

衛星コンステレーションを用いた 次世代インターネットの可能性と課題

株式会社 野村総合研究所 ICTメディア・サービス産業コンサルティング部
コンサルタント 山口 結花



1 はじめに

昨今の宇宙ビジネスは大きな転換期を迎えている。その一つの特徴として、プレーヤーの多様化が挙げられる。これまでは、宇宙開発の国家プロジェクトに長年携わってきた大企業が宇宙産業^{※1}の中心だったが、近年は多くのベンチャー企業が参入している。ZOZOの前澤友作社長の宇宙旅行宣言で日本でも広く知れ渡ることとなったSpaceXも、2000年以降に設立された企業であり(詳細は後述)、宇宙産業の新興企業を耳にする機会は格段に増えた。技術革新によるロケット・衛星の低コスト化・小型化が進み、参入障壁が下がったことが要因の一つにあるが、特に、安価な小型衛星を複数打ち上げて互いの衛星をネットワーク化する“コンステレーション(以下、コンステ)構想^{※2}”は、人工衛星で提供可能なソリューションの幅を広げるとして、大いに期待されている。本稿では、衛星コンステを用いたインターネットの提供サービスについて、その可能性や課題、事業者の狙いや今後の展開について述べる。

2 既存の静止衛星通信と衛星コンステによる

次世代通信の違い

人工衛星による通信サービスは、既にさまざまな場面で用いられてきている。代表的なものは、航空機内でのインターネットサービスやテレビのBS放

送である。これらは、赤道上空の高度3万6,000km付近に配置された静止衛星によって提供されているが、地上からの距離が遠いため、通信速度が遅い、遅延が大きい等の欠点がある。航空機内でインターネットを利用しようとしても、つながらなかったり、非常に速度が遅かったりすることが端的な例である。

一方、衛星コンステによる通信サービスの場合、より地球近傍(低軌道の場合は上空2,000km以下、中軌道の場合は2,000~3万6,000km)に衛星を配置するため、静止衛星よりも高速・低遅延を実現できる。また、極軌道を通るため、既存の静止衛星による通信では不可能であった、極域周辺での通信サービスも可能となる。さらに、開発側からすると、衛星1基あたりのスペックが低く済むため、開発や打ち上げ時のリスク軽減につながる。しかし、衛星コンステは運用上の課題も多い。主な課題は以下の通りである。

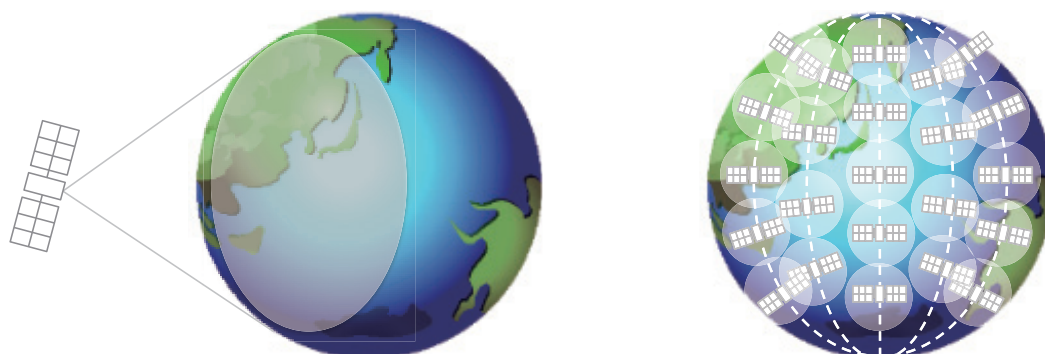
① スペースデブリ問題への対応

大量の人工衛星を軌道上に投入することになるため、運用終了後の衛星が宇宙ごみ(スペースデブリ)となる。適切に軌道外へ放出しないと、運用中の機器の邪魔になる懸念があり、対応が求められる。

