

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K14146

研究課題名(和文) 微細フォノンニック結晶の設計のための周期領域マルチフィジックストポロジー最適化

研究課題名(英文) Multi-physics topology optimisation in periodic domain for design of micro phononic crystals

研究代表者

飯盛 浩司(Isakari, Hrisohi)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：50638773

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)：フォノンニック構造(異種弾性材料を周期的に配置した人工材料)の新規開発とその応用に関する研究が広く行われている。微細加工技術の発達に伴いマイクロ・ナノメートルスケールの周期長を有する微細フォノンニック結晶も実現可能となってきた。微細化により、従来から考えられてきた制振・防音のみならず、自然界の材料では実現し得ない振動・音波制御が可能になる。本研究では、微細フォノンニック構造の応用範囲の拡大を目指し、その最適設計法に関する研究を行った。具体的には、所望の分散関係を持つ周期構造、これを利用した新奇デバイスのトポロジー最適化法を開発し、その有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、次世代音響・振動制御技術の鍵となりうる微細フォノンニック結晶の最適な設計法を提供し、工学の様々な分野における課題となっている騒音・振動の抑制に貢献するものである。音響ダイオードなどの新奇の波動伝播機構を有するデバイスの実現を示唆したことも学術的に意義深い。また、本研究で開発した新しいトポロジー最適化法はフォノンニック構造以外の最適設計にも適用可能であり、工学の広い分野への波及効果がある。

研究成果の概要(英文)：Phononic structure (artificial material consisting of several elastic materials arranged periodically) has widely been investigated. With the development of micro fabrication, it has become possible to realise micro- or nanometer-scale phononic structures. Such structures may enable not only vibration control and soundproofing (which has been considered as possible applications of the phononic structures) but also more sophisticated sound and vibration controls. In this study, to further enhance the range of applications of micro-phononic structures, we developed optimal design methods. Specifically, we developed and validated a topology optimisation method for periodic structures having desired dispersion relations and novel devices using these structures.

研究分野：計算力学

キーワード：フォノンニック構造 音響ダイオード トポロジー最適化 境界要素法 高速算法

1. 研究開始当初の背景

異種弾性材料を周期的に配置した人工構造(フォノンニック構造)に関する研究が盛んに行われている。当初は、音波・弾性波が透過することのできない周波数帯(ストップバンド)を持つという性質を利用した防音・制振材料への応用を志向した研究が多く見られたが、近年ではその周期長がマイクロ、ナノメートルオーダーの微細なフォノンニック結晶を実現できるようになってきたことから、例えば音を一方向にのみ伝えることのできる新規なデバイス(音響ダイオード)の検討も行われている。フォノンニック構造の設計にあたっては、いわゆる最適設計法、とくにトポロジー最適化の適用が有効であると考えられる。トポロジー最適化は、従来は「軽くて剛性の高い」構造を創成することを目的として構造力学の分野で研究が行われていたが、近年では様々な分野への展開が見られる。トポロジー最適化は、数理的には、偏微分方程式の解で構成される目的関数を最適化する場の形を求める問題として定式化されるので、そのような流れは自然なものである。

一方で、トポロジー最適化をフォノンニック構造の最適設計へと応用するためには、いくつかの困難があった。第一に、解析を効率化する必要があった。最適化の過程においては、与えられた形状の領域で定義される偏微分方程式の解を求め、さらに目的関数の形状・トポロジー変動に対する感度を計算し、これをもとに形状を変更することを繰り返す必要がある。フォノンニック構造の解析において、目的関数は周期問題の固有値として特徴づけられるから、これを効率良く計算する手法が不可欠である。第二に、トポロジー最適化による設計案がしばしば幾何学的に複雑な構造を導くという問題を解決する必要があった。この問題は最適化問題自身の非適切性に根差す問題であり、既存のトポロジー最適化法の改良に関する検討が必要であった。

