

# 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, 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, 杉本諒, 西城大, 峯杉賢治, 坪井昌人, 村田泰宏, 佐藤泰貴 (JAXA), 田中宏明 (防衛大), 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, 浅沼範大 (早稲田大), 小木曾望, 南部陽介, 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 (中部大), 角田博明, 小川雄樹 (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, 飯塚亮 (JAXA/ISAS), 森浩二 (宮崎大), 中澤知洋 (東京大), 水谷忠均, 神谷友裕 (JAXA/ARD)

優れた大型高精度構造によって、各種プロジェクトの早期実現に寄与することを目的とし、

**1次元構造物**: 10m規模の伸展式光学架台の1秒角 (50 $\mu$ m@10m) の形状精度の実現

**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 と、

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

**高精度材料・構造要素**: 熱変形, 膨潤変形を抑えた新たな素材の開発に加え、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<sup>-7</sup>オーダの変形の詳細化) を実現

にむけた研究開発を実施。

## 1次元構造物 (伸展式光学架台)

### A1. 伸展マストの高性能化

**構造特性のモデル化と設計へのフィードバックによる高精度化**  
→ 伸展再現性, 熱変形等に対して1mm以下@10mに向けた技術開発

**伸展再現性の向上**にむけて、マスト根元のキネマチックカップリングの設計後の検証。当り面の傾斜角と、ラッチ完了のための許容摩擦係数の関係が、理論予測値と整合するかの試験によって検証

**熱変形抑制**が、キネマチックカップリングによって、適切に実現できることを試験検証。マスト下部部材の辺長が200 $\mu$ mを超える熱変形を発生した時に、キネマチックカップリングによって、マストの重心位置の変動を3 $\mu$ m以下に抑えることができた。

キネマチックカップリングがあるマスト下端のバッチン部材部材を加熱  
重心位置の変位 (単位 $\mu$ m)

**伸展マストの大型化。マスト先端の質量増大に対応するための高剛性化**  
→ 設計時の剛性予測精度の向上, 剛性に対する高感度部材の高剛性化

**伸展マスト全体の剛性 (変位-荷重曲線) と各部材剛性**の試験による取得と、それらの関係性の解明

特に、**ジョイント・ラッチ部などの接触状態に依存して剛性が変化**する部位を特定。設計予測と試験によるモデル化の妥当性評価し、剛性の向上にむけた構造の改善法をあきらかにした。

**伸展マストの軌道上での動特性向上**  
→ 非線形振動特性の同定, 伸展時の発生振動の抑制

**ガタの存在する系における固有振動数の振幅依存性**の評価を実施。軌道上での微小振動に対する構造の非線形形態のメカニズム解明につなげる。

**ジョイント部の接触摩擦**のモデル化と摩擦の振動特性への影響評価

**伸展時の発生振動の原因と抑制方法**

ロンジロラッチ時の周期的な位置拘束によって振動が発生しうることをシミュレーションで確認。  
板バネによるガイドによって振動抑制の可能性を示唆。試験による検証の準備中。

### A2. ポインティング制御システム

高精度 **変位計測装置の真空環境下**での性能評価

真空チャンパー内で、コーナークープリフレクタの位置を部材の熱膨張によって変化させ、その変位を2次元変位計測装置で計測。真空中での計測機能は、確認済み。計測精度は現在評価中。

**ポインティング制御機構の熱特性**を評価し、弾性ヒンジの熱の観点からの設計指針を得る。

弾性ヒンジ部の直径, 長さを変えた供試体に対して、試験を行い、想定通りの熱伝導特性が実現できるかを確認予定。

## 2次元構造物 (アンテナ)

**スマート形状可変鏡と高精度変位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 - 高精度計測システム**

現状成果: これまで個々に開発してきた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て高精度のアンテナシステムを開発するために実在の $\phi$ 1.5m主鏡の相対変位を計測する装置を構築するための設計と、そのための基礎検討を行った。

**【今後の予定】**年度末まで:  $\phi$ 1.5m主鏡の相対変位を計測する装置を構築するための装置で計測することの基礎検証実験を行い、装置設計を終了する。

**熱変形を考慮した主鏡背面構造の形状調整法**

背面支持構造をトラス構造で設計し、トラスの特定の部位にダミーマスを付加して、構造変位を低減する。

**スマート副鏡のアクチュエータ最適配置**

スマート副鏡において、主鏡のKC取り付け位置が0.1mmずれたいくつかの変形パターンに対して、開口率低下が最小となるアクチュエータ最適配置を求めた手法を確立した。

