

超小型衛星による新しい 宇宙開発利用と宇宙ビジネスの潮流

2023年2月28日

東京大学 中須賀真一

講演の内容

- 日本の政府主導の宇宙開発利用の全体像
- 世界の宇宙開発利用の新しい流れ
- 「小型コンステレーション」への加速
- ベンチャー等による宇宙産業の新しい潮流
- そのベースとしての超小型衛星の技術と活用

日本の政府主導の宇宙開発利用の全体像

- 輸送系（基幹ロケット：H-IIA,Epsilon→H3が2021年度）
- 測位衛星（日本版GPS：準天頂衛星）
- 地球観測衛星（光学、レーダー：ALOSシリーズ）
 - 温室効果ガス観測：GOSAT, 気象衛星：ひまわり
 - 水蒸気、大気中の粒子等観測：GCOMシリーズ
- 通信放送衛星（実証衛星：ETS-9計画中）
- 宇宙科学衛星（X線：XRISM, 赤外：SOLAR-C, LightBird）
- 宇宙探査衛星（はやぶさ、月SLIM、火星MMX2024年）
- 国際宇宙ステーションISS→月のGatewayへ
 - アルテミス計画参加、HTV-X、月面上与圧ローバ
- 安全保障ニーズ：SSA（デブリ等）、早期警戒、通信

政府の宇宙予算は5200億円。宇宙産業官需率92%が大きな課題

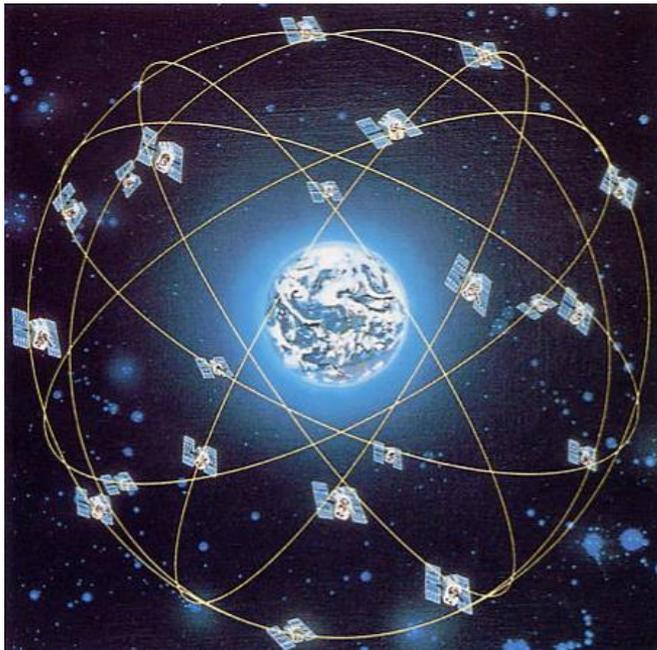
航法衛星 (GPS, 準天頂衛星)



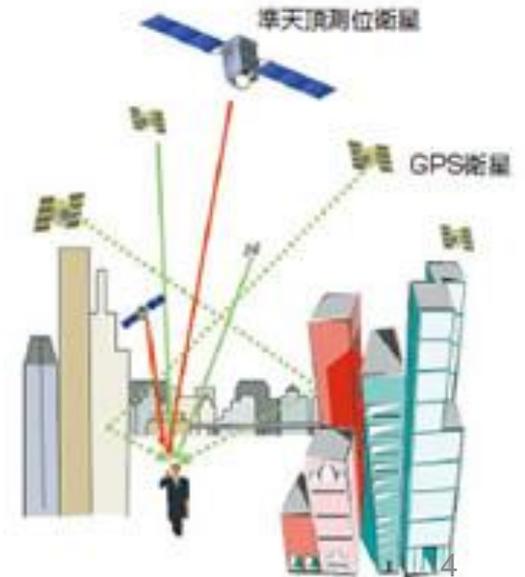
←GPS
精度: 3~5m
24機体制
(現役)



準天頂衛星→
精度: 6cm (3 σ)
90cm



4機体制
(2018)
↓
7機体制
(2023)



cm測位の 利用拡大への取組分野

自動運転（自動車）



農業



除雪



ドローン



世界にもないcm精度の位置情報を使ったビジネスを拡大中

AGV



MaaS



港湾クレーン



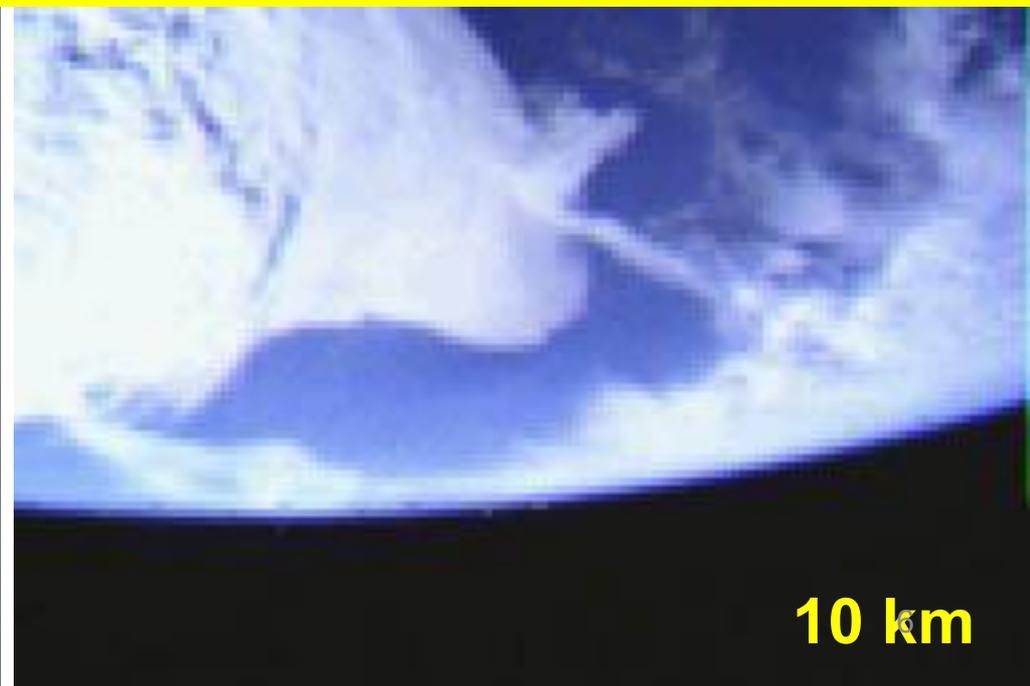
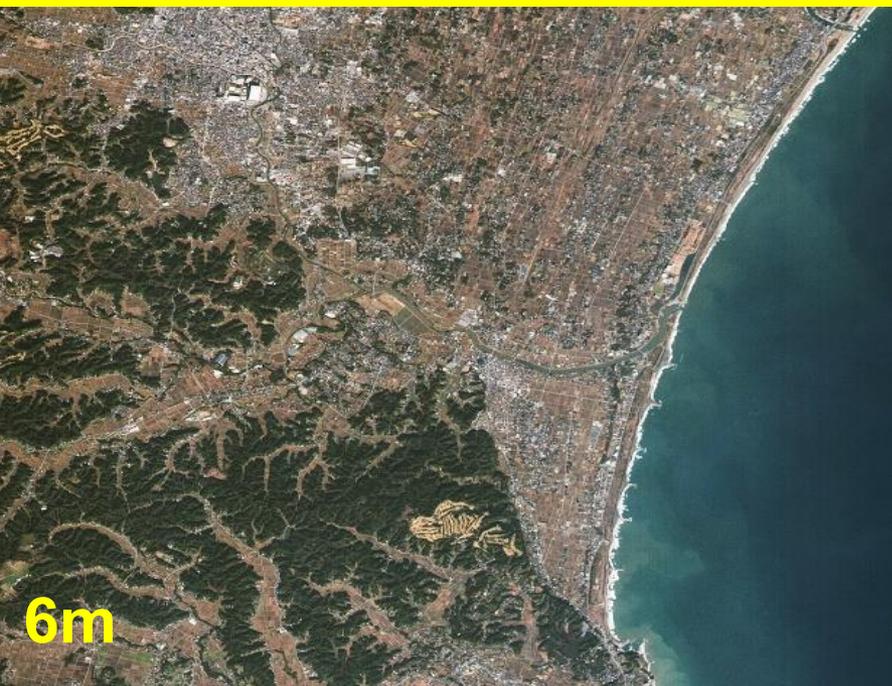
船舶



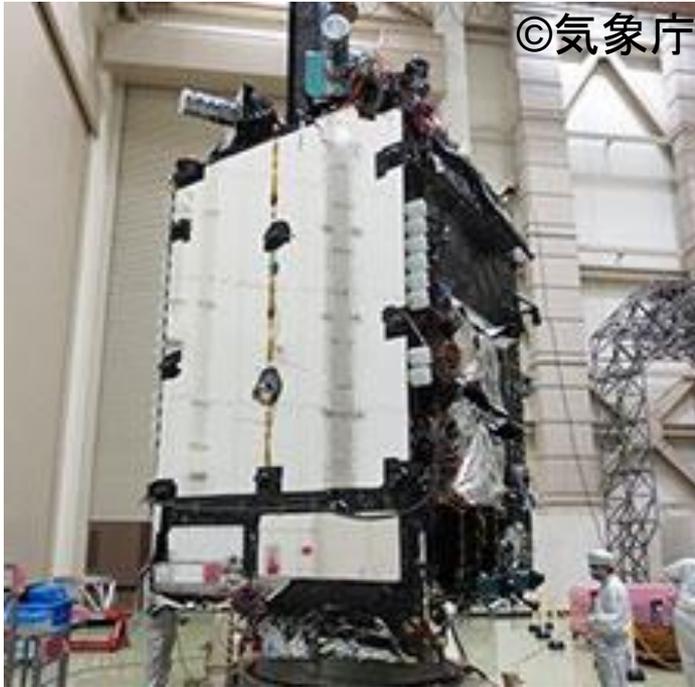
(*) MaaS : Mobility as a Service



リモセンの画像を様々な用途に活用(G空間、Society 5.0)



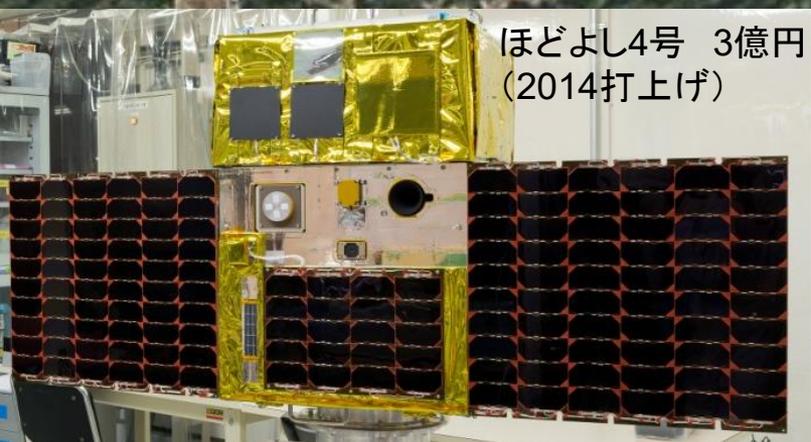
気象衛星



ひまわり8号



政府以外でも
地球観測ができる
ようになった
Chiba (6mGSD)

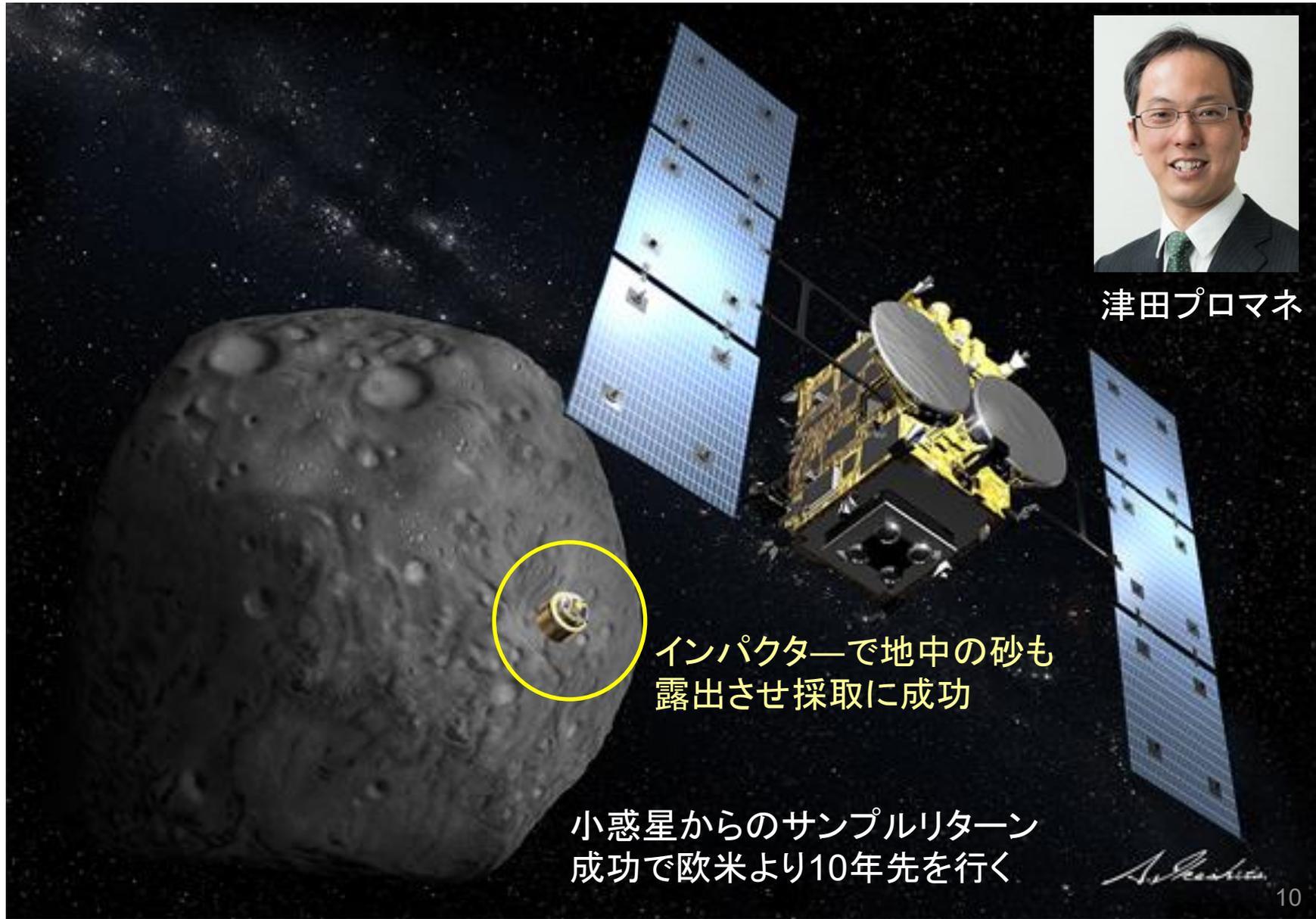


ほどよし4号 3億円
(2014打上げ)

はやぶさ2 リュウグウからサンプル回収(2020)



津田プロマネ



インパクターで地中の砂も
露出させ採取に成功

小惑星からのサンプルリターン
成功で欧米より10年先を行く

A. Yoshida

国際宇宙ステーション(5極による運用)

ISS (International Space Stations)



©NASA

月周回有人拠点(Gateway)を含む月探査へ参画する場合の考え得る協力取組(イメージ)

我が国の強みを活かして、重要な役割を担うなど、戦略的に参画

【**米国の計画**】

【**具体的な日米協力**】

【**日本独自計画**】

電気推進
エレメント

ミニ居住棟

初期型Gateway
(必要最小限の構成)

Gateway(完成形)

測位・
通信インフラ

(例) バッテリー
熱制御系ポンプ
窒素・酸素分圧用タンク
①我が国が強みを有する
技術・機器の提供

閉鎖系での循環
技術、食物栽培

地球高軌道での
ドッキング
HTV-X3号機
②HTV-X/H3ロケットによる
Gatewayへの物資・燃料補給
(2025年以降)

輸送、
燃料
補給

HTV-X1号機 HTV-X2号機
1,2号機によるISS補給後
を活用した技術実証

着陸技術
(MELCO, ispace)

基地建設

③着陸地点の選定等に資する
月面の各種データや技術の共有
ピンポイント着陸
水探索
月極域
移動探査
無人ローバ
(ispace)

月の南極域
に着陸
(2024年以降毎年)

④月面探査を
支える移動手段
(月面非与圧
ローバ)の開発
(イメージ図)

与圧ローバ
(トヨタ)
月面与圧ローバの開発
(イメージ図)



(注: 本イメージ図はNASAやJAXAの資料を基に文科省で作成) 12

「民」との連携で、「その場のもので作る」技術の実験・獲得の場

文部科学省資料より(2019)

世界の宇宙開発利用の新しい流れ

世界の宇宙開発利用における 2つの大きなゲームチェンジ

宇宙開発利用の現場で起きている2つの大きなゲームチェンジ

- ▶ **小型衛星コンステレーション（衛星群）**による低価格化、データ量の飛躍的増大による新しい価値創造(通信、地球観測分野中心に)
- ▶ 国家機関主導による研究開発に加え、**ベンチャー主導による研究開発+サービス調達が活発化**（SpaceX社宇宙船打上げ、CLSPなど）

<戦略面でのTrend>

- ・民生利用と防衛ニーズの連携による横通しの戦略と技術開発(米)
- ・拡大する通信ニーズへの官民一体となった戦略的な技術開発と実証(欧州)

<技術面でのTrend>

- ・Digitalization, Digital Transformation、ソフトウェアベースでの柔軟性確保
- ・技術進化のスピード加速、多品種少量生産への対応のためAgile開発
- ・大量製造技術（OneWeb:800、Starlink:12000、Planet:200、Spire:50など）

世界における宇宙産業のフェーズシフト

- 第1世代：国家の研究所、大学・個人が研究として実施。実用前夜。 ~1950's
- 第2世代：国の投資で実用を目指す、国の機関が一部民間の手を借りて実施 ~1960's

Best Mixを求める必要

- 第3世代：国の投資で民間がロケット・衛星を開発
成果を国も利用

-  アメリカはこれ(サービス調達)を積極的活用
- 第4世代：民間が民間の投資で衛星・ロケットを開発
運用し、政府はそのサービスを購入

米国政府は民間の創意工夫を活用しつつ アンカーテナンシーで宇宙利用を拡大

- 政府はアンカーテナント(継続的に購入する)でサービスを調達。
- 安全保障や気候変動対策などにおける宇宙の利用を拡大しつつ、民間企業の新しいチャレンジや投資を促進。宇宙産業の競争力強化につながる同時に、政府はより高度で安価なサービスを利用。

米国は積極的にベンチャー企業と契約

- ✓ 宇宙開発庁は、ミサイル防衛等に用いる通信衛星システムの整備のうち、42機をYork Space System社に\$382M(約450億円)で発注。
- ✓ 国家偵察局(NRO)は、安全保障における衛星画像利用の研究について、スタートアップ2社(BlackSky Global社, Planet社)と契約(2019年)
- ✓ 空軍研究所は、衛星を利用した電波分析について、HawkEye360社と\$15.5M(約18億円)の契約を締結(2022年)
- ✓ 米国空軍は、Tomorrow.io社に気象衛星の開発を\$19.3M(約23億円)で契約(2021年)。約30機の衛星で、1時間ごとに全世界の気象データを取得。
- ✓ ウクライナ紛争を受け、政府(NROなど)がリモセン3社(Maxar, BlackSky, Planet)と「10年で総額数千億円」の契約

