## 令和3年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業 実施可能性調査事業

(ベトナム国・社会利活用のための小型衛星コンステレーション化導入 に係る調査)

事業報告書

一般財団法人日本宇宙フォーラム 株式会社パデコ 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 株式会社三菱総合研究所

## 内容

1.	目的と	·背景	1
1.1.	背景	<u> </u>	1
1.2.	目的	J	2
1.3.	策定	『にあたっての考え方	2
1.3	3.1.	2030年までを想定したロードマップの策定	2
1.3	3.2.	小型衛星コンステレーションの利活用	3
1.3	3.3.	既存の衛星や地上インフラ活用と補完する新技術やサービスとのベストミックス	3
1.3	3.4.	ASEAN 等の他国へのサービス展開の可能性	4
1.3	3.5.	Tellus と VDC との連携、みちびき及びマルチ GNSS との統合利用	4
2.	ベトナ	- ムにおける政策と宇宙関連組織	5
2.1.	イン	・ナムの中長期計画	5
2.	1.1.	社会経済発展計画	5
2.	1.2.	宇宙科学技術戦略	7
2.	1.3.	その他の戦略	9
2.2.	国家	定業発展戦略	12
2.5	2.1.	国家産業発展戦略(2014-2025 年)	12
2.5	2.2.	2030年までの国家産業発展戦略の策定	13
2.3.	ベト	・ナムの宇宙関連組織	15
2.3	3.1.	宇宙科学技術の開発利用戦略に係る担当省庁と役割	15
2.3	3.2.	衛星データを利用している大学	27
2.4.	ベト	・ナムの宇宙関連企業・非営利組織	28
2.	4.1.	通信サービス企業	28
2.	4.2.	衛星開発機関	28
2.	4.3.	非営利組織	29
	4.4.	その他	
3.	世界の	)衛星システムの動向	31
3.1.	世界	その衛星利用トレンドと衛星コンステレーション計画	31
3.	1.1.	地球観測コンステ(光学)	
3.	1.2.	地球観測コンステ (SAR)	34
3.	1.3.	AIS コンステ	35
3.	1.4.	通信、無線監視コンステ	37
3.	1.5.	衛星測位コンステ	38
3.2.	宇宙	· (関連事業者	
3.5	2.1.	日本の衛星コンステレーション事業者	
3.5	2.2.	日本のその他の宇宙関連事業者と研究機関	50
3 '	2.3	海外の衛星コンステレーション <u>事業者</u>	57

4. ベトコ	ナム国内外の動向	99
4.1. ベ	トナムの外交方針と社会課題	99
4.1.1.	ベトナムの外交方針	99
4.1.2.	ベトナムの社会課題	101
4.1.3.	ベトナムの新しい宇宙戦略における宇宙利活用のプライオリティ	103
4.2. AS	EAN の動向	104
4.2.1.	安全保障	105
4.2.2.	経済	106
4.2.3.	社会	106
5. ベトコ	ナムにおける社会課題と衛星コンステ利用ニーズ	107
5.1. 地類	求観測衛星利活用の現状と課題調査	107
5.1.1.	背景と目的	107
5.1.2.	調査の状況	107
5.1.3.	調査方法(ヒアリング方法)	107
5.1.4.	ヒアリング結果	111
5.1.5.	地球観測衛星を用いたアプリケーションの例	115
5.2. 全斑	求測位衛星システム(GNSS)の利活用の現状と課題調査	125
5.2.1.	「宇宙科学技術の開発利用戦略」(169/QĐ-TTg) における GNSS の位置づけ	125
5.2.2.	ベトナムにおける GNSS 利用の現状	126
5.2.3.	電子基準点網の整備と高精度測位サービスの利用展開	127
5.2.4.	QZSS 高精度測位サービスによる社会課題解決事例	127
6. 社会記	<b>果題解決のための衛星システム及びコンステレーション</b>	129
6.1. 3U	/6U 級 超小型通信衛星システムの提案	129
6.1.1.	3U/6U 級 IoT センサ衛星システムの提案	129
6.1.2.	3U/6U 級 VDES 衛星システムの提案	133
6.1.3.	超小型通信衛星コンステレーションの提案	135
6.2. 100	)kg 級 小型地球観測衛星システムの提案	136
6.2.1.	100kg 級 光学衛星システム	136
6.2.2.	100kg 級 SAR 衛星システム	137
6.2.3.	小型地球観測衛星コンステレーションの提案	139
6.3. 超/	ト型実験衛星による測位信号の認証実験	143
6.4. 既7	字設備の活用	143
6.4.1.	既存地上システムの利活用	144
6.4.2.	既存組立試験設備の利活用	146
7. ベト	ナム人材開発計画と産業育成	148
7.1. ベ	トナム人材育成計画	148
7.1.1.	6U 超小型衛星開発・運用に向けたキャパビル	148
7.1.2.	50kg~100 kg級小型衛星開発・運用に向けたキャパビル	149

7.1.3. 地球観測データ利用に向けたキャパビル	150
7.1.4. ベトナムデータキューブ (VDC) と Tellus の連携	151
7.2. ベトナム産業界の宇宙ハードウェア自国生産能力の評価調査.	154
7.2.1. 概要	154
7.2.2. 事前調査	155
7.2.3. インタビュー調査	159
7.2.4. ベトナム国企業の潜在能力の調査まとめと考察	165
7.3. ベトナムが目指すべき衛星システムロードマップ策定支援	167
7.3.1. ロードマップ案検討の前提	167
7.3.2. 衛星システム製造に関するロードマップ案	167
8. 裨益効果	169
8.1. 衛星コンステレーションシステムによる裨益効果が想定される	ろ分野169
8.2. 利益分析の範囲	169
8.3. 直接的裨益効果(セクター別)	170
8.3.1. 農業分野の裨益効果	170
8.3.2. 森林保全・林業への裨益効果	171
8.3.3. 防災分野への裨益効果	172
8.3.4. 漁業・海洋環境保全への裨益効果	173
8.3.5. 都市インフラ、その他への裨益効果	173
8.4. 直接的裨益効果(民間セクター)	174
8.4.1. 農業分野	174
8.4.2. 水産・養殖分野	175
8.4.3. 林業分野	176
8.5. 間接的裨益効果(マクロレベル分析)	177
8.5.1. 国家レベル	177
9. 環境社会配慮	181
9.1. ベトナムにおける環境社会配慮に関する法令の遵守	181
9.2. JICA 環境社会配慮ガイドラインへの準拠	182
9.3. 予測される環境影響	183
<b>10</b> . ファイナンススキーム	184
10.1. 概要	184
10.2. 円借款	184
10.2.1. 円借款の概要と近年の動向	184
10.2.2. 公的債務管理の厳格化	186
10.2.3. 今後の見通し	186
10.2.4. 円借款利用に向けての留意点	187
10.3. 無償資金協力、技術協力等の活用可能性	187
10.3.1. 無償資金協力	187

10.3	3.2.	技術協力	188
10.3	3.3.	協力準備調査	189
10.4.	日本	企業向けファイナンススキーム	189
10.4	4.1.	国際協力銀行(JBIC)輸出信用	189
10.4	4.2.	貿易保険	189
10.4	4.3.	その他	189
10.5.	民間	引投資及び PPP(官民連携事業)の可能性	189
10.6.	結論	h	190
11.	ロー	- ドマップの提案とまとめ	191
11.1.	オフ	プション 1	191
11.2.	オフ	プション 2	192
11.3.	オフ	プション 3	193
11.4.	まと	· め	194

#### 1. 目的と背景

経済産業省の平成 29 年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業で実施した「ベトナム:災害監視・気候変動等のための光学地球観測衛星システムの現状及び改善方策立案に係る調査」では、将来の衛星機器産業の現地化を視野に入れ、ベトナムの電子・電気産業等における衛星搭載機器、地上機器製造についての潜在的な能力の調査を行い、将来の衛星搭載機器や地上機器の製造への参加可能性について検討を行った。現地調査結果からは、ワイヤハーネスやソフトウェアなど限定的な分野ではあるものの、小型衛星レベル(100kg 級)であれば短期的に参画可能な企業が存在することが明らかとなった。一方で、将来的に衛星製造の自国生産を目指す際には、さらなる技術習得と参加企業の拡大の必要性を確認した。以上の分析結果を踏まえ、過去の同調査では、2040年の衛星のMade in Vietnamに向けたロードマップを作成した。

同調査から既に 4 年が経過し、衛星を含む宇宙インフラも年々小型化し、IoT、AI、ビッグデータなど地上データとの統合利用が進んでいる他、ベトナムの首相が 2021 年 2 月に新しい宇宙戦略に関する首相決定を公布するなど情勢が大きく変化している。これを受け、ベトナム側から新しいフィージビリティスタディ(FS)を実施するよう我が国に対して要請され、本調査が実施された。

#### 1.1. 背景

ベトナムは近年、一貫して経済成長を続けており、2020 年初頭から始まった新型コロナウイルス感染症の世界的パンデミックの状況においても、成長率は低下したものの、プラスの成長を維持している。1990 年代までに、ベトナムの人口増加率は 2%を超えるレベルで推移し、2020 年には 9,000 万人以上にまで増加している。今後のベトナムの人口増加率は減少するとみられるものの、2020 年代半ばには 1 億人を超えることが予測されている。ベトナムの平均年齢は 30 歳前半と非常に若い世代が多く、豊富な労働人口を抱えるなど、ベトナムの継続した経済成長を支えている。このような順調な経済成長の中、2011 年にベトナム科学技術アカデミー(VAST)にベトナム国家宇宙センター(VNSC)が設立され、これまでのベトナムの宇宙活動を拡大する形で VNSC による宇宙活動が開始された。VNSC を中心に、ベトナムの宇宙活動は持続的な経済成長と共に拡大していくとみられ、宇宙技術の利活用もこれまで以上に促進される見込みである。

ベトナム国政府は、2021 年 2 月、「2030 年に向けた宇宙科学技術の開発及び導入に係る 戦略を公布する首相決定 No.169/QD-TTg」を公布し、宇宙科学技術の成果を広く応用し、国 防、安全保障、天然資源、環境保全などに活用しつつ、社会経済の発展といった国益の確保 を行うという最新版の宇宙戦略に基づき活動を行っている。同首相決定は、上位目標として、 宇宙科学技術の成果を広く応用し、国防、安全保障、天然資源、環境保全などに活用しつつ、 社会経済の発展といった国益の確保を行うというもの。2030 年までの主な目標として、地球 観測光学センサ、レーダセンサ技術習得、高解像度超小型衛星の組立・試験、地上局の製造、通信衛星トランスポンダ技術習得、航行測位能力の構築、などが挙げられており、技術の向上のみならず、第 4 次産業革命に沿った宇宙産業エコシステムやビジネスを形成するとしている。そのため、宇宙科学分野で約 300 人の専門家と 3,000 人のエンジニアを育成し、複数の研究機関の機能向上を達成し、宇宙基盤・体制を強化するとしている。通信、航行測位、地球観測などの幅広い宇宙技術とデジタルプラットフォームを活用し、社会変化、地図、地理空間情報システムなどで活用するとしており、ベトナムにおける社会利活用のための新しい宇宙技術活用が期待されている。

同宇宙戦略を実現させるため、VNSC は新しい小型衛星コンステレーション等も活用した UAV とのコンビネーションによる衛星利活用向上のための Pre-Feasibility Study を実施する こととなり、2021 年 6 月に日本の経済産業省に調査支援の要請があった。VNSC からの要請を受け、経済産業省からの委託により、一般財団法人日本宇宙フォーラム(以下、「JSF」という。)、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、株式会社三菱総合研究所、株式会社パデコからなるスタディチームが組成され、本調査が行われた。

#### 1.2. 目的

本調査では、ベトナムの新宇宙戦略実現を目指し、ベトナム政府からの要請に基づき、従来できなかった様々な新しい社会利用を実現するエコシステム構築に向けた超小型衛星コンステレーション化導入のマスタープランを策定することを目的とする。衛星システムのみならず、民間衛星データ利用や人材育成等も含めたハード、ソフトを輸出し、地上データ、AI、機械学習、IoT と組み合わせ、ベトナムの宇宙地理空間情報による社会課題解決・社会利用を推進するための調査を行う。

#### 1.3. 策定にあたっての考え方

#### 1.3.1. 2030 年までを想定したロードマップの策定

2021 年 2 月に公布発効した「2030 年に向けた宇宙科学技術の開発及び導入に係る戦略を公布する首相決定 No.169/QD-TTg」においては、地球観測衛星光学センサ/レーダの設計製造、高解像度衛星の組立・試験(AIT)、衛星地上局の設計製造、通信衛星トランスポンダ設計製造、国家安全保障における宇宙利用、衛星ナビゲーションシステム能力形成、環境・社会変動モニタリング、地理空間情報プラットフォーム構築、約 300 人の専門家と 3000人のエンジニアの育成、など、極めて野心的な具体的宇宙開発利用目標が掲げられている。これらを全て自国のみでの宇宙開発利用で実現させることは困難であり、同戦略の実現に向けて、日本や他国の協力を得ながら、実現させる 2030 年までのロードマップを描くことが必要となる。

ベトナムにおいては、2011 年 11 月に「衛星情報の活用による災害・気候変動対策事業」として独立行政法人国際協力機構(JICA)の ODA による円借款契約(L/A)が我が国との間で調印され、ベトナムにとって初めて自国で所有することになる 500kg 級の合成開ロレーダ(SAR)衛星「LOTUSat-1」を日本企業との連携で製造・打上げ、海洋を含むベトナム全土の災害、気候変動対策などに活用することになっている。我が国による ODA 円借款で整備されつつある地上インフラや宇宙アセットも最大限活用しつつ、超小型・小型衛星コンステレーション化などの新たな宇宙技術を取り込みながら、できる限り、同首相決定を実現させるためのマスタープランを描くという視点が重要となる。

#### 1.3.2. 小型衛星コンステレーションの利活用

前項の通り、ベトナムでは、日本の ODA による 2023 年の打上げを目指してレーダ衛星打ち上げのプロジェクトが進められており、関連して衛星運用施設などの地上インフラも整備されつつある。他方、世界的に衛星の超小型化やコンステレーション化が進み、環境は変化しつあり、ベトナムがこれまでに推進してきた、または推進しつつある宇宙技術利活用を最大限に有効活用し、更に超小型・小型衛星コンステーレーションの利活用と連携・データ統合する形で社会利用を進めることが重要である。活用できる衛星コンステレーションは地球観測分野のみならず、船舶自動識別装置(AIS)や IoT などの通信分野なども含まれる。衛星の小型化とコンステレーション化により、これまでより低コストのエコシステムの構築が可能であり、更にはこれまで衛星が不得意であった高頻度観測が実現されつつある。これにより、これまで適応が難しかった社会課題や社会経済活動に宇宙技術を活用することで、新たな利用が見込まれる。

# 1.3.3. 既存の衛星や地上インフラ活用と補完する新技術やサービスとのベストミックス

既述の通り、我が国による ODA 円借款事業や他国による宇宙インフラ輸出等により、ベトナムにおいては宇宙の地上インフラや宇宙アセットが整備されつつある。それらのインフラを最大限活用しつつ、超小型・小型衛星コンステレーション化などの新たな宇宙技術を取り込みながら、連続性を確保しつつ、効果的かつ効率的に社会利用につなげていく観点が重要である。現在は、多様なオープン&フリーの衛星データや商業衛星データなどを地上のデータと統合し、新しい付加価値が生み出されてきている。そのため、既にベトナムが保有しているインフラで取得できるデータ、今後ベトナムが自国で新たに保有するインフラから取得できるデータ、自国で新たにインフラを保有せずに他国から取得もしくは商業的に購入するデータ等を組み合わせ、ベトナムの社会課題解決や社会利用のプライオリティに即したロードマップを策定することが求められる。

#### 1.3.4. ASEAN 等の他国へのサービス展開の可能性

宇宙技術は軌道によって世界的に人類が居住する地域の大部分を等しい手法で観測できる、もしくは情報を届けることができるという「広域性」が最大の特徴であり、さらに宇宙空間は人類共通の財産であり、秩序を守った宇宙活動を行うことで誰でも宇宙技術を利活用することができるという「包摂性」も併せ持つ。ベトナムが保有する宇宙アセットはベトナムのみならず、他国においても利用することが可能である。ベトナムは ASEAN のメンバー国であり、3番目に人口の多い主要国である。ASEAN は連結性強化による、ASEAN メンバー国全ての経済成長を目指しており、ベトナムはまず自国の宇宙アセット等を用いて ASEAN にサービス展開することにより、ASEAN の社会経済に貢献することが可能である。

また、我が国としても、ベトナムの持続的経済成長を下支えし、二国間関係のさらなる強化のみならず、ASEAN・メコン地域における連結性の強化や経済発展につなげることにより、「自由で開かれたインド太平洋戦略(FOIP)」の推進にも大きく貢献するものとなる。

#### 1.3.5. Tellus と VDC との連携、みちびき及びマルチ GNSS との統合利用

我が国においては、「みちびき」の高精度衛星測位データやオープン&フリーデータプラットフォーム「Tellus」の整備など、更なる社会経済への宇宙技術の活用、宇宙ビジネスの創出・マーケット拡大に向けた様々な施策が行われてきている。これらの新しい宇宙技術や様々な地球観測データ、地上データは我が国のみならず、ベトナムにおいても有効に利活用することが可能である。他方、ベトナムにおいては、衛星データのオープンプラットフォームである「Vietnam Data Cube (VDC)」を整備しており、日本の ALOS-2 のみならず、その他の衛星データを登録者に無償で提供している。「Tellus」と「VDC」を連携されることにより、お互いの国において新たな利活用が促進される可能性があり、それらも考慮した検討が必要である。

#### 2. ベトナムにおける政策と宇宙関連組織

ベトナムにおいては、持続した経済成長を背景に、2011年にベトナム科学技術アカデミー (VAST)にベトナム国家宇宙センター(VNSC)が設立され、これまでのベトナムの宇宙活動を拡 大する形で VNSC による宇宙活動が開始された。前章で記載の通り、2021 年 2 月には新しいべ トナムの宇宙・科学技術戦略である「2030 年に向けた宇宙科学技術の開発及び導入に係る戦略 を公布する首相決定 No.169/QD-TTg」が公布され、ベトナムの宇宙活動は新しいフェーズに入っ ている。本章では、ベトナムの経済政策及び宇宙関連政策を調査した結果を記載すると共に、ベ トナムの宇宙関連組織について、それぞれのタスクと宇宙関連の活動について概観する。

#### 2.1. ベトナムの中長期計画

ベトナム共産党は、第13回党大会(2021年1月25日-2月1日開催)において、党のリー ダーシップの強化、クリーンで強力な政治システムの構築、工業化・近代化の促進、平和で安 定した環境の維持、21 世紀中頃までに先進国になることを目標に掲げた。科学技術のイノベ ーションやデジタルトランスフォーメーション(デジタル変革)に基づく迅速かつ持続的な発展 を通じて、南北統一 50 周年にあたる 2025 年までに下位中所得国から脱して近代的工業を 有する発展途上国に、共産党創立 100 周年にあたる 2030 年までに上位中所得国に、建国 100 周年にあたる 2045 年までに高所得の先進国になることを目指す 1。

#### 2.1.1. 社会経済発展計画

ベトナムの国家発展の基礎となる 5 年間・10 年間の政策で、計画投資省(MPI)が中心なっ て策定している。第13回党大会において、以下の社会経済発展計画が承認された。

#### (1)5 力年社会経済発展計画(2021-2025 年)<sup>2</sup>

マクロ経済の安定性を促進し、科学、技術、革新を発展させ、国家の可能性と利点を最大 限に活用することで、迅速かつ持続可能な経済成長を成し遂げる。2025 年までに下位 中所得国から脱して、近代的工業を有する発展途上国となる。経済の生産性、品質、効 率性、競争力を向上させる。環境保護に焦点を当てて、気候変動に効果的に対応する。

<sup>1 2021</sup> 年 2 月 26 日、ベトナム共産党第 13 回大会

https://tulieuvankien.dangcongsan.vn/ban-chap-hanh-trung-uong-dang/dai-hoi-dang/lan-thuxiii/dai-hoi-dai-bieu-toan-quoc-lan-thu-xiii-cua-dang-cong-san-viet-nam-3660

<sup>2021</sup>年3月2日付 JETRO、「第13回共産党大会の決議を公表、2045年に先進国入り目指す(ベトナム)」 https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/03/655398b95c700912.html

https://www.ide.go.jp/Japanese/IDEsquare/Eyes/2021/ISQ202120 016.html

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 2021 年 8 月 19 日、政府電子ポータル、官報、5 カ年社会経済開発計画 (2021-2025 年、16/2021/QH15) http://congbao.chinhphu.vn/noi-dung-van-ban-so-16-2021-qh15-34159?cbid=36549

国防・安全保障を強化する。国家の独立、主権、統一、領土保全を堅持し、国の発展のための平和で安定した環境を維持する。ベトナムの外交政策である積極的な国際統合を進めて、外交の効率性を促進し、国際舞台でのベトナムの地位向上を図る。

#### ②主なタスク

計画は以下を主なタスクとして策定されている。

- 市場経済と社会主義との調和を図る社会主義志向の市場経済体制・制度の構築
- ・経済成長モデルの刷新、生産性、品質、効率性、競争力の向上、デジタル経済・社会 の発展
- 社会資源の動員、配分及び有効利用の強化
- ・最新の戦略的インフラシステムの構築
- ・科学技術のイノベーション、利用及び開発の促進に係る人材の質の向上
- 地域連携、経済特区の発展
- ・国民の生活の質の向上、経済発展と調和した文化・社会発展の確保
- ・天然資源管理と環境保護の強化、自然災害への積極的防止対策、気候変動対応
- ・国家管理の有効性・効率性、開発能力の向上、賃金改革の実施、規制の強化
- ・社会経済発展のための防衛・安全保障の強化、国家の独立、主権、統一及び領土保 全の保護、国家発展のための平和で安定した環境の維持
- ・ベトナムの地位向上のための外交部門の効率化・改善、積極的外交路線の展開

#### (2)10 力年社会経済開発計画(2021-2030 年)3

10 カ年社会経済開発計画(2021-2030 年)は、科学技術、イノベーション、デジタルトランスフォーメーションに基づく迅速かつ持続可能な開発を進めるために策定された。経済の再構築、デジタル経済・社会の発展において、第 4 次産業革命の機会を迅速かつ効果的に活用する。また、生産性、品質、効率性、競争力向上のためのデジタル経済・社会を構築し、経済・文化・社会の発展や環境保護・気候変動への対応等に取り組む。社会主義志向の市場経済を改革・改善するための法整備を進めて、イノベーション、デジタルトランスフォーメーション、新製品、サービス、経済モデルの開発を促進する。

#### ①目標

2030 年までに、近代的産業を有する発展途上国として「上位中所得国」となること、外交・ 国際統合における効率性向上に資する科学・技術・イノベーションに基づく、迅速かつ持 続可能な経済発展、独立性、自律性を高めていく。国の発展、創造性、国民の能力強化

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 2021 年 2 月 22 日、ベトナム共産党 10 カ年社会経済開発計画 2021-2030 年 https://tulieuvankien.dangcongsan.vn/ban-chap-hanh-trung-uong-dang/dai-hoi-dang/lan-thu-xiii/chien-luoc-phat-trien- kinh-te-xa-hoi-10-nam-2021-2030-37355

を促進し、民主的で正しく文明的で秩序ある規律正しい安全な社会を構築する。国の発展のための平和で安定した環境を守り、国際舞台におけるベトナムの地位と威信を向上させ、2045年までに、高所得先進国となることを目指す。

#### ②戦略的ブレークスルー

- ・行政改革: 社会主義志向型市場経済の完成・向上に継続して取り組み、生産要素市場、特に土地の使用権・利用、科学技術分野の市場に焦点を当てる。リソースの動員・利用については市場メカニズムに準拠する。近代化に向けた国家統治の刷新、特に、開発管理及び社会的管理の刷新に取り組む。無駄のない、効果的かつ効率的な社会主義法治国家を構築する。地方行政の分権化を強化し、統一された管理を確保し、すべてのレベルの創造性と責任を積極的に促進する。
- 人材育成: 国の発展や誇りを鼓舞することに関連する人材、科学技術、イノベーション分 野の包括的開発を継続し、ベトナムの人々の自立や文化的価値の向上につ なげていく。教育・訓練方法、特に高等教育、職業訓練の近代化に焦点を当 てて、包括的で革新的な質の改善を加速させる。質の高い人材育成や才能 の発見に注力する。国内外の人材や専門家を惹きつけるための優れた政策 を策定する。科学技術の開発、デジタルイノベーションに取り組み、生産性、 品質、効率性、競争力に飛躍的な発展をもたらす。技術の革新、利用及び移 転を促進するための具体的かつ優れた制度、メカニズム、政策を策定する。 研究能力の向上、新技術の習得、経済の自律性、適応性、回復力を備えた 新しい生産能力の構築、企業の研究開発、技術利用・移転、デジタル技術の 利用を中心に進めていく。学術機関と産業を結びつける国家イノベーションシ ステム(NIS)及び革新的スタートアップ企業のエコシステムを構築する。べト ナムの文化的価値の向上や人間力の形成を促進する。国家発展の願望、愛 国心、誇り、自立心、思いやり、連帯感、社会的コンセンサスを強く喚起する。 豊かで多様な文化的環境・生活を構築し、社会倫理・法律等に則って生活す る。
- ・インフラ構築: 交通、エネルギー、情報技術、大都市圏、気候変動対応用インフラに重点 を置いた、近代的な経済・社会インフラの構築を継続する。デジタルインフラ の開発を強力に進めて、国内のデータインフラを構築し、デジタル経済・社会 の開発基盤を創出する。

#### 2.1.2. 宇宙科学技術戦略

2021年2月、グエン・スアン・フック首相(当時、現国家主席)は、「宇宙科学技術の開発・利用戦略」(2021-2030年)を承認した。同戦略は、防衛、セキュリティ、資源、環境管理等での

宇宙技術利用や災害被害軽減のための監視・支援サービスの提供を目標にしており、ベトナムの科学技術の可能性を向上させ、独立、主権、統一、領土保全、社会経済発展の促進、その他の国益の確保に貢献していく。また、その他の戦略として、2019 年 2 月にフック首相が承認した「2040 年を見据えた 2030 年までの国家リモートセンシング発展戦略」がある。社会経済発展のニーズに応えるため、リモートセンシングデータ収集システム、リモートセンシングデータベース、リモートセンシング技術の開発に注力するとしている。

#### (1)宇宙科学技術の開発・利用戦略(2021-2030年)4

科学技術省(MOST)とベトナム科学技術院(VAST)が共同で策定した戦略。社会経済発展 計画の内容に沿ったものとなっている。

#### ①具体的目標

- (a) 宇宙科学技術に関する主要プログラム
  - 地球観測衛星搭載の光学センサ及びレーダセンサの設計・製造・統合の技術習得
  - 小型、高分解能、超高分解能衛星の組立・統合・試験の技術習得
  - 地上設備、衛星管制及びデータ受信局、通信トランスポンダの設計及び製造技術の 習得
  - 衛星伝送能力の獲得(特に遠隔地、国境、島しょ部における主権保護・安全保障の 確保)
  - ベトナムの測位能力の構築
  - 成層圏プラットフォームの利用(科学研究、データ取得、観光サービス等)

### (b)宇宙科学技術の利用

- 自然環境の変化や社会変動に関する意思決定への積極的かつ迅速な支援
- 国家管理のための地図データや地理情報システム(GIS)の効果的利用
- 衛星を利用した通信、航行測位、早期警戒等の様々なサービスの提供

#### (c) 宇宙科学技術分野の人材育成

- 約300人の専門家、3000人のエンジニアの育成
- 約10の研究所の能力向上
- 宇宙科学技術分野の研究、開発及び利用の促進

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> 2021 年 2 月 4 日、ベトナム MOST、2030 年までの宇宙科学技術の開発利用戦略、第 169/QĐ-TTg 号 http://www.most.gov.vn/vn/Pages/ChiTietVanBan.aspx?vID=29019&TypeVB=1 http://www.most.gov.vn/Images/FileVanBan/169\_QD\_TTg.pdf https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Cong-nghe-thong-tin/Quyet-dinh-169-QD-TTg-2021-Chien-luoc-phat-trien-ung-dung-khoa-hoc-cong-nghe-vu-tru-den-2030-464757.aspx

(2) 国家リモートセンシング発展戦略(2019-2030年)5

2018 年 6 月 14 日付の測量・地図作成に関する法律 <sup>6</sup>の下、天然資源環境省(MONRE) が策定した。

#### ①具体的目標

- (a) リモートセンシング衛星の製造、データ受信・処理システム、追跡・管制、無人機 (UAV)・熱気球による地球観測技術を習得する。
- (b) 社会経済発展や国防・安全保障のニーズに応えるため、データ受信局、データ処理 システム、画像データベースを構築する。
- (c)リモートセンシングデータ・技術を幅広く活用し、天然資源・環境監視、捜索救助、自然災害防止・対応、気候変動対応に焦点を当てる。リモートセンシング分野における国際協力を強化する。
- (d)リモートセンシング技術の管理・応用・開発ニーズを満たす資格・専門性を有する人 材を育成する。

#### ②ビジョン

リモートセンシング衛星、データ受信局・処理システム、追跡管制局、管制局、UAV による 撮像システム、リモートセンシング用熱気球の製造を完了し、社会経済発展、国防及び 安全保障のためのリモートセンシング技術の利用ニーズに応えていく。ベトナムのリモー トセンシング技術の利用水準を、近隣地域の他国や世界の発展途上国と同等レベルま で向上させる。

#### 2.1.3. その他の戦略

社会経済発展戦略の下、政府は、以下のような様々な戦略を策定している。

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> 2019 年 2 月 1 日、ベトナム政府、第 149/QD-TTg、https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Cong-nghe-thong-tin/Quyet-dinh-149-QD-TTg-2019-Chien-luoc-phat-trien-vien-tham-quoc-gia-2030-2040-406612.aspx

https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Cong-nghe-thong-tin/Quyet-dinh-149-QD-TTg-2019-Chien-luoc-phat-trien-vien-tham-quoc-gia-2030-2040-406612.aspx

#### (1) 国家防災戦略(2021-2030年)7

2021 年 3 月、フック首相は、2050 年を見据えた 2030 年までの防災戦略を承認した。自然 災害リスクから社会・国民を守り、持続可能な社会経済発展の条件を形成し、安全な国防維持が可能な国家を段階的に構築することを目的にしている。自然災害を積極的に防止し、気候変動に対応し、国民の生命と財産の損失を最小限に抑えていく。なお、同戦略は、農業農村開発省(MARD)によって策定された。

#### 1月標

- ・暴風雨や洪水が発生した際、国民の生命や安全を確保することに重点を置き、鉄砲水や地滑りによる人的被害を 2011-2020 年と比較して 50%削減し、自然災害による被害を軽減する。
- ・自然災害の予防・管理に関する法律・政策を制定し、自然災害の予防と管理、指示、 指揮、実施のための法的枠組みを構築する。
- ・自然災害の予防・管理を担当する組織・チームは、合理的、専門的方法で統合され、 有効性・効率性を確保する(近隣の主要国と同レベルの、防災と捜索救助のための先 進的・近代的手段と設備)。
- ・全ての政府機関、組織、世帯が情報を入手し、防災スキルの理解に努める。自然災害 の予防・管理を担当するチームは、訓練を通じて必要な知識と設備を完備する。
- ・自然災害の監視・予測・警告・分析能力を、近隣の主要国と同レベルとする。
- ・防災管理に利用されるデータは、双方向で同期され、国家、地域、地方の監督機関および運用機関の防災データベースを補完する。
- ・自然災害、特に暴風雨、洪水、地滑り、鉄砲水から国民の安全を守る。インフラの弾力性と自然災害防止に取り組み、特に堤防、湖、ダム、嵐を避けるための船舶停泊エリアの改修通じて、自然災害に対する安全性を確保する。

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> ベトナム政府電子ポータル、2021-2030 年国家防災戦略(第 379/QÐ-TTg 号)

 $http://vanban.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class\_id=2\&\_page=1\&mode=detail\&document\_id=202816$ 

https://luatvietnam.vn/tai-nguyen/quyet-dinh-379-qd-ttg-phe-duyet-chien-luoc-quoc-gia-phong-chong-thien-tai-den-2030- 199877-d1.html

http://www.donre.hochiminhcity.gov.vn/Lists/vanbanmoi/Attachments/924/Quyet%20dinh%20379%20Q D-TTq.pdf

Lawsoft、https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyet-dinh-379-QD-TTg-2021-phe-duyet-Chien-luoc-quoc-gia-phong-chong-thien-tai-den-2030-467883.aspx

#### (2)国家環境保護戦略(-2030年)案8

2050 年を見据えた 2030 年までの戦略で、天然資源環境省(MONRE)が農業農村開発省(MARD)と共同で策定した。2021 年 9 月時点で、政府による検討が行われている。

#### 1月標

2030 年までに、環境劣化や緊急性を要する環境問題を解決し、環境品質の向上・改善・回復を徐々に進める。生物多様性の減少を防止し、気候変動に対して積極的に対応する。環境安全保障の確保、グリーン、低炭素経済の構築・発展を実現し、2030 年の持続可能な開発目標(SDGs)を達成する。

#### ②目標達成のための手段

環境問題に関する人々の意識向上に取り組むほか、環境保護に関する制度、政策、 法律の改定を継続して行う。環境保護、広報・情報の透明性に関する指針・規制を強化 する(科学技術の利用、技術インフラの構築、ネットワーク監視、環境データベース)。

#### ③主なタスク

循環経済の統合、環境安全保証、水質管理計画、汚染土の復旧計画、自然遺産の環境保護、計10億本の植樹プロジェクト(2021-2025年)。

#### (3)水文気象発展戦略(2021-2030年)<sup>9</sup>

2045 年までのビジョンを見据えた 2030 年までの水門気象発展戦略。MONRE が策定し、2021 年 11 月、副首相によって承認された。水文気象分野の近代化を目標にしており、自然災害の予測・警報等の精度向上を通じて、社会経済の発展に貢献する。2020 年と比較して、危険な自然災害が頻発する地域での開発を優先し、水門気象監視ネットワークの開発・近代

<sup>8</sup> 国家環境保護戦略草案 2021-2030 年、第 6553/VPCP-NN 号

https://thuvienphapluat.vn/cong-van/Tai-nguyen-Moi-truong/Cong-van-6553-VPCP-NN-2021-du-thao-Chien-luoc-bao- ve-moi-truong-quoc-gia-den-2030-488315.aspx

https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=204078

https://datafiles.chinhphu.vn/cpp/files/vbpg/2021/09/6553.signed.pdf

<sup>2021</sup>年9月19日、MONRE、https://monre.gov.vn/Pages/ra-soat,-hoan-thien-du-thao-chien-luoc-bao-ve-ruong-quoc-gia-den-nam-2030.-tam-nhin-den-nam-2050.aspx

<sup>2021</sup>年6月5日、MONRE、http://cspl-tnmt.monre.gov.vn/tham-van2/hoan-thien-du-thao-chien-luoc-bao-ve-moi-truong-quoc-gia-den.html

<sup>9 2021</sup> 年 11 月、水文気象発展戦略 2021-2030

https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyet-dinh-1970-QD-TTg-2021-Chien-luoc-phat-trien-Nganh-Khi-tuong-Thuy-van-den-2030-495379.aspx

<sup>2021</sup>年8月5日、MONRE、https://monrenews.gov.vn/khi-tuong-thuy-van/hoan-thien-chien-luoc-phat-trien-nganh-khi-tuong-thuy-van-den-nam-2030-1850.html

<sup>2021</sup>年8月4日、建設省電子ニュース

http://www.kttvqg.gov.vn/chi-dao-dieu-hanh-103/chien-luoc-phat-trien-nganh-kttv-den-nam-2030-tam-nhin-2045- 9971.html

化を目指す。また、水門気象災害が頻発する地域に国家水門気象局及び気候変動監視局を 設置するための作業を優先する。

#### (4) 電子政府発展戦略(2021-2025年)10

通信省が策定した、2030年までのビジョンを見据えた2025年までの電子政府発展戦略で、2021年6月に首によって承認された。行政手続きのオンライン化や全国民がデジタルIDを保有すること、2030年には国連の電子政府ランキングで上位30カ国に入ること等を目指す。

#### 2.2. 国家産業発展戦略

2014 年 6 月、グエン・タン・ズン首相(当時)は、2035 年を見据えた 2025 年までの国家産業発展戦略を承認した。同戦略は、10カ年社会経済発展計画 2011-2020 年 <sup>11</sup>の下、商工省(MOIT)によって策定された。2020 年 9 月、ベトナム政府は、新たな 10 カ年社会経済発展計画 2021-2030 年の下で策定される、2045 年を見据えた 2030 までの国家産業発展戦略に関する政府の行動計画を発表した。同計画では、党中央執行委員会政治局の指針の下、政府、省庁、政府機関、地方省や中央直轄市の人民委員会、地方自治体の取り組む課題が示されている。

### 2.2.1. 国家産業発展戦略 (2014-2025年) 12

#### ①主な目的

すべての経済セクターから資源を効率的に動員し産業を発展させる。

- 民間セクターの発展と外国投資を促進する。
- ·質の高い人材と先進技術の下、農業·農村の工業化と近代化に注力する。
- 世界の工業生産バリューチェーンに積極的に参入する。
- ・国防・安全保障のためのデュアルユース産業の発展に焦点を当てる。
- ・グリーン成長、持続可能な開発、環境保護に基づく産業発展に取り組む。
- ・熟練した、規律正しく、創造的な産業分野の人材育成に焦点を当てる。

10 2021 年 6 月 16 日、情報通信省、電子政府発展戦略、942/QD-TTg 号

https://mic.gov.vn/mic\_2020/Pages/TinTuc/147627/Lan-dau-tien-Viet-Nam-ban-hanh-Chien-luoc--ve-phat-trien-Chinh-phu-dien-tu-huong-toi-Chinh-phu-so.html

2021年6月23日、JETRO、2025年のデジタル・ガバメントの実現目指し戦略を策定

https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/06/345e2381777be64f.html

<sup>11</sup> 2011 年 3 月 20 日、中央組織委員会、社会経済発展計画 2011-2020 年

http://www.xaydungdang.org.vn/Home/vankientulieu/2011/3511/chien-luoc-phat-trien-kinh-texa-hoi-20112020.aspx

<sup>12 2014</sup> 年 6 月、国家産業発展戦略、879/QD-TTg 号、https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Doanhnghiep/Quyet-dinh-879-QD-TTg-2014-Chien-luoc-phat-trien-cong-nghiep- den-2025-tam-nhin-2035-234516.aspx

- ・農業、林業、漁業、エレクトロニクス、電気通信、新エネルギー、再生可能エネルギー、機械工学、医薬品化学分野の競争優位性と高度で近代的な技術を有する産業のための技術開発・移転を優先する。
- ・産業分野の空間分布を適切に調整し、セクター、地域間の連携を促進する。

#### ②優先分野

- (a)加工·製造産業
- ・機械・冶金: 2025 年まで、農業用機械・機械設備、製造鋼などの分野や製品 2025 年以降、造船、金属、新素材などの産業や製品
- ・化学: 2025 年まで、化学製品、石油化学製品、プラスチックおよびゴム部品の生産 2025 年以降、医薬品化学産業の発展
- ・農林水産加工: 2025 年まで、農業部門の再編による農産物、魚介類、木材加工の加工 率の向上、農産物の農業生産と加工、ブランディング、競争力において 国際基準を満たす。
- ・繊維・履物: 2025 年まで、国内生産、輸出用原材料・付属品の生産 2025 年以降、おしゃれ服や高級靴の製造
- (b)エレクトロニクス·電気通信産業
- 2025年まで、コンピュータ機器、電話、部品の開発
- ・2025 年以降、ソフトウェア開発、デジタルコンテンツ、情報技術サービス、医療用電子機器
- (c) 新エネルギー・再生可能エネルギー
- ・2025年まで、風力、太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギーの開発
- ・2025 年以降、平和目的の原子力開発や地熱、海洋波などの再生可能エネルギーの開発

#### 2.2.2.2030 年までの国家産業発展戦略の策定

(1) 共産党中央執行委員会政治局の指針 13

2018 年 3 月、政治局は、2045 年を見据えた 2030 までの国家産業発展戦略策定に向けた指針(2018 年 3 月 22 日付、第 23-NQ/TW)を発表した。ベトナムは工業化・近代化の目標を達成し、近代的工業国となること、東南アジア諸国連合(ASEAN)地域の産業界をリー

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> 2018 年 3 月 22 日、政治局の指針、23-NQ/TW、https://tulieuvankien.dangcongsan.vn/he-thong-van-ban/van-ban-cua- dang/nghi-quyet-so-23-nqtw-ngay-2232018-cua-bo-chinh-tri-ve-dinh-huong-xay-dung-chinh-sach-phat-trien-cong-nghiep-quoc-gia-den-nam-4125

ドする 3 カ国の仲間入りを果たし、多くの産業界が国際的に競争力を有し、グローバルなバリューチェーンに深く関わること、2045 年までに近代工業国となるとしている。

#### ①全体目標

2030 年までに、ベトナムは工業化・近代化の目標を達成し、基本的に近代的工業国となり、東南アジア諸国連合(ASEAN)地域の産業界をリードする3カ国の仲間入りを果たす。 多くのベトナムの産業が国際競争力を有し、グローバルなバリューチェーンに深く参入し、 2045 年までに近代工業国となることを目指す。

#### <指針>

土地利用に関する空間分布と産業再編、優先産業の発展、産業発展のための良好な 投資・ビジネス環境の創出、産業企業の発展、産業人材育成、産業発展のための科学技 術、天然資源・鉱物資源開発、産業発展プロセスにおける環境保護・気候変動対応、党 のリーダーシップ能力、国家管理の有効性と効率性の改善、国家の産業発展政策の策 定・実施における国民の権利の促進に関する方向性が示されている。

#### ②政府の行動計画 14

2020 年 9 月、ベトナム政府は、2045 年を見据えた 2030 までの国家産業発展戦略の 策定に向けた政府の行動計画を発表した。政治局決議を徹底的かつ効果的に組織し、政 府、省庁、政府機関、地方省や中央直轄市の人民委員会、地方自治体がそれぞれ計画 の遂行に責任を負うものとしている。

#### <2030年までの具体的目標>

- 国内総生産(GDP)に占める産業の割合は 40%以上、加工・製造業の割合は約 30% に達し、そのうち製造技術は 20%以上に達する。
- 加工および製造業におけるハイテク工業製品の割合は、少なくとも45%に達する。
- 産業付加価値の成長率は年平均 8.5%を超え、そのうち加工・製造業は年平均 10%以上に達する。
- 産業労働生産性の上昇率は年平均 7.5%に達する。
- 産業競争力指数(CIP)は、アセアン諸国のトップ3に入る。
- 産業およびサービス部門の労働者の割合は70%以上に達する。
- 国際的な競争力を持つ大規模な国内産業企業の数を構築する。

<sup>14</sup> 2020 年 9 月 3 日、政府の行動計画、124/NQ-CP、https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Dau-tu/Nghi-quyet-124-NQ-CP-2020-thuc-hien- Nghi-quyet-23-NQ-TW-phat-trien-cong-nghiep-quoc-gia-den-2030-451591.aspx

#### 2.3. ベトナムの宇宙関連組織

#### 2.3.1. 宇宙科学技術の開発利用戦略に係る担当省庁と役割

#### (1)ベトナム宇宙委員会(VSC)<sup>15</sup>

首相直下に置かれ、政府の諮問機関として、宇宙科学技術の開発利用戦略の実施における省庁間の調整や課題解決を担っている。委員長は科学技術大臣が、副委員長は科学技術副大臣及ベトナム科学技術院(VAST)院長が務めている。情報通信省(MIC)、天然資源環境省(MONRE)、商工省(MOIT),農業農村開発省(MARD)、公安省(Bocongan)、国防省(MOD)及び運輸省(MT)の各副大臣のほか、VAST 宇宙技術研究所(STI)所長、VAST 地理学研究所科学評議会メンバー、ベトナム航空宇宙協会(Vietnam AeroSpace Association: VASA)会長、ハノイエ科大学(HUST)代表が委員となっている。

#### (2)科学技術省(MOST)

民生分野における戦略の実施を監督・管理する。

#### ①タスク

- ・宇宙戦略の展望、目的、タスク及びソリューションに合致したプログラム、計画、プロジェクトを策定・実施するよう省庁・地方自治体を指導している。
- ・宇宙科学技術分野の重要プログラムにおける研究能力を強化するためのプロジェクトを 策定・実施する。
- ・宇宙科学技術分野の政策立案、監督、イノベーションを推進するスタートアップ企業の支援に携わる公務員向け訓練プログラムを実施する。
- ・開発投資における優先度の高いハイテク製品リストの改定・補足作業を迅速に実施する。
- ・デュアルユース品目の技術移転を奨励するメカニズム・政策を策定・提案する。
- ・国連宇宙空間平和利用委員会(UNCOPUOS)の活動に参加するための提案書の策定を行う。
- ・資源の配分を優先し、宇宙科学技術関連の多国間会議・活動に積極的に参加する。
- 宇宙科学技術の社会経済への影響に関する評価や統計指標の研究・提案を行う。
- ・省庁、地方自治体における戦略の統合、統計の作成、評価、審査の調整を担う。

#### (3)国防省(MOD)

主権保護のためのミッション遂行に必要な戦略の実施を監督・管理する。

.

