

高性能科学観測にむけた高精度構造・材料の研究開発

石村康生(早大), 田中宏明(防衛大), 後藤健, 土居明広, 小川博之, 河野太郎, 馬場満久, 岡崎峻, 柴野靖子, 西城大, 峯杉賢治, 坪井昌人, 村田泰宏, 佐藤泰貴(JAXA), 仙場淳彦(名城大), 秋田剛(千葉工大), 小林訓史, 鳥阪綾子(首都大), 宮下朋之(早稲田大), 南部陽介(レヴィ), 小木曾望, 木村公洋(阪府大), 樋口健, 勝又暢久(室蘭工大), 岩佐貴史(鳥取大), 坂本啓(東工大), 池田忠繁, 加藤章(中部大), 角田博明(東海大), 岸本直子(摂南大), 藤垣元治(福井大), 波多英寛(熊本大), 篠原主勲(大同大), 河野裕介(国立天文台), 上田政人(日大), 横関智弘(東大), 岩田稔(九工大), 米山聡(青学大), 大谷章夫(京都工繊大), 向後保雄, 井上遼(東理大), 小山昌志(明星大), 仲井朝美(岐阜大), 坂井健宣(埼玉大)

研究協力者: 石田学, 前田良知(JAXA), 森浩二(宮崎大), 中澤知洋(名大), 水谷忠均, 神谷友裕(JAXA)

次世代の科学観測を支える衛星探査機の高機能化技術として, 高精度1次元構造物, 2次元構造物および高精度材料・構造要素の研究開発を実施。

1次元構造物: 10m規模の伸展マストの軌道上のポインティング精度1秒角(10m先の並進変位 $50\mu\text{m}$ 相当)

2次元構造物: スマート形状可変鏡と高精度変形計測システムを統合した高精度アンテナシステムの開発・実証

300GHzを超える高い周波数での電波観測を目指した反射鏡アンテナに関する基礎技術の向上

材料・構造要素の高精度化: 熱変形, 膨潤変形を抑制した新素材開発

経年劣化による特性変化の少ない高精度複合材の開発(10^{-7} オーダの変形の詳細化)

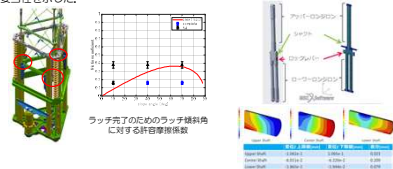
1次元構造物 (伸展式光学架台)

A1. 伸展マストの高性能化

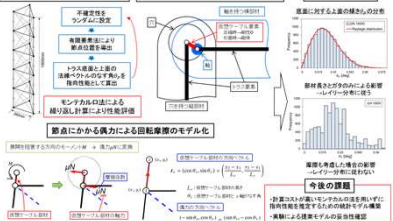
静的構造特性: 展開精度の向上及び高剛性化

主ネマチックカップリングの高精度化

展開機構の根本的な位置決め機構の一つであるMaxwell Clamp型ネマチックカップリングに対して, ラッチ完了となるラッチ傾斜角に対する許容座標精度を理論的に導出し, 実験からその妥当性を示す。



伸展マストの不確定性伝達モデルの構築



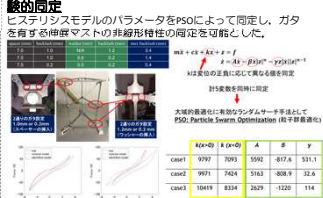
A2. ポインティング制御システムの研究開発

昨年度までに大気中でのシステム全体の性能評価はすでに終了しており, 十分な制御性能が実現できていることが確かめられた。次に使用可能環境の拡大に向けて, 研究開発を実施。ポインティング制御システムのコア技術の一つである高精度変位計測装置を気球運用環境で利用可能なシステムに改良し, 2020年度の実験実証による検証に向けて, 機器開発を実施中。

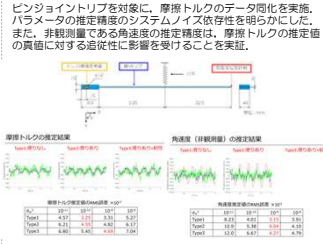


動的構造特性: 非線形振動特性の解明

伸展マストのガタ量を考慮した非線形モデルの実験的検証

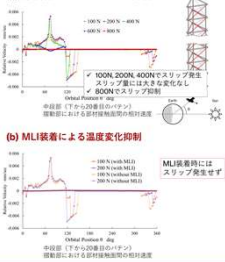


構造の内部摩擦の同定による動的挙動特性の推定



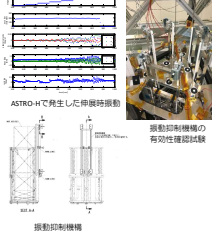
サーマルスナップの抑制

伸展マストにおける振動伝達の一つであるサーマルスナップをモデル化し, 予力値の増大およびMMUの付与によって, 伸展マストにおけるサーマルスナップを抑制できることを明らかにした。



伸展時振動抑制機構の開発

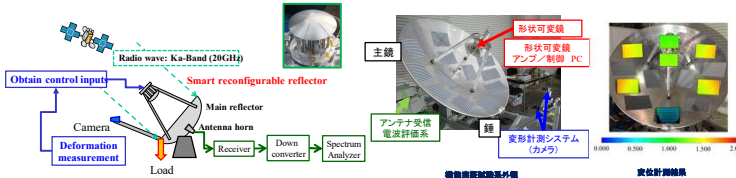
ASTRO-HにおけるEOB伸展時に生じた伸展時振動の発生メカニズムを特定すると同時に, 振動抑制機構を開発。その有効性を試験によって検証中。