「小型コンステレーション」への加速

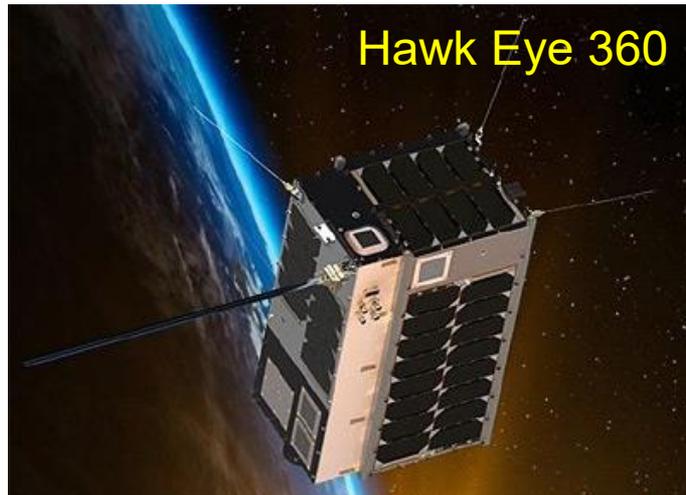
小型衛星コンステレーションによる 各種の新しいサービスの登場



SpaceXのStarlinkは12000機の小型コンステで宇宙のインターネット網構築目指す



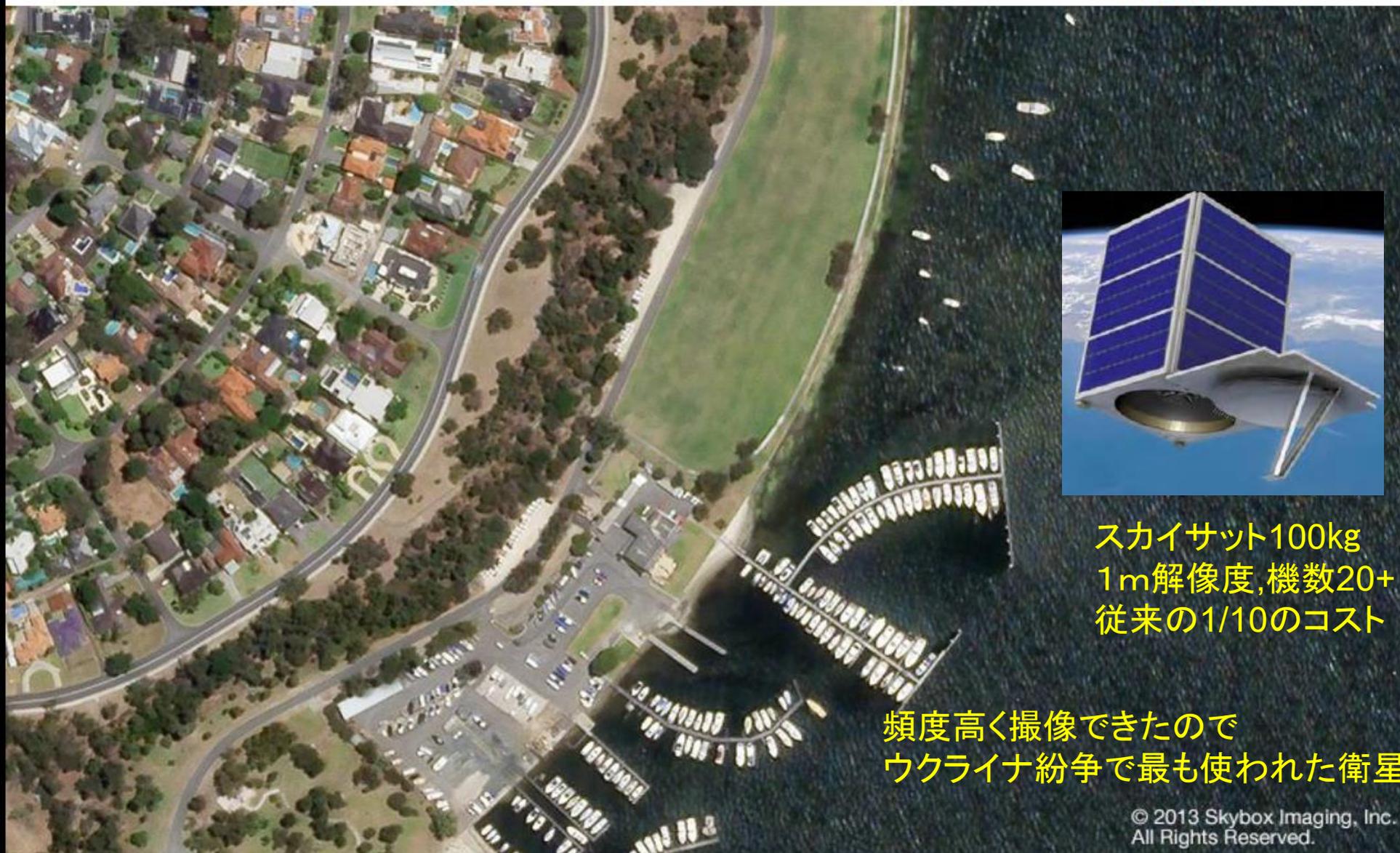
Planet社は170機以上の4kg衛星により、3m中分解能の地球画像の撮像を高頻度で実施



3から4機の超小型衛星(30kgクラス)により電波の到来方向を検知。MDAに利用



Spire Global社は100機以上のGPS掩蔽観測で局地気象情報をNOAAに販売,AIS,ADS-Bも



スカイサット100kg
1m解像度,機数20+
従来の1/10のコスト

頻度高く撮像できたので
ウクライナ紛争で最も使われた衛星

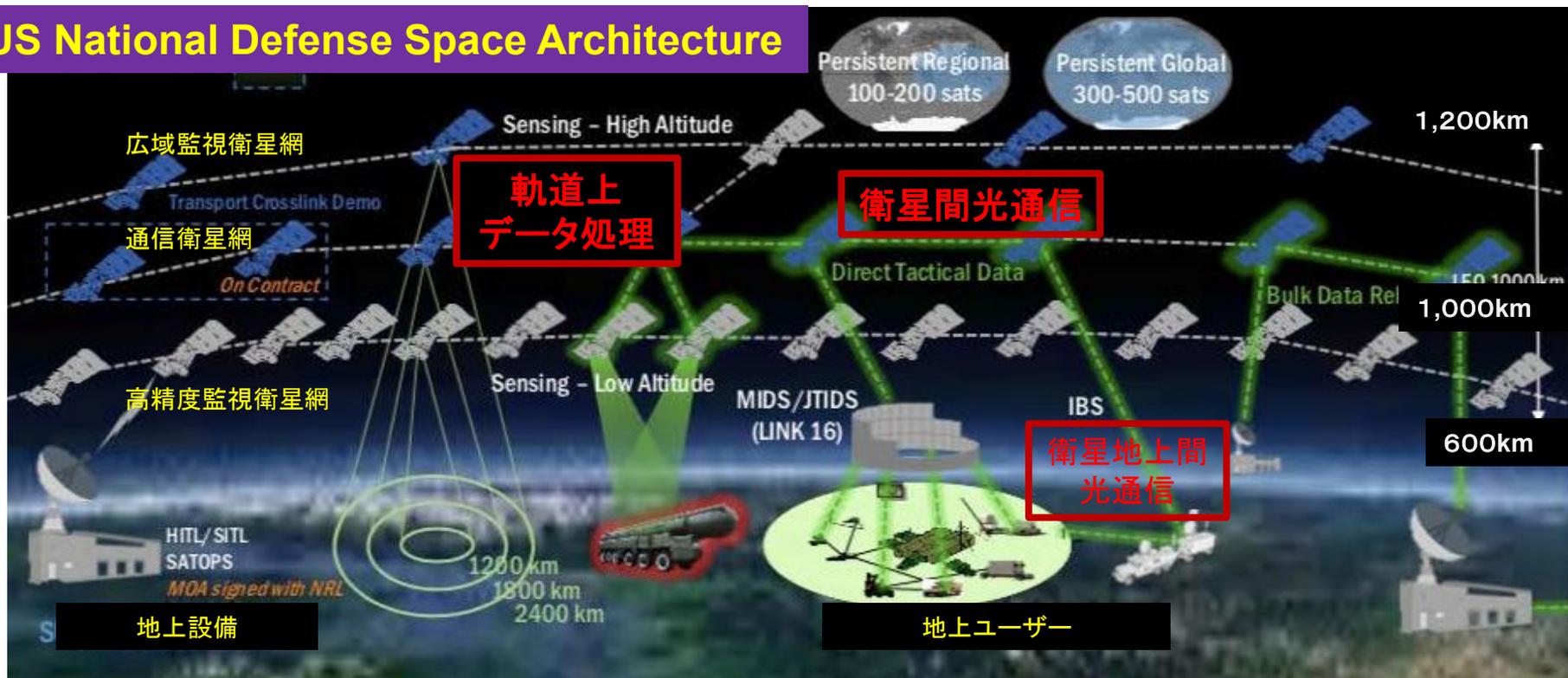
© 2013 Skybox Imaging, Inc.
All Rights Reserved.

2013年12月4日撮影 オーストラリア/パース/ビートン・パーク
※ キャリブレーション前の画像です

安全保障もコンステレーションで(NDSA)

- **高速で滑空するミサイルの迎撃**には、複数の衛星が連携して追尾し、分析結果をリアルタイムに地上と共有する小型衛星コンステレーション技術が必要。米国のNDSAでは、小型衛星コンステレーションを活用した対応を構想。
- 我が国でも、赤外觀測衛星を多数配置した衛星コンステレーションにより、極超音速滑空弾(HGV)等を宇宙から探知・追尾するシステムの実現に必要な技術実証を行うための実証機について、概念検討を実施

US National Defense Space Architecture



通信小型コンステレーションへの参入企業群

大型GEO
と小型
LEOコンス
テの併存

日本企業
も投資

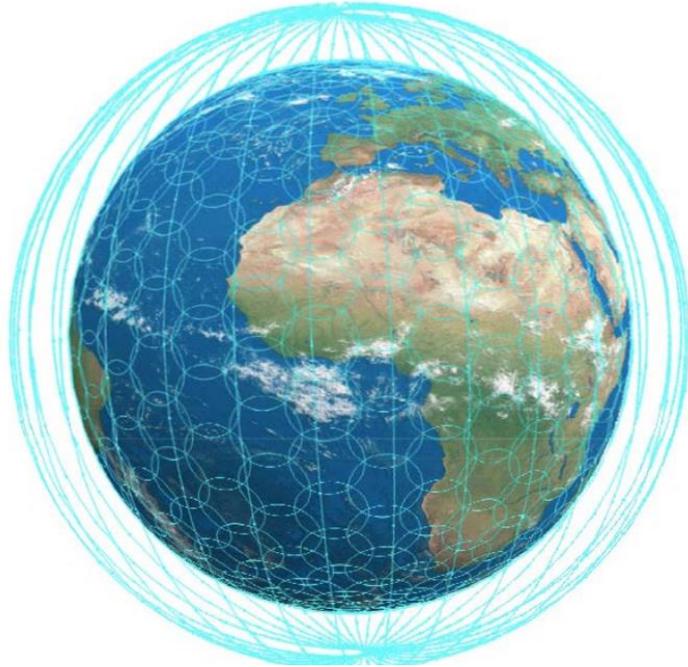


Operator	Country	Band*/orbit	Size**	Capacity	Lifetime	Target markets	Status
SES^A O3b mPOWER	U.K.	Ka-MEO	7-22	200+ Gbps per satellite	> 10 years	Trunking, backhaul, Enterprise, Civil Govt., Military, Mobility (primarily maritime)	Development (contracted)
SPACEX STARLINK	U.S.A.	Ku-LEO	Up to 4000	20 Gbps per satellite	~5 years	Consumer broadband, Enterprise, Backhaul, Military, Commercial Aviation	Deployment
TELESAT	Canada	Ka-LEO	292	40-50 Gbps per satellite	10 years	Backhaul, Enterprise, Civil Govt., Mobility, Military	Development (uncontracted)
amazon	U.S.A.	Ka-LEO	3236	NA	7 years	Consumer, Enterprise, Backhaul, Civil Govt., Mobility	Development
OneWeb	U.K.	Ku-LEO	648	7.5 Gbps per satellite	7 years	Enterprise, backhaul, Civil Govt., Aero, Maritime, Military	Deployment
Viasat^W	U.S.A./NED	Ka-LEO	288	100 Gbps per satellite	N/A	Consumer, Enterprise, Civil Govt., Aero, Military	Planning (uncontracted)
AST	U.S.A./PNG	LTE-LEO	243	N/A	N/A	Consumer/Enterprise (Mobile Network Operators)	Development (in-house)
MANGATA	U.S.A.	Ka-V-MEO/HEO	up to 800	75-100 Gbps per satellite	N/A	Backhaul, mobility, enterprise, IoT	Planning
Hongyun (CASIC)	China	Ka-LEO	156	<5 Gbps per satellite	N/A	Consumer, enterprise, backhaul, mobility, satnav, EO	Development
Hongyan (CASC)	China	Ka-L-LEO	320-864	10 Gbps per satellite	N/A	Consumer, backhaul, enterprise, IoT	Development
Galaxy Space	China	Q-V-LEO	144-650	10 Gbps per satellite	N/A	Consumer, backhaul, enterprise, civil govt.	Planning

*User links **Current generation only

2029までの衛星数

Softbank: One Web社への出資で 衛星経由の通信サービス目指す



会社設立：2012年

Founder：Greg Wyler

CEO：Eric Beranger

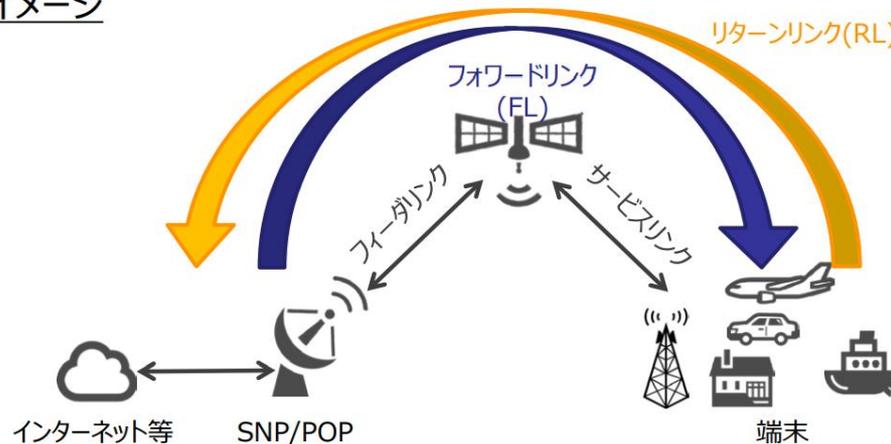
打上げ開始：2018-19年

サービス開始：2020年（部分的）

衛星総数：882機（Full）

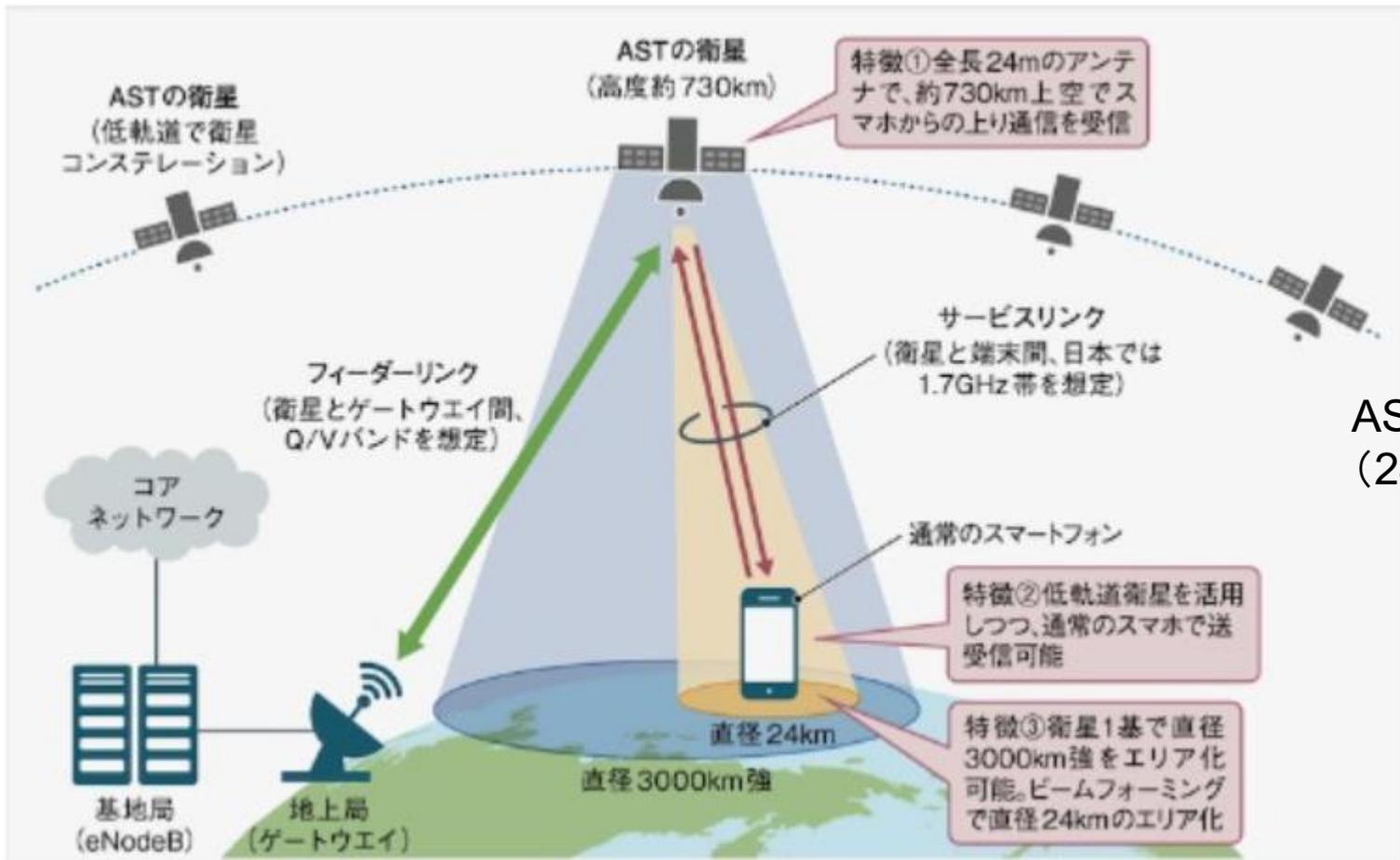
軌道高度：1,200km

接続イメージ

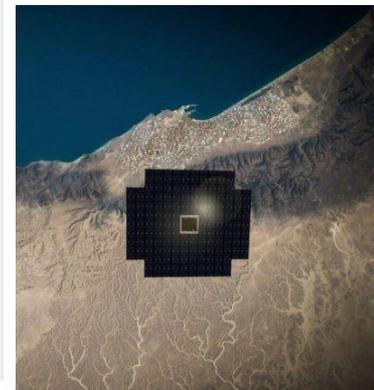


2022年にはPNT(Position, Navigation, Time)の中の「時刻」提供のサービス開始
2025年にはPNTすべて提供

楽天:AST & Science社の通信衛星ビジネスへの出資 で衛星経由の携帯網めざす(スペースモバイル)



AST社の巨大アンテナ (24m)を持った衛星



低軌道小型コンステレーションの意義

• 地球観測

- 時間分解能を高める(頻繁な観測)⇒防災・安保ニーズ
- 1機破壊されても全損しない「機能保障」
- 撮った画像を衛星間の通信経由で迅速に地上に(今後)

