

米国における衛星通信分野等の研究開発動向

平成 28 年 3 月

国立研究開発法人 情報通信研究機構
(北米連携センター)

目次

1	米国の衛星通信市場の現状・動向	4
1.1	小型衛星群を利用したインターネットアクセスサービスの提供.....	4
1.2	5G 導入における衛星通信サービスの役割と保護.....	4
1.3	衛星地上セグメントの技術開発.....	7
1.4	航空機への衛星を活用したインターネットアクセスサービスの提供.....	8
1.5	衛星通信の周波数帯確保に向けた動き.....	8
1.6	シリコンバレー企業の参入.....	9
2	政府機関の衛星通信技術開発に係る動向	10
2.1	FCC の 24GHz 帯以上の帯域検討と衛星企業の反応.....	10
A.	Satellite Industry Association (SIA)	13
B.	SpaceX.....	19
C.	Iridium Communications	20
D.	EchoStar、Hughes、Alta Wireless の共同回答.....	21
E.	ViaSat.....	22
F.	O3b.....	23
G.	TIA.....	25
H.	全米科学アカデミー (National Academy of Science)	25
2.2	FCC Measuring Broadband America プロジェクトにおける取り組み.....	26
2.3	NASA のキューブサット打ち上げイニシアティブ	28
2.4	NIST のサイバーセキュリティ・フレームワークと商用衛星通信	33
2.5	NSF の南極マクマード基地への民間衛星通信サービスの導入.....	34
3	米国組織による UAS を利用した商用インターネットサービス提供に係る動向	35
3.1	企業別の UAS を用いたインターネットサービス開発状況.....	35
A.	Google.....	36
B.	Facebook	40
3.2	ドローンを利用したインターネットアクセスサービスの課題	41
3.3	米国による ITU への HAPS 用周波数帯検討の提案	43
A.	View A (賛同組織: Alcatel-Lucent、Facebook、Google 等).....	43
B.	View B (賛同組織: SIA のメンバー組織、21st Century Fox 等).....	45
C.	米国としての最終案.....	46
4	米国組織による小型衛星を利用した商用インターネットサービス提供に係る動向	48
4.1	SpaceX (Space Exploration Technologies、支援組織: Google、Fidelity 等)	51
A.	ITU への周波数帯利用申請	51

A.	FCC への衛星実験許可申請・Intelsat からの情報開示要請	51
B.	SpaceX の光レーザー通信技術への関心	54
C.	衛星打ち上げ分野における取り組み.....	55
4.2	OneWeb(支援組織: Virgin Group、Qualcomm、Hughes Corporation 等)	57
A.	ITU への Ku 帯利用申請	59
B.	SpaceX とのライバル関係	59
4.3	LeoSat(支援組織: Thales Alenia Space 等)	60
4.4	Facebook(支援組織: Eutelsat 等)	62
4.5	O3b(支援組織: SES、Google、HSBC、Liberty Global、Allen & Company 等)	63
4.6	Outernet(支援組織: MDIF、世界銀行、ユニセフ等).....	66

図表

図表 1	5G 導入を意識した EU の衛星通信技術ロードマップ	6
図表 2	FCC が検討対象としている周波数帯域	10
図表 3	FCC が検討対象としている帯域と衛星事業者らのコメント	11
図表 4	Satellite Industry Association のメンバー組織一覧	14
図表 5	SIA が資料で引用しているアプリケーション別の Ka 帯の世界需要の変化	16
図表 6	ピーク時における各インターネットサービスの通信速度比較(FCC、2012 年 9 月調べ)	27
図表 7	NASA のキューブサット打ち上げイニシアティブ参加済み組織の拠点(2014 年 7 月付)	30
図表 8	2015 年 2 月に NASA に選出された 14 の衛星とその開発元	31
図表 9	Google と Facebook が開発している UAS 比較	36
図表 10	Centaur の運用イメージ	39
図表 11	アジェンダ・アイテム 10 の各提案における帯域比較	46
図表 12	Agenda Item 10 の米最終案で提示されている HAPS 検討用帯域	47
図表 13	注目されている衛星インターネットアクセスサービス提供元の比較	49
図表 14	O3b がゲートウェイや PoP を配置している場所	65
図表 15	Outernet サービスの受信デバイス	67
図表 16	Outernet サービスを利用するための地域別トランスポンダ	68

1 米国の衛星通信市場の現状・動向

ここでは、米国の衛星通信市場の現状や動向について、6つの側面からまとめる。

1.1 小型衛星群を利用したインターネットアクセスサービスの提供

米国の衛星通信市場において、現在最も関心を集めているトピックの一つは、低軌道(LEO)や中軌道(MEO)上で小型衛星群を運用し、安価でありながら、広範囲の地域(特に発展途上国)に対してインターネットアクセスサービスや通信サービスを提供しようとする企業が続々と登場していることである。こういった企業には、米国を拠点とする SpaceX や Facebook、LeoSat、Outernet 等の企業その他、英国を拠点とする OneWeb や O3b 等が挙げられる(それぞれの企業の取り組みの詳細については後述)。これらの企業は、衛星通信市場に大きな革命をもたらすと見られており、特に通信インフラの整備が難しいアジアやアフリカ地域の発展途上国や海洋上にある資源プラント、商用クルーザ、政府機関や軍の艦船等との安定した通信が確保できる可能性がある。

一方で、小型衛星群の整備については様々な課題も存在している。例えば、ITU や FCC からの周波数帯利用許可の取得や、通信を提供する予定の国や地域への地上局の設置、パートナーや資本集め、大量の衛星の製造や打ち上げに係る費用の捻出等があり、参入障壁となっている。また、衛星群を構成する衛星数が特に多い SpaceX や OneWeb、LeoSat の場合、本当に3社すべてが計画通りの衛星を打ち上げることができるのか、また、もし打ち上げが成功した場合でも、膨大な数の衛星が問題なく作動することができるのかについては、専門家の間でも疑問視されている¹。

1.2 5G 導入における衛星通信サービスの役割と保護

2014年10月にFCCが発表した24GHz帯以上の帯域についての利用検討に係る、情報提供要請(Notice of Inquiry: NOI)等に端を発し、衛星通信市場においても、第5世代移動通信システム(5G)の導入において衛星通信が担い得る役割は何か、もしくは既存の衛星通信サービスが、5Gサービス導入からどのような影響を受けるのかについて、注目が集まっている。

FCCのNOIに対する米衛星産業会(Satellite Industry Association: SIA)の回答(詳細後述)等でも取り上げられているが、5G導入における衛星通信サービスの役割と保護について議論する際に、米国の衛星事業者らによって取り上げられる文献の一つが、欧州委員会(European Commission)が主導している欧州技術プラットフォーム(European Technology Platform)のNetWorld 2020が2014年7月に発表した報告書である。NetWorld 2020は、2012年に立ち上げられた技術プラットフォームで、欧州連合(European Union)におけるイノベーションや研究開発を促進するためのファンディングシステムであるホラ

¹ Satellite Markets & Research, "Satellite Executive Briefing", November 2015, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/nov15.pdf>

イズン 2020(Horizon2020、もしくは FP8)の政策実施機構の一つである。同じくホライズン 2020 向けに創設された欧州の 5G 開発官民パートナーシップ(PPP)である 5G-PPP 等のと連携している²。

NetWorld2020 が発表した報告書では、2020 年までには現在の静止軌道衛星よりも、よりサイズが大きく、通信キャパシティも大きな静止軌道衛星が開発されると分析しており、一つ一つの衛星のキャパシティは、100Gbps からテラビット毎秒程度になるとの見解を示している。多数のスポットビームによって高速通信が可能となり、Q、V、W 帯等の高い周波数帯の利用や、ゲートウェイ通信向けの光通信の利用も期待される。加えて、素材分野や、最適化技術の発展により、個々の衛星のペイロードも増加することが予想されており、L や S 帯に対応した 30m 規模のアンテナの搭載や、衛星の発電力を 20~30Kw にすることが検討されている。信号の処理(プロセッシング)技術も改良されることが予想されており、通信の接続や柔軟性、干渉の緩和等に良い影響をもたらすと分析されている³。

また NetWorld2020 は、多数の静止軌道衛星によって構成される衛星群型のアーキテクチャの場合、個々の衛星間で通信が細分化されてしまう可能性があるとの懸念を示しながらも、近年では、個別の軌道の利用方法も見直されており、複数の非静止軌道衛星で構成される衛星群の最適化も可能となってきたため、衛星間、もしくは衛星と地上局間のスムーズな通信が可能となるほか、より小型で安価な衛星による衛星群の構成も期待されるとの見解を示している⁴。

このように衛星通信分野の技術開発が 2020 年、もしくはそれ以降に亘って想定される中で、同じく 2020 年に向けて諸外国が開発や導入を進めている 5G と衛星通信との統合に、衛星事業者らの関心が集まっている。NetWorld2020 によれば、衛星通信と地上通信の統合は、現在の衛星通信分野のトレンドとなっており、今後も引き続き関連開発が進んでいくことが予想される。NetWorld は、5G ネットワークの中でも衛星通信が担う役割があるとし、特に以下の様な役割が主要になると論じている⁵。

- 衛星通信を用いて、5G ネットワークのカバレッジを広げる。
- レイテンシや QoE を改良しつつ、マルチメディアのデータ伝送を担う。
- 衛星バックホールの利用や、地上通信の混雑回避のために衛星を用いるなど、地上通信の負担を軽減する。
- 衛星通信と地上通信を統合し、通信の復元力(resilience)を高める。
- SDN 技術を用いて、仮想ネットワークを統合する。
- 各システム間の周波数の利用を改善する。

² NetWorld 2020, "Overview", URL: <http://networld2020.eu/overview/>

NetWorld2020, "Relationship to 5G-PPP", URL: <http://networld2020.eu/relationship-to-5g-PPP/>

³ "NetWorld 2020's-SatCom WG The role of satellites in 5G", Version 5, July 31, 2014, URL: networld2020.eu/wp-content/uploads/2014/02/SatCom-in-5G_v5.pdf (p.3)

⁴ "NetWorld 2020's-SatCom WG The role of satellites in 5G", Version 5, July 31, 2014, URL: networld2020.eu/wp-content/uploads/2014/02/SatCom-in-5G_v5.pdf (p.3)

⁵ NetWorld 2020's-SatCom WG The role of satellites in 5G", Version 5, July 31, 2014, URL: networld2020.eu/wp-content/uploads/2014/02/SatCom-in-5G_v5.pdf (p.10)

5G ネットワークにおいて衛星通信の役割が見いだされる中で、衛星通信プロバイダや支援機関も、適切な技術改良が求められる。特に注目される技術としては、衛星通信ネットワーク・アーキテクチャの改善、信号処理の改善、SDN の導入、ミリ波帯の利用、バックホール機能を擁する衛星の改良等が挙げられる。NetWorld2020 は、今後 EU では、5G と衛星通信のそれぞれの分野の技術開発や規制策定を担当するワーキンググループが、お互いに連携する必要があると主張し、以下の様な 5G 開発との互換性を意識した衛星通信技術ロードマップを発表している。このロードマップでは、2016 年までには調査・研究活動を重点的に行い、2016～2020 年には標準策定に力を入れ、2020 年以降に試験運用に取り組みたいという目標が示されている⁶。

図表 1 5G 導入を意識した EU の衛星通信技術ロードマップ

分野	2016 年時点(調査・研究)	2016~2020 年(標準策定)	2020 年以降(試験運用)
ネットワークの統合	<ul style="list-style-type: none"> 5G における衛星通信の活用 バックホール、SDN、インテリジェント・ルーティング 5G 用衛星通信のネットワークインターフェース マルチメディアからエッジへの通信研究 (Multimedia to the edge studies) 	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークへの衛星通信統合 ETSI/DVB/5GPPP が主導 ラボにおける初期試験運用 	<ul style="list-style-type: none"> 完全に統合されたオペレーション IoT のデモ
空域インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> 複数キャリアの衛星通信検討 レイテンシ/シンクロ 無線通信統合 	<ul style="list-style-type: none"> 5G の標準化に衛星通信を統合 ラボにおける IoT デモの実施 	<ul style="list-style-type: none"> 完全に統合された AI のデモ IoT のデモ
周波数管理	<ul style="list-style-type: none"> 周波数共用メカニズム 管理利益検討 Ka, Q, V, E 帯の利用 	<ul style="list-style-type: none"> 標準化に向けた実証研究 規制の承諾 	<ul style="list-style-type: none"> データベースのフランチャイズ化 オペレーション
レジリエンス	<ul style="list-style-type: none"> アーキテクチャに係る研究 セキュリティに係る研究 ハンドオーバーに係る研究 	<ul style="list-style-type: none"> ラボにおける研究 標準の統合 機器のプロトタイプ研究 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星と無線通信の共用環境における 5G 通信のデモ 運用
局在化	<ul style="list-style-type: none"> 衛星+モバイル通信のシミュレーション ラボにおける研究 	<ul style="list-style-type: none"> サービスの運用デモ 標準検討 	<ul style="list-style-type: none"> 5G ネットワークのデモ サービスの運用
衛星	<ul style="list-style-type: none"> 未来のシステムのための軌道研究 周波数帯研究 MB アンテナ インターフェース/RA 	<ul style="list-style-type: none"> 5G 用の衛星の特定 ESA ITT 軌道上における試験 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星の打ち上げと初期テスト IoT を活用した運用
地上セグメント	<ul style="list-style-type: none"> フィーダー多様化実験 GBBF/OBBF の最適化 ターミナル統合検討 エネルギー消費の最小化 ハンドオーバー 	<ul style="list-style-type: none"> 統合ネットワークのデモ ターミナルのプロトタイプ IoT ターミナル 	<ul style="list-style-type: none"> 5G 向けの衛星通信運用 サービス・デモ IoT 運用

出典： NetWorld2020 の資料を基に作成⁷

⁶ NetWorld 2020's-SatCom WG The role of satellites in 5G", Version 5, July 31, 2014, URL: networld2020.eu/wp-content/uploads/2014/02/SatCom-in-5G_v5.pdf (p.13-15)

⁷ "NetWorld 2020's-SatCom WG The role of satellites in 5G", Version 5, July 31, 2014, URL: networld2020.eu/wp-content/uploads/2014/02/SatCom-in-5G_v5.pdf (p.13-15)

SIA に代表される米衛星事業者らは、NetWorld2020 の報告書を取り上げ、米国も同じように 5G 導入における衛星通信サービスの役割について議論する必要があると主張している。また SIA は、5G ネットワークにおける衛星通信の役割確立が重要としながらも、それによって既存の衛星通信サービスや事業者が不利益を被ることは避けるべきであるとし、既存のサービスや事業者を保護するような規制の策定や、周波数帯の管理を FCC 等の政府関連機関に求めている。例えば 2014 年 10 月に FCC が発表した、5G 導入を鑑みた 24GHz 帯以上の帯域の検討に係る NOI に対しては、SIA が NetWorld 2020 の当報告書の内容を引用すると共に、FCC が今後、ミリ波帯を含む高い周波数帯域を 5G 等の最先端の通信サービスに割り当てる際に、既存、もしくは潜在的な衛星通信サービス事業者が不利益を被らないように、配慮を求めている（詳細後述）。

また関連して、Google や Facebook は、自社の開発している無人飛行システム(UAS)を成層圏プラットフォーム(HAPS)の様に用いて、FCC が 5G の要求条件として想定している 1~10Gbps の通信サービスを提供する事を計画している。現時点では、Google は少なくとも 2 種類の UAS(米 Titan Aerospace 製と米 Aurora Flight Sciences 製)を活用した実証実験を行っており、Facebook は少なくとも英 Ascenta 製の UAS で実験を行っている。Google がニューメキシコ州のスペースポート・アメリカで実施している UAS 実証試験については、FCC が 2016 年 7 月まで試験実施の許可を出しているとの報道もある(詳細後述)。

1.3 衛星地上セグメントの技術開発

衛星通信の基盤を支える地上セグメントの技術開発は、衛星市場にとって常に大きな課題の一つとなっている。特に近年の HTS 関連の技術開発が進んだことで、HTS の通信供給キャパシティは 2014 年には 600Gbps、2017 年には 1,720Gbps まで増えることが予想されており(Euroconsult の分析)、膨大なデータを高い周波数帯を用いてやり取りするために、地上セグメントの技術開発にも注目が高まっている。地上セグメントの技術開発の動向の例には、以下の様なものが挙げられる⁸。

- **Ka 帯対応アンテナの需要の高まり:** 地上局のアンテナを製造している ASC Signal Corporation 社はテキサス州に拠点を置く企業で、過去 30 年に亘って新型衛星やレーダーシステム向けのアンテナの開発を進めてきた。同社の CEO によれば、2014 年以降、同社の C、X、Ku、Ka 帯向けの Normadic Antenna や TriFold Antenna 等の需要が最大で 4 倍近く増え、また、衛星テレポート分野(satellite tereport sector)向けの 9メートルのディッシュアンテナについても、創業以来の大規模な売り上げの伸びを見せている。衛星電話関連機器の伸びは、東欧やアフリカでの需要が伸びていることが背景にあると考えられる⁹。

⁸ “Euroconsult: HTS Extends Reach in 2014, On Course for New Horizons”, October 30, 2014, URL: <http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=44303>

Daniel Freyer, “Satellite Groud Segment Update”, March 2015, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/mar15.pdf>

⁹ Daniel Freyer, “Satellite Groud Segment Update”, March 2015, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/mar15.pdf>

- **新型 MEO 衛星向けのアンテナ追跡システム:** 特に、近年運用が始まった新型の MEO 衛星は、これまでの MEO 衛星よりも、軌道の距離が短縮されたため、地上局のアンテナは、より素早く、正確に衛星を追跡する必要がある。前述の ASC Signal Corporation 社等は、過去 5 年間の研究開発費のうち、大部分を静止衛星や LEO 衛星、MEO 衛星等を適切に追跡できるための技術開発に費やした。同社が開発した技術の例としては、サブ・リフレクター・トラッキング・システム (Sub-Reflector Tracking system: SRT) があり、同システムでは、アンテナの主要反射器 (重さ 4~5 トン) ではなく、サブの反射器を調整することで、より精度の高い衛星追跡を実現するほか、アンテナの熱調整を容易にしている¹⁰。
- **Q や V 帯等の高い周波数帯への適応:** 現在の市場では、Ka 帯に注目が集まっているが、地上セグメントを開発している企業らは、将来を見越して、Q や V 帯向けの製品の開発を進めている。カリフォルニア州パロアルト市に本社を置く Communications & Power Industry 社は、政府 (軍含む)・非政府衛星のアップリンク用の BUC (block upconverter) や増幅器を製造しており、近年は Ka 帯対応の製品の売れ行きが好調だが、同時に V 帯対応の製品の製造も進めている。前述の ASC Signal Corporation も、Q や V 帯対応のアンテナの開発を進めているという¹¹。

1.4 航空機への衛星を活用したインターネットアクセスサービスの提供

米衛星専門コンサルティング企業の Northern Sky Research 社の調査によれば、今後多くの商用航空機が Ku 帯固定衛星通信や HTS を利用したブロードバンドアクセスサービスの提供を始めると見られており、2024 年までに機内通信サービスの市場は 32 億ドル規模に成長する。現時点では ViaSat の Exede が機内ブロードバンドアクセスサービスの主要な提供元となっているが、今後は他の衛星事業者もこの市場に参入してくることが予想される¹²。

また 2015 年 8~9 月に Inmarsat と GfK が実施した、欧州の 6,000 名の商用旅客機利用者を対象とした、航空機内で利用できるブロードバンド・サービスについてのアンケートでは、回答者の 80% がもし利用可能であれば機内で Wi-Fi を利用したいと回答し、また回答者の 67% が有料の利用となっても構わないと回答した。機内でのブロードバンド・サービスの提供は、航空会社にとっても大きな利益元となることが想定されており、また利用者がサービスを提供する航空会社をより魅力的と感じる可能性も高いことから、Inmarsat 等の衛星事業者も、大きな市場となり得ると見て注目している¹³。

1.5 衛星通信の周波数帯確保に向けた動き

小型衛星群を利用した通信サービス、インターネットアクセスサービス等の提供が検討されており、また 5G の枠組みにおける衛星通信の役割や、UAV の情報通信分野における役割についても吟味されている中で、

¹¹ Daniel Freyer, "Satellite Ground Segment Update", March 2015, URL:

<http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/mar15.pdf>

¹² "Satellite Executive Briefing", June 2015, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/june15.pdf>

¹³ "Satellite Executive Briefing", October 2015, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/oct15.pdf>
<http://www.satellitemarkets.com/pdf/pdf2016/jan-feb16.pdf>

衛星通信の周波数帯確保は大きな課題となっている。米国内においても、FCC が 2014 年 10 月に提示した 24GHz 帯以上の無線通信利用に係る NOI に対し、衛星事業者から多数の回答が寄せられ、その中でも最も多く寄せられた意見は、以下の二つである。この帯域には、衛星事業者らが今後衛星通信で利用拡大を検討している、Ku 帯や Ka 帯等が含まれており、関心は一層高まっている。

- FCC が検討している複数の帯域は、すでに衛星通信で利用しており、無線通信への利用が承認された場合、衛星通信への影響が懸念される。
- FCC は 5G も見据えて周波数帯の分配を検討しているが、5G のコンセプトや採用技術、規制等が定まっていない現状では、高い周波数帯の 5G による利用を認可するべきではない

また、2016 年 1 月に米衛星市場調査会社の Satellite Markets & Research が発表した報告書によれば、2016 年の衛星事業者らが注視すべき動向の一つは、世界無線通信会議 2015(WRC-15)において審議事項の一つとされた、C 帯の衛星通信の占有利用を止め、無線通信事業者の一部の帯域を開放するかどうかの議論である。Satellite Markets & Research 社は、北米・南米を含む Region 2 では、すでに C 帯の一部は無線通信に割り当てられているほか、無線通信のバックホールに利用されることも多く、衛星通信の同帯の占有利用が認められなくなれば、衛星通信への干渉が大きくなることは避けられないと分析している。また C 帯は、アジアやアフリカ地域の発展途上国では、通信を支える主要な周波数帯として見られているため、災害救助や人道援助等の観点からも、同帯の必要以上の無線通信への開放は危険であると警鐘を鳴らしている。これらの理由から同社は衛星事業者らに対し、引き続きこの問題を注視するように提唱している¹⁴。

1.6 シリコンバレー企業の参入

近年の衛星市場におけるもう一つの大きな傾向としては、シリコンバレー企業の衛星市場への参入が挙げられる。また、近年注目されている O3b 社や OneWeb 社の創設者である Greg Wyler 氏の古巣でもある Google は、シリコンバレー企業の中でも活発に衛星通信分野に投資を行っている企業である。Google は、O3b や OneWeb への投資を行っているだけでなく、自社でも Project Loon というプロジェクトの中で、3G インターネットサービスの提供を目指したバルーンの開発を行っている。また、UAV 開発ベンチャーの Titan Aerospace 社を買収し、「大気衛星 (atmospheric satellite)」と呼ばれる HAPS の開発を進めている。

米衛星専門調査会社の Satellite Market & Research は、こういった Google の取り組みの背景には、同社の収入を支えている大きな柱の一つがオンライン広告であり、広告を通じた収入を更に増やすため、現在インターネットへのアクセスが無いと言われている人々 (世界の人口の 3 分の 2) にインターネット・サービスを提供したいという思惑があると分析している。また Satellite Market & Research は、シリコンバレー企

¹⁴ “Satellite Executive Briefing”, January-February 2016, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf/pdf2016/jan-feb16.pdf>

業として衛星事業に参入している企業として Facebook や Space Systems Loral (SSL)、Skybox、Planet Labs 等も挙げている¹⁵。

2 政府機関の衛星通信技術開発に係る動向

2.1 FCC の 24GHz 帯以上の帯域検討と衛星企業の反応

2014 年 10 月、FCC は、5G の運用も見据えた上で 24GHz 帯以上の帯域を無線通信用に利用することを検討するため、NOI を発表した。同 NOI は、5G に関する研究開発や産学官コンソーシアムの設立等が諸外国で進められていること等を鑑み、米国でも 5G に関する技術基準を策定を本格化するために FCC によって採択・発表されたものである。同 NOI では、一般的になみり波帯と呼ばれる 30GHz 帯以上の帯域に加え、24GHz 帯やローカル多地点配信サービス (Local Multipoint Distribution System: LMDS) に利用される LMDS 帯等も検討対象としている。同 NOI で言及されている帯域は以下の通り¹⁶。

図表 2 FCC が検討対象としている周波数帯域

帯域名	帯域
LMDS Band	27.5-28.35 GHz、29.1-29.25 GHz、31-31.3 GHz
39GHz Band	38.6-40 GHz
37/42 GHz Bands	37.0-38.6 GHz、42.0-42.5 GHz
60 GHz Bands	57-64 GHz、64-71 GHz
70/80 GHz Bands	71-76 GHz、81-86 GHz
24 GHz Bands	24.25-24.45 GHz、25.05-25.25 GHz

出典：FCC の資料を基に作成¹⁷

FCC は、この NOI の中で、検討対象となる帯域の他に、5G を含む次世代ネットワークシステムやアーキテクチャを運用するにあたり、必要な技術 (多重入出力 [MIMO] やみり波通信、同時送受信 [STR] など) や、未確定ではあるが 5G に要求されるパフォーマンス等 (10Gbps 以上の高速通信、伝送遅延が 1,000 分の 1 秒以下等) についても言及している¹⁸。

2015 年 10 月初めの時点で、FCC の要請に対して、個人や企業、大学、業界団体、関連組織等から 100 件程度の回答が寄せられた (その後も回答は増え続けている)。衛星通信分野の企業や業界団体も例外ではなく、SIA や SpaceX、Iridium Satellite や EchoStar 等は、それぞれ FCC に対して回答や提案を提出している。これらの衛星事業者らは FCC に対し、無線通信だけではなく、衛星通信用にも高い周波数帯域を確保し、FCC が今後執行する関連規制や取り組みが、今後市場が成長する可能性が高い衛星関連市場

¹⁵ “Satellite Executive Briefing”, September 2014, URL: <http://www.satellitemarkets.com/pdf2014/sept14.pdf> (p.9-13)

