

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 9 月 5 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03817

研究課題名（和文）大型ゴッサマー宇宙構造物システムの構築理論の確立と実現シナリオの探求

研究課題名（英文）Establishment of Construction Theory of Large Gossamer Space Structure System and Quest for Feasible Construction Scenario

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） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：膜やケーブルといった極めて柔軟な部材から成る展開構造はゴッサマー構造と呼ばれる。本研究は、ゴッサマー構造で大型柔軟宇宙構造物を構築する方法を研究した。その結果、自己展開膜面トラスと呼ばれる構造を軌道上で複数結合したモジュール構造が有効であることを示した。また、実現に向けた技術的課題、すなわち、モーター等のアクチュエータを使わずに、安定かつ確実に展開させる方法、展開後にラッチをかける方法、膜面の折り畳み方法等について研究し、解決方法を示した。そして、この構造をソーラー電力セイル、スターシェード、SSPSに適用することを検討し、実現に向けたシナリオ（ロードマップ）を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽光の圧力で推進する、燃料フリーの宇宙機であるソーラーセイルの高性能化や、未だ実現していない、太陽系外惑星を宇宙から直接撮像するスターシェードシステムの実現可能性の向上、そして、将来のクリーンエネルギーの1つと考えられている、SSPS（宇宙で太陽光発電を行って、無線で電力を地上に伝送するシステム）の構築法について、1つの解を導いたことに社会的価値がある。また、それに必要となる、構造保存型の柔軟多体力学理論（柔軟な展開構造物と剛体から成る柔軟多体の運動を、エネルギーや運動量、角運動量を保存しながら数値的に解くための力学理論）を発展させたことに学術的価値がある。

研究成果の概要（英文）：The deployable structure that consists of flexible thin members such as membrane and cable is called "gossamer structure". We studied on the construction method of flexible large space structure (FLSS) based on gossamer structure. In the result, we showed that a novel structure called modular self-deployable membrane truss (SDMT) is available for FLSS. The modular SDMT can be constructed by connecting the SDMTs on orbit. The technical problems to realize the modular SDMT were classified, e.g., the stable and reliable deployment procedure without using any powered actuators, latch mechanism after deployment, folding of membrane, and so on. And we showed a solution for those problems. Finally, we studied on the application of the modular SDMT to solar power sail, Starshade, and space solar power system (SSPS), and showed the scenario (roadmap) to the realization of those space systems.

研究分野：宇宙構造物工学

キーワード：大型宇宙構造システム ゴッサマー構造物 構造解析理論 構造設計論 構築シナリオ

## 1. 研究開始当初の背景

代表者・宮崎は、膜やケーブル等、極めて柔軟な構造（ゴッサマー構造）を用いた大型宇宙構造物について研究し、JAXA が 2010 年に世界で初めてソーラーセイルによる惑星間航行に成功した宇宙機 IKAROS の研究・開発に参加し、その後、50m 級次期セイル計画に参加し、若手研究者らと議論しつつ、コードの高速化や高精度化、小型モデルに相似則を適用した大型構造の予測法について研究をしてきた。また、自己展開トラス（図 1）やそれにより膜面を展開・展張する自己展開膜面トラス（Self-Deployable Membrane Truss, SDMT）の概念を提唱し、SDMT を系外惑星直接撮像システム「スターシェード」用のオカルタに適用することを考え、その展開手法と、1m～15 級の SDMT の試作研究や微小重力下での展開実験（図 2）を実施してきた。

