

H-IIB ロケットの技術と将来展望

Technologies and Prospects of the H-IIB Rocket



提供：JAXA

二村 幸基*¹
Koki Nimura

秋山 勝彦*²
Katsuhiko Akiyama

穎川 健二*³
Kenji Egawa

宇治野 功*⁴
Takumi Ujino

佐藤 寿晃*⁵
Toshiaki Sato

大和田 陽一*⁶
Youichi Oowada

平成 24 年 7 月 21 日、宇宙ステーション補給機 (HTV3) を搭載した H-IIB ロケット 3 号機は、計画通り 11 時 06 分に種子島宇宙センターから打ち上げられ、HTV3 を所定の軌道に投入、打上げは成功した。今回の成功により宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と当社は、H-IIB ロケット 4 号機以降の打上げを当社が打上げ輸送サービス事業として実施することに合意した。本報告では、H-IIB ロケットの開発成果、並びに H-IIB ロケットをラインナップに加えた当社打上げ輸送サービス事業の今後の展望について紹介する。

1. はじめに

H-IIB ロケットは、国際宇宙ステーション (ISS) 計画において我が国の重要な役割である宇宙ステーション補給機 (HTV) 打上げに対応するとともに、H-IIA ロケットファミリーの打上げ能力を拡大し国際競争力を確保することを目的に、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と当社が共同開発を行った我が国の基幹ロケットである。

H-IIB ロケットの開発は、平成 15 年度からシステム検討を開始、平成 17 年 7 月には基本設計に着手、平成 21 年 9 月 11 日には詳細設計開始から約 3 年という短期間で、H-IIB ロケット 1 号機 (試験機) による HTV 技術実証機の打上げに成功した。

また H-IIB ロケット 2 号機では、HTV を所定の軌道に投入し、地球を 1 周回させた後に第 2 段エンジンを再着火させ、安全な海域に第 2 段機体を落下させる『制御落下』の実証実験を行った。これは、1 号機打上げの結果、計画通りの打上げ能力があり、HTV 分離後もある程度の推進薬を残せることが確認できたことから実現できたものであり、1 号機打上げ後約 1 年という短期間で開発を完了させ、実証実験を成功させることができた。

*1 航空・宇宙事業本部 宇宙事業部 副事業部長

*2 航空・宇宙事業本部 宇宙事業部 宇宙プログラムグループ 主席プロジェクト統括

*3 航空・宇宙事業本部 宇宙事業部 宇宙システム技術部

*4 宇宙航空研究開発機構 宇宙輸送ミッション本部 宇宙輸送プログラム・システムズエンジニアリング室長
(前 H-IIB プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ)

*5 宇宙航空研究開発機構 宇宙輸送ミッション本部 輸送系先進基盤開発室 技術領域リーダー
(前 H-IIB プロジェクトチーム ファンクションマネージャ)

*6 宇宙航空研究開発機構 宇宙輸送ミッション本部 輸送系先進基盤開発室 主任開発員
(前 H-IIB プロジェクトチーム 主任開発員)

そして平成 24 年 7 月 21 日には H-IIB ロケット3号機の打上げに成功, これを受けて, 平成 24 年 9 月 26 日, JAXAと当社は H-IIB ロケット4号機以降の打上げを当社が打上げ輸送サービス事業として実施することに合意した。

2. H-IIB ロケットの概要

2.1 全般

H-IIB ロケットは, 全長約 57m (HTV 用フェアリング搭載時), 打上げ時の全備質量約 530 トン (衛星質量含まない) の2段式液体ロケットである (図1)。H-IIB ロケットでは, 第1段の直径を H-IIA ロケットの 4m から 5.2m に拡大, タンク長を 1m 伸長することで推進薬量を約 1.7 倍に増加させ, 第1段エンジン (LE-7A) を1基から2基にクラスタ化し, 打上げ能力の向上を図った。また, 第2段を含めた構成機器は H-IIA ロケットとの共通品もしくは改修品を採用することにより, 開発リスクの低減, ロケット機体の信頼性維持及び打上げ運用の効率性の維持・向上を図った。

打上げ能力としては, HTV 軌道 (遠地点高度 300km, 近地点高度 200km, 軌道傾斜角 51.65 度) に 16.5 トン, 静止トランスファー軌道 (GTO: Geostationary Transfer Orbit) には 8 トン程度の衛星を投入できる打上げ能力を有しており, GTO ミッションでは, 2~4 トン級 (衛星需要の約 50% を占めるクラス) の衛星2機同時打上げによるコスト競争力の確保をねらっている。

