

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01535

研究課題名（和文）特定方向に大きく曲げねじり変形する翼構造の提案とその性能評価

研究課題名（英文）Research on wing structures bending and twisting seamlessly and largely in specific directions

研究代表者

池田 忠繁（IKEDA, Tadashige）

中部大学・理工学部・教授

研究者番号：40273271

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,600,000円

研究成果の概要（和文）：「空飛ぶクルマ」の低燃費、低騒音化を目指して、非常に短距離で離着陸ができるように、連続的に曲げねじりを伴い特定方向に大変形する翼に関する研究を実施した。まず、基本構造を提案し、その構造に生ずる静的、動的現象を理論的および実験的に明らかにした。また、非線形変形の効果を取り入れた設計法を開発し、大変形する翼設計に適用し、その効果を明らかにした。最後に、提案した翼構造を有する小型無人機を製作し、風洞実験および実飛行試験を実施し、飛行可能性、操縦可能性を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特定方向に大変形する基本構造として、コルゲート構造、格子構造、セル構造、部分補強複合材構造について、それらの変形挙動を体系的に調査した。また、静的・動的特性を考慮した多目的最適化設計法、および、大変形を扱える非線形最適化設計法を提案し、その効果を実証した。このような構造や設計法は、複雑なリンク機構を持たず、少ないアクチュエータ数で複雑な変形を可能とする新しい発想の構造であり、「空飛ぶクルマ」の可変翼のみならず、風車やポンプなどの回転機械のブレードやロボットアームなどの可変構造の設計の概念を変えるものとなり得る。

研究成果の概要（英文）：Research on wing structures bending and twisting seamlessly and largely in specific directions are carried out, so that "Advanced Air Mobilities" having wings can take-off and land in a very short distance. First, fundamental structures of the wings are proposed, and their static and dynamic phenomena and behaviors are clarified theoretically and experimentally. A nonlinear topology optimization method is also developed and applied to design of a large deformation wing, and its effectiveness is shown. Finally, a radio-controlled airplane having a proposed wing structure is built, and wind tunnel tests and flight tests are performed. The results demonstrate its flight ability and controllability.

研究分野：航空宇宙工学関連

キーワード：モーフィング翼 複合材料 コルゲート構造 最適化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「空飛ぶクルマ」の開発が世界中で盛んに行われており、有人飛行試験段階まで来ているものもある。それらは、推力および揚力を複数のプロペラで発生させる形式が採用されることが多く、その実用化に向けては、巡航時の燃費効率（または電力消費率）向上と騒音低減が、喫緊の課題である。そこで、その対策として固定翼で揚力を発生させるが、非常に短距離での離着陸ができるように、大変形し低速でも大きな揚力を得ることができる翼構造を提案する。

このように状況に応じて翼形状を変化し、可能な限り高性能を維持するために、従来の複雑なヒンジ・リンク機構ではなく、構造の弾性により連続的に形状を変化させるモーフィング手法を使用することは、段差や角部がないため空気抵抗や騒音が少なく、かつ、システムが簡単であり軽量化できる可能性があるため近年注目されている。しかしながら、従来のモーフィング翼の研究は、翼の長手方向には一様に変形する構造がほとんどで [例えば 1, 2]、ねじれを伴ったり [例えば 3]、スパン方向にフラップ角の分布を有する構造 [例えば 4] は、既存の発想では、製作が容易でないためか、発表数は少なく、連続的に曲げねじりを伴い、大変形する構造を新たに提案する必要がある。

一方、当該研究者らはモーフィング構造に関して、強化繊維と機能繊維を任意に配置する多機能複合材料、特定方向に柔軟な波板構造（コルゲート構造）、トポロジー最適化等を用いた革新的な構造を提案してきている [5-10]。

