

# 「次世代輸送系システム設計基盤技術開発」

## 事後評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	9
評点結果 .....	16

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「次世代輸送系システム設計基盤技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成23年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	くぼた ひろとし 久保田 弘敏	帝京大学理工学部 航空宇宙工学科 教授
分科会長 代理	なかすか しんいち 中須賀 真一	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
委員	あかほし やすひろ 赤星 保浩	九州工業大学 大学院工学研究院 機械知能工学研究系 宇宙工学部門 教授
	こばやし おさむ 小林 修	神奈川工科大学 工学部 機械工学科 特任教授
	はやさか ゆういち 早坂 裕一	スカパーJ S A T株式会社 執行役員
	よねもと こういち 米本 浩一	九州工業大学 大学院工学研究院機械知能工学研究系 宇宙工学部門 教授
	わたなべ としのり 渡辺 紀徳	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授

敬称略、五十音順

## プロジェクトの概要

		最終更新日	平成23年 6月 24日
プログラム名	航空機・宇宙産業イノベーションプログラム		
プロジェクト名	「次世代輸送系システム設計基盤技術開発プロジェクト」	プロジェクト番号	P02008
担当推進部/担当者	機械システム部 担当者氏名 佐藤 允昭 (H23年6月現在) 機械システム部 担当者氏名 梅津 義博 (H19年10月～H23年3月) 機械システム技術開発部 担当者氏名 川崎 恭史 (H16年10月～H19年9月) 機械システム技術開発部 担当者氏名 橋本 陸典 (H13年10月～H16年9月)		
0. 事業の概要	<p>商業ロケット市場における我が国宇宙産業の競争力を確保するために、ロケットのシステム統合設計の信頼性を高め、開発コストを削減するとともに、開発期間の大幅な短縮を可能にする基盤技術（ヴァーチャルプロトタイプング技術および高度信頼性飛行制御検証技術）およびロケットユーザである衛星とのミッションインテグレーション作業を効率的に進めミッションインテグレーション期間を短縮するとともに、打上げ後の飛行結果の分析を確実かつ効率化するための基盤技術（ミッション対応設計高度化技術）を開発する。また、ロケットの打上げ前の機体点検の自己診断・自律対応を可能にし、かつ民生用小型LNG気化設備等の制御系設備にも適用可能な基盤技術（次世代LNG制御システム技術）を開発する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>(1) NEDOが関与することの意義</p> <p>人工衛星と宇宙輸送システムを必要ときに独自に宇宙空間に打上げる能力を将来にわたって維持するという我が国の宇宙開発利用の基本方針に基づき、ロケット技術（宇宙輸送システム技術）は、総合科学技術会議において「宇宙開発利用の基幹技術」として識別されており、宇宙開発戦略本部においても「宇宙基本計画」（2009年6月2日）及び「宇宙分野における重点施策について」（2010年5月25日）の中で「宇宙輸送システムは、我が国が必要となすに、独自に宇宙空間に必要な人工衛星等の打ち上げを行うために、維持することが不可欠な技術」と位置付け、国として技術開発の推進が要請されている。</p> <p>また、ロケットのような大規模なシステムは、構成要素が複雑に絡み合い、また必要となる要素技術も多岐にわたるため、それらを統合してシステムとして高い信頼性を確保するためには極めて高度なシステム技術が要求されており、その開発・運用に関する基盤的技術の整備が社会的に要請されている。</p> <p>本研究開発事業では、ロケットの開発・運用段階で信頼性を確保しつつ、作業期間短縮を実現するための基盤技術の開発を行う。ロケットの基盤技術を開発し、実際のロケットの開発での効果を実証するためには大規模な投資と長い期間を要するため、民間企業だけでは抱えきれないリスクを伴う。また、この基盤技術は、各種ロケットに共通的な基盤技術であり、公共性が高いこと、さらには、大規模システムを高い信頼性を持って開発・運用する技術は、幅広い分野への波及効果が期待できることから、国の関与が必要である。したがって、幅広い分野での技術開発を推進するNEDOにて事業推進を行うことは妥当である。</p> <p>(2) 事業の背景・位置付け・目的</p> <p>衛星打上げサービスの商業化という観点からは、欧米が一步先の段階に進んでおり、国際的な人工衛星の商業打上げ市場が形成されつつあり、我が国でも、このような動きに早急に対応し国際競争力を確保していくことが強く求められる状況にある。</p> <p>衛星の商業打上げ市場では、高信頼性・低コスト・打上げまでの期間短縮が求められている。しかし、設計や点検等で見過ごされた不具合要因が開発後期における不具合発生、開発の後戻りを引き起こし、開発期間の長期化、コスト増を招くとともに、打上げにおける信頼性を低下させる恐れがある。したがって、これに対し信頼性を向上させつつ、低コスト化・開発期間短縮を実現する取組みが必要とされている。</p> <p>具体的には、設計や点検等で見過ごされている不具合要因を、ロケット開発の全段階にわたって排除するための基盤技術の整備が不可欠であり、本研究開発事業にて整備を図る。</p> <p>ロケットの開発対象は、機体自体の開発である「機体開発」と開発・製造された機体を打上げに向けて運用するための射場での「機体運用」に大別されるが、ロケット機体の効率的な開発・運用のためには、各フェーズの設計基盤技術がそれぞれ整合を持つことが必要不可欠である。また、ロケットの開発後の「実機運用段階」においては、ロケットユーザ（衛星）からのインタフェース仕様に基づいた設計や機体製造を行なうミッションインテグレーション作業や飛行後の分析・評価作業の効率的な実施が必要であり、これらの高度化のための基盤技術の整備も必要不可欠である。</p> <p>以上の必要性から、本研究開発事業では、ロケット開発の信頼性を向上させつつ、開発期間や受注から打上げまでの期間を大幅に短縮すること等を目的として、「機体開発」、「機体運用」および「実機運用段階」の各々に対して求められる以下の設計基盤技術の研究開発を実施する。</p>		

