

**「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）」プロジェクト評価用
資料
（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

A-2 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）

上位施策名	①「未来投資戦略 2018」（平成 30 年 6 月 15 日閣議決定） ②「宇宙基本計画」（平成 28 年 4 月 1 日閣議決定）						
担 当 課 室	経済産業省製造産業局宇宙産業室						
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） / 研究資金制度						
実 施 時 期	2015 年度～2020 年度（6 年間）		会計区分	一般会計 / エネルギー対策会計			
評 価 時 期	事前評価：2015 年度、中間評価：2018 年度、終了時評価：2021 年度						
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）	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	総執行額	総予算額
	218	170	212	252	245	1,314	1,315

1. 国内外の類似・競合する研究開発等の状況

米国による自律飛行安全の実装について、米国においては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。

小型ロケットについては主に米国企業が開発を先行させており、Rocket Lab 社、Virgin Orbit 社、Firefly Aerospace 社（いずれも米国）などが挙げられる。いずれも打上費用は約5百万～12百万米ドル（報道ベースの予定価格）とこれまでの大型ロケットの数分の一程度にまで価格を低減させることを目指しており、衛星の小型化に伴う打上需要の取り込みに関して国際競争が活発化している。Rocket Lab 社の Electron ロケットは2018年11月に商業打ち上げを成功させ、小型ロケット市場をリードしている状況。

2. 研究開発の内容

（1）研究開発の全体構成

研究開発項目		実施者
(a) 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】	(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

(2) 各研究開発項目の実施内容

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は、従来地上で人の判断で行っていた飛行安全機能を機体上で自律的に実施するものであり、飛行状態と機体情報を機体上で計測し、飛行中断判定基準に抵触するかを、機体上で計算・判定する。飛行中断判定基準に抵触する場合は、飛行中断指令を自ら自律的に発し、中断動作を実行する。現行の飛行安全システムと自律飛行安全システムを比較した概要を以下図 1 に示す。

