

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. 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、民生品による費用逓減・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。曲面形状に対してらせん折り線の算出方法を前年度に考案したが、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、実験により展開力などの力学特性を含めて確認した。

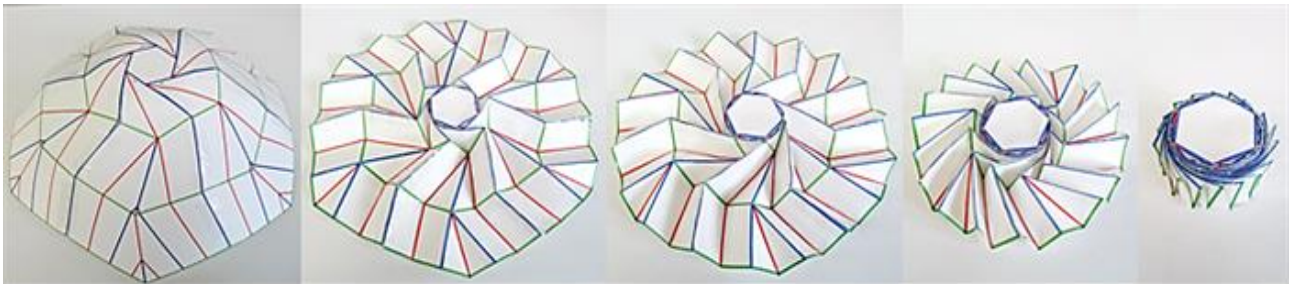


Fig.1 らせん折と蛇腹折の複合折り目と折り畳み過程の様子

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。

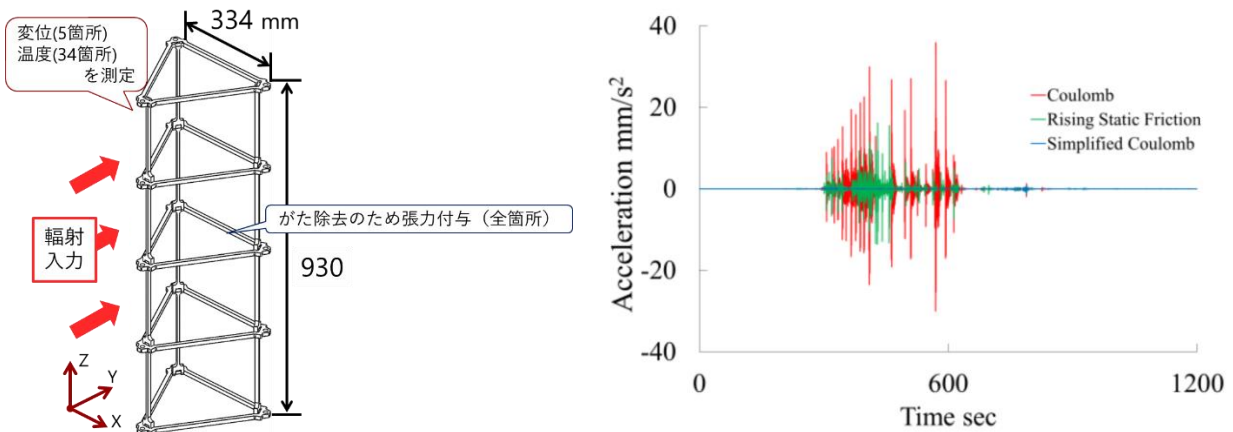


Fig.2 伸展式架台の熱入力に起因する摺動面の挙動

2.3 次世代探査機的设计

民生部品の最大限の活用を前提に、Hayabusa-1,2、Unisec-1, Hodoyoshi, Proxion の活動を参考にし、科学ミッションの側面より、資源探査や放射性デブリの調査をミッションとした衛星設計を実施した。機体を試作し打上環境への耐性を机上及び実験により確認し、いくつかの部品を搭載した。長期間稼働し推進力を提供するホールスラスト及び衛星の姿勢を制御するために必要なリアクションホイールの設計及び試作を進めた。各種部品の個別の性能を検証し、小型探査機の開発を着実に進めている。

