

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：82645
研究種目：基盤研究(A)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：21H04591
研究課題名（和文）高精度ゴッサマー宇宙構造物システムの実現に向けた解析・設計理論構築と実験検証

研究課題名（英文）Construction of Analysis and Design Theory for High Precision Gossamer Space Structure Systems and Its Experimental Verification

研究代表者
宮崎 康行（Miyazaki, Yasuyuki）
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：30256812
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,200,000円

研究成果の概要（和文）：高精度ゴッサマー構造の実現に必要な解析モデルおよび解析手法を明らかにするとともに、その成果を実ミッションに適用した。主な成果は以下の6つにまとめられる。成果1：自己伸展膜面構造の構造保存解法の開発、成果2：膜面の折り目の粘弾性変形の評価法の開発、成果3：膜面表面配線用巴折り構造の変形特性の解明、成果4：ソーラーセイル構造の高精度化、成果5：深宇宙探査機搭載磁気センサ支持用伸展ブームの高精度化、成果6：自己展開膜面レクテナの高精度化。この他、一般的な薄肉開断面双安定ブームおよびその展開・収納機構の設計法を明らかにし、また、現在進行中の宇宙プロジェクトに本研究の設計・解析法が採用された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した、自己伸展構造の非線形動力学の構造保存解法およびその解析コード、ゴッサマー構造の形状精度保証法は、柔軟多体力学の発展をけん引するのみならず、従来は困難であった、ゴッサマー構造の運用時の精度保証を可能とし、宇宙構造物工学の発展に貢献する。実際、従来、ゴッサマー構造は、軽量で展開・収納性に優れたものの、高精度化はもちろんのこと、軌道上での精度を保証することすら難しく、適用可能なミッションに限られていた。本研究はソーラーセイルやセンサ搭載用伸展ブーム、衛星間無線送電用展開膜面レクテナといった実ミッションに実際に適用することで、この状況を打破し、今後の宇宙利用の拡大に寄与する。

研究成果の概要（英文）：The analytical model and methods necessary to realize a high-precision gossamer structure has been clarified and applied the results to space missions. The main results can be summarized as follows. 1) Development of a structure preserving solution for self-extending membrane surface structures, 2) Development of a method for evaluating viscoelastic deformation of membrane surface folds, 3) Elucidation of deformation characteristics of Tomoe-Ori structure for surface wiring, Improvement of the shape accuracy of 4) solar sail structures, 5) extension boom for supporting magnetic sensors on deep space probes, and 6) self-deploying membrane surface rectenna. In addition, the design method of a general thin-walled open-section bistable boom and its deployment/stowage mechanism was clarified, and the design and analysis method of this research was adopted in ongoing space projects.

研究分野：宇宙構造物工学

キーワード：ゴッサマー構造 宇宙構造物システム 展開構造 高精度構造 自己展開構造

1. 研究開始当初の背景

昨今、表1に示す4つの特徴的な大型構造物が求められている。図1に例を示す通り、膜・ケーブルなどの張力構造(ゴッサマー構造)は、軽量性・展開性に優れており、b)~d)には主構造として、a)の場合も望遠鏡冷却用サンシェード等に適用されるなど、今後の大型宇宙ミッションに必須となってきた。実際、b)は2010年にJAXAが、代表者・宮崎も参加したソーラー電力セイル IKAROS で実現しており、a)のサンシェードも宇宙望遠鏡 JWST で実現の見込みであった(2021年に実現)。

表1 宇宙における最先端の大型構造物研究のターゲット

研究対象(サイズ)	特徴	アプリケーション例
a) 大型・超高精度構造 (数m~10m級)	搭載機器のサブミクロンオーダーの高い形状精度/相対位置精度要求を満たす。	天文アンテナ, 望遠鏡支持構造
b) 大面積・超軽量構造 (数十m~100m級)	厚さ数ミクロンの薄膜など, 超軽量かつ大面積の展開構造。複合材などの軽量な支持部材や遠心力等で形状・姿勢を維持。	ソーラー電力セイル, 大型薄膜太陽電池アレイ, サンシェード
c) 大型・軽量高精度面構造 (10m~数十m級)	超高精度ではないものの(サブmmオーダー), 軽量で(機構部を含めて0.4kg/m²程度以下) 必要な形状精度・形状安定度を有する。	系外惑星観測用オカルタ, 大型膜面アンテナ
d) 超大型構造 (数百m~数km級)	巨大な構造で, 軌道上外乱に対して形状・姿勢を維持	軌道エレベータ, 宇宙太陽光発電システム(SSPS)