2. 研究の目的

「空飛ぶクルマ」の低燃費、低騒音化を目指して、非常に短距離で離着陸ができるように、連続的に曲げねじりを伴い特定方向に大変形する翼の基本構造とその設計手法を提案し、その構造に生ずる静的、動的現象を理論的および実験的に明らかにする。このために、当該研究者らがこれまでに実施してきた革新的なモーフィング構造に関する研究を進展させ、特定方向に大変形する翼の基本構造を提案し、その実現可能性を検証する。

3. 研究の方法

まず、単純構造部材に対して、仮想的な空力荷重に耐えつつ、特定の方向には、容易にねじり/曲げをするような部材を設計する。刺しゅう技術を用いる場合は、強化繊維を全面的に配置することだけでなく、部分補強的に用いることも考える。実験的に、材料定数の取得も含め、いくつかの基本パターンを試し、その後、適切な拘束条件を導入しても駆動することを検証する。また、大変形するモーフィング翼構造の最適設計に対し数値不安定性が生じない新しい手法も開発する。

最終的には、空飛ぶクルマへの適用を考慮し、空力弾性性能評価、重量、飛行性能等のバランスを考慮した多目的最適設計等を実施する。また、得られた結果に基づき、主構造部、フラップ、アクチュエータを選択、無人小型機へ適用し、風洞試験および飛行試験を実施し、安定性、操縦性等を評価する。

4. 研究成果

特定方向に大変形する基本構造として、コルゲート構造、格子構造、セル構造、部分補強複合材構造について、それらの変形挙動を体系的に調査した。

図1は、コルゲート構造について、コルゲート方向を変化させた構造や曲線型コルゲート構造の幾何学的パラメータを変化させた場合、格子構造について、それらの曲げ、ねじり剛性特性と質量の関係を数値解析モデルにより計算した結果である [11]。解析範囲においては、曲げ剛性は立方体格子構造が最も高く、八面体格子構造が比較的低い値をとった。コルゲート構造はそれらの格子構造の間の剛性を与える結果となった。コルゲート構造においては、コルゲート角 $\theta_{cor}=0$ やコルゲート曲率半径 ρ_{cor} が大きな値で曲げ剛性が高く、 θ_{cor} を増加、または、 ρ_{cor} を減少させると低下する傾向があった。ねじり剛性に関しては、開断面のみからなるコルゲート構造は、閉断面を有する格子構造と比較し低い値をとる結果となった。八面体格子は立方体格子と比べねじりに関して剛と考えられるが、隣接する単位格子同士が一接点のみで結合されているため、ねじり剛性を効率的に得られていない結果となったと考えられる。

格子構造に関しては、さらに図2に示すような格子構造に対して、実際に3Dプリンタで試験片を造形し、曲げ、引張、圧縮、ねじり剛性を調べた [12]。表1に結果をまとめる。X格子はねじり剛性が高いが、曲げ、引張、圧縮剛性が低く、立方体格子は曲げ、引張、圧縮剛性が高く、ねじり剛性が低い、八面体格子は曲げ、引張、圧縮、ねじり剛性すべてが高いこと等が分かった。

また、CFRP長方形板の周囲を部分補強することで、ねじり双安定が発現することを確認し、その変形-荷重関係を実験および数値解析により調べた [13]。双安定構造は、比較の変形が大きく、形状保持にエネルギーが不要であることから、変形量が決まっている場合に有効である。さらに、翼形状とするためにEPP外形材を取り付けた構造形態における変形特性を調べ、外形材や飛行中の大気温度による変形特性の変化の様子を明らかにした。

大変形する翼構造を最適設計するためには、非線形な有限変形を考慮する必要があるが、その

場合、最適化過程において、数値不安定性が生じる。この問題を解決するために、メッシュアダプティブ法と極低バネ定数のバネを導入することを提案した。この設計法を大変形する翼の設計に適用した結果、線形解析では到達できない目標変形形状に近く変形できる内部構造を設計することができ、その効果を明らかにした [14]。さらには、空力と構造の連成効果を考慮した最適設計問題に拡張し、目標変形形状を必要とせず、空力性能を目的関数としたトポロジー最適設計問題として定式化した [15]。また、モーフィングフラップをスパン方向に分割したレジリエント運用を提案した。スパン方向分割により、一部が故障しても全体の揚力を回復するだけでなく、翼根曲げモーメントを減少させるような舵角分布が得られ、その有効性を示した [16]。