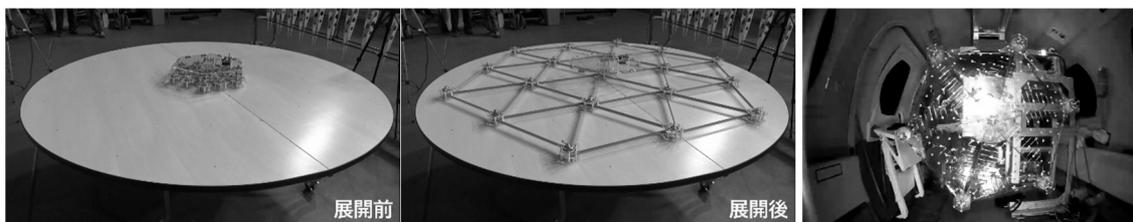


図 1 自己展開トラス

図 2 微小重力実験

さらに、海外の超小型衛星開発研究者と議論し、研究会や JAXA 関連のプロジェクト研究で国内研究者とも議論した結果、国内の以下の状況を実感した。

- (1) IKAROS 成功から 7 年経つが、国内のゴッサマー構造の解析・設計理論の研究は自身以外、ほとんど発展しておらず、汎用ソフトに頼っていて、力学の体系的理解が進んでいない。先人の知識が共有されていない。実機経験も少ない
- (2) 宇宙構造物研究者の究極目標である超大型構造(SSPS等)の研究は進んでいない
- (3) ゴッサマー構造の力学の体系的理解がない。先人の知識が共有されていない

分担者・名取は膜面収納・展開法、セイル、構造概念の研究を続け、ゴッサマー構造を俯瞰した結果、階層モジュラー構造の優位性を再認識し、次のように考えた。

- (4) 階層モジュラー構造を実機に適用するべきである

分担者・岸本は、階層モジュラー構造や構造形態の研究を行い、宇宙実証もしてきた。また、電波天文衛星 Astro-G の展開アンテナ（7 モジュール、口径約 10m）の開発に携わるが、鏡面精度（0.4mmRMS）の達成が困難で開発中止となったことで形状計測の重要性に気づき、計測システム、特に、可搬性のある高精度計測システムを開発した。その中で、以下の考えに至った。

- (5) 地上での製造・試験時だけでなく、軌道上での状態推定のための計測法が必要
- (6) 設計・製造・試験・組立・運用のしやすいゴッサマー構造の研究が必要

分担者・石村は、2016 年、X 線天文衛星 ASTRO-H で国内最高精度の大型構造を実現。先進的な柔軟宇宙構造物の研究や宇宙実証も実施。その中で、以下の考えに至った。

- (7) (超)大型構造の展開後の形状維持には、ジョイント・ラッチ部の動特性予測が必須
- (8) それにはジョイント部の網羅的・体系的な知見の取得と汎用的なモデル化が必要

分担者・上土井は、一貫して宇宙太陽光発電システム（SSPS）の実現を目指して研究しているが、次の点を実感し、SSPS 研究グループを立ち上げた。

- (9) 宇宙構造物の専門家がほとんど SSPS 研究に携わっていない（電気系研究者が中心）
- (10) 実現には宇宙構造物研究者の結集が必須

そして、代表者・宮崎は、分担者・石村、上土井との 2016 年の大規模宇宙構造物の招待講演をきっかけに、以下の考えに至った。

- (11) 自身の強みである動力学理論と実機開発経験に、構造概念(名取・岸本)・計測評価(岸本・石村)・多体構造高精度予測(石村)・超大型構造研究(上土井)を加えることで、現実的な大型ゴッサマー宇宙構造物の構築理論を世界に先駆けて確立できる。

しかし、そのためには、次の 3 つの「問い」に答えなければならなかった。

- 【問い 1】 ゴッサマー宇宙構造物の大型化は可能か？すなわち、製造・試験・組立が可能で宇宙空間での挙動を推定可能な大型ゴッサマー構造物の設計・開発は可能か？
- 【問い 2】 大型ゴッサマー宇宙構造物の挙動を、設計・開発・運用に耐えうるレベルまで精密に予測できる力学理論を構築できるのか？
- 【問い 3】 大型ゴッサマー宇宙構造物を実現する道筋はあるのか？