¹⁶ FCC, “Notice of Inquiry”, October 17, 2014, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf

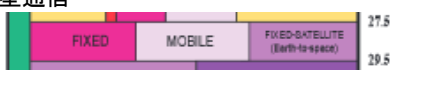
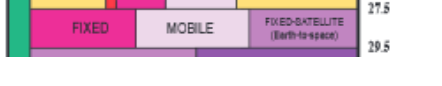
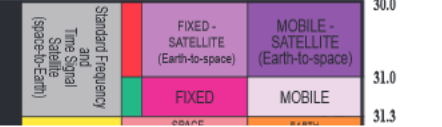
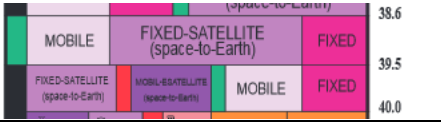
¹⁷ FCC, “Notice of Inquiry”, October 17, 2014, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf

¹⁸ FCC, “Notice of Inquiry”, October 17, 2014, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf

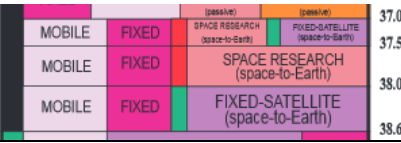

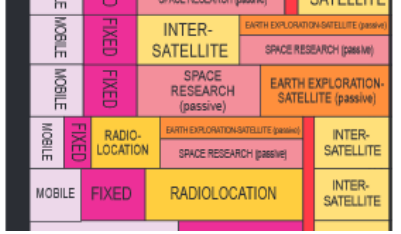
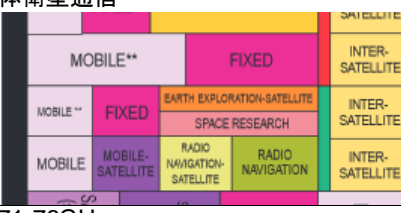
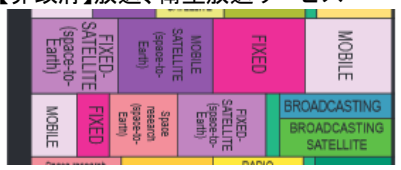
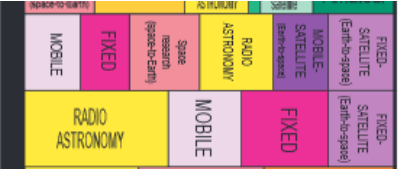
に悪影響をもたらさないように求めている。一方で、無線通信用の周波数ライセンスを取り扱う企業 Straight Path Communications 等は、衛星事業者らの V 帯の利用は制限されるべきであるとする見解を FCC に送付し、これに対して、衛星事業者は懸念を表明している¹⁹。



本稿では、主要な衛星事業者らから FCC に対して提出された回答や提案の内容について説明する。なお以下は、FCC が検討対象としているそれぞれの周波数帯域の用途(用途全般と衛星事業者の用途)と、FCC に提出された衛星事業者らからの回答で言及されている提案や主張の概要である。

図表 3 FCC が検討対象としている帯域と衛星事業者らのコメント

帯域	現在の用途全般(米国)	衛星事業者の用途(SIA の分析)	衛星事業者からの提案例
低 LMDS・Ka 帯 (27.5-28.35GHz)	<p>【非政府】固定通信、モバイル通信、固定衛星通信</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・米国では、FSS (GSO、NGSO 含む) のセカンダリ利用用として割り当てられており、ViaSat、Inmarsat、O3b が HTS のフィーダリンクに利用中。 ・Hughes が FCC に利用申請中であるなど、需要が増加している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・5G の検討対象から外すべき (SIA より) ・(特定の) FSS のプライマリ利用を認め、LMDS 事業者と共用できるようにすべき (EchoStar、Hughes、Alta、O3b より)
中 LMDS・Ka 帯 (29.1-29.25GHz)	<p>【非政府】固定通信、モバイル通信、固定衛星通信</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・Iridium がフィーダリンクに利用中。将来的に Iridium NEXT にも利用予定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・5G 検討対象から外すべき (Iridium) ・FSS のプライマリ利用を認め、LMDS 事業者と共用できるようにすべき (EchoStar、Hughes、Alta より)
高 LMDS・Ka 帯 (31-31.3GHz)	<p>【政府】固定衛星通信、移動体衛星通信 【非政府】固定通信、モバイル通信 【共有】Standard Frequency and Time Signal Satellite (時報等の基準提示衛星)</p> 	(情報見当たらず)	<ul style="list-style-type: none"> ・地上観測衛星サービス (EESS) 等に利用されている帯域であり、その他の用途の利用によって、同サービスが阻害されないような配慮が必要である (全米科学アカデミーより)
Ka 帯・39GHz 帯 (38.6-40GHz)	<p>【政府】移動体衛星通信 【非政府】固定通信、モバイル通信、固定衛星通信 【共有】固定衛星通信</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・39.5-40GHz は非連邦政府用の FSS ダウンリンクに利用中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・FCC は、2010 年に NPRM を発表し、FSS と FS による 39GHz と 37GHz 帯の利用拡大を検討していたが、まだ実際のアクションに繋がっていないようである (SIA より)

¹⁹ FCC, 'Electronic Comment Filing System: Proceeding Number 14-177', URL: http://apps.fcc.gov/ecfs/comment_search/paginate?proceeding=14-177&pageNumber=1&pageSize=100&sortColumn=dateDisseminated&sortDirection=DESC&pageView=Tabular

帯域	現在の用途全般(米国)	衛星事業者の用途(SIAの分析)	衛星事業者からの提案例
V帯: 37/42GHz (37.0- 38.6GHz、 42.0- 42.5GHz)	<p><u>37.0-38.6GHz</u> 【政府】固定通信、モバイル通信、宇宙研究 【非政府】固定衛星通信</p>  <p><u>42.0-42.5GHz</u> 【非政府】衛星放送サービス、放送サービス、モバイル、固定</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・37.5-38.6GHz帯は非連邦政府用のFSSダウンリンクに利用中。 ・42-42.5GHzはBSダウンリンク用に利用中だが、電波天文業務への影響を恐れて、BSの利用制限を提案する案もある。 ・V帯は衛星事業者からの利用需要が増加しているが、地上通信事業者からは衛星利用を制限すべきとの声も挙がっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・FCCは、2010年にNPRMを発表し、FSSとFSによる39GHzと37GHz帯の利用拡大を検討していたが、まだ実際のアクションに繋がっていないようである(SIAより)
60GHz帯 (57- 64GHz、64- 71GHz)	<p><u>57-64GHz</u> 【政府】衛星間通信 【共用】固定通信、モバイル通信、衛星間通信、地球探査衛星、宇宙研究、無線測位</p>  <p><u>64-71GHz</u> 【政府】衛星間通信 【非政府】衛星間通信 【共用】固定通信、モバイル通信、地球探査衛星、宇宙研究、電波航行、衛星測位、移動体衛星通信</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星間の通信用に使われることが多い。 	(情報見当たらず)
70/80GHz帯 (71- 76GHz、81- 86GHz)	<p><u>71-76GHz</u> 【共用】モバイル通信、固定通信、移動体衛星通信、固定衛星通信、宇宙研究、 【非政府】放送、衛星放送サービス</p>  <p><u>81-86GHz</u> 【共用】固定、モバイル、宇宙研究、電波天文学、固定衛星通信、移動体衛星通信</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・現在の衛星事業者による利用は限定的だが、今後の技術開発によっては利用の幅が広がる可能性があり、特に公共安全や政府の関連ミッションへの応用が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電波天文サービスに利用されている帯域であり、他用途の利用によって、同サービスが阻害されないような周波数管理が必要である(全米科学アカデミーより)

帯域	現在の用途全般(米国)	衛星事業者の用途(SIAの分析)	衛星事業者からの提案例
24GHz帯 (24.25- 24.45GHz、 25.05- 25.25GHz 帯)	<p><u>24.25-24.45GHz</u> 【非政府】固定</p>  <p><u>25.05-25.25GHz</u> 【非政府】固定、固定衛星</p> 	<p>・25.05-25.25GHz帯は、 17/24GHz放送衛星(BS)のフ ィーダリンク用に割り当てられてい る。</p>	<p>・FSSによる25.05- 25.25GHz帯の利用拡大を 認めるべき(O3b)</p>

出典： 商務省の周波数割り当て図、SIAのFCCへの回答文書など複数資料を基に作成²⁰

A. Satellite Industry Association (SIA)

SIAは、創設から20年を迎える米国の衛星事業者らによって構成される業界団体である。30以上の組織が参加しており、米国の組織に限らず、欧州に本拠地を置くAirbusやO3b、日本のPanasonic等も加盟している。最近では、LEOに多数の非静止軌道衛星を打ち上げてインターネットアクセスサービスを提供しようとしているOneWebが2015年8月に加盟している²¹。

²⁰ U.S. Department of Commerce, "United States Frequency Allocations: The Radio Spectrum", August 2011, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/spectrum_wall_chart_aug2011.pdf

Tom Stroup, "Comments of the Satellite Industry Association", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013898>

²¹ "One Web Joins the Satellite Industry Association", August 6, 2015, URL: <http://globenewswire.com/news-release/2015/08/06/758565/0/en/OneWeb-Joins-the-Satellite-Industry-Association.html>

図表 4 Satellite Industry Association のメンバー組織一覧



出典：SIA²²

SIAはFCCのNOIに対して、2014年11月以降、複数回に亘って回答や通知を提出している。2014年11月に提出した回答は、FCCに対して回答の提出期限を延長するよう求めることに注力しており、具体的な回答や提案については、それ以降に提出された3つの回答で詳しく言及されている²³。SIAがFCCに提示している回答、提案の概要は以下の通り。

- 衛星は米通信市場において重要な役割を担っており、FCCがNOI検討対象としている帯域は、現在衛星事業者らが利用している(2015年1月提出の回答より)：24GHz帯以上の帯域の多くは、現在複数の衛星事業者らによって利用されており、用途の例としては、2016年に更なる打ち上げが予定されているHTSや、O3b、Inmarsat Global Xpress、Iridium等が打ち上げを検討している新型グローバル・ブロードバンド衛星、DirecTVやDish Networkが提供している高解像度サービス(HDTV)等が例として挙げられる。FCCが5G導入用の検討対象としている周波数帯についても、すでに衛星事業者らが利用しており、特に20/30GHz帯においては、衛星事業者らは市場競争を促進して来た。それぞれの周波数帯域について、衛星事業者らの利用方法は以下の通り²⁴。

²² Satellite Industry Association, “State of the Satellite Industry Report 2015”, September 2015: <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf>

²³ Sam Black, “Satellite Industry Association Request for Extension of Time for Comment and Reply Comment Deadlines”, November 19, 2014, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60000986908>

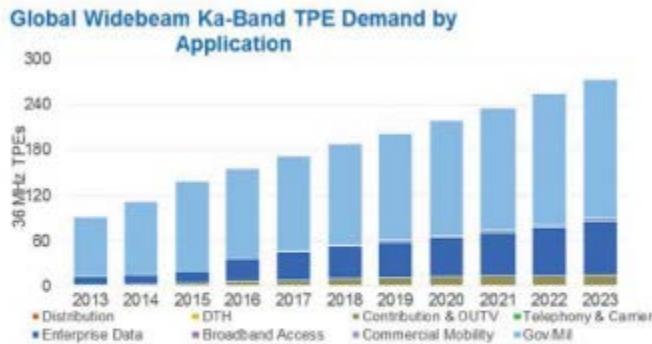
²⁴ Tom Stroup, “Comments of the Satellite Industry Association”, January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013898>

-
- 低 LMDS 帯(27.5-28.35GHz)--- 低 LMDS 帯は、米国においては固定衛星(FSS)がセカンダリとして利用する帯域であり、近年は静止軌道(GSO)衛星や非静止軌道(NGSO)衛星が開発を進めている。ViaSat や Inmarsat Global Xpress、O3b はこの帯域を利用して HTS の運用を支援している。また Hughes は、Jupiter 2/EchoStar 19 でこの帯域を利用するため、申請を行っているところである。
 - 中 LMDS 帯(29.1-29.25GHz)--- Iridium は、中 LMDS 帯を衛星と地上局との通信に利用しており、この通信は Iridium 社のサービス目標(地上通信がカバーできない地域に、音声やデータを送る)にとって重要な役割を担っている。米国政府も、米軍の重要なミッションやインテリジェンス分野の活動、災害救助において、Iridium のサービスを利用している。また中 LMDS 帯は、Iridium 社の次世代型の衛星網でもある Iridium NEXT でも利用される計画である。
 - V 帯(39 GHz、37/42 GHz)--- 39.5-40GHz と 37.5-38.6GHz 帯は、非連邦政府用の FSS ダウンリンク用に利用されており、また 42-42.5 GHz は放送衛星(BSS)ダウンリンク用に利用されている。FCC はこれまで、衛星事業者からのニーズを受けて、V 帯を衛星事業者らに割り当てることに注力してきた。同時に衛星開発・製造企業らは、V 帯の利用に向けて、技術開発を続けてきた。しかしながら、39GHz と 37GHz 帯の固定衛星業務(FSS)と固定無線業務(FS)の利用幅を拡大することを目的とした、FCC の 2010 年の法規案公示(NPRM)について、FCC はまだ実際のアクションを取っておらず、また同 NPRM では、電波天文業務を保護するため、42-42.5GHz 帯の BSS の利用を制限する案も出ている²⁵。将来的に V 帯は様々な利用の可能性があり、FCC も検討を行い、適切なアクションをとるべきである。
 - 60GHz、70/80GHz--- 60GHz 帯は現在、衛星間のクロスリンクにのみ利用されており、これは同帯域を用いた通信が大気伝播に向いていないためである。70/80GHz 帯も多少利用されているが、どちらかという今後の衛星技術の開発を通じて利用の幅が広がる可能性があり、特に公共安全や政府ミッションへの応用が期待できる。
 - 24GHz 帯(24.25-24.45 GHz & 25.05-25.25 GHz)---25.05-25.25GHz 帯は、17/24GHz 放送衛星サービス(BSS)のフィーダリンク用に割り当てられている。同帯域は、1997 年から衛星事業者からのニーズが高かった帯域であるが、最終的に利用が許可されたのは、比較的最近の 2007 年のことである。DirecTV 社は同帯域を利用始めた衛星事業者の一つであり、直近でも DirecTV-14 衛星を打ち上げ、同帯域を利用して UltraHD/4K テレビサービスを提供する予定である。DirecTV は、2015 年中にも同型の衛星の打ち上げを予定している。また Dish Network も 17/24GHz BSS を利用し、動画コンテンツを地上に伝送することを目指している。

²⁵ “Third Notice of Proposed Rulemaking”, October 29, 2010, November 1, 2010, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-10-186A1.pdf
<https://www.fcc.gov/rulemaking/97-95>

加えて衛星通信は、5G の導入においても大きな役割を担っていくと考えられ、また今後世界的に Ka 帯の利用は増えていくと予想されており、特に HTS サービス分野における 20/30GHz 帯の需要は 2023 年頃に向けて増加していきだろう。これらのことを踏まえて、FCC は、24GHz 帯以上の帯域を衛星通信事業者向けに十分に確保するべきである²⁶。

図表 5 SIA が資料で引用しているアプリケーション別の Ka 帯の世界需要の変化



Source: NSR

Global Widebeam Ka-Band TPE & Demand by Application, 2013-2023 (Widebeam Ka demand in 36 MHz transponder equivalents (TPEs)) Northern Sky Research 2014

出典： Northern Sky Research 作、SIA 引用²⁷

- 衛星分野の技術開発やオペレーションの妨げとならないよう、5G サービスの周波数帯占有は避けるべきである(2015年2月提出の回答より)：衛星通信サービスは、現在 24GHz 帯以上の帯域を利用している米国のユーザにとって重要なサービスの一つであり、特に HTS は、国際的にも競争力の高い通信サービスを提供している。このため、FCC が 5G サービスを視野に入れていたとしても、5G によって 24GHz 帯以上の帯域が占有されることは避けるべきであり、衛星サービスプロバイダが利用する周波数帯域は残しておくべきである²⁸。
- 衛星企業らは V 帯以上の帯域の利用も見据えている(2015年2月提出の回答より)：現在、衛星市場に所属している複数企業が、V 帯を利用したネットワークを形成することを目指しており、相応に衛星や地上基地局等の開発を行っている。このため近い将来、Ka 帯と同じように V 帯の広範囲の利用が想定される。しかしながら、2015年1月に FCC に提出された Straight Path Communications(無線通信用の周波数帯ライセンスを取り扱う企業)の回答では、衛星アプリケーション用の V 帯利用を凍結させるべきという案が挙げられている。SIA は、このような提案は間違いであると考えており、もし衛星

²⁶ Tom Stroup, "Comments of the Satellite Industry Association", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013898>

²⁷ Tom Stroup, "Comments of the Satellite Industry Association", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013898>

²⁸ Tom Stroup, "Reply Comments of the Satellite Industry Association", February 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030819>

アプリケーション用の V 帯利用が凍結されれば、それは今後の技術開発の妨げとなるだけでなく、関連する法規制の策定の妨げとなると考えられる²⁹。

- **FCC は 2015 年 11 月に開催される世界無線通信会議 2015 (WRC-15) 前に関連 NPRM を採択するべきではない(2015 年 8 月提出の回答より)**: 2015 年 8 月現在、米国内の通信事業者や潜在的な 5G 事業者、機器開発企業、規制団体等は、5G 導入や関連規制について様々な提案や議論を行っているところであり、コンセンサスが得られるまでにはまだ時間がかかると考えられる。WRC-15 当日にも、周波数管理について国内外の関係者を含めた議論が行われることが予想されており、少なくとも 11 月 27 日に WRC-15 が終わるまでは、FCC は NPRM の採択は避けるべきである³⁰。
- **5G サービス提供のために各周波数帯をどのように利用するのか、より具体的な情報開示が必要(2015 年 9 月提出の回答より)**: 既存の 3G、4G 通信が 3GHz 帯までを利用している一方で、FCC が 5G サービスに利用しようとしている帯域は 24GHz 帯以上であり、現在の利用帯域と大きな差がある。このため、SIA としては、FCC が 5G サービスを運用するに辺り、該当する各周波数帯をどの様に利用することを検討しているのか、より具体的な情報開示を求める。同団体が FCC に提示している質問は以下の通り³¹。

5G ネットワークに関連する質問

- 各帯域で運用される 5G ネットワークの特色は何か(セルの大きさ、基地局・ユーザターミナルの信号方式、アンテナのパターン等)。
- 帯域によっては、干渉を最小化するため、5G ネットワークを屋内利用に限定することは検討しているか。もし検討しているのであれば、どのように効果的に規制を施行するつもりか。
- FCC は、衛星事業者や LMDS 事業者が現在利用している Ka 帯を 5G ネットワークの利用検討対象にするという議論を進めているが、代わりに例えば 31.8-33GHz 帯等のより低い周波数帯を利用することはできないだろうか。
- EchoStar が 2015 年 9 月に提出した申請では、最近の 5G 関連の研究で、30-60GHz 帯よりも 120-240GHz 帯でアンテナアレイを用いた方が、費用対効果が高く、パフォーマンスも良くなるという結果も出ている。このため、FCC の検討対象帯域を 95GHz 帯域より上まで広げる可能性は無いだろうか。
- 5G ネットワークを利用するユーザが、24GHz-95GHz(もしくはそれ以上)を利用するにあたり、予想される課題には、どのようなものがあるだろうか。

²⁹ Tom Stroup, "Reply Comments of the Satellite Industry Association", February 18, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030819>

³⁰ Tom Stroup, "Re: Use of Spectrum Bands Above 24GHz for Mobile Radio Services, GN Docket No.14-177; petition for Rulemaking of the Fixed Wireless Communications Coalition to Create Service Rules for the 42-43.5 GHz Band, RM-11664," URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001324794>

³¹ Tom Stroup, "Use of Spectrum Bands Above 24 GHz For Mobile Radio Services, GN Docket No. 14-177; Petition for Rulemaking of the Fixed Wireless Communications Coalition to Create Service Rules for the 42-43.5 GHz Band, RM-11664", September 23, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001324794>

伝播に関連する質問

- FCC は 5G システムの干渉を計算するために、自由空間損失モデル (Free Space Loss Model) を利用するのか、もしくは他のモデルを利用するのか。また、検査や調査を行う場合、どのくらいの期間を想定しているのか。施設伝播する際の損失はどのくらいになるだろうか (施設や地形に反射、もしくは吸収されている分はどの様に試算されるべきだろうか)。

衛星ネットワークに関連する質問

- 検討対象となる周波数帯を利用する場合に、地上局に適用する予定の技術的なパラメータはどのようなものか。
- 20 年前に現在の周波数割り当てが行われて以降、FSS の地上局のアップリンク通信を、地上通信への干渉無しで実現するような周波数共用の技術は開発されたか。
- 低 LMDS 帯を FSS 用の共用プライマリとすることによって、社会的利益は発生するだろうか。

サービス間共有に関連する質問

- 衛星通信の地上セグメントと 5G システムを同時に運用する場合に、想定される環境設定はどのようなものか。もし新たな規制の思考が必要となった場合、こういった規制がこのような環境設定を維持し、干渉を最小化するだろうか。この様な環境設定を実現させるために必要な、技術上・規制上の枠組みを設立するに辺り、必要な情報はあろうか。

累積干渉に関連する質問

- 5G を提供するための基地局や無線局などのシステムが、同じ周波数帯域を利用する他のサービスにどのような累積干渉を及ぼすか、測定するモデルや調査方法は存在しているのか。そういったモデルや方法を利用する場合、犠牲となるサービス (victim service) の技術上・オペレーション上のパラメータや仮定はどのように設定するのか。
- そのようなモデルや方法は、5G ネットワークによる利用が検討されている周波数帯が他の通信システムに割り当てられている場合でも、機能するだろうか。複数のシステムが混在する場合の累積干渉をどのように分析するのか。

ライセンスに関連する質問

- 5G ネットワークを運用するために今後導入予定のライセンスや規制において、既存、もしくは潜在的な事業者はどのように保護されるだろうか。

- **FSS の 27.5-28.35GHz 帯の利用機会の拡大を求める(2015 年 10 月提出の回答より)**: 27.5-28.35GHz 帯は現在、衛星事業者らによって、地上局からのアップリンク用として、ロバスト(強靱)に、効率的に利用されており、さらに LMDS への干渉も最小化されている。またこれらの衛星オペレータは、同帯における運用を目指して、多大な投資を行ってきた。FCC は現在、27.5-28.35GHz 帯を 5G 導入

に向けた検討対象としているが、SIA は次の 20 年間の関連技術開発の可能性を踏まえた上で、FSS の同帯域の利用機会の拡大を求めたいと考えている³²。

B. SpaceX

SpaceX は FCC への回答の中で、衛星通信への Ka 帯利用検討は、米国では比較的最近始まったものであると分析し、主に以下の 3 点について言及している³³。

- **24GHz 帯以上の帯域は、今後衛星オペレーターらによってさらに利用される(2015 年 1 月の回答より)：**近年米国では、Ka 帯 GSO/FSS システムによって衛星通信を提供する方法が増えており、さらに直近では、Ka 帯 NGSO/FSS システムも普及してきた。衛星関連の技術や、ユーザーミナル設計の発展によって、より高い周波数帯域においても衛星を利用できる道筋ができたということである。

国内外の衛星企業が Ka 帯等の 24GHz 帯以上の帯域の利用を本格的に検討し始めており、米企業では例えば Inmarsat や O3b、ViaSat、Hughes 等が挙げられる。SpaceX も近い将来、これらの Ka 帯や、高周波数帯域を利用する企業に名を連ねることになるだろう。実際に SpaceX は現在、4,000 機の小型の非静止軌道(NGSO)衛星を打ち上げ、Ka 帯を含む複数の周波数帯で NGSO 衛星ネットワークを運用し、インターネットアクセスサービスを提供する計画を進めている。

- **FCC は 5G を導入しつつも、衛星企業らが必要とする帯域を確保しておくべき：**SpaceX は、FCC が 5G 等の次世代の技術・サービスの導入を検討していることについて、一定の理解を示すが、同時に、5G サービスが導入されるにあたっては、衛星企業らのオペレーションが影響されないように配慮するべきである。例えば 5G が導入された場合、地上から衛星へのアップリンク通信が、他の地上通信の受信アンテナに干渉してしまう可能性もあり、特に低い高度で衛星を運用し、広範囲をカバーする NGSO 衛星はこういった干渉の影響を比較的大きく受ける可能性がある。
- **FCC は新興企業に対しても Ka 帯利用の余地を残しておくべき：**Ka 帯は FSS を運用する上で重要な資源であると言え、FCC は、SpaceX を含む衛星分野における新興企業が今後 Ka 帯を利用できるように、帯域に余裕を残しておくべきである。また FCC は、新興企業の参入の妨げとなるような市場障壁を取り除く努力をするべきである。特に、FCC が今後、潜在的な 5G 運用を見据えていく場合でも、5G 運用が衛星事業者らによる Ka 帯利用の妨げとならないよう、配慮するべきである。

³² Tom Stroup, "Written Ex Parte Presentation – Use of Spectrum Bands Above 24 GHz For Mobile Radio Services; Petition for Rulemaking of the Fixed Wireless Communications Coalition to Create Service Rules for the 42-43.5 GHz Band; GN Docket No. 14-177 and RM-11664", October 5, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001326543>

³³ Space Exploration Technologies Corp., "Reoky Comments of SpaceX", February 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030927>

C. Iridium Communications

Iridium Communications(もしくは旧称の Iridium Satellite: 以下 Iridium)は、FCC に複数回に亘って回答を提出しており、2015 年 1 月と 9 月の回答については、法律事務所 Harris, Wiltshire & Grannis を通じて提出している。Iridium は回答の中で、地上通信システムではカバーできない地域が地球上には 15%程度存在し、そういった地域には Iridium が擁する 66 の NGSO 衛星や、29.1-29.5GHz を用いた Ka 帯フィードリンクを基礎とした衛星通信サービスが不可欠であると強調している。Iridium の衛星通信サービスの利用分野の例としては、DOD や DHS が管轄する安全保障分野、DOD や DOS 等の米国機関や国連、赤十字等が管轄する災害救助ミッション、NOAA やジョンズホプキンス大学等が実施している津波や台風の監視活動、その他の関連公共安全ミッションが挙げられている³⁴。