2. 研究の目的

以上の背景のもと、本研究の目的は高速な固有値解析に基づく、フォノンニック構造のトポロジー最適化を構築することである。また、トポロジー最適化の代表的な手法であるレベルセット法に基づく方法において、形状を表現するのに用いるレベルセット関数をパラメータ曲面で表現する新しい手法を開発する。パラメータ曲面の制御点の数の多寡により、最適設計案の幾何学的な複雑さを制御することを試みる。さらに、これらを統合した新しいトポロジー最適化法を用いて、様々な微細フォノンニック構造の最適設計を実行し、新奇デバイスの最適設計の実行例を蓄積することも本研究の目的の一つである。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、以下の方法により研究を実施した。

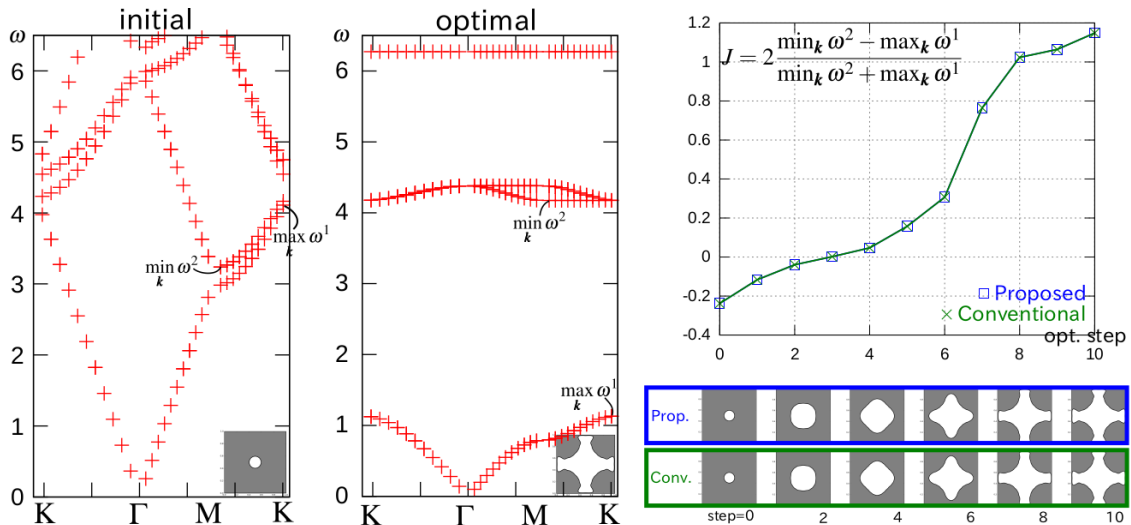
(1) 周期的な領域で定義される Helmholtz 方程式の境界値問題の高速な固有値解析法を開発する。具体的には、櫻井杉浦法と境界要素法の組み合わせた手法を開発した。境界要素法は、波動問題の高精度な数値解法であるが、これを用いて固有値問題を定式化すると非線形固有値問題に帰着されることから、これまで固有値解析には用いられてこなかった。ここでは、櫻井杉浦法により、非線形固有値問題を一般化固有値問題へと変換することで境界要素法による固有値解析を実現した。さらに、開発した固有値解析法をトポロジー最適化に組み込み、広いストップバンドを有する周期構造を求める方法論を確立した。

(2) トポロジー最適化アルゴリズムの改良を行った。具体的には、形状表現に用いるレベルセット関数を B スプライン曲面で展開することを提案した。B スプライン曲面は区分多項式(B スプライン基底関数)の重み付き和で曲面を表現する。その重みは制御点と呼ばれるが、制御点が多い(少ない)ときに対応する B スプライン曲面は複雑(単純)になる。したがって、制御点の多寡をパラメータとすることで得られる構造の複雑さを制御することを可能にした。

