

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03822

研究課題名（和文）折紙式3Dプリンター実現の為の折り紙の展開図に関する研究

研究課題名（英文）Research on origami patterns for the realization of origami 3D printers

研究代表者

篠田 淳一（SHINODA, Junichi）

明治大学・研究・知財戦略機構（中野）・研究推進員

研究者番号：60266880

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：これまでの折紙ロボットの研究とは真逆の、閉じた木構造を有する展開図に替えて、開いた木構造を生成するアルゴリズムを開発し、加えて、そのアルゴリズムを実装した折紙ロボットの開発を行った。ここで、折紙ロボットは極力簡素なセンサーと機構に留めるように努めた。更に、開いた木構造を有する展開図が容易に得られない場合には、開発した、閉じた木構造の一部を切り取り、適切な箇所を加える手法、或いは、木構造部を適切な折れ線で分割して開いた構造にし切り線に沿って糊代部を設ける手法を適用した。これらを基に画像処理で自動的に操作するシステムを計算機上で構築した。さらに実機においても、所期の結果が得られることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

積層型3Dプリンターが不得意とされるプレスへの対応が得意な折紙設計の産業化にはその自動化、すなわち折紙ロボットの実現が望まれる。これまでの折紙ロボットの研究・開発は人間の折る挙動を真似るものであったが、本研究で見出した、折紙ロボットが実現できないのは、日本伝統の伝承折り紙を始め折紙設計システムで出力される折り紙の展開図の木構造は閉ループを有するためであるという事実を基に、折り紙の閉じた木構造を有する展開図から開の木構造を有する展開図に自動変換するという技術を用いれば折紙ロボットが実現でき折紙設計の自動化が得られ産業化に一步前進できるため、本研究は学術的にも社会的にも意義深いものと言える。

研究成果の概要（英文）：Exactly contrary to previous research of origami robots, we developed an algorithm that generates an open tree structure instead of a unfolded diagram with a closed tree structure, and also developed an origami robot that implemented this algorithm. Here, we kept the origami robot's sensors and mechanisms as simple as possible. Furthermore, when it was not easy to obtain a unfolded diagram with an open tree structure, we applied a method we developed the method cutting out part of the closed tree structure and adding appropriate parts, or dividing the tree structure at appropriate fold lines to create an open structure and providing a glue margin along the cut lines. Based on these, we built a computer-based system that automatically operates it using image processing. We also confirmed that the expected results could be obtained with the actual origami robot.

研究分野：設計工学

キーワード：切り紙ハニカム 折り紙ロボット 折り紙設計システム 木構造 折り紙展開図 積層型プリンター

1. 研究開始当初の背景

対象物を折り紙で作る折紙設計は積層型 3D プリンターを補完するポテンシャルを有す。積層型 3D プリンターは鍛造、鋳造、プレス of 3 大製法の内、折紙設計が得意なプレスに対応するのは困難である。折紙設計の産業化にはその自動化、すなわち折紙ロボットの実現が望まれる。これまでの折紙ロボットの研究・開発は人間の折る挙動を真似るもので、さながらセンサやアクチュエーターの高度化の競演の様相を呈し袋小路に入った感がある。一方、代表者らは、折紙ロボットが実現できないのは、日本伝統の伝承折り紙始め折紙設計システムで出力される折り紙の展開図の木構造は閉ループを有すためであることを見出した。折り紙の閉じた木構造を有す展開図から開の木構造を有す展開図に自動変換できれば折紙ロボットが実現でき折紙設計の自動化が得られ産業化に一步前進できる。この技術は、我々の折紙設計システム Ori3D[1]から得られた複数の展開図を適切に移動させて低月齢期の「ゆるうんち」が漏れない赤ちゃんオムツの展開図に仕立てた技術[2]と基本的に同一である。本研究では折紙ロボットを実現させるとともに、積層型 3D プリンターでは困難な、心地よい下着や健康管理などのためのデバイスを常に肌に密着できる衣服開発など折紙設計の積層型 3D プリンターの補完としての役割を実現する。これにより、積層型 3D プリンターに対し「折紙式 3D プリンター」と称されるレベルに引き上げることを目指す。