本研究課題の集大成として、コルゲート構造、格子構造、セルラー構造等の構造要素を適用したモーフィング翼構造についての静的な構造特性、空力特性、およびフラッタ特性を考慮した多目的最適設計を試みた。様々な内部構造を表す設計変数を数式化して扱い、効率的な多目的設計手法を適用して、優れた特性を有する翼型とその内部構造を見出した [17]。また、高曲げ剛性、低ねじり剛性の立方体格子構造を適用したねじりモーフィング翼を有する小型ラジコン機を製作し、風洞実験および実飛行試験を実施し、その飛行可能性および操縦可能性を実証した [12]。

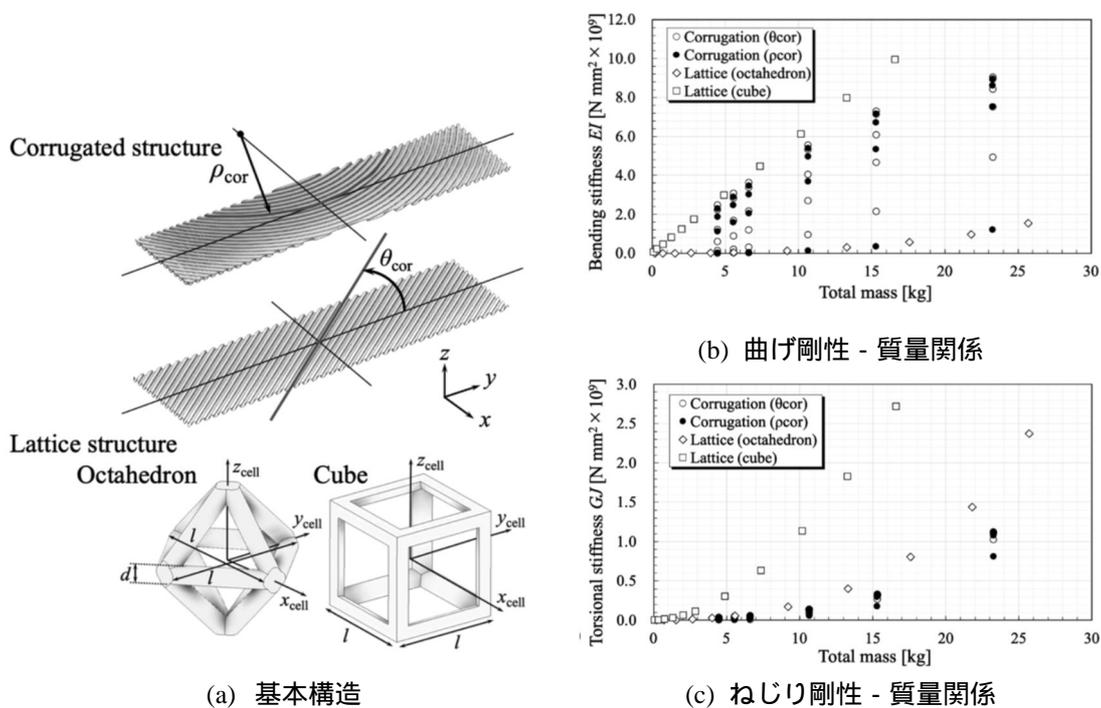


図 1. 基本構造の特性 [11]

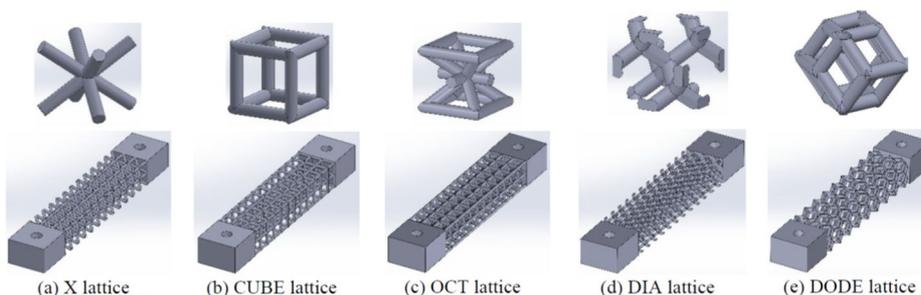


図 2. 調査した格子構造 [12]

