

(別添資料) 大型展開アンテナの設計改良とその検証結果

ー 軌道上実験 (LDREX) の反映 ー

概要

2000年12月にアリアン5に搭載して実施した大型展開アンテナ小型・部分モデル実験 (LDREX) の結果を反映し、展開アンテナの設計改良を行った。地上試験、および航空機による実験を通して、設計の妥当性を確認した。

1. LDREX 軌道上実験結果

LDREXの軌道実験では、アンテナは5度 (半頂角) まで展開して停止し、ロケットから分離直後に再度展開を始めた。この実験により、宇宙での複合環境に留意したデータ、すなわち真空かつ温度環境下での機構摩擦や抵抗力等が取得できた。また、機構部のかじりやモータ駆動の不具合等はなかった。

LDREXの軌道上実験の結果、新たに得られた知見を以下に示す。

- ① 固縛解放時に予期せぬ振動現象が見られたこと
- ② 振動現象によってメッシュが飛び出しスタンドオフに絡んだと推定されたこと
- ③ 展開力を増強して、より堅固 (ロバスト) 性を向上させることが望ましいこと

2. LDREX 実験結果からの設計改良点

(1) 固縛解放時のアンテナ揺れの抑制

(a) 固縛解放のシーケンス変更

固縛解放時のアンテナ振動を抑制するため、上下の保持機構をひとつずつ解放するシーケンスへ変更した。(図1参照)

(b) 保持解放機構の見直し (解放速度の緩和)

保持解放機構にダンパーを取り付けて解放速度を緩和し、アンテナの急速な膨張の抑制、および解放完了時の衝撃による擾乱トルクの減少を計った。(図2参照)