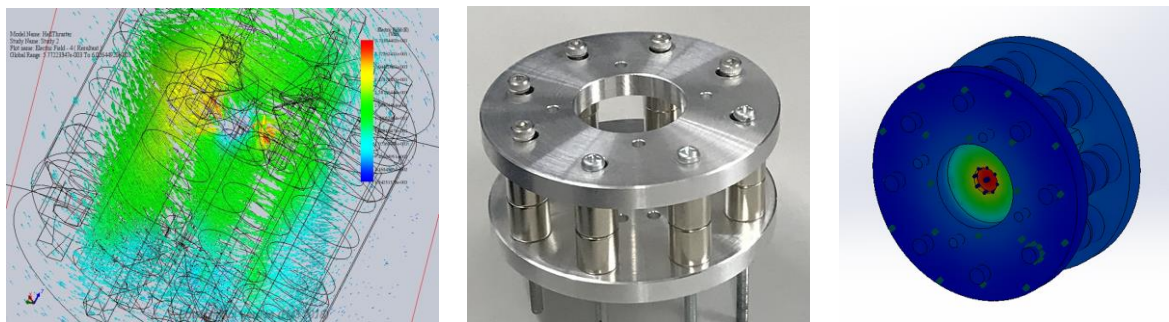


Fig.3 ホールスラストの磁場形成 (左)、試作品 (中央)、稼働時温度分布 (右)

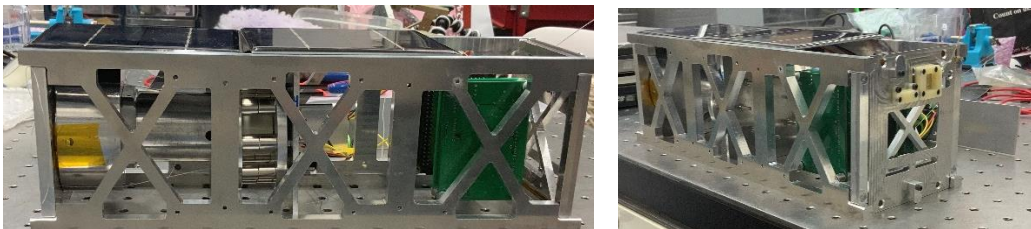


Fig.4 機体形状

3. 共同研究者

石村康生 (理工学術院・総合機械・教授)
長谷部信行 (理工学術院・応用物理・教授)

鳥居祥二 (理工学術院・応用物理・教授)
三浦 智 (理工学術院・応用物理・助教)

4. 研究業績

4.1 学術論文

- [1]宇宙放射線科学の実験的研究 長谷部 信行 早稲田大学理工学術院総合研究所 2019.03
- [2]国際宇宙ステーションにおける宇宙線観測 鳥居祥二 早稲田大学理工学術院総合研究所 2019.03
- [3] α -particle spectrometer based on xenon gas ionization chamber using coplanar electrodes, Hasebe, N., Miyajima, M., Shibamura, E., Matias-Lopes, J.A., Dmitrenko, V.V., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2019.02
- [4]Study on in-plane and out-of-plane deformation considering elastic plasticity of membrane, Ayako Torisaka, Kohei Ogawa, Satoshi Miura, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita and Hiroshi Yamakawa, AIAA Scitech 2019 Forum, 2019.01
- [5]Structural analysis of thermally induced stick-slip on deployable mast, Shunnosuke Shimizu, Kosei Ishimura, Tomoyuki Miyasita, Victor Parque, AIAA Scitech 2019 Forum, 2019.01
- [6]On Parametric Excitation for Exploration of Lava Tubes and Caves, Victor Parque, Masato Kumai, Satoshi Miura, Tomoyuki Miyasita, Computational Science2018.06
- [7] Spiral Folding of Thin Films with Curved Surface, Miura, S., Parque, V., Ogawa, K., Miyashita, T., IEEE, SMC2018, 2018.10
- [8]iron distribution of the Moon observed by the Kaguya gamma-ray spectrometer: Geological implications for the South Pole-Aitken basin, the Orientale basin, and the Tycho crater, Naito, M.; Hasebe, N.; Nagaoka, H.; Shibamura, E.; Ohtake, M.; Kim, K. J.; Wöhler, C.; Berezhnoy, A. A., Icarus, 2018.08

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。