

欧州における光通信を用いた
衛星コンステレーション計画の動向調査報告書

令和2年3月

国立研究開発法人 情報通信研究機構
(欧州連携センター)

目次

はじめに	4
要約	6
欧州における衛星コンステレーション計画の一覧表	13
周波数マップ 1：欧州における衛星コンステレーション計画	20
周波数マップ 2：欧州における衛星コンステレーション計画の利用用途と周波数帯	21
第 1 章 欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション計画の動向	22
イギリス	24
Oneweb	24
Beacon IoT (Artemis space)	26
Lacuna space	27
Amber (Horizon technologies)	28
Vivid-i (EARTH-i)	29
Methera	30
Oberon	31
ドイツ	32
Kleo connect (旧 Kaskilo)	32
ORORA tech (Orbital oracle technologies)	33
フランス	34
キネイス (Kinéis)	34
Unseen Labs	36
スイス	37
Astrocast	37
オランダ	38
Hiber	38
スペイン	40
Karten space	40
Ais tech	41
ルクセンブルク	42
Kleos space	42
フィンランド	43
Iceye	43
スウェーデン	44

Aerial&Maritime	44
リトアニア	45
Space union.....	45
GLoT (Nanoavionics).....	46
ロシア	47
Yaliny	47
Sfera	48
技術実証向け衛星タンデムミッション	49
GOMX4・GOMX5 (GOMspace)	49
FSSCAT プロジェクト / ゴルブリアックススペースとカタルーニャ工科大学	51
欧州内での非欧州組織の動向	53
米・独 / Planet.....	53
米・英 / OMS (Orbital Micro System)	55
豪・英/ SKY&Space.....	56
イスラエル / NSLComm	57
イスラエル / Elbit systems (NANOVA)	58
ヒアリング模様.....	59
Hiber	59
ゴルブリアックススペース / FSSCAT プロジェクト	62
欧州の宇宙部門のジャーナリスト	65
第2章 欧州の大手衛星通信事業者による衛星コンステレーション計画の動向	67
ルクセンブルク / SES・O3B.....	68
最新の動向：次世代中軌道衛星 O3B mPower	68
フランス / ユーテルサット・ELO	70
最新の動向：IoT 向けコンステレーション・ELO.....	70
イギリス / インマルサット	71
最新の動向：Space norway HEOSAT への参画.....	71
スペイン / ヒスパサット	72
最新の動向 1) : Leosat との関係	72
最新の動向 2) : Amazonas Nexus	72
第3章 その他の欧州における衛星コンステレーション計画の関連動向	73
第1節 エアバスのプレアデス・ネオと CO3D.....	74
プレアデス・ネオ (Pléiade Neo)	74
CO3D.....	74

第 2 節 衛星通信向け量子暗号技術の研究開発動向	76
Quarts プロジェクト（ESA と SES 主導産業コンソーシアム）	77
英国における衛星通信向け量子暗号研究の動向	78
第 12 回宇宙政策カンファレンスにおける量子暗号技術に関する議論	80

はじめに

調査目的

近年、世界各地で小型通信衛星のコンステレーションを用いた衛星通信事業が相次いで計画され、実際に衛星の打ち上げが開始されている。衛星コンステレーション事業者にはスペース X など、北米企業が目立つが、欧州にも多くの計画がある。国立研究開発法人 情報通信機構（以下、NICT とする。）は特に Ka 帯を利用する衛星通信技術と光衛星通信技術を開発しているが、欧州には、すでにこれらの帯域を用いた最新通信技術の利用を検討し、実際に事業を展開する衛星コンステレーション事業がある。本報告書では、NICT における宇宙通信技術の研究開発戦略の参考となるように、欧州における特に Ka 帯と光通信を利用する衛星コンステレーション計画の動向を中心に調査した。

調査内容

欧州では、宇宙ベンチャー企業だけでなく、大手衛星通信事業者も衛星コンステレーション事業を計画しているので、ベンチャー企業と衛星通信事業者の動向の双方について調べた。また、関連する動向として、欧州を代表する企業であるエアバスの衛星コンステレーション事業と、次世代の衛星コンステレーションに利用されるとも言われている量子暗号技術の衛星通信への利用研究動向についても調査を行った。なお、本報告書の記載内容は 2020 年 3 月 19 日時点のものである。

調査項目

1. 欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション計画の動向
2. 欧州の大手衛星通信事業者による衛星コンステレーション計画の動向
3. その他の衛星コンステレーション計画に関連する動向

調査手法

以下の 3 つの方法を調査手法とした。

1. インターネット等を利用した文献調査
2. イベント視察
3. 関係者へのインタビュー

インターネット等を利用した文献調査

- 本報告書ではインターネットを利用して調査する際に、情報源として、対象となる組織等のウェブサイトだけでなく、欧州宇宙機関等のデータベース、報道記事やソーシャルネットワーキングサイト上の当該組織のウェブページも参考にした。

- 本報告書では、情報を入手したウェブサイトの URL を注に載せているが、これらの記事はウェブサイト管理運営者の判断で随時移動、修正、削除される可能性がある。したがって、本報告書の発表後、注に記された URL から情報源となった記事にアクセスできないことがありうることを、前もって注記しておきたい。

イベント視察

- 第 12 回欧州宇宙政策カンファレンス（期間：2020 年 1 月 21、22 日、場所：ベルギー・ブリュッセル）¹を視察した。

関係者へのインタビュー

- ハイバー社のヤスパー・ヴェーン氏、ゴルブリアックススペース社のアレッサンドロ・ゴルカール氏、オロラ・テック社のルペール・アマン氏、野村総合研究所主任コンサルタントの八亀彰吾氏、宇宙政策・ビジネスコンサルタントの佐藤龍一氏、ユーロコンサル シニアコンサルタントのマキシム・ピュトー氏にご協力をいただき、深く感謝する。

¹ <http://www.spaceconference.eu/about.html>

要約

欧州では、多くの宇宙ベンチャー企業が衛星コンステレーション事業を実施するとともに、大手衛星通信事業者も同事業に参画しており、今後の動向が注目されている。まず、欧州の宇宙セクター全体の動向を概観し、ついで、宇宙ベンチャー企業の動向、そして、大手衛星通信事業者の動向、最後に、補足的にその他の関連動向について記す。

0. 欧州の宇宙セクター全体の動向

欧州の強み

欧州ではアメリカ、ロシア、中国と異なり、有人宇宙飛行を伴う宇宙事業は行われてはいない。だが、エアバスやタレスアレニアスペースを始めとする宇宙産業の競争力、宇宙科学、地球観測プログラムのコペルニクスなどが欧州の宇宙セクターの強みであり、欧州は世界の中で確固たる位置を占めている。コペルニクスは観測データを無料で公開しており、新しいサービスやアプリケーションを開発するために誰でも利用可能であることが大きな魅力となっている。

ニュースペース

欧州は、北米と比べて、ハイリスク・ハイリターンの投資を行うベンチャーキャピタルの規模が小さく、民間企業主導のニュースペース、宇宙ベンチャー企業が育ちにくい環境であるという意見が一般的である。しかし、北米の場合がむしろ例外的であるという見方もある上に、ここ数年で欧州の状況は変わってきているようである。欧州では、ルクセンブルク、スイス、ロンドン、フランクフルト等のベンチャーキャピタルが積極的に宇宙ベンチャー企業に投資を行う傾向が現れ始めている。

公的機関の支援の重要性

欧州では民間投資の規模が小さいので、宇宙ベンチャー企業に対する欧州宇宙機関（ESA）や欧州連合（EU）の影響が大きいと考えられることが多い。特に、産業界には、商用化によってより大きな利益が望まれる EU を重視する傾向があるようである。その上、昨年欧州議会選挙後、新しい欧州委員会が誕生した際、防衛産業・宇宙総局が創設されており、今後の動向に注目が集まっている。他方で、ESA と EU の影響力は限定的であるという見方もある。これらの機関は企業が研究開発を行なった後で、製品やサービスを市場で展開させるサポートまでは行わないからである。

1. 欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション計画

欧州の衛星コンステレーション事業の一般動向と問題点

現在、欧州で多くの宇宙ベンチャー企業が衛星コンステレーション事業を立ち上げている。だが、これら全ての計画が実現されることなく、1つのサービスやアプリケーションに対して、将来的に1つか2つのコンステレーションが残ると考えるのが一般的である。

衛星コンステレーション計画の最大の障害は資金である。小型衛星コンステレーション事業を実施するには、大量の衛星を製造し、打ち上げなければならず、その上、衛星の寿命が短いので、衛星の製造と打ち上げを絶えず続けていかなければならない。この問題は現在でも解決されていない。だが、大手企業の支援があれば、事業の実現可能性が見えてくるようである。英ワンウェブ（Onweb）は日本のソフトバンク等から支援を受け、O3Bは大手衛星通信事業者SESに完全子会社されている。また、米企業の例を挙げれば、スターリンクを運用するのは米スペースXであるが、同社は大企業とも言えるし、打ち上げを自前でできるので、打ち上げ費用が低く抑えられる。また、ビジネスモデルの問題も重要である。欧州には、蘭ハイバー（Hiber）、仏キネイス（Kinéis）、スイス・アストロキャスト（Astrocast）等、IoT向けに衛星コンステレーションを利用しようとするベンチャー企業が多い。こうした事業者はLPWA（Low Power Wide Area）技術等の規格を使った既存の陸上IoT通信を補完し、地球全体でIoTサービスを提供することを目的としており、この市場に可能性を見ている。欧州企業ではないが、優れた地球観測サービスで有名な米プラネット（Planet）は、米国防省傘下の組織と契約している。民間企業だけでなく、公的機関にサービスを提供することで収入を安定させることができる。

なお、数年前は、小型衛星の短期間大量生産の実現可能性を疑問視する向きもあったが、すでにワンウェブやスターリンクが衛星の打ち上げを開始している現状では、この点はもはや問題視されていないようである。

欧州で有望な衛星コンステレーション計画

資金や支援企業の観点から見て、欧州で特に有望な衛星コンステレーションとしては、ワンウェブ、SESのO3B、仏ユーテルサット（Eutelsat）のELO、エアバスのプレアデス・ネオとCO3Dを挙げることができる。その他、オランダ政府、ESA、EUから支援を受けているハイバー（オランダ）、フランス宇宙研究センター（CNES）と密接に提携するキネイス（フランス）、スイスのローザンヌ連邦工科大学のスピンオフであるアストロキャストも、小規模の宇宙ベンチャーでありながらも有望視されている。新しいサービスの提供という観点からは、仏アンシーンラボ

（Unseenlab）、ルクセンブルクのクレオス・スペース（Kleos space）が、電波利用を検知して、自動船舶識別装置（AIS）を切った密漁船等の位置を特定するサービスを開発しており、関心を引いている。また、天候条件に捉われないSAR（synthetic aperture radar）技術を利用した地球観測サービスを提供する英オベロンプロジェクト（Oberon）とフィンランドのIceyeも注目されている。

なお、EU を離脱するイギリスには、自国の諜報活動を強化するために、衛星コンステレーションを利用する戦略があるようである（オベロンプロジェクト）。

中止の可能性がある衛星コンステレーション計画

2010 年代半ばごろに計画を発表した事業者が多いが、現在、事業が頓挫したと思われる計画も出てきている。ドイツのカスキロ（Kaskilo）は欧州産業界が主導する欧州初の衛星コンステレーション計画として注目を浴びていたが、近年名称をクレオ・コネクト（Kleo connect）と変更し、事業が中止になったという情報がある。同社の衛星が中国で打ち上げられたという情報もあり、中国企業との繋がりが想像されている。その他、スカイ&スペース（Sky&space）も資金難に陥っており、ロシアのヤリニー（Yaliny）も現在ホームページが削除されており、中止になった可能性が高い。

スペインの衛星通信事業者であるヒスパサット（Hispasat）は、日本の JSAT と同じく、アメリカのレオサット（Leosat）に出資することを決定していたが、2019 年、経営陣と株主の変更後、レオサットの計画から手を引いており、レオサットは現在、操業停止状態である。その後、ヒスパサットは今年 1 月、新型の静止衛星をタレスアレニアスペースに発注している。このような戦略変更は、新しい株主がレオサットを戦略上の競合相手とみなしたことに由来すると考えられているが、他方で、ワンウェブとスターリンクの衛星の打ち上げが開始されたのを見て、同種の事業に見切りをつけたとの見方もある。

欧州の光通信を利用する衛星コンステレーション事業

衛星間光通信技術がコペルニクスの欧州データリレーシステム（EDRS）で利用されているものの、現状では、欧州で光通信システムの利用を計画している商用衛星コンステレーション事業はあまりない。クレオ・コネクトは衛星間光通信システムを利用することを計画していたが、先述したように、同社の事業動向は現在不明である。リトアニアのスペースユニオン（Space union）は、衛星間のデータリレー向けに光通信を利用する衛星コンステレーション事業を計画している。スペインのカタルーニャ工科大学とエストニアのゴルブリアクスペースの FSScat プロジェクトは、低価格の衛星間光通信システムを技術実証向けタンデムミッションで試験する予定である。

衛星間光通信システムは地上局の数を減らすことができる反面、それが逆に政治的な観点から仇となって、同システムを採用しない衛星コンステレーション事業者がいる。中国やロシア等の国は自国のデータをコントロールすることを望んでおり、そのためには、地上局が国土内に設置される必要がある。ところが、衛星間光通信システムによって、地上局の設置数を減らすことが可能になり、中国やロシアの国土内に地上局を置かなくて済むことができるようになるので、これらの国は他国の衛星間光通信システムを利用する事業を好まない。こうして、衛星コンステレーション事業者はこれらの国の市場に参入できないので、衛星間光通信システムを採用しないのである。

欧州の Ka 帯を利用する衛星コンステレーション事業

欧州には Ka 帯を利用する衛星コンステレーション事業が幾つかある。代表的なものはワンウェブ、O3B である。イスラエルの NSLcomm は Ka 帯を利用する独自のアンテナを開発しており、同社は衛星コンステレーション事業を自前で実施するか、アンテナを他の事業者販売する事業を行うと見られている。その他、イギリスのビーコン IoT (Beacon IoT)、メテラ (Methera) も Ka 帯を利用することを発表しているが、詳しい事情は不明である。クレオ・コネクトも Ka 帯を利用していたが、同社の動向は不明である。リトアニアのスペースユニオンは光通信とともに、Ka 帯の利用も計画している。デンマークの衛星製造業者の GOMspace の技術実証向けタンデムミッションである GOMX5 では、Ka 帯の通信機器の実験が行われる予定である。

欧州の衛星コンステレーション事業の利用周波数帯による分類

NICT では、Ka 帯を使う衛星通信と光衛星通信の研究開発が進められている。以下に、欧州の衛星コンステレーション事業を周波数帯（光も含める）に則って分類する。

● 衛星コンステレーション計画と利用周波数帯

光・周波数帯	衛星コンステレーション計画の名称
光	クレオ・コネクト（衛星間 / 最大 10Gbps）、スペースユニオン（衛星間）、FSScat（衛星間）
Ka 帯	ワンウェブ、O3B（最大 10Gbps）、NSLcomm（最大 2Gbps）、ビーコン IoT、メテラ、クレオ・コネクト、スペースユニオン、GOMX5（衛星間）
Ku 帯	ワンウェブ、ビーコン IoT (Beacon IoT)
X 帯	ORORA tech、Iceye
S 帯	ORORA tech、ハイバー、GOMX4、OMS、スカイ&スペース
L 帯	アストロキャスト
UHF	ORORA tech、キネイス、ハイバー、Elbit systems
VHF	ORORA tech、キネイス、Amber、Ais tech、クレオス・スペース、エアリアル&マリタイム (Aerial&Maritime)

*調査の際、利用周波数帯が不明であった衛星コンステレーション事業もあり、それらについては記載しない。

衛星コンステレーション事業の利用用途による分類

利用用途によって、衛星コンステレーションを分類すれば、市場での競合可能性を予想することができる。以下、簡単に衛星コンステレーション計画を利用用途によって分類したが、実際にはビ