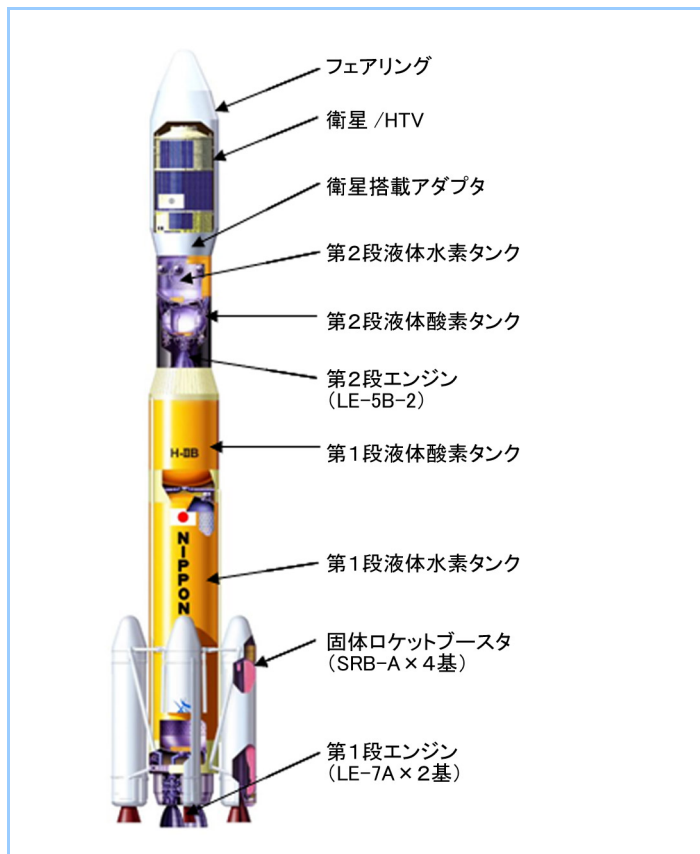


図1 H-IIB ロケットの構成

2.2 主要開発成果

ここでは, 以下に挙げる H-IIB ロケットの主要開発成果について紹介する。

- ・直径 5.2m タンク開発
- ・第1段エンジンクラスタ化
- ・第2段機体制御落下

(1) 直径 5.2m タンク開発

タンク開発においては、タンクドームの一体成形技術とタンク溶接部に適用した摩擦攪拌接合技術(FSW)を獲得した。

タンクドームは、これまで一体成形技術を持たず海外調達していたが、H-IIB ロケットでは自律性の確保、品質・供給の安定化を図る観点から、大型機械装置の開発実績が多く既存工場設備の有効活用が可能な当社・広島製作所において開発を進め、世界最大クラスの一体成形ドームを完成させた。

また、溶接技術については、タンク径増大による溶接部板厚増加に対応するため、摩擦攪拌接合(FSW)方式を採用した。FSW は、突起部を有する工具を回転させながら接合部に押し当て、摩擦による発熱で材料を軟化させながら攪拌して接合する技術であり、継ぎ手特性、接合品質などが良く信頼性の向上につながるのと同時に、一部前処理が不要となるなど、実機コストの低減にもつながっている。

(2) 第1段エンジンクラスタ化

第1段エンジンのクラスタ化では、H-IIA ロケットで培った技術を最大限に活用する方針とし、推進薬供給系統を2系統独立に配置し、2基のエンジンに別々に推進薬を供給することでエンジン相互の影響を排除し開発リスクを低減した。また、エンジン間の距離を適正に設定することで噴射ガスの干渉による影響を極力抑える設計とした。平成 20 年 3 月から 8 月の間、秋田県の田代試験場において計8回の燃焼試験を実施、基本性能の確認に加え、各種パラメータのばらつきを含めた試験を行い、実証レベルを向上させた。これにより、日本のロケットで初めてクラスタ化技術を獲得した。

(3) 第2段機体制御落下

H-IIB ロケット2号機においては、HTV の打上げ能力要求を満足しつつ、余剰となる推進薬を利用して第2段エンジンを再着火させ、軌道離脱を行う技術を開発した。HTV 分離後の第2段機体は、通常であれば地球周回軌道を3~4日間飛行したあとで、北緯 51 度~南緯 51 度の緯度帯に含まれる地域にランダムに落下する。機体は、大気圏再突入の際の空力加熱と動圧によって破壊され、発生した破片の大部分は焼失するため、地上への危険性は極めて低いレベルであるが、落下災害リスクの更なる低減を目指して、安全な海域に第2段機体を制御して落下させる運用を行うこととし、エンジンの低推力燃焼モードの確性/地上管制システムの開発(JAXA にて実施)/機体へのタンク再加圧気蓄器の追加搭載等の最小限のシステム変更で制御落下を実現した。

ロケット上段機体の制御落下は、世界でもこれまで数例(Ariane5 EPS/ATV ミッション及び DELTA-IV/DMSP-17 ミッションなど)しか実績がなく、H-IIB ロケットでの開発により使用済のロケットを安全かつ速やかに軌道上から除去することができる世界最先端の技術を獲得した。

