

資料 1

開催趣旨

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」開催趣旨

近年、小型衛星の低廉化やロケットの空きスペースに他の人工衛星を乗せる相乗り衛星により、大学や民間による小型衛星の打ち上げと利用が増えてきています。

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、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。

これらの結果は事例集・ノウハウ集として報告書にとりまとめ公表します。

平成 29 年 6 月

このページは故意に空白にしている

資料 2

開催要綱

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」開催要綱（案）

1 名 称

本研究会は「小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会」と称する。

2 目 的

本研究会は、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るとともに、小型衛星の使用電波の周波数の調整が円滑にできるよう、使用する周波数帯、運用地域などの決め方をケーススタディして、これらの結果を事例集・ノウハウ集としてとりまとめることを目的とする。

3 調査研究事項

(1) 小型衛星の打ち上げ・利用動向に関すること

- ア 北陸3県での打ち上げ計画
打上時期、目的、関係機関等
- イ 北陸3県での利用動向
搭載機器（カメラ、センサー等）
利用分野・内容（画像による森林管理、X線による宇宙観測等）
今後の展望（デバイス開発等）
- ウ 北陸3県以外で先行している事例

(2) 周波数調整に関すること

- ア 国際周波数調整の制度の詳細
- イ 小型衛星が利用可能な周波数、軌道等の諸元
- ウ 国際電気通信連合への手続きまでに準備すべき事項
- エ 事前公表資料及び通告資料作成時の注意事項
- オ 国際周波数調整を円滑に行うための手法
- カ 小型衛星の国際周波数調整の事例
- キ 小型衛星が国内の無線局と調整すべき事項及びその事例

4 構成・運営

- (1) 本研究会は総務省北陸総合通信局の主催とする。
- (2) 本研究会の構成員は別紙のとおりとする。
- (3) 本研究会に座長を置く。
- (4) 座長は構成員の互選により定める。
- (5) 座長は本会研究を招集し主宰する。
- (6) 本研究会には必要に応じ構成員以外の者の出席を求めることができる。
- (7) 座長は本研究会の終了後、結果を北陸総合通信局長に報告する。
- (8) 本研究会は、原則として公開とする。ただし、公開することにより当事者又は第三者の権利及び利益並びに公共の利益を害するおそれがある場合、構成員間の率直な意見交換が損なわれるおそれがある場合その他の座長が必要と認める場合は非公開とすることができる。
- (9) 座長は上記のほか、本研究会の運営に必要な事項を定める。

5 開催期間

平成29年6月から平成30年3月までとする。

6 庶務

本研究会の庶務は総務省北陸総合通信局無線通信部企画調整課及び事務の請負業者が行う。

附 則

この要綱は、平成29年6月27日から施行する。

附 則

この要綱は、平成29年10月2日から施行する。

このページは故意に空白にしている

資料 3

構成員名簿

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.

このページは故意に空白にしている

資料 4

研究会開催経過

このページは故意に空白にしている

第 1 回研究会

平成 29 年 6 月 27 日

このページは故意に空白にしている

超小型衛星に関する最近の動向

平成29年6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

1. 全世界の衛星の概況
2. H-IIA相乗りの実績
3. 宇宙ベンチャーの動向

1. 全世界の衛星の概況

JST辻野氏資料から抜粋

2

1.1 人工衛星の種類ごとの機数

衛星種類	通信放送	地球観測	航行測位	宇宙科学	有人宇宙船	技術試験	その他*	計
ロシア	955	1364	282	191	312	336	36	3476
米国	588	700	118	267	180	473	75	2401
欧州	184	77	16	84	5	116	8	490
日本	52	32	1	31	5	80	2	203
中国	58	99	27	22	5	85	2	298
その他	295	81	7	24	0	84	3	494
世界計	2132	2353	451	619	507	1174	126	7362
	29%	32%	6%	8%	7%	16%	2%	

出典 NASA、DoD、COSPAR、Gunter他、2016年8月末まで

* 衛星種類のその他には、測地衛星、AIS(船舶情報収集)、宇宙葬などを含む。

3

1. 2 運用中の衛星数(推定)

衛星種類	通信放送	地球観測	航行測位	宇宙科学	有人宇宙船	技術試験	その他	計
ロシア	80	20	30	2	3	9	0	144
米国	385	130	31	40	3	53	7	549
欧州	112	56	14	13	0	25	0	220
日本	15	20	1	5	0	21	0	62
中国	39	75	22	11	0	38	0	185
その他	179	65	7	8	0	25	0	284
世界計	710	366	105	79	6	171	7	1444
	49%	25%	7%	5%	1%	12%	1%	

出典 UCS(Union of Concerned Scientists)2016年6月末現在+惑星探査機等

4

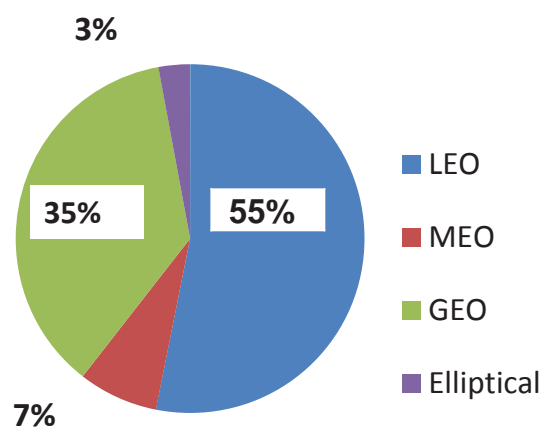
1. 3 運用中の衛星の軌道分布

LEO=高度1,500km以下

MEO=高度8,000~24,000km

GEO=高度35,800km、 $i=0$ *

軌道	大型	中型	小型	超小型	計
LEO	52	212	228	296	788
MEO	2	93	0	0	95
GEO	349	154	0	0	503
Elliptical	17	15	8	0	40



* i は軌道傾斜角で $i=0$ は赤道面。「みちびき」($i=45$ 度)など準天頂衛星も含む。

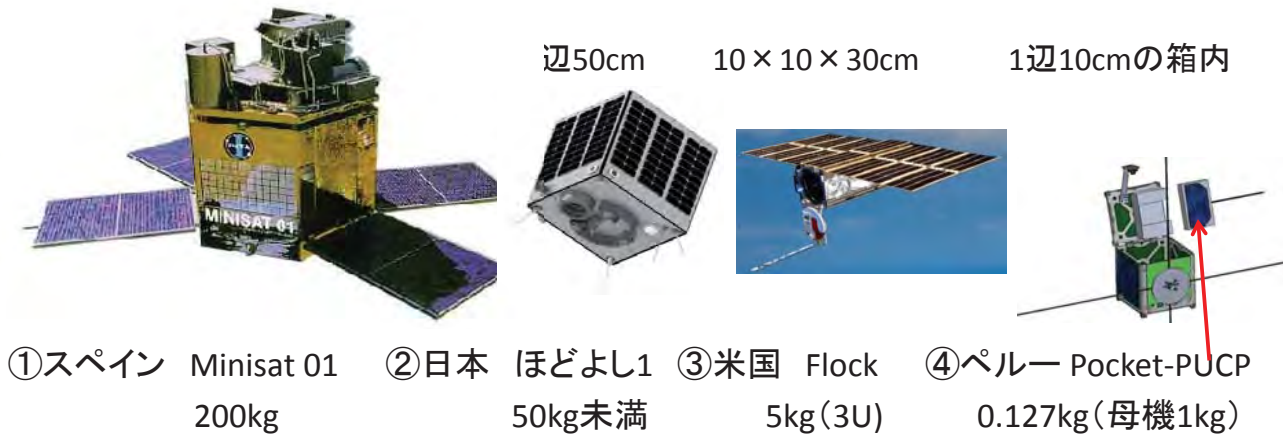
出典 UCS(Union of Concerned Scientists)2016年6月末現在

5

(参考) 小型衛星の定義

打上げ時の衛星質量が500kg未満。(燃料等も含む)

- ①100kg～500kg ミニ衛星
- ②10kg～100kg マイクロ衛星
- ③1kg～10kg 超小型衛星(ナノ衛星、キューブサット)
- ④1kg未満 ピコ衛星



1.4 小型衛星の国別累積数 2016年8月末現在

質量区分	500～100	100～10	10～1	計
ロシア	215	392	9	616
米国	147	150	281	578
欧州	47	40	43	130
日本	2	17	18	37
中国	101	20	17	138
その他	38	45	34	117
世界計	550	664	402	1616
	34% ↓	41% ↓	25% ↑	

出典 Gunter他

1.5 運用中の小型衛星数

質量区分	500～100	100～10	10未満	計
ロシア	45	9	6	60
米国	56	44	94	194
欧州	28	11	21	60
日本	1	16	7	24
中国	74	14	16	104
その他	33	38	17	88
世界計	237	132	161	530
	45%	25%	30%	

出典 UCS (Union of Concerned Scientists) 2016年6月末

8

2. H-IIA相乗りの実績

9

H-IIAロケットにおける超小型衛星の打上げ実績

平成18年5月

H-IIAロケットに相乗りする公募超小型衛星の募集を開始。

平成21年1月23日

H-IIAロケット15号機により温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)との相乗りで、公募超小型衛星6機とJAXAによる超小型衛星1機を地球周回軌道に打上げ。H-IIAロケットの公募超小型衛星としては初めての打上げ。

平成22年5月21日

H-IIAロケット17号機により金星探査機「あかつき」(PLANET-C)との相乗りで、公募超小型衛星4機を打上げ。地球周回軌道に3機、金星パーキング軌道に1機をそれぞれ軌道投入。

平成24年5月18日

H-IIAロケット21号機により水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)と韓国多目的実用衛星3号機 (KOMPSAT-3)との相乗りで、公募超小型衛星1機とJAXAによる超小型衛星1機を打上げ。

平成26年2月28日

H-IIAロケット23号機により全球降水観測(GPM)計画の主衛星との相乗りで、公募超小型衛星7機を打上げ。

平成26年5月24日

H-IIAロケット24号機により陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)との相乗りで、公募超小型衛星4機を打上げ。

平成26年12月3日

H-IIAロケット26号機により小惑星探査機「はやぶさ2」(HAYABUSA2)に相乗りする公募副ペイロード3機を打上げ。



平成28年2月17日

H-IIAロケット30号機によりX線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)に相乗りする公募超小型衛星3機を打上げ。

※H-IIBロケットについては、これまで相乗りを実施した実績は無い。

10

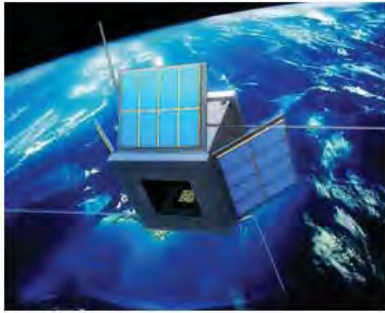
【参考】「いぶき」(GOSAT) 相乗り超小型衛星の概要

開発機関	衛星名称	ミッション内容	寸法・質量	外観
東大阪宇宙 開発協同組合 (SOHLA)	SOHLA-1	地域産業活性化 雷観測	約 50cm立方 約 50 [kg]	
東北大学	SPRITE-SAT	スプライト現象・ 地球起源ガンマ線観測	約 50cm立方 約 45 [kg]	
ソラン株式会社	SORUNSAT-1	障害を持った子供達の夢を 宇宙につなげる活動 ①自律型オンボード管制システム ②インフレーター方式伸展ブーム ③大学ミッション (デブリ検出、 オーロラ電流残留磁気低減化)	約 30x30x35 [cm] 約 30 [kg]	
東京大学	PRISM	伸展式屈折望遠鏡による 地球画像取得実験	約 20x20x25 [cm] 約 8 [kg]	
香川大学	STARS	テザー宇宙ロボット技術実証実験	約 20x20x40 [cm] 親機 約 4 [kg] 子機 約 3 [kg] 合計 約 7 [kg]	
都立産業技術 高等専門学校	KKS-1	マイクロスラスタ 及び 3軸姿勢制御機能の実証	約 15cm立方 約 3 [kg]	

11

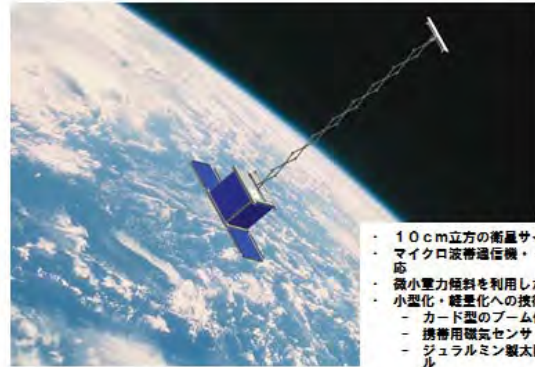
【参考】「あかつき」(PLANET-C) 相乗り公募超小型衛星の概要

WASEDA-SAT2(早稲田大学)



- 寸法:10cm立方
- 質量:1~1.5kg
- ミッション
 - ①展開パドルの空気抵抗による姿勢制御の可能性の検証
 - ②QRコードによる通信の基礎的な確認試験
 - ③学生主体による衛星開発(人材育成)

大気水蒸気観測衛星(鹿児島大学)



- ・10cm立方の衛星サイズ
- ・マイクロ波帯通信機・・・実験局対応
- ・微小重力傾斜を利用した地球指向
- ・小型化・軽量化への技術的挑戦
 - カード型のboom伸展機構
 - 携帯用磁気センサー
 - ジュラルミン製太陽電池パドル

Negai☆”(創価大学)



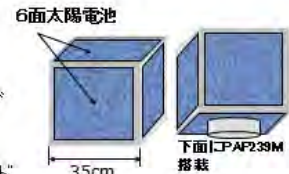
Negai☆”

衛星サイズ10cm立方
質量 約1kg

- 学生手作り人工衛星
- FPGAを用いた情報処理システム
- FPGA内部三重化CPU搭載
- 地球画像の高効率取得
(9600bps通信+JPEG圧縮)
⇒従来の約80倍
(1200bps通信+JPEG圧縮なし)
- 地球撮影判定機能(地球は映ってる?)

UNITEC(大学宇宙工学コンソーシアム)

- ・全体仕様
 - サイズ 35cm立方程度
 - 重量 約15kg
 - 平均発電量 25~30w
 - 姿勢制御なし、タンプリング
 - 送信電力15w 無指向
 - ・5.8GHz アマチュアバンド
 - 地上局 HAMコミュニティのφ3mアンテナ等想定

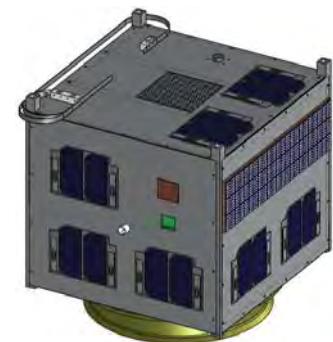


12

【参考】「しずく」(GCOM-W) 相乗り公募超小型衛星の概要

高電圧技術実証衛星「鳳龍 2号」

- 開発機関 : 九州工業大学
- サイズ : 460mm(X) × 460mm(Y) × 431mm(Z)
- 質量 : 6.33kg (衛星分離機構を除く)
- ミッション :
 - ①低軌道上での300V発電
 - ②放電による太陽電池電気性能出力低下現象の確認
 - ③帯電抑制電子エミッタフィルム(ELF素子)の軌道上実証
 - ④地上民生用技術を転用した衛星表面電位計の軌道上実証
 - ⑤デブリセンサによるデブリ観測
 - ⑥SCAMPの軌道上実証(SCAMP: Surrey Camera Payload)
 - ⑦カメラ撮影画像を利用した地域貢献と衛星データ利用人材育成プログラムへの教材提供
- 問合せ先 : 宇宙環境技術ラボラトリー 施設長 趙 孟佑
TEL : 093-884-3228
e-mail : cho@ele.kyutech.ac.jp



<外観図>

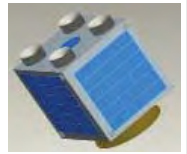
13

【参考】 全球降水観測 (GPM) 相乗り公募超小型衛星の概要①

- 衛星名: **STARS-II**
- 提案機関: 香川大学
- 寸法: H465×W291×D291mm
- 重量: 約21.5kg
- ミッション:
 - ①重力傾斜を利用したテザー伸展
 - ②EDTIによる電流収集(ペアテザー)
 - ③重力傾斜によるテザー張力を利用したTSR制御
 - ④張力制御によるテザー伸展回収
- 実施責任者: 工学部 能見公博 准教授
- 支援機関: JAXA研究開発本部、静岡大学

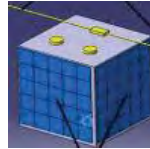


- 衛星名: **可視光通信実験衛星**
- 提案機関: 国立大学法人 信州大学
- 寸法: 約H350×W300×D300mm
- 重量: 約20kg
- ミッション:
 - ①衛星地上間の双方向可視光通信実験
 - ②アマチュア無線サービス
- 実施責任者: 大学院工学系研究科 中島厚 教授
- 支援機関: 信州衛星研究会



- 衛星名: **微生物観察衛星 TeikyoSat-3**
- 提案機関: 帝京大学
- 寸法: H350×W300×D300mm
- 重量: 約20kg
- ミッション:

微小重力環境と宇宙放射線が粘菌に与える影響を小型副衛星で観察
- 実施責任者: 理工学部 久保田弘敏 教授
- 支援機関: 東京理科大学、とちぎ航空宇宙産業振興協議会、日本アマチュア無線連盟栃木県支部



香川大STARS-II 以外は、質量、寸法は、衛星分離部を除く。

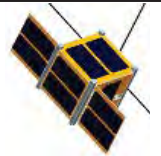
14

【参考】 全球降水観測 (GPM) 相乗り公募超小型衛星の概要②

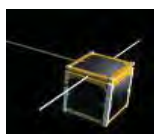
- 衛星名: **KSAT2**
- 提案機関: 鹿児島大学
- 寸法: H100×W100×D100mm
- 重量: 約1.5kg
- ミッション:
 - ①大気水蒸気の独創的観測
 - ②宇宙からの動画撮影と配信
 - ③低高度軌道での衛星測位システム基礎実験
 - ④電波干渉計による衛星軌道決定実験
 - ⑤超低高度軌道での衛星運用実験
 - ⑥パンタグラフ式伸展ブームの宇宙実証
 - ⑦宇宙からの日本応援メッセージ送信
- 実施責任者: 理工学研究科 西尾正則 教授
- 共同実施機関: 東北大学、(株)東郷、(株)エルム、(株)藤田ワークス、(株)アドニクス、(株)マイクロラボ、福井工業大学、NPO鹿児島人工衛星開発協議会



- 衛星名: **OPUSAT**
- 提案機関: 大阪府立大学
- 寸法: H100×W100×D100mm
- 重量: 約1kg
- ミッション:
 - ①リチウムイオンキャパシタの耐宇宙環境性能の実証実験
 - ②MPPT制御を用いた高効率蓄電技術の実現
 - ③磁気トルカを用いた太陽指向制御、太陽電池パドル展開による大電力獲得技術の実現
- 実施責任者: 工学研究科 南部陽介 助教
- 支援機関: 関西宇宙イニシアティブ、株式会社エイ・イー・エス、大阪電気通信大学



- 衛星名: **芸術衛星INVADER**
- 提案機関: 多摩美術大学
- 寸法: H100×W100×D100mm
- 重量: 約1kg
- ミッション:
 - ①衛星データ(テレメトリ)の芸術利用
 - ②衛星データ活用のためのプラットフォーム実装
 - ③衛星をメディアとしたインタラクティブ作品の制作
 - ④芸術作品を通じたアウトリーチの展開
- 実施責任者: 情報デザイン学科 久保田晃弘 教授
- 共同実施機関: 東京大学



- 衛星名: **ITF-1**
- 提案機関: 筑波大学
- 寸法: H100×W100×D100mm
- 重量: 約1kg
- ミッション:
 - ①小型衛星を利用したネットワークの構築
 - ②新型マイコンの宇宙空間での動作実証
 - ③超小型アンテナの動作実証
- 実施責任者: システム情報系 亀田敏弘 准教授
- 支援機関: 産業技術総合研究所、日本アマチュア無線連盟、日本アマチュア衛星通信協会



質量、寸法は、衛星分離部を除く。

15

【参考】「だいち2号」(ALOS-2) 相乗り公募超小型衛星の概要

- 衛星名: **SPROUT**
- 提案機関: 日本大学
- 寸法: 約H366 × W400 × D400mm
- 重量: 約27kg



- ミッション:
 - ①複合膜面構造物展開の宇宙実証と設計手法の検証
 - ②数kg級衛星用姿勢決定・制御技術の実証
 - ③複合膜面構造物による軌道降下率変化の予測
 - ④アマチュア無線家による衛星運用
 - ⑤地域交流活動
- 実施責任者: 理工学部 宮崎康行 教授
- 共同実施機関: (株)ウェルリサーチ

- 衛星名: **RISING-2**
- 提案機関: 東北大学
- 寸法: 約H500 × W500 × D500mm
- 重量: 約43kg



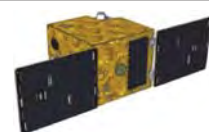
- ミッション:
 - ①高解像度地球撮影(約5m分解能目標)
 - ②高精度三軸姿勢制御(約0.1度指向誤差目標)
 - ③積乱雲の高解像度ステレオ撮像
 - ④高高度放電発光撮影
- 実施責任者: 大学院工学系研究科 坂本祐二 助教
- 共同実施機関: 北海道大学

- 衛星名: **UNIFORM-1**
- 提案機関: 和歌山大学
- 寸法: 約H500 × W500 × D500mm
- 重量: 約50kg



- ミッション:
 - ①Wildfire監視を目的とした熱異常検知
 - ②アジア等の宇宙新興国との協力によるキャパシティビルディング
- 実施責任者: 宇宙教育研究所 秋山演亮 所長
- 共同実施機関: 東京大学、東北大学、東京理科大学、首都大学東京、北海道大学、次世代宇宙システム技術研究組合、JAXA/ISAS

- 衛星名: **SOCRATES**
- 提案機関: (株)エイ・イー・エス
- 寸法: 約H486 × W495 × D496mm
- 重量: 約50kg



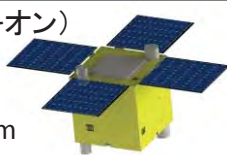
- ミッション:
 - ①小型衛星標準パスの実証
 - ②先進的ミッション/要素技術の軌道上実証環境の提供
- 実施責任者: 富田一正 代表取締役 筑波事業所長
- 実証機器の開発: (独)NICT(予定)

日本大学SPROUT 以外は、質量、寸法は、衛星分離部を除く。

16

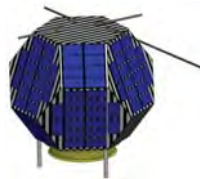
【参考】「はやぶさ2」(HAYABUSA2) 相乗り公募副ペイロードの概要

- ペイロード名: **PROCYON** (プロキオン)
- 提案機関: 東京大学
(JAXAとの共同研究)
- 寸法: 約H630 × W550 × D550mm
- 重量: 約59kg



- ミッション:
 - ①50kg級超小型深宇宙探査機バス技術の実証
 - ②高効率X帯パワーアンプによる通信、超近接フライバイ撮像技術等の深宇宙探査技術の実証
- 実施責任者: 工学系研究科 船瀬龍 准教授
- 共同実施機関: JAXA/ISAS、東京理科大学、北海道大学、明星大学等

- ペイロード名: **しんえん2**
- 提案機関: 九州工業大学
- 寸法: 約H475 × W490 × D490mm
- 重量: 約15kg



- ミッション:
 - ①熱可塑性CFRPによる宇宙機の製作と宇宙技術実証
 - ②遠距離における地球-宇宙機間の相互通信
- 実施責任者: 大学院工学研究院 奥山圭一 教授
- 共同実施機関: 鹿児島大学

- ペイロード名: **ARTSAT2-DESPATCH**
(アートサット・ツー デスパッチ)
- 提案機関: 多摩美術大学
- 寸法: 約H500 × W500 × D500mm
- 重量: 約30kg



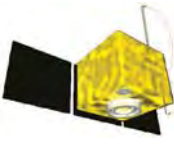
- ミッション:
 - ①ソーシャルネットワークを用いたテレメトリ共同受信(協調ダイバシティ通信実験)
 - ②宇宙生成詩の創作
(各種センサーデータから搭載プログラムが生成したテレメトリの送信)
 - ③深宇宙彫刻の実現
(3Dプリンタ造形物の宇宙機搭載実証)
- 実施責任者: 情報デザイン学科 久保田晃弘 教授
- 共同実施機関: 東京大学

質量、寸法は、衛星分離部を除く。

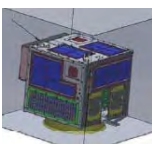
17

【参考】「ひとみ」(ASTRO-H) 相乗り公募超小型衛星の概要

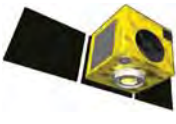
- 衛星名: **ChubuSat-2** (チュウブサット・ツー)
- 提案機関: 名古屋大学
- 寸法: 約H450 × W500 × D500mm
- 重量: 約50kg
- ミッション:
 - ①放射線観測
 - ②アマチュア無線の中継
- 実施責任者: 名古屋大学 特任准教授 山岡和貴
- 共同実施機関: 大同大学、MASTT(Monozukuri Aerospace Support Technology Team)



- 衛星名: **鳳龍四号** (ホウリュウヨンゴウ)
- 提案機関: 九州工業大学
- 寸法: 約H430 × W310 × D430mm
- 重量: 約10kg
- ミッション:
 - ①放電実験
 - ②プラズマ密度計測
 - ③真空アークスラスタ実証 他
- 実施責任者: 九州工業大学 教授 趙 孟佑



- 衛星名: **ChubuSat-3** (チュウブサット・スリー)
- 提案機関: 三菱重工業
- 寸法: 約H450 × W500 × D500mm
- 重量: 約50kg
- ミッション:
 - ①温室効果ガスの影響把握
 - ②デブリ環境観測
- 実施責任者: 電子システム技術部 部長 黒田能克
- 共同実施機関: 大同大学、名古屋大学、MASTT



質量、寸法は、衛星分離部を除く。

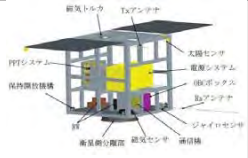
18

【参考】GOSAT-2/Khalifasat相乗り公募超小型衛星の概要

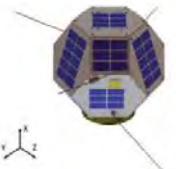
- 衛星名: DIWATA-2B
- 提案機関: 東北大学
- 寸法: 約H500 × W500 × D500mm
- 重量: 約50kg
- ミッション:
 - ①中分解機能多波長カメラによるフィリピン国土の観測
 - ②5m分解能の高解像度望遠鏡システムによるカラー地表撮像および近赤外撮像
 - ③魚眼カメラによる気象観測
 - ④高解像度モノクロカメラ
- 実施責任者: 東北大学 特任准教授 坂本祐二
- 共同実施機関: 北海道大学、フィリピン科学技術省



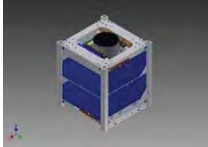
- 衛星名: プロイテレス衛星2号機
- 提案機関: 大阪工業大学
- 寸法: 約H500 × W500 × D500mm
- 重量: 約50kg
- ミッション:
 - ①自律航行能力(パルスプラズマスラスタ)の検証
- 実施責任者: 大阪工業大学 教授 田原弘一



