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　超小型人工衛星の開発及び打上

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。革新３号機による打上機会を獲得し、超小型衛星の設計および製作を進めた。組立および機能確認の試験を実施し各種の審査を予定している。図は、３Ｄプリンタにより製造した衛星筐体に無線機を組付けた状態の写真(左)と全体を組み立てた写真（右）である。

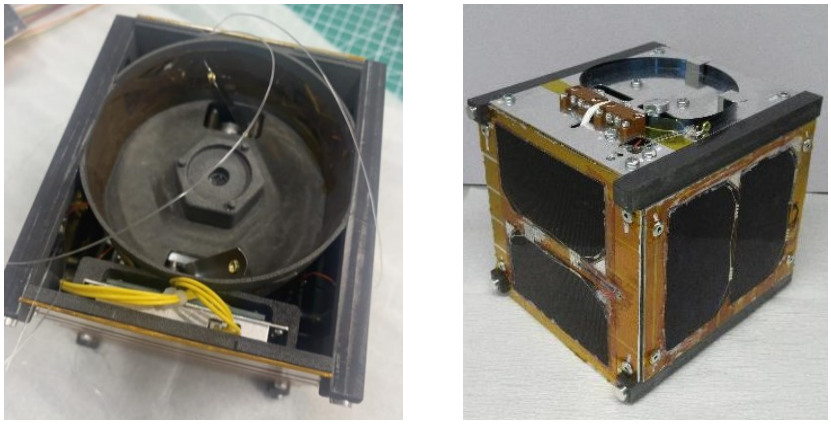

Fig.1　WASEDA-SAT-ZERO の概形

2.2　収納架台の伸展技術

望遠鏡などで使用される架台の設計要求として、２点間の位置精度を要求に収まることが求められる。また長大化する要求のため、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。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。このような可動部が存在することにより、熱変形の結果として、動摩擦・静摩擦の状態変化により、熱擾乱として微小に変形挙動を示す。このような擾乱を管理する技術として、加振による方法を検討した。適切な周波数、取付位置を検討し実験を実施している。

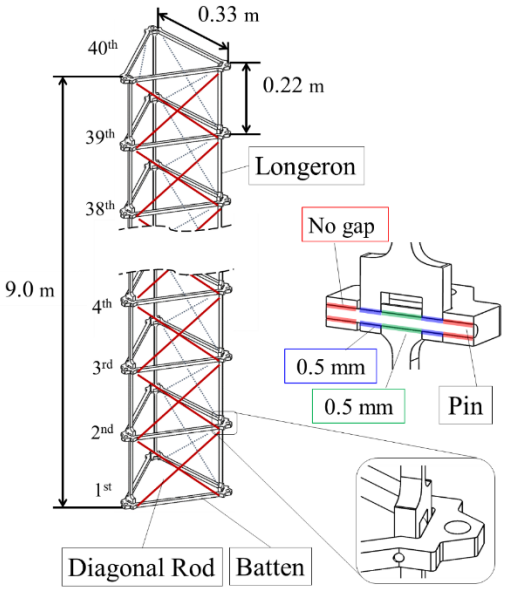

Fig.2　伸展式架台の概形

2.3　高精度変位計測装置の開発

天体・地上の観測対象に関わらず，観測要求の高度化から，観測機器を支持している構造物の高精度化の傾向は，ますます高まっている．要求の代表例をあげると，10m オーダーのサイズで 100 μm オーダーの精度要求などがある．成層圏における気球実験を実施し熱変形挙動を計測した。

Fig.3　高精度変位計測装置と放球の様子

３．共同研究者

石村康生（理工学術院・総合機械・教授）　　三浦　智（東京工業大学　講師）
斎藤宏文（研究院・上級研究員）

４．研究業績

4.1 学術論文

(1) A thermal deformation test technique robust to change in room temperature using multiple periodic heating、Shibata, T., Ishimura, K., Miyashita, T.、AIAA Scitech 2021 Forum, 2021

(2) Electromagnet-based three-dimensional self-assembly system for hierarchical modular space structures、Torisaka, A., Hasegawa, S., Miura, S., ...Yamakawa, H., Natori, M.C.、Journal of Spacecraft and Rockets, 2021, 58(2), 472-485

(3) Shape optimization of a three-dimensional membrane-structured solar sail using an angular momentum unloading strategy、Miura, S., Saito, K., Torisaka, A., Parque, V., Miyashita, T.、Advances in Space Research, 2021, 67(9), 2706-2715

(4) Packaging of thick membranes using a multi-spiral folding approach: Flat and curved surfaces、Parque, V., Suzaki, W., Miura, S., ...Miyashita, T., Natori, M.、Advances in Space Research, 2021, 67(9), 2589-2612

(5) Leg-circle transformable wheel for improved runnability of a lunar rover, Torisaka, A., Eguchi, K., Miura, S., Parque, V., Miyashita, T., Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 2021, 32(9), 1013-1023

５．研究活動の課題と展望

宇宙空間における探索活動の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。