2次元構造物 (アンテナ)

B1. スマート形状可変鏡と高精度変形計測システムを統合した高精度アンテナシステムの開発・実証

- 形状可変鏡と高精度計測系を有するアンテナシステムを開発, 実際の衛星からの電波を用いて性能評価試験を実施
- 高精度計測系と形状可変鏡を組み合わせた統合システムとしての機能を実証した
- 主鏡変形による光路誤差を形状可変副鏡で補正し, アンテナ性能を改善できることを実証した



主鏡への荷重負荷により, 電波の受信レベルが0.27dB低下していたものを, 0.1dB改善※

※形状可変鏡の表面での変形, 変形量を主鏡変形に合わせるよう, 形状可変鏡を設計すれば, 更なる向上が期待できる

B2. 300GHzを超える高い周波数での電波観測を目指した反射鏡アンテナに関する基礎技術の向上

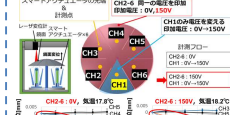
スマート副鏡のアクチュエータ最適配置設計の精度向上



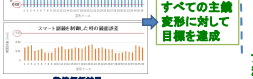
スマート副鏡のレジリエントな運用



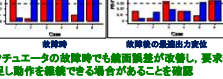
スマート副鏡の各ペタル周縁の達成特性



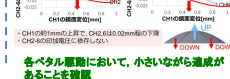
アクチュエータの最適配置でも鏡面誤差が改善し, 要求を満足し動作を継続できる場合があることを確認



アクチュエータの最適配置でも鏡面誤差が改善し, 要求を満足し動作を継続できる場合があることを確認



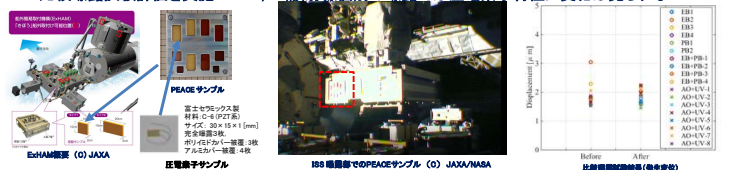
各ペタル周縁において, 小さいながら達成があることを確認



B3. ExHAMによる圧電素子の宇宙環境曝露試験

PEACE: PiezoElectric Actuator Characteristic Experiments

- ExHAMによる圧電素子の宇宙環境曝露試験を実施中(2019年8月21日より1年間程度)
- 比較曝露試験評価を実施⇒AO,UV放射線個々の曝露では圧電素子特性に変化は見られない

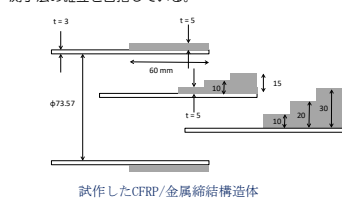


高精度材料・構造要素

C1. 高精度構造要素の研究開発

CFRP金属締結構造の熱変形

トラスチューブの熱変形を精度よく設計するために, CFRPと金属の締結構造の熱変形について各要素の熱変形を画像相関法を併用し, 予測手法の確立を目指している。

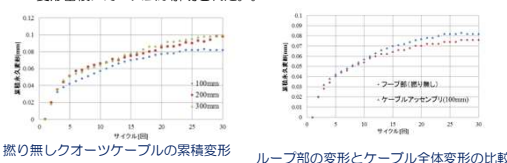


低膨張率ハニカムコアの開発

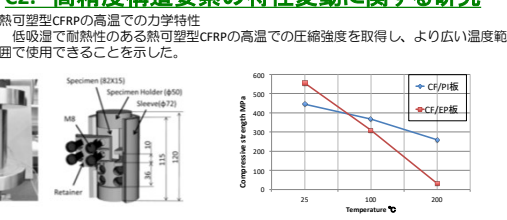
熱膨張係数の小さいCFRPを保持したハニカムコアの開発。サンドイッチパネルの力学特性を取得している。試作したCFRPコアを使用したサンドイッチパネルは十分な曲げ強度を持つことが確認できた。



クォーツケーブルの累積変形
ケーブルアセンブリの繰り返し荷重試験時の累積変形について, 変形蓄積メカニズムが解明された。



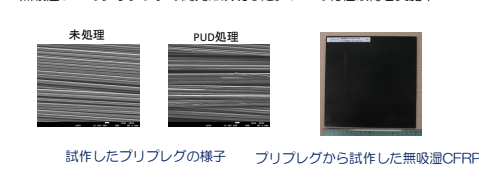
熱可塑性CFRPの高温での力学特性
低吸湿で耐熱性のある熱可塑性CFRPの高温での圧縮強度を取得し, より広い温度範囲で使用できることを示した。



C3. 高精度低吸湿複合材料の研究開発

無吸湿CFRPの開発

無吸湿CFRPのプリプレグの開発に成功した。CFRPの特性取得を実施中



低吸湿CFRPの開発

様々な形状への成形による特性変化について調査研究を実施中。L型入りの成形について, プリプレグを使用する方法および3mm板厚のCFRPから直接成形する場合について, 力学特性の違いを調査研究している。

