

衛星を巡る諸問題に関する調査検討作業班 報告書概要（案）

平成29年6月15日
作業班事務局

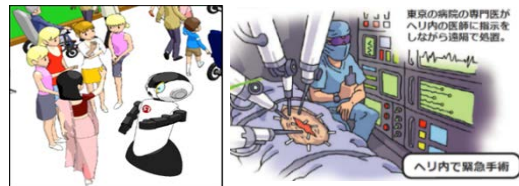
5Gで何が変わるか

超高速
現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供



⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード

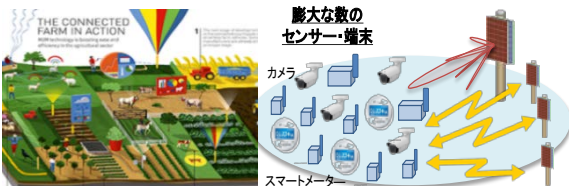
超低遅延
利用者が遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御



ロボットを遠隔制御

⇒ ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現

多数同時接続
スマホ、PCをはじめ、身の周りのあらゆる機器がネットに接続



⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続
(現行技術では、スマホ、PCなど数個)

IoT技術の発達

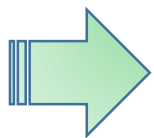
eMTC

低～中速の移動に対応
比較的大きいデータに対応
1Mbps程度の通信用途

NB-IoT

通信中の移動は想定外
少量のデータ通信に最適化
数10kbps程度の通信用途

ユースケース	適用例
ガス・水道メータリング	電源確保が難しく電波が届きにくかったメータボックス内に設置
貨物追跡	電源が確保できないコンテナ等の貨物や自転車等へ取り付け
ウェアラブル	スマートウォッチ、バイタルセンサー等のウェアラブル端末で利用
環境・農業系センサー	電源確保が難しく電波が届きにくかった山間地、河川、農地、牧場等に設置
ファシリティ	電波が届きにくかったオフィスビル等の電源設備室や空調機械室等に設置
スマートホーム	インターネット経由での玄関ドアロック、窓の開閉監視、家電の遠隔操作等を実現
スマートシティ	駐車場管理、街灯の制御、渋滞状況に応じた信号制御、ゴミ収集等を実現



5G導入に向けた技術的条件を策定するため、情報通信審議会での検討が進んでおり、衛星分野についても、5Gとの相互運用性確保の観点からの検討が必要。

ITU-R(SG4)での検討状況

- 2016年9月開催のITU-R SG4(衛星業務)関連会合において、ブラジルから、「5Gの衛星コンポーネント」として、地上・衛星技術を統合した5Gの技術レポートの作成を提案。
 - 次世代アクセス技術における衛星の利点として次の3点を挙げている。
 - ①マルチキャストによる伝送路の効率利用
 - ②広範囲への一斉送信
 - ③物理攻撃や自然災害への耐性
- ☆ 次回のSG4関連会合(2017年10月)では、日本における衛星5Gの検討状況を報告予定。

3GPPでの検討状況

【5Gに関する標準化スケジュール】

- リリース15: 2018年6月までに、同時多数接続を除いた5Gの基本仕様を策定。
- リリース16: 2019年までに、IoTにも対応した5Gの全要求条件を策定。

【衛星に関する検討状況】

- リリース14の段階でレポート作成(TR22.891)。
 - ・全74のユースケースのうち、衛星利用が望まれるケースとして、過疎地利用、災害・緊急時対応、バックアップ通信等を提示
- リリース15の検討開始に伴い、5Gの標準的なサービス要件を示したレポートTR22.261を作成。
 - ・衛星システムについては、21のサービス要件のうち「Multiple access technologies」の一つとされ、「5Gシステムは、衛星アクセスを利用したサービスの提供が可能でなければならない」と記載。
- 2017年3月開催の3GPP会合において、非地上系ネットワークのうち、衛星通信についても5GのStudy Itemとすることで合意。

