

先端衛星システムの技術動向等に関する調査

調査結果概要報告資料

2020年5月21日

MRI 株式会社三菱総合研究所

目次

背景と目的	3
調査の流れ	4
調査結果サマリ	5
調査結果詳細	6
シーズ調査 調査概要	7
事業者アンケート調査からの示唆	8
重視すべきと考えられる主な技術（通信）	9
重視すべきと考えられる主な技術（測位）	10
重視すべきと考えられる主な技術（共通／その他）	11
ニーズ調査 調査概要	12
調査結果（通信）	13
調査結果（測位）	14
欧州ヒアリング調査	15
将来像検討 検討フロー	17
前提としてのデジタル化について	18
ニーズとシーズの関係整理	19
将来像コンセプト（1）ニーズ対応重視／通信	20
将来像コンセプト（2）ニーズ対応重視／通信	21
将来像コンセプト（3）ニーズ対応重視／測位	22
将来像コンセプト（4）シーズ育成重視／通信	23
将来像コンセプト（5）シーズ育成重視／通信・測位	24
まとめと今後の展望	26

背景と目的

次期技術試験衛星の開発を見据え、先端衛星システムの将来像についての検討を実施

政府は次期技術試験衛星の検討に向け、
**衛星技術の国際競争力強化のために今後必要となる技術分野を
2021年度までに整理予定**

本調査では、その検討に向けた基礎資料とすべく、
中長期的視点から先端衛星システムに関する調査検討を実施

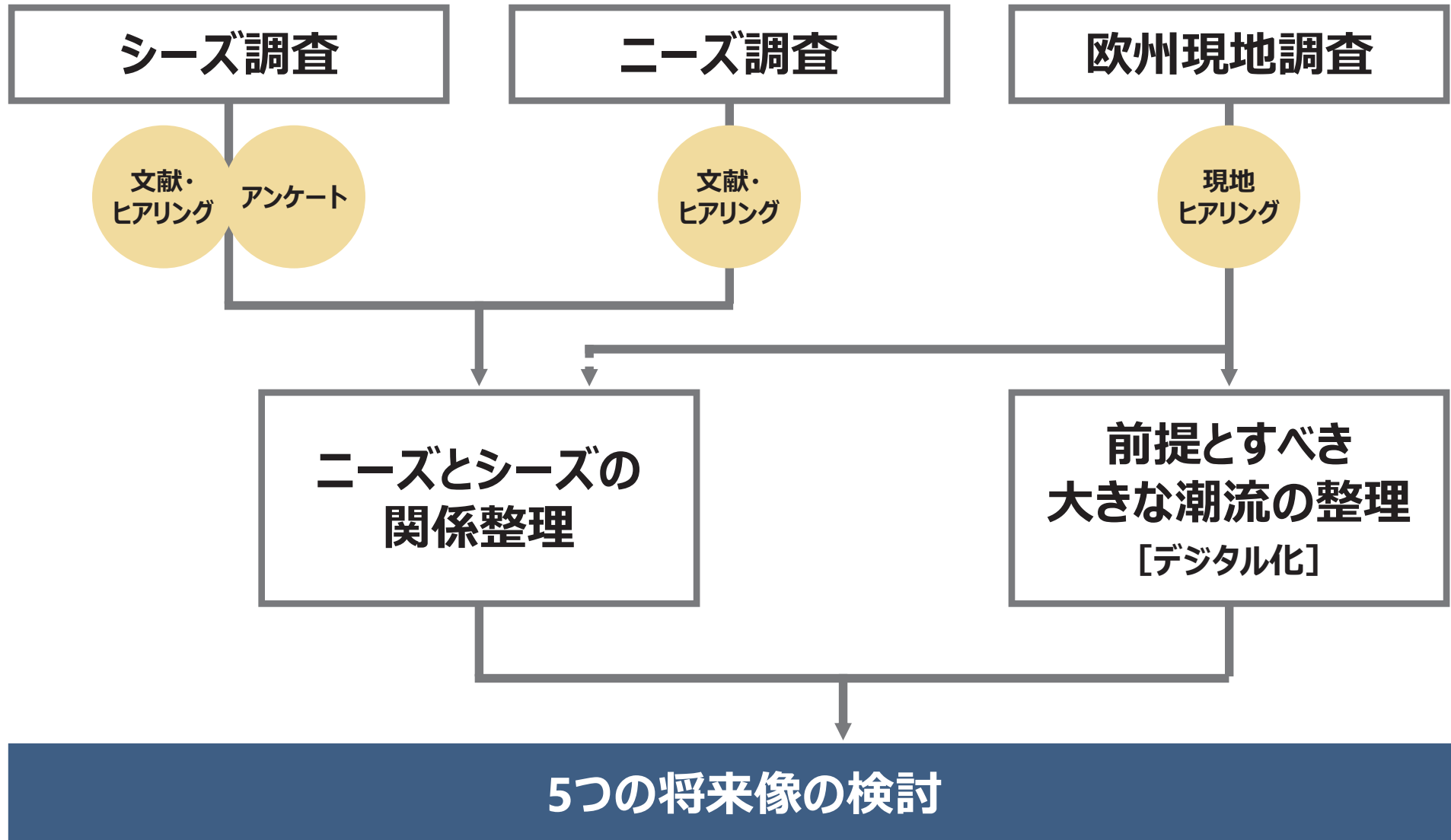
具体的には

- 通信分野、測位分野等における
先端衛星システムに関する国内外の技術動向調査（シーズ調査）
- 将来的な衛星利用の方向性に関する調査（ニーズ調査）
- 欧州関係機関へのヒアリング調査 等

シーズ調査とニーズ調査の結果を踏まえて、**先端衛星システムの将来像について検討**

調査の流れ

シーズ調査／ニーズ調査／欧州現地調査等を踏まえ、5つの将来像を検討



調査結果サマリ

5つの将来像（ニーズ対応重視 3案／シーズ育成重視 2案）の概要は以下の通り

カテゴリ	将来像コンセプト	概要
ニーズ対応重視	通信 1. 高速・大容量ニーズへの対応を目指した静止通信衛星	<ul style="list-style-type: none"> 大容量通信が可能となる高周波数帯（あるいは光）通信機器の実証 デジタル化の動向を踏まえ、周波数可変技術、カバレッジ可変技術、再構成技術等はプロジェクト時点の最先端の技術を適用 セキュリティを重視するユーザへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証
	通信 2. 低遅延ニーズへの対応を目指した非静止衛星	<ul style="list-style-type: none"> 衛星間ルーティング技術を実証 地上局のハンドオーバー技術や衛星間リンク技術等も併せて実証 セキュリティを重視するユーザへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証 量産化を可能とする衛星設計・製造のデジタル化も実施
	測位 3. 安定性（坑たん性）を求めるユーザに向けた衛星系のみでの測位を可能とする静止衛星	<ul style="list-style-type: none"> AUTONAV技術の実証 測位信号のデータサイズを極小化し、地上受信機での処理を高速化 ジャミング、スプーフィング対策として地上に監視センターを設置し安定性（信頼性）を確保 国産化を目指し、光格子時計の実証を行うことも考慮
シーズ育成重視	通信 4. 地上（含む海上）から上空、そして低軌道衛星や静止衛星までのシームレス通信網を目指した通信衛星システム	<ul style="list-style-type: none"> ポスト5Gとなる6G時代を見据え、宇宙空間も含めたシームレスな通信網を構築 バックホールや地上通信網がない洋上等の遠隔地へのスポット基地局の提供などを実証
	通信・測位 5. 月面における通信・測位のデファクト獲得を目指した衛星システム	<ul style="list-style-type: none"> 米国のLOPG（Lunar Orbital Platform-Gateway）計画やその後の月面での活動増加を見据え、月面上で通信や測位情報を利用可能とする衛星システムを構築 ロボット等による自動化も見込まれる月面上の活動を通信・測位情報により支援 他国へも月面上での通信および測位情報を提供することで月探査における国際的な日本の役割として位置付け 地球との通信は光通信で行い、長距離光通信技術の確立も志向