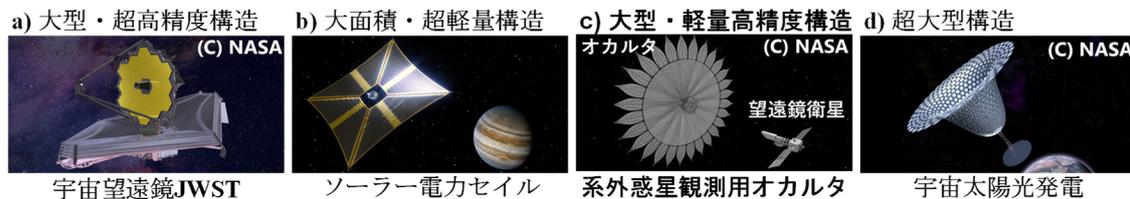


図1 先進的宇宙構造物の例

一方、c)の大型・軽量高精度面構造は、地球観測や天文観測、地上・衛星間の大容量通信や深宇宙通信、宇宙状態監視や系外惑星探査など、様々な分野のブレイク・スルーとなり得るため、期待は大きいものの、実現の目処は立っていない。これは、パネル構造など旧来の比較的剛な構造では軽量性の要求を満たさないことや、ゴッサマー構造は軽量性・展開性・収納性に極めて優れているものの、形状精度・安定度を予測・保証することが困難とみられてきたことによる。実際、無重力下では、ゴッサマー構造はその柔軟性や折り畳みによる折り癖等の影響により、①自身やその支持構造の製造誤差に対する感度が高く、形状誤差を生じやすいこと、②軌道上での外乱により変形しやすく、形状精度および安定度を確保しづらいことなどが指摘されている。しかし、そもそも、非線形性の高いゴッサマー構造の形状精度/安定度を定量的に予測・評価し、設計に反映させる精緻な理論は体系化されていなかった。

以上のことから、次の3つの点が問われていた。特に、【問い3】については、3Dプリンタの発展等により、新たな構造形態が可能となってきている今、従来のゴッサマー構造にとらわれることなく、改めて問われているものであった。

【問い1】ゴッサマー構造の形状精度と安定度を高い解析精度で予測することは可能か？
【問い2】ゴッサマー構造を高精度化・高安定化することは可能か？
【問い3】そもそも、軽量・展開・収納性と高精度を両立する宇宙構造物は実現可能か？

2. 研究の目的

本研究の目的は、上記の3つの「問い」に答えることである。具体的には、国内外の宇宙構造物工学分野で注目されている、①大型膜面アンテナ、②系外惑星観測用膜面オカルタの3つの高精度なゴッサマー構造物システム(張力構造であるゴッサマー構造とそれを支持する圧縮構造から成る自己平衡多体系で、展開・収納の保持解放機構等を含むシステム)を題材に、精度の高い変形運動理論の構築、数値計算による評価、モデル検証実験を通じて、以下の3つの課題を解決することを目的とする。

【課題1】軌道上環境(外乱を含む)を考慮したゴッサマー構造物システムの展開および展開後の変形運動の高精度解析理論を構築して解析コードを開発すること
【課題2】大型膜面アンテナと系外惑星観測用膜面オカルタを題材に、それぞれ高精度化・高安定化する方法を数値解析・実験により定量的に明らかにすること
【課題3】軽量性・展開性・収納性・形状精度・形状安定度の5つの要求レベルに応じてそれらを同時に満たす構造システム様式を明らかにすること

3. 研究の方法

上記の3つの課題の解決に向けて、以下の方法で研究を行った。

【内容1】理論構築，解析コード開発

- ① 研究開始時に既に開発していた，柔軟多体力学理論と非線形有限要素法をベースとした，ゴッサマー宇宙構造物の構造保存型並列動解析コード NEDA を拡張し，薄肉ブームを用いた自己伸展／展開構造を解析できるようにする。
- ② ゴッサマー構造物の変形に対する太陽輻射圧，大気抵抗，重力傾斜トルクといった軌道上外乱の感度を求める方法を明らかにし，それを用いて軌道上外乱によるゴッサマー構造の動的変形を予測するコードを開発する。
- ③ ゴッサマー構造の支持部材として用いられる，CFRP 伸展ブームの解析コードを開発し，ABAQUS や ANSYS 等の汎用ソフトとの比較を通じて，解析コードの妥当性を確認する。