(3) 上記を組み合わせ、音響ダイオードや弾性波の負の屈折を実現する構造など、新奇の特性を示す音響・振動デバイスの最適設計を多数実行した。

4. 研究成果

(1) 櫻井杉浦法と境界要素法を用いた周期領域で定義される偏微分方程式の境界値問題の固有値解析においては、物体表面と周期単位の境界上で定義される境界積分方程式を多数回解く必要がある。一方で、この境界積分方程式を離散化して得られる代数方程式の係数行列には共通する部分行列が存在することから、その部分を precompute し、代数方程式の求解は Woodbury の公式を用いて高速な固有値解析を実現した。さらに、行列の生成には H 行列法を用い、さらなる高図 1. ストップバンド最大化の例。左図のような分散関係を持つ構造を初期形状とし、中図の



ような広いストップバンドを持つ構造を得ることができた。右上図は最適化のステップごとの目的関数（ストップバンドの幅）の履歴であり、単調に増加している様子が見て取れる。また、高速化した提案法（Proposed）と従来法（Conventional）で同じ形状を得たことが分かる（右下図）。

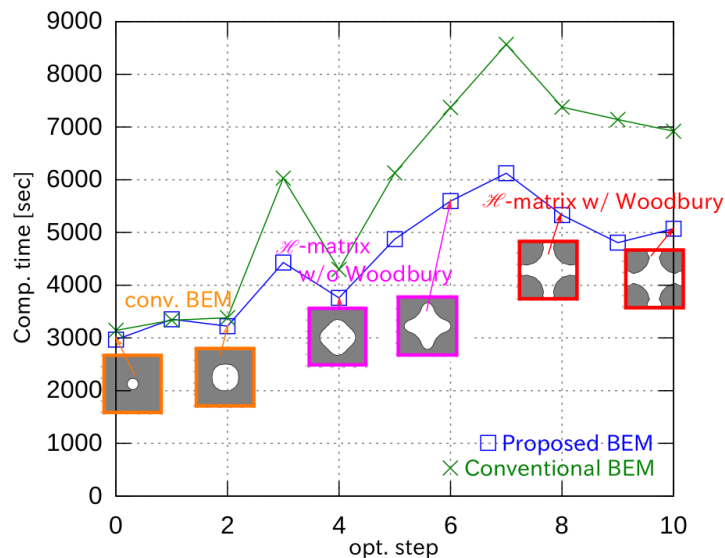


図2. 提案法と従来法の計算時間の比較

速化を達成した。ここで開発した固有値解析法とトポロジー最適化を組み合わせ、第一ストップバンドを最大化する構造を求めた(図1)。従来法と提案法の計算速度を比較した図2によれば、形状が複雑な場合に提案法が特に有効であることが確認できる。

(2) レベルセット関数をBスプライン基底関数で展開する新しいトポロジー最適化を開発した。ベンチマーク問題として、一端が剛結されており、他端に鉛直下向き荷重が作用する場合に剛性を最大化する構造を求めるトポロジー最適化問題を解いたところ図3が得られた。

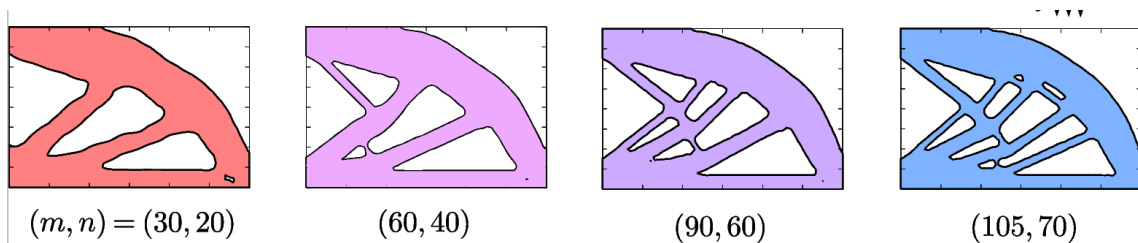


図3. 剛性最大化問題

図中の m, n は用いた制御点の数を表す。目論見通り、制御点の数が多(少)いときに複雑(単純)な構造が得られたことが確認できる。形状の複雑さを予め指定したうえで最低設計を実行できることから、例えばユーザの加工技術に応じて、適切な設計案を選択できることが大