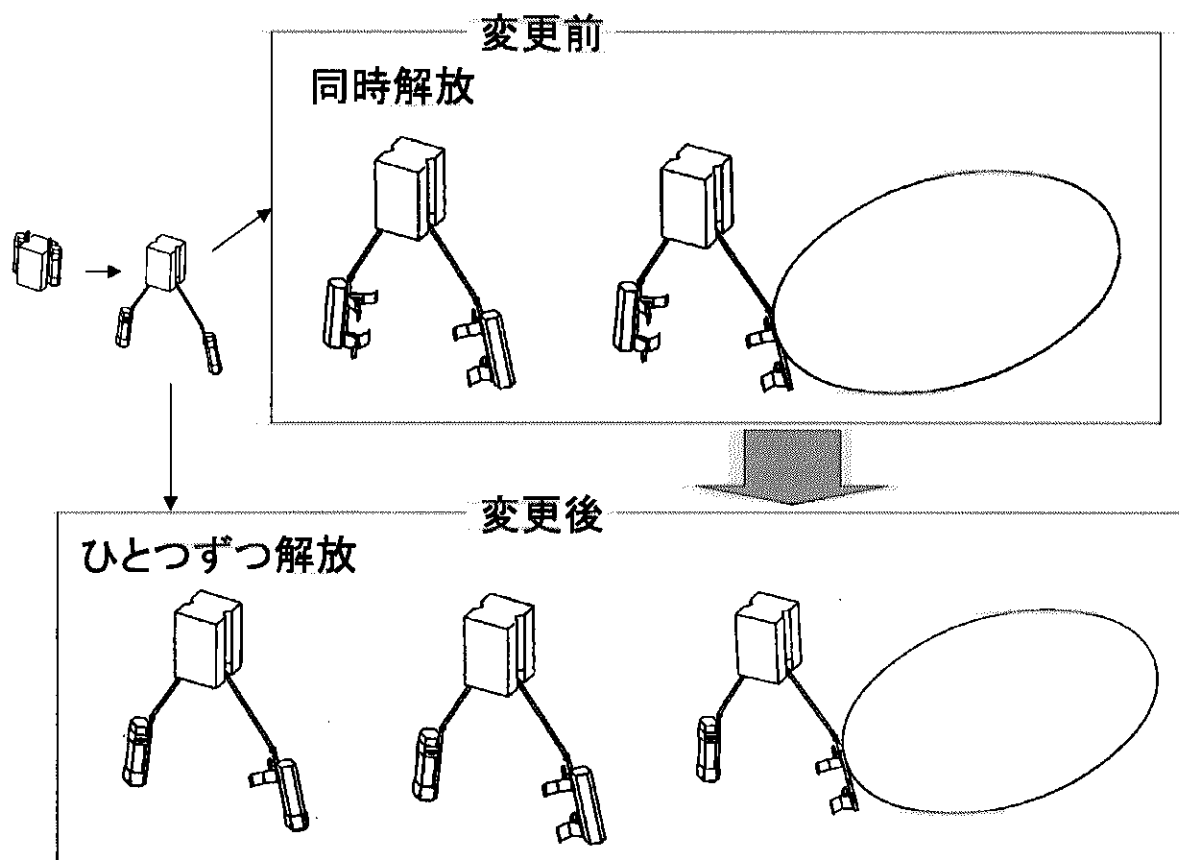


図1 保持解放シーケンスの変更

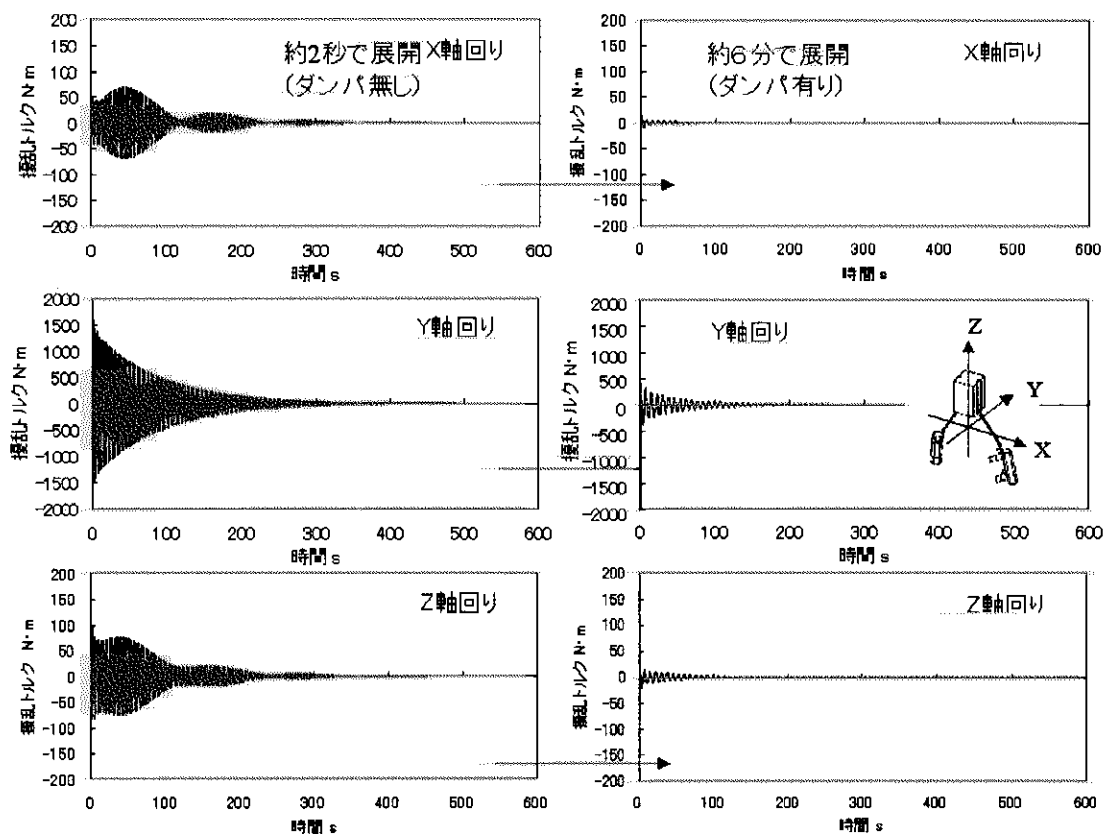


図2 解放速度と擾乱トルクの関係

(2) 絡み防止幕飛び出し防止帯とスタンドオフキャップの装着

絡み防止幕が飛び出さないように飛び出し防止帯を設置した。さらに万一、飛び出した場合にもスタンドオフキャップを装着することにより、引掛かりが生じない設計へ変更した。

(図3参照)