	<p>① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発          ② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発          ③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発          ④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発</p> <p>なお、上記③の研究開発は、民生用小型LNG気化設備の制御系設備への適用可能性を含めつつ行なう。また、研究開発した基盤技術に関しては、今後我が国において開発が期待される中型ロケットを想定した実証試験を通じて成果を確認する。</p>																																																												
II. 研究開発マネジメントについて																																																													
<p>事業の目標</p>	<p>ロケット開発におけるシステム統合・設計基盤技術等を確立するとともに、自己診断・自律対応機能を有する小型制御系設備導入に関わる基盤技術を確立することを目標とする。従来ロケット開発後期に発生していた設計の手戻り作業を削減することにより開発コストの削減、および開発期間の短縮（下記①、②）を目指すとともに、実用機運用段階でも衛星とのインターフェースに関する設計の手戻り作業を防止し（下記④）、また、機体点検作業の効率化による工期短縮、および運用コスト削減（下記③）を実現可能な基盤技術の整備を目指す。</p> <p>① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発 (VP)          ・開発後期で従来発見されていた不具合を、実機ハードウェア製作前に発見し、開発後期での不具合を削減して信頼性を向上させ、システム設計の設計作業期間を30%削減する。</p> <p>② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発 (FS)          ・開発後期で従来発見されていた不具合を、ハードウェアとの組合せ前に発見し、開発後期での不具合を削減して信頼性を向上させ、飛行ソフトウェアの設計作業期間を20%削減する。</p> <p>③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発 (LNG)          ・民生用小型LNG気化設備の制御系設備等にも適用が可能な、自己診断・自律対応が可能なロケット用制御システムを開発し、機体点検作業での人的ミスによる不具合を削減し、信頼性を向上させ、機体点検工期を30%削減する。</p> <p>④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発 (MI)          ・ミッションインテグレーション作業においては、関連情報を一元管理し、設計初期からインターフェース仕様を設定することにより、前倒しに作業を進め、効率的な設計作業を可能とするとともに、打上げ当日風によるロケット機体への影響の詳細解析を効率的に実施し、新規開発ロケットの打上げに対する確実性を確保しつつ、個別衛星に対するミッションインテグレーション作業期間を40%削減する。また、飛行後解析においては、飛翔結果を次号機以降に反映するためのポストフライト解析・評価作業を高度化・省力化し作業量の20%削減を実現する。なお、①～③による作業期間短縮効果を含める。</p>																																																												
<p>事業の計画内容</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>主な実施事項</th> <th>H14~15fy</th> <th>H16fy</th> <th>H17~19fy</th> <th>H20~22fy</th> <th>総額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発</td> <td>→</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発</td> <td>→</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発</td> <td></td> <td></td> <td>→</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>→</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	主な実施事項	H14~15fy	H16fy	H17~19fy	H20~22fy	総額	① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発	→					② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発	→					③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発			→			④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発				→																															
主な実施事項	H14~15fy	H16fy	H17~19fy	H20~22fy	総額																																																								
① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発	→																																																												
② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発	→																																																												
③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発			→																																																										
④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発				→																																																									
<p>開発予算          (単位：百万円)</p> <p>契約種類：          ○をつける          (委託 ○)          助成 ( )          共同研究(負担率 ( ))</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>会計・勘定</th> <th>H14fy</th> <th>H15fy</th> <th>H16fy</th> <th>H17fy</th> <th>H18fy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一般会計</td> <td>1,013</td> <td>711</td> <td>475</td> <td>341</td> <td>336</td> </tr> <tr> <td>特別会計 高度化 (電源・需給の別)</td> <td>1,265</td> <td>1,550</td> <td>2,707</td> <td>2,253</td> <td>2,099</td> </tr> <tr> <td>加速予算 (成果普及費を含む)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>723</td> </tr> <tr> <td>総予算額</td> <td>2,278</td> <td>2,261</td> <td>3,183</td> <td>2,594</td> <td>3,158</td> </tr> <tr> <th>会計・勘定</th> <th>H19fy</th> <th>H20fy</th> <th>H21fy</th> <th>H22fy</th> <th>総額</th> </tr> <tr> <td>一般会計</td> <td>558</td> <td>585</td> <td>588</td> <td>142</td> <td>4,750</td> </tr> <tr> <td>特別会計 高度化 (電源・需給の別)</td> <td>1,856</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>11,730</td> </tr> <tr> <td>加速予算 (成果普及費を含む)</td> <td>293</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>150</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>総予算額</td> <td>2,706</td> <td>615</td> <td>588</td> <td>292</td> <td>17,676</td> </tr> </tbody> </table>	会計・勘定	H14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	一般会計	1,013	711	475	341	336	特別会計 高度化 (電源・需給の別)	1,265	1,550	2,707	2,253	2,099	加速予算 (成果普及費を含む)					723	総予算額	2,278	2,261	3,183	2,594	3,158	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額	一般会計	558	585	588	142	4,750	特別会計 高度化 (電源・需給の別)	1,856	-	-	-	11,730	加速予算 (成果普及費を含む)	293	30	0	150	1,196	総予算額	2,706	615	588	292	17,676
会計・勘定	H14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy																																																								
一般会計	1,013	711	475	341	336																																																								
特別会計 高度化 (電源・需給の別)	1,265	1,550	2,707	2,253	2,099																																																								
加速予算 (成果普及費を含む)					723																																																								
総予算額	2,278	2,261	3,183	2,594	3,158																																																								
会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額																																																								
一般会計	558	585	588	142	4,750																																																								
特別会計 高度化 (電源・需給の別)	1,856	-	-	-	11,730																																																								
加速予算 (成果普及費を含む)	293	30	0	150	1,196																																																								
総予算額	2,706	615	588	292	17,676																																																								