きな特徴である。

(3) 上記で開発した高速固有値算法とトポロジー最適化を用いて、種々の新規波動デバイスのトポロジー最適化を実施した。例として、音響ダイオード、弾性波の負屈折を実現する構造、P波をS波に変換する構造、音波を局在させる構造等のトポロジー最適化を実行した。図4に、音波を局在させる構造の一例を示す。

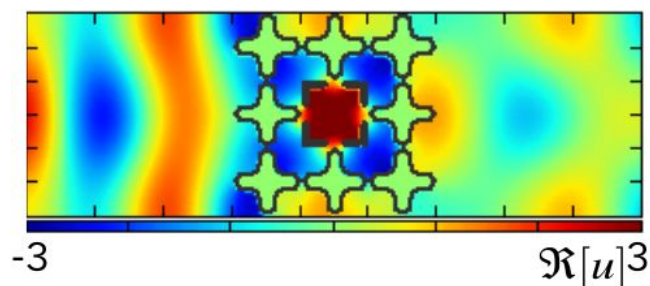


図4. 音波の局在を可能にする構造と周辺の音場

図中の左から入射する平面音波に対し、その角周波数が2.8の時に構造中央に音波を局在させることのできるフォノンニック構造を導くことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎	4. 巻 19
2. 論文標題 境界要素法と櫻井・杉浦法を用いた開放型共振器のトポロジー最適化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 49-54
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 山本遼, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎	4. 巻 19
2. 論文標題 散乱断面積最小化によるクロッキングデバイスのトポロジー最適設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 67-72
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 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎	4. 巻 18
2. 論文標題 2次元弾性波周期散乱解析のための境界要素法とそのトポロジー最適化への応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 35-40
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 Isakari Hiroshi, Kondo Toyohiro, Takahashi Toru, Matsumoto Toshiro	4. 巻 315
2. 論文標題 A level-set-based topology optimisation for acoustic-elastic coupled problems with a fast BEM-FEM solver	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	6. 最初と最後の頁 501-521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cma.2016.11.006	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 Nakamoto Kenta, Isakari Hiroshi, Takahashi Toru, Matsumoto Toshiro	4. 巻 4-1
2. 論文標題 A level-set-based topology optimisation of carpet cloaking devices with the boundary element method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 16-00268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.16-00268	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 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎	4. 巻 17
2. 論文標題 粘弾性介在物を用いた弾性波エネルギー吸収体のトポロジー最適化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 77-82
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 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎	4. 巻 17
2. 論文標題 Bスプライン曲面のレベルセットを用いたトポロジー最適化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 125-130
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 Matsushima Kei, Isakari Hiroshi, Takahashi Toru, Matsumoto Toshiro	4. 巻 6-6
2. 論文標題 An investigation of eigenfrequencies of boundary integral equations and the Burton-Miller formulation in two-dimensional elastodynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements	6. 最初と最後の頁 1127-1137
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 Matsushima Kei, Isakari Hiroshi, Takahashi Toru, Matsumoto Toshiro	4. 巻 6-6
2. 論文標題 An application of topology optimisation to defect identification in two-dimensional elastodynamics with the bem and H-matrix method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements	6. 最初と最後の頁 1033-1042
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 Matsushima Kei, Isakari Hiroshi, Takahashi Toru, Matsumoto Toshiro	4. 巻 63
2. 論文標題 A topology optimisation of composite elastic metamaterial slabs based on the manipulation of far-field behaviours	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Structural and Multidisciplinary Optimization	6. 最初と最後の頁 231 ~ 243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00158-020-02689-y	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 MATSUSHIMA Kei, ISAKARI Hiroshi, TAKAHASHI Toru, MATSUMOTO Toshiro	4. 巻 8
2. 論文標題 A numerical method for elastic wave scattering in multi-layered periodic media based on the scattering matrix and BEM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 20-00364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.20-00364	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 飯盛浩司、松島慶、鶴田健二、高橋徹、松本敏郎	4. 巻 20
2. 論文標題 共分散行列適応深化戦略とS行列を用いたフォノンニック構造のパラメータ最適化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 65 ~ 74
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 -