② 地上でのシステム管理の実施

非静止衛星の場合、静止衛星と異なり地上から見ると動いているため、ある特定のエリアに対して通信を提供する衛星が定期的に切り替わる。そ

図表 1 静止衛星通信と衛星コンステによる次世代通信のイメージと特徴比較



	静止衛星通信	衛星コンステによる次世代通信
衛星の軌道	静止軌道 (地球の自転と同速で公転。 地上から見ると静止して見える)	極軌道 (北極と南極を通る軌道上を動く)
軌道高度	3万6,000 km	低軌道: ~2,000 km 中軌道: 2,000~3万6,000 km
衛星基数	1基~	数十~数千基程度
メリット	<ul style="list-style-type: none"> • 3基あれば極域以外ほとんどカバー可能 • 1基あたりの寿命が長い 	<ul style="list-style-type: none"> • 高速・低遅延 • 極域を含む全球をカバー
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> • 低速・高遅延 • 極域付近はカバー不可 	<ul style="list-style-type: none"> • スペースデブリ問題 • 地上でのシステム管理が必要 • 定期的な衛星交換作業が必要

出所) NRI作成

の切り替わりのタイミングで通信が不安定になる可能性が指摘されており、衛星の動きを把握した管理・モニタリングが求められる。

③ 定期的な衛星交換作業の実施

小型化・軽量化のために人工衛星のスペックを絞っており、静止衛星よりも寿命が短い。ゆえに、定期的に新たな衛星を軌道上に投入し、寿命を終えた衛星と交換する必要がある。

※ 1 ここでは、惑星探査や宇宙空間の利用 (ISS 等) に限らず、宇宙空間を利用した地上向けサービス (衛星データの地上における活用) 等も含む。

※ 2 衛星コンステレーションとは、システムチックに統合された複数基の人工衛星からなる衛星群・システムのこと。コンステレーションは、“星座”を意味する。詳細は、佐藤将史「宇宙ビッグデータビジネスの最前線—異業種参加で生まれる衛星データの新しい活用法—」『ITソリューションフロンティア』(2018年6月号)、野村総合研究所。

図表 2 衛星コンステによる主なインターネット提供事業者

軌道	企業名 -計画名-	基数	最大速度 (Mbps)	遅延 (ms)	周波数 (帯)	事業計画(一例)	代表的な 出資・提携先等	FCCの動向
低軌道	OneWeb	900	D/L:200 U/L:50	30	Ka/Ku	<ul style="list-style-type: none"> ●2022年までに世界中のあらゆる学校にブロードバンド通信を提供。 ●OneWeb Satellites(エアバスとのジョイントベンチャー)で週に15基の衛星を製造予定。 	<ul style="list-style-type: none"> ●ソフトバンクグループが約12億ドルを出資。 ●静止衛星を運用するIntelsat社と協業。 	<ul style="list-style-type: none"> ●2017年6月、720基に対して承認し、非静止軌道衛星に対する初の承認となった。 ●2018年3月、さらに1,260基申請済み。
	LeoSat Enterprises	108	1,200	20	Ka	<ul style="list-style-type: none"> ●2019年に打ち上げ開始予定。 	<ul style="list-style-type: none"> ●2017年5月、スカパーJSATと戦略的パートナーシップおよび出資合意。 ●衛星製造はThales Alenia Space。 	<ul style="list-style-type: none"> ●2018年11月、78基承認。
	SpaceX -Starlink-	1万2,000程度	D/L:1,000	25	Ka/Ku/V	<ul style="list-style-type: none"> ●2018年2月に2基の実験機を打ち上げ済み。 ●2019年6月に打ち上げ開始予定。 	<ul style="list-style-type: none"> ●出資元にGoogle等。 	<ul style="list-style-type: none"> ●2018年3月、1,000～1,400km程度に打ち上げ予定の4,425基を承認。 ●2018年11月、高度550kmに打ち上げ予定の7,518基を承認。
中軌道	O3b Networks	20	1,000	130	Ka	<ul style="list-style-type: none"> ●2018年時点で16基打ち上げ済み、2019年に最後の4基を打ち上げ予定。 ●2014年3月からサービスイン。 	<ul style="list-style-type: none"> ●現在はSES(ルクセンブルクの大手衛星運用事業者)の完全子会社。 ●衛星製造はThales Alenia Space。 	<ul style="list-style-type: none"> ●新たに申請していた26基分に関しても、2018年5月に承認済み。
(比較)	LTE	—	D/L:1,000	10	—	—	—	—
(比較)	5G	—	D/L:10,000	1	—	—	—	—