- 衛星名: 地球低軌道環境観測衛星「てんこう」
- 提案機関: 九州工業大学
- 寸法: 約H475 × W497 × D497mm
- 重量: 約17.9kg
- ミッション:
 - ①地球低軌道環境観測
 - ②各種熱可塑CFRTPの宇宙環境劣化不具合を観測
- 実施責任者: 九州工業大学 教授 奥山圭一

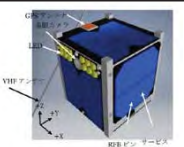


- 衛星名: Stars-AO
- 提案機関: 静岡大学
- 寸法: 約H100 × W100 × D113.5mm
- 重量: 約1.3kg
- ミッション:
 - ①天体観測システムによる撮影および画像処理
 - ②ビットレート設定機能を用いたアマチュア無線家による高速受信
- 実施責任者: 静岡大学 教授 能見公博



- 衛星名: (仮)MBRSC
- 提案機関: UAEドバイ宇宙機関
- 寸法: 約H100 × W100 × D113.5mm

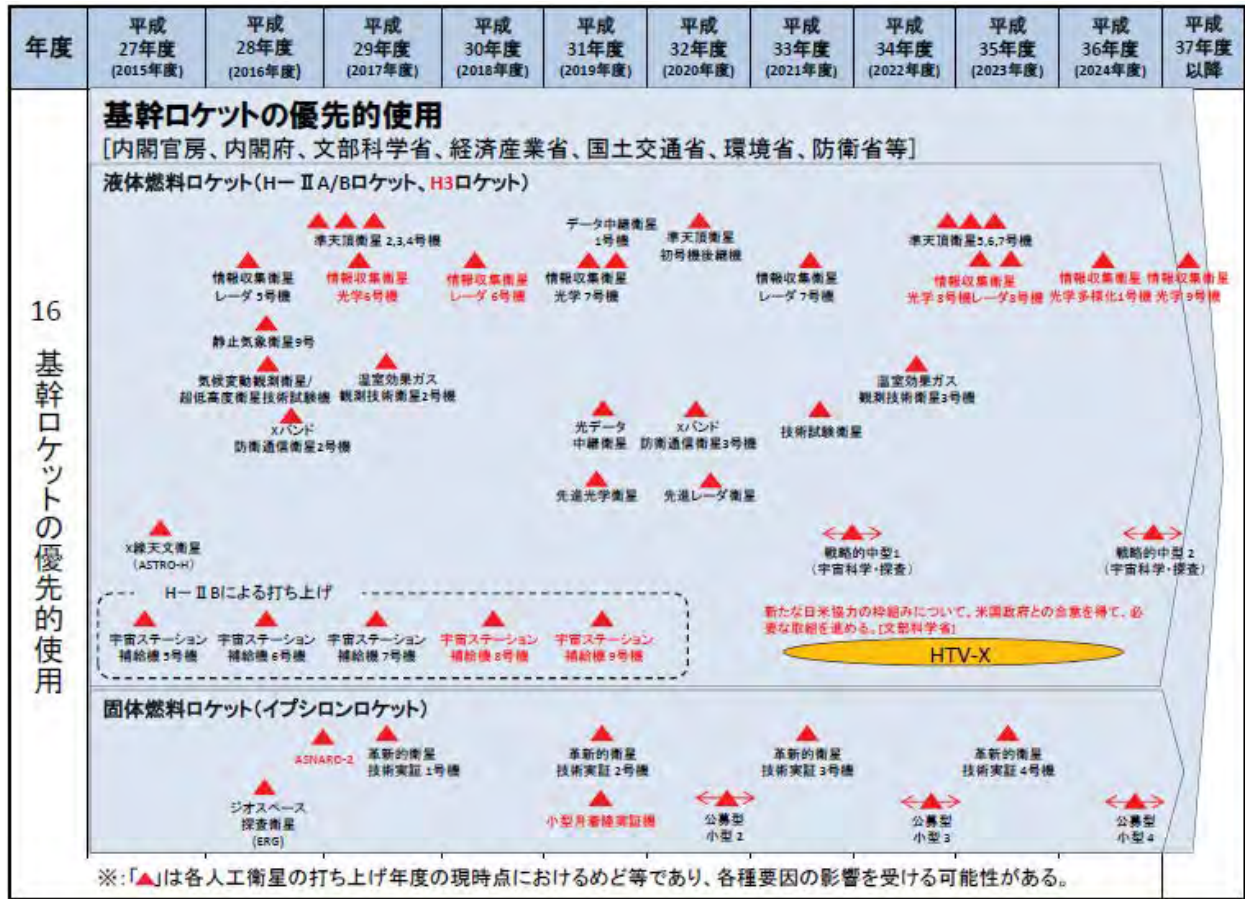
- 衛星名: AUTcube2
- 提案機関: 愛知工科大学
- 寸法: 約H100 × W100 × D113.5mm
- 重量: 約1.6kg
- ミッション:
 - ①高光度LED、720度カメラ、QRP送信機
- 実施責任者: 愛知工科大学 教授 西尾正則



質量、寸法は、衛星分離部を除く。

19

【参考】宇宙基本計画 工程表 (平成27年12月8日)



3. 宇宙ベンチャーの動向

衛星分野

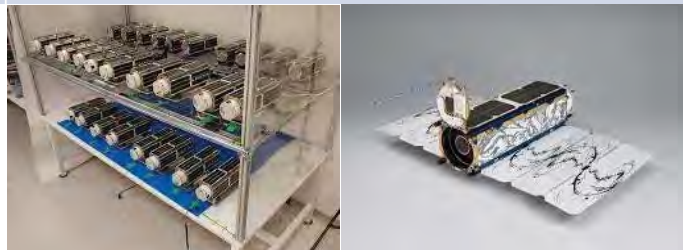
One Web, Skybox, Google, Planet labs, Digital
Globe, SpaceX, Spire, etc.

打ち上げ輸送サービス分野

SpaceX, Blue Origin, Stratolaunch, Firefly, Rocket
Lab, etc.

22

ベンチャー	概要
One Web	150kg以下の小型衛星通信網の整備 高度1,200km、648機 Kuバンドで10テラビット 衛星製造JVをエアバス社と立上げ
Skybox	100kg級の超小型リモセン衛星(Skysat) 高度600km 静止/動画解像度1m以下 Googleが買収
Planet Labs	3UキューブサットDove80機以上(2015末に50機、 2016末に150機稼働予定) 農業分野向けの画像提供ビジネス契約



データ中継、Kaバンド通信、自動ドッキング、
宇宙用部品軌道上実証、大型衛星への協力、、、

23

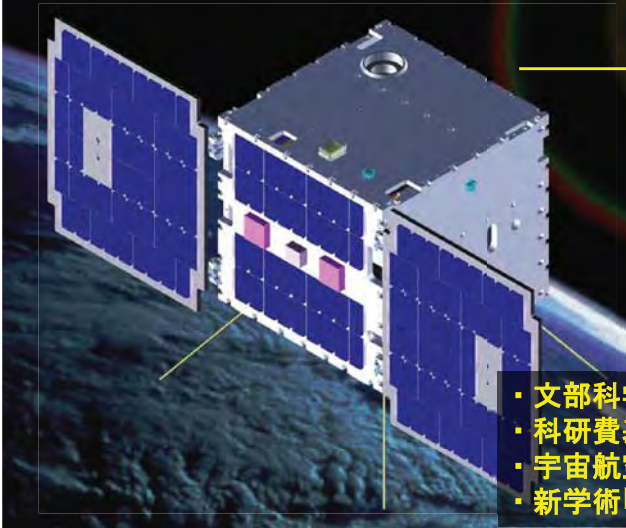
手作り人工衛星による 先端宇宙理工学教育プログラム

代表：八木谷聡(金沢大学)



超小型衛星で展開する 先進的理工学研究拠点の形成

代表：米徳大輔(金沢大学)



笠原禎也、井町智彦、澤野達哉、
後藤由貴、尾崎光紀、
藤本龍一(金沢大学)
三原建弘、久徳浩太郎(理化学研究所)
羽鳥聡(若狭湾エネルギー研究センター)

- ・ 文部科学省特別経費(代表：八木谷聡, H26 - H30)
- ・ 科研費基盤(S)(代表：米徳大輔, H28 - H32)
- ・ 宇宙航空科学技術推進委託費(代表：米徳大輔, H27 - H29)
- ・ 新学術「重力波天体」(公募研究)(代表：米徳大輔, H25 - H28)

金沢大学衛星プロジェクト

- 金沢大学で**超小型衛星(金沢大学衛星)**を設計・製作



平成26年4月より開始

- ① 大学院生に対して、手作り人工衛星の開発を通じて最先端宇宙理工学を重点的に学べる教育環境を整備
- ② 超小型衛星に、金沢大学独自の科学観測装置を搭載し、世界に通用する宇宙観測・研究成果を創出

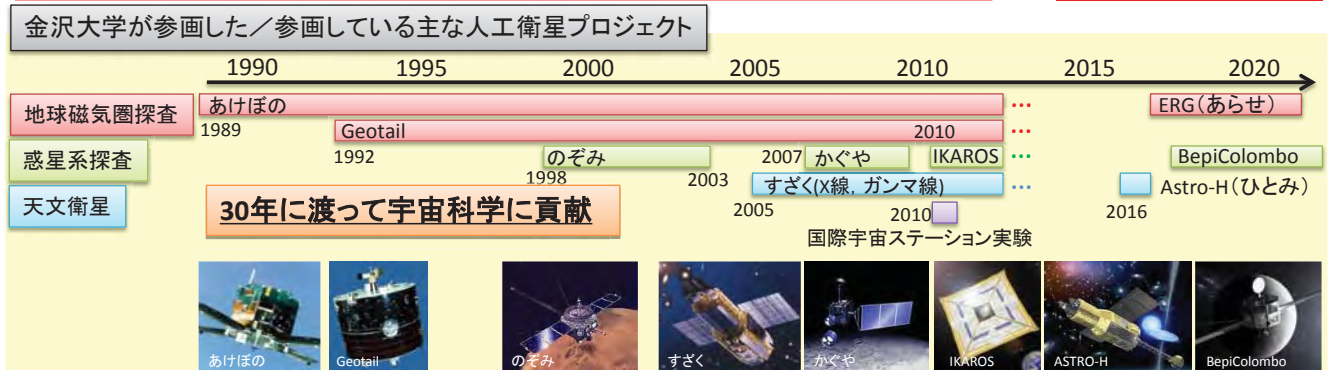
➡ **宇宙理工学の教育研究拠点を形成**

宇宙理工学プログラムの背景・課題

- 社会的要請： 民間の宇宙利用時代＝安価で実用的な衛星の実現(工学的課題)
 - ・格段に利便性の高い通信・放送・ナビゲーション等
 - ・安全・安心な社会に資する気象観測、地球環境計測等
- 学術的要請
 - 迅速な成果創出を求められる時代＝科学観測が可能な小型衛星(理学的課題)

世界的なニーズ

人工衛星の利用が日常である社会へ貢献できる先端的職業人の不足 ⇒ 育成が喫緊の課題



宇宙観測は大型化の一途を辿り、オールジャパンの体制でないと遂行できない時代に...

- ・大型化、多機関で実施することの弊害(一部のコンポーネントしか担当できない)
 - ・大型プロジェクトの全体像が見える人材は極少数の研究者のみ。**人材が育たない。**
- ⇒ 包括的な理解と技術を身に付け、システム全てを理解・経験できる教育環境が必要

課題

- 衛星の利用が日常である社会へ貢献できる
先端的職業人の不足
- ➡ 人材育成のため、新たな教育研究環境整備が必要

これまでの人工衛星

- 国の宇宙機関、大企業が中心
- 10年、数百億円、数メートル、数トン

研究者・技術者は
全体の一部しか
従事できない

近年の超小型衛星

- 大型ロケットへの相乗り、外国の安価なロケット
- 大学など小規模な組織でも独自の超小型衛星
- 数年、数億円、数十センチ、数十キログラム

宇宙理工学教育環境の整備

● 理工一体の大学院教育プログラム(宇宙理工学コース)

- 衛星システム技術(工学)
回路、通信、情報、制御、熱、電力、機械構造、材料
- 科学観測技術・理論(理学)
放射線計測、電波観測

講義



実習

民生部品を利用した安価な
金沢大学衛星の設計・製作



● 学生が主体となる金沢大学衛星(超小型衛星)の開発

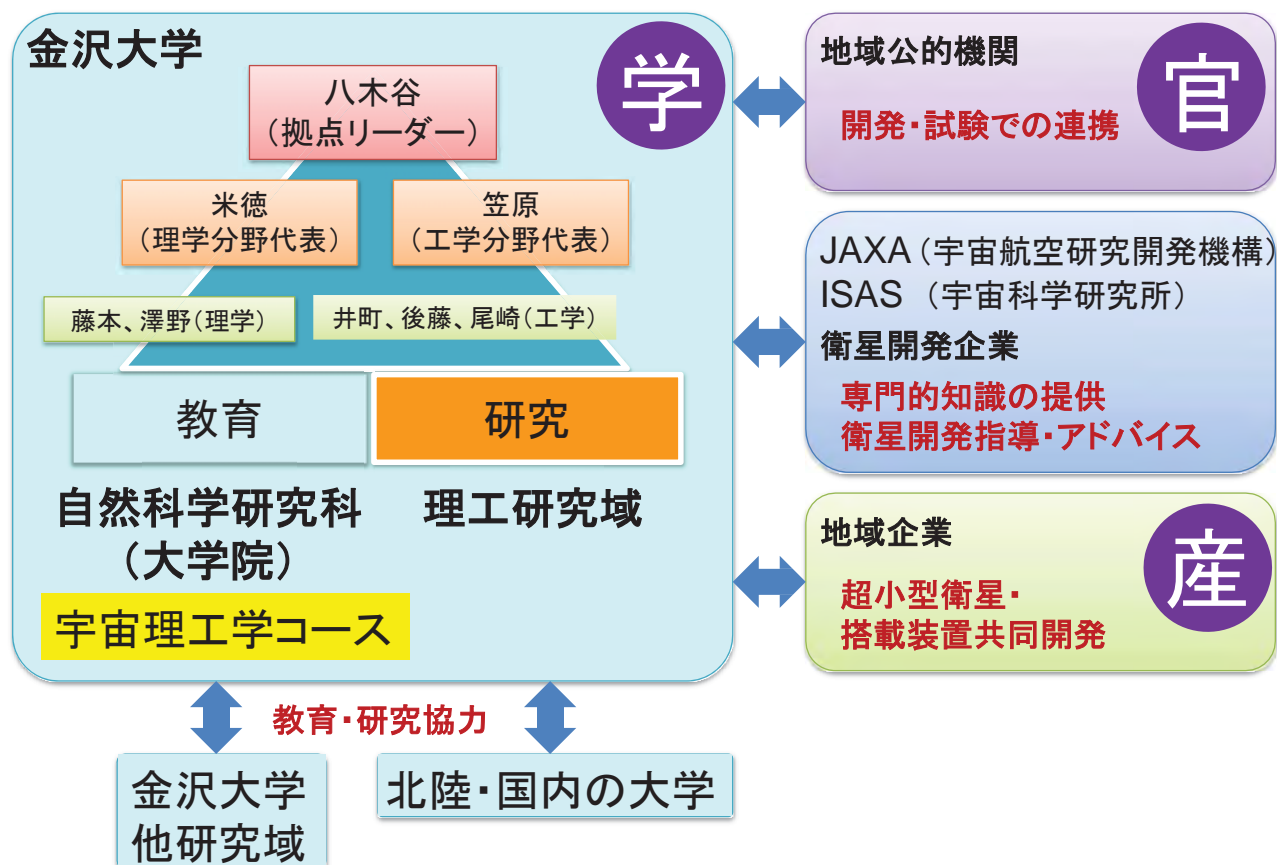
1. 先端的職業人を組織的に育成

- 企業が求める人材輩出 (プロジェクト・マネジメント)
- 理工一体の総合科学技術の習得 (理論・モノづくり)

2. 安価な衛星開発により、社会的・学術的要請に対応

- 安価で実用的な衛星の工学的実証
- 迅速、タイムリーな科学観測、学術的成果の創出

教育研究体制



年次計画: 宇宙理工学コースと衛星開発

	H26	H27	H28	H29	H30	H31以降
コース カリキュラム・ 教材開発	コース立案・調整		コース試行	コース試行	コース設置	コース設置
金沢大 衛星開発 (1号機)	概念設計	基本設計	STM	FM		打ち上げ
観測装置開発	EM		FM			
設備	衛星開発設備					
評価・見直し			コース試行に向けた見直し	コース開設に向けた見直し		プログラム終了・評価

国際連携の推進

●放射線観測(ガンマ線・エックス線)

- 重力波観測施設との連携(日米欧)
- 金沢大学衛星(超小型衛星)による放射線観測⇒重力波天体の同定



2015年9月14日に重力波初検出!

その詳細な発生方向を同定して、電磁波で追観測することは喫緊の課題
世界連携による「重力波天文学」の創成

●電磁波観測(電界・磁界)

- 大型衛星プロジェクト(日欧米)
- プラズマ波動観測装置の開発
 - 水星探査衛星 BepiColombo/MMO (2017)
 - 木星探査衛星 JUICE (2022)
- 衛星データ解析
 - ジオスペース観測衛星 Geotail, Themis, MMS, ERG, ...

東北大、京大、富山県立大、フランス、スウェーデン、チェコ、ハンガリー、アメリカ



水星探査衛星MMO



木星探査衛星JUICE

当該分野における本プロジェクトの位置づけ

● 大型衛星・地上観測による宇宙科学データ解析

従来:これまでの信号処理

今回:先端的高度信号処理の適用 ⇒

- データの再解釈
- 新たな物理現象の発見
- 理論の創出

● 放射線観測(ガンマ線・エックス線): 宇宙物理学分野

- ブラックホールの形成メカニズムの解明
- 相対論的ジェット形成メカニズムの解明

宇宙の極限状態の理解

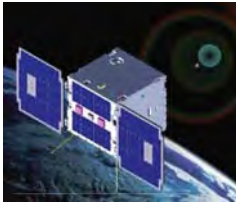
● 電磁波観測(電界・磁界): 太陽-地球系科学分野

- 宇宙プラズマ波動の発生・伝搬の解明
- ジオスペースダイナミクス of 解明

太陽～地球環境の理解

● 宇宙観測に対する新たなデータ取得方法の検討

● 金沢大学衛星(開発中)における搭載機器へのフィードバック



超小型衛星 ⇒

- 大型衛星を補完
- 迅速な宇宙観測
- 迅速な科学成果の創出

金沢大学衛星プロジェクト

超小型衛星研究開発室

Hanazawa-SAT³

金沢大学 KANAZAWA

金沢大学の宇宙理工学研究グループ

- 国内外の科学衛星プロジェクトに参画
- 搭載科学観測機器の開発・運用・データ解析
 - 電磁波観測 (電界、磁界)
 - 放射線観測 (エックス線、ガンマ線)
- 世界最高水準の観測により宇宙科学の発展に寄与
 - 地球周辺～太陽系宇宙空間の解明
 - 遠方宇宙、初期宇宙の解明

金沢大学衛星プロジェクトの推進

理工融合の教育事業 (H26～H30)

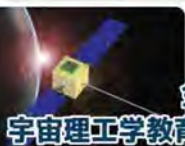
手作り人工衛星による先端宇宙理工学教育プログラムの構築

① 教育プログラムの整備

- 大学院に宇宙理工学コースの設置 (H30予定)
- 学生が主体となる手作り人工衛星の開発
- 理工一体の総合科学技術及びプロジェクトマネジメントを身に着けた先進的職業人の育成

② 金沢大学衛星(超小型衛星)の開発環境整備

- 安価で実用的な超小型衛星の工学的実証
- 迅速・タイムリーな宇宙観測による学術的成果創出



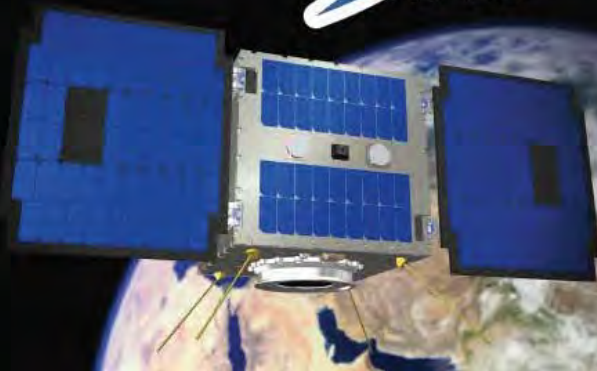
金沢大学衛星による
宇宙理工学教育・研究拠点の整備



金沢大学衛星1号機（超小型衛星） 開発中

金沢大学 衛星プロジェクト Kanazawa-SAT³

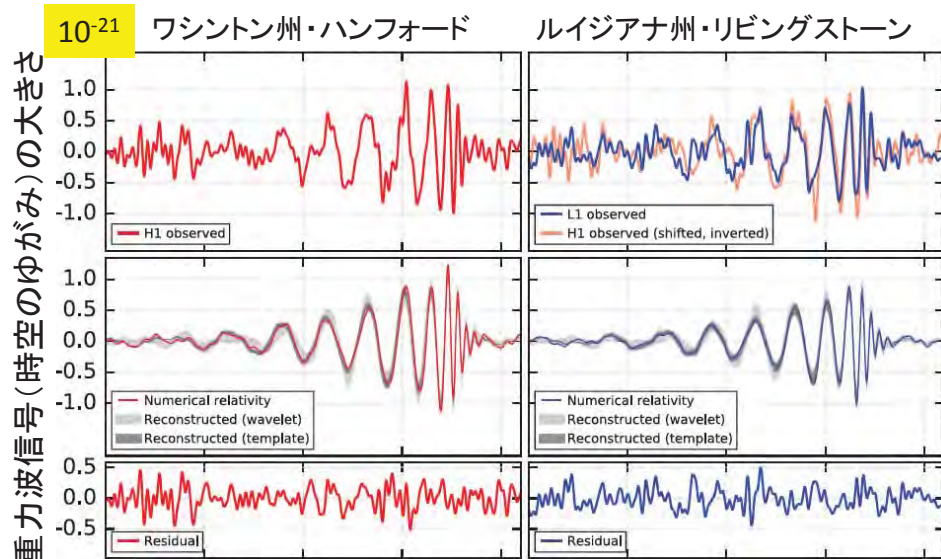
Study and Training in Space Science and Technology
for Kanazawa Cube-Satellites



- 科学観測目標: ガンマ線バーストのX線撮像計測、重力波天体の同定
- 重量: 50 kg サイズ: 50cm × 50cm × 50cm (太陽電池折り畳み時)
- 通信: S-Band (Up/Down), U-Band (Up/Down), イリジウム
- 打ち上げ(目標): 2018年度



2015年9月14日 LIGOによる「重力波」の初検出 (GW150914)



約30太陽質量の
ブラックホール連星の
衝突・合体

今後は
 ・連星中性子星
 ・中性子星と
 ブラックホール連星
 ・超新星爆発
 ・星の潮汐破壊
 などからの検出も
 期待されている

Abbott et al. (2016)

重力波という「宇宙を探求する新たな窓」が開いた

重力波天文学が大きく発展する最も重要な局面

重力波発生源のX線・ガンマ線観測

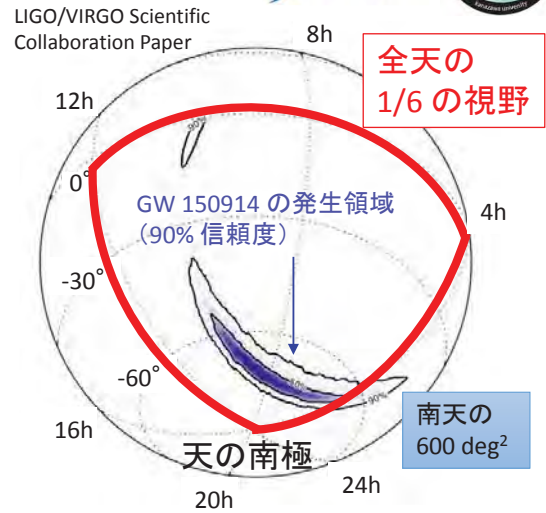


到来方向を決める

- ・世界中に発生情報を連絡
- ・可視光／赤外線／電波でも追観測
- ・重力波発生源までの距離を決める

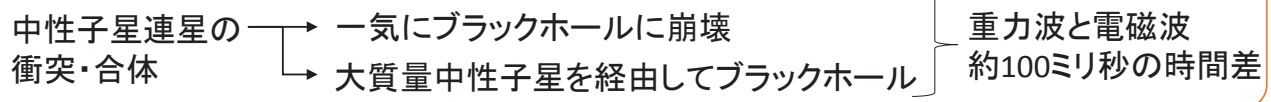
到来時間を決める

- ・発生時間を区切って重力波信号を調べる
- ・重力波の伝播速度は光速か？



ブラックホール時空のまわりを詳しく理解するには、たくさんの情報が必要

◆ ブラックホール形成過程



◆ 相対論的ジェットのエネルギー源

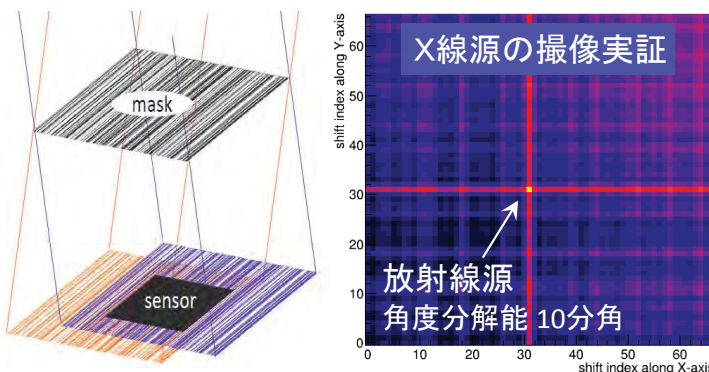


研究・開発内容

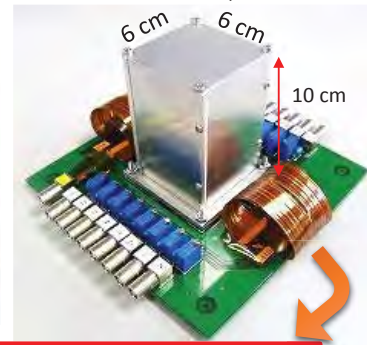
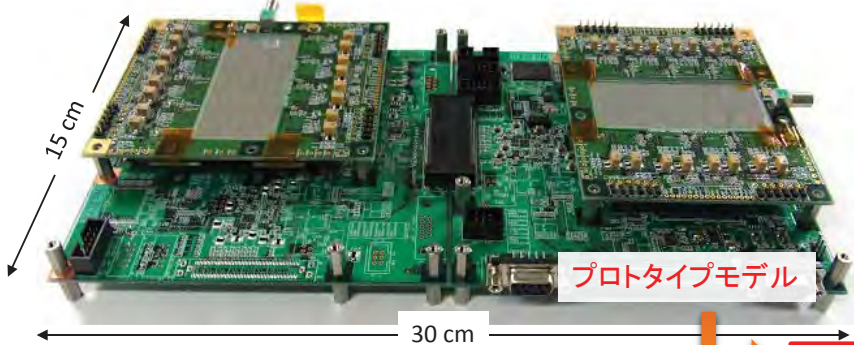
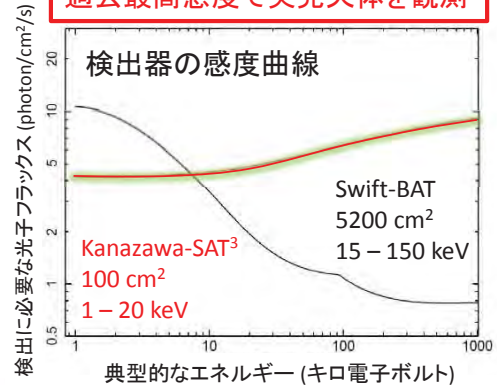
広視野X線撮像検出器