## 2. 研究の目的

そこで、前項に示した「問い」に答えるべく、本研究では、a) ソーラーセイル等の大面積・

超軽量構造, b) スターシェード等の大型・軽量展開構造, c) SSPS 等の超大型構造の3つの構造に対し, 理論構築・数値解析・地上実験を通じて, 以下の課題を解決することを目的とした。

- 【課題1】 挙動推定・製造・試験・組立・運用の容易さの観点からゴッサマー構造の大型化を可能にする構造概念・様式を明らかにすること。
- 【課題2】 展開, 結合/分離といった挙動を, 設計・開発・運用に耐えるレベルまで精密に予測できる力学理論を示すこと。
- 【課題3】 課題1, 2の成果を具体的な構造物の例(ソーラー電力セイル, スターシェード, SSPS)に適用し, その宇宙空間での構築手順を明らかにすること。
- 【課題4】 大型ゴッサマー構造の適用例に対し, その実現シナリオを示すこと。

### 3. 研究の方法

2節で示した4つの課題に対し, それぞれ以下の(1)~(4)の方法で研究を実施した。

#### (1) 構造様式と構築手順の提示

- ① 製造・試験・組立・運用・挙動推定が可能(容易)になるための条件の整理とその条件を満たす構造様式の提示
- ② スピン展開(ソーラー電力セイル), 動力展開(太陽電池アレイ), 自己展開(スターシェード, 太陽電池アレイ), 軌道上組み立て(SSPS)の3つのタイプの構築手順案の提示

#### (2) 力学理論と設計論の提示

- ① 自己伸展運動の構造保存型解析理論の定式化
- ② 既に開発済みの構造保存型解析コード NEDA へのモジュール構造, 自己伸展, 結合・分離の解析モジュールの組み込み
- ③ 数値計算および実験による自己伸展運動および SDMT の展開運動の特性評価
- ④ 現有の伸展マストのラッチ部・摺動部の剛性, 振動特性, 強度の試験評価と, 数値解析によるモデル化
- ⑤ 構造全体の要求特性からマイクロな結合界面や拘束配置の決定法の提示
- ⑥ SDMT の設計論の提示
- ⑦ 大型ゴッサマー構造の力学理論と設計論の提示

#### (3) (1)および(2)の成果の具体例への適用: ソーラー電力セイル, スターシェード, SSPS 基本モジュールの構築例の提示

#### (4) 実現シナリオの提示: スターシェード, SSPS 基本モジュールの実現に向けたシナリオの案の提示

### 4. 研究成果

3節に示した(1)~(4)のそれぞれについて, 特に以下の特徴的な成果を得た。

#### (1) 構造様式と構築手順の提示

##### ① 構造様式の提示 (3節(1)①に関する成果)

図3のように SDMT の構造様式・製造工程を整理した上で, 六角形型や多段型など様々なタイプの自己展開膜面構造の特徴を実験および数値計算により検討し, 併せて, モーターを用いた片持ちブームの動力展開構造, スピン展開構造等を検討した結果, スターシェードや SSPS のように軽量性・製造性・収納性・展開信頼性・形状精度がバランスよく要求される構造には, 図6のような, SDMT を結合したモジュール型 SDMT が適していることを示した。

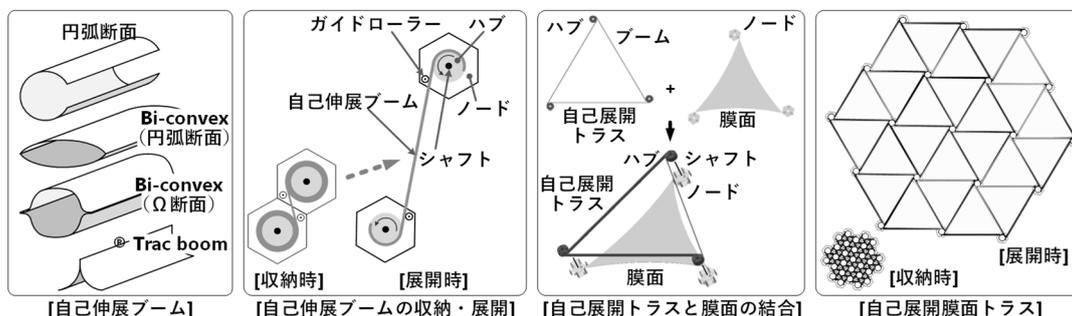


図3 自己展開膜面トラス (SDMT)