2. 研究の目的

日本伝統の遊戯折り紙、バイオミメティクス折り紙、その他、Treemaker[3]、オリガマイザ[4]、ORI-REV0[5]などの設計システムで得られる展開図は全て閉じた木構造を有している。これが容易に折紙ロボットの実現ができない要因と言える。本研究は、従来の折紙ロボット研究と異なり、基本的に、曲げ、折り、糊付けの機能だけを有す改良 Norigami ロボット[6]で折れる折り紙の展開図を求めようとするところにある。閉じた木構造では改良 Norigami ロボットで折ることは困難である。例えば、任意の構造物に対し、既に関発した折紙設計システム Ori3D[1]を用いれば様々な展開図が得られ、その中には、開の木構造を有す展開図が得られる可能性がある。また、得られない場合は、特許[7]で閉じた木構造部を分断し、片一方を移動させることにより、開な木構造とする。この自動化を行うことが、まず、第 1 の目的である。第 2 の目的は改良 Norigami ロボットと Ori3D で折紙式 3D プリンターを構築し、それを用いて積層型 3D では困難な衣服類の開発などに貢献することである。

3. 研究の方法

本研究は、任意の構造物に対し、Ori3D で自動的に開いた木構造を有す展開図を得ること、これができない場合、展開図で、閉じた木構造部分を切断し、切断部を適切な箇所に移動させ、あるいは切断線に沿って糊代部を設け結果として、開いた木構造の展開図を得ること、の成果により、改良 Norigami ロボットの実現により、折紙式 3D プリンターを実現させ、積層型 3D プリンターでは困難な衣服類の開発に貢献することである。上述の、を目的に 3 年間で次のように検討を進めた。初年度：[研究 1] 展開図から木構造の接続グラフ自動生成、[研究 2]閉路の探索、[研究 3]閉路を切断し新しい開路接続グラフを作成することにより開路木構造グラフに変換。2 年度：[研究 4]開いた木構造から対応する展開図を作るルーティンの開発、[研究 5]木構造の切断の代わりに糊代部を新たに設けることによる開の木構造展開図の生成、[研究 6]これまで平行な線しか折れないところ、斜めの線の折も可能とした改良 Norigami ロボットで研究 4, 5 で得られる展開図で自動的に折れるかの検討。3 年度：[研究 7] 折紙式 3D

プリンターによる高齢者用オムツの自動生成の確認、[研究 8]折紙ロボット、折紙式プリンターの世界展開を図る。以上の流れで本研究を遂行した。

4. 研究成果

日本独自のツルやドラゴンなどの遊戯折り紙、バイオメティクス折り紙、Treemaker[3]、オリガマイザー[4]、ORI-REVO[5]などの折紙設計システムで得られる展開図の木構造(折れ線で囲まれた要素の中の任意の点を順で結んでいく木構造)は全て閉じている。このことは人間にとっては折っていくことに適度な難さを与えるが故にできた時の快感も与える。閉じた木構造の場合、各頂点の折れ線は複数回の折りに関わることとなり、人間の場合、先に折ったところが無駄にならないよう、軽く該当部を抑えるなどするが、人間の折り方を真似ようとする折紙ロボットではこういったところが難しくロボットのセンサと機構は複雑さの競演となっている。本研究では、これまでの折紙ロボット研究とは真逆の、閉じた木構造を有す展開図を開の木構造に替え、ロボットは、極力簡素なセンサーと機構に留めるというものである。この発想は、代表者らガリバースエンジニアリングの流れに基づいて開発した、折紙設計システムOri3D[1]から、折り上げると同一となるが、開いた木構造の展開図など多くの異なる展開図が得られることから考えられたものである。更に、Ori3Dで開いた木構造を有す展開図が容易に得られない場合には、先に開発していた[7]、閉じた木構造の一部を切り取り、適切な箇所に加えることで開いた木構造にする。あるいは、木構造部を適切な折れ線で分割して開とし、切り線に沿って糊代部を設けることにする。このコンセプトを設け、画像処理で自動的に操作するシステムを計算機上で構築した。それに基づき、折紙ロボットは、Norigamiロボット[6]をベースに、平行線に沿って山、谷、山、谷、、、と折ってゆくところ、途中に斜め線も折れるように拡張したもので所期のものが得られることを確認した。月齢期の赤ちゃんオムツ[2]は、展開図を基に、人間が手で折ったが、高齢者用のオムツは、本研究で構築した折紙式3Dプリンターで構築できることを確認した。

