

プロジェクトの支援

Project Support

## IRU の高信頼性化の研究

The development of High-reliable Inertial Reference Unit

里 誠、川井 洋志

総合技術研究本部システム誘導技術グループ

Makoto Sato, Hiroshi Kawai

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 and we prepared every document needed. In FY 2004, we built a Engineering Model and qualify its function and performance. In FY 2005, we will complete this study.

### 1. はじめに

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。

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。

IRU には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信頼性の観点から再検討を要すると判断した。IRU の開発時点は 15 年以上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、不具合の発生は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た。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た。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た。これらの点から、既存の IRU の設計を見直して、高信頼性化と高精度化を図ることとした。

#### 平成 13 年度

設計検討を実施した。高信頼性化に対しては、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。高精度化に対しては、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。

#### 平成 15 年度

IRU モデルの基本設計と詳細設計を行い、基本設計審査を実施した。同時に EM 相当の IRU 研究モデルの基本設計と製造設計を行った。また研究モデル作成に必要な部品及び材料を調達した。衛星搭載が目標であるので設計に当っては実機並みのコンフィギュレーション、信頼性および品質プログラムを適用した。

## 2. 研究の概要

平成 16 年度の研究に於ける作業は次のとおりである。

### (1) IRU 研究モデルの製作

平成 15 年度までに実施した設計及び製造設計に従って IRU 研究モデルを製作する。

IRU 研究モデルの製作に必要な専用治工具を製作する。

### (2) IRU 研究モデルの評価

製作した IRU 研究モデルの機能試験及び性能試験を実施し、機能及び性能を評価する。

### (3) 設計の維持改定

業務の成果を反映して、IRU モデル設計の維持改定を行う。

a 開発仕様書案の維持改定

b カタログの維持改定

c ICD 案の維持改訂

d IRU モデル設計の維持改定

## 3. 成果の概要

平成 16 年度の主業務は IRU 研究モデルの試作である。その成果は次のとおりである。

製造に関しては、衛星搭載用の実機を製作することを前提に、すべての製造文書を細部に

至るまで整備してきたので、全く問題はなかった。

試作機の評価の結果、当初予定した機能、性能は殆どきれいにクリアした。

電子回路のダイナミックレンジ拡大、

VF コンバータの温度補正、

電子化したリレー機能

等である。

今後検討すべきとした点は次である。

質量が当初の目標を上回り現行型と同じレベルに留まった。

低温における直線性の改善。

電源付加機能はより安定化を図る必要があると判断。

特に質量の低減は、高信頼性化、高精度化とは結びつかないが、衛星システムに対するアピールの点で、最大課題と考えている。

今回試作した IRU の特徴は次のとおりである。

IRU の構成は在来と同じである。TDG を三台実装し、TDG 毎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。

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。トータルドーズで 100krad。

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、使用温度範囲、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

製造期間は約 12 ヶ月。在来の約 18 ヶ月から短縮。

Fig.3-1 に外観を示す。

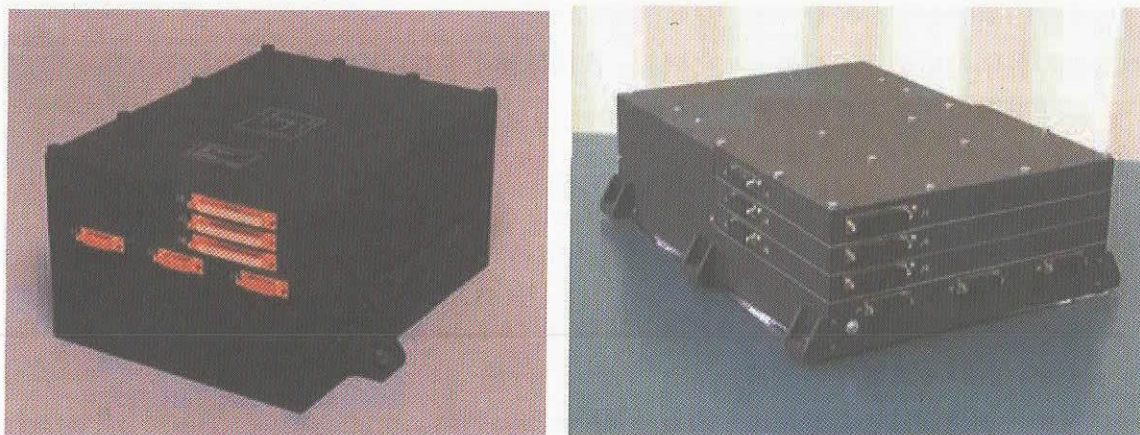


Fig.3-1 IRU outlook.....left: Conventional, right: Redesigned

#### 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、平成 16 年度に研究モデルを試作して機能、性能を評価した。ダイナミックレンジ拡大、温度補償の手法を含めて殆どの機能、性能は当初の目標を達成した。電源回路の完全な電子化も目標を達成したが、商品としては長期の生産性を確保するには若干改良を要する点が残った。また質量は当初目標を上回り、在来並みに留まった。軽量化の継続検討が必要である。

平成 17 年度に耐環境特性を評価するが、課題である緩衝系はすでに性能を確認済みであり問題ないものと考えている。

既に宇宙用機器に必要な信頼性解析もすべて実施してきており製造文書も整えたので、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切に望む。