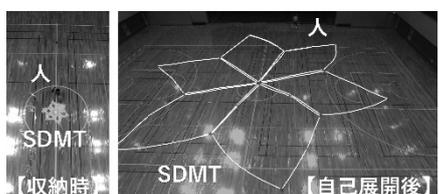


図4 20m 級モジュール型 SDMT の展開実験

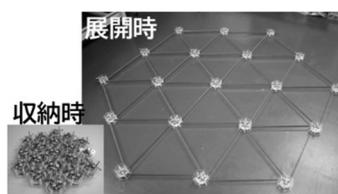


図5 多段型 SDMT の展開実験

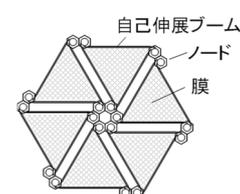


図6 モジュール型 SDMT

そして、3Dプリンタの活用など製造・試験・組立・運用・挙動推定が可能な大型ゴッサマー宇宙構造物の構造様式の案を示した。また、この自己展開膜面構造に太陽電池セルやアンテナ素子などの比較的厚い膜面や剛な膜面要素に対応した構造様式を検討し、それらに対応したらせん折り展開膜面モジュール構造を提案し、その妥当性を2m級のモデルを試作して示した。

加えて、微小重力環境での展開運動を模擬できる1.3m角のエア浮上台とカメラからなる運動計測システムを構築した(図7)。これにより、より精密な展開運動計測や展張時の形状計測が可能となった。



図7 エア浮上台での展開実験

また、スピン展開型のソーラー電力セルを想定した小型モデルの展開実験を直径1.8mの真空チャンバ内で行い、ガラス扉越しに膜面形状の動的挙動の計測する手法を構築した。ここでは特に、膜面が分割されている場合に、画像補間を行うことで膜面の位相を連続的に解析する手法を考案し、形状計測に成功した。

(2) 力学理論と設計論の提示

① 自己伸展運動の構造保存型解析理論の定式化 (3節(2)①に関する成果)

図8のように凸型断面ブームを巻き付けたハブの回転軸(シャフト)をノードに結合し、ノードにガイドローラーを取り付けることで、ブームを直線状に伸展させることができる、というのが自己伸展ブームの原理であり、この自己伸展運動を模擬するための、運動量・角運動量・エネルギーを保存する構造保存型のALE要素を新たに開発し、数値計算により、その妥当性を示した。

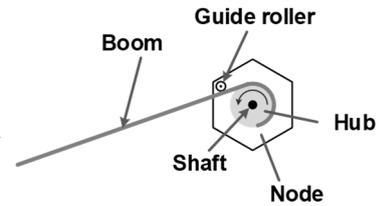


図8 自己伸展ブーム

② NEDAへのモジュール構造、自己伸展、結合・分離の解析モジュールの組み込み (3節(2)②に関する成果)

NEDAに組み込み、図10のような自己伸展ブームによる膜面展開、図11のようなモジュール型SDMTの展開を構造保存型解法で計算できるようになった。

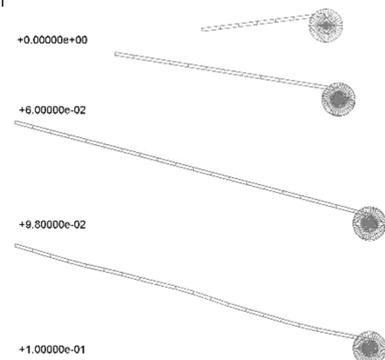


図9 自己伸展ブームの計算例

③ SDMTの設計論の提示 (3節(2)③に関する成果)

