

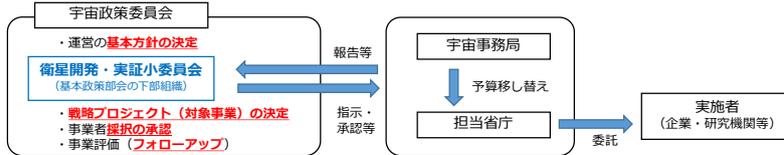
宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）について

参考資料
 科学技術・学術審議会
 研究計画・評価分科会
 宇宙開発利用部会
 (第64回) 2022.2.21

宇宙開発利用推進費【70億円（R2補正57億円／R3当初13億円）】

- 月面開発、衛星基盤技術の強化など、**各省の縦割りを排し、連携して取り組むべき研究開発プロジェクト**を推進する新規予算として、宇宙開発利用推進費（補正57億円、当初13億円）を計上。
- 当該予算を原資として、「**宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）**」を創設。**衛星開発・実証小委員会において対象となる戦略プロジェクトを選定**し、内閣府に一括計上した予算を各省移し替えて執行。

〇スキーム



〇基本方針のポイント

- ◆ 戦略プロジェクト選定の視点
 - 視点①：安全保障や経済成長などの観点から、自立性を維持・確保する上での優先度が高い
 - 視点②：官民の共通基盤として活用が期待される技術、又は、月面開発など様々な要素技術の結集・発展が必要な技術
 - 視点③：縦割りの打破、各省連携が必要
- ◆ 小委員会の役割（対象事業決定、採択承認、フォローアップ）等

(出典) 内閣府 宇宙政策委員会 第92回会合資料

プロジェクト番号：R2-01 衛星用の通信フルデジタル化技術開発 主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間3年程度)

背景・必要性

○近年、欧米の企業により、通信周波数や通信領域を上げ後にフレキシブルに変更でき、従来よりも大幅に高速・大容量通信が可能なフルデジタル通信ペイロードを搭載した通信衛星の開発が急速に進展。

○これらの技術は、通信衛星に留まらない汎用技術として様々な衛星への運用が可能であり、これまで困難であった打ち上げ後の柔軟な機能変更等を可能とするほか、デジタル化に伴う小型・軽量化等を実現する上でも重要な技術。

○このため、我が国が通信衛星に限らず国際競争力を確保していく上で、海外衛星に対して通信速度当たりの価格での競争力を獲得する大容量通信を可能とするフルデジタルペイロードの開発・実証を進めることが急務。文部科学省・総務省の連携により、技術試験衛星9号機(ETS-9)の開発・実証機会を活用した取組を進めることが必要。


技術試験衛星9号機

事業の内容

○受信部、信号処理部、送信部の全てをデジタル化した大容量のフルデジタル通信ペイロードを開発する。

○受信部は、構成する複数の機器(アンテナ・増幅器など)を一体化することで効率化、小型軽量化を図る。信号処理部は、大容量化・容量配分のフレキシブル化のため、高性能プロセッサや高速データ通信デバイス等を新規に採用した信号処理回路を開発する。送信部については、送信地域のフレキシブル化のため、増幅器を用いて複数のビームを形成するアンテナなどデジタル化のための新規開発を行う。

フルデジタルペイロード



受信部 → デジタル化 → 信号処理部 → デジタル化 → 送信部

アンテナ・増幅器の一体化による効率化・小型軽量化 | 大容量化及び通信機能の増強 | デジタルビームフォーミングによる送信域の柔軟な制御

○これらの技術を開発・実証することで、通信サービスのフレキシビリティを備え、通信速度当たりの価格での競争力を獲得する大容量通信が可能な次世代静止通信衛星を時期を逸することなく実現し、通信衛星市場における静止通信衛星の国際競争力の確保を目指すとともに、観測衛星等に幅広く適用可能なフルデジタルペイロードに関する基盤技術を獲得する。

各省の役割

- 文部科学省：バス及びフルデジタル化技術開発(地上除く)
- 総務省：通信ミッション及びフルデジタル化技術開発(地上部分)