Iridium は、すでに自社が保有している 66 の衛星群を一新するため、「Iridium NEXT」計画を 2007 年に発表している。同計画では、既存の 66 の衛星と予備機の合計 81 機を新型衛星に置き換え(新型衛星の製造は、欧 Thales Alenia Space 等が担当)、SpaceX の Falcon9 等によって打ち上げる予定である。この次世代の衛星群は、従来と同じく 29.1-29.5GHz を利用することを想定しており、新規衛星の第一号は、2015 年 6 月に打ち上げられた。2017 年には、別途複数の衛星が打ち上げられる予定であり、最終的に Iridium NEXT は、周波数利用、データ速度、通信容量、通信範囲、積載容量等の面で現在のシステムを上回る予定である。また、Iridium NEXT は、航空機に位置情報や高度等を伝える放送型自動従属監視(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast: ADS-B)サービス等も提供する予定である³⁵。

これらの自社のサービスや今後の計画を踏まえた上で Iridium は、自社のサービスの基盤となっている 19.4 GHz-19.6 GHz 帯(ダウンリンク用)と 29.1-29.3GHz 帯(アップリンク用)を、FCC の検討対象から除外するよう求めている。同社によれば、同帯域が 5G 等の地上通信サービスにも利用されるようになれば、それぞれへの干渉が予想され、5G サービスと Iridium のサービスの両方のネットワークのパフォーマンスが落ちるだけでなく、Iridium のサービスが複数の公共安全や災害救助ミッションに用いられているため、最悪の場合には人的な被害が発生する可能性もある³⁶。

また Iridium の関係者は 2015 年 9 月 16 日に、FCC の工学技術局(Office of Engineering and Technology)、公共安全・国家安全保障局(Public Safety and Homeland Security Bureau)、国際局

³⁴ FCC, 'Electronic Comment Filing System: Proceeding Number 14-177', URL: http://apps.fcc.gov/ecfs/comment_search/paginate?proceeding=14-177&pageNumber=1&pageSize=100&sortColumn=dateDisseminated&sortDirection=DESC&pageView=Tabular
Donna Bethea-Murphy, "Reply Comments of Iridium Satellite LLC", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013934>

³⁵ Donna Bethea-Murphy, "Reply Comments of Iridium Satellite LLC", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013934>

³⁶ Donna Bethea-Murphy, "Reply Comments of Iridium Satellite LLC", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013934>

Donna Bethea-Murphy, "Reply Comments of Iridium Satellite LLC", February 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030976>
Scott Blake Harris, "Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services; GN Docket No. 14-177", September 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001324447>

(International Bureau)、無線通信局(Wireless Telecommunications Bureau)等の関係者と面会し、口頭でも同帯域を 5G 用として利用検討することは適切でないと言った。この際に Iridium は、WRC-15 における米国の優先項目の一つが、Iridium NEXT が提供予定である ADS-B サービスであることを取り上げ、29.1-29.5GHz 帯域を地上通信サービスと共用することの国家的リスクを改めて強調した³⁷。

D. EchoStar、Hughes、Alta Wireless の共同回答

EchoStar Satellite Operating Corporation(EchoStar)、Hughes Network Systems(Hughes)、Alta Wireless の 3 社(厳密には Hughes と Alta Wireless は EchoStar の傘下組織)は、共同で FCC に対して複数の回答を提出している。EchoStar は SIA のメンバーであるため、同団体が提出した回答を復唱し、強調する内容となっているのが特徴である³⁸。3 社の FCC への提案の概要は以下の通り。

- **衛星事業者が利用する周波数帯は維持しておくべきである(2015 年 1 月と 2 月の回答より)**: 5G の要件やコンセプトが固まる前に高い周波数帯の将来的な利用を検討する事には懸念があり、特に FCC が共用の検討対象としている V 帯や 24GHz RB SS 等は、これまで確固とした規制が無いが、もしくは近年の技術発展によって利用が始まった段階の帯域であるため、これらをまだ詳細があいまいな 5G 用として検討を始めるのは適切ではない。FCC は、これらの帯域の既存のサービスによる利用を支持し、元々の米国の国家目標の達成に務めるべきである。EchoStar、Hughes、Alta Wireless が注視している、FCC の検討帯域は以下の通り³⁹。
 - Ka 帯ブロードバンド衛星サービス用(28.35-28.6 GHz、28.6-29.1 GHz、29.25-29.5 GHz、29.5-30.0 GHz 帯)---米国最大の衛星ブロードバンドサービス・プロバイダである Hughes は、2016 年に打ち上げを検討している Jupiter2/EchoStar XIX を通して、150Gbps スループットを実現し、更にサービス拡大を目指す予定であり、他の衛星事業者と共に、この帯域の利用を引き続き検討している。
 - モバイル衛星サービス用(29.1-29.25 GHz、29.25-29.5GHz 帯)---EchoStar 社が建設中の EchoStar XXI は、欧州にモバイル衛星サービスを提供する事を検討しており、Ka 帯をフィードリンクとして利用する予定であり、今後もこの帯域の利用を確保したいと考えている。

³⁷ Scott Blake Harris, "Re: Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services; GN Docket No. 14-177", September 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001324447>

³⁸ Monica Allevan, "In 5G proceeding, SpaceX urges FCC to protect future satellite ventures", February 22, 2015, URL: <http://www.fiercewireless.com/tech/story/5g-proceeding-spacex-urges-fcc-protect-future-satellite-ventures/2015-02-22>

³⁹ Jennifer Manner, Steven Doiron, and Jesse Jachman, "Comments of EchoStar Satellite Operating Corporation, Hughes Network Systems, and Alta Wireless, Inc.", Januar 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013609>

Jennifer Manner, Steven Doiron, and Jesse Jachman, "Comments of EchoStar Satellite Operating Corporation, Hughes Network Systems, and Alta Wireless, Inc.", February 18, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030813>

-
- LMDS 用(27.5-28.35 GHz、29.1-29.25 GHz、31.0-31.3 GHz 帯)---Alta Wireless は、カリフォルニア州やアリゾナ州等の 4 つの地域において、LMDS の利用ライセンスを有しており、引き続き同地域でのサービス提供を計画している。また LMDS がプライマリとして、FSS がセカンダリとして利用している 27.5-28.35 GHz 帯と 29.1-29.25 GHz 帯等は、Hughes 等の衛星事業者が FSS ゲートウェイのために利用しており、今後も利用が必要となる。
 - 放送衛星サービス用(24.75-25.25 GHz Band)---EchoStar が運用している Dish Network の衛星ネットワークは、1,400 万以上の米国国民の家庭にサービスを提供しており、今後は、FCC がすでに利用を認めている通り、17/24GHz 帯の放送衛星サービス用帯域の利用も検討している。また DIRECTV-14 と DIRECTV-15 も、この帯域の利用を検討している。
 - V 帯(37.0-42.5GHz)---V 帯は FCC によって、FSS のサービス拡張用の帯域として扱われており、EchoStar を含む多くの衛星事業者が、すでに ITU に利用申請を行っている。FCC はこの帯域の 5G 利用に係る検討を保留し、衛星事業者らの取り組みに配慮すべきである。
- **FCC が考慮すべき 5 つの原則(2015 年 1 月の回答より)**: FCC は周波数帯の検討を行う際に、技術の中立性、効率的な周波数利用、危険な干渉からの保護、規制の明確化、規制面での地域・国際的な調和を考慮すべきである⁴⁰。
 - **FCC は WRC-15 が終わるまでに次世代サービス向けの周波数規制を開始するべきではない(SIA の類似意見に賛同、2015 年 9 月の回答より)**: ESOC、Hughes、Alta の 3 社は、SIA が FCC に提出した書面を引用する形で、WRC-15 においてある程度の関連議論が終結するまでに FCC が関連規制の取り組みに出ることに反対している。また同じ回答の中で 3 社は、SIA が FCC に提示した質問の複数 を復唱し、FCC に対して回答を求めた⁴¹。

E. ViaSat

カリフォルニア州に本社を構える ViaSat は、複数回に亘って FCC に対して回答を送付している。ViaSat 社は、FCC が毎年実施しているブロードバンド・インターネット・サービスの試験において、衛星通信サービス事業者として試験の対象となっている 2 社のうちの一つであり、その実績を強調して、同社のサービスが米国国民にとって重要であることを強調した。回答の中 ViaSat は、LMDS 帯や V 帯(37.4-40GHz)におい

⁴⁰ Jennifer Manner, Steven Doiron, and Jesse Jachman, "Comments of EchoStar Satellite Operating Corporation, Hughes Network Systems, and Alta Wireless, Inc.," Januar 15, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013609>

⁴¹ Jennifer Manner, "Re: Use of Spectrum Bands Above 24 GHz For Mobile Radio Services; Petition for Rulemaking of the Fixed Wireless Communications Coalition to Create Service Rules for the 42-43.5 GHz Band; GN Docket No. 14-177 and RM-11664", September 15, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001323994>

て、適切な周波数共用メカニズムを導入し、衛星事業者らの利用を今後も保証することなどを求めているほか、5G サービスをこれらの帯域で利用することを検討するのは次期尚早との見解を示している⁴²。

F. O3b

O3b Limited、もしくは O3b Networks USA (O3b) は、複数回に亘って FCC に回答と提案を送付している。このうち、2015 年 1 月に提出した回答の一つは、SES Americom (SES)、Intelsat Corporation (Intelsat)、Inmarsat との統合回答である。これら 4 社は、SIA のメンバ組織であるため、他のメンバー組織と同様、同団体の主張や回答、提案等を強調する形式の回答が多い。O3b のコメントの概要は以下の通り。

- **24GHz 以上の帯域の衛星サービスによる利用は、近年増加傾向にある(2015 年 1 月の単独回答より)：** O3b は、12 の NGSO 衛星を中軌道に維持し、グローバル・ブロードバンド・システムを運用している。アップリンク用に 27.6-28.4 GHz と 28.6-29.1 GHz を、ダウンリンク用に 17.8-18.6 GHz と 18.8-19.3 GHz を用いており、クルーズ船や島嶼地域の通信事業者等の顧客からの需要や、今後のアプリケーション開発の可能性等によって、O3b のサービス拡大は必至である。また O3b を含む FSS 事業者は、Ka 帯の 27.5-28.35 GHz や 29.1-29.25 GHz、V 帯の 37.0-40 GHz、42.0-42.5 GHz 等を今後利用することを検討している⁴³。
- **衛星通信サービスは、市場の競争とイノベーションを促進している(2015 年 1 月の単独回答より)：** O3b はシームレスな通信サービスの提供を目指すため、独自に様々な技術開発を行っている。例えば、Ka 帯用のフラットパネル・メタマテリアル・アンテナ (flat panel, metamaterials antenna) の開発については、Kymeta や AvL 等の企業に製造を依頼しているが、この技術は、航空機や自動車等の移動体の測位や、移動体内部における通信サービス (in-flight connectivity) の提供などを促進する原動力となる。衛星用のスポット・ビーム技術は、Ka 帯衛星サービスを更に効率化し、コストを削減することに役立ち、今後は、高速鉄道やバス等の公共交通機関や自動車等におけるブロードバンド接続を可能とするため、より小型のアンテナがより広い周波数帯域をカバーできるような技術が開発されることが予想されている。FCC はこういった技術の発展を踏まえた上で、衛星ブロードバンド・サービスの Ka 帯利用を後押しするような政策や規制を導入していくべきである⁴⁴。
- **27.5-28.35GHz の低 LMDS 帯域を、国際基準に沿う形で、米国内でも LMDS と FSS のプライマリ共用とすべき(2015 年 1 月の単独回答、及び他 3 社との共同回答より)：** 27.5-28.35GHz 帯は、国際的には LMDS 固定通信と FSS の共用用として割り当てられているが、米国内では FSS は同帯域をセカンダリとしてしか利用できず、国内外で割り当てに差がある。Ka 帯 HTS への市場の需要増加に

⁴² Daryl Hunter, Christopher Hofer, "Reply Comments of ViaSat", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013883>

Daryl Hunter, Christopher Hofer, "Reply Comments of ViaSat", February 17, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001030906>

⁴³ Suzanne Malloy, "Comments of O3b Limited", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013929>

⁴⁴ Suzanne Malloy, "Comments of O3b Limited", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013929>

に伴い、今後も同帯域の需要拡大が見込まれる。このような状況を解決するための方法のひとつは、特定の種類の FSS ゲート地上局に対し、低 LMDS 帯域のプライマリ共用での運用を認め、また FSS サービスがさらに同帯域を利用できるよう、後押しすることである。例えば O3b が低 LMDS によりアクセスできるようになった場合、ハワイやサモアなどの米国の島嶼領土に住む人々に、より良い通信サービスを提供できる⁴⁵。

- **FSS の 25.05 -25.25GHz 帯 (24GHz 帯) の利用増加を認めるべきである (2015 年 1 月の他 3 社との共同回答より)**： FSS サービスによる 25.05-25.25GHz 帯の利用を増加させるべきである。同帯域は既に BSS によって利用されており、FCC は FSS の同帯域の利用拡大を検討するにあたって、BSS の帯域利用を検討したときと同じように検討をおこなうべきである⁴⁶。
- **V 帯の衛星事業者による利用拡大も考慮した規制作りを進めるべきである (2015 年 1 月の単独回答より)**： 多くの衛星事業者らが V 帯に関心を寄せており、少なくとも FCC は 5G の運用検討を始めるのと同じスピードで、V 帯の衛星サービスによる利用拡大の方策を検討すべきである。FSS (GSO と NGSO 衛星の両方) 用の Ka 帯割り当てすら完成していない状況であり、次世代ブロードバンド・サービスの提供に向けて、Ka 帯と V 帯の衛星事業者用の割り当ては、急ピッチで進める必要がある⁴⁷。
- **5G 導入による既存のサービスへの危険な干渉の発生は避けるべきである (2015 年 1 月の単独回答、2 月の回答より)⁴⁸**： FCC は、NOI に 5G を導入する際に想定しているネットワーク・アーキテクチャやパラメータ等についての技術的な状況をもっと盛り込み、5G が既存のサービスにどのような影響を及ぼすのか等について、明確な情報開示をするべきである。また、5G が既存のサービスに危険なレベルで干渉しないよう、規制の策定を進めるべきである。
- **FCC は SIA の提示した質問に回答すべき (2015 年 9 月の回答より)**： O3b 社は 9 月に提出した回答の中で、SIA が FCC に提示した質問の他、自社で質問を加えている。

⁴⁵ Nancy Eskenazi, Susan Crandall, Suzanne Malloy, Christopher Murphy, "Joint Comments of SES America, Intelsat Corporation, O3b Networks USA LLC, and Inmarsat, INC.", January 15, 2015:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013903>

Suzanne Malloy, "Comments of O3b Limited", January 15, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013929>

⁴⁶ Nancy Eskenazi, Susan Crandall, Suzanne Malloy, Christopher Murphy, "Joint Comments of SES America, Intelsat Corporation, O3b Networks USA LLC, and Inmarsat, INC.", January 15, 2015:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013903>

⁴⁷ Suzanne Malloy, "Comments of O3b Limited", January 15, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013929>

⁴⁸ Suzanne Malloy, "Comments of O3b Limited", January 15, 2015, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013929>

周波数のライセンスングについて

- 潜在的なライセンスングの枠組みの中で、現在の、そして将来に帯域を利用する事業者をどのように保護するのか？
- もし 5G サービスがライセンスを占有することになった場合、既存のサービスはどのように保護されるか？ LMDS 帯が 5G サービス利用の検討対象とされているが、FSS の需要が高まっていることを鑑みた上で、同帯域の共有等についてはどのようなソリューションが考えられるか？
- LMDS 帯を FSS 事業者らが利用する場合に、どのような技術や規制上の要件が発生するか。

都市部における 5G サービスの運用について

- 5G サービス提供にあたり、どのようなミドルマイル・インフラ (middle-mile infrastructure) が必要となるか。また、同インフラは、5G 配備にどのような影響を及ぼすだろうか。
- より低密度の地域にも 5G サービスを提供することを可能とする、技術は開発されているか。
- リモート地域や非都市部、島嶼地域等を 5G でカバーするには、どのようにしたらよいか。

5G システムの累積干渉について

- 5G の累積干渉を分析するために、どのようなモデルや調査方法が利用可能だろうか。また、こういったモデルや調査方法を用いる場合、FSS や固定サービスシステムの技術上・オペレーション上のパラメータを設定するに辺り、どのような技術的な仮定をしているだろうか。これらの過程は、FCC の FSS アプリケーションや、ライセンス申請状況等の公表されている情報に基づいて設定されているだろうか。
- 5G ターミナルは、FSS のアップリンクにどのような影響を及ぼすだろうか。5G からの影響を試算する際に、FSS の利用寿命 (少なくとも 2025 年まで) を考慮しているか。

G. TIA

500 ほどの通信関連組織 (企業、大学、研究機関、政府機関等) で構成されている電気通信工業会 (Telecommunications Industry Association: TIA) も、FCC に対して回答を提出しており、衛星通信についても言及している。回答の中で TIA は、FCC が検討対象としている帯域は、すでに衛星通信事業者らが利用している部分もあり、今後の FCC の検討や規制によって、既存の利用者の運用が阻害されないよう求めると共に、国際的な周波数帯割り当てとの調和が不可欠であると言及している⁴⁹。

H. 全米科学アカデミー (National Academy of Science)

米学術機関の一つである全米科学アカデミーも、2015 年 1 月に FCC に回答を提出している。同アカデミーやその関連機関は、周波数帯を電波天文学や資源・環境観測等の学術分野の研究に利用しており、企業らとは多少異なった観点から回答を提示している。同アカデミーが特に懸念を表明している周波数帯は、23.6-24.0GHz 帯 (今回の FCC の検討対象ではない)、31~31.3GHz 帯、42.5-43.5 帯、76.0-77.5GHz 帯、78.0-94GHz 帯等であり、これらの帯域は、地上観測衛星サービス (Earth exploration-satellite

⁴⁹ Danielle Coffey and Dileep Srihari, "Comments of the Telecommunications Industry Association", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013721>

service: EESS)や電波天文サービス(Radio Astronomy Service: RAS)用のプライマリ、もしくはセカンダリ帯域として、NOAA や全米科学財団、NASA、DOD、農務省、米地質調査所(USGS)、米国際開発庁(USAID)等の政府機関も利用している。全米科学アカデミーは、これらの帯域の重要性を主張し、FCC に対し、他の用途の同帯域の利用が、EESS や RAS を阻害しないよう配慮すべきだと主張している⁵⁰。

2.2 FCC Measuring Broadband America プロジェクトにおける取り組み

FCC の工学技術局と消費者・政府問題局(Consumer and Governmental Affairs Bureau)は 2013 年、2011 年以降に毎年発表している消費者用の固定通信サービスのパフォーマンスを調べる報告書(2013 Measuring Broadband America: A Report on Consumer Wireline Broadband Performance in the U.S.)⁵¹において、当時運用後間もない状況であった ViaSat 社の高速衛星通信サービスの Exede を取り上げ、ケーブルや DSL などの他の通信サービスと比較・検討した結果を発表した。同報告書が発表され始めた 2011 年以降、衛星通信が調査対象として取り上げられたのは初めてのことであり、米技術系メディアや衛星通信業界でも注目されるニュースとなった⁵²。

ViaSat 社の Exede は、2011 年に同社が打ち上げた衛星 ViaSat-1 を利用した通信サービスであり、それまでにあった衛星通信サービスの 100 倍の通信パフォーマンスを目指している。ViaSat 社以外にも、同様の目標を掲げて新型衛星の打ち上げや、打ち上げ計画の発表を行った企業もあり、市場のトレンドとなった。FCC もこの様な市場の変化を考慮し、Exede を調査対象としたと説明している。また、地上通信サービスが、サービスが提供可能な通信速度によって価格を決めている一方で、ViaSat 社の Exede は一貫した通信速度を保障しているが⁵³、月に利用可能なデータ量によって価格を決定している等のユニークな特徴もあり、これらも FCC が Exede を調査対象とした理由として述べられている⁵⁴。

⁵⁰ Ralph Cicerone, "Comments of the National Academy of Science's Committee on Radio Frequencies", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013670>

⁵¹ 2011 年から発表されている同報告書は、2010 年に英通信技術企業の Samknows が FCC との契約を取り付けたことで開始された Measuring Broadband America プログラムの定期報告書という位置づけである。同プロジェクトでは、Samknows が有する通信サービスのパフォーマンス解析装置(Whitebox)を用い、また関係する産学官の関係者の協力を得た上で、全米規模で電波調査を実施している。<https://www.fcc.gov/encyclopedia/measuring-broadband-america-measuring-fixed-broadband>

⁵² "Exede Internet Tops the Broadband Chart: FCC Report Ranks Exede Satellite Internet Best in Delivering Advertised Speeds", February 15, 2013, URL: <https://www.viasat.com/news/exede-internet-tops-broadband-chart-fcc-report-ranks-exede-satellite-internet-best-delivering-advert>

⁵³ Exedeによれば、ダウンロードとアップロードの通信速度目安はそれぞれ、12Mbps と 3Mbps とされている。

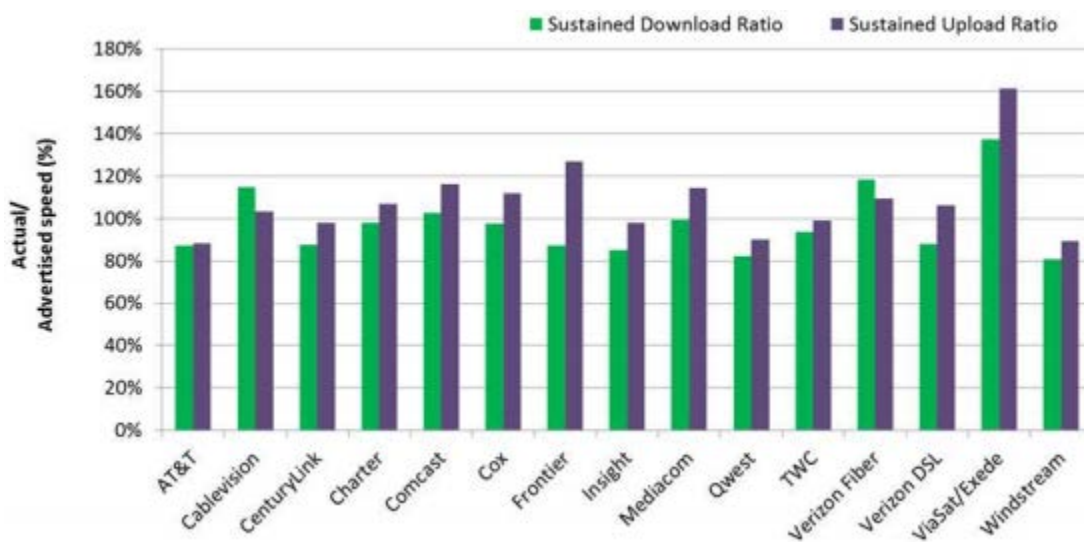
⁵⁴ FCC's Office of Engineering and Technology and Consumer and Governmental Affairs Bureau, "2013 Measuring Broadband America February Report: A Report on Consumer Wireline Broadband Performance in the U.S., February 2013, URL: <http://transition.fcc.gov/cgb/measuringbroadbandreport/2013/Measuring-Broadband-America-feb-2013.pdf>

2013年の報告書で示されている調査結果(2012年9月調べ)⁵⁵

2013年の報告書では、15のインターネットサービスが調査対象とされ、調査が行われ期間は2012年9月のことであった。前年の2012年の報告書は14のサービスを調査対象としており、2013年の対象プロバイダは、前年からの14にViaSat社のExedeを加えた形であった。

同調査に基づく、各インターネットサービスのピーク時間(平日の午後7~11時)におけるダウンロードとアップロードの平均パフォーマンス比較は以下の通り。この比較は、各プロバイダが広告している速度と、FCCが計測した実際の速度にどれだけ隔たりがあるのか示しており、X軸上で100%は、広告している速度と計測速度がほぼ同一であることを示し、100%を下回る場合には、計測の際に広告速度が満たされなかったことを示す。一方、100%を上回る場合には、計測速度が広告速度を上回っていることを示す。

図表 6 ピーク時における各インターネットサービスの通信速度比較(FCC、2012年9月調べ)



出典: FCC⁵⁶

FCCの2012年9月の調査においてExedeは、ダウンロード、アップロードの両方で、広告している通信速度よりも早い速度を実際に達成し、ダウンロード速度は16.46Mbps(広告速度12Mbpsの約137%)、アップロード速度は4.83Mbps(広告速度3Mbpsの約161%)であった。FCCは、衛星通信は地上通信に比べ、性質的にレイテンシが高くなってしまふことを指摘しながらも、Exedeの顧客の9割は、広告されている速度の140%程度の通信を享受していると分析し、衛星通信の今後に対して期待感を露わにした。

⁵⁵ FCC's Office of Engineering and Technology and Consumer and Governmental Affairs Bureau, "2013 Measuring Broadband America February Report: A Report on Consumer Wireline Broadband Performance in the U.S., February 2013, URL: <http://transition.fcc.gov/cgb/measuringbroadbandreport/2013/Measuring-Broadband-America-feb-2013.pdf>

⁵⁶ FCC's Office of Engineering and Technology and Consumer and Governmental Affairs Bureau, "2013 Measuring Broadband America February Report: A Report on Consumer Wireline Broadband Performance in the U.S., February 2013, URL: <http://transition.fcc.gov/cgb/measuringbroadbandreport/2013/Measuring-Broadband-America-feb-2013.pdf>

2014年の報告書で示されている調査結果(2013年9月調べ)⁵⁷

2014年の報告書(2014 Measuring Broadband America Fixed Broadband Report: A Report on Consumer Fixed Broadband Performance in the U.S.)からFCCは、前年まで一つのサービスとして取り上げていたFrontier社の光通信とDSLを、それぞれ個別のサービスとして区分し、合計で16のインターネットサービスを比較検討した。これにより、米国におけるブロードバンド通信の全体の8割のサービスが同調査に含まれることとなった。

