

宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（民生品を活用した宇宙機器の軌道上実証）の概要の概要（終了時評価）

2022年1月14日

経済産業省製造産業局宇宙産業室
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
インターステラテクノロジズ株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 国内外の類似・競合する研究開発等の状況
- 3 – 1. 研究開発の全体構成
- 3 – 2. 各研究開発項目の内容
- 4 – 1. 研究開発計画（研究開発マネジメント）
- 4 – 2. 資金配分（研究開発マネジメント）
- 4 – 3. 実施・マネジメント体制（研究開発マネジメント）
- 4 – 4. 知財や研究開発データの取扱い（研究開発マネジメント）
- 5 – 1. 研究開発目標（事業アウトプット）
- 5 – 2. 研究開発の成果（事業アウトプット）
- 5 – 3. 論文発表、特許出願等（事業アウトプット）
- 5 – 4. 個別成果
6. 事業アウトカム
7. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
8. 費用対効果
9. 前回評価の指摘事項と対処方針

事業の目的	宇宙空間における、高放射線等の過酷な環境で使用する機器には、耐環境性の保証された宇宙用の電子部品等が使用されている。しかし、宇宙部品等は、一般に商用部品として使用されている電子部品等と比較し、高価でかつ長納期、低機能であり、宇宙環境で使用する機器等の低コスト化、短納期化、小型化、高機能化を妨げる要因となっている。その結果、ロケット等の長納期化、高コスト化を引き起こしている。 本事業においては、ロケット打上げサービスの低コスト化、高機能化、短納期化等による国際競争力の強化を目指し、我が国の優れた民生部品・民生技術を活用した、性能及び価格に優れた機器及び部品、並びにその製造や運用技術の開発を行う。特に、今後、市場の拡大が見込まれ、国際的な開発競争が進む超小型衛星用ロケットシステムの実現へ向け、その国際競争力の強化に資する、低コスト化につながる研究開発を行う。						
類 型	複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究開発資金制度						
実施期間	2015年度～2020 年度 （6年間）				会計区分	一般会計	
評価時期	事前評価：2015年、中間評価：2018年、終了時評価：2021年						
実施形態	国 → 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（委託）→ 企業等（再委託） 国 → インターステラテクノロジズ（委託）						
プロジェクトリーダー	なし						
執行額 （百万円）	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY	2020FY	総執行額	総予算額
	218	170	212	252	245	1,314	1,315

米国による自律飛行安全の実装

米国において、従来地上設備からの無線で行っていた飛行安全を自律飛行安全に切り替える動きが顕在化している。政府機関（NASA・USAF・DARPA）の支援もあり、既にスペースX社のロケットでは実装されており、飛行安全にかかわる人員や費用の半減等のメリットが報告されている。

<米国における自律飛行安全システム導入による効果>

- ✓ 射場安全に関わる空軍職員が245人→96人へ減少
- ✓ 空軍から打上げ事業社へ請求する費用が約半額(金額は不明)
- ✓ テレメトリ伝送&人の判断による時間遅延が削減できることから、指令破壊への時間的判断に3.5秒の余裕が生まれ、飛行限界線を広めに設定できるメリットが生まれた
- ✓ 飛行経路先の地上局に不具合が発生しても(打上日時を変更せずに)打上可能

Source: <http://aviationweek.com/space/spacex-falcon-rockets-now-charge-own-range-safety>

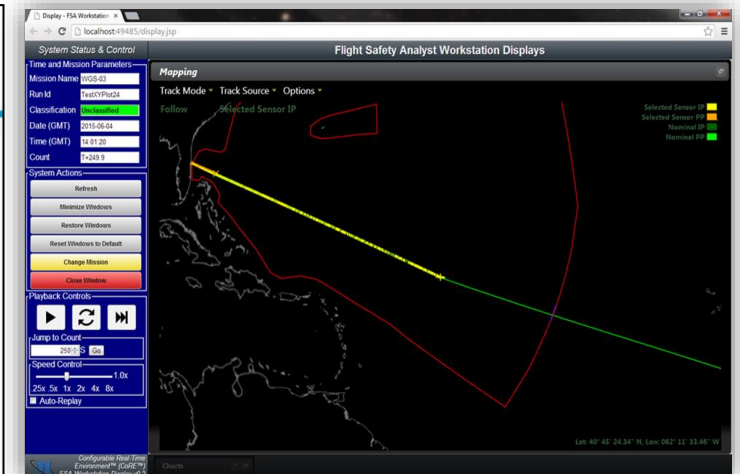
Source: <http://spacenews.com/38387ors-3-launch-tested-new-atk-developed-flight-safety->



AFSS装置



NASA自律飛行安全アルゴリズムソフト



飛行解析ソフトFAWS

研究開発項目		実施者
①自律飛行安全システムの研究開発 【JAXA】	(a)自律飛行安全ソフトウェアの研究開発	JAXA
	(b)自律飛行安全ハードウェアの研究開発	スペースワン株式会社
	(c)将来を見据えた萌芽的研究	JAXA
②量産化を見据えた小型液体ロケットエンジンシステムの開発 【インターステラテクノロジズ株式会社】	(a)軌道投入機用小型液体ロケットエンジンシステムの要素開発	インターステラテクノロジズ株式会社
	(b)軌道投入機用小型液体ロケットエンジンシステムの統合試験	インターステラテクノロジズ株式会社
③量産化を見据えた小型液体ロケット気体製造技術開発 【インターステラテクノロジズ株式会社】	(a)機体製造技術の要素試験及びサブスケール試験	インターステラテクノロジズ株式会社
	(b)機体製造技術の実スケール試験	インターステラテクノロジズ株式会社