3. 打上げ結果

H-IIB ロケットでは、平成 21 年 9 月 11 日に打ち上げた1号機(試験機)に始まり、平成 23 年 1 月 22 日の2号機、そして平成 24 年 7 月 21 日の3号機で、3機の HTV を打ち上げてきた。HTV の打上げは、ISS の位置が時々刻々と変化することから、定められた期間の中で1日1回しかタイミングがなく、1秒の遅れも許容されない。そのような状況の中で、1号機~3号機まで天候以外の遅延はなく打上げに成功した。また HTV の投入軌道誤差も少なく、日本の宇宙開発技術力の高さを世界に示した(図2)。

また、H-IIB ロケット3機の打上げ成功で、H-IIB ロケットの成功率は 100%を維持、H-IIA ロケットと合わせても 95.8%の成功率となり、商業衛星の打上げに不可欠な信頼性の高さが改めて示された。

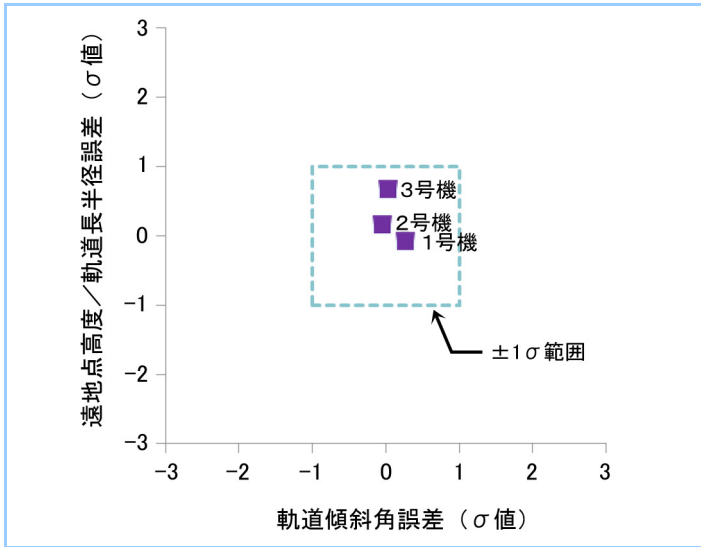


図2 HTV 投入軌道誤差実績

4. 民間移管と将来

4.1 民間移管

平成 24 年 9 月, JAXA と当社は, 3号機までの連続成功を受けて, 4号機以降の打上げを当社が打上げ輸送サービス事業として実施することに合意した. これにより, 3号機までの飛行実証を通して設計を確定した技術が JAXA から当社に移管され, 今後の H-IIB ロケットの打上げを当社が一括して担っていくこととなった.

また, H-IIB ロケットが民間移管されたことで, 当社の打上げ輸送サービス事業として, 静止トランスファー軌道へ投入する衛星8トン級までの衛星需要への対応や, 大型衛星2基同時打上げの実現が視野に入ってくる. これにより, 従来の H-IIA ロケットでは商業衛星市場の適応範囲が 50%程度であったのに対して, H-IIB ロケット投入で 90%以上まで拡大できるようになった (図3).

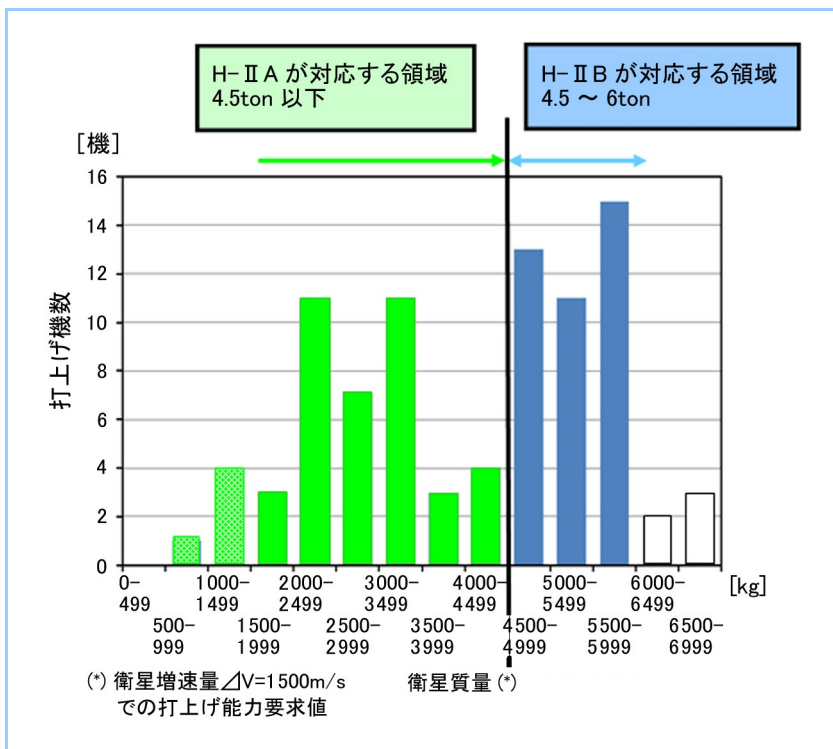


図3 世界の商業衛星打上げ実績 (2008~2011 年)

