

令和 4 年 5 月 6 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02347

研究課題名(和文) 宇宙展開膜面構造物の非線形ダイナミクスの総体を表現する普遍的確率モデルの構築

研究課題名(英文) Establishment of universal probability model representing nonlinear dynamics of space deployable membrane structures

研究代表者

岩佐 貴史 (Iwasa, Takashi)

鳥取大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90450717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、展開後の膜構造物モデルの振動応答を格子投影法で計測し、振動応答スペクトル値の空間分布特性について検討した。得られた成果は以下の2つである。

- 1) 薄膜の振動モードに幾何学的な周期性が見られる場合(例えば高次モードが1次モードを縮尺したパターン of 繰り替えしで構成される場合)、振動応答スペクトル値の空間分布はモードの次数によらず類似となる。この類似性は薄膜のスケールに依存しない普遍的な性質と考えられ振動応答上限値の予測に有効な性質である。
- 2) 一方、振動モードの幾何学的周期性は不確定因子に影響を受け幾何学的周期性が損なわれればスペクトル値の空間分布の類似性も損なわれる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、展開型膜面宇宙構造物の複雑な非線形ダイナミクスを従来のように要素毎にモデル化して検討するのではなく構造物全体の応答を「変位の空間分布」として捉え、そこに潜む普遍的性質(構造スケールや各種不確定性に鈍感な性質)を利用して展開型膜面宇宙構造物の振動応答を一定の信頼度で予測する新たな方法論の確立を目指す点にあった。この視点において、本研究で得られた2つの成果は今後予測法を構築するにあたって大変重要な知見であり、学術的・社会的意義は大きいと思われる。

研究成果の概要(英文)：This study investigates the spatial distribution property of spectra measured on vibrating membrane through photogrammetric measurement of the deployable membrane structure model. The major findings obtained in this study are summarized below.

- 1) When periodicity of the geometric pattern is observed in the vibration mode (for example, higher vibration modes are constituted by periodicity of the lower vibration mode), the spatial distribution of spectra becomes similar regardless of the order of the vibration mode. It is believed that this similarity of the spatial distribution of spectra is universal characteristic regardless of the structural size.
- 2) However, when the periodicity of the geometric pattern in the vibration mode is not observed according to some uncertainty such as an initial geometric imperfection, the similarity of the spatial distribution of spectra will be broken.

研究分野：航空宇宙工学

キーワード：宇宙展開膜面構造物 非線形ダイナミクス 変位の空間分布 応答予測 画像計測

1. 研究開始当初の背景

ソーラーセイルやインフレータブルアンテナのような展開型の宇宙膜面構造物は、外力に対する抵抗力が小さく展開時に生じる衝撃力や運用時のマヌーバによって容易に振動が発生する。軌道上における構造物の振動は運用性能に悪影響を及ぼすため、その動的挙動を打上げ前に適切に予測することが必要となる。しかし、展開型の宇宙膜面構造物の動的挙動は幾何学的非線形性が強く、薄膜やブーム等の相互作用も加わり複雑な挙動となる。このような宇宙膜面構造物のダイナミクスを解析するには、それぞれの構造要素とその相互作用で生じる振動現象をできる限り厳密にモデル化し高度なアルゴリズムを用いて解析することが常套のアプローチと考えられる。しかし、このような従来型の方法は、ある要素のモデル化が十分でなかった場合、モデル化誤差の影響が膜面全体のダイナミクスに生じ、精度よく予測することが難しくなる。

そこで我々は、宇宙膜面構造物のダイナミクスを従来のように要素毎にモデル化して検討するのではなく、まずは宇宙膜面構造物のダイナミクスの「総体」を変位の空間分布として捉える。そして、変位の空間分布に潜む普遍的な性質(構造スケールや各種不確定性に鈍感な性質)を探索し、その性質を利用して宇宙膜面構造物の振動応答上限値を一定の信頼度で予測する新たな方法論の確立を目指す(図1)。そのためには、宇宙膜面構造物のダイナミクスに対し「変位の空間分布に潜む普遍的な性質」を見出すことが必要であり、これが本研究課題の核心となる学術的「問い」であり本研究課題の目的となる。