[学会発表] 計43件(うち招待講演 5件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Hiroshi Isakari, Toru Takahashi and Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A 3D topology optimisation with level-sets of B-spline surface
3. 学会等名 WCSM013 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Isakari, Ryo Yamamoto, Kenta Nakamoto, Toru Takahashi and Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 Topology optimisation for cloaking of arbitrary objects
3. 学会等名 Waves 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Isakari
2. 発表標題 A new topology optimisation based on the level-sets of parametric surface/volume
3. 学会等名 KSME-JSMEシンポジウム in 日本機械学会 第32回計算力学講演会 (CMD2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯盛浩司
2. 発表標題 波動散乱問題に関連したトポロジー最適化について
3. 学会等名 応用数理学会数理設計研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯盛浩司、釜塚瑞生、高橋徹、松本敏郎
2. 発表標題 階層型行列を用いた高速境界要素法によるフォトニック結晶のトポロジー最適化
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中本謙太、飯盛浩司、高橋徹、松本敏郎
2. 発表標題 レベルセット法に基づく形状・トポロジー最適化
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島慶、飯盛浩司、高橋徹、松本敏郎
2. 発表標題 Hマトリクス法を用いた2次元動弾性周期境界値問題に対する高速境界要素法について
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永井勇毅、飯盛浩司、高橋徹、松本敏郎
2. 発表標題 Bスプライン曲面のレベルセットを用いた新しいトポロジー最適化手法
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Isakari, Mizuki Kamahori, Toru Takahashi and Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A topology optimisation for photonic crystals using a fast boundary element method
3. 学会等名 IABEM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Nakamoto, Hiroshi Isakari, Toru Takahashi and Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A shape and topology optimisation using the BEM and an explicit boundary expression with the level set method
3. 学会等名 IABEM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Matsushima, Hiroshi Isakari, Toru Takahashi and Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A topology optimisation of elastic wave absorber with the BEM and H-matrix method
3. 学会等名 IABEM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯盛浩司, 松島慶, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 音響ダイオードのトポロジー最適化について
3. 学会等名 第13回最適化シンポジウム 2018 (OPTIS 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 周期弾性波散乱の遠方場特性のトポロジー最適化について
3. 学会等名 第13回最適化シンポジウム 2018 (OPTIS 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中本謙太, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 形状導関数とトポロジー導関数を同時に用いた構造最適化手法の開発
3. 学会等名 第13回最適化シンポジウム 2018 (OPTIS 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 弾性波散乱問題における周期複合材料のトポロジー最適化について
3. 学会等名 第28回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯盛浩司, 釜掘瑞生, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 フォトニック結晶のトポロジー最適化について
3. 学会等名 電気学会 A部門 電磁界理論研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯盛浩司, 釜掘瑞生, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 2次元Helmholtz方程式の1周期境界値問題におけるトポロジー最適化について
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 永井勇毅, 松田祐輔, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 Bスプライン曲面のレベルセットに基づくトポロジー最適化の固有振動数の制御への応用
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 中本謙太, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 レベルセット法を用いた電磁デバイスの形状・トポロジー最適化
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 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 境界要素法を用いた周期弾性波エネルギー吸収体のトポロジー最適化
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 飯盛浩司
2. 発表標題 境界要素法を用いたトポロジー最適化について
3. 学会等名 第8回 計算力学シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯盛浩司
2. 発表標題 Bスプライン曲面のレベルセットを用いた3次元トポロジー最適化
3. 学会等名 TOKAI ENGINEERING COMPLEX 2019 (TEC19) 東海支部第68期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島慶, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 負の屈折率を有する弾性体周期構造のトポロジー最適化