ビジネスモデルが異なる可能性があり、実質的な競合がありうるかどうか知るにはより詳しい調査が必要となる。

● 衛星コンステレーション計画と利用用途

利用用途の名称	衛星コンステレーション計画の名称
インターネットブロードバンド	ワンウェブ、O3B、NSLcomm、メテラ
IoT	ビーコン IoT、ラクナスペース（Lacuna Space）、Ais tech、クレオ・コネクト、ELO（ユーテルサット）、キネイス、アストロキャスト、ハイバー、GIOT、スカイ&スペース、NSLcomm
地球観測（利用技術も分類）	
光学センサー	Vivid-i（試験衛星）、プレアデス・ネオと CO3D（高画質 3D 画像）
SAR 技術	オベロン、Iceye
マイクロ波センサー	OMS
赤外線センサー（高温 度探知）	Orora tech
ハイパースペクトラム	FSScat、GOMX4
不明	Ais tech
電波検知を利用した航空機・船舶等の追跡・監視	
自動船舶識別装置 （AIS）	キネイス、Amber、Ais tech、クレオス・スペース、エアリアル&マリタイム
放送型自動位置情報伝 送・監視（ADS-B）	Ais tech、エアリアル&マリタイム
電波利用検知（AIS を 切った密漁船の発見 等）	アンシーンラボ、クレオス・スペース、Amber
データリレー	スペースユニオン

2. 欧州の大手衛星通信事業者による衛星コンステレーション計画の動向

欧州には、SES、ユーテルサット、インマルサット（Inmarsat）、ヒスパサットのような大手衛星通信事業者が事業を行なっている。まずこれらの事業者は共通して、静止衛星を資金などの観点から最も優れたソリューションと考えているが、他方で、小型衛星のコンステレーション事業に対しては、これらの事業者のスタンスは様々である。大手衛星通信事業者に支援される衛星コンステレーション計画は資金が豊富なので、欧州の衛星コンステレーション事業を主導する可能性がある。なお、SES は最新の技術やサービスを開発している企業と積極的に提携する企業方針を持つ。

● 欧州の衛星通信事業者の衛星コンステレーション事業の動向

SES	2016 年に O3B を完全子会社化。
ユーテルサット	自前で IoT 向けの ELO コンステレーション事業を行うことを発表。
インマルサット	不明。
ヒスパサット	レオサットから手を引き、新型静止衛星を発注。

3. その他の欧州における衛星コンステレーション計画に関する動向

エアバスの動向

欧州を代表する企業であるエアバスも、プレアデス・ネオと CO3D という衛星コンステレーション事業を実施している。エアバスは衛星を製造するだけでなく、運用も行う。

衛星通信向け量子暗号技術の研究開発動向と事例

量子鍵配送（QKD）は、次世代の通信セキュリティ技術として注目を浴びており、世界各国で研究が進められている。欧州も例外ではない。衛星光通信の場合、陸上の光ファイバー網と違って、減衰量が少ないので、衛星通信が量子鍵配送の最適な適用例と考えられており、衛星通信事業者が関心を示している。量子暗号技術を利用する衛星コンステレーション事業はまだ生まれていないが、今後の研究開発と市場ニーズの進展が重なれば、次世代の衛星コンステレーションに利用される可能性がある。

● 研究開発事例

- ESA と SES が主導するコンソーシアムが提携して、Quartz プロジェクトを実施。
- 英国政府はシンガポール政府と協力して、QKD キューブサットプロジェクトを実施。
- イギリスでは、ベンチャー企業（Arqit 社、Cripta Lab 社、Nu quantum 社）が積極的に衛星通信向けに量子暗号技術を利用する研究開発を実施している。

次ページより、欧州における衛星コンステレーション計画の一覧表、また周波数帯によって分類した図版を2つ収録する。

欧州における衛星コンステレーション計画の一覧表

*本報告書で取り扱った衛星コンステレーション計画のみを記す（2020年3月19日現在）。

*技術実証向けタンデムミッションと、欧州に本社を持つ企業だけではなく、欧州に拠点をもち、欧州で積極的に事業を行う計画も含む。

コンステレーションの名称、または企業の名称 (Name)	企業設立年 (Year of foundation)	軌道上の衛星数 (satellite number in orbit) / 予定衛星総数 (total satellite number)	軌道 (orbit altitude)	衛星サイズ・重量 (size)	周波数帯 (RF)	提携・支援組織 (support company)	主な用途 (application)	備考
イギリス								
Oneweb	2012 (Worldvu社として)	40/648-1980	LEO : 1200km	150kg	Ku 帯 (衛星—ユーザー端末間)、Ka 帯 (衛星—地上ネットワーク間)	エアバスなど複数	ブロードバンド	計画の第一段階では 648 機。実証実験で、400Mbps の伝送速度。
Beacon IoT (Artemis space)	2014	?/150	LEO	?	Ku 帯、Ka 帯		IoT	
Lacuna space	?	1- ?/36-240	LEO : 500-550km	6U / 10kg 以下	?	ESA、英宇宙庁、SemTech、Miromico など	IoT	2022 年末までに 36 機を打ち上げ予定。
Amber (Horizon technologies)	1993	?/ ?	?	6U	VHF+ ?	英政府、Innovate UK	AIS、電波利用検知	政府機関向け

Vivid-i (EARTH-i)	2015	0/ 15	LEO : 500km	試験衛星 VividX2 : 100kg	?	サリーサテライトテクノロジー社	地球観測（試験衛星は光学センサー）	世界初、衛星フルカラー動画の提供。
Methera	2015	0/16	MEO : 1,8000km ?	700kg	Ka 帯	英宇宙庁、サリーサテライトテクノロジー社など	ブロードバンド	2022 年に打ち上げ開始予定。 O3B と類似
Oberon	2018（公募開始）	?	?	500kg 以下	?	エアバス	地球観測（SAR）	英国防省向け
ドイツ								
Kleo Connect（旧 Kaskilo）	2015 （EigthyLeo として）	2 ?/300	LEO : 1100km	?	光（衛星間 / 最大 10Gbps）・ Ka 帯（衛星と地上局）	中国系企業？	IoT	
ORORA tech （Orbital oracle technologies）	2018	0/100	LEO : 600-700km	3U	UHF、VHF、S 帯、X 帯	ESA など	地球観測（赤外線センサーを利用した山火事の検知）	ミュンヘン工科大学のスピオフ企業。2021 年打ち上げ開始。
フランス								
ELO（Eutelsat）	1977	0/25	LEO	ELO Alpha（6U）、 ELO1&ELO2 : 80kg、	?	シグフォックス	IoT	2022 年までに 25 機の打ち上げ予定

				ELO3&ELO4 : 6U : 12kg				
Kinéis (CLS)	2019	0/25	LEO : 700km ? (試験衛星の軌道)	16U : 30kg 以下	VHF 帯、UHF 帯	CNES、タレスなど、多数の仏組織	IoT、AIS	2022 年から打ち上げ予定。衛星位置即位システム ARGOS を搭載。
Unseen Labs	2015	1/20-50	LEO : 550-650km	6U : 6kg	?	仏国防省など	電波利用検知	2020 年に新たに 6 機打ち上げ予定。AIS を切った船舶が利用する電波の検知。
Pléiade Neo (エアバス)		0/4	LEO : 620km	?	?	SSC 社 (地上局)	地球観測 (光学センサー)	光学衛星で解像度が 30cm
CO3D (エアバス)		0/4	LEO	300kg	?	CNES	地球観測 (光学センサー)	高画質 3D 画像
スイス								
Astrocast	2014	2/80-100	LEO : 500-600km	3U (最初の 20 機。残りは 6U になる可能性あり)	L 帯	エアバス、ESA、仏 CEA 等	IoT	2023 年か、2024 年までに 80 機の打ち上げ予定。スイスのローザンヌ連邦工科学校のスピノフ企業。
オランダ								

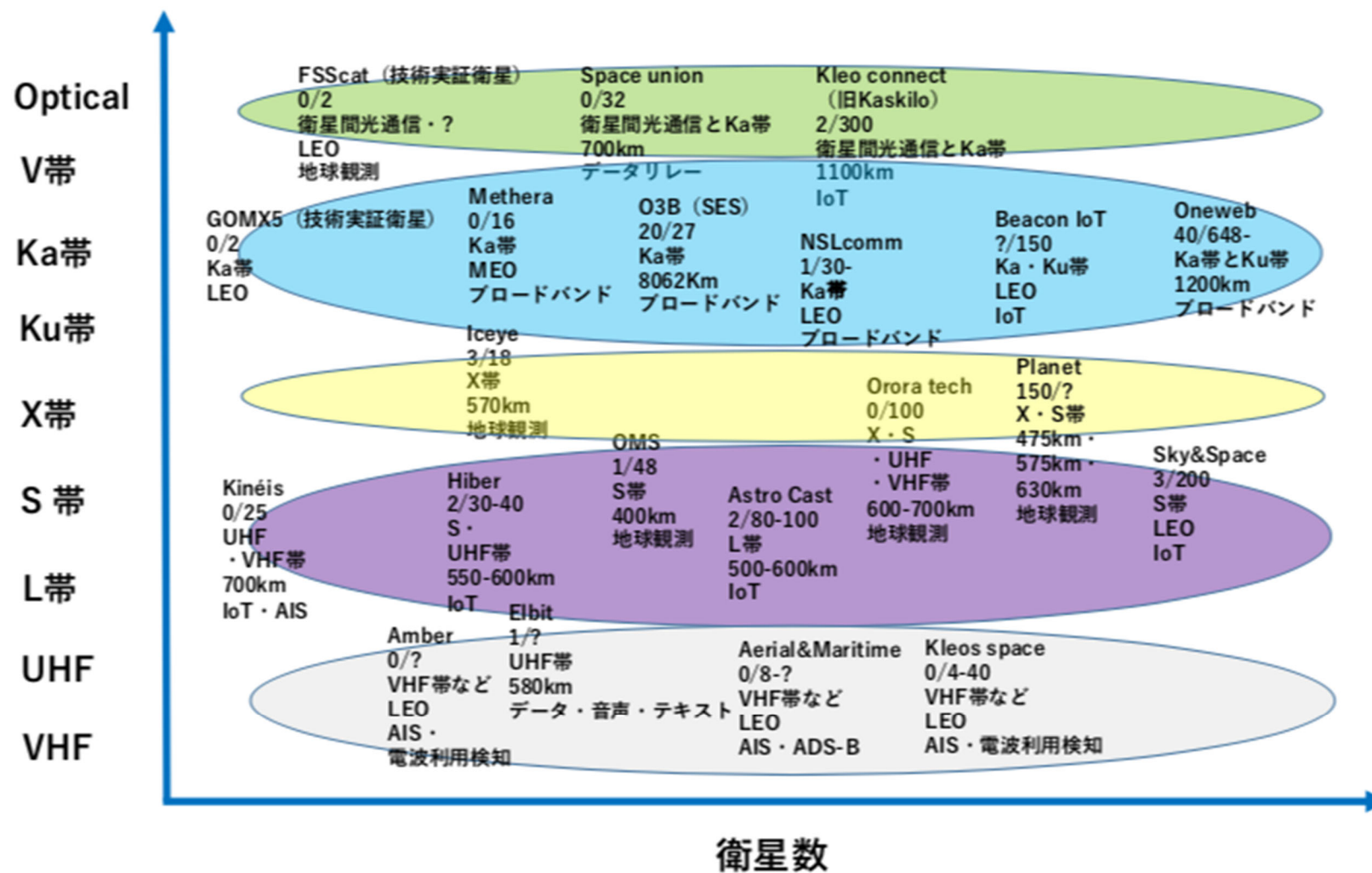
Hiber (Magnitude space として)	2016	2/30 – 40	LEO : 550-600km	6U	UHF 帯 (400MHz) 、 S 帯	ESA、EU、オランダ 政府、蘭 ISIS 社	IoT	
スペイン								
Karten space	2015	?/14	LEO : 500km	6U : 7kg	?		地球観測	衛星画像の処理・ 分析に人工知能を 利用。
Ais Tech	2015	1/150-300	LEO	2U (Danu) 、 6U (Hyudra)	VHF 帯+ ?		AIS、ADS- B、地球観測	2022 年までに 150 機 (300 機という情 報もある) を打ち 上げてる予定。
ルクセンブルク								
O3B (SES)	2007	20/20 : 現世代衛 星数、0/7 : 次世 代衛星数	MEO : 8062km (O3BmPower も同じ軌道)	700kg (現世代 衛星) 、 ? kg (次世代衛星)	Ka 帯 (現世代 衛星と次世代 衛星ともに)	SES の子会社	ブロードバン ドなど	O3BmPower は最大 10Gbps。
Kleos space	2017	0/4 - 40	LEO	6U	VHF 帯+ ?		AIS、電波利 用検知	4 機を打ち上げた 後、さらに 40 機ま で打ち上げ予定。
フィンランド								
Iceye	2015	3 /18	LEO : 570km	85kg	X 帯		地球観測 (SAR)	
スウェーデン								
Aerial&Maritime	2015	?/8 - ?	LEO	?	VHF 帯+ ?	GOMspace (親会社)	ADS-B、AIS	

リトアニア								
Space union	2018	0/32	LEO : 700km		光通信（衛星間）と Ka 帯（衛星—地上間・ダウンリンク）		データリレー	
GIOT (Nanoavionics)	2014	0/72	LEO	最大 10U	?	KSAT（ノルウェー）、Antwerp space（ベルギー）	IoT	EU のホライゾン 2020、ESA、民間組織から資金を得ている（1000 万ユーロ）。
ノルウェー								
Space norway HEOSAT (LEO、MEO ではない)		0/2	HEO : 8,100km-43,500km	2000kg	X 帯、Ka 帯	Inmarsat、ノルウェー国防省	ブロードバンド	Space Norway はノルウェーの公的機関
ロシア								
Yaliny	2013	?/140	LEO	?	?	?	衛星電話等	計画は中止の可能性あり。
Sfera		0/638	?	?	?	?	地球モニタリング、通信、衛星測位システム	IoT への利用も構想。

