H-IIA による商用衛星打上げ 輸送サービス*

H-2A Launch Services for Commercial Satellites

浅田正一郎**
Shoichiro ASADA

Key words H2A rocket, launch services, commercial satellite

1. 緒 言

三菱重工業株式会社（以下 MHI）は、2003 年に H-IIA ロケットの民営化を引き受け、2006 年より衛星打上げ輸送サービスを開始した。これまでに、3 機の打上げに連続成功しているが、それらはすべて独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下 JAXA）向けの衛星、月周回衛星の「かぐや」、インターネット衛星「きずな」および温室効果ガス観測衛星「いぶき」であり、一般の商用衛星を打ち上げた実績はない。

本解説では、H-IIA の民営化に至る経緯と民営化で求められる効果についてまず理解いただき、次に商用衛星打上げの意義、市場環境と MHI の取り組みについて紹介する。

2. H-IIA 誕生から民営化へ

2.1 H-II の失敗から H-IIA へ

完全国産化し、世界市場への参入を目指して 1984 年から開発された H-II ロケットは、予定より 2 年遅れの 1994 年に第 1 号機を成功させることができた。しかし、1998 年の第 5 号機、翌年の第 8 号機と連続で打上げに失敗したため、すでに開発中であった H-IIA にリソースを集中するため、その後の打上げをキャンセルし運用を終了することになった。

また、H-II の打上げコストは初号機が打ち上がるころまでに円高が急激に進み、国際市場での競争力はなくなっていた。

そこで、世界市場での競争力を取り戻すべく、H-IIA は開発された。部品技術の国産化にこだわらず、有利であ

れば輸入品も用い、部品点数・作業工程を低減し、打ち上げ費用の削減と信頼性の向上を図った。H-IIA は H-II に単に A が付いただけで、外見も似ているが、中身は完全に再設計され、全く違うロケットに生まれ変わった（図 1 参照）。

H-IIA の試験機 1 号機は 2001 年夏に打ち上げられ、以降 2003 年春打上げの 5 号機まで、連続 5 機の成功を成し遂げた。

2.2 民営化の始動

日本の宇宙開発が H-II ロケットの失敗から復活を遂げた 2002 年、当時の小泉首相主導の「民間でやれることは民間で」との政府方針の下で、5 月 29 日に行われた第 18 回総合科学技術会議において、H-IIA ロケットの民間移管の方針が決定した。

この方針を受け、文科省に民営化作業チームが発足し、宇宙関連の民間企業も参画して、民間移管を受けるプライム会社の選定方法、国がすべき環境整備、および民間主導の機体開発のあり方が議論された。

民営化作業チームの議論を経て、H-IIA 標準型民間移

図 1 H-II と H-IIA の比較 Courtesy of JAXA

*原稿受付 平成 21 年 2 月 3 日

**三菱重工業(株)航空宇宙事業本部宇宙機器部
(東京都港区港南 2-16-5)

浅田正一郎

1980 年東京大学大学院工学系研究科航空学専攻修了、工学修士。同年より三菱重工業(株)に入社。液体ロケット開発に従事。2007 年より現職。

管の基本的考え方が下記のとおりにまとめられた。

○ H-IIA 標準型については、その技術を民間に移転し、民間の経営手法によるコスト低減、品質向上等を図り、国際競争力の確保を図る必要がある。

○ そのため、文部科学省および宇宙開発事業団（以下 NASDA、現在の JAXA）は、H-IIA 標準型の民間移管を円滑に進め、かつ環境整備を行う。民間は、基幹ロケットとしての自律性確保の重要性を十分認識し、確実な打上げに努めるとともに、製造責任の一元化、営業体制の強化およびコスト低減等を図る。

これらのプロセスを経て、2002 年 11 月に当時の NASDA は MHI をプライム会社として選定した。2003 年度からの H-IIA による打上げ契約を MHI が行うべく、NASDA と MHI は「H-IIA 標準型打上げサービス基本協定」を 2003 年 2 月に締結し、これに基づき MHI は同年 9 月に H-IIA の技術移転を受けた。

