

宇宙^{バイ}×ICTに関する懇談会
報告書

～ ICTが巻き起こす宇宙産業ビッグバン ～

平成29年8月8日

宇宙^{バイ}×ICTに関する懇談会

はじめに

我が国の宇宙利用は、CS・BSを用いた衛星通信・放送分野や、気象観測をはじめとした地球観測分野や衛星測位分野などで発展しており、その恩恵は日常生活の隅々まで行き渡っている。また、宇宙利用により、他の方法では代替不可能な情報が我々にもたらされていることは、本年の準天頂衛星「みちびき2号」の打上げと相まって、より多くの人々が認めるところとなった。

近年、ICT（情報通信技術）の発達及びその利用の拡大・浸透により、情報が世界規模でネットワーク化され、イノベーションの発生頻度やインパクトが増加している。例を挙げれば、全世界の膨大なデータベースにおける情報の収集・提供、航空機等交通機関のチケットの予約・購入、業務上の連絡や発注・納入、遠隔地の状況の監視・制御など、ネットワーク化とそれによるイノベーション以前の時代からは考えられない程、ICTは人々が生活する上で欠かすことのできないものとなっている。かつては、宇宙とともにフロンティアであったICTは、地球上で急速に進化を遂げ、ついには宇宙というフィールドにおいても、ビッグデータやAI（人工知能）、IoT（モノのインターネット）や低消費電力通信技術等と協調することにより、新たなサイエンスやビジネスの創造主となりつつある。

これまでの宇宙開発は、政府主導により着実にその領域が拡大・深化されてきた。今世紀に入り、多数のベンチャー企業や非宇宙系企業がビジネスとして宇宙分野に参入することにより、多数の小型衛星による協調システム（コンステレーション）や惑星への探査・移住といったダイナミックかつ近未来的なプロジェクトが次々に形成されつつある。

また、宇宙関連二法^{*}が第192回臨時国会（平成28年）において成立したほか、政府においては、産業界の力が宇宙ビジネスに本格参入するための環境整備に取り組み始めている。宇宙開発戦略本部／宇宙政策委員会が2017年5月に公表した「宇宙産業ビジョン2030」においては、宇宙産業が第4次産業革命を進展させる駆動力として期待されており、宇宙技術とビッグデータ・AI・IoTとを結節するイノベーションを起こすことなどにより、宇宙産業の市場規模1.2兆円を、2030年代早期に倍増する構想が提示されている。

※「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律」（宇宙活動法）及び

「衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律」（衛星リモートセンシング法）

このような状況下で、実際に、宇宙利用に先駆的なイノベーションをもたらし、宇宙産業を活性化するためには、ICT分野の先端技術・基盤技術を積極的に活用した革新的アプローチが必要となっている。そのため、ICTを活用した宇宙利用のイノベーション、すなわち“宇宙×ICT”の具現化が期待されているところである。

本懇談会は、我が国における戦略的な宇宙利用のイノベーション創出をめざし、宇宙×ICTがもたらす新たな社会像やその実現方策等について、長期的な観点から検討を行うことを目的に議論を重ねてきた。

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～

1-1 国内外における宇宙市場

今から丁度60年前の1957年、旧ソビエト連邦が世界初の人工衛星「スプートニク1号」の打上げに成功したことにより、人類の宇宙開発の歴史が幕を開けた。その13年後の1984年5月12日（日本時間）、世界初の直接受信衛星放送が我が国で開始された。それ以来、日本を含め世界各国で数多くの衛星が打ち上げられ、宇宙がビジネスの場として大いに活用されるに至っている。

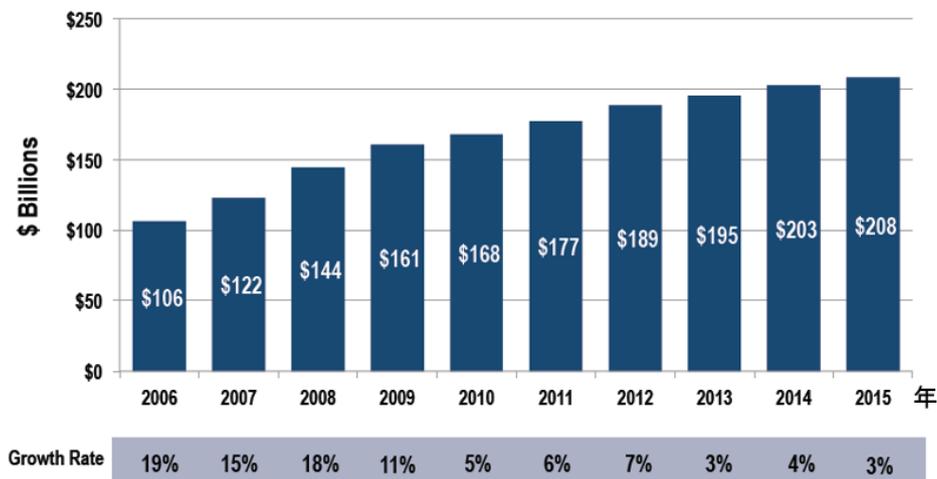


出典：JAXAのウェブサイト

図1-1 世界初の放送衛星「BS-2a」

1-1-1 世界の宇宙関連市場

米国衛星産業協会（SIA：Satellite Industry Association）が公表している2016 State of the Satellite Industry Reportによると、世界の2015年における宇宙産業の市場規模は2,083億ドル（約23兆円：1ドル110円換算。以下同じ。）、10年で2倍以上に拡大しており、宇宙産業は成長産業と言える（図1-2）。



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

図1-2 世界の宇宙産業の市場規模の推移

タ活用やアプリケーション開発を促進することを目的として、API¹による公開も行われている。

② NOAAのビッグデータプロジェクト

2015年4月、NOAAは、1日あたり20テラバイト生成される衛星からの気象データについて、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た。同プロジェクトにおいては、米国ICT企業等5者（アマゾン社、グーグル社、IBM社及びマイクロソフト社並びにオープンクラウドコンソーシアム）との連携が発表されている。

プロジェクトの具体的な進捗状況としては、2016年12月現在、アマゾンのクラウドプラットフォーム「AWS」において、NOAAの次世代気象レーダ網（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&フリーで提供されている。

③ 衛星画像を用いたサービス

Orbital Insight社は、衛星画像をAIによって解析し、マーケティングや戦略立案に利用できるよう付加価値の高いデータに加工して提供するサービスを行っている。

例えば、衛星画像からスーパーマーケットやショッピングモールといった店舗を判定し、それらの店舗の駐車場に、いつ、何台の車両があったかをリアルタイムで測定し、どのような業種に集客力があるか、季節ごとにどのような変動があるかといった情報を提供するというものである。また、石油タンクに関する衛星画像を解析することにより、石油タンクの場所、規模等のデータベースを整備することに加え、個々の石油タンクの貯蔵量を推定することにより、貯蔵総量やその時間的变化を算出するというサービスも行っている。

¹ API (Application Programming Interface) ソフトウェアやアプリケーションが持つ機能の一部を外部のソフトウェアやウェブサービスから簡単に利用できるようにしたインターフェース。APIによって提供されている機能は自分で開発する必要がないことから、プログラムの開発を省力化することが可能。

は、名古屋大学宇宙地球環境研究所をはじめとする大学において進められている。

2015年には科学研究費補助金新学術領域において、「太陽地球圏環境予測（PSTEP）」（研究代表者：草野完也教授（名古屋大学））が採択された。これにより、基礎研究と現業予報業務との間の連携が更に進むものと期待される。

2-4-5 国際的取組

国際機関としては、先述したISESのほかに、近年、世界気象機関（World Meteorology Organization: WMO）が宇宙天気を気象の一環として取り扱うことに意欲を見せている。2010年には、暫定的な組織としてICTSW（Interprogramme Coordination Team on Space Weather）を立ち上げ、WMO情報システム（WMO Information System: WIS）での宇宙天気情報の流通等を中心に検討を進めている。ICTSWは2017年にはWMO内の定常組織としてIPT-SWeISS（Inter-Programme Team on Space Weather Information, Systems and Services）に改組され、20各国の参加で活動を開始した。

また、国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization: ICAO）は、航空運用に用いられる気象情報として宇宙天気情報を取り入れることを検討している。

これは主に、極域航路が増大する中で宇宙天気現象による短波通信、衛星測位及び被ばくのリスクを回避することを目的として検討されている。現在、運用コンセプト（Concept of Operation: ConOps）及び航空運用に使用される気象情報を規定している第3付託書（Annex3）の改定に向けて、検討が進められている。本件が承認された際には、我が国を含むICAO加盟各国の国内法改定を経て、多くの国で宇宙天気情報を航空運用において利用することが義務化される。また、これら航空機関に対して提供すべき情報の種類や、情報提供機関の要件なども現在検討が進められている。

国連本体においては、宇宙空間平和利用委員会（Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: COPUOS）において、宇宙天気についての議論が進められている。

第3章 新たな価値を創造する宇宙×ICTの重点4分野とこれらを支える基盤技術 ～重点4分野のビジネスの実現イメージと課題～

3-1 宇宙×ICTの重点4分野のビジネス

通信衛星ビジネスやリモートセンシング衛星ビジネスは、従来の主要なICT関連の宇宙産業と言える。これらのビジネスについては、第1章及び第2章で述べてきたとおり、国内外において、非宇宙系企業やベンチャー企業による参入などにより、従来からのサービスに加えて、新たなサービスやビジネスの創出の動きが拡大しつつある。さらに、宇宙資源探査ビジネスや宇宙天気予報などの宇宙環境情報ビジネスについても、現時点において市場として立ち上がっていないものの、諸外国の政府関係機関による制度整備や、国内外の非宇宙系企業やベンチャー企業による出資参入の動きが始まっている。

以上の状況を踏まえ、2030年において、宇宙×ICTにおいて新たなビジネスやイノベーションの創出が期待されるビジネス分野として、「宇宙データ利活用ビジネス」、「ブロードバンド衛星通信ビジネス」、「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」及び「宇宙環境情報ビジネス」の4分野を挙げることにする。これらの重点4分野のビジネスに対して、これらを支える基盤技術の研究開発も含め、推進に向けた課題を抽出した上で、集中的かつ戦略的な推進方策を検討することが必要である。



図3-1 宇宙×ICTの重点4分野のビジネス

らない。また、多種多様なIoTデータを横断的に利活用することにより、環境対策や健康管理、産業効率化などで高度なサービスが創出されることが期待されている。NICTでは、第4期中長期計画における実空間情報分析の研究開発として、環境や社会生活に密接に関連する実空間情報を適切に収集分析することにより、社会生活に有効な情報として利活用することを目的としたデータ利活用技術の開発に取り組んでいる。さらに、データマイニング技術の開発により、例えば、天候も加味した最適な交通経路の提案などが可能となる。加えて、これらの分析結果を実空間で活用する仕組みとして、センサやデバイスへのフィードバックを行う手法及びそれに有効なセンサ技術の在り方に関する研究開発を行うことで、社会システムの最適化・効率化を目指した高度な状況認識や行動支援を行うシステムを実現するための基盤技術を創出し、その開発・実証を行っている。

実空間情報分析技術の応用実証の1つとして、ゲリラ豪雨対策支援システムの開発に取り組んでいる(図3-4)。このシステムでは、大阪と神戸に設置されたフェーズドレイ氣象レーダを用いて、積乱雲の発達を示す渦の発生(ゲリラ豪雨のタマゴ)を早期に捉え、30分以内に地上で50mm/h以上の豪雨が発生する地域を予測しデジタル地図上に可視化する。また、河川に降った雨が流れ込む集水域やアンダーパスの位置、浸水被害が起きやすい場所を表示したり、事前に登録したメールアドレスに警戒情報を送信したりすることで、ゲリラ豪雨が降る前に警戒や対策を行えるようにしている。現在、このシステムを使ったゲリラ豪雨対策支援の実証実験を神戸市で実施している。さらに、豪雨の発生だけでなく、その結果生じる様々なリスクも予測すべく、ゲリラ豪雨早期探知と連動して交通障害などのリスクをリアルタイムに予測するAI技術の開発や、予測されたリスクを回避して目的地までの安全な経路を案内する地図ナビゲーションへの応用にも着手している。

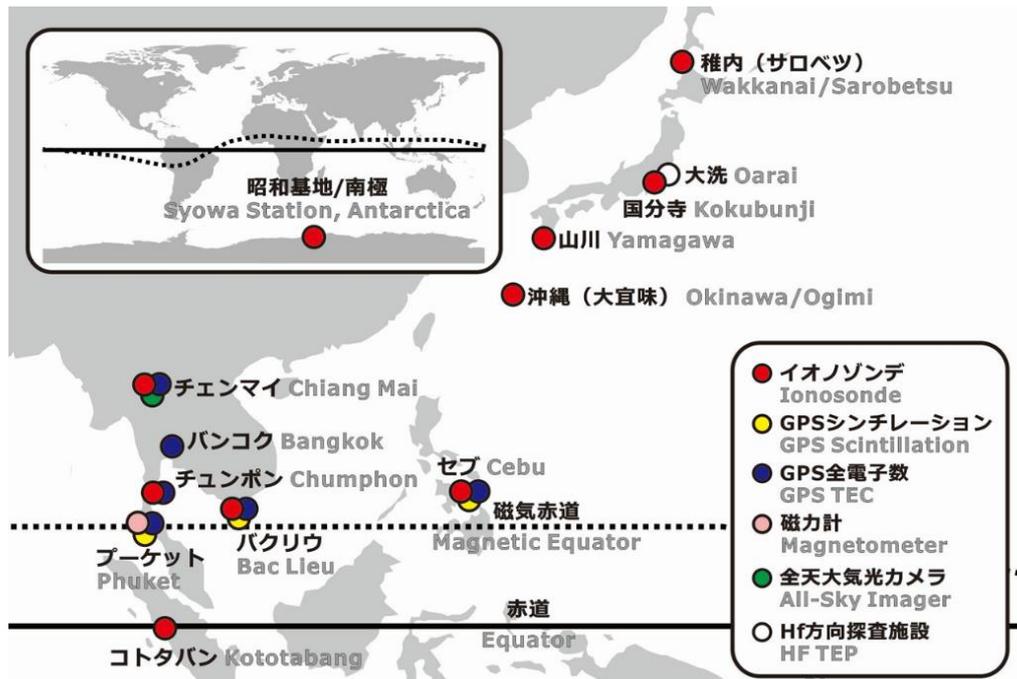


図3-14 宇宙天気観測地点

さて、高度80から1,000kmにある電気を帯びた領域を電離圏、その構造の乱れを電離圏擾乱と呼ぶ。電離圏擾乱は、衛星測位の最大の誤差要因であり、擾乱が大きい場合には利用そのものができなくなることもある。このような擾乱には、低緯度地域で問題となる現象にプラズマバブルと呼ばれるものがある。これは電離圏の中にできる空洞であり、磁気赤道（地磁気の方法が水平である場所）を中心に南北に長く延びる構造を持つ。測位衛星から放送された電波がプラズマバブルを通ると、異常伝搬を起こし伝搬遅延を引き起こすほか、ロック損失（信号強度の変動が激しいなどの理由で、地上局が衛星からの信号を捕捉できない状態）により利用できなくなることもある。

プラズマバブルの発生そのものを予測することは、現在では困難であるが、発生したものを監視し追跡する技術は開発されつつある。今後、準天頂衛星システムをはじめとする衛星測位ビジネスを、東南アジア等低緯度地域で展開する場合には、その測位精度を保証するために電離圏監視が必須のものとなる。また、現在、民間航空運用における宇宙天気情報の利用について国際民間航空機関（ICAO）において議論されているところ、低緯度地域でのプラズマバブルの影響は大きく、その監視及び追跡が重要な要素となる。