2014年の報告書執筆のため、FCCは2013年9月に再び計測を実施した。この際にFCCは、前年までの調査方法を一部見直し、より精度の高い結果を追求した。2013年9月の計測でも、ViaSat社のExedeは、ダウンロード速度16.66Mbps、アップロード速度も4.14Mbpsをそれぞれ達成し、広告されている速度のおよそ138~139%を達成していることが分かった。

2015年の報告書で示されている調査結果⁵⁸

2015年12月30日に発表された、2015年版の報告書(2015 Measuring Broadband America Fixed Broadband Report)では、Exedeのほか、衛星通信ではHughesも検討対象に組み込まれた。Exedeと同様、Hughesの通信サービスについても、広告されている速度よりも、実際には160~200%程度早いスピードを記録したが、これについてFCCはHughesの公表スピードが比較的コンサーバに見積もられているためだと分析している。

2.3 NASAのキューブサット打ち上げイニシアティブ

NASAは2010年2月、NASAのミッションを補助するような役割や機能を持ち得るキューブサットの打ち上げを支援する「キューブサット打ち上げイニシアティブ(CubeSat Launch Initiative)」を立ち上げた。同イニシアティブは、NASAの研究所、米国の非営利組織(NPO)、米国の認定教育機関によって開発されたキューブサットの中から、NASAのミッションへの貢献が期待できる衛星を選出し、NASAの事業が打ち上げるロケットに搭載することで打ち上げ機会を与えるものである。キューブサットによる宇宙開発は、NASAが2014年に発表した戦略計画(NASA Strategic Plan)⁵⁹において提示している戦略目標や成果に関連する科学技術の発展に加え、教育やオペレーション分野にも恩恵をもたらすことが想定されている⁶⁰。

2010年の創設後、NASAは毎年夏頃になると、打ち上げを希望するキューブサットの募集を始め、11月頃に募集が締め切られた後、翌年2月頃には選出結果を発表する。選出されたキューブサットは、選出から

⁵⁷ FCC's Office of Engineering and Technology and Consumer and Governmental Affairs Bureau, "2014 Measuring Broadband America Fixed Broadband Report: A Report on Consumer Fixed Broadband Performance in the U.S., June 2014, URL: <http://data.fcc.gov/download/measuring-broadband-america/2014/2014-Fixed-Measuring-Broadband-America-Report.pdf>

⁵⁸ FCC, "2015 Measuring Broadband America Fixed Report," December 30, 2015, URL: <https://www.fcc.gov/reports-research/reports/measuring-broadband-america/measuring-broadband-america-2015>

⁵⁹ https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/FY2014_NASA_SP_508c.pdf

⁶⁰ "Announcement of CubeSat Launch Initiative", July 31, 2014, URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/CubeSat_Launch_Initiative_Announcement_2014_FINAL%281%29.pdf

2~3年を目途に打ち上げられている(初年度の2010年のみ、2月募集、4月締め切りで提案書が十分に集まらなかったため、NASAは同年7月に再度募集をかけている)⁶¹。

同イニシアティブに参加するキューブサットの開発組織(Collaborators)は、自組織で衛星の開発費用を賄う必要があるほか、イニシアティブの途中でNASAとの契約を打ち切る場合、打ち上げ準備にかかった費用等を全額返金する必要がある。ただし、NASAの他事業を通して衛星の開発支援をNASAから得ることは可能である。対象となるキューブサットは、直近で発表されたNASAの戦略計画(Strategic Plan)や、教育戦略フレームワーク(Education Strategic Framework)に定められているミッションを補助することを目的とした1U(10×10×10 cm サイズ、1.33kg)~6U(約12kg)である。0.5Uについても、2つの衛星を統合して1Uとして打ち上げる場合は、打ち上げが可能である⁶²。

以下の地図は、2014年7月にNASAが発表した、同月までにキューブサット打ち上げイニシアティブに参加した組織が拠点を置く州を示したものである。同月までに29州に拠点を置く組織が参加し、以下の地図で緑になっている州は、地元の組織が開発した衛星が同イニシアティブの枠組みですでに打ち上げられていることを示している。同様に、オレンジの州は、地元組織の衛星が間もなく打ち上げられる予定であること、黄色の州はイニシアティブへの参加が決まった組織が地元にあることを示している。NASAは今後、まだイニシアティブに参加した組織が無い、白色の州が開発した衛星を重点的に選出する予定である⁶³。

⁶¹ “Announcement of CubeSat Launch Initiative”, February 23, 2010, URL:
http://www.nasa.gov/pdf/430539main_CubeSat_Launch_Initiative_Announcement_2_25_2010.pdf

⁶² “Announcement of CubeSat Launch Initiative”, February 23, 2010, URL:
http://www.nasa.gov/pdf/430539main_CubeSat_Launch_Initiative_Announcement_2_25_2010.pdf

“Announcement of CubeSat Launch Initiative”, July 30, 2010, 2010, URL:
http://www.nasa.gov/pdf/430539main_CubeSat_Launch_Initiative_Announcement_7_30_2010.pdf

⁶³ “CubeSat Launch Initiative: 50 CubeSats from 50 States in 5 Years”, July 31, 2014, URL:
<http://www.nasa.gov/content/cubesat-launch-initiative-50-cubesats-from-50-states-in-5-years>

図表 7 NASA のキューブサット打ち上げイニシアティブ参加済み組織の拠点(2014 年 7 月付)



出典: NASA⁶⁴

2014 年 8~11 月に募集されたキューブサットの中からは、以下の 12 州に跨る、14 のキューブサットが 2015 年 2 月に選出されている。これらの衛星は、2016~2018 年に打ち上げられる予定である。

⁶⁴ “CubeSat Launch Initiative: 50 CubeSats from 50 States in 5 Years”, July 31, 2014, URL: <http://www.nasa.gov/content/cubesat-launch-initiative-50-cubesats-from-50-states-in-5-years>

図表 8 2015 年 2 月に NASA に選出された 14 の衛星とその開発元



出典： NASA⁶⁵

キューブサット打ち上げイニシアティブは 2015 年で 5 年目を迎えており、2015 年 8 月 10 日に NASA が発表したプレスリリースによれば、同日までに NASA が選出したキューブサットは米国の 30 州で開発された 105 機に亘り、37 機がすでに打ち上げられ、16 機は 2016 年 8 月までに打ち上げられる予定である。NASA は 2019 年頃を目途に、米国の 50 州に加え、ワシントン D.C. やプエルトリコ等の米国領において開発された衛星を、各州・各地域から 1 機ずつ同イニシアティブの枠組みの中で打ち上げたいと考えており、2015 年度は集中的に、アーカンソー州、デラウェア州、ジョージア州、ミシSSIP州、ワイオミング州等の 20 州において開発されたキューブサットをイニシアティブに組み込みたい構えである。これは、オバマ政権が推進している、STEM 教育の推進や、研究成果の商用化等を目指す「メイカー・イニシアティブ (Maker Initiative)」⁶⁶の一環ともされた⁶⁷。

2015 年 8 月 10 日に NASA は、2016 年以降打ち上げを支援するキューブサットの選出を行うため、提案書の収集を開始した。提案書の締め切りは同年 11 月 24 日とされ、最終的な候補となる衛星は 2016 年 2 月 19 日に決定される予定である。この最新の選定機関で選出される衛星は、2016 年初旬に打ち上げられ、国際宇宙ステーションから 2019 年頃まで展開される予定である⁶⁸。

⁶⁵ “NASA Announces University CubeSat Space Mission Candidates”, February 6, 2015:

<https://www.nasa.gov/content/nasa-announces-sixth-round-of-cubesat-space-mission-candidates>

⁶⁶ メイカー・イニシアティブは、2014 年 6 月にホワイトハウスが立ち上げたイニシアティブであり、米国の製造業全体の能力を底上げする目的で、STEM 教育の普及や、3D プリンタやレーザー・カッターなどの新技術への米国市民のアクセスを推進し、製造分野のスタートアップ企業の創設や、米国全体のイノベーションや製造への関心を高めることを目的としている。

<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/06/12/fact-sheet-new-commitments-support-president%E2%80%99s-nation-makers-initiative>

⁶⁷ “NASA Opens New CubeSat Opportunities for Low-Cost Space Exploration”, August 10, 2015, URL:

<http://www.nasa.gov/press-release/nasa-opens-new-cubesat-opportunities-for-low-cost-space-exploration>

⁶⁸ “NASA Opens New CubeSat Opportunities for Low-Cost Space Exploration”, August 10, 2015, URL:

<http://www.nasa.gov/press-release/nasa-opens-new-cubesat-opportunities-for-low-cost-space-exploration>

同イニシアティブには、小学校や高校の児童や生徒らが開発したキューブサットが選出されたことがあるほか、カリフォルニア州パサデナ市に拠点を置く、天文・衛星科学専門 NPO の The Planetary Society が開発した、太陽光から推進力を得る衛星 LightSail も選出された。同衛星は、2015 年 5 月にフロリダ州のケープ・カナベラル空軍基地から AtlasV ロケットによって打ち上げられた⁶⁹。

キューブサット打ち上げイニシアティブで選ばれた衛星は、NASA の打ち上げサービス・プログラム (Launch Service Program: LSP) を通じて NASA と契約した打ち上げ担当企業によって打ち上げられる。打ち上げ事業は、同イニシアティブの傘下プログラムである、ナノ衛星教育向け打ち上げプロジェクト (Educational Launch of Nanosatellites: ELaNA) を通じて行われており、過去に打ち上げを担当したロケットには、Lockheed Martin 社の AtlasV、SpaceX 社の Falcon9、McDonnell Douglas 社の Deltall 等が含まれる。

最近では、2015 年 11 月 4 日に、第 7 次 ELaNa の枠組みの中で、ミズーリ州のセントルイス大学とテネシー州のヴァンダービルト大学が共同開発した衛星と、モンタナ州のモンタナ州立大学が開発した 2 種類の衛星を搭載したロケット (Super Strypi) がハワイから打ち上げられたが、途中で失敗した⁷⁰。その約 1 か月前の 10 月 8 日には、第 12 次 ELaNa の枠組みで、4 機の衛星を搭載した AtlasV がカリフォルニア州のヴァンデンバーグ空軍基地から打ち上げられたが、こちらは無事に成功した。この 4 機のキューブサットの開発元は、アラスカ州のアラスカ大学フェアバンクス校、モンタナ州のサリット・クーテネイ大学、メリーランド州に拠点を置く AMSAT (アマチュア衛星開発組織)、NASA のジェット推進研究所 (JPL) である⁷¹。

なお、この 10 月 8 日の打ち上げ時には、カリフォルニア州エル・セグンドに拠点を構える The Aerospace Corporation (連邦政府から予算を投入されている研究開発専門 NPO、官民パートナーシップ) が製造した、光通信・センサデモ用 (Optical Communications and Sensor Demonstration: OCSD) キューブサットも同時に打ち上げられた。同 NPO は、米空軍や国家偵察局 (NRO) 等の米政府機関向けの技術開発を行っており、OCSD キューブサットも、NASA が主導している 6 つのキューブサット・プロジェクトのうちの 1 つという位置付けである。OCSD キューブサットは、地上と無線通信を行いながら、光通信システムを通して衛星の高度制御を行う予定で、レーザを用いて 200Mb/s 以上のデータ通信が可能かどうかとも試される。成功すれば、既存のキューブサットのおよそ 100 倍のパフォーマンスが達成されると期待されている⁷²。

⁶⁹ Stephanie Schierholz, "NASA's CubeSat initiative aids in testing of technology for solar sails in space", May 21, 2015: <http://phys.org/news/2015-05-nasa-cubesat-aids-technology-solar.html>

"FACT SHEET: At White House Astronomy Night, President Obama Announces New Private-Sector Commitments to Get Students Excited about Science and Space", October 19, 2015: <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/10/19/fact-sheet-white-house-astronomy-night-president-obama-announces-new>

⁷⁰ "ELaNa VII CubeSat Launch on ORS-4 Mission", November 2015:

<http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/elana-vii-factsheet-508.pdf>

⁷¹ "ELaNa XII CubeSat Launch on NROL-55 Mission", October 2015:

<http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/elana-xii-factsheet-5082.pdf>

⁷² "CubeSat to Demonstrate Miniature Laser Communications in Orbit", October 9, 2015, URL:

<http://www.nasa.gov/press-release/cubesat-to-demonstrate-miniature-laser-communications-in-orbit>

"Optical Communications and Sensor Demonstration (OCSD)", October 30, 2015, URL:

http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/ocsd_project.html

2015年10月、NASAの打ち上げサービス・プログラムは、同じくNASAの地球科学局(Earth Science Division)と合同で、キューブサットやナノサット、マイクロサット等の小型衛星の低軌道への打ち上げを検討するベンチャー企業に対し、資金を提供して支援する試みを開始した。この事業では以下の3社に対し、総額1,710万ドルの契約を締結した。

- テキサス州の Firefly Space Systems Inc. …550万ドル
- カリフォルニア州の Rocket Lab USA Inc. …690万ドル
- カリフォルニア州の Virgin Galactic LLC …470万ドル

この取り組みは、NASAが衛星の打ち上げ市場に投資を行った例として注目されている。上記の3社は、それぞれ1~2機の衛星の打ち上げを担当する予定で、Firefly Space SystemとRocket Lab USA Incはケネディ宇宙センター等の外部の打ち上げ施設からの打ち上げを検討しているが、Virgin Galacticは、自社の拠点からの打ち上げを検討している。いずれも、早ければ2017年に行われる予定で、遅くとも2018年末までに完了する必要がある⁷³。

2.4 NISTのサイバーセキュリティ・フレームワークと商用衛星通信

2013年2月に発布されたの大統領令13636号に基づき、米国では重要インフラのサイバーセキュリティ強化に向けた取り組みを、官民で連携して行う方針が打ち立てられた。これに伴い、2014年2月にNIST内にサイバーセキュリティ・フレームワーク(Cybersecurity Framework)が策定され、市場の活動を不用意に阻害する規制を導入することなく、市場のニーズに合わせた効果的なサイバーセキュリティの枠組みを策定するための取り組みが始まった⁷⁴。

NISTのサイバーセキュリティ・フレームワークを基に、通信セクタのサイバーセキュリティ・ベストプラクティスの開発を行うために、ワーキング・グループ4(Working Group)が創設された。この中には、無線通信や有線通信を担当するサブグループに加え、商用衛星通信を担当するサブグループも創設された。商用衛星通信サブグループには、IridiumやNorthrop Grumman、O3b、ViaSat、EchoStar、Boeing等の衛星通信サービスプロバイダやその顧客らが参加し、大統領令やNISTのサイバーセキュリティ・フレームワークを基に、リスクの明確化(identify)、保護(protect)、検知(detect)、対応(respond)、復旧(recover)の5つの基準を基に、現在の商用衛星通信のサイバーセキュリティへの取り組みを評価した⁷⁵。

⁷³ Steven Sicheloff, "CubeSat Launchers Expected to Open Research Opportunities for All", October 14, 2015:

<https://www.nasa.gov/feature/cubesat-launchers-expected-to-open-research-opportunities-for-all>

Jeff Foust, "NASA Cubesat Launch Contract Expected By September", August 11, 2015:

<http://spacenews.com/nasa-cubesat-launch-contract-expected-by-september/>

⁷⁴ CSRIC, "Cybersecurity Risk management and Best Practices Working Group 4: Final report", March 2015, URL: https://transition.fcc.gov/pshs/advisory/csric4/CSRIC_IV_WG4_Final_Report_031815.pdf

⁷⁵ CSRIC, "Cybersecurity Risk management and Best Practices Working Group 4: Final report", March 2015, URL: https://transition.fcc.gov/pshs/advisory/csric4/CSRIC_IV_WG4_Final_Report_031815.pdf

商用衛星通信サブグループを含む、ワーキング・グループ 4 は、2015 年 5 月にそれぞれの評価結果をまとめた報告書を発表した。この報告書の中で商用衛星通信サブグループは、商用衛星通信は、災害などにおける緊急時サービス、国家安全保障、通信等の米国の複数の重要インフラを支える基盤となっており、またそれぞれの事業者が、ユニークな衛星通信アーキテクチャを擁しているため、衛星通信ネットワークには、様々なサイバーセキュリティ上のリスクがあるとの見解を示した。一方で、多くの衛星事業者らは既に、DOD や米軍に通信サービスを提供している関係で、サイバーセキュリティに対する様々な措置を講じているため、取り組みへの抜本的な変更や革新は必要ないと分析し、衛星事業者らに対し、今後は社内の既存のサイバーセキュリティに対する取り組みを続けると共に、NIST のサイバーセキュリティ・フレームワークを参考に、複数事業者間でリスクや対策に関する情報共有や連携を続けていくべきだと提案した⁷⁶。

2.5 NSF の南極マクマード基地への民間衛星通信サービスの導入

2015 年 4 月に NSF は、米国の南極観測基地であるマクマード基地に、民間衛星通信サービスを導入するため、それについての情報要求(request for information)を開始した。この情報要求の最大の目的は、民間衛星通信サービスの導入が本当に効果的・効率的か、もし他に方法があるとしたらどういった選択肢があるかを見極めるためのものである。NSF が民間衛星通信サービスの導入を検討し始めた主要な理由は以下の二つである⁷⁷。

- 2012 年に実施した評価によれば、現在南極ブラック・アイランド(Black Island)にある衛星通信地上局は近代化が必要であるが、その費用が高額となり得ること。
- 米南極プログラム(USAP)の通信ミッション(IP ネットワークが基盤)において、NSF により大きな役割を担うよう求める声が大きくなっており、また NOAA や NASA 等の研究パートナーとのデータ通信要件を満たしていくため。

USAP では、基本的な科学データに加え、ロジスティクス関連データ、航空機の管制データ、天候データ、インベントリ関連データ、医療データ、人事管理関連データ等を扱っており、それぞれを VoIP 電話やインターネット、セキュリティ・ファイル・トランスファ(Secure file transfer: SFTP)、リモートアクセス、ビデオ会議等様々な方法でやり取りしている。中でも、NOAA と NASA の共同プログラムで、米空軍や欧州気象衛星開発機構(EUMETSAT)が連携している統合極地衛星システム(Joint Polar Satellite System: JPSS)においては、LEO 上にある環境・天候観測衛星から情報を回収している。マクマード基地は、南極にある基地として、北極圏にあるスヴァールバル基地と協力して、効率的にこれらの情報を受け取っている⁷⁸。

⁷⁶ CSRIC, "Cybersecurity Risk management and Best Practices Working Group 4: Final report", March 2015, URL: https://transition.fcc.gov/pshs/advisory/csric4/CSRIC_IV_WG4_Final_Report_031815.pdf

⁷⁷ Ryan Schradin, "NSF looks to COMSATCOM to bolster bandwidth to Antarctica's McMurdo Station", June 4, 2015, URL: <http://www.ses-gs.com/govsat/news/nsf-looks-to-comsatcom-to-bolster-bandwidth-to-antarcticas-mcmurdo-station/>

⁷⁸ Ryan Schradin, "NSF looks to COMSATCOM to bolster bandwidth to Antarctica's McMurdo Station", June 4, 2015, URL: <http://www.ses-gs.com/govsat/news/nsf-looks-to-comsatcom-to-bolster-bandwidth-to-antarcticas-mcmurdo-station/>

しかしながら、古い型のテープレコーダを搭載した、既存の衛星のデータストレージ容量は限られており、年々増えているデータ容量に対応しきれなくなっている。このため NSF では、HTS を含む新型の衛星通信技術を検討しようと考えており、特に近年では、複数の衛星事業者らが環太平洋地域における新しいサービスを提供し始めているため、類似の最先端のサービスを NSF にも導入したいと考えている。NSF は、民間衛星通信サービス導入の目安としては、2021 年以降と考えているが、マクマード基地において実施される予定のプロジェクトのスケジュールによっては、それよりも早まる可能性もあるとしている⁷⁹。

3 米国組織による UAS を利用した商用インターネットサービス提供に係る動向

米国では、Google や Facebook 等の企業が、ドローンやバルーンなどの無人航空システム (Unmanned Aerial System: UAS) を用いて、インターネットアクセスサービスを提供する計画を進行させており、2015 年に入ってから、実際の飛行実験等を活発化させている。ここでは、各企業の開発状況と開発の課題、関連する HAPS 用周波数帯の確保に向けた各ステークホルダーの取り組みについてまとめる。

3.1 企業別の UAS を用いたインターネットサービス開発状況

ここでは、ドローンやバルーンを用いたインターネットアクセスサービスの提供を目指す、Google と Facebook の開発動向についてまとめる。なお以下は、それぞれが開発している UAS のパフォーマンス比較である。

⁷⁹ Ryan Schradin, “NSF looks to COMSATCOM to bolster bandwidth to Antarctica’s McMurdo Station”, June 4, 2015, URL: <http://www.ses-gs.com/govsat/news/nsf-looks-to-comsatcom-to-bolster-bandwidth-to-antarcticas-mcmurdo-station/>

“The Challenge of delivering COMSATCOM to the Antarctic,” June 9, 2015, URL: <http://www.ses-gs.com/govsat/news/the-challenges-of-delivering-comsatcom-to-the-antarctic/>

図表 9 Google と Facebook が開発している UAS 比較

主体組織	Google			Facebook
PJ 名	Project Loon	(情報見当たらず)	SkyBender	(不明)
機体名	Balloon	Titan Solara 60	Centaur	Aquila
写真				
UAS 技術元	米 Google	米 Titan Aerospace	米 Aurora Flight Sciences	英 Ascenta
運用期間 ⁸⁰	100 日以上	1,826 日以上	90.7kg 積載で 24 時間	90 日
大きさ	幅 15m、高さ 12m	幅 36.5m、長さ 15m	翼長 13.4m、長さ 8.5m	翼長 42.6m、長さ 15m
最大積載量	10kg	115kg	90.7kg	400kg
高度	18m~27km	20km	8.3km(最大高度)	20~30km
通信速度	3G (>0.1Gbps)	1Gbps	1~10Gbps	10Gbps
利用周波数	(情報見当たらず)	900MHz 以上	28GHz	(不明)
カバー エリア	1256 平方 km (半径 20km)	2636.6 平方 km (半径 30km)	(情報見当たらず)	7500 平方 km (半径 50km)

出典：複数の資料を基に作成⁸¹

A. Google

Project Loon

Google は、ドローンを利用してインターネットサービスを提供する構想を、少なくとも 2008 年の段階から検討していたと考えられる。同社が 2011 年に創設したプロジェクト「Project Loon」は、現在インターネットアクセスに恵まれていない世界の諸地域にインターネットアクセス(最終的には 3G)を提供することを目的としているプロジェクトで、地上から 20~30km の成層圏地点に 300 程度のバルーンを飛ばし、直径 40km 程度の地域の通信をカバーすることを目的としている⁸²。

⁸⁰ 一度上空に上がってから、地上に戻ってくるまでの運用期間の意。修理後に再度運用する可能性も示唆されている。

⁸¹ Ben Popper, "Google's balloons versus Facebook's drones: the dogfight to send internet from the sky", March 7, 2014, URL: <http://www.theverge.com/2014/3/7/5473692/facebook-drone-titan-aerospace-project-loon>
Tech2 News Staff, "Facebook's solar-powered Internet drone 'Aquila' is ready for real-world testing", August 1, 2015, URL: <http://tech.firstpost.com/news-analysis/facebook-solar-powered-internet-drone-aquila-is-ready-for-real-world-testing-276162.html>

Aurora, "Centaur: Optionally Piloted Aircraft", URL: http://www.aurora.aero/wp-content/uploads/2015/10/Centaur-Brochure_web_X1.pdf

Yael Maguire, "Building communications networks in the stratosphere", June 30, 2015, URL: <https://code.facebook.com/posts/993520160679028>

Alex Hern and Agencies, "Facebook launches Aquila solar-powered drone for internet access", July 30, 2015, URL: <http://www.theguardian.com/technology/2015/jul/31/facebook-finishes-aquila-solar-powered-internet-drone-with-span-of-a-boeing-737>

⁸² Google, "Project Loon", URL: <https://www.google.com/loon/how/>

Victoria Woollaston, "Google's secretive SkyBender project plans to deliver 5G internet using DRONES: Craft will act as hotspots as they fly above homes", February 1, 2016, URL: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3426137/Google-s-secretive-SkyBender-project-plans-deliver-5G-internet-using-DRONES-Craft-act-hotspots-fly-homes.html>

同プロジェクトは 2013 年 6 月から試験運用が開始されており、これまでに試験が行われた地域は、ニュージーランド、米国カリフォルニア州、ブラジル等が挙げられる。同プロジェクトが実現できるかに関しては、バルーンの耐久度に限界があることや、一定地域にバルーンを停滞させたり、自在に上昇・下降等をコントロールすることは困難ではないか、という指摘も出ている。これに対して Google は、100 日間程度バルーンを上空に維持し、適宜制御できる技術を開発していると説明している⁸³。

なお、Google は、2016 年 1 月 26 日に FCC に対し、71~76GHz 帯、81~86GHz 帯の実証実験用の利用を求める申請書を提出しており、米オンライン技術情報サイトの Ars Technica は、これは Project Loon 用の可能性があると報じている。Google は、米国全域の地上、もしくは空中で同帯域を利用した実験を希望しているが、この Google の実験が人体や他の事業者の帯域利用に干渉するのではないかと懸念する声が出ているため、Google は同申請書において「影響を証明する根拠 (factual basis) は無い」と弁明している⁸⁴。

ただし同申請書では、実験の具体的な目的についての説明が見受けられないため、Ars Technica は、2 種類の帯域は、バルーンと地上間、バルーン間のそれぞれの通信実験に利用される可能性があると分析している。Google の別の UAS を用いた通信技術開発プロジェクト「SkyBender (詳細後述)」についての英 Guardian 紙の報道があった後も、Ars Technica は、引き続き 71~76GHz 帯、81~86GHz 帯は Project Loon 用の可能性が高いと分析している⁸⁵。

米 Titan Aerospace の UAS 技術を活用したプロジェクト

一方で Google は、バルーンに頼るだけでなく、太陽光で動作するドローンの開発も進めてきた。同社は 2014 年 4 月、ニューメキシコ州に拠点を構える Titan Aerospace を買収した。同社は 2012 年に創設されたベンチャー企業であり、およそ 20 名の従業員を擁する。2013 年以降は、Microsoft によって運用されてきた。同社の目標は、5 年以内に飛行可能な大気衛星 (“atmospheric satellite”) を開発することであり、Google と同時に Facebook も同社の購入を検討していた。最終的に Facebook は、Google との価格競争に負け、代わりに英 Ascenta を 2,000 万ドルで買収することとした。米 Wall Street Journal 紙によれば、Google が Titan Aerospace を購入した際の金額等は公開されていないが、Facebook は Titan Aerospace に対して 6,000 万ドルを提示していたことがわかっているため、Google の提示額はそれよりも高額であったと考えられる⁸⁶。

⁸³ Google, “Project Loon: Frequently Asked Questions”, URL: <https://www.google.com/loon/faq/#tab=basic>

⁸⁴ Nnake Nweke, “Re: File No. 0747-EX-PL-2015,” January 26, 2016, URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=171957&x=>.