• 通信衛星

- 衛星間のバケツリレーで世界中と通信可能
- 電波強度、低遅延などの重要な特徴
- 光通信とあわせて量子暗号通信を長距離で行える

• 測位衛星

- 小型衛星コンステによる低軌道測位システム構築の動き(強い電波が出せる→室内でも受けられる、など)
- 高精度測位は精度は高まり、収束も早く安定
- ジャミング、スプーフィング用の強い電波が出せる

繰り返し(衛星開発)数の重要性

- 世界の開発スピードに遅れないためには、技術実証と結果のフィードバックを、早いサイクルで多数、繰り返していくことが必要。

$$\text{技術の向上度} = (1 + a)^N$$

1回の実証の技術向上度

実証の頻度

Nの向上がスピードアップのカギ
(指数関数的な向上)

- スペースXが、創業から20年弱で有人ロケットまで到達した理由の一つに、失敗をおそれず、実際に造って試すことを重視したことが挙げられる。

<ギャレット・リースマン氏のインタビュー(スペースX顧問、元NASA宇宙飛行士)>

- ✓ スペースXでは、机上で何年も考え込んで素晴らしい設計図を描くことよりも、実際に造って試してみ、描いた設計図が本当に機能するかどうかを試すことを優先。
- ✓ 設計の問題点をすべて修正し、また実際に試してみると、今度は別の問題が見える。これをスピーディーに繰り返すことで、どんどん成功に近づいていく。失敗を早く重ねることこそが、短期間で高い技術力を身につけられた一番の要因。
- ✓ コストも、実際にやってみて失敗したほうが安くつく場合が多い。失敗を恐れて実験をしなければ、もっと長い年月がかかる。高給で優秀な技術者を長期間、雇い続けなければならない。



2020.12.9の試験で爆発するスターシップ(ロイター)

日経新聞のインタビュー記事(2020.12.29)を要約

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOFK248FP0U0A221C2000000/>

"If things are not failing, you are not innovating enough"

「失敗していないとすれば、イノベーションを起こしていないということだ」(イーロン・マスク) 27

日本の防災にはコンステレーションが必要

- 防災に必要な衛星の性能(防災科研ヒアリング等から)

- 発災後、12時間程度以内で最初の情報が欲しい
 - どこに注目すべきかを「探索」する画像
- その後、継続的に数時間間隔での情報が必要
 - 特定の地域のその後を高分解能で「監視」する画像
- 雲や夜でも撮像可能な全天候型・昼夜観測必要



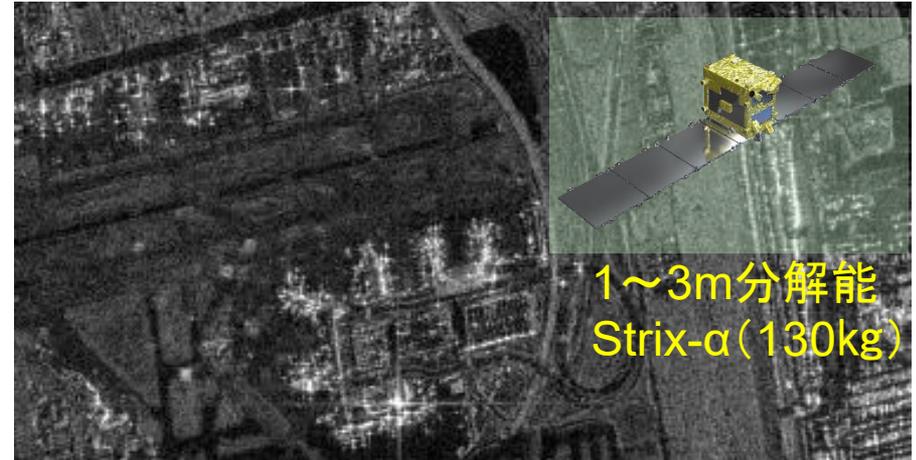
- ALOS-4の幅200km観測は魅力的だが、1機だけでは12～36時間間隔が精一杯(場所によっては36時間かかる)。
 - 高時間分解能にするには数機以上必要。コストが見合わない。
- コンステレーションで頻繁な観測をする必要。例として
 - 「探索」は国の複数の中大型衛星＋民間小型コンステ
 - 「監視」は民間の小型コンステの画像を政府が購入・利用

日本でも小型コンステ・ベンチャー登場



2.5m分解能
GRUS (90kg)

Axelspace社は5機の光学衛星コンステ運用中。小型コンステで世界中1日1回の撮像を目指す



1~3m分解能
Strix-α (130kg)

Synspective社はSAR衛星による数時間に一回の観測を目指す(現在1機運用中)

○課題はスピード

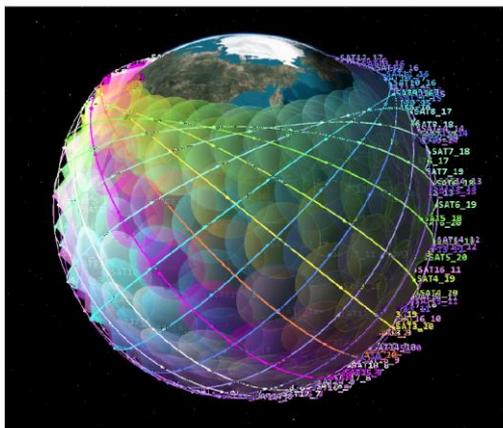
- アメリカは政府が一定額購入(アンカーテナンシー)により特定企業の成長を後押し。それを目指して米に小型コンステ・ベンチャーが集結中
 - 数十機~100機レベルのコンステに5年内に成長
 - 多数機の生産・運用により、技術の革新・進歩が極めて速い(安全保障でも必要)
- 民間の小型コンステ企業の成長を支援し、防災・安保などの利用で政府がアンカーテナンシーをしないと世界に取り残される
 - 政府が利用を確約することで、民間企業の投資が進む。そのエコシステムを
 - コンステ・ベンチャの技術・人材育成を支える大学衛星への戦略投資必要

光通信の重要性が急激に増大

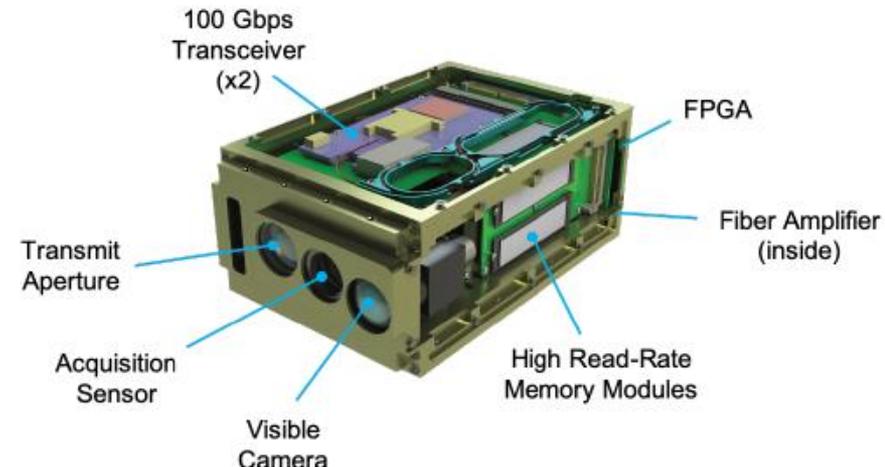
- RFにおいては周波数資源のひっ迫が深刻(地球観測衛星は厳しい状況)
- 必要通信容量の増大: 小型コンステ(地球観測衛星)には省電力での大容量通信が極めて重要
- 低軌道衛星から衛星経由で地上局に下すことで遅延(latency)は最小に
- 情報の漏洩を最小化: **量子暗号通信**による秘匿化できることもメリット
- 米国防総省でも光通信の利用を計画
 - **米国NDSA構想では、光通信を前提とする衛星通信網**を構築する計画。
 - 将来的な相互接続性を確保する等の観点などから、日米の技術協力分野として、双方とも関心。**インターオペラビリティ**重要

日本でもAxelspace
中心に小型光通信
技術とコンステ化の
研究開発が進む

Space-Xも
Starlinkへの適
用を検討



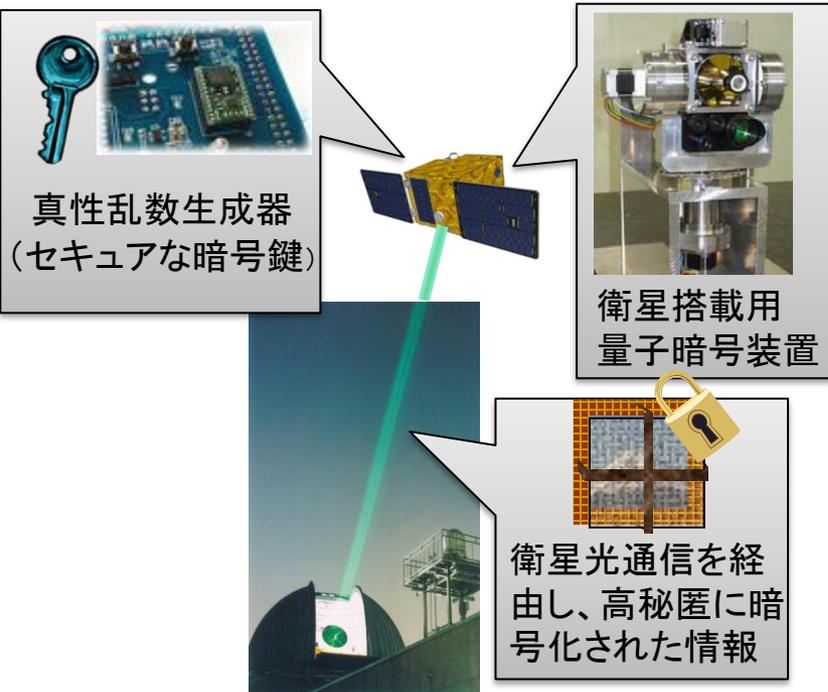
Axelspaceによる光通信の
メッシュネットワーク計画(10Gbpsから)



200Gbpsを目指すNASAのTBIRD光通信
(1W, 10x10x20cmの超小型モジュール³⁰)

量子暗号通信技術

- ◆量子暗号技術等を用いることにより、制御信号や重要データの機密性・完全性
- ◆大型の静止軌道衛星に加えて、超小型衛星コンステへの搭載に適した暗号技術の軽量化実装技術も必要。
- ◆量子暗号の鍵を電子署名や認証のほか、パスワード管理やセッション管理、アクセス制御などに用いることで、衛星通信システムの安全性を飛躍的に向上。



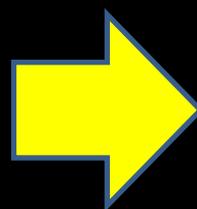
- ◆中国は、2016年8月、世界初の量子暗号通信衛星「Mozi(墨子)」を打上げ。2017年6月には、1,200km離れた2つの地上局に向けて衛星から量子もつれ配信を行う実験に世界で初めて成功。衛星を経由し、中国と欧州の地上局の間で、量子暗号鍵配送実験を実施
- ◆カナダ宇宙庁とウォータールー大学が衛星量子暗号プロジェクトQEYSSatを推進中。
- ◆オランダ応用科学研究機構が2022年頃に衛星量子暗号通信実験を計画。
- ◆NICTがSOTAでの量子通信の実験に成功(2017)

GEO(静止)とLEO(低軌道)衛星の違い

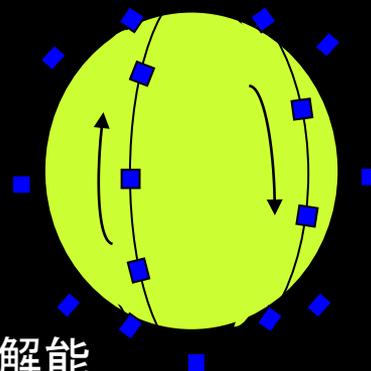
LEO (500-800km 高度)

リモセン衛星のほとんどはこれ

- 解像度0.3m – 30m
- 一周は96 -100分
- 同じ位置を1日ないし40日に一回観測可能(回帰周期)



LEO衛星は空間分解能はいいが、時間分解能(頻繁な観測)ができない。これを補うのが「機数」(コンステレーション)



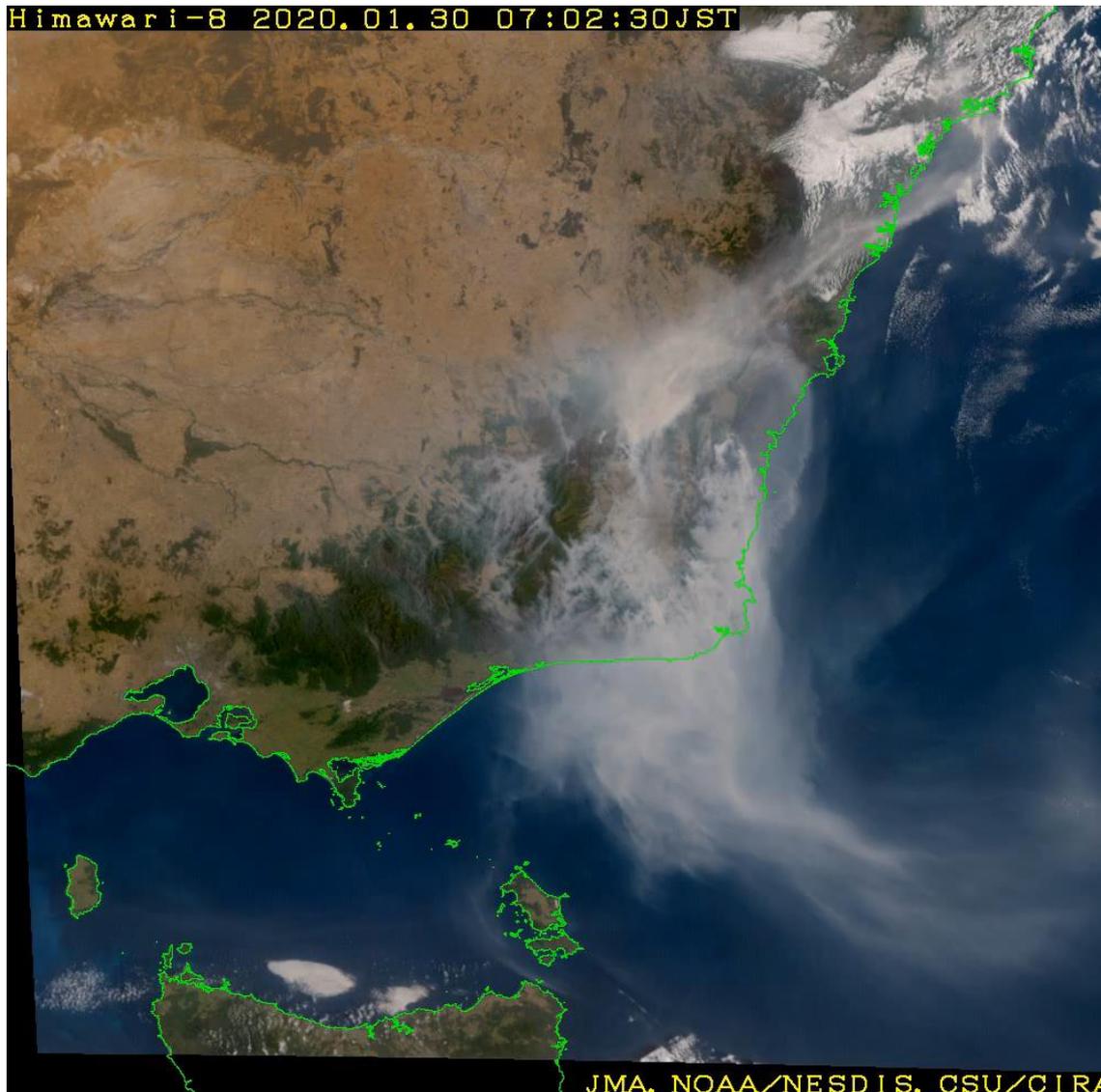
静止衛星の空間分解能を上げる方向性もあり



GEO (36000km高度)

- 分解能 18m – 2 km
- 同じ地域を見続けられる
- スキャンすることで数地域を短い周期で観測可能
- 地上とリンクは常に取れている

“ひまわり-8”による森林火災の監視 オーストラリア(2020年1月30日)



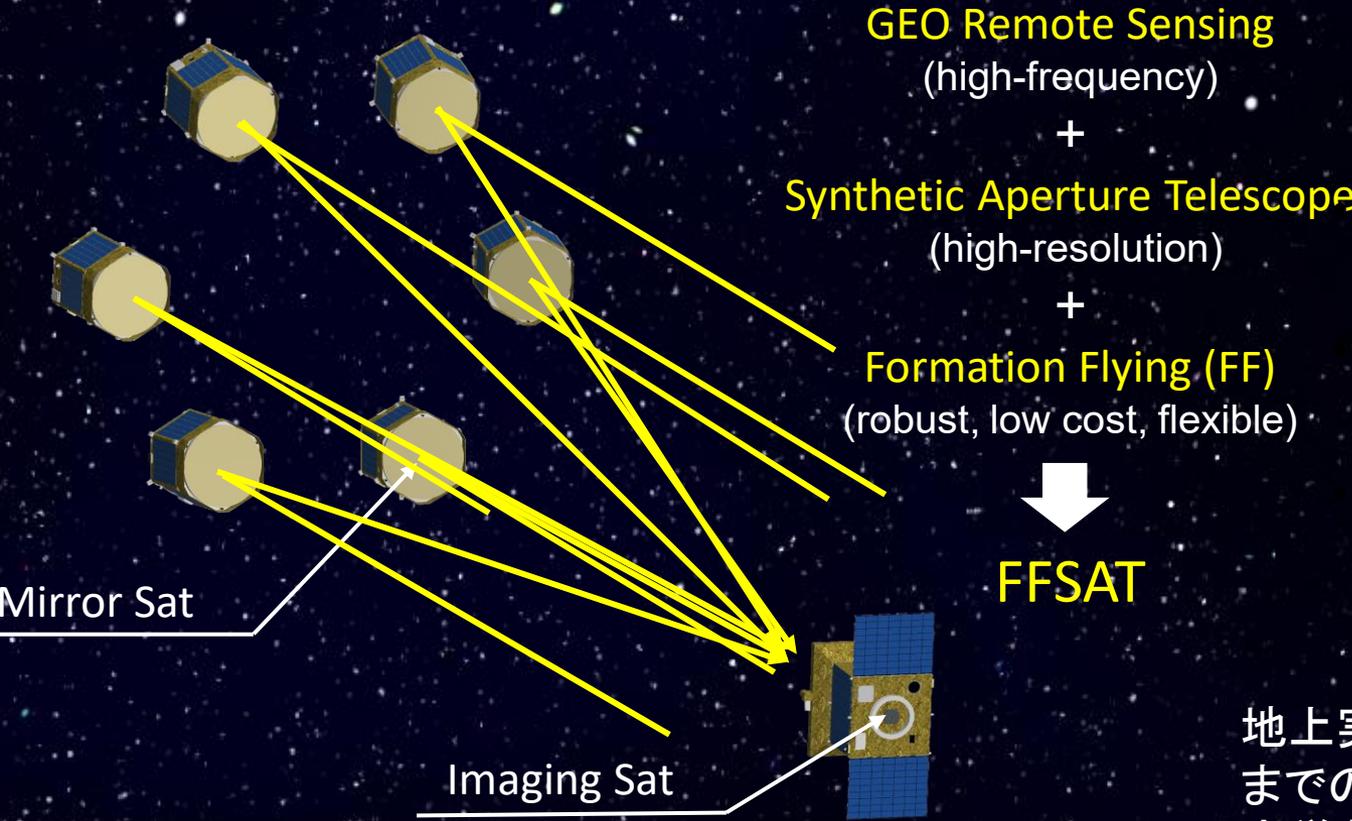
2.5分に1回の観測が可能
(ひまわりリクエストで)

