

低軌道衛星

グローバル版：衛星コンステレーションによるブロードバンドサービス



デロイトは、地球規模の衛星ブロードバンドサービスの提供を目的とした低軌道*1上の衛星が、2019年末の約200基から増加し、2020年末までに1000基*2を超えると予測している。

これに伴い、2020年の終わりもしくは2021年の初頭には一部地域で衛星ブロードバンドサービスが開始される可能性があり、おそらく当初は地球上の高緯度地域が対象になるとみられる。

この動向の全体像を数字で見ると、人類が宇宙開発を始めて以来約8,700の宇宙物体が打ち上げられ、そのうち4,000以上が地球周回軌道に配置された衛星として現役運用されている^{1(脚注1)}。複数基のブロードバンド通信衛星により構成される「メガコンステレーション*」のために、後述する主だった企業が予定している計画のみでも、今後16,000基の衛星が打ち上げられるようだ。その展開は世界に歴史的な利益をもたらすかもしれない。

既存の航空宇宙産業の巨大企業と、新興のテクノロジー企業の双方が、世界に手頃な高速インターネットアクセスをもたらすことを目的として「メガコンステレーション」に投資し始めている。顕著な動機としては、現在インターネットアクセスがない地域にそれをもたらすことで、インターネットに係る新規顧客を生み出し、新しいビジネスモデルの提供を行うというものである。ITU (International Telecommunication Union: 国際電気通信連合) によると、2018年末時点でインターネットを利用しているのは世界人口の約51%にすぎない²。

過去に低軌道に限らず衛星コンステレーションを使い商用の低軌道衛星通信サービスに参入した事業者はいるものの、ビジネス的な成功事例は見られていない³。一方、現在低軌道衛星通信サービス事業に参入しているプレイヤーは、社会的なニーズと技術シーズの双方で現在のますますの情報化社会進展の追い風を受けながら、高速化、低遅延化、低価格化したサービスをユーザーに提供することで、先行事例を乗り越えようとしている。その取り組みは、主に次の3つのドライバーによって促進されている。

*1 P29 用語集参照

*2 2020年1Qの実績値を基に、2019年12月発表分の予測値を2020年4月に修正

• 衛星打ち上げコストの低下

衛星製造・打ち上げにかかる費用は、2000年代ごろからのSpaceXをはじめとした衛星打ち上げベンチャー企業の参入を起爆剤として、従前と比較し劇的に減少している。衛星自体が軽量化していることも、コスト削減につながっている⁴。

• 衛星量産技術の進歩

衛星の設計がモジュール化され、標準化された衛星バス(人工衛星の基本機能に必要な機器の総称)や小型でより高性能のコンポーネントを使用し、更に他の製造業と同様の組立ライン設備や在庫管理システム等に備える工場を設立する企業も現れるなど、衛星量産技術が進歩してきている。このため、コンステレーションを構成する数百から数千の衛星を短いリードタイムかつ、低コストで製造できる土壌が整いつつある。

• ネットワークアクセスに対する需要増加

僻地や途上国では、通信環境が整わずネットワークサービスを受受できない人が未だ数多くいる。その一方で、次々と出現する新しいテクノロジーに対応する高度な通信環境の需要も高まっている。「いつでもどこでもつながる」ことへの期待が増している状況にある。

サービス開発の主要プレイヤー

米国、カナダ、中国、ロシア、欧州の多くの企業が衛星ブロードバンド市場での地位確立を目指している。2018年11月時点で、FCC(US Federal Communications Commission:連邦通信委員会)は米国内で、Telesat、Kepler、LeoSat、SpaceX、OneWeb^(原注2)、SES(O3b)、Space Norwayなどの企業に対し、ブロードバンドインターネット向け衛星コンステレーションを対象とした事業認可及び電波使用許可を与えている⁵。さらに直近では、2019年7月にAmazonが子会社のKuiper Systemsを通して”Project Kuiper”の衛星システム配備をFCCに申請している。

