

第3回研究会

平成29年11月27日

このページは故意に空白にしている

県民衛星プロジェクト

あらかじめ、
幸せだったらいいな。

幸せ度
いちばん
福井県

資料3-1

平成29年11月
福井県産業労働部

提供 (株) アクセルスペース

福井県の産業について

1 福井県の産業の概要

北陸は、全国に比べ、県内総生産に占める製造業の割合が大きい。

福井県には、繊維や眼鏡、機械をはじめとする基幹産業を支える「ものづくり技術」が蓄積しており、近年は、炭素繊維複合材料やレーザーを用いたチタン加工、ウェアブル機器用の導電性繊維などの開発が進められている。



県名	人口 (千人)	県内総生産(名目) (億円)	産業構造 (%)
福井県	787	31,271	第1次産業:1.0 第2次産業:29.1 うち製造業:21.4 第3次産業:69.0
富山県	1,066	43,566	第1次産業:1.1 第2次産業:32.9 うち製造業:25.3 第3次産業:65.3
石川県	1,154	45,499	第1次産業:0.9 第2次産業:26.2 うち製造業:19.6 第3次産業:72.1
全国	127,095	5,086,456	第1次産業:1.1 第2次産業:24.1 うち製造業:18.4 第3次産業:74.2

出典:北陸ハンドブック(平成28年度版)・・・(株)日本政策投資銀行北陸支店富山事務所作成

県民衛星プロジェクトとは

- 今後、人口減少や高齢化等により、県内の消費や労働集約的な従来型産業の規模は縮小
- 県民の豊かな生活の維持、県内企業の活力向上のためには、技術革新や未来志向のビジネスモデルの創出により、“稼ぐ力”を高める必要

地方発のイノベーション

県民衛星プロジェクト

- ① 県内製造系企業が、超小型人工衛星製造ノウハウの蓄積、部材開発等を通じ、今後増大すると予想される人工衛星関連需要を受注
- ② システム系企業が、衛星から得られるデータを活用したソフト開発等を通じ、福井県をモデルユーザーとするビジネスモデルを創出

福井ふるさと元気宣言 (H27. 3)

- II 元気な産業
- ◆ 福井発の「ローカル産業革命」
 - 地域連携・業種横断の技術革新
 - ・ 福井企業のドリームチームによる「**県民衛星**」製造プロジェクトを支援



福井経済新戦略 (H27. 4改訂)

- 「ふくいオープンイノベーション推進機構」主要プロジェクト
「宇宙産業への参入促進」
 ・ 地方自治体初の人工衛星を開発・打上げ

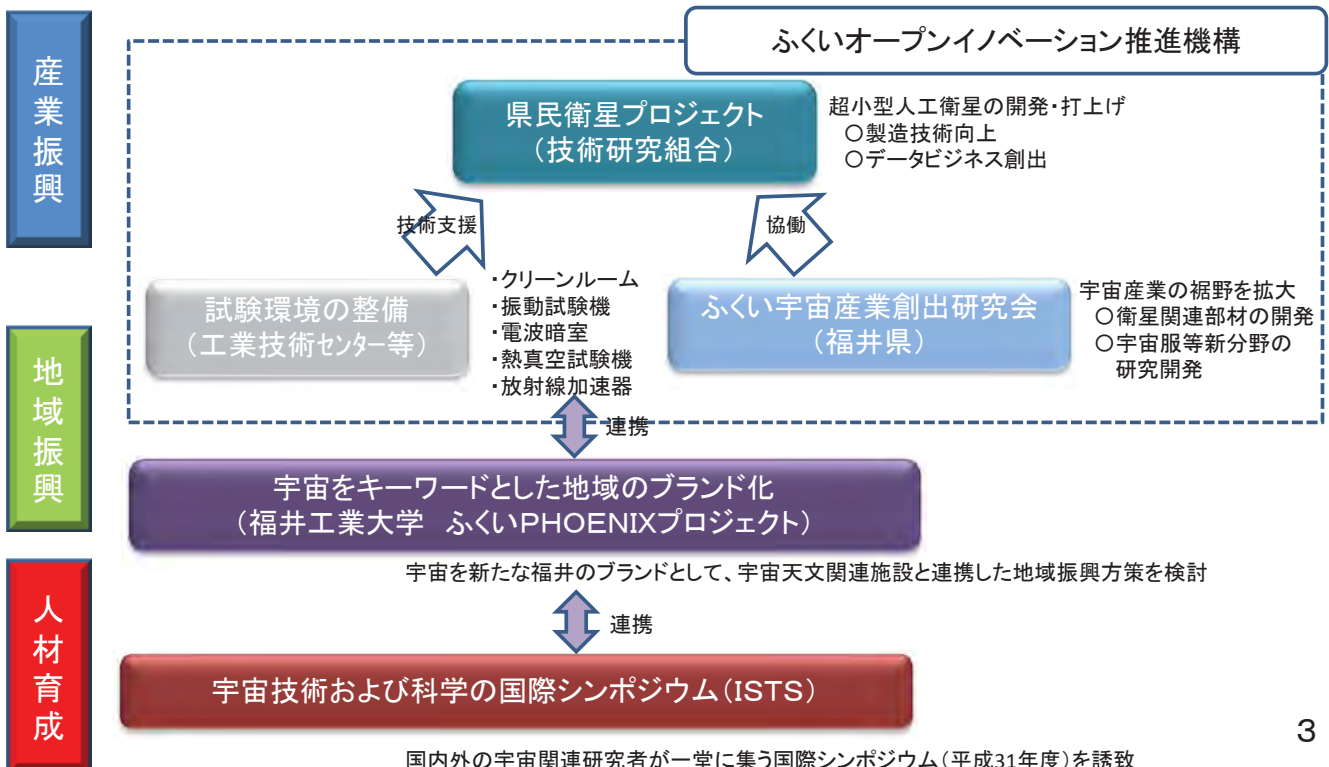
ふくい創生・人口減少対策戦略 (H27. 10)

- 産学人口減少を乗り越えるローカル産業革命
- ① 産学官連携によるイノベーション促進
 - ・ 県内企業や大学、関係団体などの共同による超小型衛星の技術開発や衛星データを活用したビジネスモデルの検討を支援

2

福井県における宇宙産業の展開

- ・ 地方初の革新的ビジネスモデル創出を目指し、宇宙産業へチャレンジ
- ・ オープンイノベーション推進機構の枠組みを活用するなど、産学官金が広く連携



3

福井県民衛星技術研究組合の設立

- 県民衛星の打上げを目指し、県内企業が主体となった技術研究組合を設立
- 平成28年8月19日付け経済産業大臣から技術研究組合法に基づく認可

■名称等

福井県民衛星技術研究組合 理事長 進藤哲次（（株）ネスティ代表取締役）

■目的

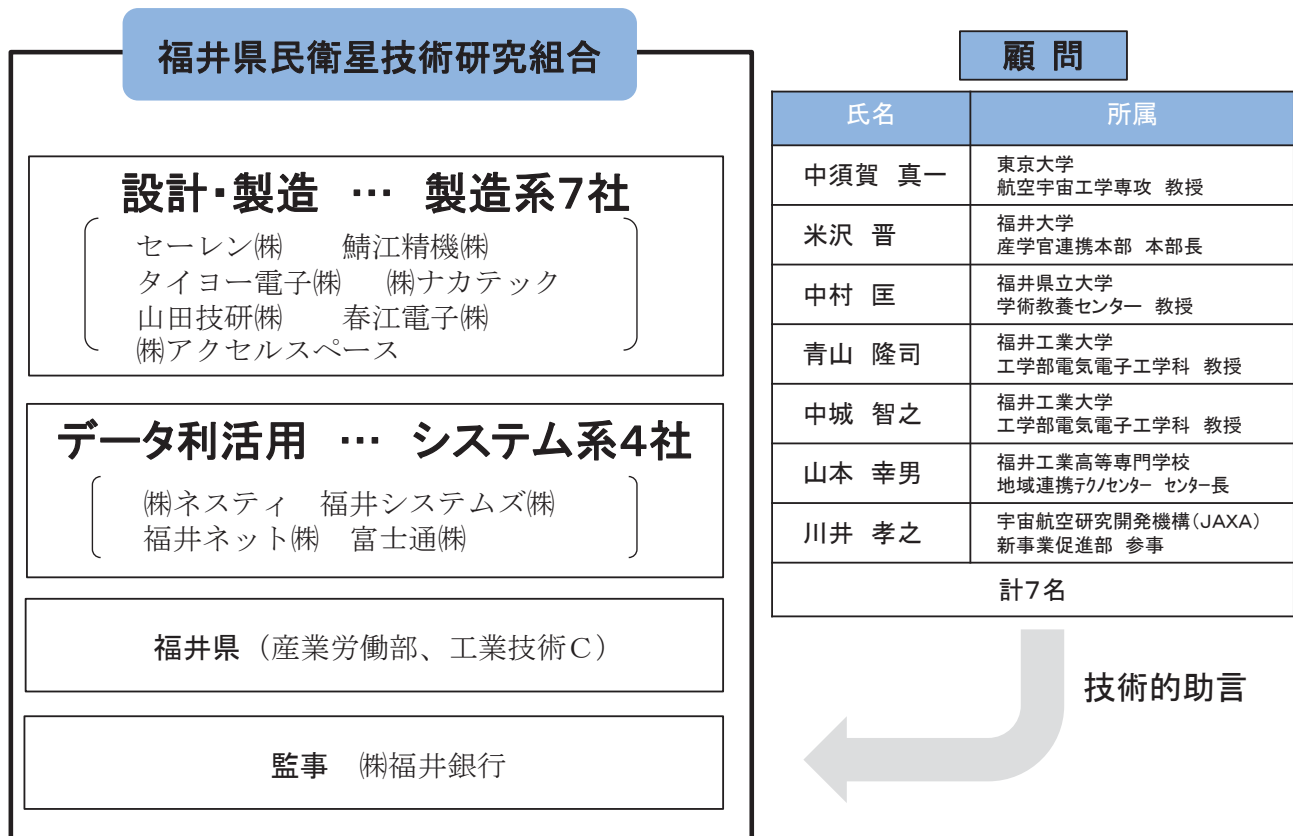
- ①超小型人工衛星の製造に関する研究開発
- ②人工衛星から得られるデータの利活用方策の検討を行い、システム開発に関する研究開発

■事業計画

	平成28年度	平成29年度～
超小型人工衛星の製造に関する研究開発	○基本設計	○詳細設計 ○製造、環境試験 ○技術実証
人工衛星データ活用に必要な研究開発	○利活用方策検討	○画像差分、マッピング、地図情報等の要素技術を組み合わせた技術開発

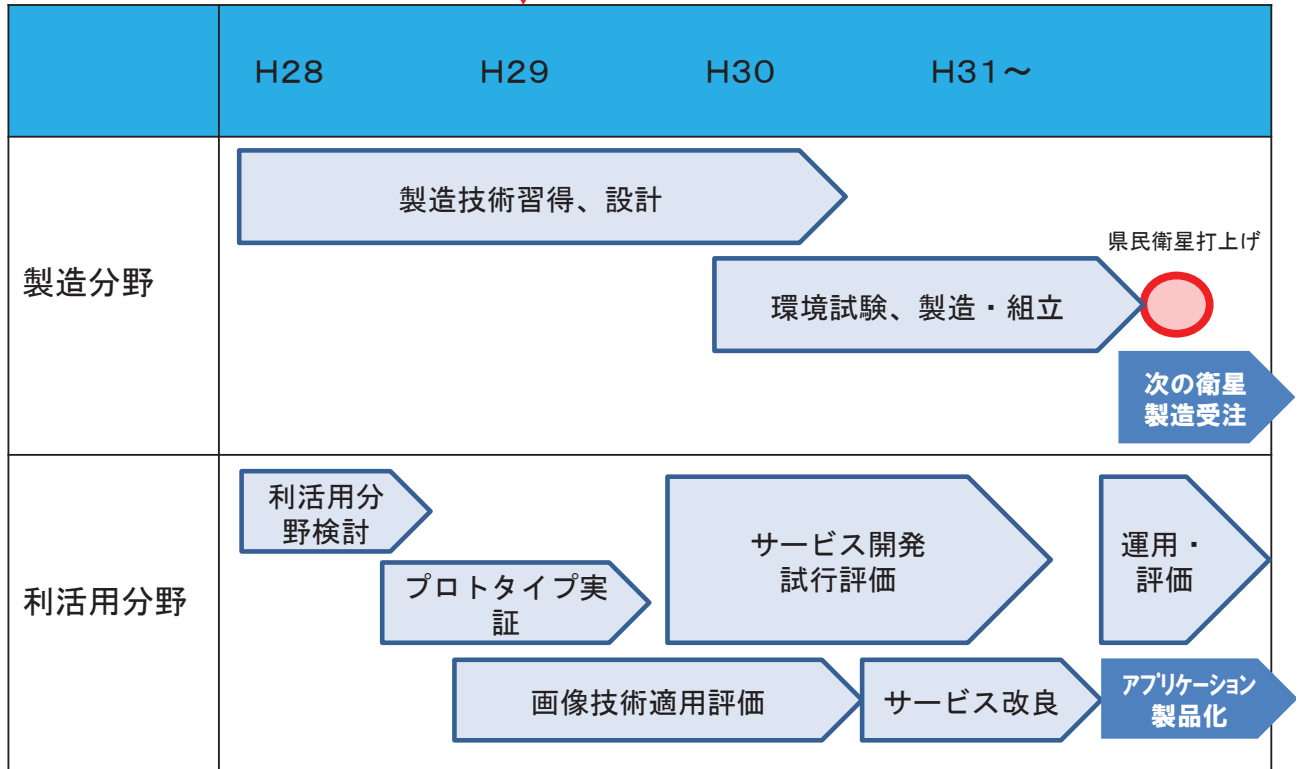
4

■組織体制



5

県民衛星プロジェクト(ロードマップ)



6

県民衛星の仕様 (予定)



