

令和 3 年 5 月 30 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K19035

研究課題名（和文）フォノニック情報処理実現に向けた高効率音響ダイオード・スイッチの開発

研究課題名（英文）Development of Acoustic Diode/Switch toward Realization of Phononic Information Processing

研究代表者

鶴田 健二（TSURUTA, Kenji）

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：00304329

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：フォノニックバンド構造の数値設計に基づいて、一方向の伝搬のみが許される“音響ダイオード”の設計・可視化と高効率化、さらに、トポロジカルエッジモードを用いた高効率な音響導波路の設計と実証を行った。

当初計画したヘテロフォノニック構造に基づく弾性波の整流性は、いくつかの界面構造最適設計により、目標とした順逆方向差の実現に成功した。外部変調波印加による非相反型音響導波路については、いくつかの変調効果増大を試み、数値シミュレーションとしての高効率化は検証できた。さらにトポロジカル音響導波路では、想像以上の高い透過特性の実証に成功し、フォノニック情報処理システム実現の重要な鍵となりうることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フォノン伝搬に整流性を与えるデバイスは、旧来の電子デバイスによるデジタル情報処理に基づいたIoT/IoE時代の技術ロードマップに、新しい基軸を創成する。つまり、高集積化と高周波数化の極限に達しつつある電子デバイスのロジック・ゲート、フィルタ、基板配線を、電子や光等に新しくフォノンを加えて多元化することにより、ジュール熱等の損失が少ない、より高機能な情報処理システムの技術展開に結び付く。本研究では、それに向け、kHz～THzの幅広い周波数帯で整流効果を発現するいくつかの基本構造の設計と実証に成功した。成果は、Beyond5Gの“フォノン情報処理”実現に向け、極めて重要な一歩であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：On the basis of phononic band analyses, several prototype structures of "acoustic diode" in which only unidirectional propagation is permitted, have been proposed and their experimental visualization have been performed. In addition, highly efficient acoustic wave guides based on topological edge mode have been demonstrated.

The rectification characteristics of elastic wave based on the hetero-phononic structure, targeted at the beginning, were successfully achieved by optimizing interface structure. On the nonreciprocal acoustic waveguide by applying the external wave modulation, some attempts for the enhancement of modulation effects were examined and their efficiency improvement has been verified. In addition, in the topological acoustic wave guide, it succeeded in the demonstration of the high transmission characteristic beyond our expectation. It thus can become an essential key to the realization of "the phononic information processing system."

研究分野：デバイス物理

キーワード：音響ダイオード フォノニック結晶 音響トポロジカル絶縁体 音響導波路 表面弾性波 音響メタ表面 光学可視化法

1. 研究開始当初の背景

電磁波を制御する新しい材料設計概念である、メタマテリアルが注目されており、同じ波動伝搬物理として、音響メタマテリアルの研究が盛んに行われている。その中で最近、非線形媒質やフォノンニック構造による音響ダイオードが提案され、新機軸の情報・エネルギー制御デバイス開発へ道を開くことが期待されている。フォノン伝搬に整流性を与えるパッシブなデバイスの構築は、旧来の電子デバイスによるデジタル情報処理に基づいた IoT/IoE 時代の技術ロードマップに、新しい基軸を創成する。つまり、高集積化と高周波数化の極限に達しつつある電子デバイスのロジック・ゲート、フィルタ、基板配線を、電子や光等に新しくフォノンを加えて多元化することにより、ジュール熱等の損失が少ない、より高機能な情報処理システムの技術展開に結び付く。これは“ポスト・ムーア則”の時代に向け、極めて挑戦的かつ意義のある取り組みであると申請者は考え、挑戦的研究(萌芽)としての申請を行うに至った。

2. 研究の目的

本研究では、フォノンを情報技術に活用するため、“音響ダイオード”をはじめとする音波弾性波の伝送・制御機能を発現する基本構造の設計と高効率化・高集積化を目的としている。具体的には、研究期間中に以下4項目の達成を目指した：