Transient Localization Experiment (T-LEX)



10 キロ電子ボルト以下で過去最高感度で突発天体を観測



フライトモデルの開発へ

研究の全体像



超小型衛星計画Kanazawa-SAT³

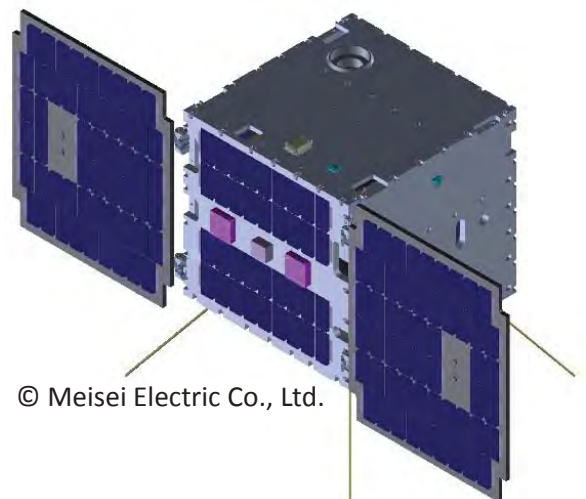
目的: 重力波天体からのアウトフローの生成機構・環境を観測的に明らかにする

- 重力波事象の瞬間・直後(< 100秒)におけるX線/ガンマ線光度を調べる
- X線で発生方向を(~ 15分角)で決め光学望遠鏡追観測を促し天体同定に貢献する
- 重力波・電磁波の時間差(~ 10ミリ秒精度)からジェット生成機構モデルを制限する

⇒ 広視野X線撮像検出器とガンマ線検出器によりX線突発天体を監視し、発生方向(~ 15分角)と発生時刻(~ 10ミリ秒)を地上に通報する

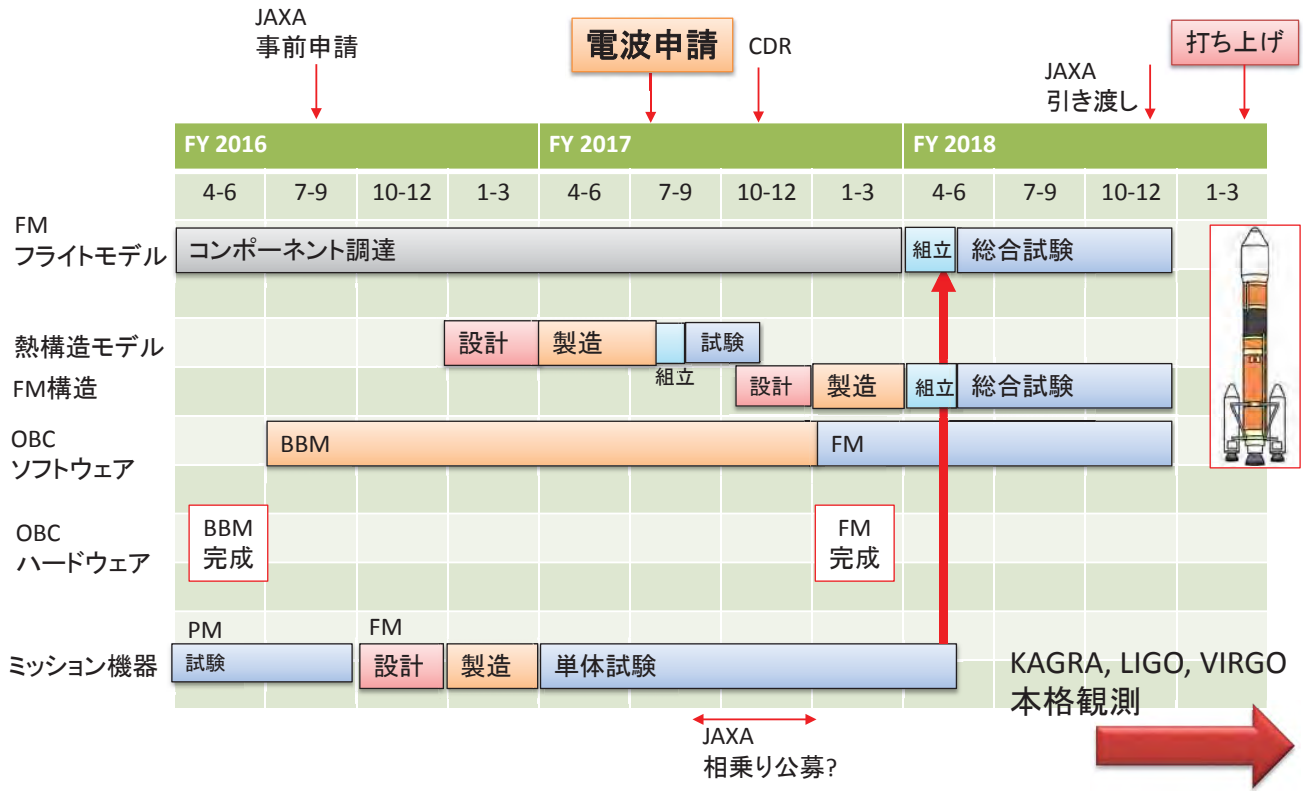
Satellite & Payload Configuration (TBD)

ミッション寿命	> 1 year (3 years as goal)
衛星サイズ	50 cm × 50 cm × 50 cm
衛星重量	~ 50 kg
打ち上げターゲット	late FY2018
軌道	Sun-synchronous LEO
検出器 (Localization)	1次元符号化マスク X線撮像検出器
検出器 (Time Coincidence)	1次元符号化マスク X線撮像検出器 & ガンマ線検出器

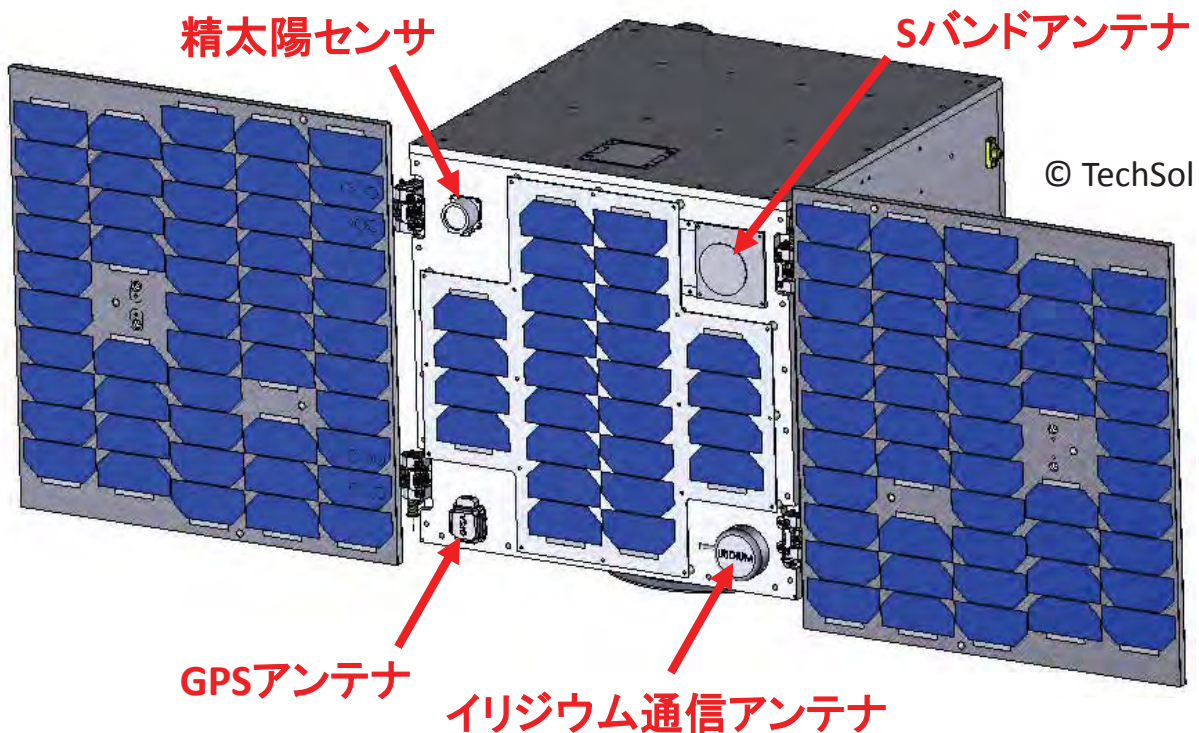


Kanazawa-SAT³スケジュール

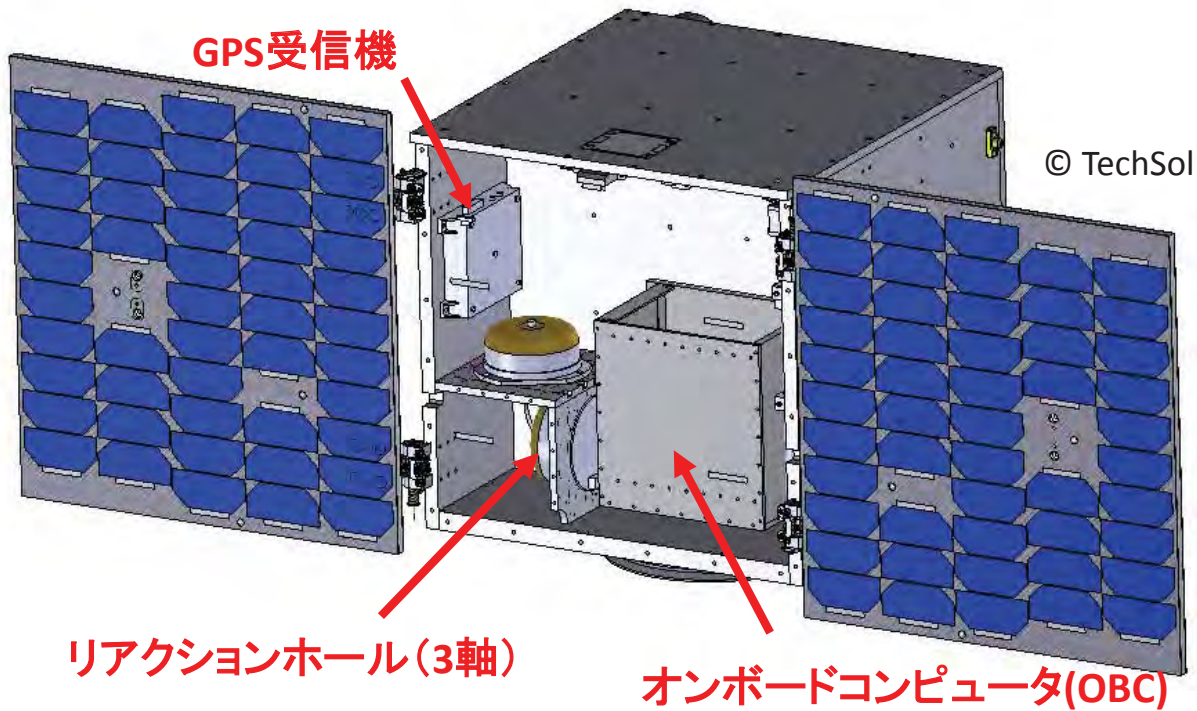
(2017/06/22 更新)



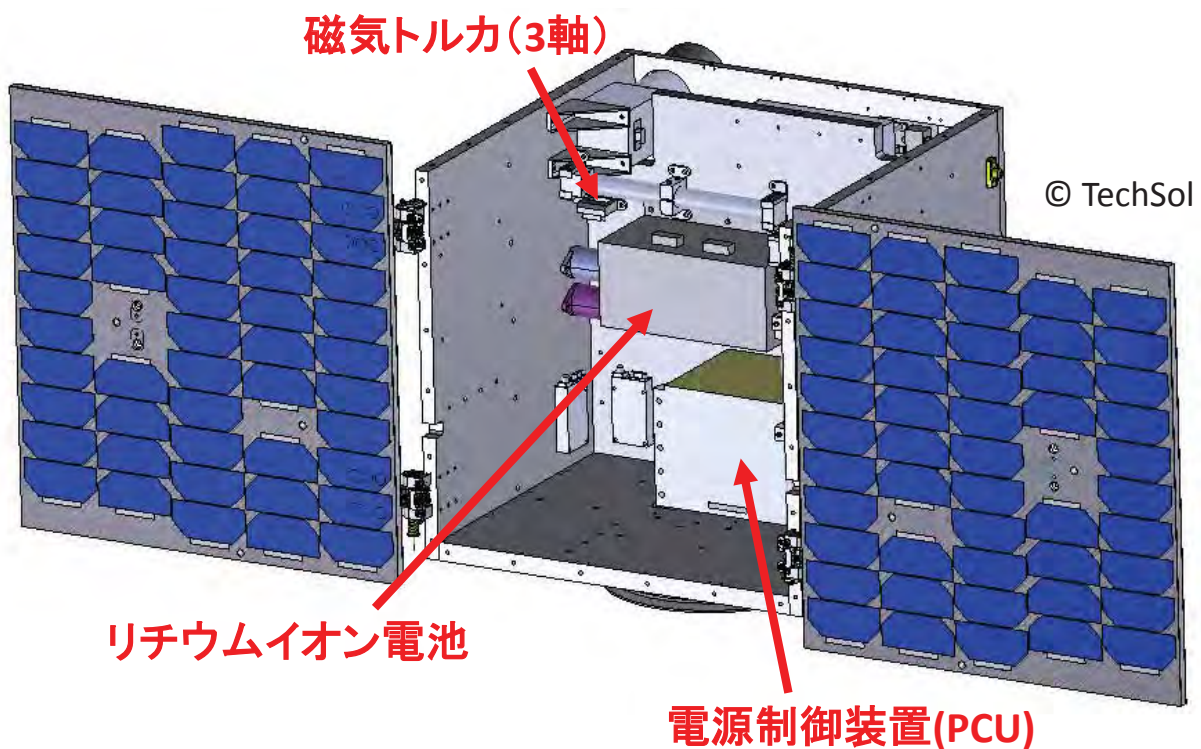
衛星コンポーネント構成



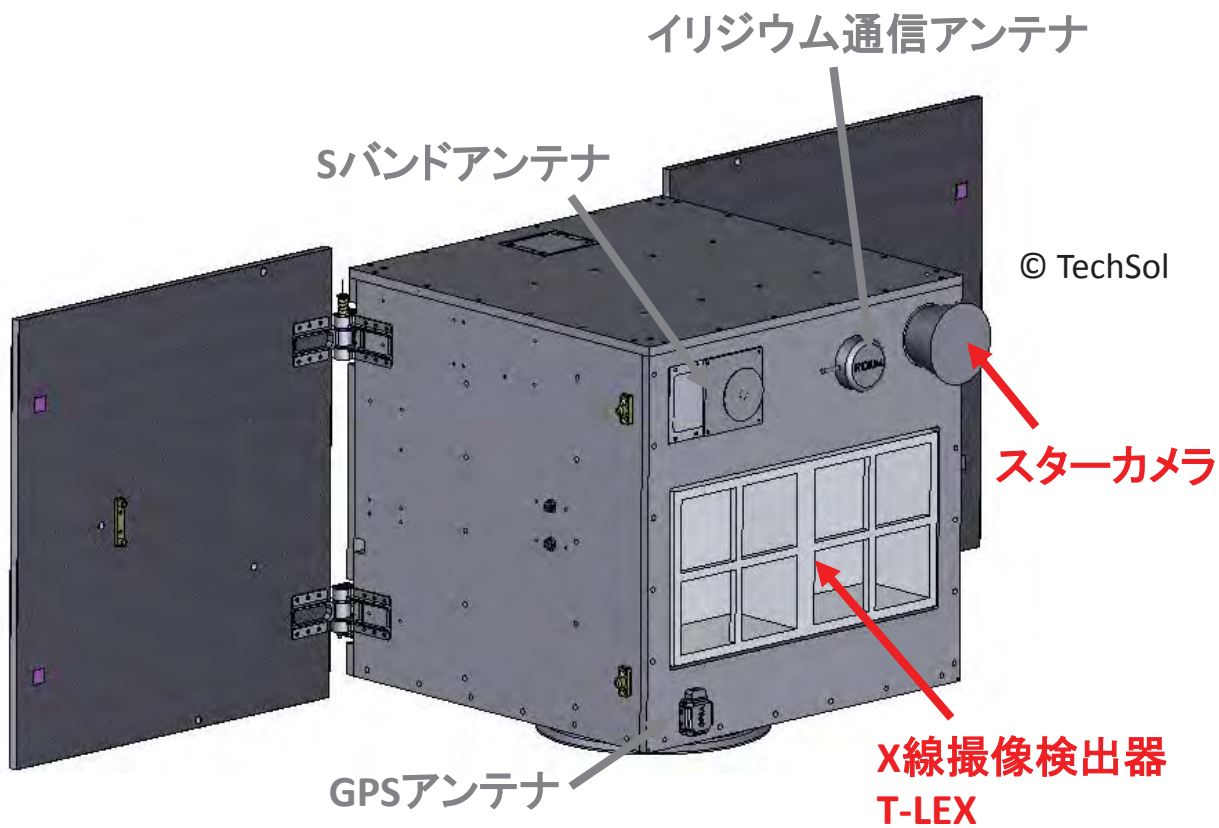
衛星コンポーネント構成



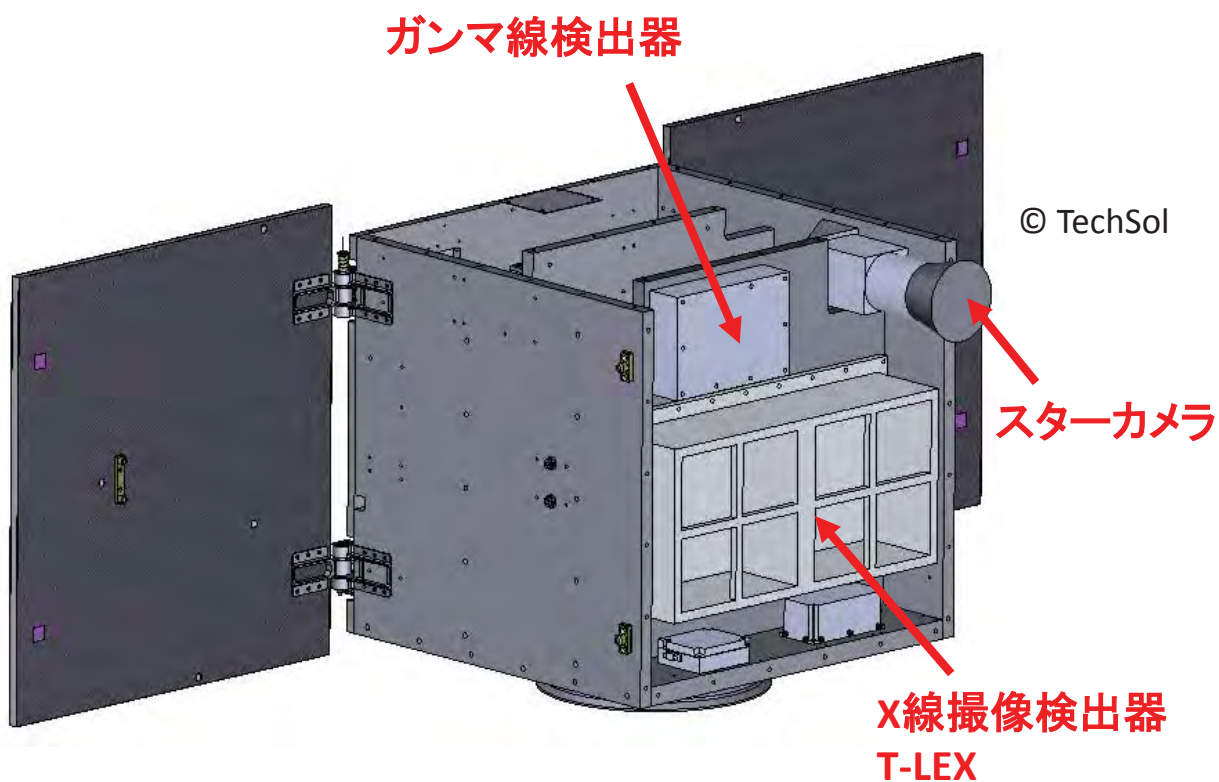
衛星コンポーネント構成



衛星コンポーネント構成



衛星コンポーネント構成



衛星コンポーネント構成

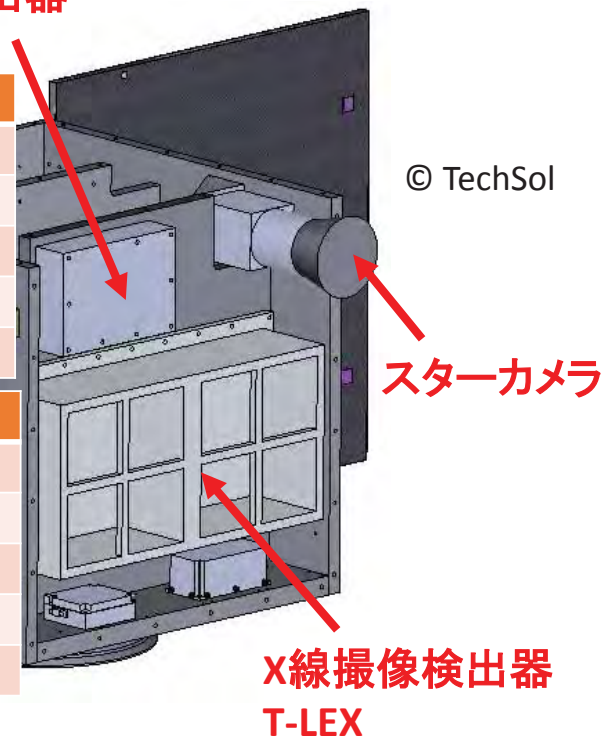
ガンマ線検出器

ガンマ線検出器

検出器	シンチレータ
エネルギーレンジ	20 - 数百 keV (TBD)
時間分解能	10 ms
視野	2π sr
検出器サイズ	~ 50 cm ² (TBD)

X線撮像検出器 T-LEX

検出器	1次元コーデッドマスク
エネルギーレンジ	1 - 20 keV
位置決定精度	~ 15 arcmin (geometrical)
視野	> 1 sr (full coded)
検出器サイズ	~ 100 cm ² (in total)



小型衛星の国際周波数調整 について

平成29年6月27日
総合通信基盤局 電波部
電波政策課 国際周波数政策室



目次

1. 衛星通信システム/衛星通信網
2. 干渉例
(衛星通信網・地上通信網への干渉)
3. 国際調整の概要
4. 国際調整の基礎知識
5. 国際調整の具体的な流れ
6. その他

