

誘導制御機器の信頼性向上の研究

IRU の高信頼性化の研究  
The development of High-reliable Inertial Reference Unit

里 誠

総合技術研究本部システム誘導技術グループ

Makoto Sato

Spacecraft Guidance, Control and Dynamics Engineering Group

Institute of Space Technology and Aeronautics

Abstract

Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA), formerly named as National Space Development Agency( NASDA), developed Tuned Dry Gyroscope(TDG), as supreme precision rate sensor for satellite attitude control. JAXA also developed Inertial Reference Unit(IRU) using TDG. This IRU is used on almost every JAXA satellite. It has passed about fifteen years since the development. It is difficult to purchase some kind of electronics parts nowadays. Meanwhile, satellite system requires higher accuracy, more operation flexibility and so on. So, we decided to redesign IRU. Aiming is high-reliability and high-accuracy. The study has started in FY 2001. In FY 2003 IRU redesign was completed. We prepared every document needed. In FY 2004, we build a engineering model and qualify its function and performance. In FY 2005, we will complete this study.

1. はじめに

宇宙研究開発機構(JAXA)、旧宇宙開発事業団(NASDA)は衛星用の高精度角速度センサとしてチューンド・ドライ・ジャイロ(TDG)を国産開発した。ついで、このジャイロを使用した慣性基準装置(IRU)を開発し、衛星 JERS-I から実用に供した。以後この IRU は JAXA 実用衛星の殆どすべてに搭載され姿勢制御用機器として重要な役割を担っている。

しかし、今までにいくつかの不具合あるいは異常が発生した。その都度解析し処置を施してきたが、IRU の基本的な機能である角速度計測に直接関わるものであり、信頼性の観点から再検討を要する。ただ、生じた不具合は、IRU の開発時点が 15 年ほど前であり、使用部品や使用素材の性能が現在のものに比較すれば劣っており、当時の技術ではやむを得ない部分もあったと考えられる。したがって、現在入手し得る部品あるいは素材を基にして再設計することにより、より高信頼性の機器とすることが可能であると考えられる。一方すでに入手が難しくなりつつある部品もあり生産性の観点からも設計の見直しを迫られている。さらに衛星システムからは、より安定した高精度での計測要求が出てきており、TDG の持つ性能を最大限に引き出せるような高精度化が必要と考えられる。これらの点から、既存の IRU の設計を見直して、信頼性の向上及び精度の向上を図ることとした。

### 平成 13 年度

高信頼性化と高精度化を目標とした設計検討を実施した。信頼性の向上に対しては、回路構成の検討、部品置換候補の選定、機械式リレーの電子回路への置換の検討、緩衝系の見直し、衛星システムインタフェースの変更案の設定等を実施した。精度向上に対しては、最大計測角速度の拡大、ダイナミックレンジ拡大を検討し、最大計測角速度は現行の二倍、ダイナミックレンジは現行の約一桁下迄可能との見通しを得た。これにあわせて VF コンバータの分解能向上を検討した。VF コンバータは部分試作を行い、一部目標数値を達成することは出来なかったが問題点を明確にした。

### 平成 14 年度

再構築に際してのクリチカル要素である、緩衝系と VF コンバータの試作評価を行った。緩衝系は新しいゴム素材を評価し、温度感度、加速度感度の鈍い緩衝系の実現可能性を確認した。VF コンバータは目標としている現行の 40 倍の分解能の実現可能性を得た。

本研究は業務委託の形態で三菱プレシジョン株式会社との共同研究で進めているものである。また本研究は、平成 15 年度上期までは宇宙科学研究所(ISAS)、航空宇宙技術研究所(NAL)及び NASDA による信頼性向上のための共同プロジェクトとして実施してきた。

## 2. 研究の概要

平成 15 年度の研究に於ける作業は次のとおりである。

- IRU モデルの基本設計と詳細設計

- IRU 研究モデルの基本設計と製造設計

- 基本設計審査の実施

- 開発仕様書の維持改訂

- IRU 研究モデルの製作に必要な部品及び材料の調達

平成 13 年度と 14 年度で設計の基本方針は定まったので、平成 15 年度は実用モデルを前提とした基本設計と詳細設計を実施した。並行して評価用の研究モデルの基本設計と製造設計を実施し、同時に研究モデル製作のための部品と材料を調達した。研究モデルはエンジニアリングモデル、EM、に相当する。

一連の設計作業においては、衛星への現行機器との置換搭載を前提として、コンフィギュレーション、信頼性及び品質の各々のプログラムに準拠して、設計文書や製造文書を整えた。また設計審査を実施し設計を評価した。無論使用する部品は、最上級の信頼性レベルのものが得られる前提で選定しており、製造工程も実用衛星機器製造を前提としている。

## 3. 成果の概要

平成 15 年度の主業務は基本設計と詳細設計である。その成果は次のとおりである。

- 全製作図の作成

- 部品表、購入仕様書等の部品手配に必要な全文書の作成

検査規格、試験実施要領書等の全試験、検査用文書の作成  
 製造工程分析、作業指導票等の全製造指示文書の作成  
 試験装置、製造治工具等の全仕様の作成  
 開発仕様書案、インタフェース管理図の作成  
 信頼性解析を含む設計計算書の作成と維持  
 研究モデル製造用の部品、材料の手配と入手

Fig.3-1にIRUの機能ブロック図を示す。

IRUの構成は在来と同じである。TDGを三台実装し、各TDGごとに完全に独立した電子回路を持ち、衛星システム側で自由に選択運用できる形態を踏襲している。角速度の計測軸は、直交三軸の各々の軸に異なるTDGの入力軸を平行に配置する。これも在来型と同じである。つまり衛星システムユーザは在来型と同じ考え方で扱える。