また、NASDA は 2003 年 10 月 1 日付けで当時の文部科学省宇宙科学研究所および独立行政法人航空宇宙技術研究所と統合され JAXA となった。

3. 6 号機の打上げ失敗と民営化移行の見直し

3.1 H-IIA6 号機の打上げ失敗

MHI が H-IIA ロケットの技術移転を受け、民営化がまさしく始まろうとした 2003 年 11 月 29 日、H-IIA ロケット 6 号機は、情報収集衛星 2 基を搭載し、種子島宇宙センターから打ち上げられた。しかし、2 本の固体ロケットブースターのうち 1 本が分離できず、予定した高度に達することができなかったため、打上げから約 10 分後に地上からの指令によって破壊された。

私は、当時、H-IIA ロケットの民営化を推進するプロジェクトの責任者に任命されており、この 6 号機の打上げを名古屋の事業所で見守っていたが、ロケットを指令破壊したとの情報を得た瞬間は頭の中が真っ白になってしまった。しかし、次々と送られてくる飛行データを基に、失敗の原因究明や、事故対策本部の設置など、民営化の将来を悩む暇もなく、飛行再開に向けての作業に翻弄されていた。

日本のロケット関係者全員は 1 年と 3 カ月をかけて、問題箇所のみならず機体全体の設計、試験、製造の徹底的な見直しを行った。

この原因究明、対策の作業と並行して、文科省の宇宙開発委員会では「メーカーを含めた JAXA の業務の進め方及び体制」が議論され、すでに始動していた H-IIA の民営化の進め方が見直されることとなった。

3.2 民営化への段階的移行

H-IIA ロケット 6 号機の失敗は、先にも述べたとおり、H-IIA の民営化を進めようとした矢先に起きた。H-IIA の民営化の移行ステップを図 2 に示すが、6 号機の失敗以前には [ステップ 0] からいきなり [ステップ 3] に進む計画であった。

図2 民営化への段階的移行

民営化の前では、ロケットの製造のとりまとめ（発注）は、NASDA の指導の下に宇宙関連企業が出資し、1990 年に設立した衛星打ち上げを請け負う民間ロケット会社「ロケットシステム（RSC）」にて行われていた。H-IIA の民営化は、JAXA と RSC が担当していたロケット製造とりまとめと打上げの機能を MHI に移管し、ロケット全体の製造と打上げの責任の一元化を行い、営業体制の強化とコスト削減により国際競争力の強化を期待して決断された。MHI はそれまでも H-IIA ロケットの主要担当メーカーとしてロケットの製造に携わってきたが、民営化後は、一部では競合する他のメーカーを従えることが求められた。

ところが、H-IIA ロケット 6 号機の失敗に伴い、ロケット開発体制と運用体制の見直しが議論された。その結果として、図 2 に示す [ステップ 1] と [ステップ 2] が [ステップ 3] の前に挿入された。このように段階的な移行を経て、2007 年度の打上げ（13 号機の打上げ）からは名実共に民営化が完結し、MHI が機体製造および打上げの責任の一元化を果たすことになった。

3.3 JAXA との役割分担

現在の日本の法律では、JAXA のみがロケットの打上げを行うことができる。独立行政法人宇宙航空研究開発機構法の第 18 条 4 項で、JAXA は「人工衛星等の打上げ、追跡及び運用並びにこれらに必要な方法、施設及び設備の開発を行うこと」と規定されている。したがって、MHI が民営化の下で H-IIA の打上げを行うとしても、JAXA に打上げを委託しなければならない。

一方、民営化の主旨では、ロケットの製造から打上げまでの責任を一元化することが求められており、図 3 に示す打上げ時の体制が設定された。

JAXA は安全監理責任者を置き、打上げ安全監理業務

図3 H-IIA ロケット打上時の体制

(地上安全確保業務、飛行安全確保業務およびカウントダウン時の総合指揮業務等)を実施し、最終的に、安全確保の観点から、MHIの打上げ執行可否の判断を行う。MHIは打上げ執行責任者を置き、打上げ事業者として、ロケット打上げを執行する。