参考文献

- [1] 萩原一郎、マリア・サブチェンコ、Yu Bo、篠田淳一、三次元構造物の製造方法、三次元構造物の製造装置、及び、プログラム、特許第6198107号(2017年9月1日)。
- [2]http://www.unicharm.co.jp/company/news/2019/1211066_13296.htm
- [3] R. J. Lang, T. Maker, <http://www.langorigami.com/science/treemaker/treemaker5.php4>(1989).
- [4] 舘知宏, Origamizer, 2007, (<http://www.tsg.ne.jp/TT/>).
- [5] J. Mitani, A Design Method for 3D Origami Based on Rotational Sweep, Computer-Aided Design and Applications, 6(1), 2009, pp.69-79.
- [6] J. A. Romero, L. A. Diago, C. Nara, J. Shinoda, I. Hagiwara, Norigami folding machines for complex 3D shapes, Proceeding of the ASME 2016 IDETC/CIE 2016,
- [7] 萩原一郎、ホアン・タイタット・グエン、ユウ・ボウ、タイ・フウン・タオ、展開図作成装置、展開図の作成方法、およびプログラム、登録番号：特許6529025号(2019年5月24日)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 ディアゴ・ルイス, 篠田淳一, 山崎桂子, 萩原一郎	4. 巻 89
2. 論文標題 複雑構造に対する切り紙ハニカムの生成法に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.22-00246	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 Diago,L., Shinoda,J., Hagiwara,I.	4. 巻 70
2. 論文標題 Kirigami Fabrication of Shaped, Flat-foldable Metamaterials based on Reverse Spiral Origami (RSO) Polyhedrons for Life Jacket	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JSST 2022	6. 最初と最後の頁 -
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 Abe, A.,Mi, D., Hashiguchi, M., Hagiwara, I	4. 巻 70
2. 論文標題 Study on reduction of indoor noise under acoustic-vibration coupling by natural frequency control and optimization of sound insulation materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JSST 2022	6. 最初と最後の頁 -
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 Terada,K., Hagiwara,I	4. 巻 9
2. 論文標題 Effective Folding Line Processing with a Press Method in Origami Forming Using a Low-cost and Simple V-shaped Punch Tool System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 98, 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11648/j.ijmea.20210906.13	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 該当する

1. 著者名 寺田耕輔, 萩原一郎	4. 巻 87
2. 論文標題 折紙工法におけるプレスによる折線加工法の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.21-00070	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 Luis Diago, Junichi Shinoda, Ichiro Hagiwara	4. 巻 69
2. 論文標題 Development of a Pattern for Continuous Manufacturing of Complex 3D Shapes with Kirigami Honeycombs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Simulation Technology JSST 2021	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 ルイス・ディアゴ, 篠田淳一, 萩原一郎	4. 巻 -
2. 論文標題 切り紙ハニカムを用いた新しいメタマテリアルの生成	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本機械学会第 34 回 計算力学講演会(CMD2021)講演予稿集電子版	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmecmd.2021.34.198	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 田志磊, 孔呈海, 趙巍, 趙希祿, 萩原一郎	4. 巻 15
2. 論文標題 キュービックコアパネルの曲げ剛性のモデル化とシミュレーションに関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1,13
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 Hou,J., Chen,L., Guan,J., Zhao,W., Hagiwara,I., Zhao, X.,A	4. 巻 -
2. 論文標題 A Laminated Spherical Tsunami Shelter with an Elastic Buffer Layer and Its Integrated Bulge Processing Method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 designs	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/designs7040095	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 Tian,Z.,Guan,J., Zhao,W.,Fukuchi, A.B., Zhao,X., Hagiwara,I.	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of a Cubic Core Lightweight Panel Using Origami-Kirigami Engineering	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 38,48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11648/j.ijmea.20231102.11	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 Guan, J., Yao,Y.,Zhao,W., Hagiwara,I., Zhao,X.	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of an Impact Energy Absorption Structure by an Arc Shape Stroke Origami Type Hydraulic Damper	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Shock and Vibration	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2023/4578613	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 Hagiwara,I., Chie Nara, C., Yang, Y	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of new foldable polyethylene terephthalate bottles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 247,262
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 Abe,A, Hagiwara, I, Yang,Y., Nara,C	4. 巻 10
2. 論文標題 Characteristic Analysis of Two Pairing Origami Polyhedrons and Their Application to Beverage Containers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 144,159
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 Aya Abe, Ichiro Hagiwara	4. 巻 10
2. 論文標題 Development of New Sound Insulation Simulation Technology Using Finite Element Method for Efficiency of High Aspect Ratio Core in Low Frequency Range	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 7,16
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 Zhao, X., C. Kong, Yang,Y., Hagiwara, I.	4. 巻 -
2. 論文標題 Reversed-torsion-type crush energy absorption structure and its inexpensive partial-heating torsion manufacturing method based on origami engineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Manufacturing Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/1.4052438	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 山崎 桂子, 阿部 富士子, 萩原 一郎	4. 巻 87
2. 論文標題 「折」を生かした日本独自の描画法「扇」の数理的解明の試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.21-00042	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 Yamazaki, K. Abe, F., Hagiwara, I.	4. 巻 -
2. 論文標題 Mathematical elucidation of the traditional Japanese fan focusing on its structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2021 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE2021	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/DETC2021-68773	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 Abe, A., Yashiro, H., Hagiwara, I.	4. 巻 -
2. 論文標題 Theoretical study of sound insulation simulations (About attaching effect of sound absorbing material AND Consideration of sound insulation performance by height of origami core)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2021 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE2021	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/DETC2021-68851	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 Yang, Y., Zhao, X., Hagiwara, I.	4. 巻 -
2. 論文標題 Energy absorption characteristics of passenger car with origami structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2021 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE2021	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/DETC2021-69870	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 Yang, Y. X., Hagiwara, I.	4. 巻 69
2. 論文標題 New semi origami structure for collision energy absorption and its manufacturing method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Society for Simulation and Technology	6. 最初と最後の頁 -
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 Abe, A., Hagiwara, I.	4. 巻 69
2. 論文標題 Theoretical Study of Sound Insulation Simulations focusing on Height of Origami Core	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Society for Simulation and Technology	6. 最初と最後の頁 -
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 -