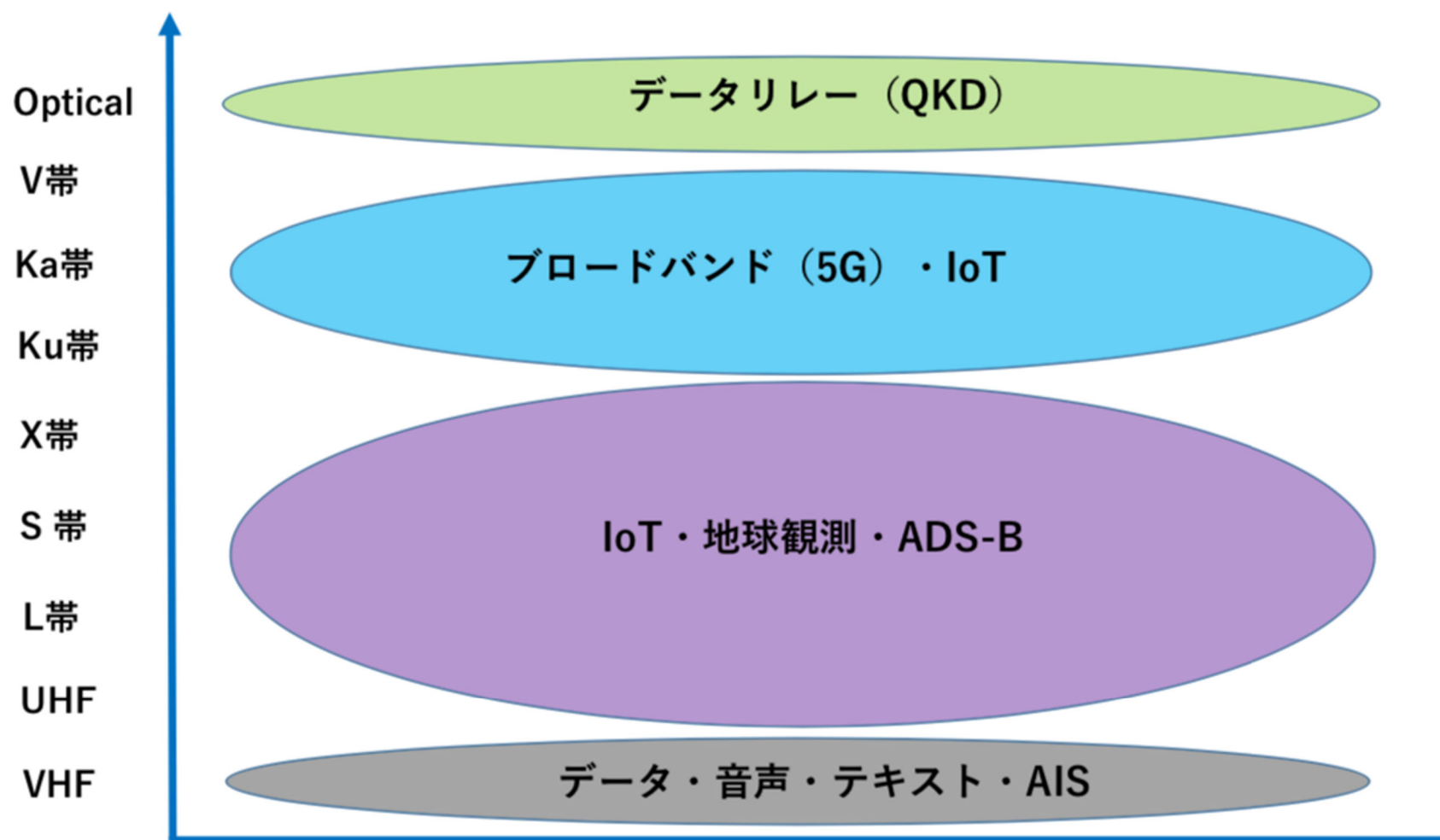
技術実証向け衛星タンドムミッション								
GOMX4（デンマーク・GOMspace）		2/2	LEO : 500km	6U : 8kg	VHF 帯+?	ESA、デンマーク工科大学など	AIS、ADS-B、地球観測（ハイパースペクトラム）	2 機のうち 1 機は北極監視向け 2018 年 2 月と 4 月に打ち上げ成功
GOMX5（デンマーク・GOMspace）		0/2	?	12U : 20kg	Ka 帯（衛星間）	ESA	?	
FSSCAT（スペイン・カタルーニャ工科大学とエストニア・ゴブリックススペース）		0/2	LEO	6U	光通信（衛星間）	ESA	地球観測（ハイパースペクトラム）	コペルニクスのサポート
非欧州企業								
米・独 / Planet	2010	150 ?/? PlanetScope （Dove） : 130 機以上、RapidEye : 5 機、Skysat : 15 機	PlanetScope （Dove） : 475km、 RapidEye : 630km、Skysat : 475-575km	PlanetScope （Dove） : 3U、 RapidEye : 150kg、 Skysat : 110kg	PlanetScope （Dove） : ?、 RapidEye : ?、 Skysat : S 帯（アップ）、X 帯（ダウン）	米政府等	地球観測	Planet は 2015 年、独 RapidEye を買収。 RapidEye は 2020 年に操業停止予定（衛星の寿命のため）

米・英 / OMS (Orbital Micro Systems)	2013	1/48	400km	3U	S 帯	Innovate UK、 Catapult	地球観測（マ イクロ波セン サー）	
豪・英/ Sky&Space	2015	3/200	LEO	10kg 以下	S 帯		IoT など	企業登録がオース トリアで、経営は イギリス 現在、操業停止状 態
イスラエル / NSLComm	2012	1 ?/30 以上	LEO	6U	Ka 帯	イスラエル宇 宙庁など	ブロードバン ド、IoT	
イスラエル / Elbit systems	1966	1/?	LEO : 580km	3U : 5kg	UHF	米企業（非公 開）	データ、音 声、テキスト 向け通信	

周波数マップ1：欧州における衛星コンステレーション計画



周波数マップ 2：欧州における衛星コンステレーション計画の利用用途と周波数帯



第1章 欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション

計画の動向

本章では、欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション計画の動向について国別に概観する。技術実証向け衛星タンドেমミッションと、非欧州企業であるが欧州に拠点を持ち、欧州で積極的に活動している企業の衛星コンステレーションについても記す。

イギリス

- Oneweb
- Beacon IoT (Artemis space)
- Lacuna space
- Amber (Horizon technologies)
- Vivid-i (EARTH-i)
- Methera
- Oberon

ドイツ

- Kleo Connect (旧 Kaskilo)
- ORORA tech (Orbital oracle technologies)

フランス

- Kinéis
- Unseen Labs

スイス

- Astrocast

オランダ

- Hiber

スペイン

- Karten space
- Ais Tech

ルクセンブルク

- Kleos space

フィンランド

- Iceye

スウェーデン

- Aerial&Maritime

リトアニア

- Space union
- GIOT (Nanoavionics)

ロシア

- Yaliny
- Sfera

技術実証向け衛星タンドムミッション

- GOMX4 (デンマーク・GOMspace)
- GOMX5 (デンマーク・GOMspace)
- FSSCAT (スペイン・カタルーニャ工科大学とエストニア・ゴルブリックスペース)

非欧州企業

- 米・独 / Planet
- 米・英 / OMS (Orbital Micro Systems)
- 豪・英 / Sky&Space
- イスラエル / NSLComm
- イスラエル / Elbit systems

イギリス

Oneweb

企業の概要

- Oneweb は、実質的な経営と衛星の大量生産をアメリカで行なっているが、イギリスで設立されていることから、一般的なイメージとは違って、欧州企業として整理する。
- OneWeb の創設者であるグレッグ・ワイラー氏は、2007 年にイギリスに O3B 社を設立したが、後に退社。2012 年に Worldvu 社を設立し、同社が OneWeb になる²。
- Oneweb は、Ku 帯を衛星と地上端末（エンドユーザーにインターネット接続を与える端末）の通信、Ka 帯を衛星と地上ネットワーク（Oneweb システムをインターネットに接続するネットワーク）の通信に利用する³。
- 第一段階では 648 機を打ち上げ、最大で 1980 機まで打ち上げることが予定されている。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	40 / 648 - 1980 （第一段階は 648 機）
軌道	LEO : 1200km
衛星重量・サイズ	150kg
周波数帯	Ku 帯（衛星—ユーザー端末間）と Ka 帯（衛星—地上ネットワーク間）
提携・支援組織	エアバス（欧）、Bharti（印）、コカコーラ（米）、Salinas（メキシコ）、Hughes（米）、Intelsat（米）、Maxar（米）、Qualcomm（米）、ソフトバンク（日）、Virgin（英）、ルワンダ政府
用途	インターネットのブロードバンド接続

最新の動向

- 衛星打ち上げ開始
 - 2019 年 2 月 27、6 機打ち上げに成功⁴（打ち上げロケット：ソユーズ、打ち上げ事業者：アリアンヌスペース、場所：フランスのギアナ宇宙基地）
 - 2019 年 7 月、打ち上げた 6 機でブロードバンド接続を試験した結果、400Mbps 以上の伝送

² <https://spacenews.com/41755worldvu-a-satellite-startup-aiming-to-provide-global-internet/>
<https://www.businesswire.com/news/home/20150115005196/en/OneWeb-Announces-Plans-Launch-New-Satellite-Constellation>

³ <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-makes-history-as-first-launch-mission-is-a-success>

⁴ <https://www.arianespace.com/mission/ariane-flight-vs21/>
<https://www.satellitetoday.com/launch/2019/02/28/oneweb-successfully-launches-1st-batch-of-satellites/>
<https://www.arianespace.com/mission-update/soyuz-rollout-baikonur-st27/>

速度を確認した⁵。

- 2020 年 2 月 7 日、34 機打ち上げに成功⁶（打ち上げロケット：ソユーズ、打ち上げ事業者：アリアンヌスペース、場所：カザフスタンのバイコヌール宇宙基地）
- ESA と官民パートナーシップの締結⁷
 - ESA とサンライズプロジェクト（Sunrise）で官民パートナーシップを締結。Oneweb は、グローバル 5G の実現、宇宙デブリ対策、人工知能の利用等のため、産業コンソーシアムを結成する予定。
 - 英国宇宙庁は、ESA を通して、Oneweb に 1800 万ポンドの出資。
 - サンライズプロジェクトは、ESA のアルテスプログラムから出資される。Oneweb が多くの予算を出資（アルテスプログラムの出資は最大でプロジェクト全予算の半分）。
- インテルサットとの訴訟問題⁸
 - ワンウェブは提携企業のインテルサットに訴訟を起こされている。当初、インテルサットがワンウェブへの出資を決定した際に、ワンウェブは同社に通信サービスの独占的利用権を約束した。だが、その最終的な契約交渉が終わる前に、ワンウェブと日本のソフトバンクとの間で出資契約が締結されたので、ワンウェブはソフトバンクに通信サービスの独占的利用権を与えた。インテルサットは、独占的利用権の侵害、秘密事項の開示などの問題で、ワンウェブを訴えている。
- 破産申請の検討
 - 一部報道（2020 年 3 月 19 日）によれば、ワンウェブは破産申告を検討しているが、本報告書執筆時点では真偽・詳細は不明である。⁹

⁵ <https://www.oneweb.world/media-center/onewebs-satellites-deliver-real-time-hd-streaming-from-space>

⁶ <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-successfully-launches-34-more-satellites-into-orbit>

⁷ <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-takes-sustainability-into-orbit-and-calls-on-industry-to-follow-suit>
<https://spacenews.com/uk-jump-starts-oneweb-esa-program-with-23-million-pledge/>
<https://www.gov.uk/government/news/18m-for-oneweb-satellite-constellation-to-deliver-global-communications>
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/elsa-d#foot11%29>

⁸ <https://spacenews.com/intelsat-sues-oneweb-softbank/>

<https://spacenews.com/oneweb-softbank-seek-dismissal-of-intelsat-lawsuit/>

⁹ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/softbank-s-oneweb-is-said-to-mull-bankruptcy-as-cash-dwindles>

Beacon IoT (Artemis space)

企業の概要

- Artemis space 社は 2014 年設立。本拠地は St Asaph (ウェールズ地方)。
- Artemis space¹⁰は、Beacon IoT という IoT 向け衛星コンステレーション事業の他、バルーンなどを使う高高度プラットフォームステーション (HAPS) を使うサービス、衛星データの分析などの開発を行なっている。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/150
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	Ku 帯、Ka 帯
提携・支援組織	
用途	IoT

¹⁰ <https://www.spaceartemis.com/>

Lacuna space

企業の概要

- 本拠地はオックスフォード南部の Harwell。オランダにも拠点を持つ¹¹。
- IoT 向けのデータ通信サービスを地球上のどこでも与えることが可能。データを LoRa 規格の IoT センサーから直接衛星へ伝送。
- 衛星バスは NanoAvionics UK 社と提携。
- 2022 年末までに 36 機打ち上げ予定。240 機まで打ち上げる可能性も示唆。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1 - ? /36-240
軌道	LEO : 500-550km
衛星重量・サイズ	10kg 以下 / 6U
周波数帯	?
提携・支援組織	ESA、英宇宙庁、SemTech、Miromim など
用途	IoT

最新の動向

- 植物が発生する電気を利用する技術（Plant-e 社の開発）を使って、通常のバッテリーを使わずに、センサーデータを衛星に送信する実験に成功¹²（ESA の支援による試験）。

¹¹ <https://www.lacuna.space>
<https://lacuna.space/one-step-closer-to-global-coverage-for-iot-devices-lacuna-space-and-miromico-announce-collaboration/>
<https://nanoavionics.com/press-releases/lacuna-space-signs-second-contract-with-nanoavionics-to-support-its-growing-iot-satellite-constellation/>
<https://spacenews.com/lacuna-space-aims-to-ride-iot-wave-with-a-32-cubesat-constellation/>
<https://www.spaceitbridge.com/lacuna-space-announces-success-with-initial-satellite-lora-testing.htm>
<https://www.telecomtv.com/content/iot-services-and-apps/ambitious-lora-based-satellite-network-is-on-the-launching-pad-37067/>

¹² <https://lacuna.space/world-premier-first-plant-powered-iot-sensor-sends-signal-to-space/>

Amber (Horizon technologies)

企業の概要

- 1993 年設立。本拠地はリーディング¹³。
- 2019 年 4 月、Horizon technologies 社は、イギリスの研究開発支援機関である Innovate UK と契約し、同社のシギントシステム（通信等の傍受システム）を利用する小型衛星を開発することを発表¹⁴。
- IOD-3 Amber 衛星は、AIS、そして、AIS を切った密漁船の発見などに利用できる。
- AAC Clyde space（本拠地はスウェーデン・グラスゴーに拠点）が衛星製造。
- 2020 年末までに第 1 機運用開始。
- Amber コンステレーションと呼ばれているものの、衛星の予定打ち上げ総数などは不明。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	??
軌道	?
衛星重量・サイズ	6U
周波数帯	?
提携・支援組織	英政府、Innovate UK
用途	AIS（船舶自動識別装置）、電波利用検知

¹³ <https://www.horizontechnologies.eu/>
<https://www.adsadvance.co.uk/horizon-technologies-awarded-innovate-uk-grant.html>

¹⁴ <https://sa.catapult.org.uk/news/horizon-technologies-and-satellite-applications-catapult-partner-to-track-ships-engaging-in-illegal-activities/>

Vivid-i (EARTH-i)

企業の概要

- EARTH-i 社は 2015 年設立。本拠地はギルフォード¹⁵。
- DMC3 や Kompsat のデータを利用して地球観測サービスを提供。
- Vivid-i コンステレーションを計画中。Vivid-i 向けの衛星を 2021 年より打ち上げ開始（2022 年からフルサービス）。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/ 15
軌道	LEO : 500km
衛星重量・サイズ	試験衛星 VividX2 : 100kg ?
周波数帯	?
提携・支援組織	サリーサテライトテクノロジー社
用途	地球観測（世界初衛星フルカラー動画 / 試験衛星は光学センサー利用）

最新の動向

- 2018 年 1 月に試験衛星 VividX2 が打ち上げられた¹⁶。サリーサテライトテクノロジー社が試験衛星を製造。

¹⁵ <https://earthi.space/>
<http://easrc.org/news/earth-i-announces-forthcoming-operational-data-services-from-the-dmc3-triplesat-constellation>
<http://easrc.org/members/earth-i-ltd>

¹⁶ <https://www.bbc.com/news/science-environment-42654281>
https://www.spacedaily.com/reports/Earth_i_launches_prototype_of_worlds_first_full_colour_full_motion_video_satellite_constellation_999.html

Methera

企業の概要

- 2015 年設立。本拠地は Harwell¹⁷。
- MEO コンステレーションでインターネットブロードバンドサービスを提供することが目標。
- 2022 年に打ち上げ予定（16 機）
- O3B と事業が類似。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/16
軌道	MEO
衛星重量・サイズ	700kg
周波数帯	Ka 帯
提携・支援組織	英宇宙庁、サリーサテライトテクノロジー社など
用途	ブロードバンド

¹⁷ <https://www.metheraglobal.com/>
<https://spacenews.com/meo-startup-methera-plans-high-density-hts-constellation/>

Oberon

プロジェクトの概要

- 2018年に英国防省傘下の防衛科学・技術研究所が Oberon プロジェクトの公募開始¹⁸。2019年9月にエアバスが設計研究を行うことが決定¹⁹。
- 英政府向けに SAR 技術を利用する地球観測サービスを提供予定。その他、電波信号を収集する機能を搭載する予定。
- 2022年までに試験衛星を打ち上げ、2025年よりサービス開始予定。
- EUを離脱するイギリスには、自国の諜報活動を強化するために、衛星コンステレーションを利用する思惑があると見られている²⁰。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/?
軌道	?
衛星重量・サイズ	500kg 以下
周波数帯	?
提携・支援組織	英国防省、エアバス
用途	地球観測（SAR 技術の利用）

¹⁸ <http://www.government-online.net/dstl-project-oberon-contract/>

¹⁹ <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2019/09/airbus-to-develop-technology-for-ultrahighresolution-satellites-for-uk-mod.html>

²⁰ <https://www.wired.co.uk/article/uk-surveillance-satellites-project-oberon>

ドイツ

Kleo connect (旧 Kaskilo)

企業の概要

- 本拠地はミュンヘン²¹。
- 2015 年に EightyLeo として設立され、その後、2016 年に商標を Kaskilo に変更した。現在は、Kleo connect という名称。
- EightyLeo 時代には 80 機の衛星でコンステレーションをつくるとしていた。
- 衛星間の光通信の伝送速度は最大 10Gbp。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	2/300
軌道	LEO : 1100km
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	光（衛星間 / 最大 10Gbp）・Ka 帯（衛星と地上局間）
提携・支援組織	中国系組織？
用途	IoT