研究開発項目1 自律飛行安全システムの研究開発

・ 自律飛行安全システム の概念

- ・ 飛行状態と機体情報を、機体上で計測
- ・ 飛行中断判定基準に抵触するかを、機体上で計算・判定
- ・ 飛行中断指令を自ら自律的に発し、中断動作を実行

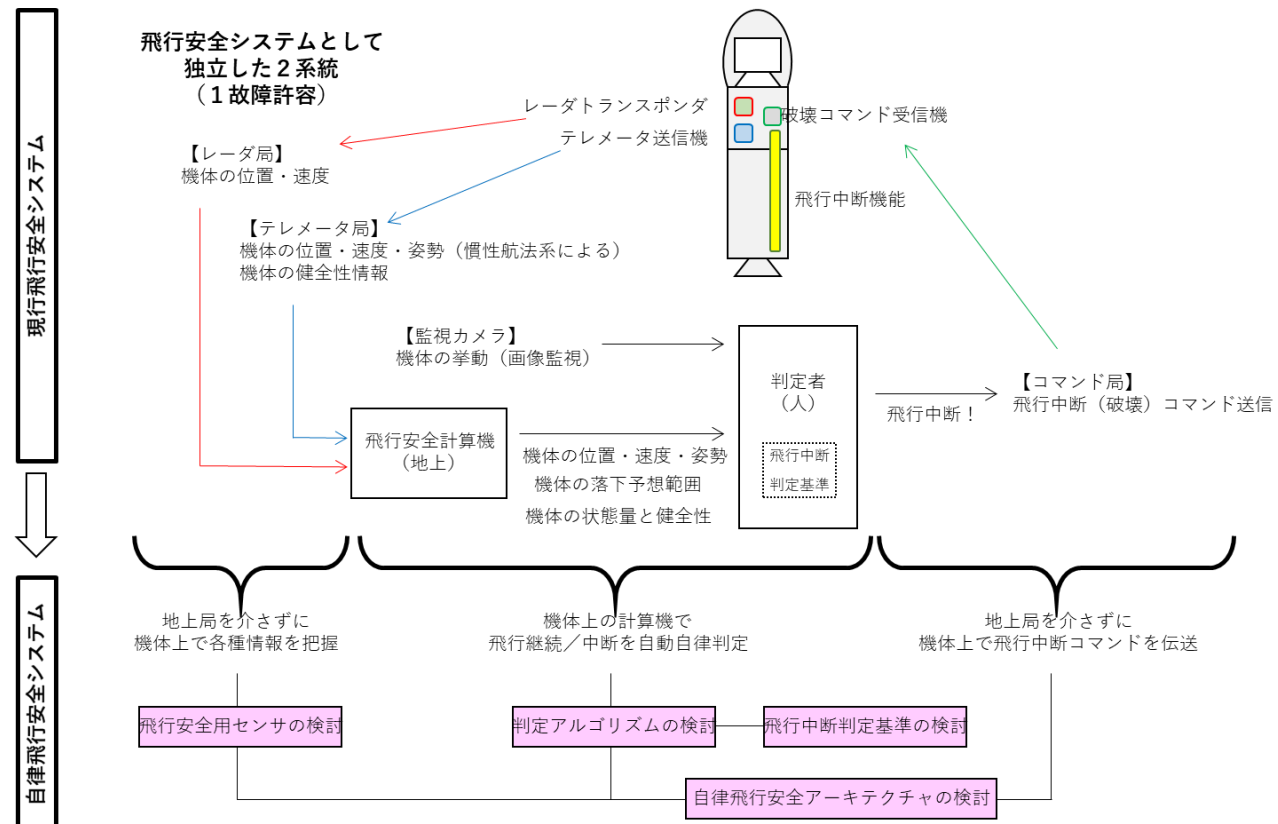
・ 自律飛行安全システムのメリット（もたらす効果の概念図次頁）

- ・ 打ち上げにかかる経費の削減
- ・ 打ち上げ能力の向上
- ・ 飛行安全の高度化が可能

・ 自律飛行安全システムの課題

- ・ 搭載機器のコスト低減（飛行安全用専用機器や冗長性・信頼性等によるコスト懸念）
- ・ 搭載機器の重量（小型軽量化が必要）
- ・ 安全性/ミッション達成の観点で改善の余地がある（高度化できるかが鍵）

自律飛行安全システムの概念図



研究開発項目1 自律飛行安全システムの研究開発

自律飛行安全のもたらす効果



地上設備関連

- ・地上設備の削減
(初期投資、維持、運用費削減)
- ・打上げ前試験、要員訓練等削減
➢高頻度打上げへの対応
- ・設備削減に伴う打上げ機会の向上

ロケット機体関連

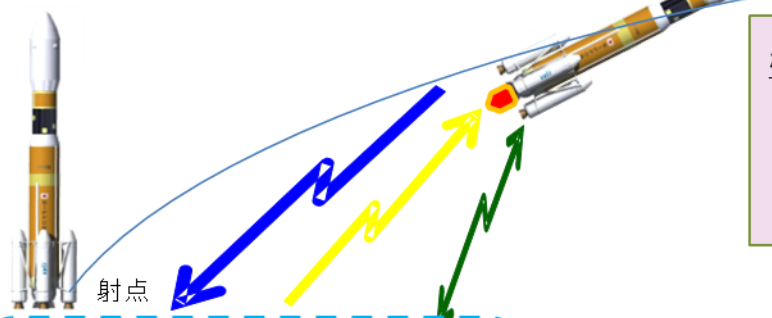
- ・搭載機器の削減 (CDR/RT) / 追加 (AFTC)
- ・将来的に自律飛行安全管理システム/位置速度計測システム/ミッション機器等との統合
➢搭載機器削減/統合によるコスト低減、質量低減 (打上げ能力へ寄与)

飛行解析 (電波リンク) 関連

- ・地上/衛星局からの電波リンク制約緩和に伴う飛行経路の自由度向上、打上げ能力の向上等
- ・再突入管制時の地上局との電波リンク制約緩和

機体再使用 (帰還) 関連

- ・複数機体の同時飛行安全管理への対応
- ・狭い射点等帰還時の高度な飛行安全管理への対応



アップリンク局 (自律飛行安全適用前)