空間分解能は数kmだが、
継続モニターが可能

宇宙の技術による
環境のモニター、
地球規模課題解決

静止軌道からの地球観測合成開口望遠鏡

< 静止軌道からの
地球観測のメリット >



- 時間分解能高い
(ひまわりは2.5~10分)
- 地上局と常にリンクが
取れている (即応性)
- 相対速度が小さいので
露光時間長くできる
- 完全な静止軌道でなく
ても準静止軌道でいい

地上実験とシミュレーションで μm までの精度は実証。あとは補償光学などで“ $\lambda/10$ ”レベルへ

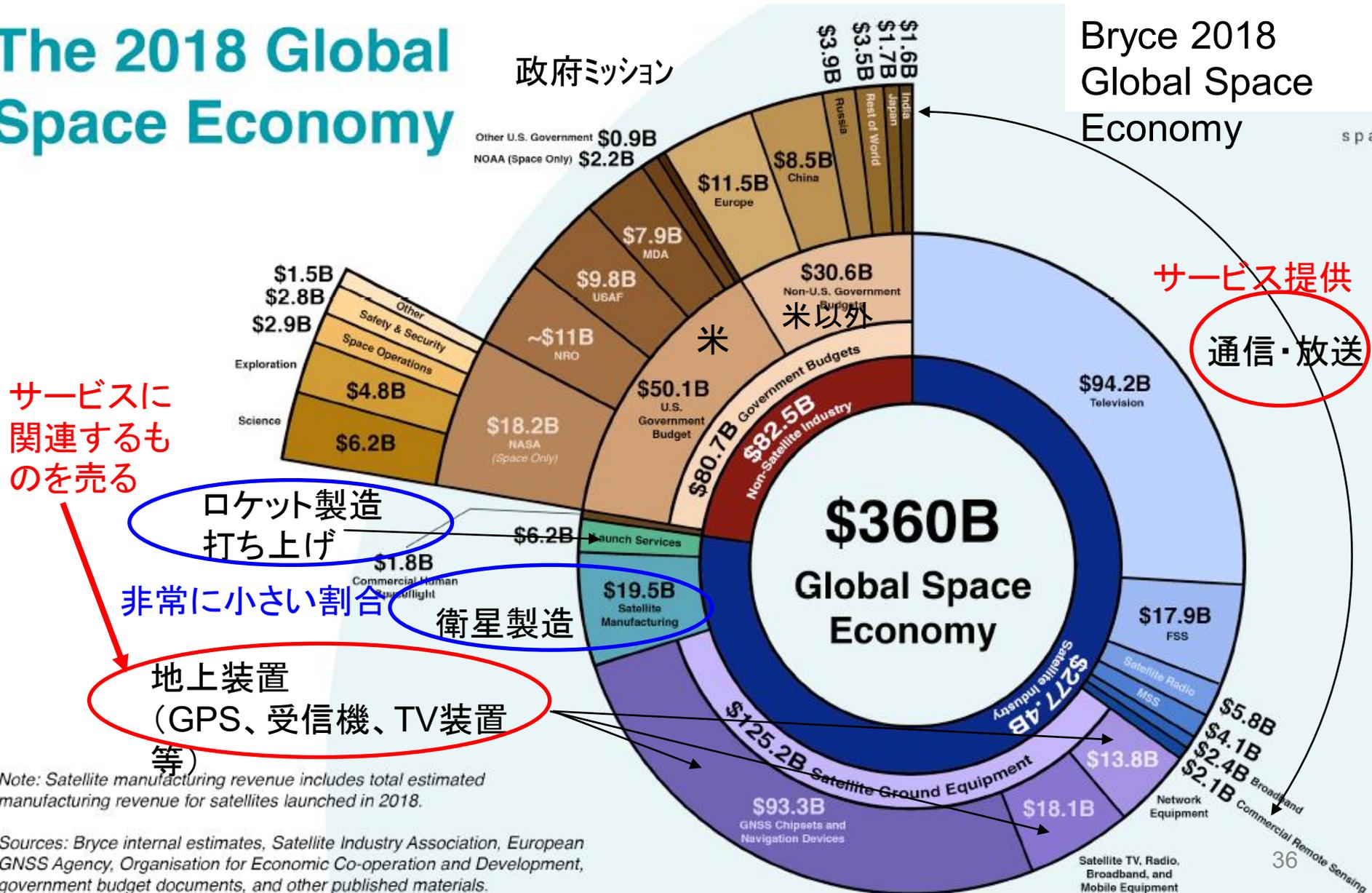
災害監視等、そこそこの空間分解能、超高時間分解能要求に応える

ベンチャー等による宇宙産業の 新しい潮流

世界の宇宙産業規模 40兆円(2018年当時)

The 2018 Global Space Economy

Bryce 2018
Global Space
Economy



宇宙関連産業でのベンチャーに向けた新たな動き（世界）

- 近年、世界各国において数多くの企業が宇宙関連事業に新規参入。
- 世界の宇宙系ベンチャー企業による投資額は年間8億ドルを超え（1000億円、2015年）、増加傾向。

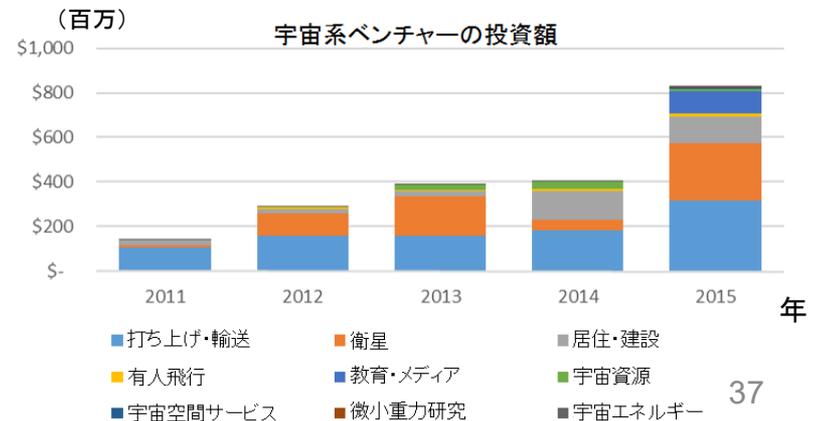
サービス	企業名	創業年	国	売上等
通信	SpaceX	2002	米国	-
	LuxSpace	2004	ルクセンブルク	-
	Aprize Satellite	2004	米国	-
	Innovative Data Services	2006	米国	-
	Gom Space	2007	デンマーク	-
	03b Networks	2007	オランダ	-
	exactEarth	2009	カナダ	約10M カナダドル以上
	Kymeta	2012	米国	-
	OneWeb	2012	英国	-
	リモセン	Skybox Imaging	2009	米国
Planet Labs		2010	米国	-
Dauria Aerospace		2011	ロシア	-
Spire		2012	米国	-
Omni Earth		2014	米国	-
打上げサービス	Blue Origin	2000	米国	-
	Garvey Spacecraft	2001	米国	-
	SpaceX（再掲）	2002	米国	約800M\$
	Masten Space Systems	2004	米国	約3M\$
	Rocket Lab	2007	NZ/米	-
	Stratolunch Systems	2011	米国	-
	Generation Orbit	2011	米国	約2M\$
	Swiss Space Systems	2012	スイス/米	-
	Firefly Space Systems	2014	米国	-
宇宙旅行 （軌道輸送・サブオービタル等）	XCOR Aerospace	2000	米国	-
	Virgin Galactic	2004	米国	約150M\$以上
	Booster Space Industries	2006	ベルギー	-
	SHIPinSPACE	2013	英国	-

サービス	企業名	創業年	国	売上等
惑星探査 （火星・月面・小惑星資源）	Shackleton Energy	2008	米国	-
	Astrobotic Technologies	2008	米国	-
	Moon Express	2010	米国	-
	Golden Spikes	2010	米国	-
	Planetary Resources	2010	米国	-
	Mars One	2011	オランダ	-
	Deep Space Industries	2013	米国	-
	Inspiration Mars	2013	米国	-
	気象	Geo Optics	2005	米国
Geo Met Watch		2008	米国	-
PlanetiQ		2012	米国	-
ISS利用	Nano Racks	2009	米国	約3M\$
	Urthe Cast	2011	カナダ	-
	Zero Gravities Solutions	2013	米国	-
宇宙服	Orbital Outfitter	2006	米国	-
	Final Frontier Design	2010	米国	-
打上げ仲介	Earth 2 Orbit	2008	インド	-
	Nova Nano	2009	フランス	-
	Space Flight	2010	米国	約0.2M\$
	ECM Space Technologies	2010	ドイツ	-

表は、内閣府『宇宙ベンチャー企業による宇宙利用拡大に関する動向調査 報告書』（2015年3月）のデータを元に編集したもの。売上げについては、2013年又は2014年のもの。数字はウェブサイト等公開情報による。

グラフ出典：Space Angels Networkウェブサイト

宇宙×ICT懇談会資料より(2017年)



米国のベンチャー企業の一部が世界を席巻

- ▶ 小型衛星、ロケット開発、衛星データ利用の他、資源探査や宇宙旅行など、様々な分野において、**民間の宇宙ビジネスが拡大**。

小型衛星の開発・運用



ロケット打上げ・宇宙船の開発・運用



再利用型ロケット



ファルコン・ヘビー 有人宇宙船 (クルードラゴン)

資源探査宇宙機の開発・運用



衛星データ利用



弾道飛行での宇宙旅行



※画像は各種企業HPより

2021年は「宇宙旅行元年」

- 2021年に米国で2社がサブオービタル飛行による商業宇宙旅行事業を開始。
- SpaceX社は民間人だけでの地球周回軌道の宇宙旅行ミッションを実施。

事業者名	Virgin Galactic	Blue Origin	Space X
到達高度	86km	107km	575km
滞在期間	数分間 無重力状態を体験	数分間 無重力状態を体験	3日間 地球を周回
打上げ形態	水平発射 (航空機から空中で分離)	垂直発射	垂直発射
飛行形態	サブオービタル飛行 (上昇後、滑空して着陸)	サブオービタル飛行 (上昇後、パラシュートで着陸)	地球周回軌道 (周回後、大気圏に再突入)
搭乗人数	6名：民間人4名 パイロット2名	4～6名：民間人のみ (オートパイロット)	4名：民間人のみ (オートパイロット)
実施日	21年7月11日 22年末商業運航開始を目標	21年7月20日 21年に有人飛行を3回実施	21年9月16日 22年にも宇宙旅行ミッションを計画



世界におけるロケットの低価格化

- 米国を中心に、ロケット打上げ事業にベンチャー企業が参入。価格競争力のあるロケットを開発し、低価格化をけん引。
- 政府は一定数の購入により支援(購入価格が政府と民相手で違う)

大型ロケット



米スペースX社

大型ロケットで衛星・有人船を打上げ。2021年の大型ロケット打上げ回数が世界一。

小型ロケット



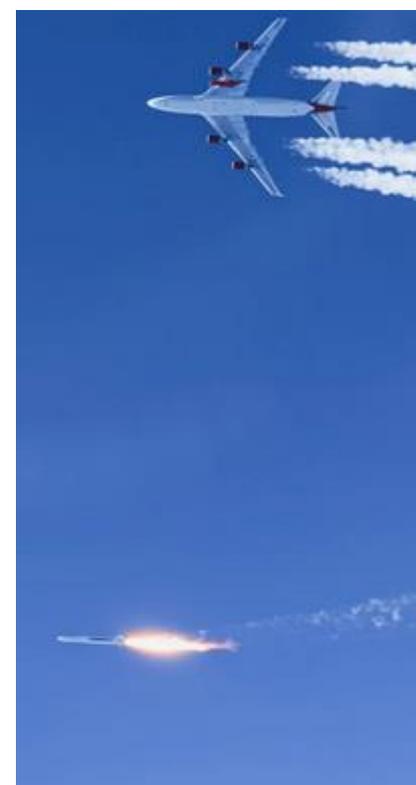
米ロケットラボ社

小型ロケットで小型衛星を打上げ。2021年の小型ロケット打上げ回数が世界一。



米アストラ社

小型ロケットで小型衛星を打上げ。2021年に初成功。



米ヴァージンオービット社

航空機から小型ロケットを発射。大分空港への就航を計画。

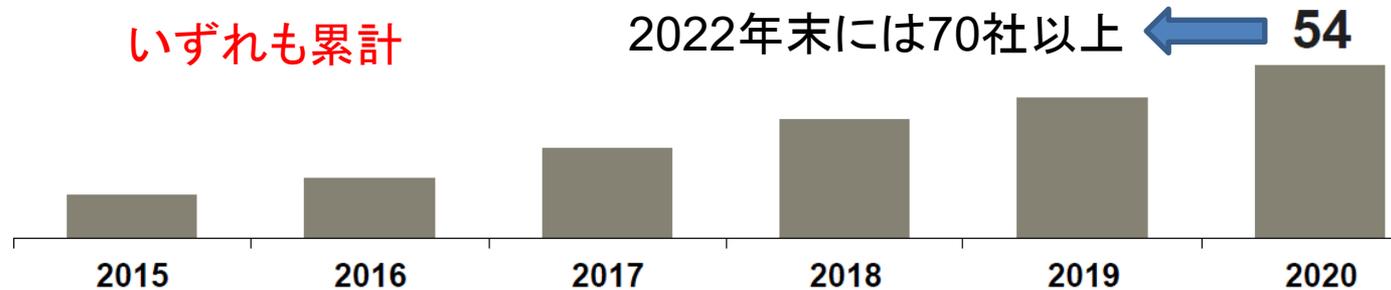


低軌道に150kg衛星を打ち上げる「カイロス」 @スペースワン

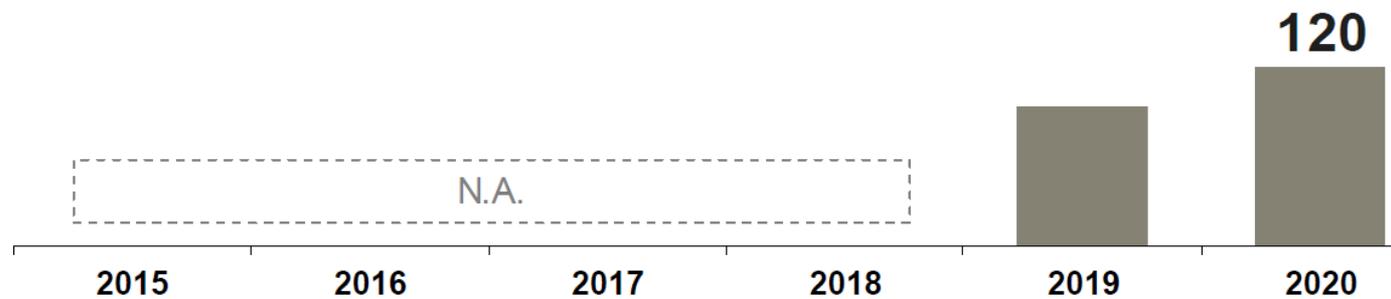
日本のロケットベンチャー「スペースワン社」と
日本初の民間射場:「スペースポート紀伊」

日本におけるスタートアップ企業と そこへの投資の増大

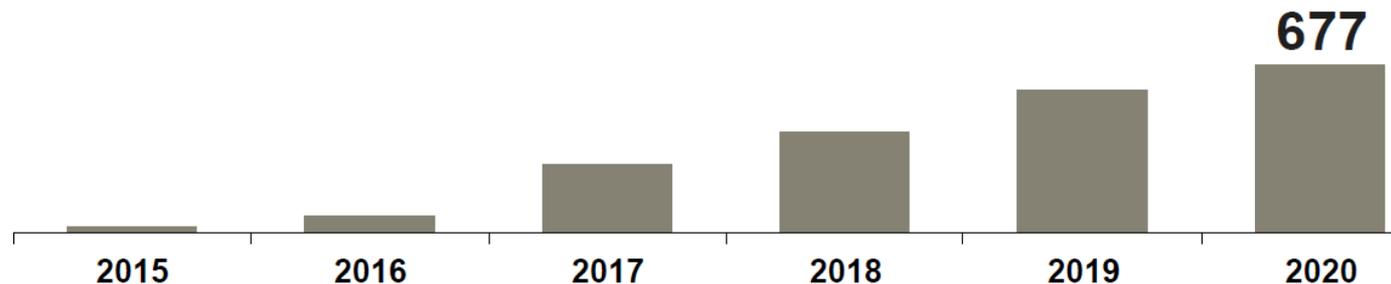
スタートアップ
企業 (社)



投資家 (社)



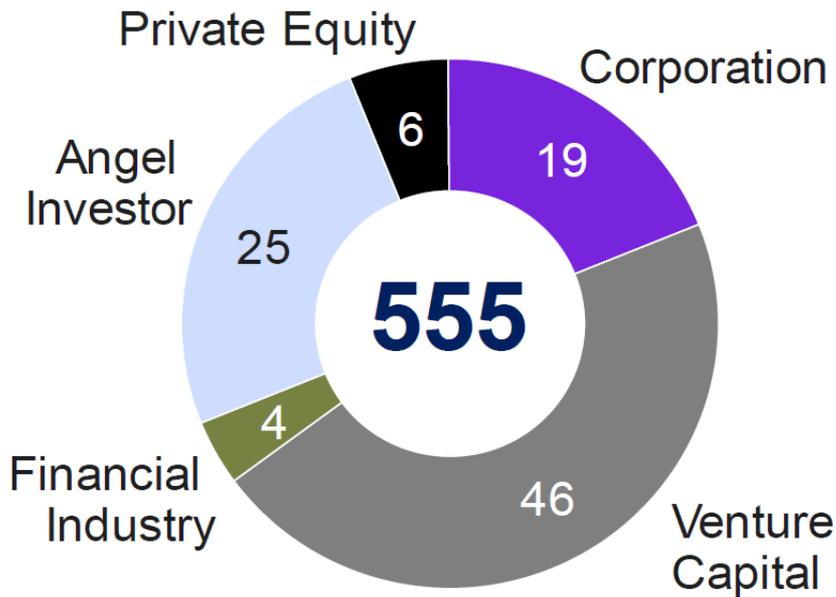
投資額 (億円)



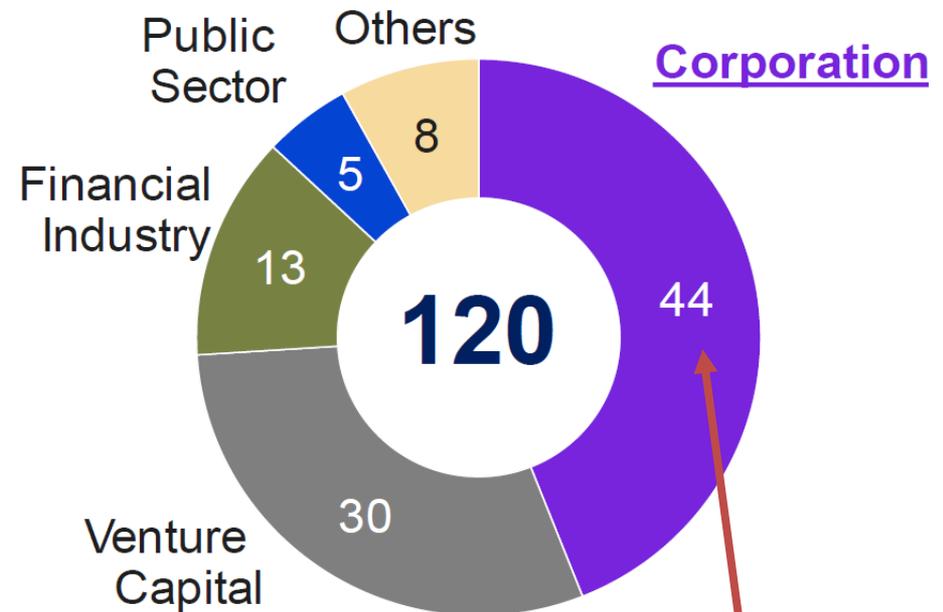
近年は年平均200億円程度の投資(2021年は360億円)