出所) 各社ホームページよりNRI作成

3 衛星コンステによるインターネット提供事業者の概要

衛星コンステによるインターネットの提供事業者は、米国を中心に近年増えている。いまだサービスインしていない企業が多く、正確には「インターネットを提供“しようとしている”事業者」が大半であるが、以降は単に「提供事業者」と記載する。ベンチャー企業が中心だが、中には大企業から巨額の出資を受けている事業者もあり、期待度の大きさがうかがえる。本稿では特に代表的な事業者を紹介する(図表 2)。

1) OneWeb

2012年に創設された、低軌道衛星コンステによ

るインターネットサービスを提供予定の OneWeb は、ソフトバンクグループが約 12 億ドルという巨額の出資を発表したことで注目を集めている。創設者のグレッグ・ワイラーは、アジア太平洋地域へ中軌道衛星のコンステによるインターネットサービスを提供している O3b Networks 社(後述)の創設者でもあり、“Bridge the digital divide”を理念として、2027年までに全世界でのデジタルデバイド^{※3}をなくすことを掲げている。最終的に 900 基の人工衛星を打ち上げ予定であり、そのために週に 15 基の衛星を製造するという目標を公表している。大手宇宙航空機器メーカーであるエアバスと、人工衛星製造のためのジョイントベンチャーを設立して

いる。

ソフトバンクグループは、出資理由の一つに東日本大震災での経験を挙げている。地上の基地局や通信回線は地震の影響を受けやすく、東日本大震災の際に、携帯電話事業者の通信が一時的に途絶えたことがあった。その際、人工衛星を有効活用したバックホール^{※4} 損傷のリカバリーを行い、1カ月後には従来通りに復旧したものの、地上における災害の影響を受けにくい衛星通信を日常的に使用していれば、災害後の復旧作業が甚大とならずに済んだ可能性がある。衛星コンステによる通信を提供できれば、災害時も平時と同水準の通信網を維持できると考えているという^{※5}。

OneWeb には、ソフトバンクグループの他にも、英国の大手航空機器メーカーのヴァージン・グループやコカ・コーラ、米国の大手通信事業者であるクアルコム等、多様な業界の企業が出資を行っている。

2) SpaceX

イーロン・マスクが創設し、民間企業によるロケット打ち上げサービスの成功者である SpaceX も、低軌道衛星のコンステによるインターネットの提供を計画している (Starlink プロジェクト)。2019年6月以降に打ち上げ予定で、2020年以降のサービスを予定している。最終的に約1万2,000基という大量の衛星を打ち上げる計画であるため、スペースデブリ問題や電波干渉の観点から、同業他社の批判を受けているが、米連邦通信委員会 (FCC) の会長は全世界におけるデジタルデバイド削減のための同社の取り組みに賞賛を述べており、約1万2,000基全てを承認している。

3) O3b Networks

現在はルクセンブルクの大手衛星保有・運用事

業者である SES の完全子会社となっている O3b Networks は、現 OneWeb 社の会長であるグレッグ・ワイラーが創設した中軌道衛星コンステによるインターネット提供事業者である。“O3b” の名は、“Other 3 billion” に由来しており、インターネット未普及地域に住む30億人にインターネットを提供したい、という創設者の思いがこもっている。発展途上国の政府や通信会社、プロバイダーと契約し、衛星経由の通信回線を提供するというビジネスモデルを採用した。同社は2014年3月にサービスインし、2016年には、アジア太平洋地域で7.5Gbps以上の契約を達成、総使用帯域幅が前年度比30%増を実現したことを公表している。