最新の動向

- 元々は欧州産業界が立ち上げた欧州発の衛星コンステレーションと言われていた。だが、Kaskilo は中止になり、経営陣が交代した可能性がある。
- 2019 年 11 月、Kleo connect が試験衛星 2 機（KL-ALPHA A と B 衛星）を中国で打ち上げたという情報がある²²。KL-ALPHA A と B 衛星は、中国科学アカデミーの小型衛星センターが製造した試験衛星²³。

²¹ <https://kleo-connect.com/>

²² <https://www.seradata.com/second-kuaizhou-1a-rocket-in-four-days-launched-from-china-carrying-smallsats-into-orbit/>

²³ <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2019-077B>

ORORA tech (Orbital oracle technologies)

企業の概要

- 2018 年に設立²⁴。本拠地はミュンヘン。
- ミュンヘン工科大学の MOVE-II キューブサットプロジェクトのスピンオフ企業。同プロジェクトの衛星はすでに打ち上げられている。
- 2021 年に第 1 機試験衛星を打ち上げ、次に 15 機打ち上げ予定。総数で、100 機打ち上げる予定である（100 機で全地球上のリアルタイムモニタリングが可能）。2024 年フルサービスを開始。
- 森林火災の早期発見と全地球上での火災場所のリアルタイムモニタリングサービスを提供予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/100
軌道	LEO : 600km
衛星重量・サイズ	3U
周波数帯	UHF 帯、VHF 帯、 S 帯、X 帯
提携・支援組織	ESA など
用途	地球観測（特に赤外線センサーを利用した高温度の検知）

²⁴ <https://ororatech.com/>
http://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Technology_Transfer/Orbital_Oracle_Technologies_or_ora.tech_Advanced_CubeSat_Constellation_for_Global_near_real-time_Weather_Forecasting

フランス

キネイス (Kinéis)

企業の概要

- 2019年に設立。本拠地はトゥールーズ²⁵。人員は30名（2020年末までに45名に増員予定）。
- Kinéisはフランスを代表する衛星コンステレーション事業である。同事業には、フランス国立宇宙研究センター（CNES）、仏タレスアレニアスペース、仏Héméria社など、フランスを代表する組織が提携している。
- Kinéisのコンステレーションは衛星位置即位システムであるArgosを利用して、AISを利用したサービスとともに、衛星IoT通信サービスを提供予定²⁶。
- KinéisはArgosを運用するCLS社（Collecte Localisation Satellites）の子会社であり、スピンオフ企業。Kinéisは、CLSが運用していたArgosの運用事業（衛星7機）を引き継いでいる（2019年6月）。CLS社はCNESとベルギーのCNP（Compagnie National à Portfeuille）の子会社である。
- フランスの国立宇宙研究センター（CNES）とアメリカ大洋大気庁（NOAA）が1978年、アメリカ航空宇宙局（NASA）の支援の下、Argosを開発した。Argosは世界初の地球規模の情報収集システムであり、衛星IoTの先駆的な技術であった。
- Kinéisの衛星コンステレーションは、最新のArgosシステムを利用し、現在のArgosの衛星システムの容量を100倍増大させ、価格を50倍低くすることができる²⁷。
- Kinéisは2022年から打ち上げを開始し、同年25機の新しい衛星コンステレーションによりIoTサービスを開始予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/25
軌道	LEO : 700km ? （試験衛星 Angels の軌道）
衛星重量・サイズ	16U : 30kg 以下
周波数帯	VHF 帯、UHF 帯
提携・支援組織	CNES、タレス、Nexeya、CLS など、多数の仏組織
用途	IoT、AIS

²⁵ <https://www.kineis.com/>

²⁶ <https://www.kineis.com/techno-flash-1-what-is-the-kineis-connectivity/>

<https://spacenews.com/kineis-takes-control-of-argos-system-finalizes-successor-constellation-plans/>

²⁷ <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/constellation-satellites-kineis-constellation-nanosatellites-100-francaise-ici-2022-72794/>

最新の動向

- 2019 年 6 月、ベルギーのブイグテレコムの子会社で、IoT 企業の Objenious と提携決定²⁸。Objenious は LORA 規格の技術で IoT サービスを提供している。
- 2019 年 12 月、新型の Argos を装備した Angels 衛星の打ち上げに成功²⁹。この衛星が Kinéis の衛星のプロトタイプとして考えられている。Kinéis が現在、Angels を運用している。
- 2020 年 2 月、Kinéis は衛星コンステレーション事業のために、CNES などから 1 億ユーロの出資を受けることが決定³⁰。この出資により、事業が可能になるとされている。

²⁸ <https://www.cls.fr/wp-content/uploads/KINEIS-COMMUNIQUE-DE-PRESSE-2019-06.pdf>

²⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/angels>

³⁰ <https://www.hemeria-group.com/hemeria-investit-et-soutient-kineis-dans-sa-levee-de-fonds-historique/>
<https://www.hemeria-group.com/wp-content/uploads/2020/02/200203-CP-Lev%C3%A9-de-fonds-Kin%C3%A9is.pdf>
https://www.challenges.fr/entreprise/aeronautique/constellation-de-satellites-kineis-le-nouveau-champion-du-new-space-francais_697061

Unseen Labs

企業の概要

- 2015 年に設立。本拠地はレンヌ³¹。
- 2020 年に 6 機打ち上げ予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1/20-50
軌道	LEO : 550-650km
衛星重量・サイズ	6U : 6kg
周波数帯	?
提携・支援組織	仏国防省など
用途	海洋監視（AIS を切った船舶が利用する電波の検知）

最新の動向

- 2018 年に仏国防省などから 750 万ユーロ出資³²。
- 2019 年 8 月に衛星 1 機を打ち上げ成功³³。

³¹ <https://unseenlabs.space/>

³² <https://www.usine-digitale.fr/editorial/unseenlabs-leve-7-5-m-pour-mettre-ses-cubesatellites-en-orbite.N738994>

³³ <https://spacenews.com/unseenlabs-plans-to-launch-half-dozen-ship-tracking-cubesats-in-2020/>
<https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/actu/0601951353783-unseenlabs-demarre-sa-course-aux-etoiles-332009.php>

スイス

Astrocast

企業の概要

- 2014 年設立³⁴。本拠地はローザンヌ。人員は 36 名（2019 年）。
- スイスのローザンヌ連邦工科学校のスピンオフ企業。
- L 帯を利用する超小型 ASIC チップをエアバスと仏 CEA と共同開発している。
- 2023 年か、2024 年までに 80 機の打ち上げ予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	2/80-100
軌道	LEO : 500-600km
衛星重量・サイズ	3U（最初の 20 機） / 残りは 6U になる可能性がある
周波数帯	L 帯
提携・支援組織	ESA、エアバス、仏 CEA など
用途	IoT

最新の動向

- 2019 年 9 月、900 万スイスフラン（920 万ドル）の追加出資を受けた。

³⁴ <https://www.astrocast.com/>
<https://business.esa.int/projects/astrocast>
<https://spacenews.com/astrocast-raises-9-2-million-grows-target-iot-constellation-size-to-80-satellites/>

オランダ

Hiber

*ハイバーのより詳しい情報については、同社とのインタビュー模様を本章末に収録したので、参考のこと。

企業の概要

- 2016年に設立（Magnitude space として）³⁵。本拠地はアムステルダム。人員は40名（今後100名まで増員予定）。
- 衛星製造はオランダのデルフトに本拠地を持つ ISIS 社。
- ハイバー（Hiber）という名前は、英語の hibernation（冬眠）に由来する。ハイバーが開発する IoT モデムは、低電力を実現するために、通信衛星が近接した時だけ電源がつくので、それが冬眠のようであるから。
- ハイバーの IoT 向け通信サービスには、ハイバー・ダイレクトとハイバー・バイアと呼ばれる二つの形態がある。ハイバーバンド・ダイレクト³⁶では、ハイバーが所有する衛星通信網を利用して、通信サービスを与える。ハイバーバンド・バイア³⁷では、パートナー企業の衛星通信網を利用し、すでに IoT 向けの通信サービスを提供している（LORA 規格対応）。
- EU のホライゾン 2020、ESA のアルテスプログラム、オランダ政府から支援を受けている。
- 2018年、ハイバーはそのポテンシャルを評価されて、アマゾンウェブサービスのコマーシャル・スタートアップ・ラウンチ賞を授与されている³⁸。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	2/30 – 40
軌道	LEO : 550-600km
衛星重量・サイズ	6U
周波数帯	UHF 帯（400MHz）、S 帯
提携・支援組織	ESA、EU、オランダ政府、ISIS 社など
用途	IoT

³⁵ <https://hiber.global/>
<https://spacenews.com/iridium-teams-up-with-internet-of-things-startup-magnitude-space/>

³⁶ <https://hiber.global/hiberband-direct/>

³⁷ <https://hiber.global/hiberband-via/#how-it-works>

³⁸ <https://www.businesswire.com/news/home/20181126005329/en/Hiber-Announced-Amazon-Web-Services%E2%80%99-Commercial-Startup>

同賞の受賞者には、過去に Pinterest や AirBnB がいる。

最新の動向

- 2019 年、ハイバーはオランダ政府から「国のアイコン（National Icon）」として選ばれ、政府から支援を受けている³⁹。
- ハイバー・ダイレクトの商用化は衛星 2 機で 2020 年 4 月に開始され、同年末まで徐々にビジネスを展開させていく予定である。

³⁹ <https://hiber.global/press/dutch-national-icon-2019/>
<https://www.businesswire.com/news/home/20191105006008/en/Dedicated-IoT-Satellite-Service-Hiber-Starts-Commercial>
ハイバーは今後 3 年間に渡って、オランダ政府から助成金などの支援を受ける。

スペイン

Karten space

企業の概要

- 2015 年設立。本拠地はビトリア（バスク地方）。
- 衛星画像処理・分析に人工知能を利用（深層学習）。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/ 14?
軌道	LEO : 500km
衛星重量・サイズ	6U : 7kg
周波数帯	?
提携・支援組織	?
用途	地球観測、AIS

Ais tech

企業の概要

- 2015 年設立⁴⁰。本拠地はバルセロナ。ルクセンブルクにも拠点を持つ⁴¹。
- 2018 年に 1 号機が打ち上げ成功（2U サイズ）。
- 2 つのコンステレーション計画を持つ。DANU コンステレーションは 102 機の打ち上げ（サイズは 2U）。Hyudra コンステレーションは 18 機の打ち上げ（サイズは 6U）。
- 2022 年までに 150 機（300 機という情報もある⁴²）を打ち上げ予定。
- 衛星の製造はデンマークの GOMspace 社⁴³。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1 ?/150-300
軌道	LEO :
衛星重量・サイズ	2U、6U
周波数帯	?
提携・支援組織	
用途	AIS、ADS-B、地球観測

最新の動向

- 2020 年 2 月、Ais Tech はイギリスとスペインの関係を促進した企業に授与される UK・ビジネスアワードの「新しい UK 投資家」部門で賞を獲得した⁴⁴。

⁴⁰ <https://www.aistechspace.com/>

⁴¹ <https://space-agency.public.lu/en/expertise/space-directory/AistechSpace.html>

⁴² <https://spacenews.com/new-space-companies-confident-about-future-of-small-satellites/>

⁴³ <https://gomspace.com/aistech.aspx>

⁴⁴ <https://www.theleader.info/2020/02/21/first-edition-of-the-uk-spain-business-awards/>

ルクセンブルク

Kleos space

企業の概要

- 2017 年設立⁴⁵。本拠地はルクセンブルク（市）。
- 地上で利用された電波の検知（VHF）によって、特に密漁船などの発見など、海洋監視サービスを提供
- 衛星の製造は GOMspace 社。
- 最初に 4 機打ち上げ、40 機まで打ち上げ予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/40
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	6U : 10kg 以下.
周波数帯	VHF 帯など
提携・支援組織	
用途	AIS、電波利用検知

最新の動向

- 2020 年 2 月、初打ち上げ直前に新たな出資（340 万ユーロ）を受けた⁴⁶。

⁴⁵ <https://kleos.space/>
<https://space-agency.public.lu/en/expertise/space-directory/kleos.html>

⁴⁶ <https://spacenews.com/kleos-space-borrows-3-4-million-while-awaiting-first-launch/>

フィンランド

Iceye

企業の概要

- 2015 年設立⁴⁷。本拠地は Espoo.
- 2018 年に最初の衛星を打ち上げ。
- SAR 技術（synthetic-aperture radar）による地球観測サービスを提供。SAR 技術は天候条件などの影響を受けない長所を持つ。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	3 / 18
軌道	LEO : 570km
衛星重量・サイズ	85kg
周波数帯	X 帯
提携・支援組織	
用途	地球観測、AIS

最新の動向

- SAR 技術と AIS（船舶自動識別装置）を組み合わせ、海洋上の違法船舶を発見するサービスも提供開始⁴⁸。
- 2020 年 2 月、Iceye はアメリカに拠点を置いている⁴⁹。SARS 技術を利用した地球観測サービスの需要がアメリカにあると判断。

⁴⁷ <https://www.iceye.com>

<https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/iceye>

⁴⁸ <https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2020/01/21/iceye-deploys-dark-vessel-detection/>

⁴⁹ https://spacenews.com/iceye-us-opens/?utm_content=116969707&utm_medium=social&utm_source=linkedin&hss_channel=lcp-4856503

スウェーデン

Aerial&Maritime

企業の概要

- 2015 年設立⁵⁰。本拠地は Gelting。
- GOMspace が親会社であり、Aerial&Maritime は同社の大型衛星コンステレーション事業である。
- プロジェクト初期は 8 機の衛星によるコンステレーションの予定⁵¹。2021 年にサービスを提供開始。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/8-
軌道	?
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	?
提携・支援組織	GOMspace が親会社。
用途	ADS-B、AIS

⁵⁰ <http://aerial-maritime.com/GB.aspx>
<https://www.satellitetoday.com/telecom/2017/11/20/aerial-maritime-secures-5-million-nanosatellite-network/>

⁵¹ <http://aerial-maritime.com/GB.aspx?accb0da0bb1511df851a0800200c9a67=1&newsid=1079>

リトアニア

Space union

企業の概要

- 2018 年設立。本拠地は Vilnius。
- 他の衛星通信事業者向けに、小型衛星コンステレーションを使ったデータリレーサービスを提供する。顧客の衛星からデータを Space union のコンステレーションへ伝送し、最終的に地上へとデータを送る。
- 衛星間は光通信を利用する。衛星—地上局間（ダウンリンク）で光通信か電波（Ka 帯）を利用する。
- 量子暗号技術の研究を実施しているという情報がある⁵²。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/32
軌道	LEO : 700km
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	光通信（衛星間）と Ka 帯（衛星—地上間・ダウンリンク）
提携・支援組織	?
用途	データリレー

⁵² <https://medium.com/@spaceunion/spaceunion-investigates-qkd-applications-for-satellite-communications-335a36ac188a>

GIoT (Nanoavionics)

企業の概要

- Nanoavionics は 2014 年設立。本拠地は Vilnius。イギリスとアメリカにも拠点を持つ。
- 同社は小型衛星製造業者として、Lacuna space 向けに衛星を製造しているが、同時に、衛星コンステレーション計画である GIoT プロジェクト⁵³を主導している。
- GIoT はホライゾン 2020 のプロジェクトとして、EU から資金を得るとともに、ESA のアルテスプログラムと民間組織からも出資を受けている（合計 1000 万ユーロ）⁵⁴。
- GIoT プロジェクトのコーディネーターはリトアニアの Nanoavionics⁵⁵。他の参加組織は、ノルウェーの KSAT（Kongsberg Satellite Services：地上局担当）とベルギーの Antwerp space（衛星間通信担当）。
- GIoT は、一社以上の IoT サービスプロバイダに衛星通信サービスを提供する予定であり、プロジェクトに関わる 3 組織が直接 IoT サービス事業を行うわけではない（BtoB 事業予定）。
- 2020 年末に 2～3 機、2023 年までに 72 機打ち上げ予定。
- ESA のアルテスプログラムからは、小型低軌道衛星と静止衛星間の通信システムの開発と低コストデータリレーの証明に出資される。

GIoT プロジェクトの概要

プロジェクト名称	Nano-satellites based Global Infrastructure to Enable IoT/M2M Networks
予算（EU 拠出分）	4,150,216 ユーロ（2,884,132 ユーロ）
研究期間	2019 年 5 月～2022 年 4 月
コーディネーター	Nanoavionics（リトアニア）
参加組織	KSAT（ノルウェー）、Antwerp space（ベルギー）

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/72
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	最大 10U
周波数帯	?
提携・支援組織	EU、ESA など
用途	IoT

⁵³ <https://cordis.europa.eu/project/id/853797>

<https://nanoavionics.com/projects/giot/>

⁵⁴ <https://nanoavionics.com/news/eus-horizon-2020-and-esa-are-part-of-e10-million-grant-for-nanoavionics-global-iot-constellation-as-a-service-aimed-at-iot-m2m-communications-providers/>

⁵⁵ <https://nanoavionics.com/>

ロシア

Yaliny

企業の概要

- 2013 年設立。
- 事業が中止になった可能性がある⁵⁶。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/140
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	?
提携・支援組織	?
用途	衛星電話

⁵⁶ 2017 年 11 月発表のフランス国際関係研究院（Ifri）の「欧州スペースプログラムとデジタルチャレンジ」、P.59. Laurence Nardon (ed.), “European Space Programs and the Digital Challenge”, Études de l’Ifri, Ifri, November 2017.