表 1. 調査した格子構造の曲げ、引張、圧縮、ねじり剛性 [12]

Parameter	X lattice	CUBE lattice	OCT lattice	DIA lattice	DODE lattice
Mass of lattice part (g)	1.93	1.44	3.30	1.93	2.47
Density (kg/m ³)	214	136	313	214	223
Bending stiffness (N·m ²)	1.06 × 10 ⁻²	5.79 × 10 ⁻²	22.98 × 10 ⁻²	2.39 × 10 ⁻²	2.99 × 10 ⁻²
Bending stiffness per density (N·m ⁵ /kg)	0.51 × 10 ⁻⁴	4.27 × 10 ⁻⁴	7.35 × 10 ⁻⁴	1.12 × 10 ⁻⁴	1.57 × 10 ⁻⁴
Tensile stiffness (N)	930	7050	11200	1710	1503
Tensile stiffness per density (N·m ³ /kg)	4.35	51.84	35.78	7.99	6.74
Compressive stiffness (N)	550	3940	7500	1160	830
Compressive stiffness per density (N·m ³ /kg)	2.57	28.97	23.96	5.42	3.74
Torsional stiffness (N·m ²)	4.50 × 10 ⁻²	0.88 × 10 ⁻²	5.94 × 10 ⁻²	3.60 × 10 ⁻²	2.80 × 10 ⁻²
Torsional stiffness per density (N·m ⁵ /kg)	2.10 × 10 ⁻⁴	0.65 × 10 ⁻⁴	1.90 × 10 ⁻⁴	1.68 × 10 ⁻⁴	1.26 × 10 ⁻⁴



図 3. 提案した翼構造有する小型無人機の飛行試験の様子 [12]