4 衛星コンステによるインターネット提供事業者の狙い

前章で紹介した衛星コンステによるインターネットの提供を行おうとしている代表的な事業者が短期的 / 中長期的にどのような狙いを有しているかについて述べる。

※3 デジタルデバイドとは、情報通信技術を利用できる者と利用できない者の間の格差のこと。

※4 バックホールとは、自己の端末が接続可能な最寄りの交換局と、街頭の無線基地局とをつなぐ回線網のこと。

※5 災害時に常に衛星通信が強いわけではない。衛星通信は降雨減衰を起こすため、豪雨や洪水発生時には不適である可能性がある。ここで述べているのは、地上におけるインフラ整備がほとんど不要のため、地上の基地局や回線の利用が困難な場合にも衛星通信は利用できる機会が多い、ということ。

※6 『世界人口予測 2017年改訂版』国際連合。

1) 短期的な狙いとしてのデジタルデバイドの解消

全世界人口 76 億人^{※6}のうち、インターネットを利用できない人は 30 億人以上存在するといわれている。政策上の理由で利用できない国・地域もあるが、多くはインフラ整備がなされていない地域で利用できていないと考えられる。

その中で注目を集めるのが、前述の衛星コンステによるインターネットサービスの提供である。地上で通信インフラを整備する場合、基地局や回線の設置に莫大なコストがかかる。また、そもそも基地局の設置が困難なエリアでは、回線を使用することができない。しかし、人工衛星による通信の場合、地上で必要となるのは衛星からの電波受信機のみである。さらに、上空から電波が来るため遮蔽(しゃへい)される確率が低い。学校や家など、特定の屋内専用の受信機であれば、基地局や回線よりもはるかに低コストで設置することが可能となる。その上、低軌道衛星のコンステであれば、既存の静止衛星よりもはるかに高速・低遅延通信を担保することができる。実際に、これらのサービスの提供事業者(前述)は、全世界におけるインターネット人口を増やすことを

目標に掲げる者が多い。

2) 全世界的なインターネット社会の到来と各事業者の中長期的な狙い

彼らの狙いは全世界へのインターネットサービスの普及におさまるのだろうか。事業者により真の狙いはさまざまであるが、共通しているのは“途上国におけるオンライン市場の獲得”である。現状インターネットインフラが十分でない上に、人口増加が期待できる途上国において、今後のオンライン市場は大きな可能性がある。そこで、基地局や回線よりも地上における設置コストが低い(と考えている)衛星コンステによるインターネットサービスを販売し、収益を得ようとしているのだ。また、将来的には現在の先進国と同様、ユーザーの利用履歴を用いた広告ビジネスやビッグデータ販売等が行われる可能性もあるのではないかと。

実際にどれくらいの人々が衛星コンステによるインターネットサービスのユーザーになりうるのか、約 10 年後^{※7}を想定して国ごとに概算を行った。概算時の考え方の概要は図表 3 に示した。都市部にお