3-5-2 2030年の実現イメージ

現在、ICAOにおいて航空機の運行責任者に対して提供が義務付けられている気象情報に、宇宙天気情報を追加する検討が進展。現在の動向では、2020年代には我が国を含むICAO加盟国において、宇宙天気情報の航空運用利用が義務化される見通しである。

- ◆ 航空運用のみならず、広く電波利用者や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、宇宙機及び航空機での被ばく量推定量等）の提供。
- ◆ 準天頂衛星システム利用の海外展開が活発化。低緯度地域で発生する電離圏擾乱の正確な情報を用いることで、国内と同程度の衛星測位ビジネスの東南アジア展開が促進。
- ◆ 大規模宇宙天気災害に対する備えとして、影響を定量的に見積もるとともに、対応シナリオが関係事業者で検討されリスクマネジメントが浸透。

3-5-3 実現に向けた課題

ICAOが航空機に対して提供する宇宙関連情報の提供主体として、ICAO宇宙天気センターが世界で数か所設置される見込みである。今後のICAO宇宙天気センターの取組への我が国の貢献については、関連する国際動向や国内検討等を踏まえ、戦略的に対応することが必要である。

準天頂衛星システムをはじめとする衛星測位ビジネスを東南アジア展開する際に、電離圏擾乱や衛星測位誤差、可用性リスクを定量的に調査し、衛星測位を補完・補強することで国内と同程度の衛星測位精度を発揮するための技術開発が必要となる。また、低緯度地域における衛星測位の精度向上のために、観測点の少ない海上における電離圏観測を行う必要がある。

近い将来に発生すると考えられる大規模宇宙天気災害に対しては、今後早急に、精度の高い対応シナリオを関係事業者とともに作成する必要がある。しかしながら、その前提となるデータについては、現時点においては大まかな経済的損失額が推定されているのみである。したがって、関係事業者の理解・強力を得るためには、まずは、国際航空運用や我が国の電力網への影響など経済的インパクトの大きな事象を中心に、我が国の現状に即した定量的な被害推定を行うことが必要となる。

3-6 宇宙×ICTを支える基盤技術

3-6-1 衛星セキュリティ技術

宇宙産業の急速な発展に伴い、今後、衛星観測網や衛星通信網には、ますます多くの重要情報やビジネスチャンスにつながる価値の高い情報が流れていくことから、衛星へのサイバー攻撃が増えることが懸念される。実際、現時点においても衛星回線の傍受によりIPアドレスを窃取した上で、ユーザになりすまし衛星をマルウェアに感染させ、標的サーバのデータを衛星回線経由で抜き取る事案（カスペルスキー社2015年9月11日）、リモートセンシング衛星の制御を乗っ取る事案（A. Capaccio and J. Bliss, "Chinese Military Suspected Hacker Attacks in U.S. Satellites" 2011年10月27日 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2011-10-27/chinese-military-suspected-in-hacker-attacks-on-u-s-satellites>）、通信衛星へのサイ

い。この問題を抜きにしても、時代の進展に伴い暗号方式や鍵長の仕様更新が求められる仕組みであるが、衛星通信システム上での対処は容易ではない。このように、衛星の情報セキュリティ対策は、これまで地上系で使われてきた情報セキュリティ技術の単純な改良のみでは立ち行かないのが実情である。したがって、衛星搭載に適した実装性と安全性とを両立する新しい仕組みの導入が必要である。

そのための重要なコア技術と期待されるのが、光子に暗号鍵情報を載せ伝送する量子暗号技術である。この技術を活用することにより、離れた二者間で、第三者に知られることなく、共通の真性乱数（予測と再現が不可能な乱数）を共有することが可能となる。このようにして共有した真性乱数を、送信データと同じサイズだけ用意して暗号鍵とすることで、どれ程の計算力をもってしても解読できない安全性（情報理論的安全性）を備えた通信を実現できる。これは、衛星の制御信号や重要データの機密性（正当な権限をもつ限られた者のみが、情報や資産を見たり触れたりできるように保護・管理されていること）を保証する上で極めて有用である。また、データの完全性（改竄されてないこと）を保証するための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させることができる。

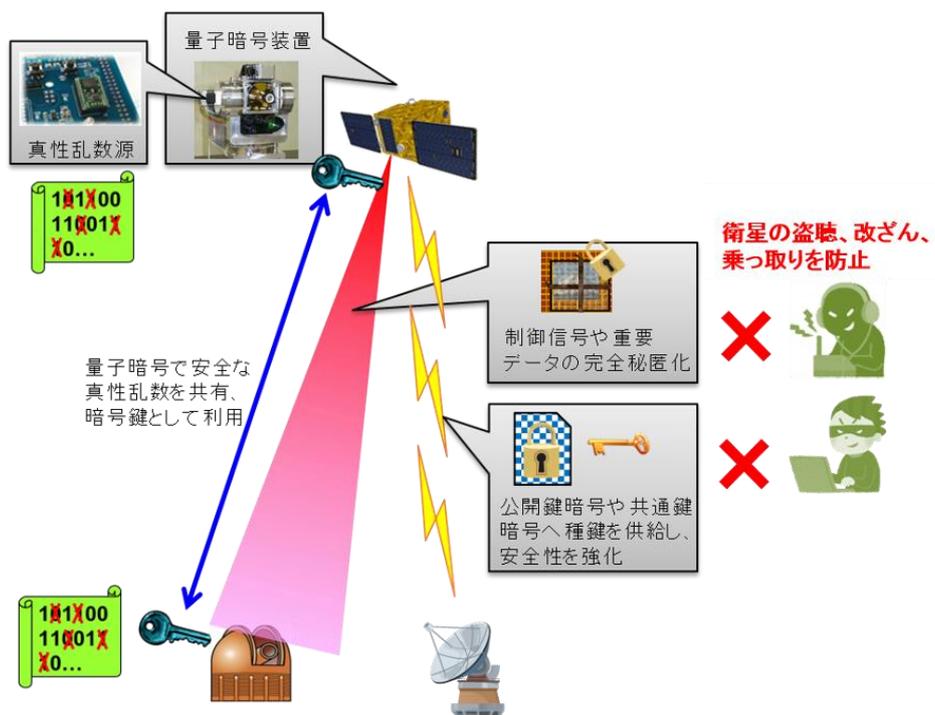
量子暗号技術は、地上網において、欧米や中国などで特定用途向けに実用化されている。しかし、光ファイバ内での減衰は不可避であるため、量子暗号技術による暗号鍵の伝送距離には限界がある。現時点において、光ファイバ上での直接伝送距離は300km程度であり、それを越える範囲では「信頼できる中継局」を介した鍵リレーにより長距離ネットワーク化を行わざるを得ない。また、この鍵リレーは、その仕組み上、大陸間を繋ぐ量子暗号の適用が困難である。

これに対して、衛星光通信では、大気圏での光減衰以外は無視でき、しかも、その減衰量は光ファイバよりも小さいため、大陸間スケールでの量子暗号を実現することができる。さらに、衛星光通信は、電波帯で通信を行うより格段に大容量の通信を小型装置で省電力に実現できるため、ハイスループットのデータ伝送を実現する手段として急速に進展している。そのため、量子暗号は、衛星光通信と共通の技術を基盤としており、今後の衛星通信の技術動向と高い親和性を持っている。

① 2030年の実現イメージ

- ◆ 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・完全性を確保。
- ◆ 大型の静止軌道衛星に加えて、コンステレーションを構成する超小型衛星への搭載に適した暗号技術の軽量化実装技術を実現。
- ◆ 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。
- ◆ 大型衛星から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情報セキュリティ技術の実現により、衛星の盗聴、改ざん、乗っ取りを防止。

- ◆ 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。



出典:「宇宙×ICTに関する懇談会(第5回)」NICT発表資料(平成29年2月22日)

図3-16 2030年における衛星ネットワークセキュリティ技術の実現イメージ

② 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)」を打上げ。2017年6月には、1,200km離れた2つの地上局(チベット高原にあるデリンハ及び中国南西部にある麗江の地球局)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し、アメリカの科学誌Scienceにその成果を発表。これらの中国国内の地上局と欧州の複数の地上局との間で、量子暗号鍵配送実験を実施予定。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 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。
- ◆ 米国の動向は機密扱いとされているため不明。

③ 要素技術の研究開発ロードマップ

図3-17に、要素技術の研究開発に関するロードマップを示す。衛星搭載用暗号技術の実用化を目指し、衛星通信用軽量暗号化技術の研究開発を進める。また、次世代光・量子暗号通信技術の実用化を目指し、衛星・地球局間のレーザ捕捉・追尾技術の高精度化、光子検出器の高速・高感度化、衛星用鍵蒸留システム、光伝搬視野特性モニタ・解析技術の研究開発を実施する。

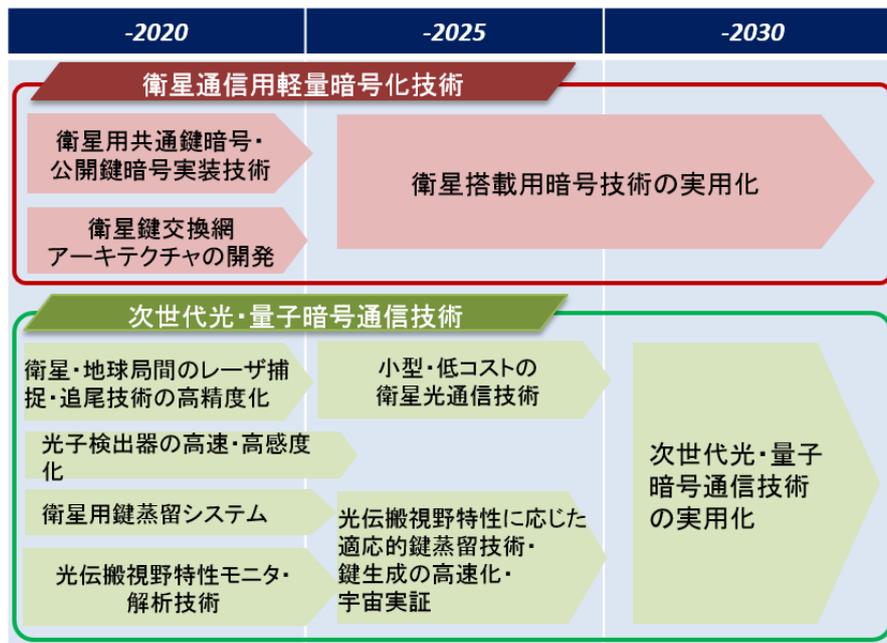


図 3-17 要素技術開発のロードマップ

3-6-2 テラヘルツ技術

テラヘルツ無線の研究開発が始まったのは、2000年頃である。100GHzを超える周波数を利用した無線技術の先駆けは、NTTにおいて開発された120GHz帯無線である。2002年、電波を使用した無線通信において世界初となる10Gbps伝送が実現されている。2007年以降、テレビ放送での番組素材映像の非圧縮伝送への適用を目指し、通信距離の延伸及び無線装置の可搬性の向上を目的にInP HEMT MMIC (monolithic microwave integrated circuit) を使用した無線装置の開発が進められた。無線装置の送信出力は最大で40mWまで増加するとともに、10Gbps級誤り訂正符号化技術による最少受信感度の向上により、10Gbpsデータの5.8km伝送に成功している。また、多値変調や偏波多重によって、20Gbpsが得られている。2014年1月には、総務省より番組素材中継を行う無線局等の無線設備規則の一部を改正する省令が施行され、116から134GHzが放送用途に割当てられた。

2008から2010年頃には、更なる高速化（40から100Gbps）を目指し、200から300GHz帯の開拓が世界的にブレークした。化合物半導体を用いた光デバイスや電子デバイスだけでなく、現在のコンシューマエレクトロニクス産業を支えているシリコン半導体による集積回路で、テラヘルツ無線のためのトランシーバーが実現されている。

図3-18は、近年、我が国で進められているテラヘルツ無線関連のプロジェクトの代表例である。

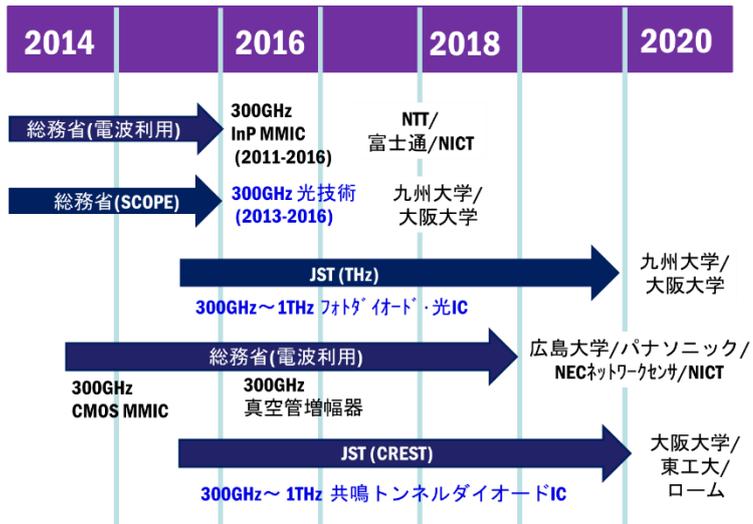


図 3 - 18 我が国におけるテラヘルツ無線の研究開発

① 2030年の実現イメージ

上述のテラヘルツ帯半導体集積回路技術の進展は、通信応用だけでなく、テラヘルツ波のもう一つの応用領域であるセンシング技術の発展にも多いに貢献する。図 3 - 19は、こうしたテラヘルツ無線に関する研究開発の歴史に鑑み、2030年におけるテラヘルツ波の宇宙応用（センサ/通信）を描いたものである。

- ◆ テラヘルツ波を宇宙に活用するための様々な基盤技術（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）が確立。
- ◆ それを基に、様々な応用に向けたシステム化技術（センサ/無線通信モジュールの小型・軽量化技術等）が実用化され、惑星資源探査のビジネス展開が先行して進展。
- ◆ 本格的な宇宙ビジネスへのテラヘルツ波の応用（リモートセンシング、宇宙データ利活用、ブロードバンド衛星通信、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）について、検討が進展。

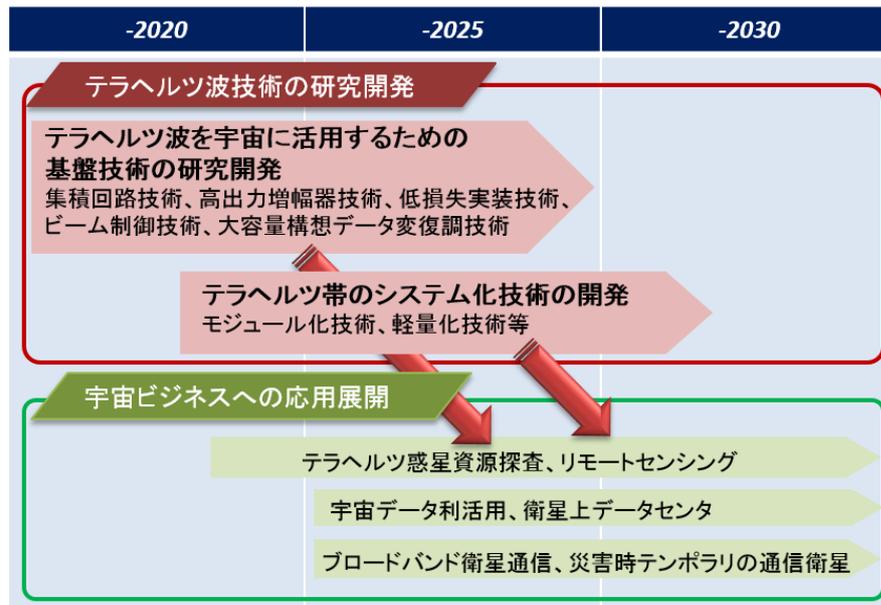


図 3-20 要素技術開発のロードマップ

3-6-3 ナノRFエレクトロニクス技術

① 2030年の実現イメージ

ナノRFエレクトロニクス技術によるマイクロ波・ミリ波のSi・RFIC（高周波集積回路）と化合物半導体MMIC（モノリシック・マイクロ波集積回路）に、制御・信号処理用アナログ・デジタル混合集積回路を用いた独創性の高いシステム・オン・チップである電子細胞チップは、2030年を目指した宇宙×ICTを実現するための基盤技術のひとつとなる。また、振動、熱、放射線など宇宙における耐環境性備えることで、宇宙×ICTビジネス拡大が可能となる。すなわち、以下の3つが2030年に実現されることが期待できる。