<sup>15</sup> ベトナム宇宙委員会、

 $http://vsc.gov.vn/index.php?option=com\_content\&view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165\&lang=view=article\&id=268\&Itemid=165$ 

#### (1)タスク

- ・国家主権保護の職務に資する地球観測能力や航行測位能力を開発するためのプロジェクトを企画・調整・実施する。
- 宇宙空間における国家主権保護の業務に関する国民の意識向上を図る。
- ・宇宙戦略に関するプログラム、計画、スキーム、プロジェクトを策定し、国家主権保護タスクと統合する際、省庁及び地方自治体を指導する。

#### (4)公安省(MPS)

国の安全を確保するため、地球観測データを利用した戦略の遂行を監視・調整する。

#### (1)タスク

- ・地球観測データを利用した国家安全保障のための重要地域の社会的変化を監視する能力を構築・向上させる。
- ・ブロードバンド衛星システムのネットワークセキュリティを監視・確保するためのメカニズム の研究、レビュー、試験を実施する。
- ・宇宙活動に起因する国家安全保障上の課題に関する認識を普及・促進させる。
- ・宇宙戦略に関するプログラム、計画、プロジェクトを策定する際、国家安全保障の確保に 必要なタスクと統合するため、省庁及び地方自治体を指導する。

#### (5)ベトナム科学技術院(VAST)

内閣直属の国立機関で、主に自然科学分野の開発や基礎研究を行うほか、傘下の宇宙技術研究所(STI)やベトナム国家宇宙センター(VNSC)を通じて、小型衛星や宇宙技術の開発等に取り組んでいる。

#### (1)タスク

- ・資源の優先順位の下、首相が承認したスケジュールに沿って VNSC の建設プロジェクトを完了する。
- ・無人機(UAV)との組み合わせによる光学センサ技術、レーダを使用した高分解能、超高分解能小型衛星による地球観測に関する国家能力強化のためのするプロジェクトを構築・実施する。
- ・宇宙科学技術に関する意識向上のための省庁及び地方自治体活動に資する資料編纂 及び情報提供を行う。
- 「ベトナム宇宙の日」イベントを毎年開催する等、若い世代の啓発活動を優先して行う。
- 宇宙科学技術に関する全国会議を開催する。
- 宇宙科学技術に関する共有資源の収集、統合、整理のための国家ミッションを遂行する。
- 宇宙科学技術に関する国家重要プログラムのための研究等を実施する。

#### (a)ベトナム国家宇宙センター(VNSC)

VAST 傘下の研究機関として、宇宙技術分野の高技能人材の育成、衛星の研究・設計・開発・組立て・試験、衛星の追跡・管制、衛星技術利用のためのデータ収集・保存・処理、衛星画像アプリケーションの開発、宇宙科学技術の研究・開発・利用・普及、衛星技術に関する設備開発、国内・国際協力プロジェクトの実施等を担っている。

#### (i)衛星開発に関する取組み

#### ●キューブサット「PicoDragon」16

- ・サイズ 1U のキューブサットで、2007 年より VNSC が日本の技術支援を受けて開発し、2013 年 8 月に HTV4 で ISS へ搬送され、同年 11 月に ISS から放出され、信号受信に成功した。運用期間は 3 カ月で、低解像度カメラや搭載システムの実証試験が行われ、2014 年 3 月に大気圏に再突入して燃え尽きた <sup>17</sup>。
- ・VNSC が開発、製造、組立、試験をベトナムで実施し、振動・熱試験については東京 大学の中須賀研究室で、その他の試験は JAXA 及び IHI エアロスペース社で行わ れた。地球観測用小型衛星の設計・製造に関する能力開発を目的に実施された。

#### ●小型技術試験衛星「MicroDragon(MDG)」18

- ・日本による4年間のキャパピルプログラムとして、JAXA 革新的衛星技術実証プログラムへの下、東京大学や慶應義塾大学等が参加し、VNSC の 30 名のエンジニアと共同で衛星の開発を行った。同衛星は、質量 50kg、運用寿命 3 カ月で <sup>19</sup>、2019 年 1 月にイプシロンロケット 4 号機で打ち上げられ、取得画像の送信に成功した。
- ・今後、搭載カメラによるベトナム沿岸の観測や、ストア・アンド・フォアワード通信など の工学実証実験を実施する予定。

#### ●小型技術試験衛星「NanoDragon」<sup>20</sup>

・VNSC と明星電気との共同プログラム。質量 4kg、3U のキューブサットで、2021 年 11 月にイプシロンロケットで打ち上げられた。2021 年 12 月時点で、衛星との通信が確立できていない <sup>21</sup>。

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> https://iss.jaxa.jp/en/kuoa/news/pdf/09\_SEU\_APRSAF-22\_Trang.pdf

<sup>17 2015</sup> 年 11 月、VNSC、https://vnsc.org.vn/en/projects/profile-of-the-picodragon-satellite/

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> https://www.kenkai.jaxa.jp/publication/event/2020/pdf/ws2020\_06\_01.pdf https://www.eng.tohoku.ac.jp/news/news7/detail-,-id,1280.html

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> https://en.vietnamplus.vn/vietnams-microdragon-satellite-enters-space/145352.vnp

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/interview/02/interview02\_15.html

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> https://www.viet-jo.com/news/social/211203081813.html https://en.vietnamplus.vn/vietnam-has-yet-to-receive-signal-from-nanodragon-satellite/216464.vnp

- ・開発から設計、統合、機能テストまでベトナム国内で実施した。九州工業大学の超小型衛星試験センターで振動、衝撃、熱真空などの耐久度を試す宇宙環境試験を受けた。明星電気株のオンボードコンピュータ搭載。
- ・地球の画像取得と衛星技術の試験を目的としている。運用寿命は2年22。
- ・革新的衛星技術実証プログラムの 2 号機テーマ(明星電気株式会社提案)に選定された。

#### (ii)進行中の衛星プログラム及び将来計画

- ●小型レーダ地球観測衛星「Lotusat-1」<sup>23</sup>
- ・2023 年の打上げが予定されている。衛星の質量は 580kg、設計寿命 5 年で、観測モードは、スポットライトモード(分解能 1m、観測幅 10km)、ストリップマップモード(分解能 2m、観測幅 12km)、スキャン SAR モード(分解能 16m、観測幅 50km)となっている。
- ・2020年4月、NECは、VNSC向けの地球観測衛星「LOTUSat-1」の開発・製造・打ち上げサービス調達と地上システム整備及び人材育成に関する契約を、住友商事株式会社から一括受注したと発表した。同契約は、日本のODAを利用して実施されている。

#### ●小型地球観測衛星「Lotusat-2」

•NEC の指導の下、ベトナム人技術者が、Lotusat-1 の後継機となる質量 600kg<sup>24</sup>の 衛星の開発・製造を行う予定。(打上げ時期は未定)<sup>25</sup>。

#### ●小型地球観測衛星「VNREDSat-2」

・2021年11月3日、VASTは、フランス国立宇宙研究センター(CNES)及びエアバス 社と、VNREDSat-1の後継となる VNREDSat-2 プロジェクトで協力するための趣意

<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> https://iss.jaxa.jp/en/kuoa/news/pdf/09\_SEU\_APRSAF-22\_Trang.pdf

<sup>23 2020</sup> 年 4 月 23 日、NEC、https://jpn.nec.com/press/202004/20200423\_02.html

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> http://english.vietnamnet.vn/fms/science-it/172162/vietnam-to-launch-radar-satellites-for-environmental- management.html

<sup>2018</sup>年5月30日、VAST、https://vast.gov.vn/web/vietnam-academy-of-science-and-technology/tin-chi-tiet/-/chi- tiet/vietnam-to-launch-micro-dragon-satellite-by-late-2018-9135-917.htmll https://spacewatch.global/2018/10/vietnams-lotusat-1-expected-to-be-launched-in-2019/http://english.vietnamnet.vn/fms/science-it/172162/vietnam-to-launch-radar-satellites-for-environmental- management.html

<sup>25</sup> http://english.vietnamnet.vn/fms/science-it/172162/vietnam-to-launch-radar-satellites-for-environmental- management.html

<sup>2018</sup>年5月30日、VAST、https://vast.gov.vn/web/vietnam-academy-of-science-and-technology/tin-chi-tiet/-/chi- tiet/vietnam-to-launch-micro-dragon-satellite-by-late-2018-9135-917.htmll https://spacewatch.global/2018/10/vietnams-lotusat-1-expected-to-be-launched-in-2019/http://english.vietnamnet.vn/fms/science-it/172162/vietnam-to-launch-radar-satellites-for-environmental- management.html

書(LOI)を締結した<sup>26</sup>。VASTとエアバス社は、技術移転を含む地球観測システムについて協議を進めていく。

#### (b)地理学研究所(IG)

地理学分野の基礎研究、科学技術サービスの調査計画の策定を行っている 27。

#### (i)タスク <sup>28</sup>

- ・地理的な自然法則・プロセスの基礎研究、天然資源・環境の地理学的特性把握、地理的メソッドの基礎研究
- 諸条件、天然資源、人材及び環境の全般的評価、基礎調査
- ・経済・社会・人文的地理学及びグローバリゼーションプロセスの影響に関する基礎研究.
- ・人的影響及び世界的な気候変動が引き起こす自然災害及び地理的環境の変化の研究、予測、警告発出
- ・地理学分野の応用研究及び先端科学研究の実施等。民生・社会経済事業の環境影響の査定、診断、評価
- ・地理学及びその他関連分野の科学技術サービスの調達計画策定
- ・地理学及びその他関連分野における高い科学技術技能・知識を有する人材の訓練 計画策定
- 研究、地理的訓練、及びその他関連分野の国際協力

#### (c)海洋地質地球物理研究所(IMGG)<sup>29</sup>

地質学、海洋地球物理学、海洋物理学、及び法で規定されるその他分野における基礎研究、基礎調査、技術開発、高技能人材の育成

#### (i)タスク

・海洋の基礎研究・基礎調査:環境保護及び防災のための地質学的環境及び自然災害の種類の研究、鉱物探査及び海洋構造物建造のための地球力学及び地球構造の研究、海洋及び島しよ部の主権保護のための国防・安全保障に資する地球物理学の研究、建築・環境保護・(気象)予報及び減防災に資する大気物理学と海洋物理学の研究、海洋経済開発の立案・計画に科学的根拠を提供するための海洋資

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> 2021月11月3日、エアバス社、https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-11-airbus-and-vietnam-strenghthen-partnership-on-space-observation

<sup>27</sup> http://ig-vast.ac.vn/

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> http://ig-vast.ac.vn/vi/danh-muc/gioi-thieu-chung-92.html

<sup>29</sup> http://imgg.vast.vn http://imgg.vast.vn/gioi-thieu/chuc-nang-nhiem-vu-3

源・エネルギーの研究・統合、ベトナム領海及び近接領域の自然・鉱物の状態に関する基礎調査

- ・技術開発:天然資源管理及び海洋環境保護のためのリモートセンシング及び GIS 技術の利用、海洋及び島しょ事業における探査・利用・建設・保護への高度技術の適用、領海主権の研究・宣伝・保護のための East Sea に関する最新の研究の収集と更新、海洋経済研究・計画・開発に資する海洋科学技術データベースの構築、海洋に関する新たな科学技術研究結果の製造・事業段階への移行、国内外の科学組織との科学研究及び海洋技術展開のための合弁事業・協力等
- ・適格の国家機関の依頼による科学技術認定の評価、重要な海洋事業のための経済・技術に関する議論への参加
- ・海洋地質学・地球物理学及びその他関連分野の科学技術サービス
- ・海洋地質学・地球物理学及びその他関連分野の高い知識・技能を持つ科学技術人 材の育成
- ・海洋地質学・地球物理学及びその他関連分野の国際協力

#### (ii)衛星データの利用

・国防・安全保障、国家主権の保護に関する科学研究の成果について紹介している 30。

#### (d)宇宙技術研究所(STI)

宇宙科学技術に関する基礎的事項の研究、小型地球観測衛星の研究開発、天然資源・環境・災害管理のための宇宙技術及びリモートセンシング、GIS・GPS アプリケーションに関する独自の科学技術プログラムの策定及び実施を担っている。

#### (i)タスク

- ・宇宙科学分野の研究開発、小型衛星技術の受容及び設計・組立て統合・試験・運用・点検に関する同技術の習得、宇宙技術アプリケーションの実利用及び宇宙技術 の付加サービスの提供
- ・宇宙技術の研究及び利用を目的としたインフラの開発、宇宙技術の主要研究所の 設置、宇宙技術設備・地球観測衛星・地上局等の試験
- ・宇宙技術アプリケーション開発の政策・宇宙空間利用の法律にかんする国家の管理 組織への相談、委員会に宇宙技術研究・利用に関する専門的な支援を行う独立組 織としての役割、製造・サービスセクターの管理・需要に役立つアプリケーション及び 宇宙技術開発に関する情報の提供
- ・大学院生スタッフの育成、大学での研修への参加、宇宙技術に関する知識の普及

\_

<sup>30</sup> http://imgg.vast.vn/gioi-thieu/gioi-thieu-chung-1

宇宙科学技術分野の国際協力

#### (ii)衛星に関する取組み

- ●小型光学地球観測衛星「VNREDSat-1」31
- ・フランス政府の ODA の下、VAST 傘下の宇宙技術研究所(STI)が実施した小型光 学地球観測衛星で、2013年5月に仏アリアンスペース社のベガ(Vega)ロケットで打 ち上げられた。旧アストリウム社(現エアバス(Airbus 社))によって製造され、STI と ベトナム天然資源環境省(MONRE)傘下の国家リモートセンシング局(NRSD)32が 共同で運用している33。
- ·衛星の分解能は 2.5m(パンクロ)、10m(マルチ)、観測幅 17.5m、打上げ時質量は 約 130kg、運用寿命は 5 年 <sup>34</sup>。

#### (e)地質研究所(IGS)35

地球科学分野の基礎研究・科学技術サービスの開発・高技能人材の育成

#### (i)タスク

- ・地球の岩石圏の構造問題(駆動力、物質組成。歴史)の基礎研究
- 持続可能な開発のためのジオハザード及びその低減策の研究・調査・評価
- ・地質的資源、鉱物処理技術、及び地質的資源利用の合理的ソリューションの研究・ 調査・評価
- ・地球環境問題及び汚染防止・軽減方策の研究・調査・評価
- 地質工学的問題の研究
- ・地質学、地球環境、及び地質学的資源に関する研究・調査の効率向上を目的とする 技術・エンジニアリングの開発・改善
- ・地質学及び関連分野の科学技術サービスの提供
- ・地質学及び関連分野の高技能人材の育成
- 地質学及び関連分野の国際協力

#### (6)教育訓練省(MOET)

.

<sup>31</sup> エアバス社、VNREDSat-1、https://www.airbus.com/en/products-services/space/earth-observation/earth-observation- portfolio/vnredsat-1 https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-11-airbus-and-vietnam-strenghthen-partnership-on-space-observation

<sup>32</sup> NRSD About, http://rsc.gov.vn/SitePages/About.aspx?item=17

<sup>33 2013</sup> 年 9 月 4 日、VAST、Lễ bàn giao hệ thống vệ tinh VNREDSat-1 http://vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1690-le-ban-giao-he-thong-ve-tinh-vnredsat-1

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup> VNREDSat-1, https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vnredsat-1

<sup>35</sup> https://vast.gov.vn/web/vietnam-academy-of-science-and-technology/tin-chi-tiet/-/chi-tiet/institute-of-geological-sciences-8817-875.html

#### (1)タスク

- ·STEM 教育を通じた知識の普及·強化、学生を対象にした宇宙科学記事の公表
- ・宇宙科学技術の習得、開発、利用ニーズを満たすための5つ以上の訓練施設の設置
- ・宇宙科学技術及び関連大学・研究機関の技術者訓練プログラムの構築
- ・宇宙科学技術研究グループによる開発や関連大学・研究機関による宇宙科学技術利用 への投資

#### (7)情報通信省(MIC)

#### (1)タスク

- ・社会経済発展、主権保護、国家安全保障の確保のための宇宙技術の役割と可能性に関する社会意識を高めるための通信サービスに関する活動の強化
- ・静止通信衛星「VINASAT-1」、「VINASAT-2」の後継プロジェクトの研究・開発
- ・衛星データサービスの国内外市場の構築及びベトナムの測位システムの利用促進

#### ②運用中の衛星及び計画

- (a)静止通信衛星「VINASAT-1」
- ・ベトナム初の静止通信衛星で、2008 年 4 月にアリアン 5(Ariane 5) ロケットで打ち上げられた。
- ・MIC 傘下の通信・郵便事業を担う国営企業ベトナム郵政通信グループ (Vietnam Posts and Telecommunications Group: VNPT) 社が運用を行っている。
- ・米ロッキード・マーチン(LM)社製 A2100 型衛星バスを使用し、拡張型 C バンド 8 本、Ku バンド 12 本の通信トランスポンダを搭載し、質量は 2.6 トン(打上げ時)。 東経 132 度静止軌道から、ベトナム全土の通信ネットワークインフラの向上に利用されている。

#### (b)静止通信衛星「VINASAT-2」

・VNPT 社が運用する 2 機目の衛星で、2012 年 5 月、アリアン 5 ロケットで打ち上げられた。LM 社製 A2100 型衛星バスを使用し、Ku バンド 24 本の通信トランスポンダを搭載。質量は 3トン(打上げ時)。 東経 131.8 度静止軌道から、日本を含むアジア・オセアニア地域への通信サービスの提供を目的にしている。

#### (c)計画中の通信衛星

・2021 年 11 月、VNPT 社と仏ターレス(Thales)社は、ベトナムのデジタル変革で協力 するための了解覚書(MOU)を締結した。スマートシティ、サイバーセキュリティや、 VINASAT-1 及び VINASAT-2 の後継機となる VINASAT-3 及び VINASAT-4 を介した 5G、航空・海上通信サービスに関する協議を開始するとしている <sup>36</sup>。

#### (8)外務省(MOFA)

#### (1)タスク

- ・ベトナムが加盟済みまたは加盟予定の宇宙関連の国際条約の実施条件を確保するため の国内の法的根拠の修正および補足に関する検討・提案
- ・宇宙科学技術力を有する国及び組織との平和的目的の宇宙探査・利用で協力するため の二国間・多国間協力協定締結に向けた協議の促進

#### (9)内務省(MOHA)

#### (1)タスク

・民間の宇宙活動に関する統一された管理モデルの研究や、主権保護、国家安全保障の確保のためのミッション遂行に関する政府への助言を行う。

#### (10)法務省(MOJ)

#### (1)タスク

- ・国家賠償責任法の改正・補足に関する検討・提案
- 国内外の宇宙物体に起因する損害賠償責任の法的根拠の確立
- ・国家宇宙法の策定に向けた検討・提案作業に関する首相への助言

#### (11)天然資源環境省(MONRE)

天然資源の管理や環境基準の整備等を進めている。

#### (1)タスク

(1)ダスク

- ・リモートセンシング活動に関する 2019 年 1 月 4 日付法令 03/2019/ND-CP <sup>37</sup>の改正・補足、地球観測データの法的根拠の構築、データ利用に関する検討・提案
- ・領土、領海、国の重要業務の管理・監視のための地理情報システム(GIS)構築への投資
- ・国家データベース、地球観測データベース構築のためのメカニズムの研究・開発、衛星データ処理サービスの開発
- ・衛星データ処理サービスの提供を国家機関や組織に委託するためのパイロットメカニズムの提案

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> 2021 年 11 月 9 日、Thales、https://www.thalesgroup.com/en/vietnam/press-release/new-partnership-between-thales- and-vnpt-accelerate-digital-transformation

<sup>&</sup>lt;sup>37</sup> https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Cong-nghe-thong-tin/Nghi-dinh-03-2019-ND-CP-hoat-dong-vien-tham-387694.aspx

・地球観測データサービスの国内外市場の形成促進のためのメカニズムと政策の検討・提案

#### (a)天然資源環境部(DONRE)

- ・地方省及び中央直轄市の人民委員会傘下に置かれており、環境管理に関しては MONRE の指揮を受ける 38。
- ・水資源、鉱物資源、及び環境の管理を担当している。

#### (i)タスク 39

- ・ホーチミン市人民委員会及び同委員会委員長への各種政策関連文書の提出、ドラフト作成
- ・土地利用、水資源、鉱物資源、環境、水文気象学、気候変動、測量・地図作成、海及 び島の統合管理、リモートセンシング分野における各種政策文書(含基本計画)の策 定等、及び計画実行の監督
- 情報の収集・管理、情報利用環境整備等

#### (b) 国家リモートセンシング局(NRSD)

・天然資源監視、環境保護、防災、社会経済、及び安全保障の発展を目的としたリモートセンシング活動の管理・実施、リモートセンシングサービスの提供を担っている。

#### (i)タスク

- ・リモートセンシングの利用・開発に関する法的文書の作成、リモートセンシングの研究・利用を促進するための仕組み・政策づくり、リモートセンシングの利用・開発等に 係る資金調達の仕組みづくり
- ・インフラ構築、リモートセンシング利用に関する戦略、計画、及び国家プロジェクトの 策定・実行
- ・担当分野のリモートセンシングデータ利用に係るガイドライン作成及び実装
- ・リモートセンシング地上局ネットワーク及び国家リモートセンシングデータベースの管理、リモートセンシングデータの利用、国全体におけるリモートセンシング技術利用・ 開発の管理
- 民生部門向けの地上受信局及びデータ処理センターの建設及び利用
- ・ユーザからのリモートセンシングデータ要件の収集及び分析(毎年及び5年毎)

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup> 2013 年 3 月 21 日、日本環境省、https://www.env.go.jp/air/tech/ine/asia/vietnam/SeisakuVT.html <sup>39</sup> DONRE、http://www.donre.hochiminhcity.gov.vn/default.aspx

- ・国家リモートセンシングデータベース及びメタデータの設置、改良、管理、運用。利用 機関へのデータ提供
- ・政府予算で外国プロバイダから購入したデータを使用するプログラムやプロジェクト に対する評価・助言
- ・リモートセンシング技術の科学研究、利用、開発、及び技術移転。リモートセンシング に関する研修・知識移転コミュニティの知識向上、開発・利用の促進
- ・リモートセンシング分野の国際協力活動の調整。同分野の国際関係拡大の提案及び国際組織と地域組織の取り込み。国際協定の交渉・調印のための他省庁との協力。国際プログラム及びプロジェクトの実施。

#### (ii)衛星データ利用

- ·STIと共同で、小型光学地球観測衛星「VNREDSat-1」の運用を行っている 40。
- ・フランスの地球観測衛星「SPOT-5」の取得データを、森林資源変化の調査・評価プログラム  $^{41}$ や安全保障目的に提供している  $^{42}$ 。なお、過去には LANDSAT 衛星のほか、他の SPOT 衛星の取得データも提供した。

#### (12) 農業農村開発省 (MARD) 43

ベトナムの農業分野全般と農村開発を担当している。

#### ①情報統計センター(CIS)<sup>44</sup>

MARD の下で、情報技術、情報、資料収集・保管を担当している。

#### (a)タスク

- ・MARD 及び地方省農業農村開発局(DARD)の技術部門及び税関等によるレポート等をリソースとした農業生産、市場、輸出に関する月次レポートの作成
- 農業、森林及び水産養殖分野での調査実施
- 農業及び農村開発の統計年鑑の発行

<sup>&</sup>lt;sup>40</sup> 2013 年 9 月 4 日、VAST、Lễ bàn giao hệ thống vệ tinh VNREDSat-1

http://vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1690-le-ban-giao-he-thong-ve-tinh-vnredsat-1

<sup>41</sup> http://rsc.gov.vn/SitePages/ProjectDetail.aspx?item=12

<sup>42</sup> http://rsc.gov.vn/SitePages/ProjectDetail.aspx?item=13

<sup>3</sup> 

https://www.unescap.org/sites/default/files/GeoSpatial\_Data\_in\_MARD\_Viet\_Nam\_Stats\_Cafe\_16Nov2020.pdf

Sustainable Agriculture Transformation Project

https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P145055

<sup>44</sup> https://www.mard.gov.vn/en/Pages/structure.aspx

https://vnsc.org.vn/geoss-

ap10/data/WG5%2020170919/Morning/Overview%20of%20the%20Project%20R-CDTA%208369%20.pdf

- 農業及び農村開発に関する公示、広告物の発行
- ・MARD の情報技術システムの管理
- ・MARD の農業情報システムのデータベース管理

#### (b)衛星データ利用

・合成開ロレーダ(SAR)データを利用した水稲作付面積推定ソフトウェア「INAHOR (稲穂)」の試験利用プロジェクトを実施した。同プロジェクトでは、衛星画像処理の研修が必要との提言がなされた。本プロジェクトにおいて GPS を利用した iPad 上での農地確認(track)も行った 45。

#### ②国家農業計画研究所(NIPP)

MARD 傘下に置かれている。

#### (a)タスク

- 農地計画及びゾーニングの根拠となる科学的な調査活動
- •ベースライン調査(テーマに沿ったマッピング、土壌マッピング等)
- 農業関連資源の評価及び農業生産及び農村開発の長期予測
- ・農地準備、灌漑、輸送、森林帯等を観点とした農業生産特別区域等の農業生産計画 策定
- 農業及び農村開発の投資プロジェクトに関する契約に基づいた活動の実施
- ・技術文書、ガイドラインの作成

#### (b)衛星データ利用

•NIPPを中心に地理空間情報の農業利用が行われている。

#### ③森林調査計画研究所(FIPI)

MARD の下部組織で、森林資源、土地、動植物などの森林資源の管理に関する基礎調査を担っている。国立公園、自然保護区の設置や、動植物遺伝資源の保存に向けた多くのプロジェクトに取り組んでいる。また、林業、農業・農村開発の分野で多くの科学的研究を行っている46。

<sup>45</sup> https://fanfun.jaxa.jp/countdown/daichi2/files/daichi2\_jaxas\_useful\_j.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>46</sup> FIPI、http://fipi.vn/news/details/gioi-thieu-ve-vien-dieu-tra-quy-hoach-rung-796

#### (a) 衛星データ利用

•1980 年代から森林インベントリの作成に衛星データ(LANDSAT、SPOT)を利用している  $^{47}$ 。

#### 2.3.2. 衛星データを利用している大学

#### (1)ハノイ鉱業地質学大学(HUMG)

天然資源の探査と開発に関する技術者や専門家を育成している。教育・訓練、研究・知識 移転を通して、社会及び世界の統合化で生じる要求に対応できる高技能人材を輩出すること をミッションとしている。2030 年までに研究指向型の学際的な大学になることを目指している。 基礎科学、土木工学、経済・経営管理、電気機械技術、環境、地球科学・地質工学、地球数学・土地管理、情報技術、採鉱、石油・ガス、政治学の各学部がある。

衛星測量データを利用した海上重力異常に関するマッピング 48や、Google Earth エンジンプラットフォームにおけるリモートセンシングデータ及びアルゴリズムの利用に関する研究 49 等を行っている。

(2)トゥイロイ大学(Thuyloi University、旧水利大学(資源大学、University of Water Resources))

MARD 所管の公立大学で、科学、エンジニアリング、経済及び管理分野、特に水資源、環境、災害管理分野における高い競争力を持つ人材の育成、科学研究の実施、高度技術の開発・移転を行っている。ベトナムの産業化、近代化、及び持続可能な開発に貢献することを目的としている 50。

土木工学、水資源エンジニアリング、化学・環境、機械工学、電気電子工学、経済経営、コンピューターサイエンス/エンジニアリング、国際教育の各学部がある。

主要研究テーマのひとつに「気候変動追跡及びシステム管理のための人工知能(AI)」があり、同テーマのもとで衛星データを利用した自動災害警報システムの開発、AI モデルと衛星画像及び GIS ツールとを組み合わせた洪水・干ばつ・塩分の侵入の予測・警報発出、衛星画像・リモートセンシング・GIS ツール・AI アルゴリズムを利用した森林火災リスク予測や緑地分類が抱える問題の解決に取り組んでいる 51。

40

<sup>&</sup>lt;sup>47</sup> RESTEC, https://www.restec.or.jp/geoss\_ap5/pdf\_day2/wg3/am2/hung.pdf

<sup>48</sup> https://qlkh.humg.edu.vn/CongBo/Download/3783?FileName=69.%20Nguyen%20Van%20Sang%20va%20nnk\_Marine%20Gravity%20Anomaly%20Mapping%20for%20the%20Gulf%20of%20Tonkin%20area%20(Vietnam)%20using%20Cryosat-

<sup>2%20</sup>and%20Saral%20AltiKa%20satellite%20altimetry%20data\_Advances%20in%20Space%20Research\_2020.pdf

 $http://tapchi.humg.edu.vn/images/paper/2021/62\_3/07.\%20Pham\%20Thi\%20Thanh\%20Hoa.\%2053\%20-\%2067.pdf$ 

<sup>50</sup> http://en.tlu.edu.vn/About-TLU

<sup>&</sup>lt;sup>51</sup> http://en.tlu.edu.vn/Research/tlu-s-core-research-teams-11112

#### 2.4. ベトナムの宇宙関連企業・非営利組織

#### 2.4.1. 通信サービス企業 52

(1)ベトナム郵政通信グループ(Vietnam Posts and Telecommunications Group: VNPT) 1995 年 4 月に通信・郵便業務を行う情報通信省(MIC)所管の国営企業ベトナム郵電公社として設立され、2006 年 1 月の再編により、郵政通信グループ VNPT となった。VNPT は、ベトナム初の静止通信衛星「VINASAT-1」(2008 年 4 月打上げ)、「VINASAT-2」(2012 年 5 月打上げ)を運用し通信サービスを提供している。VNPT の完全子会社の VinaPhone 社が、移動体通信サービスを提供している 53。

2019 年 11 月、人工知能(AI)サービス会社のオプティム(東京都港区)は、VNPT と、AI やスマート農業分野の業務提携に関する覚書(MOU)を締結した 54。

(2)ベトテル・テルコム (Viettel Military Industry and Telecoms Group、Viettel、ビエッテル) 社

1989 年 6 月に国防省(MOD)傘下の国有企業として設立された 55。ベトナム最大の移動体通信事業者である。

#### (3)ベトナモバイル(Vietnamobile)社 56

ベトナムの通信事業者ハノイ通信社(Hanoi Telecom)と香港に拠点を置くハチソンアジアテレコムグループ(Hutchison Asia Telecom Group)が 2007 年に創設した合弁企業。移動体通信サービスを提供している。

#### 2.4.2. 衛星開発機関

(1)FPT 宇宙研究室(FPT Space laboratory; FSpace)

ベトナム最大の民間情報技術サービス企業として ICT 関連サービスを提供している FPT グループ(1988 年 9 月設立、2019 年時点で従業員数は 3 万人以上 <sup>57</sup>)が創設した FPT 大学付属の技術研究所(FPT Technology Research Institute: FTRI)内に置かれている <sup>58</sup>。

FSpace は、米ナノラックス(NanoRacks)社の小型衛星プログラムの下、スウェーデンのウプサラ(Uppsala)大学のオングストローム宇宙技術センター(ASTC)の支援を受けて、キュ

<sup>&</sup>lt;sup>52</sup> 2019 年 5 月、https://en.cand.com.vn/tech-science/Vietnam-ranks-sixth-globally-in-DDoS-attack-sources-i520006/

<sup>53 2020</sup> 年 12 月 22 日、http://bloqofmobile.com/article/133483

<sup>&</sup>lt;sup>54</sup> 2019 年 11 月 14 日、NNA Asia、https://www.nna.jp/news/show/1973502

<sup>55</sup> ASEAN SMART CITIES SUMMIT & EXPO 2020, Viettel Group, https://smartcitysummit.org.vn/en/viettel-group/

<sup>&</sup>lt;sup>56</sup> Vietnamobile, https://www.vietnamobile.com.vn

<sup>57</sup> https://fpt.com.vn/en/

<sup>58</sup> http://ftri.fpt.edu.vn/

ーブサット「F-1/NanoRacks CubeSat-1」59を製作した。F-1 は、2012 年 7 月に JAXA の宇 宙ステーション補給機「こうのとり」3 号機(HTV3)で ISS へ搬送され、同年 10 月に ISS の日 本実験棟「きぼう」から放出された。

#### 2.4.3. 非営利組織

(1)ベトナム航空宇宙協会(Vietnam AeroSpace Association: VASA、旧称:ベトナム航空科 学技術協会(VASTA))

2005 年 8 月 1 日付で内務省の承認(第 75/2005/QD-BNV) 60を受けて設立された。ベトナ ム宇宙委員会のメンバーを務めている。

VASA には、航空技術サービスコンサルティングセンター、ハノイエ科大学(HUST)航空宇 宙工学科、航空宇宙エンジニアリングサービス社(Aviation Technical Services Joint Stock Company、AESC)、ベトナム航空アカデミー(VAA、ベトナム航空(VNA)傘下)、ベトナム空 軍アカデミー(国防省空軍傘下)61、私立ホアビン大学(Hoa Binh University)が加盟している

#### ①HUST 航空宇宙工学科

・仏エアバス社、フランス民間航空大学(ENAC)、フランス航空宇宙工業会傘下の Institut Aeronautique et Spatial(IAS)、ベトナム航空(VNA)及び VNA 子会社のベトナム航空エ ンジニアリング社(Vietnam Airlines Engineering Company: VAECO、航空機のメンテナ ンス・リペア・オーバーホール(MRO)事業)<sup>63</sup>の支援を受けている <sup>64</sup>。

#### ②航空宇宙エンジニアリングサービス社(AESC)

- 2008年設立。MRO事業、設計・製造等を行っている。
- ・ニュージーランドと協力して、ベトナム初の航空学校を運営し、ニュージーランドの航空学 校によるパイロット訓練をベトナム・クアンナム(Quang Ngai)省チューライ(Chu Lai)で行 っている。

<sup>59</sup> https://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/jssod/

<sup>&</sup>lt;sup>60</sup> 2005 年 8 月 1 日、MOIT、https://moit.gov.vn/van-ban-phap-luat/van-ban-phap-quy/-quyet-dinh-cuabo-noi-vu-ve-viec-cho-phep-thanh-lap-hoi- kho.html

<sup>&</sup>lt;sup>61</sup> 空軍アカデミー、http://hocvienpkkq.com/tin/

<sup>62</sup> VASA、加盟機関、https://vasa.com.vn/gioi-thieu/co-cau-to-chuc/

<sup>63</sup> VAECO, http://vaeco.com.vn/web/en/

<sup>&</sup>lt;sup>64</sup> ハノイエ科大学(HUST)航空宇宙工学科、https://ste.hust.edu.vn/don-vi/bo-mon-ky-thuat-hang-khongva-vu-tru/

#### ③私立ホアビン大学(Hoa Binh University)

・ベトナムの複合企業ソビコ・ホールディングス(Sovico Holdings、本社: ハノイ)がハノイ市 に 2008 年に創設した大学。ソビコ・ホールディングスは格安航空会社ベトジェットエア (Vietjet Air)を保有・運営している <sup>65</sup>。

#### 2.4.4. その他 <sup>66</sup>

その他の組織として以下がある。

- ・国防省傘下の軍事技術研究所(MTA、別称:ル・クイドン(Lê Quý Đôn)工科大学)、ハノイ 工科大学(HUST)、国立大学ハノイ校(VNU)が、航空宇宙分野の人材育成を行っている。
- ・航空機、ミサイル開発のほか、国防システムの設計・構築等が行われており、ベトナム航空 アカデミー(VAA、ベトナム航空(VNA)傘下)、軍事技術研究所(MTA)航空宇宙工学科、ベトナム空軍アカデミー航空宇宙工学科、ハノイ工科大学(HUST)航空宇宙工学科、ホーチミン工科大学(HCMUT)航空学科 <sup>67</sup>、タンドウック・テクノロジー(Tan Duc Technology)社 <sup>68</sup> 等が実施している。
- ・機械・設備の製造、販売、メンテナンス分野については、ベトナム石油(ペトロベトナム)の非破壊検査技術ソリューション社(PV NDT)<sup>69</sup>が、石油・ガス産業、エネルギー、建設、機械、造船、航空分野の検査、コンサルティング、トレーニング、非破壊検査技術(NDT)の移転、技術診断分野の技術および商業サービスを提供している。
- •ANZ ソリューション社 <sup>70</sup>が、品質情報技術ソリューション及びサービスの提供を行っている <sup>71</sup>。さらに、エンジニアリング企業として、航空宇宙エンジニアリングサービス社(AESC) <sup>72</sup>が あるほか、複合材製品の製造・販売を行っている Sao 複合材料技術開発投資合資会社 (Red Star Composite Technology Development and Investment Joint Stock Company、 従業員数 200 名) <sup>73</sup>がある。

<sup>&</sup>lt;sup>65</sup> ホアビン大学、http://daihochoabinh.edu.vn/en/gioi-thieu、

https://www.tourism.ac.jp/news/cat3/3718.html

<sup>66</sup> https://www.tuyensinhhot.com/career/article/5e9c5813a8044147f0919d91

<sup>67</sup> ホーチミンエ科大学、https://www.hcmut.edu.vn/i

<sup>68</sup> http://www.tdtechco.com/

<sup>69</sup> http://www.pvndt.com.vn/

<sup>70</sup> http://www.anzsolution.com/

<sup>71</sup> http://www.anzsolution.com/

<sup>72</sup> https://aesc.com.vn/vn/gioi-thieu.html

<sup>73</sup> https://compositesaodo.com/

#### 3. 世界の衛星システムの動向

本章では、世界の衛星システムの最近の動向を、コンステレーションを中心にその種類別に記載する。はじめに「世界の衛星利用トレンドと衛星コンステレーション計画」で全体の傾向と世界の衛星コンステレーション計画及び概要比較を示した後、コンステの種類ごとに、代表的事業者の概要を記す。

#### 3.1. 世界の衛星利用トレンドと衛星コンステレーション計画

世界の衛星利用トレンドとして、近年民間企業を中心とした小型衛星コンステレーション構築の動きが目立ってきていることが挙げられる。特に2010年代後半以降、民間企業によるコンステ衛星の打上げ開始件数が増加 <sup>74</sup>しており、コンステ構築の計画が具体化していると言える。このようなトレンドの背景には、コンステが持つ以下のメリットがあると考えられる。

再帰時間の短縮

複数衛星のコンステ化により、コンステ全体としての再帰時間を短縮できる。

・衛星の小型化に伴う打上げ費用の低減

コンステ運用を前提とした衛星の小型化により、費用の比較的低い相乗り又はライドシェア 打上げ、あるいは小型衛星打上げ専用の小型ロケットによる打上げが可能になるため、打 ち上げ費用を低減できる。

サービス継続性の向上

複数衛星のコンステ化により、一部衛星が機能不全に陥っても他の衛星が機能していればコンステとしてのサービスを継続できる可能性が高い。また、コンステを構成する衛星を部分的・段階的に世代交代させることにより、継続的なサービス提供が、1 機でサービスを提供するシステムよりも容易に実現できる。

一方、衛星取得データ利用の観点では、政府系衛星データのオープン&フリーアクセス化、及び商用データのサブスクリプション契約の主流化がトレンドとして挙げられる。政府系衛星のオープン&フリーアクセス化の例としては、欧州の Copernicus DIAS<sup>75</sup>、日本の Tellus<sup>76</sup>といったクラウドベースのデータプラットフォーム、及び 2008 年から無償ダウンロードが可能な米国の Landsat 衛星データ <sup>77</sup>がある。商用データにおいてもクラウドベースのプラットフォー

https://www.tellusxdp.com/

<sup>&</sup>lt;sup>74</sup> Erik Kulu, Satellite Constellations - 2021 Industry Survey and Trends

https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5092&context=smallsat

<sup>&</sup>lt;sup>75</sup> Copernicus, Data and Information Access Services (Copernicus データは無料だが、クラウド使用は有料)

https://www.copernicus.eu/en/access-data/dias

<sup>&</sup>lt;sup>76</sup> Tellus

<sup>77</sup> USGS, Landsat Data Access

https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-access

ム構築が進んでおり、サブスクリプション契約での利用が主流になりつつある <sup>78</sup>。こうした官・ 民の動きは、地球観測データへのアクセスをしやすくすることから、ユーザ層の拡大に寄与す るとみられる。

### 3.1.1. 地球観測コンステ(光学)

地球観測コンステ(光学)の代表的事業者の構築スケジュールを以下の図表 3.1.1.a に示す。米 Planet 社は現在、合計 200 機以上から構成される 2 種類のコンステを運用・更新している他、新たなコンステの構築を進めている。Satellogic 社は現在 17 機で 2025 年までに 200 機、また BlackSky Technology 社は現在 12 機で将来 60 機にする計画としている。Hera Systems 社は、実証機 1 機を運用中で、将来は 8 機体制を予定しているが、48 機との情報もある。Astro Digital 社は 5 機を運用中で将来 32 機の構築を計画している。Consensys(旧 Planetary Resources)社は現在の運用数はゼロであるが、将来 10 機を構築するとしている。日本の Axelspace 社は現在 5 機を運用中で、2023 年までに 10 機とする計画である。

2020 2025 2030 Planet 2013~ 現在約200機運用中、継続的に更新中 (Terra Bella及び BlackBridgeを買収) 現在17機、2023年までに60機,2025年までに200機 Satellogic Astro Digital 2017~ 現在5機、将来的に32機 BlackSky Technology 2018~ 現在12機、将来的に60機 現在実証機1機、将来的に8機(48機との情報もあり) Hera Systems 2019~ Consensys(I⊟Planetary 現在0機、将来的に10機? Resources) Axelspace (日) 2018~ 現在5機、2023年までに10機

図表 3.1.1.a 地球観測コンステ(光学)事業者のコンステ構築スケジュール

<sup>&</sup>lt;sup>78</sup> Blacksky Global, Products & Services https://www.blacksky.com/products-services/ Planet Labs, Products, Platform https://www.planet.com/products/platform/ Maxar, SecureWatch https://www.maxar.com/products/securewatch

各社のコンステの概要を図表 3.1.1.b に示す。分解能については、Planet、Satellogic、及び BlackSky Technology が 1m 程度またはそれ以下を達成・計画している。1 日あたりの最大観測頻度は、Planet が 10 回、BlackSky Technology が 1 時間毎に 15 回となっている。

図表 3.1.1.b 各社が計画中の地球観測コンステ(光学)の概要

	Planet① (Dove (PlanetScope) ← ~180sats)	Planet(2) (SkySat · 21sats)
観測バンド (nm)	Dove Classic Multi: 455-515,500-590,590-670 NIR: 780-860  Dove-R Multi: 464-517,547-585,650-682 NIR: 846-888  SuperDove Multi: 431-452,465-515,513-549,547-583,600-620,650-680,697-713 NIR: 845-885	PAN : 450-900 Multi : 450-515, 515-595, 605-695 NIR : 740-900
分解能(刈り幅)	3.7m (シーンサイズ) : • Dove Classic : 24 × 8km • Dove-R : 24 × 16km • SuperDove : 32.5 × 19.6km	SkySat 1,2 : PAN 0.86m, Multi 1.0m (8 km)     SkySat 3-15 : PAN 0.65m, Multi 0.81m (5.9 km)     SkySat 16-21 : PAN 0.58m, Multi 0.72m (5.5 km)
侧測順度	全球を毎日 再帰数:1回/1日	全球を毎日 再帰数:最大10回/日、4-5日/機

	Satellogic	Astro Digital	BlackSky Technology	Consensys (IBPlanetary Resources)	Axelspace
観測バンド (nm)	Multi 450-510 510-580 590-690 NIR 750-900 ハイパースペクトル 460-830 (最大29パンド)	Multi 520-600 630-690 NIR 770-900	Visible panchromatic/color	赤外線 ハイパースベクトル	PAN 450-900 Multi 450-505 515-585 620-685 705-745 NIR 770-900
分解能 (刈り幅)	Multi 0.99m(5km) ハイパースペクトル 25m(125km)	22m(220km)	0.9–1.1m	中赤外線 15m ハイパースペクトル 10m	PAN 2.5m Multi 5.0m (57km以上)
觀測頻度	全球を毎日 再帰数: ・最大4回/日(17機) ・40回/日(200機)	全球を毎日	最大で1時間毎の観測を 一日に15回		人間が活動を行っている地域のほぼ全て 再帰数: ・1回/2-3日(5機) ・1回/日(10機)

(注:「3.2. 宇宙関連事業者」で光学事業者として紹介する Hera Systems 社は、スペックの詳細が不明のため本表には記載していない。)

# 3.1.2. 地球観測コンステ (SAR)

地球観測コンステ(SAR)の代表的事業者の構築スケジュールを以下の図表 3.1.2.a に示す。Capella Space 社と ICEYE 社は打上げ済みの衛星で既にコンステの運用を開始している。Spacety 社と Umbra 社はそれぞれ衛星 1 機ずつを打上げ済みで、PredaSAR 社と XpressSAR 社は数年以内に 1 機目を打ち上げる予定。

日本の SAR コンステ事業者には QPS 研究所と Syspective 社がある。 QPS は現在 2 機を打上げ済みで 2025 年以降に 36 機体制を確立する計画、一方の Synspective は現在 1 機を打上げ済みで 2025 年から 2030 年の間に 30 機体制を確立する計画である。

2025 2030 現在5機で運用中、将来的に40機体制 Capella Space 現在14機で運用中、2022年までに18機体制 **ICEYE** 現在1機、2025年までに96機体制 Spacety 現在1機、将来的に24機超体制 Umbra 2022年に初打上げ&将来的に48機体制 PredaSAR 2024年初打上げ(4機?)&将来的に4機体制 **XpressSAR** 現在2機、2025年以降36機体制 QPS研究所(日) 1) 衛星機数 軌道 ら推定、2) 分解能は Slant range/Spatial 現代 現代 2025 - 2030年に30機体制 3 Spot と Strip は SLC、Scan は GRD の分解能を記載

図表 3.1.2.a 地球観測コンステ(SAR)事業者のコンステ構築スケジュール

各社のコンステの概要を図表 3.1.2.b に記す。各社とも分解能 1m 程度またはそれ以下を計画している。観測頻度は、Umbra 社、PredaSAR 社、及び QPS 研究所が分単位を目指している。

図表 3.1.2.b 各社が計画中の地球観測コンステ(SAR)の概要

	Capella	ICEYE	Spacety	Umbra	PredaSAR	XpressSAR	QPS研究所	Synspective
観測バンド	X	X	c, x	X	X (C+?)	X	X	X
偏波	HH, VV	VV	VV	HH, VV	不明	4偏波	不明	VV
分解能 (刈り幅)	0.3m/0.5m( 5km X 5km)(Spot), 0.5m/0.8m( 5km X 10km)(Site), 0.75m/1.2 m(5km X 20km) (Strip) <sup>2)</sup>	0.5m/0.25 m(5km)(Sp ot), 0.5- 2.5m/3m(3 0km)(Strip), 15m/15m(S can) <sup>2),3)</sup>	1m(Spot)、 3m(Strip)、 刈り幅: 最大100km ※分解能は将来的に50cm	0.25— 2m(4km X 4km)(Spot)、 3m(5-20km X 50km) (Strip)、 10m(Arbitr ary polygon) (Scan) *分解能は将来 的に15cm	1m未満 刈り幅不明	Sub- meter(Spot )、1- 3m(Strip) 刈り幅不明	1m(Spot) 刈り幅不明	1m(10km)( Spot), 3m(30km)( Strip)
観測頻度	1時間 全球を1日 1回以下 <sup>1)</sup>	全球を毎日	不明	7.5分-22.5 分(24機体 制時)	3分-7分 (96機体制 時)	1-4時間	10分(36機 体制時)	アジアの 主要都市 を1日1回 (6機体制 時)

# 3.1.3. AIS コンステ

船舶自動識別装置(AIS: Automatic Identification System)を搭載した衛星コンステレーションを計画中の事業者の構築スケジュールを以下の図表 3.1.3.a、概要を図表 3.1.3.b に示す。

| 2020 | 2025 | 2030 | 2025 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 20300 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030

図表 3.1.3.a AIS コンステ事業者の構築スケジュール

図表 3.1.3.b AIS コンステの概要

	Astro Digital	Orbcomm	Spire Global	exactEarth	Arkedge Space
AISサービス名	Perseus-M (衛星名)	Orbcomm (衛星名)	Spire Maritime 2.0	exactView-Real Time (RT)	VDES(次世代の AIS規格)衛星コン ステを計画中
AISデータ収集/ 処理件数	5万件以上/日	24万隻から3000 万件/日 (地上AISと合わせ た処理件数)	非ダウンサンプ ル・非クリーン データは1億8000 万件/日、ダウン サンプル・ク リーンデータは 5000万件/日	4000万件以上/日	不明 (計画中)
主な特徴等		・Orbcomm (M2M/IoT)衛星 ・地上AISとの組 み合わせによる 包括的な全球AIS サービスを提供 ・契約件数200万 以上	・Lemur-2衛星 ・地上AIS等と組 み合わせて広範 なサービスを提 供 ・専用APIにより ライブデータを 提供 ・Spireの気象合 せ利用可	・exactView衛星 及びIridium NEXT×58機 ・平均再帰時間、 ユーザレイテン シは共に1分未満 ・将来のVDES等 への転換のサ ポート有	・2024年以降に VDE5衛星コンス テを構築する計 画

Astro Digital 社は、Perseus-M 1 及び 2 の 2 機(ともに 2014 年打上げ、設計寿命 1 年)の 衛星で構成する AIS コンステを運用中だが、本コンステは企業買収により取得し同社が運用 を引き継いだものであり 79、同社が今後 AIS コンステ対してどのような計画を持っているかは 不明である。

Orbcomm 社は、Orbcomm Generation 2(OG2)の衛星 16 機で構成するコンステを運用 中(2010 年代半ばに打ち上げ、設計寿命は 5 年+)80。新たな打ち上げ計画は見当たらず、 今後は衛星の世代交代により現行水準のサービス継続を目指すとみられる81。

Spire Global 社は、Lemur シリーズの衛星 100 機超で構成するコンステを運用中(2015 年 から順次打上げ、設計寿命不明)で、現在も打ち上げを続けている82。

Gunter's Space Page, Perseus-M 1, 2

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/perseus-m.htm

80 オーブコムジャパン、衛星について

https://www.orbcomm.co.jp/info/satellite.html

Gunter's Space Page, Orbcomm FM101, ..., FM119 (OG2)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/orbcomm-2.htm

81 Orbcomm, Networks: Satellite AIS

https://www.orbcomm.com/en/networks/satellite-ais

82 Spire, Space Services

https://spire.com/space-services/

Gunter's Space Page, Lemur-2

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/lemur-2.htm

<sup>&</sup>lt;sup>79</sup> Astro Digital, Current Missions https://astrodigital.com/current-missions

exactEarth 社は、exactView 衛星シリーズ、及び Iridium 社の Iridium Next 衛星 58 機に 搭載した AIS 受信機により AIS サービスを提供していた <sup>83</sup>が、2021 年 11 月に Spire Global 社に買収され、AIS データベース及びサービスは Spire Global 社が引き継ぐこととなった <sup>84</sup>。 日本の AIS コンステ事業者としては ArkEdge Space 社が挙げられる。同社は次世代 AIS ともいわれる VDES(VHF Data Exchange System)コンステを計画しており、2024 年に実証を行う予定 <sup>85</sup>。

# 3.1.4. 通信、無線監視コンステ

通信等その他コンステの代表的事業者の構築スケジュールを以下の図表 3.1.4.a に示す。 GeoOptics 社、PlantiQ 社と HawEye360 社は無線通信を活用した各種のサービスを提供する会社である。打上げ済みの衛星で既にコンステの運用を開始している Oneweb 社と SpaceX 社は共にインターネット通信サービスを提供する会社で、両社とも全世界をサービス 提供範囲にすべく更に多数の衛星の打上げを計画している。

図表 3.1.4.a その他コンステ事業者のコンステ構築スケジュール 2020 2025

	2020	2025	2030
GeoOptics		現在8機、将来的に24機体に	制を予定
PlanetiQ		現在2機、2024年までに	20機体制を予定
HawkEye360		現在9機、将来的に	30機体制を予定
Oneweb	現在358機	、2022年6月に648機で全t	世界をカバレッジ
SapceX	現在16704	機、最終的に12000機で全世	世界をカバレッジ
Laser Light Communications		2022年に初打上げ	予定、将来的に機を予定
LeoSat	2019年~ 事業停止中		

https://arkedgespace.com/news/2021-10-08\_vdes

37

<sup>&</sup>lt;sup>83</sup> Gunter's Space Page, LatinSat A, B, C, D / AprizeSat 1, ..., 10 / exactView 3, 4, 5, 5R, 6, 11, 12, 13 https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/aprizesat-1\_latinsat-1.htm Gunter's Space Page, Iridium-NEXT

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/iridium-next.htm

<sup>84</sup> Spire, Press Release, Spire Global, Inc. Completes Acquisition of exactEarth Ltd., 30 November 2021 https://spire.com/press-release/spire-global-inc-completes-acquisition-of-exactearth-ltd/

<sup>85</sup> ArkEdge Space, Release, 8 October 2021

各社のコンステの概要を図表 3.1.4.b に示す。GeoOptics 社、PlantiQ 社と HawEye360 社 は無線通信を利用した様々なサービス提供が可能である。OneWeb 社、SpaceX 社と LLC 社はインターネット通信等通信サービスを供給する会社で、LeoSat 社は 2019 年 11 月に事業を停止している。