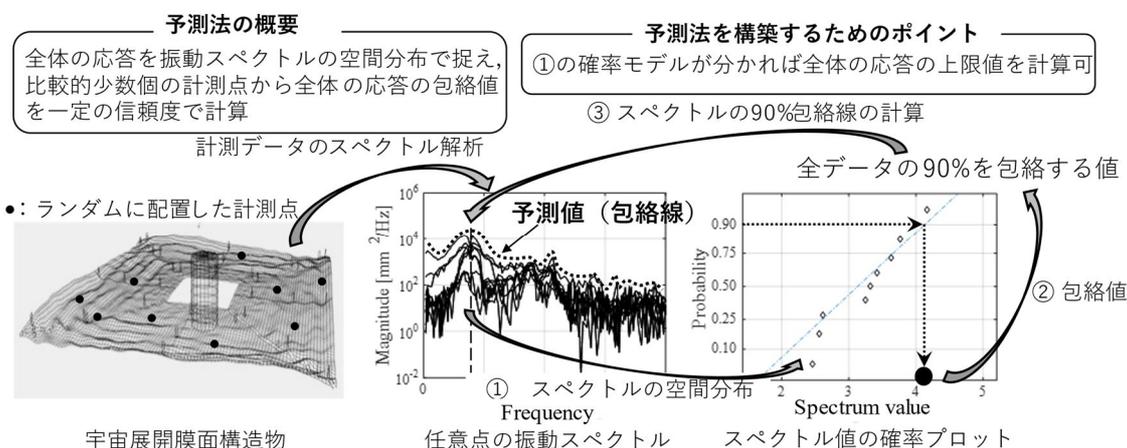


図1 総体論的アプローチ法による振動応答スペクトル上限値の予測法(概念図)

2. 研究の目的

本研究は、宇宙膜面構造物を構成する主要な構造要素である薄膜を対象に、その振動応答を格子投影法による画像計測法を用いて高解像度に計測する。そして、薄膜のダイナミクスの「総体」を表すパラメータとして、膜面上で観測される振動応答スペクトル振幅値の空間分布を採用し、以下の2項目について明らかにする。

- (1) 薄膜の振動モードの持つ幾何学的周期性と対称性を手掛かりに、振動応答スペクトルの空間分布に潜む普遍的な性質とその生成メカニズムを明らかにする。
- (2) そして、実機スケールモデルを想定した宇宙展開膜面構造物モデルを製作し、展開直後に生じるダイナミクスを対象に(1)の妥当性を実証する。

3. 研究の方法

図2に対象モデルを示す。薄膜はポリイミドフィルム(厚さ25 μ m)を用いた。図2(a)は正方形膜の四隅に張力を均等に与えたモデル(正方形膜モデル)である。このモデルの一部は過去の科研費25420851で用いたモデルと同じものであり、課題として残されていた「薄膜の振動応答スペクトル値の空間分布の生成メカニズム」を検討するためのモデルとなる。このモデルでは、右上角部に衝撃力をインパクトハンマーで与え振動を発生させた。図2(b)は展開型膜モデルであり、正方形膜の四隅を対角方向に一定量収縮させ、その後同時に展開する膜モデルである。このモデルは、図2(a)の正方形膜で得られた結果の妥当性と汎用性を検証するためのモデルとなる。展開量、展開力ならびに初期形状を変化させ、全8ケースの展開実験を行った。

図3に格子投影法の計測装置を示す。本研究では基準面を利用する格子投影法を採用した。寸法0.3-1.0mの薄膜の振動応答を計測するため、大型基準面を別途製作し、カメラ、プロジェクタ

ーを含め既存の格子投影法計測システムを改修した．この計測システムを利用すれば，寸法 1.5m×1.5m までの大きさの構造物の動的挙動を格子投影法で計測することができる．カメラのフレームレートは 100fps，空間分解能は 0.8mm/pixel である．計測精度は 0.2-0.3mm 程度である．