4. 商用衛星打上げ輸送サービスへの取り組み

4.1 商用衛星打上げ輸送サービス受注の意義

開発中の H-IIB ロケットを含めた、今後の打上げ計画を図 4 に示す。最大 4 機/年の政府需要がある一方、年間 2 機の場合もあり打上げ機数が不安定である。

安定的な生産機数・打上げにより、要員の確保とスキル維持と設備の最大活用が可能となると同時に、部品・材料の製造規模確保とデータ蓄積を行い、ロケットの信頼性維持とコストダウンが果たせる。したがって、不安定な政府需要を商用ミッションで補完しなければならない。

H-IIA による商用衛星打上げ受注の意義は、信頼性維持のための安定的な生産機数・打上げ確保にある。

4.2 世界の商用衛星打上げ市場

4.2.1 商用衛星の需要予測

ところで、世界の商用衛星打上げの需要はどうであろうか？ 需要予測で定評のある米国航空局（FAA）Commercial Space Transportation and the Commercial Space Transportation Advisory Committee の報告による静止軌道へ打ち上げる商用衛星の打上げ需要予測を図 5 に示す。

商用衛星の需要は世界中でも年間 20 機程度しかなく、しかも H-IIA の打上げ能力で対応可能な中型衛星は 10 機以下である。

4.2.2 商用衛星打上げサービスの市場シェア

2008 年の静止軌道商用衛星の打上げ総数は 23 機であり，国別のシェアは図 6 に示すとおりである．また，大型静止衛星を打ち上げる世界の主要なロケットの比較を図 7 に示す．

欧州の ArianeV はアリアンスペース社によって打ち上げられ、世界最大のシェアを誇っている。ArianeV は大型ロケットで、商用衛星を一度に2機打ち上げることで、

年	2009(H21)	2010(H22)	2011(H23)	2012(H24)
政府 ミッション	↑ F15/ GOSAT	↑ ↑ HTV/PFM	↑ ↑ HTV 1	↑ ↑ HTV 2
商業 ミッション				↑ HTV 3
	商業打上げ輸送サービス(年1~2機程度の打上げが可能)			

図4 H-IIA/H-IIB ロケットの打上げ計画

図5 静止軌道へ投入する商用衛星の需要予測

図6 商業衛星打上げサービスの国別シェア

ロケットの名称	Ariane V	Zenit-3SL	Proton

製造国	欧州	国際協業 (ウクライナ/ロシア/ 米国/ノルウェー)	ロシア
(主体)	アリアンス ベース	シーロンチ	クルニチェフ

図7 商業衛星打上げ用大型ロケットの一覧

低価格を実現している。

ロシアは 1965 年に初号機を打ち上げた Proton を用い、豊富な打上げ実績を武器に 25% のシェアを有する。

国際協業事業体が運用する Zenit-3SL はウクライナ/ロシア製であるが、海上打上げ発射台をノルウェーが担当し、打上げを米国が行う。打上げ実績豊富なウクライナ/ロシア製ロケットを赤道直下の海上基地から打ち上げるという斬新なアイデアで 21% のシェアを誇る。

米国は 1 機のための打上げに留まっている。米国のロケットは軍用需要に注力しており、商用衛星打上げ市場でシェアは高くない。

中国のロケット「長征」は価格は低いが、米国のミサイル技術拡散防止の法律により、米国製部品を用いた衛星の中国への輸出が禁止されており、実質的に世界市場から閉め出されている。2008 年の 2 機は、中国製の衛星を用いてベネズエラの衛星を打ち上げたものと、米国製部品を用いない欧州製衛星を中国顧客向けに打ち上げたものである。

4.2.3 各国の宇宙アクセス手段確保の戦略

わが国でも H-IIA ロケットを基幹ロケットとして定め、自在性をもって宇宙へのアクセスを確保するとの方針が出されているが、各国でも宇宙へのアクセス手段の確保のための独自の戦略が描かれている。

