

衛星通信システムの最新動向

2017年1月31日

衛星を巡る諸問題に関する調査検討作業班 資料

目次

- 全体概要
- Ka帯衛星システム(静止衛星)の動向
- 非静止衛星システムの動向

全体概要

全体概要

■ Ka帯衛星システムの動向

- 静止衛星コンステレーションによるグローバルカバレッジの整備。航空・海上向けにシームレスなサービス提供を実現。
- 従来の欧米カバレッジに加え、アフリカ、南米向けカバレッジを有する衛星が増加。
- 今後、設計容量としては数100Gbps～1Tbpsの大型衛星が計画。通信速度としては、移動体向けに数10～数100Mbps、固定向けに数100～1Gbpsの高速サービス提供が計画。

■ 非静止衛星システムの動向

- 中軌道衛星システム(数10機のコンステレーション)、低軌道衛星システム(数100～数1000機のコンステレーション)が複数計画。赤道上加え、傾斜軌道、極軌道による極域を含めたグローバルカバレッジを整備。
- 使用周波数として、Ku帯、Ka帯に加え、V帯の利用が計画。
- 通信速度としては、数10Mbps～1Gbps程度の高速サービス提供が計画。加えて、静止軌道に比べ、低遅延のサービス提供が可能に(低軌道:20～30msec、中軌道:150msec)。
- 一部システムでは、静止衛星システムとの連携も計画。中軌道衛星－静止衛星間の通信ネットワーク構築も検討。
- なお、Ku帯、Ka帯、V帯等の非静止衛星システム、及びイリジウムNEXTでのL帯サービスリンクを用いたサービスを国内で展開する場合、現行制度は存在しないことから、新たな制度化が必要。

Ka帯静止衛星システム：調査概要(1/2)

事業者名	Hughes		Viasat			NBN
衛星名称	EchoStar17	EchoStar19	Viasat-1	Viasat-2	Viasat-3	NBN (Sky Muster)
衛星機数	1機	1機	1機	1機	3機	2機
カバレッジ	北米	北米	米国、カナダ、アラスカ、ハワイ	北米、中米、カリブ海、米-欧間の空海	極域を除く全球	オーストラリア
中継器容量	100 Gbps	150 Gbps	140Gbps	350Gbps	1 Tbps	90 Gbps
ビーム	Ka:60	Ka:120	Ka: 72	Ka:125	Ka:1000以上	・Ka:101
使用周波数	18.3-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz 28.35-29.1 GHz 29.25-30.0 GHz	18.3-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz 27.85-29.1 GHz 29.25-30.0 GHz	18.3-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz 28.1-29.1 GHz 29.5-30.0 GHz	18.3-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz 28.1-29.1 GHz 29.5-30.0 GHz	18.3-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz 28.1-29.1 GHz 29.5-30.0 GHz	17.7-20.2 GHz 27.0-30.0 GHz
通信速度	インターネット向け: D/L: 15Mbps U/L: 2Mbps		インターネット向け: D/L: 18Mbps U/L: 8Mbps 航空機向け: D/L: 70-100Mbps U/L: 2.5-20Mbps		エンタープライズ向け: 1Gbps 航空機向け: 数100Mbps インターネット向け: 100Mbps	インターネット向け: D/L: 25Mbps U/L: 5Mbps
日本でのサービス展開予定	カバレッジ外		カバレッジ外		未定 ※2019-2020年に2機の打上げを計画。アメリカ、欧州、アフリカ、中東をカバー。 ※3機目はアジア・太平洋をカバー予定。	カバレッジ外

Ka帯静止衛星システム：調査概要(2/2)

事業者名	Inmarsat	Telenor	Eutelsat	Yahsat		Hispasat
衛星名称	Inmarsat-5	Thor7	KA-SAT	Yahsat 1B	AI Yah 3	Amazonas5
衛星機数	3機	1機	1機	1機	1機	1機
カバレッジ	極域除く全球	欧州、北海、ノルウェー海、紅海、バルト海、ペルシャ湾、地中海、北極	ヨーロッパ、北アフリカ、中東	ヨーロッパ、アフリカ、中央・東アジア、東南アジア	ブラジル、アフリカ	ブラジル、ラテンアメリカ
中継器容量	<Global> 6Gbps <High Capacity> 6Gbps	Ka: 6~9Gbps Ku: 33MHz×11トランスポンダ	90Gbps	15Gbps	50Gbps	Ku: 24トランスポンダ Ka: N/A
ビーム	<Global> Ka: 89 <High Capacity> Ka: 6 走査ビーム	Ka: 欧州30、北極1 1走査ビーム Ka: 欧州ビーム	Ka: 82	Ka: 60(商用)	Ka: 58	Ka: 35
使用周波数	<Global> 18.2-20.2 GHz 28.0-30.0 GHz <High Capacity> 17.7-18.2 GHz 19.2-19.7 GHz 27.5-28.0 GHz 29.0-29.5 GHz	Ka: 19.7-20.2 GHz 29.5-30.0 GHz Ku: 11.7-12.5 GHz 17.3-18.1 GHz	18.2-20.2 GHz 28.0-30.0 GHz	17.7-18.8 GHz 19.7-21.2 GHz 28.0-29.1 GHz 29.5-31.0 GHz	Ka(N/A)	Ku,Ka(N/A)
通信速度	航空機・船舶向け: D/L: 50Mbps U/L: 5Mbps	船舶向け: D/L: 数10Mbps U/L: 2-6Mbps	航空機向け: 100Mbps インターネット向け: D/L: 22Mbps U/L: 6Mbps	インターネット向け: D/L: 35Mbps U/L: 5Mbps	N/A	
日本でのサービス展開予定	2017年	カバレッジ外	カバレッジ外	カバレッジ外	カバレッジ外	

非静止衛星システム(MEO):調査概要

事業者名	O3b	Viasat	Boeing (Ka帯)
衛星機数	O3bN ¹ :24機、O3bI ² :12機	24機	3コンステレーション、計60機
軌道高度	O3bN:約8,400km O3bI:約8062km	約8200km	27,355 -4,422km ※楕円軌道
製造者	Thales Alenia Space	N/A	Boeing
利用周波数帯 ※サービスリンクおよび フィーダリンク	FCC承認済み: 17.80-18.60 GHz 18.80-19.30 GHz 27.60-28.40 GHz 28.60-29.10 GHz FCC申請済み: 17.70-20.20 GHz 27.50-30.00 GHz	FCC申請済み: 17.80-19.30 GHz 19.70-20.20 GHz 27.50-29.10 GHz 29.50-30.00 GHz 37.50-42.00 GHz 47.20-50.20 GHz 50.40-51.40 GHz	FCC申請済み: 17.80-19.30 GHz 19.30-19.70 GHz 19.70-20.20 GHz 27.60-29.10 GHz 29.10-29.50 GHz 29.50-30.00 GHz
レイテンシ	150ms以下	150ms	N/A
スループット	1.6Gbps per beam/ 84Gbps per 8 satellite	N/A	N/A
通信速度	バックホール向け:1Gbps 船舶向け:350Mbps	N/A	D/L:最低25Mbps U/L:最低3Mbps
日本でのサービス展開予定	未定 ※O3bNIによるサービスは日本国外において提供中	未定	未定

- 1.赤道上の周回軌道を利用したMEO衛星コンステレーション
- 2.軌道傾斜角76度no2つの軌道を利用したMEO衛星コンステレーション

非静止衛星システム(LEO): 調査概要

事業者名	OneWeb	SpaceX	LeoSat	Iridium (Iridium-Next)	Boeing (V帯)
衛星機数	882機	4425機以上	120 - 140機	66機	1396-2956機
軌道高度	約1200km	約1150km	約1400km	約780km	軌道により異なるが、約1200kmまたは約1000km
製造者	Airbus Defence & Space	SpaceX	Thales Alenia Space	Thales Alenia Space	Boeing
利用周波数帯 ※サービスリンクおよびフィーダリンク	FCC申請済み: 10.70-12.70 GHz 14.00-14.50 GHz 17.80-18.60 GHz 18.80-19.30 GHz 27.50-29.10 GHz 29.50-30.00 GHz	FCC申請済み: 10.70-12.70 GHz 14.00-14.50 GHz 17.80-18.60 GHz 18.80-19.30 GHz 27.50-29.10 GHz 29.50-30.00 GHz	FCC申請済み: 17.80-18.30 GHz 18.30-18.60 GHz 19.30-19.70 GHz 19.70-20.20 GHz 18.80-19.30 GHz 27.50-28.35 GHz 28.35-28.60 GHz 29.50-30.00 GHz 28.60-29.10 GHz	FCC承認済み: 1616-1627 MHz 19.40-19.60 GHz 22.18-23.38 GHz 29.10-29.30 GHz	FCC申請済み: 37.50-42.50 GHz 47.20-50.20 GHz 50.40-52.40 GHz
レイテンシ	30ms以下	25-35ms	20ms以下	N/A	N/A
スループット	7.5 Gbps per satellite	17-23 Gbps per satellite	1.6 Gbps per link	N/A	N/A
通信速度	D/L: 50Mbps U/L: 25Mbps	1 Gbps per user	1.2 Gbps	D/L: 最大1.5Mbps U/L: 最大512kbps	D/L: 最低25Mbps U/L: 最低3Mbps
日本でのサービス展開予定	未定 ※当該衛星システムのサービス開始は2020年を計画	未定 ※当該衛星システムのサービス開始は2020年を計画	未定 ※当該衛星システムのサービス開始は2021年を計画	予定あり(具体的時期は未定) ※衛星は2018年にリリース配備完了予定	未定

Ka帯衛星システム(静止衛星)の動向

- Inmarsat社
- Telenor社
- Viasat社
- Hughes社
- Eutelsat社
- NBN社
- Yahsat社
- Hispasat社