◆ 情報通信衛星のコンパクト化

高周波混成半導体回路（RF HySiC）と薄型アンテナ（図 3-21）の結合により、すべての無線機器システムのチップとなる電子細胞チップ（図 3-22）が実現。これにより、衛星内のワイヤハーネスを除去した高速ワイヤレスセンサデータの伝送が可能となり、コンパクト化した情報通信コンステレーション衛星が軌道に投入。



図 3-21 衛星本体に装着できる薄型アンテナ

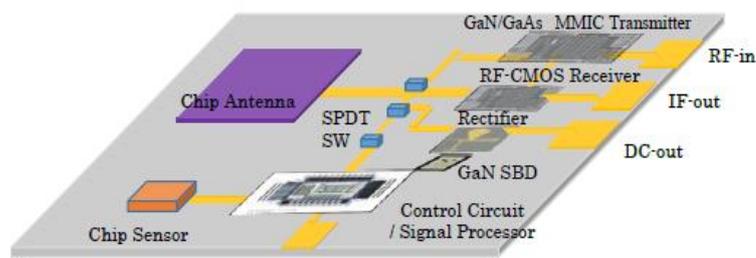


図 3-22 ワイヤレスで接続可能な電子細胞チップのイメージ

② 諸外国の動向

現在の宇宙用ICTとしては、無線電子機器としてのデバイス、回路とモジュールの要素技術及び情報通信に加えてエネルギーハーベスタを組み込んだフェーズドアレーアンテナなどのシステム技術が進行している。次にその例を挙げる。

- ◆ 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高周波トランジスタ（RFCMOS（台湾TSMC）等））。
- ◆ 各種要求を満足する適応性の高い独創的な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、DAHI計画等）においてプロジェクトを進行中（例：2009年米国マイクロ波国際シンポジウムIMS2009・セッションTH-1C）。
- ◆ 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から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。

③ 要素技術の研究開発ロードマップ

電子細胞チップをナノRF機能モジュールとしたワイヤレスセンサハーベスタと、これを内蔵したワイヤレス化衛星の設計技術・組立て技術等を開発した上で、高速大容量テラヘルツ通信の信頼度向上のため、これらを通信用機能モジュールとして用いる追跡用フェーズドアレーアンテナ双方の開発に至るロードマップを以下に示す。

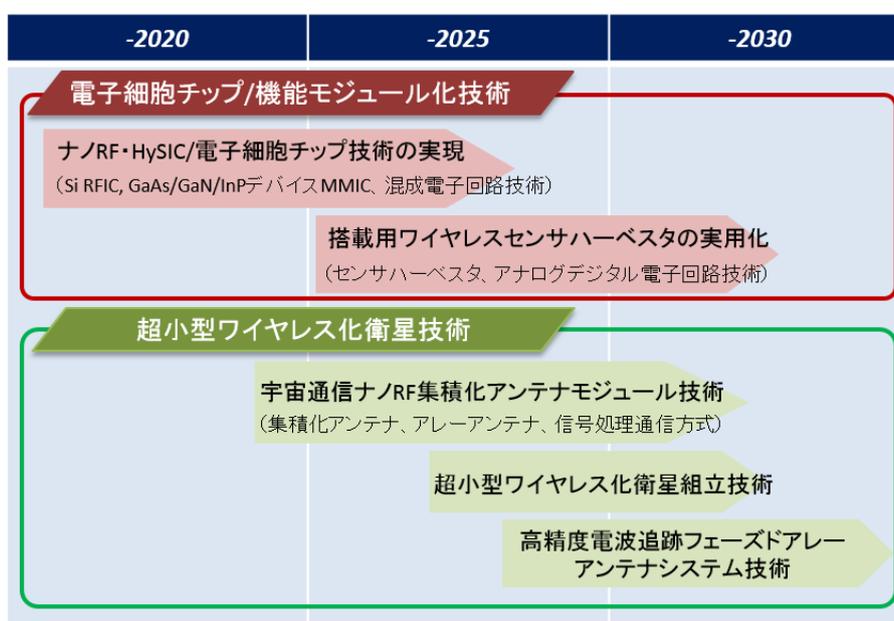


図3-26 要素技術開発のロードマップ

機関において地球潮汐等の動的な重力ポテンシャルの効果を検正する方法の検討が進行中。一方で、光周波数標準は、重力ポテンシャルそのものの変動を高精度に検知出来るため、各国機関において、同標準を重力ポテンシャル変動測定に応用するための研究開発が進行中。

- ◆ 世界の複数の標準機関が開発している光周波数標準の周波数を高精度に相互比較するために、国際宇宙ステーション (ISS) に高精度のマイクロ波原子時計を搭載し高精度周波数比較を実施するミッション「ACES」が欧州宇宙機関 (ESA) によって遂行中であり、我が国からはNICTが代表機関として参画。実際の実験機器の打上げは2018年夏頃に予定されており、最大3年間のミッション実施が計画。この実験により、各国で開発中の光周波数標準の比較が本格的に進むことが期待。

③ 要素技術の研究開発ロードマップ

図3-28に時空計測技術の研究開発ロードマップを示す。図の下半分に示したように、時空計測技術が担う基盤は、(1) 標準時の構築及び(2) 基準座標系の構築の2つである。これらの実現やその維持、高度化に向けた取組がNICTを含む各国機関の国際的な協力の下で実施されてきた。これら基盤の構築には、地球自身の形状変化や自轉變動、及び宇宙空間での地球の運動の高精度なモニタが不可欠であり、今後も計測技術の高度化に向けた不断的な努力が重要である。

加えて、地球からの距離が遠方になればなるほど、地上の基地局と深宇宙活動領域との間での通信、測位及び時刻同期に一層の高精度化が要求され、それを実現するための研究開発が不可欠である。これらの研究開発は、3-6-4の冒頭で述べた光時計による「秒の再定義」をマイルストーンとして進展させていくことが適当と考えられる。

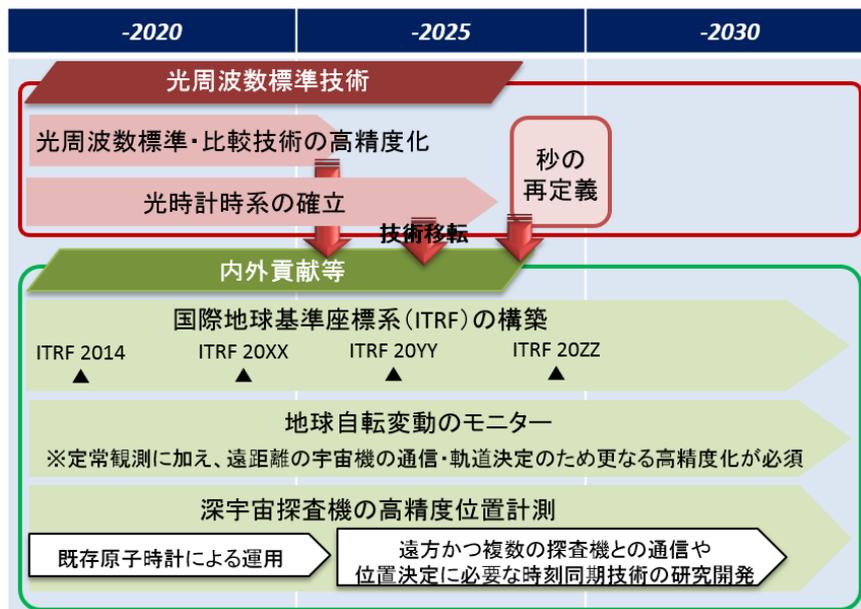


図3-28 要素技術開発のロードマップ

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～

本報告書では、まず第1章において、国内外の宇宙市場の傾向を概観した上で、世界及び我が国の宇宙分野における新ビジネスの動向や、宇宙産業拡大に向けた我が国政府の取組を整理した。続く第2章では、宇宙分野におけるICT利活用として、宇宙データ利活用、衛星通信、月・惑星資源探査及び宇宙環境情報提供という4分野に注目し、それぞれについて、各国及び我が国の動向を掘り下げた。その上で、第3章において、“宇宙×ICT”の重点4分野のビジネスについて、現状の分析、それを踏まえた2030年の実現イメージの設定、及びその実現に向けた課題の抽出を行った。

かつて、昭和の時代には、我が国のマンガやアニメが近未来の世界観を発信した。そこで、本章では、現状からの積上げや延長というアプローチではなく、平成の時代を大変革前夜と捉え、行政府における会合の報告書としては非常に先進的に、2030年という近未来における宇宙×ICTがもたらす社会的な効果及び経済的な効果を、現状の制約や固定観念に囚われることなく、自由な発想で大胆に描き出した。

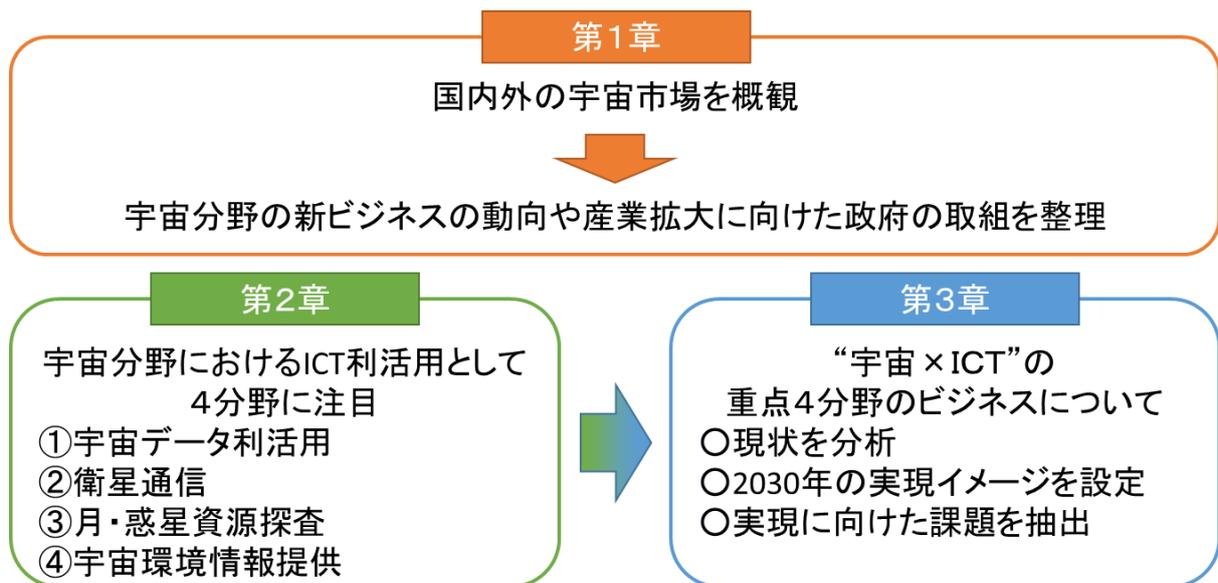


図4－1 本報告書のここまでの流れ

さらに、宇宙では、テラヘルツセンサ等を用いて発見する月惑星資源が、宇宙開発のエコシステムを駆動する「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」が勃興する。この頃になると、月面基地を拠点とし、火星などにおける生命体や水資源の探査が行われるようになるだろう。

くわえて、太陽嵐が都市や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する「宇宙環境情報ビジネス」が台頭する。すると、超巨大な太陽フレアの発生による衛星障害、大規模停電、通信・測位障害等それ自体や、それらにより引き起こされる様々なリスクが、抑制される社会が実現されていくだろう。

4-1-2 ビジネス圏が宇宙に広がる

月面に存在する鉱物や水資源、3Dプリンタの活用により、無限の可能性が広がる深宇宙の資源の探査や、太古の時代からその存否に関する議論が絶えない地球外生命体の探査のあり方が、大きく変わることになる。

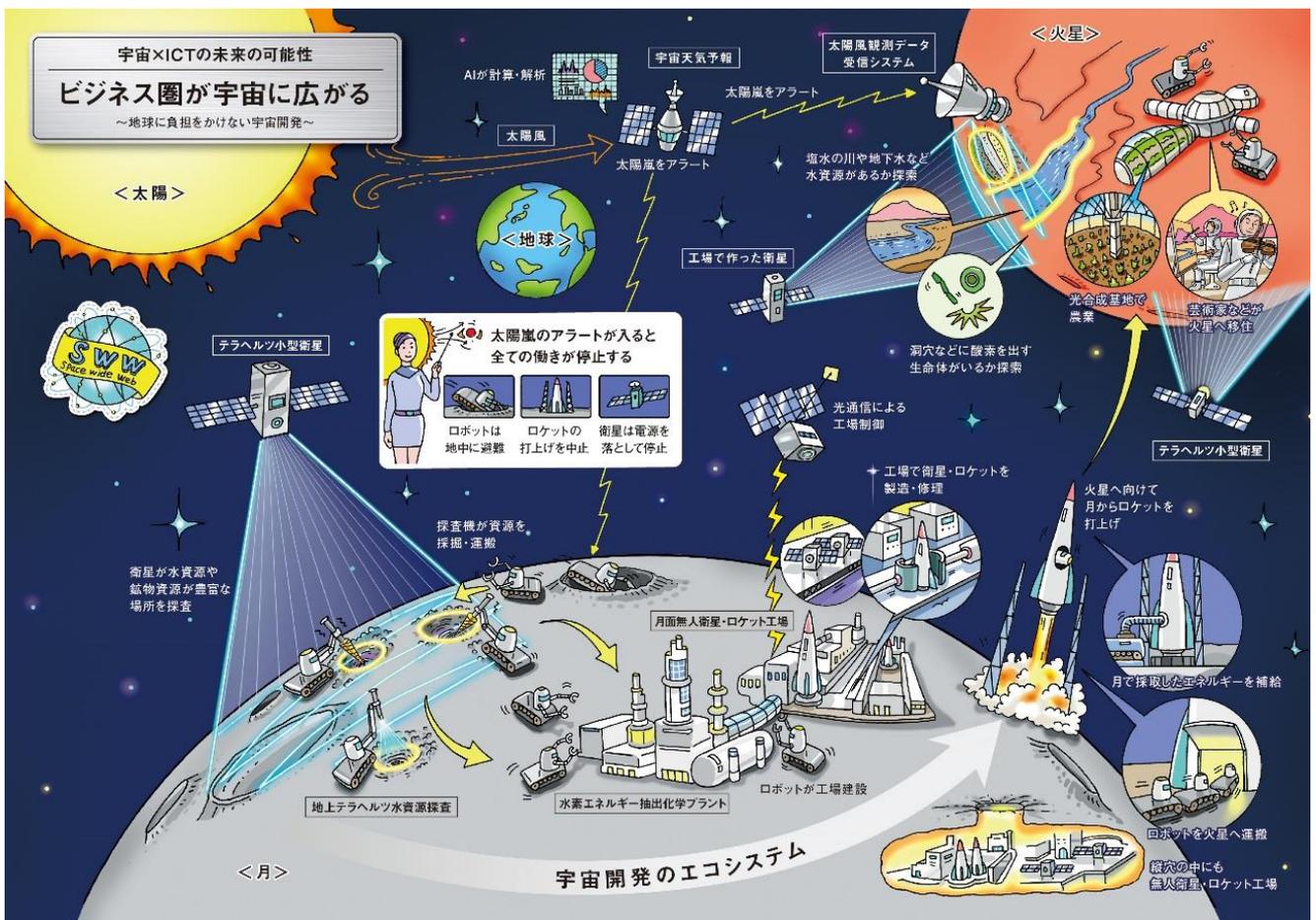


図4-3 宇宙にまで広がる生存圏・ビジネス圏

例えば、月面では、電子細胞チップを活用することにより、衛星資源探査の基地や探査機が組み立てられる。その探査機が、月周回軌道上のテラヘルツ小型衛星が発見

した鉱物や水資源を自動で採掘・運搬する。

そのようにして運搬された鉱物を用いて、月の表面や地下空洞に無人の衛星・ロケット工場を建設し、衛星からの光通信制御により、衛星やロケットの製造・修理が自動で行われるようになる。さらに、ロケット発射基地を建造し、化学プラントから抽出した水素エネルギーを燃料として活用することにより、地球から直接向かうより効率的に、月から火星や小惑星へと到達することができるようになる。