いずれの場合も、最終的にコンステレーションを展開する企業の数や、最終的に配置される衛星の数もまだ明らかではない部分があるが、ここでまず重要になってくるのは、どの企業がこのコンステレーション構想をいち早く実現し、この低軌道衛星ブロードバンド市場という新たな市場を開発・拡大していくのかということである。

想定されるサービスと市場

衛星ブロードバンド市場に参入する企業の目標やビジネスモデルはさまざま、具体化が不十分な企業も少なくない。

一部のプロバイダは、ケーブルや光ファイバーベースのブロードバンドインターネットを提供する従来型の地上通信事業者と競合する形で、消費者に直接サービスを提供する市場を狙っている。また、企業向けに専用ブロードバンド接続の提供を検討している企業もある。

さらに、多くの企業が、地上通信インフラが脆弱もしくは全くない地域を

対象にしたブロードバンドインターネットサービスの提供を目指している。これにより、世界のより多くの人々が、よりつながりのある社会を通じて経済的利益を享受できるようになる。

より特化したアプリケーションを追求している企業もある。例えば、IoTデバイスのネットワーク(スマートファクトリー、サプライチェーン、公共インフラ、石油プラットフォームなど、M2M(Machine-to-Machine)の通信を必要とするシステム)構築のための通信サービスを提供することが大きな事業機会になるかもしれない。さらに災害時対応など向けの、信頼性の高い専用ネットワークを政府等に販売・提供することも考えられる。

事業開発における課題

衛星ブロードバンド事業に参入しようとしている企業は、宇宙空間を活用した事業活動を行うということと、新しい事業を立ち上げるということの2つの取り組みを同時に行う必要がある。参入に当たって事業者は、計画の遅れ、また事業頓挫の可能性すらもある技術上・運用上の課題に直面する。以下、この新しい事業に参入する企業がクリアしなければならない課題のうち、最も重要なものをいくつか挙げる。

• 衛星の信頼性確保

軌道上で寿命まで問題なく動作する衛星を運用するには、信頼性のあるシステムを構築することが不可欠であり、開発には相応の投資が必要になる。衛星に問題が生じた場合は、迅速かつ安全に軌道から離脱させなければならない。

• サービスに対する期待の充足

接続スピードや低遅延といった観点で、ユーザーの高い期待値に十分に答える必要がある。具体的には、大容量の高画質動画通信、高速での金融トランザクション、IoTデバイスの大規模ネットワークのリアルタイム管理、といったサービスを実現させなければならない。

• コスト競争力の確保

すでに衛星ブロードバンドビジネスに数十億ドル規模の資金が投入されているが、実現のために必要なコストの全容や、既存のブロードバンドサービスに比べて価格面で競争力があるのか等ははまだ判然としない。また、衛星の多くは5年から7年ほどという比較的短寿命のため、定期的に新しい衛星を打ち上げ、古い衛星を軌道から離脱させるコストが継続的に発生することにも留意する必要がある。

• スペースデブリへの対処

低軌道に何千もの新しい衛星を打ち上げることで、単に軌道の混雑を招くだけでなく、衛星間の衝突リスクが指数関数的に高まるという、危険な環境を作り出す可能性があることが懸念されている。

現在、さまざまな企業や政府機関が、衝突リスクへの対処方法や、寿命が尽きた衛星を安全に軌道から離脱させる方法を定めるルールの変更を検討している。また、機械学習アルゴリズムの利用や、地上に設置したレーダーなどによる追跡技術の改良も検討している。当該課題に関する国際的な協力の動きも増えており、関連する企業や政府機関は正面からこの問題に取り組んでいる。

用語集

衛星コンステレーション：全地球規模での観測、通信、科学研究、測位など、特定の目的のため人工衛星を多数基配置したシステムを指す。そのうち、構成する衛星の数が数百・数千に及ぶものがメガコンステレーションと呼ばれる