サイズ：60cm × 60cm × 80cm
重量：100kg

項目	スペック	
地上分解能	パナクロマティック2.5m マルチスペクトル:5.0m	
撮影幅	>57km	
バンド	パナクロマティック 青 緑 赤 レッドエッジ 近赤外	450-900[nm] 450-505[nm] 515-585[nm] 620-685[nm] 705-745[nm] 770-900[nm]
同一地点再訪頻度	7日に1回程度。アクセルスペース社が別に打上げる3機と連携することで、3~4日に1回に向上。	

車を認識可能な2.5mの地上分解能を持つ望遠鏡を2機搭載。一度に57km以上の撮影幅を実現

7

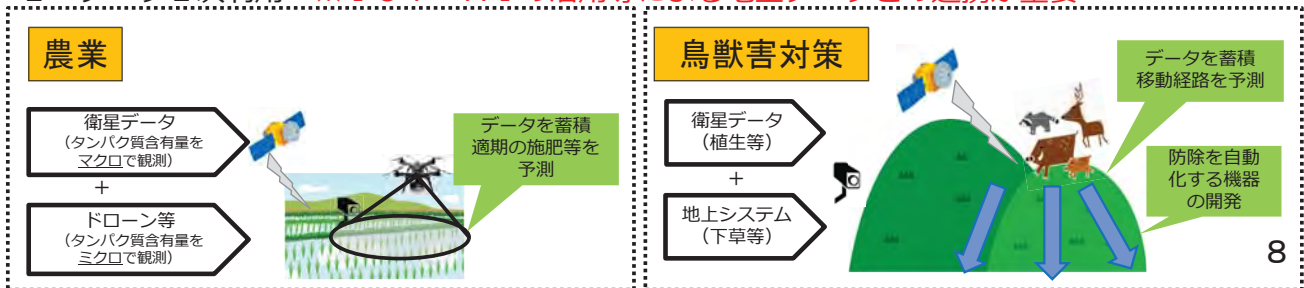
県民衛星データ利活用の検討候補

1 データ1次利用

- ・平地からは監視が困難な観察ポイントを定期的に確認
- ・同ポイントにおける変化を観測

“山” を見る	<ul style="list-style-type: none"> ■砂防指定地の管理 <ul style="list-style-type: none"> ・堰堤の土砂堆積状況、土砂崩れ等発生状況の把握 ■森林の管理 <ul style="list-style-type: none"> ・保安林内等での開発行為、不法投棄等を監視 ・林野火災等山林被害の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・行政パトロールの広域化 ・被害状況の全容と経過の把握による災害対応力の強化
“河”“海”を 見る	<ul style="list-style-type: none"> ■河川の管理 <ul style="list-style-type: none"> ・違法係留船等の監視 ■海岸の管理 <ul style="list-style-type: none"> ・汀線等の侵食状況の確認 ■海域の監視 <ul style="list-style-type: none"> ・漂流物、藻場、赤潮の監視 	
“まち” を見る	<ul style="list-style-type: none"> ■土地や建物の状況確認 <ul style="list-style-type: none"> ・建築確認が必要な建築物の状況確認 ■公共工事の進捗状況の見える化 	<ul style="list-style-type: none"> ・確認業務の適正運用

2 データ2次利用 ※ I O T ・ A I の活用等による地上データとの連携が重要



ふくい宇宙産業創出研究会

【設 立】平成27年9月24日

【会員数】設立時：21企業＋2金融機関・1大学

現 在：49企業＋2金融機関・2大学(H29.8.31)

【会 長】セーレン(株) 山田英幸取締役(H28.12.27就任)

【事務局】工業技術センター

【活 動】

- ・宇宙関連産業に関する調査、研究、情報収集、発信
- ・先端的ニーズ等提供と企業シーズ技術のマッチング
- ・次世代人工衛星に求められる技術的要素に関する共同研究

など

ふくい宇宙産業創出研究会の活動状況①

○人工衛星設計基礎論（平成27年12月～28年1月）

日 程：平成27年12月27日（日）～29日（火）

平成28年1月9日（土）～10日（日） 計5日間

場 所：工業技術センター講堂

講 師：東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻教授 中須賀 真一氏

参加者：15企業29名

○人工衛星製造実地研修（平成28年5月～）

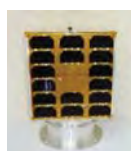
実施日	場所	内容	参加者数
H28.5.23～5.27	東京大学	EM電気性能試験・組立	7名
H28.5.30～6.17	埼玉県産業技術総合センター	EM環境試験	4名
H28.6.27～7.8	東京大学	FM電気噛み合わせ・組立	5名
H28.10.17～11.4	東京大学	FM環境試験	2名
H29.4.10～4.28	東京大学	部材評価技術習得 システムレベル開発設計	7名

10

ふくい宇宙産業創出研究会の活動状況②

○部材開発等ワーキンググループの設置（平成28年7月～）

ワーキンググループ	研究課題等	進捗状況
WG1 構造(筐体)	耐熱設計、振動解析、筐体設計、 難加工材処理等	実習衛星の構造解析実習の開催 30cm立方の衛星の設計・試作 組立・振動試験の実施
WG2 電気・通信系	電力分配制御、通信信頼性確保 制御アルゴリズム等	回路図設計完了 基板製作し性能確認 通信実験実施(7kmの画像伝送成功)
WG3 要素技術研究	アンテナ、各種センサ、 姿勢制御、カメラ等	姿勢制御方法、環境試験方法等調査 (構造解析結果に基づき、振動試験実施) 低軌道衛星追尾用の可搬型システムを開発
WG4 先端宇宙技術研究	宇宙産業全体	宇宙服等検討



実習衛星モデル筐体外観

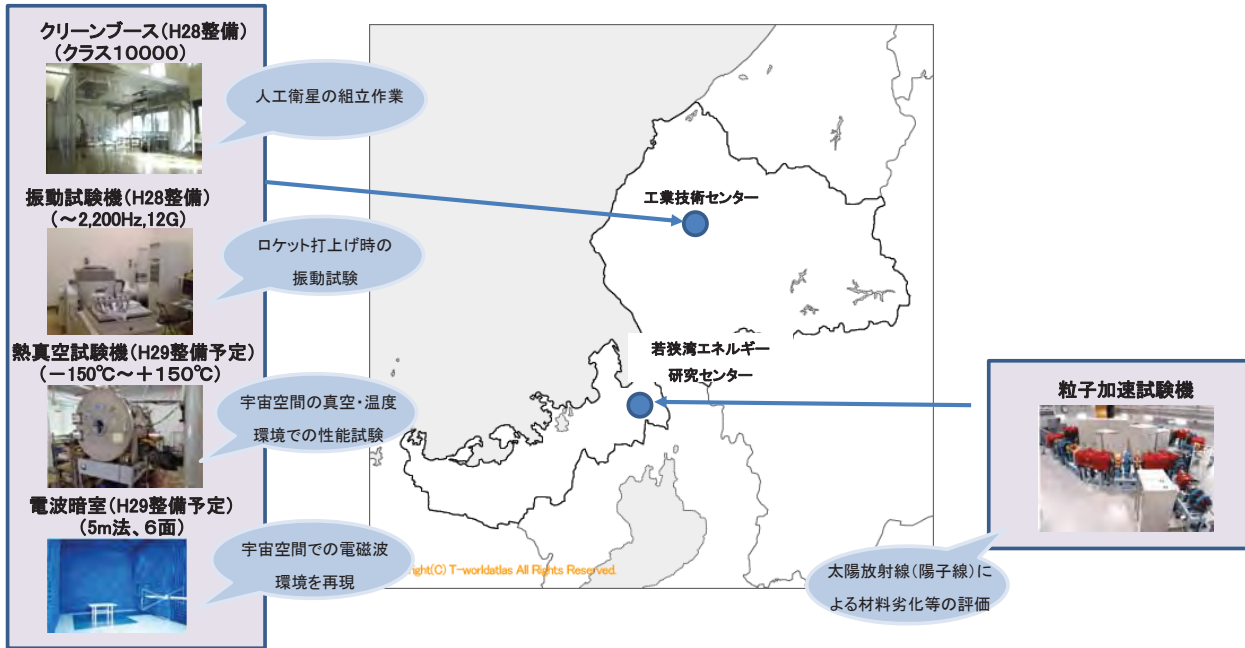


実習衛星モデル構成イメージ

11

小型人工衛星製造拠点化の取組み

国・大学・企業が超小型衛星の開発を精力的に進めており、本県のものづくり企業の強みを活かして、本県が日本における超小型衛星の生産拠点になることを目指しており、振動試験や熱真空試験等の宇宙での動作を保障する様々な環境試験の整備を進めている。



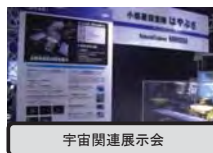
第32回宇宙技術および科学の国際シンポジウム(ISTS)福井開催の概要

(The32nd International Symposium on Space Technology and Science in FUKUI)

- ・国内外の宇宙分野の研究者が一堂に会し、研究発表等を行う国際シンポジウム
- ・昭和34年(1959年)以降、これまで31回開催(隔年)

- 主催 (一社)日本航空宇宙学会、宇宙技術および科学の国際シンポジウム組織委員会 特別協力: 福井県、福井市
- 日程 平成31年6月15日(土)~21日(金)(7日間)
- 開催内容 講演会、学術セッション、展示会、テクニカルツアー、地元主催事業(予定)

(地元主催事業のイメージ)



- 参加者数 約1,000人(実数) 約4,000人(開催期間のべ)
- 会場 アオッサ、ハピリン、国際交流会館など(想定)

〔参考〕近年の開催実績

回	開催時期	開催地	参加人数 (うち海外)
第29回	平成25年6月2日 ~6月9日(8日間)	愛知県名古屋市 名古屋国際会議場	1,072人 (185人)
第30回	平成27年7月4日 ~7月10日(7日間)	兵庫県神戸市 神戸コンベンションセンター	1,505人 (533人)
第31回	平成29年6月3日 ~6月9日(7日間)	愛媛県松山市 ひめぎんホール	速報値 1,081人 (278人)

このページは故意に空白にしている

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会
第3回研究会

超小型衛星ベンチャー企業の小型衛星
周波数利用の実績

2017/11/27

宇宙技術開発株式会社

1

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

—報告内容—

1. 衛星利用について

- ・ 衛星利用・目的
- ・ 周波数計画

2. 周波数調整特に苦労したこと

3. 衛星通信用UHF帯について

2

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

1. 衛星利用について

3

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

～衛星利用・目的～

【主要】リモートセンシング業務

↳ **【重点】データサービス**

【計画】衛星群の整備

- ◆ **打ち上げ機会**
世界的にマルチロンチが増加
1回で100機程度打ちあがるケースもあり
- ◆ **リモートセンシング**
衛星とドローンは補完関係にあると考える

4

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

＜日本の小型衛星におけるUHF帯の利用背景＞

大学による小型衛星計画が始められた当初は教育の観点
が大きく、アマチュア業務の周波数が用いられていた。

大学発
ベンチャー企業

- ◆ その延長としてUHF帯の非アマチュア周波数帯を主に使用
- ◆ 欧米でも同様の動きはある
- ◆ 将来S帯等を利用する可能性もある

2. 周波数調整特に苦労した事

No.	苦勞した事など
1	営利企業では運用制約を受けるのは好ましくない。 欲しい周波数が取れない状況も好ましくない。
2	一般的に周波数手続きは面倒であり初心者には困難。
3	大学衛星でも任意の学生が在籍する間に手続きを終了させたいが、スケジュール的に厳しいのが実情であった。
4	ITU調整資料作成等に必要なITUソフトウェアについても当初は使い方がわからず大変だった。

<改善状況>

- ◆ 10年ほど前に総務省から周波数手続きに関するガイダンスが公表され分かりやすくなった。
- ◆ ITUソフト等関連するマニュアルを総務省が整備、公表以降便利になった。

3.衛星通信用UHF帯について

No. 衛星通信用UHF帯について

- 1 非アマチュア用のUHF帯(ダウンリンク)については2次業務であり、地上系との調整が厳しく使い勝手が悪い。
- 2 アマチュア周波数帯は混信が多く、特に日本では週末の深夜くらいしかまともに運用できない印象である。

No. 衛星通信用UHF帯の国際的な動向

- 1 ITU-R Study Group 7は宇宙機関、官庁主体の会合であると考える。
- 2 欧米の一部の国では周波数の新規割り当ての動きがある。
- 3 **米国ベンチャー企業でもUHF帯を使用しており、NASA/FCCと調整を随時行っている。**

◆ ITU-R研究会では、宇宙機関・気象機関の参加者が多く、小型衛星関係者の影響力は小さい。例えば、米国ベンチャー企業はオブザーバとして参加していたが、発言権は無いなど、各国により事情は異なる。今後は、このような場で小型衛星のプレゼンスを高めていくことが課題である。

このページは故意に空白にしている

～ 小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会（第3回）～
CE-SATシリーズに係わる周波数調整への取り組みについて

平成29年11月27日

キヤノン電子株式会社
衛星システム研究所 第一開発部
田中 聖康

CANON ELECTRONICS INC.

1

内容

- キヤノン電子の衛星利用について
- 国際周波数調整への対応
- 無線局免許申請への対応
- 周波数対応の悩み、解決への提案
- 結言

CANON ELECTRONICS INC.

2

キヤノン電子の衛星利用について

- 第一フェーズ（CE-SAT-I 打上と実証）
 - 技術力底上げ、士気向上
 - 優秀な人材の獲得
 - 内製ミッション機器・OBC等の軌道上実証（望遠鏡 Φ~400mm）
 - 観測データ提供

2017年6月23日打上（PSLV-C38）
地球探査衛星業務、実用局申請
光学観測： 1mGSD, 広域カメラ
（ポスターの背景は広域カメラにて撮影）
小型（マイクロ級）50x50x80[cm], 65[kg]
太陽同期軌道 ~505[km]

- 第二フェーズ、それ以降
 - 内製コンポーネント・衛星バスの軌道上実証
 - 高解像・高頻度地表観測、データ提供



CE-SAT-I
CANON ELECTRONICS INC. SMALL SATELLITES ONE

Just
Getting
Started.....

Trusted Everywhere

Canon CANON ELECTRONICS INC.

Shape the future
with us!

CANON ELECTRONICS INC.

