

宇宙×ICTに関する懇談会 報告書(案) 概要

事務局

第1章 宇宙新ビジネス時代の到来

～宇宙×ICTに関する懇談会開催の背景～

第2章 世界規模で展開する宇宙分野のICT利活用競争

～国内外における取組の現状～

第3章 新たな価値を創造する宇宙×ICTの重点4分野

～重点4分野の実現イメージと課題～

第4章 宇宙×ICTがもたらす私たちの近未来社会

～2030年における宇宙×ICTの社会的効果／経済的効果～

第5章 宇宙×ICT総合推進戦略

～実現方策に関する提言～

第6章 宇宙×ICTの着実な推進に向けて

～推進ロードマップの策定～

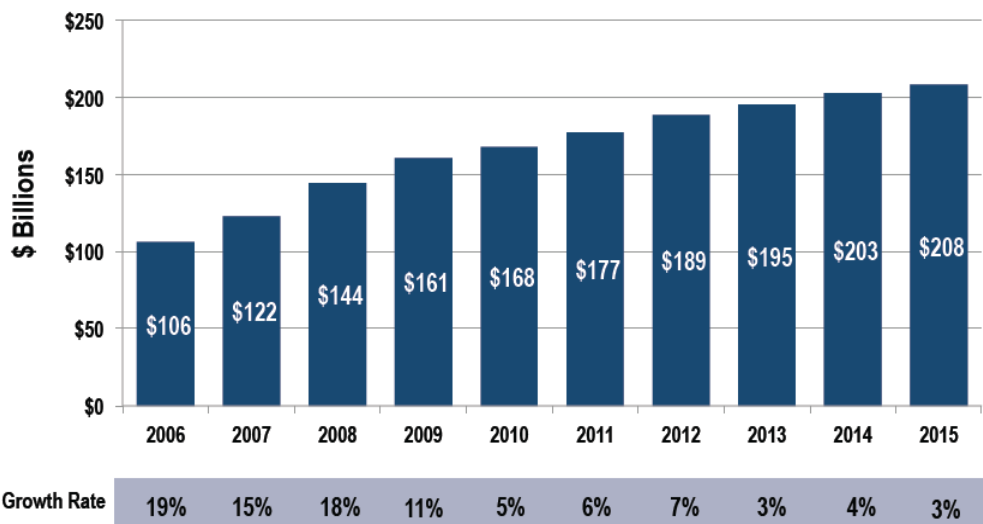
第1章

宇宙新ビジネス時代の到来 ～宇宙×ICTに関する懇談会開催の背景～

世界の宇宙関連市場の現状

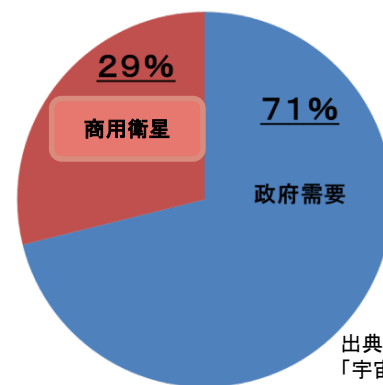
- 世界の宇宙産業市場は、2,083億ドル(約22兆円:2015年)で、10年で2倍以上に拡大。
- 世界の宇宙機器産業は、政府需要が全体の約7割、民間需要が約3割を占める。
- 世界で1,300機以上運用されているとされる人工衛星のうち、半数以上が通信・放送衛星であり、次いで、リモートセンシング衛星や研究開発衛星が高い割合を占める。

世界の宇宙産業の市場規模の推移



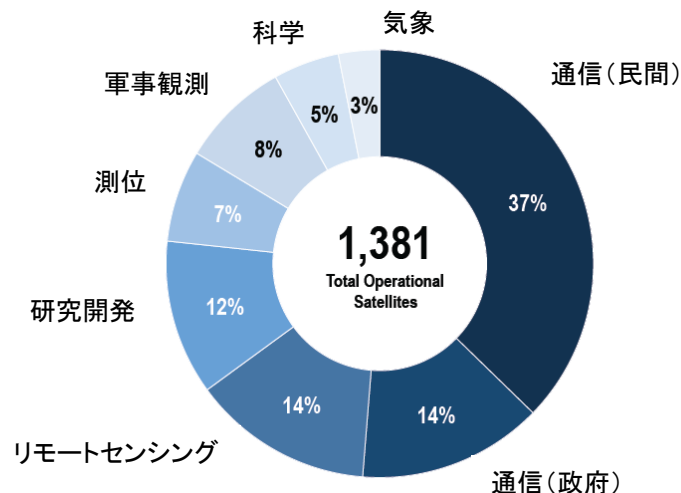
出典: "2016 State of the Satellite Industry Report", June 2016, SIA/The Tauri Group

世界の宇宙機器産業の顧客(03-12年累計)



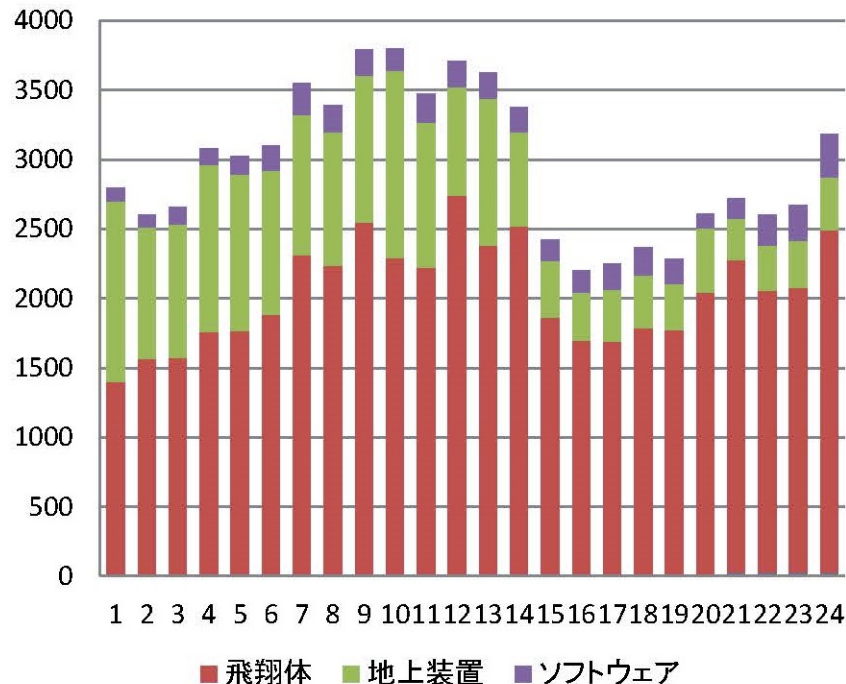
出典: 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙産業振興小委員会」資料

運用中の人工衛星の機能別割合(2015年)

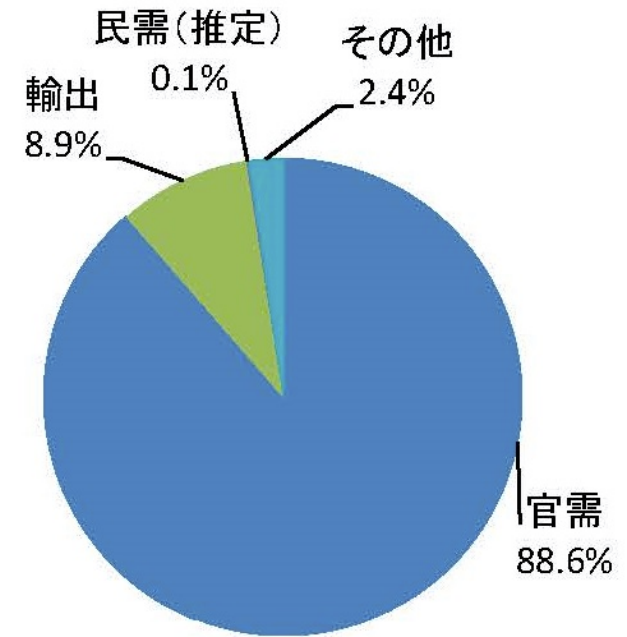


- 我が国の宇宙産業は、近年拡大傾向で推移している。
- 我が国の宇宙産業市場のうち、国内の官需が9割を占めている状況であり、世界と比較して、より官需に依存していると言える。

我が国の宇宙産業の売上規模の推移



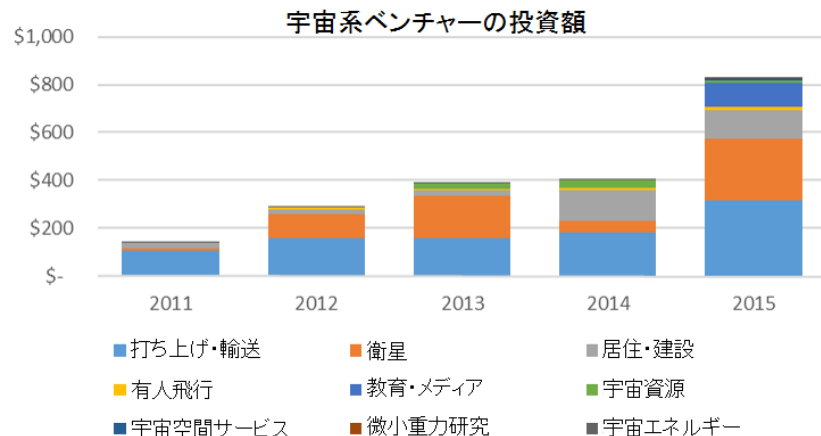
我が国の宇宙産業の売上の構造(2012年)



宇宙関連産業での新たな動き（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している。
- 世界の宇宙系ベンチャー企業への投資額は年間8億ドルを超え（2015年）、急激な増加傾向にある。

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	-



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	-
	Skybox Imaging	2009	米国	-
	Planet Labs	2010	米国	-
	Dauria Aerospace	2011	ロシア	-
リモセン	Spire	2012	米国	-
	Omni Earth	2014	米国	-
	Blue Origin	2000	米国	-
	Garvey Spacecraft	2001	米国	-
	SpaceX (再掲)	2002	米国	約800M\$
打上サービス	Masten Space Systems	2004	米国	約3M\$
	Rocket Lab	2007	NZ/米	-
	Stratolaunch 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	-
	XCOR Aerospace	2000	米国	-
	Virgin Galactic	2004	米国	約150M\$以上
	Booster Space Industries	2006	ベルギー	-
宇宙旅行 (軌道輸送・ サブオービタ ル等)	SHIPinSPACE	2013	英国	-

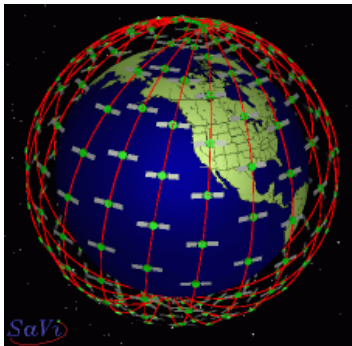
表は、内閣府『宇宙ベンチャー企業による宇宙利用拡大に関する動向調査 報告書』（2015年3月）のデータを元に編集したもの。

売上については、2013年、2014年のいずれかのもの。数字はHP等公開情報による

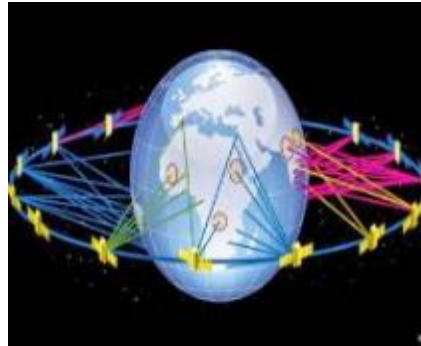
グラフ出典：Space Angels Networkウェブサイト

衛星コンステレーション計画

- ◆ 静止軌道(高度3.6万キロ)や低軌道に多数の衛星を配備することで、全球対応の通信網を構築する衛星コンステレーション計画が世界的に進展。
- ◆ O3b Networks社は、地上の光ファイバ網が敷設されていない30億人を含め、全世界に通信環境を整備することを目的として2007年に設立。2014年末に本格的なサービス提供を開始。
- ◆ OneWeb社は、周回衛星648機を配備し、全地球をカバーする計画を有する。大手Airbus社等も出資。同社以外にも同種のビジネスが複数検討されている。



低軌道・周回衛星

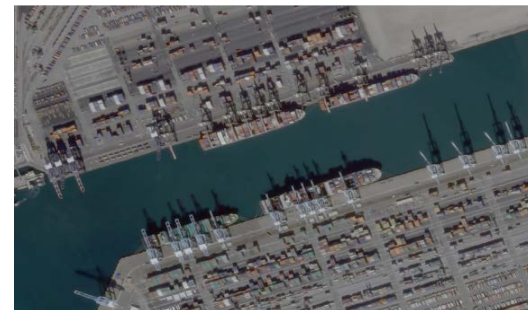


中軌道・赤道周回

(画像・データは公開資料から引用)

