

第31回 ETS- 用ばね

宇宙航空研究開発機構 辻畑 昭夫

1. はじめに

人工衛星は、ロケットに搭載されるエリアの大きさに制限があるため、展開構造物は、打ち上げ時に小さく収納して軌道上で展開する方式が一般的である。展開に際しては、その展開力を生じるものとして信頼性の高いばねが使用される場合が多い。どのように使用されているか、技術試験衛星 型(ETS -)を例にとり、それらの使用方法について紹介する。

2 ETS - の概要

技術試験衛星は、将来、必要となる新規技術を開発し、軌道上で実証することを目的とした衛星で、ETS - は、衛星バスとミッション双方に多くの新規開発技術を持ったものである。平成7年に概念設計をスタートし、平成18年12月に打ち上げられ、開発には約10年間の歳月を要した。

ETS - の主要な開発技術は下記の通りである。

- (1) 静止3トン級大型衛星バス技術
- (2) 大型展開アンテナ技術
- (3) 移動体衛星通信システム
- (4) 衛星測位にかかわる基盤技術

静止衛星バスは、通信容量の増加、大電力化、長寿命化などの方向に向かっており、わが国の将来の宇宙活動を自在に展開していくためには大型バス技術の確立が不可欠であり、世界の最先端バスに比肩でき、かつ、ミッション要求に柔軟に対応可能な拡張性を具備した3トン級バス技術の開発を行った。また、ミッションの移動体通信に関しては、パ - ソナル化が進展し、端末の小型化や情報速度の高速化などの要求が高まり、世界的における本分野の動向から、わが国としても小型携帯端末による移動体衛星通信の技術開発に早急に取り組みなければならない状況であった。この実現のために大型展開アンテナ(LDR)、高出力中継器技術および衛星搭載交換機などの開発を行った。測位に関しては、米国GPSに見られるように測位の技術を確立しており、さらに高度な技術開発を進めている。わが国としては経験のない分野であるためETS - に高精度時刻基準装置を開発して、高安定な基準信号として使用することにより、測位技術構築に必要な基盤技術(時刻信号の生成、時刻校正など)の習得をすることを目指した。図1にETS - の主要な開発技術と軌道上外観を示す。ETS - の軌道上の大きさは40m×40mで、軌道上初期重量は約3トンであるが、打ち上げ時は5.8トンである。この重量差は、ロケットから衛星が分離された時の楕円軌道(トランスファ軌道)から静止軌道(赤道上空3万6000kmの円軌道)に衛星を投入するために衛星に取り付けられているアポジエンジンなどで消費された推薬量である。表1にETS - の主要諸元を示す。

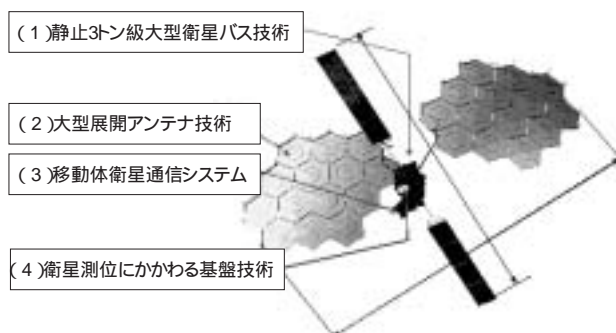


図1 ETS - 主要な開発技術と軌道上外観

表1 ETS - 主要諸元

項目	諸元
質量	約3トン(静止軌道上初期)
発生電力	7,500w以上
打上げ年度	平成18年度
打上げロケット	H - Aロケット204型
軌道	静止軌道(146 E)
設計寿命	3年(ミッション機器) 10年(衛星バス)

ETS - の開発機関として、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と外部機関(情報通信研究機構(NICT)、日本電信電話株式会社(NTT))がある。JAXAは、衛星バス、LDRおよび高精度時刻基準装置などの開発を担当し、外部機関はアンテナ給電部、中継器部および高精度時刻比較装置の開発を担当した。表2にETS - 開発スケジュールを示す。

表2 ETS - 開発スケジュール



3 LDRの開発について

LDRは、小型携帯端末による移動体衛星通信を実現するために世界最大級の口径(外形:19m×17m)、高精度な鏡面(2.4mmRMS以下)および将来の口径拡大に対応できることを目的に開発を行った。目的達成のために世界初のモジュール構造を採用した。モジュール構造は、将来、より大きな口径が必要となった場合でもモジュール数の増加またはモジュール単体の大