【内容2】実構造物への理論の適用，高精度化・高安定化

- ① 各構造の平面度が低下する要因である折り目の残留変形に対して，粘弾塑性力学挙動の現象理解を行うとともに，解析コードに入れ込むための簡易モデルを構築する。
- ② また，ハーネスの軽量化・収納性向上のため，FPC（印刷回路）を膜面に実装することを検討する．具体的には，薄膜の形状誤差への影響を評価できるようにするために，荷重や変形を与えた FPC 薄膜の形状や導線の状態を，マイクロ～ミリオーダーで観察できる計測系を構築する．そして，折り目を超えてハーネスを配線する方法として巴型切り紙構造を適用し，その特性，および，FPC の折り畳みそのものの特性を実験，解析により明らかにする。
- ③ ゴッサマー構造の実現に向けて課題となっている，膜やブームの保持解放方法の検討を，解析・実験を通して行う。
- ④ そして，これらの結果，および，内容1の解析コードをセンサ搭載用の伸展ブームや，自己展開膜面トラス構造 (SDMT)，5m 級超小型高精度ソーラーセイルに適用し，誤差要因がゴッサマー構造全体の形状精度・形状安定度に与える影響（感度）を評価する方法，高精度化・高安定化の方法を明らかにする。

【内容3】要求と構造様式との関係の明示

- ① SDMT の軽量化と高精度化を検討する．具体的には，トラスのノード部材の軽量化・高精度化に向けて，3D プリント製の炭素繊維強化熱可塑樹脂材 (CFRTP) を試作し，比強度，比弾性（比剛性）に優れていることを確認する．次いで，従来から航空宇宙機に多用されてきた材料と比較し，ゴッサマー宇宙構造物システムに適用可能であることを評価する．そして，この材料の宇宙環境耐性を評価するための超小型衛星の開発を進める。
- ② 2026 年に打ち上げ予定の宇宙太陽発電システム実証小型衛星に搭載される 1m 級展開レクテナに SDMT を適用し，搭載モデルの開発を進めるとともに，開発と数値解析を通じて，SDMT，ならびに，それをモジュール化した構造の実用性を評価する。
- ③ 内容1, 2, および，内容3の①, ②の成果をもとに，今後期待される軽量展開構造を用いた宇宙ミッションを，軽量性・展開性・収納性・形状精度・形状安定度で分類し，それぞれに対してどのような構造が適しているかを明らかにする。

なお，上述の SDMT とは，図2のように，円弧等の凸型の薄肉断面ブーム（自己伸展性を有するので，自己伸展ブームと呼ばれる）を円筒状のハブに取り付けてたものを無味併せて自己展開トラスを構成するとともに，ノードと呼ばれる部材に膜面をとりつけ，ノードにハブの回転軸のシャフトと，ガイドローラーと呼ばれる回転部材を適切な相対位置関係に固定して，ブームをハブに巻き付け収納しながら膜面を折りたたみ収納することで，構造全体を収納し，保持を解放することで，展開させるものである．組み合わせ方により様々な平面展開トラスを構成することができる．複数の SDMT ノード同士を結合することで，モジュール型の SDMT を構成することができる。

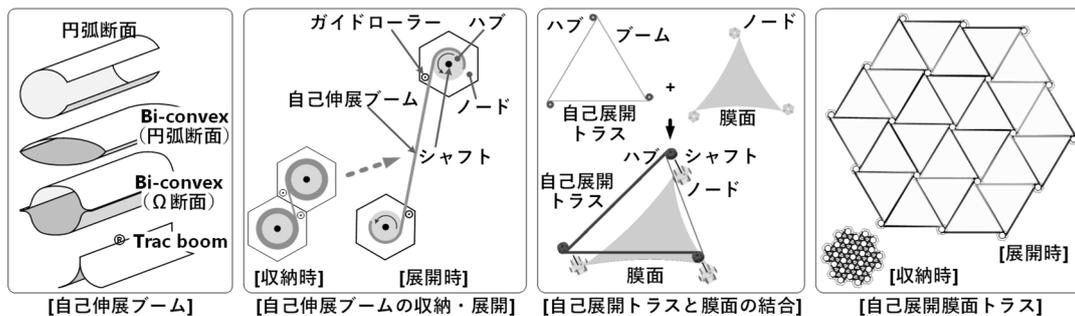


図2 自己展開膜面トラス (SDMT)

4. 研究成果

主たる成果を以下に示す．成果1～3は，高精度ゴッサマー構造の実現に必要な解析モデルおよび解析手法を明らかにしたものであり，他の様々な膜構造物にも広く適用可能である．成果4～6は実ミッションに研究成果を適用したものであり，本研究により実現が可能となったも