開発体制	経産省担当原課	製造産業局航空機武器宇宙産業課	
	プロジェクトリーダー	選任せず	
	委託先	(社) 日本航空宇宙工業会 (株) ギャラクシーエクスプレス (～H22年3月) (株) IHI (H22年4月～)	
情勢変化への対応	<p>本事業を開始した平成14年度は、大型輸送系としては国内最大であるH-IIA初号機の打上げが平成13年9月に成功したことにより、ロケットにおいても輸送系の商業化・国際競争力の確保に向けた施策が強く求められるとともに、その間、大型のみならず中型ロケットにおいても輸送系の確保が求められる状況にあった。その後、H-IIAロケット6号機打上げ失敗(平成15年11月)等を受け、輸送系全般に対する信頼性向上に対する施策の必要性がますます高まっている。</p> <p>一方、ロケット打上げの顧客となる衛星については、従来の大型衛星一辺倒の状況がリスク分散、開発コスト削減や期間短縮の観点から近年見直されつつあり、中型衛星の有用性が再認識されている。これを受けて、今後ミッションの分割、単一化による衛星数の増大、すなわち中型ロケットの打上げ機会の増加が見込まれる。また、契約から打上げまでの期間短縮の必要性が増しており、平成16年度からミッション対応設計高度化技術の研究開発に着手した。</p> <p>また、当該技術動向や委員会指摘等を踏まえ研究内容や期間の見直しを行なった。</p> <p>平成21年12月に日本政府として、本研究開発の実用化先の1つとして計画していたGXロケットの開発を取り止めることを決定した。技術の当面の実用化先を失うとともに、GXロケットの開発と連携して整備予定であったミッション対応設計高度化技術の実証試験データの整備方法の見直しが必要となった。実用計画についてはロケットに限らず広範な大規模システムも候補に加えて、戦略の見直しを実施した。また、実証試験データ取得設備・装置構成を見直し、必要なデータ取得を行い、実証試験を完了した。</p>		
中間評価結果への対応	<p>(1) 第1回中間評価への対応</p> <p>① フィードバックプロセスの策定/維持計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実用化に向け委託先が主体的に実施する以外に、③LNGについては研究開発の最終年度(平成19年度)に、今後得られる知見を開発したシステムにフィードバックするためのプロセスと開発したシステムの維持発展計画について策定した。</li> <li>・①VP、②FS、③LNGで開発されたシステムの一部は、④M1の最終年度(平成22年度)で実施する実証試験において利用するため、本研究開発の中で維持した。</li> </ul> <p>② 特許・対外発表活動の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロケットの開発・運用の機微な技術が対象となるため、社外発表や知的財産権の取得等、成果の公開につながる活動に関しては、留意が必要な状況。また、国際競争力強化の観点からも、戦略的にノウハウとして保持すべき事項が含まれる。</li> <li>・これらの点を考慮しつつ、可能な範囲で社外発表や特許の出願等を進め、第1回中間評価以降件数を増やしてきた。</li> </ul> <p>(2) 第2回中間評価への対応</p> <p>① M1実証試験の前倒し実施</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・④M1の実証試験を前倒して行い、システム信頼性向上に向けフィードバックすべき項目を識別した。識別した項目は、「ミッションインテグレーションシステム」に反映し、再度フィードバック評価により、信頼性向上を確認した。</li> </ul> <p>② 技術の最新化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度に実施した海外技術動向調査結果のフォローアップを平成21年度に実施し、開発技術が現時点でも有効であることを確認した。</li> </ul>		
評価に関する事項	事前評価	平成13年度実施	担当部 産業技術開発室
	中間評価	平成16年度	中間評価実施 担当部 機械システム技術開発部
		平成20年度	中間評価実施
事後評価	平成23年度	事後評価実施	
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>平成22年度終了時点までに最終目標を達成し、事業を終了した。</p> <p>なお、プロジェクト進行途中(平成15年度終了、平成19年度終了)に設定した中間目標についても、すべて予定通り達成した。</p> <p>各研究開発項目は、それぞれ研究開発項目①、②は平成15年度までに、③は平成19年度までに最終目標を達成して終了した。④は平成16年度から研究開発を実施し、最終目標を達成して平成22年度に終了した。</p> <p>本研究開発は、ロケットの開発から運用で必要となる技術を網羅的に洗い出し、開発を進めたため、本研究開発が当初目標を達成したことで、ロケットの開発作業の効率化が期待できる。また、開発成果を活用することによって、技術的に先行する欧米に匹敵する設計効率化/サービスの提供が可能となる。</p>		