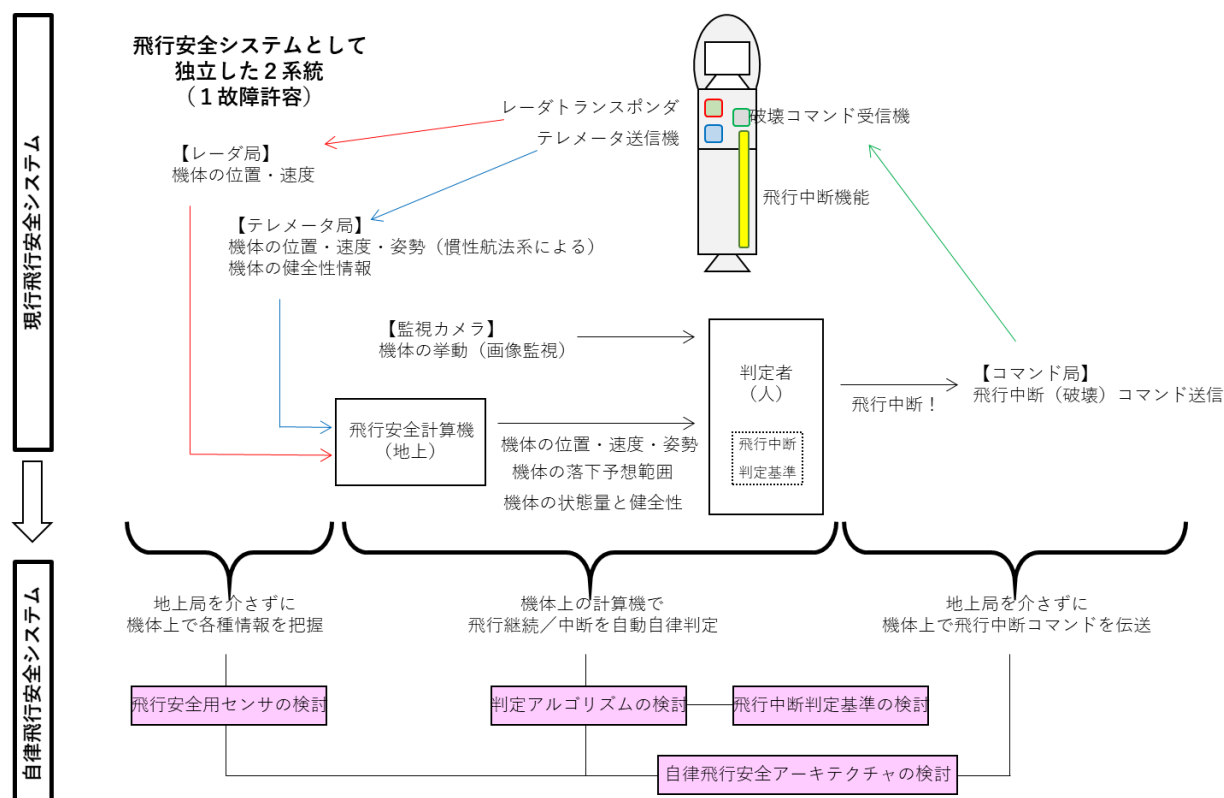


図 1 自律飛行安全システムの概要図

本事業では、新規打上げ事業者及び JAXA の基幹ロケットへの適用による、ロケットの国際競争力の強化及び公共の安全確保のための安全性/信頼性の高い飛行安全技術の確立を目指し、自律飛行安全ソフトウェアとハードウェアの開発と、それらを組み合わせたシステムの地上実証を実施し、自律飛行安全ソフトウェア及びハードウェアの開発を完了した。また、将来的な萌芽的研究として、高度な評価指標を用いた機体健全性モニタ機能の研究を進めることで、自律飛行安全システムの導入時における拡張性・機体適合性の向上や高精度化を目指した。計画の全体図と本事業のアウトプットの適用シナリオを以下図 2 に示す。