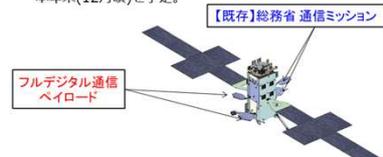
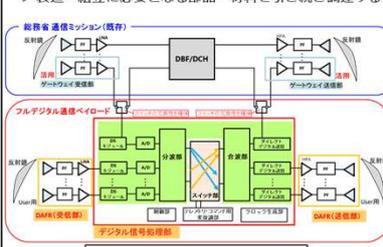
予算配分額

- 令和2年度(補正)配分額：30.0億円
- 令和3年度(補正)配分額：12.0億円

(出典) 内閣府 衛星開発・実証小委員会 第11回会合資料

事業計画	実施体制															
<p>我が国の通信衛星の国際競争力を確保するため、技術試験衛星9号機（ETS-9）において、フルデジタル通信ペイロードを開発することにより、通信フルデジタル化技術を実証する。</p> <p>これにより、次世代静止通信衛星において、通信サービスのフレキシビリティを備え、200Gbpsの通信容量を有し、Gbps単価百万USドルを実現することについて時期を逸することなく実現し、通信衛星市場における静止通信衛星の世界シェア10%を目指す。</p> <p>また、観測衛星等に将来幅広く適用可能なフルデジタル化技術に関する基盤技術を獲得する。</p> <p>R2・R3：フルデジタル通信ペイロードの基本設計・詳細設計を実施する。 ETS-9バスに搭載するために必要な設計変更を開始する。 また、部品・材料の調達・組立を開始すると共に、製造・試験に着手する。</p> <p>R4：R3に引き続き、部品・材料を調達すると共に、製造、試験を実施する。また、維持設計を実施する。</p> <p>R5：R4に引き続き、試験・実証を実施すると共に、維持設計を実施する。</p>	<div style="text-align: center;"> <p>文部科学省</p> <p>↓ 委託</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>JAXA プロジェクト開発</p> </div> <p>↓ 請負</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>三菱電機 フルデジタル通信ペイロードの製造・試験</p> </div> </div>															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 20%;">R2</th> <th style="width: 20%;">R3</th> <th style="width: 20%;">R4</th> <th style="width: 20%;">R5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">フルデジタル通信ペイロード</td> <td colspan="2">← 基本設計・詳細設計 →</td> <td>← 維持設計 →</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">← 部品材料調達・製造・組立 →</td> <td>← 試験・実証 →</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		R2	R3	R4	R5	フルデジタル通信ペイロード	← 基本設計・詳細設計 →		← 維持設計 →			← 部品材料調達・製造・組立 →		← 試験・実証 →		<p>留意事項への対応状況</p> <p>○迅速かつ効率的な技術獲得を実現するため、開発中のETS-9への追加搭載を前提としてプロジェクトを進めること。</p> <p>→ETS-9への追加搭載を前提として、JAXAにてプロジェクトの計画変更を実施し、フルデジタル通信ペイロードの開発を進めている。</p>
	R2	R3	R4	R5												
フルデジタル通信ペイロード	← 基本設計・詳細設計 →		← 維持設計 →													
	← 部品材料調達・製造・組立 →		← 試験・実証 →													

(出典) 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 第64回会合資料 3

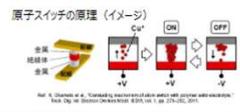
【進捗報告2/2】 プロジェクト番号：R2-01	衛星用の通信フルデジタル化技術開発
<p>担当当庁：文部科学省 連携省庁：総務省 (事業期間 3年程度)</p>	<p style="text-align: center;">当該年度の進捗状況</p> <p>① フルデジタル通信ペイロード開発・実証</p> <p>a. 令和3年度は、基本設計・詳細設計を完了させる計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢基本設計は計画どおり完了。基本設計審査会を開催し、基本設計結果が妥当であることを確認済み。 ➢詳細設計は今年度末までに完了予定。完了後、詳細設計審査会を開催予定。 ➢ETS-9バスに搭載するために必要な設計変更を今年度末までに完了させる予定 <p>b. 令和3年度は、製造・試験を開始する計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢フルデジタル通信ペイロードの製造に必要な部品・材料の調達中 ※一部の部品の納品において新型コロナウイルスの影響を受けているが、製造に必要な時期を見計らって随時手配を開始 ➢フルデジタル通信ペイロードの機器の製造・試験着手は、本年末(12月頃)を予定。 <p style="text-align: center;">【既存】総務省 通信ミッション</p> <div style="text-align: center;">  <p>フルデジタル通信ペイロード</p> </div>
	<p style="text-align: center;">次年度の事業計画（案）</p> <p>① フルデジタル通信ペイロード開発・実証</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢初年度の成果をふまえ、維持設計及びフルデジタル通信ペイロードの製造・試験を早期に実施し、仕上げまでの作業を確実に実施する。 ➢製造・組立に必要な部品・材料を引き続き調達する。 <div style="text-align: center;">  <p>フルデジタル通信ペイロード系統図</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・DBF/DCH: デジタルビームフォーミング/デジタルチャネライザ ・DAFR: デフォーカス式アレキサンダアンテナ ・PE: バス(帯域制限)フィルタ ・LNA: ロイイズアンプ(増幅器) ・HPA: ハイパワーアンプ(増幅器) ・DS: ダイレクトサンプリング ・A/D: アナログ/デジタル変換部

