

欧州における衛星通信事業の動向

平成 29 年 1 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

目次.....	1
全体の要約.....	2
General summary	6
はじめに	10
第一部 欧州の宇宙通信事業における高周波帯を利用する衛星通信システムの研究開発の動向.....	12
第一章 欧州の衛星通信事業者の最新動向.....	12
第一節 ルクセンブルグ・SES.....	12
第二節 英国・インマルサット.....	14
第三節 フランス・ユーテルサット	16
第二章 欧州の衛星通信事業者が参加する欧州プロジェクトの動向 — BATS プロジェクトと SANSА プロジェクト.....	17
第一節 FP7 BATS プロジェクト	18
第二節 ホライゾン 2020 SANSА プロジェクト.....	20
第三章 IBC2016 における欧州の宇宙通信事業の最新動向.....	25
第二部 欧州における宇宙ベンチャー企業の動向	34
第一章 ドイツ・カスキロ (旧 eightyLEO)	35
第二章 欧州宇宙機関と欧州連合の最新研究開発プロジェクトの事例	36
第一節 欧州宇宙機関とエアバス D&S のスペースデータハイウェイプロジェクト.....	36
第二節 ホライゾン 2020 における自動運転の研究プロジェクト — InLane プロジェクトと InDrive プロジェクト	38
第三章 エアテック 2016 における欧州宇宙ベンチャー事業動向調査レポート	40

全体の要約

本報告書では、欧州の衛星通信事業者が行っている高周波帯、特に Ka バンドを利用する衛星通信システムの研究開発の動向と、「ニュースペース」とも言われる宇宙ベンチャー企業の動向について記す。

第一部 欧州の宇宙通信事業における高周波帯を利用する衛星通信システムの研究開発の動向

ルクセンブルク・SES

- ・ 2017年に、Kuバンドを用いる HTS 衛星を3機打ち上げる予定である。
- ・ SES は、Ka バンドを利用する中軌道周回衛星 (MEO) の HTS 衛星を運用する O3B ネットワーク (以下、O3B とする) を完全子会社している。
- ・ SES は Ka バンドを利用する HTS 静止衛星 SES-17 を 2020 年に打ち上げる予定であることを発表している (タレス・アレニアスペースが製造)。
- ・ SES は、従来の静止衛星 (GEO)、O3B の MEO 衛星、2017 年に打ち上げ予定の Ku バンドの HTS 衛星、そして、Ka バンドの SES-17 を組み合わせて、顧客に通信ソリューションを提供する予定である。

英インマルサット

- ・ インマルサットは、Ka バンドを用いる第5世代グローバルエクスプレス (Global Express : GX) 3機によって、グローバルカバレッジを実現している (第3機が 2015年12月に商用サービスを開始)。2016年内に、GX の第4機が打ち上げられる予定である。
- ・ 第6世代 GX 2機の打ち上げ (第1機の打ち上げ予定は2020年) が発表されており、すでにエアバス D&S によって製造が開始されている。同衛星は Ka バンドと L バンドを使って通信を行う。

- ・ インマルサットは、IoTに力を入れており、LPWA（low power wide area）向けの技術を標準化している LoRa アライアンスのメンバーである。

仏ユーテルサット

- ・ ユーテルサットは、Ka バンドの HTS 衛星である Ka-sat（2011 年に商用サービス開始）により、米 Viasat の SurfBeam2 技術を利用し、欧州地域で航空機向けサービスを提供している。
- ・ ユーテルサットは、2017 年に Eutelsat 172B を打ち上げ、航空機内向けサービスを強化する予定である。同衛星は、C バンド、通常の Ku バンド、ハイスループットの Ku バンドという 3 つのペイロードを持つ。
- ・ IoT 網の新興事業者として注目が集まっているシグフォックスは、自社の IoT 網にユーテルサットの SmartLNB という衛星技術サービスを取り入れることを発表している。SmartLNB は、低電力、低容量の技術のおかげで、IoT 網のバックホールに利用でき、ユビキタスな通信の実現のため IoT 網を補完することができる。

欧州の通信事業者が参加する欧州プロジェクト

- ・ 欧州の他地域に比べた研究開発の特徴の一つは、欧州連合（EU）および欧州宇宙機関（ESA）による研究プロジェクトの助成である。衛星通信事業者は積極的に欧州プロジェクトに参加している。
- ・ 欧州では、衛星通信技術は第 5 世代移動通信技術（5G）をサポートする技術として認識されており、ESA と EU から研究が助成されている。FP7 の BATS プロジェクトとホライゾン 2020 の SANSA プロジェクトは、陸上通信と衛星通信の統合を研究テーマとしており、5G の研究開発とも関係が深い。
- ・ BATS プロジェクトは、ユビキタスなブロードバンド接続の実現のため、陸上通信と衛星通信の融合の研究を目的とし、サービス需要に応じて動的にトラフィックフローをルーティングするインテリジェントユーザゲートウェイを開発

する：コーディネーター：英アバンティ・コミュニケーション、研究期間：2012年10月-2015年12月（38か月）、予算（EU 拠出金）：1198万3846ユーロ（831万7512ユーロ）

- ・ SANSa プロジェクトは、大容量通信、周波数の有効利用と低電力、ネットワークのレジリエンス（回復力）のため、多様な通信状況に自動的に対応できる陸上通信と衛星通信のハイブリッドなバックホールネットワークを開発する：コーディネーター：スペイン・カタルーニャテレコミュニケーション技術センター、研究期間：2015年2月-2018年1月（36か月）、予算（EU 拠出金）355万7680ユーロ（298万3930ユーロ）。

第二部 欧州における宇宙ベンチャー企業の動向

- ・ 近年、宇宙通信技術の研究開発が進み、低軌道周回衛星（LEO）を利用した地球全域での高速通信サービスの実現可能性が高まっている。アメリカ企業がニュースペース分野をリードしているが、欧州でも、LEO事業を実施するスタートアップ企業が登場している。
- ・ カスキロ（Kaskilo）は、2015年4月に創設され、ITUに事業登録された宇宙通信事業のドイツのスタートアップ企業であり、LEO事業に着手している。同社の最初の企業名称は eigthyLEO であったが、2016年秋にカスキロに変更した。カスキロは、LEOのメガコンステレーションによる衛星通信事業分野で、アメリカ企業に対抗する欧州ブランドを創設する意図を持つ。同社は、LEOの運用による産業向けアプリケーション、特にIoTに焦点を置いており、遠隔地に住む人々にブロードバンド接続を提供することを第一の目標とするワンウェブなどとは一線画する。このような事業方針は、ドイツ政府が主導する産業政策の「インダストリー4.0」と一致する。
- ・ アメリカとは異なり、欧州ではベンチャーキャピタルによる投資が多いわけではなく、ニュースペース分野でもESAやEU、国内研究支援機関による助成が重要である。スペースデータハイウェイは、ESAと欧州企業エアバスD&Sの

官民パートナーシップ (PPP) による研究プロジェクトであり、「欧州データリレーシステム (EDRS)」の開発を目的とする。同プロジェクトでは、低軌道衛星 (LEO) や地球観測船、地球局間の光および Ka バンドを利用するデータリレー転送システムを開発する。また、ホライズン 2020 では、宇宙部門において、欧州静止衛星航法システム (EGNOS) や GALILEO (欧州の全地球航法システム) のような欧州地球航法衛星システム (EGNSS) を利用する自動運転技術の開発を支援している。InLane プロジェクトは、レーンナビゲーション技術を、InDrive プロジェクトは、商用化に近い半自動運転技術のアプリケーションを開発している。

General summary

This survey reports the R&D and business trends of satellite communication system using High radio frequencies as well as space communication ventures in Europe.

The first part : the R&D and business trends of satellite communication system using High radio frequencies in Europe

SES (Luxemburg)

- SES will launch three HTSs (High Throughput Satellite) using Ku band in 2017.
- SES has acquired O3B networks, which is operating Medium Earth Orbit satellites (MEO) using Ka band. O3B networks is now a completely SES's subsidiary.
- SES has released the launch of a HTS using Ka band, called *SES-17*, in 2020 (Thales Alenia Space manufactures it).
- SES will provide communication services to its clients by combining its geostationary orbit satellites (GEO), O3B's MEOs, HTSs using Ku band (launched in 2017) and *SES-17* using Ka band.

Inmarsat (Britain)

- Inmarsat is providing global communication coverage by three fifth generation Global Express (GX) satellites. The third GX has started commercial communication service in December 2015. The forth GX will be launched at the end of 2016.
- Inmarsat has released the launch of two sixth generation GX. The first one will be launched in 2020. Airbus Defence & Space (Airbus D&S) has already started manufacturing them. These new GX will use Ka band and L band.
- Inmarsat, putting effort into IoT (Internet of Things) area, is a member of *LoRa alliance*, which standardizes technologies for LPWA (low power wide area) network.

Eutelsat (France)

- By its *Ka-sat* (Ka band HTS), Eutelsat is providing communication service for aviation in European areas using SurfBeam2 technologies developed by Viasat.
- Eutelsat will launch *Eutelsat 172B* to strengthen communication service for aviation. It will have three payloads, C band, Ku band, high throughput Ku band.
- Sigfox, the new french company for IoT, has adopted Eutelsat's *SmartLNB* service, which provides low power and low data capacity communication. Sigfox will complement its IoT backhaul networks by *SmartLNB* for ubiquitous IoT networks.

European satellite operator's R&D projects financed by the European Union

- Research grant provided by EU (European Union) and ESA (European Space agency) is one of the characteristics of the R&D policy for space communication in Europe. Satellite operators have participated into research projects financed by them.
- In Europe, satellite communication is considered as a technology supporting the fifth generation mobile technologies. Two research projects on the integration of satellite communication into terrestrial communication following European 5G vision, *BATS* project and *SANSA* project, are financed by EU's framework program.
- The objective of *BATS* project is to fuse satellite communication and terrestrial communication for ubiquitous broadband communication. For this purpose, *Bats* project developed an intelligent user gateway routing traffic flow according to demands. Project coordinator : Avanti communication, research period : october 2012 – December 2015 (36 months), budget (EU's part) : 11,983,846 euro (8,317,512 euro).
- The objective of *SANSA* project is to develop a hybrid satellite-terrestrial backhaul networks adapting to various situations for high capacity communication, effective use of spectrum and power, and network resilience. *SANSA* project extends the backhaul networks technologies developed by *BATS* project. Avanti communication is a member

of this project. Project coordinator : CTTC, research period : February 2015 – January 2018 (36 months), budget (EU's part) : 3,557,680 euro (2,983,930 euro).

The second part : the R&D and business trends of space communication ventures in Europe

- In ten years ago, space communication by Low Earth Orbit (LEO) satellites' megaconstellation was a dream. But, now, many people consider it possible to provide global communication service by Low Earth Orbit satellites thanks to the technological progress of space communication technologies. American companies are leading this *Newspace* area, but there are *Newspace* start-up companies in Europe too.

Kaskilo

- Founded in April 2015, *Kaskilo* is a German start-up company registered in ITU (International Telecommunication Union) for LEO satellite communication. Its former name was *eithyLEO*. The name has just been changed in autumn 2016. Like *Oneweb*, *Kaskilo* will operate LEO satellite's megaconstellation, and it aims to establish a European brand against American companies. It is focused on industrial application, especially IoT. That's the difference between *Kaskilo* and companies like *Oneweb*, which focus in particular on global broadband internet access for people in remote areas. *Kaskilo*'s strategy follows a German industry policy, *Industry 4.0*.

Space data highway project, InLane project and InDrive project

- Venture capitals are less present in Europe than in the US. So, research grant by ESA, EU or national agency is also important for *Newspace*'s satellite communication system and application. Space data highway is a Public Private Partnership (PPP) project of ESA and Airbus D&S. Its objective is to develop the *European Data Relay System* (EDRS). *EDRS* provides data transfer relay service between LEO satellites, spacecraft, UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) or ground stations by optical or Ka band communication. Moreover, EU's Horizon 2020 is supporting car autonomous driving technologies using

EGNSS (European Global Navigation Satellite System) like EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) and GALLILEO. *InLane* project is developing car lane navigation technologies, and *InDrive* project is developing semi-autopilot technologies' applications close to commercialization.