Ron Amado, “Google tells the FCC its secret airborne network is nothing to worry about”, January 29, 2016, URL: <http://arstechnica.com/gadgets/2016/01/google-tells-the-fcc-its-secret-airborne-network-is-nothing-to-worry-about/>

⁸⁵ Ron Amado, “Google tells the FCC its secret airborne network is nothing to worry about”, January 29, 2016, URL: <http://arstechnica.com/gadgets/2016/01/google-tells-the-fcc-its-secret-airborne-network-is-nothing-to-worry-about/>

Ron Amado, “Report details Google’s “Project Skybender,” a 5G Internet drone program”, February 1, 2016, URL: <http://arstechnica.com/gadgets/2016/02/report-details-googles-project-skybender-a-5g-internet-drone-program/>

⁸⁶ Julianne Pepitone, “Facebook to Buy Drone Company Titan Aerospace for \$60 Million”, March 4, 2014, URL: <http://www.nbcnews.com/tech/social-media/facebook-buy-drone-company-titan-aerospace-60-million-n44056>

Project SkyBender

2016年1月29日、英 Guardian 紙は、Google がニューメキシコ州のスペースポート・アメリカ (Spaceport America: 世界初の商業用宇宙港) において、「スカイベンダー (SkyBender)」と呼ばれる極秘プロジェクトを実施していると報じた。同紙によれば、Google は、2015年夏頃から同地にある1万5,000平方フィート規模の格納スペースを Virgin Galactic から30万ドルで借り受け、Project Loon と SkyBender 等のプロジェクトを通して、Titan Aerospace の UAS を含む複数の UAS プロトタイプの開発・実証試験を行っている⁸⁷。

SkyBender を通して Google は、ミリ波帯 (28GHz 帯) を活用し、毎秒ギガビット通信を提供することを検討しており、もし実現すれば、既存の 4G LTE の 40 倍の通信が可能になると言われている。Guardian 紙は、この実証実験は、5G インターネットアクセスサービス (通信速度 1~10Gbps) の提供を視野に入れたものであると伝えており、Google は最終的に、数千とも言われている自動飛行機 (self-flying aircraft) を飛ばし、世界中にインターネットアクセスサービスを提供することを目指している⁸⁸。

既存の通信サービスであまり利用されていないミリ波帯の活用は、次世代通信の要となることが想定されているが、一方でミリ波帯で通信シグナルを飛ばす場合、その到達距離は既存の 4G の 10 分の 1 程度になると見られており、Google は十分な到達距離を確保するため、フェーズド・アレイ (phased array) アンテナを活用する予定である。しかしながら、同アンテナの活用には多大な電力が必要となり、今後も運用の課題となる。Google は、スペースポート・アメリカ内の宇宙飛行管制センター (Space Flight Operations Center) に、自社の管制センターを有しているほか、傍にミリ波用送受信機の一つを設置している。その他のミリ波用送受信機は、4 マイルほど離れた垂直打ち上げ区域 (Vertical Launch Area) に設置されている。このほか同社は、周囲に通信塔 (repeater tower) を設置している⁸⁹。

SkyBender で利用されている機体は、米 Aurora Flight Sciences 製の任意有人飛行機体 (operationally piloted aircraft: OPA) 「Centaur」である。Aurora Flight Sciences は、バージニア州マナッサス地域空港 (Manassas Regional Airport) に拠点を置く UAS の開発・建造を主な業務としている企業で、創業は 1989 年である。創業当時より、NASA の UAS プロジェクトに参加しているほか、1995 年以降は、Northrop Grumman や米空軍と共に、偵察用無人機である Global Hawk の開発に取り組んできた⁹⁰。

⁸⁷ Mark Harris, "Project Skybender: Google's secretive 5G internet drone tests revealed", January 29, 2016, URL: <http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/29/project-skybender-google-drone-tests-internet-spaceport-virgin-galactic>

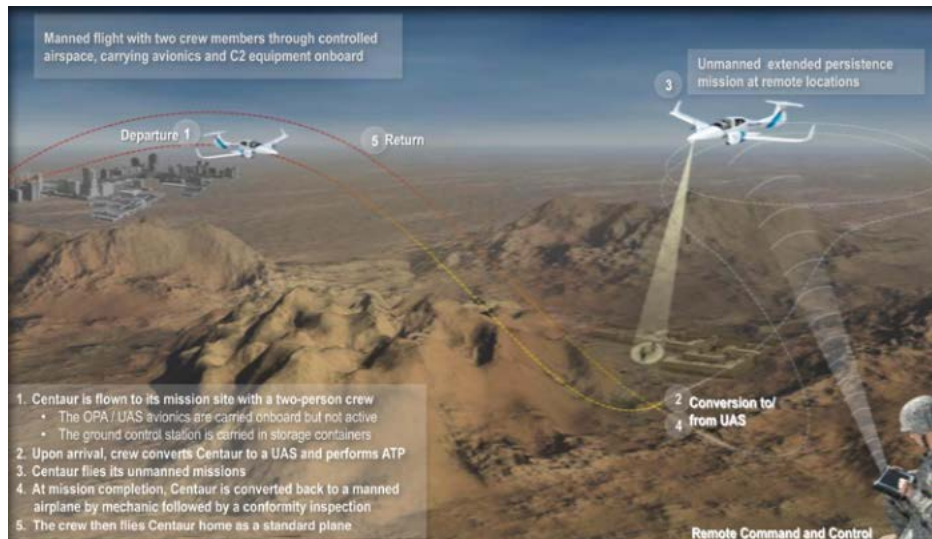
⁸⁸ Mark Harris, "Project Skybender: Google's secretive 5G internet drone tests revealed", January 29, 2016, URL: <http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/29/project-skybender-google-drone-tests-internet-spaceport-virgin-galactic>

⁸⁹ Mark Harris, "Project Skybender: Google's secretive 5G internet drone tests revealed", January 29, 2016, URL: <http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/29/project-skybender-google-drone-tests-internet-spaceport-virgin-galactic>

⁹⁰ Aurora, "Aurora Flight Sciences Recognized for Global Hawk and BAMS Performance", August 10, 2011, URL: <http://www.marketwired.com/press-release/aurora-flight-sciences-recognized-for-global-hawk-and-bams-performance-1548320.htm>

Aurora Flight Sciences の Centaur は、有人・無人の両方の飛行が可能なユニークな機体で、有人モードの場合には、一般的な航空機と同様、商用空港における離着陸や待機が可能である。また、有人モードで都市部から僻地まで移動する事が可能であるため、他の無人機のように、大型の輸送車両を準備して僻地まで移動させる必要が無い。以下の図は、この運用方法を図解したものであり、都市部から有人モードで Centaur を僻地の司令部近くまで飛ばし、その後無人モードでミッションを行うことが想定されている⁹¹。

図表 10 Centaur の運用イメージ



出典： Aurora Flight Sciences⁹²

Aurora Flight Sciences によれば、同機は有人の場合、最大で 1 万 8,000 フィートの高度を飛行可能であり、無人の場合には 2 万 7,500 フィートまで上昇可能である。また Centaur は、国防総省や米 AAI Corporation (メリーランド州に拠点を構える無人機製造企業) 等の無人機の技術と互換性があり、これらの組織が擁する地上局を共用することができる⁹³。加えて Centaur は、2015 年 6 月の時点で、連邦航空局 (FAA) が定めるニューヨーク州上空の無人機飛行ゾーンを実験飛行した。これは米国の FAA 認可ゾーンにおける、大型無人機の初めての飛行実験であり、注目を集めた⁹⁴。

英 Guardian 紙によれば、FCC は Google に対し、スペースポート・アメリカにおいて 7 月までを行ってもよいとする許可を出しており、それまでの間、Google は Virgin Galactic に一日 1,000 ドルの使用料を支払って、格納スペースを間借りする予定である。Virgin Galactic は、2014 年に宇宙旅行向けの宇宙飛行機で

⁹¹ Aurora, "Centaur: Optionally Piloted Aircraft", URL: http://www.aurora.aero/wp-content/uploads/2015/10/Centaur-Brochure_web_X1.pdf

⁹² Aurora, "Centaur: Optionally Piloted Aircraft", URL: http://www.aurora.aero/wp-content/uploads/2015/10/Centaur-Brochure_web_X1.pdf

⁹³ Aurora, "Centaur: Optionally Piloted Aircraft", URL: http://www.aurora.aero/wp-content/uploads/2015/10/Centaur-Brochure_web_X1.pdf

⁹⁴ Tamir Eshel, "Unmanned Centaur Flies over NY State", June 24, 2015, URL: http://defense-update.com/20150624_centaur.html

あるスペースシップツー (SpaceShipTwo) の墜落時事故に見舞われており、それ以降、同機の改良を必要としていた。同社は 2016 年 2 月に改良機をスペースポート・アメリカで公開し、2018 年に飛行を予定している⁹⁵。

B. Facebook

Facebook は 2013 年 8 月、現在インターネットアクセスが無いと言われている世界の約 50 億人にインターネットアクセスを提供することを目的としたプロジェクト「Internet.org」を設立した。同プロジェクトには 2015 年 10 月現在、Nokia、Ericsson、Qualcomm、Samsung、Opera、MediaTek の 6 社が参加している。このプロジェクトは、Facebook がドローンを用いたインターネットアクセス提供を目指すきっかけとなったと考えられる⁹⁶。

前述のとおり、Facebook は元々、6,000 万ドル規模で米ベンチャーの Titan Aerospace を買収することを検討していたが、最終的に Google が同社の買収に成功したことを受け、同じくドローン開発企業の英 Ascenta の買収に切り替えた。Facebook は同時に、自社内のコネクティビティ・ラボ (Connectivity Lab) と呼ばれる研究室を Internet.org 関連研究の主導的な立場に据え、また米国立光学天文台 (National Optical Astronomy Observatory: NOAO) や NASA 等の関係者も迎えた⁹⁷。

Facebook は、ドローンを上空 20km (およそ 6 万 5,000 フィート) の位置に数か月、もしくは数年停留させ、その期間が過ぎた後も、修理を実施した上で、再配備することも検討している。Facebook は 2015 年 3 月の時点で、小型ドローンの試験を開始し、同年夏には、ボーイング 737 と同程度の翼長を持ち、重さは小型自動車程度であるという、フルサイズのドローンの試験も開始した。同社の関係者によれば、これらの試験はあくまでもドローンの安全性や操作をテストするためのものであり、しばらくは通信実験を行う予定は無いとしている⁹⁸。

太陽光で動くドローンの弱点として、夜間の電力不足が挙げられるが、Facebook のドローンである Aquila は、日中は上空 30km (9 万フィート) を飛行するのに対し、夜間は 20km (6 万フィート) の位置まで下降し、エネルギーを節約する方法で対応する予定である⁹⁹。

⁹⁵ Mark Harris, "Project Skybender: Google's secretive 5G internet drone tests revealed", January 29, 2016, URL: <http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/29/project-skybender-google-drone-tests-internet-spaceport-virgin-galactic>

⁹⁶ "Internet.org by facebook", URL: <https://internet.org/>

⁹⁷ "Announcing the Connectivity Lab at Facebook", March 27, 2014, URL:

<https://press.internet.org/2014/03/27/announcing-the-connectivity-lab-at-facebook/>

⁹⁸ "Connecting the World from the Sky", URL: https://fbcdn-dragon-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash3/t39.2365-6/851574_611544752265540_1262758947_n.pdf

Deepa Seetharaman and shira Ovide, "Facebook, Moving Ahead with Drone, Plans Test This Summer", March 26, 2015, URL: <http://blogs.wsj.com/digits/2015/03/26/facebook-moving-ahead-with-drone-plans-test-this-summer/>

⁹⁹ Tech2 News Staff, "Facebook's solar-powered Internet drone 'Aquila' is ready for real-world testing", August 1, 2015, URL: <http://tech.firstpost.com/news-analysis/facebook-solar-powered-internet-drone-aquila-is-ready-for-real-world-testing-276162.html>

3.2 ドローンを利用したインターネットアクセスサービスの課題

ドローンを利用したインターネットアクセスサービスについて、深い見識を持つ有識者らは、ドローンを用いたインターネットアクセスサービスの提供は、様々な技術的な課題を乗り越える必要があると分析している。例えばドローンの専門家であり、ドローン専門ニュースサイト sUAS News の編集員も務める Patrick Egan 氏は、太陽電池で動くドローンの最大の問題点は、夜に発電ができないことであり、膨大な量の電力を利用するブロードキャストインターネットを運用する為には、夜の電力不足は深刻な問題になり得るとの見解を示している。前述の通り Facebook は、同問題について、夜間の飛行高度を落として解決しようとしている¹⁰⁰。

また IEEE のメンバーで、豪ラ・トロブ大学で教鞭をとる Seng Loke 氏も、ドローンを含むフォグ・コンピューティングやクラウド等の次世代ネットワークインフラを形成することの課題を分析し、IEEE に論文を発表している。同氏が指摘している課題は以下の通り¹⁰¹。

- **ビッグデータの運用方法の確立**：ドローンを用いたインターネットサービスの提供等を行う場合、大規模なデータのストリーミングが予想される。この様な大規模なデータに対応できる、ラベリングや加工、分析等の処理方法の確立は必須であり、特に効率的にエンド・ユーザに動画データを伝達させる方法を見出す必要がある。
- **複数の要素・パフォーマンスの最適化**：ドローンを利用したフォグ・コンピューティングを基盤としたネットワークを形成する際、個々のアプリケーションのサービスの質を上げながらも、エネルギー消費、金銭的な費用、データ伝送の効率化等の様々な要素を最適化する必要がある。例えば、ドローンを利用して、動画データを地上のユーザからクラウドに送るサービスを実際に運用する場合、既存のクラウドサービスプロバイダと、独自に開発したフォグ・コンピューティング、ドローンのパフォーマンスを上手く連動させる必要がある。このため、ドローン、地上サーバ、その他のフォグ・コンピューティングに必要なインフラの構成は、大きな課題となり得る。特に、ドローンのデータ容量と通信速度、またデータのプロセッシング速度と伝送速度等は、互いにトレードオフする必要がある可能性もある。
- **状況に柔軟に対応する機能の強化(各種センサの適切な運用)**：ドローンを含むフォグ・コンピューティングを運用する際には、天候やユーザの位置等、刻々と変化する要素に対応しつつ、適切な場所にドローンを移動させる等して運用する必要がある。こういった状況の変化を把握するためには、センサ技術の開発が必要となる。
- **サービスとサーバの拡張を想定したネットワーク構成**：ドローンやサーバ、フォグ・コンピューティングのパフォーマンスを最適化することによって、エネルギーや費用の節約は可能であるが、それと同時に、ネットワーク自体を更に拡張・開発することも想定した構成を作らなくてはならない。例えば、ネットワー

¹⁰⁰ Alistair Barr and Reed Albergotti, "Google to Buy Titan Aerospace as Web Giants Battle for Air Superiority", April 14, 2014, URL: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304117904579501701702936522>

¹⁰¹ Seng W. Loke, "The Internet of Flying-Things: Opportunities and Challenges with Airborne Fog Computing and Mobile Cloud in the Clouds", July 16, 2015, URL: <http://arxiv.org/abs/1507.04492>

ク内に含まれるドローンの数が増えたり、よりパフォーマンスの良いドローンが登場した場合に、大きな変更を加えることなく、サービスやサーバを拡張することを想定し、初期のネットワーク構成を実施する必要がある。

- **高い信頼性の確立:** 重要なデータを処理する必要がある場合、システムには高い信頼性が求められる。ドローンを含むネットワークの場合、その複雑性から様々な部分で問題が発生する可能性があり、十分なリスクヘッジをしておく必要がある。リスクヘッジ方法の一例として、データの複製を行っておく方法があるが、これには費用がかかる。どこで、どのようにデータの複製を行うのか、またどのようなレートを用いるのか等は、ドローンを含むフォグ・コンピューティングを形成する上で、ネットワークの設計段階から考えておく必要があるポイントである。
- **ドローンの飛行スケジュールの最適化:** ドローンを適切な場所に配置してフォグ・コンピューティングを効果的・効率的に運用するためには、過去に集められたデータを基に、ドローンの飛行スケジュールを最適化する必要がある。例えば、観光客をターゲットとした通信サービスを提供する場合、人気の観光スポットや、過去に観光客が用いたルート等のデータを集め、適切な場所と時間に上空にドローンを配置する必要がある。
- **ユーザのニーズに応えられる操作性の確保:** ユーザが屋外で動画や写真を撮影した場合、ドローンがそのデータを回収し、サーバに転送するが、もしユーザが撮影した動画や写真を再びサーバからダウンロードし、すぐに編集したいと思った場合には、ネットワークには更なる操作性や柔軟性が求められる。こういった場合、ネットワークには、リモート環境にいるユーザに適切にデータを送付すると共に、ユーザが撮影した適切なデータを選別して送付する機能が必要となる。
- **都市部におけるドローンの運用:** 都市の上空や地下においては、混雑無しに、許可された安全なバーチャル・ルート(virtual tunnel)においてドローンを運用する必要がある。特に、様々な目的に合わせ、異なる形やサイズのドローンを、同一のルートや制限の中で制御する方法が必要である。
- **柔軟なドローンの管制:** ドローンを運用する場合、昼間と夜間で運用方法を変化させたり、時にはユーザに操作権限を貸し出すような運用も検討に値する。こういった場合、状況やコンテキストに合わせて適切にドローンを管制できるような方法を確立する必要がある。
- **ドローンとユーザ間の相互作用の確立:** ドローンを含む、IoTを運用する際には、人間がネットワークの中でこういった役割を担うかというのが課題となる。特にドローンの場合、ユーザが複雑なドローンの操作をすることなく、プログラム化された方法で適切な位置に配置する必要があり、またプライバシーへの配慮も求められる。

3.3 米国による ITU への HAPS 用周波数帯検討の提案

2015年4月、FCCの非公式ワーキンググループ(Informal Working Group: IWG)の中で、地上サービスを担当しているIWG-2は、WRC-15にて提示し、WRC-19の議題とすることを目的としたアジェンダ、「アジェンダ・アイテム10(Agenda Item 10)」のドラフトを公表した。同ドラフトは、GoogleやFacebook等の米企業がドローンやUASをHAPSとして利用し、インターネットアクセスサービスの提供を目指していることを鑑み、適切な周波数帯域の検討を促すことを目的としたものである。

しかしながら、アジェンダ・アイテム10を策定するに辺り、米国のステークホルダの間では、今後のHAPSによる利用を検討すべき周波数帯について意見が分かれ、ViewAとViewBの2つの案が出された。本稿では、ViewAとViewBのそれぞれの賛同組織と、それぞれの案の概要について説明する。

A. View A(賛同組織: Alcatel-Lucent、Facebook、Google等)

ViewAは、元々Alcatel-Lucentが発案した案であるが、2015年5月以降にGoogleとFacebookが賛同組織として加わったことで、さらに注目度が上がった案である。ViewAは、HAPS利用のため、できるだけ包括的、且つ厳格に周波数帯の検討を行うべきとする案であり、一部の周波数帯の検討を不要としているViewBに対して懸念を表明している。

現在固定サービス用のHAPSに割り当てられている周波数帯は、V帯の600MHz(47.2-47.5GHz、および47.9-48.2GHz)、Ka帯の600MHz(27.9-28.2GHz[ダウンリンク用]、31.0GHz-31.3GHz[アップリンク用])、モバイル通信用のK帯の170MHz(1,885-1,980MHz、2,010-2,025MHz、2,110-2,170MHz)、固定通信用の6GHz帯の160MHz(6440-6520MHz[ダウンリンク用]と6560-6640MHz[アップリンク用])等であるが、これらの帯域は、国や地域によっては利用が制限される場合がある。例えば、6GHz帯の割り当ては、オーストラリア、ブルキナファソ、コートジボワール、マリ、ナイジェリアにのみ適応されており、同様にKa帯の割り当ても、ブータン、カメルーン、韓国、ロシア、インド、インドネシア、イラン、イラク、日本等の一部の地域にのみ適応されている¹⁰²。

また、近年のUASへの政府や市場の関心の高まりも踏まえて、ViewAの賛同組織らは、HAPS用の帯域を拡張すべきだと主張している。ViewAがHAPS利用の検討対象とすべきとしている3つの帯域は以下の通り。ViewAの賛同組織らは、これらはITUの無線通信規則のAppendice30、30A、30Bに抵触していないと主張している¹⁰³。

¹⁰² Pantelis Michalopoulos and Christopher Bjornson, "Comments of Facebook, Inc", June 11, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view:NEWECFSSSESSION=2SqrVF6VzxJjlyJDql31g4s19J2Rq41hml2pw4WTPzGclLpMlgwNI-90173428!-668154738?id=60001078178>

"WRC-15 Agenda Item 10: With Respect to Broadband over HAPS", May 20, 2014, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view:ECFSSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJJX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKwI3qdy0XDSyMI-1420975216!9955362?id=60001048183>

¹⁰³ Pantelis Michalopoulos and Christopher Bjornson, "Comments of Facebook, Inc", June 11, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view:NEWECFSSSESSION=2SqrVF6VzxJjlyJDql31g4s19J2Rq41hml2pw4WTPzGclLpMlgwNI-90173428!-668154738?id=60001078178>

"WRC-15 Agenda Item 10: With Respect to Broadband over HAPS", May 20, 2014, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view:ECFSSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJJX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKwI3qdy0XDSyMI-1420975216!9955362?id=60001048183>

-
- 5,925 MHz – 15.35 GHz
 - 21.2-22.0 GHz
 - 23.6-29.1 GHz

ViewA に賛同している Google と Facebook は、2015 年 5 月と 6 月にそれぞれ ViewA を支持する意思を表明した意見書を FCC に提出している。Google は意見書を提出するだけでなく、5 月 15 日に FCC 委員の法律顧問と特別顧問をそれぞれ務める Renee Gregory 氏と Diane Cornell 氏と会合を持った。同会合には、Google 側から、コミュニケーション法務担当部長の Austin Schlick 氏や、Google の代理人である弁護士事務所 Harris, Wiltshire & Grannis の関係者が参加した¹⁰⁴。

会談に参加すると共に、Google 社の代理人を務める Harris, Wiltshire & Granni は、Marlene Dorch 委員に対して意見書を提出し、検討中のアジェンダ・アイテム 10 は、Google を含むドローンを利用したインターネットアクセスサービスの提供を考えている米企業の活動を支援するものになると強調した。また、現行の提案は、あくまでも HAPS が高速ブロードバンド通信を提供するのに重要かどうかを判断するものであり、個別の周波数帯を HAPS 用に提案するものではないと言及した上で、複数の静止軌道衛星事業者が賛同している ViewB は、個別組織の利権によって一部の帯域を検討対象から除外していると批判し、ViewA への賛同を求めている¹⁰⁵。

Facebook も、2015 年 6 月に FCC に意見書を提出しており、同社が目標としている発展途上国等のインターネットアクセスが無い地域へのサービス提供等には、HAPS は不可欠な技術であると強調している。また、検討対象の周波数帯には違いはあれど、HAPS が今後のブロードバンド通信の発展に必要という考え方は、ViewA と ViewB の双方で共有されているとし、2 つの案の折衷案の策定を提案した。折衷案として同社は、すでに衛星事業者らが利用しており、ViewB が対象から外している 5.925 -7.075 GHz、8.5-10.0 GHz、10.68-14.8 GHz、21.4-22.0GHz については、検討を行う際の注意事項を設定することを提示している。こ

¹⁰⁴ Patricia Paoletta, "Re: In the Matter of Recommendations of Advisory Committee and NTIA Proposals for the 2015 World Radiocommunication Conference, IB Docket No. 04-286", May 19, 2015, URL: apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001048093

¹⁰⁵ Patricia Paoletta, "Re: In the Matter of Recommendations of Advisory Committee and NTIA Proposals for the 2015 World Radiocommunication Conference, IB Docket No. 04-286", May 19, 2015, URL: apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001048093

のほか、View B が除外している帯域 23.6 -24.0 GHz¹⁰⁶については、折衷案を見出すために、検討対象から外すことも視野に入れるべきだと主張している¹⁰⁷。

B. View B(賛同組織: SIA のメンバー組織、21st Century Fox 等)

View B は、SIA のメンバー組織(DirecTV、EchoStar Corporation、Inmarsat、Intelsat 等)や 21st Century Fox、SES Americom、通信専門コンサルティング企業の New Wave Spectrum Partners 等の賛同を得ている案で、どちらかという既存の衛星事業者のサービスを保護することを目的とした案であると言える。View B は、現在の固定衛星通信に欠かせない C 帯アップリンクや、Ku 帯アップリンクとダウンリンク、Ka 帯アップリンク等で利用されている周波数帯は、HAPS 用とするには適切ではないとして、検討対象から除外している。同案が HAPS 利用の検討対象としている周波数帯域は以下の通り。¹⁰⁸

- 7.075-8.5 GHz
- 10.0-10.68 GHz
- 14.8-15.35 GHz
- 21.2-21.4 GHz
- 22.0-23.6 GHz
- 24.75-27.0 GHz

