

次世代宇宙構造物開発に関する研究

研究代表者 宮下 朋之
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 1 研究課題

宇宙構造物は、宇宙空間での活動を支える基盤として必要不可欠なものである。より軽量で大型な構造物が、宇宙空間での無重力・放射線暴露・太陽輻射環境を考慮して開発する必要がある。大型な宇宙構造物は、太陽光からの発電量を増大させることが可能となることが見込まれ、また、伝送波を効率よく受信できるため、電波観測や情報通信への高効率化を実現するためにも必要となる。宇宙空間へ構造物を輸送するためには、ロケットなどの推進機構が必要となる。一般には、搭載容積の制限を制約条件として、収納・展開機能が構造物には求められる。このような状況より、将来において以下の特性を備える構造物の開発が必要と考えられる。

- (1) 要求領域に効率を高く収納可能であること
- (2) 伸展・展開が精度を高く動作可能であること
- (3) 組立・分解を容易とすること
- (4) 民生品部品を活用した人工衛星・探査装置・探査機のダウンサイジング

これらのため、しわや折り目が平面・鏡面精度に影響が少ない折り畳み方法、摺動要素の管理技術や構造様式の多様性の管理した設計技法が必要であり、民生品による費用逡減・打ち上げ機会を活用した費用便益の高い各種の実証研究の実施が必要である。

2. 主な研究成果

2.1 膜面の収納技術

円筒領域へ膜面（曲面）を折り畳み収納し、さらに、しわの発生源である膜厚の影響を考慮した折り目の算出方法を前年度に引き続き新たに考案した。今年度は、対象とする膜面の膜厚を考慮したらせん折りと蛇腹折の複合した折り目線の算出法を考案し、角柱形状への収納技法を新たに考案し、実験により展開力などの力学特性を含めて確認した。

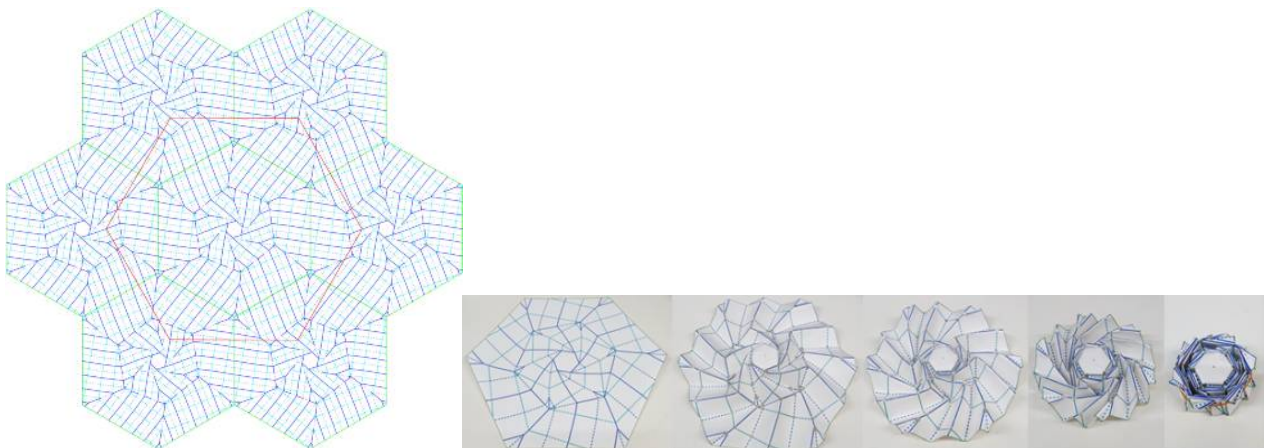


Fig.1 らせん折と蛇腹折の複合折り目と折り畳み過程の様子

2.2 収納架台の伸展技術

架台への設計要求として、両端に対する寸法精度を条件とした、長大化があげられる。望遠鏡としての宇宙構造物においては不可欠な構造であり、宇宙科学への要求にこたえるために、これらの要求にこたえる必要がある。一般に大型の宇宙構造物はロケットに搭載可能な寸法へ収納するために、折りたたむことが必要となる。このように、収納を可能とするために、一定の隙間を機械要素間に定義することが必要である一方、摺動面には、摩擦が生じ、摩擦特性に応じた挙動が構造物に現れる。これらの特性を宇宙空間における管理を可能とすることが、重要である。架台の摺動面における摩擦特性を実験により計測し、解析モデルを構築した。