調査結果詳細

シーズ調査 / ニーズ調査 / 欧州ヒアリング調査 / 将来像検討

シーズ調査 | 調査概要

シーズ調査では、文献調査、国内ヒアリングおよび国内衛星メーカー2社へのアンケートを実施

調査目的

- 先端衛星システムに関する主な関連技術を抽出し、その概要や重要性等を整理

調査方法

- 文献調査、国内関連事業者・有識者ヒアリングおよび国内衛星事業者へのアンケートを実施
- 文献調査および国内ヒアリングでは、主に注目すべき技術の概要や重要性等について調査
- 国内衛星事業者アンケートでは、主に日欧米の関連技術レベル等について調査（比較）し、示唆を整理

調査対象

- 調査対象とした主な技術は以下の通り（文献調査にて抽出、ヒアリング・アンケートにて妥当性等を確認）

分類		技術		分類	技術
通信	バス	全電化 高精度温度制御 自律軌道制御		測位	アンサンブルクロック
	ミッション	周波数	高周波利用 光通信 周波数可変		原子時計、 光格子時計
		カバレッジ	エリア可変		高精度温度制御
		通信方法	同時多接続 MIMO（Multiple-Input and Multiple-Output） 小型衛星編隊飛行による疑似大開口アンテナ通信 高速衛星データ通信ネットワーク技術		AUTONAV機能の衛星搭載
		セキュリティ	量子暗号		地上での軌道時刻 推定精度向上
その他	量産化 軌道上再構成（デジタル化）		脆弱性対策技術		

シーズ調査 | 事業者アンケート調査結果の分析

アンケート調査（日欧米の技術レベル等の比較）より、
先端衛星システムの開発の方向性を以下の2つ（キャッチアップ型・強み育成型）に整理

① キャッチアップ型

- 今後の市場競争力の獲得や国としての衛星開発技術確保の観点から重要度が高いと考えられる、欧米において先行しているような関連技術の開発を推進。
- アンケート調査の結果から、対象と考えられる技術は以下。
 - ↳ **通信関連** | 軌道上再構成（デジタル化）、高速衛星通信ネットワーク技術、量産化

② 強み育成型

- 将来的な日本の強みとすることを見据えて、現時点で欧米と同等のレベル、もしくはレベル評価について意見が分かれるような技術に関して開発を推進。
- アンケート調査の結果から、対象と考えられる技術は以下。
 - ↳ **通信関連** | 量子暗号、MIMO
 - ↳ **測位関連** | 高精度時計（原子時計、光格子時計）、高精度温度制御

シーズ調査 | 重視すべきと考えられる主な技術（通信）

国内ヒアリングにおいて、重視すべきと挙げられた技術（通信関連）

分類	技術	概要	方向性との関係
通信	光通信および サイトダイバーシティ	<ul style="list-style-type: none"> 光ファイダリンクは来る大容量通信時代において重要。ただし、サイトダイバーシティの大規模な整備がないと実用に耐えない。 SpaceXやOneWebが衛星を次々と打ち上げており、使える周波数がなくなる。高い周波数に逃げる手もあるが、光通信は周波数逼迫を解決する重要な技術である。 	—
	高周波数帯利用	<ul style="list-style-type: none"> 周波数可変（およびエリア可変）は、昨今の市場ニーズへの対応に際し非常に重要な技術。従来のように数年間も同じビームを買い続けてくれるような顧客はもはや存在しない。 	—
	量子暗号	<ul style="list-style-type: none"> 量子暗号衛星は中国がトップランナーで、米国でも軍事目的で研究。動向を注視すべき。 量子暗号の一番の課題は速度が遅いこと。実用においてはMbpsの速度が期待されるが、実際はKbpsの速度しか出ていない。 	強み育成
	他システムとの連携 ・GEO-LEO ・HAPS ・地上5Gなど	<ul style="list-style-type: none"> 衛星と地上のシステムの連携の在り方についてコンセプトを考えるべき。 基本的に低遅延はHAPSでカバーすれば良い。 LEOコンステをセルラーバックホールとして活用する場合はハンドオーバー技術が必要となるため使いづらいだろう。 6G時代の衛星網の使い方が重要。例えば中国では、Beyond 5G時代を見据え、ネットワーク上でAIが使われる際にデータを圧縮するアルゴリズム技術を開発している。 	—
	衛星間の ルーティング技術	<ul style="list-style-type: none"> 低軌道衛星コンステにおける衛星間のルーティング技術は、地上ではありふれた技術ではあるが、コンステにおけるネットワーク構築のベースとなる非常に重要なものである。 このように、地上ではありふれた技術であっても、宇宙に適用することで支配的な役割を果たすものもある。 	—
MIMO	<ul style="list-style-type: none"> 光通信によるダウンリンクの研究開発も進んでいるが、悪天候時は通信困難かつ低軌道衛星は特に視野が限られることから、RF通信の高速化のためのMIMO技術等の需要はあると考えている。 	強み育成	

シーズ調査 | 重視すべきと考えられる主な技術（測位）

国内ヒアリングにおいて、重視すべきと挙げられた技術（測位関連）

分類	技術	概要	方向性との関係
通信	AUTONAV	<ul style="list-style-type: none"> 地上の基準に依存せず衛星側で基準が持てるような技術は災害の多い日本において重要。 地上の補助設備が必要だとビジネスとしてスケールし辛い。 	—
	光格子時計	<ul style="list-style-type: none"> 測位衛星においては、あらゆるミッションの大元となる時計技術が最重要。高精度化の独自路線を打ち出せる技術分野であるが国産化できていないことが大きな課題。 現在のセシウム原子時計から光標準への移行は確実と考えられる。光標準の方式の中でも東京大学の香取教授らが研究開発している光格子時計の方式が本命とみられている。 	強み育成
	脆弱性対策	<ul style="list-style-type: none"> スプーフィングやジャミング対策も重要。アンチスプーフィングなどは受信機側でも行っているが限度がある。衛星セグメント、地上局セグメントと協力して行うべき課題と認識。 測位情報はインフラとなっており、信頼性/冗長性を担保しフェイルセーフなシステムとすることが不可欠。 	—

シーズ調査 | 重視すべきと考えられる主な技術（共通／その他）

国内ヒアリングにおいて、重視すべきと挙げられた技術（共通、その他）

分類	技術	概要	方向性との関係
共通	衛星のデジタル化	<ul style="list-style-type: none"> • ミッションのフレキシビリティの程度が向上することに加えて、衛星製造の効率化にもつながるもの。 • 衛星自体のデジタル化と、衛星製造の仕組みのデジタル化の2種類が存在。 • 製造の仕組みのデジタル化に関しては、コンポーネントレベルではなく、設計・製造まで含めた一貫したデジタル化が必要。 	キャッチアップ
	安価な小型衛星の量産体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> • 小型衛星のスキームを検討した方が良い。1機で何十億円もする衛星は使われない。 • COTS製品の利用促進等の観点もトレンドである。 	キャッチアップ
	ミッション更新への対応	<ul style="list-style-type: none"> • コンステの欠損部分を埋めていくような技術が必要。例えば、あらかじめ代替衛星を別の軌道上等に待機させておき、有事の際にはそこから補充するような技術など。 	—
その他	深宇宙関連	<ul style="list-style-type: none"> • GEOと月の間の大容量通信の中継技術や深宇宙での測位技術など。 • 深宇宙は民間では収益を見込みづらいが、月探査等における国際的な日本の役割として考え得るのではないか。 	—