リモートセンシング衛星によるリアルタイム地球観測網

- ◆ シリコンバレー発ベンチャー企業のSky Box Imaging社は、2014年にGoogle傘下となり、さらに2017年2月には、Planet社により買収された。低軌道(高度500km前後)に多数の周回衛星を配備し、高頻度で地球観測(地表状況把握)を実施。
- ◆ 動画の撮像や数時間毎の変化の把握が可能となり、既存サービスとの連携により新たな顧客を見込む。
- ◆ このほか、PlanetLabs(米国NASAのOB)やSSTL(Surrey Satellite Tec Limited: 中国衛星を活用)など、米国を中心に同業ビジネスが展開。



(Terra Bellaのサービスイメージ 画像・は公開資料から引用)

宇宙関連産業での新たな動き（国内）

7

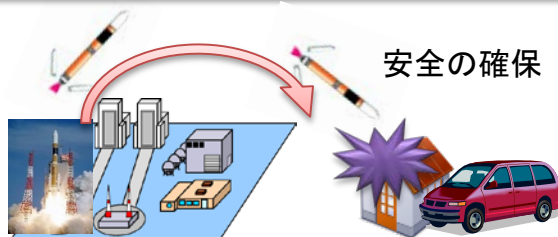
ロケット		リモートセンシング衛星			月面探査
インターステラテクノロジズ（株）	（株）カムイスペースワークス	（株）アクセルスペース	キャノン電子（株）	（株）ウェザーニューズ	（株）ispace
2013年、元ライブドア社長・堀江貴文氏が出資。北海道大樹町で6回打ち上げ実験。同年11月には、国内初の民間開発ロケット（江崎グリコのポッキーロケット）の打ち上げに成功。	2006年、北海道大学や植松電機（北海道の宇宙部品メーカー）等の北海道民間企業により設立。カムイロケット（400kgf級）の打ち上げに成功。	東大発の衛星ベンチャー。2008年設立。三井物産やJSAT等が出資。本年8月、超小型衛星の宇宙実証を行うため、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。	2012年に衛星ビジネス参入。100kg以下、1m分解能の超小型衛星の2016年以降の打ち上げを目指す。光学系は商用製品（EOS5D・PowerShot）を転用。	2013年11月にドニエプルロケット（ロシア）で、アクセルスペース等が開発した小型人工衛星の打ち上げに成功。北極海航路の運行支援や流氷情報などを海運会社を提供するほか、マラッカ海峡・中東沖における海賊被害防止対策に貢献。	2010年、月面探査を目標として設立。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（50万ドル）を獲得。東北大学等の研究機関とともに月面開発を目的とした「HAKUTO」プロジェクトも立上げ。

- 平成28年11月16日、宇宙開発利用に関する宇宙条約等の実施や我が国の宇宙産業の発達を推進することを目的とした宇宙関連二法が公布。

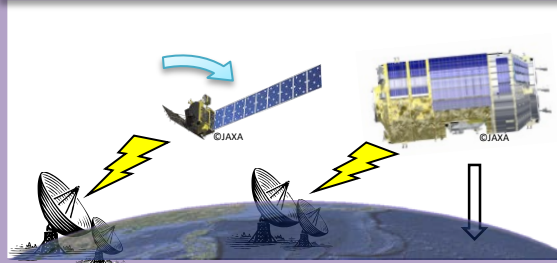
1. 宇宙活動法（人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律）

宇宙開発利用に関する諸条約の的確かつ円滑な実施と公共の安全の確保を図り、我が国の宇宙産業の健全な発達に資するための制度

1. 人工衛星等の打上げに係る許可制度



2. 人工衛星の管理に係る許可制度



3. 第三者損害賠償制度

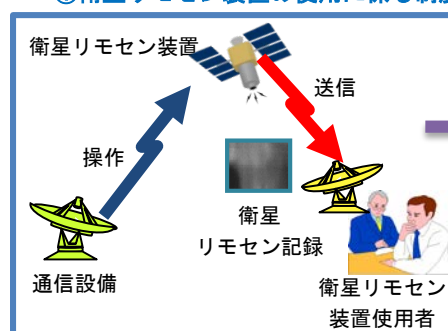
打上げ実施者の負担
政府補償契約 (一定の金額)
民間保険契約等 (ロケットの型式の設計、打上げ施設毎に定める金額)

事業者免責
(裁判所の斟酌)

2. 衛星リモセン法（衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保等に関する法律）

1. 衛星リモセン装置の使用の適正を確保するための制度を導入。
(例) 適格性確認、セキュリティ対策、使用終了時の措置等
2. 衛星リモセン装置により検出された衛星リモセン記録の提供に際して適正な取扱いを確保。
(例) 記録提供時の目的確認、提供先の制限等
3. 我が国及び国際社会の平和及び安全の維持のため特に必要があると認める場合等における衛星リモセン記録の提供を制限。

①衛星リモセン装置の使用に係る制度



②衛星リモセン記録の提供制限



宇宙産業ビジョン

- 宇宙基本計画工程表(平成27年度改訂)において、「新規参入を促進し宇宙利用を拡大するための総合的取組」として、「宇宙機器・利用産業の将来動向や政府の関与の在り方に関する基本的視点(宇宙産業ビジョン)」を整理することとされている。
- 平成29年5月にとりまとめ。

第2章

世界規模で展開する宇宙分野のICT利活用競争 ～国内外における取組の現状～

米国

■ オープンガバメント政策

- 2009年5月、米国連邦政府機関や自治体などが保有する各種統計データのカタログサイト「Data.gov」を開設。米国海洋大気庁(NOAA)の気象衛星観測データ等を様々なデータ形式により公開。
- Data.govでは、一般ユーザによるデータ活用やアプリケーション開発を促進するため、一部データをAPIで公開。
- 2013年5月、米国連邦政府機関が保有するデータを原則オープンかつ機械読み取り可能な形で公開を義務づける大統領令を発令。

■ NOAAビッグデータプロジェクト

- 2015年4月、NOAAは、気象衛星データに国民が自由にアクセスし、新たなサービスを創出するための環境をクラウドプラットフォーム上で提供するためのビッグデータプロジェクトを立ち上げ。
- 本プロジェクトでは、米国ICT企業5社(アマゾン、グーグル、IBM、マイクロソフト、オープンクラウドコンソーシアム)と連携。
- 現在、アマゾンのクラウドプラットフォーム「AWS」においては、NOAAの次世代気象レーダー網(NEXRAD)のリアルタイムデータ及びアーカイブデータがオープン&フリーで提供中。

欧州

■ コペルニクス計画

- コペルニクス計画は、欧州委員会と欧州宇宙機関(ESA)が共同して、ESAや欧州各国が保有する地球観測衛星等のデータの利用システムを開発・運営するプログラム。
- コペルニクス計画の新規衛星として、異なる種類のセンサを搭載したセンチネル衛星(Sentinel-1~6)整備を計画。センチネル衛星のデータは、原則無償で公開。

■ コペルニクス計画の衛星データクラウドプラットフォームプロジェクト

- 2016年の商業アイデアコンテストで、スロベニアのソフトウェア会社のSinergise社の「Sentinel Hub」が大賞を受賞。
- Sentinel Hubでは、アマゾンが提供するクラウドサービス「AWS」を活用し、Sentinel-2衛星(マルチスペクトル光学衛星)の撮像データの処理・解析・配布サービスを提供。

■ ESAの衛星データクラウドプラットフォームプロジェクト

- 2016年11月、ESAはソフトウェア会社SAPとの間で地球データ解析サービスの提供を発表。
- SAPが提供する「SAP HANA クラウドプラットフォーム」を活用。

日本

■ JAXAの取組

- 2013年2月から、「G-portal」において、現在運用中及び運用を終了した衛星の観測データの検索やダウンロードサービスを有償・無償で提供。
- 2014年3月、JAXA OPEN API(2016年3月末まで公開)を活用したアプリケーション開発のアイデアコンテストを開催。

■ 宇宙システム開発利用推進機構(JSS)の取組

- JSSは、宇宙関連の新たな事業創出を目指す企業の宇宙ビジネスの事業化の支援を目的としたポータルサイト「宇宙ビジネスコート」を開設。
- 同サイト内で、一般利用者に対する観測データの新たなアプリケーション環境の整備を目的としたAPI(現在、光学センサーASTERのデータのAPI)を提供。

■ G空間情報センターの取組

- 2012年3月に設立されたG空間情報センターを通じ、産学官の様々な機関が保有する地理空間情報を円滑に流通させ、付加価値の創造、情報の新たな利活用方法・ビジネスの創出を目指す(2016年11月運用開始)。

■ アクセルスペース社(民間事業者)の取組

- アクセルスペース社は、光学センサを搭載した超小型衛星を2022年までに50機体制で運用するコンステレーション衛星網(AxelGlobe)の構築を計画。
- 2016年9月、AxelGlobeのデータをクラウド環境で管理する場合の最適な手法をアマゾンと共同検討するとともに、撮影画像のオープンデータ化に向けた取組みを発表。

米国

■ 静止軌道上のハイスループット衛星によるサービス提供

- ViaSat社は、米国向け衛星ブロードバンド提供のため、2017年、ビーム数120、総容量350Gbpsを有するViasat-2を打ち上げ。
- Intelsat社は、航空機ブロードバンドサービス向けとして、2015～2016年にかけて、Epic^{NG}29e、33eの2機を打ち上げ。

■ 小型衛星のメガコンステレーションによるサービス計画

- OneWeb社は、低軌道周回衛星を648機配備することを計画し、2018年から衛星を打ち上げ、2020年以降順次サービス開始予定。2017年2月、Intelsat社との合併及びソフトバンク社の17億ドルの出資を発表。
- 2016年、SpaceX社、Boeing社、ViaSat社等の事業者が、FCCに対して、相次いでメガコンステレーション計画に係る申請を提出。

欧州

■ 静止軌道上のハイスループット衛星によるサービス提供

- Eutelsat社、Inmarsat社、SES社等の大手事業者がマルチビームで総容量数10Gbpsクラスの衛星ブロードバンドサービスを提供。

■ 超小型衛星コンステレーションによるサービス提供

- O3b社は、赤道上の中軌道(8,200km)で運用される12機のコンステレーション衛星により、2014年からサービス提供開始。2016年8月、同社をSES社が完全子会社化。

■ 5G、IoTに関する検討

- 欧州委員会は、2014年7月、5Gネットワークにおける衛星通信の役割に関する報告書を作成。
- ESAは、ARTESプログラムで、衛星分野のIoTソリューションの調査や検討、関連する製品開発を開始。

中国

■ 小型衛星によるIoTに関する研究開発

- 2017年1月12日、中国航天科工集团公司(CASIC)は、小型衛星「行雲試験1号(XingyunShiyan-1、XYSY-1)」の軌道投入により、ナローバンド衛星通信によるIoT及びその利用プロジェクト「行雲(XingyunShiyan)」の技術検証フェーズが開始された旨発表。

■ 衛星量子鍵配送技術に関する研究開発

- 2016年8月、中国科学技術大学(USTC)の開発による世界初となる量子暗号通信衛星「Mozi(墨子)」を打ち上げ。
- 中国とウィーンの2カ所に設置された光地球局の間で、高度約600kmの軌道にある衛星を経由して暗号鍵を伝送する研究を実施予定。

日本

■ 民間事業者の取組

- スカパーJSAT社は、Intelsat社との共同事業により、2018年下期にハイスループット衛星サービスを提供予定。

■ 技術試験衛星9号機の研究開発(2021年打上予定)

- 1ユーザあたり100Mbps程度で、利用エリアのニーズに合わせて衛星ビームに割り当てる周波数幅を柔軟に変更可能とするデジタルチャネライザを開発。
- 衛星ビームの照射地域を柔軟に変更可能とするデジタルビームフォーミング技術を開発。

■ 光衛星通信技術の研究開発

- 2015年、NICTは超小型衛星に搭載可能な光通信機器(SOTA)を開発し、光衛星通信の軌道上実証、衛星量子暗号鍵配送技術に必要な偏光測定的基础実験を実施。
- 技術試験衛星9号機には、10Gbpsクラスの超高速大容量の光ファイダリンク技術を搭載予定。

米国

■ 新宇宙活動法の制定

- 2015年11月 新宇宙活動法成立。
- 同法は、商業宇宙資源開発を認めた世界初の法律。
- 同法は、月、小惑星その他の天体及び宇宙空間上の水やミネラルを含む非生物資源の採取に商業的に従事する米国市民に対し、米国が負う国際的な義務等に抵触せずに獲得された当該資源の占有、所有、輸送、利用及び販売を認めている。

欧州・中東

■ ルクセンブルク

- 2016年2月、自国を宇宙資源探査及び利用の分野での欧州の中心地とする旨の政策を発表。
- 宇宙資源開発ビジネスを標榜する複数の企業への資金供与を含む支援を公表。
- 米国を含む他国と共同で法的枠組構築を模索する旨表明。