図8のような自己伸展機構では、伸展中にブームがハブから剥離し、ジャミングを起こす可能性があるが、ジャミングを起こさないための条件(ハブの慣性モーメントやブームの自己伸展力や摩擦等に課せられる条件)を理論的に導くとともに、剥離を起こさないためのハブの最適形状、さらには、膜面を取り付ける際の膜の張力やブームの圧縮力などの内部力の自己平衡理論の構築、FEMにおいて、メッシュ分割誤差による形状誤差を考慮した定式化等を行い、SDMTの設計手順・解析手法を明らかにした。

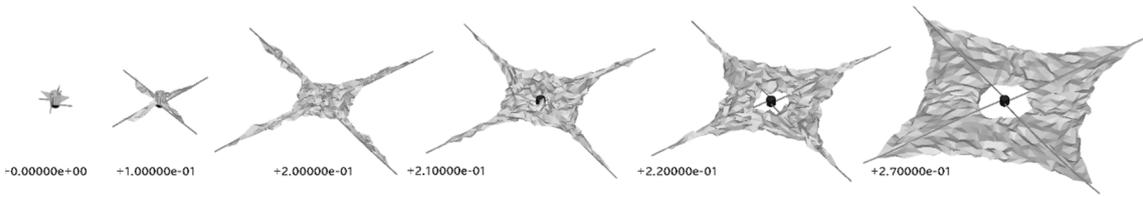


図10 自己伸展ブームによる膜面展開の計算例

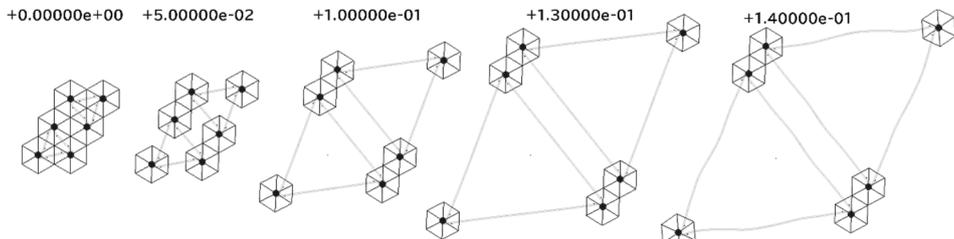


図11 モジュール型SDMTの展開の計算例

(3) 具体例への適用

スターシェードとは、系外惑星撮像用の宇宙望遠鏡と、撮像の際に邪魔になる恒星の光を遮断するためのオカルタからなるシステムのことであり、両者の距離は数万km、オカルタの径は数十mになる。恒星光の回折を考慮すると、オカルタは図13のように半径方向に透過率が変化する円

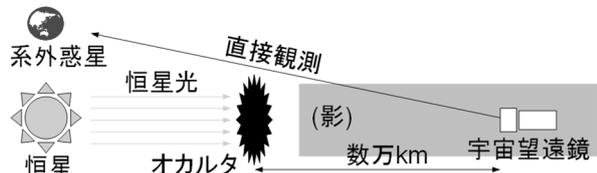


図12 系外惑星直接撮像用オカルタ

盤であることが理想的であることが知られている。しかし、そのような円盤を製作するのは困難であることから、NASA らは図 14 のような花卉型オカルタを提唱していた。しかし、花卉型オカルタは外形形状が曲線であることから、膜構造など軽量の展開構造でこれを構成することは容易ではなく、NASA らは複雑な機構を用いた、軽量とはいえない構造でこれを実現しようとしている。これに対し、本研究では、図 15 のような、内部に光の透過部分をもち、花卉型オカルタと同性能をもつ多角形型オカルタを新たに提案し、これを SDMT で実現する方法を明らかにした。そして、2m 級と 12m 級のモデルを試作し、収納・展開実験を実施し、この構造の妥当性を確認した (図 16, 図 17)。