火星では、月において製造した衛星を活用して、生命体や水資源の探査が行われる。その後、シェルターを設置しながら、植物を育てたり、インフラ網を整えたりしていき、人が快適に居住できる環境が整備されていくだろう。施設の建設や植物の栽培といった作業は、ロボットによって自動的に行われるため、人間による肉体労働がほとんど不要となる。そのため、芸術家や科学者などが、創作活動やインスピレーション獲得のために、好んで火星に移住するかもしれない。更にその先には、小惑星でも宇宙資源探査が本格的に行われる未来が訪れるであろう。

このように、月の資源を有効活用することで、宇宙開発は大きく前進し、同時に人類の生存圏及びビジネス圏は宇宙へと広がっていく。

4-1-3 宇宙で安心・安全な社会を実現

宇宙×ICTの進展により、様々なビジネスが地球や宇宙空間において展開されるにつれ、超巨大な太陽フレアの発生等が引き起こす衛星障害、大規模停電、通信・測位障害等の影響度・範囲が拡大していく。そのため、航空機の運航障害などの日常的なリスクや、都市レベルの大規模停電などの大災害リスクの双方に関する対策が重要となる。これらのリスクを回避・軽減するために、太陽風監視衛星からのデータを元に、AIを用いて宇宙天気を予測することにより、いち早く大規模フレアの発生を検知し、事前に対策を講じることが可能となる。地球等の周回軌道上に展開された太陽風監視衛星が、SWWを通じて、地上の太陽電波測定器などと連携することにより、適時・正確な警報を発することができるわけである。

また、サイバー攻撃の脅威は、地上のみならず宇宙にまで広がる。悪意のある攻撃者によって、通信や測位に対するジャミングやサービス不能攻撃、盗聴・改ざんなどがなされると、通信・放送の妨害や気象衛星などのサービス停止という事態に追い込まれることが懸念される。そこで、衛星に搭載された真性乱数発生装置及び量子暗号を活用することにより、原理的に傍受不可能な通信を行うことが極めて有効となる。

さらに、衛星通信の暗号化を通じて、地上の生活インフラ・ネットワーク（金融（Fintech）、科学、ナビゲーション、医療、農業、防災等）の情報セキュリティレベルの向上が実現され、より安心・安全な社会が実現されていく。

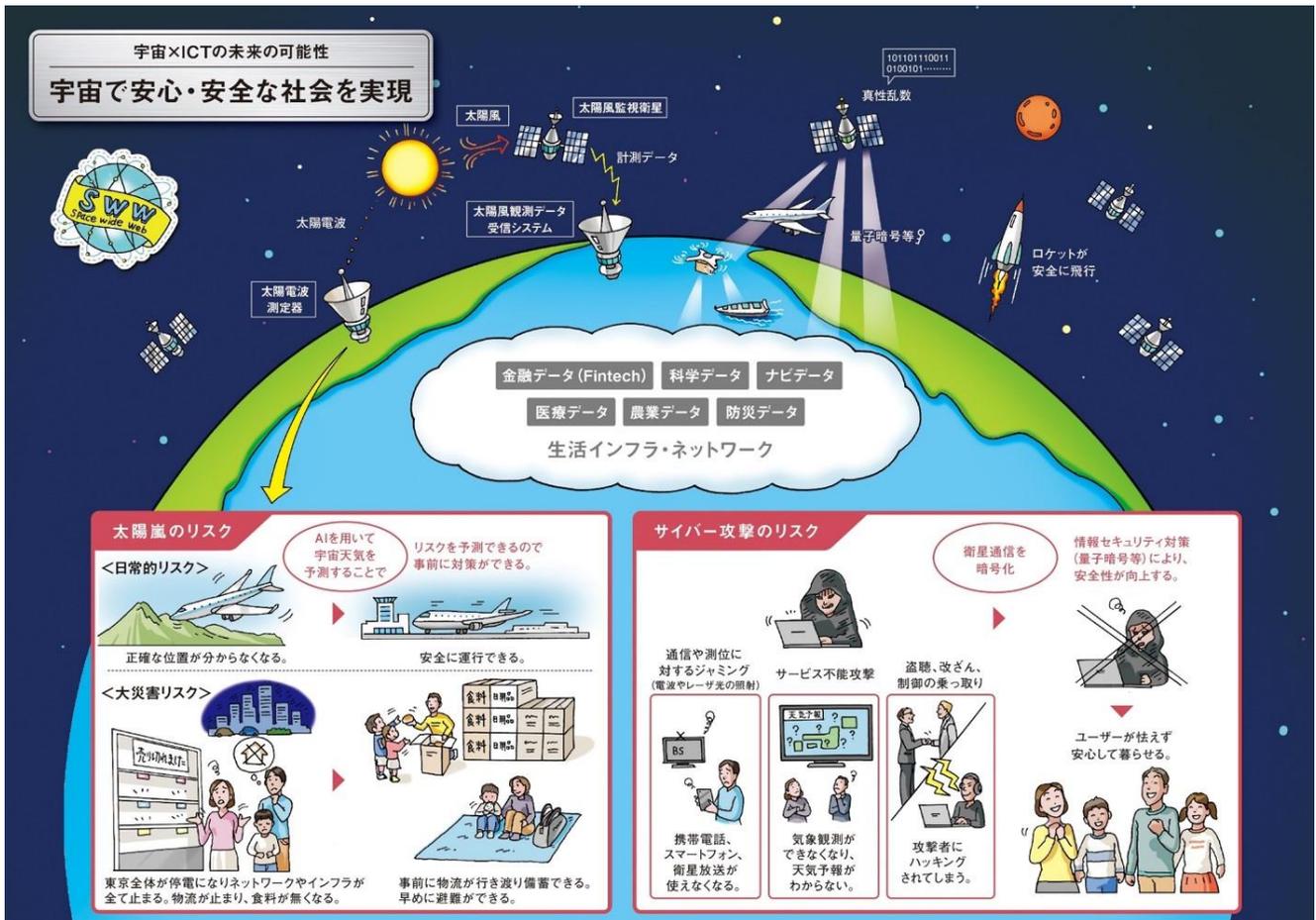


図 4-4 宇宙の利用で実現される安心・安全な社会

4-1-4 宇宙技術で人流・物流が変わる

IoTが、測位衛星の常時利用により、「人」「モノ」「サイバー空間」「位置情報」を繋ぐネットワークへと進化する。このことにより、情報の流れだけでなく、人流・物流のあり方に変革が起こる。

例えば、タンカーにおいては、衛星からリアルタイム及びその先の気象状況を把握して、安全かつ効率的な運行ルートを確認した上で、準天頂衛星システムによる高精度測位と衛星間における光通信とを組み合わせることで、無人航行を行うことができる。各々のタンカーは双方向通信で繋がっており、全体最適な運航ルートが自動で構成されるため、トータルとしての燃費の劇的向上や到着時間の大幅な短縮が図られる。また、SWWによって、海上でも地上と同様な通信環境が整うことになり、地上から離れた海上へUAVを使って物資を届けることができるようになる。

物流の変化は海に留まらない。空では準軌道飛行機によって、例えば東京・ニューヨーク間を30分から1時間程度で結ぶことが可能になり、日本食が海外へ高速輸送される。また、離島へUAVを使って救急医療向けの医薬品を輸送したり、離島から特産品をリアルタイムに販売・出荷したりすることが可能になる。

さらに、通信が困難だった山間部でも、衛星を通じた常時接続の大容量高速通信が

可能になり、ドローンを活用した人命救助や、農作物を自動で収穫し、リアルタイムで販売・出荷できる未来が訪れるだろう。

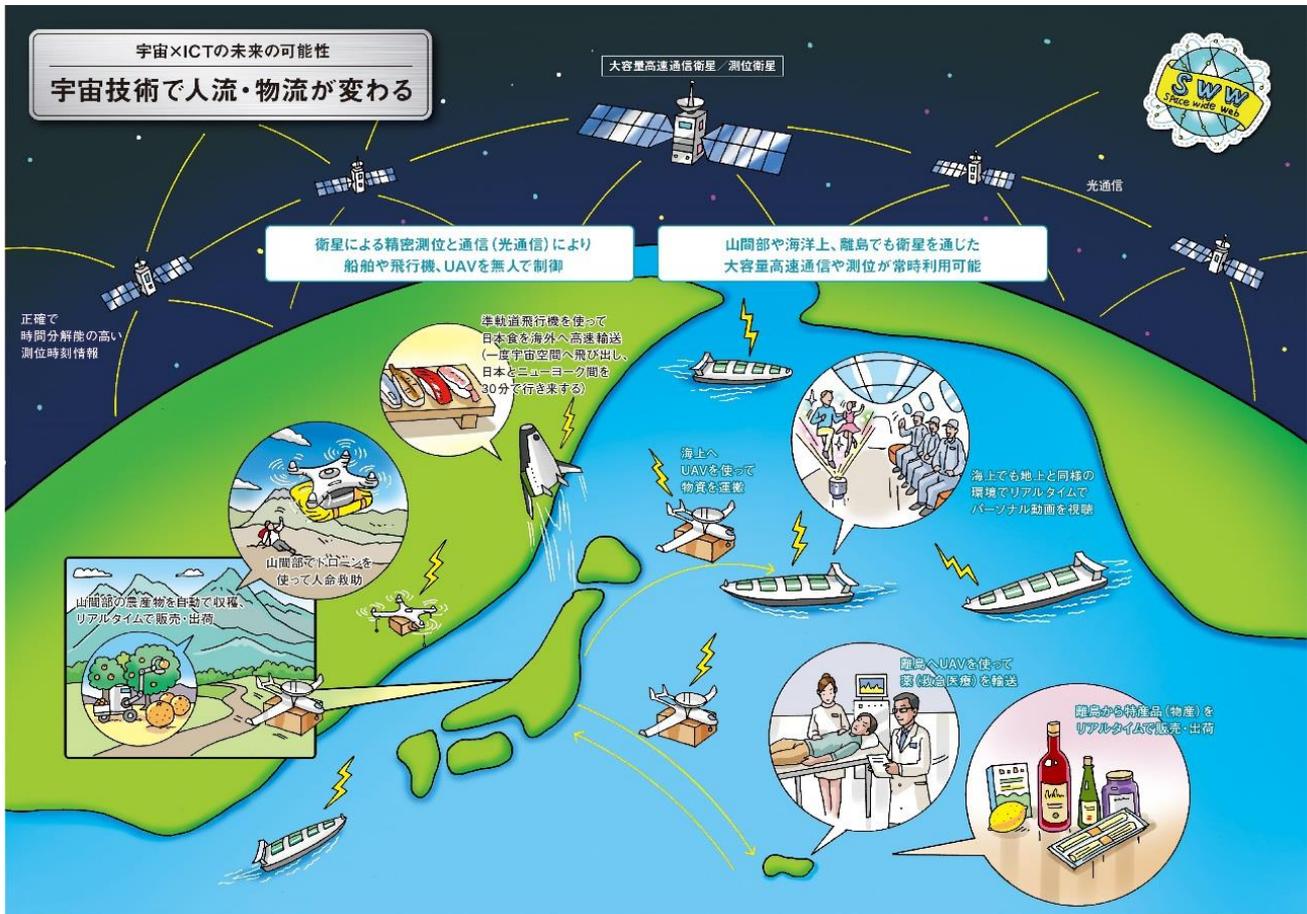


図4-5 宇宙技術で変わる人流・物流

4-1-5 宇宙技術で自動運転生簀いけすが始まる

漁業について、衛星による高精度測位と光通信を介したパラダイムシフトにより、そのあり方が変わることになる。

例えば、衛星リモートセンシングで気象や海洋のデータを取得し、AIを活用したビッグデータ分析により、魚に被害を及ぼす赤潮の発生や餌が豊富な領域が予測可能となる。海上に設置したブイを、小型衛星経由で光通信により操作可能とすることにより、自動運転生簀を構成することができる。具体的には、ブイから出る微弱電流を利用して、赤潮を避けながら餌が豊富な位置（自動運転生簀）に魚を誘導することにより、安定的に漁獲量を保つことができる。同時に、テラヘルツ小型衛星を介して、魚の生態系を知ること、乱獲を防ぎ、生産量をコントロールするといった漁業管理の最適化も図られる。

さらに、海上の無人船が、テラヘルツ小型衛星を介して、気象状況（海上の風・波・

海中等)の変化をリアルタイムに取得することで、安全かつ効率的に漁業を営んでくれるだろう。加えて、衛星を介して自動運転生簀の位置を知らせることで、極めて効率的に魚介類を捕ることが可能となる。美味しい魚がより安く安定的に食べられる日も遠くない。

一方、スーパーには、大容量高速衛星通信により生簀の中の状況が常に伝送され、無人生簀内の魚が直接ホログラムとして表示される。店頭で、遠く離れた魚の情報や、旬や搬送に要する時間を踏まえた最適なレシピを確認したり、オススメ情報に「いいね!」をしたりしながら、魚介類の遠隔生捕りができるようになるかもしれない。

生捕りにした魚の情報は、衛星を通じて海上の無人船に伝えられ、無人ドローンによる自動出荷で直接食卓へ届けられる。衛星を介して、市場・スーパー・生活者がシームレスに取引できるようになり、流通のあり方も変わっていく。