テレメータ2局 コマンド2局 レーダ局(TBD)



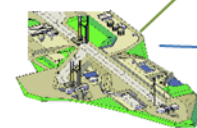
飛行安全管理設備/要員
(冗長構成)

➢テレメータ1局or衛星通信1局に削減

飛行安全管理関連

- ・人にはできない高度な管制/判断時間の短縮等
- ・管制要員による誤判断の回避

➢管制設備は地上モニタ用設備のみに簡素化



帰還場所/バージ船

ダウンリンク局 (自律飛行安全適用前)

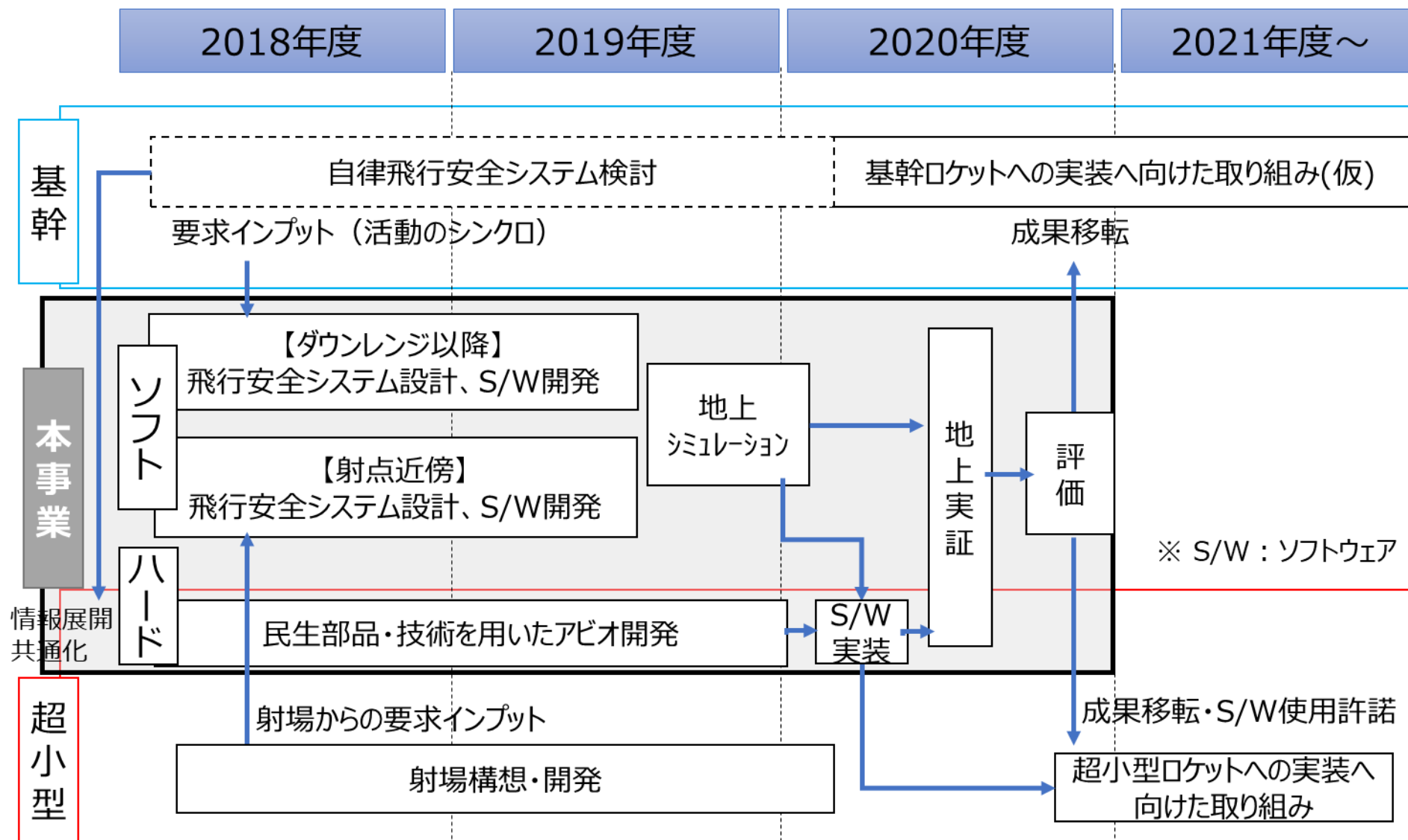


テレメータ2局 コマンド2局 レーダ局(TBD)

➢テレメータ1局or衛星通信1局に削減

研究開発項目1 自律飛行安全システムの研究開発

本事業のアウトプットの適用シナリオ



研究開発項目1 自律飛行安全システムの研究開発

研究開発内容

(a) 自律飛行安全ソフトウェアの研究開発

- ・ 計算能力の低いロケット搭載計算機で飛行安全管理が実施可能となる自律飛行安全管理アルゴリズムを開発
- ・ ロケットに搭載し、飛行安全管理を実施する自律飛行安全管理ソフトウェア（AFTSW）と上記アルゴリズムを基にAFTSWに設定する管制判断基準を計算する地上解析ソフトウェア（ALSS）を開発
- ・ 異常飛行経路シミュレーションや基幹ロケットのフライトデータによるソフトウェア検証及び第三者検証等を実施し、ソフトウェアの信頼性を向上
- ・ 開発過程において、安全確保に関する考え方の整理や、自律飛行安全システム構想の設定、自律飛行安全運用シナリオの設定、実証方法の検討を含むシステム検証・実証を実施