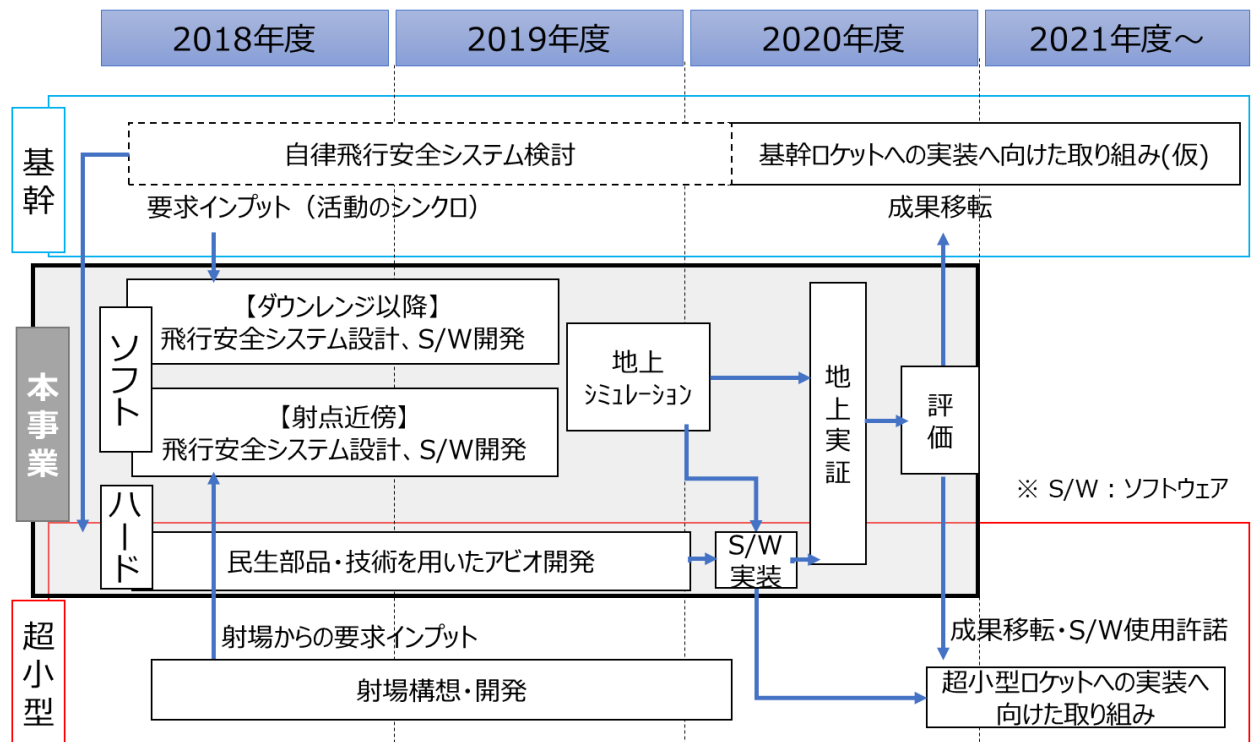


図2 計画の全体図と本事業のアウトプットの適用シナリオ

また、具体的な研究開発内容については、次の(a)～(c)に示す。

(a) 自律飛行安全ソフトウェアの研究開発

以下の5つの機能で構成される自律飛行安全システムの動作のために必要な、自律飛行安全管理ソフトウェア(AFTSW)と地上解析ソフトウェア(ALSS)を開発した。

AFTSWは計算能力の低いロケット搭載計算機で飛行安全管理を行う必要があるため、処理負荷の小さい自律飛行安全管理アルゴリズムを開発し、AFTSWに設定する管制判断基準をALSSにて事前に地上で解析する仕組みを構築した。

またAFTSWの検証として、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向上を実施した。

開発過程においては、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・実証を実施した。

(1). 自律飛行安全管理システム

ロケットのフライトデータを処理し、飛行安全管理(飛行中断判断)を行い、飛行中断基準に抵触した際に飛行中断指示を行うシステム

(2). 位置速度計測システム

ロケットの位置速度を計測し、自律飛行安全管理システムに伝送するシステム(電波航法機器、慣性センサ計算機、そのためのアンテナ/電源等)

(3). 飛行中断システム

自律飛行安全管理システムからの指示に基づき、ロケットの飛行を中断するシステム(例: 指令破壊、推力停止、そのための火工品/電源等一式)

(4). 機体監視システム

ロケット各機器（航法誘導系/推進系/姿勢制御系等）作動状態を計測し、自律飛行安全管制システムに伝送するシステム

(5). 自律監視システム

自律飛行安全システムの動作状況及び飛行中断時/分離物落下域逸脱時の関係機関への通報のために必要な情報を地上に送信するためのシステム（送信機、地上局等）

(b) 自律飛行安全ハードウェアの研究開発

システム要求、インタフェース仕様に基づき、前項に示す自律飛行安全ソフトウェアを実装する搭載計算機の設計開発を行った。搭載計算機のハードウェア製作と検証を行い、計算機としての開発を完了した。加えて、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・試験を実施し、ソフトウェア単体としても完成した。

(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した。自律飛行安全における機体の健全性評価は、機体システム固有の様々なセンサ類やデータとインタフェースをとりつつ、飛行安全判断に必要な総合的な評価（正常/異常）が要求される。自律飛行安全システムと機体固有のセンサとの間のインタフェースを成立させる、高度な評価指標を用いた機体健全性モニタ機能の研究を進めることで、自律飛行安全システムの導入時における拡張性・機体適合性の向上や高精度化を目指す。具体的には、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。

自律飛行安全システムの導入には以下のメリット、デメリットが存在する。

ただし、デメリットよりもメリットの方が充分上回ると考えており、今後自律飛行安全機器の低コスト化、小型化/機器統合、及び自律飛行安全システム技術の向上によってデメリットは払拭されるものである。

自律飛行安全のメリットについて下記に記す。

(a) コストメリット

飛行安全のための地上設備の大半が不要となり、設備運用や設備維持の費用が大幅に低減される。また、特に新規射場でのビジネスを検討する超小型ロケット事業者にとっては、地上設備の新規整備コストの負荷が相対的に大きく、地上設備初期投資費用の削減効果は大きい。その他、打上げ前・打上げ時の飛行安全にかかわる作業人員も削減可能である。

(b) ロケットシステムに関するメリット

地上のコマンド局の位置に左右されない最適なロケットの飛行経路が設定できるため、打上げ能力が向上し得る。地上局を用いる飛行安全運用で飛行経路の設定の制約となっていたモデルケースでの検討では、現状に比べ 10%程度の打上げ能力の向上が見込まれている。その他、完全な自律飛行安全システムが実現した場合、コマンド受信機といった一部の機器が不要となることによる打上げ能力の向上も見込まれる。また、打上げ前に実施する飛行安全管制要員の