3

内容

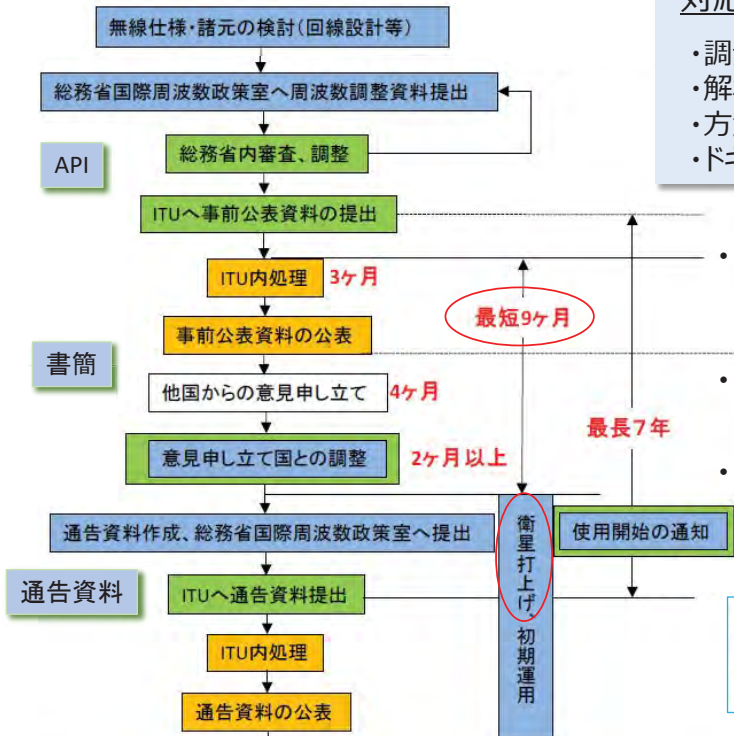
- キヤノン電子の衛星利用について
- 国際周波数調整への対応
- 無線局免許申請への対応
- 周波数対応の悩み、解決への提案
- 結言

CANON ELECTRONICS INC.

4

国際周波数調整の手続き (通告・打上げの時期は何で決まるか)

小型衛星の国際周波数調整の手続き



対応力が時期を決める

- ・調査 (相手衛星網諸元、他)
- ・解析 (与干渉解析、他)
- ・方針策定 (与干渉回避方針、他)
- ・ドキュメント化 (書簡、解説、根拠、他)

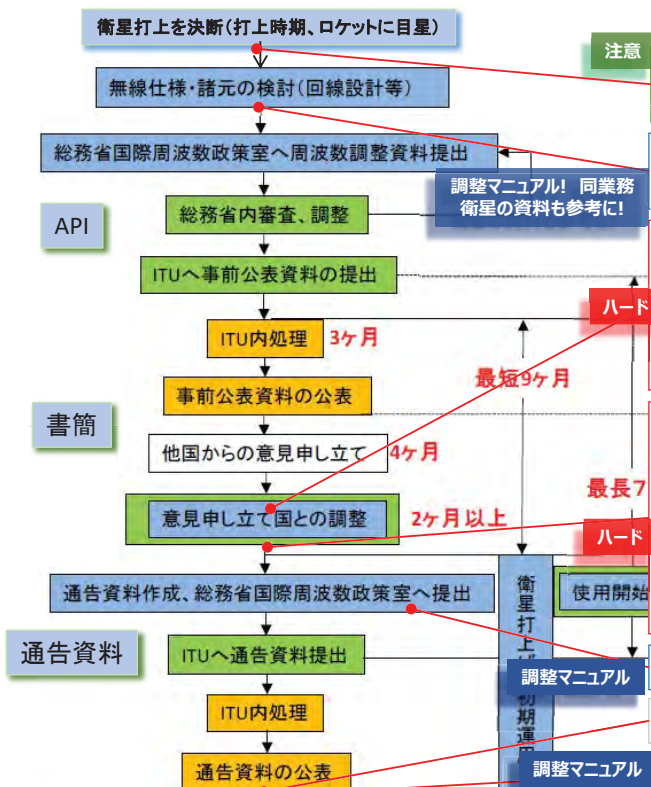
・ API提出(to ITU)～打上まで9カ月となるのは、理想的な場合（他国との調整が全て完了した等）に限られます

・ 小型衛星が9カ月で上げられた例はおそらく無いと思います。

・ 「通告」や「打上」に向けては、様々な対応が求められます。

抜粋：総務省、<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/freq/process/freqint/001.pdf> (2016-3-31), p. 8, ただし、アマチュア無線の部分を削除

国際周波数調整の対応 (注意点、手がかかる点)



実施した対応 (弊社例)

注意
国際周波数政策室様への事前の連絡
事業目的・スケジュール説明、申請予算確保のお願い

API申請資料、地球局調整資料作成に向けた
専門ツール(ソフト)や、略語・単位系等の理解

書簡対応
・他国書簡解説
・相手通信網調査 (API/A, CR/C, Part II-S)
・与干渉技術解析の実施判断、実施
・回答書簡の総務省様への提出・審査対応

通告に向けた対応
・国際調整の状況に関する資料の作成・提出
・調整完了・未完了の選別
・調整未完了のすべてについて以下実施
・与干渉懸念有・無の選別
(諸元不明の衛星網はワースケース想定技術解析)
・運用による与干渉回避方針の策定

通告書類対応 (資料作成方法はAPIと同じ)

衛星打上

調整マニュアル 使用開始通知

抜粋：総務省、<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/freq/process/freqint/001.pdf> (2016-3-31), p. 8, ただし、アマチュア無線の部分を削除

書簡、及び通告に向けた対応（作業量と成果）

通告対応は手がかかりますが、衛星運用時の干渉問題を事前に予測し、回避するために必要です。

項目	件数（弊社例）
調整相手国	22か国
相手衛星網諸元の詳細調査数 (API/A, CR/C, Part II-S, BIU)	350衛星網分 以上
与干渉技術解析（静止衛星網）	112 回線分
与干渉技術解析（周回衛星網）	~20 回線分
与干渉回避運用方針の検討と資料化	12 衛星網
作成したドキュメント	~170ページ (A4)
概算工数 書簡対応・調整状況資料作成の部分だけ	~120 日/人（~4か月/人）

上記対後、通告の申請を行い無事登録されました

小型衛星の国際周波数調整に関する情報

相談先：

総務省 総合通信基盤局 電波部
電波政策課 国際周波数政策室

周波数調整の支援サービス：

SED社(宇宙技術開発株式会社) 様

技術等情報：

- ・調整マニュアル（右） 国際周波数政策室様
- ・BR IFIC
- ・ITU-R 各種 Series
- ・Radio Regulations



内容

- キヤノン電子の衛星利用について
- 国際周波数調整への対応
- 無線局免許申請への対応
- 周波数対応の悩み、解決への提案
- 結言

国内無線局免許申請の手続きと対応（人工衛星局、地球局）

実施した対応（弊社例）
（多くの対応は申請前に実施）

抜粋:「実験用・商用周波数帯を用いる 実験用・商用周波数帯を用いる 衛星の免許手続きについて」,
<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/freq/process/zikenyou.pdf>, 総務省

基幹・衛星移動通信課様への事前の相談、目的・スケジュール等の説明。
申請の1年以上前に実施 注意

無線設備の検査・点検基準の把握
設備規則、告示 平17第1228号
スプリアス、帯域外領域、安定度等

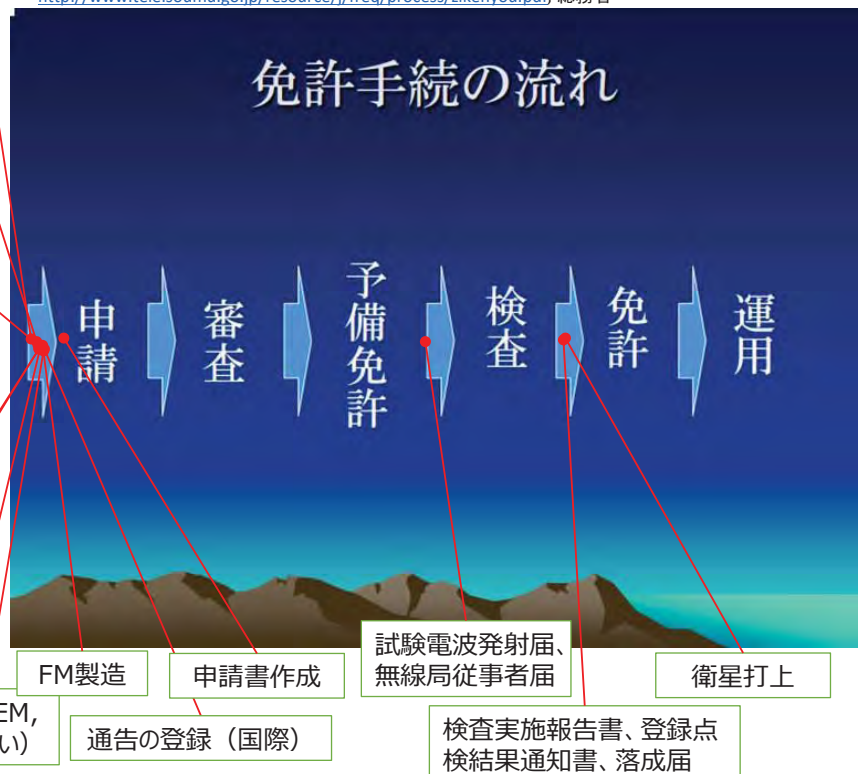
無線設備（EM, 地球局設備）の
設計・選定

事前の申請書の作成と提出。
免許申請書、無線局事項書、工事
設計書、その他添付資料

国内事業者との調整（調整会議、
与干渉技術解析）→ **合意書（予
備免許に必要）**

登録検査等事業者（民間から）の選
定、検査の測定方法の確認

登録検査等事業者による人工衛星局EM,
地球局BBMの模擬点検（必須ではない）



無線局免許申請への対応と成果

無線設備の設計段階からの「電波の質」への適合

- ・ 法に定められた電波の質の基準を調べ、適合するように通信機を設計
- ・ 登録検査等事業者の確認が取れた検査方法で機器を評価
- ・ 測定器も法定点検本番と同じ装置を用いる

国内事業者間調整における信頼関係の構築

- ・ 対応力が試される（対応が悪い相手と調整合意はしたくない）
（先方からの問い合わせへの的確な回答、調整会議における決定事項の順守）

その他、高度な対応

- ・ 申請諸元決定： 官庁の審査後の訂正（再審査）は避けたい（根拠のあるゆとり幅を設定）
- ・ 多彩な能力： 法律の知識、登録検査等事業者との技術的折衝、総務省担当官との対応
- ・ 作業の量： 申請資料、諸元の根拠資料等の作成（A4 100ページ程度の量）

上記対応により、オンスケジュールで免許をいただき、衛星運用を開始できました

国内無線免許に関する情報（人工衛星局、地球局）

相談先：

総務省

- ・ 総合通信基盤局 電波部 基幹・衛星移動通信課
- ・ 総合通信局

支援・法的技術的助言：

SED社(宇宙技術開発株式会社) 様
登録検査等事業者様（人工衛星局、地球局）

技術情報：

- ・ 電波法
- ・ 総務省ホームページ（人工衛星）
「人工衛星の無線局及び地球局の開設マニュアル」

内容

- キヤノン電子の衛星利用について
- 国際周波数調整への対応
- 無線局免許申請への対応
- 周波数対応の悩み、解決への提案
- 結言

周波数対応の悩み、解決への提案（小型衛星の現場の声への対応）

周波数対応をどう進めていいかわからない

打上げまでに調整がまとまるか不安だ

打上げ直前の法定点検に合格できるか不安だ

手続きが多くて覚えていられない

調整業務のため、研究開発に手が回せない

調整業務の印象

- 高度な対応 … 難しい
 - ・ 担当官への説明、意思疎通
 - ・ ITUツール、解析方法の習得
 - ・ 調査量、作成する資料の多さ
 - ・ 法を正しく理解し実行する
- 長期の束縛 … 苦しい

- 支援サービスをご検討ください（積極的な支援に向けご相談を）
- 私共は周波数利用に関し、一步踏み込んだ提案を検討しています

国際周波数枠の組織的な利用（案）

弊社国際周波数枠の一時貸出、共同利用（案）（科学技術の進展、産官学協調）

- ・ CE-SAT-I運用終了後の周波数枠
- ・ ISS軌道（極低軌道、短期間運用）の周波数枠
- ・ 軌道投入前の周波数枠

申請諸元に適合する搭載通信機・衛星バス・管制ソフト・地球局設備は弊社にご用命いただければ幸いです。

このような利用の枠組みが構築可能か、今後関係各所と議論を進めていきます。

(気になっている点)

- ・ 「公共の電波」の精神に沿っているか
- ・ 開設の基準、「免許人以外の者の使用に供するものではないこと」に則っているか、など

結言

国際周波数調整、無線局免許申請は、高度で地道な対応が求められますが、総務省の担当官様の助言や調整マニュアル等の整備された情報、経験豊富な支援サービスの利用により、解決できると思います。

私どもは、国際周波数枠の組織的利用の提案・検討や、衛星バス・光学ミッション機器、その他コンポーネント開発等を通じて、小型衛星のさらなる利用促進を目指しています。

国際周波数調整の経験 (JAXAの事例)

平成29年11月27日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
周波数管理室

画像:平成29年度 ロケット打上げ計画書 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) / 超高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) / H-IIAロケット37号機(H-IIA-F37)
JAXAホームページ http://www.jaxa.jp/press/2017/10/mes/20171027_h2a37_j.pdf

1. 周波数の選定、国際調整の経験
2. 周波数の国際調整の事例
(気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C))

1. 周波数の選定、国際調整の経験

(1) JAXAにおける周波数の選定

- ・過去の衛星で使用実績のある周波数を利用することを基本
(国際調整に要する手間の軽減を期待)
 - ・周回衛星では、主に2GHz帯(TT&C)、8GHz帯(データ伝送)
を使用
(科学衛星、探査機(深宇宙)、地球観測衛星)
(将来的には、高分解能観測のALOSシリーズなどの大容量のデータ伝送についてはKa帯への移行を検討中)
- 国際調整の相手国は、約20カ国程度が見込まれる