Sfera

- 2018 年、メディアでプーチン大統領が Sfera プロジェクトに言及⁵⁷。ロシアの国家プログラム。
- ワンウェブやスターリンクに対抗するロシアのメガコンステレーションと考えられている⁵⁸。334 機が通信向け、55 機が衛星測位向け、249 機が地球モニタリング向け。
- 2030 年までに全機打ち上げ予定。
- Marathon と呼ばれる IoT 向けシステムにも Sfera の利用が構想されている⁵⁹。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	?/638
軌道	?
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	?
提携・支援組織	?
用途	地球リモートセンシング、通信、衛星測位、IoT

⁵⁷ <https://www.rt.com/news/429017-putin-russia-space-exploration/>

<https://tass.com/science/1008600>

⁵⁸ <https://www.urdupoint.com/en/technology/roscosmos-needs-148-launches-to-put-over-600-814253.html>

⁵⁹ <https://mynaric.com/blog/recent-developments-in-the-aerospace-connectivity-market/>

技術実証向け衛星タンデムミッション

技術実証向け衛星タンデムミッションでは、衛星2機を利用して、様々な技術や製品、サービスの実証試験を行い、研究成果はより多くの衛星から構成されるコンステレーション事業でも利用される。以下に、GOMspace の GOMX4 と GOMX5、スペインのカタルーニャ工科大学とエストニアのゴルブリアックススペースによる FSScat プロジェクトについて記す。

GOMX4・GOMX5 (GOMspace)

企業の概要

- 2007 年設立⁶⁰。本拠地は Aalborg。
- GOMspace は小型衛星の製造業者。
- GOMX4 ミッションは、2018 年 2 月と 4 月に 2 機打ち上げ成功。GOMX4 の 2 機の衛星のうち 1 機は北極監視向けに利用され、将来的にはデンマークの国防活動に貢献する。
- 2018 年 12 月、GOMspace は ESA と、GOMX4 の後継プロジェクトとして、GOMX5 ミッションの契約を締結⁶¹。2021 年までに 2 機の小型衛星を打ち上げ予定。最先端の通信技術を搭載する予定であり、GOMspace が衛星間通信に Ka 帯を利用する通信システムを開発⁶²。

コンステレーションの概要：GOMX4

軌道上の衛星数/予定衛星総数	2/2
軌道	LEO : 500km
衛星重量・サイズ	6U : 8kg
周波数帯	S 帯
提携・支援組織	ESA、デンマーク工科大学、DALO
用途	地球観測、AIS、ADS-B、IoT

コンステレーションの概要：GOMX5

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/2
軌道	?
衛星重量・サイズ	12U : 20kg
周波数帯	Ka 帯（衛星間通信）
提携・支援組織	ESA

⁶⁰ <https://gomspace.com/home.aspx>

⁶¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gomx-4#foot8%29>
<https://news.cision.com/gomspace-a-s/r/gomspace-and-esa-sign-contract-to-initiate-work-on-new-gomx-mission.c2704823>

⁶² <https://gomspace.com/news/payload-collaboration-initiated-for-the-gomx-.aspx>

用途	?
----	---

最新の動向

- 2019 年 10 月、衛星 IoT 通信事業者の OQ technologies 社（ルクセンブルク）が GOMX4 を利用して、NB-IoT（Narrow Band-IoT）の試験に成功⁶³（NB-IoT は 3GPP によって標準化された IoT 向け通信規格）。

⁶³ <http://www.satnews.com/story.php?number=2029355696#>

FSSCAT プロジェクト / ゴルブリアックスペースとカタルーニャ工科大学

企業の概要（ゴルブリアックスペース）

- ゴルブリアックスペースは 2017 年設立⁶⁴。本拠地はエストニアのタリン。
- 同社は衛星間光通信機器を開発している。民間企業で同社の光通信機器と類似する機器を開発し、製造している組織はない（軍事向けは不明）⁶⁵。コペルニクスの監視衛星で光通信が利用されているが、光通信機器の費用に約 2400 万ユーロかかり、そのサイズも大きい。ゴルブリアックスペースの見込みでは、将来的に、10 万～15 万ユーロで機器を開発でき、小型化される（10×10×15cm）。
- 光通信の強みは、高速データ通信の他に、利用免許が不要であることである。電波利用には免許が必要になり、そのために 2 年から 4 年は待たなくてはならない。また免許を取得しても、電波を使う端末が多いことから、常に干渉の問題がある。
- 同社はエストニアの ESA ビジネスインキュベーションセンターにスタートアップ企業として選ばれており、ビジネスサポートを受けている。
- 2018 年、ドイツ航空宇宙センターが主催するイノスペース・マスターコンペティション（INNOspace masters）でエアバス・チャレンジ賞を獲得した⁶⁶。エアバスは国際宇宙ステーション向けの実験プラットフォームであるバルトロメオ（Bartolomeo）⁶⁷を ESA の発注で開発していたが、ゴルブリアックスペースは、バルトロメオで利用できるクラウドコンピューティングシステム（バルトロメオ・クラウド）のアイデアを提案した。このアイデアによれば、小型データセンターを国際宇宙ステーション内に設置する。このデータセンターは、国際宇宙ステーションに設置される光通信端末などを通して、宇宙船と通信する。
- FSSCAT プロジェクトは、スペインのカタルーニャ工科大学と提携して実施している（ゴルブリアックスペースはコンステレーション事業を行わない）。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/2
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	6U

⁶⁴ <https://www.golbriak.space/>

ゴルブリアックスペースにインタビューした際の模様を本章末に収録したので参考のこと。

⁶⁵ <https://investinestonia.com/a-company-run-by-an-estonian-e-resident-is-shaping-the-future-of-satellite-communication/>

ゴルブリアックスペースの創設者の一人であるシモーヌ・ブリアトーレ氏がエストニア投資庁のインタビューに答えている。

⁶⁶ <https://www.space-of-innovation.com/innospace-masters-awards-ceremony-and-conference-2018/>

⁶⁷ <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/01/esa-and-airbus-sign-contract-for-bartolomeo-platform-on-the-international-space-station.html>

周波数帯	光通信（衛星間）
提携・支援組織	ESA
用途	地球観測

最新の動向

- FSSCAT プロジェクトは、フィーサット（phi-sat）と呼ばれる人工知能チップを第二の衛星（³Cat-5/B）に装備する予定である⁶⁸。人工知能チップの利用で、膨大な数の観測画像のうち、雲などが障害となり、よく撮影できなかったものをフィルタリングすることができるようになる。2017年に同プロジェクトがコペルニクス・マスター賞を授与された際には、人工知能の利用は予定されていなかったようである。

⁶⁸ <https://www.space-of-innovation.com/first-earth-observation-satellite-with-ai-ready-for-launch/>
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/09/-Sat_AI
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/First_Earth_observation_satellite_with_AI_ready_for_launch
<https://spacenews.com/expanding-roles-for-ai/>

欧州内での非欧州組織の動向

以下に、欧州外に本拠地を持つが、欧州内に拠点を持ち、欧州で積極的に活動している企業の衛星コンステレーションについて記す。

米・独 / Planet

*同社は米企業であるが、独 Blackbridge 社を買収し、ドイツにも拠点を持つため、本報告書では取り扱う。

企業の概要

- 2010 年設立⁶⁹。本拠地はカルフォルニア。ドイツ・ベルリンに拠点を持つ（同社が買収した Blackbridge の本拠地がベルリンにあった）。
- 2015 年、Planet は独 Blackbridge 社を買収した⁷⁰。Blackbridge は Rapideye という 5 機の地球観測向け衛星コンステレーション事業を実施していた⁷¹。
- 2017 年、Planet は、米グーグルから Terra Bella 社を買収した。Terra Bella は Skysat という地球観測向け衛星コンステレーション事業を実施していた⁷²。
- Planet は、通常の低軌道衛星よりもより低い軌道を周回する衛星を運用し、地球観測サービスが優れている⁷³。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	150 ?/? : Planet scope (Dove) / 130 機以上、Rapideye / 5 機、Skysat / 15 機
軌道	Planet scope (Dove) : 475km、Rapideye : 630km、Skysat : 475-575km
衛星重量・サイズ	Planet scope (Dove) : 3U、Rapideye : 150kg、Skysat : 110kg
周波数帯	Planet scope (Dove) : ?、Rapideye : S 帯と X 帯、Skysat : S 帯（アップリンク）、X 帯（ダウンリンク）
提携・支援組織	米政府
用途	地球観測

最新の動向

- 2019 年 6 月、アメリカの国防省傘下の組織と契約を締結し、地球観測サービスを諜報機関向

⁶⁹ https://www.planet.com/assets/planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf

⁷⁰ <https://www.planet.com/pulse/blackbridge/>

⁷¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rapideye>

⁷² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

⁷³ <https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/planetscope>
<https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/skysat>

けに提供していく予定。

- 2020 年 3 月、Rapideye コンステレーション の稼働終了予定。顧客は Planet scope の利用に移行。

米・英 / OMS (Orbital Micro System)

企業の概要

- 2013 年設立⁷⁴。本拠地は米ボールダー。拠点をロンドンとグラスゴーに持つ。
- 2017 年、OMS は、IOD プログラム (In Orbit Demonstraion) を通して、Innovate UK (英研究開発支援機関)⁷⁵と Catapult (Innovate UK 傘下の機関) から支援を得て、GEMS⁷⁶という衛星コンステレーション計画を実施⁷⁷。2019 年 4 月、第 1 機の衛星が打ち上げ成功 (場所は米バージニア)⁷⁸。
- GEMS 向けの衛星は Clyde space 社 (本拠地スウェーデン、グラスゴーに拠点) が製造。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1/48
軌道	400km
衛星重量・サイズ	3U
周波数帯	S 帯
提携・支援組織	Innovate UK、Catapult
用途	地球観測 (マイクロ波センサー)

⁷⁴ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁷⁵ <https://www.gov.uk/government/organisations/innovate-uk/about>

⁷⁶ <https://www.orbitalmicro.com/gems>

⁷⁷ <https://directory.coportal.org/web/coportal/satellite-missions/i/iod-1-gems>

⁷⁸ <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/04/17/1806160/0/en/Orbital-Micro-Systems-Weather-Observation-Satellite-Launched-on-NASA-NG-11-Mission.html>

豪・英/ SKY&Space

企業の概要

- 2015 年設立⁷⁹。企業登録はオーストラリアの Perth。拠点をイギリスに持ち、実質的な経営はイギリスで行われている。
- 2017 年に衛星 3 機の打ち上げに成功。
- 2021 年までに 200 機以上打ち上げ予定。
- 衛星の製造は GOMspace 社。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	37/200
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	10kg 以下
周波数帯	S 帯
用途	IoT など

最新の動向

- 2019 年末の報道によれば、同社は資金不足のため、衛星の製造及び打ち上げを延期しており、操業停止状態にある⁸⁰。同社の資金難は衛星を製造する GOMspace の経営に影響を与えている。

⁷⁹ <https://www.skyandspace.global/>

⁸⁰ <https://spacenews.com/sky-and-space-global-narrows-immediate-goal-to-eight-satellites-as-funding-remains-elusive/>

イスラエル / NSLComm

企業の概要

- 2012 年設立⁸¹。本拠地はエアポート・シティ。
- NSL は独自の大型アンテナ技術を開発している。同社が開発したアンテナは打ち上げ前は畳まれているが、打ち上げ後、軌道上で開く仕組み⁸²。Ka 帯を利用し、最大で 2Gbps⁸³。
- 2021 年までに 30 機打ち上げ予定⁸⁴。
- スウェーデンの Clyde space が衛星の製造⁸⁵。
- 同社は衛星コンステレーション事業を行うか、同社のアンテナを他の事業者に販売する事業を行うと見られている。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1 /30 以上
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	6U
周波数帯	Ka 帯
提携・支援組織	イスラエル宇宙庁など
用途	ブロードバンド、IoT

最新の動向

- 2019 年 7 月に第 1 機を打ち上げ成功⁸⁶。
- 第 1 機はブロードバンド向けであったが、次期打ち上げ予定の第 2 機は IoT 向け⁸⁷。

⁸¹ <https://www.nslcomm.com/>

⁸² <https://www.youtube.com/watch?v=zyQoKf4XRyY&feature=youtu.be>

⁸³ <https://www.satellitetoday.com/business/2018/05/29/startup-space-spotlight-israels-nslcomm-is-supercharging-smallsat-bandwidth/>

⁸⁴ <https://techcrunch.com/2019/07/03/nslcomms-first-spring-loaded-expanding-antenna-satellite-is-headed-to-space/>

⁸⁵ <https://www.spacenewsfeed.com/index.php/news/4249-aac-clyde-space-wins-satellite-order-from-nslcomm>

⁸⁶ <https://spacenews.com/nslcomm-mission-one/>

<https://www.jpost.com/Israel-News/Israeli-nanosatellite-with-orbiting-constellation-to-launch-on-Friday-594477>

⁸⁷ <https://www.forbes.com/sites/elizabethhowell1/2019/09/18/israeli-company-plans-second-satellite-launch-for-the-internet-of-things/#7e7161172272>

イスラエル / Elbit systems (NANOVA)

企業の概要

- 1966 年設立。本拠地はハイファ⁸⁸。アメリカに拠点を持つ。
- 軍用機向けの制御システムや通信システム（ヘリコプターやドローンも含む）などの開発。
- NANOVA コンステレーションは、BIRD 基金（米—イスラエル二国間産業・開発基金）⁸⁹の枠組みで、米企業（不明）と提携して開発。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1/ ?
軌道	LEO : 580km
衛星重量・サイズ	3U : 5kg
周波数帯	UHF
提携・支援組織	米企業（不明）
用途	データ、音声、テキスト向け通信

最新の動向

- 2019 年 12 月に第一機の打ち上げ成功。

⁸⁸ <https://elbitsystems.com/pr-new/elbit-systems-launches-to-space-a-nanosatellite-for-commercial-communication-applications/>

⁸⁹ <https://www.birdf.com/>

ヒアリング模様

Hiber

- 日程：2020 年 2 月 4 日（火）午前 10 時から
- 場所：テレビ会議（フランス・パリーオランダ・アムステルダム）
- 先方：ハイバー ヤスパー・フェーン氏
- 当方：扇 欧州連携センター長、小野（ONOSO 研究員）

質疑応答の模様

1. 先方企業について

- 2016 年にオランダのアムステルダムで設立された。
- ハイバー（Hiber）という名前は、英語の hibernation（冬眠）に由来する。ハイバーが開発する IoT モデムは、低電力を実現するために、通信衛星が近接した時だけ電源がつくので、それが冬眠のようであるから。
- 現在の人員は 40 名ほどであるが、100 名ほどに増員する予定であり、今年 3 月にアムステルダム内のより大きなオフィスに転居する。従業員はオランダ人だけではなく、組織は国際的である。
- ハイバーはオランダ政府、EU のホライゾン 2020、ESA のアルテスプログラム（小型衛星の研究開発支援）⁹⁰から支援されている。IT 系大企業などからはサポートされていない。
- 2018 年、ハイバーはそのポテンシャルを評価されて、アマゾンウェブサービスのコマーシャル・スタートアップ・ラウンチ賞を授与されている⁹¹。
- 2019 年、ハイバーはオランダ政府から「国のアイコン（National Icon）」として選ばれ、政府から支援を受けている⁹²。