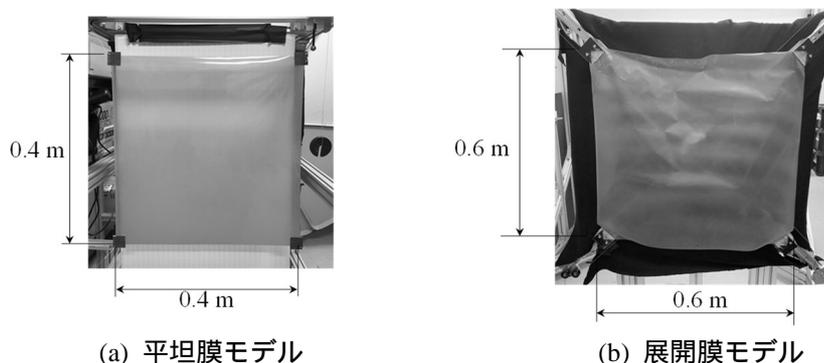


図 2 正方形膜モデル

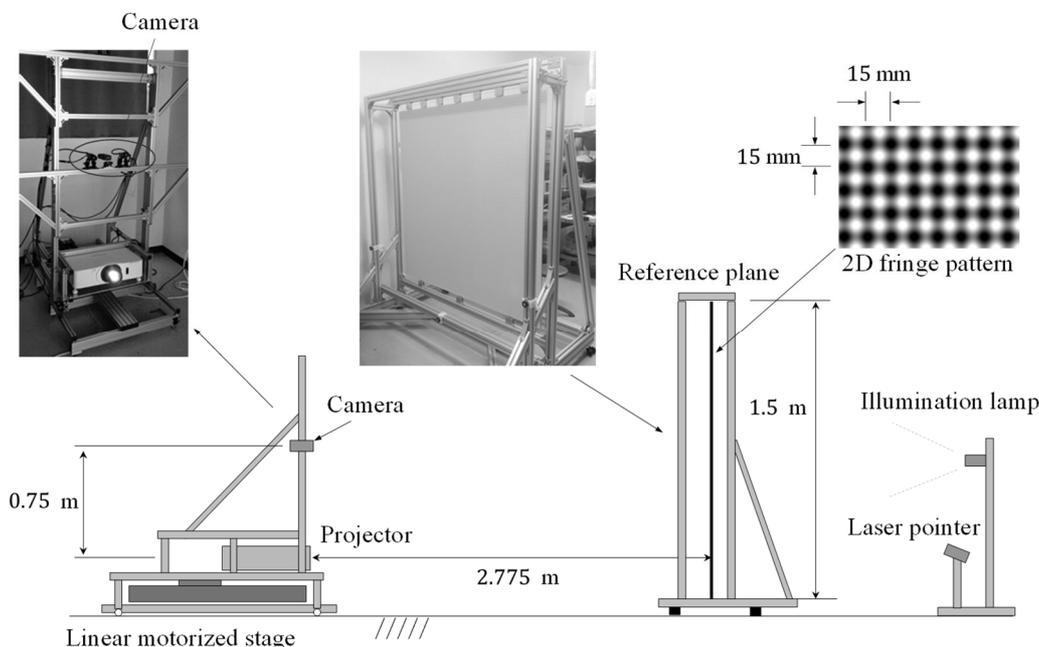


図 3 格子投影法計測装置

4. 研究成果

(1) 正方形膜モデルの振動応答スペクトルの空間分布特性について

図 4 に平坦膜モデルの計測結果を示す．図(a)は衝撃源（正方形膜右上角）で生じた第 1 波が膜面を左下に向かって伝搬する様子を示し，(b)は計測した変位データから計算したパワースペクトル（ランダムに 10 計測点を選択），(c)は共振周波数（1 次～3 次）上のパワースペクトル値を対数変換し，共振周波数毎に正規確率プロットに表示した結果である．図 4(c)よりスペクトル値の分布は共振周波数によらず下に凸の曲線を示していることがわかる．図 5 に平坦膜モデルの 1 次から 3 次までの振動モードを示す．図より，1 次は中央が膨らむ太鼓モード，2 次は対角線を境に 2 つの膨らみが生じるモード，3 次はさらに波長が短くなり 3 つの膨らみが正と負の方向に生じるモードとなっている．正弦波のように一定の周期で同じパターンが繰り返す波形では，その振幅の空間分布は波の数，位相，波長に関係なく逆正弦分布に従う．今回の場合，対角線方向の断面で見れば，共振周波数の振動モードは次数が増えるにつれ波数が増えるモード形状となっており，断面で見れば 1 次モードを縮尺して繰り返す形状に近い．