2

1. 周波数の選定、国際調整の経験

(2) 国際調整について(JAXAにおける例)

- ・国際調整は、周回衛星では書簡が基本。
対面(二国間調整会議など)での調整も実施。
(ロシアとは、対面での調整になる(書簡への返答が来ないため))
- ・他国からのすべての書簡に対して回答を送付
- ・個別の調整方針、対処方法は、衛星網ごと、相手国毎に異なる。
(詳細諸元(使用周波数の限定)や運用時間での調整など)

3

1. 周波数の選定、国際調整の経験

(3) 国際調整での実例

- ・衛星の諸元(周波数、帯域幅、変調方式など)の決定までに時間を要してしまい、事前公表資料の提出等が遅くなる。
(その結果、国際調整、国内免許取得がタイトなスケジュールになってしまう)
- ・事前公表資料、調整資料の作成には、ITUの指定ツールを使用するが、使い方にコツが必要で、習熟していないと作成に時間を要する。
- ・国際調整資料での諸元と、(その後の検討などで)国内無線局免許申請の諸元が異なってしまうことがあり、国際調整の範囲内に収める必要がある。
(国内無線局免許申請も考慮した上で国際調整を行う必要)

4

1. 周波数の選定、国際調整の経験

(3) 国際調整での実例(続き)

- ・JAXAでは、周回衛星については、今まで被干渉(他衛星からJAXA周回衛星への干渉)を許容(影響が少なかったため)しており、与干渉についての調整だけで済ませていたが、被干渉での影響も考慮する必要があるため、調整に要する手間(干渉検討など)の増加が見込まれている。
- ・その他、国内衛星事業者や、地上系の無線局との間での調整(周波数共用など)を行う場合がある。

5

2. 周波数の国際調整の事例(「しきさい」(GCOM-C))

(1) 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)の概要

目的: 「しきさい」は、地球の温暖化など気候変動の監視や気候変動メカニズムを解明するため、大気、海洋、陸、雪氷といった地球環境をグローバルかつ継続的に観測することを目的としている。「しきさい」は、多波長光学放射計(SGLI)を搭載し、雲、エアロゾル(大気中のちり)、海色、植生、雪氷などを観測する。

予定軌道: 太陽同期準回帰軌道
軌道高度: 約 798km
軌道傾斜角: 約 98.6度
降交点通過地方太陽時: 10時30分±15分
周期: 約 101分

設計寿命: 5年以上
打上げ時質量: 約2トン
寸法: 2翼式太陽電池パドルを有する箱型
収納時: 高さ約 4.6m × 幅約 3.1m × 奥行約 2.5m
(太陽電池パドル両翼端間: 約 16.5m)

電力: 約 4.0 kw (軌道上5年後の発生電力)
ミッション機器: 多波長光学放射計(SGLI)
・可視・近赤外放射計部(VNR)
非偏光観測(11ch)、分解能250m、走査幅1150km
・赤外走査放射計部(IRS)
短波長赤外観測(SWI:4ch)、分解能250m/1km、走査幅1400km
遠赤外観測(TIR:2ch)、分解能500m、走査幅1400km



「しきさい」軌道上外観図

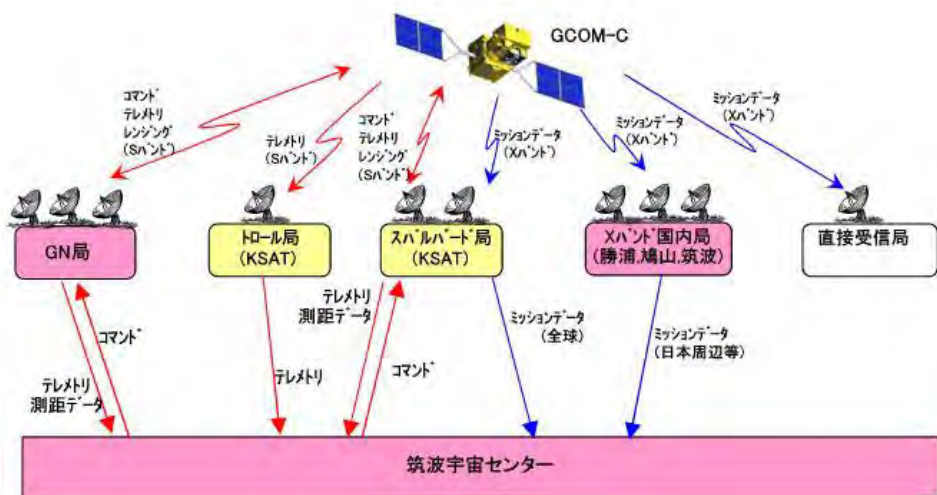
出典: 平成29年度 ロケット打上げ計画書 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) / 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) / H-II Aロケット37号機(H-II A・F37) JAXAホームページ http://www.jaxa.jp/press/2017/10/files/20171027_h2af37_j.pdf

2. 周波数の国際調整の事例(「しきさい」(GCOM-C))

(2) 「しきさい」(GCOM-C)の国際調整資料の概要

国際調整資料(ファイリング)上の衛星名称: GCOM-C1

使用周波数(帯域幅)
アップリンク: 2.0GHz帯 (コマンド、レンジング)
ダウンリンク: 2.2GHz帯 (テレメトリ、レンジング)
8GHz帯 (ミッションデータ)



出典: ITU回章(IFIC: International Frequency Information, Circular) 掲載の事前公表資料API/A/7884、ほか

2. 周波数の国際調整の事例(「しきさい」(GCOM-C))

(3) 国際調整に要した年月

国際調整手続き

国内免許手続き等

2008年 プロジェクト発足 (過去のJAXA衛星の使用実績を前提に周波数を選定)	
2010年3月 JAXA内において国際調整の実施決定	
2012年4月 事前公表資料を総務省に提出 総務省からITU BRへ送付	
同年6月 ITU BR受付	
同年9月 IFIC掲載	
2017年3月 通告資料を総務省に提出	
同年4月 ITU BR受付	
同年6月 IFIC掲載	
(打上げ後) 使用開始通知を総務省経由で ITU BRへ提出予定	
	2014年 総務省へ無線局免許の相談開始
	2016年 総務省へ相談(打上げ1年延期)
	2017年5月 無線局免許申請書を提出 (関東総合通信局)
	2017年9月 予備免許付与 落成検査(総合検査以外)
	2017年12月 打上(予定) (打上げ後) 総合検査(予定)、本免許(見込み)

8

2. 周波数の国際調整の事例(「しきさい」(GCOM-C))

(4)「しきさい」(GCOM-C)における国際調整

・事前公表資料に対して、20カ国程度から書簡等でのクレームを主管庁(総務省)が受領。JAXAで内容を検討し、検討結果を基に、相手国衛星通信網等への影響がない旨などの回答書簡を主管庁(総務省)から相手国に発出した。

・現在は、当方にアクションアイテムがない状況(すべての書簡に対して回答を送付済)。

9



資料 5

報道発表資料

このページは故意に空白にしている



▶ご意見・ご提案 ▶ English

Google



[総務省トップ](#) > [組織案内](#) > [地方支分部局](#) > [北陸総合通信局](#) > [報道資料 2017年](#) > 小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会を開催
～ 北陸3県の関係者が情報を共有、周波数の国際調整に必要なノウハウを学ぶ ～

報道資料

平成29年6月20日

北陸総合通信局

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会を開催 ～ 北陸3県の関係者が情報を共有、周波数の国際調整に必要なノウハウを学ぶ ～

総務省北陸総合通信局(局長 吉武 久(よしただけ ひさし))は、北陸3県で小型衛星の打ち上げを計画している関係者、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、情報通信研究機構(NICT)を構成員とする「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」を開催します。

北陸3県では、平成30年度に金沢大学と福井工業大学がそれぞれ宇宙観測・研究、産業育成・観光文化振興を目的として、平成31年度に福井県民衛星技術研究組合が宇宙産業創出育成・企業の技術力向上を目的として、小型衛星の打ち上げを計画しています。

衛星はデバイスの開発や取得データの利活用など裾野が広く様々な分野への波及効果も期待されます。このため、研究会では北陸3県で小型衛星の打ち上げを計画している関係者間で衛星の利用目的や計画について情報共有を図ります。

一方、衛星の打ち上げには混信を避けるため予め使用する電波の周波数を他国と調整する必要があります。このため、衛星の周波数調整を専門とするコンサルタントに参加してもらい、周波数の調整を円滑にするには小型衛星の使用電波の周波数帯、運用地域などをどのように決めていけばよいかケーススタディをします。

JAXAからは国内での小型衛星の利用動向、NICTからは自らの小型衛星の利用事例を踏まえた助言をいただく予定です。これらの結果は事例集・ノウハウ集として平成30年3月までに報告書にとりまとめ公表します。

1. 日時 平成29年6月27日(火) 13時30分～
2. 場所 北陸総合通信局 会議室
(石川県金沢市広坂2-2-60 金沢広坂合同庁舎6階)
3. 構成員 [別表のとおり](#)

(6月23日追記)

別表 構成員名簿の【オブザーバー】の氏名に誤記がありましたので訂正しました。

訂正後 高井 郁大(たかい いくひろ)

訂正前 高井 郁夫(たかい いくお)

4. 第1回研究会の主な内容
 - (1)開催趣旨の確認、開催要綱の承認、座長選出
 - (2)JAXAから超小型衛星の最近の動向の説明
 - (3)金沢大学から超小型衛星の打ち上げ・利用計画の進捗状況の説明
 - (4)総務省国際周波数政策室から小型衛星の国際周波数調整の説明
 - (5)意見交換

<取材についてのお願い>

第1回研究会の取材は、会の冒頭から「(4)総務省国際周波数政策室から小型衛星の国際周波数調整の説明」までとさせていただきます。

別表

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会 構成員名簿

(敬称略・五十音順)

氏名	主要現職
【構成員】	
小熊 博 (おぐま ひろし)	富山高等専門学校 電子情報工学科 教授
小出 孝治 (こいで たかはる)	宇宙航空研究開発機構(JAXA) 周波数管理室 室長
小杉 裕昭 (こすぎ ひろあき)	福井大学 産学官連携本部 客員教授
鈴木 健治 (すずき けんじ)	情報通信研究機構(NICT) ワイヤレスネットワーク総合研究センター 宇宙通信研究室 主任研究員
中城 智之 (なかじょう ともゆき)	福井工業大学 電気電子工学科 教授
牧野 滋 (まきの しげる)	金沢工業大学 電子情報通信工学科 教授
八木谷 聡 (やぎたに さとし)	金沢大学 理工研究域 電子情報学系 教授
米徳 大輔 (よねとく だいすけ)	金沢大学 理工研究域 数物科学系 教授
【オブザーバー】	
笠原 禎也 (かさばら よしや)	金沢大学 総合メディア基盤センター 教授
高井 郁大 (たかい いくひろ)	北陸経済連合会 事務局長
西澤 弘純 (にしざわ ひろずみ)	福井県民衛星技術研究組合 事務局長

下線部分 平成29年6月23日誤記訂正

連絡先

無線通信部企画調整課
担当: 鈴木、辻
電話: 076-233-4470

[▶ ページトップへ戻る](#)

| [▶ サイトマップ](#) | [▶ プライバシーポリシー](#) | [▶ 当省ホームページについて](#) |



総務省

Ministry of Internal Affairs
and Communications

© 2009 Ministry of Internal Affairs and Communications All Rights Reserved.



▶ご意見・ご提案 ▶English

Google



[総務省トップ](#) > [組織案内](#) > [地方支分部局](#) > [北陸総合通信局](#) > [報道資料 2017年](#) > 「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第2回)」を開催～先行事例から学ぶ小型衛星の利活用～

報道資料

平成29年10月25日

北陸総合通信局

「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第2回)」を開催 ～先行事例から学ぶ小型衛星の利活用～

総務省北陸総合通信局(局長 濱島 秀夫(はましま ひでお))は、「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第2回)」を下記のとおり開催します。

記

1. 日時 平成29年10月2日(月) 13時30分～
2. 場所 北陸総合通信局 会議室
(石川県金沢市広坂2-2-60 金沢広坂合同庁舎6階)
3. 主な内容
 - (1) 超小型衛星の打ち上げ・利用計画の進捗状況(福井工業大学)
 - (2) 東京大学の超小型衛星プロジェクト、打ち上げの実績(宇宙技術開発(株))
 - (3) 小型衛星の無線局免許に向けての国内調整(総務省基幹・衛星移動通信課)
 - (4) 小型衛星が使用する周波数選定のケーススタディー(宇宙技術開発(株))
 - (5) 意見交換

<取材についてのお願い>

取材は、会の冒頭から「(4) 小型衛星が使用する周波数選定のケーススタディー(宇宙技術開発(株))」までとさせていただきます。

【関係報道資料】

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会を開催(平成29年6月20日 北陸総合通信局発表)

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokuriku/press/2017/pre170620.html>

連絡先

無線通信部企画調整課
担当:鈴木、辻
電話:076-233-4470

| [▶ サイトマップ](#) | [▶ プライバシーポリシー](#) | [▶ 当省ホームページについて](#) |



総務省

Ministry of Internal Affairs
and Communications

© 2009 Ministry of Internal Affairs and Communications All Rights Reserved.