ニーズ調査 | 調査概要

ニーズ調査では、文献調査および国内ヒアリングを実施

調査目的

- 先端衛星システムに関する主な利用ニーズを抽出し、その概要や要求・要望等を整理

調査方法

- 文献調査および国内関連事業者・有識者ヒアリングを実施
- 主に、注目すべき利用ニーズの概要や要求・要望等について調査

調査対象

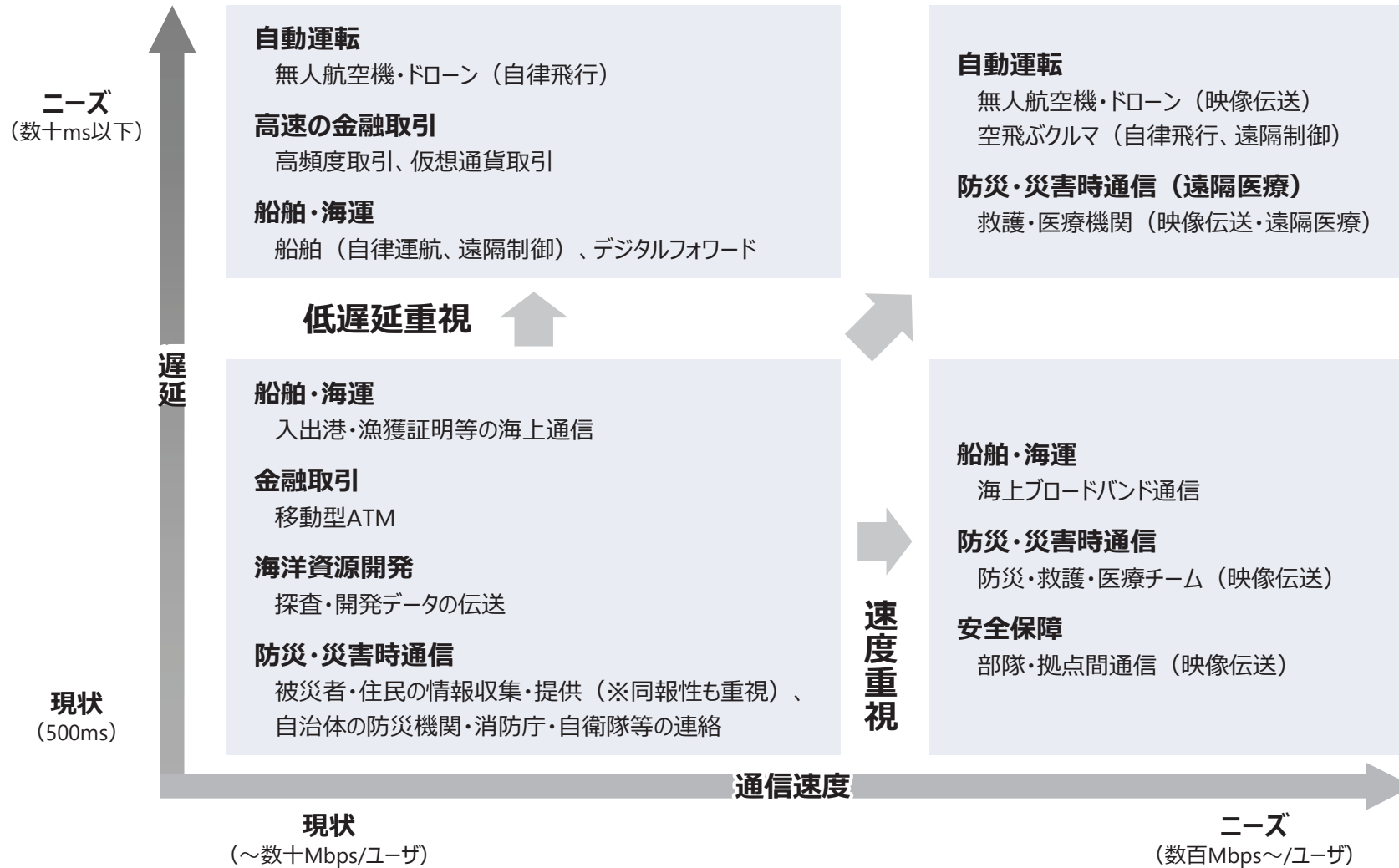
- 調査対象とした主な利用ニーズは以下の通り

分類	利用ニーズ
通信	船舶（海運）
	無人航空機・ドローン
	空飛ぶクルマ
	金融取引
	海洋資源開発
	防災・災害時通信
	安全保障
	IoT

分類	利用ニーズ
測位	自動運航船
	遭難救助
	無人機による自動配送
	金融
	自動運転
	農機・建機の自動化
	観光サービス
	航路最適化
	スポーツ
	基地局間連携
	防災

ニーズ調査 | 調査結果（通信）

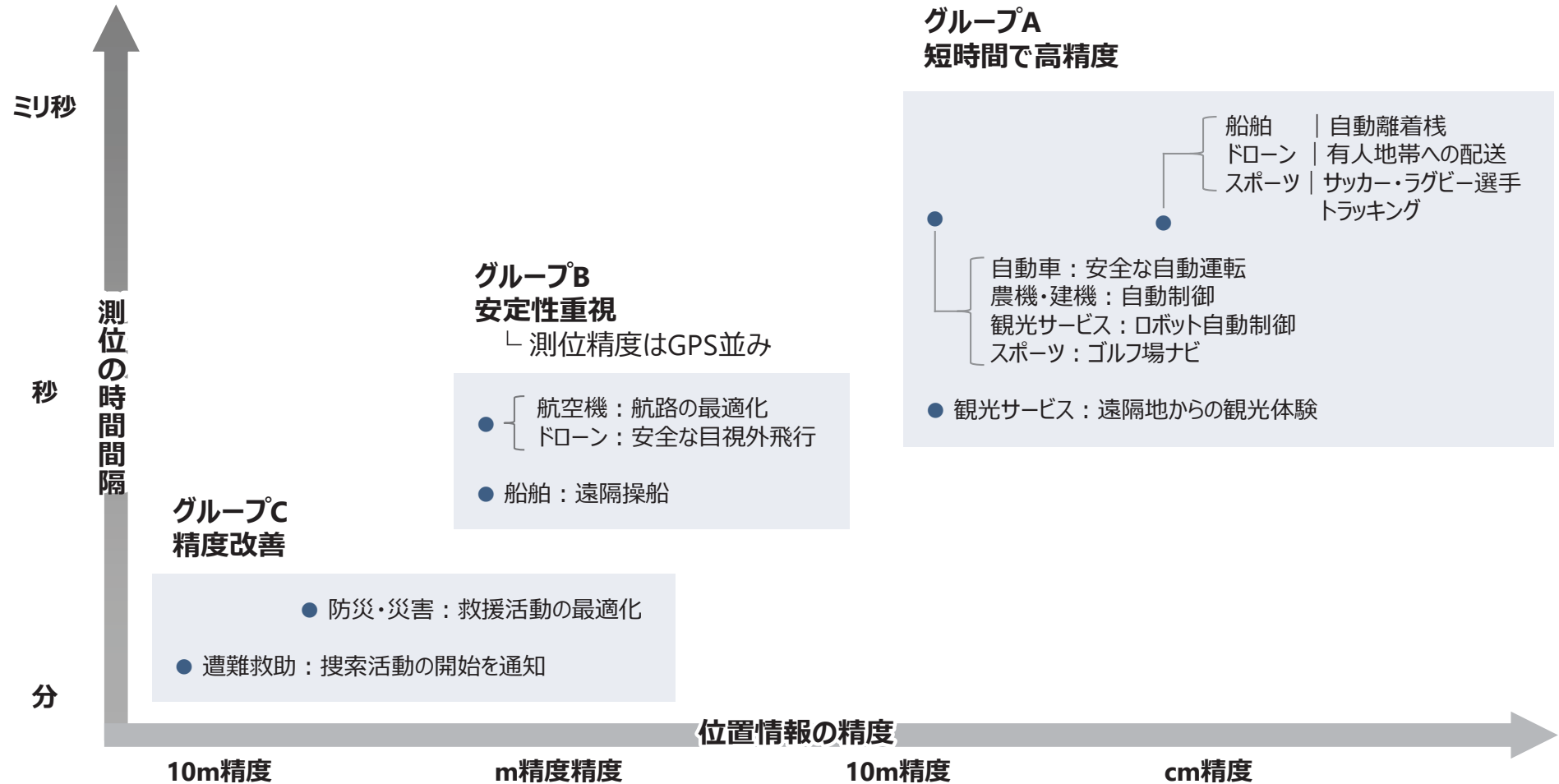
衛星通信に関するニーズ（ユースケース）について、「通信速度」および「遅延」の観点で整理