訓練や地上設備の打上げ前点検作業の削減により、打上げ間隔を短くすることができ、高頻度打上げが可能となる。

(c) 飛行安全に関するメリット

地上からの人による管制から自律化することで、複数機体（例：再使用機体の各段）の同時飛行安全管理への対応や、人では対応困難な管制への対応、判断時間短縮による破片落下範囲の縮小、管制要員による誤判断リスクの低減等様々なメリットが得られる。

また、自律飛行安全技術を高度化することにより、機体異常時の輸送機喪失の回避への貢献、飛行予測/リアルタイム安全評価等により輸送機打上げ時の地上に対する安全性の向上、軌道上重要物体/デブリ等への衝突も考慮した軌道上での安全確保といった発展も期待される。

自律飛行安全のデメリットについては、次のとおり。

(a) コストデメリット

自律飛行安全搭載計算機及び自律飛行安全運用費による打上げ費が存在するため、広く普及させるには低コスト化が必要である。また開発費として自律飛行安全システム及びシステムインテグレートに関わる費用が必要であり、地上/衛星局は少なくとも1局は必要という情勢であることから、トータルコストとしてメリットを大きく引き出すためには、搭載計算機、地上/衛星局、打上げ運用等の低コスト化（機器統合や衛星局活用等）も併せて必要となる。

(b) ロケットシステムに関するデメリット

自律飛行安全搭載計算機が追加となることで、質量増加や搭載機器増加によるデメリットは存在する。そのため、広く普及させるためには小型化/機器統合等が有効である。

(c) 飛行安全に関するデメリット

本開発では簡素な判定ロジックを採用しているため、安全性/ミッション達成の観点で改善の余地がある。（例：地上管制の方が柔軟のある総合判断ができるため、ミッションが救えるケースが増えたり、安全上より適切なタイミングで飛行中断ができたりする。）これはより高機能な判定機能、アルゴリズムの開発を行うことで、より高度な判断や誤判断を防ぐことが可能である。

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

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。開発の概要及びアウトプットについて図3に示す。

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



図3 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

本研究開発項目では、宇宙ロケットの商業化を加速させるため、安価で量産可能な小型液体ロケットである推力 60kN 級ロケットエンジンシステムの要素技術開発及び統合システム開発と地上燃焼試験を実施する。

具体的には、燃焼器については電鍍法からフローフォーミング法に、ガス発生器について鋳造から積層造形法に生産技術の変更を行い、価格と時間コストの低減を図った。

また、アウトプット指標としては、上記要素技術の開発と地上での燃焼試験の実施としており、実機への適用が可能であることを実証した。

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

衛星打上用ロケット向けの低コストで量産可能な機体製造技術を開発する。開発の概要及びアウトプットについて図4に示す。

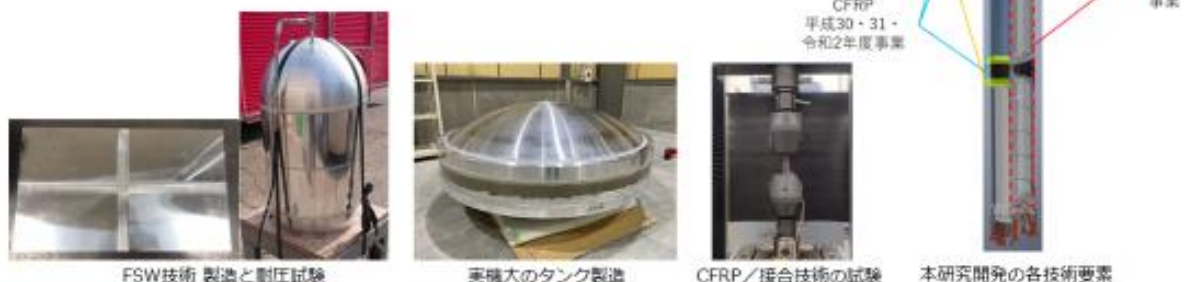
研究開発項目③ 量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発

○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



個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況（実績値・達成率）	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、実機運用可能なことを実証済み	—

図4 量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発

本研究開発項目では、宇宙ロケットの商業化を加速させるため、ロケット機体の設計及び製造に必要な基本データ、生産技術、検査手法の開発を行う。

具体的には、摩擦拡散接合技術や実機大のタンク製造技術、CFRP技術、アルミ接合部技術の開発を行う。

また、アウトプット指標としては、上記要素技術の開発と地上での燃焼試験の実施としており、各技術について製造・評価を行い、実機への適用が可能であることを実証した。

3. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

	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 ノズル形状アフォーム成形手法の検討 平板形状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）を応用した固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気体製造技術開発	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	