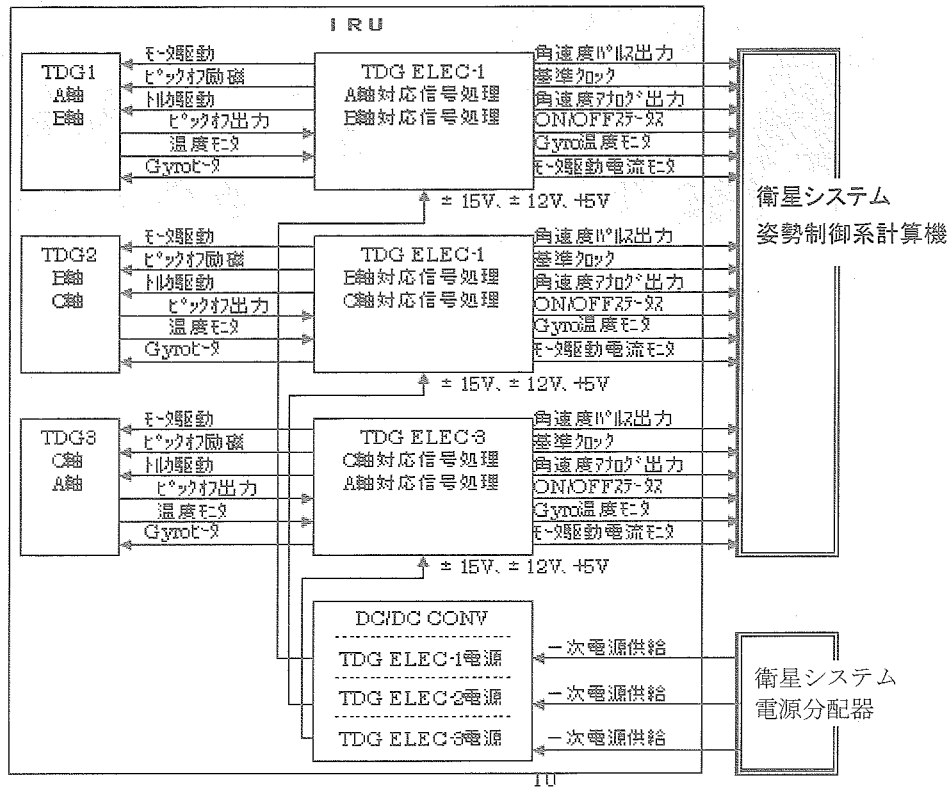


Fig.3-1 IRU Functional block diagram

在来と構成は同じだが、システムユーザは新設計のIRUにより次のような利点が得られる。  
 温度制御付きの超高精度型と温度制御なしの高精度型が選択できる。  
 計測レンジ切替不要  
 最大計測角速度は在来の二倍。  
 最小計測角速度は在来のLoレンジの最小計測角速度と同じ。  
 分解能は在来の40倍  
 角度増分パルス出力はケーブル長を問わず波形ひずみのないRS422インタフェース。  
 部品の信頼性レベルはクラス1相当、クラス2相当、その他いずれにも対応可能。

耐放射線性保証。

新設計の緩衝系によりジャイロの耐機械環境性マージンが向上。

全電子リレー化により、機械式リレー固有の接触の問題から逃れると共に長寿命。

取付面は 364x257mm。在来より若干大きい。温度制御の際の伝熱面積確保のため。

高さは 108mm。在来の 160mm より大幅に低い。

容積は在来より小さい

質量は超高精度型で 9.5kg、高精度型で 8.5kg。在来の 9.6kg に比べて大幅に軽量。

消費電力は高精度型で 33W。高機能にも関わらず在来と同等。

製造期間は約 12 ケ月。在来の約 18 ケ月から短縮。

Fig.3-2 に外観を示す。

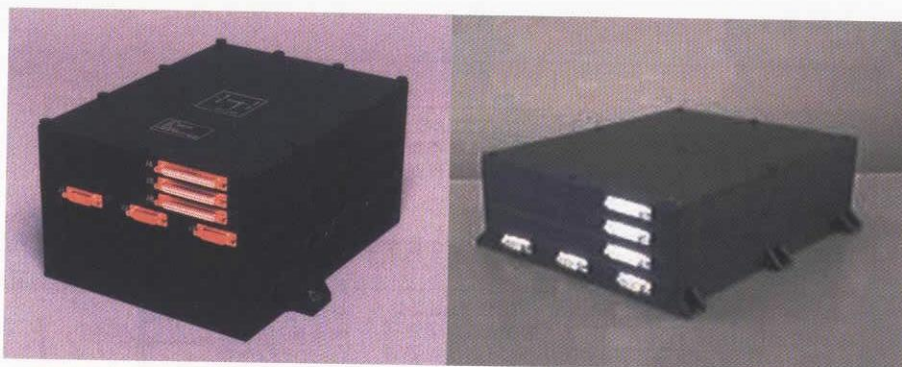


Fig.3-2 IRU outlook.....left: Conventional, right: Redesigned

#### 4. まとめ

平成 15 年度までの作業で IRU の高信頼性化のための設計変更が完了した。平成 16 年度に研究モデルを製作して機能、性能を評価する。平成 14 年度までにクリチカル部分の評価は終了しているので、平成 16 年度は主として、ダイナミックレンジ拡大、温度補償の手法、電子リレー機能等の評価が主体であるが、間違いなく目標を達成できると考えている。平成 17 年度に耐環境特性を評価するが、これも問題ないものと考えている。既に宇宙用機器の製造に必要な信頼性解析もすべて実施してきているので、今すぐ認定試験モデル(PM)を製作し認定をとり、実用機(FM)の製造にとりかかれる状態にある。今後の衛星の姿勢制御用の高信頼性モデルとして採用されることを期待している。