欧州は、軍事需要を中心とする政府需要に頼るのではなく、商用衛星打上げサービスで打上げ機数を確保することを戦略としている。商用衛星打上げ市場での ArianeV の価格競争力を維持するため、EGAS (European Guaranteed Access to Space) と呼ばれる政策で 9.60 億ユーロ/5 年の政府支援を行っている。これにより、欧州は商用衛星市場での最大のシェアを確保している。

一方、米国は空軍用衛星需要により打上げ機数を確保するとの方針であり、かつ打上げ機数の不足分は打上げ産業基盤維持の費用を政府が支援するといった政府丸抱えに近い戦略をとる。

ロシアは、成熟したロケットを武器に、政府需要と商用需要とをバランスさせて打上げ機数を確保するとの戦略をとる。

中国・インドは、宇宙開発を通じて国民の意識高揚を図ると同時に、制宇宙権を確保するための国家事業として取り組んでいる。

4.3 受注活動

4.3.1 顧客への知名度向上

H-IIA ロケットでの衛星打上げも 2009 年 1 月 23 日に打ち上げた 15 号機で成功率 93.3% に達し、世界でも有数な信頼性の高さを誇っているが、商用衛星の打上げ実績がなく、商用衛星打上げ市場での信用力は低いといわざるを得ない。

本市場に食い込むためには、顧客となる衛星オペレータ、衛星メーカーとの日常的な接触による知名度の向上と、情報の入手が不可欠である。

そこでわれわれは、個別顧客の訪問はもちろんのこと、

図 8 国際会議での打上げサービス業者パネルの例

多くの顧客が一同に会する国際会議などへ積極的に参加し、知名度のさらなる向上に努めている。例として、2007 年秋にパリで開催された会議における打上げサービス提供会社のパネルディスカッションに参加している様子を図 8 に示す。

4.3.2 宇宙保険市場への情報提供

ロケットによる衛星打上げには、打上げ失敗という非常に大きなリスクがある。したがって、契約上、打上げサービス業者はロケットの点火以降の賠償責任は問われないのが世界の通例となっている。

しかし、顧客はロケット打上げと衛星の両方で 200 億円以上の投資を行っており、打上げ失敗時の補償として再打上げ保険というものを通常は購入する。この再打上げ保険の料率はロケットの信頼度と直近の不具合の発生状況に依存するし、わずか 1% の差が億円単位の保険料の差になる。

したがって、保険料率を決定する保険ブローカー（仲立人）やアンダーライター（保険引受業者）に対して、H-IIA を良く理解してもらい、競合機種に対して少しでも料率を下げるのが顧客にとってのメリットとなる。

顧客に対する対応と同様に、保険関係者を対象とした説明会を開催し、宇宙保険に関する国際会議に登壇するなどして H-IIA の信頼性をアピールしている。

4.3.3 海外との協業

衛星打上げサービスの顧客にとって重要な要素は、価格のみならず確実に予定どおり衛星を打ち上げることである。

われわれは、ロケットの打上げ失敗により、しばらく打上げが延期された場合を想定し、他機種とのバックアップ打上げアライアンスを締結した。このアライアンスにより、万一 H-IIA に問題が生じて顧客に打上げ機会を確実に提供することが可能となる。

また、業界最大手の欧州 Arianespace 社と共同で衛星打上げ輸送サービスを提案することにも合意した。顧客に対して、H-IIA あるいは ArianeV のどちらか対応できる

ロケットで打上げ機会を確保するとの提案を行える。

海外との協業は、単に顧客に対して良いサービスを提供するのみでなく、新参者としての H-IIA に対しての信頼感を与えるためにも必要なステップの一つと考えている。

4.3.4 コストダウン

顧客にとって最も重要な要素である魅力的な価格を実現するには、弛まぬコストダウン活動が不可欠であり、われわれもロケットの信頼性を損なわないことを条件として、あらゆる努力を行っている。