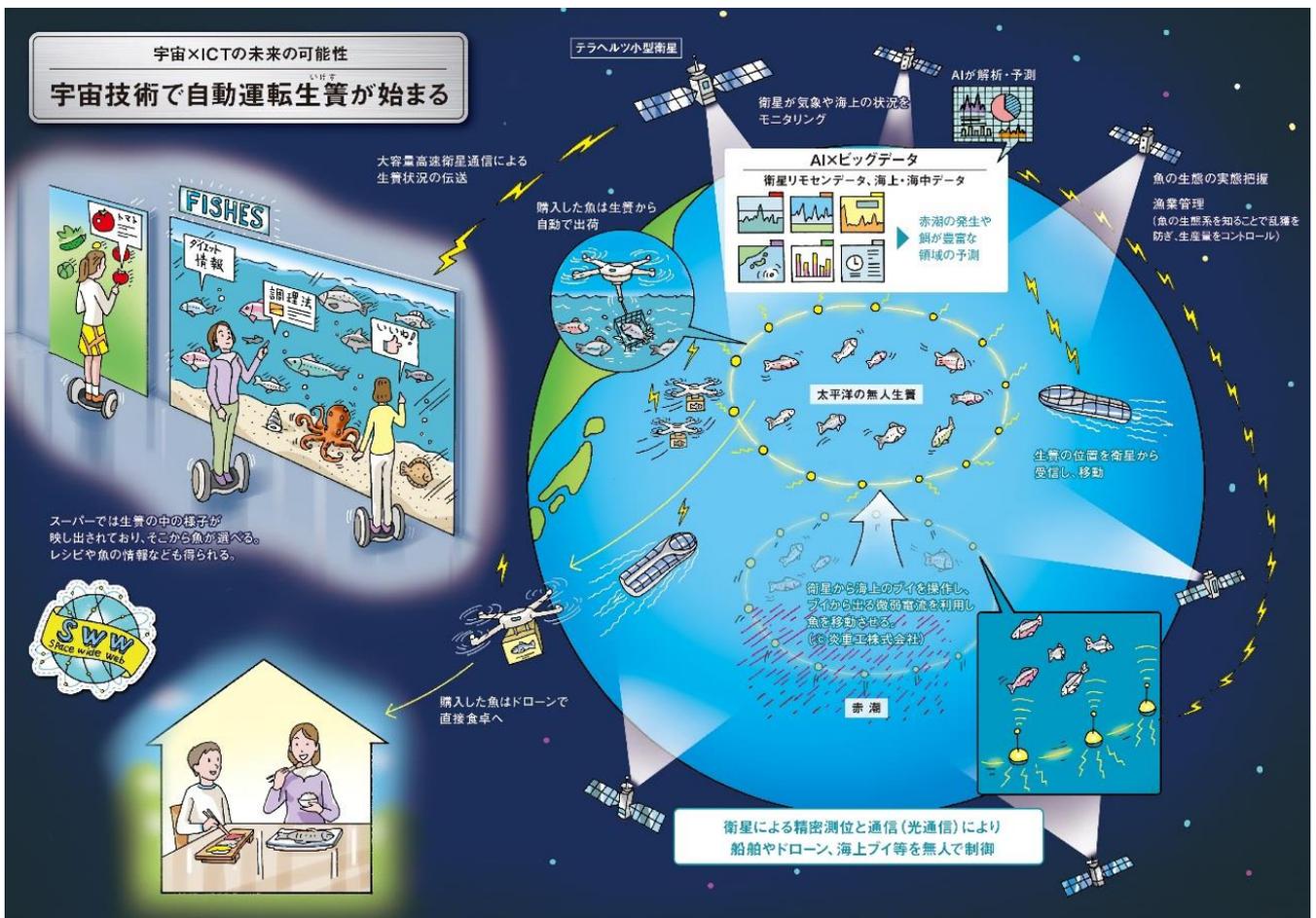


図4-6 宇宙技術で始まる自動運転生簀^{いけす}

4-1-6 宇宙技術で世界中がマイ農園

農業についても、衛星による高精度測位と光通信を介したパラダイムシフトにより、そのあり方が変わることになる。

例えば、衛星リモートセンシングで各国の気象・土壌情報などを取得し、AIを活用したビッグデータ分析により、収穫時期や収穫量が予測可能となる。大容量高速通信衛星を介して、世界中の農地をマイ農園とし、自宅からロボット・ドローンを遠隔・自動制御することで、安定的に作物を遠隔栽培することが可能となる。さらに、衛星経由で制御されるロボットが最適なタイミングで自動収穫し、衛星測位を利用してUAV等が自動で食卓まで配達してくれるだろう。

また、農家が衛星ビッグデータより決定した収穫のタイミングは、生活者に常に共有され、衛星を通じたVR (Virtual Reality) やAR (Augmented Reality)、8Kホログラムにより、リアルタイムで自宅に居ながらにして、作物の大きさや実際の農地の状況を確認し、農作物を選んで購入できる未来が訪れるだろう。

これらの変化は農業に留まらない。林業においても同様に、衛星リモートセンシングにより、森林の実態や生育状況をモニタリングし、AIを活用したビッグデータ分析で、植林や間伐の最適化に寄与する森林育成マップなどが作成されるだろう。これらを活用しながら、衛星を介して、世界中をマイ森林とし、ロボット・ドローンを利用して、過疎地等の森林を自動で遠隔植林・剪定（せんてい）することが可能となる。

このように、私たちの生活は、より安心・安全でおいしい食材や、豊かな自然で満たされていくだろう。



図 4-7 宇宙技術で広がるマイ農園

4-1-7 宇宙でエンタメ・スポーツ・観光が変わる

SWWを通じて、地上を巡っていた通信網は大気圏を超え宇宙へ広がり、ありとあらゆる場所で大容量光通信・テラヘルツ通信が可能となる。これにより、エンタメ・スポーツ・観光の楽しみ方が変わることになる。

例えば、地球では、自宅に居ながらにして、世界各地に展開・分散配置されたアバターが自分に成り代わって旅行をし、エベレストや北極を気軽に遠隔で観光することができるようになる。

また、衛星等を活用した人工流れ星で文字等を演出し、オーロラを背景にした宇宙結婚式も一般的に行われるだろう。その際には、ハネムーンとして、地球の低軌道上に作られる宇宙ホテルに滞在するカップルが現れるかもしれない。

そのほか、月面でのクレーンゲームなどを遠隔で楽しめる月面アミューズメントパークや、月面でのロボットによるサッカーを地球で体験・観戦することも実現されるだろう。さらに、地球との準リアルタイム通信により、火星の巨大な山でトレイルランニングをバーチャルに楽しむこともできるだろう。

加えて、アイドルの活躍の場は、地方都市や海外のみならず、火星にまで広がる。アイドルのようなルックスのアンドロイドロボットが火星に派遣されパフォーマンスを行い、それを地球から応援することができるようになる。同時に、この火星アイドルの活動が、火星に移住した科学者に癒やしやインスピレーションを与えることは間違いない。さらには、火星で創作活動を行うミュージシャンと火星アイドルによるセッションも夢ではない。



図 4-8 宇宙の利用で変わるエンタメ・スポーツ・観光

4-2 宇宙×ICTの経済的効果

4-2-1 宇宙×ICT分野の定義と将来目標の考え方

本懇談会における重要分野とされる「宇宙データ利活用ビジネス」、「ブロードバンド衛星通信ビジネス」及び「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」、「宇宙環境情報ビジネス」の4分野を「宇宙×ICT分野」として位置づけ、2030年代早期における将来目標の設定を試みた。各分野については、次の定義に基づいて目標設定を行う。

◆ 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に加え、宇宙空間においても、5G・IoTが地上と同レベルで利用できる環境にする。

◆ 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との連携により、新たなビジネス、社会的価値を創造する。

◆ 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・惑星資源により、宇宙ユーティリティ産業のエコシステムを駆動する。

◆ 宇宙環境情報ビジネス

太陽嵐が都市や人々に及ぼす経済的損失のリスクを、宇宙天気情報の活用により軽減する。

「宇宙データ利活用ビジネス」及び「ブロードバンド衛星通信ビジネス」は、既存の宇宙×ICT分野と位置付け、公表されている日本航空宇宙工業会（SJAC）の資料を基に、本2分野の2014年の市場規模を設定する。そして、複数の成長パターンに基づいた成長率を設定し、2030年代早期の将来目標を算出する。

「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」及び「宇宙環境情報ビジネス」については、市場形成が緒に就いたばかりの新規分野のため、2030年代早期の将来目標を関係者からのヒアリング等を参考に数値設定を試みた。

宇宙×ICT分野	各分野の定義	将来目標の設定方法	
宇宙データ利活用 ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙データと他の地上系データの連係が新たなビジネス、社会的価値を創造 	<ul style="list-style-type: none"> 日本航空宇宙工業会（SJAC）の資料に基づき、2014年における2分野の市場規模を設定 複数の成長パターン（後述）により設定した成長率を乗じて、2030年代早期の将来目標を設定 	既存の宇宙×ICT分野 として目標設定
ブロードバンド 衛星通信ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 地球上のあらゆる場所に加え、宇宙空間においても、5G・IoTが地上と同レベルで利用可能に 	$\text{2014年市場規模} \times \text{年率成長率 (複数パターン)}$	
ワイヤレス宇宙 資源探査ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙資源探査事業者へのアンケートより、2030年代早期の将来目標を設定 	新規分野として目標設定
宇宙環境情報 ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 太陽嵐が都市や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 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年代早期において宇宙環境情報は天気予報と同様の意義をもって利用されると想定し、現状の気象予報情報市場と同等の規模を将来目標に設定 	

図4-9 宇宙×ICT分野の定義と将来目標の考え方

4-2-2 既存の宇宙×ICT分野に係る将来目標の設定

4-2-2-1 2014年の市場規模設定

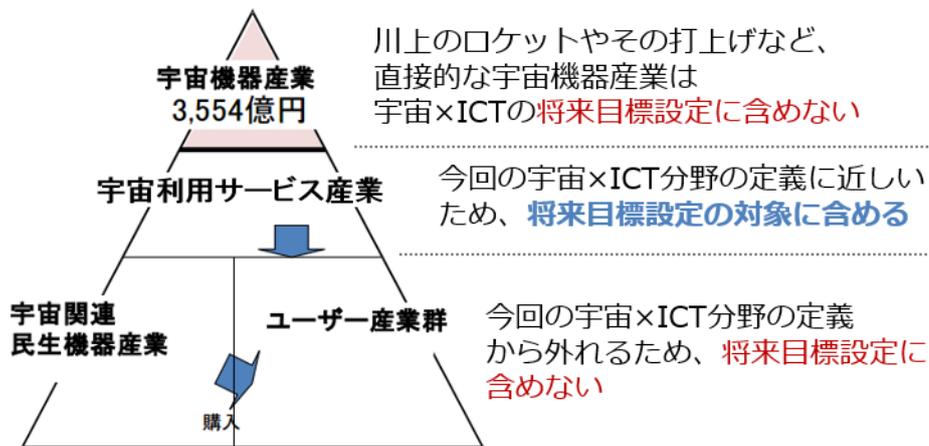
既存の宇宙×ICT分野である「宇宙データ利活用ビジネス」と「ブロードバンド衛星通信ビジネス」の市場に関する市場規模設定は、SJACの公表している資料に基づいて行う。

SJACの宇宙産業市場規模分類は「宇宙機器産業」、「宇宙利用サービス産業」、「宇宙関連民生機器産業」及び「ユーザ産業群」の4分類に分けられている。

「宇宙機器産業」は、ロケット本体や打上げなど直接的な宇宙産業機器の市場であることから、ICTが牽引する市場とは言えないと判断し、今回の将来目標設定には含めないこととする。

「宇宙関連民生機器産業」及び「ユーザ産業群」は、「宇宙利用サービス産業」が進展し、一般ユーザに波及した段階で大きくなる市場であることから、本来の宇宙×ICTが目指さなければならない市場群ではあるが、2030年代早期を見据えた今般の目標設定には含めないこととする。

以上のことを踏まえ、既存の宇宙×ICT分野はSJACの分類における「宇宙利用サービス産業」の市場規模を基に、将来目標の設定を行うこととする。



出展：SJACの宇宙産業市場規模分類を参考に作成

図4-10 2014年の宇宙産業の市場規模の分類と本報告書の目標修正との関係

「宇宙利用サービス産業」は、「通信分野」、「放送分野」、「観測分野」及び「その他」の4つの分野に分けられている。これら4つを「宇宙データ利活用ビジネス」と「ブロードバンド衛星通信ビジネス」の2分野に振り分けると、「宇宙データ利活用ビジネス」は「観測分野」「その他」が該当し、「ブロードバンド衛星通信ビジネス」は「通信分野」「放送分野」が該当する。

宇宙利用 サービス 産業	通信分野
	放送分野
	観測分野
	その他

図4-11 宇宙利用サービス産業の細目

「宇宙利用サービス産業」の分野を振り分けた結果、2014年の「ブロードバンド衛星通信ビジネス」の市場規模は約7,947億円、「宇宙データ利活用ビジネス」は約

56億円、合計約8,002億円となった。なお、2014年の「観測分野」は算出のための資料が揃わなかったため、例年並みの市場規模であった2013年の市場規模の数値を採用した。

			2014年
ブロード バンド 衛星通信 ビジネス	宇宙利用サービス産業	通信分野	126,886
		放送分野	667,767
	合計		794,653
宇宙データ 利活用 ビジネス	宇宙利用サービス産業	観測分野	5,086
		その他	483
	合計		5,569
合計			800,222

(百万円)

図4-12 宇宙産業市場規模分類の細目ごとの金額

4-2-2-2 目標成長率の設定

宇宙データ利活用ビジネス及びブロードバンド衛星通信ビジネスの各項目に、成長パターンに応じた目標成長率を乗じて、2030年代早期の将来目標を設定する。目標成長率は下記3パターンを設定した。

◆ 米国の衛星産業の実績ベースの成長率 = 3.15%

Satellite Industry Associationの発表している“State of the Satellite Industry Report”によると、2010年から2015年の衛星産業における米国の平均成長率は3.15%である。

◆ 2020年までに宇宙機器産業分野で我が国が目標としている成長率 = 5%

内閣府が2015年1月9日に発表した『宇宙基本計画』では、「官民あわせて10年間で5兆円」と宇宙機器産業の事業規模を拡大する目標を定めており、平均成長率は年率5%である。

◆ 2030年までに英国が目標とする成長率 = 7.9%

London Economics の発表している“The Case for Space 2015, The impact of space on the UK economy”によると、英国は2030年までに£40bnを目指すとしており、2013/2014から2029/2030への平均成長率は7.9%である。

成長パターン	パターンの考え方	今回設定した成長率
パターン1 過去実績ベースの成長パターン	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Satellite Industry Associationの発表している“State of the Satellite Industry Report”によると、2010年から2015年の衛星産業における米国の平均成長率は3.15%となる ▶ ICTに関連する衛星市場の中心を占める米国の実績成長率を【パターン1】とする 	年率3.15%
パターン2 日本(内閣府)の目標に準じた成長パターン	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 内閣府が発表した『宇宙基本計画』では、「官民あわせて10年間で5兆円」と宇宙機器産業の事業規模を拡大する目標を定めている。これを平均成長率として換算すると、年率5%となる ▶ 内閣府の目標成長率を【パターン2】とする 	年率5%
パターン3 類似国(イギリス)の目標に準じた成長パターン	<ul style="list-style-type: none"> ▶ London Economics の発表している“The Case for Space 2015, The impact of space on the UK economy”によると、英国は2030年までに£40bnを目指すとしており、2013/2014から2029/2030への平均成長率を7.9%としている ▶ 英国の宇宙産業への取組と意気込みは我が国に近いものがあり、英国の目標成長率を【パターン3】とする 	年率7.9%

図 4-13 目標成長率の設定

4-2-3 新規の宇宙×ICT分野に係る将来目標の設定

4-2-3-1 「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」の将来目標設定

「ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス」は、現在事業化の計画が行われている状況であり、市場形成は緒に就いたばかりと考えられる。そこで、関連事業を展開している企業へアンケートを実施し、2030年の惑星資源探査（月面、小惑星探査）について回答を得た。アンケート対象企業によると2030年までの世界の宇宙資源探査市場規模（月面のみ）は約4兆円との目標値であり、日本国内での目標は約1兆円との回答があった。

ただし、小惑星を含めた市場規模は、1.5倍程度との回答を得たため、我が国の2030年代早期のワイヤレス宇宙資源探査ビジネスは、約1.5兆円と設定する。

4-2-3-2 「宇宙環境情報ビジネス」の将来目標設定

2030年代早期において宇宙環境情報は太陽嵐に対して、気象予測情報（天気予報）と同様の意義を持って利用されると想定し、現状の気象予報情報と同等の規模感を目指すことを目標に設定する。

具体的には、Markets and Markets社によると、天気予報システムの市場規模は、2015年に15億米ドル（約1,650億円）と発表されているため、2030年代早期に同等の規模感である約1,650億円を目標値として設定する。