低軌道 (Low Earth Orbit, LEO)：高度2,000kmまでの地球周回軌道。軌道周期が短く(約90–120分)、リモートセンシング、有人宇宙飛行、データ通信などに利用されている。この軌道上の衛星は、常に地球表面のごく一部しか見ることができないため、地球全体をカバーするにはより多くの衛星が必要となる。

中地球軌道 (Middle Earth Orbit, MEO)：地上2,000kmから36,000kmの軌道。この軌道上の衛星はLEOベースの衛星よりも広く地球を見ることができ、より高緯度の衛星よりも低遅延である。この軌道は、測位衛星 (GPSなど) と通信衛星の両方で使用される。

静止軌道 (Geostationary Earth Orbit, GEO)：高度36,000kmの軌道。この軌道上の衛星は、地球の自転と同じ速度で移動するため、地球上のほぼ同じ場所にとどまる。地球をより広く見渡せるこの軌道では、数基の衛星で地球全体をカバーでき、放送、通信、気象衛星に適している。静止衛星と通信する地上のアンテナは動く衛星を追う必要がなく、方向が固定されている。

BOTTOM LINE

- 低軌道衛星ブロードバンドコンステレーションの最大の意義は、現在通信ネットワークインフラが十分に整備されていない地域の人々に、低遅延かつ高速なネットワーク環境を提供できるようになることである。衛星ブロードバンド接続によって世界のつながりが密になることで、世界の隅々まで現在の情報社会のメリットがもたらされ、人々がより経済的にも社会的にも豊かになる可能性がある。
- OneWebやSpaceXなどは既にコンステレーション衛星の打ち上げを開始しており、サービスを実際に開始する事業者も近く登場してくるだろう。そして、現在コンステレーション構想を打ち出している企業は多くあるが、サービス化が進んでいく中で、種々の課題を解決できたものだけに絞られていき、社会をより豊かにする新しいサービスとしての低軌道ブロードバンド市場が確立していく未来も近いだろう。
- 今後、より多くの衛星が打ち上げられ、事業展開が進んでいくなかで、周波数割当やスペースデブリへの対処、配備基数や軌道等のコンステレーションデザインなどに係るルールの整備が進んでいくことが予想される。現状、事業者間に意見の相違があり、また各国の規制機関の間での調整も必要になってくるなか、このようなルール形成活動にうまく対処できる事業者は、競争上の優位性を得ることができるだろう。

1. United Nations Office for Outer Space Affairs, “Online index of objects launched into outer space,” accessed October 9, 2019; Union of Concerned Scientists, “UCS satellite database,” accessed October 9, 2019.
2. ITU News, “New ITU statistics show more than half the world is now using the internet,” December 6, 2018.
3. Caleb Henry, “How OneWeb plans to make sure its first satellites aren’t its last,” SpaceNews, March 18, 2019; Chris Oakes, “Teledesic launches test satellite,” Wired, February 27, 1998.
4. Harry W. Jones, “The recent large reduction in space launch cost,” 48th International Conference on Environmental Systems, July 2018.
5. Federal Communications Commission, “FCC boosts satellite broadband connectivity and competition in the United States,” November 15, 2018.

訳注1：人工衛星について、JAXA, 2020/3/5アクセス:<https://fanfun.jaxa.jp/faq/detail/57.html>

訳注2：OneWeb社は2020年3月27日に米国破産法第11章に基づく破産を申請した。破産の原因は新型コロナウイルス(COVID-19)の影響に伴う市場混乱により、予定していた資金調達を完遂できなかったこととされており、今後同様の影響が業界全体に広がるかについては引き続き注視が必要である。

OneWeb Files for Chapter 11 Restructuring to Execute Sale Process, OneWeb, 2020/3/27: <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-files-for-chapter-11-restructuring-to-execute-sale-process>

グローバル版本文

High speed from low orbit: A broadband revolution or a bunch of space junk?

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2020/satellite-broadband-internet.html>