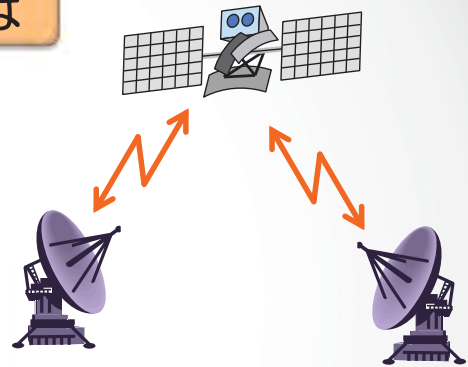
1. 衛星通信システム/衛星通信網

1 衛星通信システム/衛星通信網とは

- 衛星通信システム：1つ以上の人工衛星を使用した宇宙システム
- 衛星通信網：1つの衛星と協同する複数の地球局からなる衛星通信システム

無線通信規則：RRIによる定義

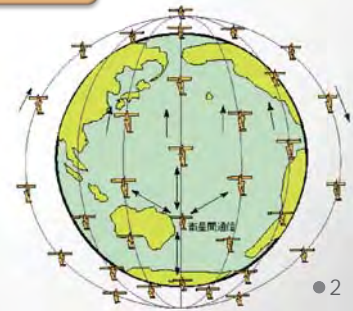
国際調整は、衛星通信システム及び衛星通信網の単位で実施



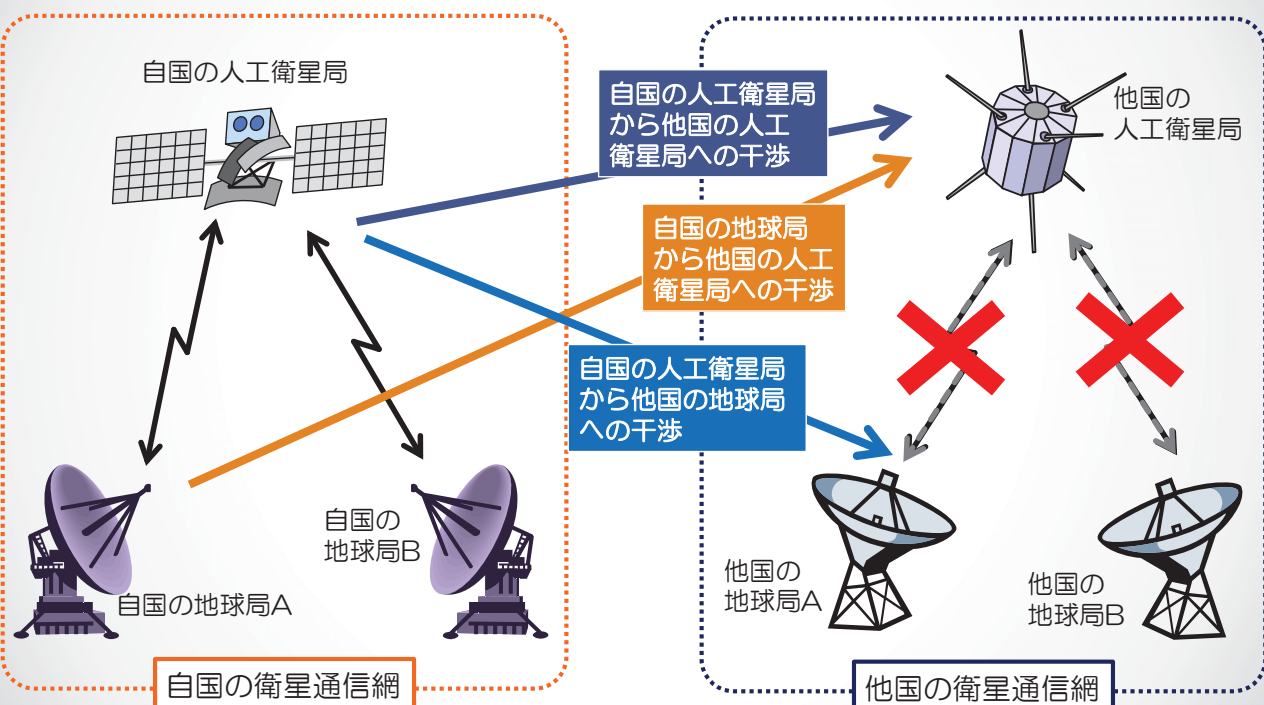
2 複数の衛星で構成される衛星通信システム

イリジウムやGPS等のコンステレーションシステムは衛星が多数あっても、一つの衛星通信システムとして調整される。

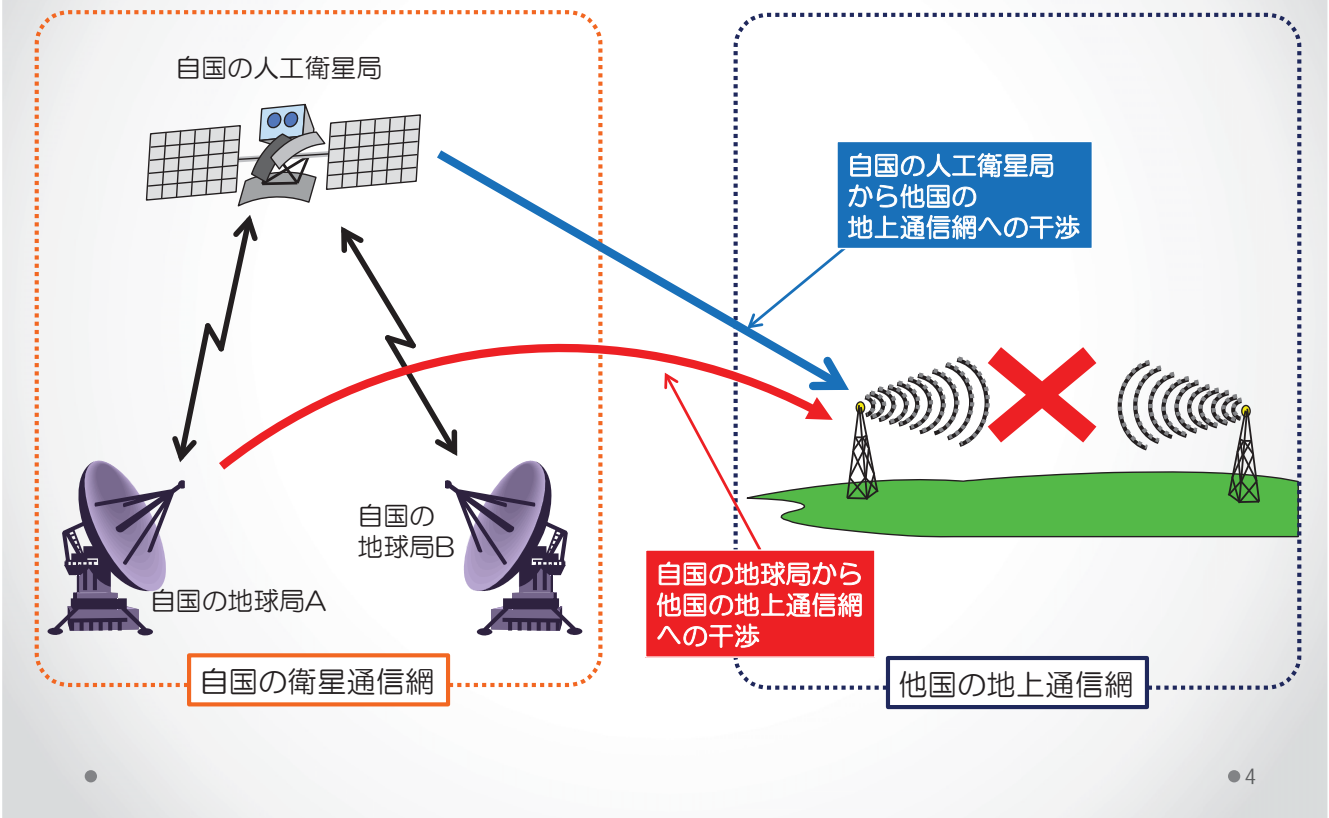
※本資料では以降、便宜上、衛星通信システム及び衛星通信網を併せて「衛星通信網」と表記します。



2. 干渉例①(衛星通信網への干渉)



2. 干渉例②(地上通信網への干渉)

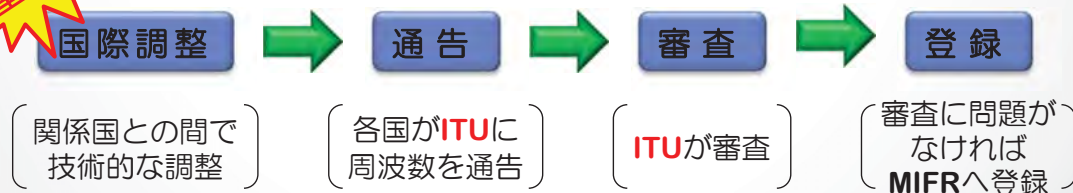


3. 国際調整の概要 (1)

1 国際周波数調整とは

周波数の使用・運用が、他国の無線通信網（衛星通信網・地上通信網）に対し、有害な干渉を与え（又は受け）ないよう、各国の主管庁の間で技術的な調整を行うこと。

2 国際周波数調整の主な流れ



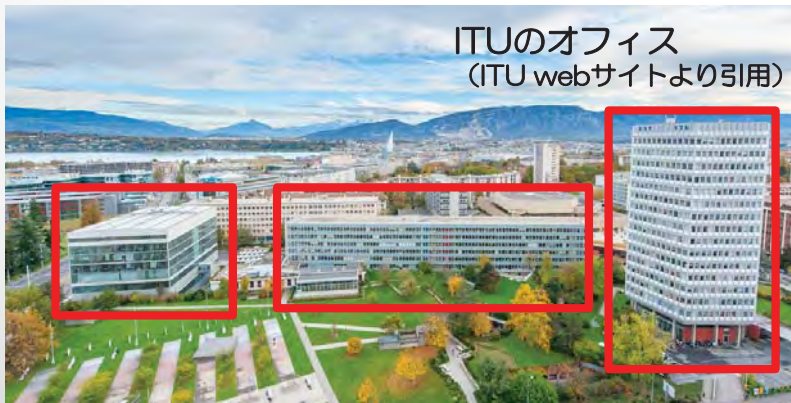
ITU = International Telecommunication Union (国際電気通信連合)

MIFR = Master International Frequency Register (国際周波数登録原簿)

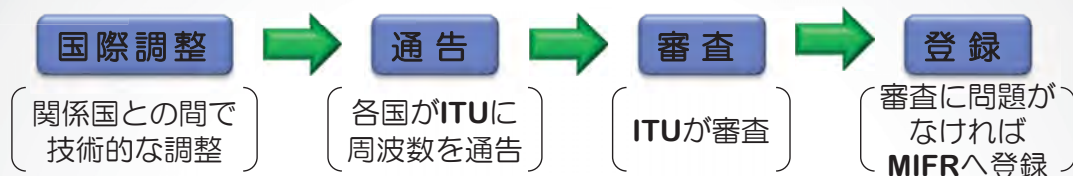
3. 国際調整の概要 (2)

3 ITU及び無線通信局

- ITU:International Telecommunication Union 国際連合の専門機関。
- 本部：ジュネーブ、設立：1865年
- ITUの無線通信局は、衛星国際調整に関し、周波数毎の使い方や国際周波数調整の手續等を規定した「無線通信規則 (RR)」に基づき、以下を実施
 - ✓ 構成国からの衛星通信網の申請等の処理・審査・公表
 - ✓ 構成国間の連絡支援
 - ✓ 国際周波数登録原簿(MIFR)の管理 等



4. 国際調整(小型衛星)の基礎知識 (1)



事前公表資料

API (Advance Publication Information)

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。APIの有効期限はITUの受領日から7年間。

「衛星ファイリング」と呼ぶ。

通告資料

Notification Information

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。APIの公表から6か月以上経過しなければ、通告はできない。通告は、衛星の打上げ前が望ましい。

登録

Recording

ITUに提出した「通告資料」の審査の結果、問題がなければ、MIFR(国際周波数登録原簿)へ周波数割当てが登録される。

運用開始

BIU (Bringing Into Use)

ある衛星が実際に運用を開始すること。衛星網の登録に加え、運用開始日をITUへ通知しなくてはならない。

国際アマチュア無線連合

IARU (International Amateur Radio Union)

アマチュア無線局の周波数調整や支援等を行うグループ。

4. 国際調整(小型衛星)の基礎知識 (2)

事前公表資料の例

注) 事前公表資料は、実物はデータベース形式(.mdb)の電子データ。本資料はITUソフトウェアで文書の形に出力したもの。

衛星通信網の名称 (ファイリング名) **ABCDE** APIの番号 **API/A/123**

責任主管庁 **J** 軌道情報 **NGSO** APIの公表日 **2900 / 30.04.2015**

APIの受領日 **23.01.2015**

4か月

この日から7年以内に国際調整を完了させ、運用開始する必要がある。

他国からの意見申立て期限 **30.08.2015**

Information aussi disponible sur le / Information also available on the / Información también disponible en: Space Network Systems Online Service: <http://www.itu.int/itsn/advpub.html>

4. 国際調整(小型衛星)の基礎知識 (3)

事前公表資料の例 (続き)

注) 事前公表資料は、実物はデータベース形式(.mdb)の電子データ。本資料はITUソフトウェアで文書の形に出力したもの。

軌道傾斜角 **98** アポジ:遠地点 **800e0** ペリジ:近地点 **800e0**

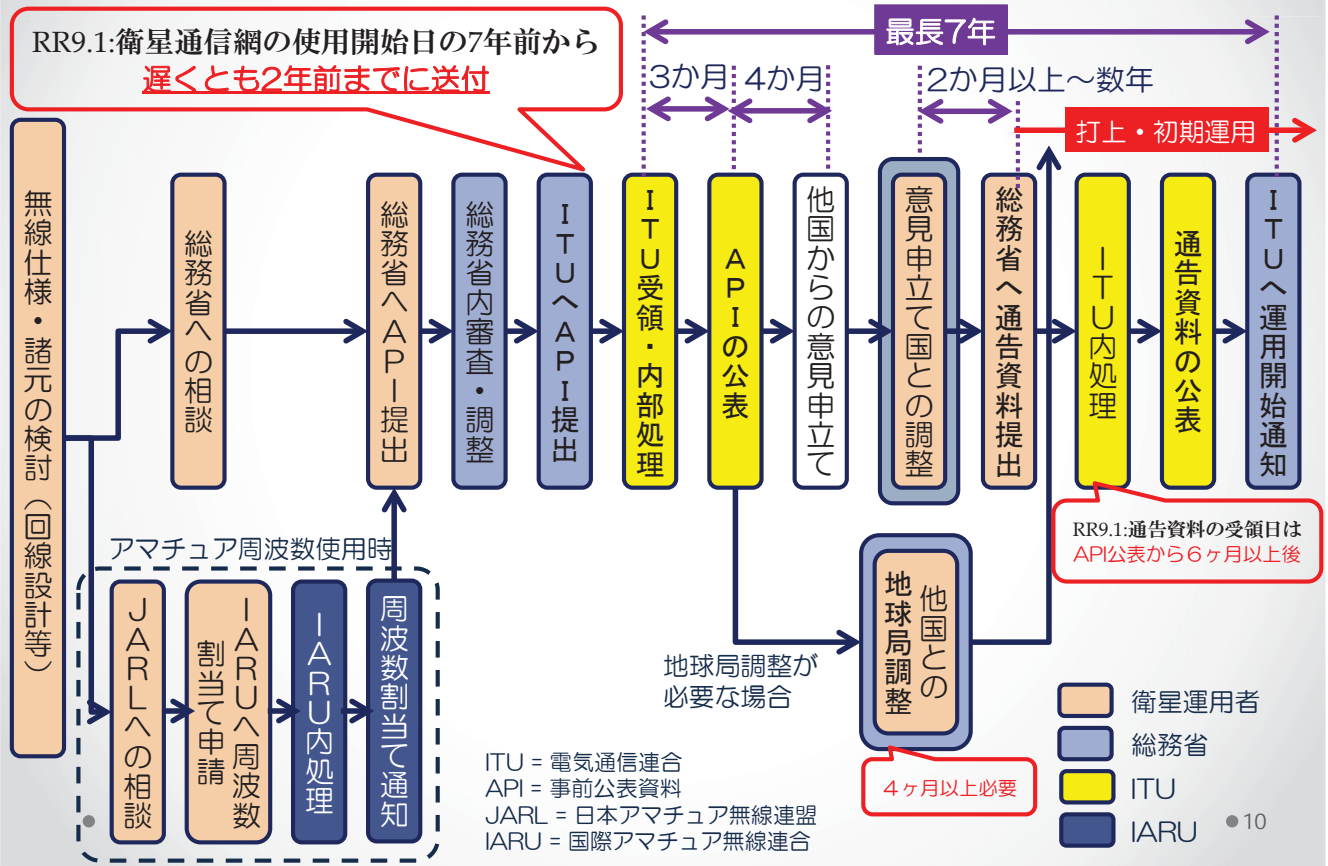
無線局種 **BW** アンテナ利得 **0**

サービスエリア **J** 周波数範囲 **401.1 - 401.4** 最大電力 **17** 最大電力密度 **17**

電波型式 **4K00N0N--** 地球局の情報 **C10b1**

13C Remarks

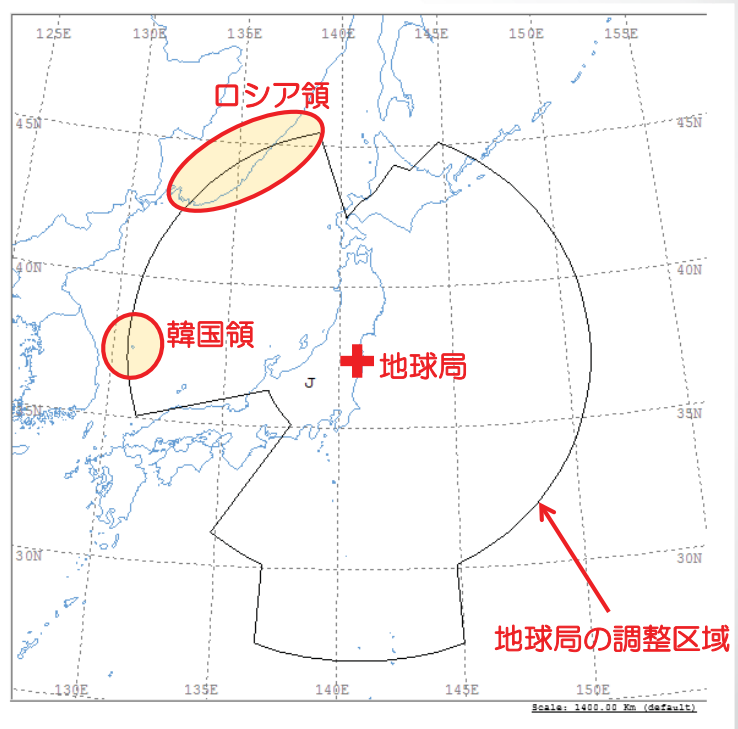
5. 国際調整(小型衛星)の具体的な流れ (1)



5. 国際調整(小型衛星)の具体的な流れ (2)

地球局調整について

- 他国の領土に地球局の調整区域がかかる場合、地球局調整が必要。
- 調整区域は、ITUのソフトウェア(無料)を用いて作成する。



5. 国際調整(小型衛星)の具体的な流れ (3)

資料作成支援ソフトウェア



地球局調整
資料作成
ツール

API、通告資料作成ツール

検証ツール

- 英語のツール
- 該当ツール、ファイル形式 (.mdb) でないとITUでは受領できない
- 記載事項が専門的
- 作成のハードルが高い

日本語での資料作成ツール

(作成可能な資料)

- 衛星通信網のAPI、通告資料
- 地球局調整資料、通告資料

電子データ (ソフト、マニュアル)
配布

(入手先) <http://www.itu.int/en/ITU-R/software/Pages/ap7capture.aspx>

● 12

5. 国際調整(小型衛星)の具体的な流れ (4)

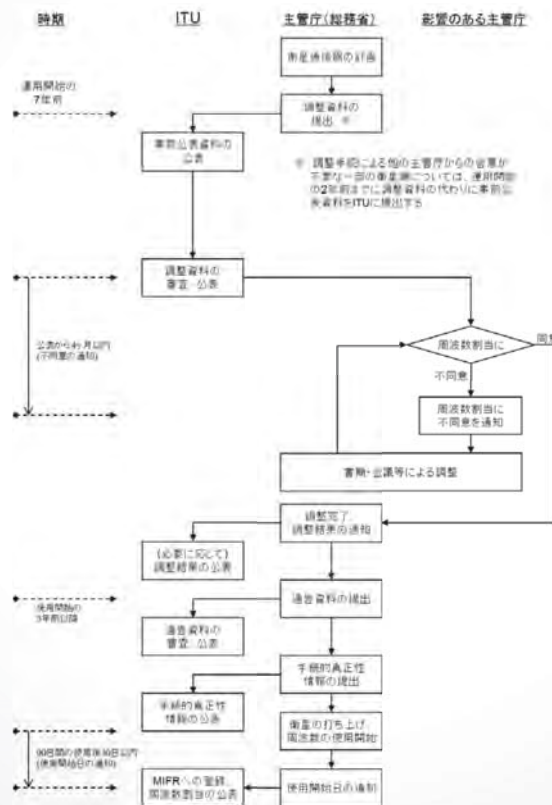
国際調整のまとめと注意事項

- 国際周波数調整は、ITUの無線通信規則に基づき実施。
- 衛星通信網の運用にあたっては、使用する周波数帯に関わらず、必ず国際周波数調整を行わなければならない。
- 地球局は、調整区域が他国の領土にかかる場合に国際調整が必要。
- 国際周波数調整は、自国の衛星通信網がMIFRに登録された後であっても、他国で新たに衛星通信網が運用される場合、国際調整を要請されることもあり、国際調整は自国の衛星通信網の運用を終了するまで対応が必要。

● 13

<参考>

RR9条で調整が必要とされている衛星ファイリングの調整手続き（主に小型衛星以外の静止衛星網）



<参考>

小型衛星通信網の国際調整手続きに関する マニュアル（初版）

<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/freq/process/freqint/001.pdf>

総務省のホームページにて情報を提供しています。

第 2 回研究会

平成 29 年 10 月 2 日

このページは故意に空白にしている

文科省・ 私立大学研究ブランディング事業 『ふくいPHOENIXプロジェクト』 における超小型衛星の利用について

中城 智之
プロジェクト事業推進コーディネーター
(福井工業大学 工学部 電気電子工学科)

私立大学研究ブランディング事業とは



私立大学研究ブランディング事業

平成28年度予算額 72.5億円【新規】

【施設・装置：5.5億円 設備：1.7億円 経常費：5.0億円】

※「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の最終採択分の支援を含む

学長のリーダーシップの下、優先課題として全学的な独自色を大きく打ち出す研究に取り組む私立大学に対し、施設費・装置費・設備費と経常費を一体的に支援

タイプA【社会展開型】 (Research Center for Society)

地域の経済・社会、雇用、文化の発展や特定の分野の発展・深化に寄与する研究

- ・特定の地域あるいは分野における、地域の資源活用、産業の振興・観光資源の発掘・文化の発展への寄与、起業や雇用の創出等を目的とするもの
- ・申請は地方大学^{※1}又は中小規模大学^{※2}に限定

※1 三大都市圏（定義は首都圏整備法等を活用）以外に所在

※2 収容定員8,000人未満

タイプB【世界展開型】 (Research Center for the World)

先端的・学際的な研究拠点の整備により、全国的あるいは国際的な経済・社会の発展、科学技術の進展に寄与する研究

- ・学際・融合領域・領域間連携研究により新たな研究領域の開拓、生産技術の確立や技術的課題への大きな寄与、国際連携等のグローバルな視点での横断的取組、社会的ニーズに対応した知の活用等を目的とするもの

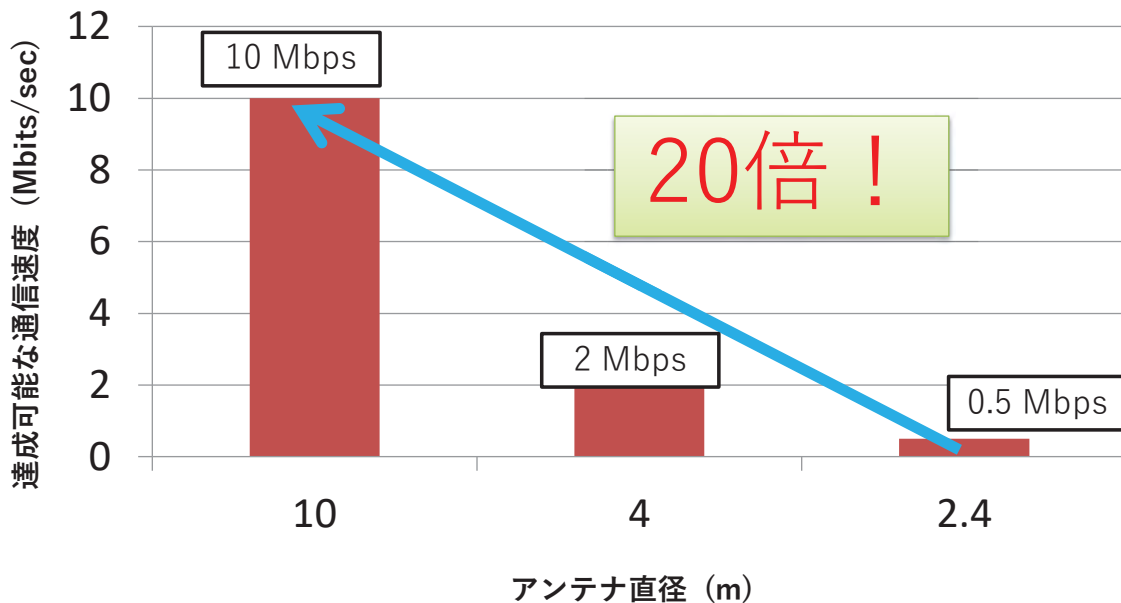
これまでの私学研究助成とは違い、
「1校1課題」
のみの申請₂

図1:本事業のイメージ図



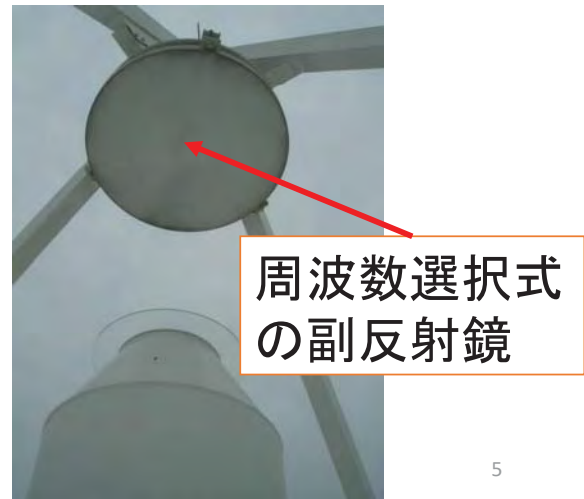
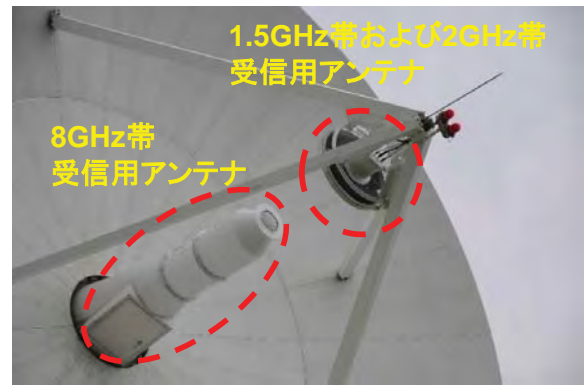
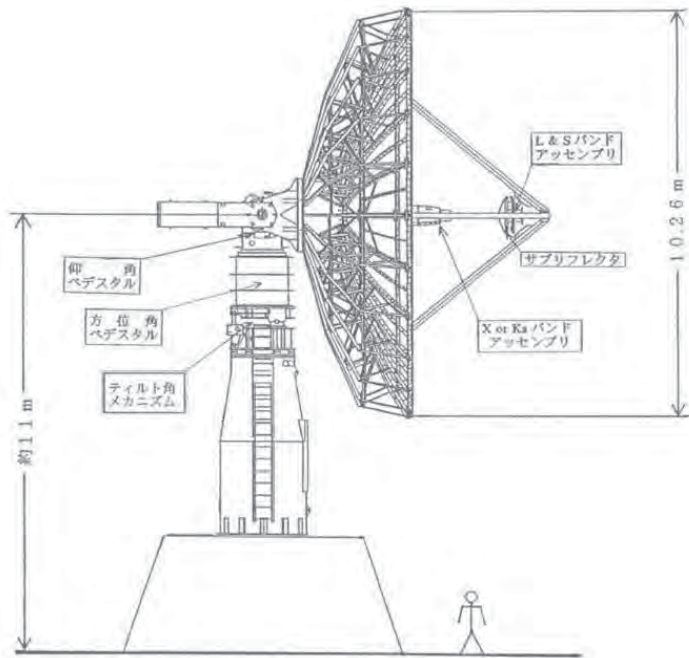
パラボラアンテナの直径の効果

直径によってデータ通信の速度が決まる



X帯、衛星EIRP = -3[dBW]、衛星-アンテナ間距離=2500 km、所要E/N=4.5dBの条件下における計算結果

S/LバンドとXバンドの同時受信が可能



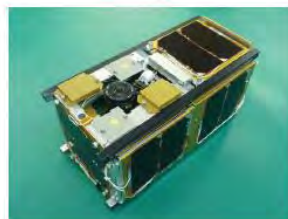
5

【実績2】超小型衛星RAIKOの運用

- 2012年10月4日に、国際宇宙ステーションから放出。
- 東北大、鹿児島大、福井工大の連携による運用体制。
- 2013年8月5日まで、約10か月間の運用実施。

12 / 21

毎日実施
2285MHz
データ通信



400 km

2 GHz
40W
CMD
1200bps

2285 MHz
100mW
TLM
9600bps

2285 MHz
100mW
TLM
9600bps
.. 100kbps



鹿児島大学局
1.4m



東北大学局
2.4m



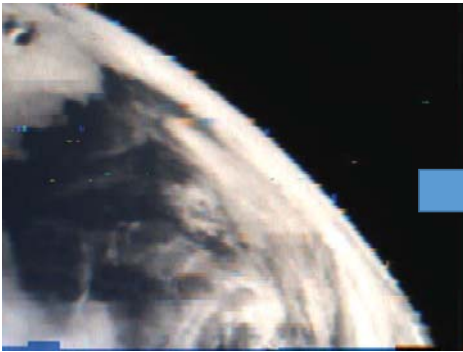
福井工業大学局
10m

6

【実績2】10mアンテナの効果 (RAIKOのデータ受信)

