

平成 25 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	機械宇宙システム専攻
研究者 (ふりがな)	坂本 啓 (さかもと ひらく)
タイトル	薄肉シェルの分岐座屈を考慮した宇宙リフレクタの形状制御
助 成 名	工系若手奨励賞
採択金額	100 万円

研究の背景

宇宙での電波天文観測のために用いられる人工衛星搭載用の大型リフレクタは、ロケットへの搭載重量および容量の制約を充足する必要があるため、極めて軽量・柔軟な構造が軌道上で大規模に展開する構造様式が採用される。しかし大型柔軟展開構造物が、軌道上での展開後に高い鏡面精度を実現することは難しい。そこで申請者は宇宙電波天文アンテナシステムの高精度化を目指し、大型主鏡からの反射電波を給電部へ導く「副鏡」を可変形状のものにし、主鏡の鏡面形状誤差によって生じた経路誤差を副鏡で補正するシステム開発を目指している。しかし、軽量の薄肉シェル鏡面を変形させると容易に分岐座屈が生じると予想され、これを考慮した設計が求められる。

結果と考察

1. CFRP 薄肉リフレクタの制御力印加時の形状計測

図 1 に示す形状計測系と、可変形状副鏡の地上実験モデル#1 を用い、CFRP 製リフレクタの面外方向に 6 本の piezo アクチュエータによって外力を印加した場合の変形を観察した。その結果、図 2 に示すように、リフレクタが分岐座屈し、アクチュエータに電圧を印加する経路により到達形状が異なることを示した。また、CFRP の異方性が強く出ること示した。これらの特性は宇宙での形状制御には望ましくないと判断し、設計変更をした次のプロトタイプを設計・製作した。

2. スリット入りアルミ薄肉リフレクタの形状計測

図 3 に設計変更して製作した $\phi 200\text{mm}$ のリフレクタ (地上実験モデル#2) を示す。分岐座屈を軽減するためにスリットを入れ、等方性に優れたアルミ合金製とした。ABAQUS による有限要素法解析と、図 1 の形状計測系による計測結果 (図 4) はよく一致し、数値解析によりさらなる設計改善を実施でき

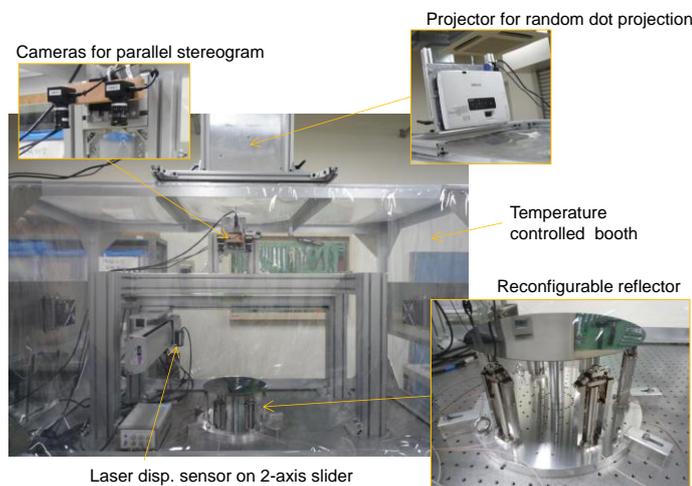


図 1 可変形状副鏡の地上実験モデル#1 と形状計測系

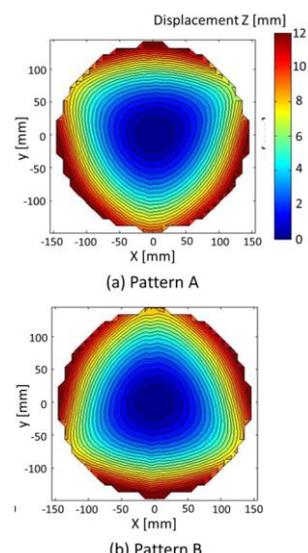


図 2 2 パターンの変形形状

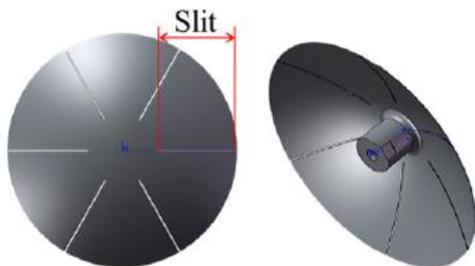


図3 地上実験モデル#2のアルミ製リフレクタ

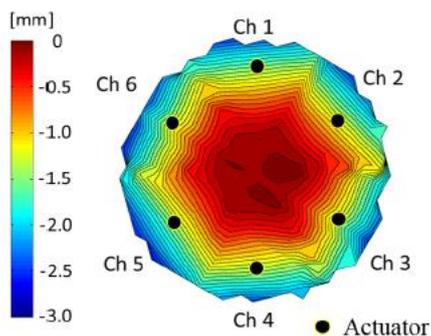


図4 アクチュエータ6本印加時の変形計測結果

る可能性を示した。当初は数値解析による形状最適化を実施する予定であったが、国立天文台の研究グループからアンテナ実験への参加打診があったため、数値解析よりもハードウェアによるアンテナシステム構築を優先することとした。

3. φ1.2m 主鏡と統合させた衛星電波の受電実験

国立天文台との連携により、図5に示す通り直径1.2m主鏡と地上実験モデル#2を用いて、アンテナとしての統合システムを構築した。静止衛星からの20.2GHzの電波を計測した。可変形状副鏡の能動的変形により、受信ゲインが有意に変化することが確認できたが、強い温度依存性などの課題が明確になった。



(a) Prototype of highly precise antenna



(b) Reconfigurable reflector on prototype of highly precise antenna

図5 国立天文台水沢観測所における形状可変副鏡を用いたアンテナ試験

結論と今後の課題

宇宙電波天文観測衛星に用いるアンテナシステムの高精度化を目指し、2つの可変形状副鏡の地上実験モデルを構築して、それらの設計を評価した。薄肉シェルによるリフレクタの分岐座屈により形状制御が困難となる課題を明確にし、分岐座屈の影響を軽減する設計変更を実施した。改良型の可変形状副鏡をアンテナとして機能させ、受信ゲインの変化の確認に成功した。今後は、数値解析によるリフレクタ構造の最適化および制御則の検討を実施し、宇宙アンテナシステムに求められる形状制御が可能な可変形状副鏡の次の試作を目指す。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	ワークステーション DELL Precision	214,210
備品2	ノート PC Panasonic CF-AX3	245,804

顕彰・助成用

消耗品	実験治具 材料費・加工費, TSUBAME2.0 利用料金, 論文英文校正サービスなど	398,119
旅 費	構造と強度に関する講演会 (室蘭), 宇宙科学技術連合 講演会 (米子), 都内電車賃	129,867
その他	会議参加費×3	12,000
合 計		1,000,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。