すなわち、本技術を活用することにより、国際競争力を持つロケット開発/ロケット打上げサービスを実現可能となり、新たな市場獲得が期待できる。

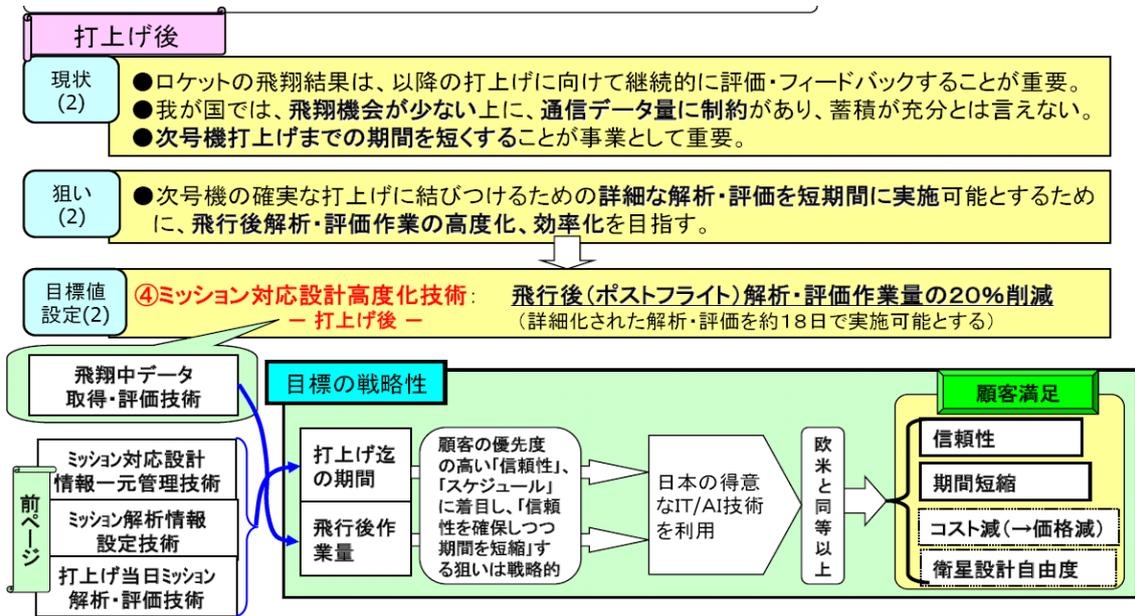
以下に成果の概要を示す。

- ① ヴァーチャルプロトタイプ技術の研究開発（目標を達成して完了）
  - ・設計者が仮想空間でシミュレーションを実施し、その検証により不具合を発見するとともに、不具合の内容に対応してシミュレーションモデルの内容を修正する。この修正内容は3D-CADの設計図形データに自動的に反映される「3D-CADへの自動フィードバックシステム技術」を開発した。
  - ・仮想空間でシミュレーションする際に、実際に作業する作業者を想定した操作性、アクセス性や負荷など、現場での不確定さが残る「人的要素（人の操作性や作業性等）」の事前検討を可能とする「仮想空間でのシミュレーション技術」を開発した。
  - ・両技術を統合したヴァーチャルプロトタイプシステムに対し実証試験を行い、その結果からシステムの有効性を確認するとともに、その適用によるシステム設計作業期間の30%削減への見通しを確認し、目標を達成した。
- ② 高度信頼性飛行制御検証技術の研究開発（目標を達成して完了）
  - ・ソフトウェアの信頼性を高めるため、ロケット飛行時に想定される様々な変動要因と異常状態を考慮したソフトウェアの検証条件が自動設定でき、またその検証結果を自律的に評価できる「事前検証ソフトウェア」を開発した。
  - ・極限状態での飛行ソフトウェアの検証をシミュレーションの上で実施可能にするため、機体、打上げ環境、打上げ設備のすべてに対して想定できる変動要因と異常状態を模擬できる「シミュレーション装置」を開発した。
  - ・これらを統合した「飛行制御事前検証システム」に対し、中小型ロケットを例題として制作した実証用飛行ソフトウェアを用いて、システムの実証試験を行い、その結果からシステムの有効性を確認するとともに、その適用による飛行ソフトウェア設計作業期間の20%削減への見通しを確認し、目標を達成した。
- ③ 次世代LNG制御システム技術の研究開発（目標を達成して完了）
  - ・ロケットの機体点検を最大限自動化できる自己診断・自律対応型機体点検自動化システムのシステム仕様を設定し、それを実現するためのアルゴリズム仕様を確定した。さらに付随するソフトウェアを設計製作し、具現化した。
  - ・ロケット機体点検を最大限自動的に実施できる制御機器を含むアビオニクス機器について、仕様設定、製作、機性能、環境試験等を実施し、所定の開発を完了した。
  - ・上記のソフトウェアと機器、さらに外部システムを構築するために製作した試験装置類を組み合わせ機体点検自動化システムを構築し、実証試験を実施した。システムとして要求仕様に合致した機能・性能を有していること、及び機体点検工期の30%短縮への見通しを確認した。
  - ・上記で開発したアルゴリズムの一部は、民生用小型LNG気化設備の制御系設備への対応が可能であることが、適用可能性検討により確認された。
  - ・以上から、本研究開発の目標が達成された。
- ④ ミッション対応設計高度化技術の研究開発（目標を達成して完了）
  - ・ユーザ（衛星）とロケットとの間のインタフェース仕様及びロケット側設計仕様の数値情報や図面情報を一元管理することにより情報伝達の過誤を防止するとともに、衛星/ロケット間のインタフェース調整に必要な文書や解析用データ等を自動的に生成可能にする技術（ミッション対応設計情報一元管理技術）を開発し、「ミッションインテグレーションシステム」を設計・構築した。
  - ・衛星との間のインタフェース仕様の変更可能性リスクを取り込み、ロケット側の設計/解析作業を前倒しで実施可能とする技術（ミッション解析情報設定技術）の研究により、遺伝的アルゴリズム（GA）を適用したパラメータサーベイ技法によるシミュレーション技術を開発した。
  - ・打上げ時の風によるロケット機体への影響評価レベルを向上し、必要な解析や打上げ判断を効率的かつ確実に行なう技術（打上げ当日ミッション解析・評価技術）を開発し、「打上げ当日ミッション解析・評価システム」を設計・構築した。
  - ・打上げ結果を次号機に着実に反映することによりロケットの打上げリスクを低減し信頼性を高めるために、取得した飛行データ（ロケットの機体状態）のデータ処理・分析を高度化・省力化する技術（飛行中データ取得・機体評価技術）を開発し、「飛行後解析評価システム」を設計・構築した。