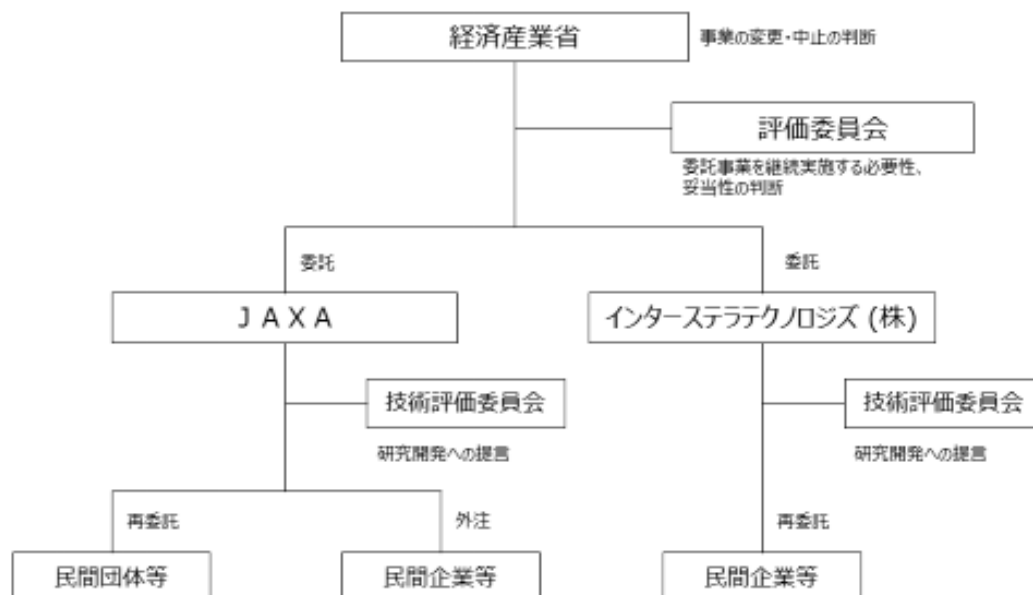
(2) 資金配分

実施者	研究開発項目	2015 年度	2016 年度	2017 年度	3 年計
J A X A	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	199	200	152	551
インター ステラテ クノロジ ズ株式会 社	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	18	18	18	54
合計		217	218	170	605

実施者	研究開発項目	2018 年度	2019 年度	2020 年度	3 年計
J A X A	①ー 1 自律飛行安全ソフトウェアの研究開発	153.3	182.2	178.3	513.8
	①ー 2 自律飛行安全ハードウェアの研究開発	7	3	9.6	19.6
	①ー 3 将来を見据えた萌芽的研究	21.4	14.6	4	40
	①ー 4 その他（謝金等）	0.3	0.2	0.1	0.6
インター ステラテ クノロジ ズ株式会 社	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	21.8	43	45.4	110.2
	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	8.2	9	7.6	24.8
合計		211.9	252.5	245.0	709.4

(3) 研究開発の実施・マネジメント体制

本事業は、2015 年度から 2017 年度までの事業に引き続き、2018 年度から 2020 年度まで、公募による選定審査手続きを経て、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構及びインターステラテクノロジズ(株)が経済産業省からの委託契約を基に実施した。



(4) 知財や研究開発データの取扱い

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。

4. 事業アウトプット

(1) 研究開発目標

超小型衛星の打上げ需要の増加を見据え、我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、低コストな商業用超小型衛星打上げシステムの実現に向けたロケット用機器・部品及び民生品を適用した実用超小型衛星の研究開発・軌道上実証を実施する。

研究開発項目	中間目標 (2018 年～2019 年)	最終目標 (2020 年)	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	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

	ためのソフトウェアの設計開発。		
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。
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。

(2) 研究開発の成果

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。	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。