- (A)音響ダイオードの設計・作製・実証と高効率化： 順逆方向透過率比 30dB 以上
- (B)圧電ゲートを付加した導波路による弾性波スイッチ： MHz 帯でのスイッチング動作実現
- (C)ナノスケール表面弾性波デバイスと音響トポロジカル絶縁体の設計・実証
- (D)超音波波面の光学的可視化技術構築とフォノンニック導波路を伝搬する超音波波面の可視化

3. 研究の方法

(A) 音響ダイオードは圧電-誘電体周期構造を採用し、可聴～超音波域での特性最適化設計を有限要素法を用いた数値的に行う。申請前までの成果として、圧電体である PZT とエポキシ樹脂の周期構造を変えてフォノンバンドを調整することで、Lamb 波の伝搬モード(A モードと S モード)が制御できることを示している。本研究では、これらの組合せと、界面でのインピーダンス整形により、より高効率に Lamb 波の整流特性を出すフォノンニック構造を数値設計する。それに基づき試作も行い、順方向・逆方向透過特性比で 30dB 以上の高い整流特性を持つ音響ダイオードの実現を目指した。

(B) 本研究期間前に、音響導波路中の分散関係における間接遷移機構を用い、特定の波長・方向・周波数の弾性波を印可してバンド間遷移を誘起できることを数値シミュレーションで示した。期間中に我々は、ゲート構造を工夫することでこの印加弾性波の効果を最大化し、導波路内部を伝搬する音響波モードをスイッチする 2 端子型制御デバイスの設計・開発を目指した。

(C) 我々は本研究期間前に、分子動力学法を用いて圧電薄膜中のナノスケール周期構造によるフォノンバンドのギャップ状態を意図的に作り出し、THz 弾性波を周期構造内で遮断したり、導波路内に閉じ込めることが可能であることを示していた。本研究では、この研究を発展させ、上記(A)のダイオードをナノスケールで構造設計した。さらに、近年注目を集めるトポロジカル音響体構造の数値設計にも着手し、トポロジカルエッジモード発現のシミュレーション、そのモードを用いた導波路の透過特性の数値予測、および水中超音波実験による実証を目指した。

(D) フレネル法に基づく超音波可視化システムを構築し、フォノンニック構造中の音響波伝搬機構の実験的検証手法確立と、上記(A)～(C)の実験実証に適用することを目指した。

4. 研究成果

- (A) ヘテロ周期構造による音響ダイオードの設計：これまで我々が設計した圧電体/樹脂の周期

構造による1次元(2端子型)音響ダイオードは可聴域での透過損失が大きいという問題があった。昨年度、ヘテロ構造の境界領域にインピーダンス整合をとるための遷移領域を設定したフォニック構造の最適化,ならびに界面の幾何学形状を変えることによって,SモードからAモードへの変調を誘起する新たな構造を考案した(Fig.1)。

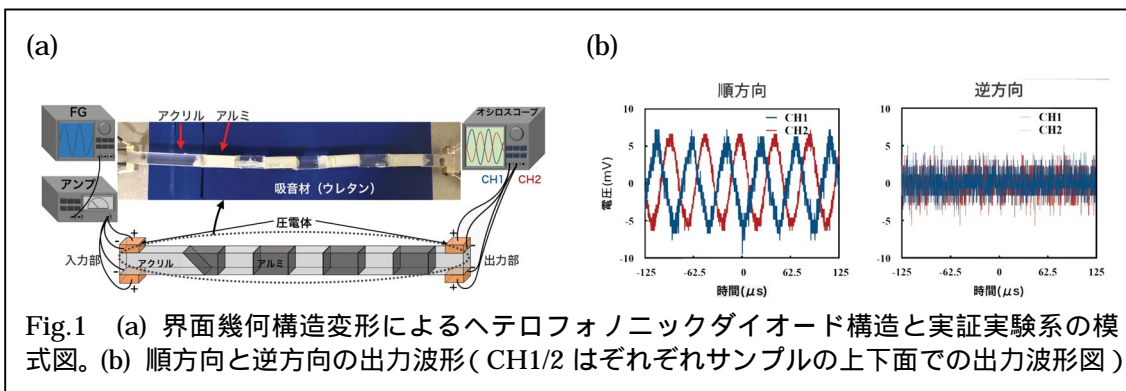


Fig.1 (a) 界面幾何構造変形によるヘテロフォニックダイオード構造と実証実験系の模式図。(b) 順方向と逆方向の出力波形(CH1/2はそれぞれサンプルの上下面での出力波形図)