〔学会発表〕 計72件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 折紙メタマテリアル創出のための振動・音響連成問題の固有周波数制御技術
3. 学会等名 計算工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ルイス・ディアゴ, 篠田淳一, 萩原一郎
2. 発表標題 切紙ロボット開発の一考察
3. 学会等名 応用数理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ルイス・ディアゴ, 篠田淳一, 萩原一郎
2. 発表標題 切り紙ロボットによる展開収縮可能な切紙ハニカム救命胴衣の開発検討
3. 学会等名 日本機械学会計算力学部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 メタマテリアルの折紙工学からのアプローチ
3. 学会等名 AIMaP研究集会「メタマテリアルの数理科学」第12回横幹連合コンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ルイス・ディアゴ、篠田淳一、萩原一郎
2. 発表標題 切り紙ハニカムで作られ出されるメタマテリアル
3. 学会等名 AIMaP研究集会「メタマテリアルの数理科学」第12回横幹連合コンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 畳む文化が育む折紙工学 / 切り紙、扇まで含めた新しい観点からの折紙工学
3. 学会等名 Prometech Simulation Conference 2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hagiwara, I
2. 発表標題 Origami engineering nurtured by Japanese folding culture- from a new perspective by including Kirigami and Fan in Origami engineering
3. 学会等名 International CAE Conference 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス、篠田淳一、萩原一郎
2. 発表標題 プラトニックソリッドを用いた切紙ハニカムの歩留まり最大化の検討
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾，米大海，萩原一郎
2. 発表標題 室内騒音低減に関する一考察
3. 学会等名 第28回計算工学会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子，米大海，橋口真宜，萩原一郎
2. 発表標題 折紙構造による音響空間の開発のための音響解析シミュレーション
3. 学会等名 第28回計算工学会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Diago Luis, 篠田淳一, 山崎桂子, 萩原一郎
2. 発表標題 Research on the Maximization of the Performance of Arbitrary Shaped Kirigami Honeycombs
3. 学会等名 第28回計算工学会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙希祿, 管径超, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙・切り紙工学を利用したキュービッ クコアパネルの開発
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Diago Luis, 篠田 淳一, 山崎 桂子, 安達悠子, 萩原一郎
2. 発表標題 切り紙ハニカムパターンを折り曲げて立 体構造物を構築する研究
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 管径超, YAO YUAN, 萩原一郎, 趙 希祿
2. 発表標題 湾曲ストローク式折紙油圧ダンパーに関する研究
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子, 米大海, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙構造による音響空間の開発のための音響解析シミュレーション
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部綾, 安達悠子, 米大海, 楊陽, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙遮音板の検討
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 管径超, 趙希祿, 萩原一郎, 趙 巍
2. 発表標題 車両の制振システムに適用する折紙型油圧ダンパーに関する研究
3. 学会等名 Dynamics & Design Conference 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 折り畳みと軽量化の両立する遮音シェード構造の検討
3. 学会等名 日本機械学会第 36 回 計算力学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部綾, 米大海, 楊陽, 安達悠子, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙遮音壁を用いた室内騒音低減に関する一考察
3. 学会等名 日本機械学会第 36 回 計算力学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Diago Luis, 篠田淳一, 山崎桂子, 安達悠子, 萩原 一郎
2. 発表標題 扇生産自動化研究
3. 学会等名 日本機械学会第 36 回 計算力学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部綾, 米大海, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 固有周波数制御による振動・音響連成下の室内騒音低減検討
3. 学会等名 計算工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎桂子, 阿部綾, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 快適音響空間創出手法の開発と折紙構造への適用
3. 学会等名 応用数理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾, 楊陽, 萩原一郎
2. 発表標題 振動・音響連成下の室内騒音低減検討と折紙コアへの適用
3. 学会等名 応用数理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎桂子, 橋口真宜, ディアゴ・ルイス, 萩原一郎
2. 発表標題 折り畳みと持ち運び可能な快適音響空間の開発検討
3. 学会等名 日本機械学会第 35 回 計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾, 楊陽, 米大海, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 エネルギー密度分布を利用した新しい振動・音響連成下の室内騒音低減手法の開発とシステム化
3. 学会等名 日本機械学会第 35 回 計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木淑恵, 萩原一郎