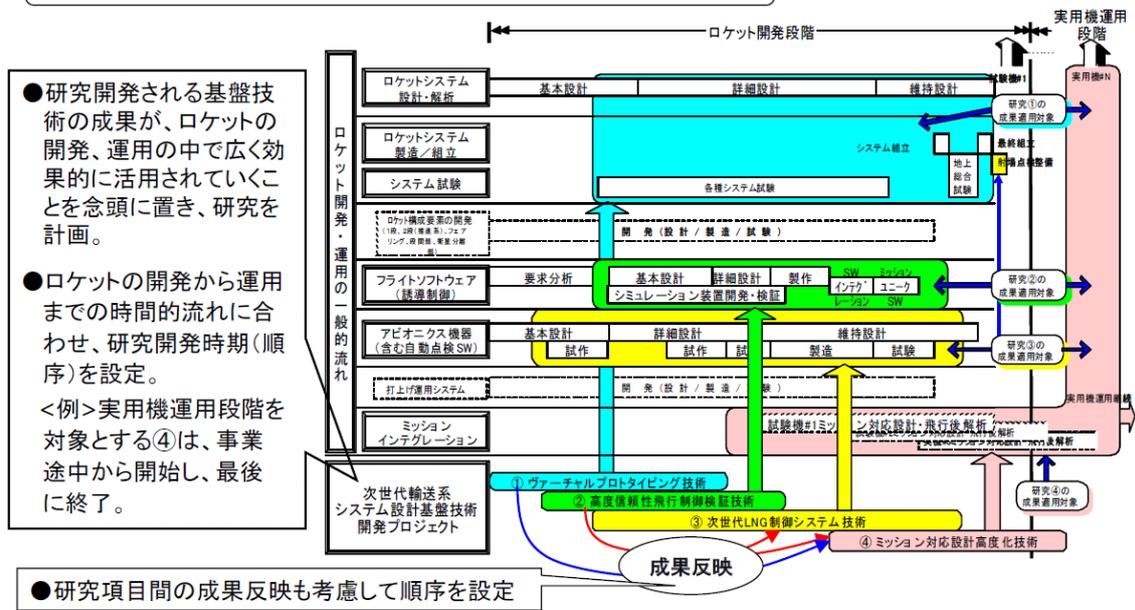
	<p>・開発したシステムを用いた実証試験により、システムの有効性を確認するとともに、システム/技術を適用することにより、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ミッションインテグレーション作業期間の40%削減</li> <li>- 打上げ当日解析作業の効率化/過誤防止と打上げ判断の精度向上</li> <li>- 飛行後解析作業の20%削減と異常検知や故障原因推論の解析作業の高度化の見通しを確認し、目標を達成した。</li> </ul> <p>以上の通り、全ての研究開発項目で、最終目標達成を達成し、国際競争力を高めるといふ事業の目標に資することができた。</p>	
	投稿論文	「査読付き」17件、「その他」20件
	特許	「出願済」5件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願 0件） 「プログラム著作権登録」24件
	その他の外部発表（プレス発表等）	「定期刊行物」8件、「展示会」2回
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>(1) 実用化の見通し 本事業の出口（実用化）イメージは、“本設計基盤技術を適用したロケットが開発・運用されること”である。我が国では、国際打上げ市場への投入を目指した新型の中型ロケット（GXロケット）の開発が進められており（平成21年12月まで）、本事業は、短期的には同ロケットを、長期的には同ロケット以外の他のロケットや宇宙システムを出口イメージとしていた。平成21年12月のGXロケット開発中止の日本政府決定により、短期的な開発技術の適用先はなくなったが、ロケット開発への適用における技術の有効性は確認できた。このため、実用化戦略を再構築し、ロケット/将来宇宙システムへの適用提案を継続するとともに、ロケット搭載機器/装置の運用や、他の大規模システムの開発も範囲として実用化検討を実施している。</p> <p>(2) 波及効果について 他産業への波及については、項目①の成果は機械、航空機、造船他の産業分野に、項目②は自動車、航空機やヘリコプタ、IT業務支援他の産業分野への波及が期待される。項目③の成果は、LNGプラント産業やガス関連事業者を経由し各産業への技術的波及、また、天然ガス自動車を経由した社会的波及が期待される。さらに項目④の成果は、煩雑なインタフェース管理等を要する大規模システム産業全般への波及が期待される。 また、本プロジェクトを通してロケットの研究開発の人材育成が促進された。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成14年3月 作成
	変更履歴	<p>平成15年3月 改訂（中間目標値の設定）</p> <p>平成16年3月 改訂（研究開発課題の追加）</p> <p>平成17年3月 改訂（開発期間の1年延長）</p> <p>平成18年3月 改訂（開発期間の1年延長）</p> <p>平成19年3月 改訂（評価時期の見直し。ミッション対応設計高度化技術の研究開発課題の追加。開発期間の3年延長）</p> <p>平成20年3月 改訂（研究開発目標の設定）</p> <p>平成20年7月 改訂（イノベーションプログラム基本計画制定により改訂）</p> <p>平成21年3月 改訂（宇宙基本法の施行に対応した研究開発の目的の追記。中間評価の指摘事項（技術動向調査の継続実施）の反映）</p> <p>平成22年3月 改訂（開発システムの有効性確認を十分に実施し評価するため開発期間を1年延長）</p> <p>平成22年8月 改訂（研究成果を早期普及するため1年前倒しにより事業期間を1年短縮）</p>