Inmarsat社:概要

- 1979年に設立された、国際機関である国際海事衛星機構 (INMARSAT) の事業部分を引き継いだ企業であり、本社をロンドンに置く。現在11の衛星を所有。
- 2013年～2015年にかけて打上げられた、Ka帯を用いたInmarsat-5によるGlobal Xpressサービスは、3機のコンステレーションにより、全世界で使用可能なネットワークを構築。
- 今後、Ka帯とL帯の双方のトランスポンダを搭載した次世代通信衛星 (Inmarsat-6) 2機の打ち上げを計画しており、Airbus Defence and Space 社が契約。1機目のF1衛星は2020年までに打ち上げを予定。
- 2017年以降、エンタープライズ、政府、移動体向けにブロードバンドサービスを提供予定。主な移動体向けサービスは下表の通り。

主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
I-5 F1/F2/F3	12Gbps/1衛星	89/1衛星	2013年12月、2015年2月、2015年8月
I-6 F1/F2	N/A (Ka帯、L帯)	N/A	2020年以降

Ka帯衛星システムを利用した移動体向けサービス

サービス名	GX Aviation (航空機向け)	Fleet Xpress (船舶向け)
概要	航空機向けブロードバンドサービスであり、旅客向けの機内Wifi等に活用	船舶向けブロードバンドサービスであり、業務用ネットワークや船員向けWifi等に活用。従来のL帯回線との組み合わせにより、高い接続率を維持。
通信速度	(上り)最大5Mbps (下り)最大50Mbps	(上り)最大5Mbps (下り)最大50Mbps
利用衛星	I-5F1/F2/F3 および予備機1機	I-5F1/F2/F3 および予備機1機
地球局	航空機胴体設置: 74(l)x44(w)x14(h) 航空機尾翼設置: 13(l)x12(w)x13.7(h)	60cmクラスアンテナ 100cmクラスアンテナ
サービス地域	極地を除く全球	極地を除く全球

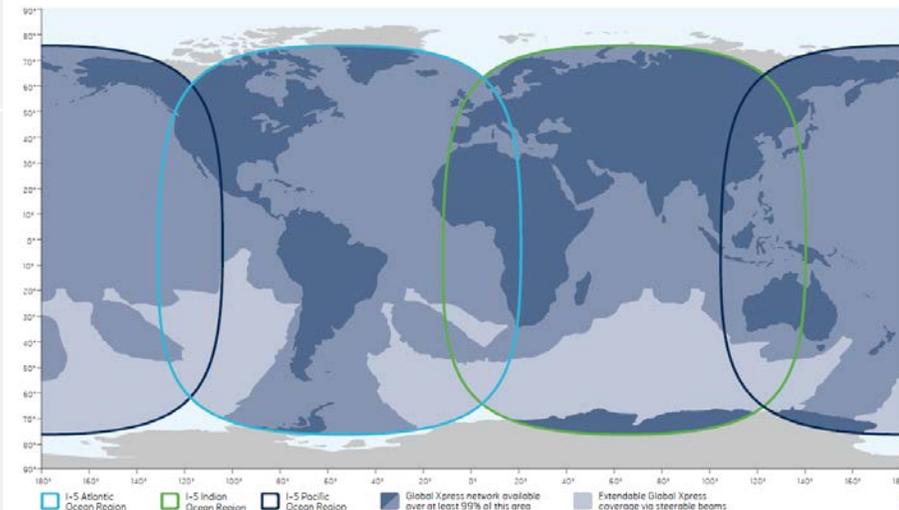
Inmarsat社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるInmarsat-5の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	Inmarsat-5	
軌道位置	F1: GEO,63E, F2: GEO,55W, F3: GEO,180W	
カバレッジ	極域除く全球	
製造メーカー	Boeing	
バス	Boeing 702HP	
設計寿命	15年	
中継器容量	<Global> 40MHz × 72, >6Gbps	<High Capacity> 125MHz × 8, ~6Gbps
ビーム	<Global> Ka: 89 (スポットビーム)	<High Capacity> Ka: 6 (走査ビーム)
使用周波数	<Global> Uplink 29.5-30.0GHz (User) 28.0-29.5GHz (Gateway)	<High Capacity> Uplink 29.0-29.5GHz (User) 27.5-28.0GHz (Gateway)
	Downlink 19.7-20.2GHz (User) 18.2-19.7GHz (Gateway)	Downlink 19.2-19.7GHz (User) 17.7-18.2GHz (Gateway)



出所) Inmarsat社Webサイト



出所) Inmarsat社Webサイト

Telenor社:概要

- Telenor Satellite Broadcasting社は1988年に創業され、ノルウェーに本社を置くTelenorグループの100%子会社である。
- 同社は現在4機の衛星を運用すると共に、Thor10-02 衛星のトランスポンダーの一部を所有している。そのうち、Ka帯衛星はThor-7である。
- 同社は、海運業界および石油・ガス業界、放送業界等を中心として企業向け通信サービスを主要サービスとしてきた。2015年に打ち上げられたThor-7のKa帯ビームは、主に船舶向けVSAT衛星通信サービスへの適用を予定している。

主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
Thor-7	6~9Gbps	30	2015年4月

Ka帯衛星システムを利用した移動体向けサービス

サービス名	Maritime/VSAT
概要	iDirect社のiDirect Velocityプラットフォームを用いて、船舶向けにVNOサービスを提供。上り2~6Mbps程度、下り数10Mbps程度の通信速度、アベイラビリティ99.5%を実現。
通信速度	(上り)2~6Mbps (下り)数10Mbps (CIR:32Kbps~2048Kbps, MIR:128Kbps~8192Kbps)
利用衛星	Thor-7
地球局	60cmアンテナ、100cmアンテナ(Cobham社製, Intellian社製等を使用)

Telenor社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるThor-7の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	Thor 7
軌道位置	GEO, 1W
カバレッジ	欧州、北海、ノルウェー海、紅海、バルト海、ペルシヤ湾、地中海、北極
製造メーカー	Space Systems/Loral
バス	SSL-1300
設計寿命	15年
中継器容量	Ka: 6~9Gbps (25トランスポンダ) Ku: 33MHz × 11 (21BSSチャンネル)
ビーム	Ka: 欧州ビーム30 (スポットビーム) ※25 ビーム同時稼働 北極ビーム1 (スポットビーム) 1 走査型ビーム Ku: 欧州ビーム
使用周波数	Ka Uplink: 29.5-30.0GHz Downlink: 19.7-20.2GHz Ku Uplink: 17.3-18.1GHz Downlink: 11.7-12.5GHz



出所) Telenor Satellite社Webサイト



出所) Telenor Satellite社Webサイト

Viasat社:概要

- 1986年に創業され、米国に本社を置く。2009年にWildBlue社を買収し、米国内のサービスネットワークを強化するとともに、各国のパートナーを通じて他地域へもサービスを展開。
- ViaSat社は、現在2機の衛星を所有するとともに、Telesat社が所有するAnik-F2のトランスポンダの一部を利用。
- ViaSat-1は、北米地域にカバレッジを有し、コンシューマ向け／企業向けブロードバンドサービス(Exede Internet:下り最大18Mbps)、航空機向けインターネットサービスに利用。2017年に打上げ予定のViaSat-2により、大容量化が図られると共に、カバレッジが従来の北米から、大西洋を含めた地域まで拡大される予定。
- 2015年11月9日、3機のKa帯衛星コンステレーションにより全球をカバーするViaSat-3衛星の計画を発表。エンタープライズ、航空機向けサービスの大容量化、政府用航空機向け通信サービスの拡充を計画。

主なKa帯衛星システム

衛星名称	中継器容量	ビーム数	打上げ日
Anik-F2 (Telesat) ※トランスポンダの一部を利用	2.0 Gbps	45	2004年7月
WildBlue-1 ※所有	7.0 Gbps	35	2006年12月
ViaSat-1 ※所有	140.0 Gbps	72	2011年10月
ViaSat-2	350.0 Gbps	125	2017年(予定)
Viasat-3	1 Tbps	1000	2019-2021年(予定)

Ka帯衛星システムを利用した移動体向けサービス

	Exede In the Air	Viasat-3将来サービス
概要	北米(将来は大西洋～欧州)における航空機向けブロードバンドサービスであり、旅客向けWifiに活用。	企業向けにネットワーク構築や可搬局提供、インターネット接続等のサービスを提供。
通信速度	(下り)航空機向け:70～100Mbps (上り)航空機から衛星向け:2.5～20Mbps	航空機向け:数100Mbps (固定サービスでは、家庭向け:100Mbps、エンタープライズ向け:1Gbps を予定)
利用衛星	ViaSat-1、ViaSat-2(予定)	ViaSat-3
地球局	2540(94.7cm)、2532(80.7cm)アンテナ	—

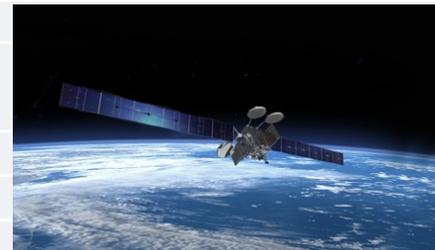
Viasat社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるViasat-1、2の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

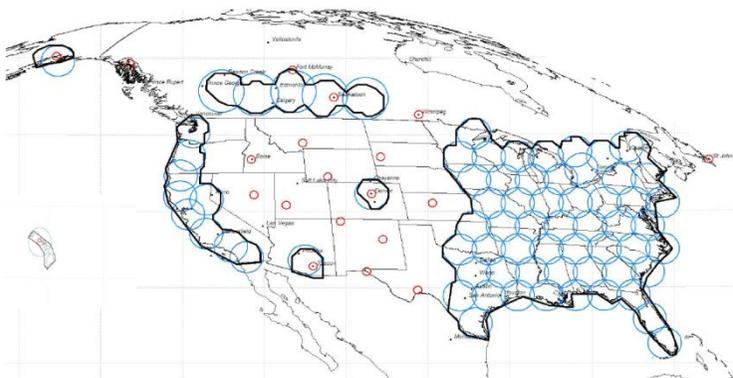
衛星名称	Viasat-1		Viasat-2	
軌道位置	GEO, 115° W		GEO, 70° W	
カバレッジ	米国、カナダ、アラスカ、ハワイ		北米、中米、カリブ海、米-欧間の空海	
製造メーカ	Space Systems/Loral		Boeing Satellite Systems	
バス	LS-1300		BSS-702HP	
設計寿命	15年		15年	
中継器容量	140Gbps		350Gbps	
ビーム	Gateway: 20 (スポットビーム) Use: 72 (スポットビーム)		125(スポットビーム)	
使用周波数	Uplink (Gateway)	Uplink (User)	Uplink (Gateway)	Uplink (User)
	28.1-29.1GHz	28.35-29.1GHz	28.1-29.1GHz	28.35-29.1GHz
	29.5-30.0GHz	29.5-30.0GHz	29.5-30.0GHz	29.5-30.0GHz
	Downlink		Downlink	
	18.3-19.3GHz		18.3-19.3GHz	
	19.7-20.2GHz		19.7-20.2GHz	