また、LLOYD'S社によると、2015から2025年の間において太陽嵐による、世界のGDPリスク量は649.5億米ドル（約7.1兆円）と報告されている。太陽嵐に対する対策を行うことで、このリスク量（約7.1兆円）の軽減が期待される場所である。

4-2-4 宇宙×ICT分野の将来目標（2030年代早期）

既存の宇宙×ICT分野である「宇宙データ利活用ビジネス」及び「ブロードバンド衛星通信ビジネス」の2014年の市場規模（約8,000億円³）を基に、2030年代早期の将来目標を推計すると、米国の実質成長率3.15%で算出すると約1.3兆円となり、我が国（内閣府）の5%目標成長率では約1.7兆円、英国の目標成長率7.9%で約2.7兆円となる。

宇宙×ICT分野の2030年代早期の将来目標は、約1.7兆円をベース目標に、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を設定する。また、新規創出を目指す分野として「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1,650億円を包括した市場を、潜在的な将来目標として想定するものとする。なお、一般社団法人日本経済団体連合会は、宇宙機器産業・宇宙利用サービス産業・宇宙関連民生機器産業・ユーザ産業群すべてを含めた2030年宇宙関連産業の目標値を20兆円としている。

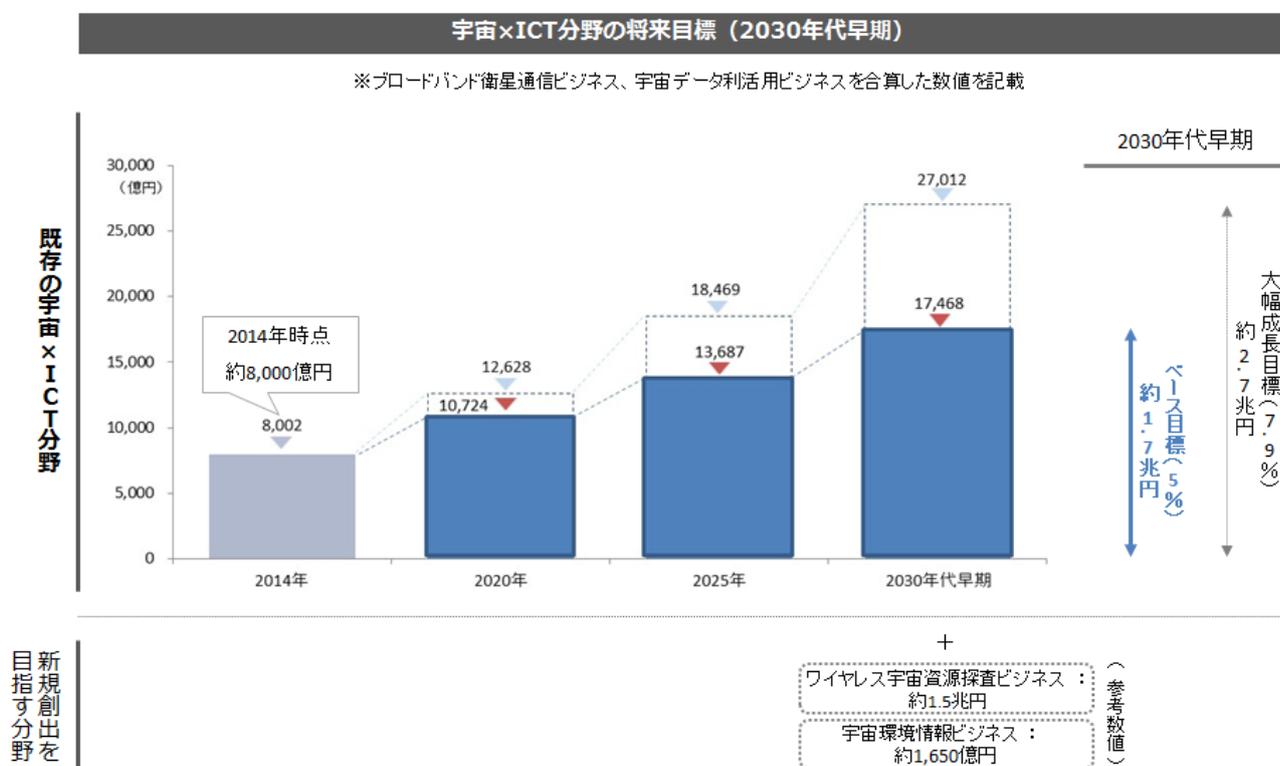


図4-14 宇宙×ICT分野の将来目標（2030年代早期）

³ 8,002 億円を四捨五入した概算値

第5章 宇宙×ICT総合推進戦略

～実現方策に関する提言～

5-1 5つの基本原則

第5章においては、第4章で述べた2030年の宇宙×ICTの社会的効果及び経済的効果を実現すべく、着実・効果的に前進するための方策として、5つの個別戦略から構成される「宇宙×ICT総合推進戦略」について検討する。検討に際して、現在の宇宙関連市場、産業をとりまく情勢を勘案した上で、以下に示す基本原則を十分に踏まえることが重要である。

① 新ビジネス・イノベーション創出

情報通信産業は、これまで我が国の経済成長を牽引する役割を果たしてきた。一方、宇宙関連産業についても、新規事業者の参入や技術革新の進展により、更なる成長が見込まれる分野である。このため、宇宙分野とICTの技術革新を融合することにより、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べく、新たなビジネスやイノベーションの創出を促進できる方策について検討することが重要である。

② オープン性確保

宇宙×ICTによるイノベーションの創出を促進するためには、ベンチャー系企業や非宇宙系企業など、異業種、異分野の事業者が自由に参加し、それぞれのアイデアや知識を組み合わせることによって、革新的なビジネス・アプリケーションを開発できる環境を整えることが必要となる。そのためには、宇宙×ICTにおけるオープンイノベーションを可能とする環境整備について検討することが重要である。

③ 安心・安全性確保

2030年においては、国民にとって、衛星通信をはじめとする宇宙関連ビジネスが不可欠な重要インフラとなり、多くの一般のユーザが広く宇宙×ICTビジネスの恩恵にあずかることが想定される。このため、宇宙×ICTの推進にあたっては、これまで以上に情報セキュリティの確保など、ユーザの安心・安全の確保を図ることが重要となってくる。

④ 社会的課題の解決

地球環境の変動、資源・エネルギー問題、食の安全、地域格差、高齢化社会などへの配慮は、我が国のみならず国際的にも重要な課題となっており、一方、宇宙×ICTビジネスは、農業、林業、鉱業、交通、物流等、様々な分野における実現が期待されている。このため、宇宙×ICT推進戦略の検討に際しては、国内外に顕在化する社会的課題の解決や、現時点では顕在化していない新たな付加価値の創造に寄与できるビジネス・サービスを検討することが重要である。

⑤ グローバル戦略

宇宙産業は、世界中で熾烈な競争が繰り広げられている。このため、宇宙×ICT推

進戦略の検討に際しては、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など、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を推進することが重要である。

5-2 宇宙データ利活用ビジネス推進戦略

ベンチャー企業や非宇宙系企業による、宇宙データと地上系のIoTデータやソーシャルデータなどを融合した新たなサービス・アプリケーション開発を支援するためには、宇宙データを含む各種データの収集・連携・処理を可能とするオープンな環境を提供することが適当である。これを実現するための環境として、大容量データの収集を可能とする超高速ネットワーク、大規模データを効率的に処理するためのクラウド基盤、ビッグデータの蓄積・解析基盤等が整備されたNICTの総合テストベッドの活用を検討することが適当である（図5-1）。

なお、宇宙データの利活用の技術的な課題として、宇宙データの取扱いに専門性が求められるため、非宇宙系の事業者にとって利用が難しい点がある。このような課題を解決するため、例えば、市民サイエンスの仕組みなどを活用し、外部の研究者や企業等が広く参加する宇宙データ利活用のコミュニティを形成した上で、以下の①から④に示す宇宙データの処理機能の提供と性能改善のためのPDCAサイクルの構築を促進していくことが望ましい。

① 課題設定

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を設定する。

② 外部研究者等による処理プログラムの提案

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する。

③ 処理プログラムのソースコードの公開

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する。ただし、開発者が利用者に対し、プログラムの有償での利用許諾も可能とする。

④ 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することにより、無償・有償利用者の使い勝手を向上するプログラムの改良を促す。



図5-1 NICTのテストベッドを活用した宇宙データ利活用基盤のイメージ

ただし、NICTのテストベッドを活用した新たなサービス・アプリケーションの開発支援を行うための本スキームの立上げ時においては、まず試行的に取り扱う宇宙データ及びIoTデータの分野の絞込みを行った上で、機能の具体的検証や課題・改善点の抽出を行いながら、成功事例の創出を目指すことが適当と考えられる。

具体的な検討イメージとしては、まず、宇宙データを活用したサービス・アプリケーションに対する市民や自治体のニーズについて十分調査を行うことが重要である。その結果を踏まえサービス・アプリケーションの開発、提供に関心を有する企業、研究者等が参加する形で、ニーズに合致したデータ（環境データ、被害データ等）をクラウドソーシングにより収集・処理する。その上でデータの高度化解析（データインテリジェンス化）を行うことにより、地域に特化した予測モデルを確立することにより、サービス・アプリケーションの開発につなげることが適当である。さらに、その性能や改善策等に関する分析・対策を実施した上で、その結果を共有することにより、サービス・アプリケーションの改善と他地域への横展開につなげることが適当である。

このような、テストベッド環境を通じて、データの収集・処理、データインテリジェンス化、サービス、アプリケーションのそれぞれの開発フェーズにおいて、ビジネスソリューションの提供が可能な企業や研究者（宇宙系、非宇宙系、ベンチャー企業等）のビジネスマッチングの機会の提供する効果も期待される。

「宇宙産業ビジョン2030」においては、宇宙データを活用した新たなソリューションによる効果（生産性、安全性、品質の向上等）を実証し、先進的な成功事例の創出を図りつつ、民間事業者が自立的に衛星データも用いたソリューション開発を行うきっかけとすべく、社会モデル実証事業を実施することが提言されている。その際、これまで宇宙産業に関わりの薄かったソリューション開発を担う非宇宙分野のIT事業者や、長期的かつ大口のユーザとなり得る国や地方公共団体等が一体となって新たなアイデアを持ち込むことで、従来の宇宙関係者だけに閉じず、出口までを見据えた取組とするとされている。さらに、本社会モデル実証事業の実施に当たっては、内閣府、総務省、文部科学省及び経済産業省並びにNICT、JAXA及びAISTが一体となって、積極的かつ速やかに取組を開始することとされている。

総務省においては、現在、ICTを活用した分野横断的なスマートシティ型の街づくりを通じて、地域が抱える様々な課題の解決や地域活性化・地方創生を実現するための施策として、「データ利活用型スマートシティ推進事業」を実施している。宇宙データの活用により、自治体が抱える社会的課題の解決を図ることは、5-1で定義した「5つの基本原則」のすべてに合致した極めて有効な取組を言える。

具体的には、まず、衛星による測位データや観測データといった宇宙データのうち、物理的に3次元空間を把握するものを活用し、AI解析で時間的変化の自動抽出を行うことにより、空間の3次元に時間差分を加味した“4次元サイバーシティ”を構築する。その上で、構築され、適時に更新される4次元サイバーシティと、気象データやIoT・SNSデータといった既存のデータとを組み合わせることにより、安心・安全や一次産業、観光等の促進に資する新サービス・新産業を実現することが期待される。そのため、総務省においては、宇宙×AIによる4次元サイバーシティの構築の潜在性・実現性を検討・検証するとともに、いくつかの具体的な事例について実証を推進することが適当である。

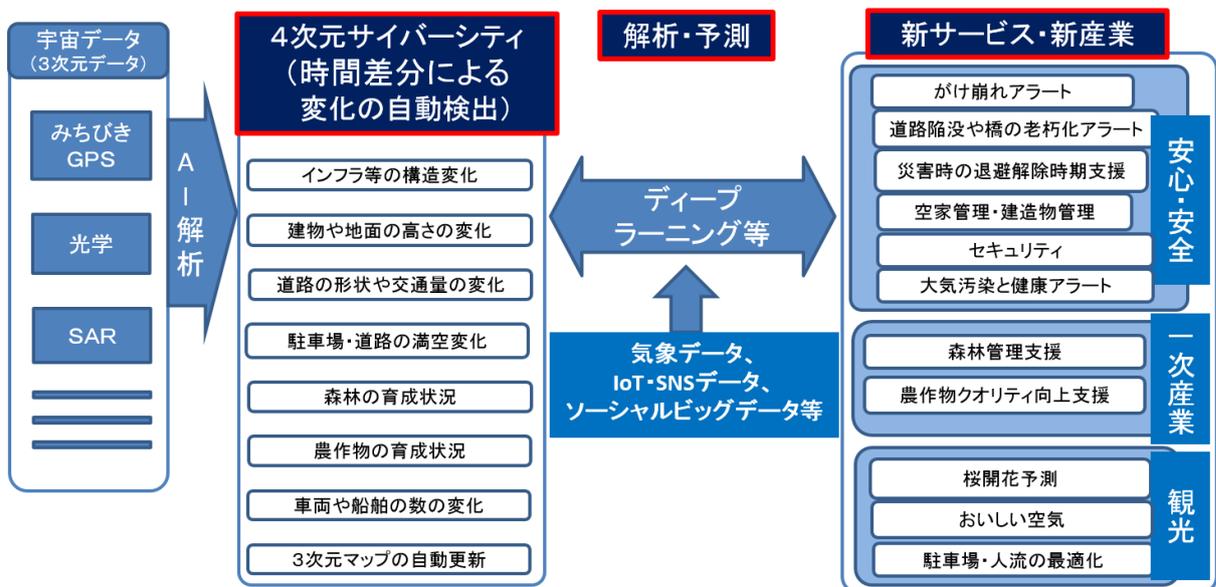


図5-2 宇宙×AIによる4次元サイバーシティの構築

なお、ここでは、“4次元サイバーシティ”が自動生成性と汎用性とを備えることを重視し、元データとなる宇宙データを3次元の空間データに限定した。このように、最もシンプルな態様で中間生成物たる“4次元サイバーシティ”を構築することにより、新サービスや新産業ごとに予めカスタマイズする場合と比較して、“4次元サイバーシティ”が様々な用途で広く活用されることが期待できる。この汎用的なデータに、様々なデータ、例えば、気象、IoTやSNS関連データ、ソーシャルビッグデータを加えることにより個別ニーズごとにカスタマイズした上で、ディープラーニング等で付加価値を与えることで様々な新産業・新サービスを生み出すことを目指す。

おって、“4次元サイバーシティ”の生成時に、各種の地上系データや他の宇宙デー

タを加えてより膨らませたものを“4次元サイバーシティ”とすべきという議論もあったが、ここでは、“4次元サイバーシティ”はあくまで衛星リモートセンシングに基づく3次元の空間データの時間変化と定義し、他のデータとの融合は「解析・予測」の箇所で行くと整理している。まずは、この概念を検討のスタートラインとし、検討、議論を深めていくことが適当である。

以上の関連施策の動向や取り組むべき施策を踏まえて、宇宙データ利活用推進戦略の望ましい方向性としては、以下のとおりまとめられる。

- ① NICTのテストベッドの活用による宇宙データ・地上系データを連携した新ビジネス・アプリケーション創出のためのオープンな環境の提供。
- ② 関係府省及び研究機関の連携による社会モデル実証事業への協力・推進。
- ③ 社会モデル実証事業の実施にあたっては、関係府省と連携しつつ、東京オリンピック・パラリンピック競技大会を視野に、先進的な宇宙データ利活用に向け検討。
- ④ 宇宙データの利活用により、都市や農村部、観光地が抱える課題の解決を目指す自治体等の取組を支援するため、「データ利活用型スマートシティ推進事業」のスキームの活用を積極的に検討。
- ⑤ 以上の取組を通じて、宇宙データ利活用の先進的な成功事例の創出を目指す。