また View B は、HAPS に関する検討を行うにあたって、すでに対象帯域を利用しているサービスを保護すべきであると強調している。View A のドラフトでは、「HAPS 利用に向けた追加的な周波数帯域を特定する (identifying additional frequency ranges for use by HAPS)」ことが目的の一部として明示されているが、View B はこれに対し、検討対象となっている帯域は、別の既存サービスによって利用されているため、追加的な周波数帯というものとは原則存在しないとして、この文言の削除を求めたほか、HAPS による周波数帯の利用が始まれば、既存のサービスへの影響は避けられないことを強調した¹⁰⁹。

¹⁰⁶ この帯域は、政府・非政府共用の電波天文学や宇宙研究、地上観測衛星サービス(EESS)等のサービスに利用されている。EESS は、NOAA や全米科学財団、NASA、DOD、農務省、米地質調査所(USGS)、米国際開発庁(USAID)等の政府機関によって利用されており、前述の通り、FCC による 24GHz 帯以上の 5G も視野に入れた次世代通信サービス用の検討 NOI に関する議論では、全米科学アカデミー等が、新規サービスの参入に反対している帯域である。

U.S. Department of Commerce, "United States Frequency Allocations: The Radio Spectrum", August 2011, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/spectrum_wall_chart_aug2011.pdf

Ralph Cicerone, "Comments of the National Academy of Sciences' Committee on Radio Frequencies", January 15, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=60001013670>

¹⁰⁷ Pantelis Michalopoulos and Christopher Bjornson, "Comments of Facebook, Inc", June 11, 2015, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view;NEWECFSSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJjX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKw13qdy0cLpMlgwNI-90173428!-668154738?id=60001078178>

¹⁰⁸ "WRC-15 Agenda Item 10: With Respect to Broadband over HAPS", May 20, 2014, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view;ECFSSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJjX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKw13qdy0XDSyMI-1420975216!9955362?id=60001048183>

¹⁰⁹ "WRC-15 Agenda Item 10: With Respect to Broadband over HAPS", May 20, 2014, URL:

<http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view;ECFSSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJjX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKw13qdy0XDSyMI-1420975216!9955362?id=60001048183>

なお、SIA は 2015 年 6 月、参加企業を代表して FCC に対し、View B を支持する意見書を提出した。ただし同団体は、衛星間の通信に利用されている 22.55-23.6 GHz 帯域については、View B から除外すべきだと主張している。この帯域は、政府・非政府共用で、固定通信、モバイル通信、衛星間通信等に用いられている帯域であり、衛星間通信用の帯域を保護するための取り組みと考えられる¹¹⁰。

C. 米国としての最終案

その後アジェンダ・アイテム 10 について、少なくとも公表されている案としては、6 月 26 日に NTIA から FCC に対して発表された NTIA 案があるほか、8 月 21 日に公表された米国最終案がある。View A と View B を含む、それぞれの案で検討対象として提案されている帯域は以下の通り。

図表 11 アジェンダ・アイテム 10 の各提案における帯域比較

View A	View B	NTIA 案(6 月に FCC 提出)	最終案(8 月公表)
5,925 MHz – 15.35 GHz	7.075-8.5 GHz	10.7-13.25GHz	10.95-11.2 GHz
21.2-22.0 GHz	10.0-10.68 GHz	21.4-22.0GHz	11.45-11.7 GHz
23.6-29.1 GHz	14.8-15.35 GHz	24.25-29.1GHz	21.4-22.0 GHz
	21.2-21.4 GHz		24.25-28.35 GHz
	22.0-23.6 GHz		
	24.75-27.0 GHz		

出典：複数の資料を基に作成¹¹¹

NTIA 案と最終案は、View A と View B が検討対象として提案していた 10GHz 帯以下の帯域を削除したほか、View B が検討対象から除外していた 10.7-13.25GHz 帯域を盛り込んでいる等の特徴がある。また、View A と View B の間で争点の一つとなっていた、23.6 -24.0 GHz の政府・非政府共用の電波天文学や宇宙研究、地上観測衛星サービス(EESS)等のサービスに利用されている帯域は、NTIA 案と最終案からは除外されている¹¹²。

また最終案は、NTIA 案が提示していた 10.7-13.25GHz を更に細分化して提示しているほか、11.7-13.25GHz 帯を検討対象から外した。11.7-13.25GHz 帯は、米国では非政府用として割り当てられており、固定通信、モバイル通信の他、固定衛星通信や放送衛星サービス(BSS)等に用いられている帯域である

¹¹⁰ Tom Stroup, “Comments of the Satellite Industry Association”, June 11, 2015, URL: http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/SIA_Comments_WRC-15_Advisory_Committee_2015_06_11.pdf

¹¹¹ “WRC-15 Agenda Item 10: With Respect to Broadband over HAPS”, May 20, 2014, URL: <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view;ECFSSESSION=g7gNVdTJb1VvTSJhJJX1fqxTCpB92Z2m6nphjXQKwI3qdy0XDSyMI-1420975216!9955362?id=60001048183>

“Member States of the Inter-American Telecommunication Commission(CITEL)”, August 21, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/p2r-4000-10f-haps_i.doc

Paige Atlins, “United States of America: Draft Proposals for the Work of the Conference”, June 26, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ntia_aa_coord_letter_to_fcc_on_agend_items_10_haps_and_int_abbrev_6_ghz.doc

¹¹² “Member States of the Inter-American Telecommunication Commission(CITEL)”, August 21, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/p2r-4000-10f-haps_i.doc

Paige Atlins, “United States of America: Draft Proposals for the Work of the Conference”, June 26, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ntia_aa_coord_letter_to_fcc_on_agend_items_10_haps_and_int_abbrev_6_ghz.doc

ため、衛星事業者らからの反発があったものとみられる(実際に、SIA などの衛星事業関係者が賛同している View B には、同帯域は含まれていなかった)¹¹³。

最終案で検討対象とされている 4 つの帯域の、現在の米国における用途は以下の通り。最終案でも、無線通信規則の Appendice 30、30A、30B に定められているそれぞれの規則を満たすような周波数帯を提示することが必要であると強調している。

図表 12 Agenda Item 10 の米最終案で提示されている HAPS 検討用帯域

帯域	用途(米国)
10.95-11.2 GHz	<p>【非政府】固定通信、固定衛星通信</p>
11.45-11.7 GHz	<p>【非政府】固定通信、固定衛星通信</p>
21.4-22.0 GHz	<p>【共用】固定通信、モバイル通信</p>
24.25-28.35 GHz	<p>【政府】固定通信、モバイル通信、衛星間通信、宇宙研究、EESS 【非政府】固定通信、モバイル通信、固定衛星通信、衛星間通信、 【共用】電波航行、衛星間通信、無線測位衛星、Standard frequency and time signal satellite(時報用衛星)</p>

出典：NTIA の周波数割り当て表やアジェンダ・アイテム 10 の最終案を基に作成¹¹⁴

¹¹³ “Member States of the Inter-American Telecommunication Commission(CITEL)”, August 21, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/p2r-4000-10f-haps_i.doc

¹¹⁴ “Member States of the Inter-American Telecommunication Commission(CITEL)”, August 21, 2015, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/p2r-4000-10f-haps_i.doc

U.S. Department of Commerce, “United States Frequency Allocations: The Radio Spectrum”, August 2011, URL: http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/spectrum_wall_chart_aug2011.pdf

4 米国組織による小型衛星を利用した商用インターネットサービス提供に係る

動向



2015年1月当初、SpaceX、OneWeb、Google、Facebookが、小型衛星を打ち上げて高速衛星通信サービスを提供することを目指していたが、2015年6月の時点でGoogleとFacebookは、独自に衛星を打ち上げる計画を諦め、別の方策に注力することとなった。Facebookは当初、10億ドル規模で衛星を打ち上げることを検討していたが、その後、ドローンをHAPSとして利用したり、既存の衛星の通信能力を一部借り上げてビジネスを行う方針に切り替えた。GoogleもProject Loonの枠組みで、バルーンやドローンの開発を進めているが、同時に投資会社のFidelityと共に、SpaceXに対して10億ドル規模の投資をする等して、小型衛星を用いた衛星通信の実現を力強く後押ししている¹¹⁵。

ここでは、小型衛星を利用したインターネットアクセス・サービスの提供を目指している、もしくはすでにサービスを提供している、SpaceX、OneWeb、LeoSat、Facebook、O3b、Outernetのそれぞれの関連動向について説明する。O3bのみ、すでにサービスの運用を開始しており、また衛星を打ち上げているのが中軌道(MEO)であるため、事業の種類が若干異なるが、報道の中で同一に取り上げられることが多いため、ここでは取り上げる。またOuternetも、他のサービスとは異なり、一方的にコンテンツを配信することを目的としたアウトターネットサービスであるため、インターネットアクセスサービスとは分類し難いが、SpaceXやOneWeb等の事業と比較されることが多く、また米国内外における注目が高まっていることから、ここでは言及する¹¹⁶。

¹¹⁵ Cecilia Kang and Christian Davenport, “SpaceX founder files with government to provide Internet service from space”, June 9, 2015, URL: http://www.washingtonpost.com/business/economy/spacex-founder-files-with-government-to-provide-internet-service-from-space/2015/06/09/db8d8d02-0eb7-11e5-a0dc-2b6f404ff5cf_story.html

¹¹⁶ このほかにも、類似の事業計画を持つ企業には、ドイツの eightyLEO や、フランスの MCSat があるが、ここでは米国に本社がある企業、もしくは米国の関連組織にも現時点である程度の影響力を持つ組織に限定するため、eighty LEO や MCSat は除外する。Caleb Henry, “EightlyLEO Details Vision for IOT SmallSat Constellation”, October 22, 2015, URL: <http://www.satellitetoday.com/telecom/2015/10/22/eightyleo-details-vision-for-iot-smallsat-constellation/>

図表 13 注目されている衛星インターネットアクセスサービス提供元の比較

	Space X 	OneWeb 	LeoSat 	Facebook 	O3b Networks 	Outernet 
創業年	2002 年	2012 年 (WorldVu Satellites)	2013 年	2004 年	2007 年	2014 年
本拠地	米カリフォルニア州 ホーソーン市	英国領 セント・ヘリア	米バージニア州 フェアファックス市	米カリフォルニア州 メンローパーク市	英国領 セント・ヘリア	米ニューヨーク州 ニューヨーク市
キーパーソン	Ealon Musk (創設者兼 CEO)	Greg Wyler (創設者兼 CEO)	Cliff Anders (共同創設者) Mark Rigolle (CEO)	Mark Zuckerberg (創設者兼 CEO)	Greg Wyler (創設者) Steve Collar (CEO)	Syed Karim (創設者兼 CEO)
企業規模 (従業員数)	大企業 (SpaceX 全体 4,000 名、 衛星インタ部門 60 名)	中企業 (60 名程度)	中企業 (51~200 名程度)	大企業 (Facebook 全体で 1 万人以上)	中企業 (51~200 名程度)	小企業 (10 名程度)
主要 パートナー (主な支援 分野)	<ul style="list-style-type: none"> ・米 Google (資金) ・米 Fidelity (資金) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・英 Virgin Galactic (衛星 打ち上げ) ・米 Qualcomm (チップ) ・印 Bharti Enterprises (資 金) ・メキシコ Totalplay (資金) ・米 Coca-Cola (資金) ・欧 Airbus (衛星製造) ・米 Intelsat (周波数と顧客 共有) ・米 Hughes Network Systems (地上インフラ) ・仏 Arianespace (衛星打 ち上げ) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・欧 Thales Alenia Space (費用調査、衛星製造?) ・米 Kymeta (アンテナ製 造、LeoSat の CEO 創出) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・仏 Eutelsat Communication SA (パー トナ) ・イスラエル Spacecom (衛星打ち上げ) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・欧 SES (資金提供) ・米 Google (資金提供) ・米 HSBC (資金提供) ・米 Liberty Global (資金) ・米 Allen & Company (資 金) ・米 Northbridge Venture Partners (資金) ・サウジアラビア Sorooif International (資金) ・南アフリカ開発銀行 (資 金) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・米 Media Development Investment Fund (MDIF、 資金・ノウハウ支援) ・世界銀行 (資金・コンテン ツ提供) ・国際連合自動基金 (ユニ セフ、資金・コンテンツ提 供) ・蘭 RNW (資金・コンテン ツ提供) ・英 Clyde Space (衛星製 造) ・UK Space Agency (衛星 製造、衛星打ち上げ) 等
特徴・ 事業目標	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星の打ち上げが本業で あり、打ち上げを委託しな いで良い(=コストが抑えら れる)という強みを持つ。 ・Tesla Motors 等の Musk 社長が経営する別 会社の敷地に地上局を設 置予定。 ・国際的な枠組みより、米 国の枠組みを優先。 ・ITU と FCC の両方に周 波数帯利用申請を送付済 み。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Google 退職後に O3b を 創設した Wyler 氏が創設。 ・2015 年に米衛星業界団 体の SIA に加盟済み。 ・LeoSat と同様、O3b やア ンテナ開発ベンチャーの Kymeta のノウハウを引き 継いでいる。 ・米国の枠組みを尊重する SpaceX と比較され、ITU を優先していると分析され る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・資源、海洋事業等に従事 する企業や政府機関 3,000 組織を顧客対象とし ている(このため個人は対 象外)。 ・OneWeb と同様、O3b や アンテナ開発ベンチャーの Kymeta のノウハウを引き 継いでいる。Kymeta に は、Microsoft の Bill Gates 氏が投資を行って いる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Facebook が主導して創 設した Internet.org の目的 である、発展途上国の通信 状況を改善するという目的 に沿ったプロジェクト。 ・仏 Eutelsat をパートナー として迎え、衛星の打ち上げ はイスラエルの衛星事業 者である Spacecom に委 託することが決まってい る。Facebook と Eutelsat は、Spacecom と衛星リ ース契約を結ぶ予定である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Google を退職した Wyler 氏が設立した企業。インタ ーネットアクセスが無い世 界 30 億人に 3G/WiMAX Wifi サービスを 1~10Gbps で提供することを目指して いる。 ・2015 年時点ですでにサ ービス提供を行っている。 ・利用衛星軌道は MEO。 開発途上国や僻地の通信 事業者等にサービス提供。 近年は政府や民間も提供 対象となってきた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ラジオの様に、ユーザに 一方的にデータを配信する ことを目的としており、イン タラクティブなやり取りは想 定していない。 ・データ通信料は発生せ ず、無料で災害情報や Wikipedia 等のオンライン コンテンツを配信予定。 ・世界銀行やユニセフ等の 国際機関から支持される。

		Space X 	OneWeb 	LeoSat 	Facebook 	O3b Networks 	Outernet 
サービス計画・概要	運用時期	2020年頃	2019~2020年	2019年~2020年	2016年~2017年	2014年(運用中)	2015年(試験運用中)
	衛星数	4,000機のNGSO衛星 (小型衛星[数百キロ])	648機のNGSO衛星 (小型衛星[125-130kg])	最大108機のNGSO衛星 (2019~2020年までに78機、小型衛星[数百キロ])	(情報無し)	16機(800kg、 2015年10月で12機)	2016年に3機のcubesat を打ち上げ予定。現在は他 社の衛星を利用。
	高度	1,200km(LEO)	1,200km(LEO)	1,400km (LEO、極軌道)	(情報無し)	8,000km(MEO)	LEO
	費用	100億ドル	25~30億ドル	25~30億ドル	(情報無し)	2010年で12億ドル確保	最大10億ドル程度
	地上局	・カリフォルニア州ホーソーン、フリーモント ・ワシントン州レッドモンド	既存のサービスプロバイダの スモール・セル・ターミナルを用いる	カリフォルニア州ロサンゼルス	イスラエル等、3か所に設置 予定	米国、ペルー、ブラジル、 ポルトガル、ギリシャ等	2015年10月現在、ユーザ が個別にディッシュアンテナ を準備する必要あり。
	周波数帯	サービス用: Ku、Ka帯 衛星管制用: S/X帯	Ku、Ka帯	Ka帯	Ka帯	Ka帯	C、Ku帯
	通信速度	(情報無し)	8Gbps	50Mbps-7.5Gbps (顧客との契約ごと)	(情報無し)	2.1Gbps	25Mbps
	反応速度	(情報無し)	30ミリ秒	50ミリ秒以下	(情報無し)	130ミリ秒	(情報無し)
	衛星製造	自社	欧 Airbus Defense Space (衛星1機40~50万ドル: 仏で10機、米で残り)	(委託先は不明だが、衛星 はThales Aleniaが製造して いるIridiumNEXT用衛星 の改良版とされる。)	イスラエル Spacecom (AMOS-6衛星を予定)	欧 Thales Alenia Space	英 Clyde Space UK Space Agency
	打ち上げ先	自社	・仏 Arianespace(Soyuz: 21機契約済み) ・英 Virgin Galactic (Launcher One: 39機契約 済み)	(情報無し)	イスラエル Spacecom	・仏 Arianespace(2013年 と2014年に4機ずつ3 回、計12機打ち上げ済)	UK Space Agency

出典: 複数資料を基に作成¹¹⁷

¹¹⁷ Peter B. de Selding, "Virgin, Qualcomm Invest in OneWeb Satellite Internet Venture" January 16, 2014, URL: <http://spacenews.com/virgin-qualcomm-invest-in-global-satellite-internet-plan/>

Peter B. de Selding, "OneWeb's Big Announcement Should Quiet Doubters", June 25, 2015, URL: <http://spacenews.com/news-analysis-onewebs-big-announcement-should-quiet-doubters/>

"Leo Sat", URL: <https://www.linkedin.com/company/leosat>

Amy Svitak, "LeoSat Teams with Thales Alenia Space for Internet Satellite Cost Study", March 17, 2015, URL: <http://aviationweek.com/space/leosat-teams-thales-alenia-space-internet-satellite-cost-study>

Outernet, URL: <https://outernet.is/>; <https://www.linkedin.com/company/outernetforal/>

"OneWeb": <https://www.linkedin.com/company/oneweb-ltd>

4.1 SpaceX (Space Exploration Technologies、支援組織: Google、Fidelity 等)

SpaceX 社は、現在米国における衛星通信技術開発のけん引役を担っている企業の一つであるとも言える。ここでは、SpaceX が計画している、4,000 機の小型非静止軌道衛星を用いて提供するインターネットアクセスサービスの計画や、現在の進捗状況についてまとめる。

A. ITU への周波数帯利用申請

2015 年 1 月、SpaceX の Elon Musk 社長は、ITU に対して LEO における非静止軌道衛星用 Ku 帯の利用申請を提出したと発言したが、しかし米衛星専門メディア等は、申請順に審議を行う ITU の性質を鑑みると、OneWeb が 2014 年時点で同じ帯域の利用許可を獲得していること(詳細後述)から、SpaceX を含む、他企業が同じ帯域の利用許可を獲得するのは、難航する可能性がある¹¹⁸と分析している。

A. FCC への衛星実験許可申請・Intelsat からの情報開示要請

FCC への衛星実験許可申請

2015 年 5 月 29 日、SpaceX は FCC に対し、衛星通信システム構築に向けた試験運用を 2016 年から実施することについて、許可申請を行った。Dish Network 社や DirecTV 社等の衛星通信大手はこれまで、高度 3 万 5,000km (2 万 2,000 マイル)の地点に衛星を配置し、米国等の単一の地域にのみサービスを提供していた。しかしながら SpaceX 社は、小型の衛星を比較的低い位置(高度 1,200km、750 マイル)に 4,000 機ほど打ち上げ、地球全体を取り囲み、高速インターネットアクセスサービスを幅広く提供することを目指している¹¹⁹。

SpaceX は、2016 年から実施する試験を通して、低軌道上での運用を目指した「ブロードバンド・アンテナ通信プラットフォーム(broadband antenna communications platform)」の既存のデザインの有効性を確認することを計画している。米 Business Week 誌の Elon Musk 社長へのインタビューによれば、この計画を達成するためには、最低でも 100 億ドル規模が必要になるという(このため、Google と Fidelity がすでに合意している 1 億ドルの拠出は、全体の 1 割程度という計算となる)¹²⁰。

FCC が公開している SpaceX の申請書類によれば、SpaceX は 2016 年以降、6~8 件の実証実験を実施することを目指しており、第一段階として、MicroSat-1a と MicroSat-1b という、同型の 2 つの小型試験衛星を打ち上げ、初期段階の通信パフォーマンス評価を実施することを予定している。これらの衛星は、SpaceX が擁する商業用打ち上げロケットの Falcon9 によって打ち上げられ、高度 625km、軌道傾斜角 86.6 度で運用される予定で、それぞれの寿命は 6~12 か月程度と想定されている。しかし SpaceX は、それ以降も衛星が使用可能であれば、FCC が許可する範囲で、引き続き実験を続けたいと考えている¹²¹。

¹¹⁸ Peter B. de Selding, "SpaceX To Build 4,000 Broadband Satellites in Seattle", January 19, 2015, URL: <http://spacenews.com/spacex-opening-seattle-plant-to-build-4000-broadband-satellites/>

¹¹⁹ Space X, "Question 7: Purpose of Experiment", URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=162991&x>

¹²⁰ Space X, "Question 7: Purpose of Experiment", URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=162991&x>

¹²¹ Space X, "Question 7: Purpose of Experiment", URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=162991&x>

実験において SpaceX は、2つの小型衛星が通信サービスを提供するために Ku 帯の利用、衛星のハウスキーピング(衛星と地上局のテレメトリや動画データのやり取り用)のために S 帯と X 帯の利用がそれぞれ必要であるとしている。実験の具体的な内容や場所などについては、以下の通り¹²²。

- **Ku 帯を利用したブロードバンド通信実験:** SpaceX は、試験用の 2機の小型衛星を運用するために、以下の3つの地点に、新たに Ku 帯用の地上局を開設することを予定している。衛星と地上局間のダウンリンクは 10950.0-11050.0 MHz、アップリンクは 14200.0-14300.0 MHz で行われるとされる。それぞれの地上局と衛星間の通信が可能となるのは、衛星が仰角 40 度~90 度にある状況で、0.9 日(21 時間 36 分)ごとに 1 度、10 分程度の通信となる予定である。
 - SpaceX 本社(カリフォルニア州ホーソーン市)
 - Tesla Motors 本社(カリフォルニア州フリーモント市)
 - SpaceX ワシントン州支部(ワシントン州レッドモンド市)

3 地点のそれぞれ設置される Ku 帯アップリンク用のアンテナは、3m 程度になる予定であり、地上からアンテナの先頭までの高さはそれぞれの施設規模で異なり、15~28m くらいになる計画である¹²³。

- **X/S 帯を利用したテレメトリ、動画、管制実験(ハウスキーピング用):** SpaceX が運用する地上局と衛星間では、衛星の状態を確認するハウスキーピングデータ(テレメトリデータ、動画データ等)も X/S 帯を用いてやり取りされる予定である。ハウスキーピングデータのやり取りは、ワシントン州レッドモンドにある地上局が主に行う予定で、同地上局には S 帯アップリンク用の 5m 程度のアンテナが設置される予定である。衛星と地上局間の通信頻度や時間は、衛星の電力量や通信データ量、地上局の都合等によって、軌道一周ごとに 1 回 12 分、もしくは 0.9 日に 1 回 12 分など、状況によって変化する¹²⁴。

競合の米 Intelsat からの情報開示要求

SpaceX の衛星通信分野における潜在的ライバルとも言える Intelsat は 2015 年 7 月、SpaceX 社実施を検討している実験が、軌道上における衛星の混雑や、周波数の干渉にどのような影響を及ぼすのか見極める目的で、FCC に情報公開申請(Freedom of Information Act: FOIA)を提出した。Intelsat は、FOIA を申請する理由として以下を挙げており、SpaceX が適切に情報公開を行うまでは、SpaceX の実験申請を

¹²² Space X, "Question 7: Purpose of Experiment", URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=162991&x>

¹²³ "FCC FORM 442 - FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION APPLICATION FOR NEW OR MODIFIED RADIO STATION UNDER PART 5 OF FCC RULES - EXPERIMENTAL RADIO SERVICE (OTHER THAN BROADCAST): File No. 0356-EX-PL-2015", URL:

https://apps.fcc.gov/oetcf/els/reports/442_Print.cfm?mode=current&application_seq=66082&license_seq=66693

¹²⁴ "FCC FORM 442 - FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION APPLICATION FOR NEW OR MODIFIED RADIO STATION UNDER PART 5 OF FCC RULES - EXPERIMENTAL RADIO SERVICE (OTHER THAN BROADCAST): File No. 0356-EX-PL-2015", URL:

https://apps.fcc.gov/oetcf/els/reports/442_Print.cfm?mode=current&application_seq=66082&license_seq=66693

見送るよう、FCC に求めている¹²⁵。

- **SpaceX は、静止軌道上で自社の衛星を運用する中で、どのように他の Ku 帯、X 帯利用衛星への干渉を防ぐかについての説明を怠っている：** SpaceX は自社の実験を FCC に申請する文章の中で、「他のシステムへの干渉はほとんど起こらない」としているが、機密性の高い同社の申請を見る限りでは、他の衛星事業者のオペレーションがどのように保護されるかについての十分な情報は明記されていない。他事業者への影響を判断するためには、複数の機密とされているパラメータを得る必要があり、例えば衛星のビームの幅・方向、アンテナ数、ビームの方向変換のメカニズム、地上局の方位角や上下角、衛星軌道角等が必要である。

Intelsat は、自社の衛星に加え、他の事業者が有する衛星に対して、打ち上げと初期オペレーションサービス(Launch and Early Operation Phase: LEOP)を提供しており、このサービスを運用する中で高度 3 万 6,000km の静止軌道まで衛星を上げる必要がある。この際に、SpaceX がマイクロ衛星を運用する軌道を通る可能性もある。現在公開されている SpaceX の申請書では、SpaceX がどのように LEOP サービスへの影響を回避するつもりなのか、説明されていない。

- **SpaceX は、適当な機密情報を公開する必要がある：** FCC の定める FOIA についての規定では、特定の情報が財政や商用利益に関係する場合、市場競争を阻害するような場合等において、その情報を機密と認定することを求めているが、SpaceX の説明では、なぜ同社の情報が機密に認定されるのか、明確に判断できないものがある。このため、Intelsat は、FCC の定める FOIA 規定に則り、FOIA 申請を行うことで、これらの SpaceX が機密としている情報が実際に機密なのか、FCC の判断を仰ぎたいと考えている。

2015 年 9 月には、Intelsat の代理人を務めている弁護士事務所 Wiley Rein が関連書面を FCC に提出し、9 月 2 日には FCC の関係者と Intelsat、Telecom Strategies、Wiley Rein の関係者との間で面会を持ち、FCC 側に再度 Intelsat の FOIA 提出の意思を説明したと発表した。同書面の中で Wiley Rein は、Intelsat 側の言い分として、以下の様な点を追加で指摘している¹²⁶。

- SpaceX は、Ku 帯ダウンリンクへの干渉を適切に評価しておらず、SpaceX の報告では Ku 帯への干渉は $-160\text{dB (W/m}^2)/40\text{kHz}$ とされるが、FCC や ITU の基準を用いて計算した場合、 $-195.45\text{ dB (W/m}^2)/40\text{kHz}$ となる。

¹²⁵ Susan Crandall, "Re: Informal Objection Under Section 5.95 to Application of Space Exploration Technologies Corp. ("SpaceX"), Application for Experimental License for the MicroSat-1a/b Test and Demonstration Mission, File No. 0356-EX-PL-2015", July 9, 2015, URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=164519&x>

Jason Koebler, "A Competitor Has Asked the FCC to Block SpaceX's Satellite Internet Test", July 22, 2015, URL: <http://motherboard.vice.com/read/a-competitor-has-asked-the-fcc-to-block-spacexs-satellite-internet-test>

¹²⁶ Carl Frank, "Re: Notice of Oral Ex Parte Presentation; Application of SpaceX for Experimental Radio Service License, File No. 0356-EX-PL-2015", September 9, 2015, URL: <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=166849&x=>.