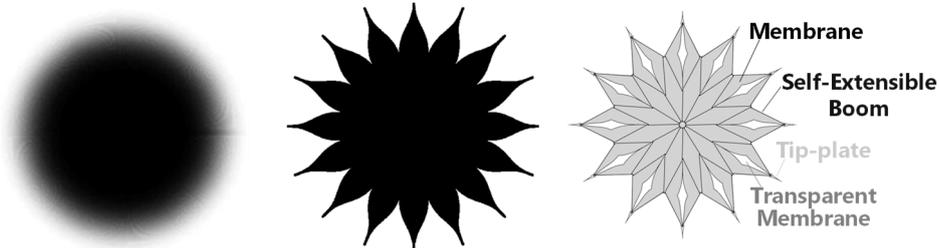


図 13 理想的オカルタ 図 14 花卉型オカルタ 図 15 多角形型オカルタ

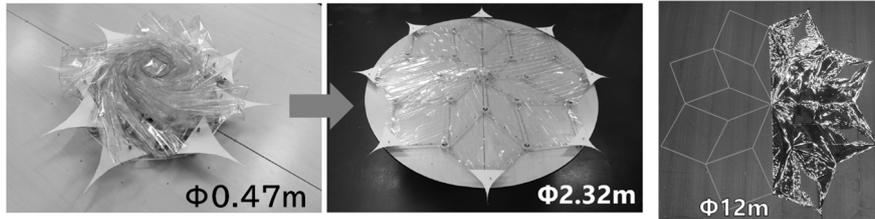


図 16 2m 級モデル 図 17 12m 級モデル

そして、この多角形型オカルタによるスターシェードシステムの軌道上実証ミッション「Euryops」のミッション設計およびオカルタ衛星の概念設計を示し、オカルタ衛星および望遠鏡衛星の要求仕様を明らかにした。これは、80kg 級のオカルタ衛星と 50kg 級の望遠鏡衛星を高度 700km 弱の極軌道に投入し、相対距離約 1,500km の超長距離フォーメーションフライト (FF) させることでエリダヌス座イプシロン星のデブリ円盤および系外惑星を観測するもので、収納時は 80cm 径、展開時は 10m 径となるオカルタを展開する (図 18)。内部機器配置 (図 19) やスラスタ等、個々の機器の性能も含め、超長距離高精度 FF を除くシステムについては実現性があることを示した。超長距離高精度 FF について GNSS と衛星間通信によるシステムを設計するのが今後の課題である。

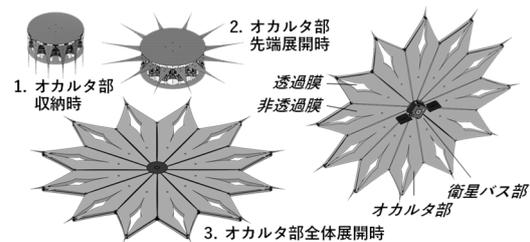


図 18 Euryops のオカルタの展開

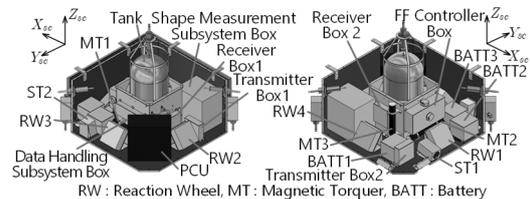
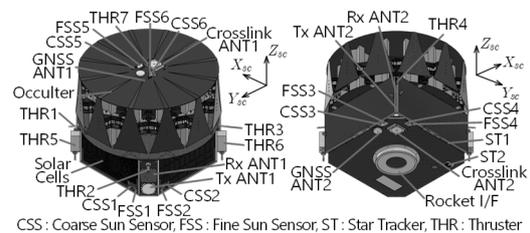


図 19 Euryops のオカルタ衛星の機器配置

次に、昨今、6U~12U の CubeSat でソーラーセイルミッションを実現しようとする研究が増えてきており、日本でも東工大と JAXA のチームによる超小型ソーラー電力セイル (MSPS) の SEL2 ハロー軌道航行ミッションが検討されている。そこで、図 10 のように、ブームを 4 本、自己伸展させることで 5m 級の膜を展開・展張する超小型ソーラー電力セイル (MSPS) 用セイル構造を設計した。