▶ご意見・ご提案 ▶English

Google



[総務省トップ](#) > [組織案内](#) > [地方支分部局](#) > [北陸総合通信局](#) > [報道資料 2017年](#) > 「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第3回)」を開催～打ち上げ実績から習得する小型衛星の利活用・周波数調整～

報道資料

平成29年11月20日

北陸総合通信局

「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第3回)」を開催 ～打ち上げ実績から習得する小型衛星の利活用・周波数調整～

総務省北陸総合通信局(局長 濱島 秀夫(はましま ひでお))は、「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第3回)」を下記のとおり開催します。

記

1. 日時 平成29年11月27日(月) 13時30分～
2. 場所 北陸総合通信局 会議室
(石川県金沢市広坂2-2-60 金沢広坂合同庁舎6階)
3. 主な内容 ※平成29年11月22日に、(2)、(3)を訂正しました。

- (1) 福井県民衛星プロジェクト取り組み概要(福井県民衛星技術研究組合)
- (2) 超小型衛星ベンチャー企業の小型衛星利用の実績(宇宙技術開発(株))
- (3) 衛星利用と周波数調整への取り組み(キヤノン電子(株))
- (4) 国際周波数調整の経験(宇宙航空研究開発機構(JAXA))
- (5) 意見交換

<取材についてのお願い>

取材は、会の冒頭から「(4)国際周波数調整の経験(宇宙航空研究開発機構(JAXA))」までとさせていただきます。

【関係報道資料】

・小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(第2回)を開催～先行事例から学ぶ小型衛星の利活用～(平成29年9月25日 北陸総合通信局発表)

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokuriku/press/2017/pre170925.html>

・小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会を開催～北陸3県の関係者が情報を共有、周波数の国際調整に必要なノウハウを学ぶ～(平成29年6月20日 北陸総合通信局発表)

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokuriku/press/2017/pre170620.html>

連絡先

無線通信部企画調整課

担当:鈴木、辻

電話:076-233-4470

[▶ ページトップへ戻る](#)

| [▶ サイトマップ](#) | [▶ プライバシーポリシー](#) | [▶ 当省ホームページについて](#) |



総務省
Ministry of Internal Affairs
and Communications

© 2009 Ministry of Internal Affairs and Communications All Rights Reserved.

このページは故意に空白にしている

資料 6

研究会の実施結果

このページは故意に空白にしている

「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」第1回会合を開催 ～ JAXA、金沢大学、総務省がプレゼン～



研究会の様子

総務省北陸総合通信局（局長 吉武 久）は平成29年6月27日（火）、
「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」第1回会合を開催しました。

衛星はデバイスの開発や取得データの利活用など裾野が広く様々な分野への波及効果が期待されます。一方、衛星に使用する電波の混信を避けるため外国と調整する必要があります。このため、研究会では、(1)小型衛星の打ち上げを計画している関係者間で衛星の利用目的、計画を情報共有、(2)小型衛星が使用する電波の周波数帯、運用地域などの決定方法を、来年3月までに報告書として事例・ノウハウを取りまとめて公表します。

会合には金沢大学、福井工業大学など北陸3県で小型衛星の打ち上げを計画している関係者、小型衛星の打ち上げと利用実績がある宇宙航空研究開発機構（JAXA）、小型衛星の研究開発をしている情報通信研究機構（NICT）のほか、オブザーバーとして北陸経済連合会、福井県民衛星技術研究組合から約20名が参加しました。

冒頭、金沢大学の八木谷聡教授が座長に選出され「様々な意見をいただきながら研究会を進め、来年3月までに報告書を取りまとめたい」と挨拶しました。

研究会では4名がプレゼンテーションを行いました。宇宙航空研究開発機構の小出孝治周波数管理室長が、小型衛星に関する最近の動向として昨年6月末時点で日本の24機を含め全世界で530機が運用されていること、公募制度を利用しH-IIAロケットに相乗りすることで民間企業、教育機関などが低廉で小型衛星を打ち上げられることの説明がありました。

金沢大学の総合メディア基盤センターの笠原禎也教授及び同大学数物科学系の米徳大輔教授が、平成30年度打ち上げ予定の超小型衛星は50cm四方の大きさであること、大学の宇宙理工学の教育研究拠点を形成するため平成26年4月から衛星プロジェクトとして作業を進めていることの説明がありました。

総務省国際周波数政策室の安澤徹課長補佐が、衛星の周波数調整は国際連合の専門機関であるITU（国際電気通信連合）で行われること、申請支援ツールがあること、国際調整に最長7年を要することから早めの申請が必要であることの説明がありました。

会合は来年3月までに3回開催し、次回会合は10月を予定しています。



宇宙航空研究開発機構
周波数管理室
小出室長



総務省
国際周波数政策室
安澤課長補佐



座長の金沢大学
八木谷教授



金沢大学
総合メディア基盤センター 笠原教授(上)
理工研究域数物科学系 米徳教授(下)

お問い合わせ先：無線通信部企画調整課
076-233-4470

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会

【構成員】 (敬称略・五十音順)
小熊 博 富山高等専門学校 教授
小出孝治 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
小杉裕昭 福井大学 客員教授
鈴木健治 情報通信研究機構 (NICT)
中城智之 福井工業大学 教授
牧野 滋 金沢工業大学 教授
八木谷聡 金沢大学 教授
米徳大輔 金沢大学 教授

【オブザーバー】
笠原禎也 金沢大学 教授
高井郁大 北陸経済連合会 事務局長
西澤弘純 福井県民衛星技術研究組合 事務局長

「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」第2回会合を開催 ～ 小型衛星の利活用、周波数調整の先行事例を報告 ～



研究会(第2回会合)の様子

総務省北陸総合通信局(局長 濱島 秀夫)は平成29年10月2日(月)、「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会(座長:八木谷 聡 金沢大学教授)」第2回会合を開催しました。

はじめに、福井工業大学の中城智之教授から同大学の「ふくいPHOENIXプロジェクト」について、(1)小型衛星を活用した地球観測を行い地域防災に活用すること、(2)小型衛星とドローンを活用した環境計測農林水産業、宇宙を題材にした地域のイメージアップによる観光文化の発展に利用すること、(3)地域の資源を生かした小型衛星に関する産業を確立して都市と農山村の間にヒト・モノ・カネ・情報の対流を生み出す社会を実現して、移住や企業移転を目的とした、産業育成など地域創生につなげたいこと、(4)平成30年度末に1号機、平成32年度には2号機の打ち上げを計画していることなど説明がありました。



宇宙技術開発(株)
福島マネージャ

宇宙技術開発(株)の福島聡マネージャからは、東京大学における衛星利用や周波数調整事例の聞き取り調査結果について、(1)東京大学は「ほどよし1号」を始め小型衛星の打ち上げの実績があること、(2)小型衛星の目的は主に宇宙研究、宇宙探査などであること、(3)UHF帯はコストは安くなるが低データレートの通信しかできないこと、(4)S帯、X帯は比較的高データレートの通信はできるが高コストで衛星の姿勢を安定させる必要があることの説明がありました。



福井工業大学 中城教授

総務省基幹・衛星移動通信課の郷藤新之助係長からは、小型衛星の無線局免許手続きの必要書類と免許までの流れについて説明があり、特に、周波数は国際調整が必要であることから、早期に総務省との連絡体制を整えていただきたいとの説明がありました。

最後に、宇宙技術開発(株)の福島聡マネージャから、自社で取り扱った事例を基に、小型衛星で使用する周波数には優先順位があり、国の重要無線通信周波数を回避する必要があることの説明がありました。

会合は来年3月までに2回開催し、次回会合は11月を予定しています。



総務省基幹・衛星移動通信課
郷藤係長

お問い合わせ先
無線通信部企画調整課
076-233-4470

「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」第3回会合を開催

～ 地域の小型衛星プロジェクトから産業創出戦略を報告 ～



研究会第3回の様子

総務省北陸総合通信局（局長 濱島秀夫）は平成29年11月27日（月）、「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会（座長：八木谷 聡 金沢大学教授）」第3回会合を開催しました。

はじめに、福井県民衛星技術研究組合の西澤弘純事務局長が、超小型衛星の打ち上げを計画している「県民衛星プロジェクト」の取り組みを報告しました。この中で、(1)県内の製造系企業が超小型衛星製造のノウハウを蓄積し衛星関連の部材等を受注すること、(2)県内のシステム系企業が衛星からのデータを活用したソフトウェアの開発や、新たなビジネスモデルの創出を目指しており、また、行政分野の活用では、(1)平地から見るのが困難な場所を広域的に観測することにより、災害時における被害状況の把握が短時間でできること、(2)同様に公共工事等の進捗状況の見える化と業務効率化が期待できることなどを説明しました。



福井県民衛星技術研究組合
西澤事務局長

宇宙技術開発（株）の福島聡マネージャは、超小型衛星の打ち上げに関するベンチャー企業への周波数利用実績の聞き取り調査結果として、総務省の電波利用ホームページに掲載されている情報、「小型衛星通信網の国際周波数調整手続きに関するマニュアル」等を参照することで、国際周波数調整に必要な基礎的な知識を習得でき、国際調整に必要な書類の作成や無線局免許申請の作業が円滑にできると説明しました。

キヤノン電子（株）の田中聖康主任研究員は、今年6月に軌道高度500 km に打ち上げた自社製小型衛星にて地表解像度が1 mを切る光学観測を行っていること、次の取り組みとして、小型衛星標準バスや搭載コンポーネントの開発、高頻度・高解像地球観測に向け、国際周波数調整を行っていることを説明しました。

最後に、宇宙航空研究開発機構の小出孝治周波数管理室長が、(1)周波数調整は過去の衛星で使用実績のある周波数から選定することが基本となること、(2)周回衛星で使用する周波数の国際調整では、書簡が基本となるものの、国によっては2国間調整会議など対面による調整も必要になることを説明しました。

同研究会は、来年3月頃に最終（第4回）会合を開催し、これまでの報告内容を踏まえ、報告書を取りまとめ公表することとしています。



キヤノン電子（株）
田中主任研究員



宇宙技術開発（株）
福島マネージャ



宇宙航空研究開発機構
周波数管理室 小出室長

お問い合わせ先
無線通信部企画調整課
076-233-4470

このページは故意に空白にしている

資料 7

調査結果

このページは故意に空白にしている

金沢工業大学ヒアリングメモ

日時：平成 29 年 9 月 5 日（火） 13：30～15：10

場所：金沢工業大学

出席者：金沢工業大学 牧野教授、学生 2 名

北陸総合通信局 田中様

SED 福島

提示資料：夢工房 人工衛星開発プロジェクト

ヒアリング内容、質疑応答

1. 夢工房の宇宙プロジェクトについて

- ・夢工房としての目的は、学生が主体となって自立してモノづくりを考えることである。
- ・人工衛星開発プロジェクトは当初人工衛星の開発・運用を目的として、2012 年に活動を始めた。
- ・カンサットを製作し、初期は種子島ロケットコンテストパイロード部門に参加した。最近は能代宇宙イベントと衛星設計コンテストに参加している。
- ・探査機を意識したパイロードを作成しており、自律ロボットの走行技術を開発してきた。
- ・通信系も搭載しており、ログを送信し記録している。ZigBee を使っており、通信距離は 100m 程度である。

2. 衛星利用について

- ・牧野教授は元 MELCO であり、アンテナの技術者であった。1980 年代の CS や N-STAR の Ka 帯のアンテナ開発に携わった。
- ・大学では本年度から衛星に関わる研究を開始した。
- ・衛星開発、利用は未だ先である。また金沢工大だけで開発するのも現実的ではないと考えている。予算を取りつつ協同研究で進めるのが現実的ではないだろうか。他の大学と情報交換し、協同研究の体制を検討したい。
- ・地域産業との連携については、既にカンサットでは投資してもらっている。

以上

福井工業大学アンテナサイト見学(2017年11月27日(月) 9:30~11:00)

ヒアリング項目

● 設備の調査や利用頻度

- ・ アンテナは S、L、X 帯を観測できるが今は L バンドを学生の実験で使用しているのみ。過去には S 帯、あけぼの(テレメトリ)、ライコウの受信、X バンドでは Terra / Aqua / MODIS / NPP のミッションデータ受信に利用、実績がある。X 帯の主審については 2.4m で全パス観測を継続中。

● 維持管理作業(修理の負荷等)

- ・ 駆動系の故障が発生しやすい(今回でサーボアンプの故障は三回目)。
- ・ 大規模な修理が必要(必要費用:2 億円)。
- ・ 既に製造していない部品もあり、修理費が高額になるためいくつかの企業に依頼をして繋いで使っている。
- ・ 業者に依頼してメンテナンスをすることもある。(1 回 160 万円程度)
- ・ 鳥害が発生することもある。

● 自前の設備(地球局)を保有することのメリット・デメリット

- ・ メリット:データを自分で取得できる。大型衛星のデータはオープン化の方向であるとはいえ、自分で取得することで完全な形のデータベースを作成することができる。
- ・ デメリット:故障とランニングでコストがかかる。
- ・ アンテナに関する費用は大学予算と私学向けの助成金で賄っている。

● 他者の利用は可能か、また利用実績はあるか

- ・ 他者の利用についても受け入れ可能である。
- ・ 過去にはライコウを受信していた実績がある。
- ・ 福井県民衛星も 10m アンテナを使用してくれたらうれしく思う。

● 今後の方針等

<アンテナ設備>

- ・ 他機関からの利用の受け入れを増やし衛星データ利用につなげていきたい。それによって大学の PR や地域創生に貢献できればよいと考えている。

<データ利用>

- ・ X バンドのデータを 10 年分ためているので外に向けて提供し、地域創生に貢献したい。
- ・ 超小型衛星の場合、個々のデータポリシーに基づいて扱う。大型衛星は外に向けてアプトプットを出していきたい。
- ・ 超小型衛星のため、大型衛星データをキャリブレーションデータとして使うなど相互に組み合わせたデータ利用が望ましいと考えている。
- ・ 現場データと衛星データを組み合わせると如何に価値あるデータを作り出せるかが重要。

資料 8

RF 回線設計標準

このページは故意に空白にしている

一 般



RF回線設計標準

平成29年 5月 16日 C改訂

(平成21年7月8日 初版制定)

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

RF 回線設計標準 目次

第 1 章 総 則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 関連文書	1
1.3.1 適用文書	1
1.3.2 参考文書	1
1.4 用語	2
1.4.1 用語の定義	2
第 2 章 回線設計の基本的な考え方	7
第 3 章 基準	9
3.1 回線設計	9
3.1.1 使用周波数	9
3.1.2 変調方式	10
3.1.3 回線評価基準	11
図	
図 2-1 主な通信回線の種類	8
表	
表 2-1 衛星間通信回線の名称	8
表 3-1 搬送波変調形式	10
表 3-2 人工衛星局等の電力束密度の制限値	14