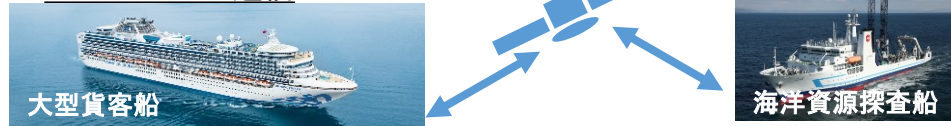
5G/IoT時代に衛星の果たす役割 ①

衛星通信は5G/IoT時代においても重要な役割を果たす。

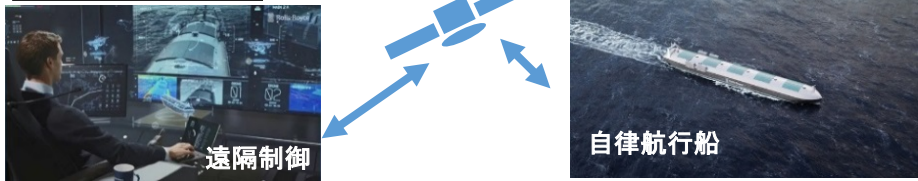
① 僻地・島嶼部、海上、上空、宇宙でのブロードバンド提供

- 今後5Gネットワークを全世界にあまねく普及させることを想定した場合、地上系のシステムでは物理的・コスト的にカバーすることが困難な遠隔地や海洋エリアについては衛星でカバー。

✓ 大型貨客船や海洋資源調査船向けのアップリンク側も含めたブロードバンド通信



✓ 自律航行船の制御



- 航空機や宇宙空間等を移動する物体との通信についても、大容量を伝送する場合等は衛星回線を活用することが効率的。

✓ 航空機搭乗客に対するブロードバンドサービス



✓ 衛星リモートセンシングに係る高精細画像等の大容量データのダウンリンク



② 広域に分布したIoT端末からのデータ収集

- IoT時代においては端末からのデータを収集する際、陸上、海上、上空、宇宙などに広域に分布した端末から効率的にデータを収集するために衛星を活用。
- センサから収集されるデータは全てが常時収集・大容量であるとは限らず、数秒に1回や1日1回程度の頻度で十分なものもあり、遅延時間が大きい衛星でも十分に役割を果たすことができる。