無線通信を活用し 無線通信を活用し 無線通信を活用し たサービス たサービス たサービス インターネット通 レーザー通信サー Kaパンド通信サー 提供するサービス インターネット通 概要 無線掩蔽(Radio GNSS-RO気象観 HawkEye360コン Ka及びKu帯の帯域 Ka及びKu帯の帯域 既存の海中ケーブ 最大108機のKaバ を使いLEO衛星群 を利用したイン ターネットサービ ンド通信コンステ レーションを計画。 を使いLEO衛星群 を利用したイン ターネットサービ ル/地上ファイ パーネットワーク、 Occultation)信号 **GNOMES**コンス を収集 (GNSS-RF信号の検出及 び位置特定を行う 及び衛星を統合し たグローバルな光 RO)しての大気 観測、及びGNSS テレーションを構 築。20機体制にな 2019年11月に事 業停止。 バルな光 反射法 (GNSS-R) を用いた地表 RFGeoがある。 出対象の信号は、 れば、50,000 檢 通信を構築予定 サービス提供範囲;グローバル daily radio VHF海上無線、 AIS、緊急無線 ピーコン、UH単 信方式他 リモセンを行う。 Galileo、GPS、 occultation 100Gbpsの回線と soundingsの観測 GLONASSの信号 が可能。同、平均 レイテンシは3分 専用の直接接続サービス に対応。 未滞 データ伝送サービ ス及びオンデマン ドのネットワーク を提供。 利用用涂等 防衛、海事、グ ローパル・コモン ズ (地球規模で人 科学者及び意思決 観測対象: 2021年末までに北 2021年9月現在、 サービス提供セク 定者向けプロダクト:気 気象、宇宙天気、 気候、ターゲット 市場:事業継続、 17国のユーザ (ベータ版サービ で、2022年には世 油田操業、海上通 界中でインター ネット通信商用 サービスを開始す ス)が利用。サービス利用には、ラ 信、企業間通信、 インターネット及 び携帯電話のバッ 防衛・謀報、海運、農業、航空、エネ 高精度プロファイ 想定顧客は、コン 資産)の保護。 想定顧各は、コンテンツ配信ネットワーク企業、金融機関、クラウドプロバイダ、通信のイン・ファイン イセンスを許可された国のみ。米国での受信キット ル、他 主な利用領域:気 ルギー、海上作業、 クホール事業、 府事業、動画投稿 499ドル、月額資 料料99ドル。 業者、政府機関

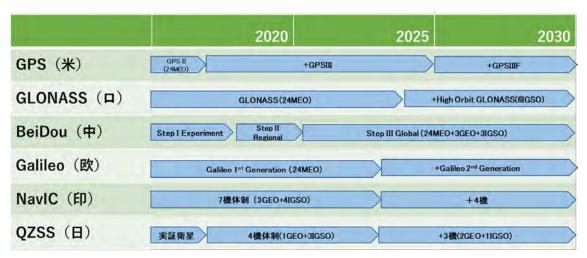
図表 3.1.4.b 各社が計画中のその他コンステの概要

#### 3.1.5. 衛星測位コンステ

2020 年に中国 BeiDou の整備が終了しマルチ GNSS の時代が始まった。現在 120 機以上の測位衛星が全球をカバーし地上では常時 30 機近くの衛星から測位信号を受けることができる。2020 年代半ばに米・欧はそれぞれ次世代 GNSS として GPS(GPSIIIF)/第二世代 Galileo(G2G)を登場させ、性能を飛躍的に向上させる計画である。各国の衛星測位コンステ整備スケジュールを図表 3.1.5.a に示す。

図表 3.1.5.b に衛星測位コンステ概要を示す。GNSS 利用の高度化が進み、高精度を必要とする分野は土木・建設、農業などの産業分野からスマホやカーナビに代表されるマスマーケット、さらに航空・船舶・自動車など安全にかかわる分野への広がりを見せていることから、これらのニーズに合わせ GNSS プロバイダ各国は競って高精度化、信号の強靭化・高信頼性化を図っている。

図表 3.1.5.a 衛星測位コンステ整備スケジュール



図表 3.1.5.b 衛星測位コンステ概要

	GPS	GLONASS	BeiDou	Galileo	NavIC	QZSS
コンステレーショ ン	24 MEO Additional 3 GEO for WAAS	24 MEO Additional 2 GEO for SDCM	24 MEO+3 GEO +3 IGSO	24 MEO Additional 2 GEO for EGNOS	3 GEO+4 IGSO Additional 3 GEO for GAGAN	1 GEO+3 IGSO
サービス						
PNTサービス	グローバル	グローバル	グローバル	グローバル	リージョナル	リージョナル
SBAS	WAAS		BDSBAS	EGNOS	GAGAN	MSAS
サブメータ級 測位補強 サービス	77	リージョナル (SDCM)	リージョナル	リージョナル (EGNOS)		リージョナル
センチメータ 級測位補強 サービス	-	-			-	ドメスティック
ショートメッセージ	-	-data	グローバル (双方向) リージョナル (双方向)		ドメスティック (一方向)	ドメスティック (一方向)

なお、民間企業では、低軌道小型衛星コンステレーションによる衛星測位サービスを始められるよう準備を始めている。

# 3.2. 宇宙関連事業者

### 3.2.1. 日本の衛星コンステレーション事業者

- (1)株式会社アークエッジ・スペース(ArkEdge Space)(コンステ用汎用 6U 衛星バスを活用した VDES ソリューション等) 86
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •所在地:東京都千代田区
  - -設立:2018年
  - ・資金調達段階:シードラウンド
  - ·資金調達総額:4億円 87
  - ・事業概要:宇宙機(超小型衛星)、地上局、関連部品の設計・製作及び運用サービスの提供。

上記に関連するソフトウェア開発、教育・コンサルティング業務等。

・キューブサット開発において東京大学 中須賀・船瀬研究室と連携している。

# ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)

- ・経済産業省「超小型衛星コンステレーション技術開発実証事業」として、「IoT 通信」、「地球観測」、「海洋 DX」、「高精度姿勢制御ミッション」の4つのテーマに対応した 6U 衛星7機の設計開発から軌道上運用までを2025年までに実現することで、6U標準汎用バス及びその生産・運用システムの開発・軌道上実証を行い、市場の多様なニーズに迅速且つ柔軟に対応する多種類複数機生産の実現を目指している。88
- ・多彩な用途に対応する 3U 及び 6U 衛星の開発・製造サービスを提供可能。コンステの共同開発・訓練支援も可能。89
- ・VDES 衛星実証機の軌道上実証運用を 2024 年まで(2023 年度末まで)に実施予定。その後 VDES 衛星のコンステを構築する計画。90

https://arkedgespace.com/

https://arkedgespace.com/#technology

<sup>86</sup> ArkEdge Space

<sup>&</sup>lt;sup>87</sup> Crunchbase, ArkEdge Space

https://www.crunchbase.com/organization/ark-edge-space

<sup>88</sup> ArkEdge Space, Release, 2021 年 8 月 31 日

https://arkedgespace.com/news/2021-08-31\_meti\_6u

<sup>89</sup> ArkEdge Space, Technology

<sup>90</sup> ArkEdge Space, Release, 2021年10月8日

https://arkedgespace.com/news/2021-10-08\_vdes

・月面活動にむけた通信・測位衛星コンステレーション構築を目指し、2025年を目途に、月 一地球間の超長距離通信システムの構築に必要となる超小型衛星の開発及び実証を行 う計画。91

#### ③衛星スペック

- ・6U 標準汎用バス及びその生産・運用システムにより、顧客のニーズに応じた機能を持つ 衛星を提供する事業モデルを有する。
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
- 経産省実証事業(「打ち上げ計画」参照)で打ち上げるのは7機の予定。
- ・顧客ニーズに応じる事業モデルのためコンステの具体的スペックは現状情報なし。
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- 「衛星スペック」の項目に記載のとおり。
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- N/A
- ⑦利用者による PR 記事(及びこれまでの実績紹介記事等)
- ・超小型衛星「RWASAT-1」(3U)をルワンダ政府インフラ規制庁より2018年に受注、2019年には国際宇宙ステーション(ISS)「きぼう」日本実験棟からの軌道投入に成功している。
- ・台湾国家宇宙センター(NSPO)より共同研究者として採択され、超小型衛星「NSPO-01」 (6U)の開発を推進。ISS「きぼう」日本実験棟からの放出を予定している。<sup>93</sup>
- ・東京大学において開発された超小型衛星「たすき」(TRICOM-1R)(3U)をベースとし福井県企業と連携し開発提供している。
- ・国立大学法人 福井大学とマルチミッション超小型衛星「OPTIMAL-1」(3U)のフライトモデル開発を進めており、ISS「きぼう」日本実験棟からの放出を予定している 94。

https://arkedgespace.com/en/news/2022-01-26\_financing

https://arkedgespace.com/news/2020-11-20\_rwasat-1

JAXA. 「きぼう」から超小型衛星3機放出に成功!、2019年11月21日

https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/pickout/69075.html

https://arkedgespace.com/news/2020-12-28\_6u\_fast\_validation\_cubesat

https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000004.000073065.html

<sup>&</sup>lt;sup>91</sup> ArkEdge Space, Release, 2022 年 1 月 26 日

<sup>&</sup>lt;sup>92</sup> ArkEdge Space, Release, 2020 年 11 月 20 日

<sup>93</sup> ArkEdge Space, Release, 2020年12月28日

<sup>94</sup> PR TIMES,株式会社アークエッジ・スペース、シードラウンドで 4 億円の資金調達を実施~宇宙ビジネスのインフラとなる、超小型人工衛星コンステレーション構築を加速~, 2021 年 3 月 22 日

- (2)株式会社アクセルスペース (Axelspace)(50機の衛星による光学リモセンサービス)
  - ①運用企業情報 95
  - •所在地:東京都中央区
  - -設立:2008年
  - ・資金調達段階:シリーズ C96
  - 資本金: 71 億 2279 万円(資本準備金を含む)
  - •従業員数:約90名
  - ・事業概要:超小型衛星等を活用したソリューションの提案、超小型衛星及び関連コンポーネントの設計及び製造、超小型衛星の打ち上げアレンジメント及び運用支援・受託、超小型衛星が取得したデータに関する事業。

### ②打ち上げ計画

- ・多数の超小型光学観測衛星 GRUS で構成する AxelGlobe コンステレーションを構築中 <sup>97</sup>。初号機の打上げは 2018 年で、2021 年 3 月までに計 5 機を打上げ済み <sup>98</sup>。 2023 年 までに 10 機体制とすることを目標としている <sup>99</sup>。
- ・画像提供サービス「AxelGlobe」を 2019 年 5 月に開始。2021 年 6 月から 5 機体制でのサービス「AxelGlobe (AG) Tasking & Monitoring」を開始 100。

図表 3.2.1.a AxelGlobe サービス概要 https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-8/



<sup>95</sup> Axelspace, Company

https://www.axelspace.com/ja/company/

https://www.crunchbase.com/organization/axelspace

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-3/

98 Gunter Space, GRUS

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/grus-1.htm

99 Axelspace, News MAR - 29 - 2021

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-6/

100 Axelspace, News MAY - 27 - 2021

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-8/

<sup>&</sup>lt;sup>96</sup> Crunchbase, Axelspace

<sup>97</sup> Axelspace, News MAY - 14 - 2021

# ③衛星スペック 101

- ・観測バンド: PAN 450-900、Multi 450-505, 515-585, 620-685, 705-745、NIR 770-900
- ·分解能: Pan 2.5m、Multi 5.0m
- ・刈り幅:57km 以上・衛星寿命:5年以上
- ・センサビット深度:12bit
- •質量:100kg<sup>102</sup>
- 最大データ取得長(Longest collection length): 1000km

# 4観測頻度・軌道 103

- 衛星数:5機(2022年第4四半期に次期 AxelGlobe 衛星「GRUS」4機を打ち上げる予定)
- ・観測頻度:地球上のあらゆる地点を毎日観測することが可能(9機体制)
- ※5 機体制では 2~3 日に 1 回の観測が可能 104
- 軌道: 高度 600km の太陽同期準回帰軌道 (Sun synchronous sub-recurrent orbit) 105

# ⑤データ利用用途

・農業、森林、インフラモニタリング等 106

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格 107
- ウェブプラットフォームで画像に常時アクセスが可能。
- ・処理済み画像が画像プロダクトとして提供される。
- •画像プロダクトには Multispectral Image Products(MSI)と True Color Image Products (TCI)の 2 種がある。

https://docs.axelglobe.com/ia/image-specifications

https://www.axelspace.com/ja/news/press\_20181227/?lang=ja

https://www.axelspace.com/ja/news/press\_20220126/

<sup>104</sup> Axelspace, News MAY - 27 - 2021

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-8/

宙畑、宇宙ビジネス、2020/12/29

https://sorabatake.jp/17216/

105 Gunter's Space Page, GRUS 1A, 1B, 1C, 1D, 1E / Fukui Prefectural Satellite

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/grus-1.htm

<sup>106</sup> AXELGLOBE について

https://www.axelglobe.com/ja/

107 AXELGLOBE.com

https://www.axelglobe.com/ia/

https://docs.axelglobe.com/ja/image-specifications

<sup>101</sup> AxelGlobe、AxelGlobe 画像仕様書

<sup>102</sup> Axelspace, News DEC - 27 - 2018

<sup>&</sup>lt;sup>103</sup> Axelspace, News JAN - 26 - 2022

- ・契約は月次契約 <sup>108</sup>。2021 年 6 月からは、衛星 5 機体制でのサービス「AxelGlobe Tasking & Monitoring」(顧客が自由に指定したエリアを予算等に応じて撮影するサブス クリプションサービス)を提供している。
- -2022 年には以下の新プロダクトが順次リリースされる予定 109。
  - AxelGlobe Archive: 5 機のコンステのアーカイブ画像を利用できるサービス。Web Platform 上で場所や日時、雲量などの条件から目的の画像を簡単に検索可能、最小 5km×5km の単位で利用が可能。
  - AxelGlobe Cloudless Mosaic:撮影時期の異なる複数の画像から雲のない画像を 作成し提供するサービス。光学衛星画像でネックとなる雲を取り除くことで、地図作 成用途や防災用のベースマップ等幅広い用途での利用が可能となる。
  - AxelGlobe Custome Capture:撮影日を自由に設定して撮影可能なサービス。最短で翌日の撮影も可能、災害等不測の事態における緊急撮影も可能です。将来的には数時間後のタイムリーな撮影予約も可能となる予定。
  - AxelGlobe Reservation: 撮影と画像利用を別々に行うことが可能なサービス。将来的にアーカイブ画像が必要でも現時点では画像が必要ない場合、希望地域の撮影だけ行うことが可能。その後画像が必要となった際に、撮影された画像の中から必要な画像だけ購入することが可能。
- ・地域代理店(アジア地域): RESTEC、国際興業との間で AxelGlobe 地球観測データ販売に関するパートナーシップ契約を締結 110、111。

#### (7)利用者による PR 記事(及びこれまでの実績紹介記事等)

- ・(参考)JX 通信社が「FASTALERT」で検知した災害等の発生箇所をアクセルスペースが 迅速に「AxelGlobe」で撮影し、FASTALERT 顧客に対して提供するサービスを試行提供
- ・(参考)第3回宇宙開発利用大賞(平成29年度)の経済産業大臣賞を受賞113。

https://axelglobe.zendesk.com/hc/en-us/articles/1500004488741-Cancelling-Subscription

https://www.axelspace.com/ja/news/press\_20220126/

https://www.axelspace.com/ja/news/press\_20220114-2/

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-2/

https://www.axelspace.com/ja/news/20220114-9/

https://www8.cao.go.jp/space/prize/third/pdf/jirei-fy29-7.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>108</sup> Axelglobe Cancelling Subscription

<sup>109</sup> Axelspace, News JAN - 26 - 2022

<sup>&</sup>lt;sup>110</sup> Axelspace, News, AUG - 31 - 2021

<sup>111</sup> Axelspace, News, OCT - 13 - 2021

<sup>&</sup>lt;sup>112</sup> Axelspace, News, AUG - 03 - 2021

<sup>113</sup> 第 3 回宇宙開発利用大賞、経済産業大臣賞

- (3)株式会社 QPS 研究所(iQPS Inc.)(36機の衛星によるレーダリモセンサービス)114
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)115
  - •所在地:福岡県福岡市
  - -設立:2005年
  - •資本金等:5,677 百万円
  - ・資金調達段階:シリーズ B ファーストクローズ 116
  - ·資金調達総額:約72億円 117
  - ・事業概要: 九州大学における 20 年以上の小型衛星研究・開発をベースに、数々の技術開発を行っている。人工衛星、人工衛星搭載機器、地上設備等の研究開発、人工衛星等が取得したデータに関する事業、人工衛星等を利用したサービスなどを提供する。

# ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)118

- ・36 機の小型 SAR 衛星(100kg 級)で構成するコンステレーションの構築を計画している。 2021年1月までに2機を打上げ済み。2022年に3~6号機を打ち上げる予定。36機体 制達成の目標時期は2025年以降。
- ・2021 年に打ち上げた 2 号機「イザナミ」による分解能 70cm の画像取得に成功している 119。

https://i-qps.net/

<sup>114</sup> iQPS

<sup>&</sup>lt;sup>115</sup> iQPS, Company outline

https://i-qps.net/about/#section2

<sup>116</sup> iQPS, News, QPS 研究所はシリーズ B ファーストクローズとして 総額 38.5 億円の資金調達を実施いたしました(2021 年 12 月 9 日)

https://i-qps.net/news/652

<sup>117</sup> iQPS, News, QPS 研究所はシリーズ B ファーストクローズとして 総額 38.5 億円の資金調達を実施いたしました(2021 年 12 月 9 日)

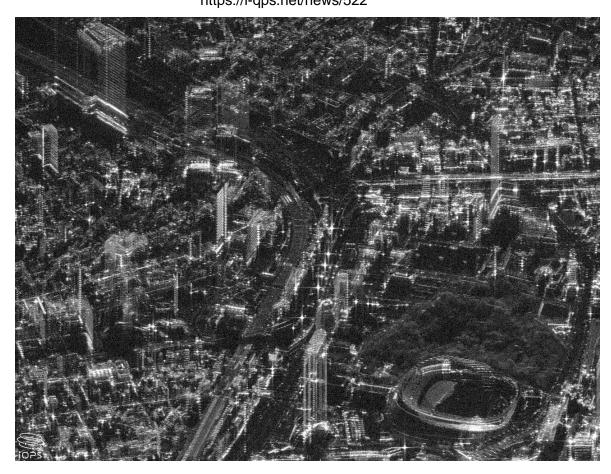
https://i-qps.net/news/652

<sup>118</sup> iQPS, News, QPS 研究所はシリーズ B ファーストクローズとして 総額 38.5 億円の資金調達を実施いたしました(2021 年 12 月 9 日)

https://i-qps.net/news/652

<sup>119</sup> iQPS, News,小型 SAR 衛星 2 号機「イザナミ」が 日本初(※1)の分解能 70cm の画像取得に成功しました! ~アジマス(※2)分解能 70cm、レンジ(※3)分解能 70cm を実現!~(2021 年 5 月 13 日) https://i-qps.net/news/522

図表 3.2.1.b 小型 SAR 衛星 2 号機「イザナミ」の取得画像(東京ドームシティ周辺) https://i-qps.net/news/522



# ③衛星スペック 120

・周波数バンド: X バンド・衛星質量: 100kg 級・地上分解能: 1m

・SAR アンテナ: 直径 3.6m、質量 10kg の大型、超軽量展開型パラボラアンテナ

# ④コンステの数と観測範囲、観測頻度

- ・36 機の衛星で世界中のほぼどんな場所でも平均 10 分以内に撮影し、特定の地域を平均 10 分に 1 回定点観測することが可能。
- •衛星軌道:高度 550km

https://i-qps.net/wp2/wp-content/uploads/2019/12/d58ab4b3f7b2087c2786b75a3468f5fb.pdf

<sup>120</sup> iQPS, プレスリリース(2019 年 12 月 5 日)

- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- •災害監視、交通監視、人流把握、作物生育状況観測等
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ·SAR 画像の販売体制構築等でスカパーJSATと提携している 121。
- ・新たな衛星データサービスの開発および国内外での市場展開等で日本工営と提携している 122。
- ・九州電力及び JAXA と準リアルタイムデータ提供サービスの実現並びに同データを活用したインフラ管理業務の高度化・効率化等に向けた共同実証を2021年6月から実施中。本実証において同社は撮像から画像提供までの時間短縮に向け、開発中の衛星に軌道上画像化装置を搭載し、実証する123。
- ⑦利用者による PR 記事(及びこれまでの実績紹介記事等)
- ・文部科学省の平成 21 年度超小型衛星研究開発事業により、佐賀大学、鹿児島大学、九州工業大学、および QPS 研究所との連携のもとで開発された地球観測超小型衛星「QSAT-EOS」(サイズ 50kg)を 2014 年に打上げた 124。
- (4)株式会社 Synspective (30 機の衛星によるレーダリモセンサービス) 125
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)126
  - ・所在地:東京都江東区(シンガポールにも拠点有り)
  - -設立:2018年
  - •資本金:109億1600万円
  - ・資金調達段階:シリーズ A
  - •資金調達総額:1 億 1180 万ドル <sup>127</sup>

https://i-qps.net/wp2/wp-content/uploads/2021/12/84f1454bfe6e57fc1108cd0a2f779116.pdf  $^{122}$  iQPS, プレスリリース(2021 年 12 月 9 日)

https://i-qps.net/wp2/wp-content/uploads/2021/12/ee5cc424388b79c9b2a44ed11da4df02.pdf  $^{123}$  iQPS, News(2021 年 6 月 23 日)

https://i-qps.net/news/538

<sup>124</sup> iQPS, News(2014年11月6日)

https://i-qps.net/news/34

文部科学省、平成 21 年度「超小型衛星研究開発事業」の採択課題の決定について(平成 21 年 11 月 4 日) https://www.mext.go.jp/b\_menu/shingi/uchuu/013/gijiroku/\_\_icsFiles/afieldfile/2010/01/13/1287381\_6.pd

https://synspective.com/jp/

126 Synspective, 会社概要

https://synspective.com/jp/company/

<sup>121</sup> iQPS, プレスリリース(2021 年 12 月 9 日)

<sup>125</sup> Synspective

<sup>&</sup>lt;sup>127</sup> Crunchbase, Synspective

・事業概要:衛星データを利用したソリューションサービス、および小型合成開ロレーダ衛星の開発と運用。

# ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)128

・内閣府「ImPACT」プログラムの成果を応用した、独自の小型 SAR 衛星「StriX」30 機で構成するコンステレーションを計画している。1 機目の実証機「StriX-α」を 2020 年 12 月に打上げ済みで、2 機目の実証機「StriX-β」は 2022 年に打上げの見込み。商用機は、まずは4 機を 2022 年までに打ち上げる計画。 2025~2030 年の間に 30 機体制を実現する計画。

### ③衛星スペック 129

- ・ 周波数バンド: X バンド
- •衛星質量:100kg級
- ・地上分解能:1~3m(ストリップマップ:3m、スライディングスポットライト:1m)
- ・観測幅:10~30km(ストリップマップ:30km、スライディングスポットライト:10km)
- •偏波:単偏波(VV)
- •SAR アンテナの長さ:約5m

### (4)コンステの数と観測範囲 <sup>130</sup>、観測頻度

- ・再訪周期:1日1回(アジアの大都市)(6衛星/2022年)
- ·StriX-αの軌道:高度 550km SSO
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)<sup>131</sup>、データ販売方法と提供方法 自社衛星から得られるデータの販売だけでなく、多様な衛星、IoT などを組み合わせた膨 大なデータを、データサイエンスや機械学習を用いて分析し、ソリューションとして提供する。 以下のソリューションプロダクトがある。

https://www.crunchbase.com/organization/synspective-inc

https://www.crunchbase.com/organization/synspective-inc

Synspective, Careers

https://careers.synspective.com/o/data-service-customer-engineer

129 Synspective, "StriX"について

https://synspective.com/jp/satellite/satellite-strix/

<sup>130</sup> Synspective, "StriX"について

https://synspective.com/jp/satellite/satellite-strix/

131 Synspective, ソリューション

https://synspective.com/jp/solutions/

<sup>&</sup>lt;sup>128</sup> Synspective, Mission

# (a)ソリューションプロダクト

- ・Land Displacement Monitoring: 衛星データを用いて広域の地盤変動を解析し、その 結果を提供するソリューションサービス。
- •Flood Damage Assessment: 災害対応のための浸水被害(浸水域、浸水深、被害道路、被害建物)評価サービス。
- (b)β 版のソリューションプロダクト
- ・Global Geospatial Index(GGI): Google Earth Engine 上で稼働。散在する複数のデータソースとデータ処理を統合し、「インデックス」、「地域」、「日付」で比較する機能を備えたワンストップソリューション。正式版では30以上のインデックスに対応する計画。
- Facilities Monitoring: いくつかのタイプの衛星データを組み合わせ、選択された施設の活動もしくは異常についてモニタリングを行うサービス。
- ·Solar Potential Area Mapping: 大規模な太陽光発電所や屋上太陽光発電所の設置場所の計画が難しい場合において、適した場所を見つけることができるサービス。
- (c)プロダクト提供方法
- ・Land Displacement Monitoring 及び Flood Damage Assessment は、直感的にわかりやすい UI/UX を通じてのデータ利用が可能。

#### ⑥地域代理店(アジア地域)、販売価格

- N/A

### ⑦利用者による PR 記事(Synspective 社による利用事例紹介等)

- ・Synspective 社によるユースケースが同社ウェブサイトで紹介されている。ダム堤体および水門モニタリングの活用事例、河川氾濫による浸水状況の解析等 132。
- ・同社プレスリリースでも以下をはじめとする活用事例・活用可能性等が紹介されている。
  - JICA と Synspective、衛星データを活用し、グアテマラ国の新たな災害リスク箇所を検出~新たな防災マネジメントシステムの構築に向け前進~133
  - 日本国内上下水道分野での SAR 衛星データ活用に向けて日水コンと Synspective が 戦略提携 <sup>134</sup>
  - JAXA と Synspective、小型 SAR 衛星コンステレーション技術を利用した災害状況把握サービスの社会実装に向けた実証を開始 <sup>135</sup>

https://synspective.com/jp/usecase/2021/

<sup>132</sup> Synspective, 2021 年のユースケース

<sup>&</sup>lt;sup>133</sup> Synspective, プレスリリース(2021 年 12 月 7 日)

https://synspective.com/jp/press-release/2021/jica-and-synspective-new/

<sup>&</sup>lt;sup>134</sup> Synspective, プレスリリース(2021 年 8 月 17 日)

https://synspective.com/jp/press-release/2021/nissuicon\_synspective/

<sup>&</sup>lt;sup>135</sup> Synspective, プレスリリース(2021年7月7日)

https://synspective.com/jp/press-release/2021/jaxa-synspective/

- 海外運輸交通インフラ事業での SAR 衛星データ活用に向けて OC Global と Synspective が覚書締結 <sup>136</sup>
- 衛星データ活用による地盤陥没の予測を可能に: 「Land Displacement Monitoring」に 陥没の可能性箇所を特定する陥没領域抽出機能を開発 <sup>137</sup>

# 3.2.2. 日本のその他の宇宙関連事業者と研究機関

(1)株式会社 IHI エアロスペース(打上げ機械提供) 138

①会社概要

•所在地:東京都江東区

-設立:1924年

•従業員数:約 1000 名

·資本金:50 億円(株式会社 IHI 全額出資)

#### ②事業内容

宇宙機器、防衛機器等の設計、製造、販売及び航空部品の製造、販売など行う。ロケット飛翔体の総合メーカとして、固体燃料ロケットの技術を応用し、科学観測や実用衛星打ち上げ用ロケットの開発を推進する。

# ③これまでの実績

(a) イプシロンロケット

小型衛星の需要拡大および多様化に対応していくために、組立・点検などの運用を効率化し、コンパクトな打ち上げシステムの実現を目指し国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)と開発等を進めてきたロケット。JAXAの M-V ロケットや H-IIA ロケットの固体ロケットブースタ(SRB-A、IHIエアロスペース社は製造等を担当)など、日本で培われた固体燃料ロケット技術が適用されており、打上げ3時間前まで搭載衛星にアクセスすることが可能となっている。2019年に JAXA から、イプシロンロケットの競争力強化開発及び打上げサービス事業者として選定された。初号機から5号機まで、5機中5機の打上げに成功している。

https://www.ihi.co.jp/ia/

<sup>&</sup>lt;sup>136</sup> Synspective, プレスリリース (2021 年 7 月 20 日)

https://synspective.com/jp/press-release/2021/oc-global-synspective/

<sup>&</sup>lt;sup>137</sup> Synspective, プレスリリース(2021 年 4 月 7 日)

https://synspective.com/jp/press-release/2021/sinkhole-detection/

<sup>138</sup> IHI エアロスペース

### ④今後の取組み

# (a) イプシロン S ロケット

イプシロンロケットをもとに、現在 JAXA、三菱重工業株式会社等と共に開発中の大型 液体ロケットである H3 ロケットとのシナジー効果(相乗効果)を発揮させて国際競争力を 強化することを目的としたロケット。2020 年に JAXA とIHIエアロスペースはイプシロン S ロケットの開発及び開発したロケットを用いた打上げ輸送サービス事業に関する基本協 定を締結しており、自立的にイプシロン S ロケットを用いた打上げ輸送サービス事業を展 開できる体制の構築を促進する。

### (2) Space BD 株式会社(打上げ機会提供) 139

#### ①会社概要

•所在地:東京都中央区

-設立:2017年

•従業員数:36 名(2021 年 11 月末時点)

・資本金:16 億 1,000 万円 ※資本準備金含む(最新の資金調達:2021 年 11 月)

#### ②事業内容

ローンチサービス事業、宇宙機器輸出入事業、教育事業、宇宙利用事業

### ③これまでの実績[打上げ機会]

2018 年に JAXA が初めて民間開放をした「国際宇宙ステーション(ISS)からの超小型衛星放出事業」において民間事業者として選定されて以来、国際宇宙ステーションの利活用や次世代基幹ロケットである H3 の相乗り枠、次期 ISS 輸送船となる HTV-X を活用した衛星放出機会の提供等、JAXA の所有する打上げ機会を利活用する形で国内外のユーザに約50機以上の打上げサービスを提供している。

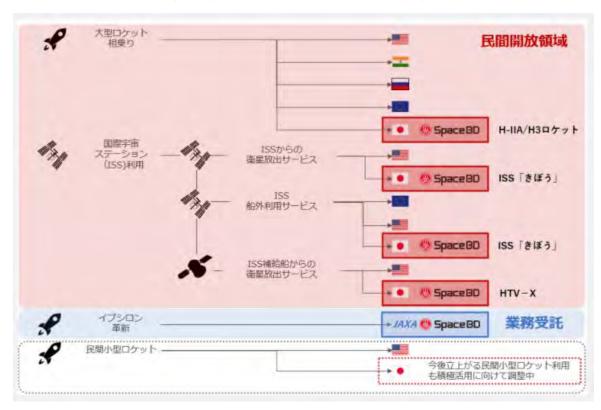
#### ④今後の取組み [打上げ機会]

2021 年に米 SpaceX 社の「Falcon9」ロケットを活用した衛星打上げサービスを開始し、初回打上げは 2022 年 10 月を予定している。これまで中心だった国産の打上げ手段に加えて、海外の打上げ手段を確保することで、希望の軌道への打上げを実現するなど多様なサービスの提供を推進する。

51

<sup>139</sup> SpaceBD https://space-bd.com/

図表 3.2.2.a 宇宙への輸送手段と Space BD 社立ち位置(2020 年 11 月時点) https://space-bd.com/news/20201130.php



# (3) 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構(打上げ機会提供)

## ①これまでの実績 [主な打上げ機会]

2006 年度の H-IIA ロケット相乗りによる超小型衛星の打上げ機会提供の公募制度開始から 32 基の超小型衛星の打上げを行い、宇宙実証機会の提供を通じ、日本の宇宙開発利用の裾野拡大及び人材育成に貢献してきた。さらには、2012 年に超小型衛星放出機構(J-SSOD)を開発し、米国への放出機会の提供を含め、国際宇宙ステーション(ISS)「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出機会を提供してきた。

超小型衛星市場の世界的な拡大を見据え、民間活力を活用した JAXA 研究開発成果の最大化に取り組む動きの中で、JAXA の衛星を打上げる際の H-IIA および H3 ロケット打上げを対象とした「ロケット相乗り超小型衛星打上げ機会の提供事業者」として Space BD 株式会社を、「「きぼう」からの超小型衛星放出サービスの事業者」として Space BD 株式会社がに三井物産株式会社を選定し、利用需要の拡大などを推進している。

# (a)H-IIA 相乗り機会 ※事業者 Space BD 社

無償の取組み:超小型衛星を利用した教育・人材育成への貢献を目的として、民間企業、大学等が製作する超小型衛星を無償にて打ち上げる機会を提供。

有償の取組み:超小型衛星による新しいビジネスの創出に向け、産業化を見据えて国内需要を顕在化させることを目的として、有償による超小型衛星の打ち上げ機会提供事業を実施。

(b)「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出機会 ※事業者 Space BD 社・三井物産社

合計 60 機の超小型衛星が J-SSOD を用いて「きぼう」日本実験棟から放出された。 [2012 年~2022 年 2 月]

# (c) 革新的衛星技術実証プログラム

宇宙基本計画上の「産業・科学技術基盤を始めとする宇宙活動を支える総合的な基盤の強化」の一環として、大学や研究機関、民間企業等が開発した部品や機器、超小型衛星、キューブサットに宇宙実証の機会を提供するプログラム。提案者の開発した機器や部品を JAXA の人工衛星に搭載して打ち上げ、約1年間宇宙で運用し、得られたデータを提供するタイプと、提案者の開発した超小型衛星、キューブサットを JAXA で打ち上げるタイプがある。2019年1月に1号機、2021年11月に2号機の打上げにそれぞれ成功している。

## ②今後の取組み [主な打上げ機会]

新型宇宙ステーション補給機「HTV-X」からの超小型衛星放出技術実証を 2022 年度に 実施予定。HTV-X は ISS よりも高い軌道(最大約 500km)まで遷移することが可能で、高 高度からの衛星放出により衛星の軌道寿命を延ばすことが見込まれる。

# (4)キヤノン電子株式会社(衛星開発)140

#### ①会社概要

•所在地:埼玉県秩父市

•設立:1954年

-従業員数:単独:1,902 名、連結:5,321 名(2021 年 6 月 30 日現在)

•資本金:49 億 6900 万円

<sup>140</sup> キヤノン電子株式会社 https://www.canon-elec.co.jp/

53

### ②事業内容

小型人工衛星(宇宙関連事業)、セキュリティソフトウェア、FA機器(工場自動化設備)、医療関連機器の設計・開発などを行っている。

子会社のうち、スペースワン株式会社(キヤノン電子、IHI エアロスペース、清水建設、日本政策投資銀行の4社で設立)では、和歌山県串本町で日本初の民間企業が所有するロケット打上げ射場「スペースポート紀伊」の建設を進めており、小型衛星用の商業宇宙輸送サービスの事業化を目指している。

### ③これまでの実績[主な衛星開発]

人工衛星のコンポーネント(=部品)を内製化することによって大幅なコストダウンを図り必要な性能を維持しつつ、世界的需要が高まりつつある超小型人工衛星の開発・製造に取組んでいる。低価格・高性能・短納期を目指す小型地球観測衛星「CE-SAT」シリーズでは、2017年に初号機「CE-SAT-I」を打ち上げており、軌道上での実証試験を継続している。2020年に打ち上げられた3号機「CE-SAT-IIB」には、新規の自社開発品である超高感度カメラを含む3台のカメラと多数の内製コンポーネントを搭載しており実証試験を2年間にわたり行う。

### ④今後の取組み [主な衛星開発]

2030年売上1,000億円規模を目指し、超小型人工衛星の販売、コンポーネントの販売などに取組んでいる。

- (a)超小型人工衛星ラインナップ
- CE-SAT-I(500mm×500mm×850mm) / 光学望遠鏡 口径 400mm 搭載
- CE-SAT-II(292mm×392mm×673mm) / 光学望遠鏡 口径 200mm、87mm 搭載
- CE-SAT-III(100mm×100mm×300mm)
- (b)コンポーネント

光学望遠鏡(口径 400mm、200mm、87mm)、超高感度カメラ、地磁気センサなど

#### (5)明星電気株式会社(衛星製造)141

- ①会社概要
- ·所在地:群馬県伊勢崎市
- -設立:1938年
- •従業員数:345名(2021年3月31日現在)

54

<sup>&</sup>lt;sup>141</sup> 明星電気株式会社 https://www.meisei.co.jp/

•資本金:49 億 6900 万円

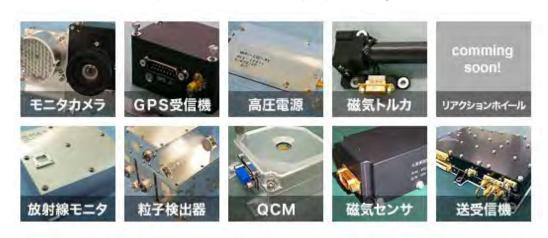
## ②事業内容

通信、電子、電気計測、情報処理、その他電気一般に関する装置、機械器具、部品の製造、販売ほか。日本初の宇宙ステーション搭載観測機器メーカのひとつとして、国内外の宇宙開発プロジェクトを多数サポートしている。

## ③これまでの実績

日本初の人工衛星「おおすみ」以降、観測機器をはじめとする数多くの衛星搭載機器の納入実績があり、準天頂衛星「みちびき」においても、宇宙環境データ取得装置を担当した。熱真空試験、振動試験等の試験設備も充実しており、超小型衛星の開発も推進している。2012 年には明星電気社が製造した初の超小型衛星「WE WISH」(サイズ 1U)が、JAXAの J-SSOD により ISS から宇宙に放出され、地球を周回し 158 日間運用された。ベトナム国家宇宙センター(VNSC)との共同研究のもと、民生部品を活用した安価で高性能なオンボードコンピュータ(OBC)を開発し、超小型衛星「NanoDragon」(サイズ 3U)に搭載した。NanoDragon は J AXA の革新的衛星技術実証 2 号機プロジェクトを構成するキューブサット 4 機のうちの 1 機として 2021 年に打ち上げられた。

図表 3.2.2.b 主な衛星搭載機器 https://archive.meisei.co.jp/special/kogata/



### ④今後の取組み

海外、民間、ベンチャーの宇宙開発企業を中心に、衛星バス機器、計測機器、カメラ、送 受信機を組合せた複合機能の提案なども目指すとしている。

# (6)株式会社 IHI ジェットサービス(衛星データ/プラットフォーム提供)142

## ①会社社概要

•所在地:東京都昭島市

-設立:1978年

·資本金:2億円(株式会社 IHI 全額出資)

### ②事業内容

衛星情報によるソリューションサービスにおいて、海上輸送の付加価値サービス、海洋安全保障のサービスを提供する。

# ③これまでの実績

コンテナ船スケジュール/位置情報システム、到着予定時刻(ETA)の再計算サービスなどを海上物流のソリューションとして提供している。

図表 3.2.2.c 衛星情報サービス https://www.ihi.co.jp/ijs/business/satellite/



海洋監視システムのサービスでは、衛星データを重畳した、海域の情報収集、情報分析を行なえる基盤システムを提供する。海域の情報をニア・リアルタイムで取得し、独自の解析技術で分析を行い、顧客の用途に合わせ、必要な情報を提供する海洋監視サービス「iOMS」は、民間向けと安全保障向けの二つのサービスで構成される。独立行政法人国際協力機構および南アフリカ政府機関との海洋監視に係る取組みにおいて、iOMS とアフリカ国内のデータを組み合わせた改善提案などを実施した。

そのほか、AIS(船舶自動識別装置)データプロバイダーexactEarth 社(カナダ)の日本における独占的販売代理店として「ShipView」を提供する。ShipView は、すべての船舶の位置を簡単に確認できる Web ベースのビューイングツールである。

<sup>142</sup> 株式会社 IHI ジェットサービス https://www.ihi.co.jp/ijs/

# 3.2.3. 海外の衛星コンステレーション事業者

- (1) Planet (100 機以上の衛星による光学リモセンサービス)
  - ①運用企業情報
  - ・拠点:米国、ドイツ 143
  - -設立:2010年 144
  - ・資金調達:総額 5 億 7390 万ドル(Post-IPO エクイティ、2021/12/8)。NYSE 上場 (2021/12/8)<sup>145</sup>。
  - 収入:1億 1300 万ドル(2021 年連結)146

#### ②打ち上げ計画

- ・現状 <sup>147</sup>: 軌道上に 200 機以上を有し <sup>148</sup>、(a) 約 180 機で構成する「Dove (PlanetScope)」 コンステ、及び(b) 21 機で構成する「SkySat」コンステを運用及び更新中。なお、(c) 5 機 で構成する「RapidEye」コンステは 2020 年に運用を終了。
- ・将来 <sup>149,150</sup>:「Pelican」コンステを 2022 年より打ち上げて 2023 年に運用を開始する。衛星数は今後の需要等により決定する。Pelican コンステは、SkySat の最大 10 回/1 日を超える回帰数や応答時間と遅延の減少により、SkySat を補完並びにアップグレードする予定である。

### ③衛星スペック

(a) Dove (PlanetScope) 151

https://www.planet.com/contact/

https://investors.planet.com/resources/investor-fags/default.aspx

https://www.crunchbase.com/organization/planet-labs

https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf

https://s29.q4cdn.com/903184914/files/doc\_presentation/PL\_Analyst\_Day\_Presentation\_9.21.2021.pdf <sup>147</sup> Planet, Our Constellations

https://www.planet.com/our-constellations/

148 Planet.com

https://www.planet.com/

<sup>149</sup> Planet News, October 12, 2021

https://www.planet.com/pulse/planet-introduces-new-high-resolution-pelican-satellites-and-fusion-with-sar/

150 SpaceNews, October 12, 2021

https://spacenews.com/planet-explore-2021-pelicans/

151 PLANET IMAGERY PRODUCT SPECIFICATIONS MARCH 2022

https://assets.planet.com/docs/Planet\_Combined\_Imagery\_Product\_Specs\_letter\_screen.pdf https://developers.planet.com/docs/data/

<sup>&</sup>lt;sup>143</sup> Planet, Planet Offices

<sup>&</sup>lt;sup>144</sup> Planet, Investor FAQs

<sup>&</sup>lt;sup>145</sup> Crunchbase, Planet

<sup>&</sup>lt;sup>146</sup> Planet. Investor Presentation July. 2021

### - 観測バンド:

(i) Dove Classic

Multi: 455-515, 500-590, 590-670, NIR: 780-860

(ii) Dove-R

Multi: 464-517, 547-585, 650-682, NIR: 846-888

(iii) SuperDove

Multi: 431-452, 465-515, 513-549, 547-583, 600-620, 650-680, 697-713, NIR: 845-885

- ・シーンサイズ:(i)Dove Classic:24×8km、(ii)Dove-R:24×16km、(iii)SuperDove: 32.5×19.6km
- ·分解能:約3.7m
- •質量:5.8kg<sup>152</sup>(3U)

# (b) SkySat<sup>151</sup>

- 観測バンド: PAN 450-900、Multi 450-515, 515-595, 605-695、NIR 740-900
- •分解能(刈り幅):
  - (i)SkySat1, 2:PAN 0.86m, Multi 1.0m (8km)
  - (ii)SkySat3-15:PAN 0.65m, Multi 0.81m (5.9km)
  - (iii)SkySat16-21:PAN 0.58m, Multi 0.72m (5.5km)
- •質量:110kg(60 x 60 x 95 cm)
- (c)RapidEye<sup>153</sup>(参考)
- -2020 年 3 月に運用停止。2009 年以降のアーカイブデータを提供 154。
- 観測バンド: Multi 440-510, 520-590, 630-685, 690-730、NIR 760-850
- ・分解能(刈り幅):6.5m(77km)

## ④観測頻度・軌道

- (a) Dove (PlanetScope) 151,155
- 衛星数:約180(運用中の数)
- ・観測頻度:全球を毎日

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dove

<sup>153</sup> ESA, Earth Online, RapidEye

https://earth.esa.int/eogateway/missions/rapideye

<sup>154</sup> Planet, Planet Imagery

https://www.planet.com/products/planet-imagery/

155 eoPortal. Dove

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dove

<sup>152</sup> eoPortal, Dove

- ・再帰数:1回/日(ナディア)
- 軌道: 高度 450-580km、傾斜角: 98 度 SSO(52 度(ISS 放出)もあり 156)
- ·赤道通過時刻:9:30 11:30 am(現地時間)
- ·観測能力:2億km/日
- 備考: 広範囲モニタリングで常時運用(Always-on, broad area monitoring) 157
- (b) SkySat<sup>151,158</sup>
- •衛星数:21
- ・観測頻度:全球を毎日
- •再帰数: sub-daily frequency(5-7回、(最大 10回 149))/日、4-5日/1機
- 軌道高度:600km(SkySat 1-2)、初期 500km で後に 450km(3-15)、400km(16-18)
- 軌道傾斜角: SSO(SkySat 1-15)、53 度(16-21) 159
- ・赤道通過時刻:10:30(SkySat-3 7, 14, 15)、13:00(SkySat-1, 2, 8 -13)、日による (SkySat 16 21)
- ·観測能力:40 万km/日
- ・備考:推進システム搭載。カスタム及び専用モニタリング対応(Custom, targeted monitoring)<sup>157</sup>。動画(最大 120 秒)を取得可能**エラー! ブックマークが定義されていません。**, 160,161。
- (c) RapidEye<sup>153</sup>(参考)
- 衛星数:5機
- ・観測頻度:全球を毎日
- ·軌道:630km SSO

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/flock-1.htm

https://learn.planet.com/rs/997-CHH-265/images/Planet%20Monitoring%20One-Pager\_letter.pdf <sup>158</sup> ESA, Earth Online、SkySat

https://earth.esa.int/eogateway/missions/skysat

https://www.planet.com/pulse/skysats-16-21-to-launch-on-spacex-falcon-9-starlink-missions/ <sup>160</sup> ESA, earth online, SkySat

https://earth.esa.int/eogateway/missions/skysat/objectives

https://developers.planet.com/docs/data/skysat/

<sup>156</sup> Gunter's Space, flock-1

<sup>157</sup> Planet Monitoring One-Pager\_letter

<sup>&</sup>lt;sup>159</sup> Planet News, May 13, 2020

<sup>&</sup>lt;sup>161</sup> Planet, Developer Resource Center, SkySat

# ⑤データ利用用途 162

・農業、環境、森林・土地利用、諜報・防衛、安全保障・危機管理、視覚的シミュレーション 163、研究・教育、エネルギー・インフラ、民政(Civil Government)、金融・保険、マッピング・GIS、海事、干ばつ対応

# ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格

- ・クラウドベースのダッシュボード上でタスキングし 164、API、GUI 経由で画像をダウンロード 164。 SkySat は画像取得から 3 時間以内に提供 165。
- ・地域代理店(アジア地域):ベトナム TECOS 社を含む各国代理店の一覧を公開している 166。日本については、株式会社衛星ネットワーク(SNET)が一覧に掲載されている一方、 インターネット情報によると複数社が取り扱っているとみられる。
- 販売価格: N/A

## ⑦利用者による PR 記事

利用者のコメント(一部)167:

- ・灌漑事業において、アーカイブ及び観測データによる更新画像をほぼ毎日取得できる(イスラエルの農業企業)
- ・鉱山での不法侵入監視や資源発見において、必要時に最新の画像を入手できアクションを起こしやすい(米ニューメキシコ州の土地管理局)
- ・建設工事管理において、航空機やヘリコプタといった従来の画像取得手法による取得時間、手間、情報劣化の課題を解決する(米カリフォルニア州ロングビーチ港)
- •GIS を直近の衛星画像で更新するために準リアルタイムデータが不可欠(Esri 社 168)
- ・(参考)「Fusion Monitoring<sup>169</sup>」サービスでは、ESA の Sentinel-1 衛星の SAR データを 含む外部データセットとの統合により関心エリアの情報を継続的に提供する。

https://www.planet.com/markets/

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

<sup>164</sup> Planet, Products, Platform

https://www.planet.com/products/platform/

<sup>165</sup> Planet, Products, Hi Res Monitoring

https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/

<sup>166</sup> Google, Planet Partner Landscape

<sup>167</sup> Planet, Customer Stories

https://www.planet.com/company/customer-stories/

<sup>168</sup> Planet, Partners, Esri

https://www.planet.com/partners/esri/?utm\_source=blog&utm\_medium=website&utm\_campaign=esri-partner-announcement-2020-contact-esri&utm\_content=esri-partners-page

<sup>169</sup> Businesswire, 2021/10/12

60

<sup>&</sup>lt;sup>162</sup> Planet, Solutions

<sup>&</sup>lt;sup>163</sup> eoPortal, RapidEve

## (2) Satellogic (17機の衛星による光学リモセンサービス)

- ①運用企業情報
- ・拠点:米国、オランダ、イスラエル、アルゼンチン、スペイン、オランダ、ウルグアイ、中国 170
- •設立:2010年 171
- ・資金調達:総額 3 億 7380 万ドル(Post-IPO エクイティ、2022/1/26)。SPAC により NASDAQ 上場(2022/1/26) 172,173。
- ・収入:700 万ドル(2021 年推定 Revenue) 174

### ②打ち上げ計画

現在: NewSat 衛星で構成する「Aleph-1」コンステレーションを構築中で、17 機を運用中。 将来: Aleph-1 コンステにより、2023 年までに 60 機で週ベース、2025 年までに 200 機で 日ベースの全球画像更新を目指す 174、175、176。

## ③衛星スペック 174

- (a)現行衛星
- 観測幅: Multi 5km、ハイパースペクトル 125km
- -分解能: Multi 70-100cm、ハイパースペクトル 25m
- •質量:38.5kg