■ アラブ首長国連邦

- 宇宙探査及び宇宙資源開発を含む宇宙空間における商業活動についての法整備に向けた動きがあるという報告がある。

日本

■ ispace（民間事業者）の取組

- 2010年、月面資源探査を目的としたベンチャー企業として設立。
- 東北大学等と構成したチーム「HAKUTO」を運営し、Google Lunar XPRIZEに参加。

国際的取組

■ 国連における検討状況

- 宇宙条約第二条は、月その他の天体の国家による所有等を禁じているものの、天然資源の採掘は明確に否定していないため、宇宙における天然資源の採掘は認められるとの解釈が可能。このため、宇宙資源開発活動やその監督機関などのについて、国際的枠組の議論が開始。
- 2016年4月の国連宇宙空間平和利用委員会(COPUOS)法律小委員会において、ベルギーの提案により、「宇宙資源探査及び利用のために考えられる法的枠組みに関する意見交換」が2017年の議題として採択される見込み。

■ Google Lunar XPRIZE

- Googleがスポンサーとなり開催されている純民間による月面ロボット探査の国際レース。
- 2017年末までに指定ミッション(500m走行及び映像パッケージ送信)を達成したチームに2,000万ドルの賞金を授与。
- 世界中から16チームが参加し、我が国からは、ispaceや東北大学等によって構成されたチーム「HAKUTO」が参加。

米国

■ 宇宙天気国家戦略

- 米国は、宇宙天気を地震や津波などの災害と並べ、米国戦略的国家危機評価 (US Strategic National Risk Assessment) の一つとして位置付け。
- 2015年、米国内の20を超える機関、50人を超える専門家によって、国家宇宙天気戦略及びアクションプランが作成され、発表。
- 2016年4月、同アクションプランを受け、国務省が極端現象に関する国際協力の枠組みの構築のための研究会を開催。
- 2016年10月、極端宇宙天気現象に対する国家的な備えを強化する大統領令が発表。

欧州

■ 英国

- 2013年、王室技術アカデミーが極端現象の社会影響についてレポートを発表。
- 2015年、内閣は、国家的リスク管理及び宇宙天気現象対応計画を相次いで発表。

韓国

- 2013年、未来創造科学部が「宇宙電波障害」危機管理マニュアルを発表。
- 現在、同マニュアルのフォローアップ調査を実施している模様。

日本

■ NICTの取組

- 我が国においては、NICTが宇宙天気情報を土日・祝日を含め毎日提供。
- NICTは、アジアオセアニア地域における宇宙天気アライアンス(AOSWA)の事務局を担当。

■ 太陽地球圏環境予測 (PSTEP)

- 2015年、国内宇宙天気関連研究機関は、科学研究費新学術領域研究としてPSTEPを立ち上げ。

国際的取組

■ 国際宇宙環境サービス (ISES) の動向

- 1962年より、国連国際科学会議 (ICSU) のもと、ISESが活動を開始。宇宙天気データおよび予報情報の共有、フォーマットの標準化等について議論。

■ 国際民間航空機関 (ICAO) の動向

- ICAOでは、宇宙天気情報の民間航空運用への利用義務化に向けて議論を継続中。
- 2016年10月、素案が気象パネルで承認。

■ 国連における検討状況

- 2017年2月、国連宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS) 科学技術小委員会において、宇宙天気アクションプランの策定に向けた活動を開始。

第3章

新たな価値を創造する宇宙×ICTの重点4分野 ～重点4分野の実現イメージと課題～

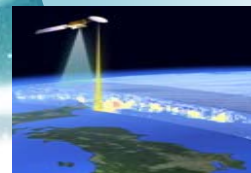
ブロードバンド衛星通信ビジネス

- ◆地球上のあらゆる場所、宇宙空間を5G、IoTが利用できる環境に



宇宙データ利活用ビジネス

- ◆宇宙データと他の地上系データの連携が新たなビジネス、社会的価値を創造



テラヘルツ技術

衛星ネットワーク
セキュリティ技術

宇宙×ICTを支える
基盤技術

宇宙ナノRF
エレクトロニクス技術

時空計測技術

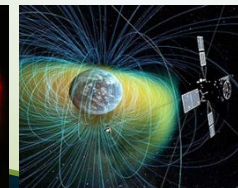
ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス

- ◆電波センサが発見する月惑星資源が宇宙ユーティリティ産業のエコシステムを駆動



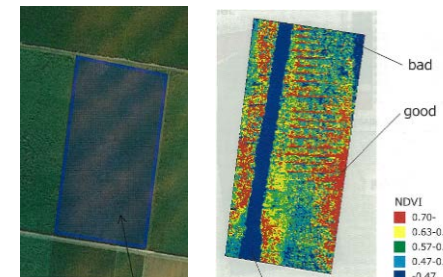
宇宙環境情報ビジネス

- ◆太陽嵐が都市、人々に及ぼす経済的損失のリスクを宇宙天気情報で軽減

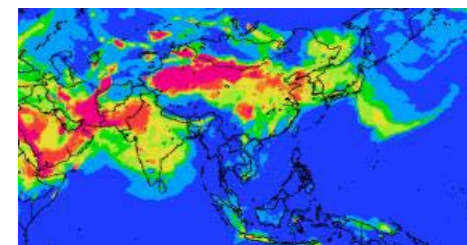


2030年の実現イメージ

- ◆ 光学、SAR(合成開口レーダ)センサのリモートセンシング衛星については、空間分解能の向上に加え、ハイパースペクトルセンサのデータやSARの高次解析データ等の高付加価値データの利活用が進展。
- ◆ 特に光学衛星データは、コンステレーションによる運用により、観測頻度・時間分解能が向上することにより、連続観測データを重視する産業での活用が進展。
- ◆ 気象系の科学衛星についても、データの国際的な連携・交換の進展により広域、連続的データ利用の入手が可能となることにより、非宇宙系事業者によるビジネス活用が一般化。
- ◆ AI、ビッグデータ解析の普及・高度化により、宇宙データとIoTデータ、SNSデータ、地上系オープンデータ等との連携が容易になり、宇宙分野以外の様々な異業種分野における新ビジネスが台頭。



(リモセンデータ解析によるスマート農業)



(ビッグデータ解析によるPM2.5到来予測)

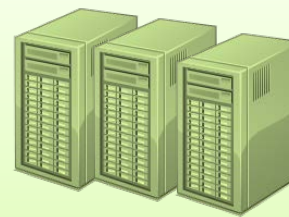
実現に向けた課題

- 今後、民間部門が宇宙データを継続して取得し、ビジネスへの利活用ができる環境を維持すべく、我が国として、地球観測衛星の開発・運用の維持継続に努めることが必要。
- 宇宙データのフォーマットについては、国際的な標準化を推進することが望ましいが、地球観測系データは、現状、利用分野の特徴に適したデータフォーマットが選択されていることや、国・地域ごとにも利用されるフォーマットが異なることなどに鑑みると、中長期的課題と考えられる。
- 宇宙データは、一般的に地上系データと比較して、扱うために要求される専門性が非常に高いことから、宇宙関係の研究者以外の事業者が扱うことが困難。このため、異分野の事業者による宇宙データを活用したビジネス創出環境には、非宇宙系事業者が扱えるような宇宙データの高次処理サービスを提供できる仕組みが必要。
- 宇宙データと他のIoTデータやSNSデータ等を時空間的に連携することにより、新たな価値の創造を促進するためには、大量のデータを効率良く処理・流通させる環境が必要。

衛星・センサー

地球局

注: データ処理レベルの定義は、衛星センサー、提供機関、事業者等ごとに異なる



データ処理システム

データ受信
レベル0データ

基本的なデータ処理
レベル1プロダクト

高次の付加価値処理
レベル2プロダクト～

レベル0データ

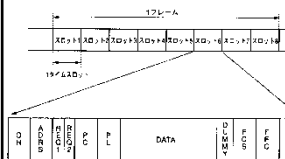
レベル1プロダクト

レベル2～4プロダクト

光学画像
の例



地球局で
受信された
実データの
デジタル信号



デジタルデータを
物理的情報
(輝度情報)に変換

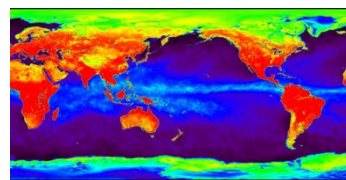
地上座標系への変換、
ひずみの補正等



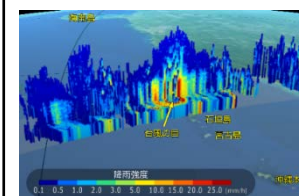
分解能の高いモノクロ
センサー情報に分解能の
低いカラーセンサー情報
を合成して分解能の高い
カラー画像を作成

気象情報
の例
(GPM)

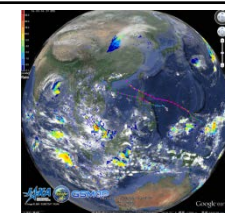
レベル0情報に
センサーの位置、
観測日時等の情報を
ヘッダに加えて、
特定のデータフォーマット
に格納



デジタルデータを受信電力、
輝度温度に変換



物理的情報(降水情報
等)に変換



統計処理による全球
合成降水マップ作成

利用者の
専門性
(イメージ)



宇宙系研究者

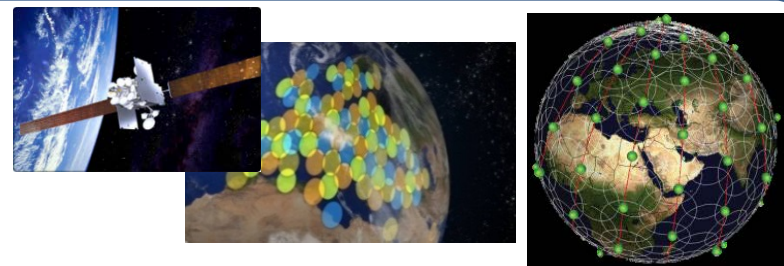
非宇宙系事業者が扱うためには
高次処理されたデータが必要



非宇宙系サービス・ソリューション
提供事業者

2030年の実現イメージ

- ◆ 静止衛星によるブロードバンドサービスは、衛星の総容量でテラビットクラスのウルトラハイスループットサービスを提供。
- ◆ 低軌道のメガコンステレーション衛星によるブロードバンドサービスは、超高速サービスに加えて、低遅延性で静止衛星を補完するサービスを提供。
- ◆ 船上、航空機上のほか山岳地域、砂漠、極域、宇宙など、人の居住域以外でも、居住域と同レベルのブロードバンドサービスの提供が可能。
- ◆ 地球上のあらゆる場所、宇宙空間に対して、IoT、5Gインフラとしての役割を提供。航空機自動航行、船舶自動航行のための基盤インフラとしての活用。



(静止衛星・コンステレーション衛星によるHTS)



(衛星によるIoT、5Gとの連携)

実現に向けた課題

- IoT、5Gは、ユーザ端末との間の伝送速度、端末数、アプリケーション等が多様に混在することから、IoT・5G端末群を適切に収容し、制御するためのネットワーク管制技術の開発が必要。
- 上記管制技術を含めて、5G、IoTとブロードバンド衛星通信ネットワークとの連携に関する技術検証及びサービス実証を実施するためのオープンな環境の整備が必要。
- 現在の衛星通信においては、実装スペース、CPU処理速度等の制約のため、暗号技術の実装が容易でないが、今後の超小型衛星の普及などに伴い、衛星回線のセキュリティの脆弱性が社会問題として顕在化する可能性大。このため、衛星搭載に適した、安全性と実装性を両立する暗号化技術の開発が必要。

2030年の実現イメージ

- ◆ 地球より重力圏からの制約が小さく、打ち上げコストの低廉化が可能な月面基地からのロケット・人工衛星の打ち上げビジネスが一般化。
- ◆ 月面基地で製造されるロケット、人工衛星の推進エネルギーとして、月面で水資源を採掘し、それを電気分解して得られる水素エネルギーを活用。
- ◆ 火星への有人飛行、小惑星、火星での希少資源探査の実現。月面基地を地球－火星間の中継基地として活用。
- ◆ 月面基地を拠点として、ロボティクス技術を活用した衛星軌道上での衛星組み立てビジネス開始。



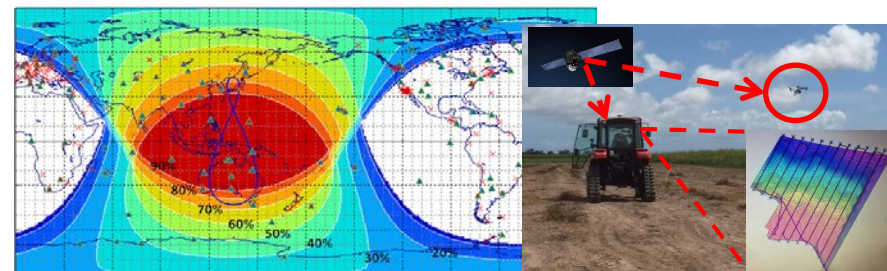
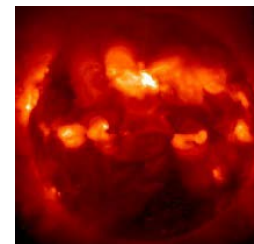
C) NASA