出所) Viasat社Webサイト



出所) Viasat社Webサイト



出所) Viasat, International Bureau Presentation, 2011 15



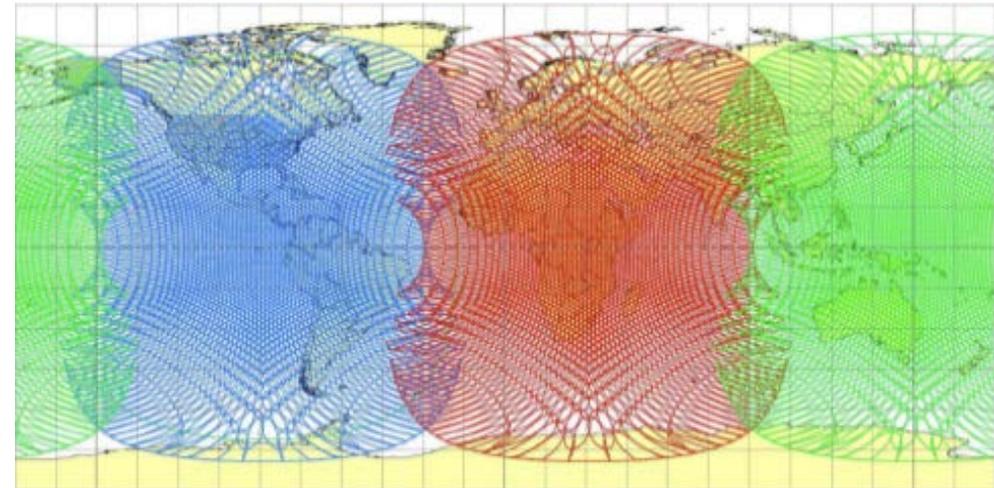
出所) Viasat社Webサイト

Viasat社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるViasat-3の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	Viasat-3
軌道位置	GEO (3機)
カバレッジ	極域を除く全球
製造メーカー	Boeing
バス	Boeing 702
設計寿命	—
中継器容量	1 Tbps/ 衛星
ビーム	Ka:1000以上(スポットビーム)
使用周波数	Uplink (Gateway) 28.1-29.1GHz 29.5-30.0GHz Uplink (User) 28.35-29.1GHz 29.5-30.0GHz Downlink 18.3-19.3GHz 19.7-20.2GHz

※FCC申請情報より



出所) Viasat, 32nd Space Symposium, 2016

Hughes社:概要

- 本社を米国に置く、北米最大の衛星ブロードバンドインターネットサービスプロバイダ。また、エンタープライズ向け衛星ネットワークソリューションの世界のリーディングカンパニー。現在、EchoStar社の子会社。
- 主な衛星通信サービスは、ブロードバンドインターネット接続サービス「HughesNet Gen4」。直径66cm程度のユーザアンテナを使用し、下り最大15Mbps、上り最大2Mbpsの通信速度を提供。
- Global Eagle Entertainment社と提携し、Jupiter2衛星を用いて、2016年後半より旅客機向けに機内インターネットサービスを提供予定。北米地域において、航空機1機に対し、200Mbpsの通信速度を提供。
- 3機のKa帯衛星を運用。Spaceway3は再生中継方式を採用。一方、Jupiter1,2はベントパイプ方式を採用、非常に大きな設計容量を確保。

主なKa帯衛星システム

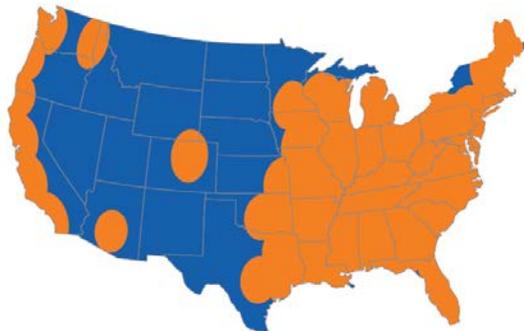
Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
SPACEWAY3	10 Gbps	110	2007年8月
EchoStar17/Jupiter1	100 Gbps	60	2012年7月
EchoStar19/Jupiter2	150 Gbps	120	2016年12月

Ka帯衛星システムを利用した移動体向けサービス

サービス名	航空機向けブロードバンド
概要	北米において、航空機向けブロードバンドサービスを展開予定。機内インターネットに活用。Global Eagle Entertainment社と提携し、航空機1機に対し、200Mbpsの通信速度を提供。
通信速度	200Mbps(航空機向け)
利用衛星	Jupitor-2
地球局	—

Hughes社: Ka帯衛星システム諸元

衛星名称	EchoStar 17 (Jupiter 1)	EchoStar 19 (Jupiter 2)
軌道位置	GEO, 107.1° W	GEO, 97.1° W
カバレッジ	北米	北米
製造メーカー	Space Systems Loral	Space Systems Loral
バス	SSL 1300	SSL 1300
設計寿命	15年以上	15年以上
中継器容量	100 Gbps	150 Gbps
ビーム	Ka: 60 (スポットビーム)	Ka: 120 (スポットビーム)
使用周波数	DownLink 18.3-18.8 GHz 18.8-19.3 GHz (Non-interference basis) 19.7-20.2 GHz UpLink 28.35-28.6 GHz 28.6-29.1 GHz (secondary basis) 29.25-29.5 GHz 29.5-30.0 GHz	Downlink 18.3-18.8 GHz 18.8-19.3 GHz (Non-interference basis) 19.7-20.2 GHz UpLink 27.85-28.35 GHz (secondary basis) 28.35-28.6 GHz 28.6-29.1 GHz (secondary basis) 29.25-30.0 GHz



- EchoStar® XVII Satellite Coverage
- SPACEWAY® 3 Satellite Coverage

Eutelsat社: 概要

- 1977年に創業されたEutelsat社は、フランスに本社を置く、老舗衛星事業者。2015年11月現在38機の衛星が運用されており、今後3年以内にさらに6機が打ち上げられる予定。
- 2010年に打ち上げられたKA-SATは、ヨーロッパ初のHTSとして、コンシューマー向けインターネット接続（下り最大22Mbps）や、企業・政府向けネットワークサービスに利用されると共に、航空機向けインターネットサービス（下表）に利用。
- ラテンアメリカのブロードバンドサービス提供を目的としたEutelsat 65WAなど、Ka帯HTSのカバレッジを拡大中。なお、Eutelsat 36Cのカバレッジは欧州側ロシア中心。

主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
KA-SAT	90Gbps	82	2010年12月
Eutelsat 3B	9 Ka トランスポンダ	5	2014年5月
Eutelsat 36C	70 Ku/Ka トランスポンダ	N/A	2015年12月
Eutelsat 65WA	24Gbps	24	2016年3月

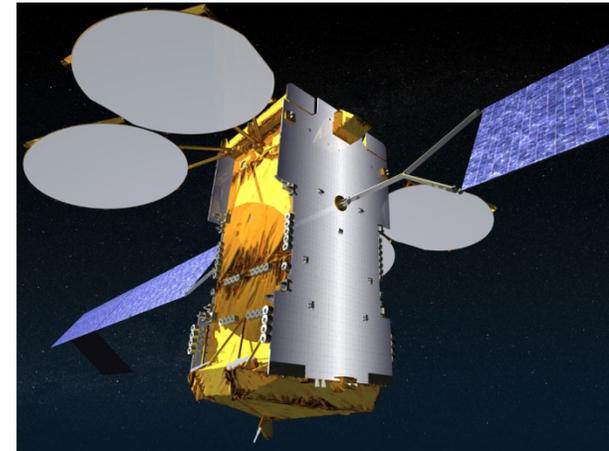
Ka帯衛星システムを利用した移動体向けサービス

サービス名	Eutelsat Air Access
概要	欧州における航空機の乗客に安定したインターネット接続環境を提供。他のKa帯HTS衛星とローミングすることで、北米等、サービス提供地域を今後拡大する予定。
通信速度	(TCP)100Mbps
利用衛星	KA-SAT
地球局	75cmアンテ、120cmアンテナ

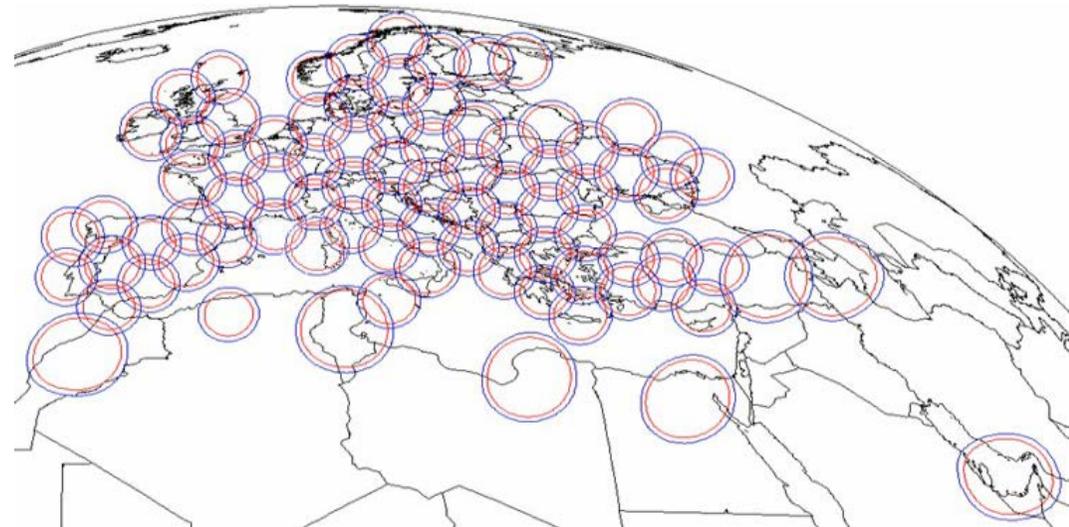
Eutelsat社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるKA-SATの主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	KA-SAT
軌道位置	GEO, 9E
カバレッジ	ヨーロッパ、北アフリカ、中東
製造メーカー	EADS Astrium
バス	Eurostar E3000
設計寿命	16年
中継器容量	90Gbps
ビーム	82(スポットビーム)
使用周波数	Uplink: 29.5-30.0GHz (User) 28.0-29.5GHz (Gateway) Downlink: 19.7-20.2GHz (User) 18.2-19.7GHz (Gateway)