2. 発表標題 エネルギー密度に着目した折紙構造の振動制御
3. 学会等名 日本応用数理学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎桂子, ディアゴ ルイス, 萩原一郎
2. 発表標題 Development of digital technology to eliminate the unnaturalness of fanning two-dimensional photographs and paintings
3. 学会等名 日本応用数理学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部綾, 萩原一郎
2. 発表標題 有限要素法による遮音特性シミュレーション技術の折紙コアへの応用
3. 学会等名 日本応用数理学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木淑恵, 萩原一郎
2. 発表標題 新しい位相最適化法の開発と折紙輸送箱への適用
3. 学会等名 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部綾, 屋代春樹, 萩原一郎
2. 発表標題 有限要素法を用いた遮音シミュレーション (垂直コア高さによる最適化検討)
3. 学会等名 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎桂子, ルイス ディアゴ, 萩原一郎
2. 発表標題 二次元の写真・絵画などを扇にする際の不自然さを解消するデジタル技術の開発 浮世絵への適用
3. 学会等名 日本機械学会第 34 回 計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hagiwara, I.
2. 発表標題 A consideration of scientific- technical aspects and artistic aspect of origami engineering-aiming to create a new big industry and a new fan culture
3. 学会等名 ICIAM 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 折紙型油圧ダンパーの発明と展開
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス, 篠田淳一, 安達悠子, 武笠雅子, 山崎桂子, 萩原一郎
2. 発表標題 Fan production automation research
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木淑恵, 揚陽, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙ヘルメットの制作とシミュレーション
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 折り畳みと軽量化の両立する遮音シェード構造の検討
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部綾, 楊陽, 萩原一郎, 米大海
2. 発表標題 折紙遮音壁を用いた室内騒音低減に関する一考察
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木淑恵, ディアゴ・ルイス, 萩原一郎
2. 発表標題 お洒落なヘルメットの衝撃特性
3. 学会等名 折紙構造・折紙式プリンター・扇構造の工学的・芸術的アプローチ
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス, 佐々木淑恵, 萩原一郎
2. 発表標題 扇の現状と今後
3. 学会等名 折紙構造・折紙式プリンター・扇構造の工学的・芸術的アプローチ
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス、安達悠子、萩原一郎
2. 発表標題 蛇腹折りの自動化など扇の製作法
3. 学会等名 折紙構造・折紙式プリンター・扇構造の工学的・芸術的アプローチ
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 折紙工学の自動走行車両への貢献について
3. 学会等名 高度な自動運転を実現するための数理の現状と課題
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 日本文化が育んだ折紙・扇面の数理
3. 学会等名 明治大学ブランディング事業第7回公開シンポジウムMath Ubiquitous: 数理科学する明治大学「あやなすことわり」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hagiwara, I.
2. 発表標題 A new crash absorbing origami structure RTO and comparison of RTO with origami structures with 4 folding lines at intersection
3. 学会等名 WCCM-APCOM YOKOHAMA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 ハニカムコアをしのぐキュービックコアの発明と応用展開
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ルイス・ディアゴ, 篠田淳一, 萩原一郎
2. 発表標題 3D Printing with Kirigami Honeycombs
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎桂子, 橋口真宜, 萩原一郎
2. 発表標題 折紙構造による音響空間の開発のための音響解析シミュレーション
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾, 楊陽, 萩原一郎, 米大海
2. 発表標題 折紙コアへの適用のための振動・音響連成下の室内騒音低減検討
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および工学への応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 扇の現状と今後
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折紙構造・折紙式プリンター・扇構造の工学的芸術的アプローチ」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 萩原一郎
2. 発表標題 欧米中国と日本のエネルギー吸収折紙構造の研究方向の相違について
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および折紙工学への応用研究 」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス、篠田淳一、萩原一郎
2. 発表標題 Origami metamaterial reconstructing any structure including non-convex curved surface in a row
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および折紙工学への応用研究 」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎 桂子ディアゴ・ルイス、萩原一郎
2. 発表標題 扇研究の今後の展望