この振動モードの持つ幾何学的な特徴がスペクトル振幅値の空間分布に類似性が生じた原因である．しかし，実際に観測される膜面の高次の振動モードは完全な 1 次モード（太鼓モード）の繰り返しにはならず，非対称なモードが生じたり，高次モードの腹の位置の振幅が場所によって異なったりする．その結果，スペクトル振幅値の空間分布は必ずしも一致せず，ばらつきが生じることになる．この傾向は皺モデル，複合膜モデルさらには寸法を変えた膜モデルでも同様に観測された．

本研究では，薄膜の振動応答スペクトル値の空間分布に潜む普遍的な性質（構造スケールや各種不確定性に鈍感な性質）とその生成メカニズムの解明を学術的な問いとして掲げ研究を行った．この問いに対する現時点での解は，振動モードに幾何学的な周期性が見られる場合（例えば

高次モードが縮尺した1次モードの繰り返しで構成されるような場合), 振動応答スペクトル値の空間分布はモードの次数によらず類似となる. この振動応答スペクトルの類似性は薄膜のスケールに関係なく普遍的な性質と考えられる. しかし, 初期形状等の各種不確定性によって振動モードの幾何学的周期性が損なわれれば, 振動応答スペクトル値の空間分布の類似性も損なわれる. これは, 振動応答スペクトル値の空間分布に, 当初想定していたような「各種不確定性に鈍感な性質」は含まれないことを示唆する結果となった.

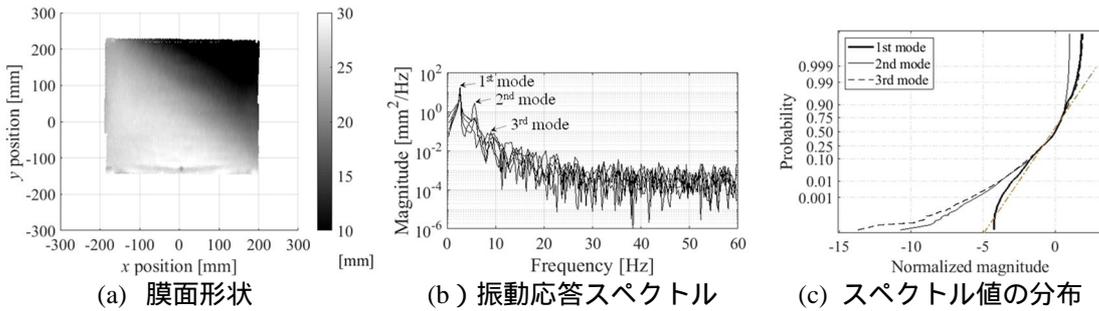


図4 正方形膜モデル(平坦膜)の計測結果[1]