※ 大きく、現状で満足しているユースケース（左下）、より高速・大容量通信を求めるユースケース（右下）、より低遅延を求めるユースケース（左上）、そして高速・大容量かつ低遅延を求めるグループ（右上）に分類。

ニーズ調査 | 調査結果（測位）

衛星測位に関するニーズ（ユースケース）について、
「位置情報の精度」および「測位の時間間隔」の観点で整理



※ グループAは測位精度と時間間隔いずれも条件が厳しく、無人の機械の自動制御やスポーツ選手のトラッキングで利用。
グループBの測位精度は従来のGPSと同程度で、遠隔で監視する場所へ秒オーダーで位置情報を伝える必要。
グループCは、測位精度や測位の時間間隔の条件は厳しくないが、位置情報の他にメッセージングの機能が要求。

欧州ヒアリング調査 (1/2)

海外ヒアリング調査から得られた示唆

(衛星産業に関する欧州の基本的な考え方、重視している主な技術)

(※次ページに続く)

■ 衛星産業に関する欧州の基本的な考え方

- 先端衛星システムの開発に当たっては、世界の衛星産業における大きな潮流や、国として考える衛星システムの位置づけなど、開発の目的に応じて先ず大まかな考え方やコンセプトを整理することが重要である。
- 上記に関し、欧州におけるキーワードは“Independent”である。
衛星は安全保障においても重要なアセットであり、必要な技術やコンポーネントは全て欧州内で確保する。
- 市場競争力に関しては、まず欧州市場（ローカル）をしっかりと押さえる。そのベースが出来てこそそのグローバル展開であると考えている。

■ 重視している主な技術

通信

- 主にGEO：デジタル化（フレキシビリティ向上）、大電力化
- 主にNGEOコンステレーション：フリートマネジメント、ネットワークマネジメント（特に衛星間リンク）
- いずれの実現においても、デジタル、オートメーション、AI等の技術活用の重要性が示唆
- 共通：量子関連技術（量子鍵配送、量子コンピューティングなど）、光通信

測位

- 高精度原子時計

その他の観点

- サプライチェーンの構築（特にデジタル関係）

欧州ヒアリング調査 (2/2)

海外ヒアリング調査から得られた示唆 (重視している主なニーズ)

■ 重視している主なニーズ

通信

- 地上5Gとの連携は市場ポテンシャルの大きさから重視している。僻地への接続、エアラインでの機内エンターテインメント、個人のスマートフォンへのダイレクトアクセス等がニーズが大きいと認識している。
- 基本的に衛星側が新たな市場を探す必要に迫られている（ブロードキャストからブロードバンドへの転換）。

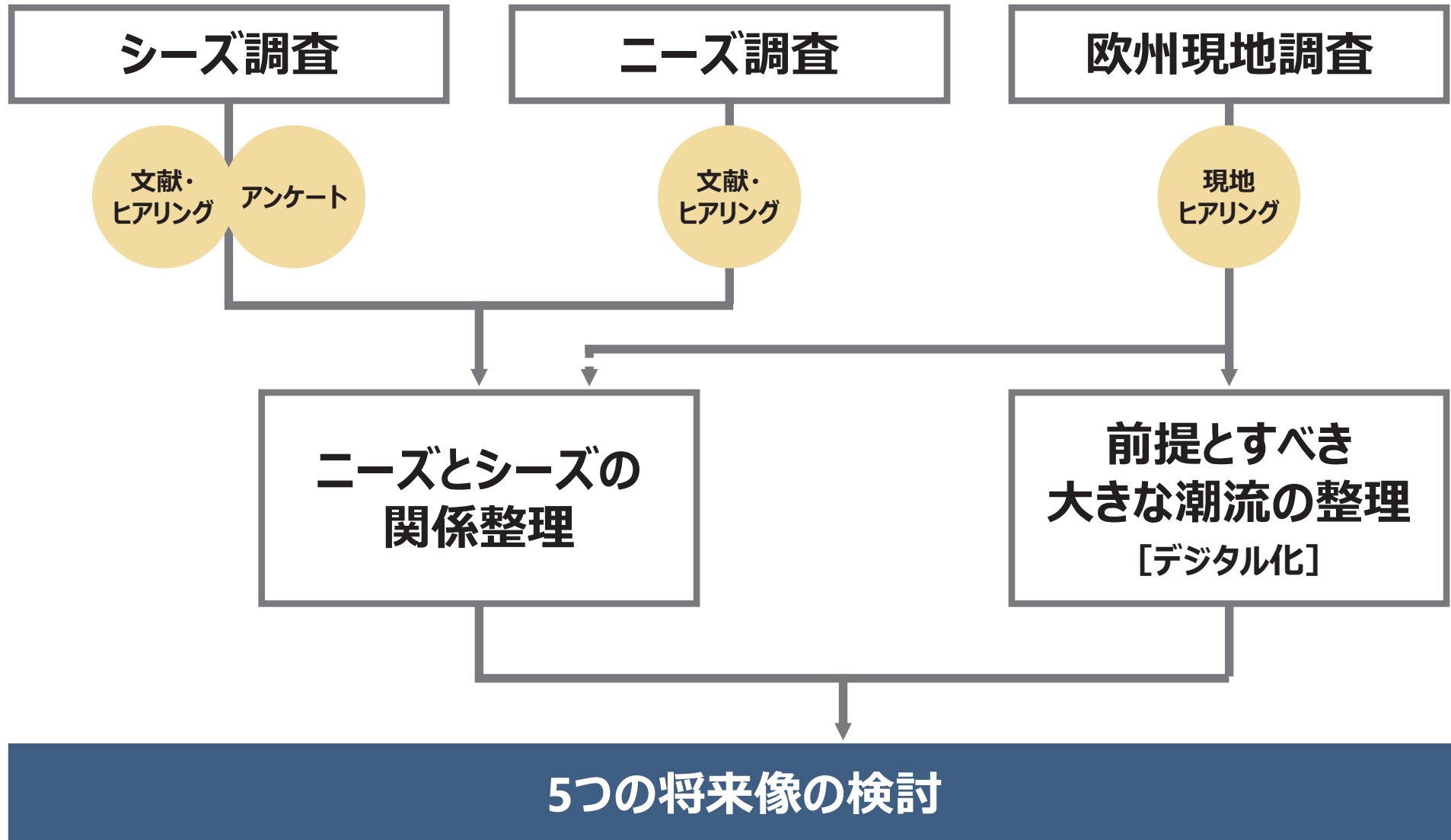
測位

- Galileo Market Reportに記載しているニーズ（※）は完全に平等に重視している。
- Galileoが社会インフラである以上、Search and Rescueは非常に重視している。
- 測位精度としてはGalileo第2世代（2025年～）で10cm以下をグローバルで達成したい。