実現に向けた課題

- 月面、小惑星、火星等の宇宙資源探査を効率的に実施するため、小型探査機に搭載可能な軽量かつ小型なセンサー技術の開発が必要。
- 将来的には、月面、小惑星、火星における資源探査が活発化することにより、地球と月、小惑星、火星との間で安定的な通信を確保するための通信技術の開発が必要。
- 惑星資源探査や有人宇宙飛行を商業ベースで展開していく上で、我が国として、安定的に宇宙天気情報の提供に取り組むことが必要。

2030年の実現イメージ

- ◆ 現在、ICAO（国際民間航空機関）が航空機の運航責任者に対して提供を義務付けている気象情報については、2020年以降、宇宙天気情報が運航に不可欠な情報として追加される予定。
- ◆ 航空機のみならず、宇宙開発関係者も含め、よりきめ細やかな宇宙天気情報（個々の衛星への具体的リスク情報、短波のより正確な伝搬情報、電力網への詳細な影響解析サービス、被曝量推定量等）を提供。
- ◆ 宇宙天気により、低緯度地域でも発生する電離層擾乱を正確に把握することにより、準天頂衛星の測位精度の更なる高精度化とそれを活用した新産業のアジア展開の促進。



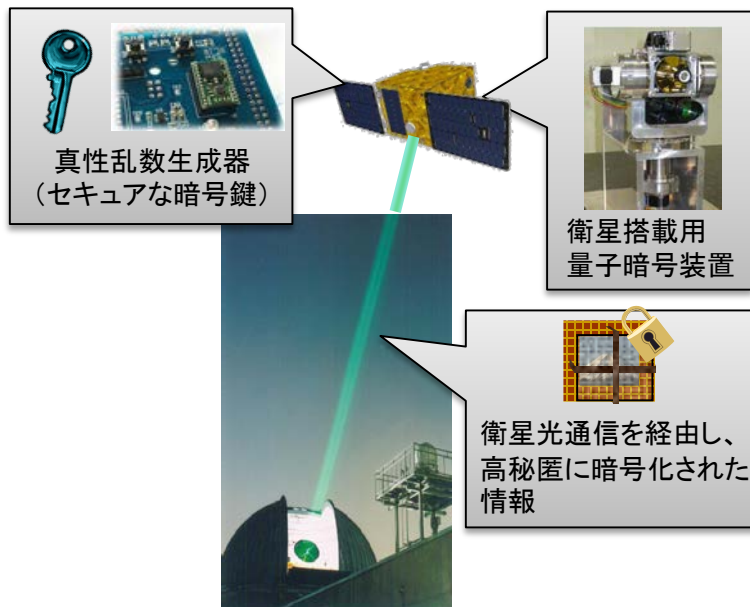
（豪州における準天頂衛星スマート農業実証試験）

実現に向けた課題

- ICAOが航空機に対して提供する宇宙天気情報の提供主体として、ICAO宇宙天気センターが世界で数カ所設置される見込み。ICAO宇宙天気センターを我が国に設置するかどうかは、惑星有人探査など、我が国の将来の宇宙開発の在り方にも影響する可能性があることから、適切な対応が必要。
- 低緯度地域における衛星測位の精度向上のためには、海上観測点の少ない海上電離圏について、より正確に擾乱を予測するための現象解明技術の開発が必要。

2030年の実現イメージ

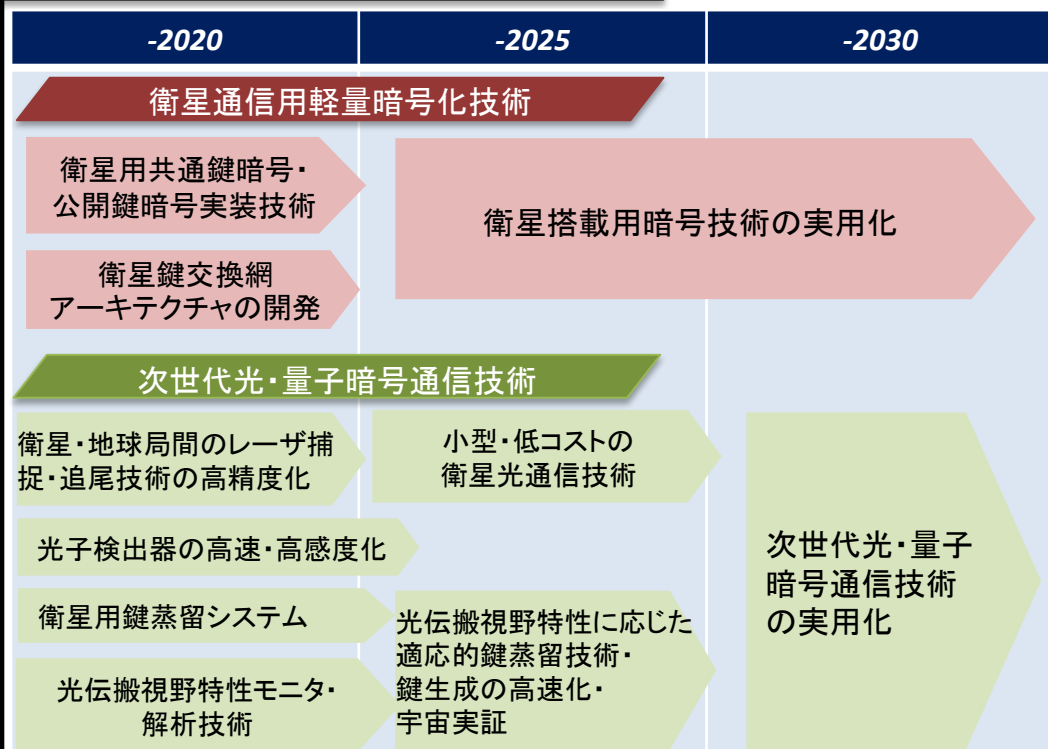
- ◆ 大型の静止軌道衛星に加えて、メガコンステレーションを構成する超小型衛星への搭載も可能な衛星通信用軽量暗号化技術を実現。
- ◆ 衛星光通信・量子暗号技術を用いることにより、さらに高秘匿な次世代光・量子暗号通信技術を実現。
- ◆ 大型衛星からメガコンステレーションを構成する超小型衛星まで適用可能なセキュリティ技術の実現により、衛星の盗聴、改竄、乗っ取りの脅威を大幅低減。
- ◆ 重点4分野の基本インフラを構成する各種衛星の情報セキュリティを担保することにより、重点4分野におけるビジネスの安定的成長の基盤を確保。



諸外国の動向

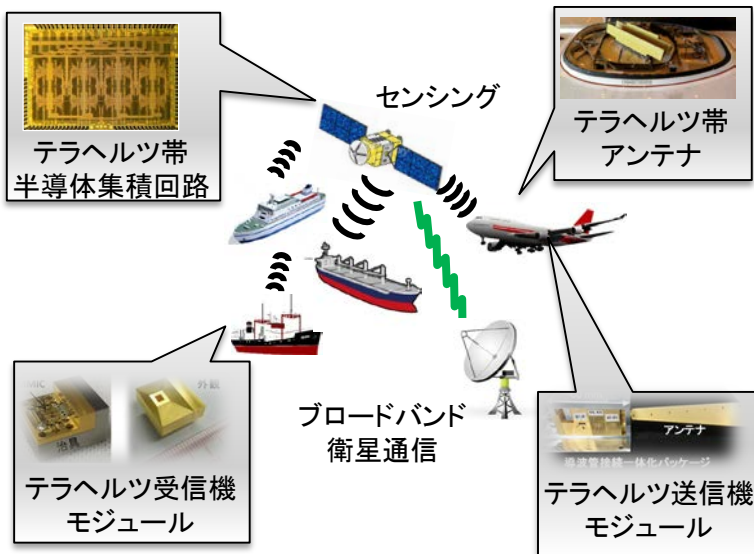
- ◆ 中国は、2016年8月、世界初の量子暗号通信衛星「Mozi(墨子)」を打ち上げ。衛星を経由し、中国とウィーンの2カ所に設置された光地球局の間の量子暗号鍵の伝送実験を実施予定。
- ◆ カナダ宇宙庁とワータールー大学が衛星量子暗号プロジェクトQEYSSat Missionを推進中
- ◆ オランダ応用科学研究機構が2022年頃に衛星量子暗号通信実験を計画
- ◆ 米国の動向はクローズされているため不明

要素技術の研究開発ロードマップ



2030年の実現イメージ

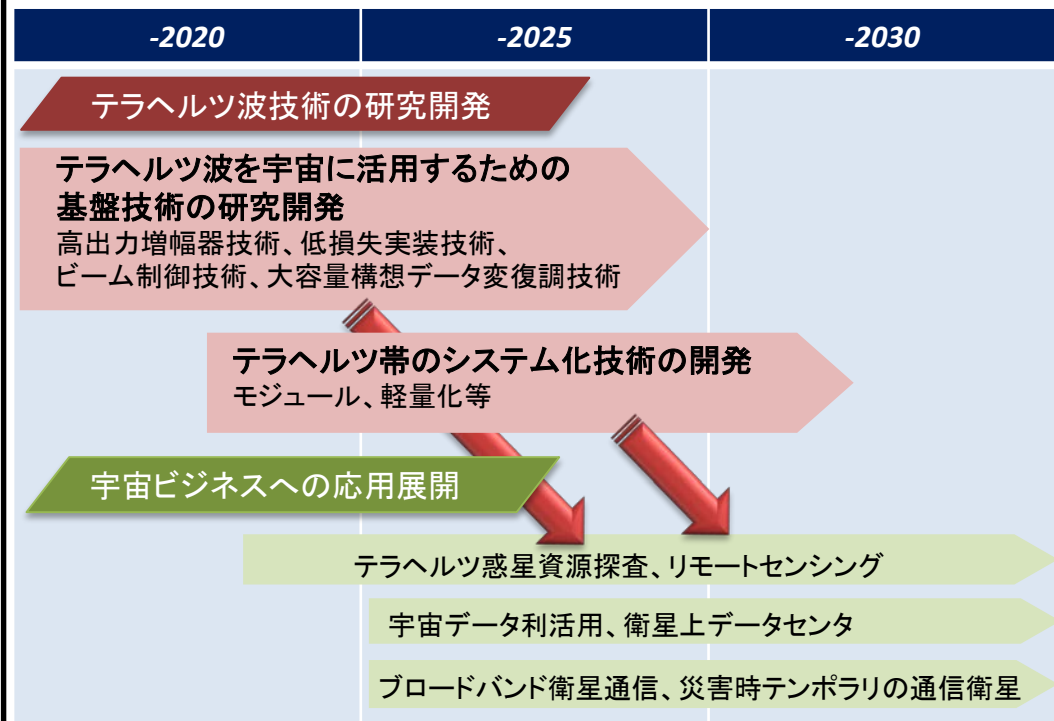
- ◆ テラヘルツ波を宇宙に活用するための様々な基盤技術が確立(テラヘルツ帯半導体集積回路技術、テラヘルツ帯アレイアンテナ技術、テラヘルツ帯無線実装技術、大容量高速データ変復調技術等)
- ◆ テラヘルツ帯のシステム化を目指した技術(センサモジュール、無線通信モジュール、軽量化、等)が開発され、惑星資源探査ビジネスを展開
- ◆ テラヘルツ波を活用した宇宙ビジネスへの応用検討が進展(ブロードバンド衛星通信、リモートセンシング、宇宙データ利活用、衛星上データセンタ、災害時テンポラリの小型低コスト高速通信衛星、等)



諸外国の動向

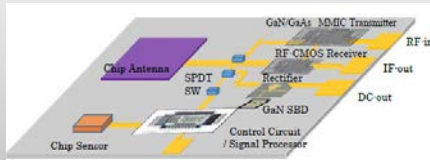
- ◆ 欧州では研究開発プログラム「Horizon 2020」の中でテラヘルツ技術の研究開発を推進。電子デバイス技術により300GHzで64Gbps超の近距離通信技術を開発。我が国が比較的強い電子デバイス分野で競合するが、研究者間での情報交換や交流も実施。
- ◆ 米国では、DARPAが研究開発プログラムTHz Electronicsで、テラヘルツトランジスタと高出力増幅器モジュールの開発を実施。我が国では真空管を用いた高出力増幅器開発に先行して着手し差異化。