出所) Eutelsat社Webサイト



出所) Eutelsat, Services and possible applications, 2012

NBN社:概要

- NBN Coは2009年4月に設立、本社をオーストラリアに置く国営企業。オーストラリア全域の新たなブロードバンドネットワークの構築と運用を実施。
- NBNのネットワークは、光ファイバネットワーク(FTTP、FTTN、HFC)、固定無線ネットワーク、衛星通信ネットワークで構成し、都市部からルーラル地域をカバー。
- 衛星通信サービス(Sky Muster)は、2機の衛星を打上げ済。Sky Musterが提供するインターネット接続サービスの通信速度オプションは以下の通り。ユーザアンテナ径は80,120,180,240cm。
 - ① 下り:12Mbps, 上り:1Mbps
 - ② 下り:25Mbps, 上り:5Mbps

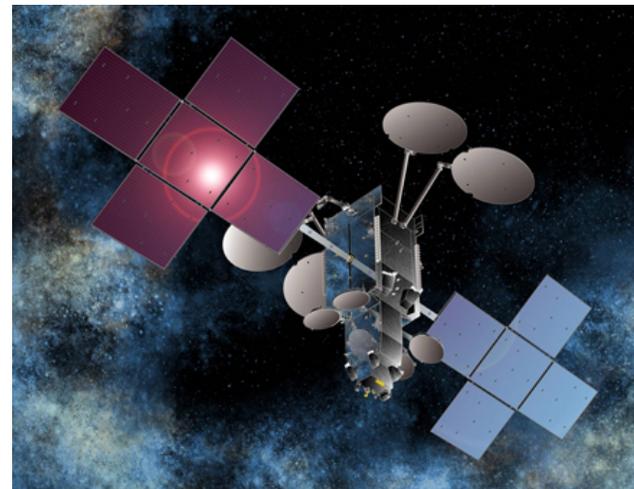
主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
NBNCO-1A (Sky Muster1)	90 Gbps	101	2015年9月
NBNCO-1B (Sky Muster2)			2016年10月

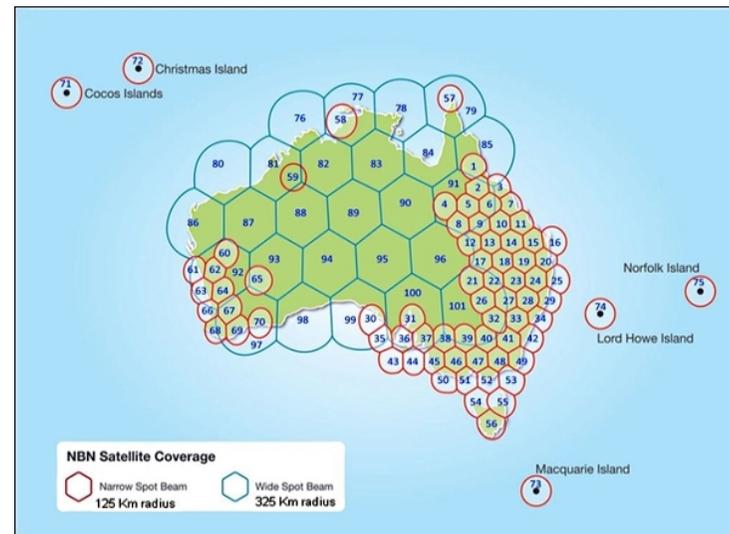
NBN社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるNBN(Sky Muster)の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	NBN (Sky Muster)
軌道位置	NBNCO-1A: GEO, 140° E NBNCO-1B: GEO, 145° E
カバレッジ	オーストラリア
製造メーカー	Space Systems Loral
バス	SSL 1300
設計寿命	15年以上
中継器容量	90 Gbps
ビーム	<ul style="list-style-type: none"> ・101 スポットビーム(User) <ul style="list-style-type: none"> －75 小型スポットビーム (260km) －26 大型スポットビーム (700km) ・10 スポットビーム(gateway)
使用周波数	17.7-20.2GHz 27.0-30.0GHz



出所)NBN社Webサイト



出所)NBN社Webサイト

Yahsat社:概要

- Yahsatは、UAEに本社を置く民間の株式会社であり、政府系投資ファンドであるMubadalaが株式の100%を保有。2007年に設立。
- 現在2機のデュアルユース通信衛星と地上設備を運用中。Y1AはC帯及びKu帯(BSS)を商用、Ka帯を政府用に使用。Y1Bは60のスポットビームを有するHTSであり、ブロードバンドインターネット接続サービスYahClick等を提供するほか、政府用ペイロードを搭載。欧州、アフリカ、中東、アジア地域をカバー。
- 2017年に新たなHTS「Al Yah 3」を打上げ予定。ブラジルとアフリカ西部をカバー。
- インターネット接続サービスYahClickは、下り最大35Mbps、上り最大5Mbpsの通信速度を提供。ユーザアンテナのサイズは74cm、98cm、120cm。

主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
Y1A	C帯:36MHz×8トランスポンダ 54MHz×6トランスポンダ Ku帯(BSS):33MHz×25トランスポンダ Ka帯:政府用ペイロード(軍事用)	—	2011年4月
Y1B	Ka帯:15 Gbps	60	2012年4月
Al Yah 3	Ka帯:50 Gbps	58	2017年Q1

Yahsat社: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるYahsat 1B、Al Yah 3の主要諸元とカバレッジを以下に示す。

衛星名称	Yahsat 1B (Y1B)	Al Yah 3
軌道位置	47.5° E	20° W
カバレッジ	ヨーロッパ、アフリカ、中央・東アジア、東南アジア	ブラジル、アフリカ
製造メーカー	Airbus、Thales Alenia Space	Orbital ATK
バス	Eurostar-3000	GEOStar-3
設計寿命	15年	15年
中継器容量	15 Gbps 商用: 110MHz × 25トランスポンダ 政府用: 54MHz × 21トランスポンダ	50 Gbps
ビーム	60 (スポットビーム) (商用)	58 (スポットビーム)
使用周波数	17.7-18.8GHz 19.7-21.2GHz 28.0-29.1GHz 29.5-31.0GHz	Ka (N/A)

Al Yah 3 カバレッジ
Coverage Contour Maps*

Brazil



Africa



*Maps are for illustrative purposes only to show general commercial Ka-band coverage areas. This does not depict exact service locations

出所) Orbital ATK社Webサイト

Hispasat: 概要

- Hispasatは、スペインに本社を置く衛星通信事業者。イベリア半島から南米に高いプレゼンスを保有。
- DTHに加え、バックボーン接続、インターネット接続、モバイル通信等のサービスを提供。
- Amazonas 3衛星は、南米に初めてKa帯HTSを用いた衛星ブロードバンド接続サービスを提供。今後、より大容量のHTSであるAmazonas 5衛星を打上げ、南米向けのカバレッジを拡大する予定。

主なKa帯衛星システム

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
Hispasat 30W-5	54 トランスポンダ (Ku帯、Ka帯)	—	2010年12月
Amazonas 3	Ka帯: 9トランスポンダ (user) 4トランスポンダ (Gateway) Ku帯: トランスポンダ C帯: 19トランスポンダ	Ka: 9	2013年2月
Hispasat 36W-1 (Hispasat AG1)	Ka帯: 144MHz × 3トランスポンダ Ku帯: 33 & 36MHz × 20トランスポンダ	—	2017年予定
Hispasat 30W-6 (Hispasat 1F)	Ka帯: 225MHz (7スポットビーム) Ku帯: 36 & 72MHz × 40トランスポンダ C帯: 36 & 72MHz × 10トランスポンダ	Ka: 7	—
Amazonas 5	Ka帯: 35スポットビーム Ku帯: 24トランスポンダ	Ka: 35	2017年予定

Hispasat: Ka帯衛星システム諸元

- 主要なKa帯衛星システムであるAmazonas 5 の主要諸元を以下に示す。

衛星名称	Amazonas 5
軌道位置	GEO, 61° W
カバレッジ	ブラジル、ラテンアメリカ
製造メーカー	Space Systems Loral
バス	SSL 1300
設計寿命	15年
中継器容量	Ku:24トランスポンダ Ka:35スポットビーム
ビーム	Ka:35(スポットビーム)
使用周波数	Ka(N/A), Ku(N/A)