# 技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6より抜粋)

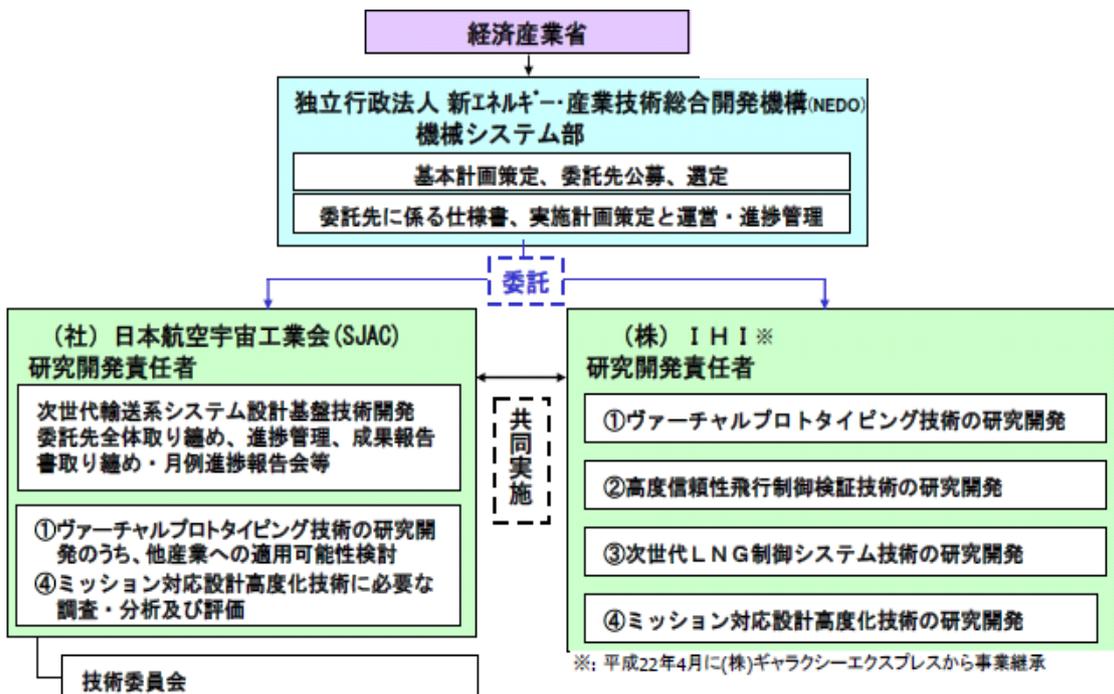


## 各研究開発項目の関係(位置づけ)、研究開発順序について



# 「次世代輸送系システム設計基盤技術開発」

## 全体の研究開発実施体制



# 「次世代輸送系システム設計基盤技術開発」(事後評価)

## 評価概要(案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

宇宙輸送系は宇宙活動のインフラストラクチャの一つであり、その確立を国の重要な政策とすることが明確化されている。本プロジェクトは、日本が得意としている IT や AI 技術を設計基盤技術に応用し、ロケット開発における工期短縮と運用コスト削減に貢献する開発支援ツールの開発を目指したものである。ロケット本体の推進性能の向上に主として取り組んできたこれまでの我が国のロケット開発において力点が置かれることのなかった課題に挑戦する意欲的なプロジェクトであり、国際競争力の強化と宇宙機器産業の活性化に寄与する。本プロジェクトに含まれる4つの個別テーマ、すなわち①ヴァーチャルプロトタイプング技術、②高度信頼性飛行制御検証技術、③次世代 LNG 制御システム技術、④ミッション対応設計高度化技術は全て完了し、初期の目標を達成した。これらの技術の多分野への波及効果も十分に期待される。

また、プロジェクト実施によって、目標としていたロケット開発技術の基盤を強化する研究成果の他に、人材育成の効果が得られていることも同様に評価できる。

ただし、本技術は実際のロケットで実証する必要がある、その成果を実用化につなげるべきである。当初の実用化計画であった GX ロケットは政府決定によって開発中止となったため、H-IIA、H-IIB、イプシロンロケット等への適用も考慮するのが望ましい。

#### 2) 今後に対する提言

宇宙輸送系の設計高度化・迅速化・信頼性向上への対応は、国際競争力強化と宇宙産業活性化のために必須であり、本プロジェクトで得られた技術を適用して、次世代ロケットの運用のためのシステム設計基盤技術を整備してゆくことは非常に有効である。

現状では、評価はすべてシミュレーションベースであり、実際のロケットシステムへの適用および搭載人工衛星とのインテグレーションに関する実証が不足しているため、モデルの妥当性の評価ができていない。できるだけ早く

実際のロケットに適用し、そこでの評価を進めるべきである。そのことは、本プロジェクトで育った人材の活用を促進し、人材の散逸防止にもつながる。

また、海外打ち上げサービス会社の作業を十分に研究・分析することが必須であると考え、その結果に基づき、見直すべき点があるならば、将来事業にも反映するのが望ましい。

日本のロケットが商用市場のシェアを獲得するためには、打上げに関連する関税制度や保険料の問題等を克服する必要がある、これらの問題についても、実効のある解決策を作ってゆくべきであろう。

プロジェクトで得られた成果は学会発表や特許申請に生かすことだけでなく、可能なかぎり国際標準化して世界を主導できる立場をとれるよう努力すべきである。

本プロジェクトで得られた成果・知見が、今後のわが国の宇宙活動の展開に活用されることを期待する。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、ロケットの基盤技術を開発するものであり、わが国の宇宙開発利用の根幹的インフラ開発に関わる。ロケット技術の重要性については、総合科学技術会議の「わが国の宇宙開発利用の基本方針」や宇宙基本計画でも認識されている。本プロジェクトに含まれる4つの個別テーマともロケット開発・運用時における工数削減、信頼性の向上を旨としたものであり、宇宙産業イノベーションへの貢献は大きく、また、国際ロケット市場においてわが国の国際競争力を獲得する上でも妥当な研究開発事業と考えられる。