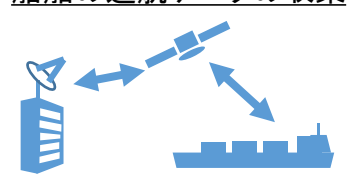
✓ 航空機運用の効率化や安全性向上のためのモニタリング



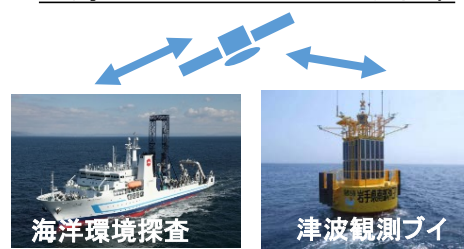
✓ 無人航空機(UAV)を用いたセンシング



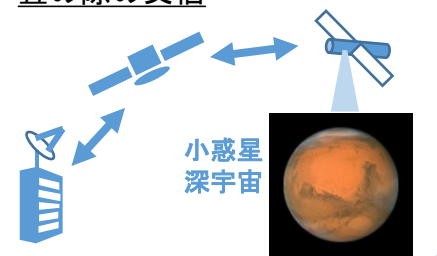
✓ 船舶の運航データの収集



✓ 海洋環境調査、津波監視向けの海上センサからのデータ収集



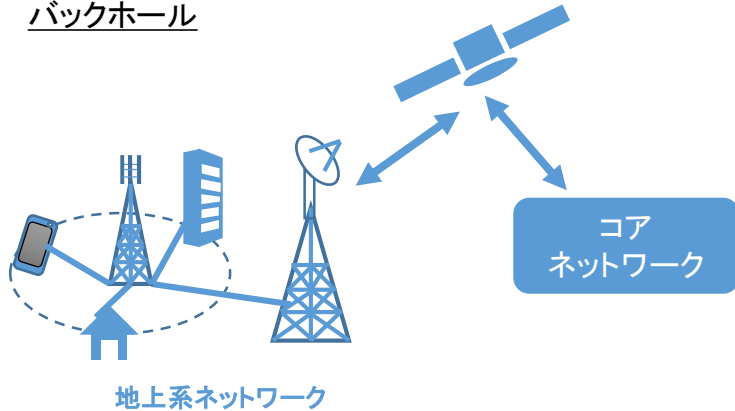
✓ 小惑星の資源調査、深宇宙探査の際の通信



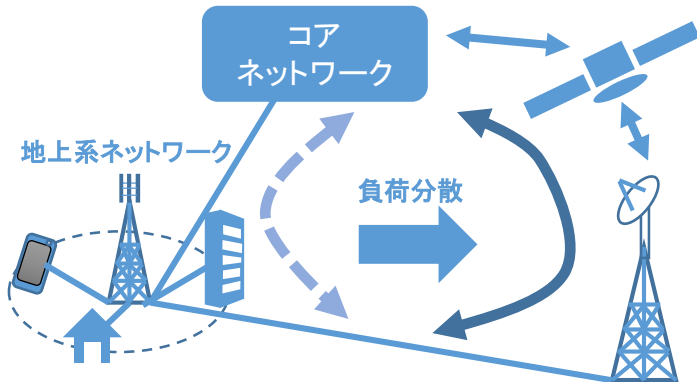
③地上系ネットワークのバックホールその他の補完

- 5Gでは複数のネットワークが複合的・総合的に利用され、その一員として地上系ネットワークを効率的に利用・制御するために衛星通信を活用。

✓ 地上系の基地局とコアネットワークを中継するバックホール

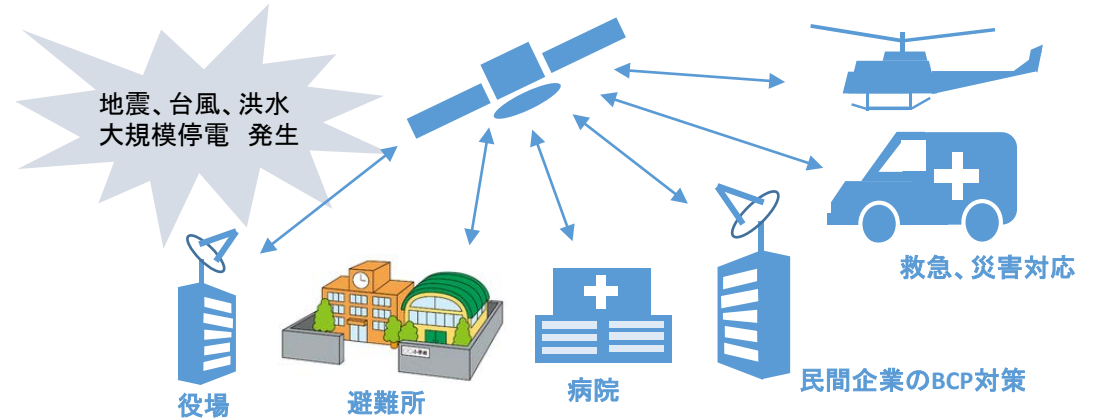


✓ ネットワーク効率化のための制御信号のオフロード



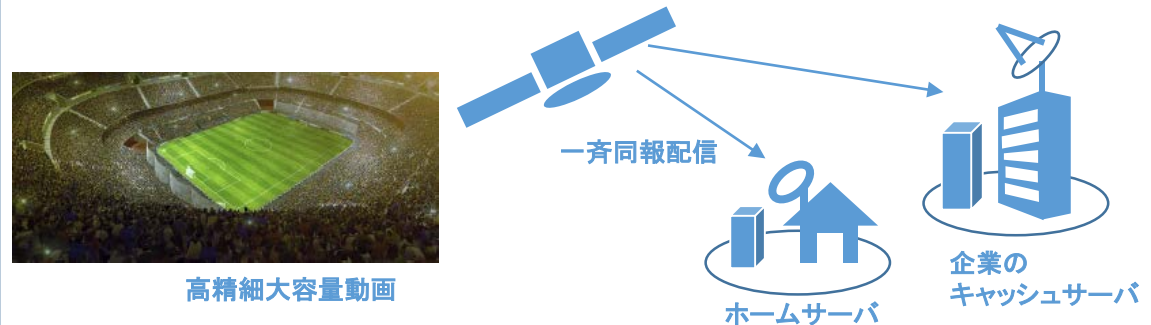
④災害時等における重要通信の確保

- 地震や台風、洪水等の自然災害発生時や大規模停電などの非常時に地上系ネットワークが一部麻痺等した場合において、役場や避難所及び病院等の公共通信の確保のほか、民間企業のBCP(業務継続計画)対策に衛星回線を活用。