⑧60kN 級ロケットエンジン燃焼器の開発	LTX/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。

(3) 活動指標

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

国際標準への寄与
—

プロトタイプの実験
—

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）

5. 事業アウトカム

(1) 事業アウトカムの内容

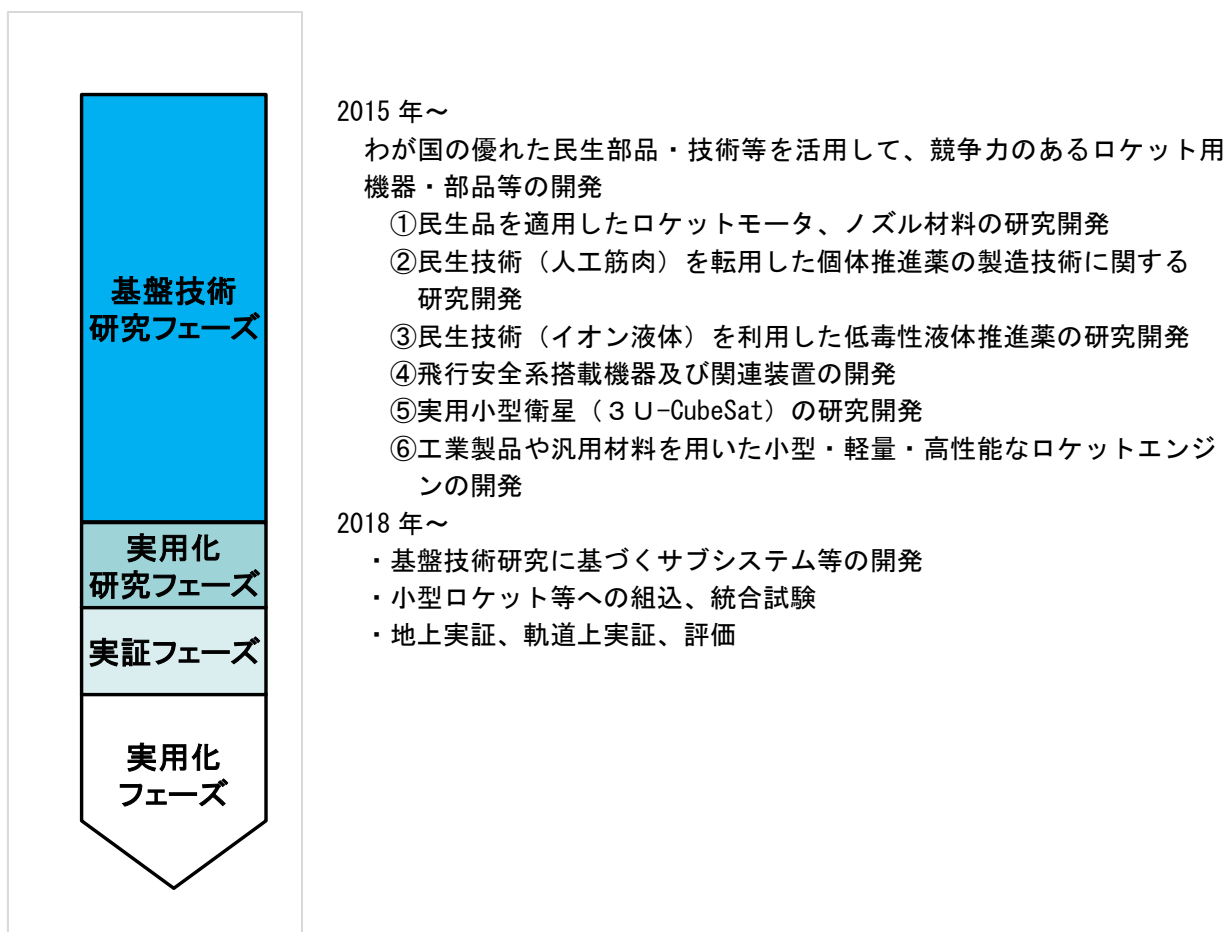
民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化数。

(2) 事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標の設定理由	目標達成の見込み
2020 年	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。	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。

6. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、低コストな商業用超小型衛星打上げシステムの実現に向けたロケット用機器・部品及び民生品を適用した実用超小型衛星の研究開発を行い、地上実証や軌道上実証を重ねて、事業終了後に商業用小型衛星打ち上げシステムでの実用化につなげる。



7. 費用対効果

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、2018 年から 2020 年までの 3 年間で総額約 7 億円が投入されているが、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、将来的に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。）。