世界と日本のベンチャーへの投資元の違い

Global Investors Breakdown
(2000-17)



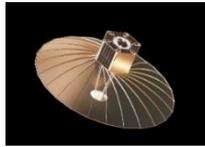
Japanese Investors Breakdown
(2014-20)



日本では、異業種の大企業からの投資が大きい(IT、航空、車、通信、建設、食品など)

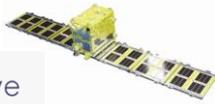
国内にも宇宙ベンチャーが増えつつある

小型SAR衛星開発・画像販売



QPS研究所

九州大学での技術を中心に、九州に宇宙産業を根差すべく2005年設立。現在約20社が衛星開発に協力。合成開口レーダー(SAR)を搭載した小型衛星の開発、製造、観測データの販売を行う。2019年に初号機打上げ成功。36機の衛星コンステレーションの整備を目指す。



シンスペクティブ

2018年設立。合成開口レーダー(SAR)を搭載した小型衛星の開発、製造、観測データの販売、ソリューションの提供を目指す。2021年2月、日本の民間初の小型SAR画像の取得に成功。

小型光学衛星開発・画像販売



アクセルスペース

2008年設立。低コスト・短期に超小型衛星の開発・製造から運用まで行う。2023年までに10機の光学衛星を打ち上げ、毎日地球全体を観測し、データを解析して提供するプラットフォームサービスを構築。2019年5月末よりサービス開始。2021年3月に新たに4機打上、6月より5機体制のサービスを開始。

スペースデブリ除去



アストロスケール

2013年設立。スペースデブリを除去し、宇宙機の安全航行確保を目指す。2021年3月に世界初のデブリ除去技術実証衛星打上げ。

小型衛星用ロケット



インターステラテクノロジズ

2013年設立。低コストで打上げ可能な小型の液体燃料ロケットを開発中。2019年5月に観測ロケットの打上げに初成功。民間企業単独で開発・製造したロケットの宇宙空間到達は国内初。2021年7月にもMOMO6号機、7号機の打上げに成功。



スペースワン

キャノン電子やIHIEアロスペース等により2018年に発足した小型ロケット開発会社。和歌山県串本町に民間企業が建設する日本初の小型ロケット打上げ射場を建設し、2022年末までの運用開始を目指す。

国内にも宇宙ベンチャーが増えつつある

宇宙旅行

次の2社が、高度100km程度の宇宙空間まで飛行できる、航空機型の再利用可能な有人宇宙輸送機を開発中。

PDIアース



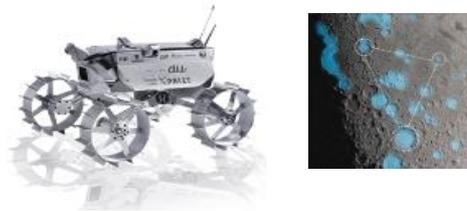
2007年設立。
2026年以降に有人宇宙飛行を目指す

SPACE WALKER



2017年設立。
2027年に小型人工衛星の打上げ、
2030年に有人宇宙飛行を目指す。

宇宙資源開発



ispace

2013年設立。「Google Lunar XPRIZE」(月面無人探査レース)に参加していた日本の民間発の月面探査チーム「HAKUTO」を運営。

2022年に月面探査ミッション実施を目指す。

宇宙ロボット



GITAI Japan

2016年設立。安価で安全な労働力を提供するため宇宙ロボットを開発。

2021年ISS船内でロボットアームによる汎用作業遂行技術実証を実施。

衛星通信



インフォステラ

2016年設立。衛星と通信する地上局の稼働時間がごく短時間であることから、地上局アンテナをシェアリングするサービスを提供している。

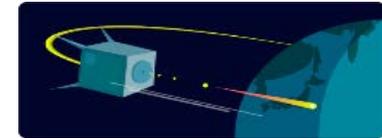
宇宙商社



2017年設立の宇宙商社。衛星打上げサービス、宇宙空間での実験サービス、宇宙飛行士訓練方法を活用した教育事業等、幅広い事業を国内外で展開。

2019年12月には、H3ロケットの相乗り打上げサービス提供事業者として選定されている。

人工流れ星・気象



ALE

2011年設立。世界初の人工衛星による人工流れ星の実現を目指し、技術実証中(2019年に2機の衛星を打上げるも未達)。また、人工衛星のデブリ化防止装置も開発中。

将来の宇宙輸送系低コスト化は大量輸送のP2Pと合わせて

・ P2P大陸間高速輸送(地球上の2地点間を2時間以内に結ぶ)

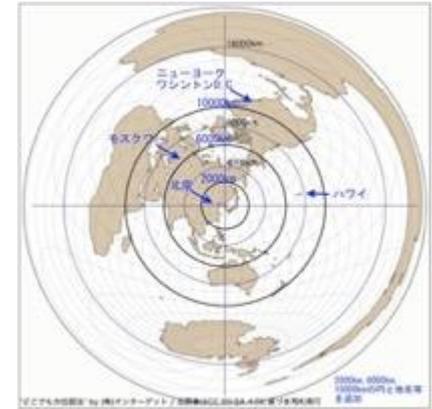
10時間以上の航路の航空旅客数=1.5億人/年

この内1~10%の旅客が高速輸送を選択=百万から千万人が利用/年

切符一枚ファーストクラス並み=1~200万円

年間売り上げ=1兆~20兆円規模の市場

<http://www.thespacereview.com/article/3680/1>



主要大都市間を1~2時間以内で飛行

- ・ 一般大衆の宇宙旅行にも適用(国内1.3兆円/年)
- ・ 安価になった輸送系で政府の宇宙輸送を実施

日本の輸送コミュニティでの2年間の検討会を経て、P2Pビジネスを生むための機運醸成などを旨とする

「一般社団法人宇宙旅客輸送推進協議会」設立

- 日本の(航空機に代わる)基幹産業を目指す
- 民間からの莫大な資金調達必要性

輸送費の1/10以上の低コスト化により、太陽発電衛星などの新しい動きも誘発できる



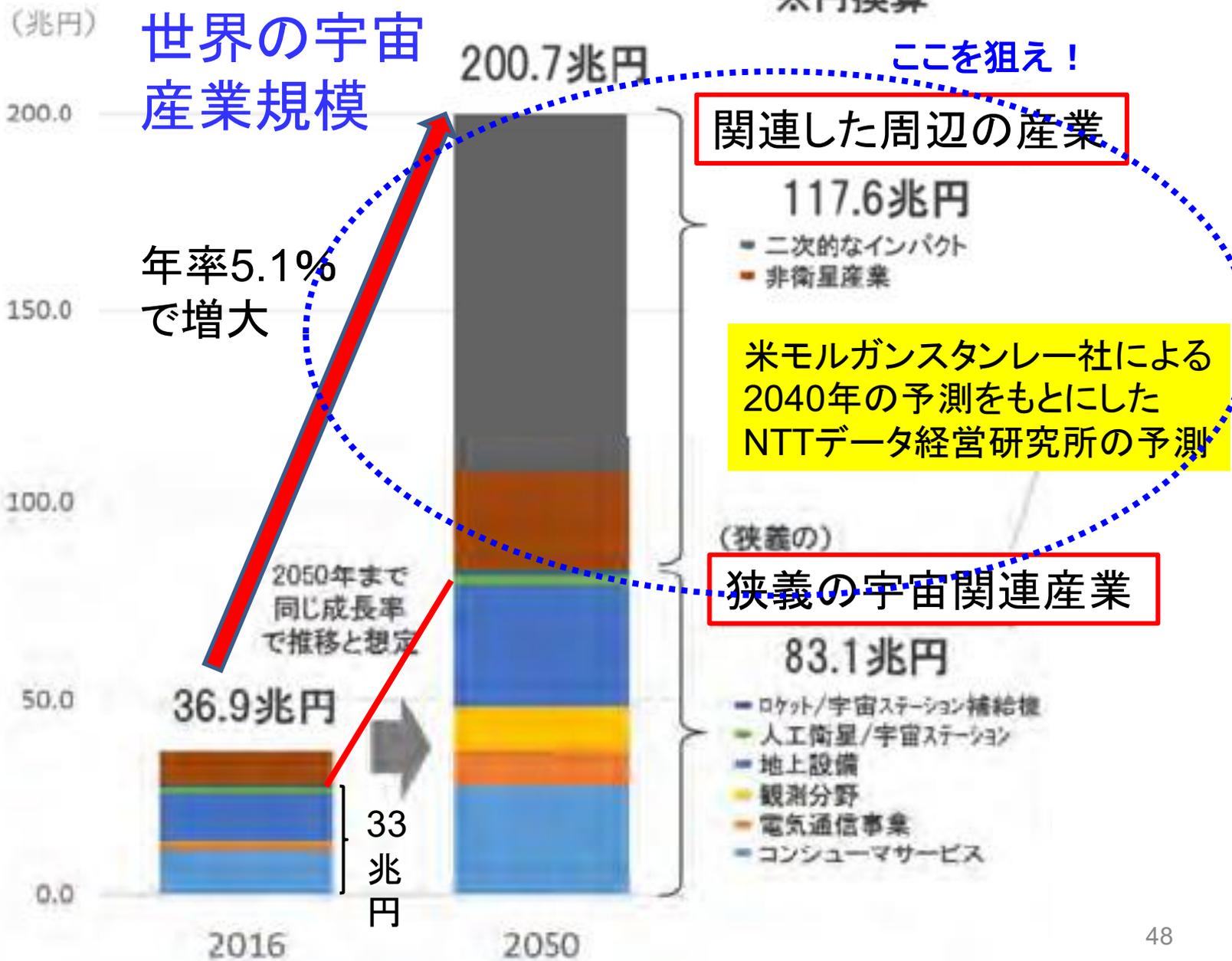
日本ロケット協会「宇宙旅行」のスタディから

それ以外の新しいビジネスの動き

- 社団: Space Foodsphere (宇宙での食、閉鎖系の食等)
- 社団: Space Port Japan (大分、大樹町、下地島、和歌山---)
- 宇宙ホテル、有人旅行 (サブオービタル、軌道上、月など)
- 地上での輸送を含めた宇宙の将来輸送系 (SLAなど)
- 軌道上サービス (デブリ除去、衛星延命サービス、軌道上修理、ASAT対策、等)
- 軌道上衛星製造 (3Dプリンター)、組み立て
- アルテミス計画に関連した月探査関連 (測位・通信、輸送、月での建設、エネルギー、越夜、ローバー...)
- 惑星上などの現地のものを使って作る技術 (燃料、エネルギー、建造物、機械、人間環境インフラ等)
- 安全保障ニーズ (SSA、警戒・監視、海洋監視等)

2050年における宇宙産業の市場規模予測(世界)

※円換算

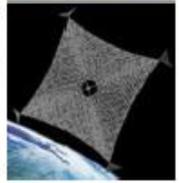
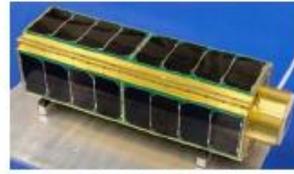
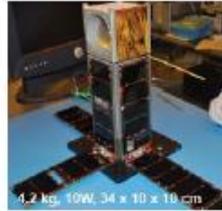
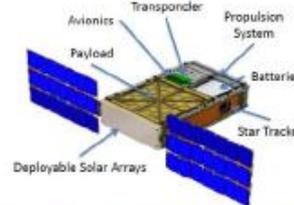
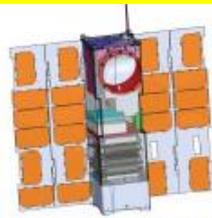


「宇宙×〇〇」の可能性

- 宇宙機器製造産業(ロケット・衛星)は割合は少ない
 - 世界的に寡占が進むと予測(大量生産で低コスト化)
 - 宇宙技術を利用してサービスするか、サービスする際に提供する機器が売れる
 - 画像+付加価値を販売、通信、高精度測位、広告
 - 気象関連、エンターテインメント、教育、宇宙旅行アレンジ
 - 宇宙との関連で、〇〇がより売れることをビジネス
 - GPSを入れることで携帯電話が売れる、ような組み合わせ
 - 精密農業の情報提供で、農機具・肥料などを売る
 - 宇宙と絡めることで食品・化粧品・衣料・宝石などを売る
 - 国内外旅行のコンサルティングを高精度測位を利用して
- 宇宙と農業/エンタメ/ブランディング・ストーリー作りなど

そのベースとしての 超小型衛星の技術と活用

世界で起こっている100kgまでの衛星による宇宙開発革命！



教育衛星(大学・高校)
OPUSAT(1U: 1kg)
XI-IV(1U: 1kg)

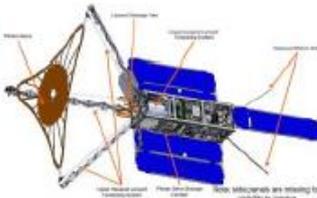
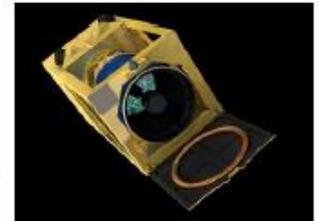
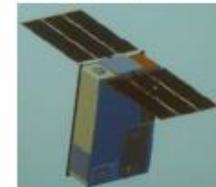
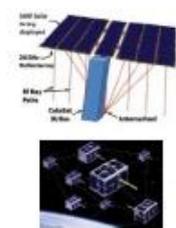
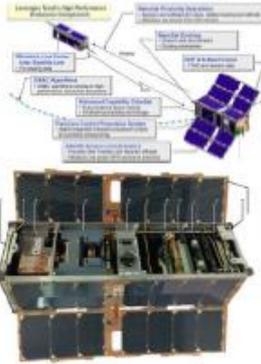
リモートセンシング
AeroCube(1.5U: 2kg)
Dove, Flock(3U: 4kg)

宇宙望遠鏡
AAReST

気象観測
MiRaTA(3U)
MicroMAS(3U)

バイオ実験衛星
BioSentinel計画案(6U)
SPORESAT(3U: 5.5kg)

Re-entry De-Orbit
再突入回収(3U)
Sunjammer



ランデブー
ドッキング衛星
INSPIRE(3U)

通信衛星(低速・高速・戦域)
高速通信・ISARA(3U)
低速通信・AISAT-1(6kg)

サイエンス衛星
RACE(3U)
FS-7(3U)

大気汚染観測衛星
(可視・近赤外)
NEMO-AM(15kg)

探査
LWaDi(6U)
CAT(3U)

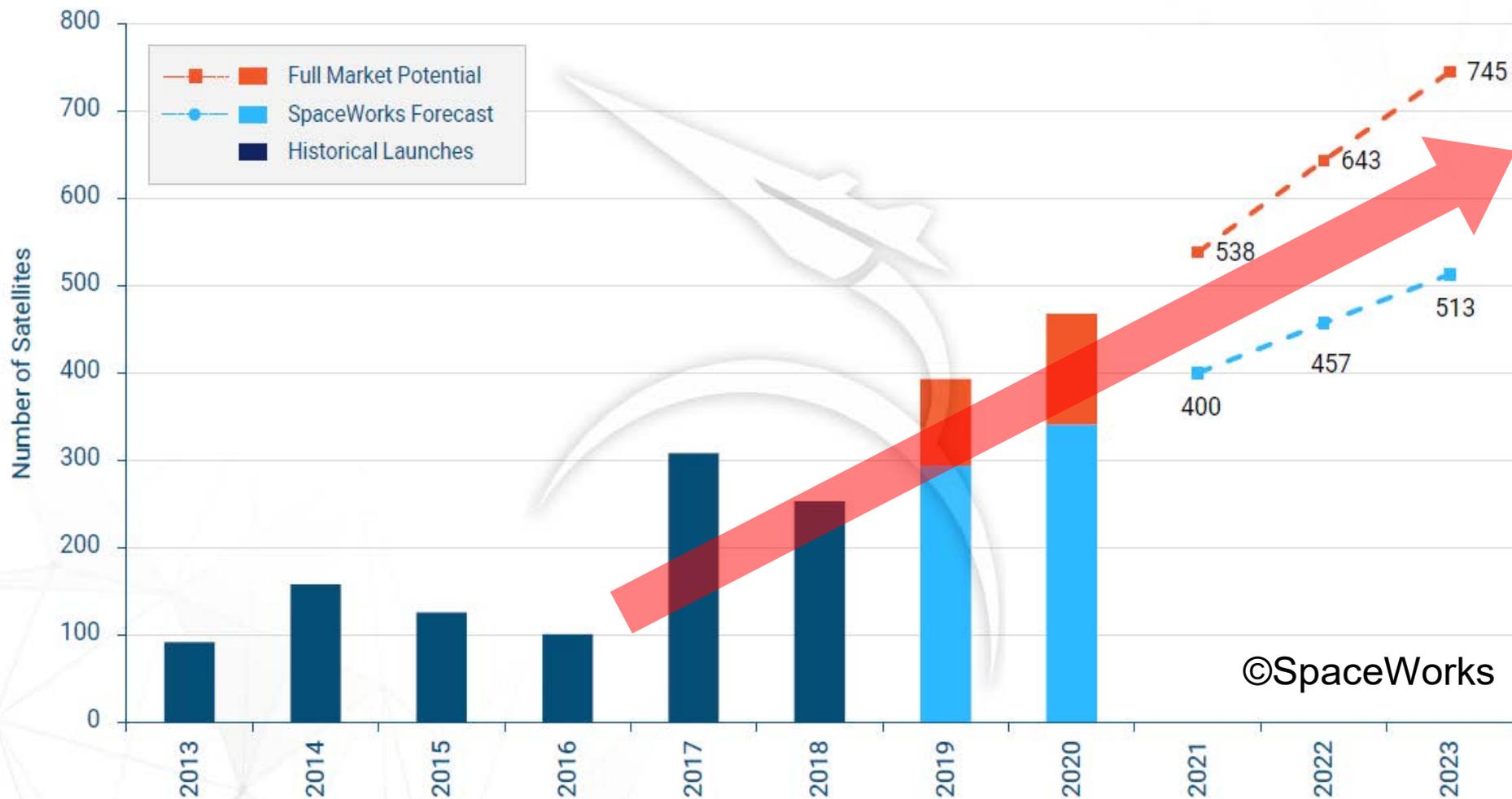
高分解能光学
SCOUT(50kg)
Skysat(120kg)

開発費: 数百億円 → 数千万から数億円、開発期間: 5年以上 → 1, 2年へ
大学・ベンチャーが中心。民間投資も集中、国もその重要性に気づき中大型の代替

超小型衛星による“Game Change”

- 超低コスト (100億円以上 → 数千万～5億円以下)
 - これまでにない新しいビジネス・利用法を生む
 - 新規宇宙プレーヤー参入 (企業, 県、研究所、新興国)
 - 教育ツールにも利用できる
 - 挑戦的ミッション・実験可能に (失敗の許容度増える)
- 短期のライフサイクル (5年以上 → 1～2年以下)
 - 大学学生が研究室内で1サイクルを経験できる
 - 繰り返しが可能 (プロジェクトではなくプログラム化可能)
 - 投資回収までの時間が短期化 (ビジネスには有効)
- 衛星システムがシンプルで透明 (部品点数少ない)
 - 設計、運用、トラブルシュートがしやすい
 - 開発メンバーは全体を見ながらサブシステムに集中

超小型衛星 (< 50kg) の数の拡大



EUROCONSULの調査では2019-28年の間に
500kg以下衛星が9935機打ち上げ予定(3900トン)

2003年 日本が超小型衛星の世界を拓いた

東大のCubeSat (1kg世界最小衛星) 世界に先駆けての打上げ運用成功 (2003.6.30)

秋葉原に
毎日買出し!