# (i)マルチスペクトルデータ

・ナディア角ピクセル解像度(GSD):1m

https://www.businesswire.com/news/home/20211012005653/en/Planet-Introduces-New-High-

Resolution-Pelican-Satellites-and-Fusion-with-SAR#.YWW\_trwC5B8.twitter

Planet\_fusion\_specification\_March\_2021.pdf

https://assets.planet.com/docs/Planet\_fusion\_specification\_March\_2021.pdf

<sup>170</sup> Satellogic, COMPANY, CONTACT US

https://satellogic.com/company/contact-us/

<sup>171</sup> Satellogic, COMPANY, ABOUT US

https://satellogic.com/company/about-us/

<sup>172</sup> Crunchbase, Satellogic

https://www.crunchbase.com/organization/satellogic

173 Satellogic Press Releases

https://satellogic.com/news/press-releases/satellogic-completes-business-combination-with-cf-acquisition-corp-v-to-become-publicly-traded-company/

<sup>174</sup> Satellogic, Investor Presentation July 6.2021

https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic\_InvestorPresentation\_July6-2021.pdf Satellogic、Products

https://satellogic.com/products/

175 SpaceNews, January 26, 2022

https://spacenews.com/satellogic-completes-spac-merger/

<sup>176</sup> Satellogic, Aleph-1 Constellation

https://satellogic.com/technology/constellation/

61

- ・バンド数:4
- 観測バンド: 450 510、510 580、590 690、NIR 750 900
- •観測幅:5km
- •提供方法: Media, Cloud, API
- (ii)スーパーレゾリューションイメージ(マルチスペクトルデータを処理し空間分解能を向上)
- ・ピクセル解像度:70cm
- ・バンド数、波長、観測幅、位置精度:マルチスペクトルデータに同じ
- •提供方法: Media, FTP, Cloud, API
- (iii)ハイパースペクトルデータ
- ナディア角ピクセル解像度(GSD):25m
- ・バンド数: 最大 29
- ・観測バンド:460-830
- •観測幅:125km
- •提供方法: Media, Cloud, API
- (iv)動画(FULL MOTION VIDEO)
- ・ナディア角解像度:1m
- ・観測バンド: モノクロ
- 動画尺: 最大 60 秒(最大 2 分の情報あり 177)
- (b) 最新型の衛星(NewSat Mark IV シリーズ)

#### 搭載ペイロード:

- (i)MICRO(Multi)
- ・GSD サブメータ、観測幅 5km
- 観測バンド: 450-510, 510-580, 590-690、NIR 750-900
- (ii)MACRO(ハイパースペクトル)
- •GSD25m、観測幅 125km
- 波長:462-830 nm、29 バンド
- (iii)GENERAL PURPOSE HD CAMERA(HD カメラ)
- ・バンド: RGB ベイヤーフィルタ

<sup>&</sup>lt;sup>177</sup> Satellogic, Press Release July 6, 2021

https://satellogic.com/news/press-releases/satellogic-a-leader-in-satellite-earth-imagery-to-go-public-through-merger-with-cantor-fitzgeralds-cf-acquisition-corp-v/

•GSD:70m、観測幅:69km

(iv)その他: 相乗り及び科学実験用の余剰スペースあり

※解像度·観測幅は衛星高度 470km の場合

# ④**観測頻度**・軌道 <sup>178</sup>

- ・観測頻度:全球を毎日
- 再帰数: 最大 4回/日(17機)、60回/日(300機)
- •軌道:480 km × 498 km, 97.50° (#1, 2); 535 km × 545 km, 43.02° (#3); 493 km × 503 km, 97.21° (#4, 5); 516 km × 524 km, 97.47° (#6); 476 km × 490 km, 97.34° (#7, 8)

#### ⑤データ利用用途

農業、防衛・情報、エネルギー、森林、インフラ、油田・ガス、食料、エネルギー、給水、気候変動、移民対策(国境管理・移動ルート)178,179

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- •API や同社ウェブアプリ経由での直接タスキング(オプション) 180。AWS との協力あり 181。
- ・専用衛星群プログラム「Dedicated Satellite Constellation(DSC)」(オプション): 自国衛星を持たない政府等が、技術及び運用リスクなしの Dedicated satellites を所有・管理するプログラム。衛星プログラムの設計、打上げ、データ入手に至る Satellite-as-a-Service を提供 <sup>182</sup>。
- ・政府、防衛情報向けサービス: L1 products は 6-12 時間後、L2/L3 products は 24-36 時間後に配布 <sup>183</sup>。
- ・地域代理店(アジア地域):公式サイトに情報なし

https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic\_InvestorPresentation\_July6-2021.pdf Gunter's Space Nusat-1

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/nusat-1.htm

https://satellogic.com/documents/case-studies/

<sup>180</sup> Satellogic, Products, Tasking Platform

https://satellogic.com/products/tasking-platform/

181 AWS, Blog

https://aws.amazon.com/es/blogs/publicsector/satellogic-makes-earth-observation-data-more-accessible-affordable-aws/

https://satellogic.com/products/dedicated-satellite-constellation/

Via Satellite, The 2019 Nominees for Satellite Technology of the Year

http://interactive.satellitetoday.com/via/march-2020/the-2019-nominees-for-satellite-technology-of-the-year/

https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic Solutions-for-Defense Intelligence.pdf

<sup>178</sup> Satellogic InvestorPresentation July6-2021

<sup>179</sup> Satellogic, Case Studies

<sup>&</sup>lt;sup>182</sup> Satellogic, Products, Dedicated Satellite Constellation

<sup>&</sup>lt;sup>183</sup> Satellogic, Solutions for Defense Intelligence

- ・販売価格:公式サイトに情報なし
- ⑦利用者による PR 記事

N/A

- (3) Astro Digital (①30 機の衛星による光学リモセンサービス/②2 機の衛星による AIS データ収集)
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国企業
  - -設立:2015年
  - •非上場企業 184
  - ・資金調達段階:シリーズ A
  - ・資金調達総額:1670 万ドル 185
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
    - (a) Landmapper コンステレーション 186
    - -Landmapper コンステレーションを Landmapper-BC 衛星 5 機で運用中。
    - ・将来的には Landmapper-BC(6U)を計 12 機 <sup>187</sup>、Landmapper-HD(16U)を 20 機打 ち上げる計画 <sup>188</sup>。未打上げの衛星の打上げ時期は不明。
    - (b) Perseus-M1 及び M2
    - ・AIS データ収集を行う Perseus-M1 及び M2 の 2 機を運用中。2014 年打上げ、衛星の設計寿命は 1 年 <sup>189</sup>。
  - ③衛星スペック
    - (a) Landmapper-BC<sup>190</sup>

<sup>184</sup> Linkin, Astro Digital

https://www.linkedin.com/company/astro-digital/

<sup>185</sup> Crunchbase, Astro Digital

https://www.crunchbase.com/organization/astro-digital

<sup>186</sup> Astro Digital, Landmapper Constellation

https://astrodigital.com/data-products

<sup>187</sup> Gunter's Space Page, Landmapper-BC 1, ..., 12 (Corvus-BC 1, ..., 12)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/landmapper-bc.htm

<sup>188</sup> Gunter's Space Page, Landmapper-HD 1, ..., 20 (Corvus-HD 1, ..., 20)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/landmapper-hd.htm

<sup>189</sup> Astro Digital, Current Missions

https://astrodigital.com/current-missions

190 Spaceflight 101. Corvus-BC

https://spaceflight101.com/soyuz-kanopus-v-ik/corvus-bc/

- ·分解能:22m
- ·スペクトル帯:R(630-690nm)、G(520-600nm)、NIR(770-900nm)
- ·衛星質量:10kg(6U)
- (b) Perseus-M1 及び M2<sup>191</sup>
- ・LuxSpace 製 AIS レシーバを搭載
- ·衛星サイズ:6U
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
  - (a) Landmapper-BC
  - •衛星機数:5機
  - •観測頻度:全球を毎日
  - ・観測能力:5千万平方キロメートル/日、75GB/日
  - •観測幅:220km
  - ·軌道:500-600km SSO
  - (b) Perseus-M1 及び M2
  - •衛星機数:2機
  - •軌道:606 km × 625 km, 97.9°(#1); 605 km × 623 km, 97.9°(#2)
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
  - (a)Landmapper-BC:農地観測
  - (b) Peruseum-M: AIS データ収集
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
  - (a) Landmapper-BC:
  - ・Raw product (Geometrically-corrected data) は API 経由で 3 時間以内に入手可能
  - 処理済み画像プロダクト (Analytics-ready data) も入手可能 (所要時間不明)
  - (b) Peruseum-M:
  - -N/A
- ⑦利用者による PR 記事
  - (a) Landmapper-BC:

<sup>191</sup> Gunter's Space Page, Perseus-M 1, 2 https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/perseus-m.htm

- •Fire over Mendocino National Forest with Landmapper-BC imagery, Sep 2, 2020<sup>192</sup>
- Monitoring man made objects with Landmapper-BC, May 3, 2019<sup>193</sup>
- (b) Peruseum-M:

-N/A

- (4) BlackSky Technology (60 機の衛星による光学リモセンサービス)
  - ①運用企業情報
  - •拠点:米国
  - 設立: 2014 年 194
  - 資金調達: 総額 2 億 3000 万ドル(2021/9/10)。 NYSE 上場(2021 年 9 月) 195
  - ・収入: 2100 万ドル(Revenue)(2020 年)196

#### ②打ち上げ計画

- ・60機で構成するコンステレーション「BlackSky」を構築中。
- ・2019 年までに全 60 機を打ち上げる計画だったが、遅れている模様 197。
- ・2021 年 12 月現在 12 機が打上げ済み 198。
- -2021 年 8 月、数か月内に新たに 6 機を打ち上げる計画及び年内に 14 機体制とする計画を発表している 199。
- -1 機目の打上げは 2018 年、衛星の設計寿命は 3 年 <sup>200</sup>。

https://medium.com/@astrodigital/fire-over-mendocino-national-forest-with-landmapper-bc-imagery-82a7a58e62cf

https://blog.astrodigital.com/monitoring-man-made-objects-with-landmapper-bc-6d41b6249b6a

<sup>194</sup> BlackSky Technology, Investor Relations FAQ

https://ir.blacksky.com/company-information/faq

195 Crunchbase.com, BlackSky Technology

https://www.crunchbase.com/organization/blacksky-global

196 BlackSky, SEPTEMBER 2021 INVESTOR PRESENTATION

https://static1.squarespace.com/static/5d45d790e595130001acce06/t/613124fc7d252739fb78353c/163 0610685855/BlackSky\_Investor+Presentation+%28September+2021%29\_v11+as+Filed.pdf

<sup>197</sup> eoPortal, BlackSky Constellation

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/blacksky-constellation <sup>198</sup> Businesswire, 2021/12/13

https://www.businesswire.com/news/home/20211213005332/en/

199 Spacedaily.com, 2021/8/11

https://www.spacedaily.com/reports/BlackSky\_to\_expand\_constellation\_with\_three\_back\_to\_back\_miss ions 999.html

<sup>200</sup> Gunter's Space Page, BlackSky

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/blacksky-global.htm

<sup>&</sup>lt;sup>192</sup> Medium.com, Astro Digital, Sep 2, 2020

<sup>&</sup>lt;sup>193</sup> Astro Digital Blog, May 3, 2019

# ③衛星スペック 201

- ・センサの種類: SpaceView 24
- 観測バンド: Visible panchromatic/color
- ·分解能:0.9 m 1.1 m(500km GSD)
- ・開発中の第 3 世代(Gen-3)衛星は、分解能 50cm、SWIR を含む複数センサを搭載。 2022 年に実証衛星を打上げ予定 <sup>202,203</sup>。
- ·質量:44-60kg

### 4)観測頻度・軌道

- 衛星数:60機
- •軌道:478 km × 499 km, 97.48°(#1); 577 km × 591 km, 97.77°(#2); 450 km × 461 km, 45.01°(#3)
- ・観測頻度:日の出から日没までの平均再帰時間1時間を計画

### ⑤データ利用用途

国防・インテリジェンス、通商・建築・産業、災害・気候・環境 204

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- 顧客への平均提供時間(delivery times)90 分を計画
- ■アーカイブ&オープンソースへのアクセスやタスキング等が可能なモニタリング・分析ツール「Spectra On-Demand Secure Bundle」を提供 205
- ・地域代理店(アジア地域): ST Engineering Geo-Insights 社(シンガポール) 206
- •販売価格: N/A

https://www.l3harris.com/sites/default/files/2021-06/l3harris-spaceview-brochure-sas.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>201</sup> L3Harris, SPACEVIEW™

<sup>&</sup>lt;sup>202</sup> BlackSky News, 2020/9/24

https://www.blacksky.com/2020/09/24/blacksky-dual-payload-satellite-architecture-resolution-nighttime-imaging/

<sup>&</sup>lt;sup>203</sup> BlackSky News, 2020/3/25

https://www.blacksky.com/2021/03/25/blacksky-accelerates-constellation-deployment-with-five-rocket-lab-launches/

<sup>&</sup>lt;sup>204</sup> BlackSky, Products Services

https://www.blacksky.com/products-services/

<sup>&</sup>lt;sup>205</sup> BlackSky News, 2020/4/22

https://www.blacksky.com/2020/04/22/blacksky-launches-spectra-on-demand-secure-bundle-for-intelligence-analysts/

<sup>&</sup>lt;sup>206</sup> BlackSky Press Release 2021/3/1

https://www.blacksky.com/2021/03/01/st-engineering-geo-insights-partners-with-blacksky-to-offer-expanded-satellite-imaging-and-analytics-insights-portfolio-for-customers-in-southeast-asia/

### ⑦利用者による PR 記事

- 2021 年 8 月、米 National Reconnaissance Office (NRO)との間でオンデマンド衛星画像を月次サブスクリプションにより提供する契約を締結 207
- (5) ConsenSys (旧 Planetary Resources) (10 機による光学リモセンサービス) 208
  - ①運用企業情報 209
  - •拠点:米国
  - -設立:2010年
  - 資金調達:総額 5030 万ドル(グラント、2016/11/3)。2018 年 10 月、Planetary
     Resources 社は、ブロックチェーンやソフトウェア事業等に取り組む ConsenSys 社に買収された。

# ②打ち上げ計画 210

・2016 年 Arkyd-100(Ceres)と呼ばれる地球観測衛星システムを推進することを発表したが、2017年6月、地球観測システム計画を減速させることを発表。資金な問題とされており、10機の衛星の打ち上げについては不透明。

## ③衛星スペック 211

- <Arkyd-100(Ceres)>
- •光学望遠鏡
- ・センサ:赤外線、分解能 10m ハイパースペクトル、15m 中赤外線
- •衛星質量:15kg(12U)

https://www.blacksky.com/2021/08/17/nro-expands-blacksky-commercial-imagery-for-security-defense-and-intelligence/

https://spacenews.com/planetary-resources-sets-aside-earth-observation-system/

https://www.crunchbase.com/organization/planetary-resources

https://web.archive.org/web/20160610000009/http://www.planetaryresources.com/technology/

Gunter's Space Page, Arkyd-100 (Ceres)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/arkyd-100.htm

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/arkyd-100.htm

Nanosats Database, Ceres (Arkyd-100)

https://www.nanosats.eu/sat/ceres-planetary

<sup>&</sup>lt;sup>207</sup> BlackSky News, 2021/8/17

<sup>&</sup>lt;sup>208</sup> SpaceNews, June 15, 2017

<sup>&</sup>lt;sup>209</sup> Crunchbase, Planetary Resources

<sup>&</sup>lt;sup>210</sup> Technology | Planetary Resources (archive.org)

<sup>&</sup>lt;sup>211</sup> Gunter's Space Page, Arkyd-100 (Ceres)

- 4) 観測頻度 軌道 211
- 衛星数:10機(予定)
- ⑤データ利用用途 211
- •地球観測、小惑星観測
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- -N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- -N/A
- (6) Hera Systems (約50機の衛星による光学リモセンサービス)
  - ①運用企業情報 212
  - •拠点:米国
  - -設立:2013年
  - 資金調達: 総額 520 万ドル(シリーズ C、2019/8/7)
  - ②打ち上げ計画
  - ・最初の8機を2020年代に打ち上げる計画<sup>213</sup>。実証機1機は2019年に打上げ済み<sup>214</sup>。
  - ③衛星スペック 216
  - ・静止画及び動画撮影が可能な imaging telescope payload を搭載
  - •分解能:1m
  - •質量:22kg(12U)
  - 4観測頻度・軌道
  - ・衛星数:8機(最大48機に拡大する可能性との2015年の報道あり)<sup>215</sup>

https://www.crunchbase.com/organization/hera-systems-inc

<sup>213</sup> Gunter's Space Page 1HOPSat

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/1hopsat.htm

<sup>214</sup> Gunter's Space Page, 1HOPSat TD

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/1hopsat-td.htm

<sup>215</sup> SpaceNews, November 19, 2015

https://spacenews.com/hera-systems-enters-crowded-smallsat-imaging-field/

<sup>&</sup>lt;sup>212</sup> Crunchbase, Hera Systems

- -最初の8機の運用軌道: 高度350km 以下のSSO、軌道傾斜角97.79度<sup>216</sup>
- ⑤データ利用用途
- N/A
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- -N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (7) ICEYE (18 機超の衛星による SAR リモセンサービス)
  - ①運用企業情報
  - ・拠点:フィンランド、米国、ポーランド、スペイン、英国 217
  - -設立:2015年
  - 資金調達: 総額 152.1Mドル(シリーズ C、2020/9/22)<sup>218</sup>
  - ·売上:50M USD(2020年)<sup>219</sup>
  - ②打ち上げ計画
  - ・現状: 14機(2021年7月時点)うち、少なくとも2機は運用終了<sup>220、221</sup>。
  - 将来: 2022 年までに 18 機体制、更に拡張する予定 222、223。

https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=218010&x=

<sup>217</sup> ICEYE, About ICEYE, Offices

https://www.iceye.com/company/offices

<sup>218</sup> Crunchbase, ICEYE

https://www.crunchbase.com/organization/iceye/company\_financials

<sup>219</sup> ICEYE, Press Release, 31 March 2021

https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-reports-contracts-valued-at-50m-usd-in-2020-and-announces-new-launches-to-meet-growing-demand

<sup>220</sup> ICEYE, Press Release, 01 July 2021

https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-launches-four-new-radar-imaging-satellites-taking-a-further-leap-forward-in-persistent-monitoring-capabilities

<sup>221</sup> リモート・センシング技術センター、ICEYE Constellation

https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html

222 ICEYE, SAR Satellite Orbits

https://www.iceye.com/sar-data/orbits

<sup>223</sup> CNBC, Satellite imagery specialist ICEYE continues U.S. expansion, with \$50 million in contracts last year

https://www.cnbc.com/2021/03/31/satellite-sar-imagery-iceye-continues-expansion-with-50-million-last-year.html

<sup>&</sup>lt;sup>216</sup> FCC, 1HS-ODAR-ID002 RevC

## ③衛星スペック 224

- •観測バンド:X
- ・シーンサイズ:5km X 5km(Spot)、30km X 50km(Strip)、100km X 100km(Scan)
- ・分解能(Slant range / Azimuth): 0.5m / 0.25m(Spot)、0.5 2.5m / 3m(Strip)、15m / 15m(Scan)、注)Spot と Strip は SLC、Scan は GRD の分解能を記載
- •偏波:VV
- ·衛星重量:85kg(平均)

### ④観測頻度・軌道 225

- 観測頻度: 全球を毎日(24h ground track repeat)
- -軌道:560-580km SSO、22:30 / 15:05 / 14:04 / 21:36 LTAN

## ⑤データ利用用途 226、227

- •安全保障
- 保険
- 災害モニタ: Flood / Wildfire / Wind / Earthquake
- ・海洋監視: Detecting dark vessels、Ice charting & safe navigation、Oil spill
- ·農業: Harvest detection
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ・データ入手方法:下記販売代理店から購入するか、ICEYE 社ホームページから直接コンタクト 228。
- 販売代理店: ST Engineering Geo-Insights Pte Ltd. (東南アジア地区) 229
- •販売価格: N/A

### ⑦利用者による PR 記事

- N/A

https://www.iceye.com/sar-data

<sup>225</sup> ICEYE, SAR Data

https://www.iceye.com/sar-data

<sup>226</sup> ICEYE, APPLICATIONS OF SAR SATELLITE DATA IN DIFFERENT INDUSTRIES

https://www.iceye.com/downloads/industry-materials

<sup>227</sup> ICEYE, Solutions

https://www.iceye.com/solutions

<sup>228</sup> ICEYE, Contact Us

https://www.iceye.com/lp/contact-us

<sup>229</sup> ICEYE, Press Release, 07 October 2019

https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-partners-with-st-engineering-to-develop-south-east-asia-markets-for-sar-imagery-and-analytics

<sup>&</sup>lt;sup>224</sup> ICEYE, SAR Data

## (8) Capella Space (40 機の衛星による SAR リモセンサービス)

- ①運用企業情報
- •拠点:米国
- ・設立:2016年
- 資金調達: 総額 82Mドル(シリーズ B、2019/12/11) 230
- 収入: 推定 45M USD (estimated annual revenue) 231

## ②打ち上げ計画 232

•現状:5機(2021年5月時点)

•将来:40機

#### ③衛星スペック

- -観測バンド:X
- ・シーンサイズ:5km X 5km(Spot)、5km X 10km(Site)、5km X 20km(Strip)
- ·分解能(Slant range / Spatial ground max):0.3m / 0.5m(Spot)、0.5m / 0.8m(Site)、0.75m / 1.2m(Strip)<sup>233</sup>
- ·偏波:HH、VV<sup>234</sup>
- ·衛星重量:107kg(Capella-2)235

## 4観測頻度・軌道 236

- 観測頻度:全球を1日1回以下(衛星機数、軌道から推定)
- •軌道:520-540km SSO(Capella-3~5)、520-590km 低傾斜軌道(Capella-2;45°、Capella-6;53°)

https://www.crunchbase.com/organization/capella-space/company\_financials

<sup>231</sup> GROWJO, Capella Space

https://growjo.com/company/Capella\_Space

https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2021/all2021/218/

<sup>233</sup> Capella Space, SAR Imagery Products

https://www.capellaspace.com/data/sar-imagery-products/

<sup>234</sup> Capella Space, FAQ, Polarization Options

https://support.capellaspace.com/hc/en-us/articles/4409573678740-Polarization-Options <sup>235</sup> Capella Space, Capella Unveils World's Highest Resolution Commercial SAR Imagery https://www.capellaspace.com/capella-unveils-worlds-highest-resolution-commercial-sar-imagery/ <sup>236</sup> N2YO.com

https://www.n2yo.com/

<sup>&</sup>lt;sup>230</sup> Crunchbase, Capella Space

<sup>&</sup>lt;sup>232</sup> "Satellite Constellations: 2021 Industry Survey and Trends", Erik Kulu (NewSpace Index), 35th Annual Small Satellite Conference

- ⑤データ利用用途 237、238
- •安全保障
- 資源エネルギー
- •建設: Public Infrastructure Monitoring
- ・災害モニタ: Hurricanes / Floods / Wildfires
- -保険
- 海洋監視: Detecting dark ships、Identify and count vessels(経済活動モニタ)
- •ファイナンス
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ・データ入手方法: 下記販売代理店から購入するか、オンラインプラットフォームである Capella Console & API を利用、または Capella 社ホームページ (https://www.capellaspace.com/contact/) から直接コンタクト <sup>239</sup>。
- 販売代理店: Remote Sensing Instruments (RSI) of India(注:インドの販売事業者であり、東南アジア地区は non-exclusive reseller)<sup>240</sup>
- •販売価格: N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (9) Umbra (24 機超の衛星による SAR リモセンサービス)
  - ①運用企業情報
  - •拠点:米国
  - -設立:2015年
  - ・資金調達:総額 44.6Mドル(ラウンド不明、最新 2021/1/5)241

https://www.capellaspace.com/data/

https://www.capellaspace.com/customers/case-studies/

<sup>239</sup> Capella Space, Console & API

https://www.capellaspace.com/data/console-api/

https://www.youtube.com/watch?v=OuB5ylqX7DA

https://www.crunchbase.com/organization/umbra-lab-inc/company\_financials

<sup>&</sup>lt;sup>237</sup> Capella Space, Data

<sup>&</sup>lt;sup>238</sup> Capella Space, Case studies

<sup>&</sup>lt;sup>240</sup> SpaceNews, Capella Space announces first in a series of global partnerships, December 5, 2019 https://spacenews.com/capella-and-rsi-india/

<sup>&</sup>lt;sup>241</sup> Crunchbase, Umbra

### ②打ち上げ計画

•現状:1機(2021年7月時点)242

•将来: 24 機超 243

## ③衛星スペック 244

- -観測バンド:X
- ・シーンサイズ: 4km X 4km(Spot)、5 20km X 50km(Strip)、Arbitrary polygon(Scan)
- ・分解能(Ground Plane): 0.25 2m(Spot)、3m(Strip)、10m(Scan)、注) 将来的には 15cm を目指す模様
- ·偏波:HH、VV
- ·衛星重量:70kg 以下
- ④観測頻度・軌道 245
- •観測頻度:7.5min 22.5min(24 機体制時)
- •軌道:560km SSO

## ⑤データ利用用途

•安全保障 246

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ・データ入手方法: Umbra 社ホームページ上にある"Canopy"というタスキングプラットフォームサービスのアカウントを取得して購入可能のようだが、現時点では公式販売はまだで、βパートナーを選定している模様 <sup>247</sup>。
- •販売代理店: N/A

https://umbra.space/products/sar

Umbra. Terms of Use

https://umbra.space/disclaimer-terms-of-use

 <sup>&</sup>lt;sup>242</sup> SAR Journal, SpaceX Transporter #2 Launches Capella, ICEYE and Umbra Satellites, July 1, 2021
 http://syntheticapertureradar.com/spacex-transporter-2-launches-capella-iceye-and-umbra-satellites/
 <sup>243</sup> Breaking Defense, SAR-Sat Startup Umbra Emerges From Stealth Mode, June 23, 2021
 https://breakingdefense.com/2021/06/sar-sat-startup-umbra-emerges-from-stealth-mode/
 <sup>244</sup> Umbra, SAR Constellation Technical Specs

https://umbra.space/sar-specs

<sup>&</sup>lt;sup>245</sup> Umbra, SAR Constellation Technical Specs

https://umbra.space/sar-specs

<sup>&</sup>lt;sup>246</sup> SpaceNews, Umbra raises \$32 million for radar satellite constellation, January 31, 2021 https://spacenews.com/umbra-raises-32-million/

Space Daily, Umbra awarded \$950M IDIQ contract following Space-X launch, July 20, 2021 https://www.spacedaily.com/reports/Umbra\_awarded\_950M\_IDIQ\_contract\_following\_Space\_X\_launch

<sup>&</sup>lt;sup>247</sup> Umbra, Products, SAR

- 販売価格: 5000 USD 以下 / シーン 248
- ⑦利用者による PR 記事
- -N/A
- (10) PredaSAR (48 機の衛星による SAR リモセンサービス)
  - ①運用企業情報
  - •拠点:米国
  - -設立:2019年
  - ・資金調達: 総額 25Mドル(シードラウンド、2020/3/2) 249
  - ②打ち上げ計画
  - ·現状:0機(初号機打上げは2021年予定)<sup>250</sup>
  - •将来:48機(96機との情報もあり)251
  - ③衛星スペック
  - 観測バンド: X(C バンドもあるとの情報もあり) 252
  - ・シーンサイズ: 不明
  - ·分解能: well below one meter<sup>253</sup>
  - •偏波:不明
  - •衛星重量:350kg<sup>254</sup>

https://www.spaceitbridge.com/terran-orbital-moves-to-go-public.htm

https://www.spaceitbridge.com/terran-orbital-moves-to-go-public.htm

<sup>&</sup>lt;sup>248</sup> Breaking Defense, SAR-Sat Startup Umbra Emerges From Stealth Mode, June 23, 2021 https://breakingdefense.com/2021/06/sar-sat-startup-umbra-emerges-from-stealth-mode/
<sup>249</sup> Crunchbase, PredaSAR

https://www.crunchbase.com/organization/predasar/company\_financials

<sup>&</sup>lt;sup>250</sup> SpaceNews, SAR Renaissance: Pandemic slows but doesn't stop constellation progress, September 24, 2020

https://spacenews.com/sar-renaissance-pandemic-slows-but-doesnt-stop-constellation-progress/ 
<sup>251</sup> Via Satellite, PredaSAR Looks to Corner SAR Data Market with Purpose-Built Constellation, July 1, 2020

https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2020/07/01/predasar-looks-to-corner-sar-data-market-with-purpose-built-constellation/

Space It Bridge, Terran Orbital moves to go public, NOVEMBER 2, 2021

<sup>&</sup>lt;sup>252</sup> Border Security Technology Consortium, PredaSAR

https://bstc.ati.org/wp-content/uploads/2020/08/Capabilities-PredaSAR-Corporation.pdf
Satnews, SAR Smallsat From PredaSAR To Launch Via SpaceX Falcon 9, AUGUST 6, 2020
https://news.satnews.com/2020/08/06/sar-smallsat-from-predasar-to-launch-via-spacex-falcon-9/
SpaceNews, PredaSAR may launch 48 satellites with SpaceX, exec says, August 4, 2020
https://spacenews.com/predasar-may-launch-48-satellites-with-spacex-exec-says/
Space It Bridge, Terran Orbital moves to go public, NOVEMBER 2, 2021

- ④観測頻度・軌道
- •観測頻度:3min 7min(96 機体制時)<sup>255</sup>
- •軌道:Both sun-sync and mid-latitude LEO<sup>256</sup>
- ⑤データ利用用途 257
- ・安全保障 258
- •海洋監視: Identify and track vessels, iceberg, and other water hazards
- ・エネルギー: monitor the crude oil capacity in storage tanks, safety of pipelines, detect oil spills
- •地図:2D & 3D
- ・災害モニタ
- •環境•気候変動
- ・ビジネスインテリジェンス
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (11) XpressSAR (4機の衛星による SAR リモセンサービス)
  - ①運用企業情報 259
  - •拠点:米国
  - -設立:2013年
  - •資金調達:不明

<sup>255</sup> Space It Bridge, Terran Orbital moves to go public, NOVEMBER 2, 2021

https://www.spaceitbridge.com/terran-orbital-moves-to-go-public.htm

https://bstc.ati.org/wp-content/uploads/2020/08/Capabilities-PredaSAR-Corporation.pdf <sup>257</sup> PredaSAR, Solutions

https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2020/07/01/predasar-looks-to-corner-sar-data-market-with-purpose-built-constellation/

258 Via Satellite, PredaSAR Looks to Corner SAR Data Market with Purpose-Built Constellation, July 1, 2020

https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2020/07/01/predasar-looks-to-corner-sar-data-market-with-purpose-built-constellation/

<sup>259</sup> XpressSAR, About

https://www.xpresssar.com/about

https://www.spacenewsfeed.com/index.php/news/2354-xpresssar-selects-iai-s-tecsar-technology-for-its-high-resolution-x-band-satellite-constellation

<sup>&</sup>lt;sup>256</sup> Border Security Technology Consortium, PredaSAR

- ②打ち上げ計画
- ・現状:0機(打上げ予定 2024年)260
- •将来:4機 261
- ③衛星スペック 262
- -観測バンド:X
- ・シーンサイズ: 不明
- ·分解能:Sub-meter(Spot)、1 3m(Strip)、
- 衛星重量: 不明(IAIの TecSAR がベースとすると 300kg 級)
- ④観測頻度・軌道 263
- •観測頻度:1-4時間
- •軌道:低傾斜軌道(between 48° North and South)
- ⑤データ利用用途
- N/A
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (12) Spacety (96 機の衛星による SAR リモセンサービス)
  - ①運用企業情報 264
  - ・拠点:中国、ルクセンブルク

<sup>260</sup> XpressSAR

https://www.xpresssar.com/

<sup>261</sup> "Satellite Constellations: 2021 Industry Survey and Trends", Erik Kulu (NewSpace Index), 35th Annual Small Satellite Conference

https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2021/all2021/218/

<sup>262</sup> XpressSAR

https://www.xpresssar.com/

Globes, US co XpressSAR to buy Israel Aerospace surveillance satellites, 20 Nov, 2018 https://en.globes.co.il/en/article-us-co-xpresssar-to-buy-israel-aerospace-surveillance-satellites-1001261489

<sup>263</sup> XpressSAR

https://www.xpresssar.com/

<sup>264</sup> SpaceNews, China's Spacety CEO sees future in radar satellites, data fusion, November 20, 2019 https://spacenews.com/chinas-spacety-ceo-sees-future-in-radar-satellites-data-fusion/

- -設立:2016年
- 資金調達: 総額 36.7Mドル(ラウンド不明、最新 2021/11/19) 265

## ②打ち上げ計画 266

- •現状:1機
- •将来:56機(2023年)、96機(2025年)

#### ③衛星スペック 267

- ・観測バンド: C および X(アクティブフェーズドアレー、デュアル周波数コロケーション)
- ・シーンサイズ: 最大 100km
- ・分解能:1m(Spot)、3m(Strip)、将来的には50cm分解能を目指す
- ・衛星重量: 初号機の C バンド衛星の重量は 185kg。なお、衛星製造は中国国営企業 CETC が協力。 打ち上げも CGWIC(長征ロケット)による。

#### 4観測頻度・軌道

- •観測頻度:不明
- •軌道:不明

#### ⑤データ利用用途 268

- ・国家安全保障、緊急事対応、産業用途、サイエンス(海洋・沿岸観測を含む)などのニーズを志向。
- ・中国の軍民融合の国家戦略の例であり、民間および軍のリソースを活用ならびに最適化 し、軍事的および経済的ニーズの双方に応える。
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- -N/A

5 0.......

https://www.crunchbase.com/organization/tianyi-research-institute/company\_financials

XINHUANET. "天仙星座"计划发布 空天信息时代来临, 2021/09/29

<sup>&</sup>lt;sup>265</sup> Crunchbase, Spacety

<sup>&</sup>lt;sup>266</sup> "Satellite Constellations: 2021 Industry Survey and Trends", Erik Kulu (NewSpace Index), 35th Annual Small Satellite Conference

<sup>13</sup>th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation

https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2021/all2021/218/

<sup>&</sup>lt;sup>267</sup> SpaceNews, Spacety shares first images from small C-band SAR satellite, January 4, 2021 https://spacenews.com/spacety-releases-first-sar-images/

SpaceNews, Chinese partnership to create Tianxian SAR satellite constellation, October 8, 2021 https://spacenews.com/chinese-partnership-to-create-tianxian-sar-satellite-constellation/

http://www.news.cn/science/2021-09/29/c 1310216332.htm

<sup>&</sup>lt;sup>268</sup> SpaceNews, Chinese partnership to create Tianxian SAR satellite constellation, October 8, 2021 https://spacenews.com/chinese-partnership-to-create-tianxian-sar-satellite-constellation/

- ⑦利用者による PR 記事
- -N/A
- (13) Astro Digital (①30 機の衛星による光学リモセンサービス/②2 機の衛星による AIS データ収集) <sup>269</sup>
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - \*米国企業
  - -設立 2015 年
  - •非上場企業 270
  - ・資金調達段階:シリーズ A
  - •資金調達総額:1670 万ドル<sup>271</sup>
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
    - (a) Landmapper コンステレーション 272
    - -Landmapper コンステレーションを Landmapper-BC 衛星 5 機で運用中。
    - ・将来的には Landmapper-BC(6U)を計 12 機 <sup>273</sup>、Landmapper-HD(16U)を 20 機打 ち上げる計画 <sup>274</sup>。未打上げの衛星の打上げ時期は不明。
    - (b) Perseus-M1 及び M2
    - ・AIS データ収集を行う Perseus-M1 及び M2 の 2 機を運用中。2014 年打上げ、衛星の 設計寿命は 1 年 <sup>275</sup>。

https://astrodigital.com/

https://astrodigital.com/data-products

https://astrodigital.com/current-missions

(※「(13) Astro Digital」と「(3) Astro Digital」は同内容)

<sup>270</sup> Linkin, Astro Digital

https://www.linkedin.com/company/astro-digital/

<sup>271</sup> Crunchbase, Astro Digital

https://www.crunchbase.com/organization/astro-digital

<sup>272</sup> Astro Digital, Landmapper Constellation

https://astrodigital.com/data-products

<sup>273</sup> Gunter's Space Page, Landmapper-BC 1, ..., 12 (Corvus-BC 1, ..., 12)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/landmapper-bc.htm

<sup>274</sup> Gunter's Space Page, Landmapper-HD 1, ..., 20 (Corvus-HD 1, ..., 20)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/landmapper-hd.htm

<sup>275</sup> Astro Digital, Current Missions

https://astrodigital.com/current-missions

<sup>&</sup>lt;sup>269</sup> Astro Digital

## ③衛星スペック

- (a) Landmapper-BC<sup>276</sup>
- •分解能:22m
- -スペクトル帯:R(630-690nm)、G(520-600nm)、NIR(770-900nm)
- •衛星質量:10kg(6U)
- (b) Perseus-M1 及び M2<sup>277</sup>
- ・LuxSpace 製 AIS レシーバを搭載
- •衛星サイズ:6U
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
  - (a) Landmapper-BC
  - •衛星機数:5機
  - •観測頻度:全球を毎日
  - ・観測能力:5千万平方キロメートル/日、75GB/日
  - •観測幅:220km
  - ·軌道:500-600km SSO
  - (b) Perseus-M1 及び M2
  - •衛星機数:2機
  - -軌道:606 km x 625 km, 97.9°(#1); 605 km x 623 km, 97.9°(#2)
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
  - (a)Landmapper-BC: 農地観測
  - (b) Peruseum-M: AIS データ収集
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
  - (a) Landmapper-BC:
  - ・Raw product (Geometrically-corrected data) は API 経由で 3 時間以内に入手可能
  - ・処理済み画像プロダクト(Analytics-ready data)も入手可能(所要時間不明)
  - (b) Peruseum-M:
  - -N/A

 <sup>&</sup>lt;sup>276</sup> Spaceflight101, Corvus-BC
 https://spaceflight101.com/soyuz-kanopus-v-ik/corvus-bc/
 <sup>277</sup> Gunter's Space Page, Perseus-M 1, 2

### ⑦利用者による PR 記事

- (a) Landmapper-BC:
- Fire over Mendocino National Forest with Landmapper-BC imagery, Sep 2, 2020<sup>278</sup>
- •Monitoring man made objects with Landmapper-BC, May 3, 2019<sup>279</sup>
- (b) Peruseum-M:
- -N/A

# (14)Orbcomm(16 機の衛星による通信・AIS サービス)280

- ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)281
- •米国企業
- ・日本拠点有り(1996年設立)
- ・売り上げ及び収益は不明

## ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)

- ・現在、Orbcomm Generation 2(OG2)の 16機を運用中(2010年代半ばに打ち上げ、設 計寿命は5年+)282。新たな打ち上げ計画は見当たらない。
- 機数増によりサービスを拡大するのではなく、現状水準維持のために衛星の世代交代を 行う予定とみられる283。

#### ③衛星スペック

•衛星質量:172kg

## ④コンステの数と観測範囲、観測頻度

• 衛星機数: 16 機

•軌道:低軌道(750 km × 750 km, 47°(typical))

https://www.orbcomm.co.jp/company/

282 オーブコムジャパン、衛星について

https://www.orbcomm.co.jp/info/satellite.html

Gunter's Space Page, Orbcomm FM101, ..., FM119 (OG2)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/orbcomm-2.htm

<sup>283</sup> Orbcomm. Networks: Satellite AIS

https://www.orbcomm.com/en/networks/satellite-ais

<sup>&</sup>lt;sup>278</sup> Medium.com, Astro Digital, Sep 2, 2020

https://medium.com/@astrodigital/fire-over-mendocino-national-forest-with-landmapper-bc-imagery-82a7a58e62cf

<sup>&</sup>lt;sup>279</sup> Astro Digital Blog, May 3, 2019

https://blog.astrodigital.com/monitoring-man-made-objects-with-landmapper-bc-6d41b6249b6a 280 オーブコムジャパン、産業別アプリケーション:海上追跡

https://www.orbcomm.co.jp/industries/maritime/

<sup>281</sup> オーブコムジャパン、企業情報

- ・AIS データ配布速度:数分単位で衛星 AIS データを配布
- ・AIS データ処理件数: 地上 AIS と合わせて、24 万隻から 3000 万件/日 284

## ⑤サービス利用用途

- ・フリート管理、コールドチェーン、重機、海事(船舶の監視、ブイ追跡、および国内外を航行する船舶の AIS データサービス)、エネルギー、緊急時の連絡 285
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ・各サービス利用のためのアプリケーションを提供 286
- ・アジア地域では日本の他、香港、韓国、インドに拠点有り
- ⑦利用者による PR 記事
- ・同社ウェブサイトに利用者コメントが掲載されているほか、サービス紹介ブログへのリンク あり <sup>287</sup>。
- (15) Spire Global (100 機以上の衛星によるリモセンサービス) 288
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - -設立:2012年
  - 資金調達段階: Post-IPO Equity (株式公開後の資金調達)
  - ・資金調達総額:4億8770万ドル<sup>289</sup>
  - -2021 年 11 月 30 日、exactEarth 社の買収完了を発表 <sup>290</sup>。

https://www.orbcomm.com/en/networks/satellite-ais

285 オーブコムジャパン、産業別アプリケーション

https://www.orbcomm.co.jp/industries/ <sup>286</sup> Orbcomm, Networks: Satellite AIS

https://www.orbcomm.com/en/networks/satellite-ais

<sup>287</sup> Orbcomm, Networks: Satellite AIS

https://www.orbcomm.com/en/networks/satellite-ais

<sup>288</sup> Spire Global, Space Services

https://spire.com/space-services/

Global data and analytics, JUN 4, 2021 Analyst Day Presentation

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/\_8e82d205a6b818b710c480600c9c3de0/spire/db/1912/17697/pdf/Spire+-+425+Filing+-+Analyst+Day+Presentation.pdf

Spire Global, Presentation, February 2021

https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/space\_portal\_spire\_global.pdf

<sup>289</sup> Crunchbase, Spire Global

https://www.crunchbase.com/organization/spire

<sup>290</sup> Businesswire, Spire Global, Inc. Completes Acquisition of exactEarth Ltd., 30 Nobember 2021 https://www.businesswire.com/news/home/20211130006022/en/Spire-Global-Inc.-Completes-Acqui

<sup>&</sup>lt;sup>284</sup> Orbcomm, Networks: Satellite AIS

- -2021 会計年度の収益は 2800 万ドル <sup>291</sup>
- ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
- ・Lemur コンステレーションを約 110 機運用中。運用機数の最終目標は不明 292。
- ③衛星スペック 293
- ·衛星質量:~6kg、3U
- ·搭載受信機: SENSE(AIS)、AIRSAFE(ADS-B)、STRATOS(GNSS 電波掩蔽(GNSS-RO))
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
- 衛星機数:約 110 機(2021 年 3 月)
- •観測頻度:全球を毎日
- ・最大観測能力(/日):カバー範囲:~200X 平均、AIS メッセージ:2 億 7600 万件、RO プロファイル:11000、ADS-B メッセージ:4 億 9800 万件 <sup>294</sup>
- ·軌道傾斜角: SSO74 機、83-85 度 4 機、赤道上 4 機、ISS22 機、37 度 8 機(2021 年 2 月)
- •軌道高度:最大 650km<sup>295</sup>
- ・~4U スペースのホステッドペイロードやソフトウェア搭載サービスにより、衛星間リンク (ISL)、デブリ特定などの実証ミッションを提供 296

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/\_8e82d205a6b818b710c480600c9c3de0/spire/db/1912/17697/pdf/Spire+-+425+Filing+-+Analyst+Day+Presentation.pdf

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/lemur-1.htm

Gunter's Space Page, Lemur-2

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/lemur-2.htm

Spire Analyst Day Presentation

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/\_8e82d205a6b818b710c480600c9c3de0/spire/db/1912/17697/pdf/Spire+-+425+Filing+-+Analyst+Day+Presentation.pdf

<sup>293</sup> Spire, The Low Earth Multi-Use Receiver (LEMUR)

https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/

Gunter's Space Page, Lemur-2

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/lemur-2.htm

<sup>294</sup> Spire Analyst Day Presentation

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/\_8e82d205a6b818b710c480600c9c3de0/spire/db/1912/17697/pdf/Spire+-+425+Filing+-+Analyst+Day+Presentation.pdf

<sup>295</sup> Spire Global, Presentation, February 2021

https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/space\_portal\_spire\_global.pdf

<sup>296</sup> Spire Investor Presentation, March 2021

https://img1.wsimg.com/blobby/go/22420c7c-4367-40fe-a2fd-

4d0554113b56/Spire\_Investor%20Presentation%20Final%202.28.21.pdf.pdf

Spire Global, Space Services

https://spire.com/space-services/

<sup>&</sup>lt;sup>291</sup> Spire Analyst Day Presentation

<sup>&</sup>lt;sup>292</sup> Gunter's Space Page, Lemur-1

- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- ・現在及び将来計画の用途: 航空宇宙、海事、車両、航空、建設、政府(民政・軍事)、学術、エネルギー、漁業、金融、保険、物流、海運、鉱業、オイル・ガス、不動産、科学研究、通信/IoT、輸送、気象、宇宙天気
- ・その他、GNSS 反射(GNSS-R(Reflectometry))を利用した地球観測データ提供や、信号諜報(SIGINT)事業への取組みを実施中 <sup>297</sup>
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店、販売価格
- ・リアルタイムデータをクラウドベースの API(SpireSight API)経由で提供(提供するデータセットは、第三者データとの融合や独自解析を行い、専用アルゴリズムで予測分析・洞察したもの)<sup>298</sup>
- ・地域代理店(アジア地域)は伊藤忠商事、Hancom(韓国)<sup>299</sup>
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (16) exactEarth (数十機の衛星による通信・AIS サービス)300
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - カナダ企業
  - ・2021 年 11 月に Spire Global 社に買収された。exactEarth 社の AIS データベース及びサービスは Spire 社が引き継ぐ <sup>301</sup>。

https://earth.esa.int/eogateway/catalog/spire-live-and-historical-data

SpaceNews, Spire Global shares early data from GNSS Reflectometry satellites, January 15, 2020 https://spacenews.com/spire-gnss-reflectometry/

Breaking Defense, Spire Pivots Weather CubeSats To SIGINT Missions, August 31, 2021 https://breakingdefense.com/2021/08/spire-pivots-weather-cubesats-to-sigint-missions/

<sup>298</sup> Spire Analyst Day Presentation

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/\_8e82d205a6b818b710c480600c9c3de0/spire/db/1912/17697/pdf/Spire+-+425+Filing+-+Analyst+Day+Presentation.pdf

<sup>299</sup> Businesswire, Spire Global Partners with Hancom Group in First Commercial Satellite Mission for South Korea, August 12, 2021

https://www.businesswire.com/news/home/20210812005441/en/Spire-Global-Partners-with-Hancom-Group-in-First-Commercial-Satellite-Mission-for-South-Korea 300 exactEarth

https://www.exactearth.com/home

<sup>301</sup> Spire Global, Press Release, Spire Global, Inc. Completes Acquisition of exactEarth Ltd., November 30, 2021

https://spire.com/press-release/spire-global-inc-completes-acquisition-of-exactearth-ltd/

<sup>&</sup>lt;sup>297</sup> ESA, Earth Online, Spire live and historical data, 15 November 2021

- ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
- ·Spire 社に買収されたため、exactEarth 社としての新規打ち上げ計画はない。
- ・運用中の衛星及びホステッドペイロードは以下。
  - exactEarth 社の独自衛星 exactView シリーズ (通信・AIS) 9 機 (うち 4 機は 2020 年に Myriota 社に売却)
  - Iridium 社の Iridium NEXT 衛星群を構成する衛星 58 機に AIS ペイロードを搭載

#### ③衛星スペック

- (a) exactView 302
- ・ストアダンプペイロード及び AIS 受信機を搭載
- ·衛星質量:12kg
- (b) Iridium NEXT303
- ・exactEarth 社は 58 機に AIS 受信機をホステッドペイロードとして搭載
- •衛星質量:860kg
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
  - (a) exactView
  - •衛星機数:9機
  - •軌道:低軌道
  - (b) Iridium NEXT
  - 衛星機数:58 機
  - •軌道:780 km × 780 km, 86.4° (initial / storage orbit: 667 km × 667 km, 86.4°)

### ⑤サービス利用用途

•M2M/IoT、AIS 船舶監視

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- Iridium NEXT 搭載分も含め、「exactView-RT(RT は Real Time の略)」として AIS サービスを展開。以下のプロダクトがある 304。
  - exactAIS: 全球を対象としたリアルタイムの船舶追跡サービス
  - exactAIS Archive: 2010 年 7 月以降の AIS アーカイブデータを顧客に合わせて提供

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/iridium-next.htm

<sup>&</sup>lt;sup>302</sup> Gunter's Space Page, LatinSat A, B, C, D / AprizeSat 1, ..., 10 / exactView 3, 4, 5, 5R, 6, 11, 12, 13 https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/aprizesat-1\_latinsat-1.htm

<sup>303</sup> Gunter's Space Page, Iridium-NEXT

<sup>304</sup> Spire Global, AIS maritime data

https://spire.com/maritime/?utm\_campaign=maritime\_2022\_exactearth\_redirect&utm\_source=exacteart h&utm\_medium=website&utm\_content=exactais#

- exactEarth ShipView: exactAIS データ用のウェブベースのビューワ
- exactAIS Geospatial Web Services:オンデマンドで船舶データにアクセスソできるリューション
- exactAIS Density Maps: AIS 信号の地理空間データポイントへの変換により詳細な船舶パターン分析を可能にするソリューション
- exactTrax: 簡易 AIS(AIS Classs B) 受信機を備えた世界中の漁船及び小型商船の追跡が可能なサービス