(b) 自律飛行安全ハードウェアの研究開発

- ・ 自律飛行安全ソフトウェアを実装する搭載計算機を開発
- ・ 自律飛行安全共通ソフトウェアと搭載計算機とのインタフェース、機体固有部分とのインタフェースをつなぐ固有ソフトウェアの製作・試験を実施

(c) 将来を見据えた萌芽的研究

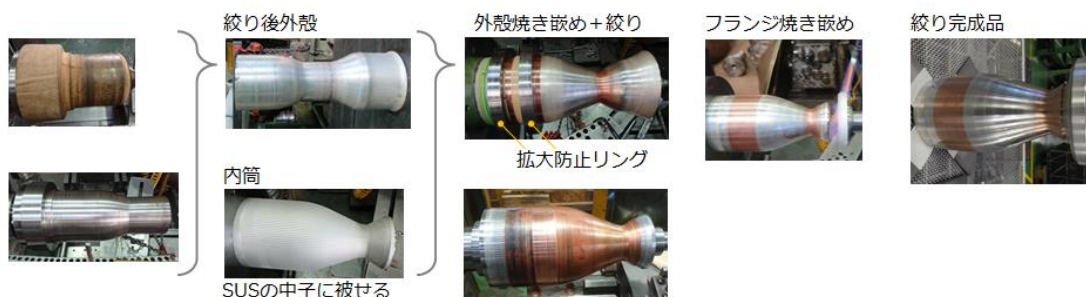
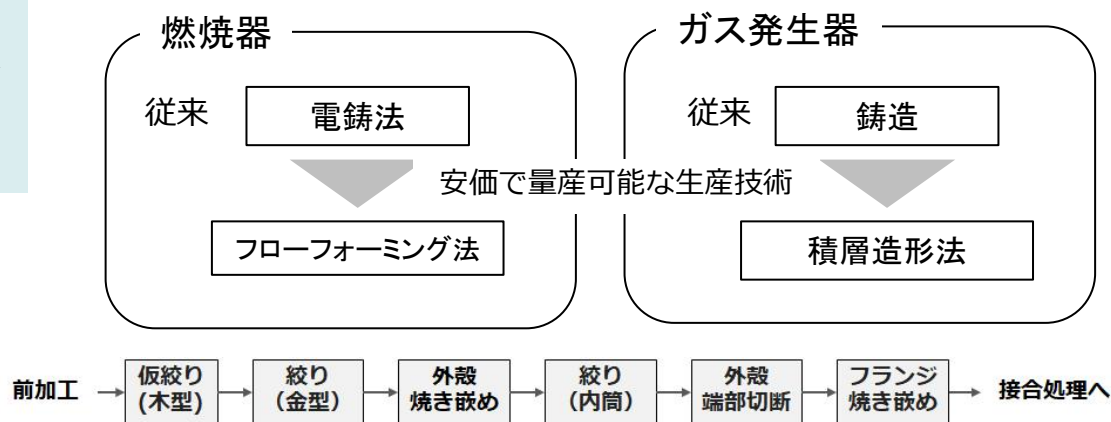
- ・ 自律飛行安全の高度化に向けた先行研究として、機体健全性モニタ機能の高度化を実施
- ・ 機体健全性判断ロジックの詳細について検討を行うとともに、原理検証の実施・評価を行った

研究開発項目② 量産化を見据えた小型液体ロケットエンジンシステムの開発

○研究開発目的
宇宙ロケットの商業化を加速させるため、既存のロケットエンジンと比べて安価で量産可能な小型液体ロケットの各要素と統合システムを開発および地上燃焼試験で実証する。

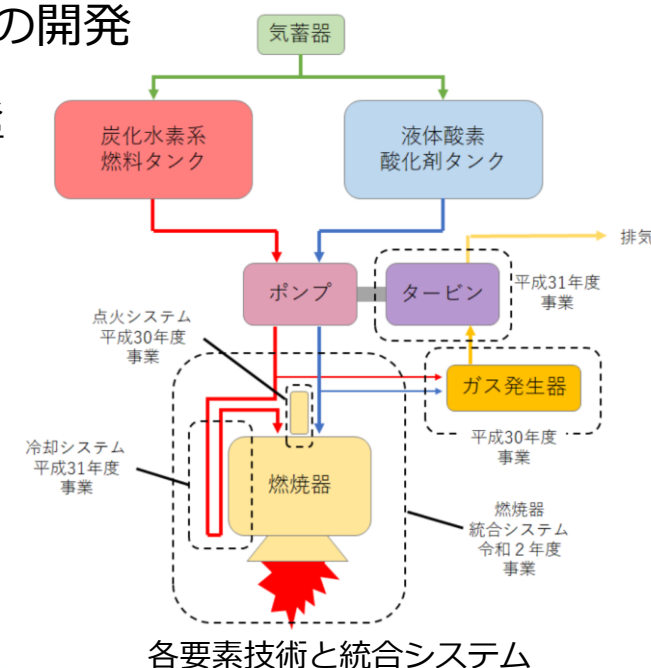
推力60kN級ロケットエンジンシステムの要素技術開発および統合システム開発と地上燃焼試験を実施

○安価で量産可能な要素技術開発

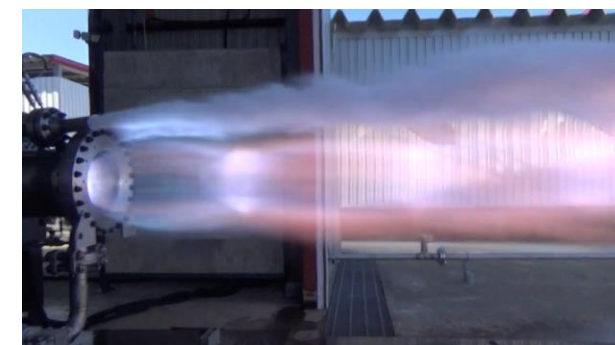


ガス発生器 燃焼試験

ロケット燃焼器の生産技術



各要素技術と統合システム



推力60kN級エンジン 地上燃焼試験

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況（実績値・達成度）	原因分析（未達成の場合）
・燃焼器 ・冷却技術 ・ガス発生器 ・タービン	民生技術を活用した軌道投入用ロケットエンジンの各要素技術を開発し、地上での燃焼試験の実施。	地上での統合燃焼試験を実施し、実機適応可能なことを実証済み	—