のである（どれも、2026年～2030年での実現を目指して開発中のものである）。

【成果1】自己伸展膜面構造の構造保存解法

本研究で取り扱う薄肉開断面ブームの変形解析においては、ブームをシェル要素でメッシュ分割することで精度よく解析できるものの、これを部材とする構造物の展開解析には、計算コストがかかりすぎ、数値安定性もよくない。そこで、開断面ブームを梁要素でモデル化する方法、特に、開断面効果を考慮した構成則、および、動解析の構造保存解法を明らかにした。その結果、図5のような自己展開トラスやそれをモジュール化した構造の展開運動を高速に計算可能となった。そして、2019年に打ち上げられたALE-1衛星に搭載されたデオービット膜の展開運動の解析に適用し（図5）、軌道上データとの比較により、解析コードの妥当性を示した（文献[1]）。

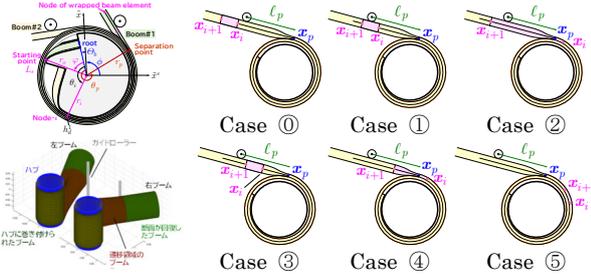


図4 自己伸展ブームの数学モデル構築

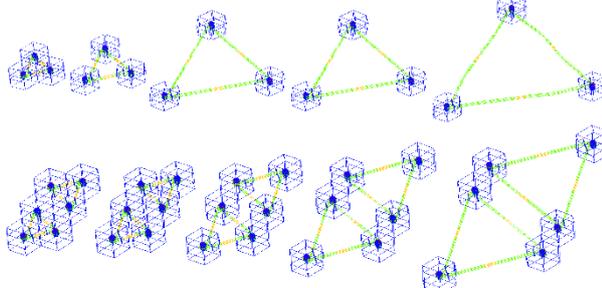


図5 自己展開トラスの運動

[1] T. Saito, T. Kuwahara, A. Pala, Y. Miyazaki, T. Kaneko, FEM Dynamic Simulation Technique for Membrane Structure Deployment and Model Evaluation, Acta Astronautica, Vol. 218, pp. 342-355, 9 February 2024.

DOI: 10.1016/j.actaastro.2024.01.043.

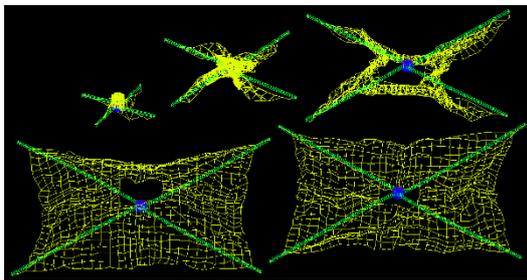


図3 デオービット膜の展開運動

【成果2】膜面の折り目の粘弾塑性変形の評価法

膜の折り目の粘弾塑性の新しい数学モデルを提案し、実験結果と比較することで（図6）、数学モデルの妥当性を示した（文献[2]）。これにより、膜面の展開運動における折り目の影響を精度よく予測することが可能となるとともに、展開後の折り目の時間変化も予測することが可能となった。

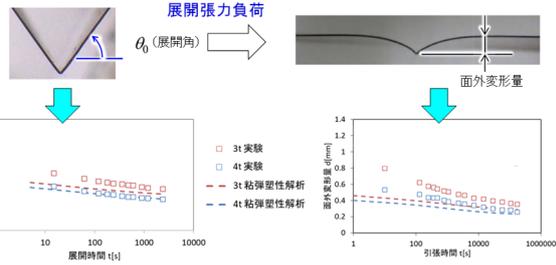


図6 膜の折り目の粘弾塑性解析と実験との比較

[2] Y. Satou, et al., Visco-Elasto-Plastic Behavior of Creased Space Membrane, AIAA J., 60(8), pp. 4934-4942, 2022.