⑤コンテンツのマルチキャスト配信

- ネットワークを流通する動画等の大容量データは今後更に増加すると見込まれており、ネットワークの効率利用の観点から、広域に一斉同報通信が可能な衛星の特徴を活かし、ネットワークの末端のモバイルエッジサーバまでコンテンツをマルチキャスト配信するほか、混雑時間を避けて予め企業社屋のキャッシュサーバや各家庭のホームサーバにデータを直接配信する際に衛星を活用。



5G/IoT時代にも衛星がその役割を十全に発揮できるよう、次の事項について検討が必要。

【技術的要件の検討】

● 地上系ネットワークとの相互運用性確保

衛星ネットワークの5Gへの統合も見据え、通信規格やデータフォーマット等に関して地上系ネットワークとの相互運用性確保について議論を進める。



● 衛星による5Gユースケースの精緻化

5Gにおける衛星の役割を踏まえ、技術要件の明確化を図る。

超高速	僻地・島嶼部、海上、上空、宇宙でのブロードバンド提供 コンテンツのマルチキャスト配信
多数同時接続	広域に分布したIoT端末からのデータ収集
緊急通信	地上系ネットワークのバックホールその他の補完 災害時等における重要通信の確保

● 5G関連の衛星技術に係る研究開発の推進

5Gにおける衛星通信の利活用については技術的課題が多く、一方で5G関連の新たな技術の中には衛星通信に適用可能なものもあることから、5G関連の衛星通信技術に係る研究開発を推進する。

【衛星5Gの推進】

● 国内5Gコミュニティへの働きかけ

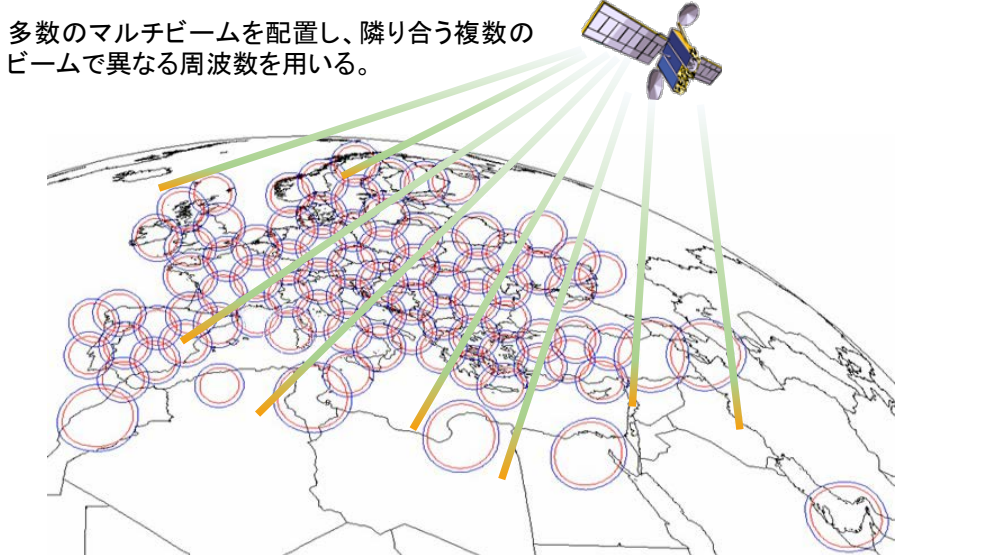
5GMFなど国内の5Gコミュニティと衛星通信コミュニティが相互に情報交換を行い、ネットワーク全体のあり方について議論。