(B) 間接バンド間遷移に基づく非相反音響導波路: 間接バンド間遷移を用いた導波路の数値設計と最適構造・材料の探索を行った。この構造を可聴域~超音波領域にかけて実現する材料・構造の探索を行い,シリコンを伝搬媒体にした場合の変調構造においてこれまでの単一変調構造から,サンドイッチ構造によって高次モードの誘起を高效率で行う,新しい変調方式の基本原則を考案した。さらに,変調領域をループ型にして可聴域~超音波領域における高い変換効率を実現する新しい変調方式の基本原則も考案,数値シミュレーションによる検証を行った(Fig.2)。

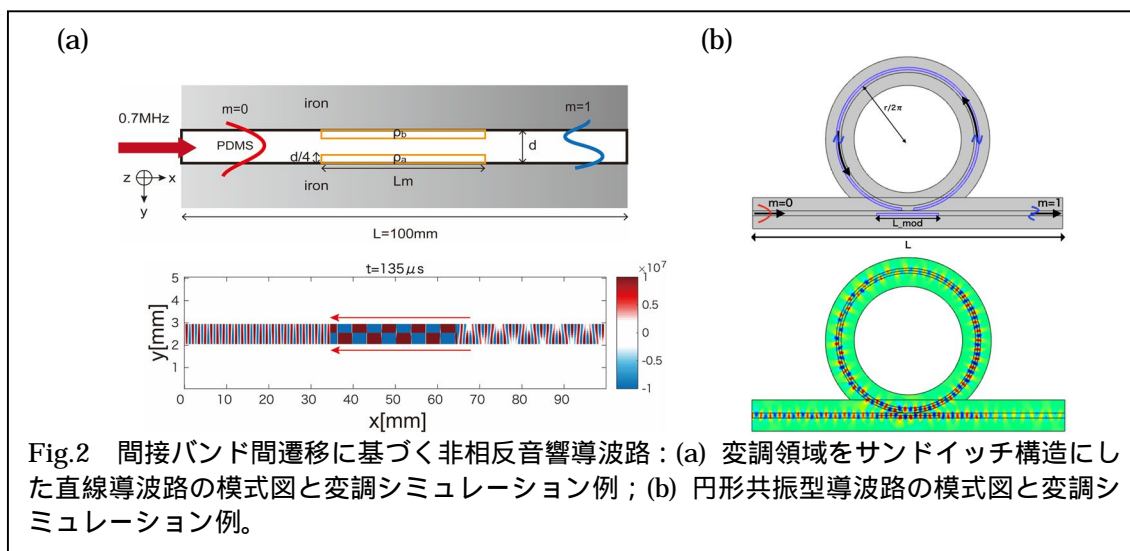
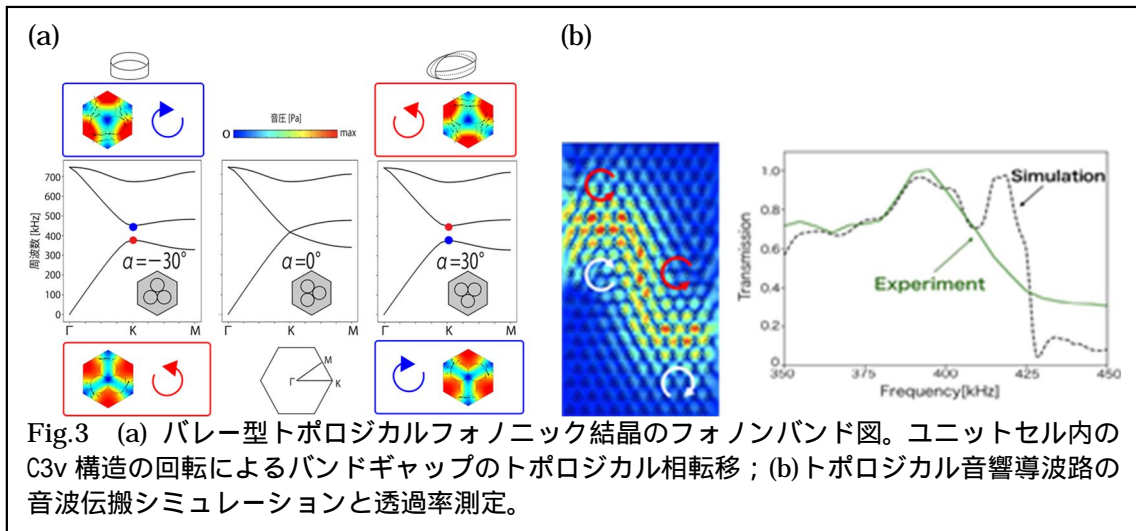