【成果3】膜面表面配線用巴折り構造の変形特性の解明

巴折りをを用いた膜の折り目を超える配線方法、および、巴折り構造の等価バネ剛性の理論モデルを提案し、実験結果と比較することで、理論モデルの妥当性を示した。これまで、展開膜面アンテナなど、配線が必要で、かつ、膜面の形状精度の設計段階での予測が必須のものの変形形状や展開運動の精度のよい解析は困難であったが、この研究により、配線の引き回しを、FPC（印刷回路）と巴折りで実装可能であることを示すと同時に、提案したモデルを本研究の解析コードに組み込むことで、FPCが膜面の変形形状に与える影響を評価可能となった。



図7 巴折りを利用した印刷回路

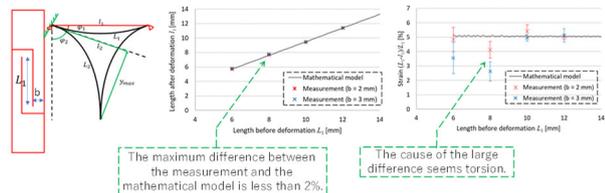


図8 巴折りの理論モデルと実験結果との比較

[3] S. Arita, M. Doi, Y. Miyazaki, Mechanical Model of Tomoe-Type Kirigami Structure Avoiding Creases in Flexible Printed Wiring on a Deployable Membrane, SSDM2023-110658, ASME 2023 Aerospace Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, San Diego, USA, 19-21 June 2023.

【成果4】ソーラーセイル構造の高精度化

これまで、ソーラーセイルのような特に柔軟なゴッサマー構造は、部材の製造誤差やわずかな外乱でも容易に変形しやすいことや、ゴッサマー構造によくもちいられる高分子材や樹脂材はその経年変化の予測が難しいことから、平面度等の形状精度の軌道上での予測・保証が困難であった。それゆえ、軽量性や展開・収納性に高い優位性があるものの、高い精度が要求されるミッ

ションには用いられてこなかった。一方で、ソーラーセイルは膜面の形状誤差に起因する太陽輻

射圧トルクの蓄積を解消するために多くの推進剤を必要とすることが、2010年に JAXA が成功させた小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS のフライトデータから知られており、真に燃料フリーなソーラーセイルを実現するためには高精度なセイル構造が必須であった。そこで本研究では、図 9 のような Be-Cu 製ブーム自己伸展式ソーラーセイルの高精度化法を検討し、この図のように、セイル面に傾斜を付けて傘型にすることで外乱に対してよりロバストにできること、伸展ブームの初期たわみやブームとセイル膜をつなぐテザーの長さ誤差といった製造誤差が剛性や外乱トルクに与える影響を定量的に評価することにより、製造誤差をある範囲内に抑えることで高精度化が現実的に可能であること、および、許容製造誤差および保証できる形状精度を定量的に明らかにした。これにより、セイル構造を開発する際の製造精度目標（精度の限界値）を定量化し、高精度ゴッサマー構造の実現性を示すことができた。

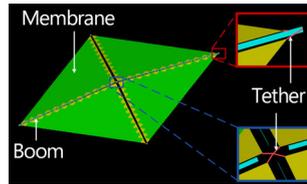


図 9 傘型ソーラーセイル

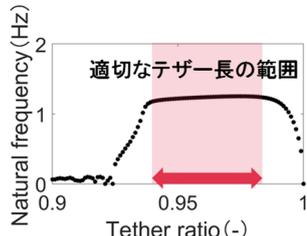


図 10 テザー長と固有振動数との関係

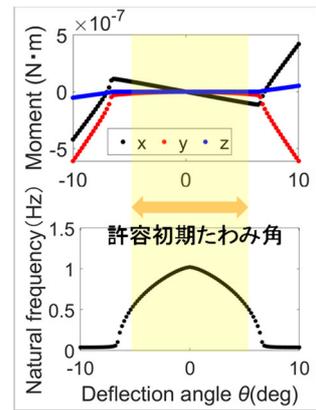


図 11 ブームの初期たわみ角が外乱モーメントおよび固有振動数に与える影響

【成果 5】深宇宙探査機搭載磁気センサ支持用伸展ブームの高精度化

昨今、超小型衛星／探査機の利用拡大により、先端に磁気センサを搭載した軽量伸展ブームは、伸展後の精度を保証しつつ軽量化することが求められてきている。そこで本研究では、双安定性を有する CFRP 製薄肉開断面ブームの詳細な解析モデルの構築、機械特性の解析と実験との比較（図 12）、経年変化の予測の加速試験法の開発、および、その軽量な伸展機構を検討することで（図 13）、軌道上での精度保証法を確立した。この手法、および、それによって開発されたブームと伸展機構は深宇宙探査機ミッションに採用された。