出所) Hispasat社Webサイト

非静止衛星システムの動向

- O3b社
- OneWeb社
- SpaceX社
- LeoSat社
- Iridium社
- Viasat社
- Boeing社

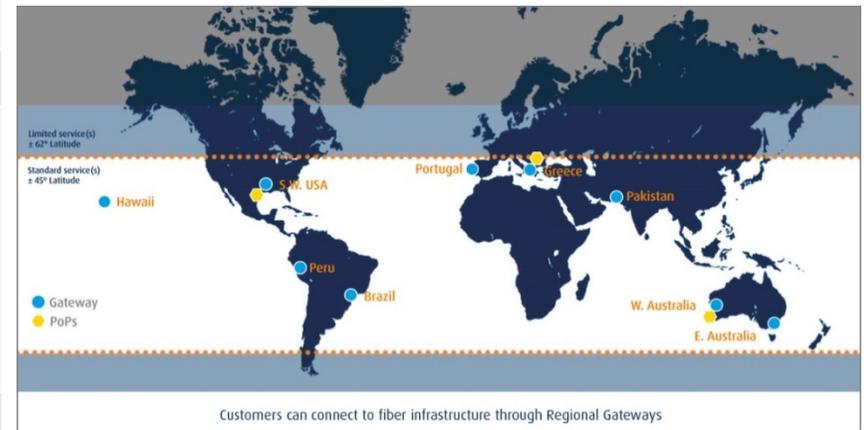
O3b社: サービス概要、衛星システム概要

- 2007年に創業され、本社をオランダに置く。なお、今年8月にSES社により買収されている。
- インターネットで繋がることが出来ない発展途上国に住む「Other 3 billion (残り3億)」の人々に高速で低価格のインターネットサービスを提供することを目指し、中軌道衛星(MEO)を運用している。
- 提供サービスとしては、トランキング、バックホール通信、エネルギー産業向け衛星通信、海洋向け衛星通信、政府用衛星通信等を提供している。
- ITUには4つの衛星通信網を申請しており、うち2つが運用開始、1つが国際調整、残る1つがAPI提出の段階にある。

O3b衛星 コンステレーションの詳細

衛星機数	O3bN: 24機(内、12機打ち上げ済み)、O3bl: 12機
軌道高度	O3bN: 8,400km、O3bl: 8062km
製造者	Thales Alenia Space
利用周波数帯	FCC承認済み: 17.8-18.6 GHz (S&G D/L), 18.8-19.3 GHz (S&G, TT&C D/L) 27.6-28.4 GHz (S&G U/L), 28.6-29.1 GHz (S&G, TT&C U/L) FCC申請済み: 17.7-20.2 GHz, 27.5-30.0 GHz 注)・27.5-30.3 GHz: U/L 17.7-18.6, 18.8-20.2 GHz: D/L ・18.6-18.8 GHz帯は米国市場では利用予定なし
レイテンシ	150ms以下
スループット	1.6 Gbps per beam/84Gbps per 8 sat
通信速度	バックホール向け: 1Gbps 船舶向け: 350Mbps

O3b衛星コンステレーションのカバレッジ



出所) O3b社Webサイト

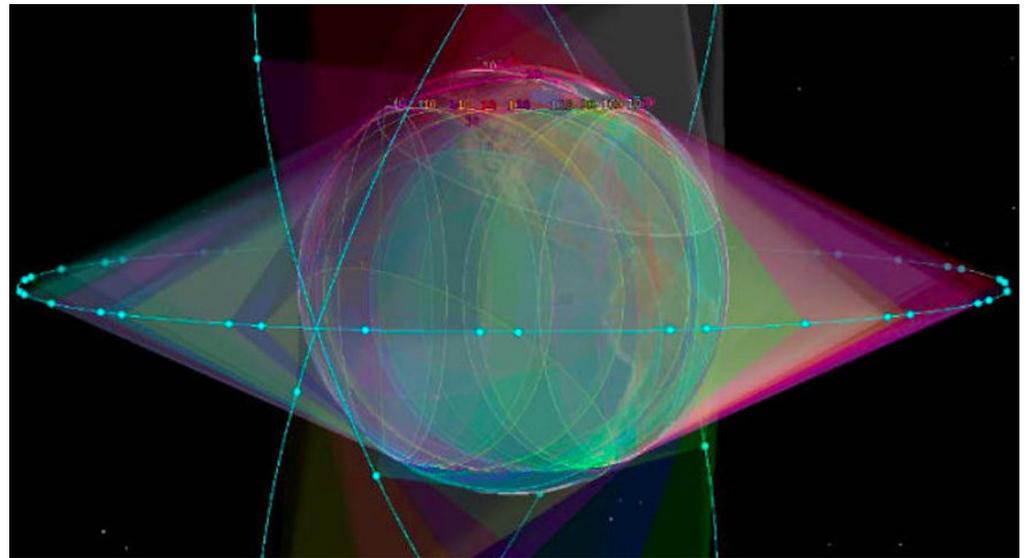
S&G: Service and Gateway TT&C: Telemetry, Tracking and Command

O3b社: 将来計画

- O3b社は、赤道上の周回軌道を利用したMEO衛星コンステレーション(O3bN)に24衛星を配置するとともに、軌道傾斜角76度、高度8062kmの2つの軌道を利用したMEO衛星コンステレーション(O3bI)に各8衛星ずつ計16衛星を配置することにより、地球全体をカバーする計画をFCCに提出している。
- 同社は2014年の衛星打ち上げ後の2015年末に、衛星製造元のThales Alenia Space社に対し、追加で8機の製造を発注している。
- さらに2016年11月には、FCCに対し下記の新たな申請を行っている。

- A) 現在使用している赤道上の周回軌道に新たに投入する8衛星への周波数割当ておよび、そのうち4機への追加の周波数割当て
- B) 現状の軌道と同じ軌道を利用するが、より広いKa帯の周波数帯を利用する「O3bN」への、投入衛星数の引き上げ(24機まで)
- C) 同じくKa帯を利用したO3bIコンステレーションへの8衛星の打ち上げ

O3bN およびO3bI 導入イメージ

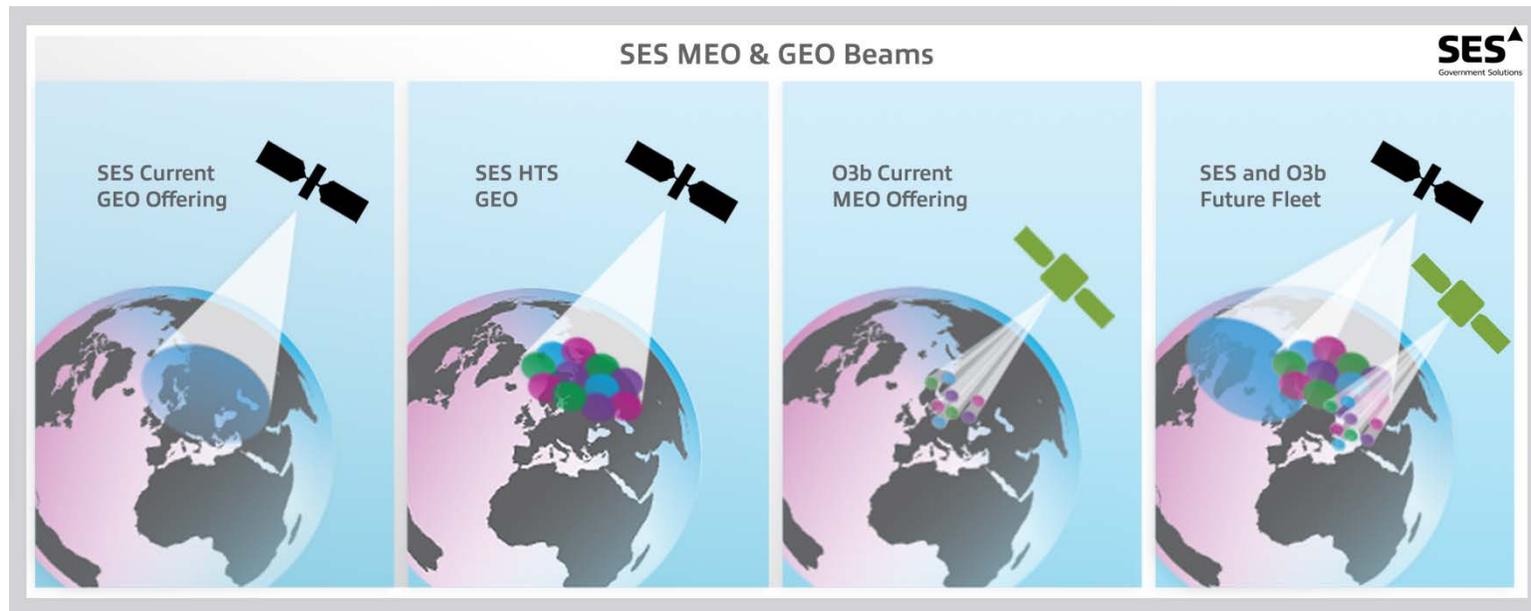


出所)FCC申請書類 “Narr and Tech Annex”

O3b社：静止衛星ネットワークとの連携

- 2016年2月、SES社はHTS衛星であるSES衛星およびMEO衛星であるO3b衛星の両方のネットワークを利用し、通信速度1Gbps、アベイラビリティ99.5%を実現した通信サービス(Enterprize+)の提供を正式に開始した。
- Enterprize+は企業向けに、シンプル、安価、柔軟な通信プラットフォームとして、ブロードバンド通信、バックホール通信、移動通信、トラッキング、臨時通信等を提供するサービスである。
- 2016年4月には、Facebook社のInternet.org Initiativeに活用することを目的として、インターネットが未だ普及していないサブサハラ地域にて、カスタマイズ化された同サービスを導入する契約が成立した。