※Galileo Market Reportでは、測位衛星利用の主要セグメントとして、Consumer Solutions, Road, Manned Aviation, Drones, Maritime, Emergency Response, Rail, Agriculture, Geomatics, Critical Infrastructureが記載されている。

将来像検討 | 検討フロー

シーズ調査、ニーズ調査、欧州現地調査等を踏まえ、5つの将来像を検討



将来像検討 | 前提としてのデジタル化について

将来像の検討に際し、以下の通り前提とすべき大きな潮流（デジタル化）を整理

衛星産業における大きな潮流としてのデジタル化について

- 先端衛星システムの開発に当たっては、世界の衛星産業における大きな潮流や国として考える衛星システムの位置づけなど、開発の目的に応じて前提となる考え方やコンセプトを整理することが重要であることが欧州現地調査から示唆。
- 我が国における先端衛星システムの将来像の検討に際しても、当該システム開発の目的に応じた考え方やコンセプトを、検討の前提として整理することが必要。

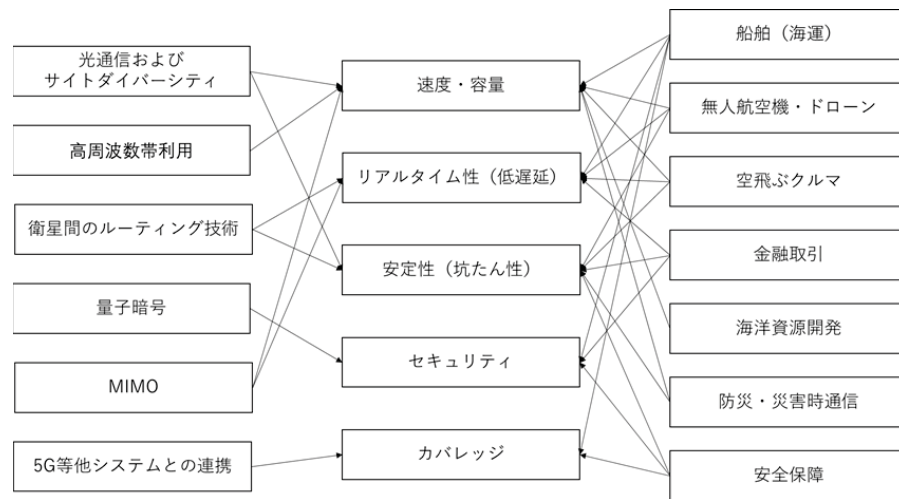


- 前段までの調査結果を考慮すると、衛星技術の国際競争力の強化に向けて、衛星産業の大きな潮流として重視すべき技術はデジタル化。
- 当該技術は、これまで主にアナログ部品により構成されていた衛星に対して、デジタル部品を活用することにより、軌道上における技術のアップデートやミッションの再構成等を可能とする、非常に重要かつインパクトが大きいもの。
- また、衛星開発におけるデジタル化は、衛星を構成する主要コンポーネントが、アナログ部品中心からデジタル部品中心へと移行することにより、衛星の設計から製造へと至る一連の製造プロセス自体にも影響を与えるもの。
当該プロセスを最適化することが出来れば、衛星製造のコストの低減や短納期化といった側面でのユーザーズへの対応も可能となり、更なる競争力の獲得へと繋がる可能性も有。

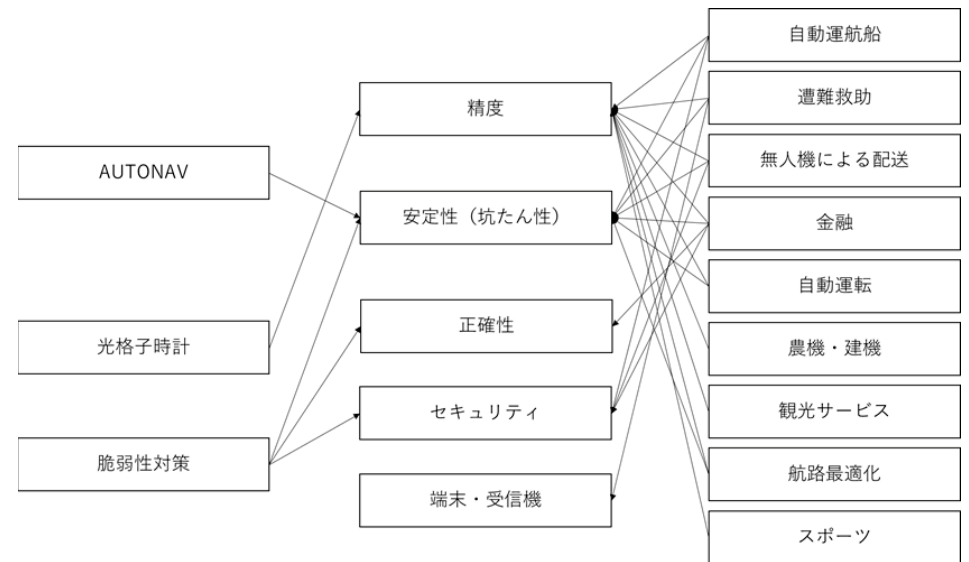
将来像検討 | ニーズとシーズの関係整理

将来像の検討に際し、以下の通りニーズとシーズの関係を整理

通信分野



測位分野



※ それぞれ一番左の列に記載している項目が技術動向調査の結果、重要と特定された技術。

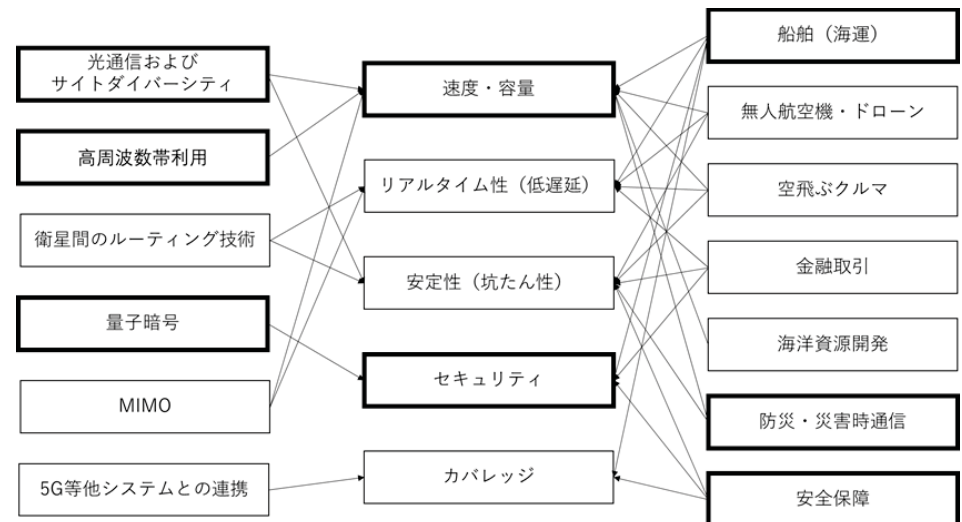
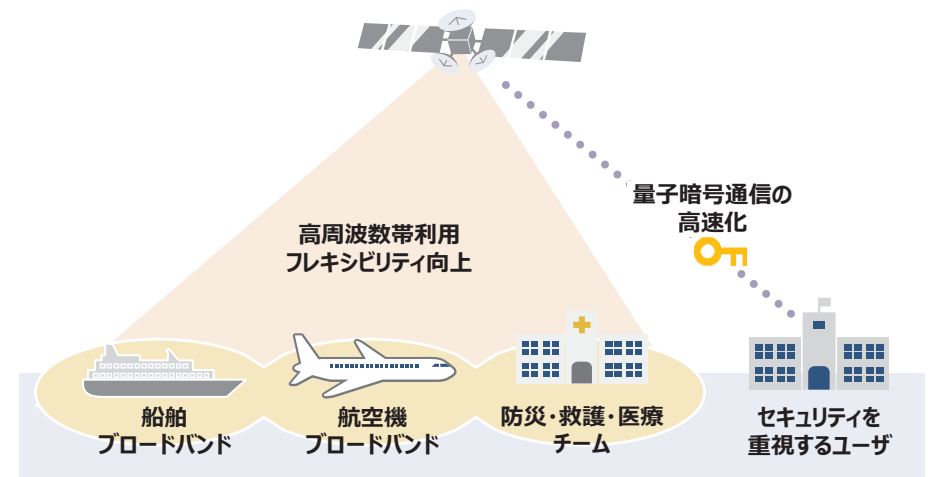
一方、一番右の列に記載している項目が衛星通信分野および衛星測位分野において利用ニーズがあった分野・ユースケース。