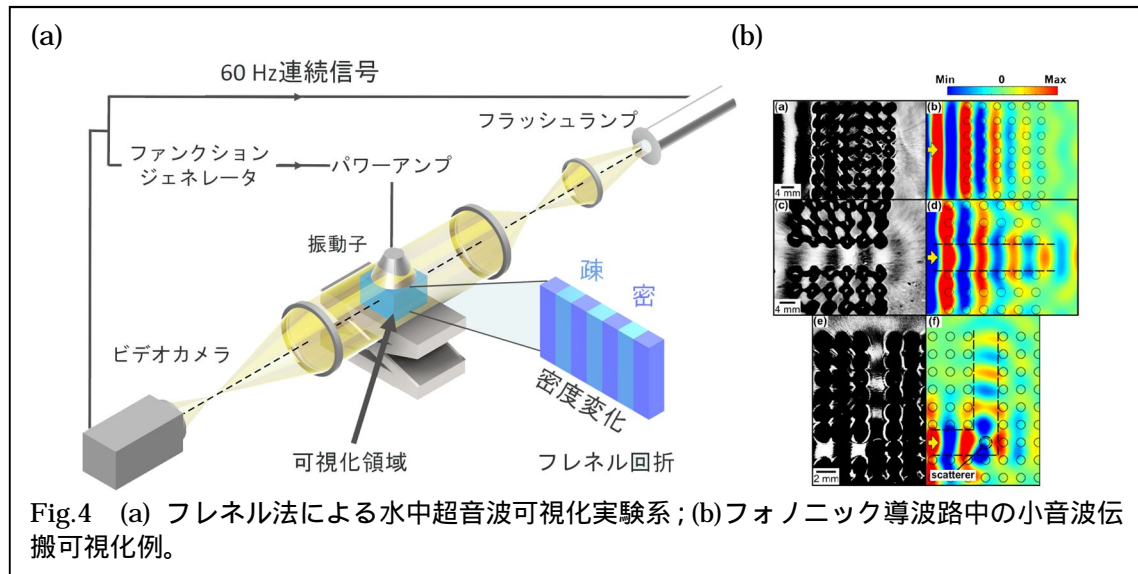
Fig.2 間接バンド間遷移に基づく非相反音響導波路:(a) 変調領域をサンドイッチ構造にした直線導波路の模式図と変調シミュレーション例;(b) 円形共振型導波路の模式図と変調シミュレーション例。