ミッション目標の100kbps通信の成功に貢献

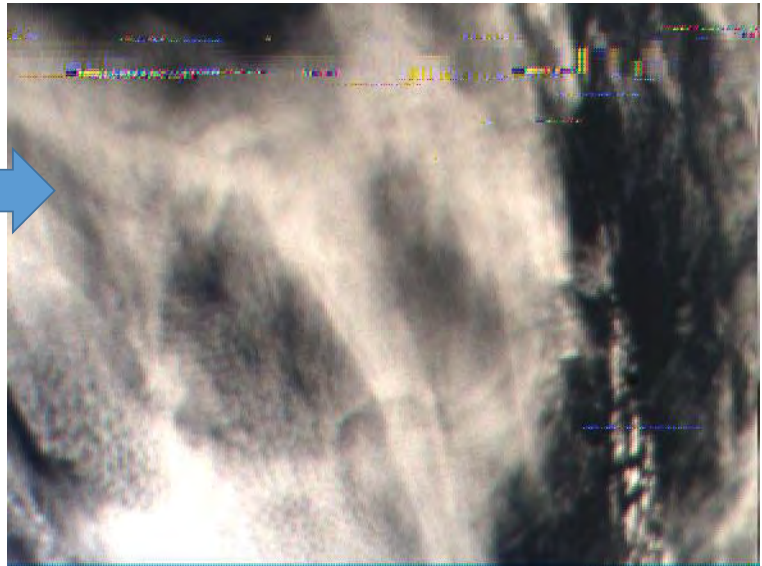
2.4mアンテナ



東北大学の小型アンテナ(直径2.4m)で受信した魚眼カメラの画像データ(2012年10月17日にデータ受信)。

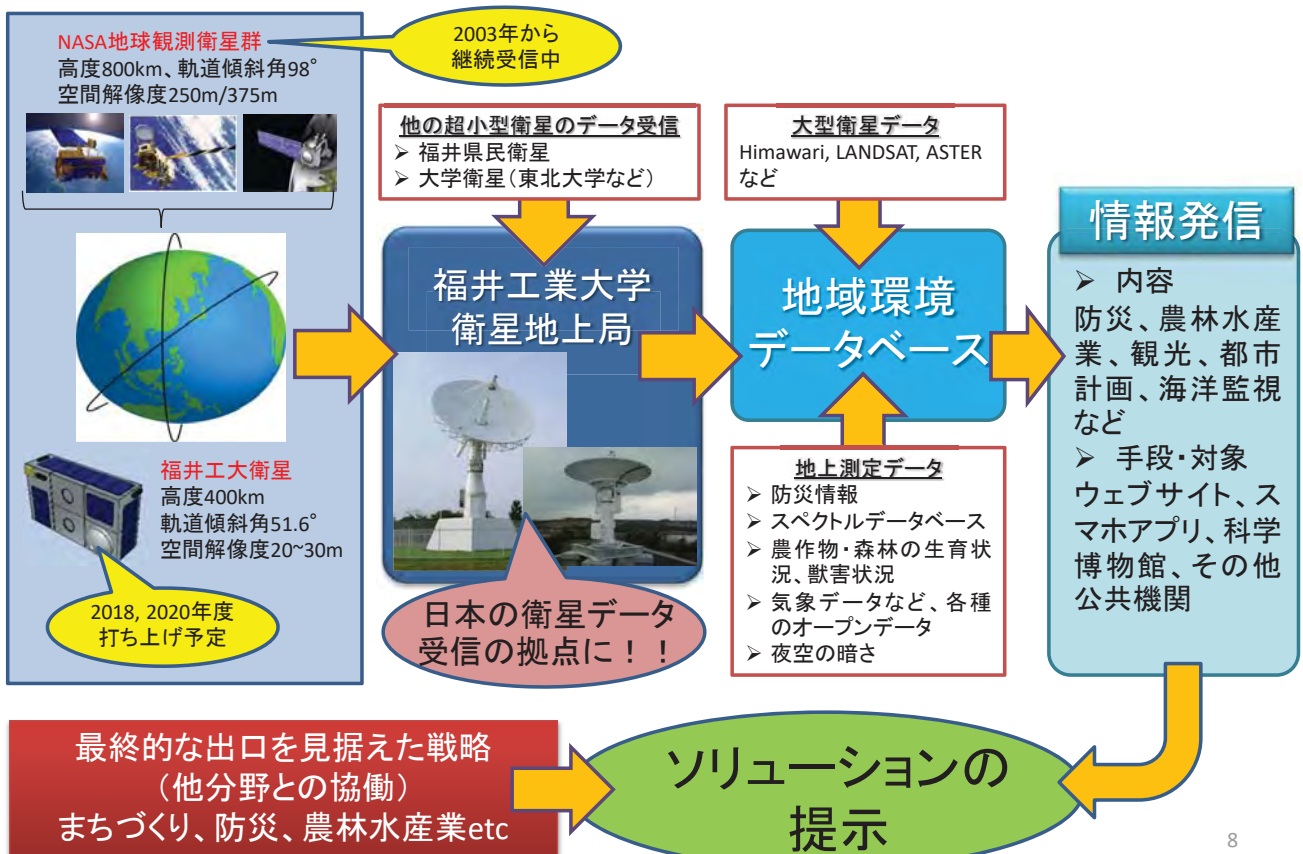
パケット落ちがほとんどないため、鮮明な画像を取得できる

10mアンテナ



本学のアンテナ(直径10m)で受信した魚眼カメラの画像データ(2012年10月27日にデータ受信)

ブランディング事業で目指す環境情報発信



➤ 現状

- 衛星ごとに専用の受信機・復調器を設置する必要がある。
- 衛星開発側が受信機・復調器を準備して設置する。

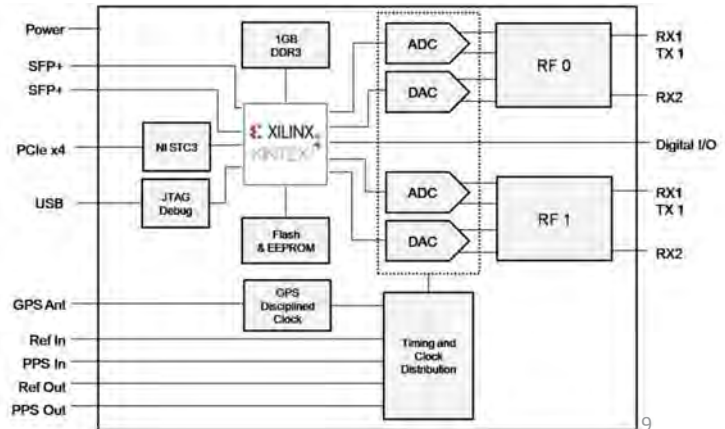
➤ これから

- 仕様の異なる様々な衛星に対して、多様な変調方式、プロトコルに柔軟に対応できるようにしたい。
- ソフトウェア無線機による受信復調システム導入をする予定。



ソフトウェア無線プラットフォーム
X310 (Ettus Research社)

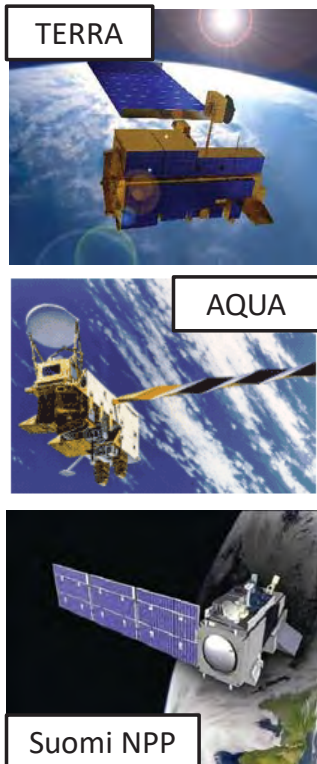
- ✓ 周波数: DC~6 GHz
- ✓ 帯域幅: 120MHz/CH



現在受信中の大型衛星データの有効活用

衛星(極軌道)

センサー



MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) / 中分解能スペクトル放射計

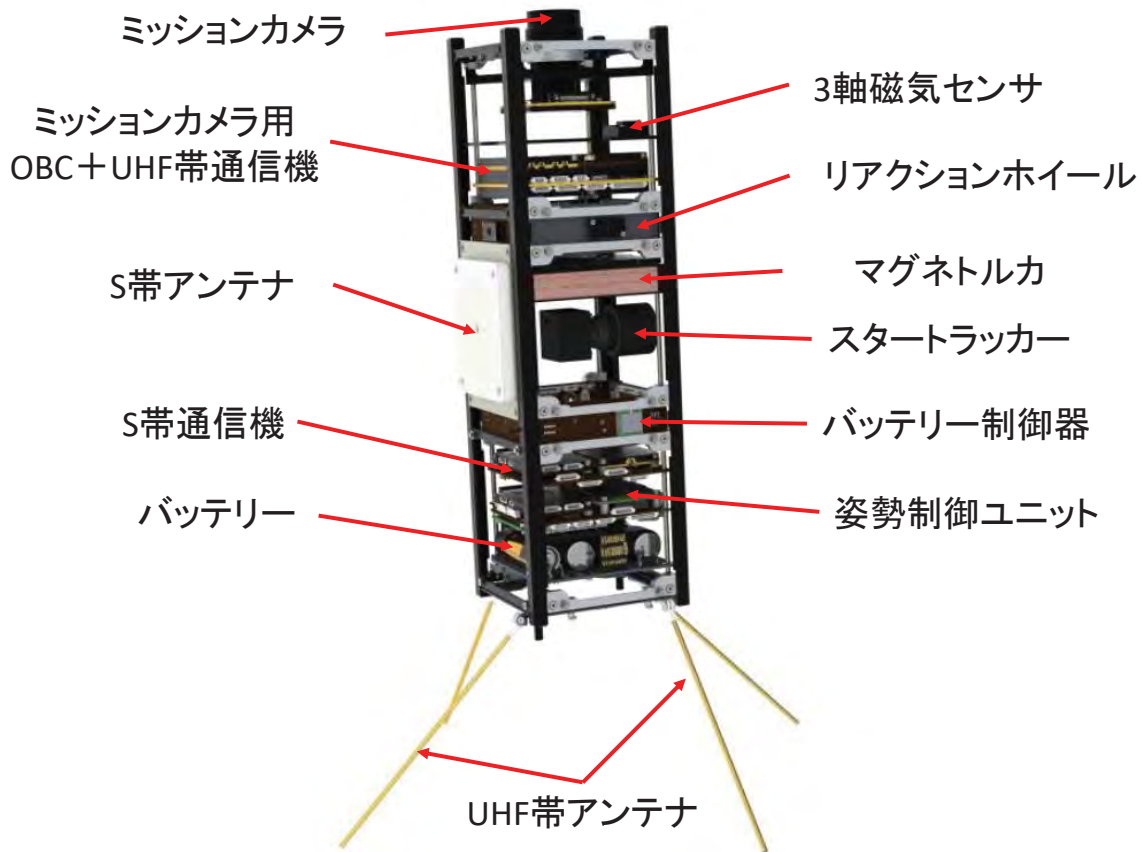
2003年から
13年間のデータ蓄積

- 空間分解能: 250m - 1000m
- 観測幅: 2330km
- 可視から赤外にかけて、36バンドの多バンド観測
- 1日に2回(昼と夜に1回ずつ)の画像取得が可能

Visible/Infrared Imager and Radiometer Suite (VIIRS) / マルチチャンネルイメージャ・放射計

2011年から
5年間のデータ蓄積

- 空間分解能: 375m/750m、観測幅: 3000km
- 可視から赤外にかけて、22バンドの多バンド観測
- 1日に2回(昼と夜に1回ずつ)の画像取得が可能
- 夜間の照明・火災の観測が可能



11

基本諸元

- 名称
FUTSAT-1およびFUTSAT-2
- 打ち上げ時期(予定)
1号機(2018年度末)、2号機(2020年度)
- 大きさ, 質量
3Uキューブサット(100 x 100 x 300 mm, 4 kg)
- 軌道
円軌道、高度 400km
軌道傾斜角 51.6度(国際宇宙ステーションを想定)
- 通信
アップリンク: UHFバンド
ダウンリンク: Sバンド(<4.8 Mbps)
- ミッション機器
3バンドカメラ(分解能20-60m@衛星直下)

12

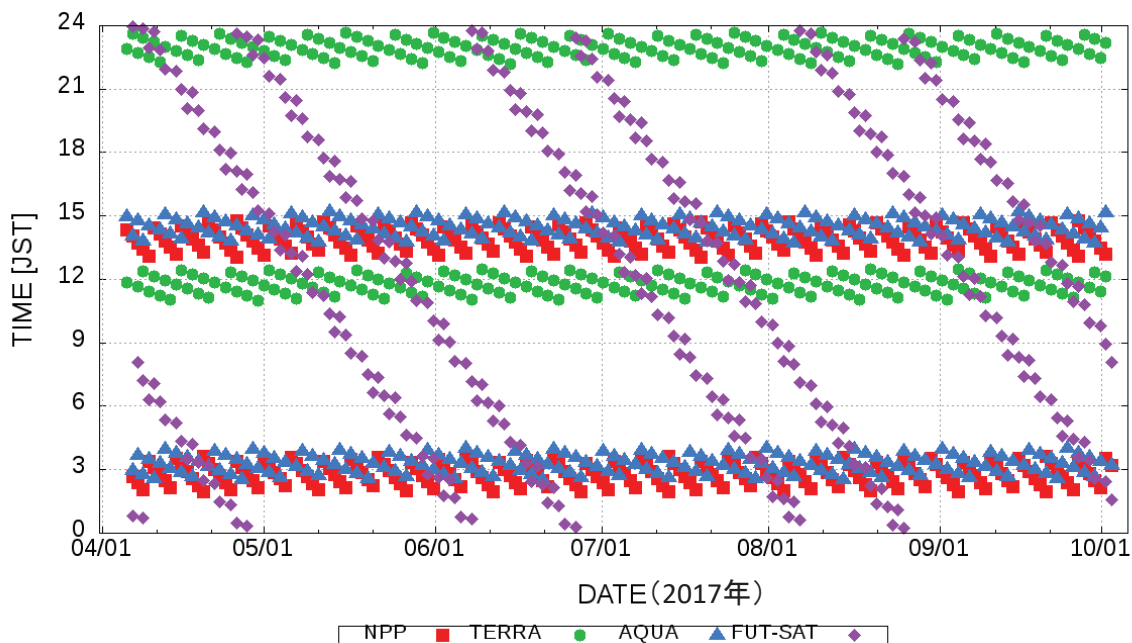
- 夜間における人工光分布の高解像度観測
(夜間の撮像が可能な衛星は少ない)
 - ①人工光分布・時間変化観測
 - ②海洋監視(違法操業、不審船の監視)
 - ③防災(被災状況の早期把握)

- スペクトルデータに基づく植生の生育診断
 - ①スペクトル測定による水稲・麦の生育診断
現場測定データ, ドローンによる測定データとの比較
 - ②シカによる森林・圃場被害データとの比較

- 3U衛星の姿勢制御
特定地域をポインティング観測する実験

13

TERRA, AQUA, NPP, 福井工大衛星による福井県の撮像頻度



- 大型衛星による信頼性の高いデータを基盤とする。
- 各衛星が1日に2回撮像可能。解像度は低いですが、スペクトル変化抽出による異常検知は可能。
- 福井工大衛星は大型衛星が観測しない時間帯をカバー。条件が良ければ、災害発生後、数時間以内に被災範囲の推定が可能。
- NPPと福井工大衛星による夜間の照明・火災の検出が可能。

14

- **低解像度だが、高い観測頻度を活かし日々の変化に着目**
 - 対象は直接は見えない。しかし、日々の変化はスペクトルの変化として検出可能。
- **大型衛星による信頼性の高いデータを基盤とする**
 - 日々の変化の基準を、過去10年分のデータから検討する。
 - 超小型衛星データのキャリブレーション。
- **超小型衛星利用による、より高い観測頻度・地上分解能の実現**
 - 大型衛星が観測しない時間帯のカバー。
 - 少し解像度の高いカメラ。

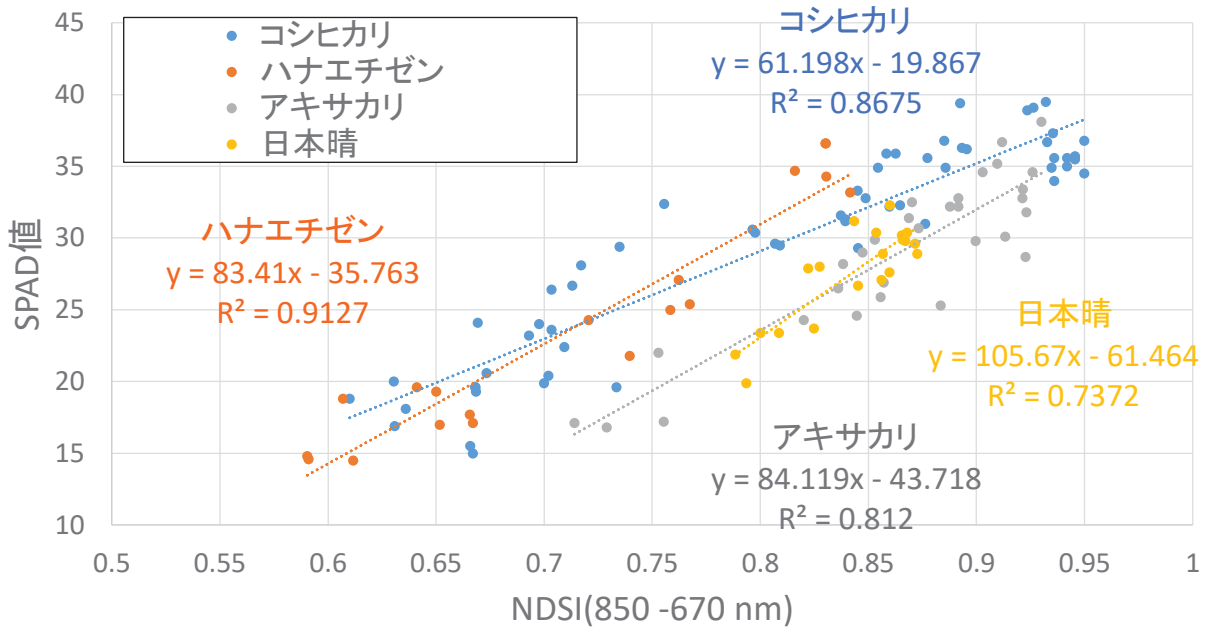
15

ブランディング事業で検討可能な情報発信

分野	内容	衛星	解像度	頻度	手法
農業	稲・ムギの生育状態	TERRA/AQUA/NPP	250 - 375 m	毎日	NDVI, GreenNDVI
		LANDSAT/ASTER FUT-SAT	15 - 30 m 20 - 60 m	2週間に1回程度 毎日	NDVI GreenNDVI
	水稻圃場の温度	TERRA/AQUA/NPP	1000 m	毎日	熱画像
	食害予測	TERRA/AQUA/NPP LANDSAT/ASTER FUT-SAT	250 - 375 m 15 - 30 m 20 - 60 m	毎日 2週間に1回程度 毎日	NDVI
林業	樹種判別 生育状態	TERRA/AQUA/NPP	250 - 375 m	毎日	スペクトル指標
水産業	赤潮監視／予測	TERRA/AQUA/NPP	250 - 375 m	毎日	True color, NDVI
観光	夜間人工光観測	NPP FUT-SAT	375 m 20 - 60 m	毎日(午前1時半頃) 毎日(様々な時間帯)	Panchromatic TBD
環境	黄砂	TERRA/AQUA/NPP	250 - 375 m	毎日	スペクトル指標
	海洋漂流ゴミ	FUT-SAT	20 - 60 m	毎日	スペクトル変化抽出
防災	被害状況把握 夜間の火災	TERRA/AQUA/NPP FUT-SAT	250 - 375 m 20 - 60 m	毎日 毎日	スペクトル変化抽出 夜間観測
防衛	日本海不審船監視	NPP FUT-SAT	750 m 20 - 60 m	毎日 毎日	スペクトル変化抽出 夜間観測

16

水稻出穂後のSPAD値とNDSI指標の相関

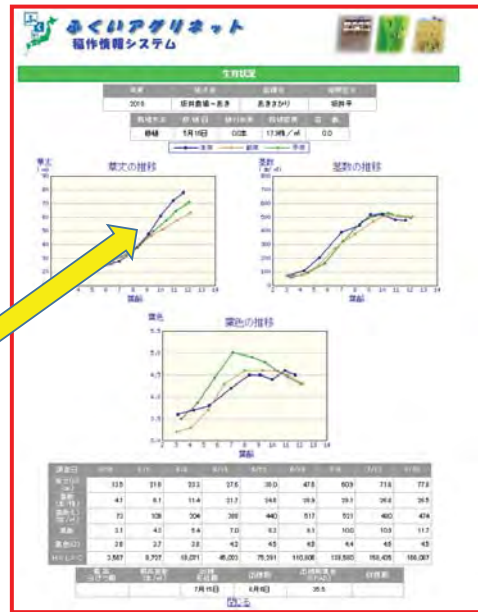


「コシヒカリ・ハナエチゼン」と「アキサカリ・日本晴」で若干異なる回帰直線になる。

スペクトルデータの**広範囲**測定 福井県の農業情報データベース「ふくいアグリネット」への位置情報付加

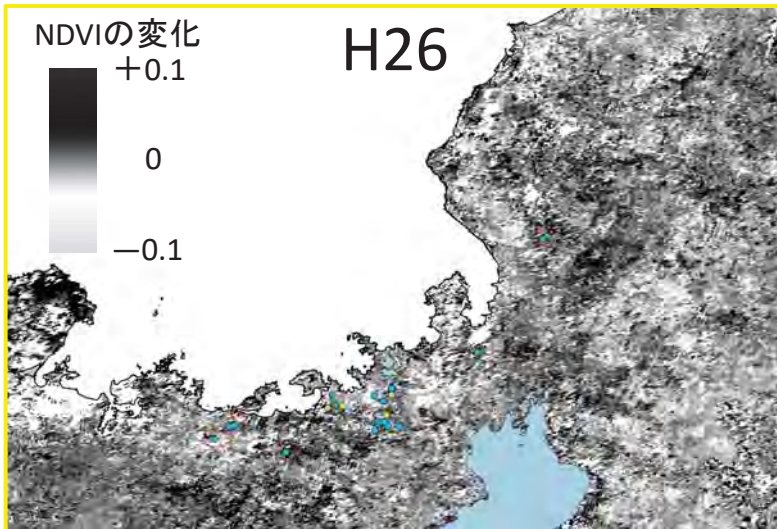


種別	種名	品種	生育状況
4	西山一穂	ハナエチゼン	穂穂
7	西山一穂	ハナエチゼン	穂穂
46	豊後産一穂	ハナエチゼン	穂穂
84	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
86	豊後産一穂	ハナエチゼン	高丹中
110	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
113	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
70	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
71	豊後産一穂	コシセリ	高丹中
72	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
73	豊後産一穂	コシセリ	高丹中
74	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
75	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
76	豊後産一穂	コシセリ	穂穂
83	豊後産一穂	豊後産一穂	高丹中
115	豊後産一穂	ハナエチゼン	穂穂

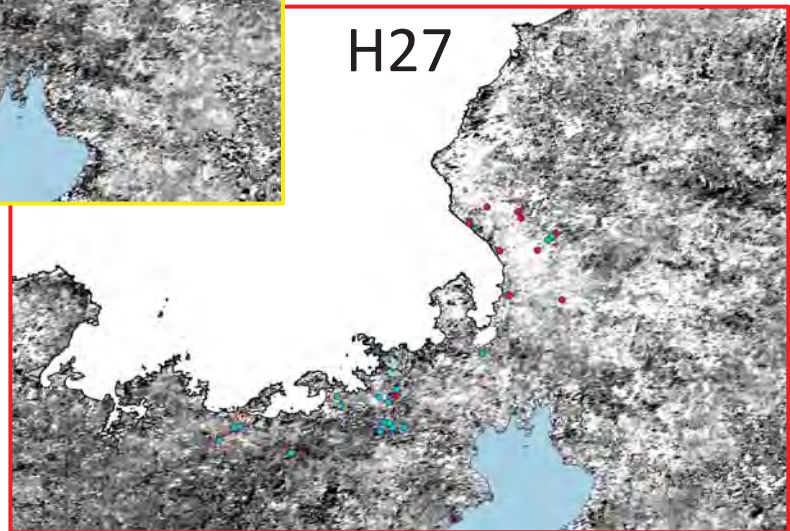


- 1992年から継続(貴重!)。ただし、**正確な位置情報がないのが難点**
- 今年から位置情報の計測・開示について、福井農試から承諾を得ている。
- 衛星データとの比較

シカによる農作物被害 H25を基準とした11月のNDVI平均値の変化



- ▶ TERRA MODISのNDVIの平均値（分解能250m、雲除去処理済）
- ▶ H27に、嶺北海岸沿いでNDVI平均値の低下がみられる。
- ▶ 農作物被害報告のあった地点とNDVIの低下がみられるエリアが重なる傾向



農作物被害の現地報告

- 27年12月の被害報告地点
- 26年12月の被害報告地点
- 25年12月の被害報告地点

地域ブランディングの一つの方向性

品園回帰
福井での可能性

日本大経済学部教授 沼尾 波子さん

都市との対流起こせ

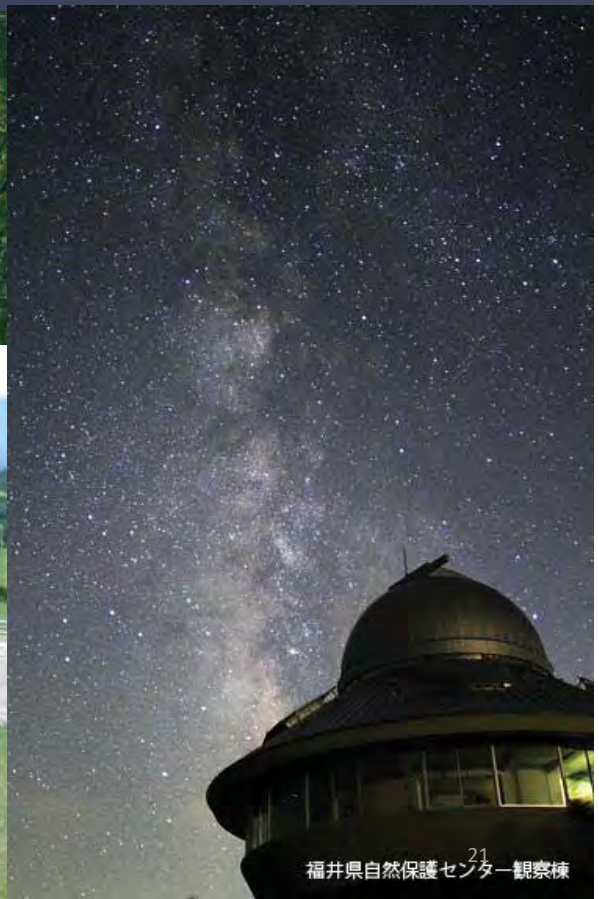
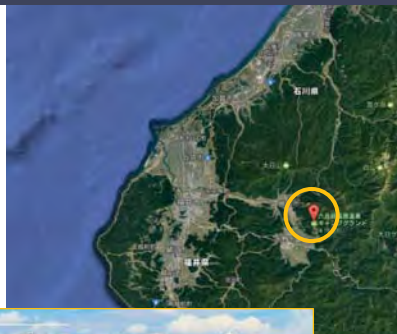
地域資源 価値付け発信

福井新聞 2017年2月1日

- ▶ 既往の地域資源に『新しい価値』を付加
- ▶ 最終的には、『地域の収入増』、『移住による人口増』につなげたい。

福井県・大野市・六呂師高原

- 奥越地域に広がる標高400～600mの高原
- 2004年と2005年に、環境省により『日本一美しい星空』に認定



福井県自然保護センター観望棟

星空によるまちづくりの成功例：長野県阿智村

スタービレッジ阿智
STAR VILLAGE ACHI.