## ⑦利用者による PR 記事

- N/A

- (17) GeoOptics (24 機の衛星による無線通信を活用したサービス) 305、306、307
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - -設立:2006年
  - •非上場企業 308
  - •資金調達段階:不明
  - ・資金調達総額:2080 万ドル 309
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
  - -24 機強の CICERO コンステを構築中。2021 年 10 月現在 8 機が打上げ済み。
  - ・無線掩蔽(Radio Occultation)信号を収集(GNSS-RO)しての大気観測、及び GNSS 反射法(GNSS-R)を用いた地表リモセンを行う。
  - 機能強化型の CICERO-2 衛星の打上げを 2022 年から開始予定。310

#### ③衛星スペック

- 観測ペイロード: CION(CICERO Instrument for GPS-RO)

<sup>305</sup> GeoOptics, Data https://geooptics.com/data/

<sup>&</sup>lt;sup>306</sup> Gunter's Space Page, CICERO 1, ..., 12 / OSM 1 CICERO

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/cicero.htm

<sup>307</sup> eoPortal Directory, CICERO

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero

<sup>&</sup>lt;sup>308</sup> Linkedin, GeoOptics

https://www.linkedin.com/company/geooptics

<sup>309</sup> Crunchbase, GeoOptics

https://www.crunchbase.com/organization/geooptics

<sup>&</sup>lt;sup>310</sup> GeoOptics, GEOOPTICS ORBITING OBSERVATORY TO MONITOR THE CHANGING EARTH, July 29, 2021

https://geooptics.com/geooptics-orbitiing-observatory-to-monitor-the-changing-earth/

- ·質量:10kg 以下(6U)
- •Galileo、GPS、GLONASSの信号に対応
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
- 衛星数:24 機
- •観測範囲:全球
- ・軌道:初期軌道は高度 500km 円軌道、最終軌道は高度 750km 円軌道。軌道傾斜角は 72 度。のちに軌道傾斜角 28 度を追加予定。
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- 科学者及び意思決定者向け
- ・プロダクト: 気圧・気温・湿度の高精度プロファイル、電離層内の電子分布の 3D マップ、 海洋・氷の特性
- 主な利用領域:気象予測、気候研究、宇宙天気監視
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- N/A
- ⑦利用者による PR 記事、他
- •NOAA が GeoOptics 社と RO データ購入契約を締結している。311
- (18) PlanetiQ(12 機の衛星による無線通信を活用したサービス) 312、313
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - -設立:2012年
  - •非上場企業 314
  - ・資金調達段階:シリーズ B

https://spacenews.com/noaa-expands-radio-occultation-order/

312 PlanetiQ, Technology

http://planetiq.com/technology/

<sup>313</sup> eoPortal, GNOMES

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gnomes

314 Linkedin, PlanetiQ

https://www.linkedin.com/company/planetiq

<sup>&</sup>lt;sup>311</sup> SpaceNews, NOAA expands purchase of commercial radio occultation data for weather models, February 19, 2021

- 資金調達総額: 2390 万ドル 315、316
- ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
- ・GNSS-RO 気象観測を行う GNOMES コンステレーションを構築中。
- -全20機の計画で、2021年10月現在2機が打上げ済み(1機目は軌道上で機能せず)。
- •2024 年までに 20 機体制が確立する見込み。317

#### ③衛星スペック

- ・センサ: Pyxis RO sensor(GPS、GLONASS、Galileo、Beidou の信号の受信が可能)
- ·衛星質量:30kg 以下
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
- -全 20 機の計画で、2021 年 10 月時点で 2 機が打上げ済み。
- •20 機体制になれば、50,000 daily radio occultation soundings の観測が可能。同、平均レイテンシは3分未満。
- •軌道:650km SSO
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)

## 観測対象:

- ・気象(垂直大気プロファイル:屈折度、気圧、気温、濃度)
- ・宇宙天気(電離層観測:全電子数、シンチレーション、局所的エネルギー粒子、F層)
- ・気候(垂直大気プロファイル:屈折度、気圧、気温、濃度)
- ・ターゲット市場: 事業継続、防衛・諜報、海運、農業、航空、エネルギー、海上作業(石油・ 天然ガス)、保険
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A

<sup>315</sup> SpaceNews, Fresh \$18.7 million funding round puts PlanetiQ weather constellation back on track, July 11, 2019

https://spacenews.com/fresh-18-7-million-funding-round-puts-planetiq-weather-constellation-back-on-track/

<sup>316</sup> Crunchbase, PlanetiQ

https://www.crunchbase.com/organization/planetiq

<sup>&</sup>lt;sup>317</sup> SpaceNews, PlanetIQ announces highest-performance radio occultation satellite, October 18, 2021 https://spacenews.com/planetiq-gnomes-2/

- (19) HawkEye360(約20機の衛星による無線通信を活用したサービス)318、319、320、321
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - ・設立:2015年
  - •非上場企業 322
  - ・資金調達段階:シリーズ C
  - 資金調達総額:1億 5430 万ドル 323
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
  - ・2021 年 10 月、第 3 クラスタ 3 機が商業運用を開始。これにより軌道上衛星は 9 機に。 以後 17 か月間に新たに 7 クラスタ(21 機)を打ち上げることを計画。324
  - ③衛星スペック
  - 無線周波信号を検出。
  - ・第1クラスタ3機の各機の質量は13kg。
  - ・検出対象の信号は、VHF海上無線、AIS、緊急無線ビーコン、UH単信方式(push-to-talk) 無線、Lバンド衛星モバイル機器、Sバンド航海レーダ、Xバンド航海レーダ、GPS干渉。
  - ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
  - 最初の 10 クラスタ 30 機体制が整備されれば、平均再帰時間は約 30 分となる。325、326

https://www.he360.com/our-products/

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/hawkeye

320 Gunter's Space Page, Hawk 2A-C, ..., 6A-C

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/hawkeye.htm

321 Gunter's Space Page, Hawk A, B, C (Hawkeye Pathfinder)

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/hawkeye-pathfinder.htm

322 Linkedin, HawkEye 360

https://www.linkedin.com/company/hawkeye-360/

323 Crunchbase, HawkEye 360

https://www.crunchbase.com/organization/hawkeye-360-2

324 HawkEye 360, HAWKEYE 360'S THIRD SATELLITE CLUSTER BEGINS COMMERCIAL OPERATIONS, October 12, 2021

https://www.he360.com/hawkeye-360s-third-satellite-cluster-begins-commercial-operations/

325 HawkEye 360, HAWKEYE 360 REACHES CONTRACTUAL MILESTONE FOR DELIVERING SPACE-BASED RADIO FREQUENCY MAPPING, September 30, 2021

https://www.he360.com/hawkeye-360-reaches-contractual-milestone-for-delivering-space-based-radio-frequency-mapping/

326 軌道: 第 1 クラスタは 577 km × 590 km, 97.77° (#1); 577 km × 590 km, 97.77° (#B); 574 km × 592 km, 97.77° (#C)

<sup>318</sup> HawkEye 360, Products

<sup>&</sup>lt;sup>319</sup> eoPortal Directory, HawkEye

- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- ・防衛、海事、グローバル・コモンズ(地球規模で人類が共有している資産)の保護に利用。
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- •RF 分析へのアクセス権が付与される distributor-partner をウェブサイトで募集している。
- ・HawkEye360 コンステを利用したプロダクトとして、RF 信号の検出及び位置特定を行う RFGeo がある。検出対象の信号は、VHF 海上無線、AIS、緊急無線ビーコン、UH 単信 方式(push-to-talk)無線、L バンド衛星モバイル機器、S バンド航海レーダ、X バンド航海レーダ、GPS 干渉。328
- ・日本では株式会社衛星ネットワーク(SNET)が販売代理店となっている。329
- ⑦利用者による PR 記事、他
- ・HawkEye360 社による活用例の紹介。紹介されている事例は、南シナ海における透明性向上、ガラパゴス諸島付近での違法漁業の証拠の発見、コンゴの国立公園における密漁探知支援、RF 信号データを商用電気光学画像とオープンソースデータの分析を組み合わせてシリアの製油所に原油を密輸するイランのタンカーを特定、イタリアのロックダウン期間の船舶交通パターンの変化把握、武漢の河川交通の監視。330
- (20) OneWeb (900 機の衛星による通信サービス) 331
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)332
  - •拠点:英国
  - •設立:2012年
  - •非上場企業
  - •資金調達段階:不明

https://www.snet.co.jp/planet/hawkeye360/

https://www.he360.com/insights/

331 OneWeb Website, Homepage

https://oneweb.net/#home

<sup>327</sup> HawkEye 360, Become A Partner

https://www.he360.com/partners/becoming-a-partner-hawkeye-360/

<sup>328</sup> HawkEye 360, Data, RFGeo

https://www.he360.com/products/rfgeo-radio-frequency-signal-mapping/

<sup>329</sup> 株式会社 衛星ネットワーク、HawkEye360(電波監視衛星)

<sup>330</sup> HawkEye 360, Insights

OneWeb, OneWeb Successfully Emerges From Chapter 11, Announces New CEO and Recommences Satellite Launches, November 20, 2020

https://oneweb.net/media-center/oneweb-successfully-emerges-from-chapter-11-announces-new-ceo-and-recommences-satellite-launches

- ・資金調達総額:47 億ドル
- ※2020 年 3 月の Chapter 11 申請後、英国政府と印 Bharti Global 社によるコンソーシアムが OneWeb 社を買収して経営再建中。衛星打上げも再開している。333

## ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)

- -2021年12月27日の34機の衛星打上げにより、394機が運用中。334
- ・英国、カナダ、アラスカ、北欧、グリーンランド、北極地域での北緯 50 度以北のコネクティビティーを提供することができるとしている。
- ・将来的には2022年6月までに648機の衛星による全世界カバレッジを実施予定。

### ③衛星スペック

- 衛星インターネット通信
- •衛星質量:約 150kg
- ・通信バンド: Ku
- •設計寿命:7年+
- ・通信速度(設計上):8 ギガビット/秒
- ·生産予定数:900機 335、336

#### ④コンステの数

- 衛星機数: 394機(2021年12月27日現在、648機を打上げ予定)

•軌道:1200km 極軌道 337

## ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)

・低軌道衛星による通信サービス

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/oneweb.htm

<sup>&</sup>lt;sup>333</sup> OneWeb - Crunchbase Company Profile & Funding, https://www.crunchbase.com/organization/oneweb

https://oneweb.net/media-center/oneweb-successfully-emerges-from-chapter-11-announces-new-ceo-and-recommences-satellite-launches

<sup>334</sup> OneWeb Confirms Successful Launch of 36 Satellites, After Rapid Year of Progress | OneWeb PRESS-KIT-ST36-EN.pdf (oneweb.net), https://oneweb.net/media-center/oneweb-confirms-successful-launch-of-36-satellites-after-rapid-year-of-progress

<sup>335</sup> OneWeb's first six satellites in orbit following Soyuz launch - SpaceNews, https://spacenews.com/first-six-oneweb-satellites-launch-on-soyuz-rocket/

<sup>336</sup> OneWeb 1, ..., 900 - Gunter's Space Page (skyrocket.de),

OneWeb's first six satellites in orbit following Soyuz launch - SpaceNews, https://spacenews.com/first-six-oneweb-satellites-launch-on-soyuz-rocket/

- ・2021 年末までに北緯 50 度以上の地域で、2022 年には世界中で商用サービスを開始する予定。<sup>338</sup>
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- -2021年8月24日に最新のユーザ端末を発表。
- ・OW1 ターミナル: OneWeb が提供する衛星ブロードバンドをさまざまな環境で提供するためのフラットパネルアンテナ付の機器。ブリーフケースほどの大きさ(50x43x10cm、約 10kg)。339
- ⑦利用者による PR 記事
- N/A
- (21)SpaceX(4000 機の衛星による通信サービス)
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - -設立:2002年
  - •株式会社(株式未公開)
  - •資金調達段階:不明
  - 資金調達総額: Space X の評価額 1003 億ドル(2021 年 10 月 8 日現在) 340、341
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
  - -2022 年 1 月 18 日の 53 機の衛星打上げにより、約 2000 機が運用中。342、343
  - -2020 年代中頃までに総数約 12,000 基の人工衛星を 3 階層に渡って展開することを計画している。最初が高度 550km の約 1,600 基の衛星で、次が高度 1,150km の K<sub>u</sub>/K<sub>a</sub>バ

<sup>338</sup> ソフトバンクと OneWeb、日本およびグローバルでの衛星通信サービスなどの展開に向けた協業に合意 | プレスリリース | ニュース | 企業・IR | ソフトバンク (softbank.jp),

https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2021/20210513 02/

<sup>339</sup> OneWeb announces LEO flat-panel device for terrestrial broadband service | OneWeb, https://oneweb.net/media-center/oneweb-announces-leo-flat-panel-device-for-terrestrial-broadband-service

<sup>340</sup> SpaceX, https://www.spacex.com/

<sup>341</sup> スペース X の評価額が 1000 億ドル突破、未公開株の取引で | Forbes JAPAN(フォーブス ジャパン), https://forbesjapan.com/articles/detail/43749

<sup>342</sup> SpaceX、2,000 機のスターリンク衛星を打ち上げ - SpaceNews, https://spacenews.com/spacex-passes-2000-starlink-satellites-launched/

<sup>343</sup> Orbital Launches of 2022 - Gunter's Space Page (skyrocket.de), https://space.skyrocket.de/doc\_chr/lau2022.htm

ンドを用いる約 2,800 基の衛星、さらに高度 340km の V バンドを用いる約 7,500 基の衛星である。344、345

## ③衛星スペック

- <Starlink Satellites>
- 衛星インターネット通信
- ·衛星質量 v0.9: 227 kg v1.0: 260 kg、v1.5: 260 kg?
- •通信バンド: Ku/Ka /レーザー衛星間通信(一部のプロトタイプ、v1.5)
- •設計寿命:不明
- 通信速度(スループット):350Mbps (DL)、130Mbs(UL)
- •生産予定数:12000機

## ④コンステの数

- 衛星機数: 4409機(2021年9月14日現在、648機を打上げ予定)
- ・軌道:550km×550km、軌道傾斜角 53 度(通常)、1584 基の衛星(FCC へのファイリング 情報)

高度 1110-1325km、軌道傾斜角 53 度(通常)Ku/Ka バンドを用いる 2825 基の衛星 (FCC へのファイルリング情報では 1600 基)

高度 340km の V バンドを用いる約 7500 基の衛星

利用周波数: サービスリンク(Ku)10.7-12.7GHz(宇宙から地球)18.8-19.3GHz(地球から宇宙)

フィーダーリンク(Ka) 17.8-18.6/18.8-19.3GHz(宇宙から地球)27.5-29.1/29.5-30.0GHz(地球から宇宙)

サービスリンクビーム幅:ビーム幅 2.6 度、半径 573~900 kmのカバレッジ 346、347、348、349、350、351、352

<sup>&</sup>lt;sup>344</sup> FCC OKs lower orbit for some Starlink satellites – SpaceNews, https://spacenews.com/fcc-oks-lower-orbit-for-some-starlink-satellites/

<sup>345</sup> Starlink Block v1.0 - Gunter's Space Page (skyrocket.de), https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/starlink-v1-0.htm

<sup>346</sup> FCC OKs lower orbit for some Starlink satellites – SpaceNews, https://spacenews.com/fcc-oks-lower-orbit-for-some-starlink-satellites/

<sup>347</sup> Starlink Block v1.0 - Gunter's Space Page (skyrocket.de), https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/starlink-v1-0.htm

<sup>348</sup> Starlink Block v1.5 - Gunter's Space Page (skyrocket.de), https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/starlink-v1-5.htm

<sup>349</sup> Attachment Technical Informatio SAT-MOD-20181108-00083 (fcc.report), https://fcc.report/IBFS/SAT-MOD-20181108-00083/1569860

<sup>350</sup> SpaceX wins approval for lower Starlink orbits, overcoming rival objections - The Verge, https://www.theverge.com/2021/4/27/22405779/fcc-approves-spacex-starlink-lower-orbits-against-amazon-rival-objections

<sup>351 000699203.</sup>pdf (soumu.go.jp), https://www.soumu.go.jp/main\_content/000699203.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>352</sup> 000706709.pdf (soumu.go.jp), https://www.soumu.go.jp/main\_content/000706709.pdf

#### ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)

- ・低軌道衛星による通信サービス
- 通信速度(スループット):350Mbps(DL)、130Mbs(UL)
- ・2020 年 8 月の米国向け試験版のサービスから 2020 年 11 月米国向けベータ版、2021 年 1 月カナダ、英国向けベータ版、2021 年 3 月ドイツ向けベータ版等ニュージーランド、オーストラリア、フランス、オーストリア、オランダ、ベルギー、アイルランド、デンマーク、チリ、ポルトガル、スイス、ポーランド、イタリアが 2021 年 9 月までにベータ版サービスが行われており、2021 年 10 月メキシコ、2022 年日本がサービス開始予定のアナウンスがされている。353、354、355

## ⑥データ販売方法と提供方法、販売価格

- -2021 年 9 月 14 日現在、10 万台の受信端末セットを出荷。50 万台分の追加注文有。
- ・現在、ベータ版のサービスが先行するいくつかの国で行われており、費用は初期費用 499ドル、月額 99ドルとなっている。
- ・日本国内での 2022 年 KDDI によるサービス開始のアナウンスがされたが、上記 19 か国 以外でのサービスの情報はない。 356、357

#### ⑦利用者による PR 記事

-N/A

-

<sup>353</sup> SpaceX expands Starlink public beta test to Canada, United Kingdom (cnbc.com), https://www.cnbc.com/2021/01/20/spacex-expands-starlink-public-beta-test-to-canada-united-kingdom.html

<sup>354</sup> SpaceX の衛星ブロードバンド「Starlink」と業務提携、au 通信網に採用する契約に合意 | 2021 年 | KDDI 株式会社, https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/09/13/5392.html

<sup>&</sup>lt;sup>355</sup> Elon Musk, Twitter 「Now serving us ca gB de FR at NL IE BE CH DK PT NZ AU ] / Twitter, https://twitter.com/elonmusk/status/1429923342044176385

<sup>356</sup> Starlink, https://www.starlink.com/

<sup>357</sup> SpaceX が Starlink の端末 10 万台を出荷、今後の打ち上げには Starship を利用する計画 | TechCrunch Japan, https://jp.techcrunch.com/2021/08/24/2021-08-23-spacex-ships-100000-starlink-terminals-to-customers-eyes-future-launches-using-

starship/?guccounter=1&guce\_referrer=aHR0cHM6Ly9zZWFyY2gueWFob28uY28uanAv&guce\_refer rer\_sig=AQAAADuw3FtGNLE2aKk3641fn2l50JG7zXqimKnG9k7YgRfuHREUpIEaCcpeF2hXzNw7r3 qr42Ls\_MEmramOK4sOUXxagMP2TKxRvrO\_vo3MYZ39M5Vvp7lg6Q8LvJ\_CLt6jDRMm0Bf1LGl7Pn ZG0QDS-09BY2aD9YE3AuUv4xgPMQxq

- (22) Laser Light Communications (12 機の衛星による光通信サービス) 358、359、360、361、362、363
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - 設立: 2012年
  - •非上場企業
  - ・資金調達段階:プライベート・エクイティ、プライベート・デット等 <sup>364、365</sup>。調達資金額は \$24.00 Million との情報あり(いつ時点か不明) <sup>366</sup>。
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
  - ・既存の海中ケーブル/地上ファイバーネットワーク、及び衛星を統合したグローバルな光 通信の「HALO ハイブリッドネットワーク」を構築予定
  - -2021 年第 1 四半期にネットワーク試験を開始予定。地上局を含む衛星コンステのインフラ構築期間は 32 カ月の見込み(報道情報)。衛星は 4 機ずつ同時打上げ 367
  - ③衛星スペック
  - •通信速度:最大 400Gbps
  - ④コンステの数と観測(サービス)範囲
  - •衛星機数:(8~)12機
  - ·軌道:MEO

358 Laser Light Communications, https://www.laserlightcomms.com/

https://www.laserlightcomms.com/single-post/2017/10/30/laser-light-partners-with-cloudsmartz-to-deploy-world-s-first-laser-based-global-communic

以上3つのURLは計画内容等に関する出典

361 情報通信研究機構、米衛星コンステレーション計画についての動向調査、令和2年3月

https://www.nict.go.jp/global/lde9n2000000bmum-att/satellite\_report.pdf

362 情報通信研究機構、米国における衛星通信分野の研究開発等の動向、平成 29 年 3 月 https://www.nict.go.jp/global/lde9n2000000bmum-att/a1492144305202.pdf

363 Laser Light Communications, Executive Summary

https://654887ad-9508-4efb-8d89-

2b7a82da8923.filesusr.com/ugd/2f1301 c206daba55294b15a1cfa26a3f7d1819.pdf

<sup>364</sup> Crunchbase, Laser Light Communications

https://www.crunchbase.com/organization/laser-light-communications

<sup>365</sup> Capacity Media, Software-defined satellites, 11 May 2020

https://www.capacitymedia.com/articles/3825898/software-defined-satellites

<sup>366</sup> RocketReach, Laser Light Communications

https://rocketreach.co/laser-light-communications-profile\_b4553523fc9791ca

<sup>367</sup> Capacity Media, Software-defined satellites, 11 May 2020

https://www.capacitymedia.com/articles/3825898/software-defined-satellites

<sup>359</sup> Capacity Media, SDN fibre/satellite carrier plans to start services in first half of 2021, 21 July 2020 https://www.capacitymedia.com/articles/3825997/sdn-fibre-satellite-carrier-plans-to-start-services-in-first-half-of-2021

<sup>&</sup>lt;sup>360</sup> Laser Light Communications, Laser Light Partners With CloudSmartz To Deploy World's First Laser-based Global Communications Netw, September 12, 2017

- ・サービス提供範囲:グローバル
- •100Gbps の回線と専用の直接接続サービス
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- ・コンテンツ配信ネットワーク企業、金融機関、クラウドプロバイダ、スマートシティ、通信事業者、政府機関 368
- ○提供サービスの例
  - (a) データ伝送サービス (Data Transport as a Service)
  - ·利用者と利用事案:
    - クラウド、ウェブ、及びデータセンタープロバイダ(データプールの同期)
    - 金融機関による日々のリコンサイル(残高照合)
    - エネルギー、採鉱、製造業(ビッグデータ処理及び分析)
    - 医療企業(大量かつ高解像度の画像ファイル伝送)
    - メディアやゲームプロバイダ(世界のデータセンターへの大量コンテンツのデータ複製)
    - 放送関係者(遠隔地からの超ハイビジョン動画のスタジオへの伝送)
    - 通信企業(サービス拡大)369
  - (b) オンデマンドのネットワーク(Network on Demand)
  - ・タイミング、場所、通信量に対応したサービス(定期配信、単発イベント、緊急人道危機、 海底ケーブル断絶など)370
- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格
- ・オンデマンドのセキュアなエンドツーエンドサービス
- ・ユーザはクラウドベースのポータルから接続場所、接続時間、配信するデータプール、伝 送タイミング、場所といった情報をオーダーする
- ・オーダー後、ソフトウェア定義プラットフォームで最適ルートが決定され、サービスの提供 準備が数分内で完了
- ・固定価格や前金なしの従量課金制。具体的な価格情報はなし。

<sup>368</sup> Laser Light Communications, https://www.laserlightcomms.com/

<sup>&</sup>lt;sup>369</sup> Laser Light Communications, Leaflet, Data Transport as a Service https://654887ad-9508-4efb-8d89-

<sup>2</sup>b7a82da8923.filesusr.com/ugd/2f1301\_f43e3b661d3b498aa72ac879e2c893f1.pdf <sup>370</sup> Laser Light Communications, Leaflet, Network on Demand

https://654887ad-9508-4efb-8d89-

<sup>2</sup>b7a82da8923.filesusr.com/ugd/2f1301\_6e220d9f457c4a939225a0aa279b4347.pdf

#### ⑦利用者による PR 記事

• N/A

- (23)LeoSat(約 100 機の衛星による通信サービス)371、372、373、374
  - ①運用企業情報(所属国、売り上げ・収益)
  - •拠点:米国
  - -設立:2013年
  - ※2019年11月、資金調達の不成功により事業停止。375
  - ②打ち上げ計画(コンステ完成時期など)
  - 最大 108 機の Ka バンド通信コンステレーションを計画。2019 年 11 月に事業停止。
  - ③衛星スペック

<Ka バンド通信衛星>

- ・Ka バンド可動アンテナ 10 本。1 本あたり最大 16Gbps の対照型データ・コネクティビティ (symmetrical data connectivity)を提供
- ・高性能可動アンテナ 2 本。1 本あたり最大 5.2Gbps の対照型データ・コネクティビティを 提供。
- ・光学衛星間リンク×4
- ④コンステの数と観測範囲、観測頻度
- ・最大 108 機で全球へのサービス提供を計画
- •低軌道(極軌道)
- ⑤データ利用用途(観測対象や利用業者)
- ・サービス提供セクター:油田施設&油田操業、海上通信、企業間通信、インターネット及び携帯電話のバックホール事業、政府事業、動画投稿サービス

https://www.leosat.com/to/solution/index.html

<sup>372</sup> LeoSat, Technology

https://www.leosat.com/to/technology/index.html

<sup>373</sup> LeoSat, Corporate Overview

https://www.leosat.com/to/media/1108/leosat-corporate-overview.pdf

<sup>374</sup> Gunter's Space Page, LeoSat

https://space.skyrocket.de/doc\_sdat/leosat.htm

<sup>375</sup> SpaceNews, LeoSat, absent investors, shuts down, November 13, 2019

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

<sup>&</sup>lt;sup>371</sup> LeoSat, Solution

- ⑥データ販売方法と提供方法、地域代理店(アジア地域)、販売価格・N/A
- ⑦利用者による PR 記事
- •N/A

## 4. ベトナム国内外の動向

本章では、ベトナム国内外の動向として、同国の外交方針と社会課題、ベトナムが加盟する 東南アジア諸国連合(ASEAN)の動向、そして日本の対ベトナム方針をまとめる。その上でベ トナムに適応すべき宇宙技術について整理する。

## 4.1. ベトナムの外交方針と社会課題

#### 4.1.1. ベトナムの外交方針

ベトナムは全方位外交の展開を基本的外交方針としており、各種国際機関をはじめ、国際的、地域的枠組みにも積極的に参加している 376。全方位外交のなかでも特に ASEAN、アジア・太平洋地域諸国との関係を重視している 377。

ベトナムの優先的外交アジェンダとして、ASEAN 連結性強化及び南シナ海の安全保障、米越関係の復活、TPP参加等外交の多様化、日本との一貫した良好な外交継続が挙げられる。これらのアジェンダと宇宙技術・利用との関わりとしては、海洋安全保障・海洋での透明性確保のための宇宙利用、米国等友好国とのマルチの宇宙協力が考えられる。以下に個別アジェンダの概要を記す。

## (1) ASEAN 連結性強化、及び南シナ海の安全保障

ベトナムは 1995 年に ASEAN に加盟した <sup>378</sup>。以降、ASEAN への貢献により対外政策や世界経済への参入に積極的な姿勢をみせている。また、2007 年 1 月の WTO 加盟以降、2008 年からは国連安全保障理事会の非常任理事国(任期 2 年)、2013 年には国連人権理事会理事国(任期 2014~2016 年)に選出され、2017 年には APEC の議長国を務めるなど、地域の代表としてのプレゼンス向上に意欲的である <sup>379</sup>。

2015 年 9 月の国連サミットに参加したサン国家主席(当時)は、「ベトナムは ASEAN=東南アジア諸国連合加盟諸国、及び、関連各国と連携して、ベトナム東部海域、いわゆる、南シナ海における安全保障、航海と上空飛行自由をはじめ、地域の平和、安全保障を確保し、持続可能な開発に有利な条件を作り出すために全力を尽くしている」と述べ、ASEAN 及びその他の国々との連携を強化して安全保障等に取り組む意向を示した 380。

https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/vietnam/data.html#section1

https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/asean/page25\_001325.html

<sup>376</sup> 外務省、ベトナム社会主義共和国基礎データ

<sup>377</sup> 外務省、わかる!国際情勢、Vol.81 ベトナム~東南アジアの活力みなぎる国

https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol81/index.html

<sup>378</sup> 外務省、ASEAN 概況

<sup>379</sup> 国際協力銀行、ベトナムの投資環境、第2章政治・外交・軍事

https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/images/inv\_vietnam02.pdf

<sup>380</sup> VOV、「平和、協力、発展の外交路線に取り組むベトナム」

近年は、特に南シナ海の安全保障について ASEAN の枠組みを通した意思表明をしており、2020年6月にオンラインで開催された ASEAN 首脳会議(議長国:ベトナム)の議長声明 <sup>381</sup>には、南シナ海問題に関して、「南シナ海の状況について議論し、その中で、信用および信頼を損ね、緊張を高め、平和・安全保障・安定を損なう地域における埋め立てや、最近の展開、活動、深刻な事案についての懸念が示された」と表記された。また、2020年9月の ASEAN 関連会合においては、ベトナムのファム・ビン・ミン副首相兼外相は、終了後の会見で、ASEAN 諸国は地域の平和と安定に影響する大国間の競争に巻き込まれたくないと述べている <sup>382、383</sup>。

## (2)米越関係の復活

ベトナム戦争後断絶関係にあった米越関係だが、1995年に国交正常化以降、南シナ海をめぐる米越の戦略利益が接近したことを背景に、米越安全保障協力は急速に進展している 384。2021年8月には米国のハリス副大統領が、現役の米副大統領としては両国の外交関係樹立以降初めてベトナムを公式訪問し 385、経済、安全保障等での二国間連携を強化した 386。

## (3)TPP参加等外交の多様化

ベトナムは、環太平洋パートナーシップ(TPP)協定に署名した 12 の国のうちのひとつである 387。同国は 2009 年頃から目立ち始めた南シナ海の領有をめぐる問題を抱えており、TPP への参加は、アジア太平洋地域におけるベトナムの役割や政治的地位を高め、独立・自主外

JP/%E8%A7%A3%E8%AA%AC/%E5%B9%B3%E5%92%8C%E5%8D%94%E5%8A%9B%E7%99%BA%E5%B1%95%E3%81%AE%E5%A4%96%E4%BA%A4%E8%B7%AF%E7%B7%9A%E3%81%AB%E5%8F%96%E3%82%8A%E7%B5%84%E3%82%80%E3%83%98%E3%83%888%E3%83%8A%E3%83%A0-372965.vov

https://vovworld.vn/ja-

<sup>&</sup>lt;sup>381</sup> Chairman's Statement of the 36th ASEAN Summit 26 June 2020 Cohesive and Responsive ASEAN, June 27, 2020

https://asean.org/chairmans-statement-of-the-36th-asean-summit-26-june-2020-cohesive-and-responsive-asean/

<sup>382</sup> 日本経済新聞、「米の対中包囲網、道半ば ASEAN 関連会合が閉幕」、2020年9月12日

https://www.nikkei.com/article/DGXMZO63780750S0A910C2EA2000/

<sup>383</sup> 防衛研究所、東アジア戦略概観 2021、第4章 東南アジア

http://www.nids.mod.go.jp/publication/east-asian/pdf/eastasian2021/j04.pdf

<sup>384</sup> 防衛研究所、ベトナムの対米安全保障協力

http://www.nids.mod.go.jp/publication/kiyo/pdf/bulletin\_j20\_2\_1.pdf

<sup>385</sup> 日本貿易振興機構、ビジネス短信、ハリス米副大統領がベトナム訪問、新型コロナ対策や貿易問題を協議 https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/09/c40b51fba4e3d314.html

<sup>&</sup>lt;sup>386</sup> The White House, Remarks by Vice President Harris in Press Conference in Hanoi, Vietnam https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/08/26/remarks-by-vice-president-harris-in-press-conference-in-hanoi-vietnam/

<sup>387</sup> 外務省、環太平洋パートナーシップ(TPP)協定交渉

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/tpp/index.html

交、(外交の)多角化・多様化の道を実現するとともに国防・安全保障を強化するものと位置づけられている 388。

#### (4)日本との一貫した外交継続

ベトナムと日本との外交関係の樹立は 1973 年 9 月であり、2004 年には日越投資協定、 2008 年には日越経済連携協定が発効した。広範な戦略的パートナーシップのもと、投資や 貿易、人材の移動などが活発化し、幅広い分野での経済関係の強化が実現している。また、 安全保障面でも、南シナ海における領土問題などを背景に重要な関係にある 389。

## 4.1.2. ベトナムの社会課題

ベトナムの社会課題を、国内課題と周辺国にまたがる課題に分け、その解決のための宇宙 技術と合わせて以下に整理する。

#### (1)国内課題

ベトナム国内の社会課題には、急速な経済成長に伴い増大している運輸交通・エネルギー等のインフラ整備不足、経済運営や金融セクター整備を含むビジネス環境のさらなる改善、持続的な成長に向けた産業の高度化を含めた競争力の強化、貧困問題及び地域間格差の是正、環境汚染・破壊への対応、保健医療・社会保障分野の体制整備、急速な経済成長の負の側面として顕在化している脆弱性への対応、ガバナンスの強化等がある 390。このうち、インフラ整備不足については交通・エネルギー等のインフラ監視に衛星リモートセンシングが、ビジネス環境改善・産業競争力の強化には DX 活用と宇宙基盤の通信技術が、貧困問題・地域間格差の是正、急激な経済成長の影響によるものも含めた様々な環境問題、保健医療・社会保険分野の体制整備には地球観測・通信等の複合的な宇宙技術が、そしてガバナンスの強化には宇宙人材育成等を通じた国際法・国内法・ガイドライン順守の土壌づくりが、宇宙技術を通じた課題解決の潜在的手段・方策としてあげられる。

国内産業の課題としては、製造業の高度化及びそのためのインフラ整備、農業分野の生産性向上・高付加価値化がある。ベトナム政府は製造業について、これまでの低廉な人件費に依存した構造から脱却して産業自体を高度化・高付加価値化することを目指しており 391、宇宙分野の人材育成を通して将来的に宇宙産業に参入する道筋を作ることはこの方針に合致

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000072247.pdf

<sup>388</sup> 日本貿易振興機構アジア経済研究所、ベトナムの TPP 参加ー動機と経緯ー

https://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Reports/Tpp/004.html

<sup>389</sup> 国際協力銀行、ベトナムの投資環境、第2章政治・外交・軍事

https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/images/inv\_vietnam02.pdf

<sup>390</sup> 外務省、対ベトナム社会主義共和国 国別開発協力方針

<sup>391</sup> 福岡侑希、三井物産戦略研究所、注目が高まるベトナムを取り巻く内外環境(2021/6)

https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/\_\_icsFiles/afieldfile/2021/06/15/2106c\_fukuoka.pdf

すると思われる。インフラ整備は前段落に記載の通り。農業分野は現在大幅な余剰労働力を 抱えており、工業部門への労働力の移動を目指しているが <sup>392</sup>、将来的に工業部門が宇宙産 業に拡大されれば、本課題にも寄与するものと思われる。一方、食糧安全保障強化のため、 農業人口の減少に伴う生産性向上も必要である。また、経済発展に伴う国民の食生活の多 様化により、食の安全確保や食品加工を通じた高付加価値化の要請も強まっている <sup>393</sup>。労 働人口を減らしながら高付加価値化を目指すには、宇宙技術を活用したスマート農業等が有 効と思われる。

また、エネルギー分野では、電力不足が課題となっている<sup>394</sup>。ベトナムでは中国主導による石炭火力発電が進められていた<sup>395</sup>が、南シナ海情勢の緊迫化、ASEAN 諸国も海洋安全保障に同様の警戒を強める中、「脱炭素」に向けた国際的な機運の高まりも相まって、ベトナムは環境負荷の低いガス火力で技術的優位を持つ日米との連携を進めていく姿勢を見せている<sup>396</sup>。こうした電力不足解消及び脱炭素化の動きについても、衛星によるインフラ監視や炭素排出量観測による貢献が可能と考える。

#### (2) 周辺国にまたがる課題

ベトナムは ASEAN 加盟国であり、また北は中国、東と南は南シナ海に接し、西はインド洋を介してインドにつながるメコン地域を構成する 5 か国のうちのひとつである <sup>397</sup>。ベトナムの経済発展、環境問題・災害対応、安全保障を検討するにあたり周辺諸国との連携・協力を視野に入れることは非常に重要であり、広域への適用を得意とする宇宙技術の活用が期待される。日本としては、第 10 回日メコン首脳会議「東京戦略 2018」において、「生きた連結性」、「人を中心とした社会」、「グリーン・メコンの実現」という日メコン協力の新たな三本柱を打ち

ᄪ

https://www.nikkei.com/article/DGXMZO66952560T01C20A2EE8000/

Mekong Energy, About us

http://www.mekong-energy.com/en/about-us/mekong-energy-company-ltd-meco-at-a-glance.html

福岡侑希、三井物産戦略研究所、注目が高まるベトナムを取り巻く内外環境(2021/6) https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/ icsFiles/afieldfile/2021/06/15/2106c fukuoka.pdf

nttps://www.mitsui.com/mgss/ja/report/detail/\_\_icsFiles/affeidifie/2021/06/15/2106c\_fukuoka.pdf 397 外務省、わかる!国際情勢、第 7 回日本・メコン地域諸国首脳会議: 急成長するメコン地域と日本の協力 https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol130/index.html

<sup>392</sup> 同上

<sup>394</sup> 庄 浩充、日本貿易振興機構 ビジネス短信「電力不足を受け、年間 2%以上の節電を要請」、2020 年 05月 15日

<sup>&</sup>lt;sup>395</sup> Michael Tatarski, Will Vietnam's new energy policy mark a turning point for coal?, China Dialogue, July 21, 2020

https://chinadialogue.net/en/climate/will-vietnams-new-energy-policy-mark-a-turning-point-for-coal/ 396 庄 浩充、日本貿易振興機構 地域・分析レポート「2030 年までに温室効果ガス 9%削減へ、再生可能エネルギー重視(ベトナム)」、2021 年 4 月 28 日

https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/95af12c1d66af1b4.html 日本経済新聞、「日米、ベトナムの脱炭素化支援 LNG 活用などで協力」、2020 年 12 月 3 日

経済産業省, ベトナム社会主義共和国南部における LNG 調達・LNG 受入基地運営・ガス焚き複合火力発電の一気通貫事業における案件実現性調査、平成 31 年 3 月

https://www.meti.go.jp/meti\_lib/report/H30FY/000208.pdf

立てることを決定したことを表明 <sup>398</sup>しており、ベトナム及び周辺諸国に対し、宇宙開発を通し て同三本柱に沿った協力を行うことは政策に合致する。

経済開発に関しては、メコン地域の経済開発に重要な東西経済回廊や南部経済回廊の経済統合及び発展、及び ASEAN・メコン地域における連結性の強化や経済発展が課題となっており 399、今後ベトナムが宇宙技術を獲得し、同技術を周辺国に展開することで、連結性強化並びにベトナムの国際的なプレゼンスの向上につながることが期待される。

広域の経済発展にはインフラ等社会基盤の整備が不可欠と考えられるが、高品質且つ強靭なインフラシステム導入、物流ネットワークの確保、スマート交通・スマートシティの実現には、主に測位衛星や IoT 衛星等の宇宙基盤の通信インフラ整備が有効と思われる。物流ネットワークに関しては UAV と宇宙技術を組み合わせたソリューションが、スマートシティ実現には日本の衛星測位システム「みちびき」の活用が考えられる。

産業別では特に農業について、国内課題として挙げたスマート農業の実現、及びフードバリューチェーンの構築のために宇宙技術を活用することは、宇宙技術の広域性を鑑みると、周辺諸国への展開は十分に実現性があるものと考えられる。

環境・災害観測も農業と同様に、宇宙技術の広域性を活かした周辺諸国への展開が期待される。

安全保障面では、2010 年前後から中国が同海域で実効支配を強めるなか、中国と領有権を争う南シナ海情勢の緊迫化が懸念されている。中国の巡視船がベトナムの漁船を沈没させる、または拿捕する事案が発生している。中国はベトナムが南シナ海で進める油田開発にも圧力を強め、ベトナム国内での反中感情が高まっている 400。このような海洋安全保障・海洋での透明性確保のためには地球観測衛星や衛星 AIS 等の活用が見込まれる。

## 4.1.3. ベトナムの新しい宇宙戦略における宇宙利活用のプライオリティ

2021 年 2 月に発表されたベトナムの 2030 年までの宇宙科学技術の開発と応用のための 戦略 <sup>401</sup>は、その目的を国土安全保障の確保と社会経済発展の促進とすること、2020 年まで の宇宙科学技術の開発・利用の戦略及び成果を継承・拡大すること、宇宙科学技術の発展 は様々な分野の研究・開発・応用を促進する原動力であることの三つに視座を据え、特に以 下を<u>重点的な具体的目標の方向性</u>として挙げている。

<sup>399</sup> 外務省、ODA(政府開発援助)、ベトナム

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/region/e\_asia/vietnam/index.html

<sup>398</sup> 日メコン協力のための東京戦略 2018(2018 年 10 月 9 日)

https://www.mofa.go.jp/files/000406730.pdf

<sup>400</sup> 福岡侑希、三井物産戦略研究所、注目が高まるベトナムを取り巻く内外環境(2021/6)

https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/\_\_icsFiles/afieldfile/2021/06/15/2106c\_fukuoka.pdf 日本経済新聞、「ベトナムで反中デモ拡大、日系企業にも被害」、2014 年 5 月 15 日

https://www.nikkei.com/article/DGKDASGM1402O U4A510C1EA2000/

<sup>&</sup>lt;sup>401</sup> Decision No. 169/QD-TTg 2021 the strategy for development and application of space science and technology through 2030

#### (1)重点的な具体的目標の方向性

- 地球観測衛星用光学センサ及びレーダセンサの設計、製造、統合のための技術習得(小型、 高解像度、超高解像度衛星の組立、統合、試験)
- 地上設備、衛星管制及びデータ受信局、通信トランスポンダの設計及び製造技術の習得
- 衛星伝送能力の獲得(特に遠隔地、国境、島しょ部における主権保護や安全保障の確保)
- ベトナムの測位能力の構築(既存の全球測位衛星システム(GNSS)への依存度低下)
- 成層圏プラットフォームの利用(科学研究、データ取得、観光サービス等)

また、そのほかの具体的目標として、「宇宙科学技術利用」「宇宙科学技術のための能力構築」が以下のとおり示されている。

#### (2)宇宙科学技術利用

- 国内の大規模活動、自然環境変化、社会変動に対する意思決定への積極的かつ迅速な支援
- 地図データ、地理情報システム(GIS)、資源、環境データの国家管理のための効果的利用、 利用サービス開発のためのデジタルプラットフォームの提供
- 衛星を利用した通信、航行測位、早期警戒等、様々なサービスの提供

#### (3)宇宙科学技術のための能力構築

- 約300人の専門家、3000人のエンジニアの育成
- 約10の研究所の能力向上のための投資
- 宇宙科学技術分野の研究、開発及び利用への投資

#### 4.2. ASEAN の動向

2015 年 11 月の第 27 回 ASEAN 首脳会議で採択された共同宣言"Forging Ahead Together"<sup>402</sup>により、コミュニティとしてのさらなる統合、及び、より強力な結束を実現するための目標と願望を示したロードマップが定められた。政治、経済、社会の 3 つのブループリントにより、ASEAN は「政治的にまとまりがあり、経済的に統合され、社会的に責任がある」コミュニティを目指すとし、計画の実行が進行している。以下に 2025 年までのそれぞれの目標を抜粋する。特に、具体的な行動項目として、平和、繁栄及び協力の海としての南シナ海の維持(中国 ASEAN 間の行動規範(COC)交渉の促進、紛争を複雑化・エスカレートさせる行為

104

<sup>&</sup>lt;sup>402</sup> ASEAN 2025 Forging Ahead Together https://asean.org/wp-content/uploads/2021/08/67.-December-2015-ASEAN-2025-Forging-Ahead-

の自制、予防外交措置(事故防止手順の策定等)の促進)、拡大 ASEAN 海洋フォーラム (EAMF)等における対話・協力の促進等が掲げられ、それを受け 2021 年 11 月に第9回 ASEAN 海洋フォーラム拡大会合(EAMF)403が開催され、近年深刻化する海洋安全問題に対し、国連海洋法条約と、EAMF をさらに発展させるべき、との支持が確認された。

<政治・安全保障共同体 (APSC)ブループリント 2025404>

1.ルールに基づく人間志向・人間中心の共同体実現、2.平和、安全かつ安定した地域、3.ダイナミックで外向的な地域における ASEAN 中心性、4.ASEAN の組織的な能力及びプレゼンスの強化、の4項目。

<ASEAN 経済共同体(AEC)ブループリント 2025<sup>405</sup>>

1.高度に統合された経済、競争力のある、革新的、2.ダイナミックな ASEAN、3. 連結性強化 とセクター別協力、4. 強靱かつ包摂的、人間志向、人間中心の ASEAN、5. グローバルな ASEAN、の5項目。

<ASEAN 社会・文化共同体(ASCC)ブループリント 2025<sup>406</sup>>

1.国民との関与と恩恵、2.包摂、3. 持続可能、4. 強靱、5. ダイナミック、の 5 項目。

これらのブループリントにおける重点目標の中で、特に宇宙技術を活用した課題解決や実現が可能な活動について、以下に示す。

#### 4.2.1. 安全保障

ブループリントにおいて、民主主議、グッドガバナンス、法の支配、人権及び基本的自由の促進・保護を強化するとしている。また、非伝統的安全保障上の課題、特に国境を越える犯罪及び課題に効果的かつタイムリーに対処するための能力向上、さらに ASEAN 主導のメカニズムの強化及び国際的に受け入れられている海洋条約・原則の導入を通じ、地域内外における海洋安全保障の強化を挙げている。宇宙技術は国境を越えて陸域海域いずれも透明性高く観測し、活動を把握することが可能なため、国境を超える課題の解決、また、海洋での活動の透明性確保といった海洋安全保障の強化に大きく貢献することが考えられる。

https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press3\_000640.html <sup>404</sup> ASEAN 政治・安全保障共同体(APSC)ブループリント 2025

<sup>403</sup> 第 9 回 ASEAN 海洋フォーラム拡大会合(EAMF)の開催(結果)

https://www.asean.emb-japan.go.jp/asean2025/asean2025\_blueprint-apsc.pdf <sup>405</sup> ASEAN 経済共同体(AEC)ブループリント 2025

https://www.asean.emb-japan.go.jp/asean2025/asean2025\_blueprint-aec.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>406</sup> ASEAN 社会・文化共同体(ASCC)ブループリント 2025

https://www.asean.emb-japan.go.jp/asean2025/asean2025\_blueprint-ascc.pdf

#### 4.2.2. 経済

ブループリントにおいて、再生可能エネルギー支援、低炭素技術の活用、多国間の電力取引を含む連結性強化等の持続可能な経済開発の他、経済成長のためのICT利活用、ブロードバンド普及等のICTを通じた人々の統合とエンパワーメント、スマートシティ・ビッグデータ等の技術革新、ICTインフラ整備と連結性向上、人材育成、単一ICT市場、サイバーセキュリティ等が目標として掲げられている。また、持続可能な農業、生産性の向上、技術投資の増加、生産者のグローバル化も大きな目標の一つとして掲げられている。特に、近年の衛星の複数機運用(コンステレーション化)による高頻度観測はICT利活用の大きな柱となり得るものであり、これらの宇宙技術を用いて、多様な地上の変化や経済活動を高頻度に把握することにより、スマートシティ・ビッグデータ等を用いた社会利用の技術革新につながるものである。また、近年、衛星リモートセンシング、衛星測位データ、UAV/ドローン、地上データを統合利活用した農業の生産性向上、高品質化、コスト削減といったスマート農業の試みが行われてきており、ベトナムにおいても主要作物である米やそれ以外の作物の営農等に活用できると考えられる。

## 4.2.3. 社会

ブループリントにおいて、持続可能な森林管理の強化、沿岸・海洋環境の保護の促進、生物多様性、災害に強靭な ASEAN が目標に掲げられている他、地域の分野横断的プラットフォーム拡大や共通戦略の構築、科学的根拠に基づく政策の促進等、気候変動への適応が政策課題となっている。広大な陸域を観測して管理する必要のある森林分野は古くから衛星リモートセンシング技術が活用されてきており、多様な衛星の出現により、これまでよりも低コストで効率的な森林管理が行われる可能性がある。また、ASEAN 地域における地域共通課題への宇宙技術の適応は観測の広域性という特徴を活かして、大きく地域ソリューションに繋がる可能性がある。ベトナムで宇宙技術を活用した災害対応や気候変動課題への対応を進めることにより、ベトナムから ASEAN 地域への広域展開による共通プラットフォームやソリューション利用が可能になると思われる。

# 5. ベトナムにおける社会課題と衛星コンステ利用ニーズ

#### 5.1. 地球観測衛星利活用の現状と課題調査

## 5.1.1. 背景と目的

ベトナム科学技術アカデミー(VAST)のベトナム国家宇宙センター(VNSC)から日本政府に対して、小型衛星コンステレーション導入のためのマスタープラン/ロードマップ策定の要請があり、ベトナムで小型地球観測・通信衛星コンステレーション化が導入された際、この技術を利用してベトナムが抱える様々な社会課題を解決していくことになる。

そこで本章では、ベトナムにおける衛星コンステレーションの利用ニーズを明らかにすることを目的として、ヒアリング調査を通してベトナムが抱える社会課題に貢献する衛星データ利用ソリューションを整理した。