そして、SSPS に関しても、従来の蛇腹折り方式の他に、2 枚の膜を有する SDMT を用いて、表面は膜面アンテナを、裏面は膜面太陽電池アレイを構成することで、発送電一体化構造とし、これに太陽光反射鏡も SDMT でつくるシステムを提案した。

#### (4) 実現シナリオの提示

ソーラー電力セイルについては、上述の通り、MSPS ミッションにより実現する道筋を示した。また、スターシェードについては、上述の Euryops ミッションにより基礎技術の実証を行った後、SEL2 での本格的な系外惑星ミッションを実現する道筋を示した。最後に、SSPS については、HTV-X に搭載する DELIGHT ミッションを契機として SSPS の技術実証ミッションにもなる降水レーダーミッションを実現し、その先に SSPS を見据える道筋を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shoichi Shitara, Seita Kataoka, Ayaka Kawashita, and Yasuyuki Miyazaki	4. 巻 1
2. 論文標題 Concept Design of Occulter Using Modular Self-Deployable Membrane Truss	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of AIAA Scitech 2020 Forum	6. 最初と最後の頁 pp.1 - 12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2514/6.2020-1182	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 Torisaka, A., Hasegawa, S., Miura, S., Parque, V., Miyashita, T., Yamakawa, H. and Natori, M.C.	4. 巻 1
2. 論文標題 Optimization and Demonstration of 3D Self-Assembly System of Hierarchical Modular Space Structure Using Electromagnet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 7th AIAA Space Structures Conf., AIAA SciTech 2020 Forum	6. 最初と最後の頁 pp.1 - 21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2514/6.2020-1671	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 Momoko Fukunaga, Yasuyuki Miyazaki, Shoichi Shitara, Daiki Kousaka, Daishi Kawarabayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Design Method of Self-deployable Truss to Prevent Jamming of Stored Booms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of AIAA Scitech 2019 Forum	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） 10.2514/6.2019-1525	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 Kosei Ishimura, Kenji Minesugi, Taro Kawano, Manabu Ishida, Kazunori Shoji, and Kazuhiro Abe	4. 巻 1
2. 論文標題 On Orbit Structural Performance of Hitomi (ASTRO-H)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of AIAA Scitech 2019 Forum	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2514/6.2019-0202	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 Kosei ISHIMURA, Manabu ISHIDA, Taro KAWANO, Kenji MINESUGI, Kazuhisa ABE, Takashi SASAKI, Ryo IIZUKA, Nobutaka BANDO	4. 巻 16
2. 論文標題 Induced Vibration of High-Precision Extensible Optical Bench during Extension on Orbit	5. 発行年 2018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 181-187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.16.181	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25件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 柴山万優子, 多々良飛鳥, 宮崎康行
2. 発表標題 柔軟構造物の展開運動における主要モードの導出
3. 学会等名 第35回宇宙構造材料シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮崎康行
2. 発表標題 モジュール型自己展開構造によるSSPSの可能性
3. 学会等名 第5回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松浦颯, 河原林大思, 宮崎康行
2. 発表標題 3次元自己展開トラス構造と網を用いたデブリキャプチャデバイスの接触解析
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 多々良飛鳥, 柴山万優子, 宮崎康行
2. 発表標題 折り目剛性及びそのばらつきによる膜面構造物の展開への影響
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田晃一郎, 設樂翔一, 宮崎康行
2. 発表標題 自己展開膜面トラス構造の大型膜面アンテナへの適用
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤陸, 宮崎康行
2. 発表標題 電磁石を用いた柔軟構造の結合・分離機構
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shoichi Shitara, Seita Kataoka, Daishi Kawarabayashi, Takeru Nakamura, Taichi Murakami, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Space Demonstration of Occulter Using Self-Deployable Membrane Truss