第1章 総則

1.1 目的

本設計標準は、宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という）が開発する宇宙機と地球局間の通信回線について回線設計の基準を与えることを目的とする。

1.2 適用範囲

本設計標準は、JAXAが開発する周回衛星、静止衛星等各種宇宙機のRF回線設計に適用する。使用周波数範囲はS～Kaバンドまでとする。

本回線設計において、雑音源として

- a. 熱雑音、
- b. 位相雑音、
- c. 他の通信系との干渉雑音、
- d. 中継器内で生ずる混変調雑音、

が考えられるが、本設計標準においては、a.熱雑音、b.位相雑音、のみを対象としており、c、dについては、必要に応じ別途検討するものとする。

1.3 関連文書

1.3.1 適用文書

下記の文書は、この設計標準で呼び出した範囲で適用されるものであり、矛盾が生じた場合には特に規定のない限りこの設計標準が優先する。

- (1) 電波法（関連の政令、省令等を含む。）
- (2) Radio Regulations
- (3) CCSDS Recommended Standards, CCSDS 401.0-B-26
Radio Frequency and Modulation Systems - Part1: Earth Stations and Spacecraft.
- (4) SFCG Recommendation, REC 21-3R1
Use of Sub-Carriers for Space Science Services on Space-to-Earth Links; Cat. A
- (5) SFCG Recommendation, REC 14-3R9, 10
Use of the 8025-8400 MHz Band by Earth Exploration Satellites

1.3.2 参考文書

- (1) JERG-2-400A
通信設計標準

1.4 用語

1.4.1 用語の定義

以下に、本設計標準に用いられる用語の説明及びその定義を示す。

(1) 衛星間通信回線(Inter Orbit Link: IOL)

データ中継衛星回線とは、静止軌道上のデータ中継衛星を介して、地球の周囲を飛翔するユーザ宇宙機と地球局とを結ぶ回線をいう。

また、捕捉追尾のために必要なユーザ宇宙機とデータ中継衛星間の無線回線も含む。

(2) アップリンク

地上局から、データ中継衛星を経由しないで、直接、ユーザ宇宙機へ信号を送る回線。

(3) ダウンリンク

ユーザ宇宙機から、データ中継衛星を経由しないで、直接、他地球局へ信号を送る回線。

(4) 回線マージン(Link Margin)

要求 C/N_0 に対する当該回線で得られる C/N_0 の比を回線マージンという。

(5) 各種損失(Various Losses)

電力分配損失、ポインティング損失、自由空間損失、偏波損失、降雨損失、及び大気吸収損失以外のフェージング、マルチパス、シンチレーション、噴煙、ファラデー効果等による損失をいう。

(6) 降雨損失(Rain Loss)

電磁波が雨滴によって受ける損失をいう。

(7) テレコマンド(TeleCommand)

tele (遠隔通信) + command (コマンド)。コマンドの遠隔通信 (地上から宇宙機) のこと。なお、コマンドは宇宙機に対する指令のこと。

(8) 雑音電力密度(Noise Power Spectral Density)

無線局(地球局又は宇宙局)の受信系の雑音を全て、受信機の入力端において入力されるものに換算した時の単位周波数帯域幅当たりの等価熱雑音電力をいう。

(9) システム雑音温度(System Noise Temperature)

無線局(地球局又は宇宙局)の受信機には、受信アンテナからの雑音、受信アンテナと受信機を接続する給電線からの雑音、及び受信機自体で発生する雑音が入力される。これらの雑音を総和したものと等価な熱雑音を受信機の入力において発生しているとした場合の雑音温度をシステム雑音温度という。

(10) 自由空間損失(Free Space Loss)

送信点と受信点の間を電波が回折等をすることなく直線的に伝搬し、この送信点と受信点の間に電波の伝搬を妨げるものが存在しないと仮定できる自由空間による伝搬損失を自由空間損失という。

(11) 受信、送信アンテナ利得(Receive, Transmit Antenna Gain)

対象となるアンテナと基準アンテナにそれぞれ受信信号周波数の信号を供給し、これらのアンテナの最大放射方向の同一距離における電界強度を同一にするための信号の供給電力がそれぞれ P (対象アンテナ)、 P_0 (基準アンテナ) であるとす。このとき $10\log(P_0/P)$ を受信、送信アンテナ利得という。

宇宙機のアンテナ利得の表現は、基準アンテナが等方性 (isotropic) アンテナ (すべての方向に一様に電力を放射する仮想的なアンテナ) であるときの利得を絶対利得(dBi) といい、基準アンテナが半波長アンテナ (損失のない理想的な完全半波長アンテナ) であるときの利得を相対利得という。この場合において、別段の定めがないときは、アンテナ利得を表す数値は、主輻射の方向における利得を示す。また、一般に、等方性アンテナ以外のアンテナを基準アンテナとした場合も相対利得ということもあるが、電波法や Radio Regulations では半波長アンテナを相対利得の基準アンテナとしている。

(12) 信号分配損(Signal Distribution Loss)

QPSK 変調において、 Q_{ch} 及び I_{ch} に分配される電力と全送信電力の比をデシベル表示した値をいう。

(13) スレシヨルド基準(Threshold Level)

宇宙機通信を利用したシステムのミッション達成上、宇宙機通信の各(ベースバンド)信号に要求されるデータ品質(例えば PCM データではビット誤り率、レンジデータでは熱雑音によるレンジ誤差等)を得るのに必要な限界の S/N 又は E_b/N_0 をいう。ただし、ハードウェアの動作限界が支配的な場合にはそのポイントにおける C/N_0 をスレシヨルド基準とする。

(14) 測距信号(Ranging Signal)

宇宙機の軌道決定のため、地球局と宇宙機間の距離及び又は距離の時間変化率を測定するための信号で、地球局のアンテナより発射され、宇宙機のトランスポンダより地球局へ送り返される信号である。

(15) 大気吸収損失(Atmospheric Absorption Loss)

電磁波が大気中の各種分子の運動によって受ける散乱、吸収損失をいう。

(16) テレメトリ(Telemetry)

tele (遠隔通信) + metry (計測)。メトリの遠隔通信 (宇宙機から地上) のこと。メトリとは計測を意味し、HKデータ及びペイロードデータのこと。

(17) 天空雑音(Sky Noise)

大気中の各分子の運動及び降雨によって電磁波が吸収され、この吸収によって発生する雑音をいう。

(18) 電力分配損失(Power Distribution Loss)

電力分配損失 L_{PS} は AGC や飽和特性を有する宇宙局(データ中継衛星)中継系において、搬送波信号電力とその中継器系が持つ雑音電力との相対関係により生じる損失である。

(19) 等価等方輻射電力(Equivalent Isotropic Radiated Power : EIRP)

無線局(地球局又は宇宙局)の送信機の出力電力 P_{TX} [dBW] の出力信号が給電損失 L_{FTX} [dB] の給電線によって、利得 G_{ATX} [dBi] のアンテナに供給され、送信アンテナポインティング損失が L_{APTX} [dB] であるものとしたとき、次式で表されるものが EIRP P_E [dBW] である。

$$P_E [\text{dBW}] = P_{TX} [\text{dBW}] - L_{FTX} [\text{dB}] + G_{ATX} [\text{dBi}] - L_{APTX} [\text{dB}]$$

(20) ハードウェア損失(劣化量)

理想的な受信系に対する現実のハードウェア構成の劣化量を損失で表現したもので以下の様なものがある。

- ・ PN コードの相関信号検出を行う際の PN 損失
- ・ 受信信号を復調検出する際の復調損失
- ・ ビーコン信号を検波する際のハードウェア劣化量(中継衛星側の信号検出帯域内に含まれる変調スペクトラム電力損)

(21) ファラデー損失(Farady Loss)

電磁波が、電離層を通過する際、電離層の影響により、偏波面が回転することによって生じる損失をいう。

(22) フィーダリンク(Feeder Link)

宇宙機を介した中継回線において、ユーザとの通信を達成するために必要となる地球局と中継衛星間の基幹通信回線をいう。(衛星間通信のための地球局-データ中継衛星間の回線、衛星放送における放送局-放送衛星間の回線等)

(23) フォワードリンク(Forward Link)

地球局からデータ中継衛星を経由して、ユーザ宇宙機へ信号を送る回線

(24) リターンリンク(Return Link)

ユーザ宇宙機からデータ中継衛星を経由して、地球局へ信号を送る回線。

(25) ビーコンリンク

地球局からデータ中継衛星を経由して、ユーザ宇宙機へビーコン信号(ブロードビーム)を送る回線。

(26) パイロット信号

受信した信号の周波数、位相等の特性から送信波の周波数、位相を取得するための信号。レファレンスとなる信号。

(27) 捕捉追尾回線

データ中継衛星がユーザ宇宙局を捕捉、追尾するための回線。無変調搬送波によって捕捉、追尾を行う。

(28) 符号化利得(Coding Gain)

情報を誤り訂正符号化することによる、誤り訂正符号化を行わないときの所要 E_b/N_0 (理論値)からの改善量をいう。

(29) 変調損失(Modulation Loss)

各信号成分電力と全送信電力の比をデシベル表示した値をいう。

(30) 偏波損失(Polarization Coupling Loss)

入力信号波の偏波面と受信アンテナの偏波面とが異なっていることによって生ずる損失のことをいう。

(31) ポインティング損失(Pointing Loss)

アンテナが目標とする指向方向と、宇宙機のダイナミックス(軌道保持精度や姿勢保持精度)や追尾精度等に起因した実際の指向方向とのズレ(指向誤差)により生ずる見かけ上のアンテナ利得の低下分をいう。

なお、この損失は送信・受信個別に求める。

(32) C/N (Carrier to Noise Power Ratio)

雑音電力に対する無変調時の搬送波電力の比を C/N という。

(33) 要求 C/N_0 (Required C/N_0)

データ伝送上要求される所定の品質を得るのに必要な S/N 又は E_b/N_0 に、ビットレート又は帯域幅と信号分配損失、畳込み符号を用いた場合の符号化利得及びハードウェア劣化を含めた値をいう。

ハードウェア劣化としては、受信機入力端までの伝送系損失と受信機内で生ずる復調損失及び PN 損失が含まれる。ただし、ハードウェアのスレシヨルド基準が前記の値以上の場合は、ハードウェアのスレシヨルド基準値の C/N_0 換算値を要求 C/N_0 とする。

(34) C/N_0 (Carrier to Noise Density Ratio)

単位周波数当たりの雑音電力に対する無変調時の搬送波電力の比を C/N_0 という。

(35) E_b/N_0 (Energy to Noise Density Ratio)

1 ビット当りの信号エネルギー対単位周波数当たりの雑音電力密度の比をいう。

(36) G/T (Gain to Noise Temperature Ratio)

無線局(地球局又は宇宙局)のシステム雑音温度に対する受信アンテナ利得の比を受信 G/T という。本設計標準では、受信アンテナ利得から給電損失及び受信アンテナポインティング損失を減算して G とし、システム雑音温度は受信機入力端に換算した値を T として用いる。

(37) PN 損失(Pseudo Random Noise Loss)

伝送信号に PN コードを用いたスペクトラム拡散波を用いる場合における受信機側の相関信号検出時に発生するハードウェア損失をいう。

(38) *S/N* (Signal to Noise Ratio)

雑音電力に対する信号電力の比を *S/N* という。

(39) ミッションカテゴリ (Mission Categories)

軌道の地上に対する高度が 2×10^6 km 未満のミッションをカテゴリ A、 2×10^6 km 以上のミッションをカテゴリ B とする。

(CCSDS401.0-B 1.5 参照)

(40) HK データ (HK Data)

搭載機器 (ペイロード、サブシステム) の状態やステータスを示すデータのこと。

(41) ペイロードデータ (Payload Data)

ペイロードが取得した観測データ、実験データ等のこと。

(42) Isoflux アンテナ (Isoflux Antenna)

地球周回衛星と地上局方向との距離変化に応じた自由空間損失変動量を補正する放射特性を持つアンテナ。

第2章 回線設計の基本的な考え方

回線設計とは、通信回線において要求される通信の品質を満足するように各種パラメータを選定し、適切な通信回線を構成する作業である。

回線設計を行う際には、まず、要求される通信の品質を維持するため、回線として必要な信号対雑音比 (S/N)、回線マージン、回線不稼働率等を明らかにする必要がある。しかる後、各種の制約条件のもとで変化させうる各パラメータの値を設定して信号対雑音比 (S/N)、回線マージンの回線設計値を算出する。これらの値を要求値に合うよう調整していき、目的の通信品質を達成できる回線を構成する。

回線設計値の算出は基本的に地球局⇄宇宙機のように二つの通信ハードウェア間の計算となるが、測距や衛星間通信等のケースは3点以上の通信ハードウェアを経由するものもある。これらは2点間の算出値を経由する分だけ足しあわせて評価することになり、その分複雑になる。本設計標準では次項に述べるさまざまな通信リンクを統一的に取扱えるよう設計手順を取り決めている。

上記のパラメータを決める際の制約条件としては、局の能力等の技術的な問題がある。他に、通信回線の干渉を避けるために国際的な基準として、最大電力束密度に関する規定等が設けられており、さらに、これらに加え次の事項を満足させるよう考慮する事も必要である。

- (1) 周波数資源の効率的な使用と情報伝送レート及び回線品質のバランスを取ること。
- (2) 宇宙機システムは、地上と宇宙機、宇宙機と宇宙機が対向して通信を行うことから、それぞれの回線品質がバランスの取れたものである必要がある（どれかが過剰になっていないこと）。また、マージンは、飽くまでもシステム全体として目標とする所要の C/N_0 からの余裕分であり、必要最小限となることに努めるべきである。
- (3) 国際的、国内的な法律、制度における規定を満足するものであること。

本設計標準で扱う回線は地球局から直接宇宙機と回線を構成するものとデータ中継衛星を使用するものの2通りに分けられる。それぞれの回線種類及び呼称を図 2-1及び表 2-1に示す。