アクセス

ナイトツアー
期間イベント
星の村情報
宿泊情報
協議会情報

天空の楽園 日本一の星空ナ...

天空の楽園 日本一の星空ナイトツアー PV

雲海&星空 天空の楽園 雲海...

雲海&星空 天空の楽園 雲海Harbor

ヘブンスそのはら

天空の楽園

Night Tour

日本一の星空 ナイト

2016 SEASON OPENING

4/16 SAT

10/15 SAT

運休期間: 5/23(月)~7/8(金)

9/20(火)~9/30(日)

SEASON 2016 HAS ENDED

PLEASE WAIT UNTIL SEASON 2017

THANK YOU FOR COMING TO MANY CUSTOMERS

環境省認定

日本一の星空

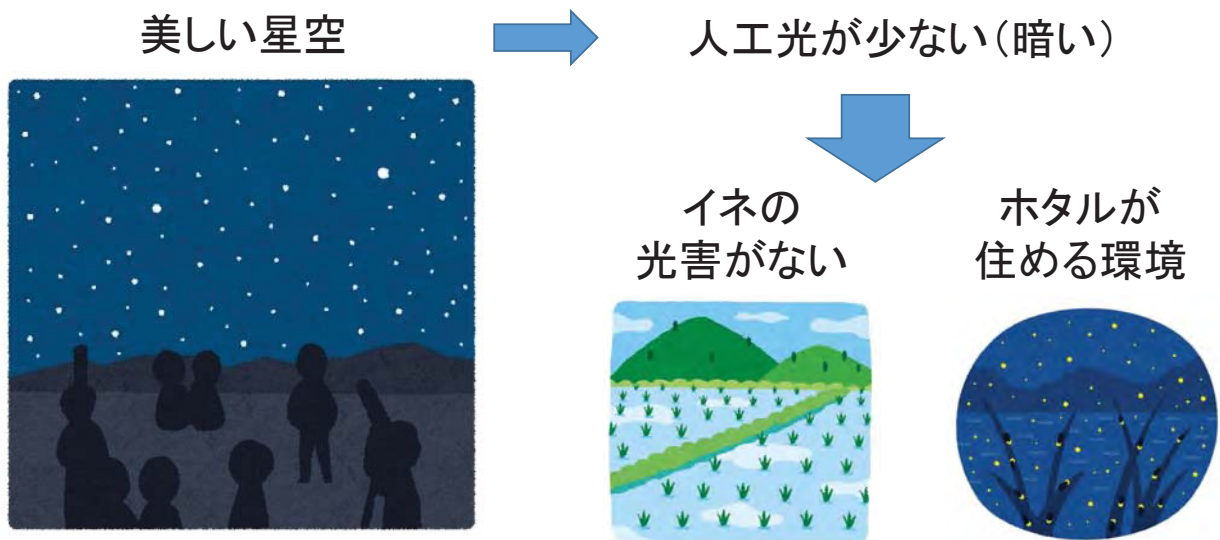
標高1400m

- 星空の美しい地域は世界的に減少傾向(特に先進国)
- 国際ダークスカイ協会による、本来の夜空の暗さを取り戻す活動が活発になってきている。
- 観光資源としての価値
 - テカポ(ニュージーランド): 観光客150万人
 - モファット(英国): 観光客70%増
 - 長野県阿智村: 観光客年間6万人(2015年)
- 人工の光による「光害」の影響が少ない(環境問題)
 - エネルギー問題
 - 生態系への影響
 - 人間の健康への影響

豊かな自然環境の象徴

23

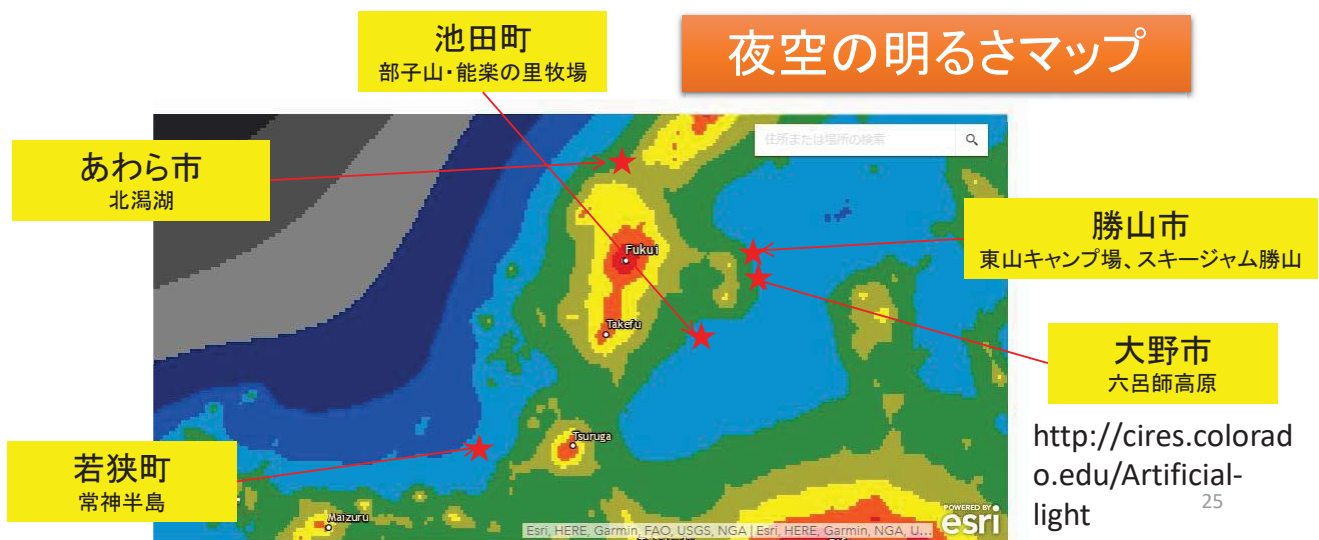
福井の美しい星空の維持・復活プロジェクト



- 美しい星空は、福井の豊かな自然環境の象徴
- 福井の星空の価値を見える化し、他の地域資源と連携することにより、新しい魅力を付加したい

美しい星空の維持・復活 ⇒ 地域の自然環境のブランド化

- 東海・関西エリアに近く、比較的簡単に美しい星空を体験できる貴重な地域。
- 市街地の明るさが増してきており、このままでは美しい星空は失われる。
- 現在は、明るい地域と暗い地域のせめぎあい。今なら手が打てる。



環境省の取り組みの変化

- 「星空見やすさ」 = 「夜空の暗さ」の全国ランキング作成を行う事が環境省により発表された。
- これまでも同様の調査は行われてきたが、ランキングについて表立っては言及されてこなかった。
- 今後は、夜空の暗さ計測による客観的な数値がなければ、アピールできなくなる。
- 福井県では唯一大野市の天文クラブが調査に長年参加し、六呂師高原のアピールに貢献してきたが、他地域ではほとんど参加がない。
- 福井の星空の積極的アピールのために、夜空の暗さ計測を強化・拡大する必要がある。

環境省
「星空見やすさ」全国ランク作成へ 光害減少狙い

毎日新聞 2017年5月22日 10時51分 (最終更新: 5月22日 17時31分) 2017年5月22日

社会 環境 選考 サイエンス



屋外照明など人工の光が夜空を照らすことで生じる「光害」を減らそうと、環境省は近く、同一条件で撮影したデジタルカメラの画像を使って「星空の見やすさ」をランク分けする全国統一の指標作りを始める。各地の夜空がどの程度暗く保たれているかを客観的な指標で評価し、自治体の光害対策などに役立つ狙いがある。

全国のほとんどの場所で観察できる有名な星座を目印に、時刻や撮影感度などの条件を合わせてデジタルカメラで夜空を撮影し、暗い天体がどこまで写っているかを目安に「星空の見やすさ」をランク分けすることを想定。専門家を交えて今秋までにランク分けの指標を作る。

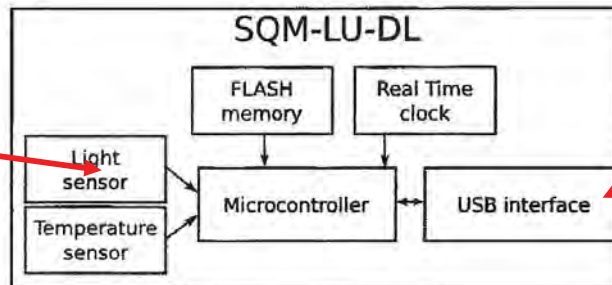
日本海の上にかかる天の川。国内で天の川がきれいに見える場所に住む人は少ない＝山形・秋田県境の鳥海山で2016年8月、佐藤伸博撮影

研究チームが昨年6月に発表した「夜空の明るさ地図」によると、日本

環境省大気生活環境室の担当者は「各自治体が光害対策に取り組むきっかけになれば、**星空の美しさを観光の売り**にしている自治体は客観的なPR材料として役立ててほしい」と話す。

スカイ・クォリティー・メーター (SQM)

- Unihedron社の光量測定装置。夜空の暗さ計測に広く使われている。
- USBを介してPCから各種設定, データ取得を行う。ソフトウェアも付属。設定後はバッテリーによる自動測定も可能。



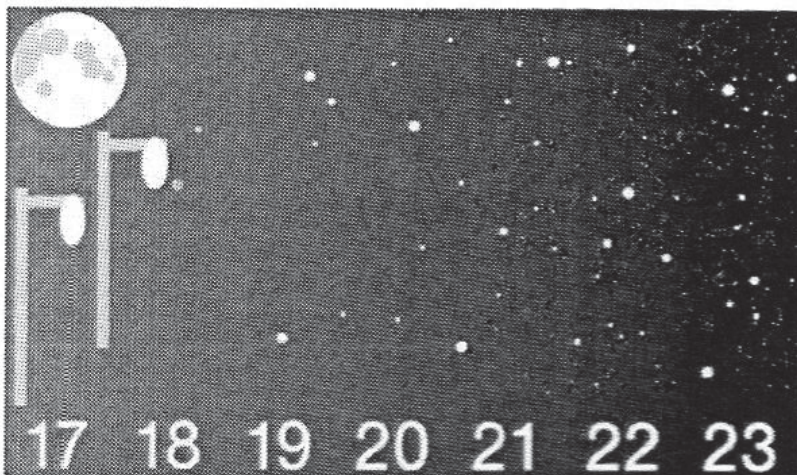
屋外計測のためのハウジング(別売)もあり, 適当なスタンドに括り付けることで手軽に測定可能。

27

SQMの計測値の意味

Magnitudes Per Square ArcSecond (MPSAS)

- 1平方秒あたりの背景の明るさの等級。単位はmag/arcsecond²
- 数値が大きいほど空が暗い。数値が5増えると, 光の量が1/100減少する。



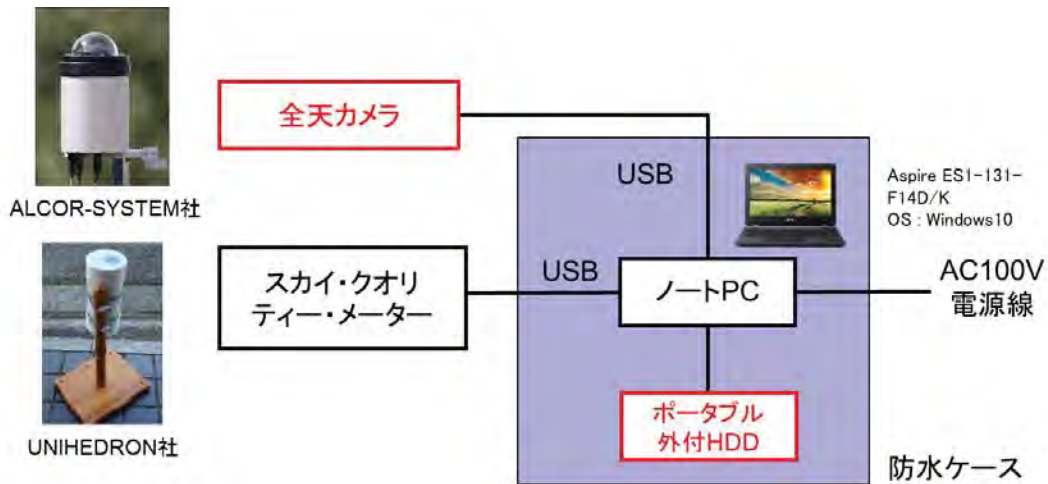
- 19以下ではほとんどの星が見えない。
- 21を超えると、天の川が見える。
- 福井キャンパス1号館屋上での計測値は19.5 (福井市中心部は厳しい)

MSPAS 値と星空の見え方のイメージ (SQM-LU-DL Operators Manualより)。

28

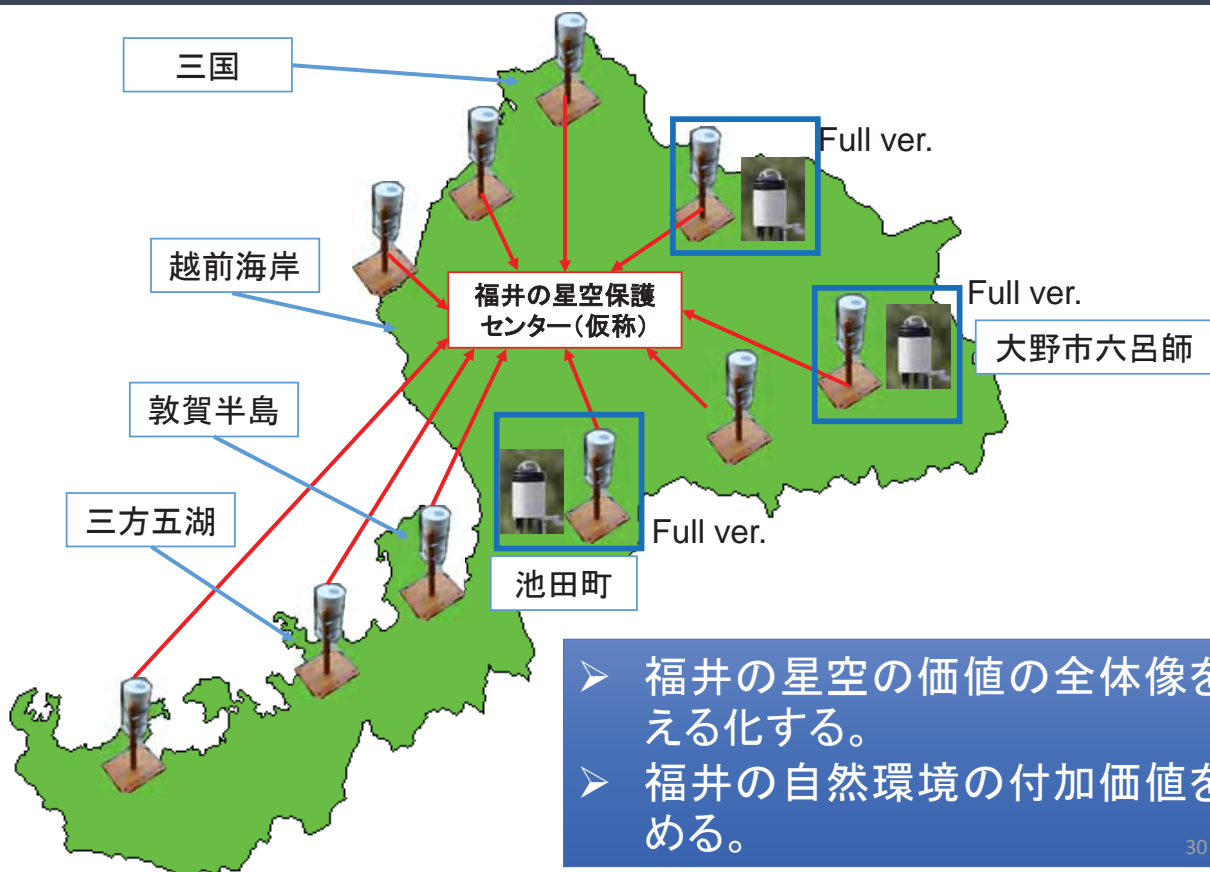
星空モニタリングシステム

▶ 全天カメラを用いた「星空モニタリングシステム」を構築し、観測拠点に設置を行い、継続的に観測を実施



星空モニタリングシステムの構成

【提案】星空モニタリング・ネットワークの構築



国際ダーク・スカイ協会が認定する 「**ダークスカイプレイス（星空保護区）**」への 県内自治体の**登録**を目指す



- ※ **国際ダーク・スカイプレイス**とは、国際ダークスカイ協会（米・アリゾナ州）が2001年に始めた制度であり、**世界で最も美しい星空が見える場所**
- ※ **国際ダーク・スカイ協会**とは、1988年に設立されたアメリカのアリゾナ州ツーソンに本部を置く“**夜間における屋外照明の「光害」の改善**”を目的とした**非営利団体**である。世界18か国に63もの支部を持ち、会員数は1万1000人を超える。

31

【参考】IDAダークスカイコミュニティ登録のガイドライン（抜粋）

原文：International Dark-Sky Association Dark Sky Community Guidelines October 2015

5. 全ての共同体に対する最低限の要求

- A) 恒久照明設備に対する、次のような最低基準を持つ（IDA/EASのモデル照明条例のような）照明品質の包括的な規約
- i) **初期ランプ出力が1,500ルーメンを超える照明器具について、完全にシールドするか、あるいは完全に遮断する事、かつ；**
 - ii) **全ての照明器具の許容できる相関色温度として、3,000Kの閾値を設ける事、かつ；**
 - iii) **遮蔽されていない照明の総量規制**。例えば、遮蔽されていない照明に対する1エーカーあたりの光束や総光束量が挙げられる。

いずれかによって、夜空の明るさの計測が継続されなければならない。

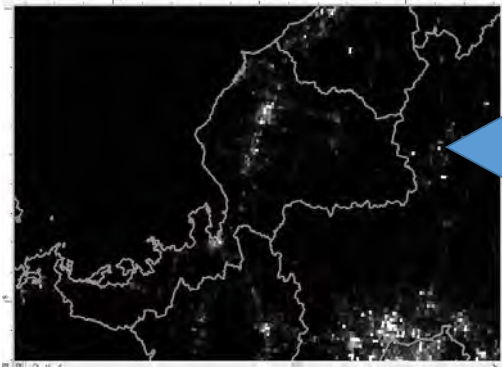
- G) 認定は永久的である。ただし、定期的にIDAによって再検討され、最低限の基準が満たされていない場合は、取り消しになることがある。詳細は“DSC認定の再評価”のセクションを参照の事。
- H) 最低限の基準やプログラムの目的が維持され、適切な進展をしている事を確認するため、10月1日期限の年次報告の提出を通じた定期的なチェックが実施される。この報告は、前年度の共同体の活動度や取り組みを記述した1-2ページの短い梗概である。

32

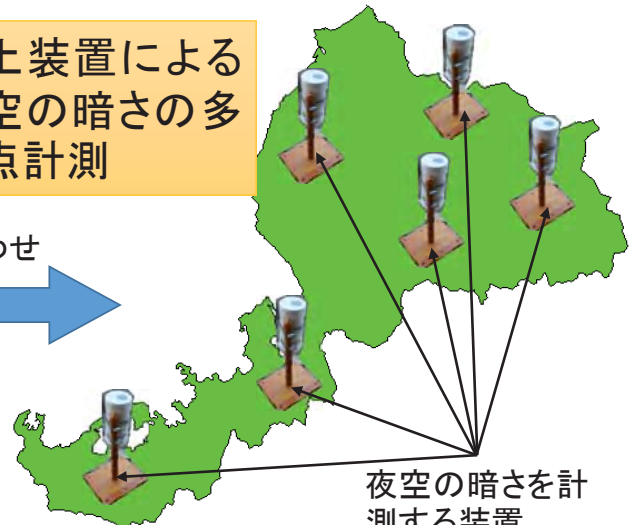
衛星データを使ったソリューションの一つとして、

福井の星空の価値向上に役立つ基礎データを提供しま

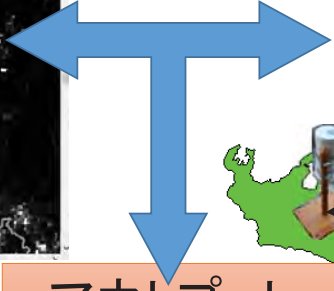
人工衛星による市街地の明るさの観測



地上装置による夜空の暗さの多点計測



組み合わせ

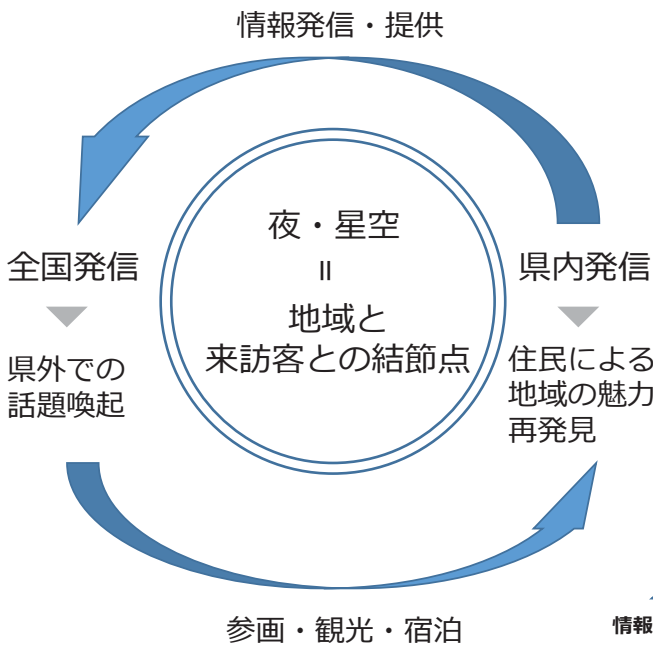


アウトプット

夜空の暗さを計測する装置

- 福井の星空の価値を数値で示します。
- 市街地の明るさが福井の星空に与える影響を評価します。

他分野との協働



研究チーム

- 星空モニタリングシステムの構築
- 星空の美しさ観測・データ処理
- 山本博文 (福井大学・地学・地球惑星科学)
- 加藤英行 (福井市自然史博物館・天文学)
- 中城智之 (電波天文学・地球惑星科学)
- 近藤 晶 (グラフィックデザイン・パッケージデザイン)
- ★星空モニタリングシステムで得られた情報発信★
- 地域資源調査
- 星空を中心とした地域観光戦略の提案
- 下川 勇 (建築論・まちづくり)
- 三寺 潤 (都市デザイン・地域交通計画)
- 段野聡子 (経済学・経営学)
- 吉村朋矩 (交通計画・都市計画)
- 研究統括

国(環境省)の動向

各自治体が光害対策・環境政策に取り組むきっかけとして・・・
 「星空の見やすさ」をランク分けする全国統一の指標を2017年秋までに作成することを発表

情報共有・連携

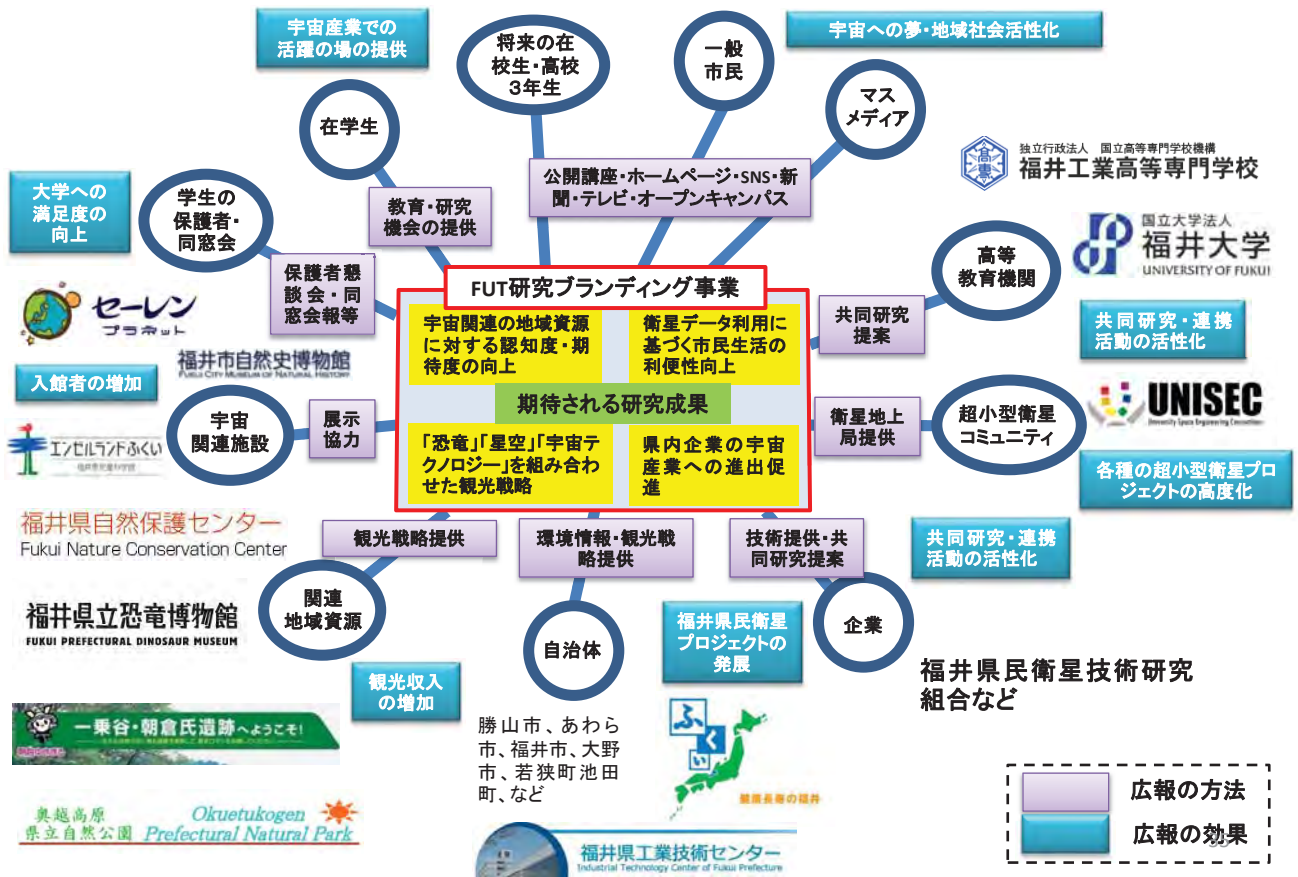
- 福井市、あわら市、大野市、勝山市、池田町、南越前町
- 株式会社 大広北陸
- 福井工業大学
- 文部科学省
- 私立大学
- 研究ブランディング事業

連携・協力

- 英国Dark Sky Discovery
- 福井県自然保護センター
- 福井市自然史博物館
- セーレンプラネット
- オヤット天文クラブ
- コムニタ
- 農家民宿このは (模索中)