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会「折り紙の科学を基盤とするアート・数理および折紙工学への応用研究 」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yang, Y., Nara, C., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Development of beautifully foldable PET bottles
3. 学会等名 ICIAM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sasaki, T., Yang Yang Y., Hagiwara I.
2. 発表標題 Application of the proposed method to a transport origami box
3. 学会等名 ICIAM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Diago, L., Shinoda, J., Yamazaki, K., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Platonic solids-based optimization for kirigami honeycomb fabrication of complex structures
3. 学会等名 ICIAM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Abe, A., Yang, Y., Nara, C., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Geometrical Comparison of Two kinds of Pairing Origami Polyhedron and Their Application to Beverage Containers
3. 学会等名 ICIAM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamazaki, K., Masanori Hashiguchi, M., Mi, D., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Development study of foldable and portable comfortable acoustic space
3. 学会等名 ICIAM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 萩原一郎, 山崎桂子, ディアゴ・ルイス, 武笠雅子, 安達悠子, 石濱正男
2. 発表標題 シート単独の折から筋付きシートの折へー扇などの新しい折紙工學-
3. 学会等名 第35回折り紙の科学・数学・教育研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 楊陽, 佐々木淑恵, 阿部綾, 萩原一郎
2. 発表標題 折り紙作業ヘルメットの衝撃シミュレーション
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 ディアゴ・ルイス, 安達悠子, 武笠雅子, 山崎桂子, 萩原一郎
2. 発表標題 竹骨付き折紙「扇」の新しい製造法と価値の創生
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Arzu Gonenc Sorguc, Muge Krusa Yemiscioglu, Hagiwara, I.
2. 発表標題 Origami to Decode Folding Strategies in Nature
3. 学会等名 WCCM-APCOM YOKOHAMA (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Diago, L.A., Shinoda, J., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Origami metamaterial reconstructing any structure including non-convex curved surface in a row
3. 学会等名 WCCM-APCOM YOKOHAMA (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Abe, A., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Development of New sound insulation simulation technology using Finite element method and its application to Origami core
3. 学会等名 WCCM-APCOM YOKOHAMA (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾、米大海、萩原一郎
2. 発表標題 折紙コアを用いた室内騒音低減検討とシステム化
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Diago, L.A., Shinoda, J., Adachi, Y., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Development of a Fan Folding Machine
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子、橋口真宜、米大海、萩原一郎
2. 発表標題 折畳軽量音響室開発の一考察
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎桂子、ディアゴ・ルイス、萩原一郎
2. 発表標題 扇の表面画像の数理的解明及びその応用
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木淑恵、萩原一郎
2. 発表標題 安全折紙輸送箱の振動設計の一考察
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木淑恵 萩原一郎
2. 発表標題 エネルギー密度位相変更法と応答曲面最適化法による折紙輸送箱の最適設計
3. 学会等名 日本数学会, 日本応用数理学会 異分野異業種研究交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部綾, 楊陽, 萩原一郎
2. 発表標題 振動・音響連成下の室内騒音低減検討と折紙コアへの応用
3. 学会等名 日本数学会, 日本応用数理学会 異分野異業種研究交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yamazaki, K., Diago, L., Hagiwara, I.
2. 発表標題 Development of digital technology to eliminate the unnaturalness of fanning two-dimensional photographs and paintings
3. 学会等名 日本数学会、日本応用数理学会 異分野異業種研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部綾、萩原一郎
2. 発表標題 一節点6折線エネルギー吸収折紙構造の最適設計
3. 学会等名 日本数学会、日本応用数理学会 異分野異業種研究交流会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計8件