(C) 圧電薄膜中のナノスケール・フォニック結晶: これまで取り組んできた圧電薄膜中にナノスケール十字孔の周期構造におけるバンドギャップ制御モデルをさらに高精度化した。さらに近年注目を集めるトポジカル音響体構造の設計に着手,薄膜中に3回対称性(C3v)を持つフォニック構造のバンド設計を数値的に行い,上下対称のトポジカル構造の界面エッジ効果による高效率の表面弾性波導波路設計と数値シミュレーションによる透過特性,ならびに非相反伝搬性の検証に成功した。さらに,水中の金属丸棒配列のみで新しいC3v構造を形成でき,これまで提案されたトポジカル構造と同等のエッジモード伝搬が可能であることを,数値シミュレーションと実験によって証明することに成功した(Fig.3)。さらに,このトポジカル音響導波路のナノスケール設計も行い,試作・検証可能なサイズ・周波数の同定を目指している。

特にこの“音響トポジカル絶縁体”の極めて高い伝送効率は,当プロジェクト申請時には着目していなかったが,本研究期間内に着手・実証した新しい取組(セレンディピティ)であり,このメカニズムと応用をさらに追求することは,“フォニック情報処理”実現に向けた鍵になる可能性が高いと考えている。



(D) 超音波波面の光学的可視化技術構築：フレネル法に基づく超音波可視化システムを構築し，フォノニック構造中の音響波伝搬機構の実験的検証手法確立をほぼ達成した。この手法による，シリコン樹脂(PDMS)内に埋め込んだフォノニック導波路を伝搬する超音波波面の可視化に成功(Fig.4)し，(A)の目的の一つである非相反フォノニック構造設計の実験実証にも適用した。