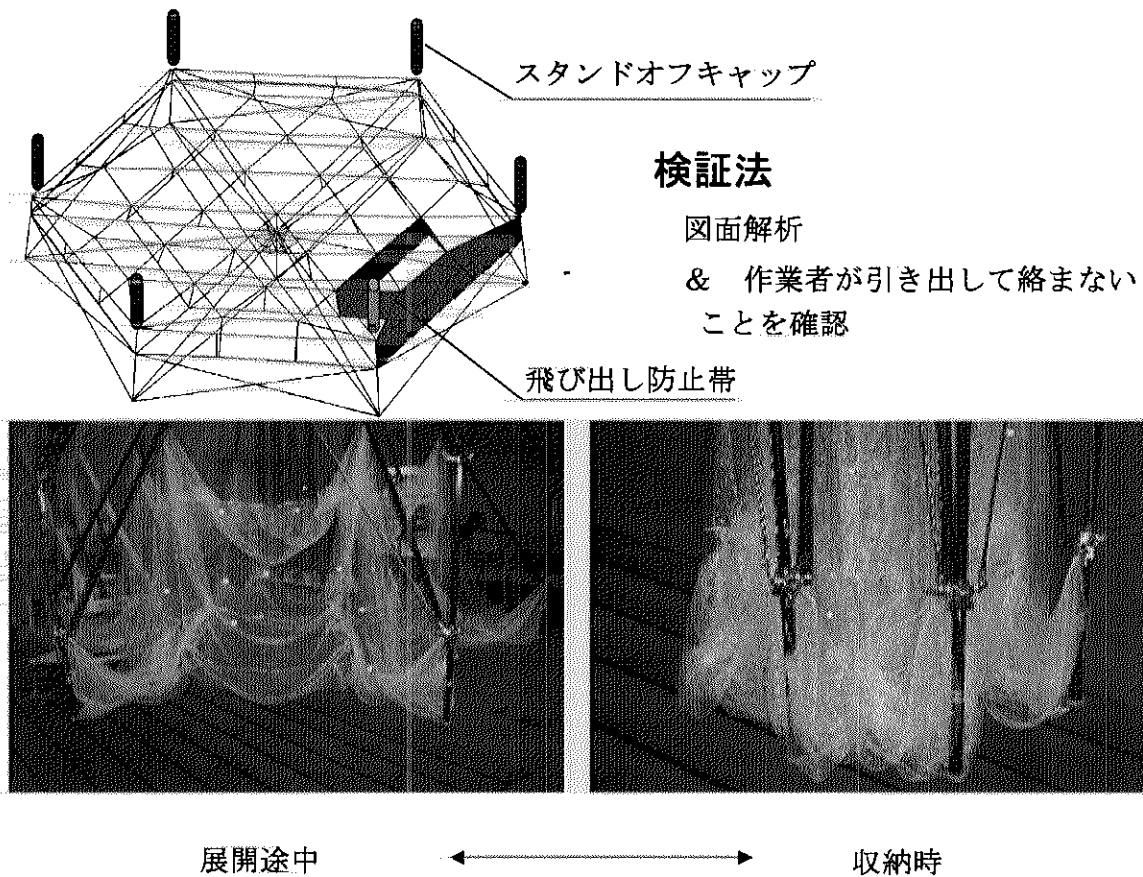


図3 飛び出し防止策

(3) 展開増強バネの装着

展開動作中に軌道上で姿勢擾乱が生じるなどの事態に備え、より展開力マージンを大きくすることを目的として、増強バネを装着し(図4)、展開力を増強した。(図5)