コストダウンの例をいくつか紹介する。まず、H-IIA には固体ロケットブースタと固体補助ロケットが搭載されていたが、市場予測に基づき、固体補助ロケットの採用を止め、ロケット形態を 4 形態から 2 形態へ集約化し、部品の集約化と見込み生産の容易化を行った。

ロケットの点検は積み上げ方式で行っており、材料、部品、コンポーネント、各段組立、全段組立の各段階で検査、点検を行っている。全段の確認試験は従来、名古屋の工場と種子島射場の各々で行っていたが、生産も安定してきたため、種子島での最終確認のみに絞り込んだ。

また、コンポーネントもサプライヤの出荷段階と MHI での受領段階での重複点検を行っていたため、MHI での点検を削除した。

4.4 受注の現状と課題、対策

4.4.1 受注活動実績

H-IIA の成功が続き、世界中の顧客から約 90 件もの引き合いを受け、70 件に応札したが、受注は 1 件に留まっている。

2008 年前半の活動では JAXA との役割分担による適正な価格設定と競合各社の高価格化により国際競争力のある価格を提示することができたにもかかわらず、結果ははかばかしくない。

4.4.2 商用衛星打上げ受注の課題と対策

まず、商用衛星打上げ実績がなく、顧客からの信用度が低いと、競合相手と同価格帯では売れないということが課題の一つである。世の中の一般常識として、新規参入者は競合者に対して価格格的によほどの魅力がないと勝てないということである。

したがって、われわれもコストダウンには最大限の努力を行っているがそれでは限界があるため、欧米並みの政府支援による価格競争力のより一層の強化が必要である。

次に大きな課題として、H-IIA を種子島宇宙センターから打ち上げる場合に、漁業関係者との協定による打上げ時期制限が挙げられる。漁業関係者にとって都合の良い 3~6 月、および 10 月はロケットを種子島から打ち上げることができない。前にも述べたが、顧客にとって確実に予定どおり衛星を打ち上げることが重要な要素であり、打上げ時期の制約はサービスを提供する上で大きな障害となる。

したがって、政府に対して打上げ時期制約の緩和を求めると同時に、漁業関係者の理解を得るように努力を行っている。

5. 結 言

宇宙基本法が 2008 年 5 月 28 日に公布され、内閣に宇宙開発戦略本部が設置された。これまで、各省で進められてきた宇宙開発を内閣が総合的、計画的に進めることとなる。また、宇宙基本法には産業振興が盛り込まれており、これまで開発研究一辺倒であった日本の宇宙開発が産業へ脱皮するための準備が整った。

今後、宇宙開発戦略本部の下で、日本の宇宙輸送の国家戦略が立案され、かつ欧米に対抗した宇宙輸送の振興策が検討されることとなる。この機会を捉えて、H-IIA による衛星打上げ輸送サービスを世界市場で大きく飛躍させていきたい。

参 考 文 献

- 1) 2008 Commercial Space Transportation Forecast, Federal Aviation Administration, FAA Commercial Space Transportation and the Commercial Space Transportation Advisory Committee, May 2008.
- 2) 前村孝志, 浅田正一郎ほか: H-IIA ロケット打上げ再開初号機の成功, 三菱重工技報, **42**, 5 (2005).
- 3) S. Asada: PRIVATIZATION OF THE H-2A LAUNCH VEHICLE, IAC-05-D2.2.06, IAC-05-D2.2.26, 56th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, Oct. 17-21, 2005.
- 4) T. Maemura, S. Asada and S. Suzuki: H-IIA LAUNCH VEHICLE READY FOR COMMERCIAL LAUNCH SERVICES, IAC-03-V.1.06, 54th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, Sep. 29-3, 2003.
- 5) 今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本 (骨子案), 第 18 回総合科学技術会議, 資料 2, 2002 年 5 月 29 日.
- 6) 前村孝志ほか: H-IIA ロケットの新技术と初号機打上げ結果, 三菱重工技報, **39**, 1 (2002).