<引用文献>

- [1] Merlin, P.W., Green Light for Green Flight, NASA Aeronautics Book Series, (2020), 3-120.
- [2] Wölcken, P.C., Papadopoulos, M, Smart Intelligent Aircraft Structures, Springer, (2016), 41-215.
- [3] Daynes, S., 他 2 名, Thin-Walled Structures, 94 (2015), 129-134.
- [4] Nguyen, N. 他 5 名, SAE Technical Paper 2015-01-2565 (2015), 1-35.
- [5] 岡, 池田, 仙場, 日本複合材料学会誌, 40-1 (2014), 10-16.
- [6] Ikeda, T., Ishigami, M., Nishihara, T., Proc. ICAS2018, (2018), ICAS2018_0475, 1-8.
- [7] Yokozeki, T., Sugiura, A., Hirano, Y., Journal of Aircraft, 51-3 (2014), 1023-1029.
- [8] Fujioka, E., Yokozeki, T., 他 2 名, Advanced Composite Materials, 28 (2019), 245-257.
- [9] Kambayashi, K., Kogiso, N., 他 4 名, Trans. JSASS, 62 (2020), 90-100.
- [10] 麻生, 田中, 溝口, 日本機械学会論文集, 19-00004 (2019), 1-12.
- [11] 林, 曽根田, 横関, 第 64 回構造強度に関する講演会講演集, (2022), 165-167.
- [12] Nishijima, Y., Tanaka, H., Trans. JSASS, Aerospace Technology Japan, 22 (2024), 33-40.
- [13] 狩野, 池田, 日本機械学会 M&M2023 材料力学カンファレンス予稿集, (2023), MM0707, 1-4.
- [14] Kambayashi, K., Kogiso, N., Watanabe, I., Yamada, T., Structural and Multidisciplinary Optimization, (2023), 66-223, 1-17.
- [15] Kambayashi, K., Kogiso, N., Proc. APISAT 2023, (2023), A0730, 1-9.
- [16] Kogiso, N., Konishi, K., Proc. 2021 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021), 1 (2022), 815-826.
- [17] Wu, S., Yokozeki, T., Proc. AeroBest 2023, II ECCOMAS Thematic Conference on Multidisciplinary Design Optimization of Aerospace Systems, (2023), 54-73.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 NISHIJIMA Yuta, TANAKA Hiroaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Evaluation of Structural Characteristics of Lattice Structure and Proposal of Shear Stopper Lattice for Application to Twist-Morphing Wings	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 33～40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2322/tastj.22.33	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 Kambayashi Keita, Kogiso Nozomu, Watanabe Ikumu, Yamada Takayuki	4. 巻 66:223
2. 論文標題 Level-set-based topology optimization of a morphing flap as a compliant mechanism considering finite deformation analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Structural and Multidisciplinary Optimization	6. 最初と最後の頁 1～17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00158-023-03670-1	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 Soneda Kensuke, Tsushima Natsuki, Yokozeki Tomohiro, Imamura Taro	4. 巻 23
2. 論文標題 Aeroservoelastic Characteristics of a Corrugated Morphing Control Surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Aeronautical and Space Sciences	6. 最初と最後の頁 723～733
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s42405-022-00474-3	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 Soneda Kensuke, Yokozeki Tomohiro, Imamura Taro, Tsushima Natsuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Multifidelity Aeroelastic Model for Corrugated Morphing Structures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Aircraft	6. 最初と最後の頁 120～129
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2514/1.C036692	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 Kogiso Nozomu, Konishi Kento	4. 巻 912
2. 論文標題 Multi-objective Optimization for Resilient Operation of Adaptive Morphing Flap Divided into Span Directions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Electrical Engineering	6. 最初と最後の頁 815 ~ 826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-19-2689-1_62	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 Tsukamoto Ryota, Senba Atsuhiko, Ikeda Tadashige, Tamayama Masato, Arizono Hitoshi, Katori Hiroaki	4. 巻 70
2. 論文標題 Effectiveness and Challenges in Implementation for Application of Spirally-Guided SMA Wires for Morphing Actuation System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 128 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/jjsass.70.128	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 ARAI Yusuke, TANAKA Hiroaki	4. 巻 87