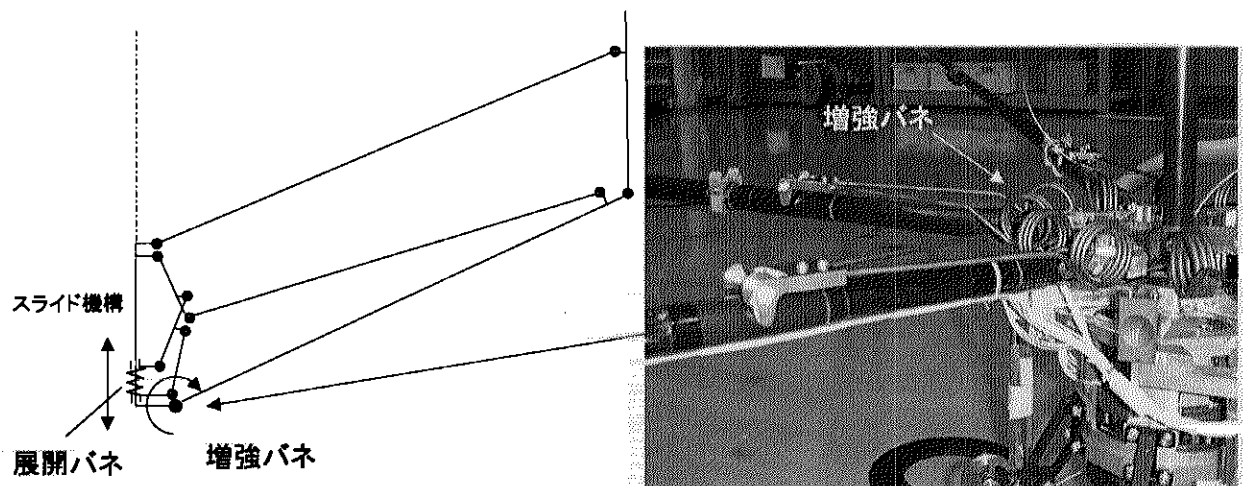


図4 増強バネの装着

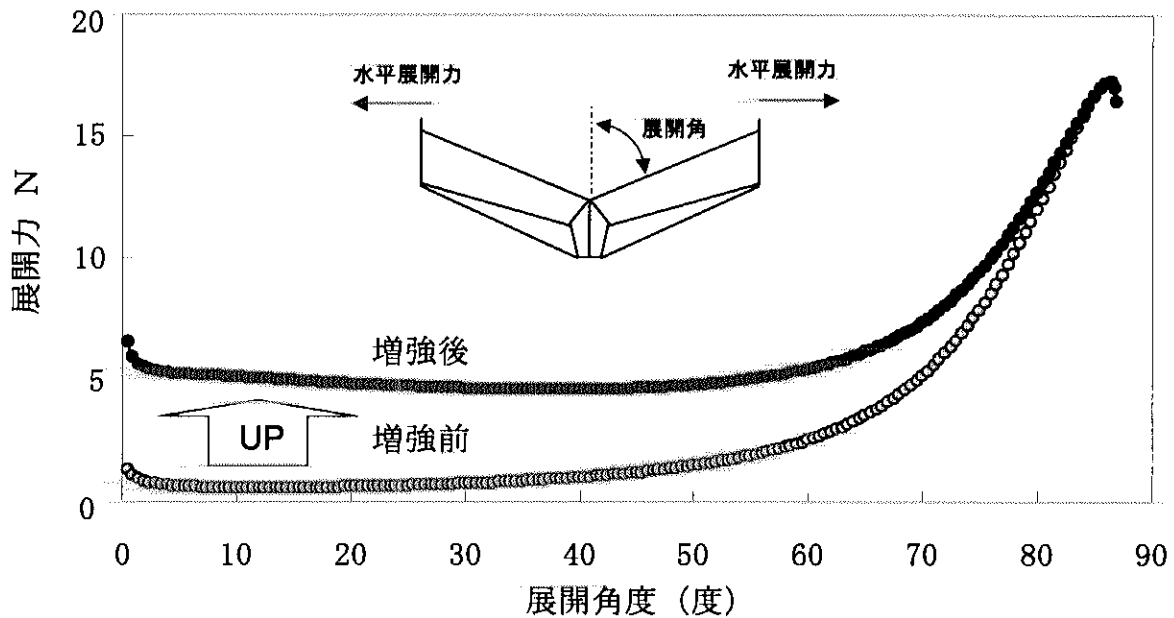


図5 増強バネの有無と平均水平展開力

3. 航空機による微小重力試験

3.1 実験目的

- (a)軌道上より大きな外乱入力下で、固縛解放に伴う過渡挙動によって展開障害がないこと、すなわち、部材強度が設計範囲内であること、絡みの発生がないこと、を検証する。
- (b)増強バネを装着したアンテナの展開が固縛解放後に速やかになされ、かつ展開力を評価する実測値が解析予測値と整合することを確認する。

3.2 実験内容

(1) 概要

大型展開アンテナの実物大エンジニアリングモデル(EM)の7モジュールと14モジュール(全アンテナ構造物)を用いた(図6参照)。両者の構造物を用いて固縛解放時の部材歪み測定と固縛解放後の初期展開状態の把握、およびその後の展開力の測定を行った。ただし、14モジュールでは固縛解放した後にはキャビンいっぱいにアンテナが広がり(計画立案時に予測済み)、固縛解放後の展開動作の確認は7モジュールで評価した。