研究開発項目③ 量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発

○研究開発目的
宇宙ロケットの商業化を加速させるため、低コストなロケット機体製造技術を開発。

衛星打上用ロケット用の低コストで量産可能な機体製造技術を開発。

以下のロケット機体の設計および製造に必要な基本データ、生産技術、検査手法を開発した。

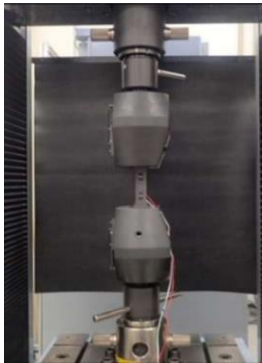
- FSW（摩擦拡散接合）技術
- 実機大のタンク製造技術
- CFRP技術
- CFRP/アルミ接合部技術



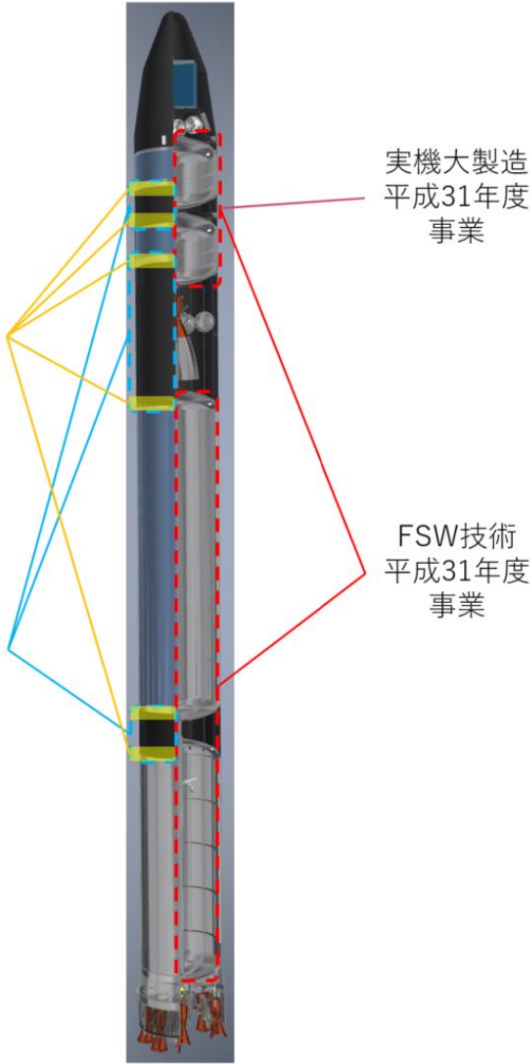
FSW技術 製造と耐圧試験



実機大のタンク製造



CFRP/接合技術の試験



本研究開発の各技術要素

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況（実績値・達成度）	原因分析（未達成の場合）
・FSW技術 ・CFRP技術 ・CFRP/アルミ接合部 ・実機大製造技術	民生技術を活用した軌道投入用ロケットエンジンの各要素技術を開発し、地上での燃焼試験の実施。	各技術について製造・評価し、実機適応可能なことを実証済み	—

	2015年度	2016年度	2017年度
①民生品を適用したロケットモータ、ノズル材料の研究開発	レーザー加工成形手法の基礎的な検討 ノズル形状プリフォーム成形手法の検討 平版形状CFRPによる製作条件の最適化	小型モータケースの試作試験 ノズル形状ライナ試作試験	
②民生技術（人工筋肉）を転用した個体推進薬の製造技術に関する研究開発		固体推進薬連続製造装置の試作機の製作および運用テスト	固体推進薬の地上燃焼試験
③民生技術（イオン液体）を利用した低毒性液体推進薬の研究開発	推進薬組成の検討 レーザー点火方式の検討 スラスタ燃焼試験の準備		スラスタ燃焼試験の実施
④飛行安全系の搭載機器及び関連装置の開発	飛行安全搭載機器及び地上設備の開発	SS-520 4号機による飛行実証	SS-520 5号機による軌道上実証
⑤実用超小型衛星（3U-CubeSat）の研究開発	超小型衛星TRICOM-1の開発	SS-520 4号機による飛行実証	超小型衛星TRICOM-1Rの開発 SS-520 5号機による軌道上実証
⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンの研究開発	炭化水素系液体ロケットエンジンの燃焼器の開発	軌道投入用ガス発生器およびポンプ・タービンの要素開発	観測ロケットMOMOにより実証・実用化