2. 論文標題 Study on cross-sectional shape of outer cylinder for twist type morphing blade using double cylinder structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	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) 10.1299/transjsme.21-00078	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39件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 K. Soneda, N. Tsushima, T. Yokozeki, T. Imamura
2. 発表標題 Dynamic aeroelastic response of camber morphing aircraft
3. 学会等名 Aerospace Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Wu, T. Yokozeki
2. 発表標題 Aeroelastic optimization of a cellular flying car wing using Thompson Sampling efficient multiobjective optimization (TS-EMO) algorithm
3. 学会等名 AeroBest 2023, II ECCOMAS Thematic Conference on Multidisciplinary Design Optimization of Aerospace Systems (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西島 雄大, 田中 宏明
2. 発表標題 ラティス構造を用いたツイスト型モーフィング翼を持つ小型無人機の開発
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第 65 回 構造強度に関する講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Kambayashi, N. Kogiso
2. 発表標題 Fundamental Study on Aerodynamic-Driven Topology Optimization of Compliant Morphing Airfoil Using Panel Method
3. 学会等名 14th Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小山 健太, 小木曾 望
2. 発表標題 コンプライアントグリッパーの多目的トポロジー最適設計と実験による性能検証
3. 学会等名 日本機械学会 第33回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山下 大輔, 青山 恵, 嵯峨田 宗博, 池田 忠繁
2. 発表標題 双安定を利用した低騒音スラット収納機構
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第60回関西・中部支部合同秋期大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 狩野 真之介, 池田 忠繁
2. 発表標題 刺しゅう機を用いて製作したねじれ双安定CFRP構造
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2023 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水上直樹, 狩野真之介, 池田忠繁
2. 発表標題 刺しゅう機を用いて製作した双安定CFRP構造における変形駆動力 - 変位関係のエネルギー法による解析
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第65回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 曾根田 健輔, 津島 夏輝, 横関 智弘, 今村 太郎
2. 発表標題 コルゲート型モーフィング尾翼を用いた縦運動制御に関する研究
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第61回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中 宏明, 加藤 弘雅, 西島 雄大
2. 発表標題 モーフィング翼への適用に向けた X-ラティス構造の検討
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第61回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shinnosuke Kano, Tadashige Ikeda
2. 発表標題 Deformation Analysis of a Bi-stable CFRP Structure Fabricated with an Embroidery Machine
3. 学会等名 The 23rd International Symposium on Aerospace Technology & Manufacturing Process (ISATMP-23, 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 SONEDA Kensuke, TSUSHIMA Natsuki, YOKOZEKI Tomohiro
2. 発表標題 Aeroelastic Flight Simulations of Aircraft with Morphing Wings
3. 学会等名 The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 SONEDA Kensuke, TSUSHIMA Natsuki, YOKOZEKI Tomohiro, IMAMURA Taro
2. 発表標題 Coupled Aeroelasticity and Flight Dynamics of Active Morphing Aircraft
3. 学会等名 AIAA Scitech 2023 Forum (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 NISHIJIMA Yuta、TANAKA Hiroaki、BIRON Adrian、MIURA Takashi
2. 発表標題 Variations in Structural Properties of Lattice Structures Depending on Unit Cell Shape for Morphing Wings
3. 学会等名 33rd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 NISHIJIMA Yuta、TANAKA Hiroaki
2. 発表標題 Evaluation of Structural Characteristics of Lattice Structures and Effectiveness of Shear Stopper Lattice for a Morphing Wing System
3. 学会等名 The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KAMBAYASHI Keita、KOGISO Nozomu、WATANABE Ikumu、YAMADA Takayuki
2. 発表標題 Topology Optimization of an Internal Compliant Mechanism of Morphing Flap with Finite Deformation
3. 学会等名 The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 TAKAHASHI Yuta、IKEDA Tadashige、TANAHASHI Yoshiharu、KISHIMOTO Naoko、TOMINAGA Jun、WADA Daichi、TAMAYAMA Masato、IWAMI Yasuko、TOMITA Naoki
2. 発表標題 Comparison in Aerodynamic Performance among a Soft Taxidermy Bird and Hard Model Birds - Fabrication of the Hard Model Birds and Numerical Simulation -