要素技術の研究開発ロードマップ

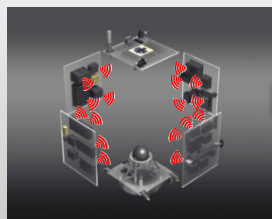


2030年の実現イメージ

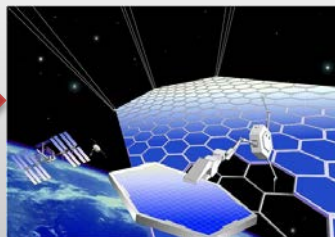
- ◆ 高周波混成半導体回路(RF HySiC)と薄型アンテナの結合により、センサデータの伝送が可能な電子細胞チップを実現。
- ◆ 衛星内部で電子細胞チップ等を用いたワイヤレス通信とワイヤレスセンサハーベスタで構成されたシステムの実用化。
- ◆ 衛星内ブロック間通信ケーブルやエンジン等のモニタリングセンサ用ワイヤハーネスを無線通信で除去し軽量化した、超小型・超軽量ワイヤレス化衛星の実現
- ◆ 複数の電子細胞チップによる搭載用宇宙通信集積化アレーアンテナを側面に数か所張り付けることにより、通信死角のない衛星ー地上間通信の実現
- ◆ 軌道上や月でのスペースファクトリーで組み立てることにより、受注から軌道投入の期間の大幅な短縮と低コスト化を実現する超小型ワイヤレス化衛星の実証。
- ◆ ナノRFによるハードとセキュリティソフトによる高い信頼性を備え、テラヘルツ通信システムを構成する超小型衛星コンステレーションの高精度電波追跡フェーズドアレーアンテナシステムの構築。



ワイヤレスで接続可能な電子細胞チップのイメージ



衛星機能モジュールのワイヤレス化

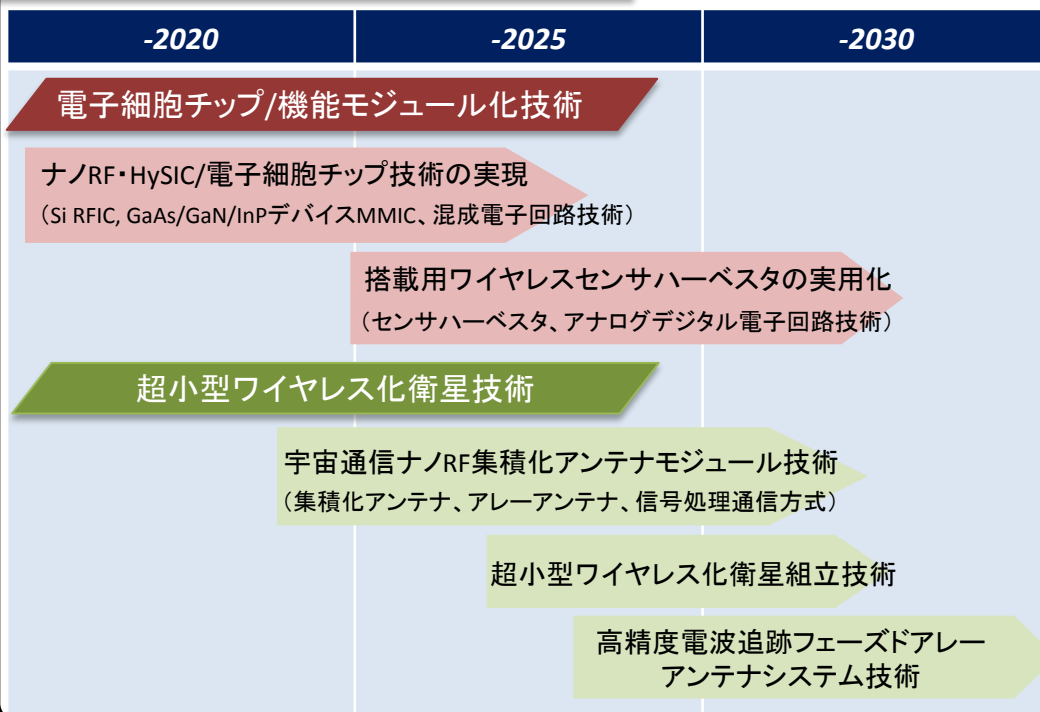


月面工場、軌道上での超小型衛星組み立て

諸外国の動向

- ◆ ナノRFエレクトロニクスを用いた高周波GaN及びシリコンRFIC(高周波集積回路)を搭載した超小型衛星の開発は、各国がしのぎを削っている状況(GaN・MMIC(仏UM-S)、ミリ波テラヘルツのシリコンRFCMOS(台湾TSMC)等)。
- ◆ 各種要求を満足する適応性の高い電子細胞チップの研究開発はないが、異種半導体集積回路を接合する技術は、米国(DARPA・COSMOS計画等)においてプロジェクトを進行中。
- ◆ 中国は2015年、Wi-Fiを用いた搭載センサ間の無線ネットワーク接続成功を発表。
- ◆ 米国が2013-2014年にかけて、ISS内でコイルを用いた電力伝送実験(DOD SPHERES-RINGS)に成功したことを発表。

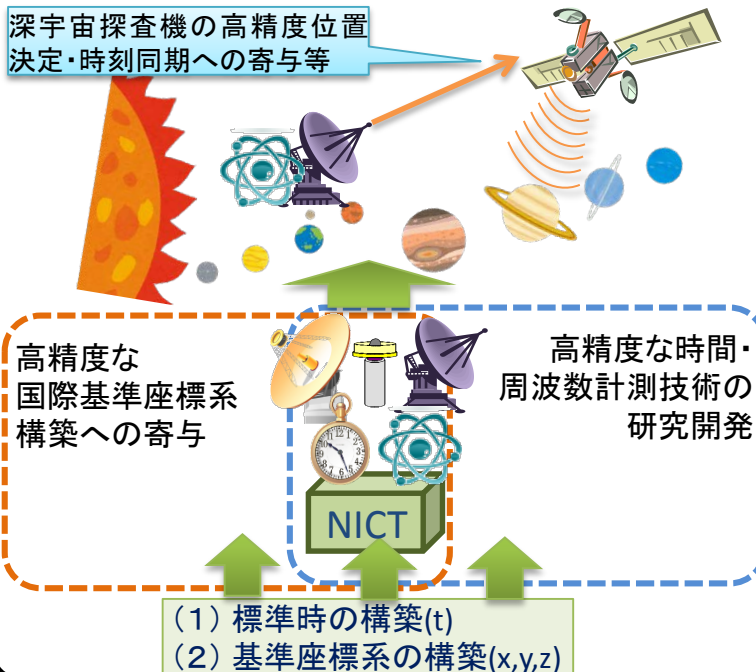
要素技術の研究開発ロードマップ



2030年の実現イメージ

- ◆ 現行セシウム原子時計の精度を大幅に凌駕する「光原子時計」が国際基準となる。(光原子時計: 光の領域に固有振動数を有する原子が発した電磁波で時間を計測する装置)
- ◆ 光原子時計を活かす時空計測基盤技術(光原子時計運用の自動化、高精度に周波数を比較・伝送するためのグローバルリンク技術等)の確立。
- ◆ 月軌道以遠、火星、ラグランジェ点等、深宇宙における探査・観測・通信活動への高精度時刻・位置決定に寄与。
- ◆ 低軌道衛星を用いた低遅延通信ネットワークにおける高精度時刻同期の実現。

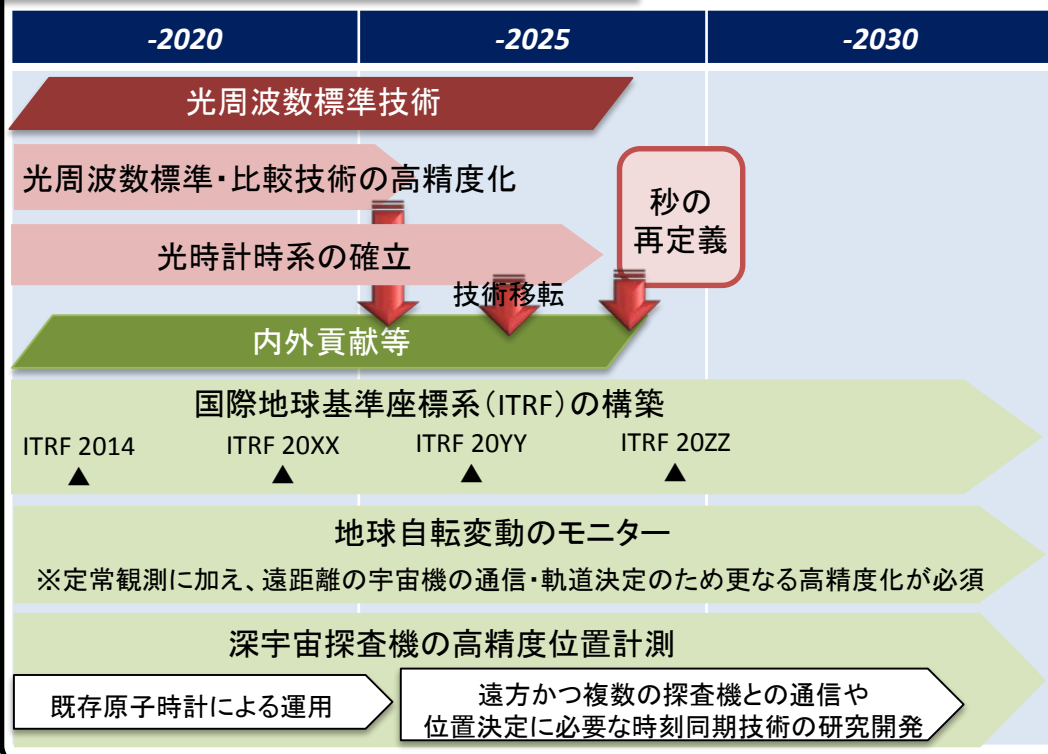
深宇宙探査機の高精度位置決定・時刻同期への寄与等



諸外国の動向

- ◆ 光周波数標準は現行のセシウム標準を一桁以上、上回る精度を実現しており、2025年頃の秒の再定義が有力視
- ◆ 光周波数標準を世界中で共有する光時系構築のため、各国の研究機関において潮汐等、動的な重力効果を校正する方法を模索中
- ◆ 各国機関で光周波数標準を用いた高精度重力測定の研究開発が進行中
- ◆ ISS搭載マイクロ波原子時計を利用する高精度周波数比較ミッションACESが遂行中(日本からはNICTが代表機関として参画)