3. 学会等名 70th International Astronautical Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸本直子, 鈴木脩斗, 宮崎康行
2. 発表標題 真空チャンパー内における膜面の展開挙動の3次元計測
3. 学会等名 第61回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴山万優子, 多々良飛鳥, 宮崎康行
2. 発表標題 膜構造物の展開運動のモード分解
3. 学会等名 第61回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村壮児, 宮崎康行
2. 発表標題 超小型衛星を用いたスターシェード技術実証とその軌道検討
3. 学会等名 第29回アストロダイナミクスシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daishi Kawarabayashi, Yasuyuki Miyazaki, Hayate Matsuura
2. 発表標題 Concept of Debris Capturing Device using Self-Extensible Boom and Net for Active Debris Removal (ADR)
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeru Nakamura, Shoichi Shitara, Seita Kataoka, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Shape Sensitivity Analysis of Starshade using Self-Deployable Membrane Truss
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seita Kataoka, Yasuyuki Miyazaki
2. 発表標題 Deployment Dynamics of Self-Deployable Membrane Truss
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石村康生
2. 発表標題 宇宙太陽発電システムの構造に関する課題
3. 学会等名 第5回宇宙太陽発電 (SSPS)シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石村康生
2. 発表標題 超大型宇宙構造物における結合機構に関する考察
3. 学会等名 第35回宇宙構造・材料シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzaki, W., Parque, V., Miyashita, T., and Natori, M.
2. 発表標題 A Study of Deployment of Membrane Stowed by Multi-Spiral Folding Lines Considering Thickness Effects
3. 学会等名 5th International Symp. on Solar Sailing (ISSS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴山万優子, 宮崎康行
2. 発表標題 展開構造物の非線形ダイナミクスの新しいモード分解法の提案
3. 学会等名 第34回宇宙構造材料シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂大樹, 宮崎康行, 福永桃子, 河原林大思
2. 発表標題 スターシェードシステムに用いる自己展開膜面トラス構造の検討
3. 学会等名 第34回宇宙構造材料シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 設樂翔一, 宮崎康行, 中村壮児, 高坂大樹, 福永桃子
2. 発表標題 自己展開膜面トラスを用いたスターシェードの形状
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福永桃子, 宮崎康行, 高坂大樹, 片岡星太
2. 発表標題 円筒に巻き付けられたコンベックステープの自己伸展運動における非剥離条件
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原林大思, 松浦颯, 宮崎康行
2. 発表標題 自己伸展ブームを用いた立体トラスの構造特性
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須崎 航, 宮下 朋之, 名取 通弘
2. 発表標題 多重らせん折り膜面に関する研究
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Momoko Fukunaga, Yasuyuki Miyazaki, Shoichi Shitara, Daiki Kousaka, Takeru Nakamura
2. 発表標題 Application of Self-Deployable Truss to Starshade
3. 学会等名 69th International Astronautical Congress
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石村 康生, 渡邊 秋人, 伊藤 祐明, 武井 祥平, 名取 通弘
2. 発表標題 モジュール構造物の組立機構に関する検討
3. 学会等名 日本機械学会 2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬場満久, 石村康生, 河野太郎, 阿部和弘, 蒔田愛道, 前田修, 佐藤泰貴
2. 発表標題 部材剛性評価に基づく伸展式光学架台の剛性設計に関する研究
3. 学会等名 第60回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2018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	名取 通弘  (Natori Mihihiro)  (00013722)	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・ 名誉教授   (82645)	
研究分担者	石村 康生  (Ishimura Kosei)  (10333626)	早稲田大学・理工学術院・教授   (32689)	
研究分担者	岸本 直子  (Kishimoto Naoko)  (60450714)	摂南大学・理工学部・准教授   (34428)	

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	上土井 大助  (Jodoi Daisuke)  (90816828)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・研究開発部門・主任研究開発員     (82645)	

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