(その他)音波弾性波制御の可能性として，近年注目される音響メタ表面の設計も並行して行った。音響メタ表面とは，波長に比べて十分に薄い構造が，音波の屈折・吸収において特異的な性質を持つ人工構造一般を指す。“完全吸音”特性を持つとして提案されているメタ表面構造(Decorated Membrane Resonator, Split Tube Resonator)は，共振周波数のみでその特性を示し，実用性が低いという問題がある。これに対し，共振特性の多重化等を施すことによって吸音特性を広帯域化するように数値設計し，かつ実験的にも実証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 14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 K. Watanabe, M. Fujita, and K. Tsuruta	4. 巻 40
2. 論文標題 Design of Non-circular Membranes Metasurfaces for Broadband Sound Absorption	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2019)	6. 最初と最後の頁 2P1-5(2pages)
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Okuno and K. Tsuruta	4. 巻 40
2. 論文標題 Topologically robust sound wave transport using phononic crystal in water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2019)	6. 最初と最後の頁 2P1-4-1(2pages)
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okuno Kenshi, Tsuruta Kenji	4. 巻 59
2. 論文標題 Topologically robust sound wave transport in two-dimensional phononic crystal with a circular rod arrangement in water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKA05 ~ SKKA05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7c0e	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 星加光童, 真鍋健輔, 鶴田健二	4. 巻 118
2. 論文標題 シリコン中の2次元フォノンニック結晶の設計とGRINレンズへの応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 31 - 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 M. Hoshika, K. Manabe, and K. Tsuruta	4. 巻 39
2. 論文標題 Transmission and focusing of ultrasonic wave in silicone by two-dimensional phononic crystal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2018)	6. 最初と最後の頁 3P1-10(2pages)
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 M. Fujita, K. Manabe, K. Tsuruta, T. Hada, and N. Yorozu	4. 巻 39
2. 論文標題 Wideband acoustic absorber by multicomponent metasurfaces and its application to energy harvesting	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2018)	6. 最初と最後の頁 3P1-3(2pages)
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 Kenji Tsuruta, Shota Asada, Yuhei Iwasaki, Atsushi Ishikawa	4. 巻 2018
2. 論文標題 Design of Non-Reciprocal Lamb Wave Filter by Heterojunction Phononic Crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Int'l Ultrasonics Sympo. (IEEE-IUS2018)	6. 最初と最後の頁 8579922(4pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ULTSYM.2018.8579922	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 Takahiro Nishino, Kenji Tsuruta, Atsushi Ishikawa	4. 巻 2018
2. 論文標題 Transferable Analytical Model of Phononic Bandgap in Cross-Hole Phononic Crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Int'l Ultrasonics Sympo. (IEEE-IUS2018)	6. 最初と最後の頁 8579923(4pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ULTSYM.2018.8579923	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 Junyi Ge, Atsushi Ishikawa, Kenji Tsuruta	4. 巻 2018
2. 論文標題 Numerical Simulation of Non-Reciprocal Acoustic Waveguide Based on Indirect Interband Transitions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Int'l Ultrasonics Sympo. (IEEE-IUS2018)	6. 最初と最後の頁 8579977(4pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ULTSYM.2018.8579977	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 Kensuke Manabe, Atsushi Ishikawa, Ken Yamamoto, Takefumi Kanda, Kenji Tsuruta	4. 巻 2018
2. 論文標題 Design and Assessment of Phononic Crystals for Controlling Ultrasonic Wave via Optical Measurement Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Int'l Ultrasonics Sympo. (IEEE-IUS2018)	6. 最初と最後の頁 8580129(4pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ULTSYM.2018.8580129	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 真鍋 健輔, 石川 篤, 神田 岳文, 鶴田 健二	4. 巻 2017-07
2. 論文標題 フォノンニック結晶中の超音波伝搬と光学的可視化評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 67-69
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 K. Manabe, A. Ishikawa, T. Kanda, and K. Tsuruta	4. 巻 38
2. 論文標題 Control and optical visualization of ultrasonic propagation in phononic crystal	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2017)	6. 最初と最後の頁 3P1-3
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 T. Nishino, A. Ishikawa, K. Fujimori, and K. Tsuruta	4. 巻 38
2. 論文標題 Theoretical modeling and experimental measurement for bandgap control of phononic crystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2017)	6. 最初と最後の頁 3P1-4
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 鶴田 健二・石川 篤	4. 巻 2017 11-12月号
2. 論文標題 音響波・弾性波の非相反伝搬機構の設計	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 超音波テクノ	6. 最初と最後の頁 70-73
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 真鍋 健輔, 石川 篤, 神田 岳文, 鶴田 健二	4. 巻 2018-01
2. 論文標題 フォニック結晶による超音波伝搬と光学的可視化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 67-69
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 葛 俊驛, 石川 篤, 鶴田 健二	4. 巻 2018-01
2. 論文標題 間接音響遷移に基づく音響ダイオードの数値シミュレーション	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 89-91
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 S. Takasugi, K. Watanabe, M. Misawa, and K. Tsuruta	4. 巻 41
2. 論文標題 Low-frequency sound absorbing metasurface using multiple split resonators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2020)	6. 最初と最後の頁 3Pb1-1
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 K. Okuno, M. Misawa, and K. Tsuruta	4. 巻 41
2. 論文標題 Reconfigurable valley topological phononic waveguide with local C3v symmetry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2020)	6. 最初と最後の頁 3Pa1-2
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 S. Takasugi, K. Watanabe, M. Misawa, and K. Tsuruta	4. 巻 60
2. 論文標題 Low-frequency sound absorbing metasurface using multilayer split resonators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDA01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abe2e5	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 -