-
- Intelsat の独自の調査では、SpaceX の計画によって発生する GEO 地上局のレシーバーノイズは 24%程度上昇する見通しであり、これは ITU の無線通信規則が定めている、GSO 衛星ネットワークを共用する際のノイズの 4 倍程度である。
 - SpaceX が利用を検討している Ku 帯アップリンクの干渉分析のために、Intelsat は SpaceX に情報提供を求めているが、情報が提供されない。
 - Ka 帯ダウンリンクについて、SpaceX はシステムや epfd についてのデータを有しているにも関わらず、情報を提供せず、GEO 衛星事業者らに epfd の計算等を独自でやるように示唆しており、不公平、且つ非効率である。

米科学技術メディア等では、これらの Intelsat からの FCC や SpaceX に対するアクションは、SpaceX と OneWeb 間の競争の一環であるという見解が見受けられる。OneWeb は、Intelsat とパートナー関係にあり、そのほかにも、Airbus や Hughes Network Systems 等の多数の衛星事業者と連携関係を結んでいる。一方で SpaceX は、Google や Fidelity からの資金援助は受けているものの、衛星業界の中では、どちらかというと単独で事業を進めているという状況である¹²⁷。

SpaceX と OneWeb の事業方針には、他にも違いがあるというメディアの分析もある。OneWeb はどちらかという、ITU 等の国際的な枠組みの中で周波数帯の利用許可を求めている一方で、SpaceX は米国政府機関である FCC の許可を獲得することを優先している。両社とも、他社に先んじて自社の衛星を用いたインターネットアクセスサービスの提供を始めたいと考えているが、これらの事業方針の違いが今後どのような影響を及ぼすかについては、引き続き注視が必要となる¹²⁸。

B. SpaceX の光レーザー通信技術への関心

Wall Street Journal 紙は 2015 年 1 月、SpaceX が光レーザー技術を用いた、地上局と衛星間の通信を検討していると伝えた(情報元は SpaceX 社の計画に見識の深い関係者とされる)。同紙は、光レーザー通信は、衛星からビームを利用してデータを送付する方法ではあるが、雲の干渉を受けるため電波と比べると信頼性は無く、インターネットサービスの提供には向かない技術であると分析している¹²⁹。

¹²⁷ Tim Fernholz, "A Competitor is trying to force Space X to reveal its secret satellite internet plans", July 22, 2015, URL: <http://qz.com/460916/a-competitor-is-trying-to-force-spacex-to-reveal-its-secret-satellite-internet-plans/>

¹²⁸ Tim Fernholz, "A Competitor is trying to force Space X to reveal its secret satellite internet plans", July 22, 2015, URL: <http://qz.com/460916/a-competitor-is-trying-to-force-spacex-to-reveal-its-secret-satellite-internet-plans/>

¹²⁹ Rolfe Winkler, Evelyn Rusli and Andy Pasztor, "Google Nears \$1 Billion Investment in SpaceX", January 19, 2015, URL: <http://www.wsj.com/articles/google-nears-1-billion-investment-in-spacex-1421706642>

C. 衛星打ち上げ分野における取り組み

米空軍からの安全保障関連ミッションへの参入認可

通信用の衛星や周波数帯を準備すると同時に、SpaceX は衛星の打ち上げやミサイル・システムの開発にも注力しており、これは同社が検討している衛星通信サービス提供を実現する際にも、外部に打ち上げを委託しなくても良いという強みを生むと考えられる。米空軍は 2015 年 5 月、SpaceX が擁する Falcon 9 の打ち上げシステムに対し、国家の安全保障に関連するミッションに参入する認可を与えた。これは、それまで 2 年間にわたって続けられていた空軍と SpaceX の交渉の成果という位置づけであり、また米軍が独自に進めていた、軍用衛星の打ち上げ市場に競争をもたらすことを目的とした 6,000 万ドル規模のプログラムの成果であるとも言える¹³⁰。

この認可を有しているのは、2015 年夏時点では 2 組織のみであり、もう一つは Boeing 社と Lockheed Martin 社が共同出資している米 United Launch Alliance (ULA) である。ULA は、過去 15 年間の市場規模 700 億ドルとも言われる軍用衛星打ち上げ市場において、実質的な独占状態であったが、SpaceX は ULA よりも安価で打ち上げを行うとしており、今後プロジェクトの獲得を目指していく。しかしながら、米メディアでは、ULA はすでに米軍との強い連携関係を築いており、認可がおりたからと言って、すぐに SpaceX が契約を得られるわけではないと分析している¹³¹。

2015 年 6 月の Falcon9 打ち上げ失敗

2015 年 6 月に Falcon9 が打ち上げ中に爆発したことにより、SpaceX の社内の問題点が浮き彫りとなっただけでなく、同社のイメージが低下した。社内の問題として、米 Washington Post 紙は、同社が近年成功してきた落とし穴として、スタッフがそれまでよりも失敗や損失に敏感で無くなっている点を指摘している。SpaceX では、打ち上げの数時間前に CEO の Musk 氏が社員に対し、Twitter を通して打ち上げ前の最終懸念や確認を求めるとというのが恒例となっているが、2015 年 6 月の打ち上げの際には、過去に比べて社員からの返信や電話が少なかったと報道されている。過去 7 回の打ち上げが成功したにもかかわらず、今回は SpaceX 社にとっての黒星となった¹³²。

Falcon9 の爆発を受けて、SpaceX に対するの連邦議会の追及も厳しいものとなった。2015 年 7 月末には、米議会議員 14 名が SpaceX の運用状況等に対して疑問を呈する文書を、空軍と NASA に送付している。Mike Coffman 下院議員 (コロラド州選出、共和党) や Randy Forbes 下院議員 (バージニア州選出、共和党) 等の下院軍事委員会メンバを含んだ超党派の 14 議員は、今後同様の事故が米軍の衛星の打ち上げの際に発生することを懸念する見解を表明した。SpaceX の米軍ミッションの請負を認めた空軍側は、空軍

¹³⁰ Secretary of the Air Force Public Affairs, "Air Force's Space and Missile Systems Center Certifies SpaceX for National Security Space Missions", May 26, 2015, URL: <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/589724/air-forces-space-and-missiles-system-center-certifies-spacex-for-national-secur.aspx>

¹³¹ Eric Hal Schwartz, "Here's How SpaceX Can Eat Lockheed Martin's \$70B Lunch", May 27, 2015, URL: <http://dcinno.streetwise.co/2015/05/27/spacex-competing-with-lockheed-martin-boeing-for-air-force-contracts/>

¹³² Christian Davenport, "Hearing Elon Musk explain why his rocket blew up shows why he's such an intense CEO", July 20, 2015, URL: <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2015/07/20/want-to-understand-elon-musks-driving-personality-listen-to-him-explain-why-his-rocket-blew-up/>

の承認は、あくまでも打ち上げの基礎的技術に対してのものであるとし、SpaceX がより高度な技術を開発した際には、別途承認を取り直さなくてはならないと弁明している。7 月 15 日には、3 名の共和党議員が追加の書簡を NASA に送付している。これらの議員は、米大手軍需企業の Lockheed Martin や Northrup Grumman 等と強いつながりを持つ議員らである¹³³。

SpaceX による空軍打ち上げ案件への単独入札

一方で、ウクライナ問題等において米国とロシア間の緊張が高まっていることを受け、米議会は ULA が利用している AtlasV のエンジンとなっている、ロシア製の RD-180 エンジンの使用を制限する方針を打ち出した。これにより、打ち上げについての見通しが不透明になった ULA 社 2015 年 11 月、米空軍が提示した次世代 GPS 衛星の打ち上げ案件への応札を見送った。このため、SpaceX が同案件の単独入札者となる予定であり、受注がほぼ確実な状況となっている¹³⁴。

NASA との有人飛行契約の締結

SpaceX は 2015 年 11 月、NASA との間で初めて民間による有人飛行契約 (Commercial Crew Transportation Capability contract: CCtCap) を結び、今後 NASA が実施する 2~6 のミッションにおいて、同社の保有する飛行船の Dragon を Falcon9 ロケットで打ち上げることで合意した。同契約における最初の打ち上げは 2017 年後半を予定している¹³⁵。

今回の契約は、NASA が実施している、米国人宇宙飛行士の国際宇宙ステーションへの移送費用を削減する取り組みの一環であり、2015 年 5 月には Boeing が同様の契約を取り付けている(このため、SpaceX は NASA と契約する 2 社目の企業ということになる)。NASA は現在、米国人宇宙飛行士を国際宇宙ステーションに移送する際、ロシアにロケットの打ち上げを依頼しているため、委託料が高くつくほか、米国の有人飛行技術の維持や、関連する技術分野における国際的なプレゼンスの確保が課題となっている。今回の NASA と SpaceX 間の契約において、SpaceX が無事に宇宙飛行士を移送する事に成功すれば、民間企業による有人飛行の機会が今後更に増えることが想定されている¹³⁶。

SpaceX 社 Dragon や Falcon9 は、NASA から高く評価されており、特に同社がそれぞれの機体のデザインの再評価を行ったことで、有人飛行に十分な能力を持つと判断された。今回の契約において SpaceX は、NASA もしくは NASA が後援する宇宙飛行士ら 4 名と、220 ポンドの加圧貨物を運ぶ役割を担う。また

¹³³ Christian Davenport, "Members of Congress raise questions about SpaceX investigation in wake of explosion", July 31, 2015, URL: <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2015/07/31/congress-raises-questions-about-spacex-investigation-in-wake-of-explosion/>

¹³⁴ Christian Davenport, "ULA bows out of Pentagon launch competition, paving way for SpaceX", the Washington Post, November 16, 2015, URL: https://www.washingtonpost.com/business/economy/ula-bows-out-of-pentagon-launch-competition-paving-way-for-spacex/2015/11/16/2aae2aa4-8c99-11e5-ae1f-af46b7df8483_story.html

¹³⁵ Tabatha Thomposon and Stephanie Martin, "NASA Orders SpaceX Crew Mission to International Space Station", November 20, 2015: <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-orders-spacex-crew-mission-to-international-space-station>

¹³⁶ Tabatha Thomposon and Stephanie Martin, "NASA Orders SpaceX Crew Mission to International Space Station", November 20, 2015: <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-orders-spacex-crew-mission-to-international-space-station>

Dragon は宇宙ステーション到着後、210 日間は緊急脱出用の宇宙船として、ステーションに待機する予定である¹³⁷。

2015 年 12 月の Falcon9 打ち上げと垂直着陸成功

また SpaceX は 2015 年 12 月、フロリダ州にあるケープ・カナベラル空軍基地において Falcon9 の打ち上げに成功し、通信衛星を搭載した第 2 段ロケットを無事に軌道へと投入したほか、第 1 段ロケットの垂直着陸にも成功した。今回の打ち上げは、同年 6 月の失敗を受けて、SpaceX 社内でロケットのデザインの改良等を行った上でのものであり、社内の期待も高かったほか、第 1 段ロケットの垂直着陸が成功したことで、今後のロケット打ち上げに係る費用が大幅に削減できることが期待されている。なお、2015 年 11 月には、Amazon.com の CEO である Jeffrey Bezos 氏が創設したスタートアップ企業である Blue Origin が同様の垂直着陸実験を成功させている¹³⁸。

4.2 OneWeb (支援組織: Virgin Group、Qualcomm、Hughes Corporation 等)

OneWeb は本拠地を英国王属領の一角であるセント・ヘリア教区に構えており、厳密には米企業という扱いではないが、Qualcomm や Hughes Network System、Coca-Cola 等の米企業から資金や技術面で援助を受けているほか、OneWeb の創設者兼 CEO である Greg Wyler 氏が元 Google 社員であることなどから、米国との関係も深いため、ここではその動向を取り上げる。なお OneWeb は 2016 年 1 月、パートナーである Hughe や Intelsat の拠点からも近いという理由で、ワシントン D.C. に隣接するのバージニア州ロズリン市にも事務所を開設すると発表している¹³⁹。

OneWeb の計画は元々、WorldVu Satellites という名称で 2012 年に創設された企業を基盤としている。創設者の Greg Wyler 氏は、以前は Google に在籍していたが、2007 年の時点ですでに Google を退社し、セント・ヘリア教区において O3b を創設した。その後 2012 年に WorldVu Satellites を創設すると共に O3b の職を辞した(ただし、当時は引き続き O3b の理事の一人を務めていた。現在も同職に就いているかどうかは、公開情報からは判断できない)。また Wyler 氏と共に WorldVu Satellites 社の創設に携わった Brian Holz 氏や David Bettinger 氏も、以前は O3b の CTO、衛星用地上ターミナルのプロバイダである iDirect の CTO 等をそれぞれ務めた実績を持つ等、WorldVu Satellites や OneWeb は、比較的歴史の浅い企業ではありながらも、衛星業界とは太いパイプを持つ企業として知られる¹⁴⁰。

OneWeb は、衛星の製造や実験分野において、欧州 Airbus Space and Defense と連携しており、最終的に 130kg 程度の小型衛星を計 648 機 LEO に打ち上げ、2019~2020 年頃までにインターネットサービス

¹³⁷ Tabatha Thomposon and Stephanie Martin, "NASA Orders SpaceX Crew Mission to International Space Station", November 20, 2015: <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-orders-spacex-crew-mission-to-international-space-station>

¹³⁸ Kenneth Chang, "SpaceX Successfully Kands Rocket After Launch of Satellite Into Orbit", December 21, 2015, URL: <http://www.nytimes.com/2015/12/22/science/spacex-rocket-landing.html>

¹³⁹ Peter B. de Selding, "OneWeb Leases Office Space Just Outside D.C.", January 6, 2016, URL: <http://spacenews.com/oneweb-leases-office-space-just-outside-d-c/>

¹⁴⁰ Peter B de Selding, "Google-backed Global Broadband Venture Secures Spectrum for Satellite Network", May 30, 2014, URL: <http://spacenews.com/40736google-backed-global-broadband-venture-secures-spectrum-for-satellite/>

を提供することを計画している。同 2 社は、4 日に一機のペースで小型衛星を製造することを目標として掲げており、最初の 10 機をフランスで製造する予定で、その費用は 1 機およそ 50 万ドルと推定されている。最終的に 648 機すべての衛星を製造するには、合計で 20 億ドル規模が必要となる見込みで、OneWeb は、米国内に衛星製造拠点を創設することも検討している¹⁴¹。

また OneWeb は、衛星の打ち上げのうち、65 件を欧州 Arianespace(うち 21 件はロシアの Soyuz ロケットを利用)に委託すると共に、Virgin Galactic に 39 件を委託する契約である。しかしながら、実際の打ち上げのスケジュールについてはまだ未定のように、特に Virgin Galactic が次の数年間で、衛星打ち上げ用のロケットを製造し、実際に打ち上げに成功できるかという点については、有識者の間でも疑問の声が挙がっている。OneWeb と Airbus Space and Defense は、2017 年中にサービスのベータ試験を実施することを目標としている¹⁴²。

Virgin Galactic は、自社の衛星打ち上げ能力を強化する目的で、2015 年 12 月、ボーイング 747-400 を利用して、空中からロケットを軌道に打ち上げるシステム「LauncherOne」を開発していることを発表した。Virgin Galactic は、ボーイング 747-400 の中古の機体を Virgin グループ内の Virgin Atlantic から買い取り、「Cosmic Girl」と命名した上で、同機に衛星打ち上げ用のプラットフォームを搭載する事を予定している。同社は 2015 年 9 月、顧客からのニーズもあり、当初 100kg を想定していた太陽同期軌道への打ち上げを、2 倍の 200kg まで増やし、1,000 万ドルという低コストで実施する計画を発表した(他の軌道であれば、400kg までの打ち上げが可能とされている)。同社によれば、通常の地上からの打ち上げよりも、空中プラットフォームからの打ち上げの方が、費用が安く済むほか、打ち上げまでの期間が短くて済む¹⁴³。

OneWeb は、比較的支援組織が多いことで知られており、2015 年 1 月には、Virgin Galactic と Qualcomm が OneWeb に対し、資金協力の他、衛星打ち上げとチップ開発等の技術支援を提供することを発表した。これに加えて 2015 年 6 月には、欧州 Airbus Group(衛星製造担当)、米 Hughes Network Systems(地上システム支援)、Intelsat 社(周波数帯やシステムの共用)、Coca-Cola 社(潜在的顧客)、インドの通信事業者 Bharti Enterprises(潜在的顧客)、メキシコの通信業者 Totalplay Telecommunications(潜在的顧客)等も、OneWeb への支援を表明した。これらの企業も、初期投資として総額 5 億ドルを OneWeb に提供するほか、追加の投資や、各々が強みを持つ分野における技術やノウハウ等を OneWeb に提供する予定である。また OneWeb は 2015 年 8 月 6 日、米衛星業界団体 SIA に加盟し、米衛星業界との連携強化を目指している¹⁴⁴。

¹⁴¹ Tim Fernholz, "Inside the race to create the next generation of satellite internet", June 24, 2015, URL: <http://qz.com/434997/inside-the-race-to-create-the-next-generation-of-satellite-internet/>

¹⁴² Tim Fernholz, "Inside the race to create the next generation of satellite internet", June 24, 2015, URL: <http://qz.com/434997/inside-the-race-to-create-the-next-generation-of-satellite-internet/>

"Virgin Galactic Signs Contract with OneWeb to Perform 39 Satellite Launches", June 25, 2015, URL: <http://www.virgingalactic.com/press/virgin-galactic-signs-contract-with-oneweb-to-perform-39-satellite-launches/>

¹⁴³ "Virgin Galactic Welcomes 'Cosmic Girl' to Fleet of Space Access Vehicle", December 3, 2015, URL: <http://www.virgingalactic.com/press/virgin-galactic-welcomes-cosmic-girl-to-fleet-of-space-access-vehicles/>

¹⁴⁴ Caleb Henry, "OneWeb Becomes SIA Member". August 6, 2015, URL: <http://www.satellitetoday.com/telecom/2015/08/06/oneweb-becomes-sia-member/>

A. ITU への Ku 帯利用申請

OneWeb のサービス提供計画を準備していた WorldVu Satellites 社は、「L5」という民間企業名義で 2012 年と 2013 年に ITU に対し、複数の軌道における非静止軌道衛星用の Ku 帯や Ka 帯の利用許可申請を行った。この申請は、同じように小型衛星を利用した商用インターネットの運用を検討している主要企業らの中でも、最も早い段階の申請であると言え、OneWeb はその分優勢となっているが、ITU ライセンス制度の性質上、OneWeb は期限までにサービス運用を開始しなくてはならないため、同社は 2017 年中にはベータ試験を終了したいと考えている。なお OneWeb が申請を出している帯域は元々、1990 年代後半に衛星インターネットアクセスサービスの提供を検討していた企業 SkyBridge が検討していた帯域である¹⁴⁵。

OneWeb がすでに利用許可を擁している Ku 帯の 2GHz 分については、SpaceX や他社も関心を示しているが、他社は ITU の枠組みにおける OneWeb の優位性を無視することはできない。ただし、非静止軌道衛星による同帯の利用は、セカンダリ利用に限られており、他の事業者からの干渉が予測されるという問題がある。この問題の解決策の一つとして、OneWeb は、世界で最も多数の Ku 帯静止軌道衛星を擁している Intelsat と連携すると発表し、この 2 社は今後、お互いの干渉を最小化するほか、潜在的顧客を共有すると共に、Intelsat 側からは OneWeb への初期投資 2,500 万ドルが提供される予定である¹⁴⁶。

B. SpaceX とのライバル関係

2014 年の段階で OneWeb と SpaceX は、共同で衛星インターネットアクセスサービス開発事業を進めることを検討していたが、交渉は難航し、最終的にそれぞれが個別の計画を進めることとなった。衛星事業者向けのコンサルタントを務める Tim Farrar 氏によれば、OneWeb の CEO である Wyler 氏は、SpaceX の Musk 代表に OneWeb のアイデアを盗まれることを懸念していた。L5 名義で OneWeb が ITU から Ku 帯の利用許可を取得したため、SpaceX が該当帯域を利用するには、OneWeb と連携するか、もしくは OneWeb 社のライセンスが切れるまで待たなければならない。Musk 氏が Wyler 氏に協力を提案してきたタイミングが、L5 が ITU に利用申請を提出した時期であったため、Wyler 氏の Musk 氏への疑念はさらに高まったと伝えられている¹⁴⁷。

また Greg Wyler 氏の古巣である Google が、SpaceX への支援を表明したため、OneWeb と SpaceX の対立関係は深まった。また、SpaceX が加盟していない SIA に OneWeb が加盟したことで、米国内外の企

Peter B. de Selding, "OneWeb's Big Announcement Should Quiet Doubters", June 25, 2015, URL: <http://spacenews.com/news-analysis-onewebs-big-announcement-should-quiet-doubters/>

Tim Fernholz, "Inside the race to create the next generation of satellite internet", June 24, 2015, URL: <http://qz.com/434997/inside-the-race-to-create-the-next-generation-of-satellite-internet/>

¹⁴⁵ Peter B de Selding, "Google-backed Global Broadband Venture Secures Spectrum for Satellite Network", May 30, 2014, URL: <http://spacenews.com/40736google-backed-global-broadband-venture-secures-spectrum-for-satellite/>

¹⁴⁶ Peter B. de Selding, "OneWeb's Powerful Partners in Their Own Words", June 26, 2015, URL: <http://spacenews.com/onewebs-partners-in-their-own-words/>

¹⁴⁷ Tim Fernholz, "Inside the race to create the next generation of satellite internet", June 24, 2015, URL: <http://qz.com/434997/inside-the-race-to-create-the-next-generation-of-satellite-internet/>

業との協調関係を強め、ITU の枠組みを尊重する OneWeb と、どちらかというとも単独で事業を進めており、現在は FCC の試験運用許可を待っている SpaceX という両社の特色が、より強調されることとなった¹⁴⁸。

衛星や関連インフラの製造、衛星の打ち上げという分野では、すでに打ち上げロケットの Falcon や、宇宙船の Dragon を製造・運用した実績を持つ SpaceX に軍配が上がる。OneWeb と比較した場合に、SpaceX の強みは、自社内でこういったインフラを製造し、また打ち上げができることであり、高い費用を支払って外部に委託する必要が無いことである。一方で OneWeb は、衛星業界の他社に加え、米 Coca-Cola、メキシコの Totalplay、印 Bharti Enterprises 等の潜在的顧客とも連携を深めており、この様なパートナーシップを結んでおくことは、事業開始後のマーケティングの強みになると考えられる¹⁴⁹。

また 2016 年 1 月、OneWeb は Airbus と共同で、648 機＋スペアの計 900 機の衛星を製造するため、新事業会社 OneWeb Satellites を創設した。同社に対し、OneWeb と Airbus は半分ずつの所有権を擁する予定で、900 機のうちの最初の 10 機については、フランスのトゥールーズにある Airbus の製造施設で製造し、打ち上げは Soyuz ロケットによって、欧州圏内もしくはロシア領から 2018 年頃に行われる計画である。残りの 890 機については、OneWeb が米国内の施設で製造されることが予定されている¹⁵⁰。

4.3 LeoSat(支援組織: Thales Alenia Space 等)

LeoSat は、バージニア州に本拠地を構えるベンチャー企業であり、多国籍企業 Schlumberger(油田検層や関連油田サービスの事業者)の元役員であった、Cliff Andres 氏と Phil Marlar 氏によって 2013 年に創設された。発展途上国の個人も含む、全世界へのインターネット・アクセス・サービス提供を主要な目標の一つとして掲げている SpaceX や OneWeb とは異なり、LeoSat は、海洋事業、石油・天然ガス採掘、地質探索等の分野に従事する事業者や政府など、およそ 3,000 組織のみを対象顧客とし、低いレイテンシを誇る高速通信サービスを提供しようとしている(個人の顧客は、原則対象とはしていない)。この企業方針は、創業者である Andres 氏と Marlar 氏の Schlumberger やエネルギー業界における経験や、同業界が利用する通信サービスに対する問題意識を反映したものである¹⁵¹。

LeoSat の事業構想は、最大 108 機の小型 Ka 帯 HTS を高度 1,400km の極軌道に設置し、企業や政府に通信サービスを提供することである。同社によれば、108 機のうち、少なくとも 78 機は 2019~2020 年までに打ち上げや試験運用を含めた準備を完了し、全世界的な固定衛星通信を提供する予定である¹⁵²。