(出典) 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 第64回会合資料 4

プロジェクト番号: R2-06

衛星のデジタル化に向けた革新的FPGAの研究開発

担当庁: 文科省
 連携庁: 経産省
 (事業期間2年程度)

<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">背景・必要性</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 衛星軌道上でのビッグデータ処理、打上げ後の柔軟な機能変更など、人工衛星においてもデジタル化の波が押し寄せており、通信・観測・測位など幅広い宇宙活動に革新的な変化をもたらす、国際競争力の強化や多様化する宇宙利用ニーズにも対応していく上で、避けて通ることはできない。 ○ このような衛星のデジタル化を実現していく上で、高速処理や書き換え可能な特徴を持つ高性能FPGA[※]は、必須の中核的なデバイスである。 <small>※FPGA: Field-programmable gate array</small> ○ 他方、宇宙用途としての利用には、放射線耐性の低さによる誤動作・損傷リスクや、消費電力が大きな課題。既存技術の延長では、高コスト化が避けられない上、将来的に対応しきれなくなるリスクも高い。 ○ このため、従来とは異なる革新的技術により、これらの課題を解決することが急務となっている。 	<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">事業の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 我が国独自の技術として開発が進められている原子スイッチは、原理的に高い放射線耐性と低消費電力という特徴を有する革新的技術。革新的衛星技術実証1号機においても実証研究が行われ、その特性が確認されている。 ○ この原子スイッチの新原理を適用し、より微細で、高放射線耐性、低電力なFPGAの実現に向け、JAXAが持つRHBD技術(Radiation Hardening by design技術)などを組み合わせることで、宇宙用FPGAとしての回路設計技術を確立する。 ○ 具体的には、汎用の原子スイッチ素子をベースに、放射線特性評価、FPGAのLogic Element(要素回路)の回路設計等を行い、実装テストステップの試作・評価を行う。 <p style="text-align: center; font-size: small;">原子スイッチの原理(イメージ)</p> 
<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">各省の役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 文部科学省: 新原理適用の宇宙用FPGAの開発 ○ 経済産業省: 原子スイッチの製造等に係る知見の提供・協力。将来的な実証に向けた産業界のニーズの把握・フィードバックなど 	<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">予算配分額</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 令和2年度(補正)配分額: 2.1億円 ○ 令和3年度(補正)配分額: 2.5億円

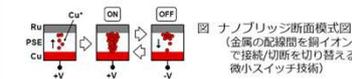
(出典) 内閣府 衛星開発・実証小委員会 第11回会合資料 5

【進捗報告1/2】

プロジェクト番号: R2-06

衛星のデジタル化に向けた革新的FPGAの研究開発

担当庁: 文部科学省
 連携庁: 経済産業省
 (事業期間2年程度)