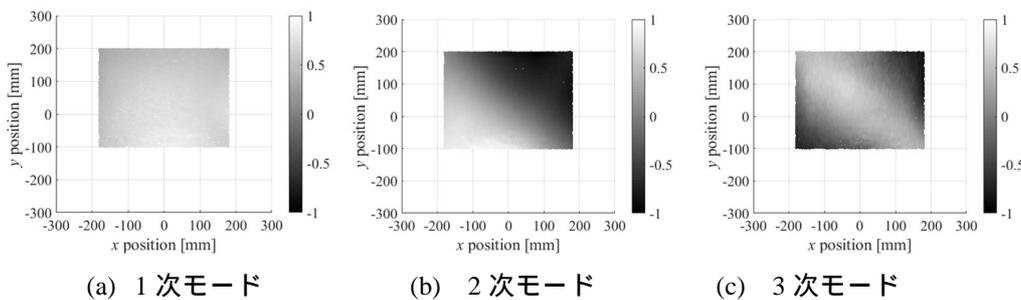


図5 共振点の振動モード

(2) 展開型膜モデルの振動応答スペクトルの空分布特性について

図6に展開型膜モデルの計測結果を示す. 図(a)は展開前の薄膜の初期形状を示し, 図(b)は変位データのパワースペクトルを示す. 図(b)に示すように展開型膜モデルは1次共振周波数のみが突出しており, 平坦膜のように複数の共振点(例えば1~3次)でスペクトル値の空間分布を比較し検討することができない. そこで, 展開型膜モデルでは1次共振周波数上のスペクトル値の空間分布を実験ケース間で比較することとした. 図(c)は, 全8ケースの実験で得られた1次共振周波数上のスペクトル値を対数変換し, 実験ケース毎に正規確率プロットに表示した結果である.

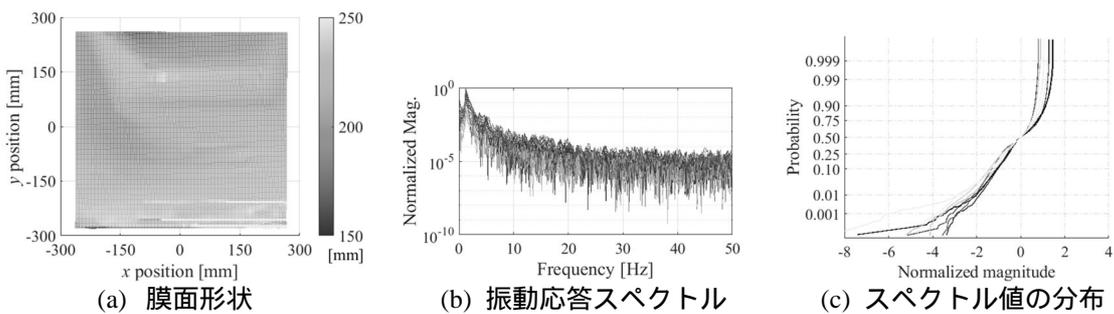
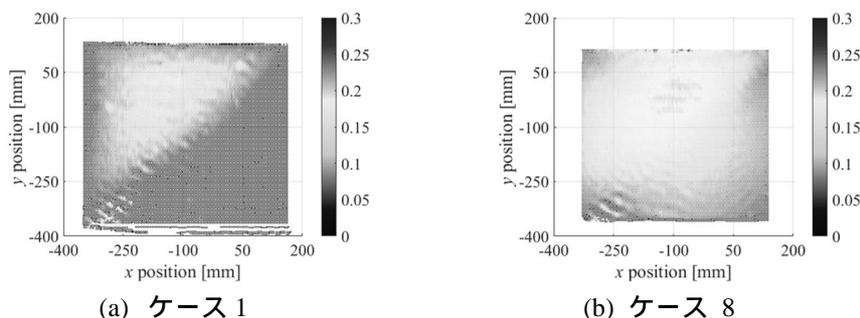


図6 展開型膜モデルの計測結果



(a) ケース 1

(b) ケース 8

図7 共振点の振動モード

図(c)より、共振周波数上のスペクトル値の空間分布は下に凸の曲線を示すものの、実験ケース間でばらつきがみられる。図7に展開型膜モデルの1次共振点の振動モードの一例を示すが、展開型膜モデルの1次の振動モードは必ずしも全ての実験ケースで同じモードになるわけではなくケースによっては大きく異なることがわかる。そこで、有限要素解析により展開型膜モデルの展開挙動を解析し、展開力、展開量、初期形状が1次の振動モードに与える影響を検証した。図8に解析モデルの概要を示す。膜材はポリイミドフィルムとし、実験と同じように対角方向に一度正方形膜を収縮させ、その後、同時に展開させる解析を行った。図9に解析結果を示す。図はいずれも1次共振周波数上のスペクトル値を対数変換し、実験ケース毎に正規確率プロットを表示した結果である。図(a)は初期形状のみを変化させた結果、図(b)は展開量のみを変化させた結果、図(c)は展開力のみを変化させた結果である。図より、初期形状、展開量、展開力の3つの不確定性の中でスペクトル値の空間分布に最も影響を及ぼすのは初期形状であることが分かる。言い換えれば、初期形状を同じにすれば、展開量や展開力が多少変化しても振動モードは類似となり、スペクトル値の空間分布は類似な分布特性を持つことがわかる。