LeoSat が想定している衛星についての情報は限定されているが、2015 年 3 月に同社の CEO に就任した

¹⁴⁸ Caleb Henry, "OneWeb Becomes SIA Member". August 6, 2015, URL:

<http://www.satellitetoday.com/telecom/2015/08/06/oneweb-becomes-sia-member/>

¹⁴⁹ Tim Fernholz, "Inside the race to create the next generation of satellite internet", June 24, 2015, URL:

<http://qz.com/434997/inside-the-race-to-create-the-next-generation-of-satellite-internet/>

¹⁵⁰ Peter B. de Selding, "Airbus and OneWeb form joint venture to build 900 satellites", January 27, 2016, URL:

<http://spacenews.com/airbus-and-oneweb-form-joint-venture-to-build-900-satellites/>

¹⁵¹ Army Svitak, "LeoSat Teams With Thales Alenia Space for Internet Satellite Cost Study", March 17, 2015, URL:

<http://aviationweek.com/space/leosat-teams-thales-alenia-space-internet-satellite-cost-study>

¹⁵² 2015 年 3 月時点の報道では、LeoSat が打ち上げる衛星は 120 機であり、うち 80 機は固定通信用、40 機はモバイル通信用に利用される予定とされていた。その後の報道では、120 から 108 機に衛星数が縮小された。

Vern Fotheringham 氏(フラットパネル・アンテナを製造しているスタートアップ企業 Kymeta Corporation の元会長兼 CEO)は、「Iridium の衛星にステロイド剤を加えた様なもの (Iridium on steroids)」と表現しており、欧 Thales Alenia Space が製造中の Iridium Next 向け衛星に改良を加えたものになることが示唆されている。事業全体の規模は、25~35 億ドルになるとされ、また LeoSat が利用するアンテナ等は、Kymeta や Phasor Solutions 等の最新鋭のアンテナ技術を持った企業の技術を導入することも検討されている¹⁵³。

ワシントン州に本社を置く Kymeta Corporation は、2012 年に創設されたベンチャー企業で、衛星通信用の革新的なフラットパネル・アンテナ技術を開発したことで注目されている。同社のアンテナ「mTenna」は、ソフトウェアで管理可能な、メタマテリアルを用いた電子ビームフォーミング・アンテナで、非常に軽量であるが、ホログラフの技術 (holographic approach) を用いている。2012 年以降、Microsoft の創業者である Bill Gates 氏が Kymeta Corporation に 1,200 万ドルの初期投資を行っていることもあり、同社への注目が更に高まった背景がある¹⁵⁴。

LeoSat が用いる地上-衛星間の通信技術について、LeoSat の前 CEO である Fotheringham 氏は 2015 年 3 月の時点で、無線通信を用いるのか、光通信を用いるのかについて、社内でまだ議論中であるとしているが、同社は当時すでに ITU に周波数帯の利用申請を提出していた(帯域等の詳細についての情報見当たらず)。また、Fotheringham 氏の後任として、2015 年 9 月に同社の CEO に就任した Mark Rigolle 氏¹⁵⁵によれば、同社が開発中の通信技術は、大陸間のデータ移動の際に地上のターミナルを経由せず、衛星間の光通信(最大 20Gbps)によって通信を行うため、有線通信よりも早い速度も実現できるという。同社は顧客のニーズや契約内容によって通信速度を変えることを想定しており、速度幅は 50Mbps~7.2Gbps と多様であるが、一つの目安として、東京からニューヨークまでの通信には、100~140 ミリ秒程度のレイテンシが想定されている。LeoSat の地上拠点は、カリフォルニア州ロサンゼルスに設置される予定である¹⁵⁶。

¹⁵³ Army Svitak, “LeoSat Teams With Thales Alenia Space for Internet Satellite Cost Study”, March 17, 2015, URL: <http://aviationweek.com/space/leosat-teams-thales-alenia-space-internet-satellite-cost-study> Caleb Henry, “New LeoSat CEO Talks Vision for Company,” September 16, 2015, URL:

<http://www.satellitetoday.com/telecom/2015/09/16/new-leosat-ceo-talks-vision-for-company/>
Carlos Placido, “Cliff Anders, Chairman & Founder at LeoSat, LLC”, September 9, 2015, URL:
<http://www.leosat.com/section/news/>

¹⁵⁴ Brier Dudley, “Bill Gates backing Redmond antenna startup,” August 21, 2012, URL :

http://old.seattletimes.com/html/technologybrierdudleysblog/2018961454_bill_gates_backing_redmond_sat.html

¹⁵⁵ LeoSat は CEO の変更が多いことで知られており、2015 年 3 月に CEO に就任した Fotheringham 氏は、半年で退任し、9 月には新しい CEO の Mark Rigolle 氏が就任した。Rigolle 氏は、以前は O3b で勤務しており、O3b の最初の 8 機の衛星打ち上げのために、リーマンショック後の世界的な不景気の中で、120 億ドルの資金を集めた人物として知られる。同氏はまた、太平洋地域に Ka 帯 HTS で通信サービスを提供することを目的としたベンチャー企業 Kacific の共同創設者も務めていた。Rigolle 氏はインタビューの中で、O3b で培った資金集めのノウハウや、ベンチャー企業創設で培ったノウハウを LeoSat に導入したいと語っている。

¹⁵⁶ Army Svitak, “LeoSat Teams With Thales Alenia Space for Internet Satellite Cost Study”, March 17, 2015, URL:

<http://aviationweek.com/space/leosat-teams-thales-alenia-space-internet-satellite-cost-study>
Caleb Henry, “New LeoSat CEO Talks Vision for Company,” September 16, 2015, URL:
<http://www.satellitetoday.com/telecom/2015/09/16/new-leosat-ceo-talks-vision-for-company/>
Carlos Placido, “Cliff Anders, Chairman & Founder at LeoSat, LLC”, September 9, 2015, URL:
<http://www.leosat.com/section/news/>

Rigolle氏はまた、2019年に本格運用を始める前に、試験運用向けとして、1~2機の衛星を2017年末、もしくは2018年初頭に打ち上げ、北極もしくは南極での観測や調査活動に利用する予定だとコメントした。LeoSatは、極軌道に衛星を配置し、緯度に関わらず、24時間利用可能な高速通信を提供することを目指しており、衛星数の増加に応じて、北極や南極から徐々に通信カバーエリアを増やし、最終的に78機の衛星を打ち上げるころには、地球全体をカバーする予定でいる。LeoSatの顧客が利用するユーザーターミナルのイメージについては、大きさは0.6~1メートル程度で、費用は高速ターミナルの場合5万ドル程度、パフォーマンスを落としたタイプのものについては1万ドル程度となる見通しである¹⁵⁷。

LeoSatは、欧Thales Alenia Spaceと連携しており、すでに2014年9月~2015年6月の9か月間で、事業のフェーズ調査の第1フェーズを実施し、無事完了した。2社は引き続き連携していくことで合意しており、2015年7月~2016年6月の1年間を目途に、第2フェーズの調査を予定している。前述の通り、LeoSatの衛星はIridium NEXTの衛星を基盤としたものになると見られており、LeoSatはこのままThales Alenia Spaceに衛星の製造を委託するものとみられる。またLeoSatは、衛星専門調査会社の米Northern Sky Researchに調査業務やHTS運用関連のコンサルティング等を委託しているほか、資金集めには、金融コンサルティング企業の米Axiom Capital Managementの支援を得ている¹⁵⁸。

4.4 Facebook(支援組織: Eutelsat等)

Facebookは2015年10月、同社が主導して創設したInternet.orgの枠組みを通して、フランスの衛星事業者であるEutelsat Communication SAとパートナーシップを結び、サブサハラアフリカ地域に比較的安価なインターネットアクセスサービスを提供する計画を発表した。FacebookとEutelsatは、2016年中に打ち上げが予定されているAMOS-6衛星の製造元であるイスラエル衛星事業者Spacecomと、衛星利用にかかるリース契約を結び、Spacecomが開発したKa帯スポットビーム技術(通信速度18Gbps)を利用したサービスを、2016年後半から提供する事を予定している。実際にサービス提供が可能となれば、Eutelsatのビジネス機会が拡張できるほか、FacebookがInternet.orgを通して達成を目指している発展途上国へのインターネットアクセスサービスの提供が一步前進する¹⁵⁹。

¹⁵⁷ Army Svitak, "LeoSat Teams With Thales Alenia Space for Internet Satellite Cost Study", March 17, 2015, URL: <http://aviationweek.com/space/leosat-teams-thales-alenia-space-internet-satellite-cost-study>

¹⁵⁸ "LeoSat and Thales Alenia Space continue to partner on feasibility study for LeoSat's Low Earth Orbit Satellite Constellation Providing High-Speed Broadband Services", June 15, 2015, URL: <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/leosat-and-thales-alenia-space-continue-partner-feasibility-study>

Peter de Selding, "LeoSat Awaits Verdict on Constellation's Feasibility" June 4, 2015, URL: <http://spacenews.com/leosat-expects-awaits-verdict-on-constellations-feasibility/>

Carlos Placido, "Cliff Anders, Chairman & Founder at LeoSat, LLC", September 9, 2015, URL: <http://www.leosat.com/section/news/>

¹⁵⁹ "Eutelsat and Facebook to Partner on Satellite Initiative to get more Africans online", October 5, 2015, URL: <http://news.eutelsat.com/pressreleases/eutelsat-and-facebook-to-partner-on-satellite-initiative-to-get-more-africans-online-1228638>

Jessica Guynn, "Facebook, Eutelsat to beam Internet to Africa by satellite", October 5, 2015, URL: <http://www.usatoday.com/story/tech/2015/10/05/facebook-mark-zuckerberg-satellite-eutelsat-amos-6-spacecom-internetorg-africa/73399300/e>

Facebook と Eutelsat は、次の 5 年間の衛星リース料として、9,500 万ドルを Spacecom に支払う予定であり、3 つの地上ゲートウェイの構築も支援する。この 3 つのうち、イスラエルに構築されるゲートウェイの所有権については、契約終了後に無償で Spacecom に譲渡される予定である。Spacecom の衛星である AMOS-6 衛星は、静止軌道において傾斜角 4 度で運用される予定で、衛星自体の寿命は 15 年と想定されている。協業という形になっている Facebook と Eutelsat 間の契約には、2017 年 1 月 1 日までに衛星やゲートウェイが準備できなければ破棄される旨も明記されているが、逆に時間通りに衛星やゲートウェイが準備できれば、2 年ごとの契約更新で、2021 年 9 月まで延長される。また米 Space News 誌の報道によれば、Spacecom は打ち上げに係る費用の一部(1 億 500 万ドル)を、米輸出入銀行(U.S. Export-Import Bank)から借り受ける予定である¹⁶⁰。

4.5 O3b(支援組織: SES、Google、HSBC、Liberty Global、Allen & Company 等)

O3b は、現 OneWeb の CEO を務める Greg Wyler 氏によって 2007 年に創設された企業である。O3b 社の本社は、OneWeb 社と同様、英国王属領の一角であるセント・ヘリアにあるが、オペレーションの拠点はオランダのハーグにある。その他、米国ワシントン D.C.、英国ロンドン、ドバイ、シンガポール、ブラジルのリオデジャネイロに拠点を構える¹⁶¹。

O3b は、「Other 3 Billion(残りの 30 億人)」の頭文字であり、ブロードバンドインターネットアクセスが無い世界の 30 億人に対し、中軌道(高度およそ 8,000km)にある衛星群を介して、手頃なインターネットアクセスサービスを提供することを目的としている。支援組織には、欧 SES、米 Google、英 HSBC、英 Liberty Global、米 Allen&Company 等があり、プロジェクト初期の 2009 年から O3b の財政支援をしている SES (ルクセンブルクに拠点を置く人工衛星保有・運用事業者)は、2015 年夏までの時点ですでに 7,500 万ドルを提供しているほか、2015 年夏時点で O3b の株式の 45%を保有している(SES の株式保有率は、2016 年末にかけて更に増えていくと予想されている)。また SES は、O3b の最高経営責任者(CEO)や最高財務責任者(CFO)等を輩出しており、O3b の経営方針に大きな影響力を有している¹⁶²。

O3b は元々は、2010 年に一機目の衛星を打ち上げ、2013 年からのサービス開始を予定していた。同社は 2010 年 11 月の時点で、支援組織や投資家、銀行などから総額 12 億ドルの投資を確保する事に成功していた。投資を行った組織には、SES や Google、HSBC 等に加えて、南部アフリカ開発銀行(Development

¹⁶⁰ Peter B. de Selding, "Facebook, Eutelsat To Pay Spacecom \$95M for Ka-band Lease", October 6, 2015, URL: <http://spacenews.com/facebook-eutelsat-to-pay-spacecom-95m-for-ka-band-lease/>

¹⁶¹ "O3b Offices Worldwide", URL: <http://www.o3bnetworks.com/contact/>

¹⁶² "O3b Networks appoints Steve Collar as CEO", February 16, 2011, URL: <http://www.o3bnetworks.com/o3b-networks-appoints-steve-collar-ceo/>

Peter B. de Selding, "Once-mocked O3b Investment Now Force Multiplier for SES", July 13, 2015, URL: <http://spacenews.com/2014-top-fixed-satellite-service-operators-once-mocked-o3b-investment-now-force-multiplier-for-ses/>

Bank of Southern Africa) や Satya Capital 等の途上国への投資を専門とした組織も含まれ、フランス国営の信用保険会社である Coface も O3b の施設にバイヤーズクレジットを提供している¹⁶³。

しかしながら、実際の打ち上げは 2013 年まで延期され、仏 Arianespace が 2013 年 6 月に 4 機、2014 年 7 月に 4 機、同年 12 月に 4 機の計 12 機を Soyuz ミサイルで打ち上げている。これらの打ち上げ成功によって、Arianespace は一躍有名となり、その後多数の衛星事業者らから打ち上げの契約を取り付けている¹⁶⁴。

O3b は Ka 帯を利用して衛星通信ネットワークを構築しており、その地上局は、米国、ペルー、ブラジル、ポルトガル、ギリシャ、ハワイ、パキスタン、オーストラリア等の少なくとも計 9 か所にある。すでにコンゴ、パプアニューギニア、コロンビア、ソロモン諸島、米領サモア等の国や地域の計 40 の顧客(地元の無線通信事業者やインターネットサービスプロバイダ)にインターネットアクセスサービスを提供しており、2010 年には米 ViaSat に計 4,700 万ドル規模の契約を締結し、Ka 帯利用に必要なインフラの製造や設置を委託している¹⁶⁵。

¹⁶³ “O3b Networks Limited raises total funding of US\$1.2 billion, to finance fully the construction and launch of its next generation global satellite constellation.”, November 29, 2010, URL:

<http://www.reuters.com/article/idUS52879+29-Nov-2010+BW20101129>

¹⁶⁴ O3b, “Our Technology at a Glance”, URL: <http://www.o3bnetworks.com/technology/>

Thales group, “Second Batch of Four O3B Satellites Successfully Launched”, July 11, 2014, URL:

<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/third-batch-four-o3b-satellites-successfully-launched>

¹⁶⁵ “O3b Signs Agreement with ViaSat”, March 15, 2015, URL:

<http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=amCKMcU6QpYY>

Hazem Moakkit, “O3b.. an innovative way to use Ka band”, April 14-16, 2014, URL: <http://www.itu.int/en/ITU-R/space/workshops/cyprus-2014/Documents/Presentations/Hazem%20Moakkit%20-%20O3b.pdf>

図表 14 O3b がゲートウェイや PoP を配置している場所



出典： O3b¹⁶⁶

事業当初から多額の投資を集めた O3b は近年、当初の目的であった途上国の通信状況の改善や自社の技術力の向上よりも、出資者への返済に追われるようになり、徐々に先進国の政府や軍、民間組織へのサービス提供にも力を入れるようになった¹⁶⁷。例えば 2014 年 4 月には、米連邦政府調達庁 (GSA) が SES に対し、GSA の調達プログラムにおいて、O3b のサービスを利用する事を認める許可を出した。これにより、O3b のサービスが初めて米国連邦政府の業務に活用されるようになり、政府機関は O3b の持つ周波数帯、ゲートウェイ IP 接続、モデム、地上や海上にあるターミナル等を調達する事ができる。また 2015 年 8 月には、NOAA と O3b の間で、米国サモア領における NOAA の拠点において、O3b のサービスや地上セグメントを利用可能とする契約が結ばれた¹⁶⁸。

また O3b 社、2014 年 11 月より、クルーズ船のクアンタム・オブ・ザ・シーズ (MS Quantum of the Seas) に高速インターネット通信サービスを提供し始めた。同クルーズ船は、衛星を利用した高速 Wi-fi を搭載した初めてのクルーズ船と言われており、乗客は 1 時間 20 ドルからインターネットを利用できる。このほかにも、O3b は更に民間企業向けのサービス拡大を目指しており、例えば沖合にあるエネルギー・プラント等がサービス提供対象として検討されている。また米国政府との取引開始を受けて、米軍 (特に米海軍) も、O3b のサービスに関心を寄せているという情報もある¹⁶⁹。

¹⁶⁶ O3b Networks, “Corporate Brochure”, URL: http://www.o3bnetworks.com/wp-content/uploads/2015/02/Corporate-Brochure-2014_English_1SEP14.pdf

¹⁶⁷ Peter B. de Selding, “Once-mocked O3b Investment Now Force Multiplier for SES”, July 13, 2015, URL: <http://spacenews.com/2014-top-fixed-satellite-service-operators-once-mocked-03b-investment-now-force-multiplier-for-ses/>

¹⁶⁸ “SES Receives Approval from GSA to Sell O3b Services”, July 29, 2014, URL: <http://www.ses.com/4233325/news/2014/19845958#sthash.8FpQt7UE.dpuf>

¹⁶⁹ Nick Barber, “The Quantum of the Seas is a floating heaven for tech geeks at sea”, November 19, 2014, URL: <http://www.computerworld.com/article/2849567/the-quantum-of-the-seas-is-a-floating-heaven-for-tech-geeks-at-sea.html>

4.6 Outernet(支援組織: MDIF、世界銀行、ユニセフ等)

Outernet は、ニューヨーク市に拠点を構える NGO のメディア開発投資財団(Media Development Investment Fund、MDIF)の初期投資 50 万ドルを受けて 2014 年に同市で創設されたスタートアップ企業である。同財団は 1995 年に創設されて以降、報道の自由が許されない国と地域を中心とした、世界の様々な地域に拠点を置く独立メディアに対して低利ローンを提供しており、今回は初の試みとして、スタートアップ企業の Outernet の支援を実施した¹⁷⁰。

2015 年 10 月現在、Outernet は 10 名程度の従業員を擁しており、多数のキューブサットを利用して、ラジオ放送の様にネットのコンテンツを配信し、インターネットアクセスの無い国や地域に住む人々に、「アウトernet」アクセスを提供しようとしている。前述の SpaceX や OneWeb 等の企業が提供を予定しているサービスは、ネット上でのインタラクティブなやり取りを想定したものであるが、Outernet のサービスは、あくまでも一方的にニュース放送や Wikipedia 等のオンライン辞典の情報、災害時の避難情報、無料閲覧可能な電子書籍等を放送することを目的としているため、ユーザは E メールやテキストメッセージ等は利用できない。Outernet が提供するコンテンツについては、ユーザが Outernet にリクエストやコメントの送付を行えるほか、どのコンテンツを配信するかについては、投票等を通して決めることができる。

同社の開発した小型受信デバイス「Lighthouse」を用いれば、ラジオ放送の電波を利用して、衛星地上局からデータを受信できるほか、Wi-Fi ルータのようにしても利用でき、Lighthouse を通して複数端末を Outernet のサービスに接続することができる。Lighthouse 本体の価格は 99.99 ドル程度であるが、サービス自体は無料であり、また Lighthouse の様な受信機が誰でも作成できるよう、同社ソフトウェアとマニュアルをオープンソースとして提供する予定である。Lighthouse が受信できる通信データ量は、2015 年 10 月時点で 1 日辺り 1GB であり、また通信速度は 25Mbps 程度であるが、同社の CEO の Syed Karim 氏は、いずれは 1 日辺り 100GB、もしくはそれ以上を配信することを目指していると語った¹⁷¹。


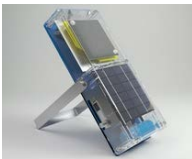


Peter B. de Selding, “Once-mocked 03b Investment Now Force Multiplier for SES”, July 13, 2015, URL: <http://spacenews.com/2014-top-fixed-satellite-service-operators-once-mocked-03b-investment-now-force-multiplier-for-ses/>

¹⁷⁰ Klint Finley, “The Plan to Beam the Web to 3 Billion Unconnected Humans”, July 27, 2015, URL: <http://www.wired.com/2015/07/plan-beam-web-3-billion-unconnected-humans/>

Jonathan Shieber, “Outernet Joins the Space Race For Internet Accessibility”, March 13, 2015, URL: <http://techcrunch.com/2015/03/13/outernet-joins-the-space-race-for-internet-accessibility/>

¹⁷¹ Camilla Costa, “Outernet aims to provide data to the net unconnected”, October 15, 2014, URL: <http://www.bbc.com/news/technology-29593734>
“Outernet”, URL: <https://outernet.is/#user-types>

図表 15 Outernet サービスの受信デバイス

デバイス名	Lighthouse	Lantern	自作キット	Android アプリ
写真				
価格	99ドル	199ドル	35~135ドル	無料
提供通信サービス	固定	固定・モバイル	固定	固定
ディッシュアンテナ	必須	任意	必須	必須
販売開始時期	販売中	2015年11月	販売中	2015年9月
OS	Librarian	Librarian	Librarian	Android
重量	170g	(開発中)	(製品による)	アンドロイドを搭載した、テレビのセットトップボックスを通して利用するため、セットトップボックスの機能による。
大きさ	18x13.25x3.5 cm	(開発中)	(製品による)	
データストレージ量	4GB	4GB/16GB	(製品による)	
バッテリー	無し	有り	無し	
対応電圧/電流	12V/2A	9V/2A	12V/2A	
太陽光発電	不可	可	無し	
Wifi のカバー半径	15メートル	6メートル	未対応	
接続可能機器数	5	(開発中)	(製品による)	

出典： Outernet の資料を基に作成¹⁷²

サービス提供のため利用する衛星について、Outernet 社は、UK Space Agency や、スコットランドの衛星製造企業の Clyde Space 等と提携しており、2016年に自社のキューブサット3機をLEOに打ち上げ予定である。同社はそれまで、他社の衛星を利用してサービスを提供する計画である。また2015年10月時点では、ディッシュアンテナ不要で通信が可能なデバイスのLanternの販売が始まっていないため、ユーザは、自分のいる地域をカバーしている衛星を見分けて、ディッシュアンテナを個別に準備する必要がある。2015年10月時点で、同社のサービスのトランスポンダとなっている衛星と、それぞれが利用している周波数帯、周波数は以下の通り¹⁷³。

¹⁷² “Outernet”, URL: <https://outernet.is/costs>

¹⁷³ Jonathan Shieber, “Outernet Joins the Space Race For Internet Accessibility”, March 13, 2015, URL: <http://techcrunch.com/2015/03/13/outernet-joins-the-space-race-for-internet-accessibility/>

図表 16 Outernet サービスを利用するための地域別トランスポンダ

地域	トランスポンダ名	周波数帯	周波数
北米	Galaxy 19	Ku 帯	11,929 MHz
	Eutelsat 113W	Ku 帯	12,089 MHz
中米	Galaxy 19	Ku 帯	11,929 MHz
	Eutelsat 113W	Ku 帯	12,089 MHz
南米	Eutelsat 113W	Ku 帯	12,089 MHz
欧州	HotBird 13E	Ku 帯	11,471 MHz
	Intelsat IS-20	Ku 帯	12,522 MHz
アフリカ	Intelsat IS-20	Ku 帯	12,522 MHz
中東	HotBird 13E	Ku 帯	11,471 MHz
	Intelsat IS-20	Ku 帯	12,522 MHz
	AsiaSat 5	C 帯	3,960 MHz
アジア(ロシア含)	AsiaSat 5	C 帯	3,960 MHz
	ABS-2	Ku 帯	11,734 MHz
オセアニア	AsiaSat 5	Ku 帯	3,960 MHz

出典: Outernet¹⁷⁴

Outernet を支援している組織には、世界銀行やユニセフ、オランダの放送局の RNW 等がある。これらの組織は、Outernet の強力な支援者であると見られるが、一方で米 Wired 誌は、これらの支援団体によるコンテンツ面への干渉が、Outernet の事業の課題になるとも分析している。世界銀行やユニセフ、RNW は、Outernet に資金を提供することで、自組織のコンテンツを優先的に Outernet を通して配信しようと考えており、これはネットワークの中立性の原則に反することとなるほか、ネット上の自由を提唱する団体等の反発を受ける可能性がある。また同社のもう一つの課題は、言語や宗教、必要なコンテンツが異なる各地域のユーザにどのように適切な言語や文化的背景、内容を持つコンテンツを適確に送付するかということである¹⁷⁵。

Outernet のサービス概念そのものでもあり、また SpaceX や OneWeb、O3b 等の他サービスとの競争になった場合に Outernet の弱点ともなり得るコンテンツの一方配信について、同社代表の Karim 氏は、情報の検閲が行われている国や地域では、一方的に情報を配信できる Outernet のサービスの方が参加が容易であり、早い段階でユーザに情報を送り届けることができるとの見解を示している¹⁷⁶。

¹⁷⁴ Outernet, "Coverage and transponder settings", URL:

https://wiki.outernet.is/wiki/Coverage_and_transponder_settings

¹⁷⁵ Clint Finley, "The Plan to Beam the web to 3 Billion Unconnected Humans", July 27, 2015, URL:

<http://www.wired.com/2015/07/plan-beam-web-3-billion-unconnected-humans/>

¹⁷⁶ Jonathan Shieber, "Outernet Joins the Space Race For Internet Accessibility", March 13, 2015, URL:

<http://techcrunch.com/2015/03/13/outernet-joins-the-space-race-for-internet-accessibility/>