3. 学会等名 TOKAI ENGINEERING COMPLEX 2019 (TEC19) 東海支部第68期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木淳仁, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 二次元音場におけるインピーダンスモデルを用いた吸音材のトポロジー最適化
3. 学会等名 TOKAI ENGINEERING COMPLEX 2019 (TEC19) 東海支部第68期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本遼, 飯盛浩司, 高橋徹, 松本敏郎
2. 発表標題 散乱断面積の最小化によるクローキングデバイスのトポロジー最適設計
3. 学会等名 TOKAI ENGINEERING COMPLEX 2019 (TEC19) 東海支部第68期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯盛浩司 花田萌美 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 二次元音響構造連成場におけるトポロジー導関数について
3. 学会等名 第22回計算工学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中本謙太 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 2次元電磁場における散乱断面積の最大化を目的とする境界要素法を用いたトポロジー最適化
3. 学会等名 第22回計算工学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松島慶 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 Hマトリクス法で高速化された境界要素法による2次元動弾性問題のトポロジー最適化
3. 学会等名 第22回計算工学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Isakari Toru Takahashi Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A gradient-based topology optimisation for radar cross sections in two-dimensional acoustics
3. 学会等名 WCSMO12 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenta Nakamoto Hiroshi Isakari Toru Takahashi Toshiro Matsumoto
2. 発表標題 A topology optimisation of wave absorbers in two-dimensional electro-magnetic field with an accelerated BEM by the H-matrix method
3. 学会等名 WCSMO12 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松島慶 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 境界要素法とHマトリクス法による2次元動弾性問題におけるトポロジー最適化
3. 学会等名 日本機械学会 2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中本謙太 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 複数の誘電体を用いた任意の散乱体に対するクローキングデバイスのトポロジー最適化
3. 学会等名 第27回設計工学・システム部門講演会 海峡メッセ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 飯盛浩司 花田萌美 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 二次元音響構造連成場におけるトポロジー最適化について
3. 学会等名 第27回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田祐輔 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 2次元動弾性学の固有値問題に関連したトポロジー最適化
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 高橋亮太 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 レーダー断面積に関するトポロジー最適化に基づく逆散乱解析
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 中本謙太 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 複数の誘電体を用いた2次元電磁場におけるクローキングデバイスのトポロジー最適化
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 松島慶 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 Hマトリクス法により高速化された境界要素法を用いた2次元動弾性問題におけるトポロジー最適化
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 釜堀瑞生 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 2次元Helmholtz方程式の2周期固有値問題に対する境界要素法のH-matrix法に基づく高速化
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 飯盛浩司
2. 発表標題 波動散乱問題におけるトポロジー最適化について
3. 学会等名 数値解析学の最前線 ---理論・方法・応用--- (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中本謙太 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 レベルセット法に基づく構造表現を用いたクロッキングデバイスの形状・トポロジー最適化
3. 学会等名 機械学会東海支部第67期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島慶 飯盛浩司 高橋徹 松本敏郎
2. 発表標題 2次元動弾性学における1周期境界値問題に対するGreen関数の数値計算
3. 学会等名 機械学会東海支部第67期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Isakari
2. 発表標題 A new topology optimisation using level-sets of T-spline
3. 学会等名 理論応用力学コンソーシアムキックオフシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯盛浩司
2. 発表標題 パラメータ曲面のレベルセットに基づく新しいトポロジー最適化とその応用
3. 学会等名 日本機械学会年次大会2020先端技術フォーラム（招待講演）
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
---------------------------	-----------------------	----

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