- 大学レベルの予算での開発
- 開発期間: 2年 部品費: 300万円
- 民生品でも19年半以上の寿命
- 地上局での運用、周波数取得、ロケット調達まで自前で実施
- 日本での55機以上の大学衛星開発のきっかけに

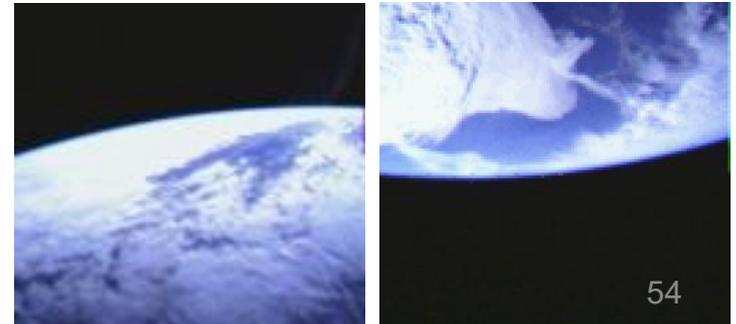


CubeSat XI-IV & XI-V



ロシアでの
打ち上げ

- できないと言われたので余計に努力
- 機器はすべて自前で作らざるを得ない
- 世界の超小型衛星革命のきっかけに



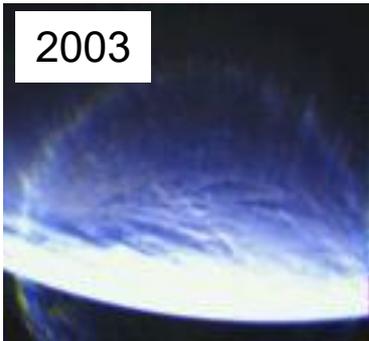
16年間の地球画像の変化

— XI-IV搭載のCMOSカメラ —

2018



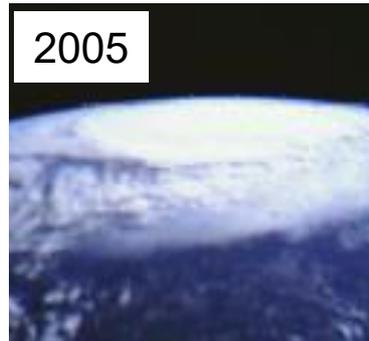
2003



2004



2005



2006



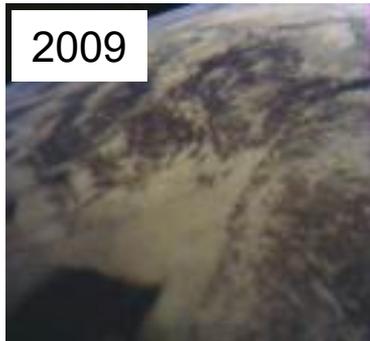
2007



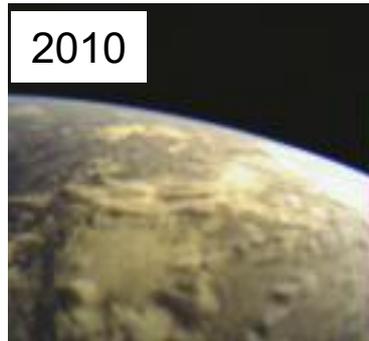
2008



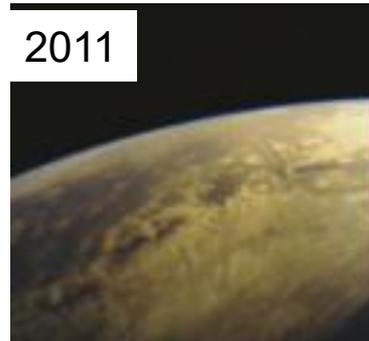
2009



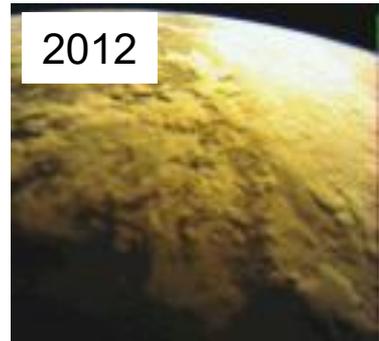
2010



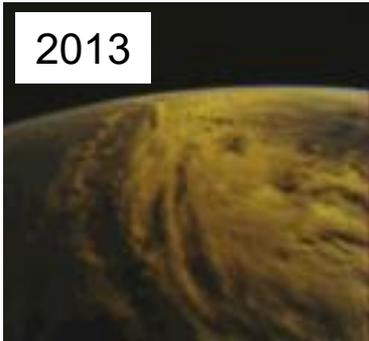
2011



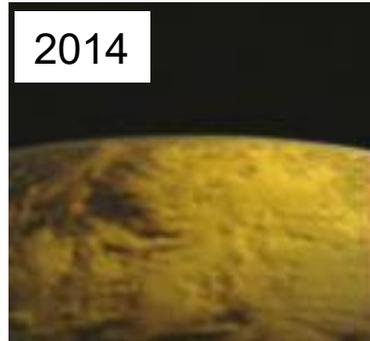
2012



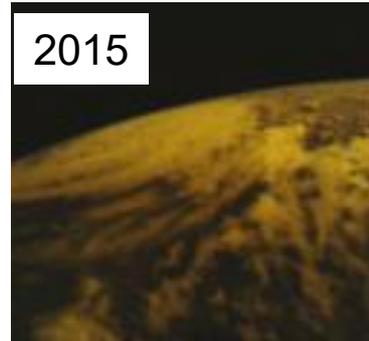
2013



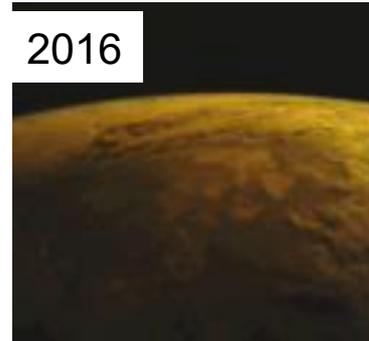
2014



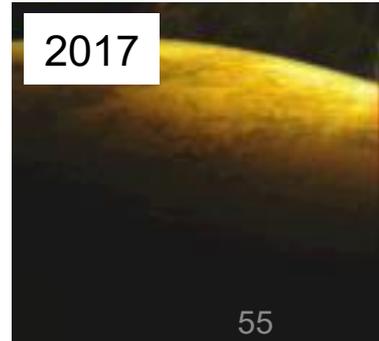
2015



2016



2017



Nakasuka, Funase Lab.

Intelligent Space Systems Laboratory
The University of Tokyo

15

2

Satellites Launched

Satellites will be launched soon

19

125

Years of In-orbit Satellite Operations

Students Graduated @2020

教育・実験

XI-IV (2003)
In operation (17 years)

XI-V (2005)
In operation (15 years)



海外教育支援

PRISM (2009)
In operation (11 years)

HODOYOSHI 1, 3, 4 (2014)
In operation (6 years) Collaborator: Axelspace, NESTRA

MicroDragon (2019)
In operation Collaborator: VNSC



宇宙科学

Nano-JASMINE
Awaiting launch
Collaborator: NAOJ



地球観測

TRICOM-1R (2018)
End of operation (0.5 years)
Collaborator: JAXA

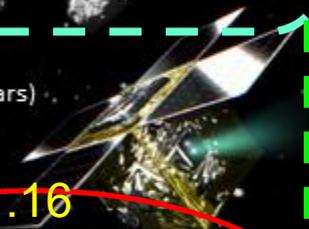
RWASAT-1 (2019)
In operation (1 years)
Collaborator: Rwanda



Strix-α (2020)
In operation
Collaborator: Synspecive



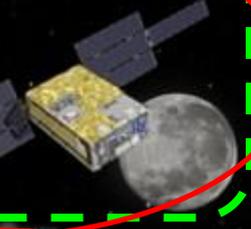
PROCYON (2014)
End of operation (3 years)
Collaborator: JAXA



宇宙探査

2022.11.16

EQUULEUS
will be launched in 2021
Collaborator: JAXA



技術実証

AQT-D (2019)
In operation (1 years)
Collaborator: UT-SPL

G-Satellite (2020)
In operation
Collaborator: TOCOG, JAXA



汎用6U

Next-Generation 6U CubeSat 2023.1.3
under development



エンターテインメント

CanSat・超小型衛星の教育的意義

- **宇宙開発プロセスの実践的教育・工学教育:**
 - 学生が衛星プロジェクトのすべて(ミッションの構想、シナリオ、設計、製作、試験、打ち上げ、運用)を経験する
 - *何が重要かを肌で知る!*
 - 何もないところから、アイデアを起こし、システムおよびその利用につなげるプロセスの重要性
 - 作ったものの現実世界からのフィードバックを得る(宇宙ではこれまで難しかった!)
- **学生によるマネジメント:**
 - プロジェクトマネージャー、実験主任は学生が行いマネジメントやチームワーク等の経験を得る
 - 4つの管理:時間、人間、コスト、そしてもう一つは?
 - 効果的な会議、ドキュメンテーションの試行錯誤的習得⁵⁷

高度なシステム工学の必要性

- 「非修理系」に対応するシステム工学
 - いったん打ち上げたら数年～15年は「触れない」
 - 地上と全く異なる宇宙環境、予期不能な状況も
- 多くのサブシステムがかかわる大規模複雑システム
 - 極めて多くの分野・人数がかかわる
 - 部品点数：車10万、中型衛星30万、ロケット70万点
- 多段階の開発ステップ：開発には人・時間がかかる！
 - BBM⇒EM⇒PFM 3, 4個のモデルの作成
 - レビュー会で逆流防止：MDR、PDR、CDR、LRR
 - 多くの宇宙環境試験の必要性

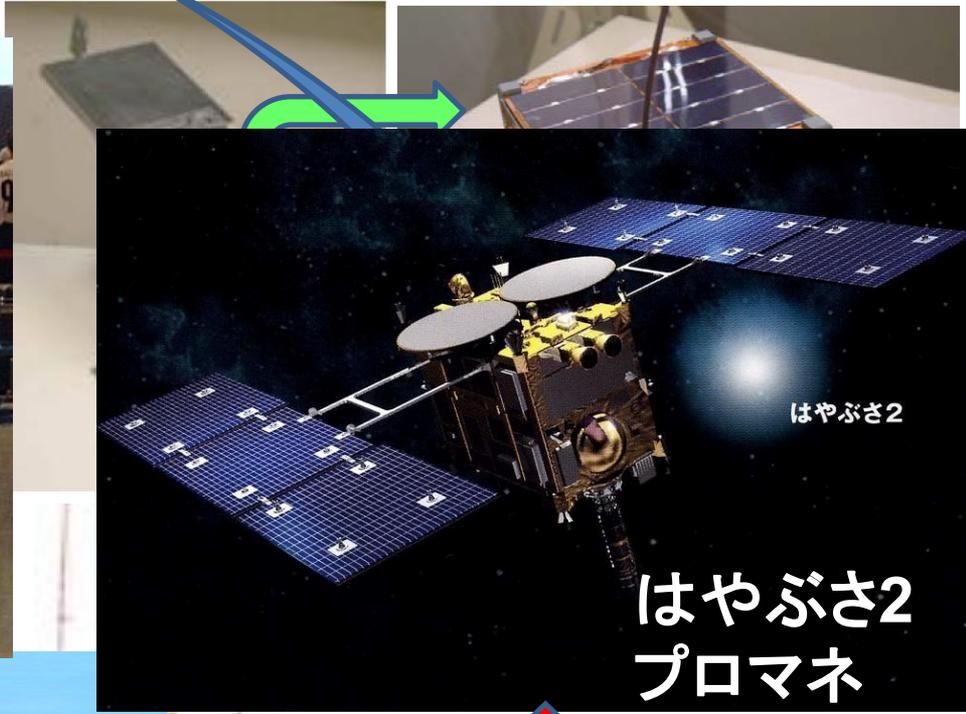
13年 世界初1kg衛星が作った人材



アクセルスペース社長

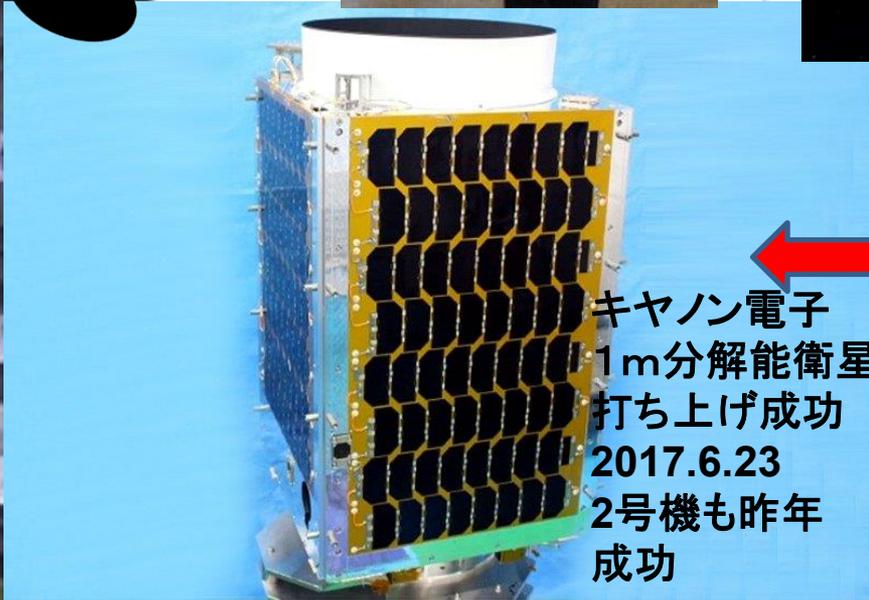


世界初50kg
深宇宙探査機



はやぶさ2

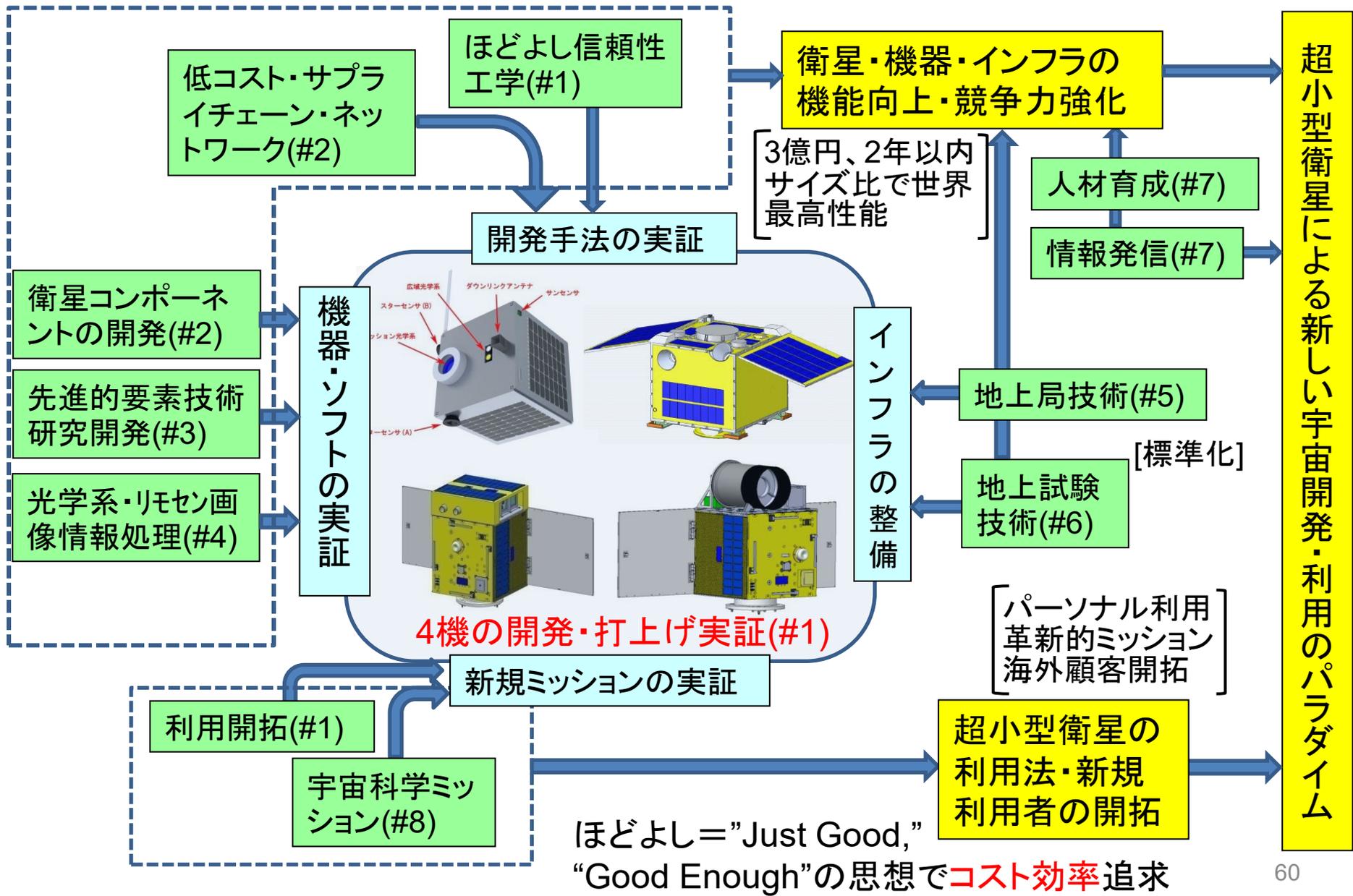
はやぶさ2
プロマネ



キヤノン電子
1m分解能衛星
打ち上げ成功
2017.6.23
2号機も昨年
成功

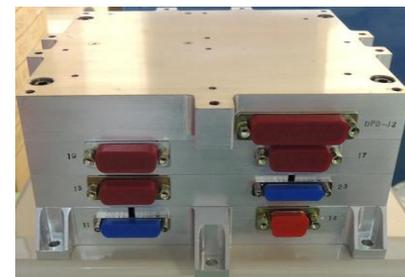


ほどよしプロジェクト(2010-2014)の全体像



国内にそろえた機器・要素技術リスト

- 放射線に強い超小型高機能オンボード計算機
- 再利用可能・開発容易なソフトウェアアーキテクチャ
- 2.5～200m分解能の小型高機能光学系(カメラ)
 - 50kg級衛星搭載用としては世界最高性能(2.5m)
 - 多数の小型高機能カメラのバスへの標準装備
- ミッション系の高速データ処理装置
- 高速(>100Mbps)少消費電力Xバンド送信機
- ストア&フォワード微弱電波受信機
- 超小型電気推進器(イオンエンジン)
- 超小型姿勢制御用機器
 - 光ファイバジャイロ、リアクションホイール、磁気トルカー
- デブリ化防止機構(膜展開方式)、など