輸送系開発は宇宙活動のキーテクノロジーであるにもかかわらず、その経費の膨大さおよび開発期間の長さから、大きなリスクを伴うものであり、民間活動のみで遂行することは困難である。また技術波及が高く公共性も高いので、NEDOのように包括的な活動ができる機関で推進するのが望ましい。

### 2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトは、ロケットそのものを製作する技術ではなく、システム設計および制御に関する研究開発である。わが国はこれらの技術分野において経験が欧米より少なく、国際競争における弱みであったといえる。NEDOが研究開発全体の管理、執行を行い、(社)日本航空宇宙工業会と(株)ギャラクシーエクスプレスが実施するという事業体制は、それぞれの特質が生かされていて妥当であった。研究開発目標は定量的に設定されており、ロ

ケットの開発と運用の効率化という目標のもとに一貫した方針が貫かれている。当初実用化の出口と考えられていた GX ロケットは開発に関して大きな情勢変化があり、実用化の担い手は㈱ギャラクシーエクスプレスから㈱IHIに移ったが、計画は一貫して行われ、これに伴い、実証試験における実証試験計画のデータ準備方式を見直し、実用化戦略も迅速に変更することができた。

実用化可能性を高めるためロケット/宇宙システムのみならず、各種大規模システム開発にも適用することとしており、㈱IHI が担い手となって実用化候補先を開拓することとしていることは有効であり、今後もその努力を続けるべきである。プロジェクトの実施過程では、成果の波及効果も考慮し、他分野からも小委員会の委員を招聘しており、実施体制を強化したことは評価できる。

### 3) 研究開発成果について

本プロジェクトを構成する4つの個別テーマとも数値目標はクリアできた。特に、飛翔後解析・評価においては目標の1.5倍の作業量削減を達成したことは評価できる。また、工数削減のためのアイデアとしては、世界初、あるいは世界最高水準を示しているものもある。個々の技術項目については既存技術が適用されている部分もあるが、全体を統合してロケット開発技術として有効にまとめ上げる研究開発が実施されており、高度なシステム技術の実現は評価できる。本研究開発によりロケット打上げの成果を上げれば、衛星ユーザーにも使用可能性を示すことができ、市場シェアの拡大につながることを期待できる。また、ITを活用することで、ロケット打上げ作業のうち、いままで人間の手に頼っていた部分が縮小でき、期間短縮と信頼性向上に貢献できる。さらに、プロジェクトで実現できた複合技術の他分野への応用可能性等をもっと広く考察すると成果の価値が高まるのではないかと期待される。

しかしながら、最終的にハードウェアを用いたシミュレーションの実証試験ができていないことは弱点である。また、論文発表・特許出願件数等は妥当であるものの、国際標準化への取り組みについて今後検討すべき課題と考える。より多くの国民への説明にも意を用いるべきである。

### 4) 実用化の見通しについて

実際にロケットが開発されユーザーに提供された際には、成果がどの程度国際競争力につながったかの評価できたはずであるが、短期的出口としての GX ロケットは開発中止になったため、中長期的出口としての各種ロケッ

トへの適用という実用化イメージを立てざるを得ない。費やしたコスト、得られた成果、育った人材に鑑み、今後、国内衛星のミッションへの試験的適用を検討すべきである。その際、H-IIA、H-IIB、イプシロンの各ロケットに適用される可能性はあると考えられる。GX という対象プログラムを失ったことで、ここまで培ってきた人材やノウハウの継承が困難な状態にあるが、引き続き会社努力として研究開発の推進と人材確保の努力を継続することが望ましい。

関連分野の波及効果の面からは、各種大規模システムへの適用可能性を検討することも有効であり、特にヴァーチャルプロトタイピング技術が3次元 CAD に人間の動作を組み込ませた人間工学的な視点からの設計問題の早期発見を目指しており、比較的ロケット以外の他のシステム開発に応用し易い汎用性ある技術であるといえる。