中央の列は衛星通信分野および衛星測位分野の検討で考慮すべき要素。中央列の要素を介して両者の関係性の把握が可能。

将来像検討 | 将来像コンセプト (1) ニーズ対応重視/通信

将来像コンセプト① 高速・大容量ニーズへの対応を目指した静止通信衛星システム

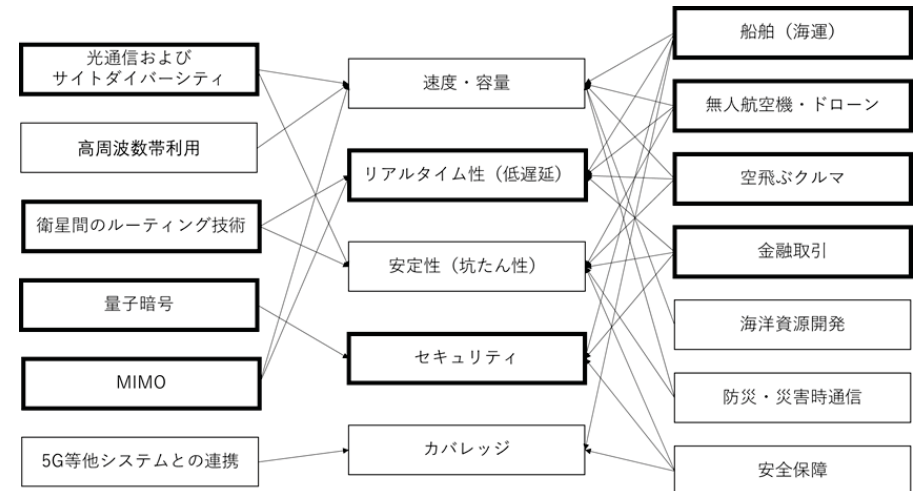
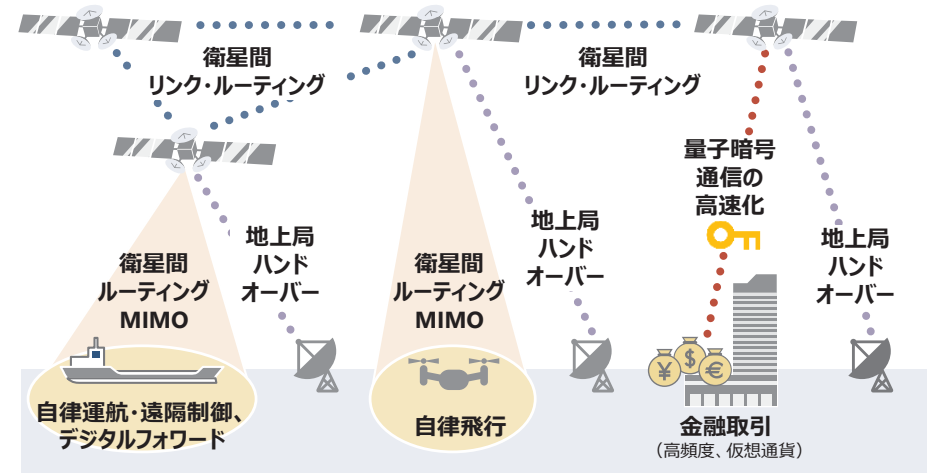
項目	内容
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 高速・大容量ニーズへの対応を目指した静止通信衛星
概要	<ul style="list-style-type: none"> 大容量通信が可能となる 高周波数帯（あるいは光）通信機器の実証 デジタル化の動向を踏まえ、周波数可変技術、カバレッジ可変技術、再構成技術等はプロジェクト時点の最先端の技術を採用 セキュリティを重視するユーザーへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証
対応する技術	<ul style="list-style-type: none"> 高周波数帯利用技術 (光通信およびサイトダイバーシティ技術) フレキシビリティ向上関連技術 (周波数可変技術、カバレッジ可変技術、再構成技術等) 量子暗号通信技術
対応するニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 船舶（海運） 海上ブロードバンド通信 防災・災害時通信 防災・救護・医療チーム（映像伝送） 安全保障：部隊・拠点間通信（映像伝送） 等
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> 大型静止衛星（数トクラス）×一機
デジタル化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 現状の延長線上にある、コンポーネントのデジタル化によるフレキシビリティ向上関連の技術の採用 さらに、設計・製造プロセスのデジタル化も進め、衛星のモジュール化の促進により衛星製造を標準化