はじめに

本報告書では、欧州における宇宙通信事業の動向について、二つの方向、すなわち、SES、インマルサット、ユーテルサットなどの欧州の大手衛星通信事業者による高周波帯を利用する衛星通信システムの研究開発と最新サービスの商用化動向、そして、アメリカのワンウェブとスペース X に代表され、「ニュースペース」とも言われる新型の宇宙通信事業、特にベンチャー企業の動向について報告する。後者に関しては、アメリカと異なり、欧州ではベンチャーキャピタルによる投資が多いわけではなく、欧州宇宙機関（ESA）と欧州連合（EU）による研究助成が重要であるので、ESA と EU が支援する最新の通信システムとアプリケーションの研究プロジェクトについても記す。

○調査内容

1) 宇宙通信事業における高周波数帯を利用する衛星通信システムの研究開発の動向

- ・ 欧州の衛星通信事業者の動向
 - SES
 - インマルサット
 - ユーテルサット
- ・ 欧州の衛星通信事業者が参加する欧州プロジェクトの事例
 - 第7次枠組計画の BATS プロジェクト
 - ホライゾン 2020 の SANSА プロジェクト
- ・ IBC2016 における欧州の宇宙通信事業の最新動向

2) 欧州における宇宙ベンチャー企業の動向

- ・ 欧州における低軌道周回衛星事業の動向
 - カスキロ
- ・ 欧州宇宙機関と欧州連合が助成する最新の宇宙通信システムとアプリケーションの研究プロジェクト事例
 - ESA のスペースデータハイウェイプロジェクト

- EUの衛星通信を利用する自動運転技術の研究プロジェクト
- ・ エアテック 2016 におけるニュースペース事業の最新動向

○ 調査方法

本調査では、インターネット及び公刊物、報道記事等を精査するとともに、インタビュー調査、そして、イベント視察調査を行った。

1) の調査内容に関しては、オランダ・アムステルダムで開催された IBC 2016 を視察し、欧州の主な衛星通信事業者の展示ブースを視察して、最新の研究開発と事業動向についてインタビュー調査を実施し、ついで、ホライゾン 2020 の SANSА プロジェクトのコーディネーターであるカタルーニャテレコミュニケーション技術センターに研究内容について質問した。2) の調査内容に関しては、ドイツ・ミュンヘンで開催されたエアテック 2016 を視察し、ニュースペース分野のカンファレンスに参加した。

本報告書では、情報を入手したウェブサイトの URL を参考のため注に載せているが、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、ここで前もって注記しておきたい。

第一部 欧州の宇宙通信事業における高周波帯を利用する衛星通信システムの研究開発の動向

現在、逼迫した周波数利用の問題に対応するため、高周波帯、特に Ka バンドを利用する衛星通信システムの研究が盛んであり、衛星通信事業者によって開発と商用化が進められている。以上の動向について、第一章では、欧州の衛星通信事業者が実施する最新の研究開発動向と現在力を入れている通信サービスの商用化の動向について、第二章では、欧州の衛星通信事業者が参加する欧州連合（EU）の大型研究開発支援スキームである第七次枠組計画（FP7）の BATS プロジェクトとホライゾン 2020 の SANSA プロジェクトについて報告する。最後に、第三章には、オランダのアムステルダムで開催された IBC2016 を視察し、欧州の衛星通信事業者の展示ブースで最新の研究開発動向や商用サービスについてインタビュー調査を実施した際のレポートを収録した。

第一章 欧州の衛星通信事業者の最新動向

欧州には、SES（O3B も含む）、インマルサット、ユーテルサットなど、世界の大手衛星通信事業者が多く本拠地を置き、事業を世界的な規模で実施している。以下に、これらの事業者の研究開発およびサービスの商用化の動向について記す¹。

第一節 ルクセンブルグ・SES

- ・ SES は、2017 年に Ku バンドを用いる HTS 衛星を 3 機打ち上げる予定である（SES-12²、SES-14³、SES-15⁴）。
- ・ SES は、Ka バンドを利用する HTS 中軌道周回衛星（MEO）を運用する O3B ネットワーク（以下、O3B とする）の株式を 49.1% 所有していたが、2016 年 7 月に O3B の株式を 100% 取得し、完全子会社することを発表している⁵。このため、SES は 7 億 3000 万米ドルを支払っている。

¹ 欧州の衛星通信事業者の動向については、本報告書第一部第三章も参考のこと。

² <http://www.ses.com/19891170/ses-12>

³ <http://www.ses.com/20641374/ses-14>

⁴ <http://www.ses.com/20641706/ses-15>

⁵ <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22324884>

- 2016年9月、SESはKaバンドを利用するHTS静止衛星SES-17を2020年に打ち上げる予定であることを発表している⁶（仏伊タレス・アレニアスペースが製造）。同衛星の重量は6トン以上、寿命は15年、異なるサイズのスポットビームを200近く持つ予定であり、特に、北アメリカ、カリブ海地域、メキシコ、ラテンアメリカ、大西洋地域をカバーする予定である。
- SESは、将来的に、従来の静止衛星（GEO）、O3BのMEO衛星、2017年に打ち上げ予定のKuバンドのHTS衛星、そして、KaバンドのSES-17を組み合わせ、顧客に通信ソリューションを提供する予定である。
- SESは、欧州の5G研究開発を牽引する5GPPPのメンバーである。SESのCEOであるカリム・ミシェル＝サッバー氏は、欧州産業界が2016年7月7日に『欧州における5Gの時宜を得た展開のための5G宣言』を欧州委員会に渡した際に、次のように述べている⁷。「重要なステークホルダーたちの相乗作用が5G展開の成功に最も重要であり、衛星は5Gのグローバルで、利益をもたらす、包括的な展開の重要な構成部分である。こうして、通信衛星は5Gの展開と利用可能性にとって核となる役割を果たす」。以上から、SESは、衛星通信が5G展開に重要な役割を果たすと考えていることがわかる。
- SESは、SES-17の発表と同時に、アメリカと大西洋地域に航空機内でインターネット接続サービスを提供するために、仏タレスと長期契約したことも発表している。同サービスは、FlyLIVEと呼ばれ、まず2017年半ばからすでに軌道上にある衛星2機を利用して提供される予定であり、ついでSES-17が第3機として同サービスを提供する。
- SESは、独エネルギー事業者ソーラーキオスク（Solarkiosk）と提携し、アフリカ地域でインターネット接続サービスを提供する予定であることを発表している⁸。ソーラーキオスクは、独建築設計企業Graftによって設計されたE-HUBBという太

⁶ <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22416657>
<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/press-release/thales-and-ses-deliver-most-efficient-ka-hts-aviation-connectivity>

⁷ <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22331759>

⁸ <http://www.machinetomachinemagazine.com/2015/12/25/ses-and-solarkiosk-reduce-rural-digital-divide/>

陽光を利用する発電システム（キオスク型）を電力網が設置されていない地域、特にアフリカ地域で展開している。SES との提携により、ソーラーキオスクは E-HUBB により衛星アンテナに電力を送電し、衛星インターネット接続サービスを提供している⁹。

第二節 英国・インマルサット

- ・ インマルサットは、Ka バンドを用いる第 5 世代グローバルエクスプレス（Global Express : GX）3 機によって、グローバルカバレッジを実現している（第 3 機が 2015 年 12 月に商用サービスを開始）。Ka バンドの HTS 衛星で、世界中の通信をカバーしているのは現在インマルサットだけである（ユーテルサットの Ka-sat は欧州地域のみ）。2016 年内に、第 5 世代 GX の第 4 機が打ち上げられる予定である。
- ・ 第 6 世代 GX の 2 機の打ち上げ（第 1 機の打ち上げ予定は 2020 年）が発表されており、すでにエアバスディフェンス&スペース（以下、エアバス D&S とする）によって製造が開始されている¹⁰。この新しい GX は、エアバス D&S の Eurostar E3000 をベースとし、寿命は 15 年である。同衛星は、全電化推進システムを利用して、軌道に入り、また Ka バンドと L バンドを使って通信を行う（L バンドは 200 のスポットビームを持つ）。
- ・ インマルサットは、GX アビエーションと欧州航空ネットワークという 2 つの航空機向けの通信サービスの提供を予定しており、同社は両サービスを補完して提供する予定である。
- ・ GX アビエーション¹¹は、Ka バンド衛星 GX 3 機のコンステレーションを利用する航空機向け次世代高速ブロードバンドアクセスサービスである。GX アビエーションは、世界中のどこでもシームレスに、唯一の衛星通信事業者によって航空機向けにブロードバンドインターネット接続を提供する世界初のサービスである。インマル

⁹ <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22258411>

¹⁰ http://www.spacedaily.com/reports/Inmarsat_6_satellites_dual_mission_will_augment_both_L_band_and_Ka_band_Global_Xpress_services_999.html

<http://www.ukspace.org/news-item/global-xpress-satellite-2016/>

¹¹ <http://www.inmarsat.com/service/gx-aviation/>

サットは2015年10月に10年間の長期戦略パートナーシップを独ルフトハンザ航空と提携しており、将来的に、欧州地域において150機以上でGXアビエーションを提供する予定である¹²。2016年7月、ルフトハンザはエアバスA340機に米ハネウェルエアロスペースが開発したKaバンド向けのアンテナの搭載について、欧州航空安全庁から追加型式設計承認を受けている。2016年8月、ハネウェルエアロスペースは、同社が開発したGXアビエーションの航空機側の端末であるジェットウェーブがインマルサットから最終承認を受けたことを発表しており、GXアビエーションの提供が可能になったと述べている¹³。2016年9月、初のGXアビエーションの世界フライトツアー（38日間、120時間の飛行時間）が試験的に実施されている¹⁴。試験参加者は、スマートフォンなどを使って、航空機内で動画視聴、ソーシャルメディアの利用、ビデオ電話（スカイプなど）を利用した。2016年末に商用サービスが開始される予定である。また、ルフトハンザは、同社のA320全機にKaバンド技術を標準装備する作業を開始している¹⁵。

- ・ 欧州航空ネットワーク（EAN：European Aviation Network）¹⁶は、インマルサットとドイツテレコムとの提携によって提供される陸上通信と衛星通信（Sバンドの利用）を統合した通信衛星およびそのネットワークの名称である。2015年9月に、両社はEANのために戦略的パートナーシップを締結し¹⁷、2016年7月には、インマルサットのSバンドのペイロードモジュールがタレス・アレニアスペースの試験場に移され、衛星統合が成功裏に終了しており、現在は2017年の打ち上げ（米スペースXによる打ち上げ）に向けて厳密な試験がなされている¹⁸。EAN衛星は、飛行トラフィックが過密な欧州地域で、航空機向けに移動衛星通信サービス（航空機内

¹² <http://www.inmarsat.com/case-studies/inmarsat-and-lufthansa-group-partnership/>

¹³ <https://aerospace.honeywell.com/en/press-release-listing/2016/august/honeywell-hardware-awarded-final-certification-for-inmarsat-next-generation-gx-aviation>

¹⁴ <http://www.inmarsat.com/press-release/inmarsat-honeywell-take-gx-aviation-global-flight-tour-complete-system-integration/>

¹⁵ <http://www.satellitetoday.com/telecom/2016/09/27/ka-band-connectivity-become-standard-lufthansas-a320-fleet/>

¹⁶ <http://www.inmarsat.com/european-aviation-network/>

¹⁷ <https://www.telekom.com/media/company/288250>

¹⁸ <http://www.inmarsat.com/news/inmarsat-partners-with-deutsche-telekom/>

¹⁸ <http://www.inmarsat.com/press-release/satellite-constructed-schedule-inmarsat-ground-breaking-european-aviation-network/>

で Wifi 接続を可能にする) を提供するために設計されている。同衛星は、ドイツテレコムによって欧州地域で運用される LTE 陸上通信網 (300 の地上基地局) と統合されており、自動的に衛星通信と陸上通信を切り替える。より具体的には、航空機が 1 万フィートに到達した時点で、ドイツテレコムの陸上通信網がインマルサットの S バンドに接続する。EAN 衛星は、Ka バンドを利用する HTS 衛星である GX を補完する。EAN 衛星によるサービスは、独ルフトハンザ航空の航空機によって、2017 年から試験が開始される予定である。

- インマルサットは、IoT に力を入れており、LPWA (low power wide area) 向けの技術を標準化している LoRa アライアンスのメンバーである。また、現在、同社は IoT の以下の 3 つのサービスを提供している。これらのサービスは世界全体をカバーしている。
 - BGAN M2M¹⁹: 遠隔地、無人地域の監視や大容量のメーターなど (移動体向けではない) / 送信: 448 kbps : 受信: 464 kbps まで / 遅延 800 ミリ秒
 - IsatData pro²⁰: 自動車や産業機器、コンテナの大規模な遠隔モニタリング、電子書類の伝送など (固定物と移動物の両方) / 送信: 6400 bytes : 受信: 10.000 bytes まで / 遅延 15~60 秒 (メッセージサイズによる)
 - Isat M2M²¹: 自動車や産業機器、コンテナの大規模な遠隔モニタリングなど (固定物と移動物の両方) / 送信: 10.5 か 25.5 bytes : 受信: 100 bytes まで / 遅延 30~60 秒
- IsatData Pro と Isat M2M は、インマルサットの第四世代衛星 (L バンド) を利用する。

第三節 フランス・ユーテルサット

- ユーテルサットは、Ka バンドの HTS 衛星である Ka-sat (2011 年に商用サービス開始) で、米 Viasat の SurfBeam2 技術を利用し、欧州地域で航空機向けサービスを提供している²²。ユーテルサットと Viasat は、2016 年 9 月に合同ベンチャーを設立し、