#### 5.1.2. 調査の状況

提案時の計画では、ベトナムにおいて地球観測衛星データを利用している政府機関や大学、研究機関等を対象に、衛星データの利活用の実績や課題、将来ニーズ、日本に対する期待等について、日本側から対面調査、もしくは COVID-19 の感染拡大状況によってはオンラインでのヒアリング調査を行う予定だった。しかしながら、2021年10月29日に開催したVNSCとのキックオフミーティングで日本側のヒアリング計画を説明したところ、対面でのヒアリングは可能だがオンラインでのヒアリングが難しいという回答が返ってきた。日本側でこの状況を検討した結果、COVIT-19 の感染拡大の先行きが不透明な中、ベトナムに渡航して対面でヒアリングを行うことは難しいと判断し、日本側でヒアリング対象とすべきベトナム各機関のリストとヒアリング内容を整理した質問票を作成し、これを VNSC に事前にオンラインで説明を行い、VNSC からベトナムの各機関にヒアリングを行ってもらうよう依頼することに決定した。

以下では、上で述べた状況下において実施した調査の方法と結果について説明する。

#### 5.1.3. 調査方法(ヒアリング方法)

#### (1)ヒアリングの概要

ヒアリング調査では、ベトナムにおいて地球観測衛星データを利用している政府機関や大学、研究機関等を対象に、衛星データの利活用の実績や課題、将来ニーズ、日本に対する期待等を整理した。この際、我が国の準天頂衛星システムであるみちびきの高精度衛星測位データや衛星データプラットフォーム Tellus など、既存の宇宙技術の活用や連携を考慮した検討を行った。また、ベトナムが整備している衛星データプラットフォームであるベトナムデータキューブ(VDC)の活用についても検討した。調査結果から得られたソリューションは、第

6 章の将来型衛星コンステレーションなど導入の検討におけるミッション要求検討に必要な仕様の整理に供される。

ヒアリング調査に際しては、ベトナム側が具体的な成果をイメージしやすいように、どのようなビジネス展開や行政サービスに貢献できるかを、既存の衛星データを用いた利用事例を作成して提示することでニーズや課題を引き出すことにした。利用事例には、みちびき等の測位データ、AIS 等の船舶情報データといった地球観測衛星データ以外の宇宙データと組み合わせて活用されている事例(研究や実証事例を含む)、地上データ、AI/機械学習/IoT などと組み合わせて活用されている事例を含むこととした。ここで作成した利用事例は、ヒアリングで新たに提示された課題を加えてアップデートし、衛星データ利用ソリューションの具定例として本章で紹介する。

## (2)ヒアリング先機関

ヒアリング対象機関は、前回の調査を実施した機関を参考に、ベトナムのなかで地球観測衛星データを中心に衛星データの利活用を行っている農業農村開発省(MARD)、天然資源環境省(MONRE)、ベトナム科学技術アカデミー(VAST)等に所属する衛星データ利用機関、および衛星データ活用を行っている大学や民間企業から日本側が原案を作成し、VNSCが選定した。

図表 5.1.3.a に、ヒアリング対象機関を示す。

図表 5.1.3.a ヒアリング先機関

組織名(英語)	組織名(日本語)	略称
Vietnam National Space Center /	ベトナム国家宇宙センター /ベト	VNSC /
Vietnam Academy of Science and	ナム科学技術院	VAST
Technology		
Institute of Geography / Vietnam	地理学研究所 / ベトナム科学技	IG/
Academy of Science and Technology	術院	VAST
Institute of Marine Geology and	海洋環境資源研究所 / ベトナム	IMGG /
Geophysics / Vietnam Academy of	科学技術院	VAST
Science and Technology		
Department of Crop Production /	農産物生産局 /ベトナム農業農村	DCP/
Ministry of Agriculture and Rural	開発省	MARD
Development		
Department of Natural Resources	天然資源・環境局 / ベトナム天	DONRE
and Environment / Ministry of	然資源環境省	/
Natural Resources and		MONR
Environment		E
Center for Applied GIS of Ho Chi	ホーチミン市応用 GIS センター	HCMGI
Minh City		S
Geomatics Center / Vietnam	地理学センター / ベトナム国家	GEOC /
National University, Ho Chi Minh	大学ホーチミン市校	VNU
City		
Hanoi Technology Development and	ハノイ教育技術開発株式会社	HTD
Training Joint Stock Company		
RYNAN Technologies Vietnam Joint	ライナン・テクノロジー株式会	RYNAN
Stock Company	社	

## (3)ヒアリング項目

質問票に載せるヒアリング項目については、衛星データの利用状況や応用事例とその課題、衛星データ利活用の将来ニーズ、ベトナムが所有する衛星の利活用の実績、衛星データプラットフォーム(VDC)の利活用状況、日本の宇宙技術や支援等に対する期待等を聞き出せるように考慮した(図表 5.1.3.b)。本章と特に関係の深い、「1. 衛星データを用いた各組織のタスクと現在の課題」については、2017 年度に実施した前回調査からのアップデートについて質問し、過去 4 年間に新しく出てきたタスクや課題を聞き出すようにした。質問票には、過去の報告書や Web 等から対象組織が抱える課題を事前に想定し、ヒアリングの際に衛星データを利用した具体的なソリューションのイメージが示せるような利用事例を付属した。

回答の対象となる衛星の種類については、光学(マルチ・ハイパー)および SAR の地球観測衛星、気候変動観測衛星(温室効果ガス観測、GCOM 衛星)、測位衛星(GPS、ガリレオ、QZSS/みちびき)、小型通信衛星(AIS/VDES)、ストア&フォワード衛星、無線通信衛星等がスコープであることを質問票の最初に明示し、これら衛星のコンステレーションへの期待についても調査した。

なお、日本側が用意したヒアリング項目について、2022 年 1 月 27 日に開催した VNSC とのミーティングにおいて、事前に内容を共有した。

図表 5.1.3.b VNSC に依頼した質問票の内容

	因表 3.1.3.0 VN3C に依頼した負向系の内存
番号	質問内容
1	衛星データを用いた各組織のタスクと現在の課題
1. 1	組織名とタスク
1. 2	取り組むべき課題とその優先順位
1. 3	1.2 の課題を解決するために必要な要件
1. 4	1.2 の課題を解決するために、データ利用例一覧から適用できる課題
1. 5	タスクを達成するために期待する衛星データの仕様
2	衛星データ利用の最新の状況について
2. 1	組織が使用する衛星データの種類と目的
2. 2	衛星データの使用量
2. 3	衛星データの使用頻度
2. 4	衛星データを使用している部署または室
2. 5	衛星データアプリケーションの目的、および衛星データから抽出した情報
	の種類
2. 6	最終プロダクトや画像のサンプル、付加価値データの提示(可能なら)
2. 7	目的達成のために使用している非衛星データ
2. 8	衛星データの利用を促進するためのプログラムやプロジェクト(ある場合
	は、プログラムやプロジェクトの概要と予算)
2. 9	衛星データのアプリケーションに関して、民間セクター/企業との連携(あ
	る場合は、民間部門の予算や総予算に対する資金の割合)
3.	ベトナムが所有する衛星(VNREDSat、ドラゴンシリーズ)の利用実績に
	ついて
3. 1	VNREDSat のデータ使用量、目的
3. 2	マイクロドラゴン,ナノドラゴン,ピコドラゴンのデータ使用量、目的
4	衛星データ利用に関する問題について
4. 1	衛星データ利用の運用上の問題
4. 2	問題解決に必要なこと
5	衛星データプラットフォームの利用状況について 
5. 1	任意の衛星データプラットフォーム/ソフトウェアを使用した経験
5. 2	使用したことのある衛星データプラットフォーム/ソフトウェアの種類
5. 3	衛星データプラットフォーム/ソフトウェアを改善するための要望
5. 4	ベトナムデータキューブの使用状況、あるいは今後の仕様予定
5. 5	ベトナムデータキューブをより多く使用するための要望
6	衛星データ利用の今後のニーズについて ^ # 11 日本
6. 1	今後利用を希望する衛星データ
6. 2	衛星データが利用可能な場合の使用目的 ローストの中央技術・の世代上本版は、0.00万円
7	日本の宇宙技術への期待と支援について
7. 1	衛星データ利用についての日本への期待
7. 2	興味のある日本の民間企業が提供する商品やサービス

8	衛星データ利用の必要な能力構築について
8. 1	衛星データの利用を高めるために必要な人材育成の種類
8. 2	組織内スタッフや関係組織、外注先パートナー企業の能力構築の実績
8. 3	宇宙データ利用に関する人材育成や支援の有無、提供元
9	組織毎に個別の衛星利用状況について

# 5.1.4. ヒアリング結果

質問票の回答をもとに、各機関の利用ニーズを整理した結果を図表 5.1.4.a に示す。なお、VNSC に関しては、質問票の内容の説明を兼ねて事前に質問を行い、回答を得た。図表 5.1.4.a で新たに分かった利用ニーズに、2017 年度に実施した前回調査で明らかにした利用ニーズを加え、分野ごとにどのようなニーズがあるのか整理した結果を図表 5.1.4.b に示す。 図表 5.1.4.b の説明列で\*印のついた項目が、今回の調査で新たに追加された項目となっている。追加された項目には、農業用水や灌漑施設の管理および水質の把握や塩害化が挙げられており、これらはベトナムにおいて陸域の水の不足や質の低下が過去 4 年の間に社会問題化していることを示唆していると思われる。また、海面水位や海岸線のモニタリングが挙げられており、気候変動による海面水位の上昇や、季節性モンスーンや台風の甚大化と、それに伴う海岸浸食も深刻な問題となっていることが伺える。

次に、図表 5.1.4.b 中の各詳細項目について、課題解決に必要な地球観測衛星のタイプとして SAR か光学、あるいはその両方のどれが有効なのか、センサの空間分解能、時間分解能、即時性はどの程度必要なのかを、日本側調査チームで検討した。この検討結果をもとに、我が国が提供できる衛星コンステレーションの有用性が高い詳細項目について総合的に評価し、有用性が高いと評価したものについて、具体的な利用事例を作成した。また、評価結果の理由について、図表 5.1.4.c に示す。なお、利用事例の作成では、地球観測衛星以外に、みちびき、通信衛星、UAV、地上観測センサとの組み合わせの有効性についても示した。

図表 5.1.4.a 各機関の利用ニーズや課題

VNSC / VAST	植生分類	植生分類	災害対応		水質汚染	地図作成	地形図作成
IG / VAST  IMGG / VAST	栽培管理(茶)	森林被覆・変 化、自然火災	洪水、地滑 り、防災	海洋気象、漁場 海面監視、原油 流出、群島監	海岸線変化、塩 害、水質(海) 沿岸環境(マング ローブ、サンゴ		資源監視
DCP / MARD	作付け図、栽培 管理(収量、収 穫適期)			視	礁、測深)		水文気象
DONRE / MONRE	乾燥度	森林管理	災害リスク 管理、洪水		気候変動、水資源、大気/水質、 源、大気/水質、 海岸線変化、生 物多様性、バイ オマス	測量、都市計画	土地管理、土 地利用・変 化、地物識 別、地形図、 地盤変動、熱 画像
HCMGIS	作付け図	森林管理				都市計画・変遷、 交通システム、 建築	COVID-19 対 策
GEOC / VNU			災害予測、 洪水	海洋環境	海岸線変化、環境 汚染、生態系回 復力		土地管理、土 地利用・被 覆、天然資源 管理、地盤変 動
HTD	干ばつ、水源水 位、作付け図、 収量	森林管理	地滑り	海面水位、遭難 船搜索、養殖	海岸線変化、塩害	都市計画、灌漑施 設(運河、水 文、堤防)、建 築、交通システ ム	土地利用・変 化、地形図、 水文
RYNAN	栽培管理	森林管理		養殖		都市計画、交通シ ステム、緑地密 度	地物識別

図表 5.1.4.b 利用分野ごとのニーズと必要なスペック、および衛星コンステレーションの有用性評価結果

分 野	詳細項目	説明	センサ種別	時間 分解 能	空間 分解 能	即時性	コンステレーシ ョン有用性評価 結果
農業	圃場管理	圃場区画図の作成、栽培作物の特定	光学、SAR	低	高	不要	X
	栽培管理(精密農 業)	収量、品質、収穫適期の推定	光学	高	高	不要	0
	干ばつ	干ばつリスクの推定*	光学、SAR	高	中	必要	0
	水源水位	農業用水の水位モニタリング*	SAR	低	高	不要	X
森林	森林減少	違法伐採の監視	SAR	中	中	不要	0
	森林管理	材積の推定、森林タイプの分類と変化	光学、SAR	低	中	不要	X
	火災	森林火災*	光学	高	低	必要	X
災害	洪水	洪水範囲の特定	SAR	高	中	必要	0
	地滑り	地滑り個所と範囲の特定	光学、SAR	高	高	必要	0
	防災	災害リスクの評価	光学	低	中	不要	X
海洋	IUU 操業	違法漁船の監視	SAR	高	高	必要	0
	海洋監視	構造物の検出、島嶼モニタリング	SAR	中	高	不要	0
	漁業資源	養殖のモニタリング	光学、SAR	低	高	不要	X
		漁場の推定	光学、マイクロ波	高	低	必要	X
	海面水位	海面水位のモニタリング*	光学、SAR	低	低	不要	X
	オイル流出	船舶からのオイル流出や自然滲出	SAR	中	中	必要	0
	気象	海流、波、天気予報*	マイクロ波	高	低	不要	X
環境	沿岸	ブルーカーボンの推定、水深の推定	光学	低	中	不要	X
	水質	水質の把握*	光学	中	中	必要	0
	海岸線	海岸線のモニタリング*	光学、SAR	低	高	不要	X
	塩害	農地の塩害化*	光学	低	中	不要	X
都市	地図	市街地図の作成	光学	低	高	不要	X
	インフラ	地盤沈下	SAR	中	高	不要	0
	開発	建造物のモニタリング、都市緑化	光学	低	高	不要	X
	交通	道路網の作成	光学	低	高	不要	X
_	水利	灌漑施設のモニタリング*	光学	低	高	不要	X

<sup>※</sup>ヒアリングで明らかになったベトナムの利用ニーズをもとに、センサ種別、時間分解能、空間分解能、即時性を判定し、最終的にコンステレーションの有用性評価結果を決定した。

<sup>※</sup>説明の中で、\*は今回の調査で新たに追加された利用ニーズ、何もしるしのないものは前回調査と今回の調査の両方で提出された利用ニーズを表している。

# 図表 5.1.4.c 図表 5.1.4.b の評価理由

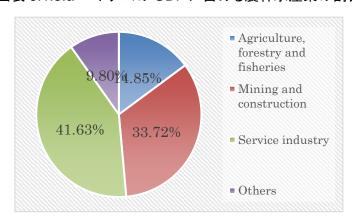
/\	三头 4四十五 口	表现/亚女士 田	50 / X TB - h
分	詳細項目	評価結果	評価理由
野			
農業	圃場管理	×	圃場区画や栽培作物は、生育期間中に1、2度測定できれば良い。
	栽培管理(精密農	0	適切なタイミングで施肥や散水、収穫時期を決める必要がある。
	業)		
	干ばつ	0	常時モニタリングし、適切なタイミングで対策をとる必要がある。
	水源水位	×	水位が急激に減少することは考えにくいため、高頻度観測は不要。
森林	森林減少	0	常時モニタリングし、適切なタイミングで対策をとる必要がある。
	森林管理	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。
	火災	×	MODIS 等のセンサを利用したモニタリングが既に実施されており不要。
災害	洪水	0	洪水発生後、可能な限り早く情報を収集する必要がある。
	地滑り	0	地滑り発生後、可能な限り早く情報を収集する必要がある。
	防災	×	数年に一度のペースでリスクマップを作成できれば良い。
海洋	IUU 操業	0	可能な限り、リアルタイムで違法操業する船を発見する必要がある。
	海洋監視	0	常時モニタリングし、不審な動きがないか連続して観測する必要がある。
	漁業資源	×	養殖池の監視に時間分解能は必要なく、水質に関しては別項目を参照。
		×	広大な範囲を低解像度で観測できれば十分。
	海面水位	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。
	オイル流出	0	オイル流出後、すみやかに汚染範囲とその拡大を特定する必要がある。
	気象	×	広大な範囲を低空間分解能で観測できれば良いので不要。
環境	沿岸	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。
	水質	0	水質悪化後、可能な限り早く情報を収集する必要がある。
	海岸線	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。
	塩害	×	塩害域の抽出に高頻度観測は不要、早期発見にはハイパーが必要。
都市	地図	×	数年に一度のペースで市街地図を作成できれば良い。
	インフラ	0	常時モニタリングし、変動量を連続して観測する必要がある。
	開発	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。
	交通	×	数年に一度のペースで道路網を作成できれば良い。
	水利	×	中長期的なスパンの変動のため、高頻度観測は不要。

# 5.1.5. 地球観測衛星を用いたアプリケーションの例

ベトナム側の利用ニーズに対して、我が国が提供できる衛星コンステレーションの技術で対応可能なものについて、既存の衛星データを用いた利用事例を整理し、以下で詳述する。

## (1)農業~栽培管理(精密農業)

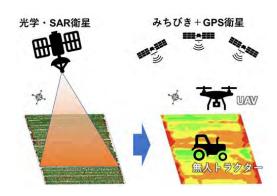
ベトナムにおいて、農林水産業は2019年現在でGDPの13.96%、労働人口の40%以上を占めており、重要な産業となっている。また、米の輸出量に関しては世界2位である(図表5.1.5.a)。一方で、農業技術が未発達なことや農業インフラの整備が十分でないことから、生産性は決して高いとは言えない。そこで、日本が持つ高度な衛星技術を導入することで、均一で高品質な米の生産が行えるとともに栽培コストを削減することができ、結果として農家の収入が増加するだけでなく、農業統計情報の収集が容易になると期待される。



図表 5.1.5.a ベトナムの GDP に占める農林水産業の割合

図表 5.1.5.b は、光学および SAR の衛星コンステレーションを用いて、圃場内の作物生育の不均一性を観測し、みちびきの高精度測位情報と GPS 衛星を用いて UAV や無人トラクタを生育の悪い場所に誘導して、ピンポイントで散水や施肥などを行う仕組みを示している。また、光学および SAR から作物の生育適期を判断し、無人トラクタで収穫することも可能となる。

図表 5.1.5.b 精密農業への利用事例



# (2)農業~干ばつ

2019-2020 年のメコンデルタの干ばつ被害はベトナムの歴史に残る記録的なものとなり、その原因としては雨期雨量のほか、メコン河上流の中国の大規模ダムにおける水資源使用と貯水の影響もあったことが指摘されている(図表 5.1.5.c)。メコンデルタでは 2015-2016 年にもエルニーニョ現象に伴う大規模干ばつが発生した。2019-2020 年の干ばつは、それからわずか 3 年の間隔を経て発生しており、農作物の収穫に大きな被害を与えたとされる。

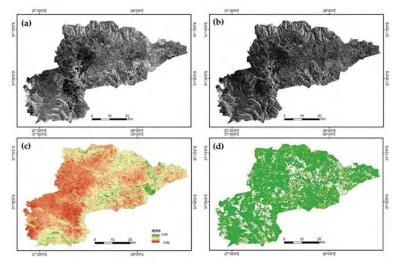
図表 5.1.5.c 干ばつによる水不足と農地の荒廃の様子



https://www.saigonchildren.com/news/drought-and-covid-19-a-double-crisis-in-the-mekong-delta-region/

土壌水分や植物の水ストレスは、光学衛星を使って推定することが可能である。一方、ベトナムでは被雲率が高いため、光学衛星を用いて観測できる機会は多くないことが予想される。そこで、光学衛星で推定した干ばつと非干ばつ時の植物の水ストレス状態を推定し、これと同時期に観測された SAR の後方散乱係数との相関関係を予め調べておくことで、被雲の影響を受けない SAR データから植物の水ストレスを評価する手法が提案されている(図表 5.1.5.d)。この技術で早期に干ばつのリスクをマッピングすることが出来れば、行政サイドから農家に対して対策を取るよう指示が出せるほか、干ばつによる被害状況を把握して補償を行うなどの対応がとれると期待される。

図表 5.1.5.d 干ばつへの利用事例。a) VH 後方散乱係数、(b) VV 後方散乱係数、(c) Landsat-8 から導出された NDVI、および(d) 土地被覆データセットから抽出された草地層。



https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2020.1762514

#### (3)森林~森林減少

ベトナムは、国土の約 47%が森林であり(2020 年時点)、そのうち天然林が約 70%、植林地が約 30%という構成である。森林面積及び植林地の割合が増加傾向である。ベトナムの森林率は 1943 年には約 43%であったが、1993 年には 20%台まで減少した。その後、政策実施(5 百万 ha 植林計画:通称 661 プログラム)により森林率は回復し、2020 年時点では約 47%である。植林実施による森林面積増加の一方で、部分的に深刻な森林減少と広範囲にわたる森林劣化が発生している。森林減少・劣化の要因は、かつては戦争及び現地住民や移民による生計確保のための森林から農地への土地利用転換であった。近年では、経済成長に伴いコーヒーやカシューナッツ、コショウといった食品の生産・輸出が拡大しており、これらのための農地開発が森林減少・劣化の要因となっている(図表 5.1.5.e)。

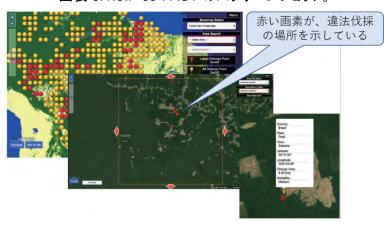
図表 5.1.5.e 移民によるベトナム中部高原のコーヒー農園の森林伐採



https://www.wwf.or.th/?370898/Report-on-Viet-Nam-biodiversity-outlook-analyzing-impacts-from-economic-sectors-to-address-biodiversity-degradation

我が国では、独立行政法人国際協力機構(JICA)と国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)を用いて熱帯林の伐採・変化の状況をモニタリングする「JICA-JAXA 熱帯林早期警戒システム」(JICA-JAXA Forest Early Warning System in the Tropics: JJ-

FAST)を開発している(図表 5.1.5.f)。ベトナムが、独自の SAR 衛星のコンステレーションを持つことにより、自国の森林減少・劣化をより高い空間分解能、時間分解能で把握することが可能となる。



図表 5.1.5.f JJ-FAST のスクリーンショット。

http://redd.ffpri.affrc.go.jp/pub\_db/publications/FDRR\_country\_report/\_img/2020/01\_country\_report\_vietnam\_2020.pdf

https://www.eorc.jaxa.jp/jjfast/

#### (4)災害~洪水

ベトナムでは、毎年のように季節性モンスーンや台風の影響で洪水被害が発生しており、2020 年 10 月 初めから 11 月半ばまでにベトナム中部に上陸した7つの台風は、各地で洪水や土砂崩れなどの被害が引き起こした(図表 5.1.5.g)。この時の被害は、中部地方の 9 つの省と1直轄市(ダナン市)を直撃し、死者・行方不明者の数は 230 名を超え、浸水被害棟数は 39 万棟、支援を必要とする人の数は 150 万人以上とみられた。

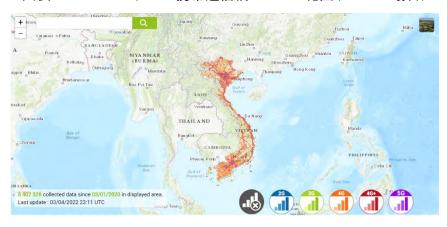


図表 5.1.5.g 季節性モンスーンや台風による洪水被害の様子

https://en.wikipedia.org/wiki/2020 Central\_Vietnam\_floods

洪水発生前から兆候を捉えるためには、地上(河川)に設置した水位計などのセンサ情報を収集することが有効である。しかし、ベトナムでは図表 5.1.5.h に示す通り、都市部や幹線道路周辺以外の場所では携帯通信網が十分に整備されていないため、地上センサで取得した情報をリアルタイムで収集する手段がないことが課題としてある。

図表 5.1.5.h ベトナムの携帯通信網のカバー範囲(Vittel の場合)



https://www.nperf.com/en/map/VN/-/-/signal/?ll=16.045363193924338&lg=105.81&zoom=5

そこで、地上センサで取得した情報を IoT 衛星で収集し、政府担当機関が情報を集約することにより、いち早く洪水発生の兆候をとらえることが可能となる。また、被雲下にあっても地表の状況をとらえることが出来る SAR 衛星を利用すれば、洪水発生後の浸水被害状況を広域で把握することが可能となり、災害対策の迅速な意思決定を可能にする(図表 5.1.5.i)。我が国では、SAR 衛星のコンステレーションを提供する民間企業が、AI 技術による分析手法を活用して、いち早く洪水の浸水域や浸水深、道路や建物の被害状況を評価するソリューションを提供しており、同様のソリューションをベトナムが独自に持つことで、自国の洪水災害に即応することが可能になると期待される。

図表 5.1.5.i 洪水への利用事例



https://synspective.com/jp/press-release/2020/synspective-announces-the-release-of-sar-based-flood-damage-assessment-solution-

service-2/

#### (5)災害~地滑り

「災害対応~洪水」でも述べたように、ベトナムでは毎年のように季節性モンスーンや台風による災害が発生しており、洪水だけでなく地滑りの被害も生じる。2020年の10月には、大規模な地滑りがベトナム陸軍のキャンプを襲い、22名もの兵士がなくなる被害が発生している(図表5.1.5.j)。

図表 5.1.5.j 季節性モンスーンや台風による地滑り被害の様子



https://www.dw.com/en/vietnam-devastating-landslides-hit-army-camp/a-55314564

https://www.arabnews.com/node/1750571/world

地滑りに関しても、洪水と同様に地上に傾斜計などのセンサを設置しておき、発災前から地滑りの兆候をモニタリングするとともに、発災時の地滑り個所の情報を IoT 衛星で収集することが有効である。また、SAR 衛星を用いることで地滑り直後の天候が十分に回復する前に、被害状況を広域で把握することが可能である(図表 5.1.5.k)。さらに、天候回復後に光学衛星の画像を利用すれば、より詳細な被害状況を確認することができ、迅速な災害対策に活用できるものと期待される。

地滑り発生前~発生時

IoT衛星
(3U or 6U)

地上設置センサの
出力を常時監視

地上設置センサの
出力を常時監視

地別発生個所について、SARの後方散乱強度画像と
光学画像の比較

図表 5.1.5.k 地滑りへの利用事例

https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/760

# (6)海洋~IUU(Illegal, Unreported and Unregulated)操業

ベトナムは、インドシナ半島の東海岸に位置し、南シナ海に面した南北に長い海岸線を持つ海洋国家である。水産物の輸出量は世界第3位であり、海洋資源はベトナムの重要な資源の1つである。一方で、南シナ海に面する国々がこの海域における自国の領有権を主張し、漁業や資源開発などの活動を行うことが国際的な問題となっている(図表 5.1.5.1)。そのため、ベトナムが主張する領海内における、他国の違法操業を監視、摘発することが重要な課題の1つとなっている。

FISHERY AND ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT ENFORCEMENT ZONES

Myanmar
(Burma)

Laos

Vietnam
Outrosts
Vertum
Philippines
Philippines
Malaysia
Talwan
AREA OF RESPONSIBILITY
Vertum
Philippines
Malaysia
Talwan
Branel
Bran

図表 5.1.5. | 各国が主張する南シナ海における領有権

https://www.csis.org/analysis/blueprint-fisheries-management-environmental-cooperation-south-china-sea

SAR 衛星は、衛星本体からレーダを照射し、対象から反射されるレーダの後方散乱強度を観測している。海面のようにフラットな対象では、照射したレーダが反射されないため画像は暗くなるが、海面に船舶などがある場合、船舶からの後方散乱を観測するため明るい点として画像上に表示される。また、ある程度の大きさの船舶は、船舶自動識別装置(Automatic Identification System: AIS)の搭載が義務付けられており、AIS の信号を捉えることで船舶の位置を特定することができる。そこで、AIS の信号を小型の通信衛星で受信し、これを SAR 画像で検出した船舶の位置情報と比較することで、AIS を搭載していない違法と思われる船舶を特定する技術が確立されている(図表 5.1.5.m)。また、最近では AIS の機能を強化したVDES(VHF Data Exchange System)の規格整備が行われており、これを受信するための衛星も検討されている。さらに、違法船舶発見時の即時対応が課題であった衛星 AIS を補完するものとして、航続距離が50kmを超えるような固定翼の UAV を違法船舶の監視に利用する方法も提案されており、これらの技術を活用することでベトナムの海洋の安全保障に貢献できると期待される。



図表 5.1.5.m IUU への利用事例

#### (7)海洋~海洋監視

前節で述べた通り、ベトナムが領海を主張する南シナ海では、他国が漁業や資源採掘などの活動を行っており、これを監視、摘発することがベトナムの重要な課題の1つとなっている。一方で、南シナ海は広大であるため、船舶や航空機を用いた監視には限界があり、違法活動の現場に遭遇した際には危険を伴うな

どの問題もある。衛星観測では、現場に行くことなく、広大な範囲を観測することができるため、ベトナムが主張する領海内での違法活動を監視する技術として利用が期待されている(図表 5.1.5.n)。

図表 5.1.5.n 南シナ海における領有権争いや資源開発の様子

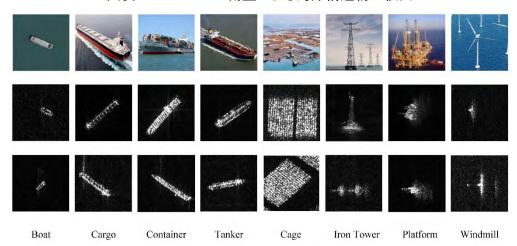


https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2020/07/post-94079.php

https://www.viet-jo.com/news/politics/140716042113-pic1.html

図表 5.1.5.o は、様々な対象からの後方散乱を SAR 衛星でとらえた画像を示している。後方散乱のパターンは観測対象によって異なり、これを学習することによって海洋上の人工構造物の種類を特定することが可能である。このような技術を活用することで、ベトナムの海洋の安全保障に貢献できると期待される。

図表 5.1.5.o SAR 衛星による海洋構造物の検出



https://www.mdpi.com/2072-4292/10/12/2043/htm

## (8)オイル流出

船舶の海難事故等によって海上で流出した油は、放っておくと拡散して海面を覆っていくため、最終的には広範囲の海域が油で汚染される。油によって汚染された海域や沿岸部では、そこに生息する海洋生物の生態系に深刻なダメージを与えるだけでなく、周辺で生活する人間の健康や産業にも深刻な影響を及ぼす(図表 5.1.5.p)。そのため、いち早く油の流出範囲を特定し、オイルフェンスなどの対策をとることが出来れば、被害を最小限に食い止めることができると期待される。

図表 5.1.5.p 海に流出したオイルの様子

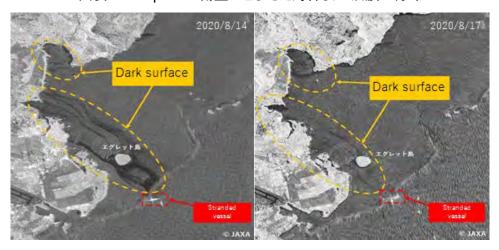


Fig. 1. An oil spill accident in Quy Nhon, Vietnam Fig. 2. Oil spill from shipwreck

https://www.semanticscholar.org/paper/The-Oil-Spill-Incident-in-Vietnam-Phuoc-Nguyen/960dbfd32f5b311288544a19fe7c2e24b2b1bc35

SAR 衛星の画像は、滑らかな表面ではセンサから照射されたレーダの大部分が前方散乱されるため暗い画像となり、粗い表面ほど明るい画像となる。そのため、海面上に油膜ができると、油膜部分が周りの海面と比較して暗い画像となって表れる。図表 5.1.5.q は、2020 年 7 月 26 日、モーリシャス共和国の沿岸に座礁した貨物船から流出した油を、日本の SAR 衛星である ALOS-2(L-Band)で観測した結果である。8 月 14 日に取得した画像では、広範囲に油膜が確認できるが、3 日後の 17 日には、その範囲が縮小していることが確認できる。本技術は、海難事故による油の流出をモニタリングできるだけでなく、海底からの自然滲出による油徴を捉えることも可能で、資源探査にも応用できる技術である。

図表 5.1.5.q SAR 衛星でとらえた海綿状の油膜の分布



https://www.eorc.jaxa.jp/earthview/2020/tp200828.html

#### (9)環境~水質

ベトナム南部の数百万人の飲料水貯水池である Tri An は、有害なシアノバクテリアブルーム(HCB)の影響を受けており、公衆衛生への懸念が高まっている。これらの毒素は、水生生物の死亡率の上昇や病気の原因となるだけでなく、人間への健康上のリスクもある。図表 5.1.5.r は、2016 年に確認されたシアノバ

クテリアの大発生と(a~c)、Tri An 貯水池のブルームのない状況での池面の様子(d)を示している。光学衛星の画像から植生指標を計算し、HCB を検出することができれば、水質に関する早期警報予報を出すことが可能になる。

図表 5.1.5.r 2016 年の(a)6月、(b)9月、(c)11月に Tri An 貯水池で確認されたシアノバクテリアと(d) ブルームのない状況での池面の様子。



https://doi.org/10.1007/s11356-019-07519-3

シアノバクテリアブルームは、ベトナムの雨季に多く発生するため、雲が多いことがモニタリングの障害となっている。光学衛星コンステレーションによって観測頻度を高めることができれば、雲の隙間の画像をつなぎ合わせて水面に発生するシアノバクテリアの分布をモニタリングすることが可能となり、環境への水資源の影響を把握することができる(図表 5.1.5.s)。

Senior 2 (2000) 100 (2000) 2 (2000) 2 (2000) 100 (2000)

図表 5.1.5.s Sentinel-2 による Tri An 貯水池の観測例

## (10)都市~インフラ

ホーチミン市とメコンデルタ地方では、長年にわたる地下水の過剰採取により、多くの場所で地盤沈下が進行している。ベトナムの資源環境省水源管理局は、2014年から2017年にかけてホーチミン市とメコンデルタ地方の339か所で地盤の観測を行った結果、2005年と比べて90%にあたる306か所において地盤沈下が確認されたと報告している。中でもホーチミン市ビンタン区アンラック街区では81.4cm、メコンデルタ地方バクリエウ省バクリエウ町では62.2cmの地盤沈下が確認され、建物が破損するなどの深刻な被害を及ぼしている(図表5.1.5.t)。衛星画像を用いて地盤沈下をモニタリングすることが出来れば、現地調査に

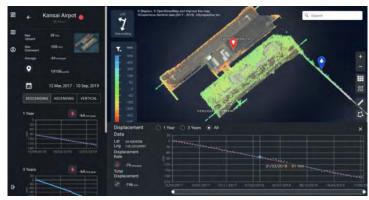
伴うコストの削減が期待できるだけでなく、適切なタイミングで構造物のメンテナンスを行うことが可能となり、 構造物の損壊を未然に防ぐことが出来る。



図表 5.1.5.t 地盤沈下による建造物の損壊の様子

https://www.viet-jo.com/news/social/190618185948-pic1.html

日本の民間企業が提供する Land Displacement Monitoring(LDM)ソリューションでは、干渉 SAR の技術を用いて広域な地表面の変動量をミリメートル単位で検出し、時系列で表示することができる(図表5.1.5.u)。ユーザは、ソフトウェアをインストールせずにプラットフォームにアクセスし、見たいエリアを指定するだけで解析結果を WEB 上で確認することが出来る。ベトナムも、自国の衛星データプラットフォームであるベトナムデータキューブを有しており、SAR 衛星データと連携することで同様のソリューションを展開することが期待できる。



図表 5.1.5.u LDM のユーザインターフェイス

https://synspective.com/jp/press-release/2020/land-displacement-monitoring-2/

ベトナム側の利用ニーズに対して、我が国が提供できる衛星コンステレーションの技術で対応可能なものについて、既存の衛星データを用いた利用事例を整理したので以下で詳述する。

# 5.2. 全球測位衛星システム (GNSS) の利活用の現状と課題調査

# 5.2.1. 「宇宙科学技術の開発利用戦略」(169/QĐ-TTg) における GNSS の位置づけ

ベトナムは「宇宙科学技術の開発利用戦略」のなかで"独自の測位能力構築・GNSS 依存度低下"を謳い、GNSS を最重要技術の一つとした。GNSS は自動車、航空機、船舶、カーナビ、携帯電話、農業から土木

建築、さらに精密時刻は通信や電力制御にまで使われ、日常生活に不可欠なインフラとなっている。ベトナムにおいても後述するように GNSS への利用は広がっており、特にトラックや漁船などへのロケーショントラッカー搭載義務化などここ2年間のうちに相次ぎ、政策に取り込んでいるのが特徴的である。GNSS 依存が高まる一方、広義の安全保障(クリティカルな社会インフラを守る)への重大な懸念が生ずるが一般である。最近では韓国・パキスタンが独自のリージョナル衛星測位システム構築計画を打ち出しているのはこのような懸念が背景にある。ただし、リージョナルとはいえ数千億円規模の国家予算を必要とすることから実現まで容易な道ではないと推察される。

クリティカルな社会インフラとしての衛星測位システムに必要な要件として、

- 1) 測位サービスの保証、
- 2)サービスアベイラビリリティ(可用性)、精度、インテグリティ、
- 3) ジャミング(電波妨害) やスプーフィング(電波攻撃によるデータ改竄) に対する耐性、

が挙げられる。ベトナムは米・ロ・中・欧・印・日のすべてのコンステレーションによる測位サービスを享受できる世界的にも特異な恵まれた環境にあり、また、各国とも競って性能向上に取り組んでいることから1)2)については利用側における適切な受信機選択・システム構築により担保できるものと考えられる。リスクが大きいのはジャミング・スプーフィングによるクリティカルインフラの誤動作あるいは停止といえる。スプーフィングについては欧州ガリレオ・日本みちびきが測位信号に認証機能を付加することを計画しており2020年代半ばには運用に入る計画である。また、国際的な規格となっている SBAS(Space Based Augmentation System)にも認証機能を付加することが検討されている。既存の GNSSでは車や UAV、船舶などオートノミーでの利用に限界があるとして民間による低軌道衛星群を用いた認証機能付きサービスも開発途上にあり、こちらも2020年代半ばにはサービス開始を目指している。ジャミングについては衛星インフラ側よりも地上側の防止対策となる。ジャミングを検知し特定方向のゲインを下げて回避するアンテナなどが市販され始めている。比較的高価とはなるがリスクアセスメントを行い、クリティカルな社会インフラについてはこれらを利用して守ることが適切である。

地上側のインフラや利用システムを適切に構築することにより特定の GNSS への依存度を低下させること、ジャミングやスプーフィングなどの脅威からインフラや利用システムを守ることができる。このためには衛星測位の専門的な技術能力を培い、世界の GNSS 動向、最新の GNSS 利用技術を絶えず把握して利用システムに取り込んでいくことが肝要である。最先端の衛星に関する技術能力を必要とすることからベトナム宇宙機関がこの役割を担うのが適切である。後述する衛星測位に関するキャパシティビルディングに向けた"超小型衛星バスを用いた測位実験衛星開発"はそのための効果的な方策の一つと考えられる。

#### 5.2.2. ベトナムにおける GNSS 利用の現状

ここ数年に GNSS 利用に関して数多くの政府決定がなされている。違法漁船取り締まりのためにロケーショントラッカー搭載を義務づけ、2020年4月には 15-24mサイズの小型船までを対象とした。また、ステートバンクの現金輸送車にロケーショントラッカー搭載を義務付けた。自動車運転の訓練・免許の授与に関して技術規制を行っている。商用車のモニタリングは百万台に及んでいる。スクールバス、銀行の現金輸送車、ロジスティクス(輸送)、カーシェアリングなどを目的としたロケーションサービスも普及しつつある。RTKを用いた高精度測位は測量や UAV に用いられている。Dr. La The Vinh は今後、GNSS の精度向上によ

り、さらに多くの分野での利用がフィージブルとなるとし、具体的事例として UAV、宇宙天気、農業、スマートシティを挙げている。

## 5.2.3. 電子基準点網の整備と高精度測位サービスの利用展開

ベトナムの電子基準点(CORS、Continuously Operating Reference Station)は測地用途24点、RTK 高精度測位サービスの基準点用途として 41 点、計 65 点、整備されている。ベースラインは 60kmである。ネットワーク RTK(NRTK)、シングルベース RTK として利用 されており NRTK の精度は 3-7cm としている。これらの VNGEONET データは現在、無償で民間に提供され、1200 の機関が利用登録している。現在は地籍、ビル建築、地形図の作成等に用いているが将来的には UAV、ドローン、IT 農業、自動運転、i-Construction へ利用展開を目指している。ベトナムの陸域、島嶼をすべてカバーすべく 80-100 の基準点増設を計画しているが一方で他の機関の基準点とも接続、サービスプロバイダーも民間に委ね、有償とすることも視野に入れている。

# 5.2.4. QZSS 高精度測位サービスによる社会課題解決事例

2024 年から「みちびき」より配信される高精度測位サービス MADOCA については、2010 年に打ち上げられた「みちびき」初号機から試験配信されている。同年に国連 ICG のエンドースを受けてスタートしたプロジェクト Multi-GNSS Asia<sup>407</sup>においてはアジア太平洋地域各国でカンファレンスを行い、マルチ GNSS の利用促進を行うととともに MADOCA を用いた精密測位による IT 農業、IT 施工などの実証実験を促し、実証成果を共有してきた。2013 年にはベトナム・ハノイで開催されている。「みちびき」による MADOCA 試験配信は 2018 年の実用サービス開始後も継続され、内閣府「みちびきを利用した実証実験」においてMADOCA を利用している。(図表 5.2.4.a)

\_

<sup>407</sup> http://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2021/ICG15/PF24/pf24-02.pdf f

#### 図表 5.2.4.a みちびき MADOCA を利用した実証実験

#### 年度

#### みちびきMADOCAを利用した内閣府実証実験

自動運航船システムの実現に向けた「みちびき測位補強サービス」活用による洋上で の高精度衛星測位の実証実験

#### -川崎重工業株式会社

2018 【概要】SLAS、MADOCA対応受信機に対して、以下の2項目を実証実験として実施する。 ①洋上での測位実験-東京海洋大殿練習船(汐路丸)に搭載したSLAS、MADOCA対応受信機が東京湾洋上で出

② 注上でいるによる形である。 力する測位データの測位精度を検証する
② 洋上測位データ内容のオフライン分析-SLAS、MADOCA対応受信機が出力する測位データの内容を、オープンソース測位ソフト(RTKLIB)を利用してオフライン検証し、受信機内部処理を分析する



# 'みちびき' のCM級補強サービス(MADOCA)の海外測量適用実証実験

-国際航業株式会社

【概要】MADOCA-PPPを用いた高精度測量事業の海外展開を図るため、本測位法による国内実証試験およびインドネシア国(以下、尼国)における海外実証試験を実施した。結果、みちびき利用(L6E受信)によるMADOCA - PPPの単独測位成果およびRTKLIBによる成果と電子基準点データによる補正成果に一定の精度を得た。これにより、電子基準点網が疎である尼国での高精度測量事業においてみちびき活用の道筋をつけることができた。



#### MADOCAを活用したアフォーダブルなドローン観測サービス構築実証実験 -株式会社マイクロネットワークテクノロジーズ(現ファンリード)

2019 【概要】従来の民生用ドローン観測データ位置精度には数mオーダーの誤差が生じ、観測目的とは別の個体を誤 観測する恐れがあった。位置精度向上にはGCP設置・測位の補正作業が必須で観測サービスのコスト増要因と なっていた。本課題に対し、MADOCA対応受信機を搭載したドローン観測システムの有効性を確認した。国内実 験で目標とした10cmオーダーの観測データ位置精度を確認し、海外実験においても同精度の再現性を確認する ことが出来た。



#### MADOCA PPP高精度位置情報を使ったマイクロE V 自動運転の実証実験 - 東海クラリオン株式会社

【概要】マイクロEVへの実装及び自動運転走行中の測位・挙動データの精度検証:テストコースにおいて、MADOCA PPPと同時にRTK測位をおこない、RTK測位を測位基準としてMADOCA PPP精度を標準偏差にて検証。さらに、高 精度な基盤地理空間データが利用可能な場所(タイGISTDA SKP)で、基盤地理空間データとの比較を検証。自 動走行と精度安定性を考慮した5Hz測位でMADOCA PPP自動走行での有効性が確認できた。



https://qzss.go.jp/overview/information/applidemo\_191024.html

また、農業分野における事例について整理すると、上述の内閣府の事例の他、2016 年度に総務省によって行われたものを示す。

# (1)ドローン/MADOCA を活用したアフォーダブルなドローン観測サービス構築実証実験 408

病虫害対策としてファンリードはドローンによるハイパースペクトルカメラによる撮像を行いっている。同一の樹木を継続的に観測し病虫害の進行をモニタする必要があるが、そのためには 50cm の位置精度を持って撮像することが求められ、従来の GPS では不可能であった。実証はマレーシアの何ら目印のないような広大なオイルパーム林において行われ MADOCA を用いることにより同一樹木の観測が可能であることを実証した。

#### (2)スマート農業/オーストラリアでの農業機械自動運転実証

日立は効率的な農作業の実現に資することを目的にオーストラリアで MADOCA 方式に対応した GNSS 受信機をトラクタに搭載して自動運転の実証を行った。2016年度に総務省より受託し実施したものである。実証実験では、整地、畝作り、水まき、施肥の各工程を自動運転のトラクタで実施し、最大 80%程度の作業を自動化できるとの見通しを得た。自動運転ならば人手による作業とは異なり夜間に作業を行うことも可能であるため、作業期間の短縮といった効果も期待できる、としている。確認された測位精度は、水平方向で 7.5 cm(RMS): Root Mean Square)、垂直方向で 8.7 cm(RMS)となっている。

\_

<sup>408</sup> https://gzss.go.jp/ex-demo/isos7j000000mttl-att/applidemo19\_funlead.pdf

#### 6. 社会課題解決のための衛星システム及びコンステレーション

ベトナムは世界でも有数な災害国の一つであり、特に洪水、台風、浸水などの雨に関わる自然災害の危険度が高い国である。また、北部は亜熱帯性気候、南部は熱帯モンスーン気候と、一年を通じて被雲率の高い期間が長いことから、天候に左右されず観測を行える合成開ロレーダ(SAR)はベトナムの幅広いニーズに最も応えることができるミッションである。また、SAR は違法漁業などの海洋状況のモニタに適し、且つインタフェロメトリと呼ばれる SAR 固有の解析手法によって地盤変動の状況を高精度に検出することが可能であることから、ベトナムの国情に最も適合するセンサと言える。

一方、SAR は可視的な判読が難しく、ベトナムにおいてはそのデータ利用技術は発展途上と考えられることから、特に農業向け利用などを考えた場合には SAR を補完するものとして可視的な判読が容易なマルチスペクトル光学センサを併用することが有効である。特に、ベトナムの現行の光学衛星 VNREDsat-1は打上げから 7 年以上が経過し、すでに軌道上寿命を迎えていると考えられることから、データ継続性の観点からも後継機の導入を推進すべきである。その提案の際には、前号機からの性能改善・向上(観測幅等)をポイントに据えた訴求を行うことが重要である。

地球観測以外にも、小型衛星の利活用が有効となる分野がある。国土が南北に細長く広がるベトナムにおいては、都市化が一部の領域に留まり、未開の土地も多い。災害時などにおいてはこれら地域の状況把握がクリティカルとなるが、地上通信網が十分ではなく、現時点においては情報収集に困難をきたしている状況である。地上通信網などのインフラ導入は極めて高コストとなることから、これらに代わる情報収集手段として、比較的低コストで導入可能な超小型の通信衛星の利活用を勧めることは有効と考えられる。また、ベトナムは海岸線が長く沿岸管理にも課題を抱えていることから、これら海洋状況の把握の観点からも通信衛星の活用は有効である。

我が国には、低軌道高度に配置した 3U/6U クラスの超小型衛星コンステレーションによって通信ミッションを簡便に行うことができる技術を有する新興の民間事業者が出現している。これら 3U/6U クラスの超小型衛星は、実用ミッションに耐えうるのみならず、先方国に対する技術移転(Technology Transfer)とのパッケージ提案を行うことで、先方の魅力を更に引き付けるものになると考えられる。更に我が国にとっては、スタートアップ事業者の実績の積み重ねにもつながることから、これらの超小型通信衛星技術の導入提案は双方にとって意義深いものになると考えらえる。

以下、ベトナムの課題解決に資すると考えられる 3U/6U 級の超小型通信衛星システム(IoT センサ及び VDES)及び 100kg 級の小型地球観測衛星システムに関するベトナムへの提案内容の検討を示す。また、衛星システムの具体的な提案に加え、各衛星を用いてどのようなコンステレーションを構築するか、衛星軌道等の観点から複数のオプション検討を示す。

#### 6.1. 3U/6U級 超小型通信衛星システムの提案

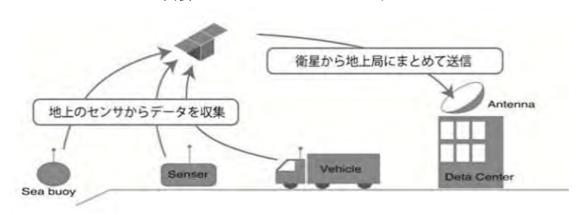
本項では、3U/6U 級の超小型衛星で実現可能な通信衛星システムについて検討した結果を示す。通信の目的としては、地上に設置した IoT センサの情報収集と、船舶検知の 2 ケースを考慮した。

## 6.1.1. 3U/6U級 IoT センサ衛星システムの提案

ネットワークに接続して検出した情報を収集・管理できるものを IoT(Internet of Things)センサと呼ぶ(参照:https://www.astina.co/media/iot/post-1974)。IoT センサは、設置対象物の加速度、傾き、光、画像イメージ、音、圧力、距離などの様々な情報を検出でき、かつ非常に小型・安価に製作・設置することが可能なものであり、これらを地上の各所に設置することで、例えば災害などの非常時に各所の状況をインターネット経由で簡便に把握することが可能になる。

通常、これらの IoT センサはインターネットを経由して接続するものであるが、地域によっては地上通信回線網の普及が十分でなく、IoT センサを設置しても有効な情報収集を行えない地域がある。特に、これらは東南アジア等をはじめとする開発途上国に多く見られる課題である。

このような課題に対しては、東京大学が保有する「Store & Forward(ストアー・アンド・フォワード)」と呼ばれる衛星通信技術を用いることが効果的である。Store & Forward は、海や地上に置かれた小型の送信機から低高度で地球を周回する衛星群に向かって付属センサ等で取得したデータの送信を行い、衛星が送信機から送られるデータを逐次収集していくシステムであり、インターネットや携帯電話の電波が無い地域でもデータ取得が可能になる革新的な技術である。Store & Forward のイメージを図表 6.1.1.a に示す。



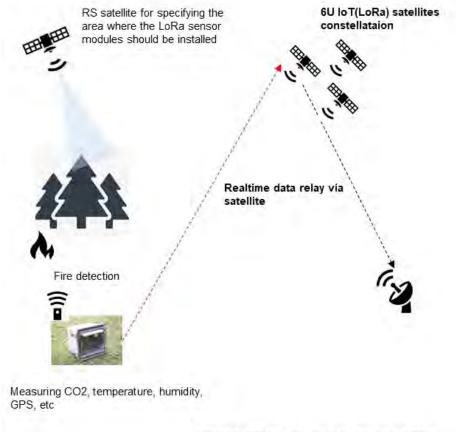
図表 6.1.1.a Store & Forward のイメージ

(参照: https://s4d.csis.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/CSIS-S4D-4thSymposium\_7.pdf)

これら IoT センサ及び Store & Forward を併用することで、地盤変動の状況や河川の水位などの定期的なモニタが可能になることから、洪水および地滑りなどの災害が頻発し、その状況把握に高いニーズがあるベトナムにおいては、これらの技術は最適なソリューションとなる。本通信インフラをベトナムに整備することで、ベトナムの国情に合わせたラストワンマイルのソリューションサービスが提供可能になる。

ユースケースの例として、森林火災検知に本 IoT 衛星システムを適用した場合のシステム概念図を図表 6.1.1.b に示す。インターネット環境がない森林区域に CO2 等の環境データを収集する地上センサ&衛星 用送信機を複数設置し、森林火災発生時に収集した観測データを自動的に衛星経由で通信することで、災害発生時の早期状況把握に貢献することが可能になる。IoT センサとの無線送受信の通信方式として「LoRa」と呼ばれる省電力で広いエリアをカバー可能な無線通信規格を採用することで、小電力で通信遅延が少なく災害時の即応ニーズに対応できる。更に、超小型衛星コンステレーションを活用することで、リアルタイム性の向上及び有事に備えた冗長性が確保できる。また、地上システムについても低コスト且つ簡易なもので対応可能とのメリットもある。

図表 6.1.1.b ベトナムに提案する IoT 衛星システム(森林火災検知の例)



Copyright© 2022 ArkEdge Space Inc. All rights Reserved.