2. 先方企業の活動

- 事業目的は、世界中で IoT 向けの通信サービスを与えることである。現在、3G などの既存の通信網によってカバーされているのは世界の 10 パーセントであり、地域間の接続状況にギャ

⁹⁰ <https://artes.esa.int/news/first-commercial-dutch-satellite-operator-makes-firm-footprint-space>
<https://business.esa.int/news/hiber-%E2%80%93-how-pic-sky-became-reality>
[https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Nanosatellite to serve the Internet of Things tested for space](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Nanosatellite_to_serve_the_Internet_of_Things_tested_for_space)

⁹¹ <https://www.businesswire.com/news/home/20181126005329/en/Hiber-Announced-Amazon-Web-Services%E2%80%93Commercial-Startup>

同賞の受賞者には、過去に Pinterest や AirBnB がいる。

⁹² <https://hiber.global/press/dutch-national-icon-2019/>
<https://www.businesswire.com/news/home/20191105006008/en/Dedicated-IoT-Satellite-Service-Hiber-Starts-Commercial>

ハイバーは今後 3 年間に渡って、オランダ政府から助成金などの支援を受ける。

ップがあるので、その差を解消したい。そして、静止衛星は通信料金が高額であり、電力消費が大きく、IoT には向いていないので、われわれは小型低軌道衛星を利用する。

- ハイバーバンド（ハイバーの IoT 向け通信サービスの名称）は、場所は問わず、海洋やアフリカ、オーストラリア、僻地など、どこでも IoT 向け通信サービスを与えることができ、また、IoT 端末ならどんな端末でもサポートし、また、どんなデータも利用できる。
- ハイバーは小型衛星をオランダ・デルフトの ISIS 社⁹³と提携して開発している。ISIS 社はナノ衛星などを開発している。
- 現在までのところ、2018 年に 2 機小型通信衛星を打ち上げている。今後は、すでに打ち上げた衛星の半分くらいの靴箱サイズ（6U）の衛星を打ち上げる予定である。
- 打ち上げ総衛星数はまだ未定である。当初は 40 機を想定していたが、現在は 30 の衛星の打ち上げを見込んでおり、最終的にはおそらく 30~40 機を打ち上げることになるだろう。
- ハイバーの通信衛星は低軌道衛星であり、地上から約 550~600 km の位置で、極軌道を周回する。
- ハイバーの IoT 向け通信サービスには、ハイバー・ダイレクトとハイバー・バイアと呼ばれる二つの形態がある。
- ハイバーバンド・ダイレクト⁹⁴では、ハイバーが所有する衛星通信網を利用して、通信サービスを与える。このため、現在 2 機の衛星が打ち上げられており、サービスは試験段階である。このサービスでは、センサーにハイバーが開発するモデムを搭載し、そのセンサーから直接データが衛星に伝送され、その後、衛星からそのデータは地上に送られ、クラウドに保管される。ユーザは自分の端末でデータを確認できる。また、このサービスでは、衛星を介して、IoT 端末のセンサーデータを 15 分毎に受信する。衛星 1 機でも地球全体をカバーできるが、このサービスの完全な展開には、30 機の衛星コンステレーションが必要になる。ハイバー・ダイレクトの商用化は衛星 2 機で 2020 年 4 月に開始され、同年末まで徐々にビジネスを展開させていく予定である。
- ハイバーバンド・バイア⁹⁵では、パートナー企業の衛星通信網を利用し、すでに IoT 向けの通信サービスを提供している。このサービスでは、LORA 規格対応のセンサーから、データがゲートウェイに伝送され、そして、このゲートウェイから衛星に伝送される。その後はハイバーバンド・ダイレクトと同じく、衛星からそのデータは地上に送られ、クラウドに保管される。ハイバーは地上ゲートウェイを開発している。500 のセンサーに対し、1 つのゲートウェイを利用する。衛星には静止衛星が使われており、1 日に 100 メッセージを受信する。
- ハイバー自身はセンサー端末を開発しておらず、提携企業のセンサーを利用する。

⁹³ <https://www.isispace.nl/>

ISIS 社はデルフト工科大学のスピンオフ企業として 2006 年に設立された。

⁹⁴ <https://hiber.global/hiberband-direct/>

⁹⁵ <https://hiber.global/hiberband-via/#how-it-works>

- 利用周波数帯に関しては、地上のモデムから衛星への通信の場合、UHF（400MHz）帯を利用し、衛星から地上局へ通信する場合、Sバンドを利用する。ハイバーは世界電気通信連合（ITU）からこれらの帯域の周波数の利用を認められている。このように周波数利用が認められていることは、ハイバーの強みであるので、現状ではこれらの帯域を利用し続ける予定であり、現在、Ku帯、Ka帯、光通信の利用については検討していない。
- ハイバーは設立以前から周波数利用のための手続きを開始していた。現在、低軌道衛星コンステレーション事業者が新たに周波数利用を認められることは非常に難しい状況である。
- ハイバーの強みは、周波数利用を認められていること（法的側面）、サービス料金が低価格であること、低電力であることである。ハイバーの利用料金は静止衛星を利用するサービスに比べて20倍低く、顧客を驚かせている。また、僻地にIoTセンサーを設置しても、低電力なので、バッテリーの交換を頻繁に行わなくて済むことが長所である。
- サイバーセキュリティは重要な問題で、ハイバーは2つの暗号化プロトコル（AES-128とCRC-24）を使っている。量子暗号技術については、その発展を注視している。

3. その他

- 公的機関が衛星コンステレーション計画を支援する際には、法的側面からのサポート、助成金の支給、信頼のおける人々との繋がり確保などが重要であると思う。ESAに関しては、技術開発のサポートもしている。

ゴルブリアックススペース / FSSCAT プロジェクト

- 日程：2020 年 2 月 3 日
- 場所：テレビ会議（フランス・パリ・エストニア・タリン）
- 先方：ゴルブリアックススペース アレッサンドロ・ゴルカール氏
- 当方：扇 欧州連携センター長、小野（ONOSO 研究員）

FSSCAT プロジェクトについて、参加組織のゴルブリアックススペースにインタビューを行った。以下に、その模様を先方に頂いた IGARSS 2018（International Geoscience and Remote Sensing Symposium）⁹⁶での発表論文で補足しながら記した。

FSSCAT プロジェクトと ESA の関係

- FSSCAT プロジェクトは、ESA の 2017 年度コペルニクス・マスターコンペティション⁹⁷内の小型監視衛星チャレンジ賞⁹⁸を獲得するとともに、コペルニクス・マスターコンペティションを総合優勝している⁹⁹。このため、賞金 1 万ユーロ、衛星の設計・開発費として 100 万ユーロを授与され、そして、衛星を無料で打ち上げることができる。
- コペルニクス・マスター賞は、優秀な衛星地球観測データに基づくサービス・ビジネスコンセプト・アプリケーションのプロジェクトに授与される。また、小型監視衛星チャレンジ賞の目的は、現在のコペルニクスによる監視ミッションを増強するため、小型衛星を利用する方法を試験し、開発することである。

プロジェクトの概要

- FSSCAT（A Federated polar and soil moisture tandem mission based on 6U cubesats）プロジェクト¹⁰⁰は、スペインのカタルーニャ工科大学（ナノ衛星研究所¹⁰¹）とエストニアのゴルブリアックススペース¹⁰²によって実施されている。
- ギルブリアックススペースは、2017 年にエストニアで設立されたスタートアップ企業である。

⁹⁶ <https://dblp.org/db/conf/igarss/igarss2018.html>

⁹⁷ <https://copernicus-masters.com/>
<https://copernicus-masters.com/startup-january2018/>

⁹⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Masters_bigger_than_ever

⁹⁹ http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Smallsats_win_big_prize_at_Copernicus_Masters
<https://copernicus-masters.com/winner/ffscat-towards-federated-eo-systems/>

¹⁰⁰ <https://www.upc.edu/en/press-room/news/upc-project-receives-esas-sentinel-small-satellite-challenge-award-and-is-overall-winner-of-the-copernicus-masters>
<https://phiweek.esa.int/NikalWebsitePortal/esa-eo-phi-week-2019/phiweek/Agenda/AgendaItemDetail?id=f08d483f-34f7-4995-9463-bde0370ef1b>

¹⁰¹ <https://prs.upc.edu/2018/08/17/adriano-camps/>

スペイン工科大学の Adriano Camps 氏が FSSCAT プロジェクトを主導する。

¹⁰² <https://www.golbriak.space/index.html#section3>

人員は、アドバイザーのアレサンドロ・ゴルカール氏¹⁰³を含めて、4名である。同社は、小型衛星向けに安価な光通信端末を製造しており、FSSCAT プロジェクトでは、衛星間の光通信機器を開発している（衛星コンステレーションの事業者ではない）。

- 同プロジェクトでは、デンマークの GOMspace 社（衛星に搭載されるコンピュータ）、オランダの Cosine 社（ハイパースペクトルイメージャ）、ポルトガルのダイモス・エンジニアリング社（クラウドシステム）の開発製品が利用される。
- FSSCAT プロジェクトは、小型衛星 2 機（6U サイズ）のコンステレーションで地球観測データを収集して、コペルニクス・センチネル衛星を補完し、コペルニクス大陸・海洋環境サービスをサポートすることを最終的な目的とする。そのため、GNSS-R 計器と L バンドマイクロ波放射計器を用いて、海水域の推定および海水厚の計測を行い、また、ハイパースペクトラム計測器を土壌水分の観測に利用する。
- 同プロジェクトは、1) GNSS 反射波計測、L バンドの放射計測、ハイパースペクトル計測による地球観測、2) 2 つの小型衛星間の光通信リンク、3) ハイパースペクトラム計測器に組み込まれる人工知能チップの 3 つの実証実験を行う。Ku バンド、Ka バンドは利用されない。
- 2 つの小型衛星は、ESA が開発した小型・中型衛星打ち上げ向けの VEGA ロケット¹⁰⁴で打ち上げられる予定で、太陽同期軌道（軌道傾斜角：98.7°）を地上から 450～550km の間を周回する。両衛星は数キロメートルの距離を離れて、運行する。
- 打ち上げは 2023 年 3 月の予定である。当初、衛星の打ち上げは 2019 年初頭に予定されていた
-
- 第一の衛星（³Cat-5/A）は、フレキシブルなマイクロ波ペイロードを搭載し、GNSS 反射波計測と L バンドの放射計測を行う。搭載されるコンピュータには、デンマークの GOMspace 社のものが使われる。
- 第二の衛星は（³Cat-5/B）は、ハイパースペクトルイメージャのハイパースカウト（オランダの Cosine 社）¹⁰⁵を搭載している。
- 両衛星には、それぞれ光衛星間通信機器が装備されており、互いに光通信で大量のデータを伝送する。光通信機器にはゴルブリアックススペースが開発する機器が利用され、この種の光通信の試みとしては世界初と言われている¹⁰⁶。

¹⁰³ アレサンドロ・ゴルカール氏は、ロシアのスコルコボ科学・技術研究所の准教授で、エアバスで勤務した経験がある。また、FSSCAT プロジェクトの実施の際には、カタルーニャ工科大学の客員教授であった。なおスコルコボ科学・技術研究所は米 MIT と提携している。

<https://faculty.skoltech.ru/people/alessandrogolkar>

<https://www.skoltech.ru/en/about/mit/>

¹⁰⁴ <https://www.arianespace.com/vehicle/vega/>

¹⁰⁵ <https://hyperscout.nl/>

¹⁰⁶ <https://room.eu.com/news/first-european-satellite-with-ai-set-for-launch>

- 地上施設はスペインのモンセック天文台に設置され、カタルーニャ宇宙研究院（IEEC）によって所有され、運用される。地上局は、カタルーニャ工科大学のナノ衛星研究所から遠隔操作される。
- コペルニクスのデータは無料で誰でも利用されうるという方針に対応するため、データ処理は、ポルトガルのダイモス・エンジニアリング（Deimos Engenharia）社のクラウドシステムが使われる。
- FSSCAT プロジェクトは、フィーサット（phi-sat）と呼ばれる人工知能チップを第二の衛星（³Cat-5/B）に装備する予定である¹⁰⁷。人工知能チップの利用で、膨大な数の観測画像のうち、雲などが障害となり、よく撮影できなかったものをフィルタリングすることができるようになる。2017年に同プロジェクトがコペルニクス・マスター賞を授与された際には、人工知能の利用は予定されていなかったようである。
- 同プロジェクトでは、サイバーセキュリティは特に開発の対象となっていない。

¹⁰⁷ <https://www.space-of-innovation.com/first-earth-observation-satellite-with-ai-ready-for-launch/>
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/09/-Sat_AI
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/First_Earth_observation_satellite_with_AI_ready_for_launch
<https://spacenews.com/expanding-roles-for-ai/>

欧州の宇宙部門のジャーナリスト

2020 年 3 月 2 日作成

欧州で有名なオンラインメディアのジャーナリスト¹⁰⁸にメールで当方の質問事項に回答していただいた。以下に、質問事項と回答を記す。

質問 1. 現在、ワンウェブやスペース X のような小型衛星コンステレーション事業が数多くある。数年前、多くの人々がこれらの事業を技術的観点、そして、資金の観点から疑いの目で見ていた。現在もまだ、成功する衛星コンステレーション事業が出てくるかどうか疑わしい状況なのであろうか。将来的に本当に成功するプロジェクトは現れるのだろうか。

回答 1. これらのプロジェクトが成功するかどうか述べることは難しい。コンステレーション事業者たちは多額の予算を得て、衛星を打ち上げることができるが、のちに失敗に終わることもありうる（約 20 年前のイリジウムがそうであったように）。衛星の打ち上げはすでに開始されているので、以前よりは希望があるように見える。しかし、成功するかどうか決定するのは、事業の商業的な強さである。宇宙産業は複雑なハードウェアを構築することできるということはすでに示している。

質問 2. アメリカでは宇宙ベンチャービジネスにおいてベンチャーキャピタルが大きな役割を果たす一方、欧州では彼らはそれほど影響力を持たないと言われている。そうであれば、欧州連合（EU）や欧州宇宙機関（ESA）が宇宙ベンチャービジネスを支援する役割は大きように思われる。EU や ESA の小型衛星コンステレーション事業に対する影響はいかなるものか。

回答 2. 欧州の企業家がこのようなアメリカと欧州のベンチャーキャピタルの違いについて、私に話してくれたことがある。EU と ESA は欧州の衛星コンステレーション事業に大きな影響力を持つ。というのも、欧州ではベンチャーキャピタルを見つけるのがより難しいからである。

質問 3. EU や ESA によって支援されている小型衛星コンステレーション事業、衛星光通信、量子暗号技術に関連するプロジェクトがあるかご存知か。

回答 3. ESA は、SES と QKD プログラムで提携している¹⁰⁹。

質問 4. 欧州で注目すべき衛星コンステレーション事業はどこか。

¹⁰⁸ 先方の都合で名前をふせた。

¹⁰⁹ <https://www.ses.com/press-release/ses-announces-10-project-partners-quartz-satellite-cybersecurity-consortium>

回答 4. ワンウェブはロンドンを拠点にしているので、欧州企業であると言える。だが、衛星はアメリカで製造されている。欧州には、Hiber と Kinéis がある。

質問 5. 小型衛星コンステレーションに適したアプリケーションやサービスには、どのようなものがあるか。

回答 5. 回答するのが難しいが、多くの企業は IoT、AIS（自動船舶識別装置）、リモートセンシングに力を入れている。

質問 6. 欧州で、Ka 帯や光通信を用いるコンステレーション事業をご存知か。

回答 6. 私はこれらの技術を使う欧州のコンステレーションを知らない。

質問 7. QKD を利用する欧州のコンステレーションプロジェクトをご存知か。

回答 7. 残念ながら知らない。

質問 8. 欧州にはアメリカほど宇宙ベンチャー企業がないが、Inmarsat や SES、Eutelsat などの大手通信事業者がある。これらの事業者は欧州で衛星コンステレーション事業を牽引していくだろうか。