¹⁹ <http://www.inmarsat.com/service/bgan-m2m/>

²⁰ <http://www.inmarsat.com/service/isatdata-pro/>

²¹ <http://www.inmarsat.com/service/isatm2m/>

²² <http://www.eutelsat.com/en/services/data/mobility/air-access.html>

欧州で、ユーテルサットのホールセールブロードバンドビジネスを拡大し、新しい小売サービスを開始することを決定している²³。

- ・ **Ka-sat** に加えて、ユーテルサットは、2017 年に **Eutelsat 172B** を打ち上げ、航空機内向けサービスを強化する予定である²⁴。同衛星は、C バンド、通常の **Ku** バンド、ハイスループットの **Ku** バンドという 3 つのペイロードを持ち、ハイスループットの **Ku** バンドのペイロードは、アジア・太平洋地域における航空機内向け通信サービスに利用される予定である。
- ・ 2015 年 9 月、IoT 網の新興事業者として注目が集まっているシグフォックス (**Sigfox**) は、自社の IoT 網にユーテルサットの **SmartLNB** という衛星技術サービスを取り入れることを発表している²⁵。**SmartLNB** は、低電力、低容量の技術を用いて、IoT 網のバックホールに利用でき、IoT 網を補完することができる²⁶。また **SmartLNB** は、衛星テレビ放送サービスと組み合わせられて、IoT を利用するスマートホームサービス（スマート医療なども含む）を提供できる。

第二章 欧州の衛星通信事業者が参加する欧州プロジェクトの動向 - **BATS** プロジェクトと **SANSA** プロジェクト

欧州の他地域に比した研究開発の特徴の一つは、欧州連合 (EU) および欧州宇宙機関 (ESA) による研究プロジェクトの助成である。EU の大型助成スキームである枠組計画 (現在は **ホライゾン 2020**) は、欧州の研究開発に大きな影響を与えている。事情は、宇宙通信事業に関しても同様であり、衛星通信事業者が欧州の研究機関やベンダなどとともに積極的に欧州プロジェクトに参加している。また、ESA も **ARTES** (アルテス) プログラムにおいて、衛星通信システムやアプリケーションを開発する研究プロジェクトを助成している。

さて、世界的に第 5 世代移動通信技術 (5G) に注目が集まっているが、5G は衛星通

http://www.eutelsat.com/files/contributed/news/media_library/brochures/satellite-for-in-flight-connectivity.pdf

²³ <https://www.viasat.com/news/eutelsat-and-viasat-forming-joint-venture-expand-satellite-broadband-europe>

²⁴ <http://www.eutelsat.com/en/satellites/future-satellites/EUTELSAT-172B.html>

²⁵

<http://news.eutelsat.com/pressreleases/sigfox-adopts-eutelsat-smartlnb-satellite-technology-for-internet-of-things-network-in-frastructure-1218222>

²⁶ <http://www.eutelsat.com/en/services/data/SmartLNB.html>

<http://www.eutelsat.com/fr/services/audiovisuel/smart-lnb.html>

信技術との関係も深い。例えば、欧州の 5G 研究開発を牽引する 5GPPP²⁷ (2013 年 12 月 設立) に、ルクセンブルクの衛星通信事業者 SES や通信衛星製造業者のタレス・アレニアスペース (仏・伊) とエアバスグループがメンバーとして加入している。その上、ホライゾン 2020 の ICT 部門 2016-2017 年度作業プログラムでは、5G 助成の枠組みで、陸上通信をサポートするために衛星通信を陸上通信へ統合することが、5G 研究開発の一要素とされている。EU の試みの他に、ESA が、5G において衛星通信と陸上通信を統合する研究に助成するため、2016 年 9 月より公募 (「5G コンテキストにおける衛星と陸上統合のためのデモンストレーター」) を開始している (2017 年 3 月まで募集)²⁸。

以下に、5G 研究開発ともつながりが深い陸上通信と衛星通信のシステムを統合する研究開発を行う第七次枠組計画 (FP7) の BATS プロジェクトとその一部を延長するホライゾン 2020 の SANSA プロジェクトについて報告する。これらのプロジェクトには、英衛星通信事業者であるアバンティ・コミュニケーションが参加している。

第一節 FP7 BATS プロジェクト

BATS プロジェクト²⁹は、ユビキタスなブロードバンド接続の実現のため、陸上通信と衛星通信の融合の研究を目的とする。同プロジェクトには、5G 研究を行っているフラウンフォーハー・ハインリッヒ研究所とサリー大学が参加しており、5G 研究開発と強い関わりを持つ。

FP7 BATS プロジェクトの基本概要

略称	BATS
正式名称	陸上と衛星統合システムによるブロードバンドアクセス
公募枠	ICT-2011. 1. 1
研究期間	2012 年 10 月-2015 年 12 月 (38 か月)
予算 (EU 拠出金)	1198 万 3846 ユーロ (831 万 7512 ユーロ)
コーディネーター	アバンティ・コミュニケーション (英)

²⁷ <https://5g-ppp.eu>

²⁸ <https://artes.esa.int/funding/demonstrator-satellite-terrestrial-integration-5g-context-artes-3a075>

²⁹ http://cordis.europa.eu/project/rcn/106027_en.html

http://www.batsproject.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=280

参加組織	DLR (独)、エアバス D&S、タレス・アレニアスペース (仏)、タレス・アレニアスペース (スペイン)、Mavigex (伊)、サリー大学 (英)、フラウンフォーハー協会 (独)、Gradiant (スペイン)、トルコテレコム、R ケーブル (スペイン)、オプタルソリューション (スペイン)、STM (ノルウェイ)、MulSys (英)、Climate Associates (英)、ワンアクセス (仏)
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

研究内容

EU のデジタルアジェンダでは、都市部と都市部外のブロードバンドアクセスの隔たりを解消することが目標の一つとしてあげられており、具体的には、欧州全域で 30Mbps、50 パーセントの地域で 100Mbps の通信を可能にすることが目指されている。この目標は陸上通信だけでは実現しないが、BATS プロジェクトは衛星通信と統合させることによって実現させる。過去において、陸上通信と衛星通信は競合する関係にあったが、BATS プロジェクトは、陸上通信と衛星通信を統合させることを目指し、そのため、サービス需要に応じて動的にトラフィックフローをルーティングするインテリジェントユーザゲートウェイを開発する。このため、同プロジェクトは以下の 4 点について研究する。

- ・ ブロードバンド接続サービスが供給されていない地域と通信速度が低い地域において、ブロードバンド接続を提供するための通信アーキテクチャ全体の定義
- ・ すべてのネットワーク資源の利用を改善し、衛星通信のスループットの増大させる新しい技術の研究と設計
- ・ 陸上通信と衛星通信の統合インフラストラクチャの効率的で、低コストの展開と運用を可能にするネットワーク管理フレームワークの定義
- ・ アプリケーションの QoE (Quality Of Experience: ユーザの感じたサービス品質) の要件を規定するための方法の検討と、現実のユーザ経験を検証するための新しい試験方法の定義

また、BATS プロジェクトは、英サリー大学の研究施設内で実験を行い、また、スペインとドイツでは開発したインテリジェントユーザゲートウェイを 50 人に配布し、フィールド実験を行った。

第二節 ホライゾン2020 SANSА プロジェクト

SANSА プロジェクト³⁰は、陸上通信と衛星通信を統合することによって、移動通信網のバックホールの性能を向上させることを目的としている。同プロジェクトは、第七次枠組計画のBATSプロジェクトにおけるバックホールネットワーク技術開発を延長するものである。

SANSА プロジェクトの基本概要

略称	SANSА
正式名称	スマートアンテナによって可能になる共有アクセス陸上-衛星バックホールネットワーク
研究期間	2015年2月-2018年1月(36か月)
予算(EU 拠出金)	355万7680ユーロ(298万3930ユーロ)
コーディネーター	カタルーニャテレコミュニケーション技術センター(スペイン)
参加組織	タレス・アレニアスペース(スペイン)、ルクセンブルク大学(ルクセンブルグ)、情報技術研究教育研究所(ギリシア)、アバンティ・コミュニケーション(英)、OTE(ギリシア)、フラウンフォーハー協会(独)、ViaSat アンテナシステム(スイス)

SANSА プロジェクトのコーディネーターであるカタルーニャテレコミュニケーション技術センター(CTTC³¹)通信システム部アレイ・マルチセンサープロセッシング科³²のアナ・ペレス=ネイラ氏³³とグザビエ・アルティガ氏にCTTCの研究活動とプロジェクトの概要について質問した³⁴。以下に、両氏の回答を記す。

³⁰ <http://www.sansa-h2020.eu/partners>
http://cordis.europa.eu/project/rcn/194276_en.html

³¹ <http://www.cttc.es>

³² <http://systems.cttc.es/array-multi-sensor-processing/>

³³ <http://www.cttc.es/people/aperez/>

³⁴ ペレス=ネイラ氏とアルティガ氏に、当方の質問にメールで回答していただいた。

CTTC の活動

- ・ CTTC の通信システム部アレイ・マルチセンサープロセッシング科（以下、CTTC とする）では、衛星通信の研究を実施しており、特に電波干渉管理と除去向けの物理レイヤ技術（マルチユーザ検知、マルチビームフォーミングプリコーディング、NOMA アクセス、時間周波数のパッキング）を開発している。
- ・ CTTC では、K バンドを利用する HTS 衛星と L バンドと S バンドを利用する移動通信の研究を実施しており、後者の研究では陸上モバイル衛星通信路のモデム（Land Mobile Satellite Channel modem）と MIMO 技術を開発した。
- ・ CTTC は、欧州宇宙機関（ESA）が助成するプロジェクトにも複数参加している。現在、ペレス＝ネイラ氏は ESA の Satnex4 プロジェクト³⁵のリーダーを務めている。Satnex4 プロジェクトは、欧州における宇宙通信技術の研究機関（CTTC やフラウンフォーハー研究所など）、通信事業者（SES、アバンティ）、ベンダ（エアバスなど）などを集め、将来的な研究開発の方向性について討議することを主な目的としている（研究開発そのものが目的ではない）。

研究概要

- ・ 将来的な通信トラフィックの増加に対応するためにミリ波やスモールセル技術の開発が進んでいるが、同時に、これらは新しいバックホール向けの技術を要求する。SANSA プロジェクトは、大容量通信、周波数の有効利用と低電力、ネットワークのレジリエンス（回復力）のため、多様な通信状況に自動的に対応できる陸上通信と衛星通信のハイブリッドなバックホールネットワークを開発する。衛星通信は都市部外と遠隔地での通信網の展開に有効であるとともに、陸上通信のトラフィックが増加した際に衛星通信にオフロードすることを可能にし、また、陸上通信のレジリエンスを改善する代理パスを与えることができる。
- ・ SANSA プロジェクトでは、a) 陸上通信のバックホールネットワークへの衛星通信のシームレスな統合、b) トラフィックの要求に対応することができる自己構成す

³⁵ <http://www.satnex4.org>

る陸上無線網、c) 衛星通信と陸上通信のあいだでの周波数共用の研究 (Ka バンド) を実施する。

- Ka バンドにおける衛星通信と陸上通信の周波数共用の研究を実施している理由は、第一に、世界電気通信連合 (ITU) や欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) で、この帯域の周波数共用の研究が進められているからである。特に、Ka バンドにおける周波数共用は、18Ghz 帯で衛星通信受信機を展開することを可能にするが、現在、18Ghz 帯では衛星通信受信機は強力な陸上通信の発信機から保護されることを要求できない状態であり、この帯域での衛星通信受信機の利用が制限されている。SANSА プロジェクトでは、この問題を解決するために周波数共用技術を研究し、周波数の効果的利用を目指す。また、第二に、5G は将来的にこの帯域の利用を要求するからである。
- SANSА は、5G バックホール向けの陸上通信と衛星通信の統合研究の第一段階とみなすことができる。ホライズン 2020 の ICT 部門の 2016-2017 年度作業プログラムでは、5G 助成の枠組みで、カバー率やネットワークのレジリエンスに関して、陸上通信をサポートするために衛星通信を統合することが 5G 研究開発の一要素として認められており、SANSА プロジェクトは欧州の 5G 研究開発に沿っている³⁶。
- SANSА プロジェクトは、欧州の陸上移動通信事業者と衛星事業者の提携の基礎となることも目指している。
- SANSА プロジェクトは、バックホールネットワーク技術について、FP7 BATS プロジェクトを延長する。BATS プロジェクトでは、陸上通信と衛星通信の間で、利用可能性やロードに応じて選択を行うアクセス網の研究を実施していたが、SANSА プロジェクトは、さらに進んで、バックホールネットワークにおける両通信のシームレスな統合、その上、ネットワークの自己構成能力と周波数資源の効果的利用についても研究している。
- CTTC は、プロジェクト全体のコーディネーターを務めるとともに、プロジェクト

³⁶ http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-leit-ict_en.pdf

の中でも陸上通信技術のパートを担当している：特に、周波数共有シナリオ向けのハイブリッドアナログ・デジタルプリコーディングスキーム、リフレクトアレイやメタサーフェイスアンテナのような代替アンテナソリューション、陸上通信と衛星通信のハイブリッドなネットワークにおける周波数資源管理とリンクスケジューリング、バックプレッシャーアルゴリズム、ネットワークのエネルギー効率の改善のための機械学習アルゴリズム。

研究目標

- ・ 移動通信網のバックホールネットワーク容量の増加
- ・ バックホールネットワークのレジリエンスの改善
- ・ 都市部及び都市部外における移動通信網展開の促進
- ・ バックホール向けの Ka バンドの周波数利用効率の改善
- ・ バックホールネットワークのエネルギー消費の減少
- ・ 欧州の陸上通信と衛星通信事業者と関連産業の強化

