論文標題 Attempt to create unconventional tones of snare drums using numerical analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 117-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.43.117	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 鮫島俊哉	4. 巻 75
2. 論文標題 楽器音の合成における基盤技術 物理モデルによる楽器音の合成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 412-418
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30件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 成清友貴, 鮫島俊哉
2. 発表標題 グランドピアノにおける複数弦とブリッジの物理モデル化とそれによる周波数ロッキングの解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤菜緒, 鮫島俊哉
2. 発表標題 ハンマーシャックのダイナミクスを考慮したピアノ弦の振動解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井新太郎, 鮫島俊哉
2. 発表標題 雑壇を考慮したチェロの音響振動連成解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田悠冊, 鮫島俊哉
2. 発表標題 シンバルの形状における曲率の変化を考慮した非線形物理モデル音源
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小口雄也, 鮫島俊哉
2. 発表標題 円筒シェル構造を用いた梵鐘の物理モデル化と動的シミュレーション
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 小鼓の非線形・音響振動連成解析手法と物理モデル音源への応用
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井新太郎, 鮫島俊哉
2. 発表標題 チェロの擦弦振動FEM解析によるエンドピンの素材がヘルムホルツ波の形成過程に与える影響の検討
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小口雄也, 鮫島俊哉
2. 発表標題 軸方向の物性値変化を考慮した梵鐘の物理モデル化と数値シミュレーション
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤菜緒, 鮫島俊哉
2. 発表標題 ハンマーと弦の間の摩擦力を考慮したピアノ弦の縦・横振動の連成振動解析
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塩屋仁菜, 鮫島俊哉
2. 発表標題 有限要素法による箏の音響振動解析と物理モデル音源への応用
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田風樹子, 鮫島俊哉
2. 発表標題 管壁振動を考慮した管楽器の物理モデル
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 中国の民族擦弦楽器「二胡」の音響振動連成解析
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会資料
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 楽器の物理学-物理モデル音源でメロディを奏でよう-
3. 学会等名 日本音響学会 サマーセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田望, 鮫島俊哉
2. 発表標題 スペクトル法を用いた小鼓の音響振動連成解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 中国の民族擦弦楽器「二胡」の物理モデル音響合成
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊菜月, 鮫島俊哉
2. 発表標題 Morseの理論に基づくピアノ弦の空間運動の物理モデル化
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 サウンドボックスとネックのダイナミクスを考慮した擦弦振動のシミュレーション
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 支持条件を考慮したゴングの非線形物理モデル音響合成
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 エレクトリックベースギターのスラップ奏法の振動解析とその物理モデル音源への応用
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会資料
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 ヘッドの不均一性を特徴とする膜鳴楽器とその物理モデル化・数値解析手法
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 ヴァイオリン演奏における弓の踊りの数値解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口周, 鮫島俊哉
2. 発表標題 スネアドラムのスナッピーの材質や形状が音色に与える影響の数値解析
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 物理モデル音源でメロディを奏でよう
3. 学会等名 日本音響学会 九州支部 総会 講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木陽三, 鮫島俊哉
2. 発表標題 物理モデル音響合成と対話型進化計算による楽器の設計
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会資料
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関口周, 鮫島俊哉
2. 発表標題 数値解析を用いたグランドピアノの物理モデル音源
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関口周, 鮫島俊哉
2. 発表標題 ハンマーの経年劣化を考慮したグランドピアノの物理モデリング音源
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 スティックの多自由度系動特性を含めたシンバルの非線形物理モデリング音源
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊菜月, 関口 周, 鮫島 俊哉
2. 発表標題 ピアノ弦の横振動 - 縦振動 - ブリッジの連成振動解析
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会資料
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関口周, 鮫島俊哉
2. 発表標題 ダンパーを考慮したグランドピアノの物理モデル音源
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会資料
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鮫島俊哉
2. 発表標題 ヴァイオリンの弓の震えを考慮した擦弦振動解析手法
3. 学会等名 日本音響学会講演論文集
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>芸術工学研究院 研究紹介：物理モデル音源でメロディを奏しよう！ https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/research/information/artdesign/design/design41 Recent Studies at Faculty of Design https://www.kyushu-u.ac.jp/en/research/information/artdesign/design/design41</p>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------