〔学会発表〕 計44件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 渡辺敬太, 藤田幹也, 鶴田健二
2. 発表標題 複数共鳴膜を持つ音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計
3. 学会等名 2019年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥野兼至, 鶴田健二
2. 発表標題 フォノンニック結晶を用いたトポロジカル音響導波路のエッジ特性とロバスト性評価
3. 学会等名 2019年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥野兼至, 鶴田健二
2. 発表標題 トポロジカル相界面を用いたフォノンニック音響導波路のエッジ特性とロバスト性評価
3. 学会等名 日本機械学会 第32回計算力学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺敬太, 藤田幹也, 鶴田健二
2. 発表標題 複数共鳴膜音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計
3. 学会等名 日本機械学会 第32回計算力学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥野兼至, 鶴田健二
2. 発表標題 フォノンニック結晶を用いたトポロジカル音響体の構造設計および作製
3. 学会等名 2019年応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺敬太, 藤田幹也, 鶴田健二
2. 発表標題 多重共鳴構造を持つ音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計
3. 学会等名 2019年応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星加 光童, 真鍋 健介, 奥野 兼至, 鶴田 健二, 山本 健
2. 発表標題 構造異方性による選択的導波-局在モード間整合を利用した非相反フォノンニック音響導波路
3. 学会等名 2019年応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenshi Okuno, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Topologically robust sound wave transport using phononic crystal in water
3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Watanabe, Mikiya Fujita, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Design of Non-circular Membranes Metasurfaces for Broadband Sound Absorption
3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenshi Okuno, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Design of Reconfigurable Valley Topological Phononic Structure using Metallic Circular Rods
3. 学会等名 (Virtual Conference) International workshop "Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥野兼至, 鶴田健二
2. 発表標題 金属円柱を用いた再構成可能なバレートポロジカルフォノンニック構造の設計
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星加光童, 真鍋健輔, 鶴田健二
2. 発表標題 シリコン中の2次元フォノンニック結晶の設計とGRINレンズへの応用
3. 学会等名 第63回音波と物性討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田幹也, 鶴田健二, 小林裕太
2. 発表標題 多重共振膜構造を用いた音響メタ表面の吸音特性と環境発電への応用
3. 学会等名 2018年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅田翔太, 鶴田健二, 岩崎祐平
2. 発表標題 ヘテロフォノンニック構造を用いた非相反弾性波伝搬における漏洩低減の検討
3. 学会等名 2018年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星加光童, 真鍋健輔, 鶴田健二
2. 発表標題 シリコン中のフォノンニック結晶による高効率弾性波レンズの設計
3. 学会等名 2018年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 真鍋健輔, 鶴田健二
2. 発表標題 フォノンニック結晶中の空洞共振による導波モード変換を用いた非相反音響導波路
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 葛俊驛, 石川篤, 鶴田健二
2. 発表標題 間接遷移型モード変調に基づく非相反音響導波路の構造設計
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田幹也, 鶴田健二, 小林裕太
2. 発表標題 環境発電デバイス広帯域化のための吸音メタ表面の設計
3. 学会等名 2018年応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Nishino, Kenji Tsuruta, Atsushi Ishikawa
2. 発表標題 Transferable Analytical Model of Phononic Bandgap in Cross-hole Phononic Crystals
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kensuke Manabe, Atsushi Ishikawa, Ken Yamamoto, Takefumi Kanda and Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Design and Assessment of Phononic Crystals for Controlling Ultrasonic Wave via Optical Measurement Method
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junyi Ge, Atsushi Ishikawa, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Numerical Simulation of Non-reciprocal Acoustic Waveguide based on Indirect Interband Transitions
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Tsuruta, Shota Asada, Yuhei Iwasaki, Atsushi Ishikawa
2. 発表標題 Design of Non-reciprocal Lamb Wave Filter by Heterojunction Phononic Crystals
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Midou Hoshika, Kensuke Manabe, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Transmission and focusing of ultrasonic wave in silicone by two-dimensional phononic crystal
3. 学会等名 The 39th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mikiya Fujita, Kensuke Manabe, Kenji Tsuruta, Tetsunori Hada, and Naoko Yorozu