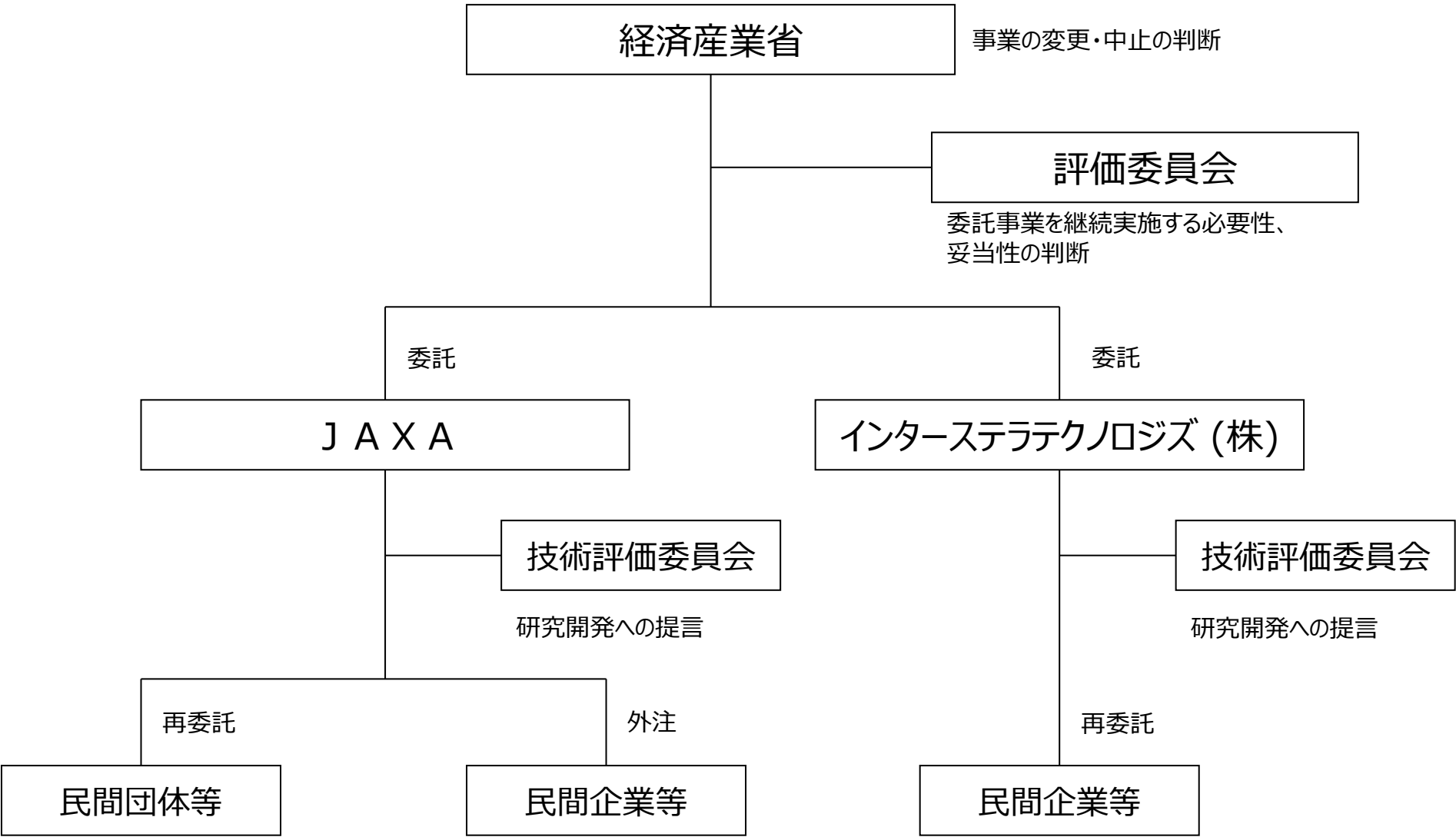
	2018年度	2019年度	2020年度
①自律飛行安全システムの開発	自律飛行安全ソフトウェア・搭載計算機・地上解析ツールの開発		
	機体健全性モニタ機能の高度化研究		
			自律飛行安全システムの地上実証
②量産化を見据えた小型液体ロケットエンジンシステムの開発	軌道投入機用小型液体ロケットエンジンシステムの要素開発		
		軌道投入機用小型液体ロケットエンジンシステムの統合試験	
③量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発	機体製造技術の要素試験及びサブスケール試験		
		機体製造技術の実スケール試験	

（単位：百万円）

研究開発項目	実施者	2015FY	2016FY	2017FY	3年計
①工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットモータの開発 ②民生技術（人工筋肉）を転用した固体推進薬の製造技術の開発 ③民生技術（イオン液体）を利用した低毒性液体推進薬の開発 ④飛行安全系の搭載機器及び関連装置の開発 ⑤実用超小型衛星(3U-CubeSat)の開発	JAXA	199（委託）	200（委託）	152（委託）	551（委託）
⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンの開発	インターステラテクノロジズ株式会社	18（委託）	18（委託）	18（委託）	54（委託）
計		217	218	170	605

（単位：百万円）

研究開発項目	実施者	2018FY	2019FY	2020FY	合計
①－1 自律飛行安全ソフトウェアの研究開発	JAXA	153.3（委託）	182.2（委託）	178.3（委託）	513.8（委託）
①－2 自律飛行安全ハードウェアの研究開発	JAXA	7（委託）	3（委託）	9.6（委託）	19.6（委託）
①－3 将来を見据えた萌芽的研究	JAXA	21.4（委託）	14.6（委託）	4（委託）	40（委託）
①－4 その他（謝金等）	JAXA	0.3（委託）	0.2（委託）	0.1（委託）	0.6（委託）
②量産化を見据えた小型液体ロケットエンジンシステムの開発	インターステラテクノロジズ株式会社	21.8（委託）	43（委託）	45.4（委託）	110.2（委託）
③量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発	インターステラテクノロジズ株式会社	8.2（委託）	9（委託）	7.6（委託）	24.8（委託）
計		211.9	252.5	2450.	709.4



1. 共同研究開発相手方のスペースワン社と「ロケット打上げにおける自律飛行安全の研究開発に関する協力に係る知的財産権及び研究開発データの取扱いに関する合意書」を締結。
2. 研究開発データに関しては、データマネジメントプランに従う。自律飛行安全技術は我が国の安全保障に関わる機微な技術であるため、プロジェクト参加者間のみで共有・利活用する。ただし、我が国のロケットシステムの飛行安全システムの自律化に有益でかつ機微技術の扱いが可能と管理者（JAXA）が判断する限りにおいては、自律飛行安全ソフトウェア本体の第三者への提供を妨げない。
3. 上記に関連して、自律飛行安全ソフトウェアについては、利用希望者と有償の利用許諾契約を締結して対応する。