5-3 ブロードバンド衛星通信ビジネス推進戦略

ブロードバンド衛星通信ネットワークと5G・IoTサービスとの連携を実現するためには、利用周波数帯、伝送速度、端末数、通信プロトコル、アプリケーション等が多様に混在する5G・IoT端末群を衛星通信回線に適切に収容することが必要となる。これを可能とするため、総務省においては、衛星通信における周波数の利用効率向上に関する技術や、テラヘルツ波・光通信も含めた利用可能領域の拡大が可能となる技術を開発するとともに、技術試験衛星9号機の開発を着実に実施する。また、同衛星を活用し、多様かつ大規模なIoT端末から送出される様々な通信需要を効率的に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することが適当である。

また、異業種・異分野の関係者による、ブロードバンド衛星通信と5G・IoTとを連携した新たなサービス・アプリケーションの開発と技術実証を促進するため、総務省においては、技術試験衛星9号機及び対応する地上システムを活用することにより、オープンなサービス・アプリケーション実証環境を整備することが適当である（図5-3）。

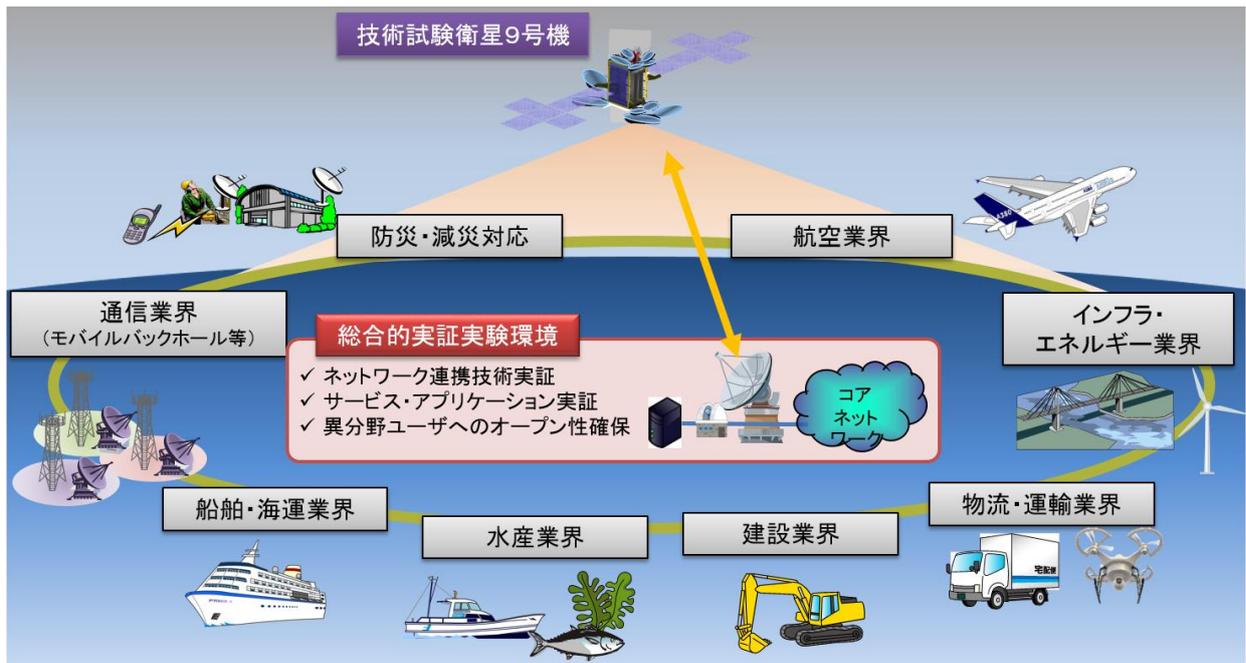


図5-3 ブロードバンド衛星通信と5G・IoTとの連携サービスの実証環境のイメージ

5-4 ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス推進戦略

2020年前半の打上げを目指している火星探査用超小型衛星開発プロジェクト等に関し、総務省及びNICTは関係する国内外の研究機関とも連携し、衛星センサシステムの開発を推進することが適当である。開発に取り組むべきセンサ技術としては、水、一酸化炭素、酸素の同位体を高感度で検出でき、かつセンサの小型軽量化を実現できるテラヘルツパッシブセンサを対象とすることが適当である（図5-4）。

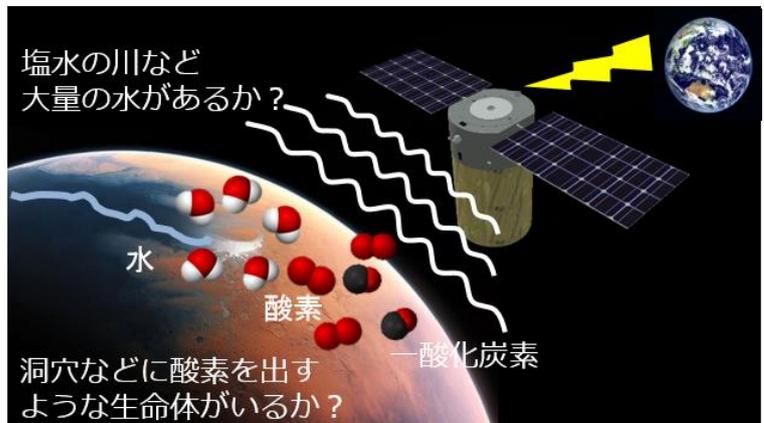


図5-4 火星探査用超小型探査機のイメージ

さらに、将来的に、月面基地を中継基地として経由して、小惑星における資源探査や火星への有人飛行を実現するためには、より効率的に宇宙資源探査を可能とするためのワイヤレスセンサが必要となる。このため、総務省及びNICTにおいては、小型衛星に搭載でき、月面等の地表面から数cmから数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の研究開発にも取り組むことが適当である（図5-5）。

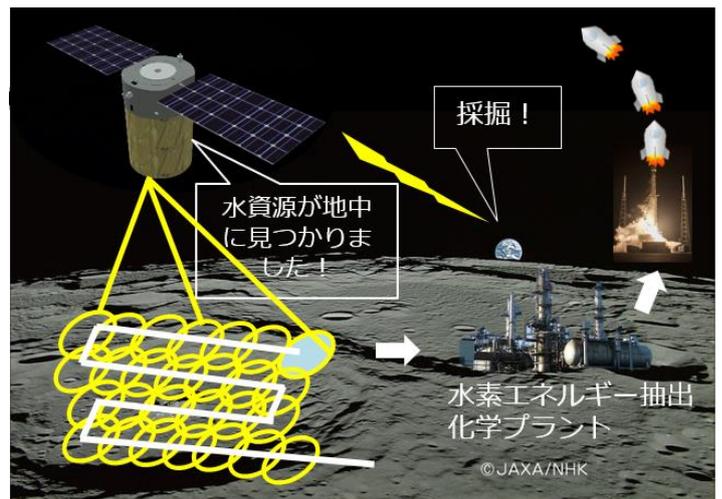


図5-5 宇宙資源探査用テラヘルツアクティブセンサのイメージ

5-5 宇宙環境情報ビジネス推進戦略

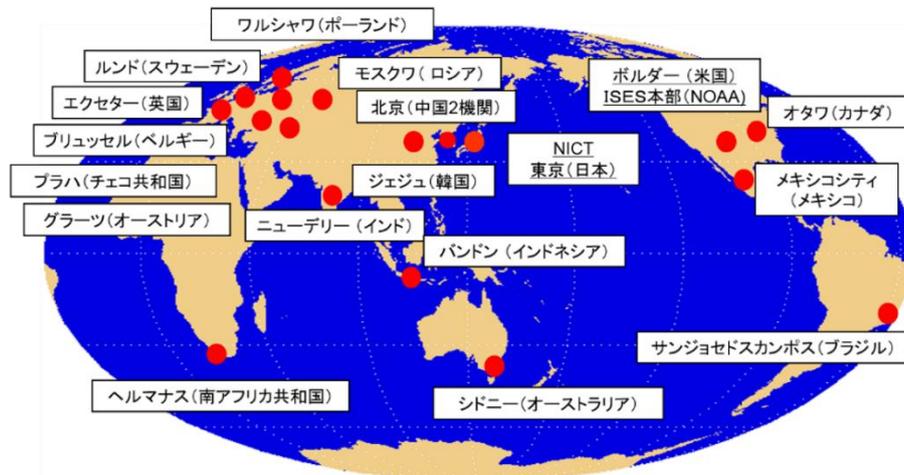
5-5-1 ICAO宇宙天気センターの設置

2020年以降、世界の数か所に設置が見込まれるICAO宇宙天気センターについては、2017年6月現在、ICAOにおいて設置場所に関する検討が行われており、2018年7月に決定される見込みとなっている。

将来、宇宙観光等、商業的な有人宇宙利用が普及、発展した場合、ICAO宇宙天気センターが宇宙天気情報の拠点となり、将来の我が国の宇宙開発に影響を与える可能性が高い。

このため、ICAO宇宙天気センターへの我が国の貢献については、総務省及びNICTは、ICAOに関連する国際動向や国内検討を踏まえ、戦略的に対応することが適当である。

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



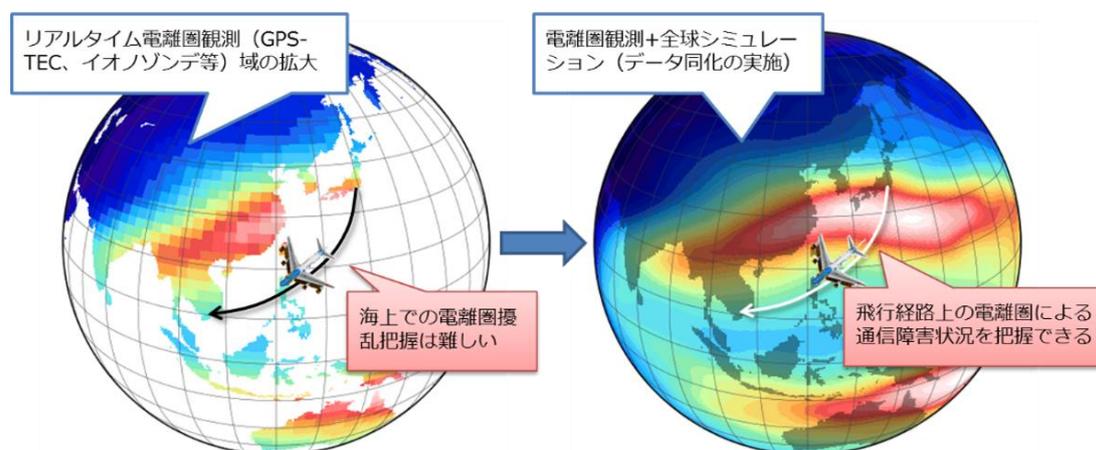
出典: NICT提供資料

図5-6 国際協力による宇宙天気予報の推進体制

5-5-2 低緯度海域の電離圏モデル予測技術の研究開発

宇宙環境情報として、低緯度地域特有のプラズマバブルや赤道異常などの強い電離圏擾乱現象を正確に把握し、電離圏モデルを作成することにより、海域における衛星測位精度の更なる向上が可能となる。これを実現することにより、準天頂衛星システムの高精度測位サービスを利用した新たなビジネス・産業について、アジア諸国を中心とする海外展開を促進することが可能となる。

このため、NICTにおいては、VHFレーダ等によるプラズマバブル等の低緯度電離圏異常の高精度な測定技術の開発や、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等を開発することにより、低緯度海域における衛星測位サービスの精度向上に資する電離圏モデリング技術を確立することが適当である。



- ・ 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。

出典：「宇宙×ICTに関する懇談会（第4回）」NICT発表資料（平成29年2月1日）

図5-7 低緯度海域における電離圏モデル予測のイメージ

5-6 基盤技術研究開発推進戦略

第3章において、宇宙×ICTの重点4分野のビジネスを挙げた上で、これら4つのビジネスの推進戦略について、本章においてこれまで述べてきた。一方で、これらを支える基盤技術の研究開発も重要であるところ、3-6において、4つの基盤技術を挙げた。

まず、3-6-2で述べたテラヘルツ技術については、5-4の推進戦略として、センサシステムの開発やアクティブセンサの研究開発について述べたところである。

また、3-6-3のナノRFエレクトロニクスについては、情報通信衛星のコンパクト化・資源衛星などに適用できるワイヤレス化衛星システム及びスペースファクトリのビジネスが2030年に実現されることが期待できることから、その社会的効果を4-1で述べたところである。

さらに、3-6-4の時空計測技術については、今後も、NICTが各国機関と国際的に協力しながら、研究開発を推進していくことが適当である。

ところで、3-6-1の衛星セキュリティ技術については、衛星へのサイバー攻撃の影響の拡大、及び実際に事案が発生していることから、戦略的に取り組むべき事項として、ここで改めて戦略的な推進方を定めることとする。

現在、インターネット上では、まず高速化が困難な公開鍵暗号方式により、クライアント・サーバ間やクライアント同士で電子署名による認証や共通鍵の鍵交換等を行い、その後、当該共通鍵をもとに比較的高速な共通鍵暗号方式によりデータを暗号化している。