● 国際機関による衛星5Gの検討に参加

我が国として産官学の体制で包括的な対応戦略を検討し、国際機関へ専門家派遣・寄書提案。

新たな衛星システムの発展

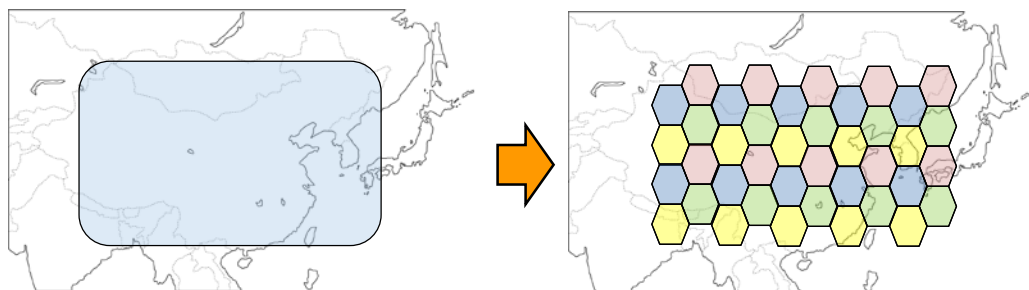
HTS (High Throughput Satellite)
 スポットビームを多数搭載し、同一周波数を繰り返し利用することにより、従来の衛星と比較して、通信容量を増大。



出典：Eutelsat, Services and possible applications,2012を基に総務省で加工

(従来の衛星のビーム)

(HTSのビーム)



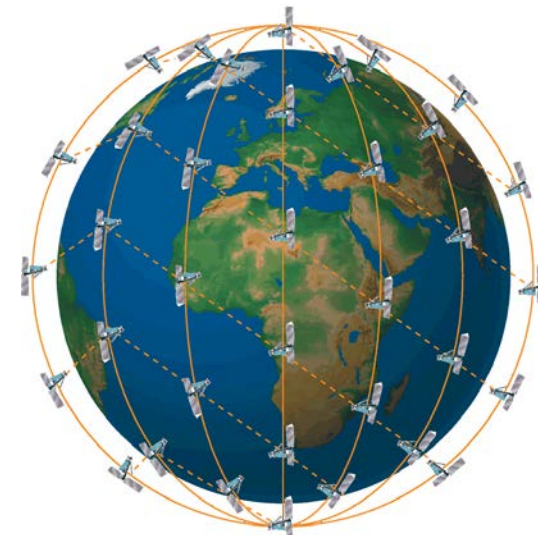
同一周波数を、稠密配置で繰り返し利用することにより、周波数利用効率の向上を可能とし、従来型衛星に比べて通信容量が増大

衛星コンステレーション
 多数の衛星を打ち上げ、これらを一体として協調して運用し、通信や測位等のサービスを提供。

- 低軌道を周回する衛星の場合、静止軌道と比較して通信の遅延や電力消費が少ない。
- その反面、一つの衛星から見渡せる地域が狭くなるため、多数の衛星を連携させ、全地球をカバー。

(参考) Iridium NEXT コンステレーションのイメージ

- ・6軌道、66機の衛星からなる低軌道コンステレーション
- ・各衛星は、同一軌道の隣接2衛星と、隣接軌道の各1衛星の計4衛星との衛星間通信が可能



出典：Iridium社ウェブサイト

HTSの動向（日本国内でサービス提供が予定される主なもの）

事業者名	Inmarsat		Viasat	スカパーJSAT	
	Inmarsat-5	Inmarsat-6	Viasat-3	JCSAT-18	Horizons 3e
衛星機数	4機(うち予備機1機)	3機以上	3機	1機	1機
カバレッジ	極域を除く全球	極域を除く全球	極域を除く全球	東アジア・東南アジア・極東ロシア及び北太平洋	アジア・オセアニア・北米西海岸及び太平洋
中継器容量	<Global> 6Gbps <High Capacity> 6Gbps	非公開	1 Tbps	非公開	非公開
ビーム	<Global> Ka: 89 <High Capacity> Ka: 6 走査ビーム	非公開	Ka: 1000以上	非公開	非公開
使用周波数	Ka帯	Ka帯/L帯	Ka帯	Ku帯/Ka帯	C帯/Ku帯
通信速度	航空機・船舶向け: D/L: 50Mbps U/L: 5Mbps	非公開	エンタープライズ向け: 1Gbps 航空機向け: 数100Mbps インターネット向け: 100Mbps	非公開	非公開
日本でのサービス展開予定	2017年	2021年以降 ※2020年から順次打上げ予定	未定 ※2019-2020年に2機の打上げを計画。アメリカ、欧州、アフリカ、中東をカバー。 ※3機目はアジア・太平洋をカバー予定。	2020年前半	2019前半