長さの変更より容易に対応できる。LDRは、14モジュールから構成されている。開発の特徴的な実験としてLDRの展開技術の宇宙展開実験がある。平成12年12月、平成18年10月にギアナ・スペ・スセンターより、大型展開アンテナ小型・部分モデル(LDREX)、LDREX-2を打上げた。LDREX、LDREX-2はLDRと比較してモジュールの大きさがハーフサイズでモジュール数も半分で、展開したときの口径は約6mである。LDREXは、予期しなかった横方向の力が働き展開未達であったが、LDREX-2では設計を見直し、展開実験の成功に至った。また、LDRは展開力にばねを使用し、各モジュールの同期や展開速度を制御するために制御ケーブルとモータを使用している。LDRの1モジュールでどの箇所にばねが使用されているかを図3に示す。主な展開力を持つ中央縦部材ばねはモジュールの中央にあり、展開初期の展開を助ける補助ばねが6カ所取り付けられている。

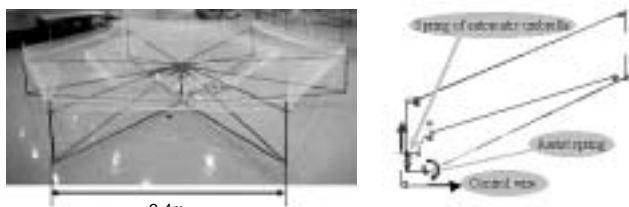


図3 モジュールでのばね使用箇所

図4にLDREX-2の軌道上実験で展開した時の写真を示す。なお、LDREX-2はピギーバックとして搭載され、ロケットに取り付けられた状態で展開を行った。



図4 LDREX-2軌道上展開図

LDREX-2の展開実験成功により、LDRの展開に対するリスク低減ができた。図5に軌道上のLDRの展開写真を示す。

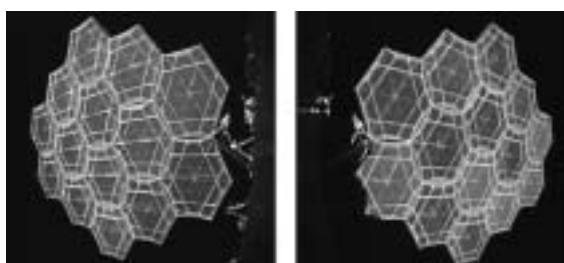


図5 軌道上LDR展開写真

5 LDR使用ばねの詳細

LDRに使用されている中央縦部材ばねと補助ばねの写真を図6に、表3に各ばねの諸元を示す。

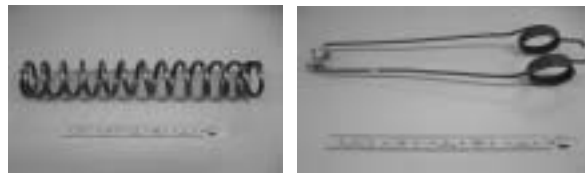


図6 LDR使用ばね

表3 LDRの各ばねの諸元

	中央縦部材ばね	補助ばね
有効巻数	12	3.25
線径	5.64mm	3.5mm
コイル平均径	44.4mm	32.0mm
ばね定数	4.31E3N/m	0.13Nm/deg

6 他の箇所のばね使用例

ETS-では、太陽電池パネルが2翼あり、片翼が4枚のパネルで構成され、そのパネルの上に太陽電池セルが貼られ、太陽にパネルを向けることにより電力を得る。打ち上げ時は、そのパネルが折り畳まれ、軌道上で展開するが、その展開力として渦巻ばねを使用しており、渦巻ばねはパネル間を結ぶヒンジの部分に組み込まれている。図6に使用された渦巻ばねの写真、表4に渦巻ばねの諸元を示す。



図6 太陽電池パネルの渦巻ばね

表4 太陽電池パネルの渦巻ばねの諸元

	第1~第3ヒンジ	第4~第5ヒンジ	第6ヒンジ
自由状態巻数 (±25deg)	7.18	5.75	4.31
板厚	1.0mm	0.8mm	0.6mm
板幅	20.3mm	20mm	20mm
ばね定数	6.75E-3Nm/deg	4.27E-3Nm/deg	2.40E-3Nm/deg

7 おわりに

宇宙では、ロケットへの収納の制約や軌道上では修理不可能なために、使用されるものはコンパクトで信頼性の高いものが要求される。軌道上での展開にはばねやモータが考えられるが、コンパクト・信頼性の観点からばねが使用されるケースが多い。これからもばねの使用は不可欠なものとする。