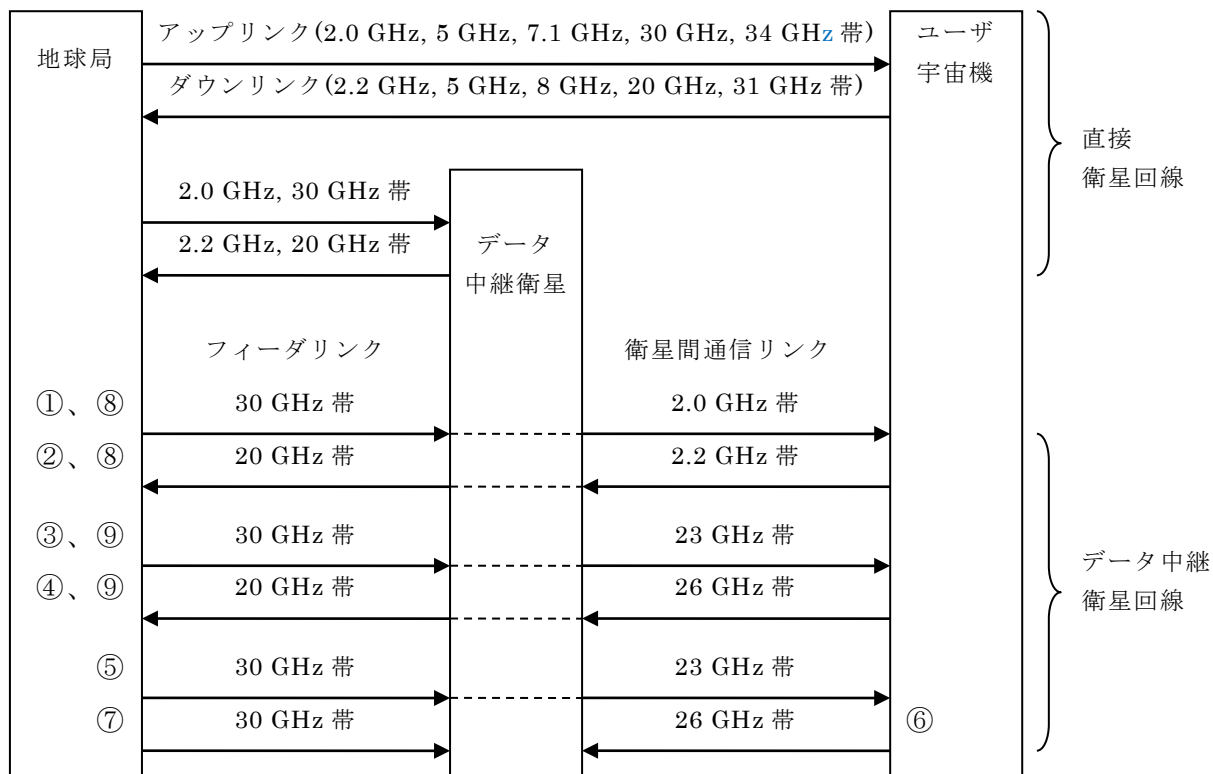


図 2-1 主な通信回線の種類

表 2-1 衛星間通信回線の名称

	回線の名称	地球局ー データ中継衛星	データ中継衛星ー ユーザ宇宙機
①	Sバンドシングルアクセス(SSA) フォワードリンク	30 GHz 帯	2.0 GHz 帯
②	Sバンドシングルアクセス(SSA) リターンリンク	20 GHz 帯	2.2 GHz 帯
③	Kバンドシングルアクセス(KSA) フォワードリンク	30 GHz 帯	23 GHz 帯
④	Kバンドシングルアクセス(KSA) リターンリンク	20 GHz 帯	26 GHz 帯
⑤	Kバンドフォワード ビーコンリンク	30 GHz 帯	23 GHz 帯
⑥	Kバンドリターン 捕捉追尾回線	N/A	26 GHz 帯
⑦	パイロット信号	30 GHz 帯	N/A
⑧	Sバンド測距	30/20 GHz 帯	2.0/2.2 GHz 帯
⑨	Kバンド測距	30/20 GHz 帯	23/26 GHz 帯

第3章 基準

3.1 回線設計

3.1.1 使用周波数

JAXA 宇宙機において使用されている TT&C 周波数帯は以下の通りである。

(1) S バンド；

JAXA 宇宙機等でテレメトリ、テレコマンド及び測距の回線に使用されている。地球局と宇宙機間の直接通信用として、アップリンクに 2025～2110 MHz 帯、ダウンリンクに 2200～2290 MHz 帯が選定されている。

また、データ中継衛星とユーザ宇宙機との間のフォワードリンクに 2025～2110 MHz 帯が、リターンリンクに 2200～2290 MHz 帯が選定されている。

(2) C バンド；

測位衛星では 5 GHz 帯が使用されている。

(3) X バンド；

地球観測衛星におけるペイロードデータ送信で使用されている。8025～8400 MHz 帯及び 8450～8500 MHz 帯が選定されている。

また、科学ミッションのペイロードデータ送受信に使用されており、アップリンクに 7145～7235 MHz 帯が、ダウンリンクに 8400～8500 MHz 帯が選定されている。

(4) Ka バンド；

データ中継衛星において地球局との S バンド直接通信用とともに、テレメトリ、テレコマンド及び測距の回線に使用されている。アップリンクに 30 GHz 帯、ダウンリンクに 20 GHz 帯が選定されている。

この他、衛星間通信では地球局と中継衛星(DRTS 等)との間のフィードリンクに 30 GHz 帯(アップ)と 20 GHz 帯(ダウン)が選定され、データ中継衛星とユーザ宇宙機との間のフォワードリンクに 23 GHz 帯が、リターンリンクに 26 GHz 帯が選定されている。

さらに、科学ミッション(深宇宙)で、34 GHz 帯(アップ)と 31 GHz 帯(ダウン)が選定されている。

なお、選定するにあたって、以下の点に留意すること。

開発する宇宙機システムにおいては、地上システムの性能、設備状況、運用制限等を考慮し、上述の周波数帯から選定することが必要である。

なお、周波数は、一つの有限な資源として取り扱うことが必要で、特に混み合っている S バンドでは他の宇宙機システムとの混信を避ける工夫が必要となっている。

3.1.2 変調方式

TT&C データの伝送に用いられる搬送波の変調方式を表 3-1に示す。

表 3-1 搬送波変調形式

信号種別		回線種別	直接衛星回線	データ中継衛星回線(注 1)
テレメトリ	HK データ	ダウンリンク (直接衛星回線)	PCM-PSK/PM、 PCM/PM、 BPSK、QPSK	N/A
		S S Aリターンリンク	N/A	BPSK、QPSK、UQPSK、 SQPSK、SQPN、USQPN
		K S Aリターンリンク	N/A	BPSK、QPSK、UQPSK
	ペイロード データ		PCM-PSK/PM、 PCM/PM、BPSK、 QPSK、UQPSK、 16QAM	BPSK、QPSK、SQPSK、UQPSK
テレコマンド	アップリンク (直接衛星回線)		PCM-PSK/PM、 PCM/PM(注 2)	N/A
	S S Aフォワードリンク		N/A	UQPSK
	K S Aフォワードリンク		N/A	BPSK、QPSK、UQPSK
測距	ダウンリンク/ リターンリンク		Tone/PM、 PCM/PSK/PM (PN レ ンジング) (注 2)	SQPN-SS
	アップリンク/ フォワードリンク		Tone/PM、 PCM/PSK/PM (PN レ ンジング) (注 2)	UQPSK-SS

(注 1) データ中継衛星回線の変調方式は、DRTS スペースネットワーク システムの適用をベースとしている。

(注 2) 臼田 64m 系設備、内之浦 34m 系設備および内之浦 20m 系設備を使用する場合に限る。

(1) 測距とテレメトリ・テレコマンドとの同時伝送

通常の宇宙機との TT&C 通信回線においては、測距とテレコマンド、測距とテレメトリの同時伝送が可能な様に変調方式及びデータレートを選定すること。

データ中継衛星回線では、HK データ/テレコマンド回線にはスペクトラム拡散変調方式を採用することとなっており、拡散用 PN コードを用いて測距することができる。

一方、直接衛星回線では、残留搬送波方式が主であり、その場合、テレコマンドと測距信号、テレメトリと測距信号の相互干渉が発生しないような副搬送波周波数、シンボルレート、変調度を選択すること。

(2) 低ビットレート (数 kbps 以下) のデータ伝送では、搬送波位相雑音による BER 劣化 (データ品質劣化) に注意が必要であり、副搬送波の利用もその対応策のひとつ

つである。ただし、その場合、1.3.1 適用文書(4)への適合と測距信号との干渉を検討すること。副搬送波への変調形式は PSK、符号は NRZ が一般的である。

- (3) 数 10 kbps 以上のデータ伝送では、伝送帯域を極力狭くすることや電力利用効率を向上させることから搬送波抑圧方式の PSK 変調方式を選択することができる。

この場合には、変調スペクトラムの広がりを抑えることその他、伝送系を線形動作にして波形歪みによるデータ品質劣化を防止する等に留意する。

3.1.3 回線評価基準

回線設計の評価は、国際的な規定の電力束密度制限を満たしつつ、所要の回線品質が、所要の時間率及び空間率において、所要の回線マージンを有して得られるか否かによって行われる。

したがって、設計基準として、

- a. 回線品質基準
- b. 降雨による回線不稼働率
- c. アンテナ視野内回線成立面積率
- d. 回線マージン
- e. 最大電力束密度

を設定する。

(1) 回線品質基準

これまでの設計基準及びその運用経験から次の品質基準とする。

- a. テレコマンド : BER 1×10^{-6}
- b. テレメトリ : BER 1×10^{-5}

(RF 変調入力から RF 復調出力まで。ただし、畳み込み符号を用いる場合にのみ、畳み込み符号入力からビタービ復号出力までとする。)

- c. 測距 : 地球局測距精度規定 S/N_0

ただし、ペイロードデータ並びに月/L点の科学ミッションおよびカテゴリ B ミッションのテレコマンドについては、当該プロジェクトの要求品質が優先することとする。

測距系については、これまで熱雑音による測距誤差を品質基準としてきたが、実運用経験から地球局の測距精度規定ポイントの測距信号 S/N_0 (精度・捕捉時間が運用上支障のないレベル) と規定する。

(2) 降雨による回線不稼働率

回線上降雨による影響を考慮しなければならないのは、SバンドおよびCバンドを除いてXバンド以上の周波数帯を使用する場合である。その場合、回線設計上は降雨による回線不稼働率を設定し、所定の降雨損失を計上しなければならない。

TT&C回線においては、次の回線不稼働率を基準とする。捕捉追尾回線の回線不稼働率については、使用する各回線不稼働率に準拠するものとする。

- | | |
|------------------------|----------|
| a. テレメトリ (HKデータ) 回線 | : 0.1%以下 |
| b. テレメトリ (ペイロードデータ) 回線 | : 1.0%以下 |
| c. テレコマンド回線 | : 0.1%以下 |
| d. 測距回線 | : 1.0%以下 |

なお、HKデータとペイロードデータが混在する回線は、ペイロードデータ回線として上記回線不稼働率を適用する。

また、実験ミッションや科学ミッションのうち、上記回線不稼働率の適用が困難な場合においては、その要求により降雨による回線不稼働率を設定して、所定の降雨損失を計上する。

(3) アンテナ視野内回線成立面積率

アンテナ視野内での回線の成立性検討には、宇宙機搭載時におけるアンテナパターンの切れ込みの評価が大きく影響する。従って、回線成立の与条件として、回線成立面積率（回線が成立する空間面積とアンテナ視野空間面積との比）が原則として90%以上となる宇宙機搭載時のアンテナ利得を規定し、回線設計に適用すること。なお、この面積率の値は、宇宙機の機器配置や姿勢と可視時間の関係等、個々の宇宙機の特殊性を考慮し、運用に支障がないことを確認の上でプロジェクト毎に設定してもよい。

(4) 回線マージン

回線マージンは、設計最悪値を用いて0 dB以上とする。但し、他の回線との干渉、中継器内の混変調等が予測される場合は、1 dB以上のマージンを確保すること。

(5) 最大電力束密度

表3-2に示す値を満たすこと。また、次の個別に規定されている最大電力束密度の値を満たすこと。

- a. 非静止衛星の地球探査衛星業務として8025~8400 MHz帯を使用する場合、宇宙機から放射される電波の静止軌道における最大電力束密度は、いかなる4 kHz幅においても-174 dB(W/m²)を超えてはならない(1.3.1適用文書(2)22.5項参照)。
- b. 無指向性アンテナを用いる地球観測衛星は、8025~8400 MHz帯のいかなる4 kHz幅においも最大電力束密度は-123 dB(W/m²)を超えてはならない(1.3.1適用文書(5)(SFCG 14-3R9)参照、2016年12月31日以前に開発着手した衛星に適用)。
- c-1. 指向性アンテナを用いる地球観測衛星は、緯度55度より大きい、または-55度

より小さい領域に限り、8025～8400 MHz 帯のいかなる 4 kHz 幅においても最大電力束密度は-145 dB(W/m²)を超えてはならない（1.3.1 適用文書(5)(SFCG 14-3R10)参照、2017年1月1日以降に開発着手した衛星に適用）。

c-2. Isoflux アンテナを用いる地球観測衛星は、8025～8400 MHz 帯のいかなる 4 kHz 幅においても最大電力束密度は-150 dB(W/m²)を超えてはならない（1.3.1 適用文書(5)(SFCG 14-3R10)参照、2017年1月1日以降に開発着手した衛星に適用）。

c-3. 指向性、Isoflux アンテナ以外のアンテナを用いる地球観測衛星は、8025～8400 MHz 帯のいかなる 4 kHz 幅においても最大電力束密度は-147 dB(W/m²)を超えてはならない（1.3.1 適用文書(5)(SFCG 14-3R10)参照、2017年1月1日以降に開発着手した衛星に適用）。