<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">事業計画</p> <p>衛星のデジタル化の中核を担う半導体として、高速処理が可能で書き換え可能な特徴を持つFPGA(Field-programmable gate array)が強く望まれている。民生最先端FPGAを宇宙適用する際の技術課題である低消費電力化と放射線耐性の強化を高い水準で満足する革新的なFPGAの実現を目指し、国産独自の低消費電力技術であるナブリッジ(下図)と、JAXAが持つ耐放射線強化回路技術を組み合わせたFPGA回路技術を構築する。</p> <p>① 2021年度(令和3年度)に、将来の宇宙機でのアプリケーションとFPGAに対する機能性能要求の具体化を行う。また、車載用に開発されているナブリッジFPGA(NB-FPGA)の放射線耐性の評価、民生最先端FPGAが適用している微細半導体プロセス上での耐放射線性を強化したNB-FPGA要素回路の設計を行う。</p> <p>② この設計結果を踏まえ、続く2022年度(令和4年度)でテストチップの製造と性能評価を行い、回路技術を構築する。</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">図 ナブリッジ断面模式図 (金属の配線間を銅イオンで接続/切断を切り替える微小スイッチ技術)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">実施項目</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">R3</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">R4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">① A. アプリケーションおよびFPGA適用性検討(放射線試験含)</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">B. ナブリッジFPGA要素回路の耐放射線強化設計</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">② A. テストチップ製造設計</td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">B. テストチップ試作評価</td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> </tbody> </table>	実施項目	R3	R4	① A. アプリケーションおよびFPGA適用性検討(放射線試験含)	→		B. ナブリッジFPGA要素回路の耐放射線強化設計	→		② A. テストチップ製造設計		→	B. テストチップ試作評価		→	<p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 0;">実施体制</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>文部科学省</p> <p>↓ 委託</p> <p>JAXA</p> <p>↓ 再委託</p> <p>NBS社</p> </div> <p style="font-size: small; margin-left: 20px;"> JAXA: 全体マネジメント 事業計画に記載した実施項目の①A,①B,及び②B NBS社: 事業計画に記載した実施項目の①B,②A,及び②B </p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; margin: 10px 0;">留意事項への対応状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ プロジェクト後の実装に向け、JAXAによる宇宙実証、実利用につなげる。また、性能向上に向け継続的に取り組むこと。 ⇒ ユーザーニーズ分析結果を踏まえ効果的な技術実証となるよう宇宙実証計画を検討中。ユーザが重視する消費電力と耐放射線性がより良い性能となるよう留意しつつ16nm世代の設計を進めている。 ○ ユーザー側のニーズ把握、汎用品の他産業での普及見通しの検証を行い、計画を不断に見直すこと。 ⇒ 28nm世代(NEDOプロで開発中)及び16nm世代の両者を対象に、宇宙ユーザからの性能要求分析とアプリケーションの具体化を進めている。今後、NEDO成果(NB-FPGA評価ボードやソフトウェア開発環境)の宇宙ユーザによる評価も進め、開発環境の車載との共通化を図り、宇宙と地上両方で利用拡大につなげる。
実施項目	R3	R4														
① A. アプリケーションおよびFPGA適用性検討(放射線試験含)	→															
B. ナブリッジFPGA要素回路の耐放射線強化設計	→															
② A. テストチップ製造設計		→														
B. テストチップ試作評価		→														

(出典) 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 第64回会合資料 6

事業計画

JAXAで行ってきたアーキテクチャ検討をベースにしつつ、関連企業と共同でより詳細なトレードオフ等を行い、まず国際的な技術調整の場で提案できるアーキテクチャを設定するとともに、アーキテクチャに必要と考えるキー要素技術の研究開発を行う。

本事業の最終目標として、**航法精度40m(水平)**を目標として、測位に係る以下のキー要素技術(③~⑤)の開発を行い、成熟度TRL4(実験室環境レベルでの有効性確認)まで上げる。また、**月-地球間の高速通信1Gbps**を目標として、通信に係る以下のキー要素技術(⑥~⑩)成熟度TRL4を目指す。

また、月探査測位・通信に係る標準(得られたアーキテクチャ)を国際調整の枠組みの中で提案し、NASA/ESA等との調整により、合意を得ることを本事業の目標とする。

	R3	R4	R5	R6	R7
総合	①	②			
測位	③	④	⑤		
	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
通信	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕
	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚

注1) ① 測位・通信アーキテクチャ検討 ② 国際インターオペラビリティ方式の研究
③ LNSS実証機システムの検討 ④ 遠距離補償追尾技術の研究
⑤ マルチGNSS化 ⑥ 通信用高感度送受信技術の研究
⑦ 月近傍航法機能 ⑧ 軽量大口径光学系の研究
⑨ 航法高精度化 ⑩ 搭載補償光学技術の研究