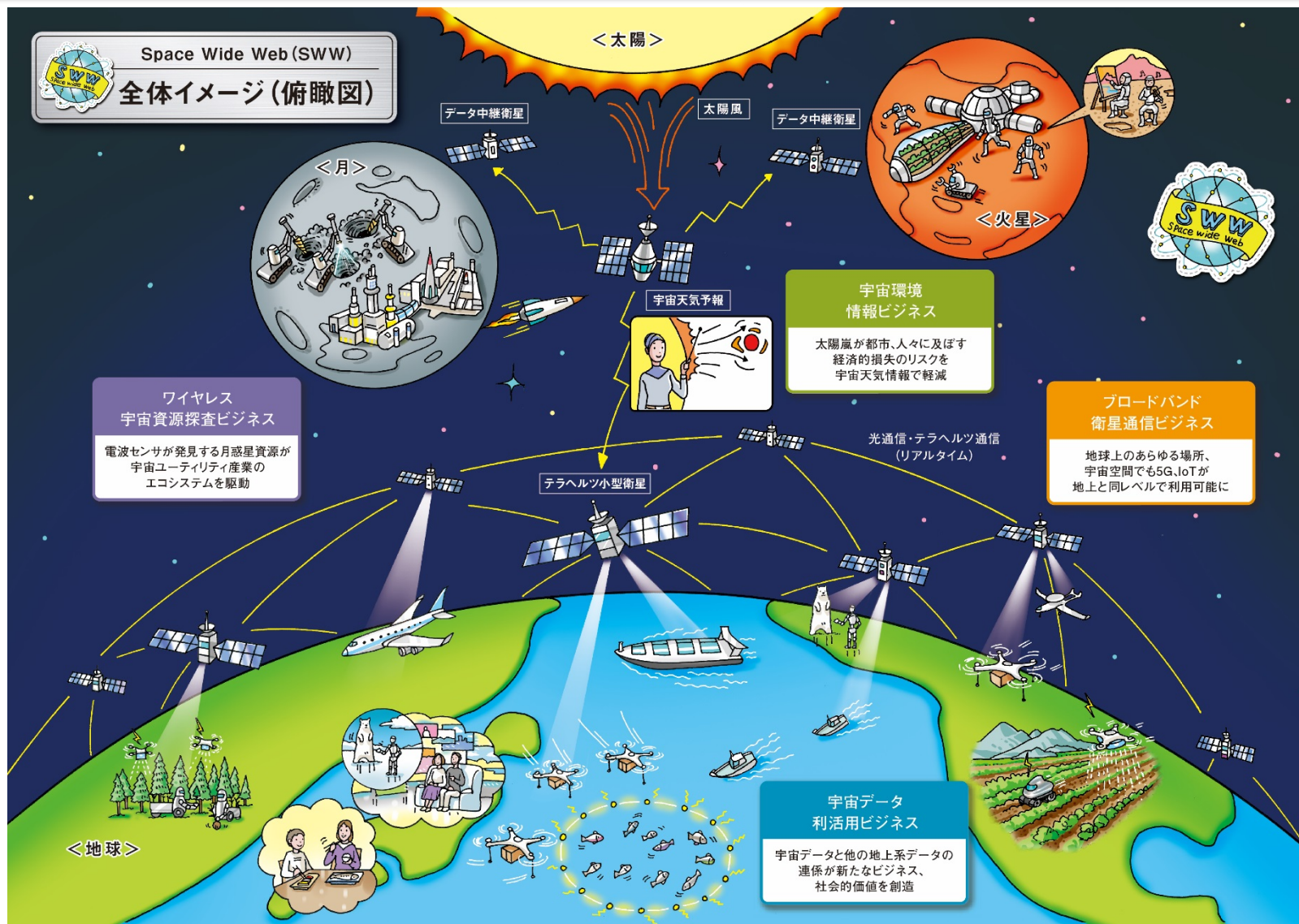
要素技術の研究開発ロードマップ

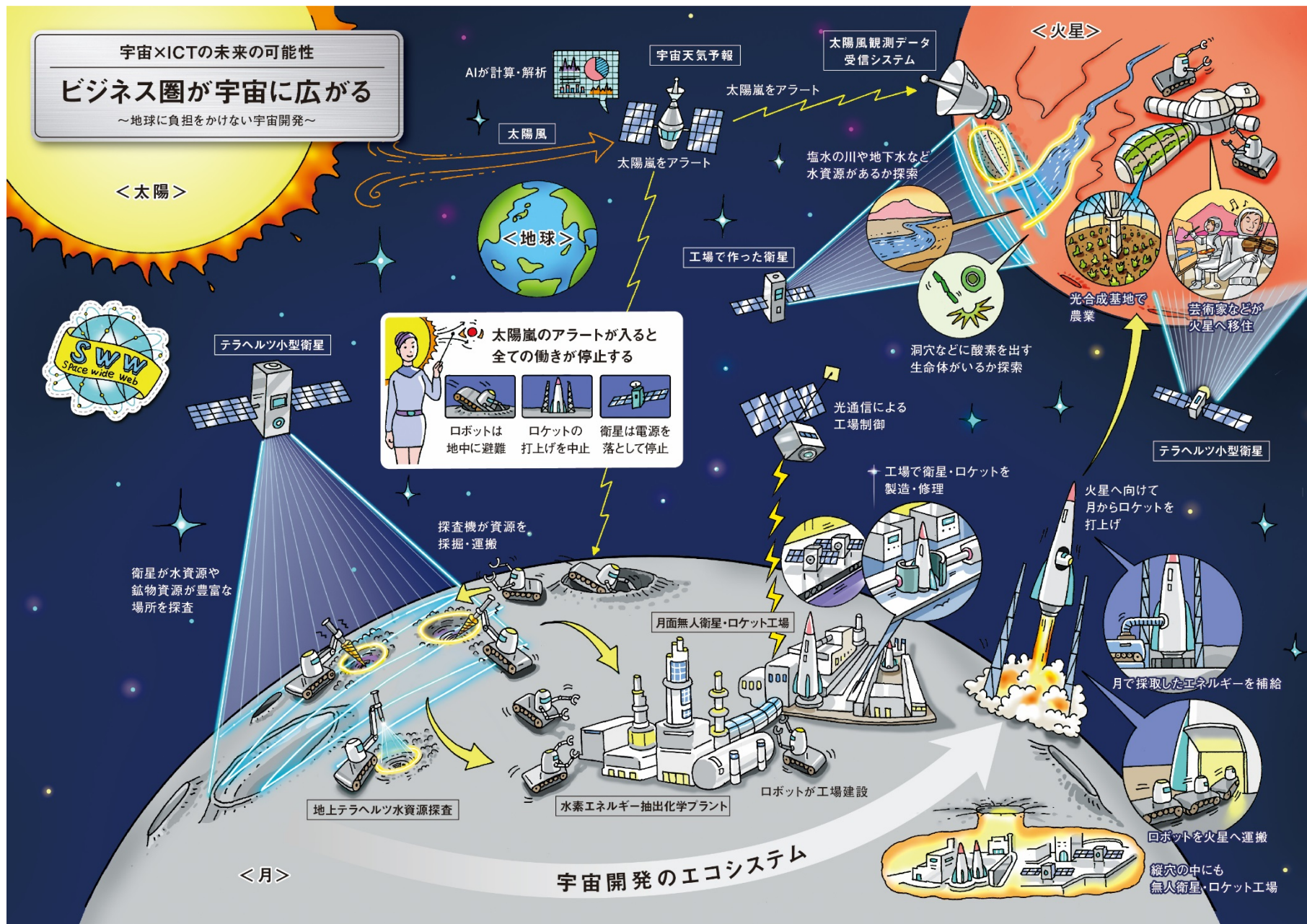


第4章

宇宙 × ICTがもたらす私たちの近未来社会 ～2030年における宇宙 × ICTの社会的・経済的効果～

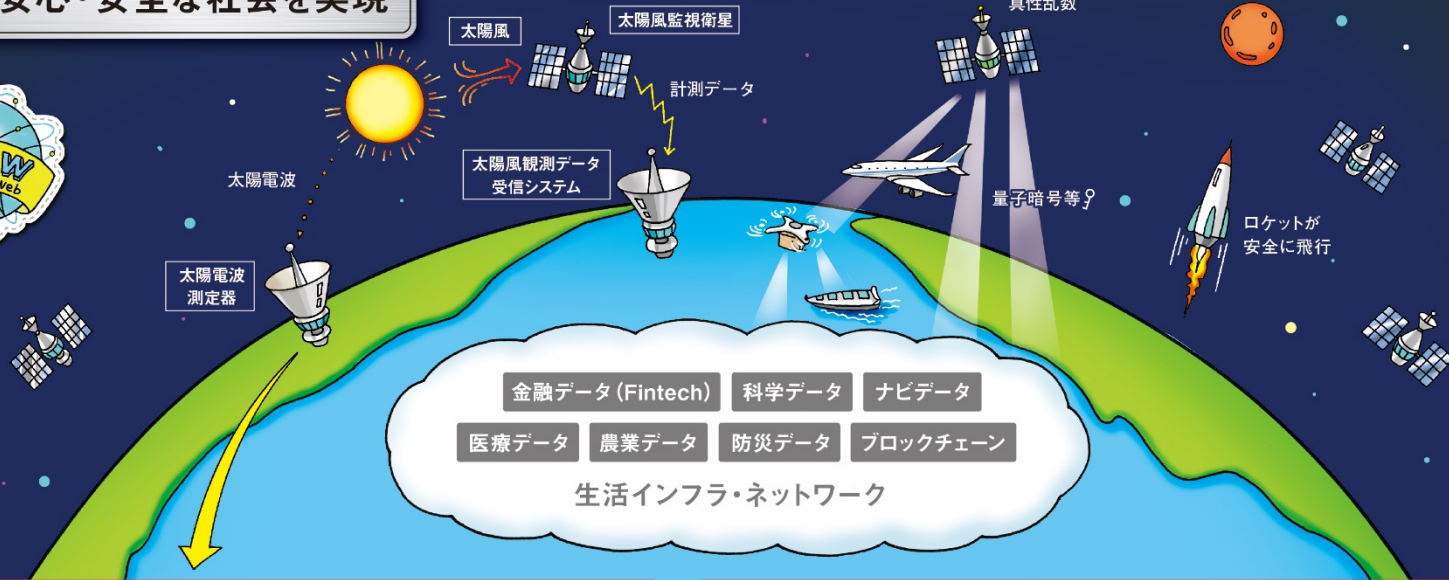
- ◆ 宇宙×ICTの社会的効果について、一般のユーザの立場から「私たちの生活がどのように変わるか」をイラストにより表現。





宇宙×ICTの未来の可能性

宇宙で安心・安全な社会を実現



太陽嵐のリスク

<日常的リスク>



正確な位置が分からなくなる。

AIを用いて
宇宙天気を
予測することで

リスクを予測できるので
事前に対策ができる。



安全に運行できる。

<大災害リスク>



東京全体が停電になりネットワークやインフラが
全て止まる。物流が止まり、食料が無くなる。



事前に物流が行き渡り備蓄できる。
早めに避難ができる。

サイバー攻撃のリスク

通信や測位に
対するジャミング
(電波やレーザー光の照射)



サービス不能攻撃



携帯電話、
スマートフォン、
衛星放送が
使えなくなる。



気象観測が
できなくなり、
天気予報が
わからない。

盗聴、改竄、
制御の乗っ取り



攻撃者に
ハッキング
されてしまう。

衛星通信を
暗号化

情報セキュリティ対策
(量子暗号等)により、
安全性が向上する。



ユーザーが怯えず
安心して暮らせる。



宇宙×ICTの未来の可能性

宇宙技術で人流・物流が変わる

大容量高速通信衛星／測位衛星



光通信

衛星による精密測位と通信（光通信）により
船舶や飛行機、UAVを無人で制御

山間部や海洋上、離島でも衛星を通じた
大容量高速通信や測位が常時利用可能

正確で
時間分解能の高い
測位時刻情報

準軌道飛行機を使って
日本食を海外へ高速輸送
（一度宇宙空間へ飛び出し、
日本とニューヨーク間を
30分で行き来する）

山間部でドローン
を使って人命救助

山間部の農産物を自動で収穫、
リアルタイムで販売・出荷

海上へ
UAVを使って
物資を運搬

海上でも地上と同様の
環境でリアルタイムで
パーソナル動画を視聴

離島へUAVを使って
薬（救急医療）を輸送

離島から特産品（物産）を
リアルタイムで販売・出荷



宇宙×ICTの未来の可能性

宇宙技術で自動運転生簀が始まる

大容量高速衛星通信による
生簀状況の伝送

テラヘルツ小型衛星

衛星が気象や海上の状況を
モニタリング

AIが解析・予測

AI×ビッグデータ

衛星リモセンデータ、海上・海中データ

赤潮の発生や
餌が豊富な
領域の予測

魚の生態の実態把握

漁業管理
(魚の生態系を知ることによって乱獲を
防ぎ、生産量をコントロール)

購入した魚は生簀から
自動で出荷

太平洋の無人生簀

生簀の位置を衛星から
受信し、移動

スーパーでは生簀の中の様子が
映し出されており、そこから魚が選べる。
レシピや魚の情報なども得られる。



購入した魚はドローンで
直接食卓へ

衛星から海上のブイを操作し、
ブイから出る微弱電流を利用し
魚を移動させる。
(C 炎重工株式会社)

赤潮

衛星による精密測位と通信(光通信)により
船舶やドローン、海上ブイ等を無人で制御

宇宙×ICTの未来の可能性

宇宙技術で世界中がマイ農園

大容量高速通信衛星

気象や森林・農作物
生育状況のモニタリング

AIが解析・予測



衛星を経由して
ロボット・ドローンで
遠隔栽培

森林の実態を把握するための
リモートセンシング

大容量高速通信衛星

衛星を介して、世界中がマイ農園・森林に
自宅から遠隔農業・森林業が可能

AI×ビッグデータ

衛星データ・IoTデータ・SNSデータ



収穫時期、
収穫量の予測
森林育成マップ
の作成

UAVで配達
(衛星測位を利用
して自律制御)