表 3-2 人工衛星局等の電力束密度の制限値

周波数帯	業務	水平面からの到来角(δ)に対する 電力束密度制限値dB(W/m ²)			参照 帯域幅
		0°-5°	5°-25°	25°-90°	
1 670-1 700 MHz	Earth exploration-satellite Meteorological-satellite	-133 (value based on sharing with meteorological aids service)			1.5 MHz
1 525-1 530 MHz (Region 1, Region 3) 1 670-1 690 MHz 11 1 690-1 700 MHz (Nos. 5.381 and 5.382) 1 700-1 710 MHz 2 025-2 110 MHz 2 200-2 300 MHz	Meteorological-satellite (space-to-Earth) Space research (space-to-Earth) (space-to-space) Space operation (space-to-Earth) (space-to-space) Earth exploration-satellite (space-to-Earth) (space-to-space)	-154	$-154 + 0.5(\delta - 5)$	-144	4 kHz
2 500-2 690 MHz 2 520-2 670 MHz 2 500-2 516.5 MHz (No. 5.404) 2 500-2 520 MHz 2 520-2 535 MHz (No. 5.403)	Fixed-satellite Broadcasting-satellite Radiodetermination- satellite Mobile-satellite Mobile-satellite (except aeronautical mobile-satellite)	-136.9	$-136 + 11/20(\delta - 5)$	-125	1 MHz
3 400-4 200 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) (geostationary-satellite orbit)	-152	$-152 + 0.5(\delta - 5)$	-142	4 kHz
3 400-4 200 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) (non-geostationary- satellite orbit)	$-138 - Y$	$-138 - Y$ $+ (12 + Y)(\delta - 5)/20$	-126	1 MHz
4 500-4 800 MHz 5 670-5 725 MHz (Nos. 5.453 and 5.455) 7 250-7 900 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) Meteorological-satellite (space-to-Earth) Mobile-satellite Space research	-152	$-152 + 0.5(\delta - 5)$	-142	4 kHz
5 150-5 216 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	-164			4 kHz
6 700-6 825 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	-137.14	$-137 + 0.5(\delta - 5)$	-127	1 MHz
6 825-7 075 MHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	-154 and -134	$-154 + 0.5(\delta - 5)$ and $-134 + 0.5(\delta - 5)$	-144 and -124	4 kHz 1 MHz
8 025-8 500 MHz	Earth exploration-satellite (space-to-Earth) Space research (space-to-Earth)	-150	$-150 + 0.5(\delta - 5)$	-140	4 kHz
9 900-10 400 MHz	Earth exploration-satellite (active)	0°-5.7° -113	5.7°-53° $-109 + 25\log(\delta - 5)$	53°-90° -66.6	1 MHz
10.7-11.7 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) (geostationary-satellite orbit)	0°-5° -150	5°-25° $-150 + 0.5(\delta - 5)$	25°-90° -140	4 kHz
10.7-11.7 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) (non-geostationary- satellite orbit)	-126	$-126 + 0.5(\delta - 5)$	-116	1 MHz
10.7-11.7 GHz 11.7-12.75 GHz (Region 3)	Fixed-satellite (space-to-Earth) (non-geostationary- satellite orbit)	-129	$-129 + 0.75(\delta - 5)$	-114	1 MHz

表 3-2 (つづき) 人工衛星局等の電力束密度の制限値

周波数帯	業務	水平面からの到来角(δ)に対する 電力束密度制限値dB(W/m ²)			参照 帯域幅
		0°-5°	5°-25°	25°-90°	
11.7-12.75 GHz (Region 3)	Fixed-satellite (space-to-Earth) (non-geostationary- satellite orbit)	-124	$-124 + 0.5(\delta - 5)$	-114	1 MHz
12.2-12.75 GHz (Region 3)	Fixed-satellite (space-to-Earth) (geostationary-satellite orbit)	-148	$-148 + 0.5(\delta - 5)$	-138	4 kHz
15.43-15.63 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	-127	5°-20°: -127 20°-25°: $-127 + 0.56(\delta - 20)$	25°-29°: -113 29°-31°: $-136.9 + 25$ $\log(\delta - 20)$ 31°-90°: -111	1 MHz
17.7-19.3 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) or Meteorological-satellite (space-to-Earth)	-115 or $-115 - X$	$-115 + 0.5(\delta - 5)$ or $-115 - X + ((10 +$ $X)/20)(\delta - 5)$	-105 or -105	1 MHz
17.7-19.3 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	0°-3° -120	3°-12° $-120 +$ (8/9) ($\delta - 3$)	12°-25° $-112 +$ (7/13) ($\delta - 12$)	-105 1 MHz
19.3-19.7 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth)	0°-3° -120	3°-12° $-120 +$ (8/9) ($\delta - 3$)	12°-25° $-112 +$ (7/13) ($\delta - 12$)	-105 1 MHz
19.3-19.7 GHz 21.4-22GHz 22.55-23.55 GHz 24.45-24.75 GHz 25.25-27.5 GHz 27.500-27.501 GHz	Fixed-satellite Broadcasting-satellite (space-to-Earth) Earth exploration-satellite (space-to-Earth) Inter-satellite Space research (space-to-Earth)	-115	$-115 + 0.5(\delta - 5)$	-105	1 MHz
31.0-31.3 GHz 34.7-35.2 GHz (space-to-Earth transmissions referred to in No. 5.550 on the territories of countries listed in No. 5.549)	Space research	-115	$-115 + 0.5(\delta - 5)$	-105	1 MHz
31.8-32.3 GHz	Space research	-120	$-120 + 0.75(\delta - 5)$	-105	1 MHz
32.3-33 GHz	Inter-satellite	-135	$-135 + (\delta - 5)$	-115	1 MHz
37-38 GHz	Space research (non-geostationary- satellite orbit)	-120	$-120 + 0.75(\delta - 5)$	-105	1 MHz
37-38 GHz	Space research (geostationary-satellite orbit)	-125	$-125 + (\delta - 5)$	-105	1 MHz
37.5-40 GHz	Fixed-satellite (non-geostationary- satellite orbit) Mobile-satellite (non-geostationary- satellite orbit)	-120	$-120 + 0.75(\delta - 5)$	-105	1 MHz

表 3-2 (最終) 人工衛星局等の電力束密度の制限値

周波数帯	業務	水平面からの到来角(δ)に対する 電力束密度制限値dB(W/m ²)			参照 帯域幅	
		0°-5°	5°-25°			25°-90°
37.5-40 GHz	Fixed-satellite (geostationary-satellite orbit) Mobile-satellite (geostationary-satellite orbit)	0°-5°	5°-20°	20°-25°	25°-90°	1 MHz
		-127	-127 + (4/3) (δ - 5)	-107 + 0.4 (δ - 20)		
40-40.5 GHz	Fixed-satellite	-115	-115 +0.5(δ - 5)		-105	1 MHz
40.5-42 GHz	Fixed-satellite (non-geostationary- satellite orbit) Broadcasting-satellite (non-geostationary- satellite orbit)	-115	-115 +0.5(δ - 5)		-105	1 MHz
40.5-42 GHz	Fixed-satellite (geostationary-satellite orbit) Broadcasting-satellite (geostationary-satellite orbit)	-120	5°-15°	15°-25°	-105	1 MHz
			-120 +(δ - 5)	-110 +0.5 (δ - 15)		
42-42.5 GHz	Fixed-satellite (non-geostationary- satellite orbit) Broadcasting-satellite (non-geostationary- satellite orbit)	-120	5°-25°		-105	1 MHz
			-120 +0.75(δ - 5)			
42-42.5 GHz	Fixed-satellite (geostationary-satellite orbit) Broadcasting-satellite (geostationary-satellite orbit)	-127	5°-20°	20°-25°	-105	1 MHz
			-127 +(4/3) (δ - 5)	-107 +0.4 (δ - 20)		

(注1) この表は、1.3.1 適用文書(2)(2012年版) 21条の表 21-4に基づき、地球全域及び (Region 3)を対象とした地域に対する周波数帯での制限値を記載している。なお、この表は2015年に開催されたWRC2015での決議を反映している。

(注2) 上記制限値には脚注が付されているものがあるので、適用に当たっては1.3.1 適用文書(2) 21条の表 21-4を参照のこと。

このページは故意に空白にしている

資料 9

主な地球局の諸元

このページは故意に空白にしている

日本国内の小型衛星向けの地球局や受信局について、小型衛星の開発・運用経験がある大学では地球局設備を保持している場合がある。参考として、地球局設備を保持しているいくつかの大学の局の諸元を以下に示す。なお諸元は、ITU で公開されている事前公表資料情報による。

大学名	位置	最大アンテナ利得[dBi]	ビーム半値幅[dBi]
東京大学 (UHF 帯)	139 度 45 分 29 秒 35 度 42 分 54 秒	20	16
東北大学 (S 帯)	140 度 30 分 05 秒 38 度 09 分 10 秒	32.2	3.8
鹿児島大学 (S 帯)	130 度 32 分 39 秒 31 度 34 分 11 秒	32.6	6
九州大学 (S 帯)	130 度 12 分 43 秒 33 度 35 分 56 秒	31.2	3.8
福井工業大学 (X 帯受信のみ)	136 度 08 分 27 秒 36 度 09 分 18 秒	56.6	0.2

このページは故意に空白にしている

資料 10
用語集

このページは故意に空白にしている

略語・用語	解説
AI	Artificial Intelligence 人工知能
DCS	Data Collection System データ収集システム
GNSS	Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システム
IFIC	International Frequency Information Circular 周波数週刊回章
IOT	Internet Of Things モノのインターネット
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector 国際電気通信連合無線通信部門
ITU-R 勧告	ITU-R にて策定された勧告文書
MIFR	Master International Frequency Register 国際周波数登録原簿
RF	Radio Frequency 無線周波数
SIA	Satellite Industry Association 衛星産業協会
宇宙運用業務	専ら宇宙機の運用、特に宇宙追尾、宇宙遠隔測定及び宇宙遠隔指令に関する無線通信業務
宇宙研究業務	科学又は技術の研究のために宇宙機その他の宇宙にある物体を使用する無線通信業務
衛星通信網	通信、観測、地球探査、衛星運用を含む全ての衛星と地球局の通信回線網を言う。衛星と、衛星に対して電波を送信もしくは受信する地上の無線局を構成要素として含む。周波数調整においては、ある共通のミッションを実行するために使われる衛星と地上の無線局を一つの衛星通信網として定義し、衛星通信網の間で有害な電波干渉が起きないように調整する。
カンサット	空き缶サイズの模擬人工衛星

気象衛星業務	気象のための地球探査衛星業務
固定衛星業務	与えられた位置の地球局相互間の1以上の衛星を使用する無線通信業務。与えられた位置とは、特定の固定地点又は特定された領域内の全ての固定地点を含むことができる。ある場合には、この業務は衛星間業務においても設定することができる衛星間の回線を含む。この業務は、また、他の宇宙無線通信業務のためのフィーダリンクを含むことができる。
事前公表資料	Advanced Publication Information(API) 衛星通信網の諸元（周波数・軌道位置・アンテナ利得等）をまとめた資料。ITUの定めたフォーマットに沿ってまとめられたもの。周波数を取得するために、最初にITUに対して各国の主管庁から提出される資料。
地球探査衛星業務	地球局と1以上の宇宙局との間（宇宙局相互間の回線を含むことができる。）の次の事項を行う無線通信業務。 -地球の特性及びその自然現象に関する情報を地球衛星上の能動センサ又は受動センサから取得すること。 -前期の情報と同種的情報を空中又は地表にあるプラットフォームから収集すること。 -これらの情報を関係通信系の地球局に配布すること。 -プラットフォームに対して質問すること。 この業務は、また、その運用に必要なフィーダリンクを含むことができる。
通告資料	国際調整結果を踏まえて、実際に打ち上げられる衛星や地球局の最終的な仕様をまとめた資料。ITUの定めたフォーマットに沿ってまとめられたもの。
分配（周波数の）	特定の条件の下で1以上の地上無線通信業務もしくは宇宙無線通信業務又は電波天文業務に使用するため、一定の周波数帯を周波数分配表において記載すること。この用語は、また、関係する周波数帯についても使用しなければならない。
無線局免許申請	無線局の免許を受けようとする者が、免許手続規則第3条から第8条、第8条の2、第9条に規定される各申請書の様式に従い申請する手続き。

無線通信規則	無線通信規則（RR）は、3年から4年の間隔で開催される世界無線通信会議（the World Radiocommunication Conference）において採択・改正される文書からなる。その目次は、第Ⅰ章用語及び技術特性、第Ⅱ章周波数、第Ⅲ章周波数割当て及び計画変更の調整、通告及び登録、第Ⅳ章混信、第Ⅴ章管理規定、第Ⅵ章業務及び局に関する規定、第Ⅶ章業務及び局に関する規定等から構成され、付録並びに決議及び勧告が附属している。電波法の周波数割当て計画は無線通信規則（RR）第Ⅱ章周波数第5条周波数分配に基づいている。
無線通信業務	特定の目的の電気通信のための電波の送信、発射又は受信による業務で無線通信規則第一条第Ⅲ節で定義するもの。
割当て（無線周波数又はチャンネルの）	局が特定の条件の下で無線周波数又はチャンネルを使用することに対して主管庁が与える許可

このページは故意に空白にしている

資料 11

関連法令・参考文献

このページは故意に空白にしている

◆ 関連法令

- ・ 国際電気通信連合 無線通信規則 (2016 年版)
- ・ 電波法 (昭和 25 年 5 月 2 日法律第 131 号)

◆ 参考文献

- ・ 総務省 (2016 年) 「電波政策 2020 懇談会報告書」
- ・ Satellite Industry Association (2017 年) 「2017 State of the Satellite Industry Report」
- ・ (一社) 日本航空宇宙工業会 (2017 年) 「航空宇宙産業データベース」
- ・ 総務省 (2016 年) 宇宙×ICT に関する懇談会 (第 1 回) 資料「宇宙分野における ICT 利活用の現状と課題」
- ・ 総務省 (2016 年) 宇宙×ICT に関する懇談会 (第 1 回) 「議事要旨」
- ・ 総務省 (2016 年) 「小型衛星通信網の国際周波数調整手続きに関するマニュアル」
- ・ JAXA (2017 年) 「RF 回線設計標準 C 改訂」
- ・ (一財) 情報通信振興会ホームページ <https://www.dsk.or.jp/>
- ・ 総務省電波利用ホームページ <http://www.tele.soumu.go.jp/>

このページは故意に空白にしている