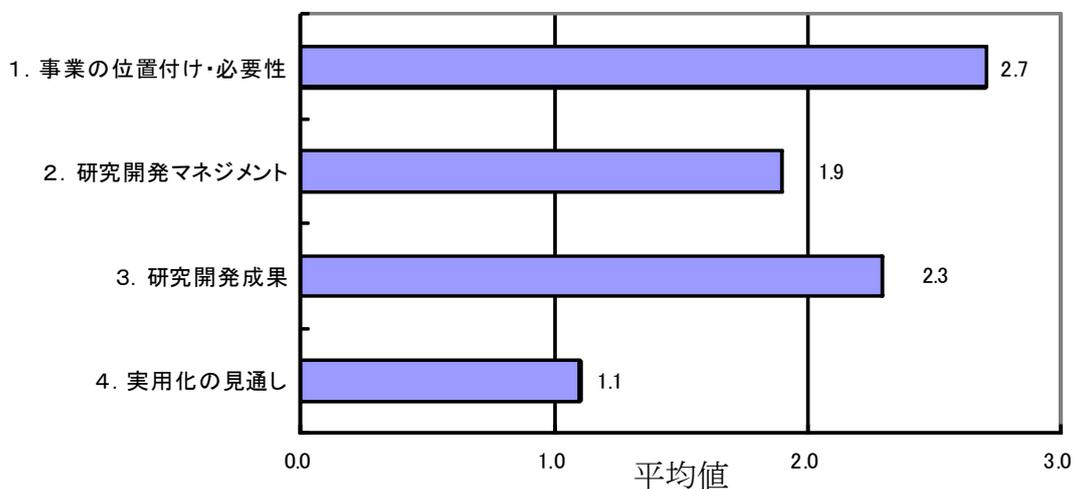
## 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
ミッション対応設計高度技術の研究開発	<p>商業衛星の開発・打上げの経験が少ないわが国にとって、顧客からの要求に適切かつ迅速に対応できるノウハウ蓄積は少ない状況にある。本テーマは欧米との競争力に対するこの弱点をミッション対応設計管理技術の面から補おうとするものである。その観点からいえば、我が国の現状をよく理解した上で設定された定量的目標値を達成したと評価できる。特にミッション対応設計情報一元管理技術については、更に幅広い知見を反映させることで、海外商用打ち上げサービス会社の標準形態とするべく働きかける余地もあると考える。</p> <p>得られた成果により、今後ロケット打上げの確実性および効率性が加速されると考えられる。一</p>	<p>本技術は実際のロケット開発・運用に適用されるべきである。当初予定されていたGXロケットは政府決定によって開発中止になり具体的な実用化計画はないが、今後、H-IIA、H-IIB、イプシロンロケットへの適用は十分可能性がある。</p> <p>ロケット打上げは総合工学の典型であり、俯瞰的・横断的なセンスを持つ人材が必要とされる。ミッション対応設計というわが国の経験の少ない技術領域に関する研究であり、その意味では非常に貴重な人材を育成しているといえる。</p> <p>コンピュータサイエンスの適用範囲が広がり、輸送機器産業、エネルギー産業等広範囲な産業分野に波及効果を及ぼす可能性</p>	<p>ミッション対応設計高度化技術は作業時間削減、設計作業の前倒し、打上げ判断の制度向上等を通じて低コスト化実現に貢献できるであろうが、信頼性向上は実際の打上げによって実証するしかない。実証機会を増やすのは国の宇宙政策に依存せざるを得ないが、そのような機会を着実に捉えるようロケット開発プログラムの実施に対して、積極的な働きかけを行うとともに、本研究成果を数少ない実開発の場で使用しながら、より充実したものに育て上げていく継続研究を期待する。</p> <p>また、ICD (Interface Control Document: インターフェース管理文書) の情報の一元管理システムなどの技術は、世界標準を目指して継続するのが望ましい。</p>

	<p>方、次世代輸送系システム開発全体に対するインパクトがどの程度あるのかが必ずしも明確ではなく、今回のプロジェクトにより価格競争力が本当に身に付いたかどうかは疑問が残る。システム最適化に関する遺伝的アルゴリズム（GA シミュレーション）をロケットのミッション解析に用いることの可能性を示したのは有効であるが、早い段階でそれを実システムに適用して実質的な評価を行うべきである。</p>	<p>があり、社会全体の経済効果も大きい。引き続き会社努力として研究開発の推進と人材確保を継続する努力を払うのが望ましい。</p> <p>本テーマのコンセプトは、衛星側ができるだけロケットの条件に合わせるという現状のインタフェース設定から、リスクとコスト低減を考慮し、ロケット側の許容範囲の中で、より衛星側に設計自由度をもったインタフェース設定を可能とする方法を提案するものである。したがって、日本よりも主流である海外メーカーからの衛星供給を前提とすると、十分に実績が築き上げられた従来方式と異なるインターフェース管理となるため、導入段階ではまず大きな抵抗や、非効率な運用、場合によっては過誤等の問題が多発する可能性が考えられる。円滑な導入と維持のためには、衛星側（ユーザー）のヒアリングを</p>	
--	--	---	--

		十分行い、技術・契約両面での何らかのインセンティブを用意することが必須であろう。	
--	--	--	--

## 評点結果 [プロジェクト全体]



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	B	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	A	B	B	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.9	A	B	C	B	B	C	C	B
3. 研究開発成果について	2.3	A	B	B	B	B	B	B	A
4. 実用化の見通しについて	1.1	B	C	C	C	C	C	D	B

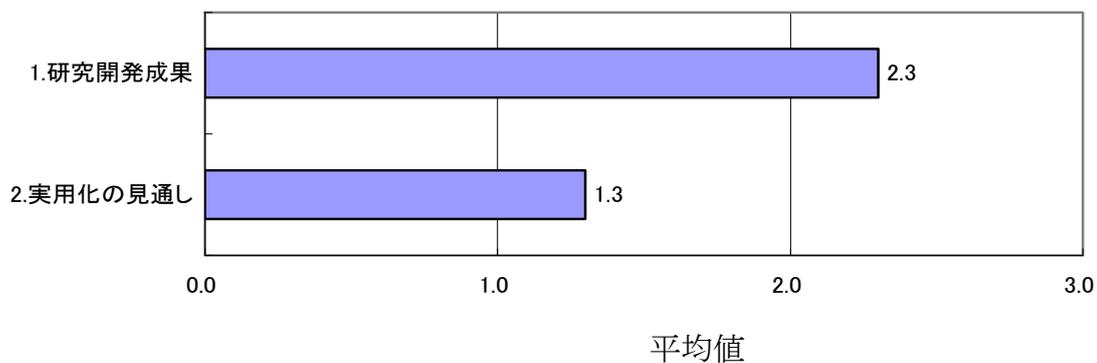
(注) A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 評点結果〔個別テーマ〕

### ミッション対応設計高度技術の研究開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)						
ミッション対応設計高度技術の研究開発								
1. 研究開発成果について	2.3	A	A	B	B	B	B	B
2. 実用化の見通しについて	1.3	B	B	C	C	C	B	D

(注) A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

##### 1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

##### 2. 実用化の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明