将来像検討 | 将来像コンセプト (2) ニーズ対応重視/通信

将来像コンセプト② 低遅延ニーズへの対応を目指した非静止衛星システム

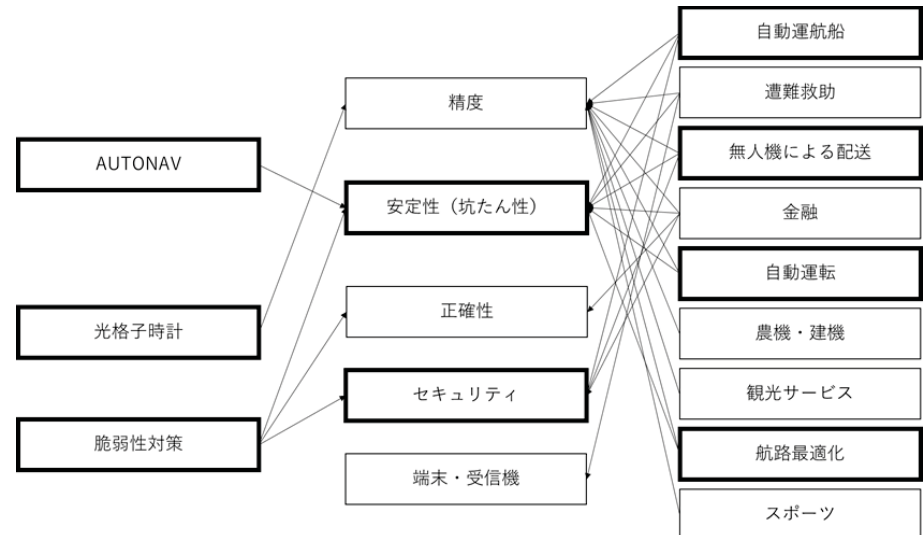
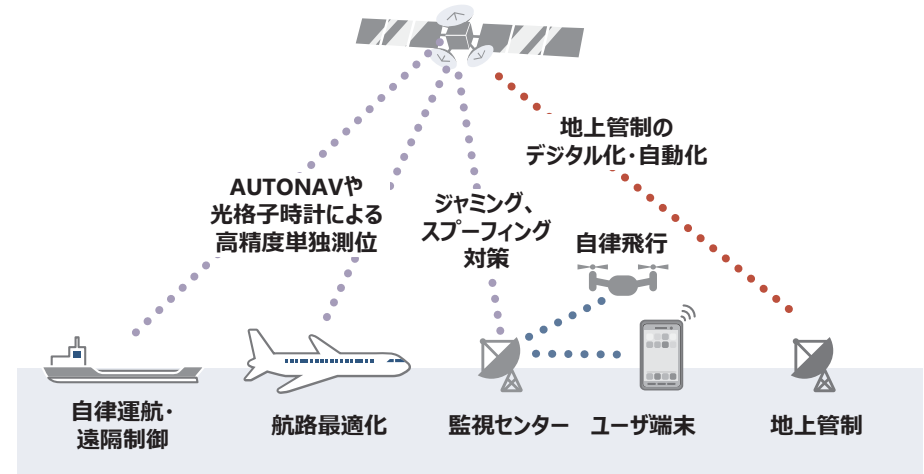
項目	内容
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 低遅延ニーズへの対応を目指した非静止衛星
概要	<ul style="list-style-type: none"> 衛星間ルーティング技術を実証 低軌道コンステレーションで必要となる地上局のハンドオーバー技術や衛星間リンク技術等も併せて実証 セキュリティを重視するユーザへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証 量産化を可能とする衛星設計・製造のデジタル化も実施
対応する技術	<ul style="list-style-type: none"> 衛星間ルーティング技術 MIMO技術
対応するニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転：無人航空機・ドローン（自律飛行） 金融取引：高頻度取引、仮想通貨取引 船舶（海運）：船舶（自律運航、遠隔制御）、デジタルフォワード
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> 小型低軌道衛星（数百kgクラス）×数機～数十機
デジタル化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 設計・製造プロセスのデジタル化による量産技術の確立 必要電力確保のためのコンポーネントの開発、排熱や光通信のための姿勢制御技術の開発等も実施



将来像検討 | 将来像コンセプト (3) ニーズ対応重視/測位

将来像コンセプト③ 安定性（坑たん性）を求めるユーザに向けた衛星系のみでの測位を可能とする衛星

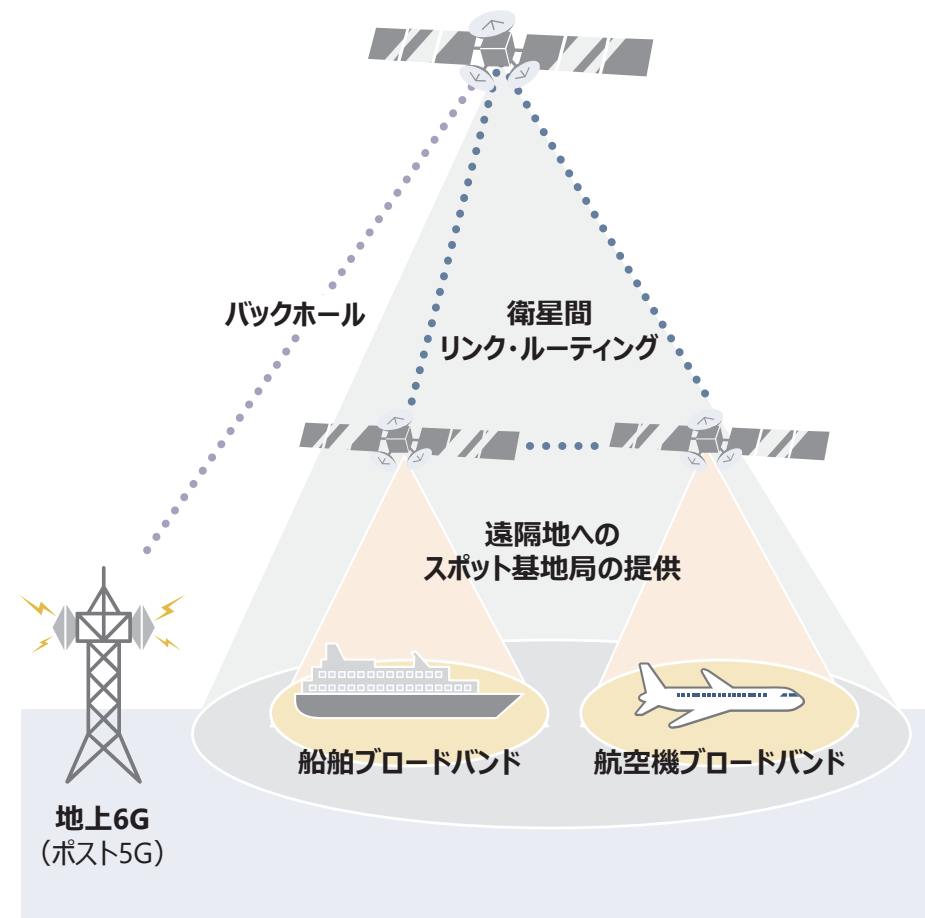
項目	内容
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 安定性（坑たん性）を求めるユーザに向けた衛星系のみでの測位を可能とする衛星 ジャミング、スプーフィング対策も実施
概要	<ul style="list-style-type: none"> AUTONAV技術の実証 測位信号のデータサイズを極小化し、地上受信機での処理を高速化 ジャミング、スプーフィング対策として地上に監視センターを設置し安定性（信頼性）を確保 国産化を目指し、光格子時計の実証を行うことも考慮
対応する技術	<ul style="list-style-type: none"> AUTONAV技術 光格子時計技術 脆弱性対策技術
対応するニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 自動運航船：遠隔操船 無人航空機・ドローン：安全な目視外飛行 航路最適化：航空機航路の最適化
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> 大型静止衛星（数トンクラス）×一機
デジタル化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 設計・製造プロセスのデジタル化も進め、衛星のモジュール化の促進により、衛星製造を標準化 地上管制のデジタル化・自動化 オンボード処理の高度化による精度向上、ダウンリンクデータ量削減



将来像検討 | 将来像コンセプト (4) シーズ育成重視／通信

将来像コンセプト④ 地上（含む海上）から上空、そして低軌道衛星や静止衛星までの
シームレス通信網を目指した通信衛星システム

項目	内容
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 地上（含む海上）から上空、そして低軌道衛星や静止衛星までのシームレス通信網を目指した通信衛星システム
概要	<ul style="list-style-type: none"> ポスト5Gとなる6G時代を見据え、宇宙空間も含めたシームレスな通信網を構築する バックホールや地上通信網がない洋上等の遠隔地へのスポット基地局の提供などを実証
対応する技術	<ul style="list-style-type: none"> 大型静止軌道衛星（数トンクラス）×一機 + 低軌道小型衛星（数百kgクラス）×数機
対応するニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 設計・製造プロセスのデジタル化を進め、衛星のモジュール化の促進による衛星製造の標準化 大型静止衛星と低軌道小型衛星を共通プラットフォームで製造することによる量産効果
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> 地上から通信衛星までのシームレスな通信網を構築することを目指した衛星システム
デジタル化への対応	<ul style="list-style-type: none"> ポスト5Gとなる6G時代を見据え、宇宙空間も含めたシームレスな通信網を構築する バックホールや地上通信網がない洋上等の遠隔地へのスポット基地局の提供などを実証