- ほぼすべての機器が国内で手に入る状況に
- 177社のサプライチェーン: 継続して、「安いまま」に製造してくれる

「テーブルサット」



衛星インテグレーション途中

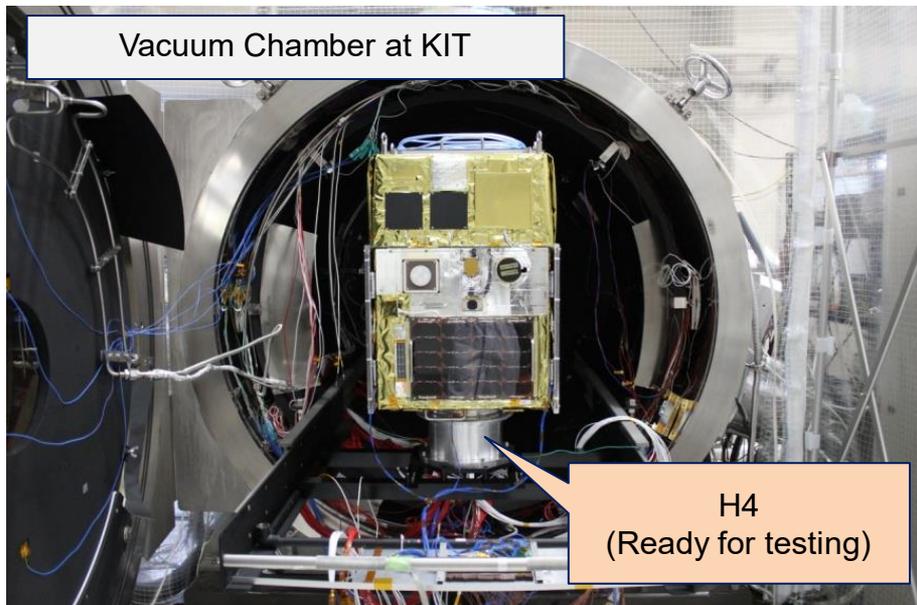


Inside View of Clean Room at Waseda University



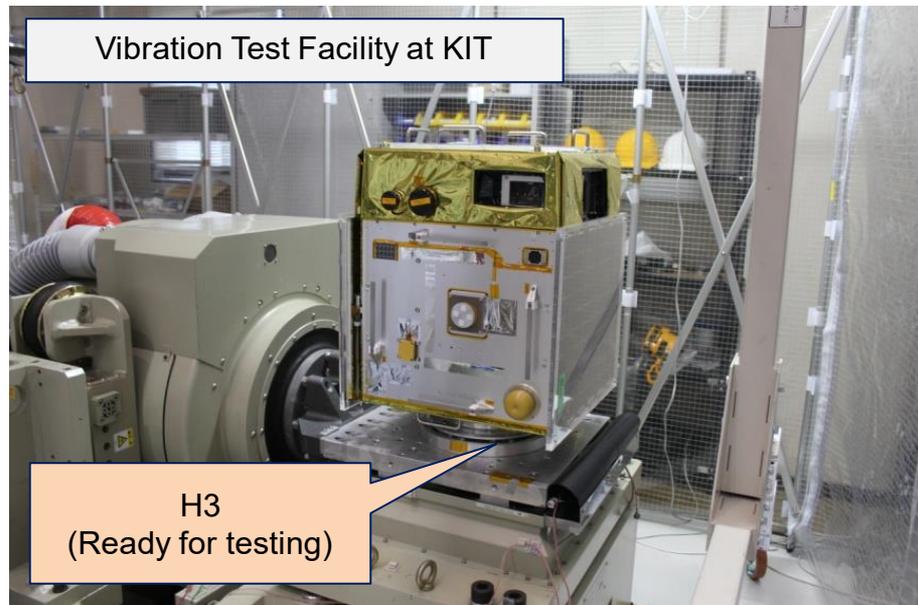
熱真空・振動試験(九州工大にて)

Vacuum Chamber at KIT



H4
(Ready for testing)

Vibration Test Facility at KIT



H3
(Ready for testing)





完成したほどよし3号(左)および4号のフライトモデル(FM⁶⁵)

Yasny基地でドニエプルロケットに搭載 2014.6.10



屋上のアンテナ経由 衛星運用室で電波受信

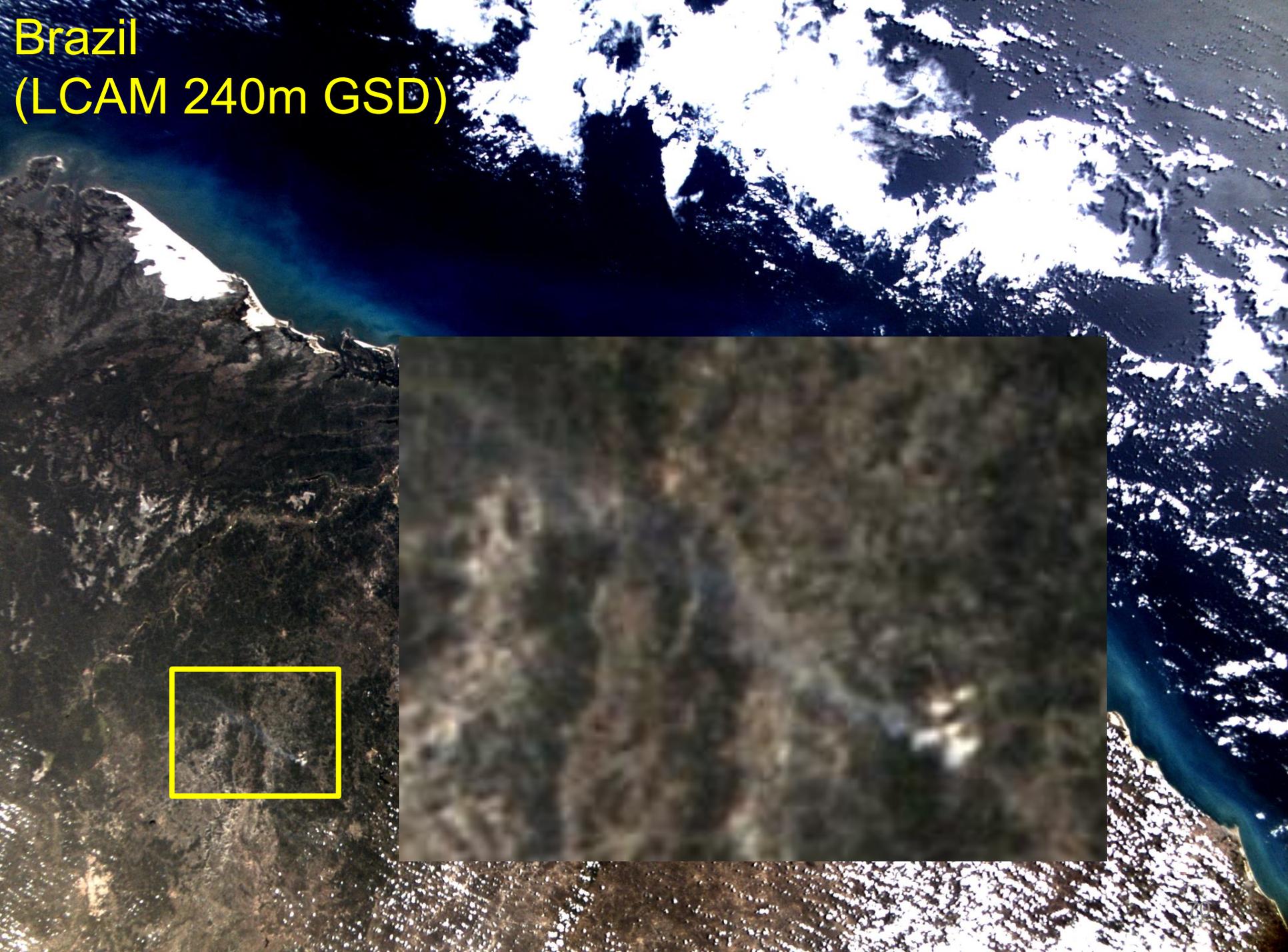


Wide Angle Camera





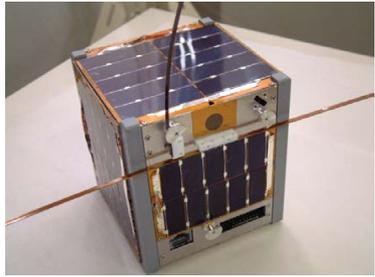
Brazil
(LCAM 240m GSD)



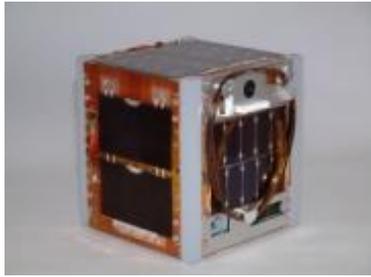


Chiba
(6m GSD)
71

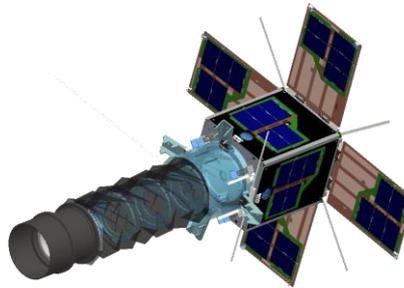
東京大学の超小型衛星プログラム(15機打ち上げ+4機開発中)



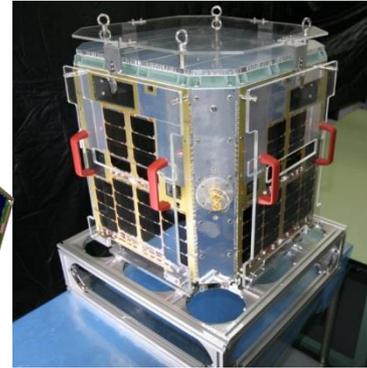
世界初の1kg衛星
成功 XI-IV(2003)



新規技術の宇宙
実証XI-V(2005)



8kgで30m分解能
PRISM(2009)

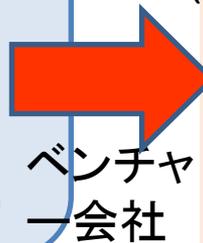


最先端の宇宙科学
Nano-JASMINE
(打上げ待ち)



世界初の超小型
深宇宙探査機
PROCYON(2014)

- ・宇宙・工学の教育目的からスタート
- ・実験をしながら、だんだん高機能に
- ・2010年「ほどよしプロジェクト」で
実用化、ビジネス化に挑戦、起業も



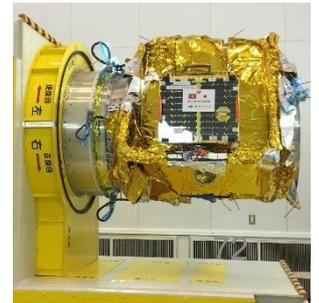
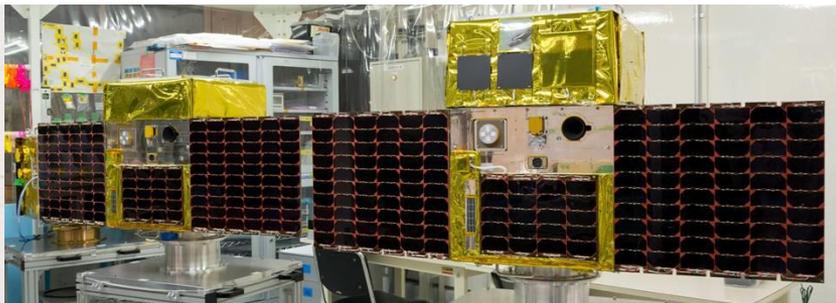
ベンチャー
—会社

- ・Axelspace (光学衛星)
- ・Synspective (SAR衛星)
- ・Arkedge Space (3U、6U)
- ・Infostellar (地上局)

エコシステム

60kg級の6m分解能リモセン衛星(3億円、2年で開発)
ほどよし1号 ほどよし3号および4号(2014年打上げ)

TRICOM-1R 通信(2018) MicroDragon
海外教育支援(2019)



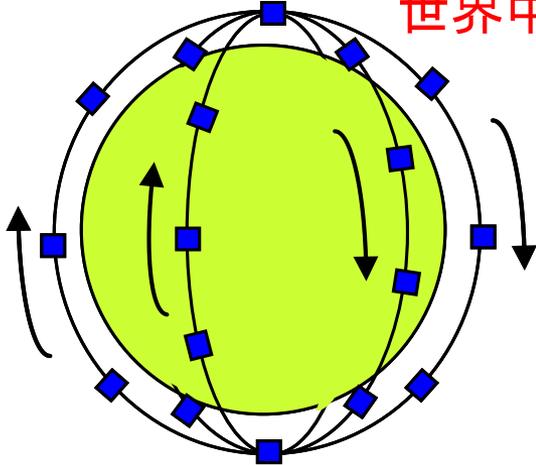
Dubai (6.7mGSD)



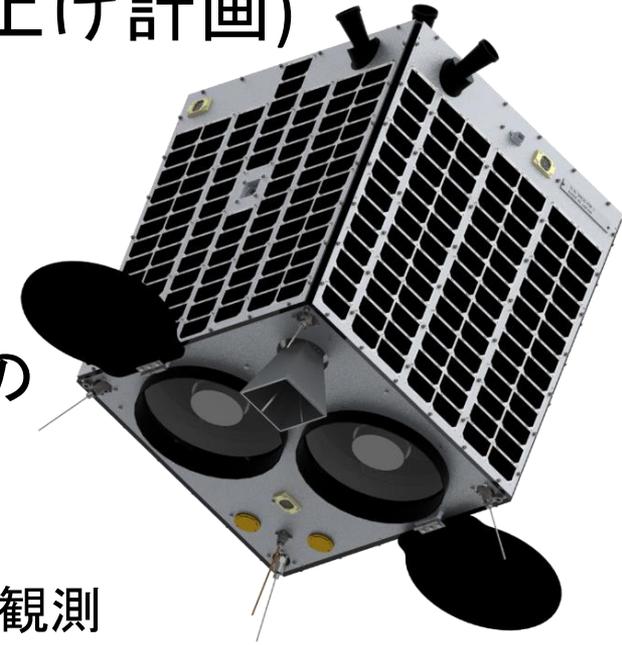
光学衛星スタートアップ “Axelspace”

- GRUS (10-20 衛星を202Xまでに打ち上げ計画)

世界中の陸地を1日一回観測



2.5m
分解能の
GRUS



“AXELGLOBE” 多数衛星による頻繁な観測

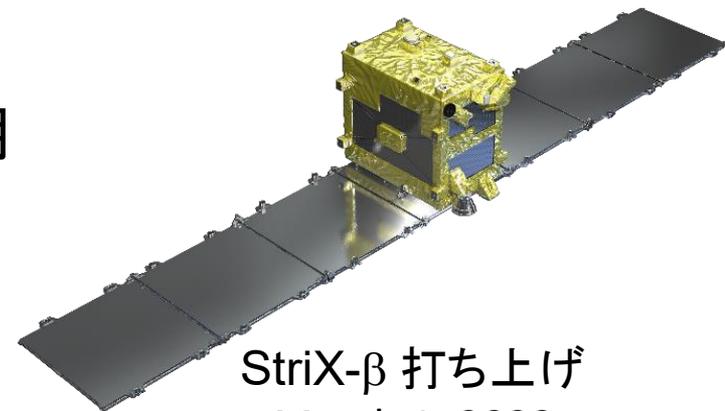
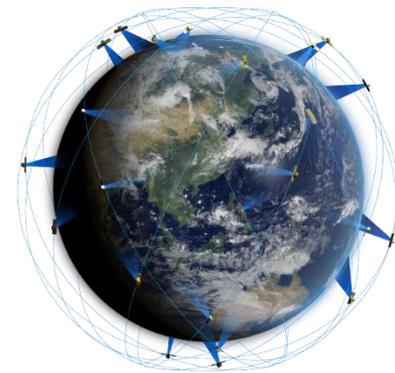


追加4衛星打ち上げ
3月22日, 2021年



SAR 衛星スタートアップ “Synspective”

- 20-30衛星のコンステレーションを 2025-26年までに
- 初号機 “StriX-α” が2020年12月15日打ち上げ
 - 3m 分解能
 - 140kg, 70cm立方の衛星サイズ
- 衛星バスは東大が開発
 - ほどよしプロジェクトの成果を最大利用

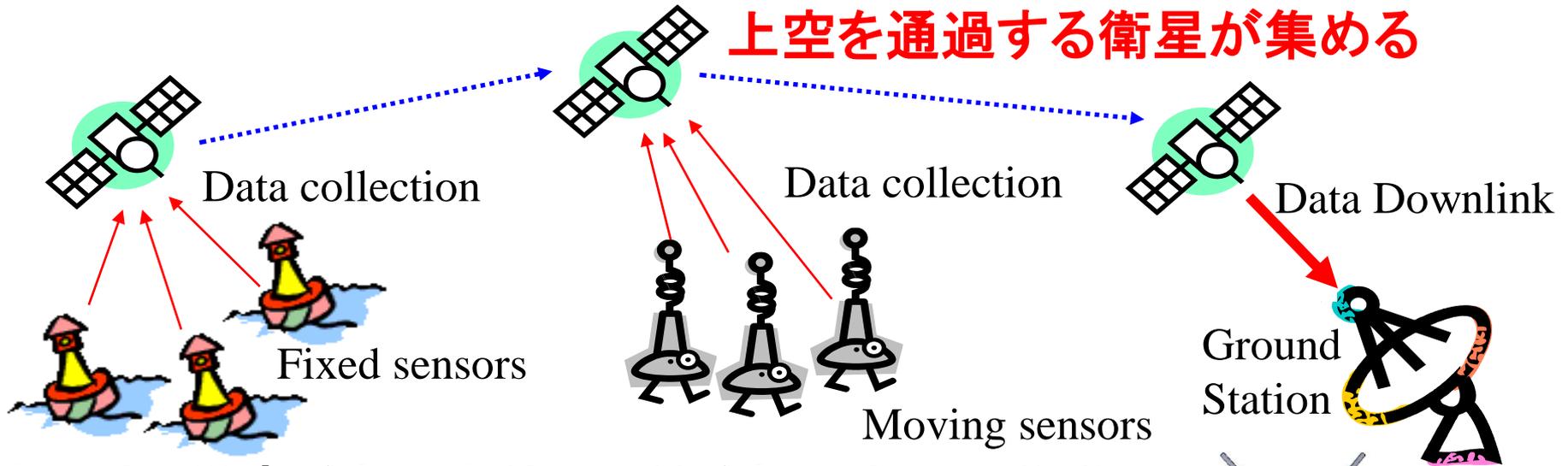


StriX-β 打ち上げ
March 1, 2022
StriX-1 (実用初号機)
打ち上げ
September 16, 2022



初号機 StriX-αの最初の画像
2021/2/8 Noon (JST)
南フロリダの空港

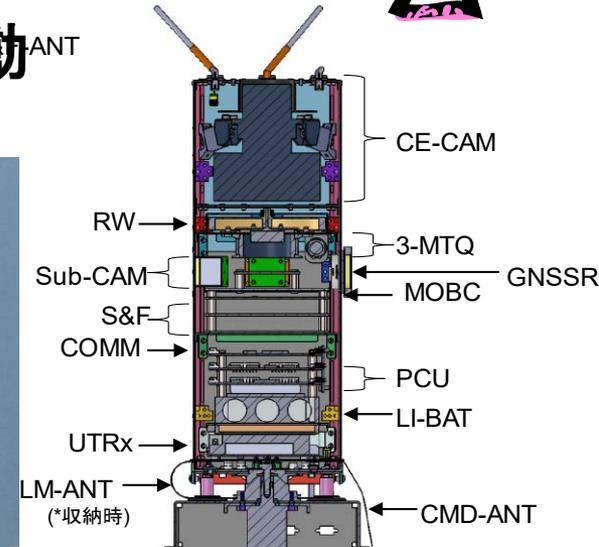
“Store & Forward” 地上からの情報取得



応用先: 災害監視、水位・水質監視、地面の移動^{ANT}の監視、PH、土壌水分量、など



300bpsにすることで
8-130mWの送信成功
(日本十数か国での実験
に成功。Mobile関連企業
も実験に参加)