<マイ農園>

最適なタイミングで
ロボットが自動で収穫し、
UAVで配達

衛星を介して、
林の状況を確認

植林を指示

過疎地にある林に
ロボット・ドローン
を利用して植林

衛星を介して、自宅に居ながら
8Kホログラムで遠方の農地を見学。
作物の大きさや現地の状況を
確認しながら、農作物を選んで購入。

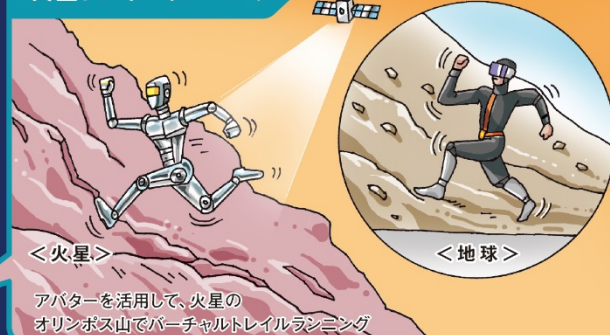
<イタリアのマイ農園>

宇宙×ICTの未来の可能性

宇宙でエンタメ・スポーツ・観光が変わる



火星トレイルランニング



火星アイドル



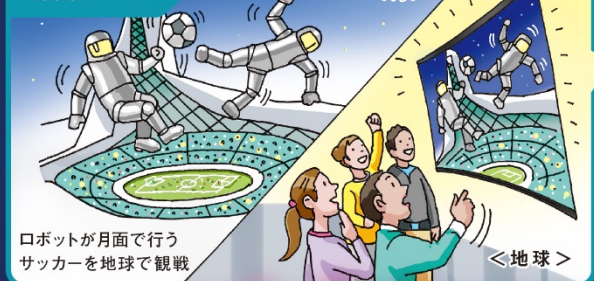
バーチャル観光



月面アミューズメントパーク



月面サッカー



宇宙結婚式



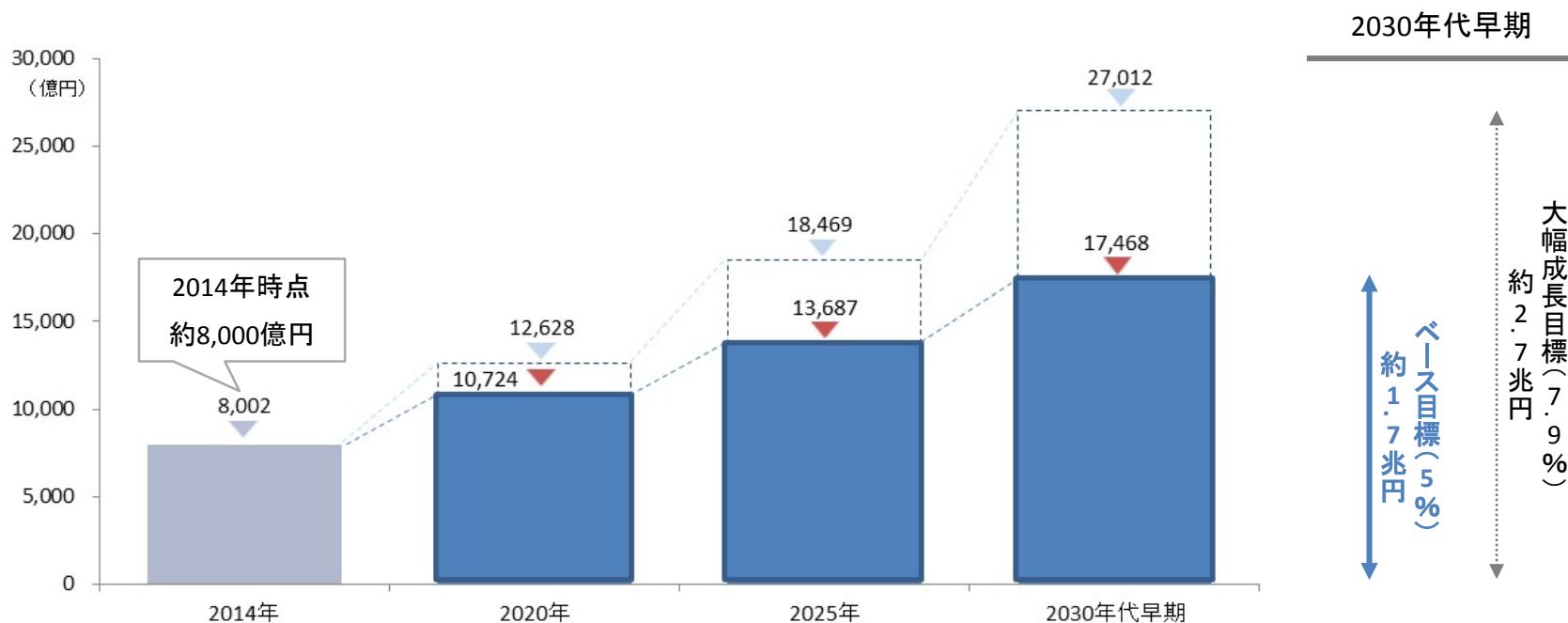
宇宙×ICT市場規模予測

- ◆ 既存の宇宙×ICT分野は、2030年代早期において、ベースとなる将来目標を約1.7兆円と想定する。
- ◆ 2030年代早期まで緩やかな成長だった場合は約1.3兆円、大幅な成長となった場合は約2.7兆円の将来目標が想定される。
- ◆ 新規市場である「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」は約1.5兆円、「宇宙環境情報ビジネス」は約1,650億円の市場が、潜在的な将来目標として想定される。

宇宙×ICT分野の将来目標（2030年代早期）

※ブロードバンド衛星通信ビジネス、宇宙データ活用ビジネスを合算した数値を記載

既存の宇宙×ICT分野



+

ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス：
約1.5兆円

宇宙環境情報ビジネス：
約1,650億円

（参考数値）

新規創出を
目指す分野

第5章

宇宙 × ICT総合推進戦略 ～実現方策に関する提言～

- 宇宙×ICTが日本再興戦略に掲げられた名目
GDP600兆円の目標達成に資するよう、新たなビジネスやイノベーション創出につながる事が重要

新ビジネス・
イノベーション
創出

- 我が国が国際的に優位に立つ技術への開発リソースの集中、他国との連携、協力が必要な分野の見極め等、国際展開を円滑に進めるためのグローバル戦略に基づく研究開発が重要

グローバル
戦略

オープン性
確保

- 非宇宙関係者による宇宙×ICT関連ビジネス・アプリケーションの迅速な開発を促進する観点から、オープンイノベーションを可能とする環境の確保が重要

安心・安全性
確保

- 今後、一般のユーザが広く宇宙×ICTサービスを利用することが想定されることから、セキュリティ確保など、ユーザの安心・安全の確保が重要

社会的課題
の解決

- 資源・エネルギー問題、食の安全、地域格差、高齢化社会など、我が国に顕在化する社会的課題の解決に資するビジネス・サービスの提供が可能なのが重要

宇宙データ利活用推進戦略

- ◆ NICTテストベッドを活用し、宇宙データと多様なデータを連携、処理するオープンな環境を提供。
- ◆ 市民サイエンスの仕組みで宇宙データの処理機能の提供と効果的な性能改善のエコシステムを構築。
- ◆ 本スキームの立ち上げ時には、まず試行的に取り扱う宇宙データ、IoTデータの分野の絞り込みを行った上で、機能の具体的検証や課題・改善点の抽出を行うことが適当。

利用者の フィードバック

- プログラムの研究・ビジネスでの利用方法、課題等を開発者が受け取る仕組みを提供
- 無償・有償利用者の使い勝手を向上させるための処理プログラムの改良

- 新ビジネス・イノベーション創出に有望と考えられる宇宙データの処理プログラムに関する課題設定
- 宇宙データの入手・アクセス先を提示

課題設定・ データ確保

処理プログラムの 公開

- プログラムソースコードは広く一般公開され、誰でもオープンアクセス可能な状態を維持
- ただし、開発者が利用者に対し、プログラムの有償利用の許諾も可能とする

- 設定された課題を処理するプログラムを広く一般の研究者や市民が開発し、提案することができる環境を提供

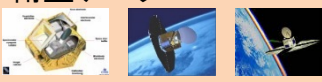
宇宙データ 処理プログラム 提案

日本上空を観測する 静止衛星データ



GEO KOMPSAT /GEMS ひまわり8号 /AHI

欧州Copernicus 衛星データ



Meteosat/IASI SMR OSIRIS

米国 NASA, NOAA 衛星データ



Aura/OMI Aura/TES Aura/MLS

IoTデータ



小型PM2.5センサ

地上データ



ライダー SKYNET等

世界に分散しているデータ
に必要なに応じてアクセス
(データをためない)

テストベッド環境

知財、導出過程の共有



異分野データ関連
分析などのAI技術

インテリジェント化



- 市民、自治体、企業、研究者等が参加し、地域の環境問題対策の集合知を形成
 - クラウドソーシングによるデータ収集(環境データ、被害データ等)とデータ高度化解析
 - 我が街に特化した予測モデルの研究開発
 - 皆で協力して課題を分析、対策を実施し、結果を共有。改善や横展開につなげる

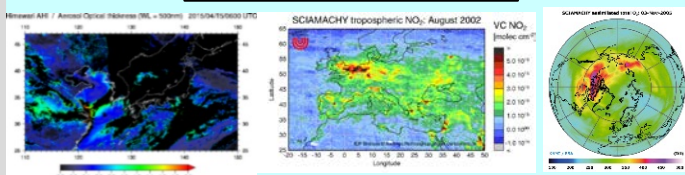
<データ>

衛星観測データ

日本・アジア 欧州Copernicus 米国 NASA, NOAA



衛星高次処理データ

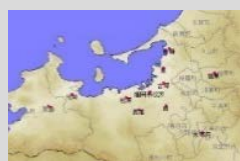


エアロゾル

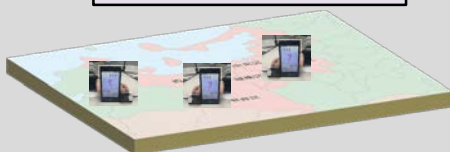
NO₂

O₃

定点IoTデータ



動的モバイルIoTデータ

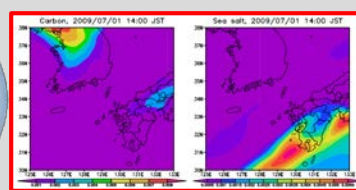
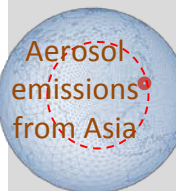


ソーシャルビッグデータ

- ・ 交通データ、診察データ、経済データなど

<データインテリジェンス化>

数日後の大気クオリティ
(汚染状況など)を予測



大気汚染物質
分布データを
健康指数に変換

生活への影響を予測

<新たな価値創造>

おいしい空気アプリ
大気汚染と健康アプリ



個人の健康管理
自主予防

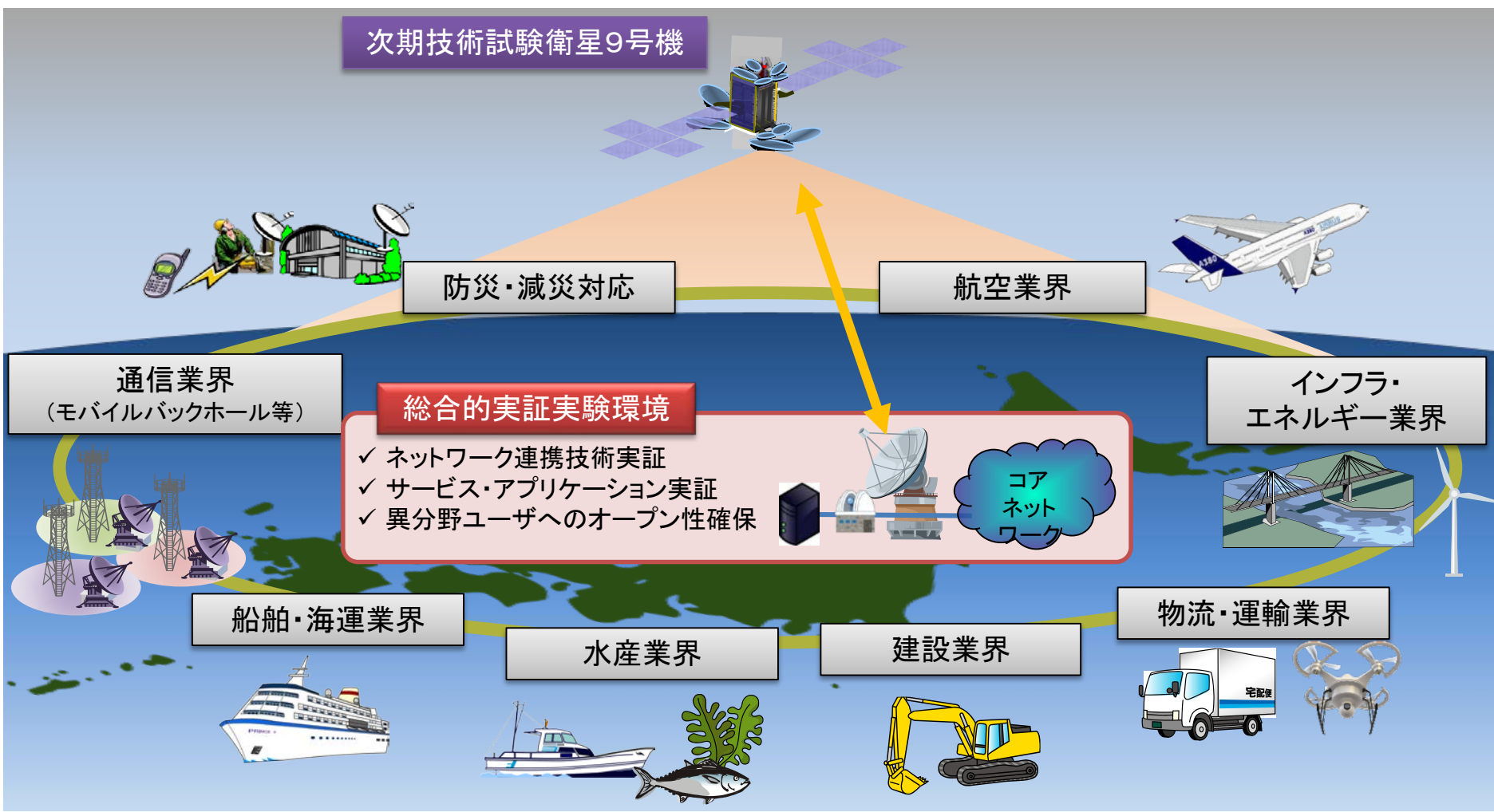
応急処置

- ・ マスク着用
- ・ 窓閉め
- ・ 洗濯物の取込み

事前対策

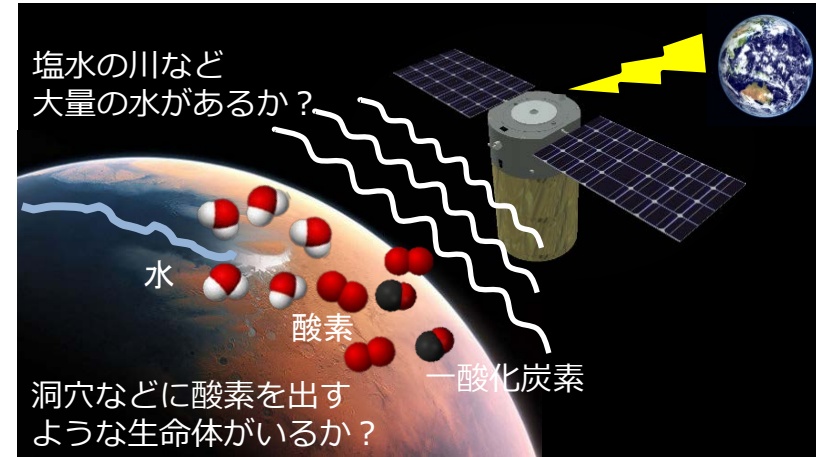
- ・ 病院における薬剤調達
- ・ 対策グッズの仕入販売調整
- ・ おいしい空気の健康旅行