**形状計測システム要素試験装置試作**

研究室レベルから実用レベルの装置へステップアップさせるために、システム統合時に保証すべき性能要求を明らかにするための要素試験を行う装置を実施。

**低熱変形スマートアクチュエータの評価・改修**

形状可変副鏡プロトタイプについて、  
□ 熱変形を低減  
✓ アクチュエータ変位拡大機構を複数金属の組み合わせで製作しCTEを調整  
✓ 副鏡の支柱もLTX製とする  
□ 機構部に取り付けたセンサ情報によるフィードバック制御の実現

**主鏡誤差補正に適した副鏡鏡面の設計**

・気球VLIB1号機主鏡に生じやすい誤差モードを評価, 補正できる副鏡形状を検討, 3Dプリンタにより試作

主鏡形状形状 数値解析の結果 3Dプリンタによる副鏡の試作

【今後の予定】試作した副鏡モデルの評価を実施予定

**可変抵抗を用いた単一電源系による複数圧電アクチュエータの個別駆動**

・電源系 (アンプなど) の統合によるシステムの簡素化を目指す  
・異なるゲルベングに比べ、二つのアクチュエータの出力を個別に制御できる。

2アクチュエータの駆動試験  
個別電源による駆動と色合い出力制御性能を確認

**形状可変鏡システムの構築性検討 (耐衝撃)**

目的: 300Gsrs@1kHzの衝撃負荷に対して、アクチュエータ特性を確保する

**電氣的動振器によるトラスの振動抑制**

トラス構造の下部節点固定部に圧電トラスフェーサを設置し、マイコンによりデジタル制御可能な抵抗および合成インダクタからなる回路を接続した電氣的動振器を実現

**鏡面の高精度加工に関する検討**

・素材の製造 (圧延, 鍛造) に起因する残留応力が鏡面加工後の形状に与える影響を評価する。

縦衝撃の配置 横衝撃の配置  
計測の様子 回折環の例

## 高精度材料・構造要素

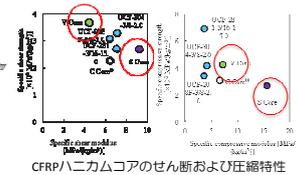
### C1. 高精度構造要素の研究開発

全CFRPサンドイッチパネルの開発

CFRP skin  
+ Adhesive  
+ CFRP honeycomb core

CFRPハニカムコアの基本特性の取得  
サンドイッチパネルの製作と特性取得を開始

変形予測精度向上のためCFRP/アルミ接合構造の熱変形に関する研究開発を開始



CFRPハニカムコアのせん断および圧縮特性

### C2. 高精度構造要素の特性変動に関する研究開発

熱サイクルによるCFRP積層板の熱膨張係数の変動

熱サイクルによる熱膨張係数の変動をさらに一般化するため、積層構成の異なるCFRPや繊維特性の異なるCFRPを準備し、特性取得を実施中

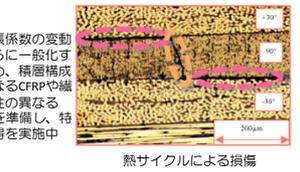
積層内クラックの発生  
層間<sup>G</sup>値  
層間<sup>G</sup>値

CFRP積層板の熱膨張係数の変化に与える損傷の影響

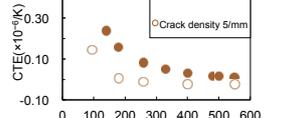
### C3. 高精度低吸湿CFRPの研究開発

低吸湿である熱可塑性樹脂を用いたCFRPの高温までの圧縮特性や曲げ特性を取得し使用可能温度範囲の把握を進めている。

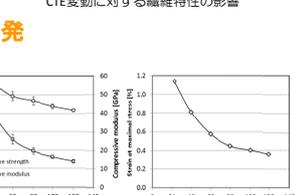
今後の適用に向け重要なCFRPの中間体であるプリフレグの試作をすすめており、形状を持つCFRPの試作とその特性について着手している。



熱サイクルによる損傷



CTE変動に対する繊維特性の影響



低吸湿CFRPの圧縮強度および圧縮弾性率の温度依存性