回答 8. これらの企業は確かに、欧州で小型衛星事業を加速させることができた。Eutelsat は IoT 向けに 25 機のコンステレーション事業を準備している。同事業では、ナノ衛星と Loft Orbital 社を通して「コンドサット（condosats）」（複数の利用者が同一の衛星バス内のペイロードを分割して使用）が混合して利用される。

質問 9. スペインの Hispasat は昨年、Leosat への出資から手を引いているが、今年 1 月、新型の静止衛星を購入することを決定している。Hispasat は低軌道衛星事業から静止衛星事業へと戦略を変えたのか。

回答 9. 現在、Hispasat は将来のビジネス戦略について話したがらない。私は彼らにコンタクトを取ったので、今年より多くのことが分かればいいと思う。

質問 10. NICT は今、衛星と地上局間の光通信と量子暗号技術の研究を主に行っている。これらの研究は今後有望であるとお考えか。

回答 10. 現在、双方の技術に関心が高まっている。量子鍵配送は非常に安全な通信を必要とする顧客をニッチな市場として見つけるかもしれない。光通信は、大量のデータをすばやくダウンロードする必要がある分野で成功するかもしれない。しかし、両技術は有望であるが、市場で大幅に展開するかどうかはまだ分からない。

第2章 欧州の大手衛星通信事業者による衛星コンステレーション

計画の動向

北米と比べて、欧州の宇宙ベンチャー企業による衛星コンステレーション事業は目立たないが、欧州には、SES、インマルサット、ユーテルサット、ヒスパサットなどの大手衛星通信事業者が同種の事業に関わっており、今後欧州の衛星コンステレーション事業を主導する可能性がある。だが、同事業に対するこれらの衛星通信事業者のスタンスは異なる。以下に、SES、インマルサット、ユーテルサット、ヒスパサットの衛星コンステレーション事業の動向について記す。

ルクセンブルク / SES・O3B

- SES は 1985 年設立。本拠地はルクセンブルク。
- O3B は 2007 年、後に Oneweb の創設者となるグレッグ・ワイラー氏によって英国で設立された。
- O3B は 2016 年、SES の完全子会社化となった¹¹⁰。SES は新しい技術やサービスを提供する企業と積極的に提携する企業方針を持つ。
- O3B は現在 SES の傘下であり、欧州で最も資金が豊富で、有望な衛星コンステレーション事業者と考えられている。
- Ka 帯を利用する中軌道衛星によるコンステレーションで、主にインターネットブロードバンド向け¹¹¹。
- タレスアレニアスペースが衛星を製造。
- 2019 年 4 月、4 機の衛星が打ち上げられ、現在 20 機が軌道上¹¹²。

O3B コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	20/20
軌道	MEO : 8062km
衛星重量・サイズ	700kg
周波数帯	Ka 帯 (最大 2 Gps)
用途	主にブロードバンド

最新の動向：次世代中軌道衛星 O3B mPower

- 2021 年、O3B mPower という 7 機の次世代中軌道衛星の打ち上げ予定（スペース X が打ち上げ）¹¹³。2017 年に衛星製造を米ボーイングに発注¹¹⁴。
- O3B は、衛星通信のダイナミックなソフトウェアソリューションのため、ARC (Adaptive Resource Control) システムを Kythera Space Solution と提携して、開発している¹¹⁵。ARC システムは、O3BmPower の衛星と地上局全体を通して、電力、スループット、ビーム、電波割当のダイナミックな管理と最適化を可能にする。ARC システムは HTS 静止衛星の SES-17 にも実装される予定である。

¹¹⁰ <https://www.ses.com/press-release/ses-completes-acquisition-100-o3b-networks>

¹¹¹ <https://www.ses.com/networks/networks-and-platforms/o3b-meo>

¹¹² <https://www.ses.com/our-coverage/launches>

<https://spacenews.com/soyuz-launch-completes-first-generation-o3b-constellation/>
<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/ses-o3b-meo-satellites-successfully-orbit>

¹¹³ <https://www.ses.com/sites/default/files/2019-11/SES%20O3b%20mPOWER%20IP%20Transit%20Executive%20Guide.pdf>

¹¹⁴ <https://www.ses.com/press-release/ses-opens-new-era-global-connectivity-o3b-mpower>

¹¹⁵ <https://www.ses.com/press-release/ses-enhance-and-expand-o3b-mpower-system-capabilities-dynamic-software-innovation>

- O3BmPower の運用向けクラウドシステム管理のため、SES はマイクロソフトと IBM と提携。

O3B mPower の概要（次世代衛星）

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/7
軌道	MEO
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	Ka 帯（最大 10Gbps）
用途	主にブロードバンド

フランス / ユーテルサット・ELO

- 1977 年設立。本拠地はパリ。

最新の動向 : IoT 向けコンステレーション・ELO

- IoT 向けの ELO という低軌道通信衛星のコンステレーションを自前で計画している¹¹⁶。IoT によく使われる LPWA 通信を衛星通信によって提供することを目的とする。
- 大手衛星通信事業者に支援される数少ない衛星コンステレーション計画の一つである。ユーテルサットは、IoT 向け通信サービスによって事業を多様化させる戦略。
- 全機で 25 機打ち上げ予定。最初の 4 機を米 Loft Orbital 社 (ELO1 と ELO2) とスウェーデン・Clyde Space 社 (ELO3 と ELO4) が製造。Loft Orbital は、複数の異なるミッションが可能な「Condosat」を製造予定¹¹⁷。
- ユーテルサットは、スマートメーター向けに通信サービスを提供している仏シグフォックス社と提携。シグフォックスは、ELO の衛星コンステレーションによって、グローバルに IoT 向け通信サービスを展開していく見込み。
- 試験衛星 ELO Alpha を 2020 年第 1 四半期に打ち上げ予定。ELO1 と ELO2 は 2020 年打ち上げ予定。ELO3 と ELO4 は 2021 年打ち上げ予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	1/ 25
軌道	LEO
衛星重量・サイズ	試験衛星 ELO Alpha (6U) 、 ELO1&ELO2 : 80kg (ペイロードは 8kg) 、 ELO3&ELO4 (6U) : 12kg
周波数帯	?
提携・支援組織	シグフォックス
用途	IoT

¹¹⁶ <https://news.eutelsat.com/pressreleases/eutelsat-kicks-off-elo-its-constellation-of-nanosatellites-dedicated-to-the-internet-of-things-2923247>

<https://www.eutelsat.com/en/satellites/leo-fleet>

¹¹⁷ <https://spacenews.com/eutelsat-taps-loft-orbital-aac-clyde-to-lay-cornerstone-for-elo-constellation/>

イギリス / インマルサット

- 1979 年設立。本拠地はイギリス。
- 2013 年に IoT 事業者で低軌道衛星コンステレーションも運用している米 Orbcomm 社と提携し、インマルサットの L 帯と Orbcomm の VHF 帯の衛星通信の双方に対応可能な IoT 向けモデムを開発するアライアンスを締結している¹¹⁸。だが、SES やユーテルサットと比べて、現在、インマルサットは低軌道衛星のコンステレーション事業の参入に積極的ではない。

最新の動向 : Space norway HEOSAT への参画

- インマルサットはノルウェーの Space norway と提携し、HEOSAT のコンステレーション計画に参入している。HEOSAT は、長楕円軌道衛星 (Highly Elliptical Orbit : HEO) を利用するコンステレーションであり、静止衛星 (GEO) でも中軌道衛星 (MEO) でも低軌道衛星 (LEO) でもない。
- Space norway HEOSAT 社は、ノルウェー宇宙センターの系列組織である Space norway (ノルウェーの公的機関) が衛星コンステレーション運用のために設立した¹¹⁹。
- 提携パートナーは、インマルサット¹²⁰とノルウェー国防省。
- 北極圏衛星ブロードバンドミッション (北極圏でのブロードバンドサービスの提供) のため¹²¹。
- 衛星 2 機の打ち上げは、2020 年の予定。
- 米 Northrop Grumman 社が衛星を製造。
- 2 機のうち 1 機に、X 帯を利用するノルウェー国防省向けのペイロードを搭載し、もう 1 機に Ka 帯を利用する Inmarsat 向けのペイロードを搭載。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/2
軌道	HEO : 8,100km-43,500km
衛星重量・サイズ	2000kg
周波数帯	X 帯、Ka 帯
提携・支援組織	Inmarsat、ノルウェー国防省
用途	ブロードバンド

¹¹⁸ <https://www.inmarsat.com/news/inmarsat-and-orbcomm-in-m2m-alliance/>
<https://www.inmarsat.com/press-release/inmarsat-and-orbcomm-to-form-strategic-alliance-to-collaborate-on-m2m-opportunities/>

¹¹⁹ <https://spacenorway.no/home/>

¹²⁰ <https://www.inmarsat.com/news/global-xpress-to-be-enhanced-with-arctic-capabilities/>

¹²¹ <https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-awarded-contract-to-deliver-space-based-broadband-communication-satellites-to-north-polar-region-for-space-norway>

スペイン / ヒスパサット

- 1992 年設立。本拠地はスペイン。

最新の動向 1) : Leosat との関係

- 2018 年 7 月、ヒスパサットは米 Leosat と戦略投資協定を締結し、出資を決め、同事業に先に出資していた日本の JSAT（同年 5 月に投資協定）に合流したが¹²²、2019 年、両社ともに投資から手を引き、Leosat は操業停止状態に陥った¹²³。
- 2019 年、ヒスパサットは経営陣と筆頭株主が変わり、経営戦略に変更があり、新しい経営陣が Leosat を投資先ではなく、競合相手として考えることになったことが原因のようである。だが、Hispasat の戦略は、Oneweb や Starlink の衛星打ち上げ開始を見て、同事業に見切りをつけたとの見方もある。
- ヒスパサットの筆頭株主は、スペインの REC（Red Eléctrica Corporation）で、ヒスパサットの約 90% の株式を保有。REC は電力送電網、光ファイバー網、衛星通信網の事業を行う¹²⁴。
- タレスアレニアスペースが Leosat の衛星を製造する予定であったが、Leosat が利用するはずであった周波数はタレスアレニアスペースに認可が下りていたものである。タレスアレニアスペースが ITU から周波数利用を認められていたが、自身では通信衛星事業を行わず、Leosat と提携し、Leosat がタレスアレニアスペースの周波数の利用者となった。この結果、自身で周波数利用認可を持たない Leosat は、衛星製造業者を自身で選択することができない状態にあった。

最新の動向 2) : Amazonas Nexus

- 2020 年 1 月、ヒスパサットはタレスアレニアスペースに新型の静止衛星 Amazonas Nexus を発注している¹²⁵。低軌道衛星コンステレーション事業から手を引いたヒスパサットは、新型静止衛星を使う事業へと経営戦略を変更した模様である。Amazonas Nexus は、C 帯と Ku 帯を利用するソフトウェアベースの衛星で、カバーする地域、電力などを変更することができる。2022 年中盤に打ち上げ予定。重量は 4500 キログラム。

¹²² <https://www.hispasat.com/en/press-room/press-releases/archivo-2018/339/hispasat-and-leosat-sign-strategic-investment-agreement>
<https://www.businesswire.com/news/home/20170510006791/en/SKY-Perfect-JSAT-LeoSat-Sign-Strategic-Partnership.html>

¹²³ <https://spacenews.com/leosat-absent-investors-shuts-down/>

¹²⁴ <https://www.rec.es/en/about-us/red-electrica-group>

¹²⁵ <https://spacenews.com/hispasat-buys-geo-satellite-from-thales-alenia-space/>
<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-build-amazonas-nexus-hispasat-more-efficient-and>

第3章 その他の欧州における衛星コンステレーション計画の関連 動向

第1章では宇宙ベンチャーによる衛星コンステレーション計画、第2章では欧州の大手衛星通信事業者の同種の計画の動向を概観したが、本章では、その他の欧州における衛星コンステレーション計画に関連する動向として、欧州を代表する大手企業エアバスの衛星コンステレーション事業と衛星通信向けの量子暗号技術の開発の動向について記す。エアバスは衛星の製造業者として有名であるが、衛星の運用をも行なっている。また、量子暗号技術を使った衛星コンステレーションはまだないが、今後研究開発と市場ニーズが進展すれば、次世代の衛星コンステレーションに利用される可能性がある。

第1節 エアバスのプレアデス・ネオと CO3D

欧州を代表する企業であるエアバス（1970 年設立）¹²⁶は、衛星を製造するだけでなく、衛星の運用事業も行っている。

プレアデス・ネオ（Pléiades Neo）

- プレアデス・ネオプレアデス・ネオは、4 機の衛星コンステレーションで、エアバスが製造し、運用する。
- 地球観測向けの光学衛星で解像度が 30cm。
- 最初の 2 機を 2020 年内、残る 2 機を 2022 年に打ち上げ予定¹²⁷。
- 地上局には、スウェーデンの SSC 社と提携¹²⁸。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/4
軌道	LEO : 620km
衛星重量・サイズ	?
周波数帯	?
提携・支援組織	SSC
用途	地球観測（3D 画像）

CO3D

- 2019 年 4 月、CNES がエアバスと契約を締結し、CO3D コンステレーションプロジェクトを開始¹²⁹。開発契約の最終的な競争相手はタレスアレニアスペースであった。
- CO3D は、Constellation Optique 3D の略語。4 機の地球観測向けのコンステレーションで、高画質 3D 画像データを提供。解像度は 50cm。データは科学と軍事向けに利用される。
- 打ち上げは 2022 年末予定。
- プレアデス・ネオのコンステレーションと関係する予定。

コンステレーションの概要

軌道上の衛星数/予定衛星総数	0/4
軌道	LEO

¹²⁶ <https://www.airbus.com/company/history.html>

¹²⁷ <https://www.intelligence-airbusds.com/en/9377-pleiades-neo-well-on-track>

¹²⁸ <https://www.sscspace.com/airbus-and-ssc-to-cooperate-on-pleiades-neo-in-reshaping-the-earth-observation-market/b>

¹²⁹ <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2019/07/airbus-to-develop-co3d-earth-observation-programme-for-cnec.html>
<https://spacenews.com/airbus-to-build-four-imaging-satellites-for-french-space-agency-mulls-20-plus-constellation/>

衛星重量・サイズ	300kg
周波数帯	?
提携・支援組織	CNES
用途	地球観測（3D 画像）

第2節 衛星通信向け量子暗号技術の研究開発動向

量子鍵配送（QKD）は、次世代の通信セキュリティ技術として注目を浴び、世界各国で研究が進められており、日本では NICT が同技術の研究を積極的に実施している。欧州も例外ではなく、欧州委員会の主導で、量子通信インフラストラクチャ（QCI）イニシアチブの下、量子鍵配送を使った量子暗号技術の普及が振興されている。さて、欧州の量子通信インフラストラクチャは衛星通信網も含める包括的なイニシアチブであり、このため、ESA も欧州委員会と提携し、衛星通信網向けの量子暗号技術の開発と普及を促進している。ESA の衛星通信向け量子通信インフラストラクチャの開発プログラムは、Saga（Security And criptotGrAhic）と呼ばれている¹³⁰。地上の光通信網で量子暗号技術を利用する場合、光信号減衰のせいで、150km 毎に中継局を設置しなくてはならないので、量子通信網を展開する際にコストが非常にかかる。それに比べて、衛星光通信の場合、減衰量が少ないので、衛星通信を量子鍵配送の最適な適用例と見る人々もあり、衛星通信事業者が関心を示している。量子暗号技術を利用する小型衛星コンステレーション事業はまだ生まれていないが、今後の研究開発の進展と市場ニーズが重なれば、次世代の衛星コンステレーションに利用される可能性もある。以下に、欧州における衛星通信向け量子暗号技術の研究開発事例と第 12 回欧州宇宙政策カンファレンスでの同技術に関する議論を紹介する。

¹³⁰ 動画：https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/04/Ultra-secure_communications_via_SAGA

Quartz プロジェクト (ESA と SES 主導産業コンソーシアム)

- ESA と SES が主導するコンソーシアムが提携して、Quartz というプロジェクト名で、量子暗号技術を用いる新しい衛星通信向けサイバーセキュリティシステムを開発している (2018 年 5 月発表)¹³¹。
- 利用者は、銀行や政府系機関などの見込み。光通信を使って、衛星と地上にいるユーザーの通信を保護する。ESA はアルテスプログラムの ScyLight プログラムの枠組みで研究を支援する。ScyLight では、安全な光通信技術の開発がサポートされている。
- SES は、O3B の中軌道衛星に試験端末を設置するという推測もされている¹³²。