- ◆ 伝送速度、端末数、アプリケーションが多様に混在するIoT・5G端末群を適切に收容し、制御するためのブロードバンド衛星通信ネットワーク管制技術を開発。
- ◆ 5G、IoTとブロードバンド衛星通信ネットワークとの連携に関する技術検証及びサービス・アプリケーション実証を実施するためのオープンな環境を整備。



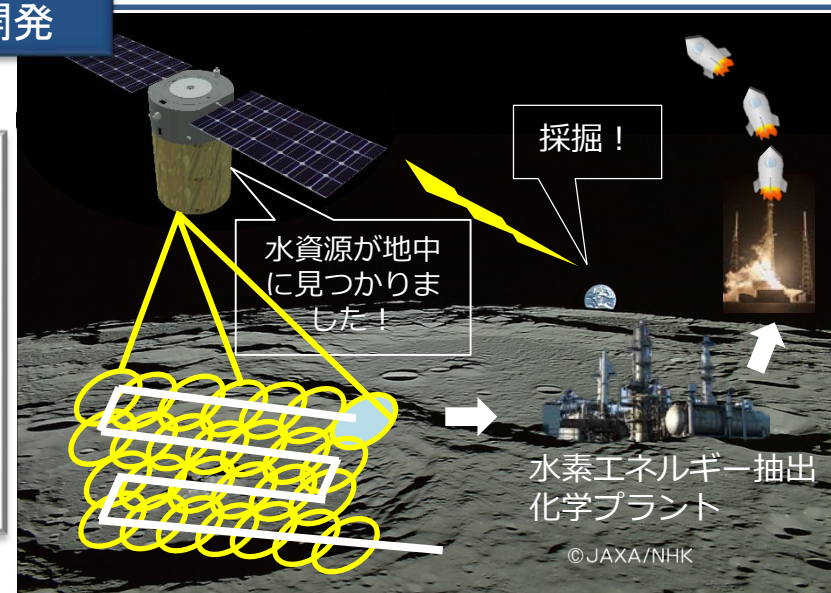
火星探査用超小型探査機の開発プロジェクトの推進

- ◆ 現在、関係機関において検討が進められている火星探査用超小型衛星の開発プロジェクトについて、着実に推進。
- ◆ NICTは、水、一酸化炭素、酸素の同位体を検出し、かつセンサーの小型軽量化を実現可能なテラヘルツパッシブセンサーの開発を推進。
- ◆ 2020年打ち上げを目指す。



宇宙資源探査用テラヘルツアクティブセンサーの研究開発

- ◆ 月面、小惑星、火星等におけるより効率的な資源探査を可能とするためのセンサーの研究開発に取り組む。
- ◆ 地表面から数cm～数10cm程度地中に存在する水資源等の検出や、より広範囲での探査、検出を可能とするテラヘルツアクティブセンサーの研究開発を目指す。

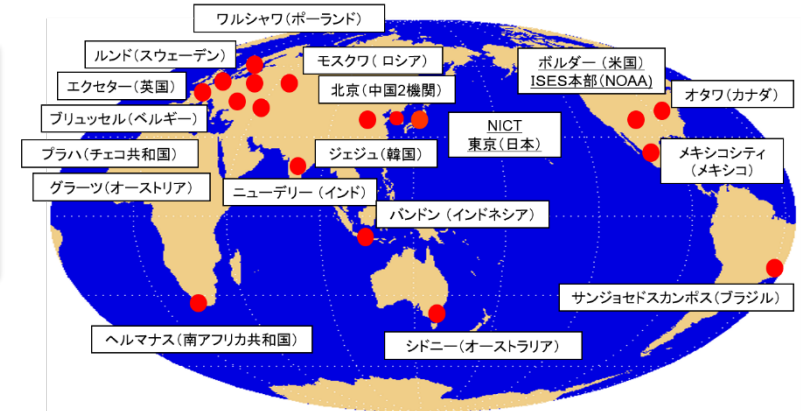


ICAO宇宙天気センターの国内設置

- ◆ 2020年以降、世界の数カ所に設置が見込まれるICAO宇宙天気センターの我が国への設置については、ICAOの関係会議における宇宙天気センターの検討の動向を注視しながら、戦略的に対応。

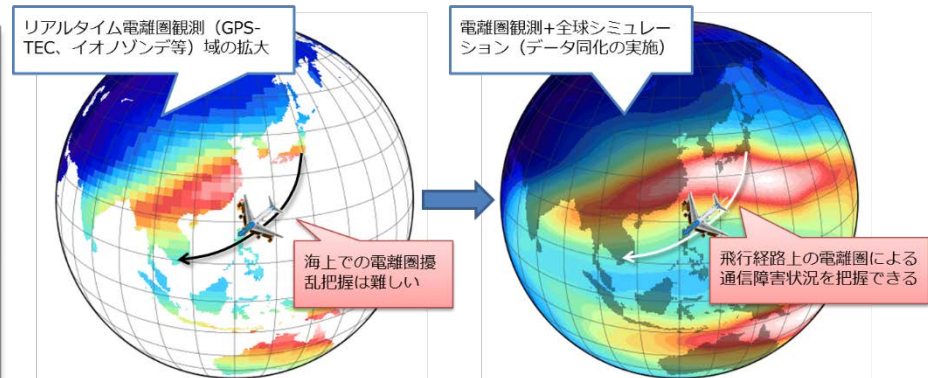
国際協力による宇宙天気予報推進体制

ISSES: 国際宇宙環境サービス(18カ国が加盟 ESAがCollaborative Expert Centerとして参加)



低緯度海域の電離圏モデル予測技術の研究開発

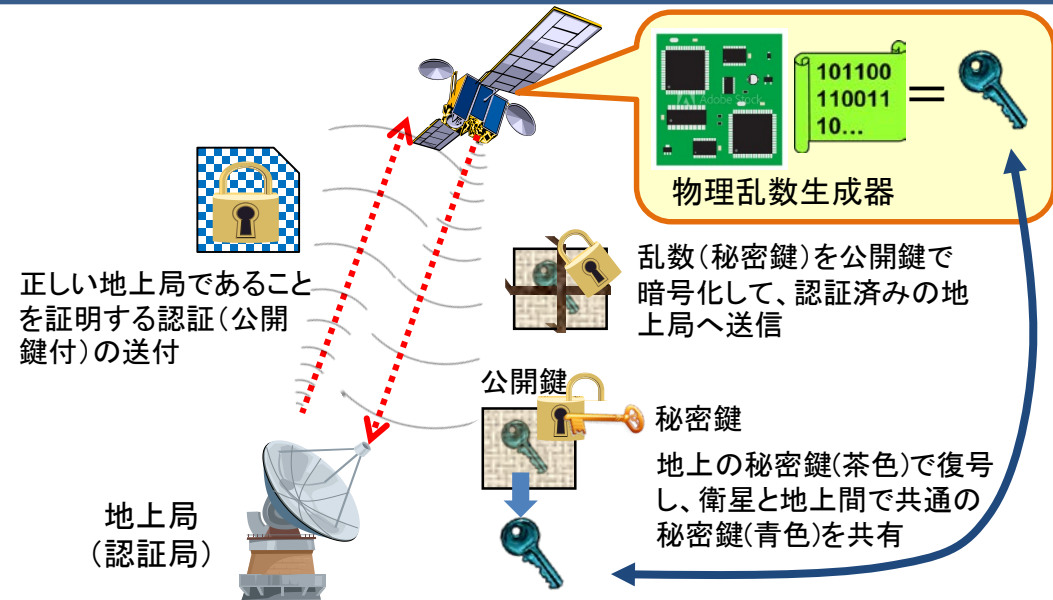
- ◆ 低緯度海域における衛星測位の精度向上に資する電離圏モデルの予測技術の研究開発を推進。
- ◆ AIを用いた観測データの同化による電離圏モデルの作成技術の開発等。
- ◆ 高精度測位サービスを活用した新ビジネスのアジアを中心とした海外展開戦略を検討。



- 全球モデルとの融合により、電離圏観測の空白領域を埋めることが可能となる。
- 観測データを同化することにより、全球モデルの再現精度が向上する。

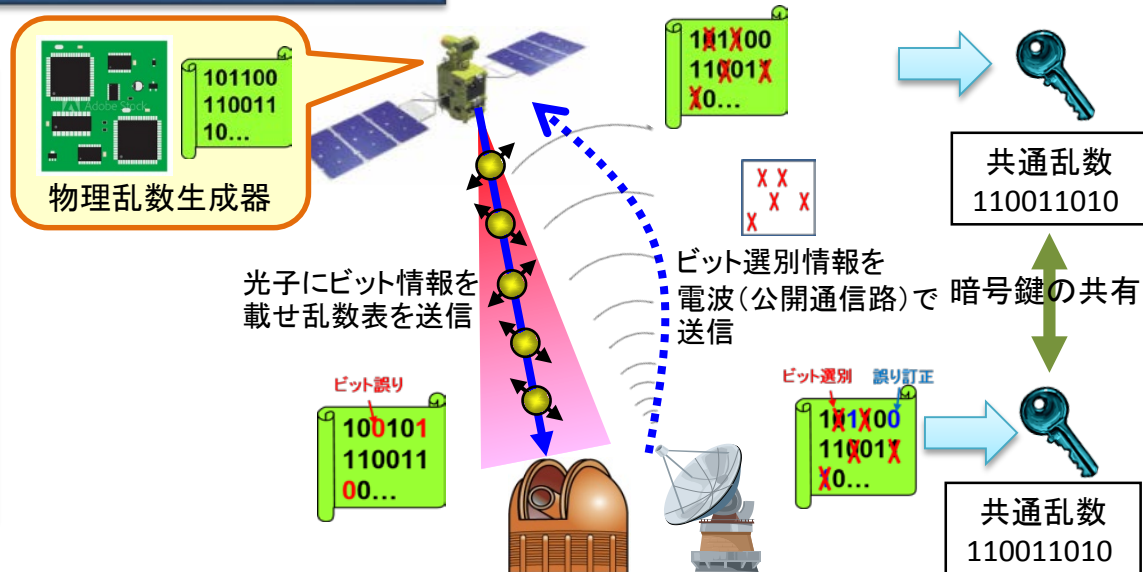
衛星通信用暗号技術の研究開発

- ◆ 衛星搭載に適した、安全性と軽量実装性を両立可能な暗号方式の研究開発を実施。
- ◆ 認証局の運用と安全性危殆化を防ぐためのセキュリティアーキテクチャの研究開発を実施。



大容量・高秘匿な衛星光通信プラットフォーム技術の研究開発

- ◆ 衛星で生成された真性乱数を情報漏えいすることなく地上局へ伝送し、安全な暗号鍵を蒸留する量子暗号技術の研究開発を実施。
- ◆ 衛星・地上局間で共有した安全な暗号鍵を用いて、大容量・高秘匿な衛星光通信を行うプラットフォーム技術を実証。



第6章

宇宙 × ICTの着実な推進に向けて ～推進ロードマップの策定～

宇宙×ICT総合推進戦略ロードマップ

43