SESの静止衛星およびO3bの非静止衛星の連携イメージ



出所)SES社Webサイト

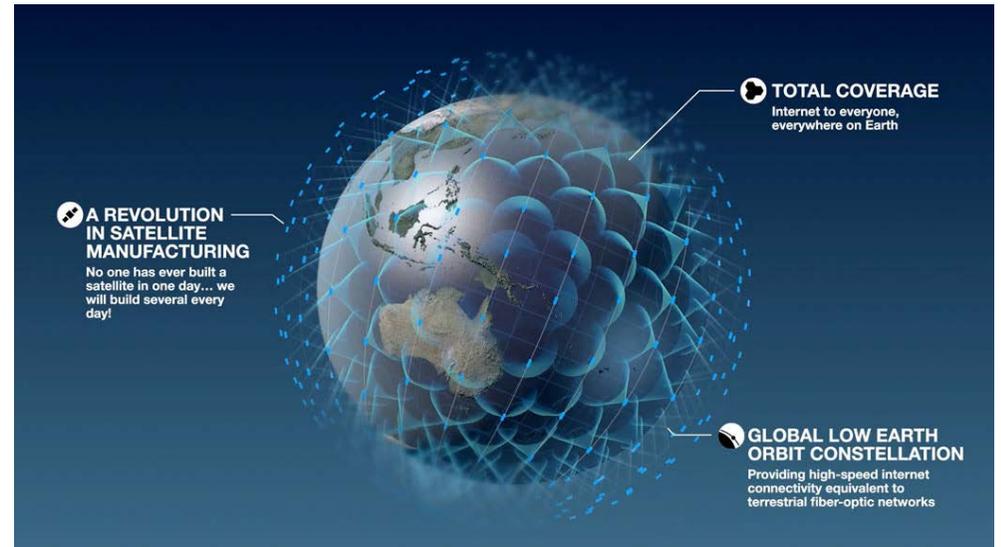
OneWeb社：サービス概要、衛星システム概要

- 2012年にWorldVu Satelliteという名で創業し、2015年に現名に改名した米国企業。
- 提供予定サービスとしては、地方向け・鉄道向け・海上向け・航空機向けブロードバンド通信、公共保安および災害救難通信、緊急車両用衛星通信、セルラーバックホール通信等が計画されている。
- 当初予定としては、計648の衛星（18軌道にそれぞれ36衛星）で構成される低軌道衛星（LEO）コンステレーションが計画された。初の打ち上げは2018年に、サービス開始は2020年に予定されている。
- 現在ITUには、1つの衛星通信網が申請されており、国際調整段階にある。また、FCCには、2016年4月に720衛星の利用を申請済み。

OneWeb LEO衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	882機（最新予定）
軌道高度	約1200km
製造業者	Airbus Defence & Space
利用周波数帯	FCC申請済み： 10.7-12.7 GHz（サービスリンク D/L）， 14.0-14.5 GHz（サービスリンク U/P）， 17.8-18.6 GHz/ 18.8-19.3 GHz（フィーダリンク D/L）， 27.5-29.1 GHz/ 29.5-30.0 GHz（フィーダリンク U/L） 注）以下の周波数帯は米国以外で利用予定 19.7 – 20.2 GHz（フィーダリンク D/L） 12.75 – 13.25 GHz（サービスリンク U/P）
レイテンシ	30ms以下
スループット	7.5 Gbps per satellite
通信速度	D/L:50Mbps U/L:25Mbps

OneWeb LEO衛星コンステレーションのイメージ

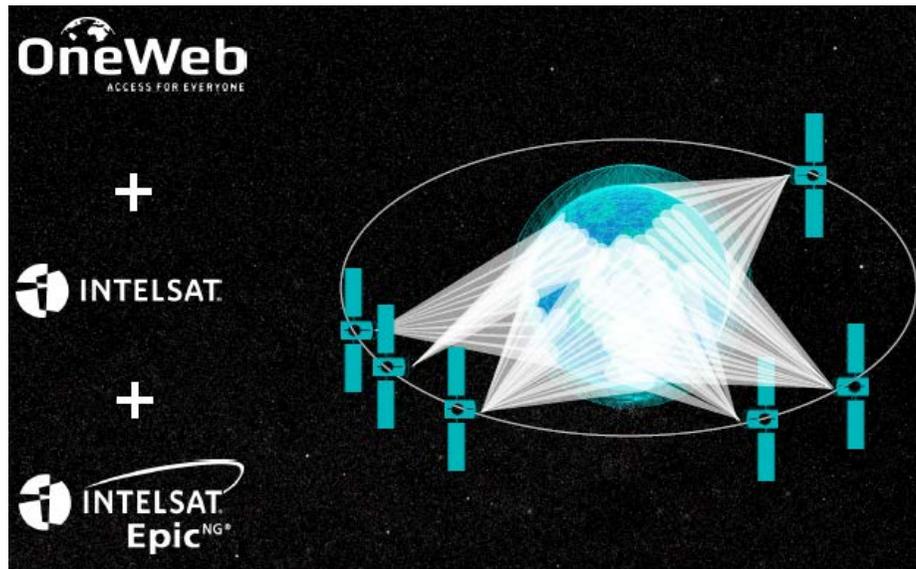


出所) Airbus社Web

OneWeb社：将来計画、静止衛星ネットワークとの連携

- 2016年11月に開催されたITUシンポジウムでは、18の各軌道の衛星数を当初予定の36から、40、49と段階的に増加させ、計882衛星によるコンステレーションを構築する計画が発表された。
- 上記コンステレーションは、400万から500万のユーザー基地局と対応可能となる予定である。また、OneWeb社は、小型で安価かつ、LTE、3G、および WiFi 通信に対応したユーザー基地局の提供を予定している。なお、通信速度は50Mbps以上が想定されている。
- さらに同社は、Intelsatとの連携を発表しており、同じKu帯を利用するIntelsat社のIntelsat衛星ネットワークおよびIntelsat Epic衛星ネットワークとも連携体制をとることで、北極・南極圏を含む全球をカバーすることが目指されている。

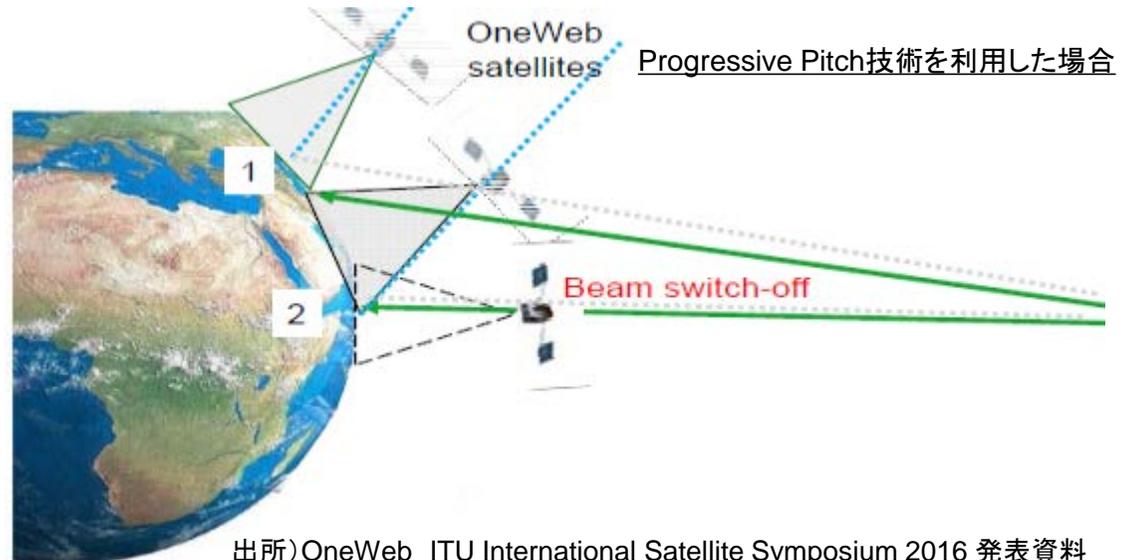
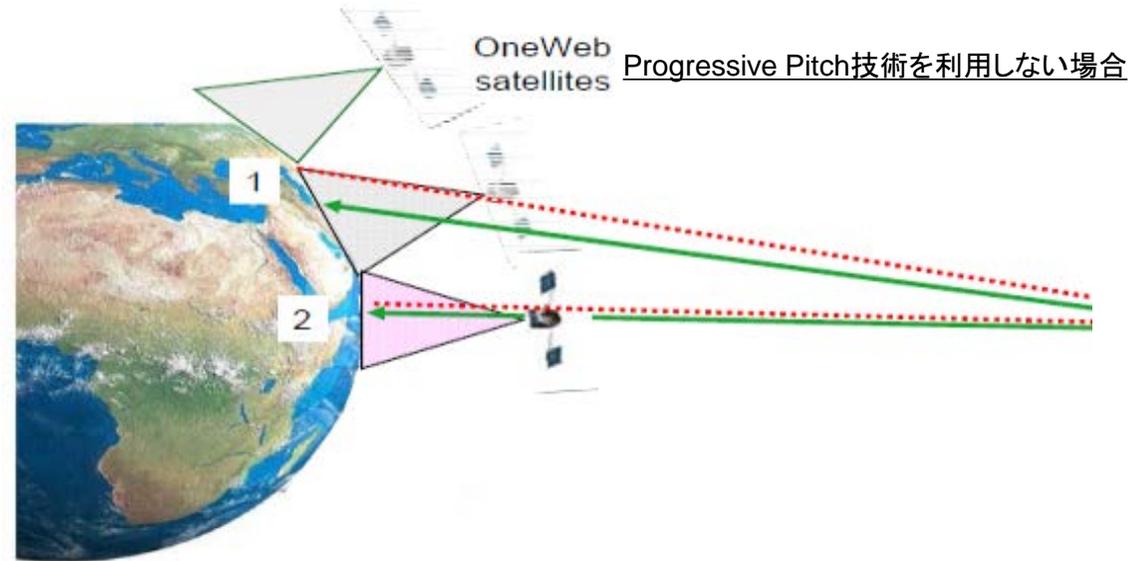
Intelsat衛星との連携イメージ



出所)OneWeb ICT Spring Europe 2016発表資料

OneWeb社：静止衛星との干渉低減技術

- OneWeb社は、非静止衛星が静止衛星との干渉を起こさぬよう、プログレッシブピッチ技術(Progressive Pitch)を開発している。
- 同技術は、非静止衛星の出力を調整する技術であり、赤道付近にて静止衛星の覆域を通過する際に、非静止衛星の出力を制限することを可能としている。
- 右図は同技術の概要図である。