本システムは、本邦企業が海外宇宙機関及び現地民間企業と協力して LoRa を使った地上データの衛星通信に関する共同運用実証(図表 6.1.1.c 参照)を行っており、現地収集データの衛星通信、地上受信に成功するなどの実証成果を上げている。今後は、立ち入り困難な火山地域や被災地でのメタンガス計測など、社会課題解決に向けた実装を計画中である。

Other country

Data uplink

Data downlink

Japan

Grand transmitters with sensor collecting environmental data

Remote operation

Data download

TXCount256 TX\_GPStime C02(ppm) Temp(0) Humidity(%)

27 20 104705 371 27 53

図表 6.1.1.c ArkEdge Space 社による IoT 衛星システムの実証実験

Measured mission data transmitted via satellite

Copyright© 2022 ArkEdge Space Inc. All rights Reserved.

IoT センサからの送信信号の収集は、電力や熱等の観点で衛星システム側に多くのリソースを必要としないことから、3U/6U 級の非常に小型の衛星でも実現可能である。ベトナムに提案する IoT 衛星システムの送受信回線にかかる仕様案を図表 6.1.1.d に示す。

図表 6.1.1.d IoT 衛星システムの送受信回線仕様案

Subject	Uplink	Downlink
Frequency band	920-923MHz	S-band (2.2GHz)
Power	Transmitter power 25mW	Transmitter power 30W
Data volume	30 Byte/Packet	-

Ref: LoRa frequency in Vietnam after Dec.2020. https://www.facebook.com/1052055791501641/photos/pcb.5074918865881960/507491838254 8675/7/breg-3&theater

## 6.1.2. 3U/6U級 VDES 衛星システムの提案

IoT センサ情報の収集と同じく、3U/6U 相当の非常に小型の衛星システムによって地上の状況をモニタ ができるシステムとして、AIS(Automatic Identification System)がある。AIS は船舶自動識別装置と呼び、 船名、航路、位置、速力などの船舶情報を発信する無線機器である。専用の受信機によってこの情報を受 信すれば、電子マップ上でリアルタイムに航行する船舶の情報を見ることができる。(参照: https://www.ship4everyone.com/archives/1767)

基本的に、AIS は専用の受信機を陸上(沿岸部)に設置し、船舶からの AIS 信号を受信してデータを取得 しているが、陸上局では AIS 信号を受信できるカバーエリアがだいたい 20~30 海里(約 37~55km)の範 囲で限定されるため、近年では人工衛星に AIS 受信機を搭載し、陸上から検知できない船を宇宙から検知 する仕組みが開発されている(図表 6.1.2.a 参照)。AIS は、特に違法漁船等の監視に大きな効果を発揮す る技術であり、違法漁業の社会課題を抱えるベトナムにとっては、好ましいソリューションと言える。



図表 6.1.2.a 衛星 AIS のイメージ

(参照:https://www.ship4everyone.com/archives/1767)

この AIS の次世代技術として着目されているのが VDES(VHF Data Exchange System)である。VDES は VHF データ交換システムと呼ばれる海上 VHF 帯 (156.025-162.025 MHz)を活用したデータ通信シス テムで、AIS に加え、簡易メッセージ、航路情報、港湾情報、海上安全情報(MSI)、捜索救助(SAR)などの 各種関連情報を、船舶対船舶、船舶対海岸局及び船舶対人工衛星間で交換することが可能な技術である。 (参照:https://j-nav.org/navsys/abst2021s/handout\_miyadera.pdf)衛星 VDES 通信は、AISと比べ約32 倍帯域をもち(データ取得率向上)、双方向通信や広域通信(約 2000km)が可能になるとの特徴がある。

この VDES 衛星通信と地上通信網を組み合わせた海洋通信プラットフォームを構築することで広範囲の 海域情報の取得が可能になり、安全保障レベルと商用利用レベルの両ニーズへ対応した海のデジタル化 へ貢献することができる。また、超小型衛星コンステの活用によって即応性・抗たん性が確保となる(特に 安全保障ニーズ)。ユースケースとしては以下のようなものが挙げられる。

(安全保障ニーズ)

(商業利用ニーズ)

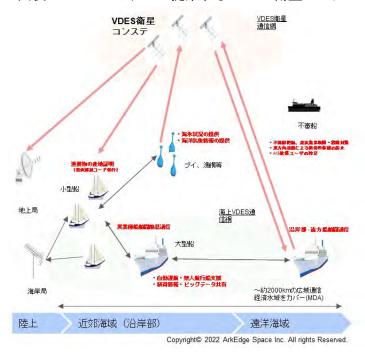
•不審船把握、違法漁業取締

・広域の海域情報(海氷等)取得

- •異業種船舶間通信、偶発的拿捕防止
- •漁獲情報取得、産地証明
- ・積荷情報、気象情報(ビッグデータ)共有
- •無人運航船支援

133

ベトナムに提案する VDES 衛星システムのイメージ図を図表 6.1.2.b に示す。



図表 6.1.2.b ベトナムに提案する VDES 衛星システム

これら VDES は、IoT センサの情報収集と基本的に同種の衛星通信技術であり、3U/6U 相当の小規模な衛星システムでも実現可能である。これらの低軌道周回衛星による通信ネットワークは、衛星・地上の両側の通信機器の小型化・小電力化が可能となることが大きなメリットである。VDES 衛星システムの送受信回線にかかる仕様案を図表 6.1.2.c に示す。

図表 6.1.2.c VDES 衛星システムの送受信回線仕様案

Uplink	Downlink
162MHz	S-band (2.2GHz)
Transmitter power 25W/12.5W	Transmitter power 30W
Up to 300kbps	-
	162MHz Transmitter power 25W/12.5W

前述の通り、IoT センサ、VDES ともに 3U/6U クラスの小規模な衛星システムによるコンステレーションによって構築が可能なことから、ベトナムに対する有効且つ実用的なソリューションサービスの提供に留まらず、ベトナムの産業に対する本邦宇宙技術の移転も含めたパッケージ提案が可能になることも本提案の優れている点である。

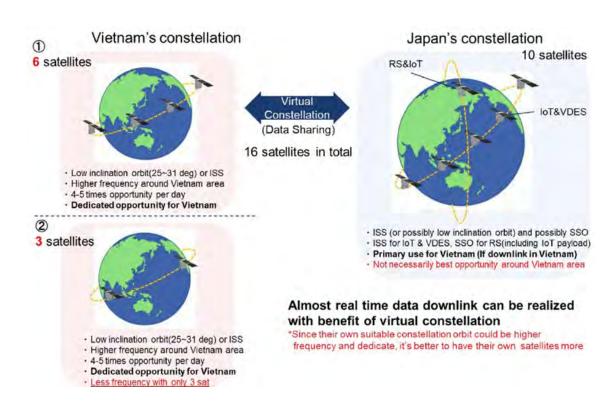
# 6.1.3. 超小型通信衛星コンステレーションの提案

本項では、ベトナムに提案する IoT 衛星及び VDES 衛星のコンステレーションの案を示す。

ベトナムが導入する通信衛星のコンステレーションとしては、6機を保有するケースと3機を保有するケースが考えられる。ベトナムにおける IoT センサや VDES のユースケースを考慮すると、ベトナム国内か、その周辺海域のモニタに限定すると考えられることから、衛星軌道としては低傾斜角として再訪周期をできる限り上げることが有効である。これによって、6機保有時は日に 4~5回程度(注: ArkEdge Space 社資料による)のモニタが可能になる。保有機数が3機となる場合は再訪頻度が低下する。

また、ベトナムが保有する通信衛星コンステレーションに加え、我が国が構築する予定の同種の通信衛星コンステレーションと相互利用を図ることで、更なる利便性の向上が期待できる。我が国の民間企業は、今後 IoT・VDES 衛星のコンステレーションを独自に打上げる計画を有しており、これら両国の衛星のデータを相互に融通し合うことで、コンステレーションの機数が実行上増えた「仮想的コンステレーション(Virtual Constellation)」の構築が可能になる。図表 6.1.3.a に示す通り、仮に我が国民間企業が 10 機のコンステレーションを構築しベトナムが 6 機の衛星を保有したとすると、合計 16 機を保有したのと同等の効果を得ることが可能になる。更に、我が国民間衛星のデータをベトナムにダウンリンクの権限を与える代わりに我が国もベトナム衛星のデータを活用することができれば、ベトナムと我が国民間企業の双方にメリットが生まれる点も本提案が優れているポイントである。

図表 6.1.3.a ベトナムに提案する 3U/6U 級 超小型通信コンステレーションの提案

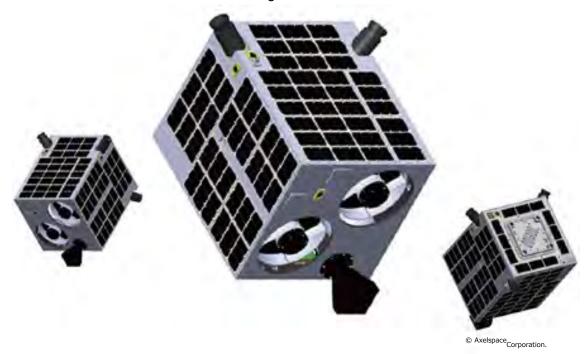


# 6.2. 100kg 級 小型地球観測衛星システムの提案

本項では、100級の小型衛星で実現可能な地球観測衛星システムについて検討した結果を示す。地球観測センサの提案の対象としては、光学センサと合成開ロレーダ (Synsthetic Aperture Rader: SAR) の 2ケースを考慮した。

# 6.2.1. 100kg 級 光学衛星システム

提案する 100kg 級光学衛星は、超小型でありながら最新の光学系・センサを用いた望遠鏡を搭載することで、パンクロマチックに加え多彩なスペクトルバンドを有するマルチスペクトルセンサの観測を実現するものである。その高精細なカラー画像は、農業、林業、水産業、地図作成、GIS、災害監視等、様々な用途に利用可能である。衛星の外形例を図表 6.2.1.a に、取得画像のイメージを図表 6.2.1.b に示す。



図表 6.2.1.a 100kg 級 小型光学衛星の外形例

図表 6.2.1.b 取得画像の例



© Axelspace Corporation.

提案する小型光学衛星システムの性能面の最大な特徴は、ベトナムが現在保有する光学衛星 VNREDSat-1 に相当する 2.5m という高い分解能性能を有するとともに、VNREDSat-1 の 3 倍以上に相当する 55km 以上の広範な観測幅性能を実現できる点である。提案する衛星システム仕様値(暫定)を図表 6.2.1.c に示す。ベトナム関係者からは、VNREDSat-1 の観測幅に関する性能不足を指摘する声が度々聞かれており、この弱点をカバーするシステムとしては最適なものと言える。

また、本衛星システムの製造メーカは、日本政府のプロジェクトや民間ビジネスで豊富な実績を有する信頼性の高い NewSpace 企業であり、ベトナムに対してはこの点も大きなアピールポイントになると考えられる。

提案する衛星システムは小型・軽量の特徴を生かし、複数機の軌道上配備を低コストで実現可能であり、 配備する機数に応じてベトナム全土の日々観測も実現可能である。

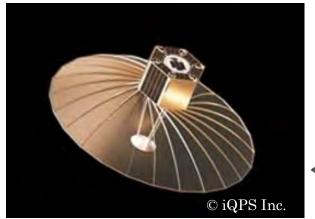
図表 6.2.1.c ベトナムに提案する 100kg 級光学衛星の仕様案(暫定)

項目	内容
センサタイプ	パンクロ+マルチ
スペクトラルバンド	Pan / RGB / Red Edge / Near Infrared
地上分解能 (直下)	2.5m(パンクロ)/5m(マルチ)
観測幅	55Km 以上
衛星重量	100kg 級
ミッションデータ伝送	Xバンド 200Mbps

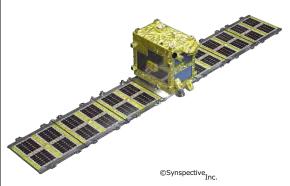
# 6.2.2. 100kg 級 SAR 衛星システム

我が国の NewSpace 産業は、光学センサだけでなく合成開口レーダ(SAR)についても、小型・軽量の 100kg 級観測衛星システムを提供する能力を有する。SAR は、光学と異なり夜間や雨天でも観測可能な

ため、雨が多く被雲期間が長いベトナムでは絶大な効果が期待できるセンサである。衛星の外形例を図表 6.2.2.a に、取得画像のイメージを図表 6.2.2.b に示す。

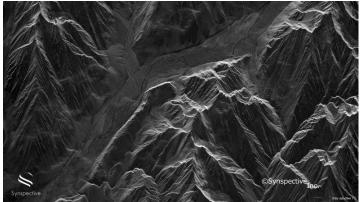






図表 6.2.2.b 取得画像の例





但し SAR については、経済産業省の輸出規制に該当する技術を含んでいることからその取り扱いには 慎重な検討が必要である。今回の提案では、基本的に SAR センサ等のハードウェアは輸出対象とはせず、 衛星システムの製造は我が国民間企業が実施し、衛星打上げも我が国の側が主導する形で行い(投入軌 道は両国間の調整による)、衛星の利用権を軌道上にてベトナム側に引き渡すことを想定している。これら の調整には、先方国、我が国の経済産業省、民間企業の間で緊密な調整を経ることを前提とする。

提案する小型 SAR 衛星の仕様案(サンプル)を図表 6.2.2.c に示す。先方に提供する衛星性能のうち、特に分解能については、場合によっては政府間協議を経たうえで決定することを想定する。

上記のような輸出管理上の制約はあるが、雨天が多く被雲期間の長いベトナムでは、光学衛星の利用価値が限定的となるため、このデメリットを補う SAR 衛星の組み合わせは、ベトナムへの提案上欠かせないアピールポイントとなることを考慮すべきである。

図表 6.2.2.c ベトナムに提案する 100kg 級 SAR 衛星の仕様案(サンプル)

項目	内容
センサタイプ	X バンド合成開口レーダ (SAR)
偏波	VV/HH
観測モード	ストリップマップ/スポットライト
地上分解能	1-3m (日越間の調整による)
観測幅	5km
衛星重量	100kg 級
ミッションデータ伝送	Xバンド 200Mbps
推進系	有り

## 6.2.3. 小型地球観測衛星コンステレーションの提案

本項では、ベトナムに提案する 100kg 級の小型光学衛星及び SAR 衛星のコンステレーションについて、衛星軌道の観点を含めたオプション提案の内容を示す。ベトナム側にて用立てが可能な費用を考慮して 6 ケースの案を図表 6.2.3.a~f に示す。

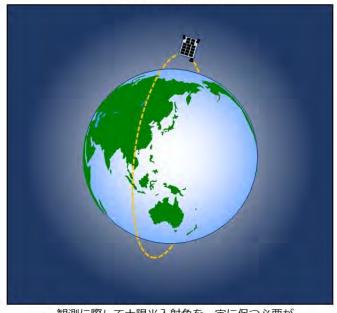
ベトナムが保有する衛星機数が1機の場合は、極軌道を取る場合(図表 6.2.3.a 参照)と、低傾斜角軌道を取る場合の(図表 6.2.3.b 参照)の2ケースが考えられる。極軌道は太陽同期軌道とも呼び、太陽方向と衛星軌道面の関係を一定に保つことができるため、観測に際して太陽光入射角を常に一定に保つ必要がある光学衛星を採用する場合に推奨する軌道である。この軌道は、適切な回帰日数を設定すれば、極地方も含めた全地球を隈なく観測することができることが特徴である。一方で、低傾斜角軌道は、低緯度地域の再訪頻度を上げたい場合に有効な軌道であり、例えば、ベトナム周辺の観測ニーズが極めて高い場合に推奨する軌道である。但し、本軌道では高緯度地域は観測できないことに留意が必要である。また、太陽方向と衛星軌道面の間の角度が変動するため光学衛星には適さない軌道であり、SAR 衛星を選択する場合に採用を推奨する。

複数機の衛星でコンステレーションを構成する場合も、前述の極軌道(図表 6.2.3.c 参照)と低傾斜角軌道(図表 6.2.3.d 参照)で構成することが考えられる。極軌道のみで構成する場合は、全地球の任意の地点の観測を高頻度で行うことが可能になる。なお、同一地点を毎日観測する場合は 3~5 機の保有が必要になる。一方で、低傾斜角軌道のみで構成する場合は、よりベトナム周辺の低緯度地域を高頻度で観測することが可能になる。高緯度地域の観測ニーズが全くない場合に特に推奨するオプションである。

高緯度地域も多くはないが多少観測ニーズがある場合は、極軌道と低傾斜角軌道を組み合わせることも有効である(図表 6.2.3.e 参照)。さらに、光学衛星と SAR 衛星を組み合わせると(図表 6.2.3.f 参照)、両センサのアドバンテージを生かした全地球高頻度観測システムを構築することが可能になる。

図表 6.2.3.a 小型地球観測コンステレーションオプション(単機、極軌道)

衛星機数:1機 衛星軌道:極軌道

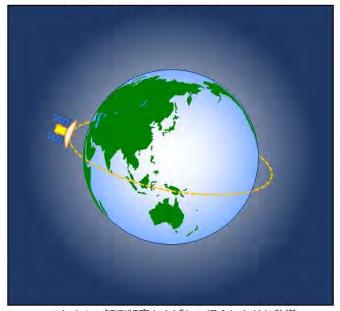


- 観測に際して太陽光入射角を一定に保つ必要が ある光学衛星を選択する場合に採用を推奨 - 全地球を観測できることがメリットの一つ

図表 6.2.3.b 小型地球観測コンステレーションオプション(単機、低傾斜角軌道)

衛星機数:1機

衛星軌道:低傾斜角軌道

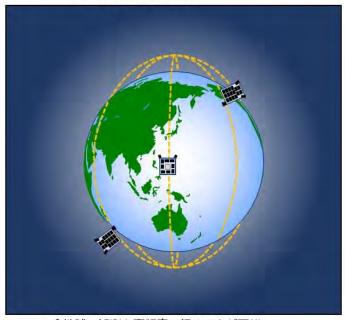


- ベトナムの観測頻度を上げたい場合に有効な軌道
- 高緯度地域は観測できないことに留意が必要
- SAR衛星を選択する場合に採用を推奨

図表 6.2.3.c 小型地球観測コンステレーションオプション(複数機、極軌道)

衛星機数:複数機(3~5機)

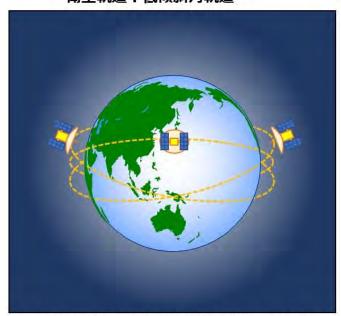
衛星軌道:極軌道



- 全地球の観測を高頻度で行うことが可能
- 日々観測を実現する場合は3~5機の保有が必要

図表 6.2.3.d 小型地球観測コンステレーションオプション(複数機、低傾斜角軌道)

衛星機数:複数機(3~5機) 衛星軌道:低傾斜角軌道



- ベトナム周辺の観測をより高頻度で行うことが可能高緯度地域の観測ニーズが無い場合に推奨のオプ ション

図表 6.2.3.e 小型地球観測コンステレーションオプション(複数機、軌道ミックス)

衛星機数:複数機(3~5機)

衛星軌道:極軌道・低傾斜角軌道のミックス



- 高緯度地域も多くはないが多少の観測ニーズ がある場合に推奨のオプション
- 全地球の観測を高頻度で行うことが可能

図表 6.2.3.f 小型地球観測コンステレーションオプション(センサ・軌道ミックス)

衛星機数:光学・SAR衛星のミックス(3~5機) 衛星軌道:極軌道・低傾斜角軌道のミックス



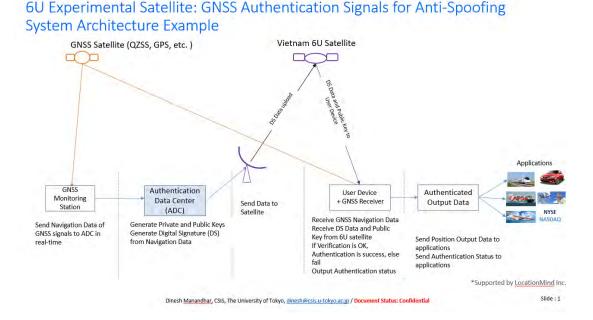
- 光学衛星とSAR衛星を組み合わせると、両センサ のアドバンテージを生かした全地球・高頻度観測 システムを構築することが可能

#### 6.3. 超小型実験衛星による測位信号の認証実験

GNSS 信号はオープンサービスとして仕様が公開されているため誰もが受信機を開発できる一方、偽の信号を作りユーザを攻撃することが可能である。スプーフィング(電波攻撃によるデータ改竄)は偽物の GNSS 信号を生成し放送することで、受信機に間違った位置・時刻情報を計算させる手段で、悪意を持つ攻撃者が UAV や船舶を誤誘導する場合もあれば、悪意に自己位置を改ざんするケースもある。受信機が位置情報を真正のものと認証してアプリ側に出力する技術は必須となりつつある。

GNSS 信号はそれぞれのプロバイダによりに世界中に設けられた監視局においてモニタされている。測位衛星の精密な軌道位置や搭載されている時計の精密時刻をチェックし、測位信号にフィードバックするのが目的である。このデータを用いて作成された認証データと受信機で受けた GNSS 信号を比較することにより、ユーザは GNSS 信号の信びょう性を判断できる。

提案する実験は認証データの配信に6U衛星を使うもので、ユーザは地上ネットワークの制約を受けずに認証できる。認証データは監視局からのデータをもとにデータセンターで作られ、電子署名を付けて 6U 衛星にアップリンクする。将来的には認証データのみならず、監視局から得られた測位衛星の精密な軌道位置や精密時刻を用いて高精度測位のための補強情報を載せていくことも可能であり、測位能力構築のための有効な実験と考えられる。



図表 6.3.a 超小型実験衛星による測位信号の認証実験

### 6.4. 既存設備の活用

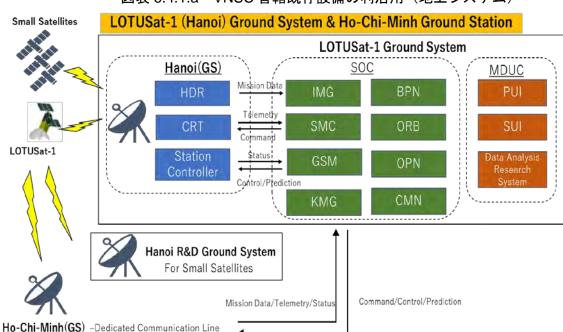
将来型衛星の導入にあたって、ベトナム宇宙センター(VNSC)管轄の既存の地上局を含む地上システム、および宇宙機の試験設備を利活用することが効果的である。

### 6.4.1. 既存地上システムの利活用

ベトナム VNSC 管轄の地上システムは以下である。

- O LOTUSat-1 地上システム (Hanoi, Hoa Lac Hi-Tech Park Space Center)
- O R&D 棟 地上システム(Hanoi, Hoa Lac Hi-Tech Park Space Center R&D 棟)
- 〇 ホーチミン地上局(Ho-Chi-Minh)

既存地上システムの利活用による全体像を図表 6.4.1.a に示す。



図表 6.4.1.a VNSC 管轄既存設備の利活用(地上システム)

#### (1)観測衛星用地上システム

① LOTUSat-1 地上システム

地上局(Ground Station)は、衛星側の送受信周波数に合わせてのチューニング程度で使用可能である。

運用管制設備(SOC: Satellite Operation Center)及びデータ利用設備(MDUC: Mission Data Utilization Center) の必な追加機能は以下の表に示す。新規導入の各衛星に対する個別の運用管制機能及びデータ処理機能を並列的に追加するだけでなく、全体の管制・処理機能を統合して管理する機能を追加する。 また、ホーチミン地上局とのアクセス管理機能を追加する。

### ② ホーチミン地上局

ホーチミン地上局も衛星側の送受信周波数に合わせてのチューニング程度で受信可能であり、RAW データを専用回線でLOTUSat-1 地上システムへ送信する。

### (2)超小型衛星地上システム

6.1.1.項の IoT/LoRa、6.1.2 項の Next AIS/VDES、6.3 項の実験小型衛星に関しては、専用の地上システムを新たに導入することを想定するが、HTTP(Hoa Lac Hi-Tech Park)宇宙センター内の R&D 棟に設置された R&D 棟 地上局(3.7m $\phi$ アンテナ)を活用し、衛星側の送受信周波数に合わせてのチューニング及び MODEM(変復調機)を衛星の変調方式に合わせることにより、送受信が可能となる。衛星管制及びデータ処理機能は新規導入の必要がある。

上記の追加機能の詳細を以下の図表 6.4.1.b 示す。

図表 6.4.1.b LOTUSat-1 地上システムデータ利用設備(SOC)への追加機能

四次 0.11.13 20 10 0 ct 1 7 1 2 7 7 7 1 7 1 7 1 7 1 1 1 1 1 1 1				
サブシステム	追加/改修項目			
GSM (Ground System Management)	<ol> <li>2 地上局への同時アクセス管理機能</li> <li>Ho-Chi-Minh 局へのアクセス機能</li> </ol>			
SMC (Satellite Management & Control)	① 複 数 局 へ の Command(Uplink)&Telemetry(Downlink) ② 各衛星用サーバの追加			
IMG (Image Processing)	<ul><li>① 各衛星同時受信データ用 L0 処理部</li><li>② 各衛星用 L1 処理部及びサーバ</li><li>③ 追加サーバへのミッションデータ配信機能</li></ul>			
BPN(Bus Operation Planning)	複数衛星用バス運用計画機能			
OPN (Observation Planning)	<ol> <li>複数衛星用観測計画機能</li> <li>各衛星用 OPN サーバ</li> </ol>			
ORB(Orbit Control)	各衛星用 ORB サーバ			
KMG (Key Management)	各衛星用 KMG(暗号管理)機能			
CMN (Data Archive Management)	データストレージの追加			

図表 6.4.1.c LOTUSat-1 地上システムデータ利用設備(MDUC)への追加機能

サブシステム	追加/改修項目			
PUI (Planning User Interface)	複数衛星への観測要求機能			
SUI (Search & Order User Interface)	複数衛星へのデータ検索機能			
Data Analysis Research System	<ol> <li>解析用ターミナルの追加</li> <li>追加ターミナル用画像解析 SW</li> </ol>			

図表 6.4.1.d ホーチミン地上局への追加機能

サブシステム	追加/改修項目
HDR (High Data Rate Processor)	データストレージの追加 (デパケタイズ後の Raw X-Band ミッションデータ用)
CRT(Command Ranging & Telemetry baseband system)	データストレージの追加 (デパケタイズ後の Raw S-Band データ用)
Station Controller	局運用情報用パラメータ定義追加

# 6.4.2. 既存組立試験設備の利活用

ベトナム VNSC 管轄の衛星組立試験設備を以下の図表 6.4.2.a に示す。200kg 級の衛星まで適用可能である。

図表 6.4.2.a VNSC 専用設備

項目	仕様	衛星クラス
熱真空チャンバー	TVC 4 m3 , 10-6 mbar, -175° C/+100° C 800X1200X800 (WxDxH) in mm	200kg class
質量特性装置	350kg	同上
振動試験機	ランダム加振力 (RMS): 4,000 kgf , 最大静止荷重: 500 kg(M437A), 最大荷重: 6500 kg(BT700M)	同上

図表 6.4.2.b R&D 棟設置設備(LOTUSat-1 事業による)

項目	仕様	衛星クラ ス
質量特性装置	350kg	200kg class
テンシルカ試験機	100 kN	同上
恒温槽	内径サイズ: 800 mmW x 900 mmH x 700 mmD , 温度レンジ: -75 to 180 deg. C.	同上
3次元計測機	測定レンジ; 800 mm (width) x 1000 mm (depth) x 600 mm (height),	同上
電気性能試験器	DC 電源, スペアナ, オシロ	同上
張力試験機	最大張力 1.7 N	同上
解析 SW	衛星システム解析,CAD (CAE), CAM, 電磁干渉解析	同上
クリーンブース	サイズ: approximately 6 m x 5 m x 2.3 m H, クリーン度: Class 10,000 or better	同上
地上局	3.7m-アンテナ, S-Band & X-Band	同上

## 7. ベトナム人材開発計画と産業育成

#### 7.1. ベトナム人材育成計画

## 7.1.1. 6U 超小型衛星開発・運用に向けたキャパビル

#### (1) 背景

VDES(VHF Data Exchange System)、IoT(Internet of Things:モノのインターネット)等の利用について、 VNSC を始めとするベトナム政府機関及びベトナム産業界が関心を示している。一方、これらの用途に超小型衛星を利用することで衛星開発期間の短縮、開発費用の縮減を図ることが可能となる。さらに超小型衛星開発に向けたキャパビルであれば、研修期間の短縮・幅広い研修者の参加が期待できる。これにより、 実際の衛星利用とキャパビルを共に推し進めることが可能である。

## (2) 実施方法

超小型衛星開発に向けたキャパビルについては、以下の内容を想定している。

①開発内容の調整

VNSC と搭載ペイロードの調整

## ②来日研修

VNSC(または関係機関・企業)の研修参加者を日本に迎え、衛星開発の研修・実施、衛星の試験等を通じて、参加者の技術向上を図る。

#### ③ベトナム国内での試験

VNSC がベトナム国内に所有する衛星試験施設において衛星の試験を実施し、衛星開発及び試験施設運用の習熟を行う。また、ベトナムの試験設備を使用することで、同試験設備に関するフィードバックを行うことができる。

#### (3) 実施協力機関

本キャパビルに当たっては以下の機関の協力が考えられる。

#### ①株式会社アークエッジ・スペース

同社は、上記に示したペイロードに対応可能な汎用の 6U バスの開発実績があり、これを販売している。 汎用バスを使用することで、衛星開発期間の短縮を図ることができると共にペイロードとバスの統合等に ついては、実地に体験することが可能となる。また、同社の衛星バスを使用することで、ペイロードとして、 VDES と IoT ペイロードの同時搭載が可能となる。

### ②東京大学工学系研究科中須賀・船瀬研究室

同研究室はこれまで超小型衛星の開発を行うと共に海外研修生に対するキャパビルの経験を有しており、技術支援、試験設備の提供、運用支援等が可能である。

図表 7.1.1 3U/6U キャパビルイメージ



# 7.1.2. 50kg~100 kg級小型衛星開発・運用に向けたキャパビル

#### (1) 背景

ベトナムは 50kg 級の小型地球観測衛星マイクロドラゴンの開発に際し、東京大学へ若手技術者を送り、 同大学及び北海道大学、東北大学、慶応大学、九州工業大学の協力の下、開発を行った。同衛星は、 2019 年 1 月に JAXA のイプシロンロケット 4 号機で打ち上げられた。

## (2) 実施方法

マイクロドラゴンの開発により習得された技術の継承、新たな技術者の養成、衛星運用のための施設・技術の継続、データ取得継続の観点から、マイクロドラゴン同様の 50 kg級小型衛星の開発によるキャパビルを提案する。

- · 3~5 年をかけて、ミッションデザイン、衛星の設計・開発、試験、運用、利用のための技術を習得する。
- · VNSC の若手技術者を対象として想定。
- 東京大学をはじめ、マイクロドラゴン開発時に協力した大学からの協力を想定。
- · マイクロドラゴン開発に参加したベトナム人技術者の参加をはじめ、同衛星の運用設備等の資産を 利用する。
- ・・・衛星のミッションについては、海洋観測・森林監視・農業利用・泥炭地監視を想定。

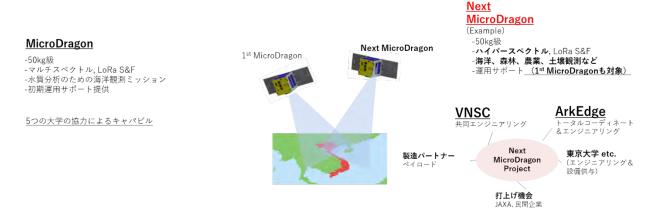
#### (3) 実施協力機関

東京大学及び協力大学

図表 7.1.2 のように、産官学による連携により、マイクロドラゴン開発時の人脈等も併せて、技術支援、 設備提供が期待できる。

## 図表 7.1.2 マイクロドラゴンキャパビルイメージ

- ミッションデザイン、衛星設計・開発、環境試験、運用、運用のスキル向上プログラム (3-5年)
- VNSCから日本へのエンジニアの招へい
- 東京大学等の大学連携・協力によるOJT技術サポート及び環境試験や地上局運用等の試験設備供与
- マイクロドラゴンのノウハウやリソースの継承(マイクロドラゴンの人材育成チームメンバーの参加の可能性)



## 7.1.3. 地球観測データ利用に向けたキャパビル

#### (1) 背景

ベトナムにおいても他国同様衛星地球観測データ利用への要求は高まってきているが、依然道半ばである。今回の提案では衛星開発に加えて、データ利用能力の向上に関しても提案する。

#### (2) 実施方法

- ・日本国内においてデータ利用サービスを提供している民間企業との協力で、利用しやすい形でのデータ 提供・ソリューション提案を通じて利用能力の向上を目指す。
- · 対象分野としてベトナム側の関心が高い洪水観測、地形変動観測、海洋監視の各分野を主眼に想定している。
- ・クラウドを活用した、複数のユーザ階層に対するキャパビルを想定している。
- ・現場レベルの能力拡大を期するため、中央政府-省-地方自治体の各階層においてキャパビルを実施する。

図表 7.1.3.a データ利用キャパビルの対象レイヤー

対象機関

政府レベル VNSC、VAST

ユーザ省庁:

災害管理庁(VDMA)、ベトナム天然資源環境省 (MONRE)、農業農村開発省(MARD)、交通省(MOT)、

建設省 (MOC)

省レベル 各省関連機関

地方自治体レベル 市レベルの地方自治体、民間企業

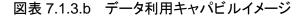
#### (3) 実施協力機関

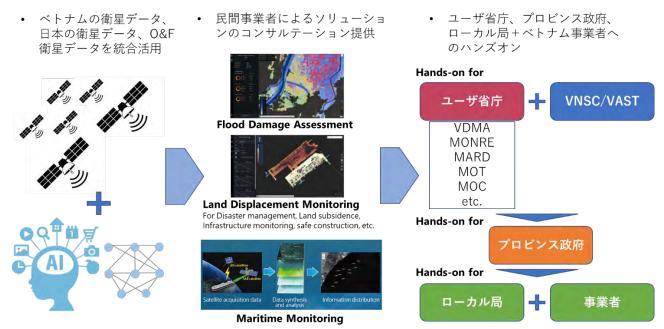
## ①株式会社 Synspective

同社は独自の SAR 衛星群構築を目指す一方、クラウドをベースとした、既存の地球観測データを利用したソリューションを提供している。

#### ②株式会社 IHI ジェットサービス

同社は、海洋観測を中心とした地球観測データ利用を提供している。





## 7.1.4. ベトナムデータキューブ (VDC) と Tellus の連携

近年、各国の政府や民間企業が、様々なタイプの衛星データを提供しており、ユーザは、自分の目的に応じて、空間分解能や観測波長の異なる光学や SAR 等の衛星データを選択できるようになってきた。また、衛星コンステレーションの普及によって観測頻度が高くなってきたことで、ユーザが利用できる衛星データは、種類だけでなく量も増加してきている。一方で、データの種類が増えるとともにデータの提供元も多岐にわたるようになり、それぞれが異なるフォーマットを採用していることがユーザの利便性を低下させる要因となっている。さらに、高い観測頻度と空間分解能で観測された衛星データのメリットを生かした解析やアプリケーションの開発を行うには、ユーザが持つローカルの PC 環境では性能が十分ではないという問題もある。

衛星データプラットフォームは、様々な種類の衛星データをインターネット上のクラウドサーバに置くことによって、ユーザは衛星データの種類の違いを意識することなく、ローカルの PC 環境から膨大な量の衛星データにアクセスすることを可能にするサービスとして期待されている。ユーザは、プラットフォーム側が用意する API(Application Programming Interface)を用いて、主に Web ブラウザを介してクラウド上に保存されている衛星データにアクセスし、クラウドのマシンパワーを使って衛星データの解析やアプリケーションの開発を行うことができるため、最初に述べたフォーマットの違いやローカルの PC 環境の性能を気にせず、インターネットがつながる環境であればどこからでも作業ができるというメリットがある。また、衛星データプ

ラットフォームに、地上で観測された様々なデータを一緒に格納しておくことで、衛星データと地上データを 組み合わせた解析を行うことも可能となる。

以下では、我が国の衛星データプラットフォームの1つである Tellus とベトナムが持つ衛星データプラットフォームのベトナムデータキューブ(VDC)の概要、および Tellus と VDC との連携の可能性について検討した結果を説明する

#### (1)Tellus の概要

Tellus とは、我が国における衛星データの産業利用を促進するため、ホスティングサーバを中心とするデータセンター事業やインターネットサービス事業を行う日本の民間企業が、経済産業省の「平成 30 年度政府衛星データのオープン&フリー化及びデータ利用環境整備事業」を受託し、2019 年 2 月に開始した、日本初のクラウド上で衛星データの解析を行う衛星データプラットフォームのサービスである。

Tellus は、ユーザに対して衛星データを提供するだけでなく、衛星データの解析やアプリケーション開発のための API および開発環境の提供、衛星データ活用のためのトレーニング、衛星データコンテストなどの教育コンテンツ、さらに衛星データを活用するためのドキュメントを提供する機能を有しており、登録さえすれば誰でも自由にこれらのサービスを受けることができる(図表 7.1.4.a)。

また、Tellus で提供している公式データや商業衛星データプロバイダーの有償データを一括検索および 閲覧したり、AOI(関心領域: Area of Interest)を指定して検索したデータを面積単位またはシーン単位で購入・販売したりすることができる Tellus Satellite Data Traveler(Tellus Traveler)というツールや、ユーザが作成したデータやアプリケーション、アルゴリズムを有料もしくは無料で販売することができる Tellus Market の仕組みも用意されている。

Ground surface Vegetation Optical satellite data Sea surface data temperature data data CAMBOORIE IN SPENCE THE IN SECURITY OF THE PROPERTY OF THE PARTY OF TH CENTER'S STATES OF STREET ZBZBENEBY ZBNINZE GO CACHER HLUDBENG B. FEN CACHER HLUBBENG B. FEN 社会内容の場合のARMでは何までもパイとい れかないかでは他、人を日本といってもなった 事業でき、2001年日、よから可能 SACREGATE DAVISON COLOR CARRESTOLISTED B TOLIK ALFORDON CHAL ASNARO-1 Pseudo ALOS-3 SHIROP AVNIR-2 GCOM-C Vegetation Index GCOM-C GCOM-C Chlorophyll-a GCOM-C Sea surface surface concentration temperature temperature [TellesCott]PALSAR-2 | AL... CREET with Large on character Landscotter - St., NACHES (C. [Tellus 233] A#3000 yanggota Palipagawa cara tota janoago 2577 tota 25 yanggota 25 Lier Damping Dilly Con; OTE, Environment Living Cons. ATTER BEARS OF LABOR ATTREE SECRET EMELICATI BARBERIASE A TREE #0#1 ASNARO-2 PALSAR-2 MODIS AW3D30 ASTER GDEM 2 ASTER GDEM 3 GSMaP rainfall Himawari #8 Vegetation Ground surface Cover) temperature SAR data Elevation model data Meteorological data

図表 7.1.4.a Tellus で利用可能なデータの例

Tellus には、衛星データだけでなく、衛星データから作成される二次プロダクト等も格納されている。

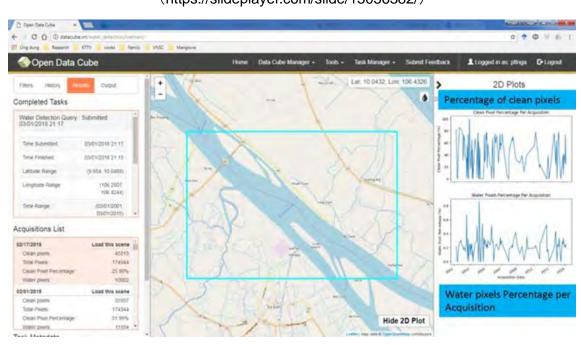
#### (2) VDC の概要

国際機関である地球観測衛星委員会(CEOS: Committee on Earth Observation Satellites)は、地球観測衛星データの影響力を国際的に高めるための活動として、2016 年から Open Data Cube(ODC)イニシ

アティブをサポートしてきた。VDC は、ODC イニシアティブの一環として、CEOS とオーストラリア CSIRO の協力のもとに VNSC が導入したオープン&フリーな地球観測衛星データプラットフォームである。

VDCは、HanoiにあるVNSCのサーバに導入されており、Webブラウザ上でPython notebookやCEOS SEO(System Engineering Office)の UIを利用し、サーバにある Landsat 5/7/8、PALSAR-1、Sentinel-1&2、SRTM 等のデータを利用することができる(図表 7.1.4.b)。ベトナムにおける主なアプリケーションとしては、お米、森林(含む、マングローブ)、および水質のモニタリングが挙げられるが、こられに加えて CEOS SEO UI のアプリケーションも利用可能である。

ベトナムにおける VDC の利用状況について VNSC にヒアリングを行った結果、サーバの維持管理にかかるコストの問題で、現時点では VDC を停止しているということだった。あまり利用されていない理由について、簡易なユーザインターフェイスとはいえ、リモートセンシングの知識のないものにとっては操作が難しいという事も課題として挙げられていた。Tellus との連携がうまくいき、VDC の有用性が再認識されることで、VDC の有効活用を進められることが期待される。



図表 7.1.4.b Web ブラウザから VDC に接続してデータを表示させた様子 (https://slideplayer.com/slide/15056382/)

### (3) VDC と Tellus の連携可能性

ここでは、Tellus と VDC との連携について、事前に Tellus の事業者と検討を行ったうえで可能性があると考えられた3項目について報告を行う。

#### ①API 連携

VDC に格納されている衛星データの種類は限定的であり、様々な社会課題の解決を目的とした場合には、VDC 上でより多くのデータを扱えるようになることが望ましい。そこで、VDC と Tellus を API で連携させることによって、Tellus 上にあるデータを VDC でも扱えるようにすることを検討した。

API 連携には2つの方法が考えられ、1つは、Tellus に格納されている無償のデータを、API を用いて VDC のサーバにコピーし、VDC 上でデータの解析やアプリケーションの開発を行う方法である。この方法では、データを手元に置いておくことができるが、回線速度が遅い場合にはデータのコピーに時間がかかるというデメリットがある。もう1つの方法として、VDCに、Tellus に置いてあるデータに直接アクセスするための API を用意し、Tellus 側でこれを許可する方法である。この方法では、データをコピーする必要がないので回線速度を気にする必要がないというメリットがある。どちらの方法も、Tellus に格納されている様々なデータを利用できるようになり、扱えるデータの質や量が増えることから、従来では難しかった社会課題に対応するアプリケーションの開発につながることが期待できる。

#### ②アプリケーション開発

NEC は、X-Band の SAR を搭載した地球観測衛星 LOTUSat-1 を 2020 年にベトナムから受注し、2023 年の打ち上げを目指して衛星システムの設計や搭載機器の製造などを行っている。LOTUSat-1 は、ベトナムの自然災害への監視強化による被害低減や災害予測の高度化に貢献することを目的としており、衛星の運用が始まってすぐにデータを利用できるようにするためには、あらかじめ X-Band SAR のデータを使ったアプリケーションの開発を進めておくことが重要である。既に述べた通り、Tellus には様々な衛星データが格納されており、その中には X-Band SAR を搭載した ASNARO-2 も含まれている。そこで、前節で述べた API 連携を利用し、Tellus に格納されている ASNARO-2 のデータを利用した自然災害対応のアプリケーションをあらかじめ開発しておく。これにより、LOTUSat-1 のデータが VDC に格納された際には、ベトナム側がすぐにデータを利活用できるようになり、LOTUSat-1 のデータを有効かつ迅速に利用できると期待できる。

#### ③データ販売

ベトナムでは、NEC が製造を行っている LOTUSat-1 だけでなく、既に運用されている光学衛星の VNREDSat やナノドラゴン、ピコドラゴンなどの衛星も所有している。Tellus には、有償または無償で衛星データを販売、提供するための"Tellus Satellite Data Traveler"や"Tellus Market"というサービスが用意されており、将来的に Tellus のサービスを利用してベトナムが持つ衛星データやそれに付随するアプリケーションの販売を行うことで、ベトナムの衛星データの普及がすすむことが期待できる。

#### 7.2. ベトナム産業界の宇宙ハードウェア自国生産能力の評価調査

本節では、ベトナムにおける衛星を中心とした宇宙ハードウェア産業の自国生産能力に関する潜在能力調査の結果を述べる。

#### 7.2.1. 概要

本調査では、将来の衛星機器産業の国産化を視野に入れ、ベトナムにおける衛星を中心とした宇宙ハードウェア関連企業の自国生産能力に関する潜在能力調査を行い、将来の衛星搭載機器や地上機器の製造への参加可能性について検討を行った。併せて、その場合に必要となる技術開発、人材育成計画及びその問題点、条件などについて検討した。

調査は、文献調査による事前調査と、現地でのインタビューによる調査の二段階で行い、最後に、調査結果を踏まえて今後の方向性の分析・考察を行った。

## 7.2.2. 事前調査

#### (1)前回調査結果のレビュー

ここでは、本調査の出発点となる「平成29年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査 ベトナム: 災害監視・気候変動等のための光学地球観測衛星システムの現状及び改善方策立案に係る調査」(以下、「前回調査」)で行った企業インタビュー調査および分析結果のレビューを行う。

当時の現地インタビュー調査および分析結果からは、まだ分野は限定的であるが、小型衛星レベルであれば短期的に参画可能な企業が存在することが明らかとなった。具体的には、実用レベルの技術的に高度なレーダ衛星や大規模な光学衛星は当面、難しいが、小規模な光学衛星であれば、例えばベトナム企業が十分な能力を保有している、ハーネスの組み立てなどのハードウェア製造分野、画像処理関係のソフトウェア開発などをうまく組み合わせれば、一定の範囲ではベトナム国内で製造可能であるという考察をまとめた。一方で、将来的に衛星製造の完全な国産化(Made in Vietnam)を目指すのであれば、さらなる技術習得と参加企業の拡大が必要であるとの分析結果とまとめられている。

# (2)文献調査

ベトナムの製造業は近年、国内のみならず輸出の需要にも応えられるほどに成長している。前回調査以降もその成長が続いていることが統計データから明らかになった。例えば電気電子分野では、工業生産指数 409をみると、2017 年と比較して電子部品が約 6 割強、通信機器と電線等が各約 4 割弱、電気機器と電池・レジスタが各約 2 割増えており、分野全体の成長が確認された。

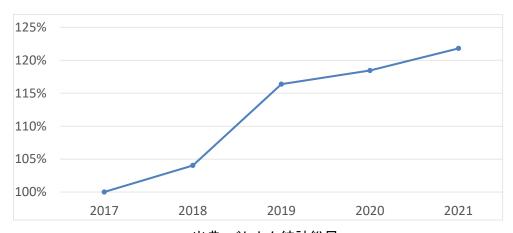
<sup>409</sup> 製造業の工業生産動向を指数化したもの。製造業の生産活動の状況、設備投資の状況を反映しているため、生産動向を測る上で重要視されている。

170% 電子部品 160% 150% 140% 電線など 130% 通信機器 120% 電池・レジスタスタン 電気機器 110% 100% 2017 2018 2019 2020 2021

図表 7.2.2.a **電気電子分野における工業生産の成長(2017~2021)** 

出典:ベトナム統計総局

また金属加工分野も、前回調査時点から同分野の工業生産指数が 2 割強大きくなり、成長していることが明らかになった。



図表 7.2.2.b **金属加工分野における工業生産の成長(2017~2021)** 

出典:ベトナム統計総局

### (3)インタビュー調査対象候補企業の選定

インタビュー調査対象候補の選定では、第 1 段階として、JETRO が作成したベトナム優良企業リスト 410 やベトナム電気産業協会(VEIA)会員企業リスト、JICA の過年度調査により構築されたベトナムの中小企

 $<sup>^{410}</sup>$  JETRO が 2009 年より発刊し、毎年改訂を行っている企業リスト。企業を訪問し、現場環境の確認、工場内および製品の視察、経営者や工場長などへのインタビューを行ったうえで、日系・日本企業の求める基準を満たせるものか、独自に評価して作成したもの(2021 年版が最新)。

業データベース、ベトナム国家衛星センター(VNSC)との連携実績 411などに基づいて、潜在対象企業リストをとりまとめた。リスト化にあたっては、主な製品、設立年、事業内容、従業員数、各分野での科学技術省等から受賞歴の有無といった内容を調査し、一覧表としてとりまとめた。図表 7.2.2.c に当該リストの抜粋を掲載する。

図表 7.2.2.c **潜在企業リストの抜粋** 

Nº	会社名	住所	設立年	従業員数	主な商品	年商(USD)	主要な顧客
1		Vinh Khuc Commune, Van Giang, Hung Yen	2001	308	テレビ用IC:SMT、BPR、DFT 携帯電話用IC:SMT、ルータ、機 能チェック、ロットコンバイン	8,300,000	LG Electronics Viet Nam
2	COMPANY	Km42+600, Highway 5A, Lai Cach Town, Cam Giang, Hai Duong	1998	70	ワイヤーハーネス、照明設備・ LED照明	3,466,666	CMT、Dong Nhan等
3	M1 COMMUNICATION	An Binh Village, An Khanh Commune, Hoai Duc, Hanoi	1945	1026	直流電源装置、電源自動切替設 備、カメラ	138,000,000	TP-Link
4	MANUTRONICS VIETNAM	No 7, TS5 Road, Tien Son Industrial Zone, Hoan Son, Tien Du, Bac Ninh	2003	300	Disc (CD, DVD5, DVD9)、PCBA基板	11,430,000	国内代理店、キヤノン
	TECHNOLOGY	Lot CN8, CN1 Road, Tu Liem Industrial Park, Minh Khai, Bac Tu Liem, Hanoi	2016	32	自動運搬車(AGV)、自動リフト ロボット(AGV)	1,200,000	LGベトナム
	ELECTRONIC	Hap Linh Industrial Zone, Hap Linh Commune, Bac Ninh City, Bac Ninh	2006	232	PCBプリント基板、変圧器、トラ ンス	35,700,000	サムソン
7		Vien Noi, Van Noi, Dong Anh, Hanoi	2015	400	LED照明、スイッチ	170,000,000	不明
8	VIET RONICS BINH	204 No Trang Long St., Binh Thanh Dist., Ho Chi Minh City. Vietnam	1979	230	変圧器	5,000,000	不明
9		1105 Ta Quang buu, Dist 8, Ho Chi Minh City	2002	100	LED照明	1,758,242	不明
10	SAO KIM ELECTRONICS	Royal Industrial Park, New Hamlet 2, My Hanh Nam Commune, Duc Hoa District, Long An Province.	2004	160	PCB基板(一層、二層)	3,000,000	不明
11	ICST	6681/1A DT734B Tan An Zone, Tan Dong Hiep, Di An Town, Binh Duong Province	2008	200	ワイヤハーネス	3,000,000	不明

出典:三菱総合研究所作成

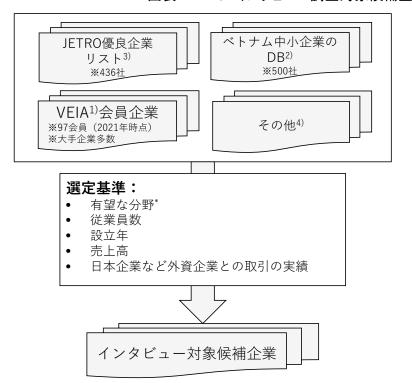
上述した潜在対象リストから、事業の安定性、衛星事業への参加能力、製造品の品質の担保等、本調査の目的を踏まえて企業側に必要と考えられる基準を設定し、インタビュー対象候補を選定した。選定基準と基準の設定の理由を以下に整理する。また、訪問候補企業リスト作成の手順を図表 7.2.2.d に示す。

- 従業員数、設立年、売上高、受賞の有無 ← 事業の安定性、衛星事業への参加能力
- 日本企業など外資企業との取引実績 ← 製造品の品質、衛星事業への参加能力
- 有望分野 ← 衛星事業への参加可能性(前回調査結果に基づき設定)

.