研究内容

- ・ 以上の目標のため、SANSА プロジェクトは、最終的に、1) 電波干渉を管理し、ネットワークトポロジーを再構成できる低価格のスマートアンテナ、2) 容量とエネルギー効率を改善する陸上通信と衛星通信のハイブリッドなネットワーク管理システムの二つを開発する。スマートアンテナは、ハイブリットネットワーク管理システムによって、衛星通信と陸上通信の間でより状況に適した通信を自動的に選択する。

1) スマートアンテナ (地上に展開)

- ネットワークトポロジーの再構成
- 電波干渉の回避
- ・ スマートアンテナは、陸上通信のみで利用され、ビーム放射とマルチステアリング能

力を持つ。一方で、このアンテナは方向を変えることによって、陸上通信網の再構成を可能にする。他方で、陸上通信と衛星通信の周波数共存と、同一の周波数帯域で複数の陸上通信の通信路の共存を可能にする。

2) ハイブリッドなネットワーク管理システム

- ハイブリッドネットワーク管理マネージャー
- インテリジェントバックホールノード
- ・ 陸上通信と衛星通信の選択は、ハイブリッドネットワーク管理マネージャーによって中央制御されるネットワークレイヤで行われる。この管理マネージャーがハイブリッドなネットワークトポロジーを選択し、またルーティングを決定するためにネットワークのノードと連絡する。

上記の SANSА プロジェクトの開発物には、3) 周波数共存の研究と 4) 自律したハイブリッドネットワークを可能にする技術が利用される。

3) 周波数共存

- トレードオフに関して、コストパフォーマンスを最大化するアンテナソリューション
- 陸上通信と衛星通信の共有ネットワーク向けのコグニティブハイブリッド電波資源管理
- データベースに基づく周波数共用技術（電波環境マップの開発も含む）

4) 自律したハイブリッドネットワーク

- ロードのバランスをとるアルゴリズム
- エネルギー消費を考慮するネットワーク再構成とルーティング
- 効果的なトラフィックルーティングを伴うマルチビーム（通信衛星から陸上通信網へのマルチビーム）
- ・ SANSА プロジェクトでは、アンテナの新素材の研究も行っている。Ka バンドにお

いては、高い経路損失（パスロス）を解消するために大口径アンテナが必要とされるが、ビームとマルチステアリング能力が求められると、非常に複雑でコストがかかるアレイが必要となる。様々なアレイを評価した結果、SANSА のノードのためにハイブリッドアナログ・デジタルアレイが最も有効なアンテナの候補として選択されている。特に、ハイブリッドアナログ・デジタルアレイは、デジタルビームフォーミングと比べてRFチェーンの数を減少させ、また、従来のフェーズドアレイと比べて、ビームフォーミングネットワークのサイズと損失を減少させる。さらに、SANSА プロジェクトは、リフレクタアレイやメタサーフェイスアンテナ、パラサイトアレイのような複雑なビフォーミングネットワークを要求しない他のアンテナについても研究している。これらのアンテナは、密集した都市部での通信シナリオに特に適している。

その他

- ・ SANSА プロジェクトでは、静止衛星（GEO）による衛星通信を想定しているが、開発される技術は低軌道周回衛星（LEO）による通信にも適用できる。その上、LEOは低遅延を実現するので、陸上通信と衛星通信のシームレスな統合をよりサポートする。

第三章 IBC2016 における欧州の宇宙通信事業の最新動向

欧州の主要な衛星通信事業者の最新動向を調査するために、IBC2016 の展示ブース（SES、インマルサット、ユーテルサットなど）を視察し、インタビュー調査を実施した。以下に、IBC2016 の調査レポートを収録する。

☆IBC とは?: 毎年 9 月オランダの首都アムステルダムで開催される放送及びマルチメディア関連の技術やサービス、機器などの展示会。元来、放送（Broadcasting）に焦点を当てた展示会であったが、現在は放送以外の分野の組織も参加している。

- ・ 場所: オランダ・アムステルダム
- ・ 視察期間: 2016 年 9 月 9 日（金）～10 日（土）

ルクセンブルグ・SES (O3B)

- 現在、SES は 53 機の衛星を運用している。
- SES は、SES-9 (通信衛星の名称) を打ち上げたばかりであり、今後 2017 年までに 6 機 (SES-10、SES-11、SES-12、SES-14、SES-15、GovSat-1³⁷) を打ち上げる予定である。SES-9 は HTS 衛星ではない。
- SES は、2017 年に、Ku バンド を用いる HTS 衛星を 3 機打ち上げる予定である (SES-12³⁸、SES-14³⁹、SES-15⁴⁰)。SES-12 と SES-14 の打ち上げはともに 2017 年後半、SES-15 は 2017 年前半の予定である。SES-12、SES-14、SES-15 によって、新たに HTS の容量が 36GHz 増加する。
- GovSat-1 は、ルクセンブルグ政府と SES の合同ベンチャーであり、X バンド及び Ka バンドを利用する⁴¹。
- O3B の完全子会社化により、SES は、1) 従来の静止衛星 (GEO) のワイドビーム、2) 2017 年に打ち上げ予定の HTS 衛星、3) O3B の MEO 衛星という 3 つの衛星通信ソリューションを持つ。SES の顧客は、これらの 3 つのソリューションを必要に応じて組み合わせて利用できる。
- 3 つのソリューションの組み合わせは、4 つの市場 (放送、固定データ通信、モビリティ、政府向け) に大きな影響を与える。
 - 放送: HD の改善とウルトラ HD の実現、衛星放送 TV 視聴者の増加
 - 固定データ通信: データおよび関連アプリケーション利用の増大、データ通信の高速化、HTS により大容量通信と低コストを実現
 - モビリティ: 船舶や航空機内でユーザの自分自身の端末利用が増加、モビリティ向け通信サービスの拡大、新しい HTS の GEO 衛星と O3B の MEO 衛星

³⁷ GovSat-1 はルクセンブルグ政府向けの衛星であり、SES-16 とも呼ばれることがある。

³⁸ <http://www.ses.com/19891170/ses-12>

³⁹ <http://www.ses.com/20641374/ses-14>

⁴⁰ <http://www.ses.com/20641706/ses-15>

⁴¹ <http://www.ses.com/20641818/govsat-1>

が従来の GEO 衛星を補完

- 政府向け：高周波を利用する衛星通信ベースのアプリケーション利用の増大
- O3B の MEO 衛星は現在 12 機運用されているが、今後、さらに 8 機を打ち上げ予定である。
- HTS 衛星は、放送よりもモビリティ（船舶や航空など）に向いている。
- IoT 向けには従来衛星通信の利用は考えられてこなかったが、去年ぐらいから注目が集まっており、衛星通信をアフリカでは大量の小型端末の接続に利用したり、イタリアではスマートグリッドに利用する動きがある。
- Ka バンドは Ku バンドと比べて、雨などの天候状況に影響を受けやすいという問題がある。したがって、Ka バンドと Ku バンドを地域により使い分ける必要がある。例えば、アジア地域で言えば、中国やモンゴルは比較的乾燥した地域であるので、Ka バンドを利用し、インドネシアなどの降雨量が多い地域では Ku バンドを利用する。だが、乾燥しているとはいえ、例えば、モンゴルは人口が少ないので（約 280 万人）、大容量の通信は、人口の多いインドネシア（2 億 5000 万人）などよりも必要がない。したがって、天候条件と人口の間で、バランスを取る必要がある。
- SES は、米フェイスブックと提携し、サブサハラアフリカ地域で高速ブロードバンド接続サービスを提供する予定である⁴²。この提携により、SES はフェイスブックの Express Wi-Fi プログラムをサポートする。フェイスブックは、SES の Ku バンドの GEO 衛星 3 機（ASTRA-2G、ASTRA-3B、ASTRA-4A）と SES Enterprise+ブロードバンドサービスを利用する予定である。SES が提供するソリューションには、Gilat Satellite Network 社の X-アーキテクチャプラットフォーム⁴³が使用される。

☆ SES は、IBC2016 直後に、すべてのスポットビームが Ka バンドの HTS 衛星 (GEO)、

⁴² <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22217296>

報道記事も参考:

<http://spacenews.com/ses-announces-facebook-order-for-african-satellite-capacity-unclear-link-with-facebook-eutelsat-deal/>

⁴³ <http://www.gilat.com/x-architecture>

SES-17 を 2020 年に打ち上げることを発表している⁴⁴。同衛星の製造は、O3B の MEO 衛星を製造したタレス・アレニアスペース（フランス・イタリア）が行う。SES-17 が提供するサービスとしては、モビリティサービス、特に航空向けのサービスが考えられている。SES-17 の製造契約と同時に、SES は北米、中米、南米と大西洋地域での航空向け通信サービスである「FlytLIVE」を提供するために、タレス・アレニアスペースと長期契約を締結している。SES-17 は、アレニアスペースのスペースバス NEO プラットフォームを全電化したプラットフォームを搭載し、打ち上げ時の重量は 6 トン以上、ペイロード電力は 15kW で、異なるサイズの 200 のスポットビームを搭載する。SES-17 の導入の結果として、SES は、将来的に、従来の GEO 衛星、2017 年に打ち上げ予定の Ku バンドの HTS 衛星（3 機）、O3B の MEO 衛星 12 機（さらに 8 機を製造予定）に、Ka バンドの HTS 衛星（SES-17）を組み合わせて運用する予定である。

英国・インマルサット

- ・ インマルサットは、Ka バンドを用いる第 5 世代 GlobalExpress（以下、GX とする）3 機によって、世界中をカバーしている。Ka バンドの HTS 衛星で、世界中をカバーしているのはインマルサットだけである（ユーテルサットの Ka-sat は欧州地域のみ）。
- ・ 2016 年、インマルサットは、マスメディアサービス向けに、時間単位で通信サービスを販売提供し始めた。従来は通信量に応じて通信サービスを販売しており、時間単位での販売は、従来の販売の仕方とは異なる。GX は世界をカバーしているので、同じ端末で世界中の災害現場や事故現場で生放送などができる。このサービスには、第 4 世代 GX（L バンド）も利用されている。
- ・ IoT への衛星通信の利用は今後進んでいくと考え、インマルサットは、IoT 事業に力を入れている。インマルサットは、IoT 向けの LPWA（Low Power Wide Area）技術の標準を提案している Lora アライアンスのメンバーであり、IoT インフラ事業者である仏シグフォックス（Sigfox）社と協議中である。

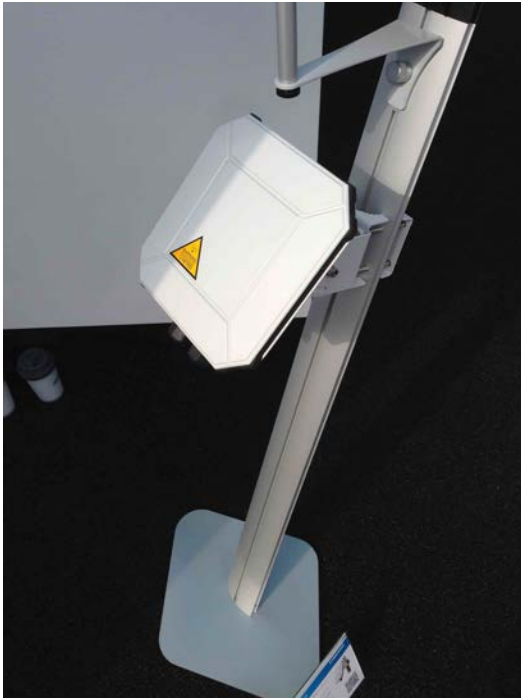
⁴⁴ <http://www.ses.com/4233325/news/2016/22416657>
<http://spacenews.com/ses-enters-ka-band-airline-connectivity-market-with-thales-avionics-as-customer/>

- インマルサットが、交通、物流、スマートグリッドなど、IoT の特定の分野に力を入れているというわけではなく、IoT インフラへ衛星通信サービスを提供することがインマルサットの事業である。
- IoT への衛星通信利用の例：欧米ではマグロの漁獲量を制限し、漁獲量の基準を満たしていることを確認検証するために、IoT と衛星通信技術が利用される可能性がある。捕獲したマグロを乗せたコンテナにセンサーを設置し、重量を量り、コンテナを閉めた段階で、その重量のデータを衛星通信を使って、送信し、漁獲量を確認する。この IoT 利用では物流と海事という二つの分野が融合している。
- 石油業界などの一定の業界は、新しい技術が開発されたにもかかわらず、従来の衛星通信機器や方式などを急に変更するのをためらう傾向がある。IoT 事業は新しい分野なので、そのようなことがない。
- インマルサットは陸上通信と衛星通信のハイブリッド端末を提供している。EXPLORER 540 は、M2M 通信向けに、LTE と BGAN (Broadband Global Area Network: インマルサットの衛星通信電話サービスの名称) を利用するハイブリッド小型端末である⁴⁵。端末の製造は、デンマークの COBHAM SATCOM である。