1. 著者名 萩原一郎	4. 発行年 2022年
2. 出版社 (株)技術情報協会	5. 総ページ数 16
3. 書名 自動車マルチマテリアルに向けた樹脂複合材料の開発	

1. 著者名 Hagiwara, I. and Kondoh, A	4. 発行年 2022年
2. 出版社 ENGINSOFT	5. 総ページ数 6
3. 書名 Fururities, The Simulation Based Engineering & Sciences Magazin - Spring 2022	

1. 著者名 萩原一郎, 奈良知恵	4. 発行年 2022年
2. 出版社 NTTデータエンジニアリングシステムズ	5. 総ページ数 2
3. 書名 人とシステム	

1. 著者名 Hagiwara, I	4. 発行年 2021年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 41
3. 書名 Global Optimization Method to Multiple Local Optimals with the Surface Approximation Methodology and Its Application for Industry Problems in "Response Surface Methodology in Engineering Science"	

1. 著者名 萩原一郎	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本応用数学会	5. 総ページ数 4
3. 書名 応用数理の遊歩道 畳む文化が育む折紙工学, 折紙式プリンター, そして折畳扇 in "応用数理"	

1. 著者名 萩原一郎	4. 発行年 2022年
2. 出版社 明治図書	5. 総ページ数 4
3. 書名 折り紙はこれからの産業の鍵を握っている?! in "数学教育"	

1. 著者名 萩原一郎	4. 発行年 2023年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 5
3. 書名 折紙工学 折紙構造の産業化へ	

1. 著者名 Hagiwara, I	4. 発行年 2024年
2. 出版社 SIAM	5. 総ページ数 4
3. 書名 A consideration of scientific- technical aspects and artistic aspect of origami engineering- aiming to create a new big industry and a new fan culture	

〔出願〕 計7件

産業財産権の名称 緩衝装置	発明者 萩原一郎、趙希祿	権利者 株式会社スペースシーファイブ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-037761	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 帽子	発明者 萩原一郎、佐々木淑 恵	権利者 株式会社スパー スシーファイブ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-194075	出願年 2023年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 携帯情報端末用スタンド	発明者 佐々木淑恵、萩原一 郎	権利者 株式会社スパー スシーファイブ
産業財産権の種類、番号 意匠、意願2024-003072	出願年 2024年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 球状タンクの製造方法および球状タンク	発明者 萩原一郎、趙希祿	権利者 株式会社スパー スシーファイブ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-097813	出願年 2022年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 コアパネル, コアパネルの製造方法およびコア製造装置	発明者 萩原一郎、趙希祿	権利者 株式会社スパー スシーファイブ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-177019	出願年 2022年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 緩衝装置	発明者 萩原一郎、趙希祿	権利者 株式会社スパー スシーファイブ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-037761	出願年 2023年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 衝撃吸収体の製造装置、衝撃吸収体および衝撃吸収体の製造方法	発明者 萩原一郎、趙希祿	権利者 株式会社イン ターローカス
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-133573	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	ディアゴ ルイス・アリエル (Diago Luis Ariel) (20467020)	明治大学・研究・知財戦略機構(中野)・研究推進員 (32682)	
研究分担者	萩原 一郎 (Hagiwara Ichiro) (50282843)	明治大学・研究・知財戦略機構(駿河台)・研究推進員(客員研究員) (32682)	

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	楊 陽 (Yang Yang) (90838260)	明治大学・研究・知財戦略機構（中野）・研究推進員 (32682)	

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