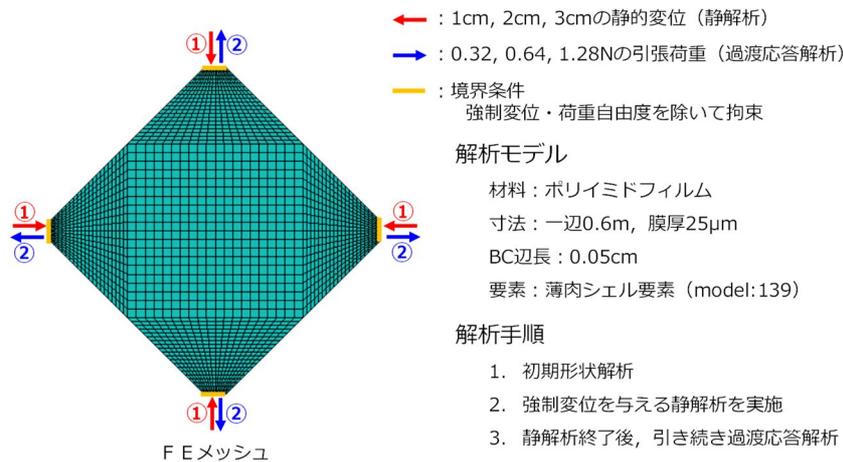


図8 解析モデルの概要

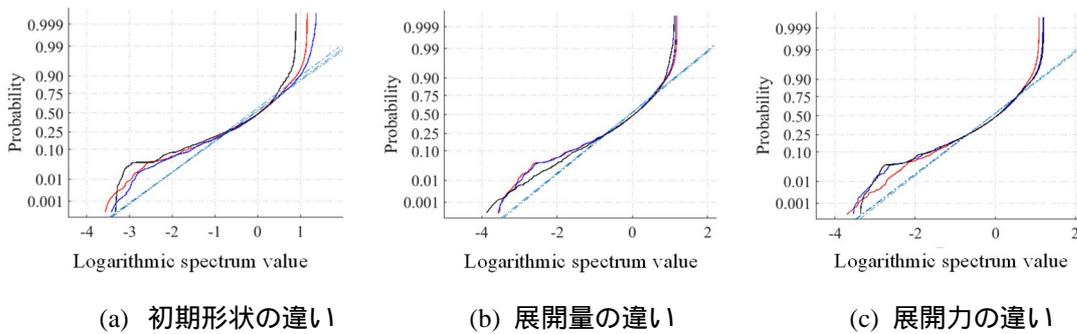


図9 展開型膜モデルの解析結果

展開型膜モデルでは1次共振周波数のみが卓越し、2,3次の共振点は明確に表れない結果となった。そのため、正方形膜の実験で得られた「振動モードに幾何学的な周期性が観測される場合、スペクトル振幅値の空間分布は類似となる」という結果の妥当性を検討することができなかった。しかし、「各種不確定性によって振動モードの幾何学的周期性が損なわれれば、振動応答スペクトル値の空間分布の類似性も損なわれる」といった結果に対しては、各種不確定性として初期形状、展開量、展開力の3つに着目して検討したところ、これらの中で最も影響の強いのは初期形状であることを数値シミュレーションにより明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Iwasa Takashi, Okumura Yoshiki	4. 巻 151
2. 論文標題 Long depth-range measurement for fringe projection photogrammetry using calibration method with two reference planes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics and Lasers in Engineering	6. 最初と最後の頁 106940 ~ 106940
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optlaseng.2021.106940	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 Jiang Wei, Fujigaki Motoharu, Uchida Yuji, Funaki Shota	4. 巻 151
2. 論文標題 Measurement of out-of-plane displacement in time series using laser lines and a camera with a diffraction grating	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics and Lasers in Engineering	6. 最初と最後の頁 106891 ~ 106891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optlaseng.2021.106891	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 Iwasa Takashi, Amamoto Takuya, Aoki Tomohiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Upper-Bound Vibration Spectrum Computation for Membrane Response from a Few Point Measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIAA Journal	6. 最初と最後の頁 320 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.J059584	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 Fujigaki Motoharu, Kusunoki Yoshiyuki, Hara Takuya, Tanaka Hideyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 3D shape measurement with an uncalibrated camera using the feature quantity type whole-space tabulation method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 2277 ~ 2277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.401639	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 鈴木壮大, 藤垣元治, 大津雅亮	4. 巻 87
2. 論文標題 3次元計測プロジェクションマッピングによる変位分布計測結果の実物上でのリアルタイムな可視化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 精密工学会誌	6. 最初と最後の頁 213 ~ 220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.87.213	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 Suzuki, S., Akatsuka, Y., Jiang, W., Fujigaki, M., Otsu, M.	4. 巻 9, (20)
2. 論文標題 Development of Quick Three-Dimensional Shape Measurement Projection Mapping System Using a Whole-Space Tabulation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4408, 4423