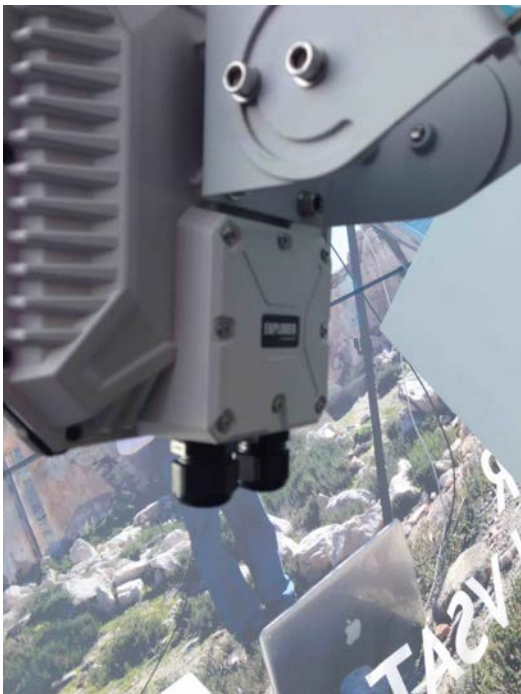
45

<http://www.cobham.com/communications-and-connectivity/satcom/land-mobile-satcom-systems/bgan-m2m/explorer-540/>

写真：EXPLORER 540（IBC2016 の会場で撮影）



写真：EXPLORER 540 の裏側（LTE チップを搭載できる）



- ・ EXPLORER 710⁴⁶は、BGAN を通して、主に 移動型動画報道 (TV 生放送など⁴⁷) に利用される小型端末である。

写真：EXPLORER 710 (IBC2016 会場で撮影)



- ・ インマルサットは、ドイツテレコムと提携して、航空向けの通信サービスのトライアルを開始した。第5世代GXを利用し、陸上通信と衛星通信のハイブリッドな端末を利用する。
- ・ 現在、第6世代GXがエアバスによって製造されている。この新しいGXはKaバンドとLバンドを用いる。
- ・ 現在までのところ、インマルサットには、低軌道衛星 (LEO) のプロジェクトはない。確かに、複雑な渓谷のような、GEO衛星ではカバーできない地域、地帯が地上には存在し、LEO衛星は複数の衛星を使い、そのような場所での通信もカバーできる。だが、LEO衛星は、通信衛星が小型であり、寿命が短い上に、多数の衛

⁴⁶

<http://www.cobham.com/communications-and-connectivity/satcom/land-mobile-satcom-systems/ultra-portable-bgan/explorer-710/>

⁴⁷ SNG (Satellite News Gathering) サービスとも言われている。

星を打ち上げなければならないため、費用がかかるという短所がある。

- ・ LEO 衛星は低遅延を実現するというが、インマルサットの GEO 衛星を利用した通話も、衛星通信を利用していることを言わなければわからないほどの低遅延を実現している（実際、報告者は実際にインマルサットの携帯端末を利用させてもらい、通信状況を検証させてもらったが、音声の質はとて高く、遅延の問題は感じられなかった）。
- ・ グーグルはバルーンを利用した通信を構想しているようだが、あまりにも地上にバルーンが近いと天候条件の影響が強いと考えられる。

フランス・ユーテルサット

- ・ ユーテルサットの Ka-sat は、Ka バンドを利用する HTS 衛星であり、トゥーウェイ (Tooway) というブロードバンドサービス（通信速度は ADSL 並）を欧州地域で提供している。
- ・ ユーテルサットは、IoT ネットワーク事業者の仏シグフォックス社と提携して、米国で IoT 事業に通信サービスを提供している。ユーテルサットは、IoT の特定の分野に特に力を入れているということはなく、IoT インフラに通信サービスを提供する。
- ・ ユーテルサットは、SmartLNB⁴⁸ という IoT 向けの通信サービスを提供している。
- ・ ユーテルサットは、ViaSat の技術を利用して、航空機向けのサービスを提供している。複数の航空企業、例えば、ELAL、SAS、Finnair などが利用している。2017 年から、Ka バンドの HTS 衛星 (EUTELSAT 172B)⁴⁹を利用して、アジアと米国間の旅客機に通信サービスを提供する。
- ・ Ka バンドは雨に弱いというが、それは使い方によるのであって、地域ごとに Ku バンドと使い分ける。

⁴⁸ http://www.eutelsat.com/files/contributed/news/media_library/brochures/EUTELSAT_SMARTLNB_M2M.pdf

⁴⁹ <http://www.eutelsat.com/en/satellites/future-satellites/EUTELSAT-172B.html>

RSCC (ロシア衛星通信企業)

- RSCC の Express-AM6 は、C バンド、Ku バンド、Ka バンドを利用できる通信衛星である。Ka バンドは、欧州、中東、ロシアの一部地域をカバーし、ブロードバンドサービスに利用可能である。
- RSCC は航空向けサービスを提供していない。
- IoT 事業向け通信サービスについてはロシアで注目が集まっており、2016 年 10 月にモスクワで衛星通信と IoT に関するカンファレンスが開催される予定である。

まとめ

- 衛星通信事業者の Ka バンドの HTS 衛星への関心は高く、インマルサットの GX、ユーテルサットの Ka-sat のほか、SES も IBC2016 の直後に Ka バンドの HTS 衛星である SES-17 を発表している。
- 現在、多くの衛星通信事業者が、特に航空機向けと IoT 事業向けの通信サービスに力を入れている。
 - SES の SES-17 は、航空機向け通信サービスの提供を想定している。
 - インマルサットはドイツテレコムと提携し、陸上通信サービスと航空機向けの衛星通信サービスを融合させるトライアルを実施するとともに、IoT 向けの LPWA 技術の標準を提供する LORA アライアンスのメンバーであり、IoT 事業に力を入れている。
 - ユーテルサットは ViaSat と提携し、航空機向けの通信サービスを提供しており、さらに、2017 年からは、Ka バンドの HTS 衛星 (EUTELSAT 172B) を使って同サービスを提供する予定である。また、ユーテルサットは、シグフォックスと提携し、米国で IoT 網向けに通信サービスを提供している。

第二部 欧州における宇宙ベンチャー企業の動向

近年、宇宙通信技術の研究開発が進み、低軌道周回衛星（LEO）を利用した地球全域での高速通信サービスの実現可能性が高まっている。この新しい形態の宇宙事業は、従来のそれと異なり、主に民間投資の下に、最新の情報通信技術と融合し、経済的効果を狙う技術とアプリケーションの開発と商用化を目指しており、「ニュースペース」と言われている。特に、アメリカ企業を中心とする事業（ワンウェブ、スペース X、SkyBox、Spire、PlanetLabs など）が世界的にニュースペースを主導している。これらの事業には、アメリカ西海岸のベンチャーキャピタルと事業家が組むことが多く、現在までに 2300 億米ドルが投資されている⁵⁰。

さて、アメリカがニュースペース事業で世界をリードする中、欧州に巻き返しの動向が見られる。欧州では、ドイツのカスキロ（Kaskilo：旧 eightyLEO）が 2015 年以来、LEO 事業に着手しており、欧州産業に基盤を置く、LEO 事業の欧州ブランドの確立を目指している。また、スイスのスタートアップ企業であるエルス（ELSE）が、特に IoT 事業向けにアストロキャスト（Astro Cast）⁵¹という 64 機のナノ通信衛星を利用する LEO 事業を開始し、ロシアの Yaliny⁵²も LEO 事業により低価格の通信サービス（世界中のどこでも 1 か月 10 ドル）を提供することを目標としている。ところで、欧州では、アメリカとは異なり、ベンチャーキャピタルによる投資が多いわけではなく、ESA や EU、国内研究支援機関による研究助成がニュースペース分野においても重要である。ESA がスペースデータハイウェイプロジェクトにおいて、LEO や地球観測船、地球局間の光通信を利用するデータのリレー転送システムの開発を支援し、また EU のホライゾン 2020 は衛星通信を利用する自動運転技術の研究について積極的に助成している。

本報告書第二部では、欧州の動向として、特に、カスキロの事業動向、ESA が支援するスペースデータハイウェイプロジェクトの動向、EU のホライゾン 2020 で助成されて

⁵⁰ 参考：独宇宙事業コンサルティング企業 スペーステックパートナーの『ニュースペース』報告書 P.1.
<http://www.spacetecpartners.eu/article/spacetec-partners-brand-new-report-german-government>

⁵¹ <http://www.astrocast.net/#astrocast>

<http://www.satellitetoday.com/nextspace/2016/12/08/swiss-start-searches-funding-nanosat-constellation/>

⁵² <http://yaliny.com/about/>

いる衛星通信技術に基づく自動運転技術開発プロジェクトについて報告する。最後に、2016年10月末にドイツのミュンヘン市で開催されたエアテック 2016で行われたニュースペースのカンファレンスに参加し、作成したレポートを収録する。

第一章 ドイツ・カスキロ (I~~H~~eightyLEO)

ドイツ企業であるカスキロ (Kaskilo) は、2015年4月に創設され、世界電気通信連合 (ITU) に事業登録された宇宙通信事業のスタートアップ企業⁵³であり、LEO 事業を提案している。同社の最初の企業名称は eigthyLEO であったが、2016年秋にカスキロに変更した⁵⁴。LEO のメガコンステレーションによる衛星通信事業で、ワンウェブなどのアメリカ企業に対抗する欧州ブランドを創設する意図がある。同社は、ミュンヘン、ベルリン、フアドゥール (リヒテンシュタインの首都) に事業所を持つ。

カスキロは、LEO の運用による衛星通信を利用した産業向けアプリケーション、特に、IoT に焦点を置いており、エンドユーザに個人を想定しているワンウェブなどとは一線画する。このような事業方針は、ドイツ政府が主導する産業政策の「インダストリー4.0」と一致する⁵⁵。ターゲットとなる産業には、自動車、交通・ロジスティック、鉱業・建築、農業、機械・プラント工学などが含まれ、データの創出とビッグデータ分析も同様に行い、カスキロはビジネスを支援する。また、衛星通信ベースの IoT と従来の IoT の融合も目標となる。

カスキロの技術的概要

- ・ 288機の小型衛星の運用 (スペアの衛星も合わせて、全部で300機の衛星を製造)
- ・ 1機の重量は200キログラム
- ・ 衛星のコンステレーションは地上から約1100キロメートルの位置で生まれ、12の軌道を利用し、一つの軌道上を24機の衛星が周回する。
- ・ 衛星間の通信には光通信 (最大10Gbps)、地上と衛星間の通信には主に Ka バンドを利用する。

⁵³ <http://www.eightyleo.com>

⁵⁴ <http://www.kaskilo.space>

⁵⁵ 『インダストリー4.0』は、従来の ICT 技術の産業における利用を延長し、M2M やビッグデータなどの技術の活用を促進する。

- ・ 遅延は 100ms 以下になる予定である（多くの場合）。
- ・ 各衛星には、IoT 受信機と直接通信する Ka バンド端末が装備される。また、カスキロの衛星は車両や船舶などに設置される移動端末とも通信が可能である。
- ・ 非常に小型で衛星と直接通信できない IoT 端末とは、地上ゲートウェイを利用して通信する。
- ・ 2022 年から主要な衛星の運用を開始し、2024 年から全衛星が運用される予定である。

第二章 欧州宇宙機関と欧州連合の最新研究開発プロジェクトの事例

欧州では、欧州宇宙機関（ESA）と欧州連合（EU）が積極的に宇宙通信技術の研究開発助成を行っており、欧州の研究開発の大きな特徴である。アメリカとは異なり、ベンチャーキャピタルによる民間投資が少ない欧州では、最新の宇宙通信システムやアプリケーションの開発には公的資金の援助は非常に重要である。以下に、ESA が助成するスペースデータハイウェイプロジェクトと、EU のホライゾン 2020 が助成する自動運転技術開発プロジェクトの概要について記す。

第一節 欧州宇宙機関とエアバス D&S のスペースデータハイウェイプロジェクト

スペースデータハイウェイ⁵⁶は、ESA と欧州企業エアバス D&S の官民パートナーシップ（PPP）による研究プロジェクトであり、データのリレーシステム、「欧州データリレーシステム（EDRS）」の開発を目的とする⁵⁷。また、同プロジェクトはさらに「グローブネット」という名称でさらに延長される見込みである。

スペースデータハイウェイプロジェクトの概要

スペースデータハイウェイプロジェクトでは、低軌道衛星（LEO）や地球観測船、地球局とリアルタイムに近いデータリレー転送システムを開発する。

⁵⁶ <http://www.edrs-spacedatahighway.com>

⁵⁷ 両組織のほか、同プロジェクトへは欧州委員会のコペルニクスプログラム（欧州の地球観測研究プログラム）、Tesat（エアバスディフェンス・スペースの系列企業）が参加する。

主な技術ポイント

- ・ EDRS 衛星は静止衛星と同程度の距離地球から離れており、地上局とは、双方向でデータ伝送を行う。
- ・ EDRS 衛星と LEO 衛星あるいは宇宙基地や宇宙船の間は、光もしくは Ka バンドを利用して通信する。
- ・ 光通信の端末は、軌道上にある独 TerraSAR-X 衛星と米 NFIRE 衛星のあいだですでに試験された。同試験では、5000 キロメートルの距離で、最大 5.5Gbps の伝送速度でデータ伝送が可能だった。

利用用途

スペースデータハイウェイが提供する通信サービスは、以下の用途のため活用されることが見込まれている。

- ・ 自然災害やテロなどの緊急事態への対応
- ・ 海洋監視
- ・ 宇宙船などを利用した諜報、監視、認知
- ・ 天候予測
- ・ 地球観測

プロジェクト参加組織

エアバス D&S が ESA と共に資金提供し、プロジェクトを進行して、システムのインフラストラクチャを構築、所有、運用し、データ伝送サービスを提供する (エアバス D&S は、通信衛星や衛星通信機器を製造するだけでなく、主にインテリジェンスサービスや地球観測サービスなどの提供を目的とした衛星通信事業も行っている)。光通信の端末は、エアバス D&S の完全子会社である TESAT が製造した。また、ドイツ宇宙機関 (DLR) がエアバス D&S と契約し、地上インフラストラクチャの大部分を設計し、設置して、運用する。