図表 3 衛星コンステによる新たなネットユーザー増加数の概算時の考え方

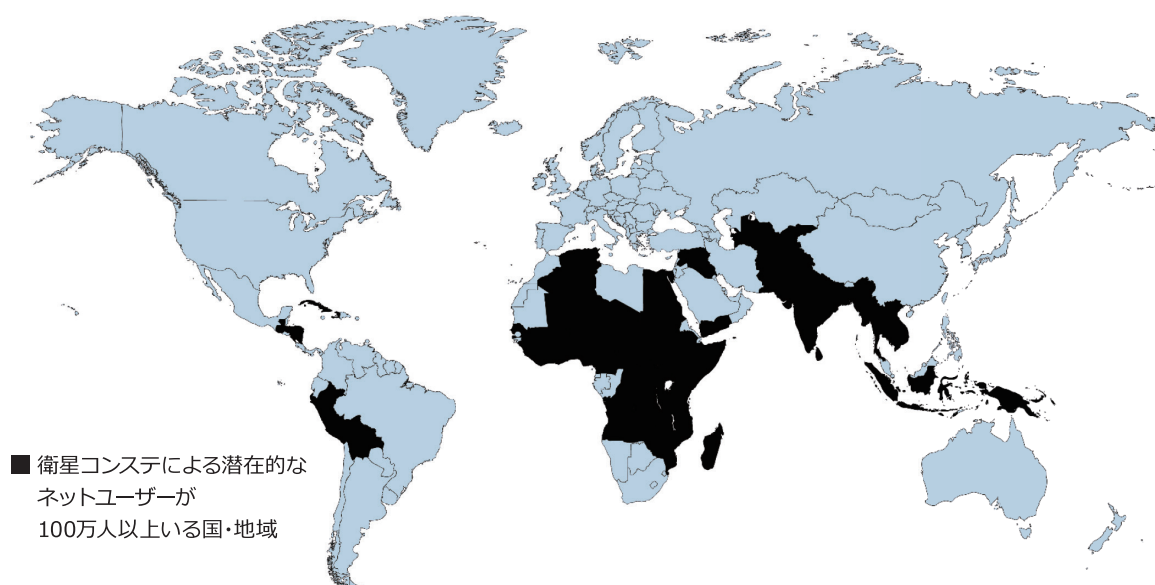
	都市のネットユーザー数	地方のネットユーザー数
現状	● 都市人口の8割が現状ネットを利用していると仮定 ^{※1} 。	● 国全体のネットユーザー数と都市のネットユーザー数(左記)の差分から、地方における現状のネットユーザー数を算出 ^{※2} 。
10年後	● 既存の地上系通信インフラの整備がより一層拡大するため、衛星コンステによるインターネットの提供に起因したネットユーザーの増加は見込まれないと仮定。	● 現状で地方人口の5割以上がネットを利用している国・地域では、既存の地上系通信インフラの整備がより一層拡大するため、衛星コンステによるインターネットの提供に起因したネットユーザーの増加は見込まれないと仮定。 ● 現状でのネット普及率が5割以下の場合、地上系通信インフラの整備が困難である可能性が高く、10年後に衛星コンステによる通信でネットユーザー数を引き上げることが可能であると仮定 ^{※3} 。

注1,2) 各統計値は、世界銀行の2017年のデータを用いている。

注3) ネット環境が提供されても、各国の経済・政治情勢に応じてその普及の仕方はさまざまなパターンが考えられる。本推計では、各国一律で地方人口の5割まで拡大すると仮定して試算した。

出所) NRI作成

図表 4 衛星コンステによるインターネット提供のインパクトが大きい国・地域



出所) NRI作成

いては地上系通信のインフラ整備が進むため、衛星コンステによるインターネットサービスの普及は見込まれにくいですが、地方においては衛星コンステによるインターネットサービスの需要が一定数ある、という仮定に基づいている。ただし、今後の世界的な人口増加や都市への人口集中については加味していない。

その結果、潜在的なユーザーが100万人以上いると考えられる国・地域は図表4の通りである。特に興味深いのは、国連による予測で2050年に向けて著しい人口増加が見込まれている9カ国^{※8}のうち、米国以外の8カ国（インド、ナイジェリア、コンゴ民主共和国、パキスタン、エチオピア、タンザニア、ウガンダ、インドネシア）が含まれている点である。本推計は、将来的な人口増加を加味していないため、実際には、より多くのユーザーが眠っている可能性がある。

また、それらの潜在的なユーザー数を世界中で足し合わせると、10億人に達することが分かった。

現在インターネットを使えていない人口の3分の1を占めており、本構想が実現した場合に、新たなネットユーザーは間違いなく世界経済に大きなインパクトを与えることになるだろう。また、インターネットの普及は、これまで世界の誰もが持ちえなかった、インドやアフリカの10億人ものデータを手にしうることを意味する。それらを強みとして、新市場へのビジネスを開拓する者が現れるかもしれない。また、衛星コンステによる通信提供事業者は、通信提供による収益を用いて彼らの真の目的を果たそうとするだろう。

SpaceXの場合、それは火星移住計画である。

※7 たとえばOneWebの場合、2027年に全世界へ向けたサービスを開始予定である。

※8 United Nations “World Population Prospects” 2017 REVISION

※9 Jeff Foust “Musk reiterates plans for testing BFR” (2018.3.12), SpaceNews

2022年に火星への物資輸送を、2024年に初の有人飛行を実施し、2060年代までに100万人を火星に送り込む計画を立てているのだ。Starlink計画は、そのための資金調達手段でもあるとイーロン・マスクは宣言している^{*9}。