2. 発表標題 Wideband acoustic absorber by multicomponent metasurfaces and its application to energy harvesting
3. 学会等名 The 39th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星加光童, 鶴田健二
2. 発表標題 シリコン中のフォニック結晶による弾性波集音GRINレンズの設計
3. 学会等名 第31回計算力学講演会(CMD2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅田翔太, 鶴田健二
2. 発表標題 ヘテロフォニック構造を用いた非相反ラムは伝搬デバイスにおける整合層の効果
3. 学会等名 第31回計算力学講演会(CMD2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥野兼至, 西野貴大, 真鍋健輔, 鶴田健二
2. 発表標題 トポロジカル相転移を伴うフォニック結晶を用いた音響導波路の構造設計
3. 学会等名 日本物理学会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 真鍋健輔, 石川 篤, 神田岳文, 鶴田健二
2. 発表標題 フォニック結晶中の超音波伝搬と光学的可視化評価
3. 学会等名 第62回 音波と物性討論会 / 第9回 ナノレオロジー研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 葛俊驛, 石川 篤, 鶴田健二
2. 発表標題 間接音響遷移に基づく音響ダイオードのFDTD解析
3. 学会等名 2017年度応用物理・物理系学会・中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西野貴大, 石川 篤, 鶴田健二
2. 発表標題 十字穴を有するフォノン結晶のバンドギャップ制御と作製
3. 学会等名 2017年度応用物理・物理系学会・中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 真鍋健輔, 石川 篤, 神田岳文, 鶴田健二
2. 発表標題 フォノン結晶を用いた音響導波路の作製および光学的可視化評価
3. 学会等名 2017年度応用物理・物理系学会・中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西野 貴大, 石川 篤, 鶴田 健二
2. 発表標題 十字穴を有するフォノン結晶のバンドギャップ制御に関する有限要素解析
3. 学会等名 第30回計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nishino, A. Ishikawa, K. Fujimori, and K. Tsuruta
2. 発表標題 Theoretical modeling and experimental measurement for bandgap control of phononic crystals
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonics Electronics (USE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Manabe, A. Ishikawa, T. Kanda, and K. Tsuruta
2. 発表標題 Control and optical visualization of ultrasonic propagation in phononic crystal
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonics Electronics (USE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西野貴大・石川 篤・鶴田健二
2. 発表標題 フォニック結晶のバンドギャップ制御のための理論モデル
3. 学会等名 音響・超音波サブソサイエティ合同研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 真鍋健輔・石川 篤・神田岳史・鶴田健二
2. 発表標題 フォニック結晶による超音波伝搬制御と光学的可視化
3. 学会等名 音響・超音波サブソサイエティ合同研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 葛 俊驛・石川 篤・鶴田健二
2. 発表標題 間接音響遷移に基づく音響ダイオードの数値シミュレーション
3. 学会等名 音響・超音波サブソサイエティ合同研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西野貴大、石川 篤、鶴田健二
2. 発表標題 十字穴を有するフォノン結晶のバンドギャップ制御のための解析モデル
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenshi Okuno, Masaaki Misawa, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Reconfigurable Valley Topological Phononic Waveguide with Local C3v Symmetry
3. 学会等名 The 41th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shota Takasugi, Keita Watanabe, Masaaki Misawa, Kenji Tsuruta
2. 発表標題 Low-frequency sound absorbing metasurface using multiple split resonators
3. 学会等名 The 41th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴田健二
2. 発表標題 フォノン構造を用いたトポロジカル音響導波路と非相反伝搬機構の設計
3. 学会等名 2020 年応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥野兼至, 三澤賢明, 鶴田健二
2. 発表標題 C3v 対称性の局所形成による再構成可能なパレートポロジカルフォノンニック構造の設計
3. 学会等名 2020 年応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊敬太, 藤田幹也, 三澤賢明, 鶴田健二
2. 発表標題 複数共鳴を持つ音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計と環境発電への応用
3. 学会等名 2020 年応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高杉勝汰, 渡邊敬太, 三澤賢明, 鶴田健二
2. 発表標題 Design of a sound absorbing metasurface using multiple split resonators
3. 学会等名 第4回フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>マルチスケールデバイス設計学・鶴田研究室 http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~eng_mdd/index.html Multiscale device Design Laboratory http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~eng_mdd/index.html 研究業績: Publications http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~eng_mdd/pubs.html</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
研究 分 担 者	石川 篤 (ISHIKAWA Atsushi) (90585994)	岡山大学・自然科学研究科・助教 (15301)	2018年削除

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