一方、H-IIA ロケットと同様、H-IIB ロケット打上げ輸送サービスに関しても、リーマンショック後のロシア通貨であるルーブル下落、更には昨今の欧州通貨危機による相対的な円高の影響による国際的な価格競争力低下が大きな課題である。今後、継続的なコスト低減に取り組むとともに、国内外の衛星打上げプロジェクトに対して、H-IIA と同様に H-IIB を様々な衛星の打上げとの相乗りで利用することや、新興国に対する衛星輸送サービスを中心とした宇宙インフラパッケージ輸出など、多様な提案を行っていく。

4.2 基幹ロケットの将来

基幹ロケットである H-IIA/B ロケットの将来構想として、現在、「次期基幹ロケット」開発立ち上げに向け取り組んでいる(図4)。このロケットでは、お客様の衛星を、「もっと優しく、もっと短期間で、もっとお値打ちに」宇宙までお届けできることを目指すものであり、宇宙への輸送を使いやすくすることで、更なる宇宙利用の拡大への貢献も目指すものである。2010 年代後半までに真の国際競争力確保に向け、モジュラー化機体での多様な需要への対応や、最先端の国内他産業における汎用技術の適用等による抜本的なコストダウンを図っていく計画である。

また、次期基幹ロケットに向けた継続的なシステム開発の第1段階として、「基幹ロケット高度化開発」を行っている。これは、お客様により良い輸送サービスを提供することを目指して、静止衛星打上げ能力の向上／衛星搭載環境緩和といった、第2段を中心とした改良開発を行うものであり、平成 25 年までの開発完了を予定している。

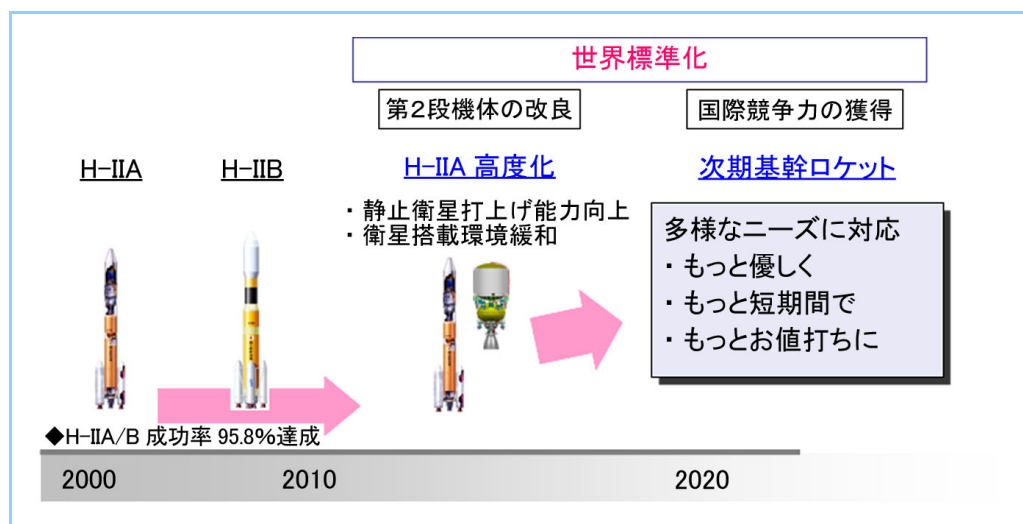


図4 基幹ロケットのロードマップ

5. まとめ

H-IIB ロケットの開発では、H-IIA ロケットの技術を十分に活用することで開発範囲を絞り込み、新規開発リスクを低減させることで、短期間／低予算で実現することができた。これは2号機での制御落下技術の開発でも同様であり、その結果 H-IIA ロケットの高い信頼性を維持することにもつながっている。加えて、2.2 項に示したような世界に誇れる技術を獲得できたこと、開発を通じて技術者の育成／技術の伝承ができたことも開発成果として挙げられる。

平成 25 年以降、H-IIB ロケットは、HTV4号機から7号機までの、計4機の打上げを計画している。また、既に H-IIA ロケットで展開している打上げ輸送サービス事業に H-IIB ロケットも加わることで、H-IIA/B ロケットファミリーとして、国内外からの商業衛星をはじめとする幅広い打上げニーズに応えることができるようになることから、継続的なコスト低減に取り組むことで、国際競争力を強化／世界市場の積極開拓を目指していく。