光通信技術については、エアバス D&S は現在提携パートナーを探している最中で、

2017年には決定し、公表予定である⁵⁸。

プロジェクトのロードマップ

すでに、2016年1月、データリレーシステムのノードとなるEDRS-Aは、ユーテルサットのEutelsat 9B衛星に装備され、打ち上げられている。EDRS-Cは2017年に打ち上げ予定である。これらのEDRS衛星は、2機で欧州、アフリカ、大西洋地域をカバーする。スペースデータハイウェイは、欧州委員会のコペルニクスイニシアチブ（欧州の地球観測プログラム）の観測衛星にデータリレー伝送サービスを提供する予定である。

グローブネットプロジェクト

EDRS衛星2機の打ち上げは、スペースデータハイウェイプロジェクトの第一段階でしかなく、ESAとエアバスD&Sは、同プロジェクトを「グローブネット」という名称で延長していく予定である⁵⁹。グローブネットでは、EDRS衛星のユーザーサイドを開拓することが目的となる。つまり、スペースデータハイウェイプロジェクトで製造した光通信端末をユーザの衛星において採用させていくことが目指される。また、グローブネットでは、2020年に3機目のEDRS衛星を打ち上げる予定であり、これにより、データの伝送速度が増大するとともに、データ暗号等の新しい要素が追加され、また、世界をカバーする。

第二節 ホライゾン2020における自動運転の研究プロジェクト - InLane プロジェクトと InDrive プロジェクト

ホライゾン2020では、宇宙部門において、欧州静止衛星航法システム（EGNOS）やGALILEO（欧州の全地球航法システム）のような欧州地球航法衛星システム（EGNSS）を利用する自動運転技術の開発を支援している。以下に、代表的な2つのプロジェクトの概要について記す。

⁵⁸ スペースデータハイウェイプロジェクトに関しては、エアバスD&Sで同プロジェクトの責任者であるJoerg Herrmann氏に、電話で今後の動向などを伺った。

⁵⁹ http://m.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/EDRS/GlobeNet

InLane プロジェクトの概要

InLane プロジェクトでは、最新のレーンナビゲーション技術と自動運転向けのダイナミック地図の開発している⁶⁰。

略称	InLane
正式名称	精度の高いレーンレベルナビゲーションと強化された自動マップジェネレーション向けの低コスト GNSS とコンピュータービジョン
研究期間	2016年1月-2018年6月 (30 か月)
予算 (EU 拠出金)	328 万 1028 ユーロ (264 万 2935 ユーロ)
コーディネーター	Vicomtech-IK4 (スペイン)
参加組織	ERTICO (ベルギー)、ホンダ研究院 (ドイツ)、インテル (ドイツ)、テレコンサルト (オーストリア)、トムトム (オランダ)、アイントフォーヘン工科大学 (オランダ)、オートモビルクラブ・アシステンシア (スペイン)、バルセロナ市情報研究院 (スペイン)

InDrive プロジェクトの概要

InDrive プロジェクトでは、衛星通信を使う商用化に近い半自動運転技術の開発している⁶¹。同プロジェクトでは、特に、先端運転者補助システム (ADAS) とインテリジェント交通システム (ITS) の分野のアプリケーションを開発する。

略称	InDrive
正式名称	運転の統合アプリケーション向けの自動車 EGSS 受信機
研究期間	2016年1月-2017年12月 (24 か月)
予算 (EU 拠出金)	292 万 1125 ユーロ (243 万 5312 ユーロ)
コーディネーター	マリオ・ボエッラ高等研究院 (イタリア)
参加組織	BASELABS (独)、フィアット研究センター (伊)、FACIT リサー

⁶⁰ <http://inlane.eu>

⁶¹ <http://indrive.tu-chemnitz.de/index.php/about/>

	チ (独) 、INFOTECH BILISIM (トルコ) 、マニエッティ・マレ リ (伊) 、ケムニッツ工科大学 (独)
--	------------------------------------------------------------------

さらに、現在、ホライゾン 2020 の宇宙部門の 2017 年度作業プログラムでは、欧州地球航法衛星システム (EGNSS) に基づく交通アプリケーションの研究プロジェクトを公募している⁶²。

- H2020-GALILEO-GSA-2017 / トピック名: EGNSS 交通アプリケーション / 公募期間: 2016 年 11 月～2017 年 3 月

同公募では、EGNSS の交通分野での利用を促進するため、航空、道路 (自動運転技術も含む)、海洋、鉄道の衛星交通アプリケーションの開発を支援している。

第三章 エアテック 2016 における欧州宇宙ベンチャー事業動向調査レポート

エアテック 2016 (Airtech 2016) は、毎年 10 月にドイツのミュンヘン市で開催される航空宇宙部門の技術・製品の国際見本市である。ミュンヘン市が属するバイエルン州には、エアバスグループ傘下のエアバス D&S などの企業が多数集まり、欧州の航空宇宙産業の中心地と言われている。同見本市では、技術及び製品の展示と並行して、カンファレンスが実施され、そのテーマの一つが「ニュースペース (New Space)」であった。ニュースペースとは、従来の宇宙事業 (オールドスペース) とは異なる新たな形態の宇宙事業を意味する。論者によって定義が若干異なるものの、おおよそ、ニュースペースとは、従来の衛星通信事業を含む宇宙事業が主に公的支援の下に展開されてきたのと比べて、技術の成熟に伴い、ビジネスの機運が高まったことを受けて、主に民間企業の投資の下に、経済的効果を狙った技術とアプリケーションの開発と商用化に力を入れる宇宙事業を指す。

以下に、エアテック 2016 のニュースペース部門のカンファレンスに参加した際のレポートを収録する。

- ・ 場所: ドイツ・ミュンヘン

⁶² <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/galileo-1-2017.html>

- ・ 視察期間：2016年10月25日（火）～27日（木）

カンファレンスの概要

エアテック 2016 のカンファレンスでは、ニュースペースについて包括的な議論がなされた。ドイツ航空宇宙センター（DLR）、ドイツの研究機関（ヴュルブルク大学、フラウンホーファーなど）、航空・宇宙部門の大手製造業者・システムインテグレータ（エアバス DS、OHB など）、衛星通信向け光通信端末製造業者（Via Laser Communication、Teosat）、LEO 事業ベンチャー事業者（カスキロ：旧 eithyLEO）、LEO 関連研究開発ベンチャー企業（ベルリンスペーステクノロジーズ）、宇宙事業専門のコンサルティング企業などとともに、欧州宇宙機関（ESA）、国際電気通信連合（ITU）、衛星通信事業の規制法に詳しい法律家も集まり、それぞれの観点から、ニュースペースの現状を分析し、将来的な展望を示した。カンファレンスがドイツで行われたこともあり、ドイツの組織のスピーカーが多かった。

カンファレンス全体の印象

カンファレンス全体において最も印象的だったことは、光通信など、個々の宇宙・衛星通信の要素技術の開発だけでなく、衛星の大量生産システムと衛星打ち上げシステムの問題について述べるスピーカーが多かったことである。これは、多数の小型衛星を運用する新しい衛星通信事業の実現には費用削減が火急の課題であるからである。2000年代初めに、幾つかの組織がLEO事業に着手し、そして挫折に終わっているが、その原因の一つは事業に莫大な費用がかかることであった。現在は、衛星製造技術と打ち上げ技術が進歩し、大幅な費用削減が可能になり、LEO事業は実現可能であると考えられており、例えば、エアバスがワンウェブプロジェクトで低価格の小型衛星の大量生産に挑んでいる。また、カンファレンスでは、ITU、そして、幾つかの国では、ニュースペース向けの法整備がすでに検討されていることが示され、新しい形態の宇宙事業に対応した法規制を整備することが重要な課題となっていることが分かった。来年度のカンファレンスでは、宇宙事業関連の政策立案者がスピーカーとして招かれる予定である。さらに、今後、ニュースペースにとって、宇宙ゴミの問題が深刻化する可能性があることも指摘

するスピーカーも多く、どのような対応が取られるべきか検討されていくことになると考えられる。

欧州固有の動きとしては、ドイツ企業であるカスキロ（旧 eightyLEO⁶³）が小型衛星のメガコンステレーションプロジェクトを実施していることに注目が集まっている。カスキロは、欧州産業を基盤としており、LEO 事業の欧州ブランドを確立することを目標としている。カスキロは特に産業 IoT 向けに衛星通信を提供することを事業目標として挙げており、これは、ワンウェブがインターネットに接続できない世界中の人々にブロードバンド通信サービスを提供することを第一の目的としているのとは異なる。なお、このカスキロの方針は、ドイツ政府の『インダストリー4.0』という IoT の利活用を中心においた産業政策と合致するものである。カスキロのほか、ベルリンスペーステクノロジーズというベルリン工科大学のスピンオフ企業が積極的に LEO 事業に関わっていることから、ドイツ産業のニューススペースへの関心の高さが感じられた。最後に、ニューススペースは民間投資が主な資金源であると言われているものの、ドイツ宇宙航空センターと欧州宇宙機関は、スタートアップ企業やニューススペースに特徴的なメガコンステレーションプロジェクトにも積極的に助成を行っている。

カンファレンスのプレゼンテーションの概要

以下に、カンファレンスにおける発表をスピーカーごとに要約して記す。

大きな挑戦のための宇宙研究：ニューススペースは新しい研究か？ — ドイツ航空宇宙センター、
ハンスヨルグ・ディッチュ (Hansjörg Dittus) 氏

- ・ 宇宙技術は社会的な課題を解決するソリューションを与えることができる。
- ・ 今後 10 年間の宇宙技術研究開発の目標は、1) 地球観測と天候観測、2) 通信とナビゲーションシステム、3) 再利用可能な発射システムである。
- ・ 地球観測：現在、産業などの人間の行為によって、自然条件が変化し、空気中の二酸化炭素が増加し、気温が上昇している。衛星によって、宇宙から二酸化炭素増加を観測できる。これは気候に関する世界的な協約の履行を監視することにもつながる。実際、都市の大型化が進んでおり、大都市が増加し、その周りで二酸化炭素の増大していることが衛星によって観測されている。

⁶³ eightyLEO は、2016 年秋に名称をカスキロに変更した。

- その他の観測：衛星観測によって、避難地の状態を監視することができる。例えば、現在、移民問題に対応するために、EU はギリシアのレスボス島にホットスポット（緊急避難地）を設置しているが、衛星はその状態を観測できる。
- 衛星観測によりデータを収集した後、データを評価する必要がある。そのため、観測を続けながら、データをアーカイブし、すぐにアクセスできる状態にしなければならない。
- 地球観測のため、ドイツ航空宇宙センターは、Tandem-L という衛星（L バンドを利用）を開発している⁶⁴。
- 通信とナビゲーション：EU はガリレオ（EU による全地球航法衛星システム）を持つが、それを改善する必要がある。特に、新しい衛星通信技術としては、通信速度を高めるため光通信技術が重要である。レーザレンジングとともに、複数の衛星間、衛星と地上間など、多くの異なるシステムの光通信が必要である。DLR は、光通信システムの研究開発を実施している⁶⁵。
- 再利用可能な発射システム（Reusable launch system : RLS）：RLS の開発は、打ち上げ費用を削減する必要があるニュースペースにとって、非常に重要な課題である（小型衛星を多数打ち上げる必要があるため）。このため、システムと素材の研究を行い、新しいコンセプト、そして新しいエンジンが必要である。
- DLR は、フランス国立宇宙研究センター（CNES）や日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA）と一緒に、次世代の RLS の研究に取り組んでいる。

技術が合流する時 — フラウンフォーハー・スペースアラアンス、ミカエル・ロースター (Michael Lauster) 氏

- フラウンフォーハー・スペースアラアンス⁶⁶は、宇宙関連の研究を行うフラウンフォーハー研究所を提携させて、宇宙技術産業部門の応用研究を実施している。
- ニュースペースとは何か検討するために、宇宙研究の歴史をたどる。
- 19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて、宇宙研究は純粋に数学と物理学の領域であり、1929 年のフリッツ・ラングの映画『月世界の女』で初めて、宇宙と経済の関係が示された。
- ドイツでは、1935 年から宇宙研究に多額の公的資金が軍事科学研究の目的で投入された。
- 1990 年代から、GPS などの宇宙技術の経済目的の利用が増加する。
- 2000 年代初頭から、新しい形態の宇宙事業、ニュースペースが始まる。スペース X

⁶⁴ http://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-8113/14171_read-35837/

⁶⁵ http://www.dlr.de/kn/en/desktopdefault.aspx/tabid-8112/13915_read-35337/

http://www.dlr.de/kn/en/desktopdefault.aspx/tabid-8111/13913_read-35335/

⁶⁶

<https://www.fraunhofer.de/en/institutes/institutes-and-research-establishments-in-germany/fraunhofer-alliances/space.html>