3. 学会等名 The 22nd International Symposium on Aerospace Technology & Manufacturing Process (ISATMP-22, 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 TAMAYAMA Masato、KISHIMOTO Naoko、IKEDA Tadashige、TANAHASHI Yoshiharu、IWAMI Yasuko、TOMITA Naoki、KATAGIRI Kazuaki、DEGUCHI Tomohiro、WADA Daichi
2. 発表標題 Wind Tunnel Tests of Crafted Birds
3. 学会等名 The 22nd International Symposium on Aerospace Technology & Manufacturing Process (ISATMP-22, 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KANO Shinnosuke、IKEDA Tadashige
2. 発表標題 Deformation Characteristics of a Bistable Morphing CFRP Structure Manufactured with an Embroidery Machine
3. 学会等名 The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KISHIMOTO Naoko、WADA Daichi、TAMAYAMA Masato、IWAMI Yasuko、TOMITA Naoki、IKEDA Tadashige、TANAHASHI Yoshiharu、KATAGIRI Kazuaki
2. 発表標題 Wind Tunnel Experiment of Taxidermy Black-tailed Gull (Larus Crassirostris) and Black Kite (Milvus Migrans)
3. 学会等名 33rd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林悠太、曾根田健輔、横関智弘
2. 発表標題 航空機翼のモーフィングに適用する周期構造の剛性特性の検討
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西島雄大、田中宏明
2. 発表標題 モーフィング翼への適用に向けたラティス構造の構造特性評価
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上林恵太、小木首望、山田崇恭、渡邊育夢
2. 発表標題 レベルセット法に基づく有限変形を考慮したコンプライアント機構のトポロジー最適設計
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山健太、小木首望、和野公星、古田幸三、西脇眞二
2. 発表標題 インフィル構造創成法によるコンプライアント機構の形態設計
3. 学会等名 日本機械学会第32回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上林恵太、小木首望、渡邊育夢、山田崇恭
2. 発表標題 有限変形を考慮したコンプライアントモーフィングフラップのトポロジー最適設計
3. 学会等名 日本機械学会第14回最適化シンポジウム2022 (OPTIS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋佑太、池田忠繁、棚橋美治、岸本直子、富永順、玉山雅人、和田大地、岩見恭子、富田直樹
2. 発表標題 ウミネコの 3D プリント模型の製作とその空力特性解析
3. 学会等名 第59回日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋期大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 狩野真之介、新納巧巳、池田忠繁
2. 発表標題 刺しゅう機を用いて製作したCFRP双安定構造の吸湿による影響
3. 学会等名 日本機械学会 M&M 2022 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 狩野真之介、池田忠繁
2. 発表標題 刺しゅう機を用いて製作した双安定CFRP構造の変形駆動力 - 変位関係
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河田陽、仙場淳彦、池田忠繁、玉山雅人、有菌仁
2. 発表標題 モーフィング翼の2段拮抗式SMAワイヤによる駆動特性評価
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岸本直子、玉山雅人、和田大地、池田忠繁、棚橋美治、岩見恭子、富田直樹
2. 発表標題 柔軟な翼を持つ鳥の剥製の風洞実験
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田忠繁、新納巧巳、狩野真之介、石ヶ崎公貴、内山稜太、神谷侑樹
2. 発表標題 刺しゅう機を用いて製作したCFRPの双安定構造に関する基礎研究
3. 学会等名 M&M2021材料力学カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 棚橋美治、加藤竜弥、天野将嗣、嵯峨田宗博、池田忠繁、岸本直子
2. 発表標題 鳥模型の空力特性の翼形状効果に関する基礎研究
3. 学会等名 第59回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 TANAKA Hiroaki、ARAI Yusuke
2. 発表標題 Study on Shapes of Double Cylindrical Structure for Wing Twist Morphing
3. 学会等名 12th Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西島雄大、ADRIAN Biron、三浦貴志、田中宏明
2. 発表標題 ラティス構造に用いる基本構造の違いによる構造特性の変化
3. 学会等名 第36回宇宙構造・材料シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SONEDA Kensuke、TSUSHIMA Natsuki、YOKOZEKI Tomohiro、IMAMURA Taro
2. 発表標題 Aeroservoelastic Characteristics of Corrugated Morphing Structures
3. 学会等名 12th Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林悠太、曾根田健輔、横関智弘
2. 発表標題 周期構造を用いたモーフィング翼の曲げ・ねじり剛性評価
3. 学会等名 第13回日本複合材料会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KOGISO Nozomu、KONISHI Kento
2. 発表標題 Multi-objective Optimization for Resilient Operation of Adaptive Morphing Flap Divided into Span Directions
3. 学会等名 12th Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小木曾望、小西健斗
2. 発表標題 スパン方向に分割されたモーフィングフラップのレジリエント運用のための多目的最適設計法
3. 学会等名 第31回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小木曾望、小西健斗
2. 発表標題 多目的最適設計法を利用したモーフィングフラップのレジリエント運用の検討
3. 学会等名 第31回計算力学部門講演会
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	横関 智弘 (YOKOZEKI Tomohiro) (50399549)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	小木曾 望 (KOGISO Nozomu) (70295715)	大阪公立大学・大学院工学研究科・教授 (24405)	
研究分担者	田中 宏明 (TANAKA Hiroaki) (90532002)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・教授 (82723)	

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