研究開発項目	中間目標（2018～19年度）	最終目標（2020年度）	設定（変更）理由
①安全確保に関する考え方の整理	自律飛行安全特有の抽出されるハザードを解析する。これに対するハザード制御方法の案を策定する。また、解析・運用シナリオを作成する。	ソフトウェア地上検証の成果を取り込みつつ、打上げの際に必要な解析・運用の作業項目、スケジュール等について検討し、整理する。	進捗に合わせ、作業項目を具体化
②自律飛行安全システムリファレンス構想の設定	基幹ロケットの飛行安全システム設計をベースとした自律飛行安全システムのリファレンス構想を設定	N/A	2018年度で完了し、2019年度以降は③に成果を反映
③共通ソフトウェア開発	自律飛行安全管制ソフトウェアの設計開発。	前年度までに開発した自律飛行安全管制ソフトウェアの地上実証を行い、検証結果のフィードバックを行う。	実証・完成フェーズを追加
④搭載計算機の開発	搭載計算機の設計開発を実施。自律飛行安全共通ソフトウェアと搭載計算機とのインタフェース、機体固有とのインタフェースをつなぐ固有ソフトウェアの設計。	搭載計算機の完成。固有ソフトウェアの製作・試験を実施し、ソフトウェア単体として完成。	製作・実証・完成フェーズを追加
⑤地上解析ツール開発	自律飛行安全管制を行うために必要なソフトウェアの動作パラメータ（飛行中断基準）を地上で解析・作成するためのソフトウェアの設計開発。	左記ソフトウェアの詳細設計・製造・検証を進め、完成させる。	実証・完成フェーズを追加
⑥システム検証・実証	・システム検証の対象要素や検証手法について検討し、具体的な実証計画の検討を行う。 ・超小型衛星用ロケットシステムの民間事業者、自律飛行安全システム等の各ロケットシステムにおける飛行実証方法についての調査を委託	前年度までの成果を反映の上、自律飛行安全システムの地上実証及び基幹ロケットの実フライトデータを活用した地上実証を行い、自律飛行安全システムの評価を実施。	実証・完成フェーズを追加
⑦将来を見据えた萌芽的研究	機体健全性判断ロジックの詳細について検討を行うとともに、BBM検証の計画について検討。	機体健全性判断ロジックの詳細について検討を行うとともに、原理検証を実施・評価する。	2019年度の研究結果により、BBM構築にかかるコストとリソースを勘案し、限られたハードウェア環境で実施可能な原理検証を実施。

研究開発項目	中間目標（2018～19年度）	最終目標（2020年度）	設定（変更）理由
⑧60kN級ロケットエンジン燃焼器の開発	LOX/炭化水素系燃料の60kN級ロケットエンジン燃焼器の設計及び製造・地上燃焼試験・壁面熱影響データ取得を実施する。	LOX/炭化水素系燃料の60kN級ロケットエンジン燃焼器の統合システム開発と地上燃焼試験を実施する。	2019年度までに得られたデータから各要素を統合し、実証・完成フェーズを追加。
⑨60kN級GGサイクルロケットエンジンのパワーパック開発	ターボポンプ用ガス発生器の設計および地上燃焼試験を実施する。ターボポンプの概念検討を実施。	N/A	開発および検討を完了し、⑧の成果で得られる燃焼器のロケットエンジンへの適用を検討。
⑩CFRPを用いたロケット構造の評価試験	試験片での評価試験を実施。	ロケット構造の実機設計に必要な試験データを幅広く取得する。	追加のデータ取得を実施。
⑪ロケット推進剤タンクの開発	実機に使用するアルミ合金で接合技術を適応し、試験を実施。	実機スケールでの推進剤タンクの製造および評価試験の実施	進捗に合わせて実機スケールでの製造および評価試験を実施。

研究開発項目	最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/ 今後の見通し
①安全確保に関する考え方の整理	ソフトウェア地上検証の成果を取り込みつつ、打上げの際に必要な解析・運用の作業項目、スケジュール等について検討し、整理する。	現行の地上管制と同等の安全性を確保するため、JAXAの現安全基準を適用したうえで、自律飛行安全特有の配慮事項を識別。	達成	今後本開発を通して得られる知見に基づき、引き続き安全基準の妥当性について検討を進める。
②共通ソフトウェア開発	前年度までに開発した自律飛行安全管制ソフトウェアの地上実証を行い、検証結果のフィードバックを行う。	自律飛行安全管制ソフトウェアの開発を完了した。	達成	基幹ロケットを含む各種ロケットへの適用を検討。
③搭載計算機の開発	搭載計算機の完成。固有ソフトウェアの製作・試験を実施し、ソフトウェア単体として完成。	搭載計算機および固有ソフトウェアの開発を完了した。	達成	フライト運用等を通じた技術の成熟化。
④地上解析ツール開発	左記ソフトウェアの詳細設計・製造・検証を進め、完成させる。	地上解析ツールの開発を完了した。	達成	基幹ロケットを含む各種ロケットへの適用を検討。
⑤システム検証・実証	前年度までの成果を反映の上、自律飛行安全システムの地上実証及び基幹ロケットの実フライトデータを活用した地上実証を行い、自律飛行安全システムの評価を実施。	ハードウェアとソフトウェアの統合試験を実施し、地上検証を完了した。	達成	基幹ロケットを含む各種ロケットへの適用を検討。
⑥将来を見据えた萌芽的研究	機体健全性判断ロジックの詳細について検討を行うとともに、原理検証を実施・評価する。	機体健全性判断ロジックに基づいた原理検証を実施し、異常検知および要因診断を実現した。	達成	考案した異常検知・診断ロジックを様々なモデルに適用して成熟化。