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9204408	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27件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 藤林周汰, 奥村圭紀, 岩佐貴史, 勝又暢久, 樋口健
2. 発表標題 展開型薄膜構造モデルを対象とした振動応答スペクトルの空間分布
3. 学会等名 日本機械学会 2021 年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史, 藤林周汰, 奥村圭紀, 岡野将司, 藤垣元治, 勝又暢久, 樋口健, 岸本直子
2. 発表標題 格子投影法による展開型膜面構造物の動的形状計測と応答予測について
3. 学会等名 第65回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史、奥村圭紀
2. 発表標題 格子投影法における光軸方向計測レンジの拡張法
3. 学会等名 日本航空宇宙学会構造強度に関する講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuta Fujibayashi and Takashi Iwasa
2. 発表標題 Full-field surface shape measurement of deployable membrane structure using fringe projectino photogrammetry
3. 学会等名 The 8th Joint Symposium on Mechanical ad Materials Engineering between Northeastern University and Tottori University (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史
2. 発表標題 大型膜面宇宙構造物の振動計測について
3. 学会等名 日本航空宇宙学会関西支部第 478 回航空宇宙懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史
2. 発表標題 少数の計測データによる構造物の 振動応答上限値の推定
3. 学会等名 はりま産学交流会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujigaki, M., Hara, T.
2. 発表標題 Fringe Projection Method for 3D Shape Measurement Using Linear LED Device and Cylindrical Lens Array
3. 学会等名 OPTICS & PHOTONICS International Congress 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jiang, W., Hara, T., Fujigaki, M.
2. 発表標題 Time-series Out-of-plane Displacement Measurement of Vibration Object Using Laser Parallel Fringes Generated in Camera with Diffraction Grating
3. 学会等名 16th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史, 天本拓哉, 青木友宏, 奥村圭紀
2. 発表標題 正方形張力膜の振動応答スペクトルの空間分布特性について
3. 学会等名 日本航空宇宙学会, 日本機械学会, 第62回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥村圭紀, 西田尚樹, Ang Yi Yong, 原卓也, 勝又暢久, 岩佐貴史, 樋口健, 藤垣元治, 岸本直子
2. 発表標題 展開型膜面構造物を対象とした格子投影法全視野形状計測システムの構築
3. 学会等名 日本機械学会, Dynamics and Design Conference 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujigaki, M.
2. 発表標題 Accurate, High-Speed, Full-Color and Vibration-Resistant 3D Shape Measurement Using Linear LED Devices
3. 学会等名 The International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences, ICCES2020/2021, Vol.23, No.1, 2-2 (2021). (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木壮大, 藤垣元治, 大津雅亮
2. 発表標題 3次元計測プロジェクションマッピングによる計測物体上への変位分布投影
3. 学会等名 2020年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤垣元治, 楠芳之, 原卓也
2. 発表標題 カメラキャリブレーションが不要な片手で持てる3次元計測装置の試作
3. 学会等名 第25回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木壮大, 藤垣元治, 大津雅亮
2. 発表標題 3次元計測プロジェクションマッピングによる実物上での評価値分布の可視化
3. 学会等名 2020年度電気・通信関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原卓也, 藤垣元治, 楠芳之
2. 発表標題 カメラのキャリブレーションが不要な小型3次元形状計測装置の試作