(2) 実施日

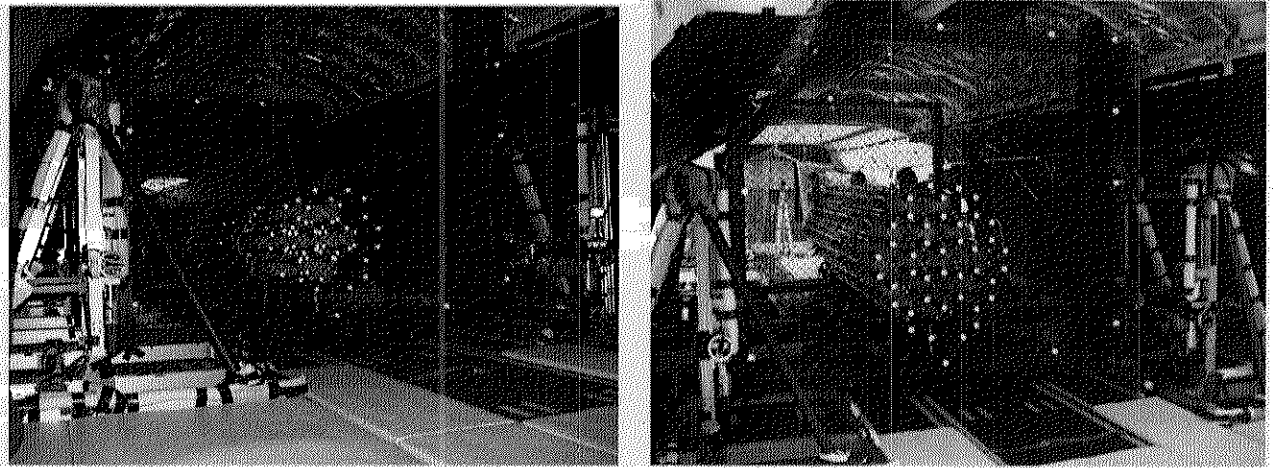
第1回フライト	4月4日	7モジュール試験
第2回フライト	4月11日	7モジュール試験
第3回フライト	4月25日	14モジュール試験



(3) 場所と使用航空機

フランス ボルドー市

Novespace 社所有の A300 (エアバス：右図)



7 モジュールセットアップ

14 モジュールセットアップ

図6 微小重力下実験セットアップ

3.3 実験結果

(a) 外乱入力と展開阻害評価

航空機とアンテナ I/F の加速度は、軌道上運用における最大外乱予測値よりも十分に大きい (図7)。一方、この間の部材歪の測定、展開形状の撮影画像、および実験後の外観検査などにより、展開は順調に行われ、阻害要因は発生しなかった事が確認できたため、軌道上での初期段階の展開信頼性が検証できた。

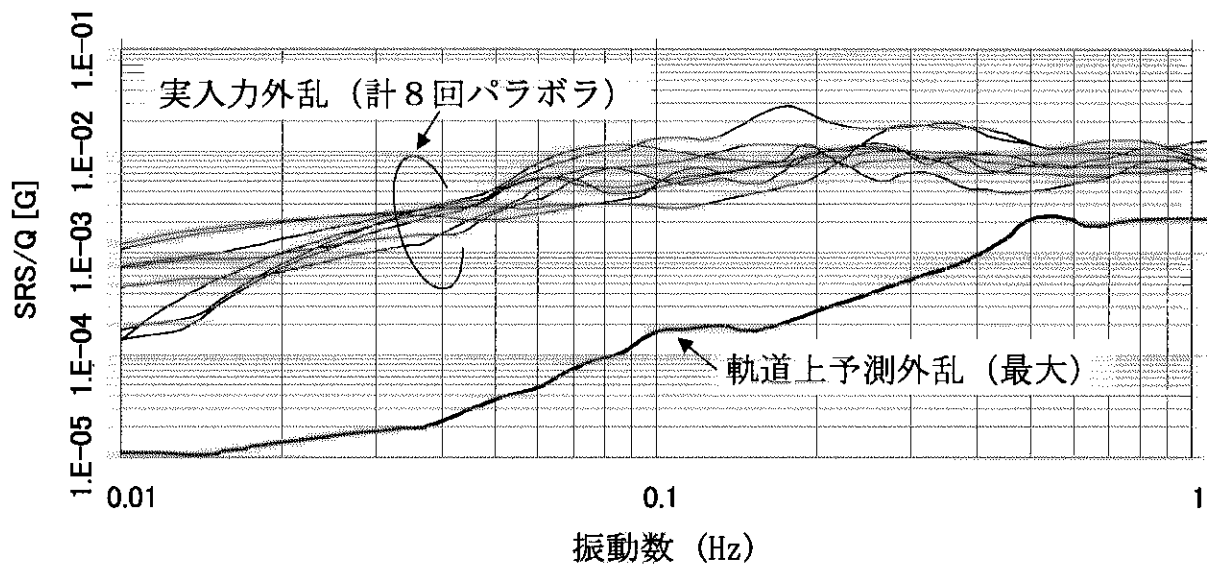


図7 アンテナ展開方向の外乱比較

部材強度に関しては、予測通りに増強バネによる影響が支配的であり、軌道上より大きな外乱を入力した状態での解放時の応力値の変動分は十分小さいことが実験により明らかになった。部材応力の計測結果より部材強度設計の適切さが確認できた。