(200年設立) やヴァージン・ギャラクティック (2004年設立) が設立され、公的資金よりもむしろ、主に民間の投資で、ロケット、発射システムと宇宙船を開発し、商用化している。

- ・ ニュースペースは、経済面では、新しいビジネス機会を与え、技術面では、地球上の既存のサービスが不十分である時に新たなソリューションを供給できる。

ドイツの新しい宇宙イニシアチブ — ドイツ航空宇宙センター, ゲール・グループ(Gerd Gruppe)

氏

- ・ ニュースペースでは、経済が原動力であり、技術開発そのものが重要なわけではない。これは、従来の宇宙研究とは大きく異なる。アメリカ人の助言によれば、ニュースペースのスタートアップ企業に必要なものは、第一に、ビジネスケースの開発であり、ついで、それを実現する技術の開発である。
- ・ スペース X のイーロン・マスク氏は、火星に行くことだけを目的としているので、彼はニュースペースと言われる新しい形態の宇宙事業(ニュースペースは経済的効果を最重要視するので) を行っているとは言えないかもしれない。
- ・ ニュースペースに対する公的資金の助成を軽くみてはいけない。スペース X は、ニュースペース企業と言われているものの、アメリカ航空宇宙局 (NASA) から公的資金を受けている。だが、多くの企業は公的資金を持たない。
- ・ ドイツ航空宇宙センターの役割は、宇宙航空部門の研究開発とともに、ドイツ連邦経済エネルギー省の宇宙航空産業政策を実施することである。同役割は、ドイツ航空宇宙センターの内部組織である宇宙局 (Space administration) が担う。
- ・ 宇宙部門の研究開発支援は、ニュースペースのすべての段階、基礎研究から打ち上げまでの全段階をサポートしなければならない。
- ・ ドイツ航空宇宙センターは、二つの宇宙研究開発を支援するプログラム (宇宙コンポーネントイニシアチブとイノ・スペース) を実施している⁶⁷。両プログラムは、特に中小企業を支援し、世界的に競争力のある宇宙技術製品を作らせることを目標としている。
- ・ 宇宙コンポーネントイニシアチブ (Komponente Initiative)⁶⁸の目標は、ドイツ製の宇宙技術の利用を促進すること、市場指向の部品の開発に助成すること、国内外の商業活動を振興すること、製造業者とサービスプロバイダの緊密な提携を調整することである。同イニシアチブに、日本とイスラエルの企業が関心を持っている。
- ・ イノ・スペース (Inno Space) の目標は⁶⁹、ニュースペース経済におけるイノベーションを促進し、挑戦をサポートすること、他部門との知識・技術移転を促進すること、開発された技術を利用し、商用化することを簡便化すること、宇宙技術が社

⁶⁷ ゲール・グループ氏は、2016年6月に日本を訪問し、二つのイニシアチブを紹介している。

http://www.keidanren.or.jp/journal/times/2016/0707_02.html

⁶⁸ <http://komponenteninitiative.dlr.de>

⁶⁹ <http://www.dlr-innospace.de/startseite/>

会、経済、環境にとって重要であることを周知することである。

- ・ イノ・スペースは、イノ・スペースマスターというコンクール⁷⁰を、「サテライト 4.0. 次世代スペースのための新しいアイデア」というテーマで、企業、スタートアップ企業、大学、研究機関などを対象に2015年9月から2016年1月まで開催した。同コンクールでは、通信衛星製造におけるプロセス、部品、サブシステムの最適化、あるいはニュースペース経済の利益となるプロジェクトを募集し、賞を与えている。第二回イノ・スペースマスターが、2016年10月から2017年2月まで開催される予定である⁷¹。
- ・ イノ・スペースの発想は、ニュースペースのイノベーションは、宇宙航空部門と他の部門の交流から生まれるという認識に基づく。

ニュースペース：地球観測のプレイヤー：期待、実情、展望 — フランス国立宇宙研究センター (CNES) , シルヴァン・ロカジェル (Sylvain Rocagel) 氏

- ・ ニュースペースは新しいものと思われているが、10年以上前から存在した。だが、当時は実現可能性が疑われていた。しかし、現在は、技術の成熟に伴い、夢ではなくなってきた。
- ・ ニュースペースでは、経済をLEO事業で発展させることが目指されており、そのため、通信衛星製造の費用削減と大量生産能力が問題となっている。
- ・ フランス国立宇宙センターは、2006年から2016年までの世界の地球観測プロジェクトについて調査を実施した。全プロジェクト数は33で、半分以上が北米（アメリカ：17プロジェクト、カナダ：3プロジェクト）であった。残りは、ロシア（2プロジェクト）、中国（2プロジェクト）、インド（2プロジェクト）、英国（2プロジェクト）、フランス（3プロジェクト）、フィンランド（1プロジェクト）、日本（1プロジェクト）である。このうち、9プロジェクトの衛星が軌道上にあるが、どのプロジェクトの衛星も完全には運用されているわけではない。
- ・ 小型衛星の製造には、他の産業部門で利用されている製造プロセスを取り入れる必要がある。
- ・ フランスでは、2016年6月に、トゥールーズスペースショーで「クラブ・ナノ」というナノ衛星（1～50キログラム）の開発に関わるエコシステムを振興する組織を立ち上げている⁷²。この組織には、フランス国内の産業、研究機関、CNESが参加する。

⁷⁰ <http://www.innospace-masters.de/competition/?lang=en>

⁷¹ <http://www.innospace-masters.de/?lang=en>

⁷²

http://www.c-s.fr/CS-participe-au-Toulouse-Space-Show-et-intervient-dans-le-cadre-du-lancement-du-Club-Nano_a736.html

数室, チミル・カドリョフ (Timur Kadyrov) 氏

- ・ 通信衛星には、低軌道周回衛星 (LEO)、中軌道周回衛星 (MEO)、静止衛星 (GEO)、楕円軌道衛など、様々な種類がある。
- ・ 現在、GEO は、700 以上の衛星が軌道上にあり、300 以上の衛星が商用向けの衛星である。
- ・ LEO や MEO という非静止衛星の長所は、より小さいブースターの方で足りること、遅延が低いこと、高緯度でサービスを提供する際に安定性が高いこと、衛星の製造と打ち上げの費用が低いことである。非静止衛星の短所は、衛星システムと地上局のシステムが高価であること、通信衛星の寿命が短いことである。
- ・ 非静止衛星のプロジェクトは、1990 年、2000 年代に民間企業がプロジェクトを開始した (OrbiComm、Teledesic、Skybridge、Iridium、Globalstar)。また同時期に、民間の衛星打ち上げ企業が登場した (スペース X など)。だが、非静止衛星プロジェクトの結果は芳しいものではなく、企業はプロジェクトを放棄し、Iridium は破産した。また、非静止衛星による電波干渉を懸念する静止衛星運用事業者のために、新しい規制法が制定された。
- ・ 現在、非静止衛星は宇宙科学、ナビゲーション、移動通信への利用が考えられている。
- ・ O3B の MEO は、世界で初めて、非静止衛星によるブロードバンドサービスを提供した。O3B の MEO 衛星は赤道を地上 8065 キロメートルの地点で周回する。現在、12 機が運用されているが、2017 年から 2018 年にかけて、さらに 8 機が打ち上げられる予定である。
- ・ ワンウェブは、地上から 1200 キロメートルの地点を円軌道で、648 機が 18 の軌道上を周回する。ワンウェブの計画では、2020 年に、すべての衛星が展開される予定である。
- ・ スペース X の LEO 計画では、異なる高度で、4000 機の小型衛星が周回する。
- ・ 1990 年代及び 2000 年代の非静止衛星事業プロジェクトと比べて、新しい非静止衛星事業の特徴は、情報通信技術分野の民間企業が投資する用意ができていて、市場への新規参入によって衛星打ち上げ費用が下がったこと (スペース X やヴァージン・ギャラクティックなど)、プロジェクトの数が増え、競争が増大したこと、既存の衛星通信事業者のサポートがあることである。また、現在、非静止衛星事業の市場関心は、世界ではまだ多くの人々がブロードバンド接続サービスを楽しんでいないこと、ビッグデータはより多くのデータを必要とすることにある。また、新しいアプリケーションとしては無人航空機と IoT が考えられている。

LEO プロジェクトの費用の違い

	1990年代のプロジェクト (例：Teledesic)	現在のプロジェクト(例：ワンウェブ)
LEO 衛星 1 機の製造コスト	2000 万-3500 万米ドル	50 万ドル
プロジェクト全体のコスト	90 億米ドル	15 億～20 億米ドル

- ・ 新しい非静止衛星の技術的特徴は、小型・ナノ衛星の利用、大量生産による費用削減、衛星端末の小型化及び低価格化、Ka バンドを利用する通信アプリケーション、光通信や電化推進などの新しい技術の利用である。
- ・ 非静止衛星事業のプロジェクトには様々な制約がある：国内及び国際的規制、宇宙空間利用の責任、宇宙ゴミ、衝突回避、脱軌道、既存の静止衛星を保護する必要性など。また、複数の非静止衛星事業の共存は困難であることが証明される可能性がある。
- ・ 国際連合の一機関である ITU は、陸上通信だけでなく、静止衛星とその他の衛星を利用する通信サービスも規制する。
- ・ ITU 憲法の第 45 条では、他の国の電波利用サービスに有害な干渉を引き起こさないように、各国が責任を持つとされている。
- ・ 衛星通信事業を行うには、各国の主官庁が事業を認可するとともに、事業者が ITU へ周波数の割り当てを通知し、国際周波数登録原簿 (MIFR) に登録する必要がある⁷³。
- ・ ITU の無線通信規則の 22.2 で、非静止衛星は、静止衛星と電波干渉を起こしてはならないと定められており、静止衛星は保護されている⁷⁴。
- ・ ITU では、現在様々なメガコンステレーションの形態を研究している。
- ・ 多数の小型衛星を運用するメガコンステレーションにとって、宇宙ゴミは深刻な問題の一つである。
- ・ 2016 年 12 月に、ITU で世界無線通信セミナー (WRS-16)⁷⁵が開催されるが、小型衛星を利用する通信サービスの規制もテーマの一つである。

ニューススペースの法的側面 — BHO 法律事務所, インゴ・ボウマン (Ingo Baumann) 氏

- ・ 各国内の宇宙事業に係る法規制は、国連の宇宙条約をニューススペース事業者に守ら

⁷³ 国際周波数調整の手続きについては、以下の総務省のウェブサイトを参考のこと。

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/process/freqint/>

⁷⁴ http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF

⁷⁵ 世界無線通信セミナーは、世界無線通信会議 (WRC) とは別のイベントである。

<http://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/wrs/2016/Pages/default.aspx>

せる手段である。

- 各国内の宇宙事業に係る法規制は、1) 宇宙商業事業の認可と連続的な監督、2) 商業向け衛星運用事業者への国家の償還請求、3) 宇宙空間内の物体の国内及び ITU への登録を一般枠組とする。
- ニュースペースは、この法的一般枠組に変更を求めない。だが、欧州委員会の調査は二つの問題を指摘している：1) 小型衛星事業の責任の最高限度、2) 宇宙ゴミのより効率的な管理義務（既存の国際規則とガイドラインは、伝統的な宇宙事業のために起草されている）。
- 幾つかの国はすでに、ニュースペース向けに法整備を進めている。
- アメリカの事例：商業向け宇宙事業に対する包括的な法は存在せず、様々な法と認可手続きがあるだけである。連邦航空宇宙局（打ち上げと再突入を規制）、連邦通信委員会（宇宙における周波数利用を規制）、アメリカ海洋大気局（地球観測を規制）が規制を分担しているが、部分的に重なっている。また、惑星探掘のような幾つかのニュースペース事業には認可手続きが存在しない。
- 2015 年 11 月以来、アメリカ商業宇宙打ち上げ競争法（2015 年宇宙法）が発効しており、現行法の見直しを主導するとともに、幾つかの規制を延長し、新しい規則を定めている（ニュースペースに関する免許付与手続きの整備の検討、打ち上げと再突入に関する既存の責任最高限度と政府保証を 2025 年まで延長など）
- 科学技術政策局が 2014 年 4 月に発表したレポートでは、ニュースペースプロジェクト向けの認可と監督アプローチを報告している。同レポートは、ニュースペースプロジェクトは既存の免許枠組みが明瞭に対応していないこと、また、米宇宙産業は明瞭な監督プロセスによって補強されることを強調している。
- 例えば、スペースフライト社がシェルパという 90 機の小型衛星の打ち上げを計画したが、商業向け小型衛星運用事業者のオープンコムが、このミッションでは衛星がオンボード推進を持たないので、衛星間が衝突すること、あるいは軌道上での破片が生まれる可能性が高いとし、連邦航空宇宙局は認可すべきではないとした。現在、関係者で協議中であるが、この事例は操作不可能な小型衛星によって起こされる衝突リスクに、法的に対応する必要性を示している。
- アメリカに加えて、他の多くの国でもニュースペース事業のために法規制を改正している。2013 年にベルギー、2015 年にオランダが小型衛星事業の認可と監督のために国内宇宙法を改正している。英国とオーストラリアは現在、小型衛星向けの免許制度アプローチについて検討している。その他、オーストラリア（2011 年）とデンマーク（2016 年）が小型衛星事業に対応する国内宇宙法を採用している。
- ニュースペースは宇宙法だけでなく、他の産業部門、特に情報通信部門の技術を取り入れており、それと合わせて、同分野の規制法も考慮しなくてはならない。例えば、地球観測事業はビッグデータとクラウドコンピューティングを利用し、衛星ナビゲーションと衛星通信は自動運転のような新しいアプリケーションに使用され