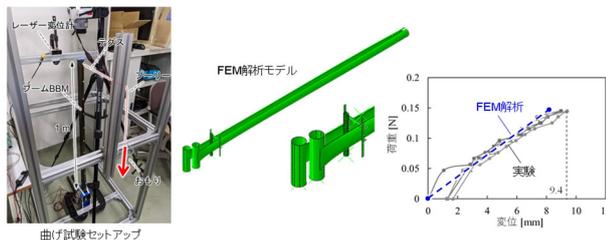


図 12 高精度ブームの FEM 解析と実験との比較

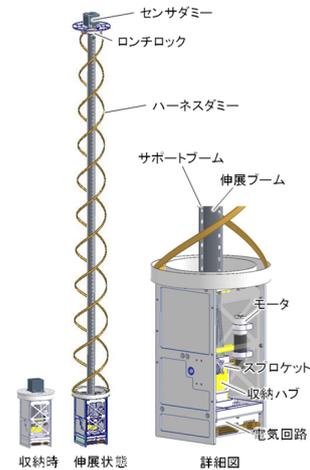


図 13 検討した伸展機構

【成果 6】自己展開膜面レクテナの高精度化

打ち上げ時の保持方法や展開後のラッチ方法もゴッサマー構造の展開後形状の精度保証に向けた課題であり、加えて、自己展開構造においては展開速度を制御する（抑える）ための速度低減機構が必要となる。そこで、SDMT に適用可能なこれら要素技術を研究・開発し（図 14～図 17）、膜にレクテナ素子を配した自己展開膜面レクテナの構造検証モデルを開発した（図 18）。そのフライトモデルは 2024 年 12 月に完成予定であり、2026 年には打ち上げ、世界初の衛星間無線送電を実証予定である。

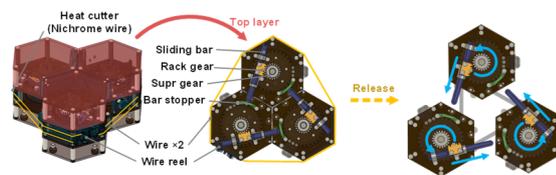


図 14 保持・解放機構

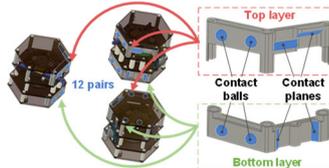


図 15 KC による固定

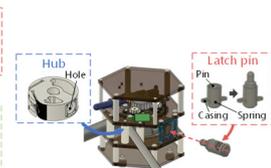


図 16 ラッチ機構

【その他の成果】

本研究のアウトカムとして、①薄肉開断面双安定ブームおよびその展開・収納機構の設計法を明らかにするとともに、②薄膜太陽電池アレイや月面天文台用伸展構造といった、現在進行中のプロジェクトで用いられている構造物に本研究による設計・解解手法が採用された。また、③本研究の成果を社会実装するためのスタートアップを 2023 年 4 月末に立ち上げた。