GSO signals ←→
OneWeb interference
OneWeb no interference

出所) OneWeb ITU International Satellite Symposium 2016 発表資料

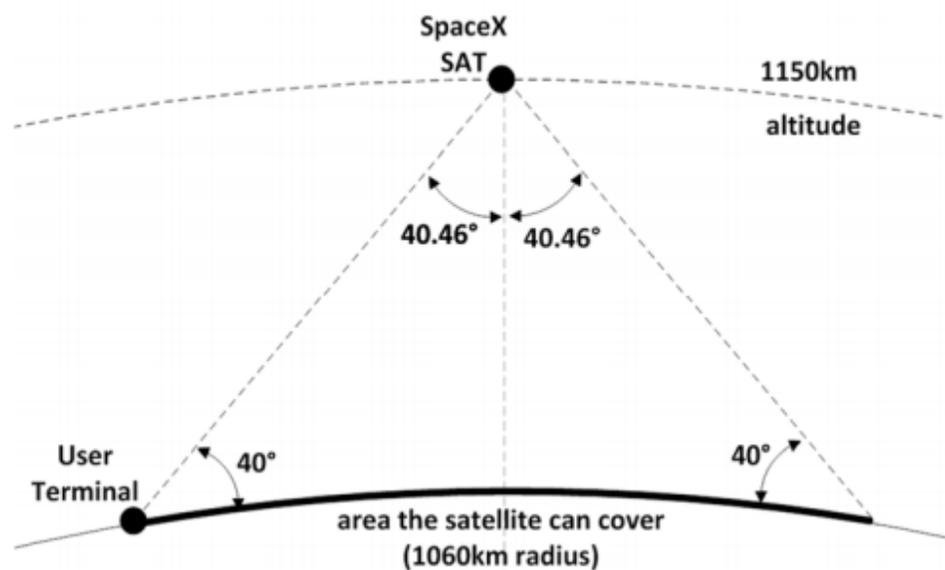
SpaceX社: サービス概要、衛星システム概要

- SpaceX社は2002年に設立され、米国カリフォルニア州に拠点を置くベンチャー企業である。
- 同社は民間企業として初めて地球低軌道に乗った宇宙機の回収に成功しており、2015年には、再利用可能なロケットを利用することで、コストを抑えながら、4425衛星以上の小型衛星からなる低軌道衛星コンステレーションを構築する計画を発表した。打ち上げ開始は2019年、コンステレーション完成は2025年を予定している。
- 提供予定サービスの詳細は未定であるが、個人向け、企業向け、政府向け等、幅広く衛星通信サービスを提供予定であるとしている。

SpaceX衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	4425機以上
軌道高度	約1150km
製造業者	自社
利用周波数帯	FCC申請済み: 10.7-12.7 GHz (サービスリンク:D/L) 12.15-12.25 GHz (TT&C:D/L) 13.85-14.0 GHz (TT&C:U/L) 14.0-14.5 GHz (サービスリンク:U/L) 17.8-18.6 GHz (フィーダリンク:D/L) 18.55-18.6 (TT&C:D/L) 18.8-19.3 GHz (フィーダリンク:D/L) 27.5-29.1 GHz (フィーダリンク:U/L) 29.5-30.0 GHz(フィーダリンク:U/L) ※その他、光衛星間通信あり
レイテンシ	25-35 ms
スループット	17-23Gbps per 1 satellite
通信速度	1Gbps per user

SpaceX衛星コンステレーションの1衛星あたりのカバレッジ



出所)FCC申請書類 "Technical Attachment"

SpaceX社: 将来計画

- 4425衛星のコンステレーション計画は、2016年11月にFCCに申請されている。また、ITUには、米国政府とノルウェー政府を通じ、それぞれUSASAT NGO-3とSTEAMの名前で衛星通信網の申請を行っている。
 - USASAT NGO-3の申請状況の詳細は不明であるが、STEAM衛星通信網としてはSTEAM-0,1,2,3Cの4つが申請されており、STEAM1,2は国際調整段階、STEAM-0,3はAPI提出段階にある。
- 同社は、まずは800機の衛星打ち上げを予定しており、800機の衛星網により、北緯・南緯15° ~ 60° の地域がカバーする見込みを立てているが、最終的には全球をカバーする計画であるとしている。
- 具体的な打ち上げ計画は以下の通りである。最終的な軌道数は83を予定している。

SPACE X SYSTEM CONSTELLATION					
Parameter	Initial Deployment (1,600 satellites)	Final Deployment (2,825 satellites)			
Orbital Planes	32	32	8	5	6
Satellites per Plane	50	50	50	75	75
Altitude	1,150 km	1,110 km	1,130 km	1,275 km	1,325 km
Inclination	53°	53.8°	74°	81°	70°

出所) FCC申請書類 “Technical Attachment”

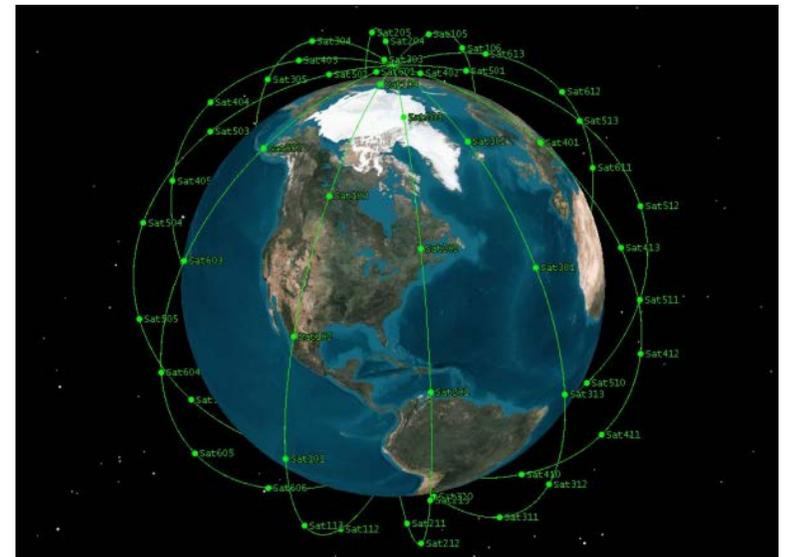
LeoSat社：サービス概要、衛星システム概要

- Leosat社は2013年に創業され、本社を米国に置く。同社のCEOは、SESのCFOとO3bのCEOも務めた人物である。
- LeoSat社は6軌道、120から140機の衛星からなる低軌道コンステレーションの構築を計画している。
- 提供予定サービスとしては、主に石油・天然ガス産業、海運企業、金融企業、映像配信、バックホール通信、政府向けに、大容量の衛星通信サービスを提供することを想定している。
- 具体的なGEOネットワークとの連携計画はないが、LEO/GEO間の衛星通信の可能性は検討されている。
- ITUへは、フランス政府を通じてMCSAT-2 LEO-2の名で申請しており、現在国際調整段階にある。
- 2020年に打上げを開始し、2021年には全世界でのサービス提供を予定している。

LeoSat衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	120~140機
軌道高度	約1400km
製造業者	Thales Alenia Space
利用周波数帯	FCC申請済み： 17.8-18.3 GHz(S&G D/L), 18.3-18.6 GHz(S&G D/L), 18.8-19.3 GHz(S&G, TT&C D/L), 19.3-19.7 GHz(S&G D/L), 19.7-20.2 GHz(S&G D/L), 27.5-28.35 GHz(S&G U/L), 28.35-28.6 GHz(S&G U/L), 28.6-29.1 GHz(S&G, TT&C U/L), 29.5-30.0 GHz(S&G U/L) ※その他、光衛星間通信あり
レイテンシ	≤20 ms
スループット	1.6 Gbps per link
通信速度	1.2 Gbps

LeoSat衛星コンステレーションのイメージ



出所) FCC申請書類 “Technical Annex”

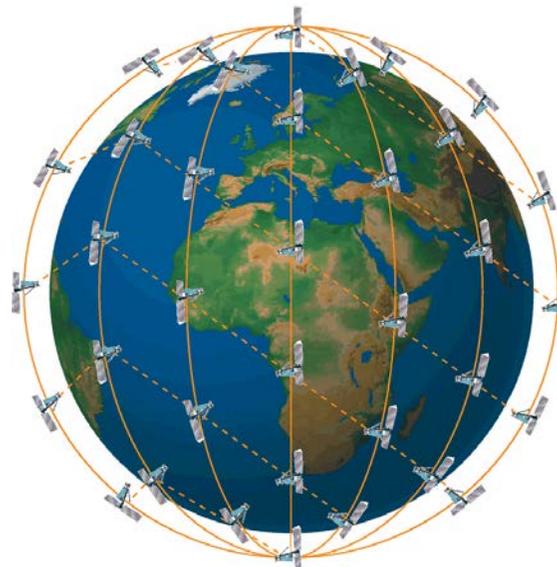
Iridium社: サービス概要、衛星システム概要

- Iridium Communication社は合併を経て2009年に創設され、本社を米国に置く。
- 同社は既存の6軌道、66機の衛星からなる低軌道(上空約780km)コンステレーションの新世代版である、Iridium NEXTの構築を計画。最初の打ち上げを2017年1月に実施、2018年に全ての衛星を配備予定。
- Iridium NEXTの各衛星は、同軌道の隣接2衛星と、隣接軌道の各1衛星(計2衛星)の4衛星との衛星間通信が可能となっており、メッシュ型の衛星通信網が整備予定であることが特徴的である。
- 提供予定サービスは、海上、航空機、陸上移動体、政府、M2M通信向けの衛星通信サービスである。
- ITUへは、第一世代のファイリングの際に申請している、HIBLEO-2 / HIBLEO-2FL / HIBLEO-2FL2を更新する形で申請を行っている。

Iridium-Nextコンステレーションの詳細

衛星機数	66機
軌道高度	約780km
製造業者	Thales Alenia Space
利用周波数帯	FCC承認済み: 1616-1627 MHz (サービスリンク) 19.4-19.6 GHz (フィーダリンク) 22.18-23.38 GHz (衛星間通信) 29.1-29.3 GHz (フィーダリンク)
レイテンシ	N/A
スループット	N/A
通信速度	・D/L: 最大1.5Mbps ・U/L: 最大512kbps