中軌道衛星コンステレーションの動向

※高度約2,000km～約36,000km

事業者名	O3b	ViaSat	Boeing (Ka帯)
衛星機数	O3bN ¹ : 24機、O3bI ² : 12機	24機	3コンステレーション、計60機
軌道高度	O3bN: 約8,400km O3bI: 約8062km	約8200km	27,355 -4,422km ※楕円軌道
製造者	Thales Alenia Space	N/A	Boeing
利用周波数帯	Ka帯	Ka帯 V帯	Ka帯
レイテンシ	150ms以下	150ms	N/A
スループット	1.6Gbps per beam/ 84Gbps per 8 satellite	N/A	N/A
通信速度	バックホール向け: 1Gbps 船舶向け: 350Mbps	N/A	D/L: 最低25Mbps U/L: 最低3Mbps
日本でのサービス展開予定	未定 ※O3bNによるサービスは日本国外において提供中	未定	未定

1. 赤道上の周回軌道を利用したMEO衛星コンステレーション
2. 軌道傾斜角76度の2つの軌道を利用したMEO衛星コンステレーション

低軌道衛星コンステレーションの動向

※高度約2,000km以下

事業者名	OneWeb	SpaceX	LeoSat	Iridium (Iridium-Next)	Boeing (V帯)
衛星機数	882機	4425機以上	120-140機	66機	1396-2956機
軌道高度	約1200km	約1110km～約1325km	約1400km	約780km	軌道により異なるが、約1200kmまたは約1000km
製造者	Airbus Defence & Space	SpaceX	Thales Alenia Space	Thales Alenia Space	Boeing
利用周波数帯	Ku帯 Ka帯	Ku帯 Ka帯 ※この他に、V帯を利用する 計画あり	Ka帯	L帯 Ka帯	V帯
レイテンシ	30ms以下	25-35ms	20ms以下	N/A	N/A
スループット	7.5 Gbps per satellite	17-23 Gbps per satellite	1.6 Gbps per link	N/A	N/A
通信速度	D/L: 50Mbps U/L: 25Mbps	1 Gbps per user	1.2 Gbps	D/L: 最大1.5Mbps U/L: 最大512kbps	D/L: 最低25Mbps U/L: 最低3Mbps
日本でのサービス 展開予定	未定 ※当該衛星システムの サービス開始は2020年頃 を計画	未定 ※衛星の本格打上げ開始は 2019年を予定	未定 ※当該衛星システムの サービス開始は2020年 頃を計画	未定 ※衛星は2018年にリプ レイス配備完了予定	未定

衛星通信サービス・業界の変革①

衛星システムは、地上システムの補完としての役割を果たすだけでなく、陸上と海上又は固定と移動といった区分を意識しない、緊急時に備えた強靱性を持つとともに、平時から低遅延で高信頼のサービスを、国境を越え広域にわたり高速大容量で提供できる包括的・総合的な通信システムへと進化。