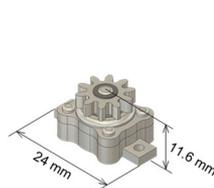


図 17 速度調整機構



図 18 自己展開膜面レクテナ

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 橋本 弘藏、高野 忠、長山 博幸、藤野 義之、森 治、宮崎 康行、三次 仁、杉田 寛之	4. 巻 8
2. 論文標題 SSPSワークショップ活動報告	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 宇宙太陽発電	6. 最初と最後の頁 28～31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24662/ssps.8.0_28	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 Saito Takumi、Kawahara Toshinori、Pala Alperen、Miyazaki Yasuyuki、Kaneko Tetsuya	4. 巻 218
2. 論文標題 FEM dynamic simulation technique for membrane structure deployment and model evaluation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Acta Astronautica	6. 最初と最後の頁 342～355
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actaastro.2024.01.043	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 TATARA Asuka、MIYAZAKI Yasuyuki	4. 巻 65
2. 論文標題 Scaling Law for Spin Deployment of Large-Membrane Structures Acceptable for Geometrical Mismatch	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 11～22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2322/tjsass.65.11	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 Takano Tadashi、Saegusa Kenji、Shibata Kuniaki、Kaneda Yuhei、Miyazaki Yasuyuki、Araki Yuta	4. 巻 192
2. 論文標題 Novel phased-array antenna with stepped deployment to overcome container size limitation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Astronautica	6. 最初と最後の頁 113～121
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actaastro.2021.12.005	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41件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Takumi Saito, Toshinori Kuwahara, Yasuyuki Miyazaki, Tetsuya Kaneko
2. 発表標題 Deployment Behavior Evaluation of Membrane Space Structure using Self-extending Booms under Microgravity Environment
3. 学会等名 AIAA Scitech 2024 Forum (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中村壮児, 折居遼平, 宮崎康行
2. 発表標題 自己展開膜面トラスの宇宙エネルギーシステムへの適用
3. 学会等名 第42回宇宙エネルギーシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮崎康行, 立川璃子
2. 発表標題 超小型ソーラー電力セイルのセイル構造部における地上検証法
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立川璃子, 宮崎康行, 多々良飛鳥
2. 発表標題 形状精度を考慮した傘型ソーラーセイルの設計検討
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原ゆりか, 宮崎康行, 佐藤泰貴, 白鳥弘英
2. 発表標題 開断面CFRP製双安定ブーム伸展・ラッチ機構の検討
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三貝龍輝, 宮崎康行
2. 発表標題 双安定ブームを用いた再収納可能なトラス型展開構造の提案
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秦尚輝, 宮崎 康行
2. 発表標題 分離・結合を利用したモジュール型柔軟トラスの振動抑制
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryohei Orii, Takeru Nakamura, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 A Proposal for a Lightweight Deployable Large Membrane Dipole Array Antenna
3. 学会等名 the 74th International Astronautical Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Tanaka, Yoshiyuki Fujino, Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo, Yasuyuki Miyazaki, Kosei Ishimura, Takumi Abe, Atsushi Kumamoto, Hirotsugu Kojima, Satoshi Kurita, Takahisa Tomoda, Kazuyuki Nakamura, Hidetoshi Kitabatake, Hitomi Inada, Koichi Ijichi
2. 発表標題 Mission design for On-Orbit Precise Microwave Beam Control Experiments of Wireless Power Transmission Technology
3. 学会等名 the 74th International Astronautical Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 折居遼平, 中村壮児, 宮崎康行
2. 発表標題 宇宙機搭載用展開型レクテナの開発
3. 学会等名 電子通信情報学会2023年ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 有田祥子, 土井桃成, 宮崎康行
2. 発表標題 巴型切り紙構造の力学モデル
3. 学会等名 Dynamics and Design Conference 2023 (D&D2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 折居遼平, 福島優希, 有田祥子, 宮崎 康行
2. 発表標題 膜面上に実装する折り畳み可能な伝送線路の研究
3. 学会等名 Dynamics and Design Conference 2023 (D&D2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 白鳥弘英, 佐藤泰貴, 宮崎康行, 石田雄一, 佐藤光桜
2. 発表標題 伸展式CFRPブームの粘弾性特性を考慮した長期収納性加速評価
3. 学会等名 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 Takeru Nakamura, Ryohei Orii, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 n-Orbit Demonstration of a Lightweight Deployable Antenna Using Self-Deployable Membrane Truss (SDMT)
3. 学会等名 Small Satellite Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Tanaka, Takumi Abe, Yasuyuki Miyazaki, Atsushi Kumamoto, Hirotsugu Kojima, Satoshi Kurita, Tomohiko Mitani, Yoshiyuki Fujin, Koichi Ijichi
2. 発表標題 Plan of Space Experiment on Effects of High-Power Microwave Radiation on Ionospheric Plasma for Solar Power Satellite
3. 学会等名 AOGS2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shoko Arita, Momonari Doi, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Mechanical Model of Tomoe-Type Kirigami Structure Avoiding Creases in Flexible Printed Wiring on a Deployable Membrane