3. 学会等名 2020年度電気・通信関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原卓也, 藤垣元治
2. 発表標題 いつでもピント調整ができる振動に強い小型3次元計測装置の試作
3. 学会等名 精密工学会北陸信越支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤垣元治, 楠芳之, 原卓也
2. 発表標題 格子投影用小型ラインLEDデバイスの試作と振動に強い3次元計測ユニットの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤垣元治
2. 発表標題 光と画像を使った振動の見える化 位相解析を用いた高精度変位分布計測と応用
3. 学会等名 広島大学デジタルものづくり教育研究センタースマート検査モニタリングプロジェクトコンソーシアム令和2年度第1回セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤垣元治
2. 発表標題 高速で高精度な3次元計測と変位分布計測装置のデモ
3. 学会等名 レーザー学会ロボットフォトリニクス専門委員会（第10回会合）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤垣元治
2. 発表標題 いつでもズームやピント調整ができる振動に強い高速・高精度3次元形状計測装置の開発
3. 学会等名 オプトメカトロニクス協会2020-3 光センシング技術部会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩佐貴史
2. 発表標題 柔軟構造物の振動応答上限値の簡易推定法の構築に向けて
3. 学会等名 宇宙航空研究開発機構試験技術ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田尚樹，岩佐貴史
2. 発表標題 皺の生じた膜面を伝搬する横波の挙動について
3. 学会等名 第63回宇宙科学連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 アン イヨン, 勝又 暢久, 樋口 健, 岩佐 貴史
2. 発表標題 展開膜面構造の展開衝撃再現装置の開発
3. 学会等名 日本機械学会宇宙工学部門第28回スペース・エンジニアリング・コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kishimoto, T., Fujigaki, M.
2. 発表標題 Development of Handy Type Full-color and Real-time 3D Measurement System Using Linear LED Device, Optical Technology and Measurement for Industrial Applications
3. 学会等名 (OPTM2019) on OPTICS & PHOTONICS International Congress 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki, S., Fujigaki, M., Otsu, M.
2. 発表標題 High-speed 3D Measurement Projection Mapping for Displaying Evaluated Value Distribution on Measured Object
3. 学会等名 International Conference on Optical and Photonic Engineering (icOPEN 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujigaki, M., Kishimoto, T.
2. 発表標題 Full-color and Real-time 3D Measurement System Using Whole-space Tabulation Method with Multi-thread Processing
3. 学会等名 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujigaki, M.
2. 発表標題 Development of Linear LED Devices for High-speed 3D Shape Measurement
3. 学会等名 【Plenary Speaker】 , International Conference on Optomechatronic Technologies, (ISOT2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 集光する特性を持つ光学素子を複数個配置した集光手段を備えた格子投影装置及び前記格子投影装置を用いた計測装置	発明者 藤垣元治, 原卓也, 楠芳之	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-030796	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	藤垣 元治 (Fujigaki Motoharu) (40273875)	福井大学・学術研究院工学系部門・教授 (13401)	
研究分担者	樋口 健 (Higuchi Ken) (60165090)	早稲田大学・理工学術院・客員教授 (32689)	
研究分担者	岸本 直子 (Kishimoto Naoko) (60450714)	摂南大学・理工学部・教授 (34428)	
研究分担者	勝又 暢久 (Katsumata Nobuhisa) (60534948)	香川大学・創造工学部・准教授 (16201)	

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