(1) 静止衛星と非静止(周回)衛星とのシステム／オペレータの合従連衡

広範囲に高速大容量サービスを提供する「静止衛星」と、地球全域に低遅延のサービスを提供可能な「非静止衛星」とがそれぞれの特徴を活かして連携する動きが加速。

2016年8月にSES社が
O3b社を買収



ENTERPRISE +

- SES社の静止軌道衛星とO3b社の非静止軌道衛星を活用したサービス
- 通信速度1Gbps
- アベイラビリティ(稼働率) 99.5%

OneWeb社とINTELSAT社との協業



- Intelsat社：静止軌道衛星を運用中
- OneWeb社：低軌道周回衛星を運用予定

2017年5月にスカパーJSAT社が
LEOSAT社と戦略的パートナーシップ、
出資合意



- スカパーJSAT社：静止軌道衛星を運用中
- LEOSAT社：低軌道周回衛星を運用予定

出典:各社Webサイト

衛星通信サービス・業界の変革②

(2) 小型・低消費電力端末を活かした衛星IoTなど新たな衛星通信サービスの登場

衛星通信技術の発達により、これまで想定されなかった新しいサービスを提供

衛星を用いたIoTサービス

LPWAを利用して広域に分散した端末から基地局に情報を集約し、コアネットワークまでを衛星回線で接続



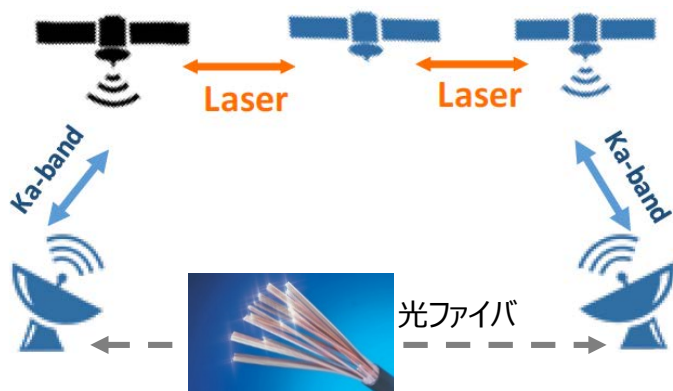
出典:Smart LNB M2M & IoT via satellite, Eutelsatを基に加工

基地局を介さずにセンサから衛星まで直接通信



出典:Global IoT services with BGAN & Activity LPWA ThingPark Wireless, Inmarsatを基に加工

低軌道周回衛星によるグローバルな低遅延・セキュアな高速ネットワークサービス



- 計算上、数千km以上離れた地点間では低軌道周回衛星経由のポイント・ツー・ポイント通信の方が光ファイバ通信より伝播速度は早い。
- 衛星通信に新たな顧客を呼び込むと想定。
 - ✓ 世界中の市場をターゲットに市場間の価格差を利用した裁定取引を行う「高速金融取引事業者」
 - ✓ 一刻も早く情報を安全・確実に伝達することを求める政府組織や企業等

出典:2017年5月11日スカパーJSAT社ニュースリリース資料。光ファイバ画像は住友電工社Webサイト

移動体向け高速サービス等

- 船舶・航空機・自動車などの移動体向けの通信サービスの高速大容量化の加速
- 今後、民生品の活用が進むことにより、革新的なサービスが誕生する可能性

新しい衛星通信市場の開拓に向けて

新たな衛星通信市場を拓くため、今後、次の事項について検討が必要。

【国内の制度未着手箇所の整備】

● 既存衛星システムの高度化

現行システムの利用者保護及び新システムへの円滑な移行のために早急に制度整備。今後の衛星5Gの動向に柔軟に対応できるよう配慮。

● 新たな衛星コンステレーションの制度化

利用周波数が多様であり、干渉検討や共用検討に係る技術的課題が多いことを踏まえ前広に対応。類似のシステムが複数計画されていることから、状況に応じ複数のシステムをまとめて検討。

● 衛星通信システムと5Gとの周波数共用

5Gの技術的条件を調査・検討する新世代モバイル通信システム委員会での検討結果を踏まえて関係者を交え共用検討等を実施。

【新たな宇宙ビジネス実現のための環境整備】

● 無線局免許の迅速な付与

- ・衛星コンステレーションを構成する衛星無線局に係る免許手続簡素化。
- ・衛星システム間の周波数調整を円滑化するための調整手続の制度化検討。
- ・意欲のある大学や中小企業が民生品で安価に衛星事業に参入可能とするため、衛星回線の特定小電力無線局制度の活用検討。

● 新たな衛星アプリケーションの実用化

衛星による自動車向け高速大容量データ配信サービスの技術基準策定



衛星通信機能搭載の実験車 MIRAI
(トヨタ自動車プレスリリース)