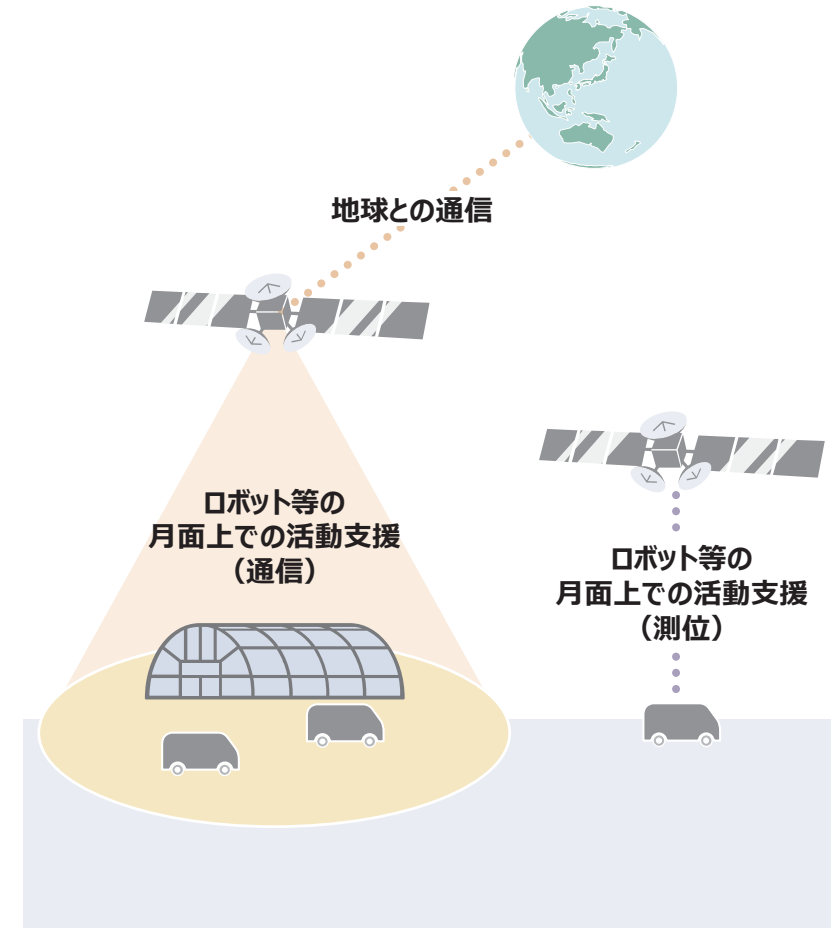


※シーズを重視した将来像につきニーズとシーズの関係図はなし

将来像検討 | 将来像コンセプト (5) シーズ育成重視 / 通信・測位

将来像コンセプト⑤ 月面における通信・測位のデファクトの獲得を目指した衛星システム

項目	内容
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 月面における通信・測位のデファクト獲得を目指した衛星システム
概要	<ul style="list-style-type: none"> 米国のLOPG (Lunar Orbital Platform-Gateway) 計画やその後の月面での活動増加を見据え、月面上で通信や測位情報を利用可能とする衛星システムを構築する ロボット等による自動化も見込まれる月面上の活動を通信・測位情報により支援する 他国へも月面上での通信および測位情報を提供することで月探査における国際的な日本の役割として位置付ける 地球との通信は光通信で行い、長距離光通信技術の確立も目指す
対応する技術	<ul style="list-style-type: none"> 大型月周回軌道衛星 (数トンクラス) × 数機
対応するニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 設計・製造プロセスのデジタル化を進め、衛星のモジュール化の促進による衛星製造の標準化 地球周回衛星と共通プラットフォームで製造することによる量産効果
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> 今後、必要となる月通信・測位のデファクトを獲得するための衛星システム
デジタル化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 米国のLOPG (Lunar Orbital Platform-Gateway) 計画やその後の月面での活動増加を見据え、月面上で通信や測位情報を利用可能とする衛星システムを構築する ロボット等による自動化も見込まれる月面上の活動を通信・測位情報により支援する 他国へも月面上での通信および測位情報を提供することで月探査における国際的な日本の役割として位置付ける 地球との通信は光通信で行い、長距離光通信技術の確立も目指す



※シーズを重視した将来像につきニーズとシーズの関係図はなし

調査結果サマリ (再掲)

5つの将来像 (ニーズ対応重視 3案 / シーズ育成重視 2案) の概要は以下の通り

カテゴリ	将来像コンセプト	概要
ニーズ対応重視	通信	1. 高速・大容量ニーズへの対応を目指した静止通信衛星 <ul style="list-style-type: none"> 大容量通信が可能となる高周波数帯 (あるいは光) 通信機器の実証 デジタル化の動向を踏まえ、周波数可変技術、カバレッジ可変技術、再構成技術等はプロジェクト時点の最先端の技術を適用 セキュリティを重視するユーザへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証
		2. 低遅延ニーズへの対応を目指した非静止衛星 <ul style="list-style-type: none"> 衛星間ルーティング技術を実証 地上局のハンドオーバー技術や衛星間リンク技術等も併せて実証 セキュリティを重視するユーザへの対応も考慮し、量子暗号通信の高速化も実証 量産化を可能とする衛星設計・製造のデジタル化も実施
	測位	3. 安定性 (坑たん性) を求めるユーザに向けた衛星系のみでの測位を可能とする静止衛星 <ul style="list-style-type: none"> AUTONAV技術の実証 測位信号のデータサイズを極小化し、地上受信機での処理を高速化 ジャミング、スプーフィング対策として地上に監視センターを設置し安定性 (信頼性) を確保 国産化を目指し、光格子時計の実証を行うことも考慮
シーズ育成重視	通信	4. 地上 (含む海上) から上空、そして低軌道衛星や静止衛星までのシームレス通信網を目指した通信衛星システム <ul style="list-style-type: none"> ポスト5Gとなる6G時代を見据え、宇宙空間も含めたシームレスな通信網を構築 バックホールや地上通信網がない洋上等の遠隔地へのスポット基地局の提供などを実証
	通信・測位	5. 月面における通信・測位のデファクト獲得を目指した衛星システム <ul style="list-style-type: none"> 米国のLOPG (Lunar Orbital Platform-Gateway) 計画やその後の月面での活動増加を見据え、月面上で通信や測位情報を利用可能とする衛星システムを構築 ロボット等による自動化も見込まれる月面上の活動を通信・測位情報により支援 他国へも月面上での通信および測位情報を提供することで月探査における国際的な日本の役割として位置付け 地球との通信は光通信で行い、長距離光通信技術の確立も志向

まとめと今後の展望

本調査では、シーズとニーズの動向に基づき先端衛星システムの将来像コンセプトを5つ作成
今後は、具体的な開発計画へと落とし込んでいく作業が必要

まとめ

- 本調査では、次期技術試験衛星の検討に向けた基礎資料とすべく、中長期的視点から通信および測位分野における先端衛星システムに関して、技術動向および利用ニーズに関する調査を実施。
- 加えて、両調査結果を踏まえ、我が国の通信分野、測位分野等における先端衛星システムの将来像を検討。
- 検討にあたっては、衛星産業において起こっているデジタル化の潮流を踏まえつつ、通信衛星および測位衛星について併せて5つの将来像を作成し、それぞれの特徴とあわせて整理。



今後の展望

- 今後の展望としては、本調査で作成した先端衛星システムの将来像の具体化の検討が必要。
- 本調査では、検討の第一ステップとしてコンセプトレベルの提案をとりまとめており、具体的な開発計画へと落とし込む作業が必要。

本資料に関するお問い合わせ先

株式会社 三菱総合研究所

科学・安全事業本部 フロンティア戦略グループ

兼 海外事業本部

[担当] 内田 敦 a-uchida@mri.co.jp

TEL : 03 - 6858 - 3548

FAX : 03 - 5157 - 2145