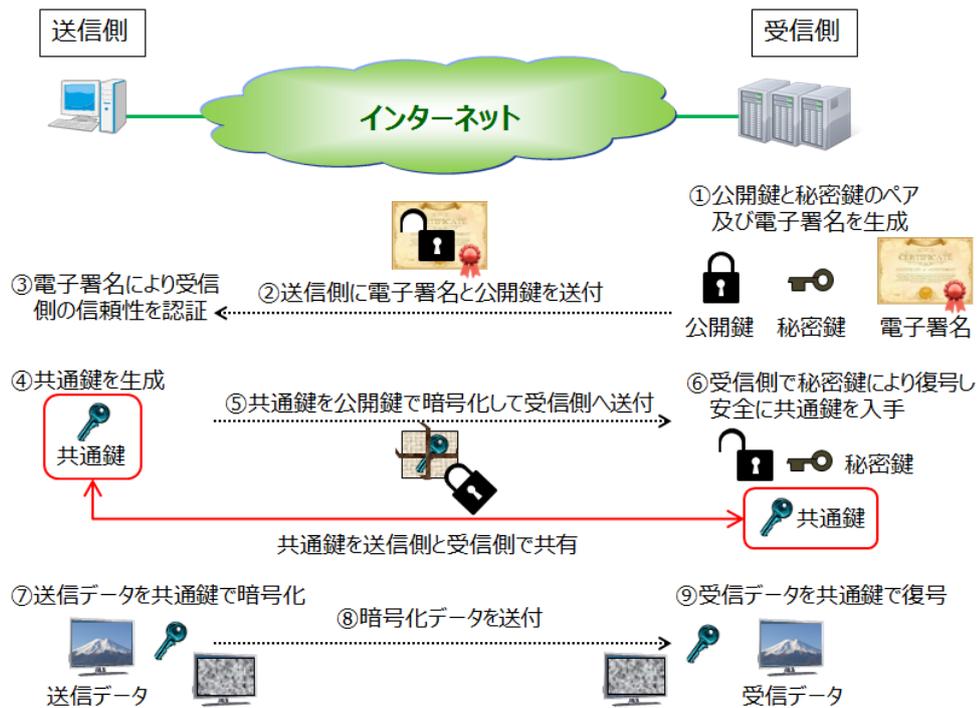


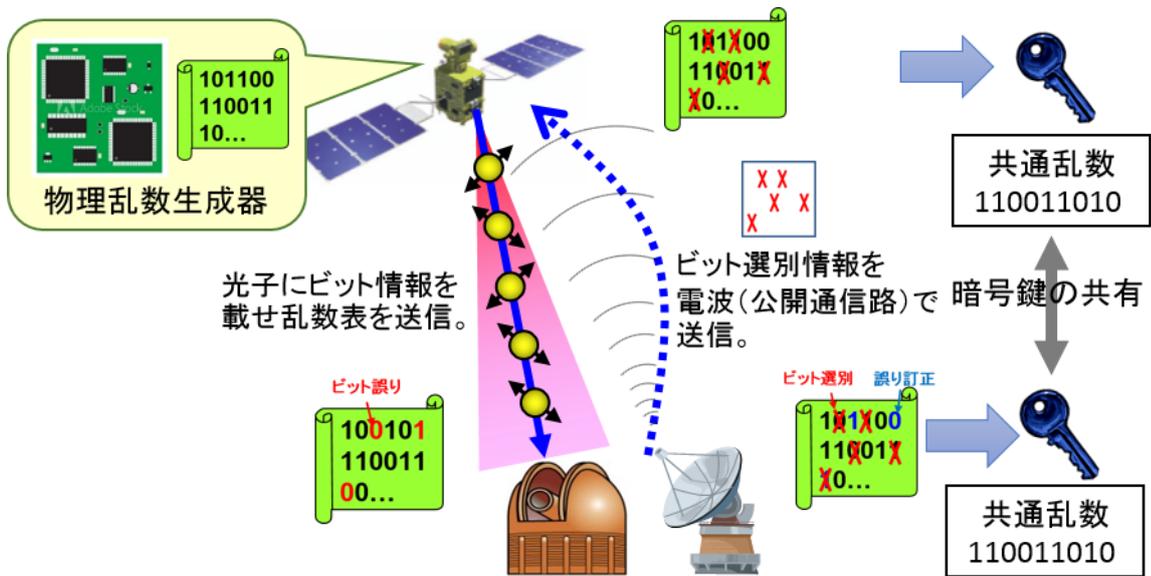
図5-8 公開鍵暗号方式と共通鍵暗号方式

しかし、過酷な宇宙環境の中のスペースや電力が限られる衛星で、これら暗号技術を実装するのは容易ではない。通信衛星の情報セキュリティレベルの向上を図らなければ、将来、情報セキュリティ上のぜい弱な通信衛星がセキュリティホールとなり、他の衛星通信網や地上通信網にまで影響を及ぼすおそれがある。

また、将来的に量子コンピュータのような計算機技術が発展した段階においては、現在のインターネット上での暗号方式が危殆化するおそれがあるところ、衛星通信システム上での暗号方式や鍵長の仕様更新は容易ではないため、衛星におけるサイバー攻撃対策として必ずしも万全と言えない。

このため、総務省においては、どれ程の計算力をもってしても解読できない安全性を備えた通信を実現するための暗号技術として、衛星に搭載した物理乱数源から生成された真性乱数を、レーザ光で地上局へ伝送する技術及び衛星・地上局間で共有した真性乱数データから安全な暗号鍵を蒸留する技術（量子暗号等）の開発を推進するとともに、高秘匿衛星光通信技術の実証を行うことが適当である。さらに、衛星のバックアップや高高度での中継を行うための航空機等による移動体光通信技術の研究開発にも取り組む

ことが適当である（図5-9）。



出典：「宇宙×ICTに関する懇談会（第5回）」NICT発表資料（平成29年2月22日）

図5-9 高秘匿な衛星光通信プラットフォーム技術

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～

本章においては、第5章で述べた推進方策をいつまでに実行し達成すべきか、宇宙×ICT重点4分野ごとに、研究開発、環境整備及び国際対応に分類した上で、図6-1のとおり整理した。

第4章で述べた宇宙×ICTがもたらす近未来社会を実現するためには、総務省、NICT及び関係機関がそれぞれ主体となり、本章に整理したロードマップの着実な実施に取り組んでいくことが必要である。また、新たな価値創造のためにここで挙げる各分野を横断した一体的な取組が求められる。

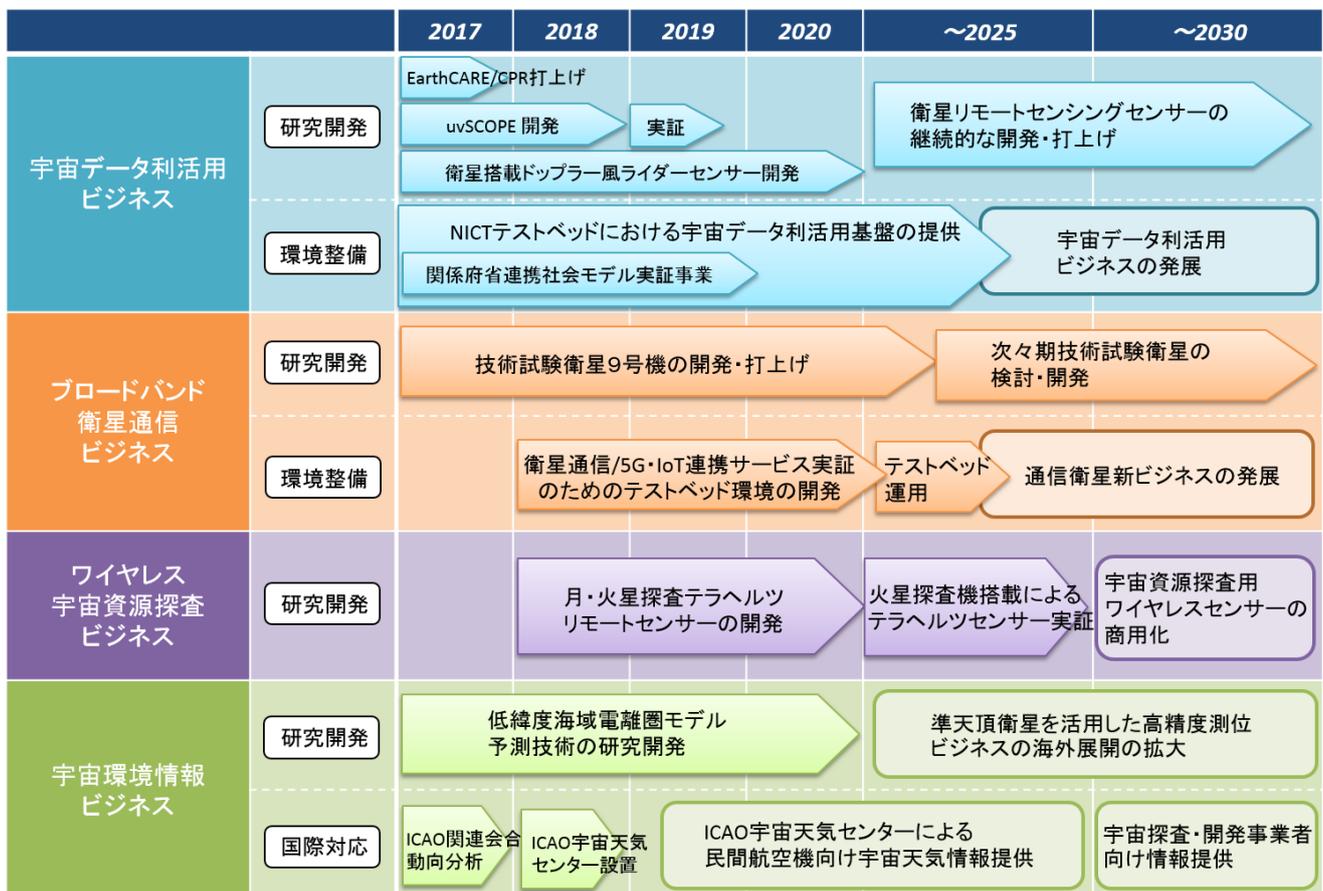


図6-1 宇宙×ICT総合戦略推進ロードマップ

おわりに

改めて言うまでもなく、今日のICTは、生活や社会・経済活動の発展において欠かすことのできない重要な技術である。近年は、その利活用によって新たなニーズを瞬時に捉えるとともに、技術及びサービスの発展を促していくことが重要となっている。宇宙利用分野においては、通信衛星やリモートセンシング衛星のコンステレーションにより、グローバルなブロードバンド衛星通信サービスの提供やリアルタイム地球観測網等による新たなサービスが展開されようとしている。このように、宇宙産業市場の拡大が予想される状況において、今後、ICTの利活用が更に進むと見込まれる。

本懇談会において検討を進める中で、2030年早期における宇宙×ICTがもたらす社会的・経済的効果を分析し、宇宙×ICTの重点4分野のビジネス及びそれら重点4分野の発展を支える基盤技術を特定した。また、「宇宙×ICT総合推進戦略」及びロードマップを策定し、新たなイノベーション創出や宇宙産業の活性化に資する“宇宙×ICT”を着実に推進していくための方向性について提言した。

本報告書を踏まえ、所要の取組が着実に実施されるとともに、繰り返しイノベーションを起こすために、総務省において適時・適切に取組状況の調査・検討が行われ、取組が更に強化されることを期待する。その際、本報告書がそれらの調査・検討に貢献できれば幸いである。なお、本懇談会において整理した第6章のロードマップは、あくまで現時点における想定に基づくものであることから、技術の進歩や状況の変化に応じて、不断の見直しが必要である。また、その見直しを効果的に行うとともに、ロードマップをより実効性のあるものとするために、本懇談会のような枠組みを継続するなど、ベンチャー企業や非宇宙系企業を含むコミュニティの形成と維持が必要である。

最後に、近未来から「現在」を過去として振り返った時、2017年という年が「宇宙産業ビッグバン元年」と認識され、本報告書が、その後のICTが果たすべき役割の道しるべとなっているのであれば、それは望外の喜びである。そして、宇宙が形作られた経緯になぞらえるのであれば、本報告書に綴ったメッセージや「宇宙×ICT総合推進戦略」が、ビッグバンを引き起こすインフレーションを誘発することにより、“宇宙×ICT”がもたらす近未来の社会的・経済的効果が発現することを願ってやまない。

参考資料1 「宇宙×ICTに関する懇談会」開催要綱

1 目的

近年、情報通信技術（ICT）の進化により世界規模で情報のネットワーク化とイノベーションが急速に起こりつつあり、宇宙利用分野においても、IoT、ビッグデータ、AI（人工知能）を活用した新たなサイエンスやビジネスが創造される大変革時代を迎えつつある。

また、従来は政府主導で進められてきた宇宙開発に対して多数のベンチャー企業が宇宙ビジネスに参入することにより、小型衛星開発や惑星探査といったダイナミックなプロジェクトが形成されつつある。

一方、政府においては、宇宙関連二法案（宇宙活動法及び衛星リモートセンシング法）が国会に提出され、民間による宇宙ビジネスの本格参入に向けた法制度が整備しつつあるところであり、同時に我が国における宇宙産業の活性化を目的とした、いわゆる「宇宙産業ビジョン」の検討が進められている。

宇宙利用に先駆的なイノベーションをもたらす宇宙産業を活性化するために、ICT分野の先端技術・基盤技術を積極的に活用した革新的なアプローチが必要となっており、ICTを活用した宇宙利用のイノベーション（“宇宙×ICT”）の具体化が期待されているところである。

以上の観点から、本懇談会では、ICTを活用した宇宙利用のイノベーションがもたらす新たな社会像やその実現方策等を検討することにより、我が国における戦略的な宇宙利用分野のイノベーションの創出をめざすこととする。

2 名称

本会議は「宇宙×^{バイ}ICTに関する懇談会」と称する。

3 検討内容

- (1) 宇宙×ICTが実現する新たなビジネス、将来の社会像等の検討
- (2) 各宇宙分野（通信分野、リモートセンシング分野、宇宙環境計測分野、時空計測分野、宇宙探査分野 等）における重点研究課題の抽出
- (3) 国及びNICTにおける役割並びに研究開発推進方策の検討
- (4) その他、座長が必要と認める事項

4 構成及び運営

- (1) 本懇談会は、総務副大臣（情報通信担当）主催の懇談会として開催する。
- (2) 本懇談会の構成員は、別添のとおりとする。
- (3) 本懇談会に、総務副大臣が予め指名する座長を置く。
- (4) 座長は、必要があると認めるときは、座長代理を指名することができる。
- (5) 座長は、必要に応じて構成員以外の関係者の出席を求め、その意見を聴くことができる。
- (6) 座長は、研究会を招集し、主宰する。
- (7) 座長代理は、座長を補佐し、座長不在のときは座長に代わって本懇談会を招集し、主

宰する。

(8) その他、本懇談会の運営に必要な事項は、座長が定めるところによる。

5 議事等の公開

(1) 本懇談会及び使用した資料については、次の場合を除き公開する。

- ① 公開することにより当事者若しくは第三者の権利若しくは利益又は公共の利益を害するおそれがあると座長が認める場合
 - ② その他、非公開とすることを必要と座長が認める場合
- (2) 懇談会終了後、速やかに議事要旨を作成し、公開する。

6 スケジュール

本懇談会の開催期間は、平成28年11月から平成29年夏頃までを目途とする。

7 事務局

本懇談会の事務局は、情報通信国際戦略局技術政策課及び宇宙通信政策課が行うものとする。

参考資料2 「宇宙×ICTに関する懇談会」構成員名簿

(敬称略、五十音順)

	青木 一彦	スカパーJSAT株式会社宇宙・衛星事業本部宇宙・防衛事業部 部長
	安達 昌紀	日本電気株式会社社会基盤ビジネスユニット 主席主幹
	新井 邦彦	国際航業株式会社事業推進部 地球情報担当部長 兼 地球観測データ利用ビジネスコミュニティ (BizEarth) 幹事代表
	内野 修	国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター衛星観測研究室 衛星観測センターGOSATプロジェクト 検証マネージャ
	宇野沢 達也	株式会社ウェザーニューズ 減災プロジェクトリーダー (気象予報士)
	永島 隆	株式会社アクセルスペース 取締役CTO
	加藤 寧	東北大学電気通信研究機構 機構長
	門脇 直人	国立研究開発法人情報通信研究機構 理事
	金谷 有剛	国立研究開発法人海洋研究開発機構 センター長代理
	金本 成生	株式会社スペースシフト 代表取締役
	来田 倍周	株式会社ジェノバ技術センター 課長
	草野 完也	名古屋大学宇宙地球環境研究所 所長
	坂井 文泰	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所 上席研究員
	佐藤 将史	株式会社野村総合研究所ICTメディア産業コンサルティング部 上級コンサルタント
	清家 康之	株式会社商船三井スマート SHIPPING推進室 室長代理
	塚原 克己	三菱電機株式会社宇宙システム事業部 事業部長代理
	辻 寿則	株式会社アストロテラス 代表取締役
	内藤 一郎	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門衛星利用運用センター センター長
座長	中須賀 真一	東京大学大学院工学系研究科 教授
	永妻 忠夫	大阪大学基礎工学部・基礎工学研究科 教授
	中村 良介	国立研究開発法人産業技術総合研究所人工知能研究センター 地理情報科学研究チーム長
	Ferguson, Iain	ロイズ・ジャパン株式会社 代表取締役社長
	三嶋 章浩	凸版印刷株式会社情報コミュニケーション事業本部 ソーシャルビジネスセンターソーシャルビジネス開発部 係長
	吉川 真	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 准教授
	吉田 和哉	東北大学大学院工学研究科 教授
座長代理	六川 修一	東京大学大学院工学系研究科国際工学教育推進機構 教授
オブザーバ	内閣府	宇宙開発戦略推進事務局
	文部科学省	研究開発局宇宙開発利用課
	農林水産省	大臣官房政策課技術政策室
	経済産業省	製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
	環境省	地球環境局総務課研究調査室