実施体制

文部科学省
委託
プロジェクト管理 JAXA
① 測位・通信アーキテクチャ検討
② 国際インターオペラビリティ方式の研究
③ 遠距離補償追尾技術の研究

外注 A,B,C,D社 E,F社 再委託 NICT

① 測位・通信アーキテクチャ検討
② LNSS実証機システムの検討
③ マルチGNSS化
④ 月近傍航法機能
⑤ 航法高精度化
⑥ 通信用高感度送受信技術の研究
⑦ 軽量大口径光学系の研究
⑧ 搭載補償光学技術の研究

注2) A~F社については選定中

留意事項への対応状況

○諸外国の開発動向、標準化の議論等を把握した上で、加速化の必要性も含めて事業計画を継続的に見直すこと。
→NASA/ESA等と連携に向けた意見交換を行いながら、諸外国の開発動向に関する情報収集や、国際協力による測位・通信インフラ構築の方向性を踏まえ、次年度以降の事業計画に適宜、反映させる。

○月面での宇宙科学活動での利用も見据え、宇宙科学の専門家を参画の下、そのニーズを踏まえたプロジェクト運営を進めること。
→宇宙科学の専門家の参画の下、月面での宇宙科学に関する様々な研究テーマの検討状況を確認した上で、科学活動に必要な測位・通信ニーズを把握し、アーキテクチャ検討やシステム要求検討を進める。

(出典) 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 第64回会合資料 9

【進捗報告2/2】
プロジェクト番号：R2-07

月面活動に向けた測位・通信技術開発

主担当庁：文部科学省
連携省庁：総務省
(事業期間5年程度)

当該年度の進捗状況

再委託となる(a)(b)については公募中、(c)については候補業者と契約調整中、(d)(e)については再委託先のNICTとの契約に向け準備中。

(a) 月探査測位・通信のアーキテクチャ検討及びシステム概念検討【④】
総合アーキテクチャとして最適な組合せを複数の観点で比較検討(衛星を配置する軌道など)するとともに、システムとしてのリソース配分等を考え、個々のシステム要求の設定を行う。

(b) LNSS実証機システム検討【②】
月近傍で利用可能なLNSS(月測位衛星システム(Lunar Navigation Satellite System))の実証機要求の明確化と、実証機システムの開発仕様を検討・整理する。

(c) GNSS要素技術(マルチGNSS化・月近傍航法機能・航法高精度化)の試作試験【③④⑤】
月近傍航法に係る主要部品の要求を明確にするとともに、課題の抽出を行い、その対策をまとめる。

(d) 軽量大口径光学系の研究【⑧】
軽量・高剛性・低熱膨張な光学素材を用いた軽量大口径光学系の実現に向け、軽量・高剛性・低熱膨張な光学素材の検討・評価を行い、採用する光学素材を決定する。

(e) 搭載補償光学技術の研究【⑩】
小型のアクチュエータを用いた光通信装置に組み込める超小型の搭載補償光学系を実現に向け、素子の基礎検討、要素試作を行い、必要な素子の要求を明確にする。

次年度の事業計画(案)

② LNSS実証機システムの検討
初年度の成果を踏まえ、LNSS実証機概念検討、サブシステムであるGNSS受信機の試作機設計に早期に着手する。

③ マルチGNSS化
初年度の成果を踏まえ、マルチGNSS対応のコアチップ試作に早期に着手し、機能・性能を評価する。マルチGNSSによる航法をPCシミュレーションで実施、課題抽出を行う。

④ 月近傍航法機能
初年度の成果を踏まえ、月近傍航法のシミュレーション環境を早期に構築し、課題抽出と、その対策を検討する。

⑤ 航法高精度化
初年度の成果を踏まえ、オンボード精密単独測位(PPP)航法ソフトウェアの試作に早期に着手し、評価する。

⑥ 国際インターオペラビリティ方式の研究
NASA/ESA等との調整、中継装置のBBM試作を行う。

⑦ 遠距離補償追尾技術の研究
補足追尾方式の詳細検討、解析等を行う。

⑧ 月-地球間通信用高感度送受信技術の研究
BBMの設計を行い、BBM試作を開始する。

⑨ 軽量大口径光学系の研究
初年度の成果を踏まえ、設計に早期に着手する。

⑩ 搭載補償光学技術の研究
初年度の成果を踏まえ、素子単体の部分試作に着手する。

(出典) 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 第64回会合資料 10