3. 学会等名 ASME 2023 Aerospace Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryohei Orii, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Membrane Fixing Method for Realizing Large and Lightweight High-precision Structure
3. 学会等名 34th ISTS (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Asuka Tatara, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Spin Deployment Prediction of Large Membrane Structure by Ground Test with Small Model Based on Scaling Law
3. 学会等名 34th ISTS (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tadashi Takano, Kozo Hashimoto, Hiroyuki Nagayama, Yasuyuki Miyazaki, Osamu Mori, Yoshiyuki Fujino
2. 発表標題 Preliminary Design of a Small Satellite for In-Orbit Demonstration of a Space Solar Power System
3. 学会等名 Wireless Power Technology Conference & Expo (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Charleston Dale Ambatali; Shinichi Nakasuka; Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Comparison of Different Solar Cell-Antenna Integration Designs on a Thin Film Space-Based Solar Power Station
3. 学会等名 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 The Future of Space Exploration using Deployable Structures in Japan: Challenges and Opportunities
3. 学会等名 DESP-BI (Deep Space Education Program - The Breakthrough Initiatives) Symposium "Large-Area Structures and Light - A Pathway to New Frontiers in Space?" (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮崎康行
2. 発表標題 超小型衛星と展開構造
3. 学会等名 日本機械学会年次大会 先端技術フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村壮児, 折居遼平, 宮崎康行
2. 発表標題 自己展開膜面トラスの宇宙エネルギーシステムへの適用
3. 学会等名 第42回宇宙エネルギーシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田志遠, 伊佐海斗, 高木駿多, 有田祥子
2. 発表標題 フレキシブル印刷回路の製作手法の提案と評価
3. 学会等名 第31回スペース・エンジニアリング・コンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 折居遼平, 宮崎康行
2. 発表標題 大型膜面アンテナの複合領域から見た設計検討
3. 学会等名 第37回宇宙・構造材料シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原 ゆりか, 宮崎 康行, 佐藤 泰貴
2. 発表標題 凸型断面ブーム巻き付け収納における遷移領域について
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 泰貴, 宮崎 康行, 笠原 慧, 松岡 彩子, 村田 直史, 白鳥 弘英, 原 ゆりか, 渡辺 和樹, 坂本 信臣
2. 発表標題 Comet Interceptor磁力センサのための伸展式CFRPブームの概念検討
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 立川 璃子, 多々良 飛鳥, 宮崎 康行, 鳥袋 秀晃
2. 発表標題 ブームで支持される傘型膜面構造の変形特性
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村 壮児, 大森 凜太, 宮崎 康行
2. 発表標題 自己展開膜面トラスのコンセプトとその適用例
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 多々良 飛鳥, 立川 璃子, 中条 俊大, 高尾 勇輝, 松下 将典, 宮崎 康行, 森 治
2. 発表標題 可変形状機能を有する超小型ソーラー電力セイルの傘型セイル構造部の設計検討
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 多々良飛鳥, 立川璃子, 鳥袋秀晃, 宮崎康行
2. 発表標題 超小型ソーラー電力セイルチーム, ブーム展開型傘型ソーラー電力セイルの非対称展開
3. 学会等名 第32回アストロダイナミクスシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Asuka Tatara, Riko Tachikawa, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Deployment Prediction of Nano Solar Sail Composed of Self-Extension Boom
3. 学会等名 33rd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎康行, 原ゆりか
2. 発表標題 非対称積層された双安定ブームについて
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 多々良飛鳥, 立川璃子, 宮崎康行, 中条俊大, 森治, 佐藤泰貴
2. 発表標題 超小型傘型ソーラーセイルのセイル構造の概念検討
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 宮崎康行
2. 発表標題 自己伸展ブームの簡易伸展解析手法
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 中条俊大, 高尾勇輝, 渡邊奎, 宮崎康行, 森治, 奥泉信克, 松永三郎, 多々良飛鳥, 立川璃子
2. 発表標題 可変形状機能によるソーラーセイルの軌道・姿勢同時制御とセイル構造システムの設計
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 多々良飛鳥, 宮崎康行
2. 発表標題 力学的相似則に基づく小型モデルでの地上試験結果を用いたスピン展開式ソーラーセイルの展開挙動予測
3. 学会等名 第63回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taichi Murakami, Keiichi Okuyama, Rafael Rodriguez, Hideaki Hashimoto
2. 発表標題 Structural system of 6U satellite Ten-Koh 2 molded by 3D printing
3. 学会等名 33rd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月裕貴, 奥山圭一
2. 発表標題 3Dプリンタ製炭素繊維強化PEEK樹脂複合材の耐熱特性
3. 学会等名 令和3度宇宙航行の力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 貝田翔子, 佐藤泰貴, 宮下朋之
2. 発表標題 宇宙膜面構造物の折り目形状を考慮した高精度な展張形状予測
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 貝田翔子, 佐藤泰貴, 宮下朋之
2. 発表標題 宇宙膜面構造物の粘弾塑性を考慮した折り目形状予測の高精度化
3. 学会等名 第63回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宇宙構造物システム研究室 研究概要 https://stage.tksc.jaxa.jp/taurus/j/research.html
--

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	佐藤 泰貴 (Satoh Yasuyaka) (70726760)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授 (82645)	
研究分担者	有田 祥子 (Shoko Arita) (50800629)	静岡大学・工学部・助教 (13801)	
研究分担者	奥山 圭一 (Keiichi Okuyama) (30442461)	日本大学・理工学部・教授 (32665)	

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