(b) 展開力評価

増強バネを装着したアンテナの展開力を評価した。評価法と評価結果を以下に示す。

(b-1) 7モジュール展開力評価

7モジュールの展開力評価として、展開時にモータ側のモジュール中心にフープワイヤを周回させて、モータ駆動後の展開状態で張力を測定し、解析と比較した。この結果、実験値と予測はよく一致し、展開バネの設計についても適切さが確認された。(図8参照)

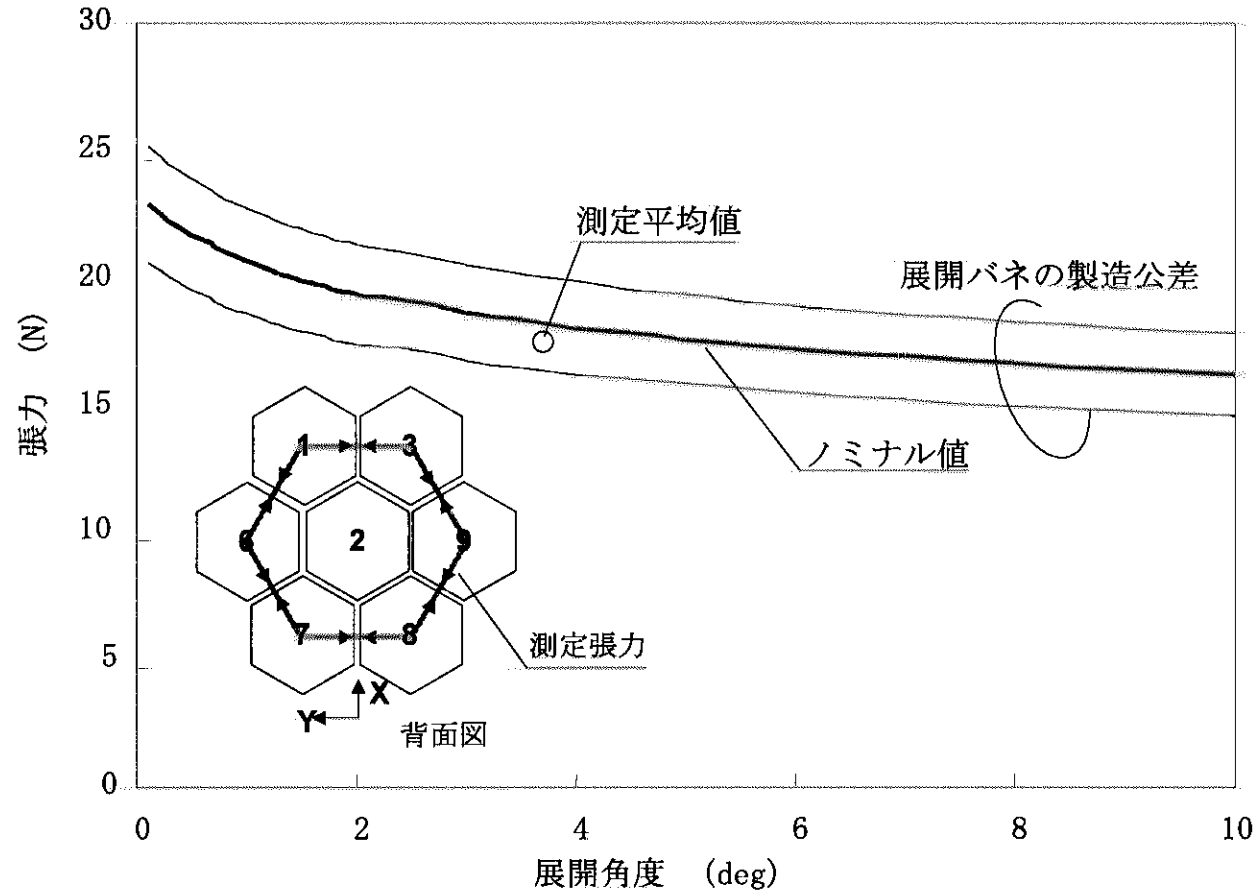
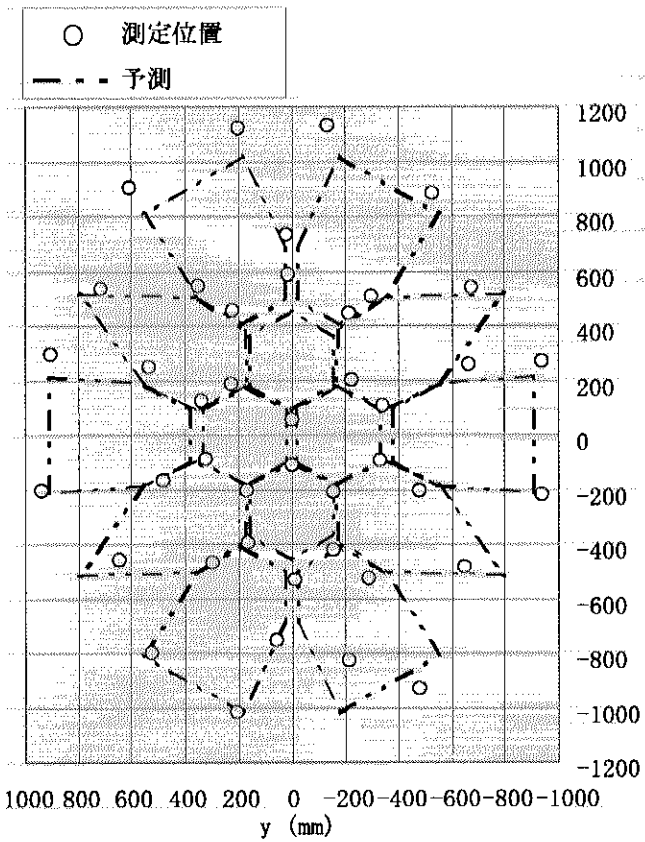