参加

- 住民
- 大学生
- 観光関係者
- 行政関係者



おわりに

- 本事業は、地域創生の観点から、福井をより魅力ある地域にするためのチャレンジです。
- 福井工業大学において過去13年に亘って蓄積された大型衛星データ、衛星リモートセンシングの技術的知見をベースに、衛星データを地域に役立てる研究・地域連携を推進します。
- 超小型衛星の利用による新しい価値の創出にチャレンジします。
- ステークホルダーとの連携を広く図り、成果を還元します。

ご清聴ありがとうございました。



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2回研究会

小型衛星利用・周波数調整事例等に 関する調査報告

2017/10/2

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～

- ・ 小型衛星打ち上げの実績(周波数選定含む)
- ・ 計画から打ち上げまでの期間
- ・ 衛星利用・目的
- ・ 今後の衛星打ち上げ計画
- ・ 周波数計画
- ・ 産業との連携

2. ～周波数調整事例・特に苦勞したこと～

- ・ 周波数選定で苦勞したケース
- ・ 事前公表資料、通告資料作成
- ・ 無線局免許申請手続き
- ・ 書簡による国際調整
- ・ 国内免許人との調整

2

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

1. 衛星利用について

3

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

～小型衛星打ち上げ実績、今後の打ち上げ計画～

【東大の関わる小型衛星の実績】

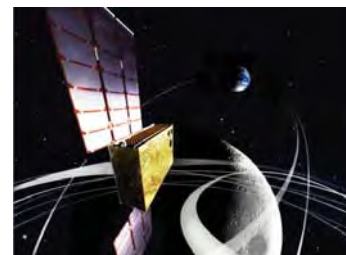
- ・XIシリーズ
- ・PRISM、PRISM2
- ・HODOYOSHIシリーズ
- ・PROCYON（深宇宙ミッション）



ほどよし1号機(東大超小型衛星センターホームページより)

【東大の関わる打ち上げ予定の小型衛星】

- ・NANO-JASMINE
- ・TRICOMM-1R
- ・EQUULEUS（深宇宙ミッション）
- ・Micro-Dragon



EQUULEUS(東大中須賀・船瀬研究室ホームページより)

4

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

～計画から打ち上げまでの期間、利用・目的～

<小型衛星の計画から打ち上げまでの期間>

→約1～5年

【目的、利用】

- ・宇宙研究
- ・宇宙探査
- ・宇宙システムの研究
 - 姿勢制御、カメラ、ストア&フォワードの研究

～周波数計画～

周波数帯域	400MHz帯	460MHz帯	S帯	X帯
メリット	・コストが安い(地球局を含む) ・比較的姿勢安定性に依存しない		・比較的高データレート通信	
デメリット	・低データレート通信		・姿勢が安定しないと良好な通信ができない。 ・コストが高い 地球局のパラボラアンテナ整備で数億円するケースがある。 ↓ 他機関と借用の調整をすることも	

※現段階ではKa帯等他の周波数帯の利用は計画されていない

～産業との連携～

一般企業と連携

株式会社アクセルスペース

株式会社アストロスケール

2. 周波数調整事例 特に苦労した事 —初心者として—

◆ 苦労した事

目的の衛星の使用可能周波数と帯域幅が分からなかった。

● 注意事項

国の重要無線通信と周波数が重複すると致命的になる。

◆ 苦労した事

無線局申請とITU国際調整に必要な書類、ITU国際調整に必要なソフトが分からない。

→ITU国際調整や根拠資料の作成については総務省のマニュアルが整備され、理解できるようになった

● 注意事項

APIでのサービスエリアの設定は十分注意する必要がある。
多めに設定すると国際調整でコメントを受領する国が増える。

◆苦勞した事

- 400MHz帯の地球局調整は非常に難儀した
- 当初コンタ図が描けなかった
- 描けてもコンタが広がりすぎ、結局千葉県の一部でしか実験運用ができなかった

◆苦勞した事

- 無線局申請向けの回線計算はマージンの取り方や前提条件の設定が難しい
- ITU申請値 \geq 無線局申請値とする必要があり、さらに設計マージンをコントロールするのが困難
- 地上試験用無線局免許について必要なことさえ知らなかった
- 国内免許人との調整では、干渉計算の提示や運用調整で対応している

◆ 苦勞した事

- JAXA相乗りミッションの機会では打ち上げまでに期間が短すぎる
- 技術的事項以外でわからない事がいくつか発生した

このページは故意に空白にしている

小型衛星(実験試験局)の無線局免許手続について

平成29年10月2日

総合通信基盤局
基幹・衛星移動通信課

1 小型衛星を取り巻く現状

- 世界の宇宙産業市場は約2000億ドル(約20兆円)規模で、拡大傾向にある。
- 世界の宇宙産業市場のうち、政府向けが全体の7割、商用が3割を占める。
- 世界で運用されている人工衛星の機数では、通信・放送用途が半数以上を占め、リモートセンシング衛星が通信放送に次ぐ割合を占める。

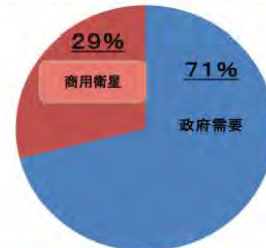
世界の宇宙産業の売上規模



- 打上げ
- 衛星製造
- 地上設備 (衛星テレビ、ラジオ、放送設備、測位情報受信設備、カーナビシステム)
- 衛星サービス (放送・通信、測位、地球観測、科学等)

出典: 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙産業振興小委員会」資料

世界の宇宙機器産業の顧客 (03-12年累計)



運用中の人工衛星の機能別割合

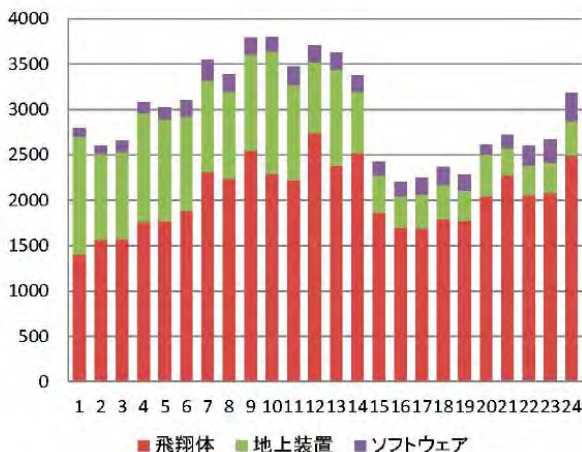


情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第121回) 配付資料 (H28. 9)

我が国の宇宙関連市場の現状

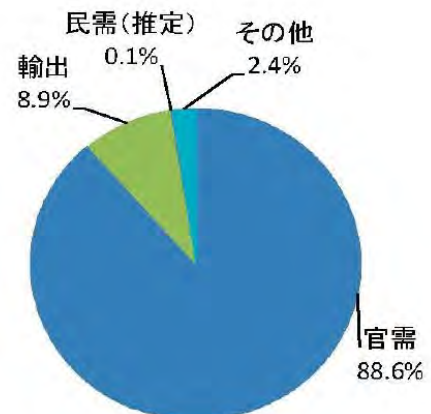
- 我が国の宇宙産業は、近年漸増傾向で推移している。
- 我が国の宇宙産業市場のうち9割弱は政府向けであり、現在は官需に依存している状況と言える。

我が国の宇宙産業の売上規模の推移



出典: 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙産業・科学技術基盤部会」資料 (平成27年5月22日)

我が国の宇宙産業の売上げの構造 (2012年)



情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第121回) 配付資料 (H28. 9)

リモートセンシング衛星			ロケット	
(株)アクセルスペース	キャノン電子(株)	(株)ウェザーニューズ	インターステラテクノロジズ(株)	(株)カムイスペースワークス
<p>東京大学発の衛星ベンチャーとして2008年設立。三井物産やJSAT等が出資。</p> <p>超小型衛星の宇宙実証を行うため、2016年8月、JAXAとの革新的衛星技術実証プログラムに関する契約を締結。</p>	<p>2012年に衛星ビジネス参入。</p> <p>2017年6月23日、印にて100kg・1m分解能の超小型衛星の打上げに成功。</p> <p>光学系は、EOS 5D・PowerShot(商用品)を転用。</p>	<p>2013年11月に露ドニエブルロケットで、アクセルスペース等が開発した小型人工衛星の打上げに成功。</p> <p>2017年7月14日、自社専用の衛星「WNISAT-1R」の打上げに成功。</p> <p>北極海航路の運行支援や流氷情報等を海運会社に提供するほか、マラッカ海峡・中東沖における海賊被害防止対策に貢献。</p>	<p>2013年、堀江貴文氏が出資。</p> <p>同年11月に、北海道大樹町で、国内初の民間開発ロケット(江崎グリコのポッキーロケット)の打上げに成功。</p>	<p>2006年、北海道大学や植松電機(北海道の宇宙部品メーカー)等の北海道民間企業により設立。</p> <p>カムイロケット(400kg級)の打上げに成功。</p>
デブリ除去		小型衛星・部品		月面探査
(株)アストロスケール	有限会社 QPS研究所			(株) ispace
<p>2013年、財務省OB(岡田光信氏・1973生)が設立した宇宙ベンチャー。</p> <p>2017年後半に初号機を打上げ予定。</p>	<p>九州発の小型人工衛星開発ベンチャー。2005年設立。</p> <p>九州大学の学生やOB等を中心として2005年6月に設立。</p> <p>現在は、宇宙用電子基板やデブリセンサを開発。「QPS」は、Q-shu Pioneers of Space。</p>			<p>2010年、月面探査を目的として設立したベンチャー。</p> <p>東北大学等とともに、月面開発を目的とした「HAKUTO」プロジェクトを立上げ。</p> <p>Googleによる国際宇宙開発レース「Google Lunar XPRIZE」に我が国で唯一応募し、2015年1月、中間賞であるマイルストーン賞として賞金50万ドルを獲得。</p>

宇宙×ICTに関する懇談会
報告書(H29. 8)

小型衛星の主な事例

アクセルスペース GRUS衛星

質量 100kg
サイズ
600 x 600 x 800 mm
(突起部除く)
地上分解能
パノクロマティック: 2.5m
マルチスペクトル: 5.0m
撮影幅
57km以上



イーイーエス 小型衛星標準バス

質量 50kg級
サイズ
500 mm角
標準バスに目的
に合わせ通信機器、
環境観測機器、気象観測機器 天文機
器等を搭載可能

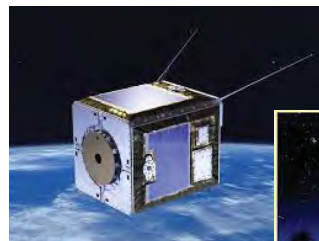


キャノン電子 CE-SAT1衛星

質量 65kg
サイズ
500 x 500 x 850 mm
地上分解能 1.0m
撮影幅
6km x 4km



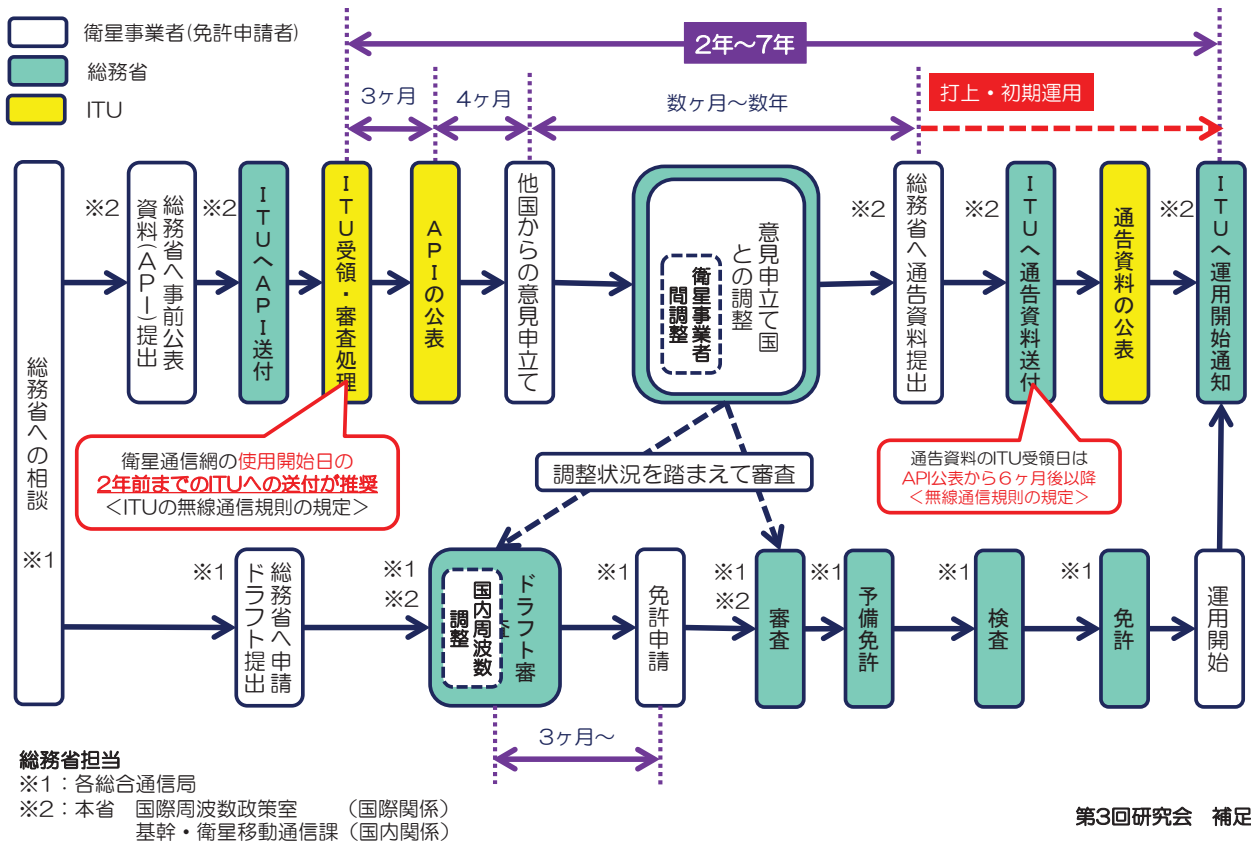
ALE 人工流れ星衛星



管轄総通局	免許人	人工衛星局相当	地球局相当
東北総合通信局	国立大学法人東北大学	3	1
関東総合通信局	内閣府	1	5
	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）	42	90
	国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）		30
	国立大学法人東京大学	4	5
	国立大学法人東京工業大学	1	1
	学校法人千葉工業大学	1	1
	日本電気株式会社	1	
	株式会社ウェザーニューズ	2	1
	株式会社エイ・イー・エス	1	1
信越総合通信局	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）		5
	国立大学法人東京大学		1
東海総合通信局	国立大学法人名古屋大学	1	
	三菱重工業株式会社	1	
近畿総合通信局	国立大学法人和歌山大学	1	1
九州総合通信局	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）		16
	国立大学法人九州大学	1	
沖縄総合通信事務所	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）		1

平成29年9月25日現在（予備免許中含む）

2 小型衛星（実験試験局）の無線局免許手続



総務省への相談

相談時のヒアリング事項

申請相談者名	組織名	
	住所	
	連絡担当者	
主たる実験目的	<input type="checkbox"/> 地球探査 <input type="checkbox"/> その他 ()	
	人工衛星の情報	打ち上げ予定時期 平成 年 月頃 打ち上げ方法 <input type="checkbox"/> JAXA相乗り <input type="checkbox"/> ISS放出 <input type="checkbox"/> () 打ち上げ場所 軌道位置
地球局相当実験試験局の情報	設置場所住所	
	緯度経度	
	所有者等	
希望周波数、占有周波数帯幅、電波型式、空中線電力等	ダウンリンク (人工衛星局相当実験試験局)	
	アップリンク (地球局相当実験試験局)	
国際周波数調整の状況	<input type="checkbox"/> 国際周波数政策室と相談済み <input type="checkbox"/> 未着手 <input type="checkbox"/> その他 ()	
その他参考情報		

国内調整に必要な無線局の諸元表例

1 人工衛星局相当実験試験局 衛星名 ○○△□

(1) 軌道情報

軌道形態 : 太陽同期円軌道
 軌道傾斜角 : 98.7度
 周期 : 96.5分
 高度 : 600km
 昇交点通過時刻: 15時05分(JST、軌道投入時)

(2) 諸元

電波の型式	周波数 (MHz)	空中線電力 (W)	空中線利得 (dBi)	給電線損失等 (dB)	最大電力密度 (dBW/Hz)	偏波
5K00F1D	467.674	1.0	2.2	0.1	-36.1	垂直及び水平偏波の組合せ
10K0F1D	467.674	2.0	2.2	0.1	-35.1	同上
20K0F1D	467.674	3.0	2.2	0.1	-34.8	同上
40K0F1D	467.674	3.0	2.2	0.1	-36.0	同上
80K0F1D	467.674	3.0	2.2	0.1	-36.6	同上
30M0F1D	8040	3.0	5.9	0.5	-52.7	左旋(楕円)

国内周波数調整

- 対地上系及び対衛星系の既存の無線局との干渉検討を行い、問題がないことを確認する。
- 必要に応じて既設免許人と運用調整を実施する。

小型衛星の主な使用周波数

UHF帯

401-402

宇宙運用(宇宙から地球)
 地球探査衛星(地球から宇宙)
 気象衛星(地球から宇宙)
 移動

467.65-468.54375

J87
 移動
 気象衛星(宇宙から地球)J86

J87 460-470MHz及び1690-1710MHzの周波数帯は、無線通信規則に定める周波数分配表に従って運用する局に有害な混信を生じさせないことを条件として、気象衛星業務以外の地球探査衛星業務による宇宙から地球への伝送に使用することができる。

S帯

2025-2110

J142
 宇宙運用、地球探査衛星、宇宙研究(地球から宇宙)(宇宙から地球)
 移動J141

2200-2290

J142
 宇宙運用、地球探査衛星、宇宙研究(地球から宇宙)(宇宙から地球)
 移動J141

J142 2025-2110MHz及び2200-2290MHzの周波数帯の宇宙研究業務、宇宙運用業務及び地球探査衛星業務において、2以上の非静止衛星間の宇宙から宇宙への発射は、これらの業務における静止及び非静止衛星間の地球から宇宙、宇宙から地球及び宇宙から宇宙への発射に対して制限を課さないことを条件とする実行可能な全ての措置を執らなければならない。

X帯

8025-8175

J191A
 固定衛星(地球から宇宙)
 地球探査衛星(宇宙から地球)

8175-8215

J191A
 固定衛星(地球から宇宙)
 地球探査衛星(宇宙から地球)
 気象衛星(地球から宇宙)

8215-8400

J191A
 地球探査衛星(宇宙から地球)

8400-8500

固定
 移動(航空移動除く)
 宇宙研究(宇宙-地球)
 J192

J191A この周波数は、二次業務で固定衛星業務(地球から宇宙)に密接な関係を有する移動衛星業務(地球から宇宙)にも使用することができる。

J192 宇宙研究業務(宇宙から地球)による8400-8450MHzの周波数帯は、深宇宙での使用に限る。

※特にX帯については、様々な用途(衛星系)に使用されており、国内調整に時間を要する。

無線局事項書			無線局の種別		無線局の呼称		無線局の呼称		無線局の呼称	
1 申請(届出)の区分	<input type="checkbox"/> 開設 <input type="checkbox"/> 変更 <input type="checkbox"/> 再免許	2 無線局の種別 コード	3 免許の番号	4 無線局の呼称	5 次呼称	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	6 無線局の呼称		7 無線局の呼称	
8 建設、維持費 算入は電費を必要とする理由	9 建設費		10 維持費		11 無線局の呼称		12 無線局の呼称		13 無線局の呼称	
14 建設費	15 維持費		16 無線局の呼称		17 無線局の呼称		18 無線局の呼称		19 無線局の呼称	

工事設計書			無線局の呼称		無線局の呼称		無線局の呼称		無線局の呼称	
1 無線局の呼称	2 無線局の呼称		3 無線局の呼称		4 無線局の呼称		5 無線局の呼称		6 無線局の呼称	
7 無線局の呼称	8 無線局の呼称		9 無線局の呼称		10 無線局の呼称		11 無線局の呼称		12 無線局の呼称	
13 無線局の呼称	14 無線局の呼称		15 無線局の呼称		16 無線局の呼称		17 無線局の呼称		18 無線局の呼称	
19 無線局の呼称	20 無線局の呼称		21 無線局の呼称		22 無線局の呼称		23 無線局の呼称		24 無線局の呼称	

様式ダウンロード: <http://www.tele.soumu.go.jp/j/download/proc/index.htm>

補足資料

- ① 実験計画書(実験の目的・内容・スケジュール)
- ② 回線設計書
- ③ 国際調整値との比較表
- ④ 占有周波数帯域幅の算定根拠
- ⑤ 地球局の送受信コンター図
- ⑥ 国際調整の状況確認表
- ⑦ 宇宙通信概念図
- ⑧ その他必要な書類

※詳細は「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」P.90～参照

○実験の目的

- ✓ 科学技術の進歩・発達や電波の有効利用に資するものであるか

○実験の内容

- ✓ 実験を遂行する適当な能力・設備を持っているか
- ✓ 既設の無線局の運用や電波監視等に影響を与えないか
- ✓ 実用化を目指すものであれば、それを考慮したものとなっているか

○実験スケジュール

- ✓ 実験の遂行に必要なかつ最低限のスケジュールとなっているか

② 回線設計

回線設計表の例(参考 マニュアルP91)

回線設計							
分類	項目	単位	UUC	DUD(3W)	DUD(2W)	DUB	DXD
送信系	周波数	MHz	401.780	467.674	467.674	467.674	8040
	送信機出力	W	50.0	3.0	2.0	1.0	2.0
	給電線損失	dB	2.6	0.1	0.1	0.1	0.5
	送信アンテナ利得	dBi	20.0	2.2	2.2	2.2	5.9
	EIRP	dBW	34.4	6.9	5.1	2.1	8.4
	送信ポインティング損	dB	0.6	6.0	6.0	6.0	2.0
伝搬環境	軌道高度	km	600	600	600	600	600
	最低運用仰角	deg	3	3	3	3	10
	衛星-地上間距離	km	2517	2517	2517	2517	1932
	自由空間損失	dB	152.5	153.9	153.9	153.9	176.3
	偏波損失	dB	3.2	3.2	3.2	3.2	0.5
	大気吸収損失	dB	2.1	2.1	2.1	2.1	0.3
	電離層損失	dB	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1
	降雨損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
受信系	等価受信電力	dBW	-124.5	-158.7	-160.5	-163.5	-172.8
	受信アンテナ利得	dBi	3.6	20.0	20.0	20.0	49.5
	給電損失	dB	0.1	0.7	0.7	0.7	2.0
	システム雑音温度	K	300	503	503	503	200
	受信局G/T	dB/K	-21.3	-7.7	-7.7	-7.7	24.5
	受信ポインティング損	dB	15.2	0.5	0.5	0.5	0.1
回線品質	受信C/No	dB·Hz	67.7	61.7	59.9	56.9	80.2
	DataRate	kbps	9.6	38.4	4.8	1.2	30000
	システムEb/NO	dB	27.8	15.8	23.1	26.1	5.4
	要求Eb/NO	dB	13.4	13.4	13.4	13.4	2.8
	Implementation Loss	dB	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	リンクマージン	dB	12.4	0.4	7.7	10.7	0.6

JAXAの「RF回線設計標準」も参考となる。

<http://sma.jaxa.jp/TechDoc/Docs/JAXA-JERG-2-420B.pdf>

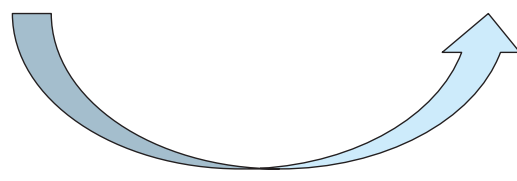
国際調整値との比較表の例(参考 マニュアルP92)

周波数帯幅	電波型式	周波数 (MHz)	周波数範囲(MHz)		申請値										国際調整値(HODOYOSHI PART II-S [JFIC2763/18.02.2014])										判定		
			from	to	送信出力 (W)	(dBW)	給電線損失	空中線入力電力	アンテナ利得	EIRP (dBW)	最大電力密度	EIRP密度 (dBW/Hz)	EIRP	Beam	Design. of emission	Frequency Range Lower limit	Upper limit	Max. peak pwr	Max. pwr dens.	Isotropic gain	EIRP (dBW)	EIRP dens.	EIRP	周波数 from	to	EIRP	EIRP密度
80	F1D	467.674	467.634	467.714	3	4.77	0.1	4.67	2.2	6.87	-37.20	-35.00	DUD	80KOF1D	467.61	467.738	5	-40	5	10	-35	0	0	0	0		
40	F1D	467.674	467.654	467.694	3	4.77	0.1	4.67	2.2	6.87	-36.00	-33.80	DUD	40KOF1D	467.61	467.738	5	-35	5	10	-30	0	0	0	0		
20	F1D	467.674	467.664	467.684	3	4.77	0.1	4.67	2.2	6.87	-34.80	-32.60	DUD	25KOF1D	467.61	467.738	5	-33	5	10	-28	0	0	0	0		
10	F1D	467.674	467.669	467.679	2	3.01	0.1	2.91	2.2	5.11	-35.10	-32.90	DUD	25KOF1D	467.61	467.738	5	-33	5	10	-28	0	0	0	0		
5	F1D	467.674	467.6715	467.6765	1	0.00	0.1	-0.10	2.2	2.10	-36.10	-33.90	DUB	10KOF1D	467.61	467.738	0	-36	5	5	-31	0	0	0	0		
30000	F1D	8040	8025	8055	2	3.01	0.5	2.51	5.9	8.41	-54.40	-48.50	DXD	30MOF1D	8025	8055	5	-55.2	10	15	-45.2	0	0	0	0		
20	F1D	401.78	401.77	401.79	50	16.99	2.6	14.39	20	34.39	-19.60	0.40	UUC	30KOF1D	401.7	401.86	20	-17.8	20	40	2.2	0	0	0	0		

実際に申請する無線局の諸元

国際調整を実施した無線局の諸元

すべてが国際調整の範囲内であることを確認する。



④ 占有周波数帯幅の算定根拠

占有周波数帯域幅の算定根拠の例

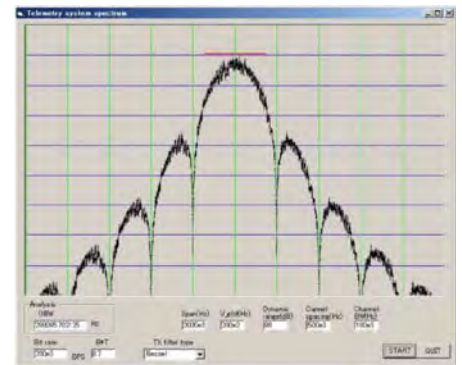
S 帯テレメトリ回線 (2285MHz, 帯域幅400kHz)