一方 OneWeb の場合、直近のゴールはあくまでデジタルデバイドの解消にあると考えられる。創設者のグレッグ・ワイラーは、2002年から4年間、アフリカで通信用の基地局の設置に携わっており、2007年に O3b Networks を起業する以前から、デジタルデバイドの解消に高い関心を寄せていたことが知られている。ルワンダを中心とする200以上の学校へインターネット回線を引くことに成功し、大きな貢献を果たしたが、その際の苦勞が衛星コンステによるインターネットの提供という構想を導いた。その先に彼らや投資家がどのような世界をつくり上げようとしているのか、注目である。

5 衛星コンステによるインターネットサービスの課題

ここまで、衛星コンステ（低軌道・中軌道）によるインターネットサービスについて、既存の静止衛星通信との比較や事業者の目的・狙いを中心に述べたが、その課題について考える。実用化に向けた課題は山積しているが、特に大きな課題は、1) サービス価格の高騰の防止、2) 通信帯域の効率的な管理——の2点である。

1) サービス価格の高騰の防止

従来比較で軽量かつ低価格な小型衛星の開発が進行中であるといえど、数百・数千基を打ち上げるには莫大なコストがかかり、コスト回収のためにサービス価格が高騰してしまう可能性があることが大きな課題となっている。1990年代にも低軌道衛星通

信ビジネスは台頭したが、サービス価格の高さが要因となり、普及しなかったことがあった。

その防止策は、少しずつ検討されつつある。たとえば OneWeb は、従来のような大型アンテナ（直径1.2m程度）ではなく“一般乗用車でも積載可能な”薄型アンテナを開発し、これを薄利多売で世界中に大量普及させることで、新興国・地域などにおけるブロードバンドインフラの整備を待つことなく全世界のインターネット網を構築し、低価格でサービスを提供しようとしている。また、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）もアンテナの小型化に向け、低軌道衛星と地上との間での光衛星通信実験を行い成功している（2015年）。光通信は電波通信よりも効率的にエネルギーを伝送できるため、小型アンテナでも高い利得^{*10}を得られるという原理を利用している。

2) 通信帯域の効率的な管理

既存の通信システムに加え、これまで述べてきた衛星コンステや5G、IoTの発展により、通信容量は増えるばかりである。そのため、通信システムに対して電波の周波数帯域を統合的、適切に制御する技術が求められている。

たとえば日本のベンチャー企業であるインフォステラは、各国の衛星通信アンテナをクラウド上で一つのシステムとして管理するアンテナシェアリングのプラットフォームを開発している。実用化が進めば、地上での受信キャパシティが大幅に増え、高速な衛星通信の実現性が高まる可能性がある。

6 おわりに

衛星コンステによる通信サービス事業は、米国を中心として注目度が高まりつつある。現在は、大企

業からの巨額の資金動向に注目が集まるが、全世界のデジタルデバイドを解消するようなサービスが実現されれば、その影響は計り知れないものとなる。デバイス代や通信費のみならず、EC市場の拡大や需要の変化、新たなビッグデータビジネス等をもたらし、将来的には、GAFAM並みの新たなビッグプレーヤーがアフリカの地方から誕生するかもしれない。

現実味がないと思われるかもしれないが、約20年前まで日本でもインターネットの一般利用がほとんどなかったことや、近年のインドや一部のアフリカにおける着実な経済成長を考慮すると、それらの国々でインターネットが求められ、普及するのは自然の流れだと考えられる。インターネットの普及手段として衛星コンステによる通信が用いられるかどうかは、宇宙開発分野における技術発展や地上系通信システムの技術進歩の速度によるところが大きいですが、そのような社会が実現した際に起こりうる社会の変化を予測し、見極めていく必要がある。

※10 電気回路において、入力に対する出力の比のこと。

●…… 筆者

山口 結花 (やまぐち ゆか)

株式会社 野村総合研究所

ICTメディア・サービス産業コンサルティング部

コンサルタント

専門は、宇宙・通信分野の事業戦略および政策立案など

E-mail: y9-yamaguchi@nri.co.jp