Quartz プロジェクトの概要

産業コンソーシアムコーディネーター	SES
参加組織	オーストリア技術研究院、ドイツ宇宙航空センター・通信・航行研究院、ID Quantique (スイス)、itrust consulting (ルクセンブルク)、ルードヴィヒ・マキシミリアン大学 (独)、LuxTrust (ルクセンブルク)、マックス・プランク・光科学研究所 (独)、パラツキー大学 (チェコ)、Tesat-Spacecom (独)、TNO (オランダ)

¹³¹ <https://www.ses.com/press-release/esa-and-ses-led-consortium-develop-satellite-based-cybersecurity>
<https://www.ses.com/press-release/ses-announces-10-project-partners-quartz-satellite-cybersecurity-consortium>

¹³² <https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/04/unleashing-quantum-into-the-world/>

英国における衛星通信向け量子暗号研究の動向

英国では暗号研究が伝統的に盛んであるが、サイバーセキュリティに関しても同様で、現在、量子暗号技術の研究が積極的に行われている。以下に、QKD Cubesat プロジェクトとベンチャー企業の動向を紹介する。

QKD Cubesat プロジェクト（英国政府とシンガポール政府）

2018 年 9 月、英国政府はシンガポール政府と協力して、「QKD キューブサット」を開発することを発表している¹³³。QKD キューブサットは、量子鍵配送を標準的なキューブサットに利用し、試験的な利用を行う。全予算は 1000 万ポンドで、2021 年末の運用予定。イギリス側では、STFC（Science and Technology Facilities Council）の RAL スペース、シンガポール側では、シンガポール国立大学の量子技術センターが研究を主導する。同プロジェクトは、イギリスの国家量子通信プログラムと提携している¹³⁴。RAL スペースは量子宇宙研究所を設立し、量子通信技術を積極的に開発している。

イギリスのベンチャー企業の動向（Arqit 社、Cripta lab 社、Nu quantum 社）

イギリスでは、Arqit 社¹³⁵、Cripta Lab 社¹³⁶、Nu quantum 社が量子鍵配送の衛星通信への利用研究を実施している。

Arqit 社は、ベルギーの Qinetiq、英国の BT、ドイツのフラウンホーファー研究所と Mynaric（衛星光通信機器製造）とコンソーシアムと組み、ESA と官民パートナーシップを提携して、QKDSat というプロジェクトを実施し、量子暗号技術を利用する通信衛星を開発している。その他、Arqit は、Innovative UK の支援を受けて、3QN プロジェクトをケンブリッジ大学、ヘリオット・ワット大学、ヨーク大学、BT、国立物理研究所（NPL）とともに実施している（研究期間：2018 年 11 月～2021 年 3 月、拠出予算：約 325 万ポンド）¹³⁷。同プロジェクトでは、衛星通信の地上局に向けに量子暗号技術を利用した受信機を開発している。

Nu quantum 社は、ケンブリッジ大学 Cavendish 研究所のスピンオフ企業であり、陸上通信ではなく、衛星通信に量子暗号技術を利用する研究を実施し、関連機器を開発している¹³⁸。

¹³³ <https://stfc.ukri.org/news/uk-and-singapore-collaborate-on-10m-satellite-project/>
<https://stfc.ukri.org/about-us/where-we-work/rutherford-appleton-laboratory/ral-space/>

¹³⁴ <http://uknqt.epsrc.ac.uk/applications/>

¹³⁵ <https://www.arqit.io/>

¹³⁶ <https://www.cryptalabs.com/>

¹³⁷ <https://www.quantumcommshub.net/news/two-major-projects-in-the-area-of-quantum-secure-communications-awarded-iscf-quantum-technologies-pioneer-funding/>
<https://gtr.ukri.org/projects?ref=104616>

¹³⁸ <https://www.businessweekly.co.uk/news/startups/quantum-leap-cambridge-university-spin-out>

Cryptat Labs 社は、QRNG（Quantum Random Number Generator）技術¹³⁹で特許を取得し、IoT¹⁴⁰、移動通信¹⁴¹、交通システム¹⁴²に利用する研究を実施しており、衛星通信への利用研究も行っているようである¹⁴³。

¹³⁹ <https://www.cryptalabs.com/about>

¹⁴⁰ <https://www.cryptalabs.com/hsm-cicada>

¹⁴¹ <https://www.cryptalabs.com/qsecure>

¹⁴² <https://www.cryptalabs.com/cits>

¹⁴³ 衛星通信についての具体的な研究は不明。

第 12 回宇宙政策カンファレンスにおける量子暗号技術に関する議論

- 日程：2020 年 1 月 21～22 日
- 場所：ベルギー・ブリュッセル

イベントの概要

- 宇宙政策カンファレンス¹⁴⁴は、年に一度ベルギーのブリュッセルで開催されているイベントである。イベント主催者はコンサルティング企業のビジネス・ブリッジ・ヨーロッパであり、欧州議会、欧州委員会、ベルギー政府、欧州宇宙庁（以下、ESA とする）、欧州の宇宙部門の産業団体であるユーロスペースの他、エアバス、タレスアレニアスペース、OHB などの製造業者、ユーテルサット、SES などの衛星通信事業者、ドイツ宇宙航空センター（DRL）やフランス国立宇宙研究センター（CNES）のような欧州諸国の宇宙機関などのトップや幹部が一同に会するイベントである。
- 今回のイベントは 12 回目の開催であり、初めてタイトルに防衛（Defence）という言葉（正式タイトルは第 12 回宇宙政策カンファレンスー新しい 10 年、地球規模の大望：成長、気候、セキュリティ、防衛—）が入り、同分野への欧州の関心の強さが明確になった。

イベント全体のポイント

以下に、イベントでの議論・発言のポイントのみ、箇条書きで記す。

- 環境と防衛が二大トピックであった。環境は新欧州委員会の主要政策（欧州グリーンディール）であり、EU の宇宙プログラムは欧州産業の競争力を高める手段としてだけでなく、欧州の環境政策の下でも考えられなければならないという意見があった。防衛については、実際に脅威があるというのが共通の認識で、初めて EU 加盟国の軍当局関係者（仏国防省・宇宙司令官・ジャン＝ピエール・セラ大将）も参加した。
- EU の多年度計画である宇宙プログラムは昨年発表されたばかりである。予算総額が前計画の 110 億ユーロから 160 億ユーロへと増大した。EU のホライゾン・ヨーロッパの宇宙部門の予算は現在審議中であり、間もなく決定される予定である。
- 2019 年に欧州委員会に防衛産業・宇宙総局（DG DEFIS）が創設された。
- 宇宙における防衛の重要性が強調された。衛星を物理的に守るだけでなく、データを守るため、サイバーセキュリティの重要性が説かれた。
- サイバーセキュリティ対策として、量子情報通信技術の利用が挙げられた。EU は量子通信インフラストラクチャ（Quantum communication infrastructure：QCI）という同技術の開発と利用を促進する施策を実行しており、ESA は欧州委員会と提携して、QCI の衛星通信インフ

¹⁴⁴ <https://www.spaceconference.eu>

ラ部分を担当する。

- ソフトウェアベースの再プログラミング可能な静止衛星が有望視されているが、サイバー攻撃に弱いという指摘があった。
- 衛星通信が提供するデータ分析に人工知能を利用することの重要性を強調する意見が多く見られた。

セッションの様様

- 宇宙政策カンファレンスでは、二日間に渡って、様々なセッションが行われた。以下に、5G や量子通信技術に関わるセッションの概要を記す¹⁴⁵。

2 日目：セッション名：「未来への鍵：欧州の戦略的自立 ―人工知能、量子技術、データ、クラウド、5G、サイバーセキュリティ」

欧州委員会 通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局局長 ロベルト・ヴィオラ氏

- 欧州委員会は量子通信インフラストラクチャの展開のため、ESA と緊密に提携している。
- EU の人工知能の研究とスーパーコンピュータの開発を組み合わせるべきである。
- 5GPPP は非常に大規模なイニシアチブであったが、その後、5+1 として、6G について検討を始めた。6G では、より多くの異なるデータ源、特に人間のデータを利用し、よりセキュリティが高いネットワークとなるはずである。衛星通信については、地球上をカバーし、より容量があって、オープンでフレキシブルな衛星通信網の展開が課題である。現在の衛星通信ではまだ遅延が大きい。

仏ユーテルサット：CEO ロドルフ・ベルメール氏

- ユーテルサットは、欧州委員会と ESA がイニシアチブをとるセキュリティ向けの量子通信技術利用に積極的に取り組んでいる。量子通信技術には特有の市場があり、特に政府向けの衛星通信に利用できるが、特定の民間分野、銀行などの情報セキュリティにも利用できる。ユーテルサットは、銀行向けに量子通信技術を利用する試験を行っている。
- 低軌道通信衛星（LEO）は将来の通信サービスにとって重要である。だが、非常に費用がかかるので、サービスの商用化による利益だけでは費用を賄え切れない恐れがある。
- 衛星通信事業者にとって、電波が非常に重要であり、周波数免許がなくては何もできない。現在、特に低軌道通信衛星向けの周波数免許を取得することが難しい状況である。

¹⁴⁵ スピーカーの発言のポイントだけを記す（質疑応答での発言も含める）

ESA：電気通信・統合アプリケーション局長¹⁴⁶ マガリ・ヴェシエール氏

- 新しいアルテスプログラム（2020-2022 年）¹⁴⁷の枠組みには 3 つの柱がある。5G のためのスペース¹⁴⁸、安全性とセキュリティのためのスペースシステム¹⁴⁹、光通信¹⁵⁰である。同プログラムによって、ESA は欧州産業を支援するとともに、EU のイニシアチブと提携する。
- 5G のためのスペース：新しいデジタル時代において、どこでも、全てのものを接続する 5G は非常に重要である。5G は初のマルチ電気通信技術であり、衛星通信はその一部であって、シームレスな統合を実現することが課題である。
- 安全性とセキュリティのためのスペースシステム：2023 年、2024 年に成果が出る予定であるが、長期的観点から 2030 年頃を念頭に、衛星通信のセキュリティシステムの開発を進める。
- ESA は欧州産業を支援するとともに、加盟国レベルと EU レベルのイニシアチブを支援する。EU レベルでは、量子通信インフラストラクチャ¹⁵¹と、EU GOVSATCOM¹⁵²（EU 加盟国の公的機関向けの衛星通信）を支援する。
- EU が主導する量子通信インフラストラクチャについては、ESA は量子通信の衛星通信インフラ部分を担当する¹⁵³。この衛星通信向け量子通信インフラストラクチャのプロジェクトの名称は、Saga（Security And criptotGrAhic）である。
- ESA は本年度から、Saga プロジェクトで、欧州委員会の通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局と防衛産業・宇宙総局と緊密に提携する。

欧州企業エアバス・ディフェンス&スペース：エヴァート・デュドク氏

- 欧州の自立のために、通信の安全性は重要な課題であり、EU のイニシアチブである量子通信インフラストラクチャはとても重要である。
- 欧州の自立の問題を超えて、環境のため、欧州委員会のグリーンディール政策を考慮した地球観測データの利用が重要である。
- 個人的意見では、衛星データはすでに大量にあるが、人工知能を使ったデータの迅速な評価分析が課題の一つであり、ツールを開発する必要がある。
- エアバスはフェイクニュースではなく、信用に値する情報を獲得することを目指している。
- 衛星通信データのため、北米に依存しないクラウドシステムを欧州が持つべきである。

¹⁴⁶ ESA の電気通信・統合アプリケーション局はアルテスプログラムを所管する。

¹⁴⁷ <https://artes.esa.int/about-artes>

¹⁴⁸ <https://artes.esa.int/about-artes>

¹⁴⁹ <https://artes.esa.int/satellite-5g>

¹⁵⁰ <https://artes.esa.int/4s-space-systems-safety-and-security>

¹⁵¹ <https://artes.esa.int/scylight>

¹⁵² 2019 年 9 月、欧州委員会と ESA は合同イベントを開催している。

¹⁵³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-event-quantum-communication-infrastructure>

¹⁵⁴ [https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/governmental-satellite-communications-\(govsatcom\)](https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/governmental-satellite-communications-(govsatcom))

¹⁵⁵ https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/European_quantum_communications_network_takes_shape

- 欧州が欧州独自の情報源から、欧州のために、欧州が管理する衛星通信システムを構築すべきである。

仏タレスアレニアスペース：電気通信・航法システム R&D 局長、量子技術リーダー、マチアス・ヴァン・デン・ボッシュ氏

- 欧州の自立のための様々なトピックがある（量子通信、5G、人工知能、サイバーセキュリティ、データ）。
- 1) 量子通信：量子通信には二つの応用がある。まず量子暗号による安全なネットワークの構築であり、ついで、量子通信ネットワークの発展した形態、量子コンピュータと量子センサーが接続されたいわゆる量子インターネットの構築である。
- 量子情報通信技術の利用方法として、宇宙での利用が最も有望である。量子通信は地上でも使える。だが、問題は、固定光通信網は信号を吸収してしまうので、100km 以上は信号が届かず、大規模な通信網を展開するのに非常に費用がかかる。これに比べて、衛星向けの量子通信は有望である。
- 重要な情報を扱う場合、中国などの通信システムに依存できないので、欧州独自の量子通信インフラストラクチャを構築することが重要であり、タレスアレニアスペースは積極的にこの分野で活動している。
- 量子通信は EU の即位システムであるガリレオに利用することが最適である。
- 2) 5G：5G の重要性は、地球上の 99%以上の人口をカバーするだけでなく、地球上の表面 99%をカバーすることにあり、こうして、ユビキタスな通信が実現される。また、5G は自然災害の場合などで陸上通信が機能しなくなった場合、衛星通信を利用することで、レジリエンスを実現する。こうして、衛星通信はユビキタスな通信とレジリエンスの点で、通常の陸上通信を補完できる。
- このため、携帯端末から衛星へ直接接続する必要がある。数年来、標準化団体である 3GPP で、衛星通信によって 5G 網を延長することを検討している。すでに、ユーザ端末と衛星のダイレクトな通信を可能にすることを目指すプロジェクトが中国とアメリカで実施されているが、欧州は自立のため、これら他国の通信システムに依存してはいけない。
- 3) 人工知能：人工知能は現在、画像認識、電気通信システム、セキュリティシステムの運用などに使われており、基礎技術的な技術であるが、衛星通信でも利用できる。
- 4) サイバーセキュリティ：ソフトウェアベースの通信衛星が増大しているが、この種の衛星はよりサイバー攻撃の標的になりやすく、より簡単にハイジャックされうる。
- タレスはサイバーセキュリティを通信システム開発の初期段階から最終段階まで考慮に入れている。サイバーセキュリティのために、量子通信や人工知能を利用できる。
- 5) データ：われわれの通信システムが生み、処理するデータの量が増えており、これが近年

来、世界中で CO2 を最も消費する活動の一つとなっている。

- 欧州は GAFA（Google、Amazon、Facebook、Apple）に依存せずに固有のデータ処理システムを欧州のエコシステム内に持つべきであり、そのための具体的な施策を持つべきである。

独 T システム：ジュリー・ド・ラ・メール氏

- 人工知能：衛星は現在膨大な量のデータを生んでおり、その分析に人工知能を利用できる。人工知能は、専門家だけのものではなく、産業利用すべきである。だが、一般に人工知能は怖がられることがあり、注意する必要がある。人工知能は何ができるのか周知しなければならない。
- 衛星データの場合、人工知能の二つの課題がある。一つは複雑なレーダーデータの分析である。ドイツ宇宙航空センターの研究者が現在この研究を行なっている。もう一つは人工知能の性能をデータによって向上させることである。
- ESA の Phi labs¹⁵⁴で人工知能を衛星通信に利用する開発が行われており、非常に評価できる。
- セキュリティ：欧州の地球観測衛星コペルニクスは大量の地球観測データを収集し、現在無料で誰もが利用できるが、コペルニクスをサイバー攻撃から保護しなければならない。
- ロシアの組織が世界中でサイバー攻撃を行なっているようであるが、現在オランダの諜報機関が捜査している。欧州はこのような捜査能力も備えている。

¹⁵⁴ <http://blogs.esa.int/philab/category/ai-artificial-intelligence/>