Iridium-Nextコンステレーションのイメージ



出所)Iridium社Webサイト

Iridium社: Iridium NEXTの航空機向けサービス

- Iridium Next衛星には、航空機向けサービス用にADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)システムをペイロードとして搭載する計画を進めている。
 - ADB-Sとは、航空機のカテゴリ情報、対気速度、識別、航空機の旋回、上昇、降下等を航空機に放送するシステム。
 - WRC-15では、1087.7-1092.3 MHzが新たにADB-Sの航空機局－衛星間の通信に割当てられ、特定の条件下で衛星によるグローバルな航路追跡が可能となった。
- 同衛星には、ジョイントベンチャー企業であるAireon LLC社製が設計・運営するADB-S機能付き航空機システム“Aireon System”が搭載される見込みである。
- Aireon Systemは重量50kg、消費電力5Wで1090 MHz帯を利用する予定である。

Aireon Systemの搭載予定場所



出所)FCC申請書類 “Exhibit D”

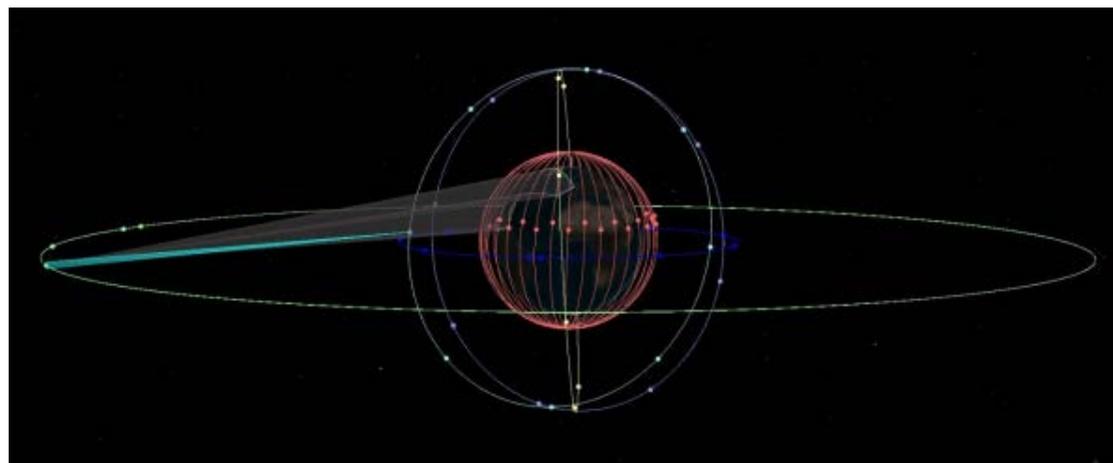
Viasat社: サービス概要、衛星システム概要

- Viasat社は1986年に創設され、本社を米国に置く通信事業者である。
- 2016年11月15日、軌道傾斜角87度で、3軌道24機で構成するコンステレーション計画をFCCに提出した。
- 各衛星はAPPAを搭載し、80の送信ビーム(Ka帯:16、V帯:64)と80の受信ビーム(Ka帯:16、V帯:64)を生成する。ユーザ地球局は、Ka帯、V帯の双方の帯域に対応する計画を示している。
- 企業やブロードバンドサービスプロバイダ向けに、全球カバレッジとKa帯、V帯周波数リソースの提供を目的としている。
- Viasatは27.5-29.1 GHz帯および29.5-30.0 GHz帯において自社が運用するGSO衛星と、上記NGSO衛星の「ハイブリッド」システム(MEO-to-GSO)を構想しており、同システムではNGSOがGSOへの中継機として機能することが計画されている。

Viasat衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	24機
軌道高度	約8200km
製造業者	N/A
利用周波数帯	FCC申請済み: 17.8-19.3 GHz (D/L, MEO-to-GSO) 19.7-20.2 GHz (D/L, MEO-to-GSO) 27.5-29.1 GHz (U/L, MEO-to-GSO) 29.5-30.0 GHz (U/L, MEO-to-GSO) 37.5-42.0 GHz (D/L) 47.2-50.2 GHz (U/L) 50.4-51.4 GHz (U/L)
レイテンシ	150ms
スループット	N/A
通信速度	N/A

Viasat MEO-to-GSOシステムのイメージ



出所)FCC申請書類“Attachment A”

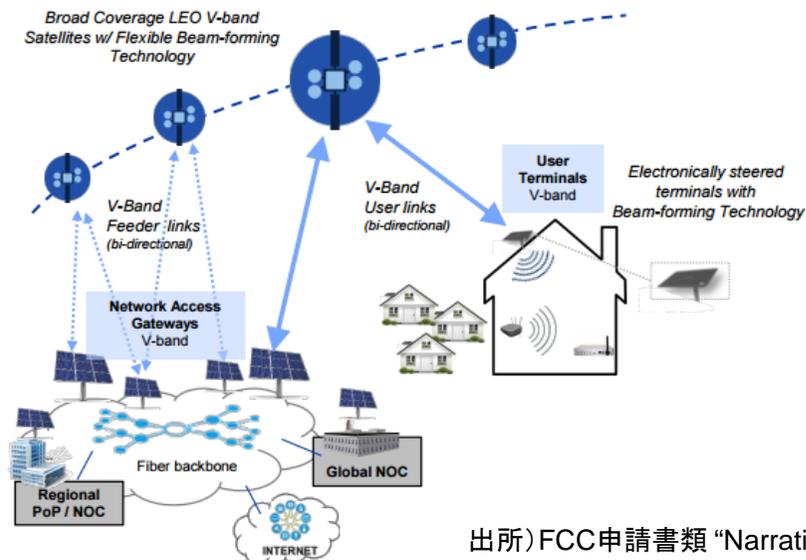
Boeing社: サービス概要、衛星システム概要 (V帯コンステレーション)

- Boeing社は1916年に創設され、本社を米国に置く航空宇宙メーカーである。
- 2016年6月22日、以下の衛星コンステレーションを構築する計画をFCCに提出した。
 - 第1計画: 軌道傾斜角45度の35軌道 + 傾斜角55度の6軌道による計1396機のコンステ
 - 最終計画: 傾斜角55度の12軌道および、傾斜角88度の21軌道を加えた計2956機のコンステ
- 第1計画はFCC承認後6年以内に完了予定である。
- 提供サービスとしては、住宅、商用、企業、政府、およびプロフェッショナル向けの5G通信サービスを予定している。
- ITUへのファイリング手続きに関しては、6月21日にAPIを登録済みである。

Boeing V帯衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	1396-2956機
軌道高度	傾斜角45度・55度の軌道: 約1200km 傾斜角88度の軌道: 約1000km
製造業者	Boeing
利用周波数帯	FCC申請済み: 37.5-42.5 GHz (D/L) 47.2-50.2 GHz (U/L) 50.4-52.4 GHz (U/L)
レイテンシ	N/A
スループット	N/A
通信速度	D/L: 最低25Mbps U/L: 最低3Mbps

Boeing V帯衛星コンステレーションの運用イメージ



出所) FCC申請書類 "Narrative"

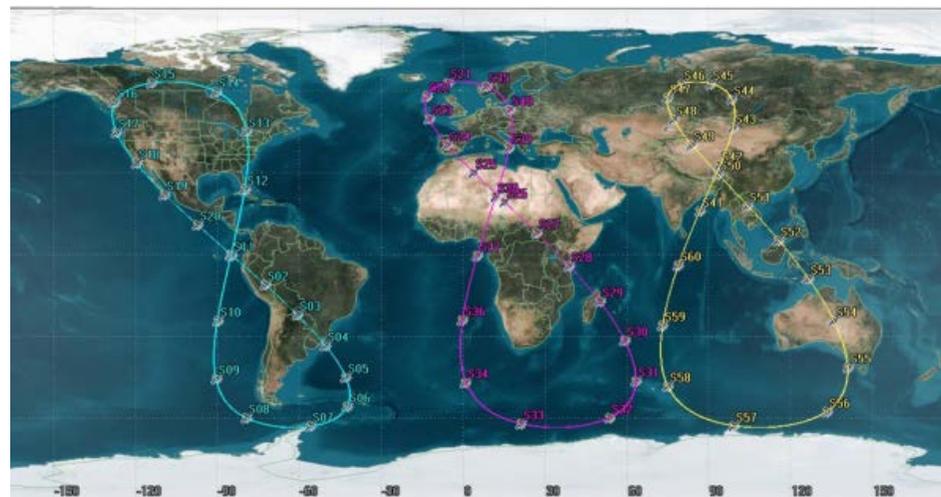
Boeing社: サービス概要、衛星システム概要 (Ka帯コンステレーション)

- Boeing社は、2016年11月22日、以下のKa帯衛星コンステレーションを構築する計画をFCCに提出。
 - 第1計画: 北米・南米地域向けに、軌道傾斜角約40度の楕円軌道に10衛星配備
 - 第2計画: 欧州・アフリカ地域向け、およびアジア・オセアニア地域向けの楕円軌道に各10衛星配備
 - 最終計画: 30衛星を各地域の需要に応じて各軌道にそれぞれ追加
- 第1計画はFCC承認後6年以内、第2計画はFCC承認後10年以内に完了予定。
- 提供サービスとしては、住宅、商用、企業、政府、プロフェッショナル向けの通信サービスを予定している。

Boeing Ka帯衛星コンステレーションの詳細

衛星機数	3コンステレーション、計60機
軌道高度	27,355 -44,221km
製造業者	Boeing
利用周波数帯	FCC申請済み: 【FSSサービスリンク】 17.8-19.3 GHz/ 19.7-20.2 GHz (D/L) 27.6-29.1 GHz/ 29.5-30.0 GHz (U/L) 【MSSサービスリンク】 19.7-20.2 GHz (D/L)、29.5-30.0 GHz (U/L) 【フィーダリンク】 19.3-19.7 GHz (D/L)、29.1-29.5 GHz (U/L)
レイテンシ	N/A
スループット	N/A
通信速度	D/L:最低25Mbps U/L:最低3Mbps

Boeing Ka帯衛星コンステレーションのイメージ



出所) FCC申請書類 “Narrative”