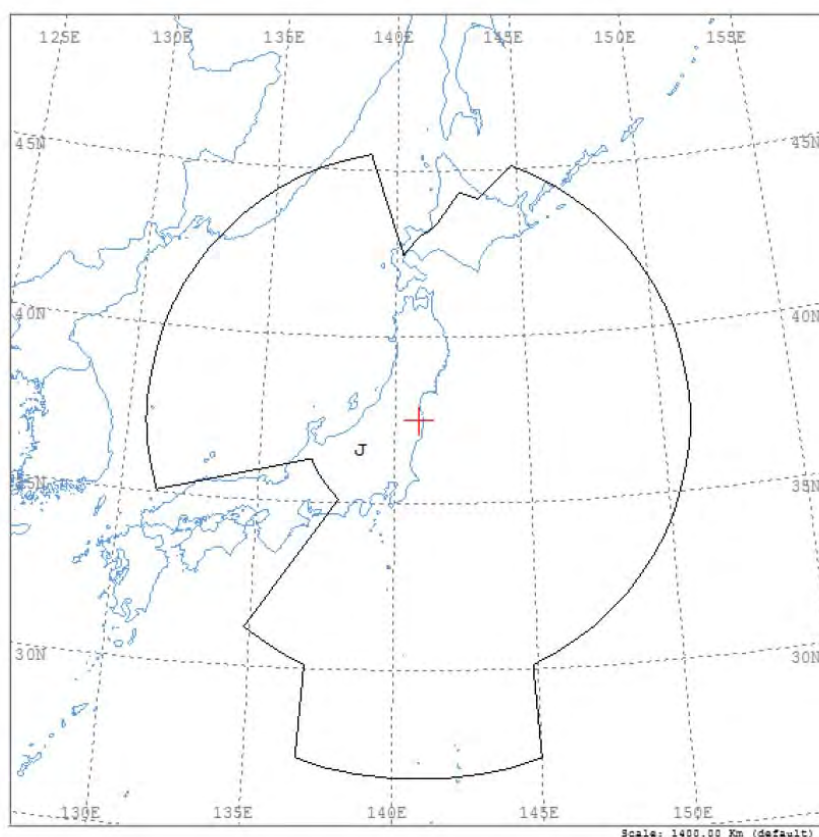
S 帯テレメトリ回線では、変調形式 BPSK(G1D)、回線速度 200 ksps(ビタビ符号化後の回線速度100kbps)を予定している。S帯のBPSK変調におけるロールオフフィルタには、装置の小型化、省電力化を考慮して4次のベッセルでBT(=Time-Band Product)=0.7のアナログフィルタを用いている。

理論式を用いて占有周波数帯幅Bを計算すると、 $k = 0.7$, $f_{cl} = 200k$ として、

$B = 2 \times 0.7 \times 200k = 280k$ また、ソフトウェアを用いた詳細なシミュレーション結果を図1に示す。この図は、回線速度200 kHzで変調したときのスペクトルを求めたものであり、横軸の刻みは200 kHz、縦軸の刻みは10 dBである。黒い実線が電力スペクトル、赤い線がOBW(全電力の99%が含まれる帯域幅)の範囲を示す。

シミュレーション結果よりOBWとして298 kHzが与えられるが、アナログフィルタを採用しているため、製造時における使用素子の定数のばらつき、温度による定数の変化による帯域の広がりを経験的に35%(すなわち、安全係数=1.35)と設定すると、99%電力の帯域幅はOBW=400 kHzとなる。



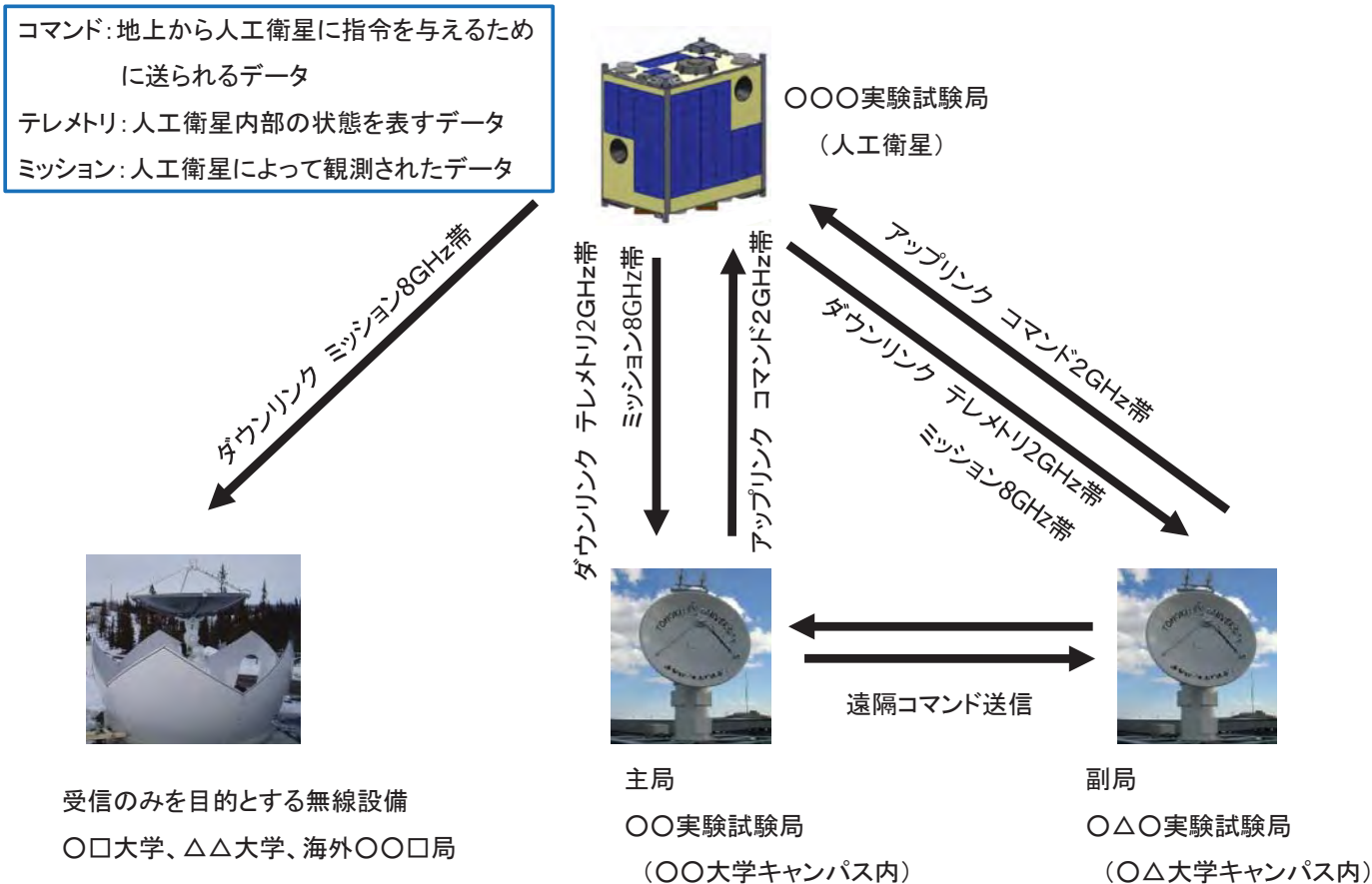


国際周波数調整資料に用いたコンター図を添付

⑥国際調整の状況確認表

国際調整の状況確認表の例

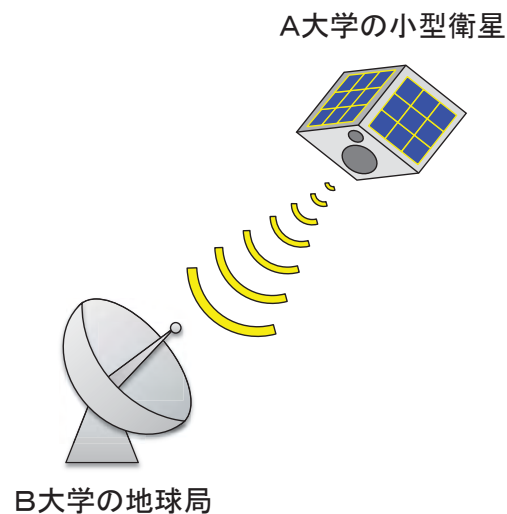
主管庁	Goup ID	調整状況	調整ステータス
A	11111111	〇〇は、RR表21-4のpfd制限値を満たしており、A国の地上系への影響は与えないと説明済み。調整完了を確認中。	完了見込み
B	11111111	〇月〇日 Bへ回答書簡発出。 □月□日 Bより問い合わせ書簡受領。 ×月×日 Bへ回答書簡発出。	調整中
C	11111111	日C周波数調整会議にて調整合意済み。	完了
D	11111111	DへITU-R勧告SA.609の条件を満足していることを説明済み。調整完了を確認中。	完了見込み
...



○異免許人間通信

A大学の小型衛星の運用にあたり、
 共同研究を実施するB大学の地球局を使いたい

- 異免許人間通信となり、以下の項目を満たす必要
- ✓ 通信が実験の範囲内のものであること
 - ✓ 必要性が当事者間で交換された書類で確認できること
 - ✓ 他人の通信を媒介するものではないこと



人工衛星 RISING-2 を利用した共同研究に関する覚書 (A)

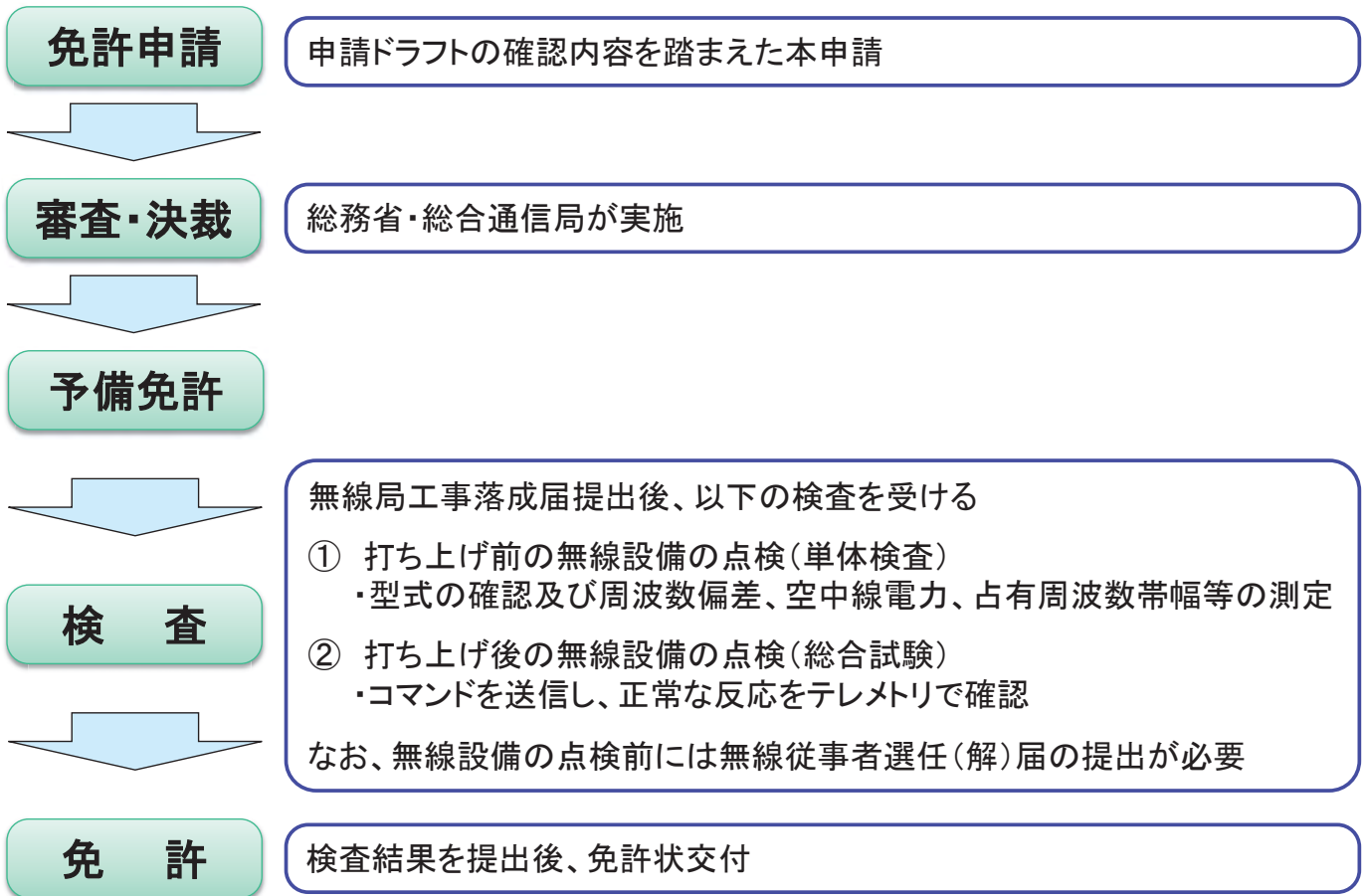
甲 (東北大学 板本祐二) と 乙 ([redacted]) は以下の事項に関して合意した。

1. RISING-2 と異免許人 ([redacted]) との通信について

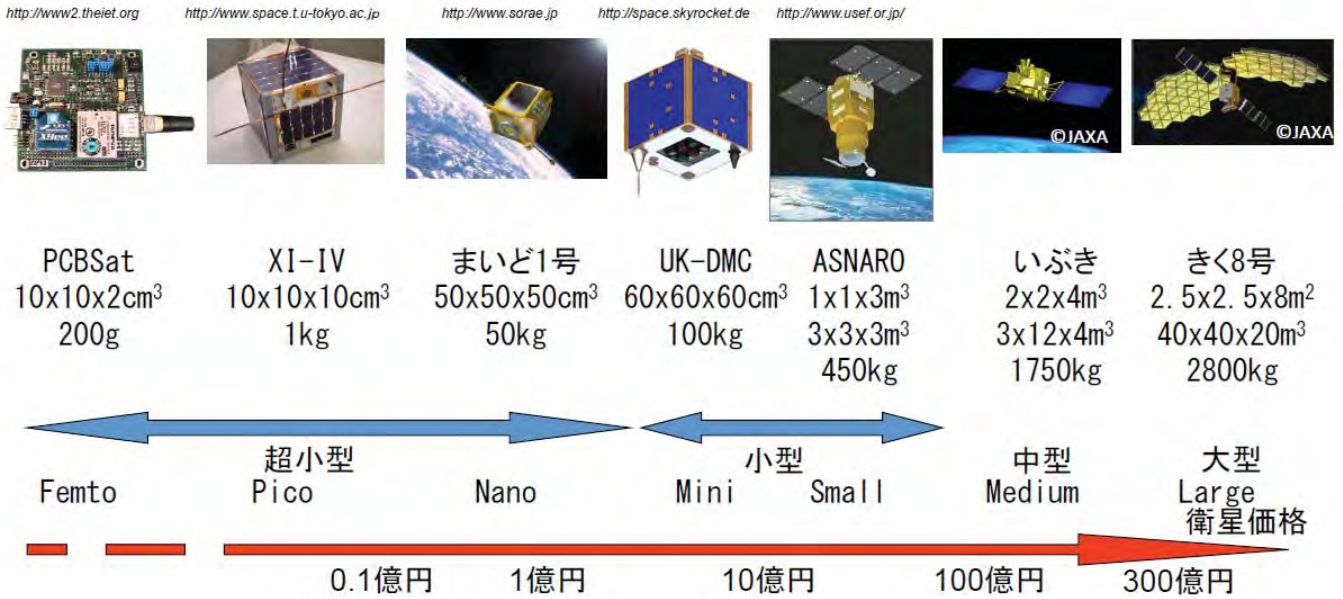
- 1-1) 異免許人との通信は、開設する実験試験局(RISING-2)の実験の範囲内である。
- 1-2) 異免許人との通信は、他人の通信を媒介するものではない。
- 1-3) 異免許人との通信の必要性は下記の通りである。

RISING-2 はカメラ撮像など容量の大きいデータを扱うため、2局以上で観測を行うことにより、画像転送時間を確保できる。また地上側の衛星追跡モータの故障頻度が高いため、2局以上によるバックアップ運用体制が必要となる。

共同研究に関する覚書の例
 参考 マニュアルP92



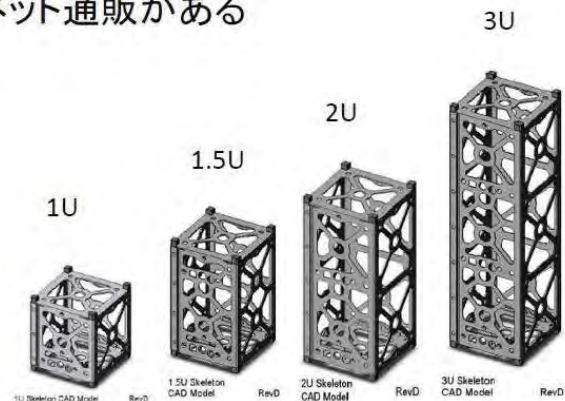
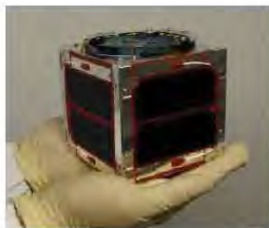
(参考) 小型衛星の概要



出所:九州工業大学「超小型衛星の現状と将来」、2015年

キューブサット (CubeSat)

- 10cm単位で外形寸法を標準化
- 箱(POD)に入れてロケットに搭載
 - ロケット間の互換性
- キューブサット用部品のインターネット通販がある

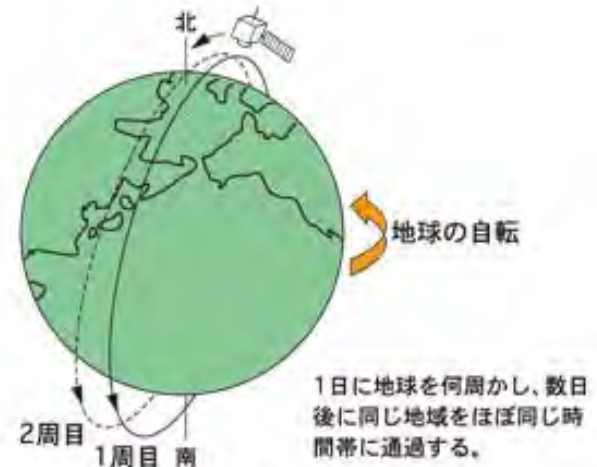
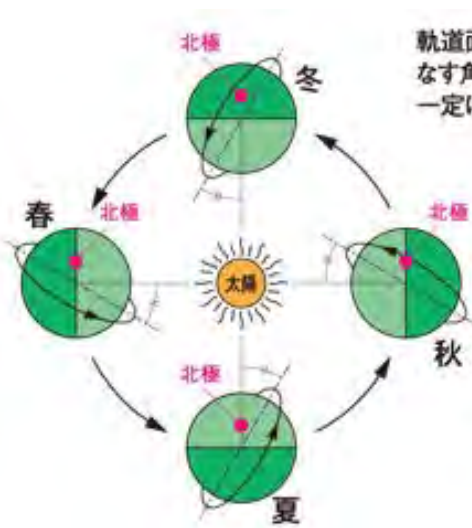


http://ccar.colorado.edu/asen5050/projects/projects_2013/Naik_Siddhesh/Cubesats.html

出所:九州工業大学「超小型衛星の現状と将来」、2015年

1 太陽同期準回帰軌道

小型衛星の軌道位置は、その多くが地球探査業務の衛星であることから太陽同期準回帰軌道が多い。



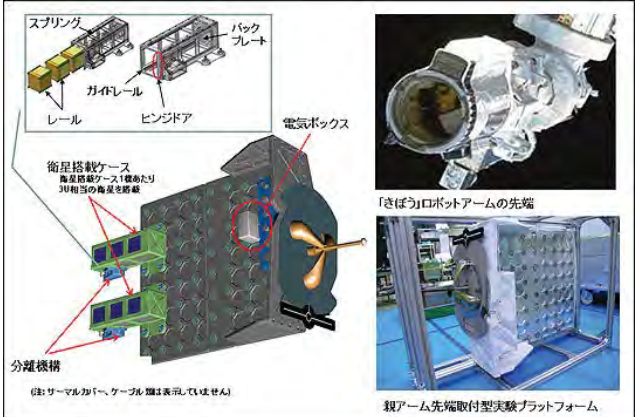
軌道高度：500～700km程度の円軌道
軌道傾斜角：97°～98°
軌道周期：96分～98分

- 東大 HODOYOSHIシリーズ
- 東工大 TSUBAME
- ウェザーニューズ WNISAT
- 東北大 RISING-2 等

出所：JAXAホームページ

2 ISS(国際宇宙ステーション)「きぼう」から放出する衛星軌道

JAXAではISS(国際宇宙ステーション)「きぼう」から超小型衛星の放出事業を実施しており、多数の大学等の小型衛星を放出している。



軌道高度：380～420km程度(放出時のISS高度による)の円軌道
軌道傾斜角：51.6°
軌道周回寿命：100日～250日程度(弾道係数/放出高度/太陽活動などに依存)

- 東大 EGG-IRIDIUM
- 千葉工大 S-CUBE
- 東北大 PHL-MICROSAT 等

出所：JAXAホームページ

「きぼう」から放出される東北大「PHL-MICROSAT」
(フィリピン DIWATA-1)

小型衛星の打ち上げ・利用に関する研究会
第2回研究会

衛星周波数調整に関する事例調査

2017/10/2

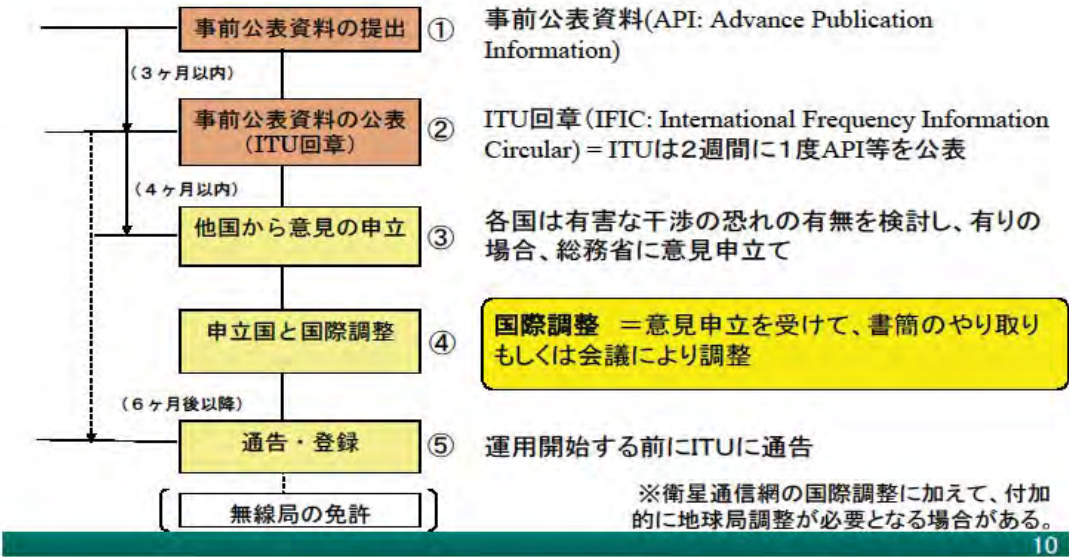
宇宙技術開発株式会社

～報告内容～

1. 衛星周波数手続き
2. 周波数選定の例
3. API作成の例
4. 注意事項
5. 国際調整の例

4 衛星周波数の国際調整手続き

＜小型衛星の国際調整手続きの基本的な流れ＞



10

総務省電波利用ホームページ掲載資料
「衛星周波数の国際調整について(小型衛星への適用に焦点を当てて)」より抜粋
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/process/freqint/index.htm>

SPACE ENGINEERING DEVELOPMENT Co.,Ltd.

2. 周波数選定の例 ～その①～

【小型衛星A : S帯/X帯】

- ◆ S帯でTT&C、X帯でミッションデータダウンリンクを使う計画だった
- ◆ 免許人が何らかの方法で周波数を決めた後、無線局申請手続きを開始
- ◆ 総務省での干渉検討結果から、LST±TBDの範囲でのみの免許となった
- ◆ 打上げ後わずかな期間しか運用できなかった

2. 周波数選定の例 ～その②～

【小型衛星B：S帯】

- ◆ S帯TT&Cに関する周波数選定支援を実施。アップリンク2025-2110MHz、ダウンリンク2200-2290MHz
- ◆ 国の重要無線通信周波数帯を回避
- ◆ 国内衛星事業者の衛星周波数帯を回避
- ◆ その他の国内小型衛星との周波数重複状況を、ITUデータベース上で確認
- ◆ さらにITU事前公表資料の周波数帯分布をITUデータベース上で確認

2. 周波数選定の例 ～その③～

【小型衛星C】

- ◆ 衛星運用の前例がある周波数帯で、国際調整、無線局申請手続きを進める
- ◆ 地球局設備は共同研究などにより借りる

3. APIの作成

基本的な手順

①	周波数選定作業の実施
②	軌道決定(相乗り、海外打上げ)
③	ビームの整理 (通常周波数帯で分ける。アップリンクxx波、ダウンリンクxx波)
④	回線計算、精査(電力、アンテナゲインの確定)
⑤	サービスエリア、使用地球局の確定
⑥	諸元の確定、根拠確認(占有周波数帯幅、電力密度の確定)

4. API作成上の注意事項

①	諸元はAPI \geq 通告資料 \geq 無線局申請値 ・周波数帯、電力、電力密度、占有周波数帯幅が対象 ・もし手続き途中でどうしても超過してしまう場合、 再国際調整要
②	サービスエリアはできるだけ多く ・もし手続き途中でどうしても増えてしまう場合、 再国際調整要
③	回線計算が成立していること
④	ITU無線通信規則21条のPower Flux Density (PFD)制約を満足すること
⑤	ITU無線通信規則AP4に定義された必須項目は入力必須
⑥	必要に応じて"note","figure"を忘れないこと

① 周波数帯はできるだけ狭くする

↳ 国際調整上、周波数の重複有りだけの確認でコメント書簡を送付してくることが多い

② サービスエリアはできるだけ少なくする

- ・サービスエリアを日本に絞れば国際調整は比較的楽
- ・可能なら軌道が混雑する極域は使わない
- ・サービスエリアが多いと、国際調整でコメントを受領する国が増える

4. 国際調整の例 ～書簡例①～

【コメント】

A国のa衛星に対し有害な干渉の可能性があり、調整が必要

<対処1>

周波数重複の確認

<対処2>

サービスエリア、可視性の確認

<対処3>

干渉解析の実施

ITU勧告等を参照し、有害な干渉の可能性が低いことを示す

例: ITU-R SA.609

地球局への干渉電力密度 ≥ -216 dBW/Hzとなる時間率0.1%以下、
宇宙局への干渉電力密度 ≥ -177 dBW/kHzとなる時間率0.1%以下
⇒ I_0/N_0 、 I/N

4. 国際調整の例 ～書簡例②～

【コメント】

B国の衛星に対し有害な干渉の可能性があり、調整が必要

<時間がある場合> ⇒ 衛星網の特定を要請

<時間がない場合> ⇒ 書簡例①と同じ対処

4. 国際調整の例 ～書簡例③～

【コメント】

C国の地上局に対し有害な干渉の可能性があり、調整が必要

- ・可視性の確認
- ・ITU無線通信規則21条を満足していることを伝える

4. 国際調整の例

相手国の反応の例とその後の対応

- ①合意、調整完了の内容の書簡受領 ⇒ 調整完了
- ②さらなる懸念や情報提供要求を伝える書簡受領 ⇒ 調整継続
再書簡送付