図8 展開力評価

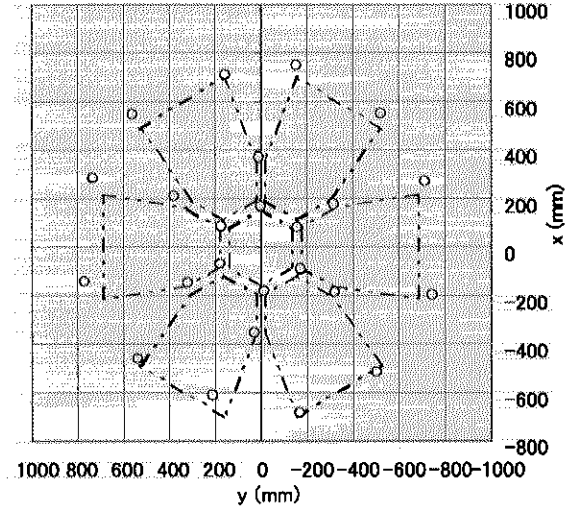
(b-2) 14モジュール展開力評価

14モジュールの展開力は、上記方法では測定することが航空機の大きさの制約で不可能なため、固縛解放後の鏡面膨張形状を予測と解析を比較することによって評価した。図9に7モジュール、および14モジュールにおける膨張形状について、実測と予測の比較を示す。また、表に解析と実測の定量的な比較結果を示す。この表より、実測値と予測はよく一致することがわかり、展開バネの設計は妥当であり、実機と同じ14モジュールのアンテナ展開力は適切であることが確認された。



解析と実測値比較

フライト ナンバー	供試体	部材	予測 (°)	実測 (°)
1	7 モジュール	内側リブ	1.3	1.28
		外側リブ	6.2	6.35
2	7 モジュール	内側リブ	1.3	1.1
		外側リブ	6.2	7.44
3	14 モジュール	内側リブ	1.7	1.32
		外側リブ	5.4	7.5



14 モジュール固縛解放後の膨張形状比較 7 モジュール固縛解放後の膨張形状比較

図9 膨張形状比較

4. 地上確認試験

既に、ノミナル条件の下で14モジュールの全体鏡面で試験を行い、正常に展開することを確認した。現在、限界確認を目的として以下の項目を実施している。

- ・ アンテナ展開試験において、人為的に展開阻害力を付加し、展開力の限界値を見定める。
- ・ 航空機を用いた微小重力実験ではコンフィギュレーション設定が不可能であったブームも含む全体の初期展開について、外乱に対しての応答が大きくなる試験コンフィギュレーションで、軌道上で生じる最悪値を越えた外力を与えても展開阻害が生じない確認を行う。