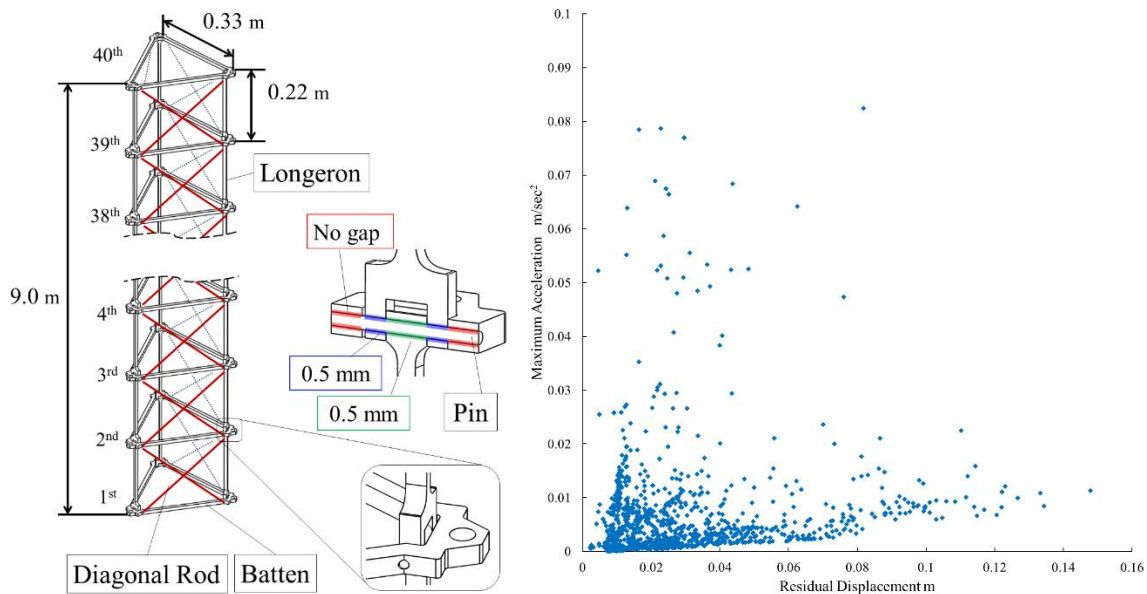


Fig.2 伸展式架台の軌道上の挙動に関する多目的最適化結果

2.3 次世代探査機の設計

将来の超大型宇宙構造物に必要不可欠である超軽量宇宙構造技術の基盤技術を確立すると共に、その成果を一般の人々に理解しやすい形で還元していくことである。その基盤技術として、注目を集めている一体成型技術を活用した衛星筐体の製造技術の確立を試みる。衛星筐体の一体化には、締結部の最小化（ネジゼロ化）を可能とするとともに、設計段階の早い時期より、熱伝達経路の設計を同時に取り組むことが可能となり、締結作業の最小化、締結部に措置する振動対策フィルム作業の省力化し熱伝達の側面の影響の除去を可能とすることとなる。



Fig.3 アルミニウム合金による金属積層法による衛星筐体

2.4 成開口レーダ用展開式パネルスロットアレイアンテナの開発

① 小型衛星搭載の合成開口レーダ用展開式パネルスロットアレイアンテナの特性測定

小型衛星搭載の合成開口レーダ用展開式パネルスロットアレイアンテナ (0.7mx0.7m パネル 7 枚、展開時 5mx0.7m) を、京都大学 AMETLAB 施設にてアンテナ近傍界計測を実施してきている(図参照)。2019 年度には、アンテナ近傍界測定値を遠方界に変換するフーリエ変換演算の詳細を吟味して、特に電磁界位相とサイドローブ強度の結果に問題があることを見出し、それを修正した。

② JAXA 革新小型衛星に搭載された送信機からのデータ通信信号を受信・復調実験を行い、2.65Gbit/sec という低高度周回衛星からの無線データ伝送の世界最高通信速度を達成

X 帯を用いた 64APSK 変調、シンボルレート 300Msymbol/sec、左右円偏波 2 チャンネルの衛星搭載用送信機は、JAXA 小型衛星 Rapis-1 に搭載され 2019 年 1 月に打ち上げられた。2019 年度には、本実験のために改修整備された JAXA 臼田 10m アンテナにて受信復調実験が行われた。2 チャンネル合計で 2.65Gbit/sec という、低高度周回衛星からの無線データ伝送としては世界最高速度の通信に成功した。

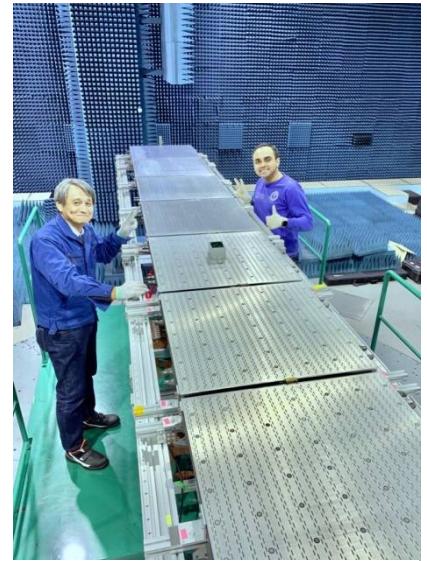


Fig.4 小型衛星搭載の展開式合成開口レーダ用アンテナパネルの近傍界計測風景

3. 共同研究者

石村康生 (理工学術院・総合機械・教授)
斎藤宏文 (研究院・上級研究員)

三浦 智 (理工学術院・総合機械・助教)

4. 研究業績

1. Tomoki KANEKO, Noriyuki KAWANO, Yuhei NAGAO, Keishi MURAKAMI, Hiromi WATANABE, Makoto MITA, Takahisa TOMODA, Keiichi HIRAKO, Seiko SHIRASAKA, Shinichi NAKASUKA, Hirobumi SAITO, and Akira HIROSE, "2.65Gbps down link communications with polarization multiplexing in X-band for small earth observation satellite," IEICE TRANS. COMMUN (submitted)
2. Shunnosuke Shimizu, Kosei Ishimura, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita, "Structural analysis of thermally induced stick-slip on deployable mast", AIAA Scitech 2019 Forum, 2019, AIAA2019-1025.
3. 清水 駿之介、宮下朋之, "伸展マスト構造の熱擾乱現象を考慮した長大化設計に関する研究", 第 63 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 2019.
4. Yasutaka Satou, Hiroshi Furuya, Kaida Shoko and Tomoyuki Miyashita, Visco-Elasto-Plastic Behavior of Creased Space Membrane, AIAA 2020-1900

5. 研究活動の課題と展望

調査頻度を向上させるため、限られた輸送能力を最大限に生かし、信頼性を確保した探査技術の提供が必要である。火星や月における探査への要求が高まっており、これらに対する要求にこたえていくことが重要である。