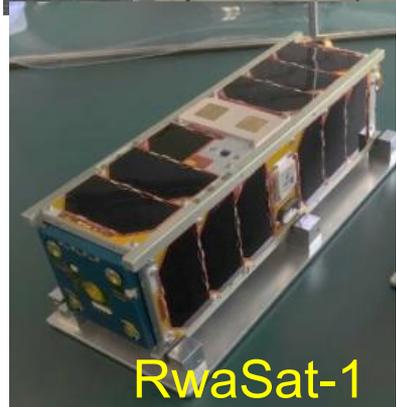
3kg TRICOM-1R

Rwandaと3UのCubeSat開発連携協定 (Transform Africa Summit 2018/5)



Arkedge Space 創立

打上げ後記者会見
(IT大臣)2019.9



RwaSat-1

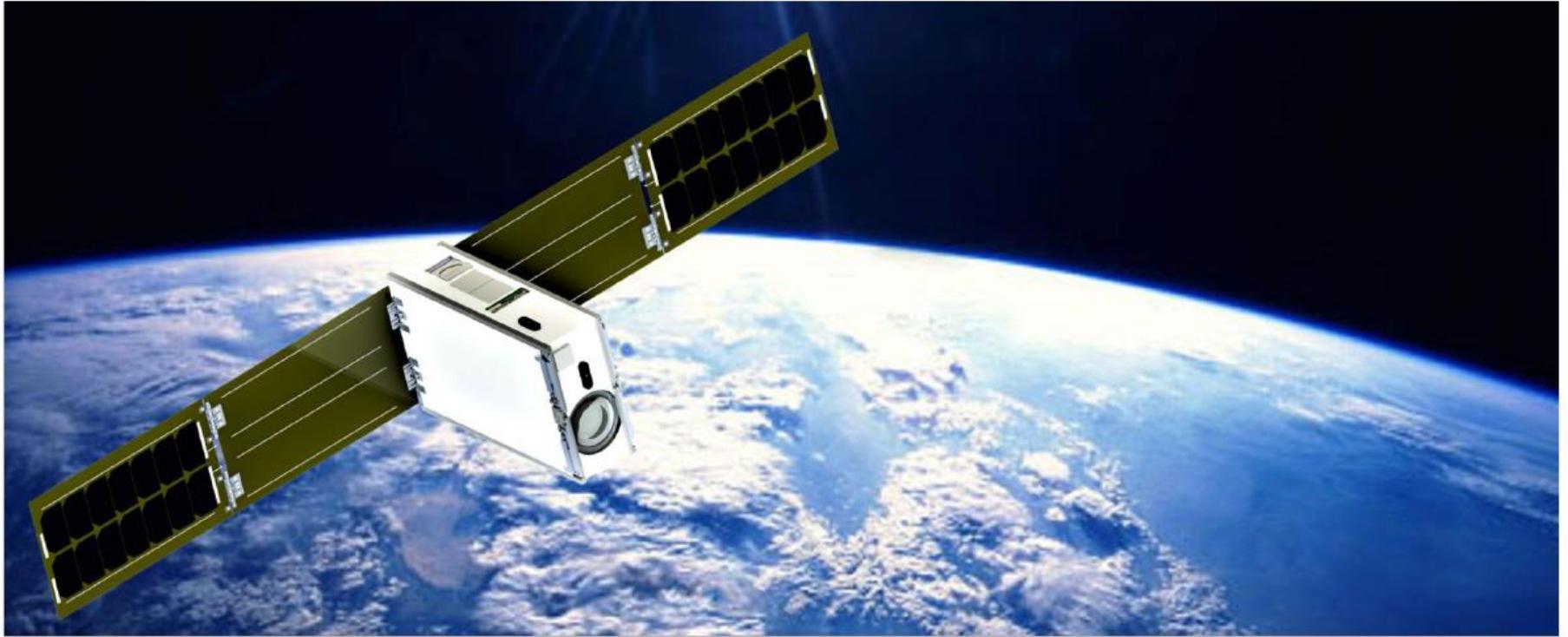


H-IIIB
での打
ち上げ
2019年
9/25



2019/11/20
ISS放出

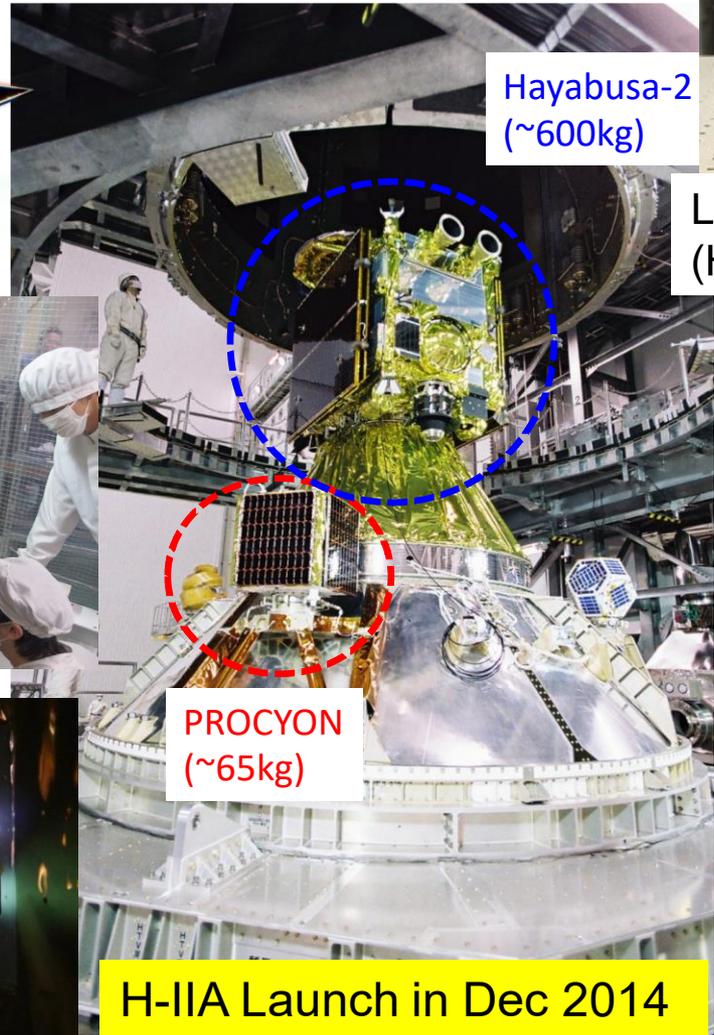
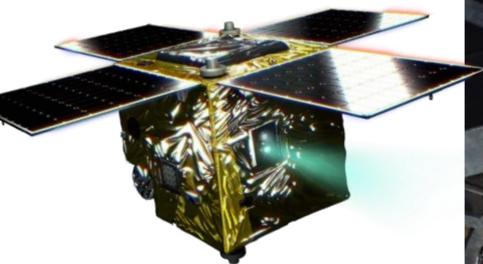
汎用的・高性能の6Uバス開発中



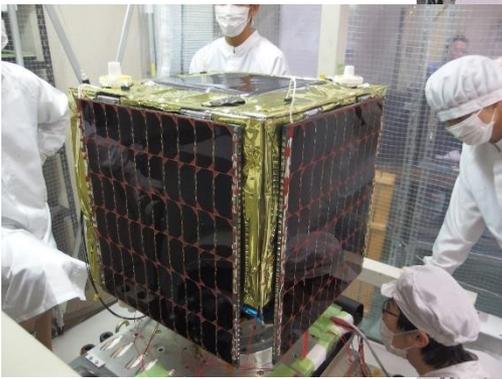
- 地球観測、宇宙科学・探査、教育等に適用できる汎用的6Uバス
 - 10 x 20 x 30 cm (6U CubeSatサイズ)、8~12kg程度
- ベンチャー会社「**ArkEdge Space**」との連携
- 早期の実証を行い、多数機によるコンステレーションを目指す
 - 政府・民間から数機受注。多数衛星の低コスト開発手法を検討中

PROCYON (世界初の50kg級深宇宙探査機)

- JAXAとの共同プロジェクト



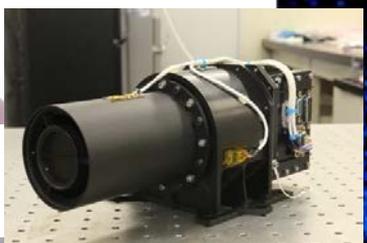
Hayabusa-2 (~600kg)



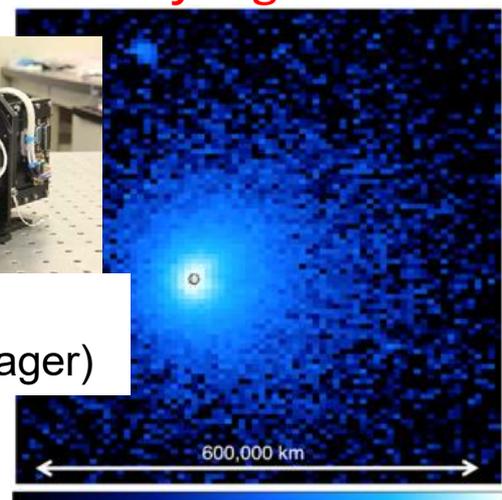
PROCYON (~65kg)

H-IIA Launch in Dec 2014

Earth's hydrogen corona



LAICA (Hydrogen imager)

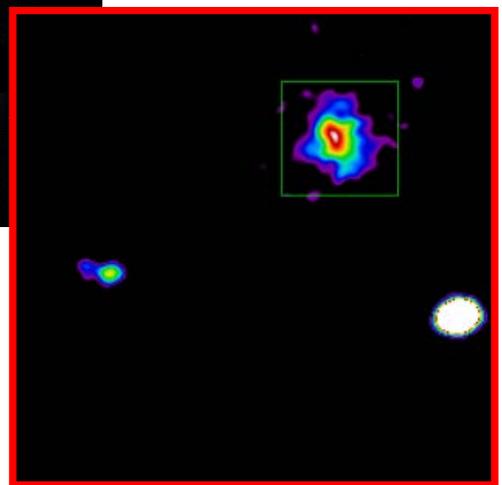


50 Rayleigh 7300
Kameda et al., 2017 GRI

Hydrogen around 67P/Churyumov-Gerasimenko



©ESA



Shinnaka et al., 2017 AJ

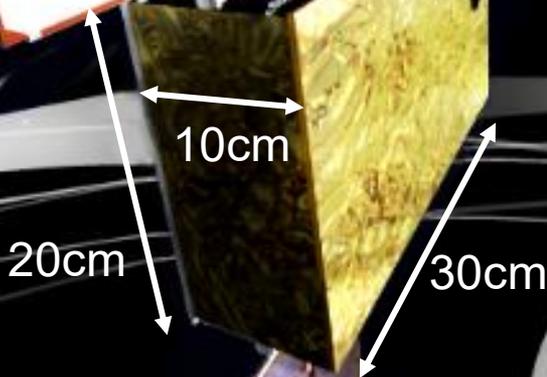
14か月の超短期開発(ほどよしの成果利用)

現在のメインプロジェクト
(開発完了)

EQUULEUS

EQUilibriUm Lunar-Earth point 6U Spacecraft
(11kg nano-satellite)

NASAの新型ロケットSLSで、国際公募で13機のこのサイズの衛星が打ち上げられる（2022年3月以降）
・月の裏側のラグランジュ点到達目標



Mission to Earth Moon Lagrange Point

Intelligent Space Systems Laboratory, 2016/08/01

本格的な深宇宙・月探査を11kgの衛星を目指す

Solar Array Paddles with SADM (MMA)
50W@1AU

Size: 6U
Weight: 11kg

Chip-Scale Atomic Clock (CSAC) (JAXA)

Battery (U. of Tokyo)

PCU (U. of Tokyo)

CDH (U. of Tokyo)

Propellant (water) Tank

CubeSat Deep-space Transponder
+SSPA (JAXA)
(64kbps@1.5M km with MGA)

X-Band LGA x5(JAXA)

X-Band MGA (JAXA)

Attitude control unit
(IMU, STT, SS, RW) (BCT)
(<0.02 deg pointing accuracy)

Water resistojet thrusters
(DVx2, RCSx4) (U. of Tokyo)
(Isp >70 s, Delta-V >70 m/s)

NIX (plasmasphere obs.) (U. of Tokyo)
impact flashes obs.) (Nihon Univ.)



2022年11月16日打ち上げ成功！月に向かって飛行中。

政府との連携、民間の中での連携

• 政府と民間の連携・役割分担の在り方

- 政府が強い民間を後押し(サービス調達、アンカーテナンシなどで)それで民間がさらに強くなる効果を狙う
 - 世界では政府の「**特定民間事業者のえこひいき**」合戦
 - そのために「**えこひいきしてもらえだけの国益への貢献**」の訴えが重要
- リスクを如何に下げて民間が参入できるようにする政府の施策(工夫)を検討すべき
 - 多数で**迅速な実証の機会**が重要。軌道上実証がないと相手にしてもらえない
 - **シェアライド**など、「**しきい低く**」**試行錯誤**ができる枠組みを

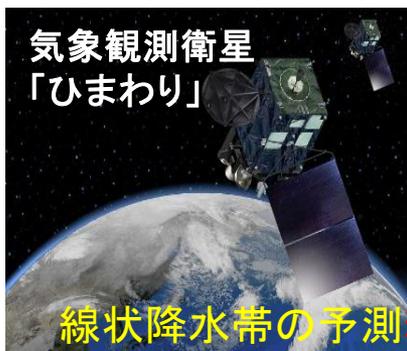
• 民間による世界での利用コミュニティづくり

- 技術だけ良くても使ってもらえない。**利用コミュニティを作り、強い仲間づくりを世界規模で目指す必要。「セクショナリズム」が進む世界の中でどう仲間づくりをするか?**
 - 特定分野における世界のコミュニティの長となり、**インターフェースの標準化、標準、制度設計などを主導**することが重要
- そこに**政府支援が必要な場合、民間が政府の動きを誘導**することが重要

気候変動と宇宙技術の貢献

どのような社会を作るのか、から演繹しての宇宙開発があるべきだが、それが日本としてないので、先読みも含めて検討中

気象の観測



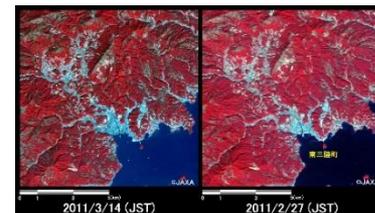
気象観測衛星「ひまわり」

静止気象衛星「ひまわり」により、日々の天気予報に不可欠な気象観測を実施

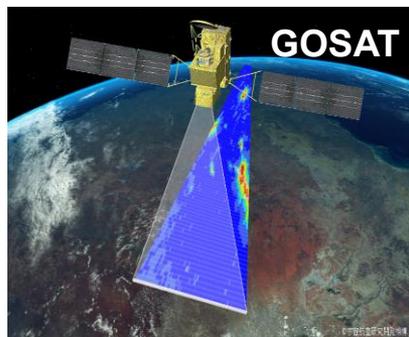
線状降水帯の予測精度向上目指し、ひまわり10, 11号を検討中。ローカル気象現象予測も

防災・災害監視

衛星データにより震災や洪水などの災害発生時に一刻も早く被災地の状況を把握



気候変動の監視



GOSAT

温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)による全球の温室効果ガス濃度の測定により、地球温暖化対策の推進に貢献

GOSATシリーズは国際的に高い評価。検査法の標準化などを日本主導で進めたい

宇宙太陽光



宇宙空間において太陽エネルギーで発電した電力をマイクロ波などに変換の上、地上へ伝送し、地上で電力に変換して利用する将来の新エネルギーシステム

米・中が大金の投資始める。軽量化のシステム検討と輸送系の低コスト化が鍵

ポストコロナ時代の社会像(私見)

1. ポストコロナ時代の社会のキーコンセプト

- 自律分散的な地域の中で人が高いQOLを維持できる社会
- 地域間の人の移動をできるだけなくし「情報」と「物」が地域間を動くことで、新しい価値が創造される社会

2. その中で生まれる新しい動き

- 地域の中で楽しみ地域を大事にする個性あふれた生活
- 自然に恵まれ、狭い土地に制約されない、高いQOLを
- テレワークによる全国規模に分散した社員による企業の運営
- 在宅勤務等による出生率向上へのモチベーション
- 地産地消 + 地域を超えた物の移動による特産品等の流通
- 遠隔教育、遠隔医療、遠隔エンターテインメント

3. その実現に向けての重要な社会インフラ

- **安全かつ高速・大容量で、どこでもつながる情報通信技術** (災害にも強い)
- 人が介さない**自動・自律的な「物」の移動技術**
- 遠隔での活動を支援する**各種リモート技術、遠隔での観測技術**

・将来の地球・社会を想定し、それに必要なものを先取りする
・人が情報を持って移動し、作業する世界からの脱却
・そこに宇宙がどう貢献するか？



大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC)

- **大学・高専のロケット・衛星作りのコミュニティ**
 - 宇宙機関等からの研究開発資金の分配
 - 共同開発、共同購入、ARLISSなどの共同実験の企画運営
 - シンポジウム、合宿、勉強会の開催、学会派遣、技術交流
 - 宇宙機関・メーカー等からの技術支援(部品、コンサルティング、試験設備借用等)の窓口
 - 法的問題、政府手続きへの共同での取り組み、コンサルテーション
 - 宇宙関連講義を航空宇宙学科がないところに提供など
 - **お互いに活動を見合うことにより「ライバル心」に火つける**
 - 2003年2月NPO認定(東京都)5大学から開始
 - 63団体の加盟、23企業/200名以上の個人の支援
- <http://www.unisec.jp>



UNISECは多くの大学の開発熱に火をつけた - 20年間に55以上の大学衛星が打ち上げられた -



Aug. 2017 © University Space Engineering Consortium. All rights reserved.

教育目的からより実用的な衛星へ（科学、地球観測等）

UNISECの国際化 UNISEC-GLOBAL

～日本の主導による大学連携組織～

POC in 60+ regions: Algeria, Argentina, **Bangladesh**, Belarus, Bolivia, Brazil, **Bulgaria**, Canada, Chile, **Colombia**, Costa Rica, **Egypt**, Ethiopia, **Germany**, Ghana, Guatemala, El Salvador, **India**, Indonesia, **Italy**, **Japan**, **Kazakh**, Kenya, Lebanon, **Lithuania**, Luxemburg, **Malaysia**, **Mexico**, **Mongolia**, Morocco, **Nepal**, New Zealand, **Nigeria**, Oman, **Peru**, **the Philippines**, Saudi Arabia, Singapore, **Samara**, Slovenia, South Korea, Serbia, Spain, **South Africa/Angola/Namibia**, Sudan, Switzerland, **Taiwan**, **Thailand**, **Tunisia**, **Turkey**, Ukraine, USA and Vietnam

(赤字はLocal Chapters設立)



24 Local Chapters,
61 Points of Contact,
204 university members,
10 corporate members

(2017年国連の
Permanent
Observer
の地位獲得)

国際連携プロジェクト斡旋、CANSAT・ミッションアイデアコンテストなどの教育、デブリへの関心醸成、などの活動を実施し、日本がリーダーシップを発揮

まとめ：宇宙の本格的利用・産業化へ

- **教育の題材**としての宇宙
 - 学生のものづくり、システムエンジニアリング等の人材育成の場
 - 子供たちの科学の教育の題材に使おう！
- **産業の舞台**としての宇宙
 - 日本の基幹産業にすることを目指し、宇宙基本計画へ反映
 - 多数の小型衛星を生産・打ち上げることが産業に
 - ベンチャー会社が新しい利用・ビジネスの世界を拓きつつある
 - 宇宙×〇〇による新しい付加価値ビジネスに期待
- **地球規模課題の解決の手段**としての宇宙
 - 3次元的な視野で広い範囲を継続的に観測できる
 - 温暖化・海洋汚染・エネルギー危機等の状況把握を宇宙で
- **国際協力の場**としての宇宙
 - 国際宇宙ステーション、アルテミス計画からさらに遠い所へ！
- **宇宙の持つ魅力・特有の力・産業力をもっと使おう！** 88