5. まとめ

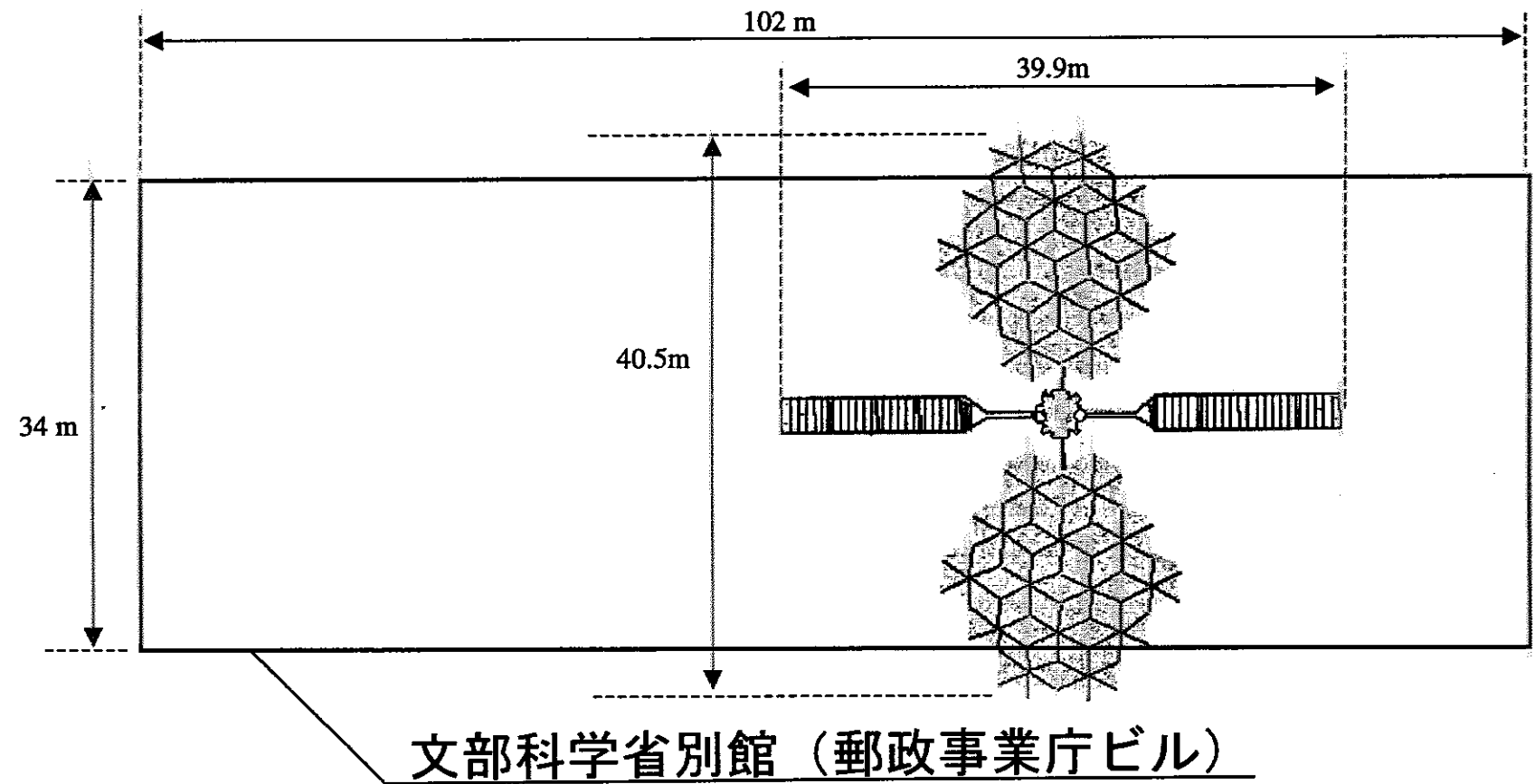
- ・ LDREX 軌道上試験から、宇宙環境下での部材ヒンジの摩擦力を評価でき、さらにモータ駆動やヒンジのかじり等の問題は生じなかった。
- ・ メッシュ等の飛び出し防止策を行い、揺れ等が生じた場合でも絡みがないかどうか地上

試験、微小重力試験で確認ができた。

- ・ 固縛解放時の揺れによって展開阻害がないことを確認するため、微小重力下で軌道上より入力外乱が大きい状態で固縛解放実験を行い、部材応力測定やビデオによる画像により展開障害がないことを確認した。
- ・ 展開力についてもロバスト性を向上させるため、増強バネを追加し、微小重力下での測定から解析とよく一致し、十分な展開力が存在することが確認できた。

以上の検討より ETS-VIII の展開アンテナについて、設計が適切であることを確認した。現在、この設計に基づきフライト品を製作している。

以上



参考図 技術試験衛星Ⅷ型の大きさ（文部科学省別館との比較）