る。例えば、地球観測データと他のデータの組み合わせはプライバシー保護の問題を引き起こす可能性がある。だが、宇宙産業は情報通信産業の法規制に精通していないことが多い。

- メガコンステレーションと小型衛星事業の増加は、ITUの周波数規制を複雑化する。また、衛星通信向けに利用されている周波数は、特に5G向けの周波数利用のために移動通信事業者から圧力を受けている。
- ニュースペースの事業展開のスピードは、それに対応する法政策の整備のスピードは異なる。ニュースペースについて、産業界は政策決定者との対話が必要である。

カスキロ衛星コンステレーション – カスキロ (旧 eightyLEO) , マチアス・スポット (Matthias Spott) 氏

- eightyLEOは、今回のカンファレンスで初めて技術的側面について公表をする。
- eightyLEOは、2015年4月に創設され、ITUに事業登録されている。
- eightyLEOは、2016年秋にカスキロ (カスキロ) という名称に変更した⁷⁶。アメリカ企業 (ワンウェブなど) に対抗する、LEO事業の欧州ブランドを創設する意図があった。
- カスキロは、ミュンヘン、ベルリン、フアドウール (リヒテンシュタインの首都) に事業所を持つ。
- カスキロは、欧州産業を基盤とする唯一のメガコンステレーション事業であり、特に産業向けのIoTに変革をもたらすことを目指している。IoT向けの端末は増加しており、2020年には500億、2025年には800億の端末が接続される見込みであり、カスキロのターゲットはこれらの大量の端末である。
- カスキロは衛星通信のグローバルネットワークだけでなく、データ管理、アプリケーションの提供も事業とする。
- カスキロがターゲットとしている分野は、特に自動車、インフラストラクチャ、航空、鉱業・建築・農業の分野である。将来的には、油田、ガス、電気通信などにも力を入れたい。
- カスキロは、衛星通信によるデータを利用する新しいビジネスアプリケーションを提供する予定であり、それには低遅延、IoTの利用、収集したデータ分析、データのセキュリティが重要である。
- eightyLEOでは80機の衛星を運用する予定であったが、カスキロでは288機の衛星 (1機の重量は200キログラム) を運用する予定である (スペアの衛星も合わせて、全部で300機の衛星を製造)。衛星のコンステレーションは地上から約1100キロメートルの位置で生まれ、12の軌道を利用し、一つの軌道上を24機の衛星が周回する。衛星間では光通信 (最大10Gbps) を利用し、地上と衛星間では主にKa

⁷⁶ <http://www.kaskilo.space>

バンドを利用する。多くの場合、遅延は 100ms 以下になる予定である。

- ・ 各衛星には、IoT 受信機と直接通信する Ka バンド端末が装備され、また、最新のアンテナ技術によって車両や船舶などに設置される移動端末とも通信が可能になる。非常に小型で衛星と直接通信できない IoT 端末とは、地上ゲートウェイを利用して通信する。
- ・ カスキロは、同社に固有の運用管制室を設置し、個々の衛星と衛星コンステレーション全体を監視し、管理する。
- ・ ロードマップ：2016 年 9 月から 2017 年 6 月までを A 期間、2017 年 6 月から 2018 年あるいは 2019 年までを B 期間とする。A 期間と B 期間では、デモミッションの設計・構築・開始、ユースケースを統合したビジネス展開、顧客に対応する事業部分の設計とアプリケーションの開発、周波数調整を行う。2022 年から主要な衛星の運用を開始し、2024 年から全衛星が運用される予定である。
- ・ カスキロは、公的資金よりも民間資金を得ている。ドイツの 3 企業から主な資金を調達している。
- ・ ニュースペース事業の成功のためには、4 つのファクターが重要である：ITU への事業登録、アプリケーション・ユースケース、光通信などの最先端技術の利用、戦略的なパートナーシップ。
- ・ 5G による通信は、都市部はいいとしても、世界全域をカバーできるわけではなく、コストもかかり、グローバルネットワークには衛星通信が必要である。

一週間以内に衛星通信を提供できるか？ — ベルリンスペーステクノロジー、トム・セゲール

(Tom Segert) 氏

- ・ ベルリンスペーステクノロジー⁷⁷は、ベルリン工科大学の小型衛星の開発グループからのスピンオフ企業であり、小型衛星向けのシステムソリューションと、小型衛星の運用と計画サービス、技術移転とトレーニングサービスを提供している。
- ・ ベルリンスペーステクノロジーは、2010 年に創設され、人員は 24 名（設立当時は 3 名）である。同社は、ベルリンに本拠地を持つ。
- ・ 開発製品は、小型衛星のサブシステム、ペイロード、地上局の機器などである⁷⁸。
- ・ 現在まで、Kent Ridge-1、Orbcomm、Urthecast、LAPAN-A1、LAPAN-A2、LAPAN ORARI に製品を提供している。
- ・ ベルリンスペーステクノロジーは、Kent Ridge-1 というシンガポール国立大学の小型衛星の製造に関わった。打ち上げ過程は困難であったが、2015 年 12 月に打ち上げ、2016 年 7 月から通常運用している。

⁷⁷ <https://www.berlin-space-tech.com>

⁷⁸ 同社のウェブサイトを参考のこと。

<https://www.berlin-space-tech.com/products/>

- ・ ニュースペース事業では、多数の小型衛星を短期間で生産することが問題の一つである。現在の衛星製造過程は、主に、設計、サブシステムの製造、アッセンブリ統合試験 (AIT) からなるが、これらのプロセスは6か月に縮小可能である。

ニュースペースの枠組み条件 — スペーステックパートナー, ノルベ・フリショフ (Norbet Frischauf) 氏

- ・ スペーステックパートナー⁷⁹は、宇宙事業部門のコンサルティング企業である。
- ・ ニュースペースは、伝統的な宇宙事業を超えて新しい商業領野を切り開いている。
- ・ ニュースペースの新しいアプリケーションは4つある：グローバルネットワーク・ブロードバンド・IoT、地理情報サービス、ビッグデータ、自動化システム。
- ・ ニュースペースはアプリケーション指向であり、また、他の産業から既存の製品を利用する。特に、ニュースペースでは、宇宙事業企業と情報通信企業が融合する。

ワンウェブ 衛星通信の再定義 — エアバス DS, ウルフガング・デュル (Wolfgang Dürr) 氏

- ・ ワンウェブの使命は、地球上のすべての人にブロードバンドアクセスを提供することであり、これは公共、国際的なイニシアチブと同一の方針である。
- ・ ワンウェブでは、衛星技術、衛星製造技術、打ち上げ計画の改革が求められている。
- ・ 衛星技術：ワンウェブの LEO コンステレーションは、地球全域カバーし、光通信並の通信速度を可能にする。ワンウェブは、音声通話とデータ通信の両方をカバーし、既存の通信事業者のネットワークに取って代わるのではなく、それを延長する。ワンウェブは全 648 機の衛星を運用する。衛星は、地上から 1200 キロメートルの位置を周回し、Ku バンドと Ka バンドを利用する。衛星 1 機の重量は、150 キログラム以下である。ワンウェブの遅延は、陸上とほぼ同じになる (50 ms 以下)。静止衛星は 700 ms、中軌道周回衛星は 130 ms である。
- ・ 衛星製造技術：ワンウェブプロジェクトでは、小型衛星を大量生産する必要がある、計画では1日に数機の衛星を製造しなければならず、大きな挑戦である。ワンウェブのモジュラーデザインは大量の生産を可能とする。
- ・ 衛星打ち上げ技術：打ち上げ技術が費用削減するために重要である。一回の発射で 30 機以上を打ち上げることが可能になり、コストを急激に低下させることが可能になった。打ち上げは、アリアンスペースのソユーズ (一回の発射に 32 機の衛星を打ち上げ) とヴァージン・ギャラクティック (一回の飛行で 2 機) を利用する。
- ・ ワンウェブのゲートウェイは、遠隔地においては太陽電池を利用する。
- ・ ワンウェブが特に重要視している目標は、遠隔地における学校の設立である。(ゲ

⁷⁹ スペーステックパートナーは、独連邦政府向けにニュースペースについて現状分析を行う報告書を発表している。

<http://www.spaceteccpartners.eu>

<http://www.spaceteccpartners.eu/article/spacetecc-partners-brand-new-report-german-government>

ートウェイを学校の屋根に設置する)

- ・ 提供するサービスは、航空サービス、列車向けサービス、コネクテッドカー、バックホール向け接続、農業、緊急事態・自然災害向けの接続サービスである。

スペースアプリケーション — 欧州宇宙機関 (ESA) , ピエラ・ディ・ヴィト (Piera di Vito) 氏

- ・ ESA は宇宙研究と技術開発を助成支援している。
- ・ ESA の ARTES (アルテス) プログラム⁸⁰は、衛星通信の技術開発を支援している。
- ・ ARTES の IAP⁸¹では、特に衛星通信のアプリケーションの開発支援を行っており、日常生活に宇宙技術を利用することを目標としている。
- ・ ESA が支援する現行のプロジェクトとしては、PLANET⁸²、ASCEND XYZ⁸³、DESIR 2⁸⁴などがあり、メガコンステレーション向けの支援も行う⁸⁵。

コンステレーションのための光通信 — Via Light Communication (VLC) , マルクス・クナペック (Markus Knapek) 氏

- ・ VLC⁸⁶は、衛星通信向けの光通信技術の開発を行っており、ミュンヘンに本拠地を持つ。
- ・ VLC は、衛星間、小型衛星と地上局の間、衛星と航空機の間、光通信技術を提供する。
- ・ 光通信を利用する理由としては、例えば、高速通信 (10Gbps)、低価格 (bit 毎に)、光通信は ITU の国際規制の対象ではないこと、通信が乱れにくいことが挙げられる。以上の理由から、光通信は、大規模な商業向け衛星通信システム、車、船舶、航空、IoT 向けの安全なネットワーク、地球すべての人にインターネットアクセスを提供することを可能にする。

宇宙産業への挑戦 — TESAT, エリッヒ・アウア (Erich Auer) 氏

- ・ TESAT⁸⁷は、光通信技術の開発に特化した開発企業である。
- ・ メガコンステレーションの要件は、プロジェクトの費用を下げることにある。特に、一回の打ち上げで複数の衛星を打ち上げ、また、衛星の重量 (打ち上げ費用の削減につながる) と衛星製造のコストを下げる必要がある

⁸⁰ http://m.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/ARTES/ARTES_programme_overview

⁸¹ <https://artes-apps.esa.int>

⁸² <https://artes-apps.esa.int/projects/planet2>

航空機に気象情報などを提供するとともに、気象機関に航空機が観測した気象情報を伝送する技術を開発する。

⁸³ <https://ascendxyz.com>

航空機に対する野鳥の接触によるリスクを軽減するための監視システムを開発する。

⁸⁴ ESA と EDA (欧州防衛機関) が提携して、国境などの地表観測技術の開発を支援する。

<https://artes.esa.int/funding/desire-2>

⁸⁵ <https://artes.esa.int/funding/artes-34-telecom-products-programme-megaconstellations-call-proposals>

⁸⁶ <http://www.vialight.de>

⁸⁷ <http://www.tesat.de/en/>

- ・ 他の産業から製造技術を取り入れ、衛星製造を自動化させていくことが重要である。また、衛星の製造には、3D プリント技術の利用が重要である。
- ・ 衛星通信の品質の要求は今後も変わらないが、費用削減、大量生産、製造のスピードアップが要求される。

OHB におけるニュースペース — **OHB, エグベルト・ヴァン・デル・ヴェーン (Egbert van der Veen) 氏**

- ・ OHB⁸⁸は、通信衛星のシステムインテグレータであり、ドイツのブレーメンとミュンヘンに 1000 名の人員、欧州全体では 2500 名の人員を持つ。
- ・ OHB は、欧州の衛星航海法システムであるガリレオ⁸⁹プロジェクトに参加している。競争入札の際には、OHB が提案した価格によって驚かしている。
- ・ OHB は、ESA の ASTROID IMPACT MISSION (AIM)⁹⁰に参加を申請しており、2016 年の ESA の会議で承認される予定である。同プロジェクトでは、3 年で、探査ミッションを計画する（設計とテスト）。
- ・ OHB は、ドイツ初の軍事向け衛星観測システムである SAR-Lupe⁹¹の製造に関わっている。
- ・ OHB は、全電化推進システムを備えた通信衛星 ELECTRA⁹²を製造している。
- ・ ニュースペースにおけるリスクとしては、宇宙ゴミ、メガコンステレーション内の衛星の衝突の可能性がある。

⁸⁸ <https://www.ohb-system.de/main-company.html>

⁸⁹ <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/galileo-european-global-satellite-based-navigation-system>

⁹⁰ http://m.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Asteroid_Impact_Mission/Asteroid_Impact_Mission2

⁹¹ <https://www.ohb-system.de/sar-lupe-english.html>

⁹² <https://www.ohb-system.de/electra-358.html>