研究開発項目	最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/ 今後の見通し
⑧60kN級ロケットエンジン燃焼器の開発	LOX/炭化水素系燃料の60kN級ロケットエンジン燃焼器の統合システム開発と地上燃焼試験を実施する。	安価で量産可能になる60kN級ロケットエンジン燃焼器の統合システムの開発を完了した。	達成	小型ロケットへの適用を進める。
⑨CFRPを用いたロケット構造の評価試験	ロケット構造の実機設計に必要な試験データを幅広く取得する。	試験データを取得でき、実機設計にむけた基礎データを揃えた。	達成	小型ロケット構造の実機製造の基礎データとして活用する。
⑩ロケット推進剤タンクの開発	実機スケールでの推進剤タンクの製造および評価試験の実施	安価で量産可能な推進剤タンクの製造方法・検査方法を確立した。	達成	小型ロケットの推進剤タンクとして活用する。

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2019年度	2件	0件	0件	0件
2020年度	3件	0件	0件	0件

国際標準への寄与

—

プロトタイプ作成

—

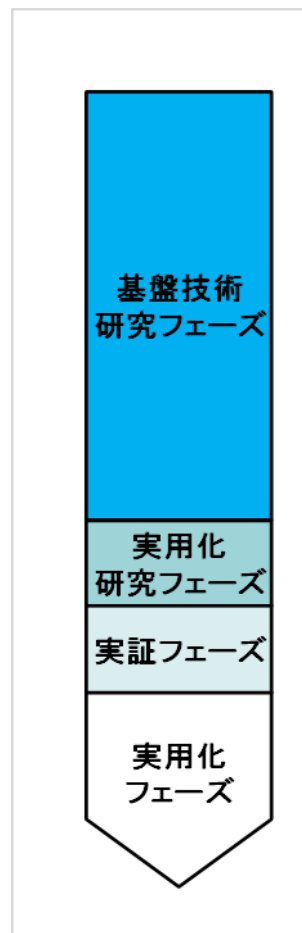
知的財産の実施件数、ライセンス供与数

自律飛行安全ソフトウェアに関する知的財産を2件実施（共同研究1件、ライセンス供与1件）

事業目的を踏まえたアウトカムの内容

民生品や他分野の部品・技術を活用した機器を宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業全体で5件実用化する。

アウトカム指標・目標		目標達成の見込み
2020年度	民生品や他分野の部品・技術を活用した機器を宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業全体で5件実用化する。	本事業において2件の実用化を達成。事業全体の目標達成及び宇宙用部品等の競争力強化に貢献した。
(目標の設定(変更)理由・根拠等) 本事業は国際競争力のある宇宙用部品・コンポーネント等の開発を行うものであり、グローバル競争に向けた競争力強化への貢献を示すものであるため。		



2015年～

わが国の優れた民生部品・技術等を活用して、競争力のあるロケット用機器・部品等の開発

- ①民生品を適用したロケットモータ、ノズル材料の研究開発
- ②民生技術（人工筋肉）を転用した個体推進薬の製造技術に関する研究開発
- ③民生技術（イオン液体）を利用した低毒性液体推進薬の研究開発
- ④飛行安全系搭載機器及び関連装置の開発
- ⑤実用小型衛星（3 U-CubeSat）の研究開発
- ⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンの開発

2018年～

- ・基盤技術研究に基づくサブシステム等の開発
- ・小型ロケット等への組込、統合試験
- ・地上実証、軌道上実証、評価

小型衛星の打上げ需要の増加に伴い、小型衛星を柔軟かつ安価に打ち上げることが可能な小型ロケットのニーズが世界的に高まっているなか、米国を中心に小型ロケットの開発が進められている状況であり、価格競争力のある小型ロケットの機体、エンジン及び打上げサービスを提供できれば、小型衛星の打上げ市場を獲得することが可能となる。

本研究開発では、民生部品や民生技術を活用した低価格な宇宙用部品・コンポーネントを開発し、地上実証や小型ロケットによる軌道上実証を経て成果を着実に積み重ねているところ。これら成果や現在開発を進めている自律飛行安全システム等により、打上げ価格を数億円規模で低減させることが可能と考えており、これらが我が国小型ロケット事業者へ技術移転されれば、海外のロケット事業者に対して価格・打上能力の観点から比較優位となるため、相当程度の打上げ需要の獲得が期待でき、研究開発費を大きく上回る費用対効果を有する（日本や米国で開発されている小型ロケットの打上げ価格は5～10億円程度を予定。）。

指摘事項	対処方針	備考
【中間評価（2018年度）】 （今後の研究開発の方向性等に関する提言） ○軌道上実証を実現した機器についても、国内外のミッションで活用されることが、アウトカムとして非常に重要であり、継続的に取り組まれることが期待される。 ○事業アウトプットの目標値は達成されていると理解できるが、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成などの成果について具体的な言及が少ない。	○2015～2017年度事業で軌道上実証した機器については、小型ロケット事業へのサービスインを目指す企業の立ち上げや、超小型衛星を用いた宇宙実証事業等、社会実装に向けて着実に成果を活用している。 ○今後自律飛行安全システムを組み込んだ機器の軌道上実証や社会実装に向けた研究開発を継続し、小型ロケットのみならず基幹ロケットへの実装を視野継続して取り組む。 ○2018～2020年度の開発成果は、現在開発している軌道投入用ロケットへの適用を前提として、設計に反映されている。重量やコストの面でロケット全体に大きな影響を及ぼすエンジンおよび構造の低コストな技術が開発されたことが、ロケット全体の大幅な低コスト化へと繋がり、国際競争力のあるロケットとなることが期待される。 ○自律飛行安全システムに関しては安全保障上の理由から特許出願を行わないが、自律飛行安全システムやロケットの研究開発に関連する論文6件を発表している（うち1件は2021年発表）ほか、本事業の知的財産は、小型ロケット航法センサへの自律飛行安全ソフトウェアの適用に向けた研究開発や、基幹ロケットへの実装に向けた研究開発に活用する。	