<sup>411</sup> 同機関へのインタビューにより確認した。

### 図表 7.2.2.d インタビュー調査対象候補企業の選定手順



1) JETROでは、2009年より発刊し、毎年改訂を行っている企業リスト。企業を訪問し、現場環境を確認、工場内および製品を見て、経営者や工場長などにヒアリングしたうえで、日系・日本企業の求める基準を満たせるものか、独自に評価して作成したもの(2021年版が最新)。
2) JICAが2014年に調査を実施し、構築したデータベース(公開)
3) VEIA = ベトナム電子産業協会
4) ベトナム国家衛星センター(VNSC)との連携実績各分野での科学技術省等から受賞歴のある企業、現地関係者の紹介等

#### \*有望な分野

1	プリント基板の製造事業者、プリン ト基板に部品の実装を行う事業者
2	電機電子部品メーカ(含む精密機器 加工)。特にEMS事業者で高周波 (電波)機器の製造・組み立て・試 験をしている事業者
3	ハーネスの組み立て事業者
4	loT関係の通信機器の製造事業者
5	組み込みソフトのオフショア開発や データ解析等の事業者
6	望遠鏡や双眼鏡などの光学機器メーカ (軍の機材の整備を請け負っている事業者)、デジカメなどの光学機器の製造請負事業者

出典:三菱総合研究所作成

有望分野については、前回調査において、ベトナム国の衛星である MicroDragon 開発の支援を行っている東京大学中須賀教授へのインタビュー結果を基に、将来のベトナムでの衛星機器産業を育成していくにあたり、可能性が高いと思われる分野として以下の6つの事業分野(事業者)を特定していた。本調査でも、これらの分野を引き続き有望分野として設定し、インタビュー調査対象候補企業の絞り込みを行った。ただし、⑥については、前回調査では、有望な企業が存在せず、今回の調査においても新規に有望企業が発掘できなかったことから、対象外とした。

- ① プリント基板の製造事業者、プリント基板に部品の実装を行う事業者
- ② 電気電子部品メーカ(含む精密機器加工事業者)。特に EMS 事業者で高周波(電波)機器の製造・組み立て・試験をしている事業者
- ③ ハーネスの組み立て事業者
- ④ IoT 関係の通信機器の製造事業者
- ⑤ 組み込みソフトのオフショア開発やデータ解析等の事業者
- ⑥ 望遠鏡や双眼鏡などの光学機器メーカ(軍の機材の整備を請け負っている事業者)、デジカメな どの光学機器の製造請負事業者

以上の作業の結果、インタビュー対象として優先順位が高い企業のリスト(インタビュー調査対象候補企業リスト)を図表 7.2.2.e にまとめた。

図表 7.2.2.e インタビュー調査対象候補企業リスト

No.	分野	候補企業
1	プリント基板の製造 事業者、プリント基 板に部品の実装を行 う事業者	Thanh Long★、4P、Sao Kim Electronics、 <u>Manutronics Vietnam、Maitek、Kha Thanh、</u> <u>VNPCB、PCB GraphTech、Tuan Cuong</u>
2	電気電子機器メーカ (含む機器加工)	Hanel PT★、Thanh Long★、Hung Dung★、 Viettronics Binh Hoa、Industrial Mechanics & Automation、Innotek、M1 Communication、Vonta Vietnam、Trang An V.E.M、Thien Minh、Phuoc Thuong Thinh、Encom、Van Loi、HTMP、Phan Vinh Seimitsu、Tri Cuong Industrial、VSE Engineering、Aoki – Shintech、Viet Nhat HTVJ、 Haast、ARD Vietnam、STI-Vietnam、Phenikaa Electronics
3	ハーネスの組み立て 事業者	Viet An★、Hung Dung★、 <u>IC&amp;T</u>
4	IoT 関係の通信機器の 製造事業者	4P, BKAV, Navis
5	組み込みソフトのオ フショア開発の事業 者	FPT Software★、TMA Solutions★、DFM Engineering★、Global CyberSoft、KMS、Nash Tech、FIS、CMC、MISA、MobiFone、VNPT、 VNG、RikkeiSoft、VMG、ELCOM、SmartOSC、 FSI、NextTech、MK Smart、BeetSoft、NTQ

注)★は前回調査で訪問した企業、下線は本調査で追加した候補企業。

出典:三菱総合研究所作成

# 7.2.3. インタビュー調査

## (1)インタビュー対象企業

上述したインタビュー調査対象候補企業リスに基づき、各企業にインタビュー調査を打診した。なお、前回 調査でインタビューを行った企業が含まれるカテゴリについては、有望企業の候補を広げるべく、同分野に おいて、候補企業が複数ある場合は規模がより小さい企業を優先してインタビューの打診を行った。最終 的に、インタビュー調査に応じた企業は図表 7.2.3.a の通りである。なお、一部のインタビューでは、今後の 民間企業との連携強化を視野に、VNSC 副センター長のほか、同センター関係者複数名も同席した。

## 図表 7.2.3.a インタビュー先と分野

<u> </u>					
分野	インタビュー先				
プリント基板の製造事業	Manutronics Vietnam, Phenikaa Electronics				
者、プリント基板に部					
品の実装を行う事業者					
電気電子部品メーカ(含む機器加工)	Hung Dung★、Haast、Viet Nhat HTVJ、ARD、 STI-Vietnam、Vietnam Association for Supporting Industries (VASI)				
ハーネスの組み立て事業	Hung Dung★				
者					
その他	航空宇宙関連研究機関				

# 注)★は前回調査でインタビューを実施した企業。

出典:三菱総合研究所作成

# (2)インタビュー日程と実施方法

インタビュー日程を図表 7.2.3.b に示す。調査期間中のベトナムにおけるコロナ感染状況等に鑑み、すべてのインタビューをオンラインで実施した。

# 図表 7.2.3.b インタビュー調査の日程

日時			インタビュー先	対応者	立地	事業内容
1月11日	火	9:00~10:00	Hung Dung	Mr. Nguyen Tien Dung (Director)	ハイズオン 省	LED 照明機器製造、ハーネスの組み立て
		13:30~14:30	Manutronics Vietnam	Mr. Tran Ngoc Linh (Director)	バクニン省	プリント基板組み立て
1月13日	木	8:30~9:30	ARD Vietnam	Mr. Tran Minh Duc (Chief Technology Officer)	l _	金属加工
1月14日	金	10:30~11:30	Viet Nhat HTVJ	Mr. Tran Thinh (Sales Manager)	フンイエン省	金属加工、樹脂成型
1月17日	月	13:30~15:00	Haast	Nguyen Thanh Duong (Group Vice Chairman, Group Giza-Haast- BSM)	ハナム省	プラスチック部品製造 (含む衛星部品)
1月20日	木	10:30~11:30	Vietnam Association for Supporting Industries (VASI)	Dr. Truong Thi Chi Binh (Vice President and General Secretary)	-	金属加工や樹脂成型 企業など約 300 社の 裾野産業関連企業を 代表する企業団体

日時			インタビュー先	対応者	立地	事業内容
1月25日	火	10:30~11:30	STI-Vietnam	Mr. Nguyen Viet Bien (Deputy Director)	ハノイ市	ロボット、無人運搬車 (AGV)、自動倉庫システムといった工場用 自動化ソリューションのアドバイス・設計・ 製造・組立及び治具 設計・製造を行う
1月26日	水	11:00~12:00	航空宇宙関連研 究機関	(先方要望により詳細:	非開示)	
2月10日	木	10:00~11:00	Phenikaa Electronics	Mr. Nguyen Huu Chuong (General Director) 他2名	ハノイ市	大学も持つ Phenikaa グループの傘下企業。 親グループは最近、 自動運転分野など R&D に注力している。

注)時間は現地時間。

出典:三菱総合研究所作成

### (3)インタビュー項目

ベトナムでは、現時点では衛星を含む宇宙機器製造が産業として成立していないことから、本インタビュー調査においては、ベトナム企業に対して今後、衛星産業のサプライチェーンへの参画意向を確認し、その上で国内宇宙産業形成のための条件(含むベトナム政府の産業政策への期待)などを聴取することを目的として実施した。なお、サプライチェーンの参画形態については、衛星機器のコアの部分などを自社で製造する形態に限らず、例えば日本など外資系企業の下請け生産、合弁など、さまざまな形を提示しながらインタビューを行った。図表 7.2.3.c にインタビュー項目例を示す。

## 図表 7.2.3.c インタビュー項目の例

- 事業概要(主な製品、主な顧客など)
- ▶ 生産形態(OEM、ODM など)
- 衛星技術特有の条件への対応可能な企業のボリューム感
- ▶ 日本政府支援の有無(5S やカイゼンなど専門家による指導など)
- ▶ 日本企業を含む外資系企業との協力の有無
- > 新規事業展開・既存事業拡大の計画/意向
- 新規事業展開・既存事業拡大にあたっての課題
- ▶ 【宇宙関連】どのような宇宙コンポーネントや衛星部品などで宇宙産業に参画したいか?
- 【宇宙関連】参画する場合の最低限の宇宙製品の売り上げの規模感は?
- ト 日本政府・企業に対する要望

出典:三菱総合研究所

# (4)インタビュー調査結果まとめ

(3)で述べた内容を各企業に聴取した結果を以下にまとめる。まず、インタビュー先の活動分野と組織の概要を図表 7.2.3.d に示す。なお、金属加工分野については電気電子部品(含む機器加工)に含めていたが、インタビューにて分野特有の特徴的な回答が得られたため、以降では、電気電子部品メーカと金属加工を分けて記載することとする。

図表 7.2.3.d 企業の事業分野と概要

		図表 7.2.3.d 企業の事業分野と概要
インタビュー先	分野	組織の概要
Manutronics Vietnam	プリント基板の製造・実装	<ul> <li>・2003 年に設立され、電子部品を生産する企業である。</li> <li>・主要な事業は、DVD などディスク生産と LED 照明内のプリント基板組み立てである。</li> <li>・従業員数は約300名。</li> <li>・キヤノンやブラザーなど日系企業にもディスクを納品している。電子部品事業では、2次サプライヤとして、カワサキやヤマハなどに納入している。</li> </ul>
Phenikaa Electronics	プリント基板の製造・実装電気電子部品	・Phenikaa グループ傘下企業として、2019 年に設立された。プリント基板組み立て、LED 照明、スマート機器の設計・製造を行う。特に、LED 照明は Phenikaa ブランドですべての工程を自社で生産している。スマート機器も、ハードとソフト(プラットフォームを含む)の両面を自社で生産している。 ・従業員数は約600名である。 ・生産管理は、パナソニックが提供する PanaCIM というスマート生産管理ツールを導入している。 ・Phenikaa グループは、多角的に事業を展開しているが、教育・研究事業と高付加価値製品生産事業を中核事業と位置付ける。教育・研究事業では、研究所(2所)や大学(Phenikaa大学)、小学校~高校など展開しており、米国大学とも連携を行っている。また、生産事業では、当社に加え、自動運転分野では Phenikaa—X、交通分野では Phenikaa MasS の 2 社も存在する。
STI-Vietnam	電気電子部品	・2016 年に設立され、ロボット、無人運搬車(AGV)、自動倉庫システムなど工場用自動化ソリューションのアドバイス・設計・製造・組立及び治具設計・製造を行う。そのほか、工業向け製品の販売、工場の建設・保守サービス(換気システム、工場フロア、電気システム)も行う。 ・従業員は約30名である。現在はR&Dに注力しているため、生産に関わる従業員数は5名に留まる。 ・STIグループ傘下に、STIに加え、STI Electrics もあるが、同社の従業員数は約7名と規模が小さく、受送信機器や車載カメラの部品の生産に関わっている。

インタビュー先	分野	組織の概要
Hung Dung	ハーネスの組 み立て 電気電子部品	・1998 年に設立され、電子製品のメーカである。 ・主な事業は、①プリント基板の ODM(PCBA)、顧客の要求に応じた電子デバイスの研究・開発・製造、②LED ライトの製造・加工・販売、③電子ケーブル(ハーネスの組み立て)の処理である。 ・主要製品は、ハーネスの組み立て、照明設備・LED 照明、オートバイ部品、電力設備である。 ・従業員数は約70名である。 ・顧客は国内企業が大半である。
ARD Vietnam	金属加工	<ul> <li>・電子部品事業のほか、潤滑油とベアリングの納入も行う。</li> <li>・2020 年に設立され、金属加工を行う企業である。売上高の構成は、金属金型の作製が2割、部品加工が8割となっている。</li> <li>・顧客は国内工業団地内の企業が大半だが、シリコンバレーのスタートアップ企業からの試作品作成依頼を受けることもある。なお、顧客は、日系企業が多数である。</li> <li>・従業員数は約20名。</li> <li>・自社工場は、大学敷地内にあるため、R&amp;D は大学の学生と連携して行っている。</li> </ul>
Viet Nhat HTVJ	金属加工	<ul> <li>・2014 年に設立され、金属加工や樹脂・アルミ成形金型などを主な事業としている。</li> <li>・主要製品は、ギヤ加工、エンジン部品、樹脂形成金型、アルミ成形金型である。</li> <li>・納入先の8割が日系企業である(日本本社に納入する場合もある)。また、ベトナム国産車を製造するビンファストも納入先の一つである。</li> <li>・従業員数は約150名。</li> </ul>
Haast	金属加工	<ul> <li>・2019 年に設立され、2021 年より操業開始した。主要事業はプラスチック部品の生産である。</li> <li>・従業員数は約1,000名。</li> <li>・サムソン・ベトナムは、「サムソン・スマート・ファクトリのサプライヤ」としてベトナム国企業2社を認定したが、Haast はそのうちの一社である。そのほか、まだ最終準備段階にあるが、近いうちにトヨタサプライヤ候補(Toyota Supplier Candidate)として認定される予定である。</li> </ul>
Vietnam Association for Supporting Industries (VASI)	金属加工	・金属加工や樹脂成型企業など約 300 社の裾野産業関連企業を代表する企業団体
航空宇宙関連研究機関	研究機関	航空宇宙関連設備の設計〜製造を行う研究機関(詳細非開示)

出典:三菱総合研究所作成

続いて、インタビュー対象企業からの宇宙産業への参画意向・意欲や支援などについての主な発言を以下にまとめる。

#### 宇宙産業参画に関する意向

宇宙コンポーネントや衛星部品は発注量が少量で、それ単体で収益性が見込めないが、それでも宇宙産業への参画を試みたいという意見が複数分野の企業からあった。(金属加工分野、プリント基板製造・実装分野、ハーネスの組み立て分野、電気電子分野)

ベトナム企業が宇宙コンポーネントや衛星部品の製造に関わることができる分野として、ハーネスの組み立てやフレームなどの金属加工、プリント基板の製造と実装、組み込みソフトウェア開発などが挙げられた。特に、金属加工分野では、モノづくりに熱心な企業が多く、宇宙産業に夢を持つ企業が少なくないという意見もあった(ベトナム裾野産業協会関係者)。

宇宙産業参画に意欲的な理由としては、技術向上、ブランディング向上、そして潜在的な顧客の開拓の3点が挙げられた。一点目の技術向上については、宇宙コンポーネントや衛星部品の製造を通じて、自社技術水準の向上を図りたいという意向が、特に高付加価値化を目指し、研究開発に重点を置く企業から聞かれた(金属加工分野、プリント基板の製造・実装分野)。また、今後、小型衛星を国内で製造するなど国家プロジェクトがあれば、それに参加し、自社ブランドの向上を図り、日本など海外顧客からの信頼を獲得して、受注につなげたいというコメントがあった(特に金属加工分野、プリント基板の製造・実装分野)。そのほかの理由として、自国製造業の発展への貢献や社会への価値創出などを参画理由として挙げる企業もあった(電気電子分野)。

## 宇宙産業参画に関する課題

宇宙コンポーネントや衛星部品の生産にあたって、具体的な課題として、大きな収益が見込めない中で宇宙産業特有の条件への対応のための投資が難しい点や、潜在顧客など市場に関する情報が不十分である点、国の当該産業振興の政策や民間企業への支援策が企業に届いていない点などが挙げられた(金属加工分野、電気電子分野、ハーネスの組み立て分野)。

#### 政策•支援策関連

政府による資金面と技術面での支援を求める声が多くの企業から挙がった。例えば、高精度の部品や機器を加工する場合、品質管理のため、高額の試験設備の導入が必要になるといった場合、長期低金利融資や工場土地の賃貸料金への補助金など資金面での支援要望があった(特に金属加工分野)。また技術面においても、宇宙産業は各社にとって新しい分野になるため、必要となるスペックなど産業特有の条件等について説明や技術指導を求める意見があった(金属加工分野、電気電子分野、プリント基板の製造・実装分野)。

今後の進め方として、政府と民間企業間の対話促進を求めるという意見もあった。特に、宇宙産業振興のための政策やロードマップを政府から民間企業に提示し、民間企業への期待を明確にすることともに、産業へ参画した企業に対する支援策を提示してほしいという要望が寄せられた(金属加工分野、電気電子分野、プリント基板の製造・実装分野)。

技術面では、生産に向けた研究開発などの負担の軽減や期間短縮のため、同産業で経験を持つ海外企業と情報交換する機会の提供を求める声も寄せられた(特にプリント基板の製造・実装分野と電気電子分野)。最後に、ロットが少量である点の解決策として、民間企業への発注の際は、大量発注の他分野・他領

域の機器とパッケージ化を検討してほしいとの要望があった(金属加工分野、プリント基板の製造・実装分野)。

ベトナム企業の宇宙産業参画にあたり、日本側に対しての期待の声も寄せられた。まず、技術開発のために、例えば小型衛星製造プロジェクトなど日越協力のスキームが成立した場合、その一環で、大学関係者や企業 OB など日本の専門家からの技術指導を受ける機会を設けてほしいという提案があった(電気電子分野)。また、ベトナム国企業の技術水準の向上に向け、JICA 支援プログラムなど既存の日本協力支援の枠組みを通じて技術向上を図りたいという声が寄せられた(金属加工分野)。

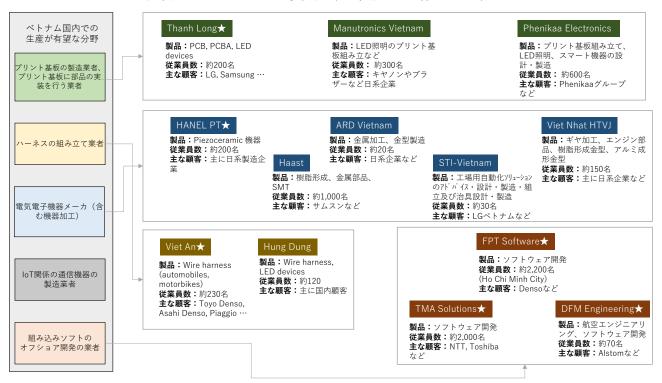
さらに、宇宙産業参画に意欲的な関係者から、VNSC 職員が参加している、宇宙分野での日本留学プログラムに、自社社員が参加できるように機会創出を検討してほしいとの要望もあった(航空宇宙研究機関)。

## 7.2.4. ベトナム国企業の潜在能力の調査まとめと考察

今回のインタビュー調査を通じて、前回調査で特定されたハーネスの組み立てとソフトウェアに加え、金属加工やプリント基板組み立て・実装などの一部の分野において小型衛星レベルであれば短期的に参画が期待できる企業が存在することが明らかになった。一方で、将来的に衛星製造の完全な国産化(Made in Vietnam)を目指すのであれば、同産業の主体となる自国企業にベトナム政府が耳を傾け、産業振興に向かって一丸になって行動する必要があると考えられる。その目標の実現に向け、日越など国際協力の支援枠組み等を活用することも有効であると考えられる。以上の認識を踏まえ、今後の方向性を以下のようにとりまとめた。

- 宇宙産業振興のための政策やロードマップと産業へ参画した企業に対する支援策を提示し、民間企業への期待を明確にする。具体的な支援策は、資金と技術の両面を中心に企業の問題意識を聞きながら設定する。例えば資金面では、宇宙産業という特殊な分野へ参画した企業に対し、法人税を控除したり、設備投資のための融資を低金利で提供する。また技術面では、参画企業の技術向上を図るべく、国際協力の枠組みを活かし、研修プログラムや留学プログラムなどへの参加機会を設ける。そのほか、衛星部品の発注をなるべく収益性が見込める他部品・機器と併せて行ったり、日本の宇宙利用大賞等のイベントを参考に衛星製造コンテスト等を企画し、優勝した企業に科学技術省の大臣賞を与えるなど、民間企業の参画意欲を高める工夫も検討する。
- 宇宙産業の国産化という長期的な計画を実現するための第一歩として、高い意欲を持つ国内企業と政府が共同で小型衛星・コンポーネントや地上システムを製造することで、小さな成功体験を早期に実現させる。参加した企業は、その過程で得た経験を活かし、より規模が大きく難易度が高いプロジェクトに参加する。政府は、そのプロジェクトの実績を宣伝し、段階的に参加企業を増やしていく。
- ベトナム企業の技術水準と参画意向などを考慮すれば、金属加工分野はモノづくりに熱心で、宇宙産業に夢を持つという企業が多数いることがインタビュー調査で確認されており、まずは衛星のフレームの製造や金属部品の加工を担う企業との協力から産業界の巻き込みを開始する。その後、ハーネスの組み立て、プリント基板の組み立て・実装、組み込みソフト、電気電子といった順序で巻き込む企業・業界を増やし、完全国産化に向けた産業界との協力を進める。

最後に、前回調査と本調査の結果に基づき、ベトナム宇宙産業の発展において担い手になり得る有望企業を図表 7.2.4.a に分野別に整理する。



図表 7.2.4.a ベトナム宇宙産業の国産化の有望な企業リスト

注)★は前回調査でインタビューを実施した企業。従業員数などは前回調査時点の情報を記載。複数分野に該当する企業もあるが、便宜上、上記の通り整理。

出典:三菱総合研究所作成

## 7.3. ベトナムが目指すべき衛星システムロードマップ策定支援

ベトナムの将来の衛星システムに関して、前節で述べたベトナム国企業の自国生産能力評価結果に加え、既存設備の活用、人材育成などの観点も踏まえたロードマップ案を策定した。

### 7.3.1. ロードマップ案検討の前提

ロードマップ案の検討にあたっては、既存設備の活用や発展を考慮した。現在、我が国とベトナムとの間では、有償資金協力として「衛星情報の活用による災害・気候変動対策事業」が実施されており、事業の一環として、ベトナムでの衛星製造に資する施設(熱・真空チャンバー、振動試験施設等)の建設も行われる予定となっている。今後の方策としてはこれらの導入される施設の有効な活用とともに、製造・運用衛星数の増加に伴う地上設備の増設を考慮しておく必要がある。

また、前述のように、今回の調査結果からは、人工衛星の国産化という長期的な計画を実現するためは、金属加工分野の意欲の高い企業と小型衛星製造での協力を開始して実績を作り、その後、ハーネスの組み立て企業やプリント基板の組み立て・実装企業、そして組み込みソフト企業に協力範囲を広げ、最終的に電気電子企業の巻き込みにつなげていく方策が有望と考えられる。そのため、別途検討を行った、衛星プロジェクトおよび地上システムの開発スケジュールとこれらの企業の巻き込みのタイミングを合わせていくことが必要である。

# 7.3.2. 衛星システム製造に関するロードマップ案

前項で述べた前提を踏まえ、ベトナムが目指すべき衛星システム製造に関するロードマップ案を作成した(図表 7.3.2.a 参照)。衛星および地上システムのロードマップについては、別章にて詳細を述べているのでここでは割愛する。

産業界の巻き込みについては、繰り返し述べているように、最も意欲的な金属加工分野の企業からスタートする形としている。地上システムでの協力から開始し、3U 衛星、実用サイズの MDG(MicroDragon)、と協力範囲を広げていく想定である。続いて、ハーネスの組み立て企業、プリント基板の組み立て・実装企業、そして組み込みソフト企業については、金属加工分野の企業の次の段階からスタートし、同じく地上システムから協力を開始し、MDG や GNSS 衛星へと協力範囲を広げていく想定としている。最後に、このように多くの分野の企業が巻き込まれた実績を示すことで、宇宙産業への意欲が乏しい電気電子産業の企業の巻き込みにつなげ、2030 年以降の自国での衛星システム製造の実現を目指すロードマップとした。

なお、本ロードマップでは表現できていないが、人材育成の観点も重要である。人材育成については、上述の有償資金協力事業の一環としてキャパシティビルディングも行われているが、対象となる人員は限定的である。前述のように、ベトナムの民間企業からは、技術の習得に向けて、大学関係者や企業 OB など日本の専門家からの技術指導を受ける機会を設けてほしいという要望が出されている。さらに、宇宙機関である VNSC の職員が参加している宇宙分野での日本留学プログラムに、自社社員も参加させてほしいといった要望もあがっている。産業界の巻き込みにあたっては、これらの人材育成プログラムとの連動も考慮すべきであろう。

2023 2025 2027 2029 2030 Practical Ground Facility Use Facilities procured by VNSC Full MDG Capacity 50-100kg class Practical MDG Designed Building and IoT 3U x 2 satellites Integrated by Vietnam Next AIS/VDE 6U x 2 satellites Experim Experimental small GNSS Start with Metal processing Industry (satellite frames, processing metal components, etc.) In the next stage, proceed to domestic production in the following order: wire harness, PCB assembly and mounting, embedded software, and electrical and

図表 7.3.2.a ベトナムが目指すべき衛星システム製造に関するロードマップ

出典:三菱総合研究所作成

electronics.

**Ground facility** is one of the potential field collaborate with Industries.

## 8. 裨益効果

## 8.1. 衛星コンステレーションシステムによる裨益効果が想定される分野

先述の分析の通り、衛星コンステレーションシステム導入のニーズがある分野は、下表に示す通りである。下表は、2018年のFS調査と今年度のヒアリングでベトナム側から必要とされた項目に加えて、最近の稼働として重要と思われる項目を追加している。また、コンステレーションの検討結果は、センサタイプ、観測頻度、空間分解能、緊急性を基に決定した。農業(栽培監視、農業環境モニタリング)、森林保全(森林減少、森林管理)、防災(洪水、地滑り)、海洋モニタリング(違法漁船監視、人口構造物監視)、沿岸環境モニタリング、都市インフラモニタリングにおいて、コンステレーション導入のニーズが確認され、裨益効果も大きいと想定される。これらの分野に期待されるシステム導入の裨益効果について、以下に検討する。

分野 センサタイフ 項目 作付分類 栽培作物、区画整備 光学+SAR 低 不要 農業 栽培監視 精密農業 光学 高 高 不要 0 農業環境 干ばつ 光学+SAR 不要 森林減少 違法伐採 低 不要 0 森林 森林管理 森林インベントリ 光学+SAR 浸水範囲 中 地滑り 地滑りの場所と面積 光学+SAR 低 災害 防災 リスク評価 低 中 光学 違法漁船 違法漁船監視 SAR プラスチック プラスチック抽出 光学 (SWIR) 高 不要 Δ 海洋 光学+SAR 0 海洋監視 人工構造物 高 中 必要 アクアカルチャ 光学+SAR 光学+マイクロ波 漁業資源 低 不要 高 泥炭マッピング 泥炭林分類 光学+SAR 低 中 不要 × 環境 沿岸環境 ブルーカーボン、湿地、マングローブ、測深 光学+SAR 低 中 不要 海水 水質管理 中 中 必要 地図作成 市街地図 光学 低 高 不要 インフラ 地盤変動 SAR 中 中 不要 都市 都市開発 建設、不動産 光学 低 高 不要 道路網 低 高 交通渋滞 光学 不要

図表 8.1 衛星利用に関する分野別ニーズとコンステレーションの適合性

### 8.2. 利益分析の範囲

本分析においては、裨益効果を以下の通り定義した。

図表 8.2 裨益分析の範囲を定義するための用語

衛星データエンドユーザ	エンドユーザは、以下のような直接裨益者を想定している
直接的裨益	個人や家庭といったミクロレベルや、企業、地域、団体といった中間レベルの
	業務改善としての直接的な便益のこと。これらは、衛星データの影響を受け
	るバリューチェーンの一翼を担う市場関係者/機関である。
間接的裨益	エンドユーザが生み出す直接的裨益からの波及効果として、国家、地域、国
	際レベルでの間接的な影響。これには、国家レベルの開発戦略、マスタープ
	ランや、ベトナムの地域及び国際レベルの協会の目標、議題、協定の実現へ
	の貢献が含まれる。

出典: "Study on Present Status and Future Plan on Vietnam's Optical Earth Observation Satellite for Disaster and Climate Change Countermeasure", 2018 年より調査チームが抜粋

## 8.3. 直接的裨益効果(セクター別)

### 8.3.1. 農業分野の裨益効果

衛星コンステレーションシステムから得られる情報を活用し、<u>栽培監視・土壌水分量(干ばつ状況)等のマッピング</u>において、情報更新の頻度と精度が向上することが期待される。この分野においてはベトナムで既に衛星データ利用が行われており、主なとりくみとして、農業農村開発省(MARD)による紅河デルタの稲作モニタリング(2012-2014)、北部における稲作地域の灌漑モニタリング(2018-2021)、メコン域でのコメ被害評価(2018-2021)<sup>412</sup>などがある。

MARD 農産課南部支局への聞き取りによれば、同支局は衛星画像を含めリモセン画像を農産予測には利用しておらず、だからこそ今後の農産予測への活用を提案している。農作物の収穫量について、地理的にコミューンレベルの精細さで、最短 10 日間の頻度の、遅延が 3-5 日以内のモニタリングを提案している。コンステレーションによる高頻度観測、およびそれと SAR との組み合わせにより、これらの活動における即時性・精度の向上と、更なる展開が期待される。

また、民間企業が農業者に提供する、気象情報に基づく情報提供サービス、洪水避難勧告サービスの即時性・精度向上も期待される。一例として、ハノイに Weather plus という気象情報提供会社がある 413。同社は、気象情報から病害虫の発生を予察し、その情報から農薬散布に関する推奨情報を生産者へ提供するアプリを開発している。また降水量の予測から、防災としての洪水避難勧告などを山間部の地域へ発信するサービスなども行っており、それらの情報提供について MARD と連携を図っている。

コンステレーションによる高頻度な観測は、農業への投入資機材の需要、農作物の生産状況の把握にも <u>裨益</u>すると期待される。これらに対する衛星データ利用の例としては、ADB 資金供与により MARD が実施 した衛星データを利用したタイビン県での米生産高測定(2015-2018)<sup>414</sup>、オランダ宇宙局の支援を受けて MARD が実施するコーヒー農家への情報提供事業 GREENcoffee (2016-2019)<sup>415</sup>がある。受益者として、 MARD、肥料組合、農業組合(コーヒー、カカオ、茶)などが想定される。

農業者への保険、マイクロファイナンスにおける、天候インデックス(補償・融資の指標)の設計・運用のための気象情報提供にも、裨益することが期待される。この分野における近年のベトナムでの取り組みとして、MARD 国立農業計画立案研究所が実施していた、Remote sensing-based Information and Insurance for Crops in Emerging Economies (RIICE) (2015-2017)事業 416がある。受益者として、農業ファイナンス利用者、MARD、農業農村開発銀行が想定される。

<sup>412</sup>https://www.unescap.org/sites/default/files/GeoSpatial Data in MARD Viet Nam Stats Cafe 16Nov2020.pdf2022年2月25日閲覧。

<sup>413</sup> https://about.weatherplus.vn/en/ 2022 年 2 月 25 日閲覧。

https://www.adb.org/publications/measuring-rice-yield-space-viet-nam 2022 年 2 月 25 日閲覧。

https://www.icco-cooperation.org/en/news/informing-coffee-farmers-in-vietnam-about-weather-coffee-prices-and-pesticides-via-sms/ 2022 年 2 月 25 日閲覧。

http://www.niapp.org.vn/info/en/dtdt/giaidoan1/remote-sensing-based-information-and-insurance-for-crops-in-emerging-economies-scale-up-phase-in-viet-nam-riice-project/71878 2022 年 2 月 25 日閲覧。

### 8.3.2. 森林保全・林業への裨益効果

#### (1)REDD+

REDD+は、途上国における森林減少・劣化の抑制や持続可能な森林経営などによって温室効果ガス排出量を削減あるいは吸収量を増大させる努力にインセンティブを与える気候変動対策であり、2015 年の気候変動枠組み条約 COP20 で、REDD+の枠組みにかかる合意は完了している。2020 年以降の国連下でのREDD+実施に当たって、国際協力による、国レベルでの政府の組織・制度づくり、森林に蓄積されている炭素量の測定(モニタリング)、人材育成、生物多様性や地域住民に対する配慮などがすすめられている。加えて、各国や国際機関、民間企業、NGO などが REDD+プロジェクトに認証・登録、排出権の発行を行う自主的取り組みの枠組み(Verified Carbon Standard)も確立された。

ベトナムでの REDD+の実行には、森林参照排出レベル(FREL、年間の森林からの炭素排出量参照値) および森林参照レベル(FRL、年間の森林からの炭素排出削減量参照値) 417の設定を始め、森林炭素の 計測・報告・検証(MRV) が必要である。小型衛星コンステレーション化導入はこれに裨益すると期待される。 ベトナムの FREL/FRL 及び MRV には JICA や FAOを中心としたチームが技術協力をおこなってきたが、 基本的には NFIMAP (National Forest Inventory, Monitoring, and Assessment Program) という5年毎 に実施される全国調査の結果に基づいて算出されている。NFIMAP の森林被覆図は Landsat と Spot 画 像の組み合わせで作成されており、2018 年の森林被覆図作成には Sentinel-2 も使用されている 418。

現状のNFIMAP、FREL/FRL及びMRVの更新には、2週間毎の衛星写真があれば十分である。ただし、より多くの衛星データにより、現状 5 年に 1 回実施されている REDD+の成果計算を、より高頻度に行う事が出来るようになり、例えば特定年度についての成果計算が可能となる。 受益者として、MARD 森林総局 (VNFOREST)、Forest Inventory and Planning Institute ほか REDD+関係機関が想定される。

#### (2)森林火災モニタリングなど

森林保全分野で、衛星コンステレーションシステムによる高頻度観測・データの即時性の効果が期待できるものとして、森林火災モニタリング・警報システムがある。

ベトナムにおける公式な森林モニタリングの基本となるシステムは、森林資源モニタリングシステム= Forest Resources Monitoring System (FRMS)である。これは国家の公式な森林統計を作成する為に使用されており、データが毎年更新されている。これらデータは凡そ 10 年毎に実施される NFI&S (National Forest Inventory and Statistics Program)という全国調査の結果を元に、それを毎年各省内の森林保安官が更新(実地調査ベース)する形で維持されているシステムである。NFI&S はじめ FRMS で使用されている衛星画像は、REDD+で作られる NFIMAPと同様に、Landsatと Spot 画像であるが、森林含む土地利用区分がより細かい。そして上記の通り、毎年の更新は各地の森林保安官による実地での変化計測に基いている。

417 <a href="https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=vnm">https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=vnm</a> 2022 年 2 月 25 日閲覧。

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Viet%20Nam Technical%20Annex%20on%20REDD%20.pdf 2022 年 2 月 25 日閲覧。

https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=vnm 2022 年 2 月 25 日閲覧。

なお、JICA は FRMS のデータ収集の手法に関する技術協力を行ってきたが、タブレット/スマホベースでの調査データ収集アプリの開発に加え、現場の森林保安官のナビゲーションや調査結果の品質管理のため、Google Earth Engine をベースとしたシステムも開発し、現在森林総局下森林保護局 (VNFOREST/FPD)下で運用を続けている。この GEE ベースのシステムでは Landsat7+8、Sentinel-2 を組み合わせて使用している。同時に、同じ仕組みを使用した森林消失地域の早期通報システムも開発し、これも同局下で運用を続けている  $^{419}$ 。

ベトナムにおける森林火災は、中部および北部森林で乾期(中部では夏、北部では冬)に、自然発火・焼畑の延焼などをきっかけとして発生し、森林消失の主要な原因の一つとなっている。特に、密植され、油分の多い樹種を含む人工林の被害は大きい。森林火災対策には、火災の早期発見、リアルタイムモニタリングが必要とされ、衛星コンステレーションシステムを利用した森林火災モニタリング・警報システムの効果が期待される。

これ以外にも森林保全分野では、衛星データ利用による森林材積の把握、スマート林業への貢献が期待されるが、JICAが実施する日本でのカウンターパート研修で、衛星利用のスマート林業の視察をした例はあるが、ベトナムでの事例は確認できない。

## 8.3.3. 防災分野への裨益効果

## (1)気象予報精度の向上

気象観測での衛星利用の現状として、国家災害対策委員会(NSCDPC)で直接的に衛星写真等を用いての分析などは行っていないと思われるが、委員会メンバーでもある天然資源・環境省(MONRE)国家水文気象総局(VNMHA)では、通常の分析として衛星観測画像(可視画像、赤外画像、水蒸気画像等)は一般的に使われていると思われる。また、NSCDPC の事務局である農業・農村開発省(MARD)防災総局(VNDMA)で開発された情報集約ツールの一つに Vietnam Disasters Monitoring System(VNDMS) 420 があるが、背景地図は Windy.com の情報を参照しており、Windy で利用している衛星画像を二次的に活用している。

ベトナム国内の気象観測のため、これまで日本の ODA で 2 基の気象ドップラーレーダが MONRE に供与され、紅河デルタ地方ハイフォン市フーリエンと北中部地方ゲアン省チーリンに設置された 421。北部山岳地域ではレーダビームが届かない(山で遮られる/干渉される)ことから、当該地域の気象状況は把握できない仕様となっている。コンステレーションを始め衛星データを活用することで、北部山岳地域をはじめとする気象モニタリングが補完され、予報精度の向上が期待される。 受益者として、VNHMS、洪水被害地域住民を含む気象予報利用者が想定される。

#### (2)浸水被害想定・地滑りリスクの精度向上など

ベトナムでは、毎年のように季節性モンスーンや台風の影響で洪水被害が発生する。特に大規模な浸水が見られる場合には、ベトナム政府は国際機関の支援も活用して衛星画像による状況把握を行っている。

<sup>419 &</sup>lt;a href="http://canhbaomatrung.kiemlam.org.vn/">http://canhbaomatrung.kiemlam.org.vn/</a> 2022 年 2 月 25 日閲覧。

<sup>&</sup>lt;sup>420</sup> <u>http://vndms.dmc.gov.vn/</u> 2022 年 2 月 25 日閲覧。

<sup>421</sup> https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12121240.pdf 2022 年 2 月 25 日閲覧。

例えば、2020 年 10 月~11 月に中部地域の広範囲で洪水被害が生じた際には、国連人道問題調整事務所(OCHA)からは浸水被害想定の地図の共有などが行われている 422。また、センチネル・アジアの枠組みにて、MONREに対して画像データの提供なども行われた 423。

コンステレーションにより観測頻度を高め、合成開ロデータによるデータを併用すれば、雲被覆に関わらず観測が可能となり、浸水被害想定・地滑りリスク評価等災害範囲の把握に要する時間短縮、各地域、県、コミューン向けに発信する災害対応も時間短縮が可能になる。受益者として、VNDMA、洪水・地滑り被害地域住民を含む警報サービス利用者が想定される。

また、ベトナムには紅河やメコン川のような国際河川が複数ある。これらの国外上流の河川の流量や上流ダムの放流状況が正確に分からないことに対する懸念は強い。VNDMAには、衛星技術を使ってリアルタイムでこれらの情報を収集するというニーズもある。

## 8.3.4. 漁業・海洋環境保全への裨益効果

「違法・無報告・無規制(IUU)漁業」への対応が十分でないとして、2017 年からベトナムの水産物輸出が欧州委員会(EC)から警告措置(イエローカード)を受けて 4 年以上を経るが、ベトナム政府の努力にもかかわらず、未だ解除されていない。ベトナムは現在、世界第 3 位の水産物輸出国で、水産物はベトナムの輸出品として 5 番目に額が大きい。ベトナムの水産物輸出先として、EU 市場は 2 番目に大きかったが、イエローカードが課されてから、EU 向け輸出は 5 位に減少し、水産品輸出総額も減少している。また、ベトナムを拠点とする IUU 漁業の問題に加えて、ベトナム領海内で違法操業している他国船舶の摘発も課題となっている。

船舶自動識別システム(AIS)と SAR の情報を比較することで、AIS を搭載しなければいけないサイズの船舶にも関わらず AIS データを発信していない船舶、すなわち、不審船を検出することが可能となる。加えて、コンステレーションシステム導入により、連続した海洋監視による IUU 漁船・船舶の発見、追跡が可能となる。

また、海洋汚染(プラスチック、油等)、沿岸環境、マングローブ、サンゴ、底質のモニタリングにおいて、コンステレーションシステムが導入されることにより、均質なデータを継続的に収集することにより、水質汚染等の長期的な推移の分析を容易にさせることが想定される(受益者:MONRE、Institute of Marine Geology and Geophysics、MARD、ベトナム国家大学)。また、事故による海洋への原油流出や、赤潮/有害藻類ブルームの発生など、光学衛星により海色から検知できる緊急性の高い海洋汚染モニタリングにおける効果も期待される(受益者:漁業局、MONRE ほか)。

# 8.3.5. 都市インフラ、その他への裨益効果

ホーチミンをはじめメコンデルタでは、地下水のくみ上げにより地盤沈下が生じている。過去 25 年間で、 デルタは平均で約 18cm 沈下し、沈下は過去数十年で徐々に増加しており、現在最も高い沈下率を示して

https://reliefweb.int/map/viet-nam/satellite-detected-waters-ha-tinh-province-viet-nam-15-october-2020-imagery-analysis-15 2022 年 2 月 25 日閲覧。

<sup>423</sup> https://sentinel-asia.org/EO/2020/article20201007VN.html 2022 年 2 月 25 日閲覧。

いる。現在の平均沈下率は年間 1.1cm であり、年間 2.5 cm を超える地域もある 424。地盤沈下により都市インフラが損壊するリスクがある。ホーチミン市環境局ではリモセンによる地盤沈下、海岸線の変化のモニタリングを計画している。SAR のデータからは、地盤沈下や斜面変動などの地表面の変位を計測することが可能であり、加えて衛星コンステレーションシステムにより損壊リスクのあるインフラをモニタリングすることで、現地調査にともなうコストの削減が期待される。継続したモニタリングが可能になることで、適切なタイミングで構造物のメンテナンスを行うことができる。

<u>また、ホーチミン市 GIS センターは、都市モニタリングのために定期的かつ継続的な画像(3 か月、6 か月)を用意することが望ましく、許可されていない違法な建設工事を監視するためには、可能な限り短いサイクル(1 週間)でのモニタリングを求めている(解像度 0.2~0.6m、遅延 1~2 週間以内)。</u> 衛星コンステレーションシステム導入による、上記以外の裨益効果として、以下が挙げられる。

- ●陸水域(湖沼、河川、貯水池、潟等)の汚染モニタリング(受益者: MONRE、MARD)
- サプライチェーンにおける物流のモニタリング(受益者:食品組合、港湾組合、貨物フォワーダー組合)

加えて、我が国の産業に対する直接的な裨益として、日本の地球観測衛星製造業者および衛星打上げ事業者が受注する事による経済波及効果が先ず挙げられるが、その他にも日越の人材交流に基づく様々な社会的効果が潜在している。

## 8.4. 直接的裨益効果(民間セクター)

地球規模の気候変動が急速に進み、COVID-19 の大流行など予期せぬ社会的・経済的ストレス要因が 発生する時代において、ベトナムの人々にとって効率性、接続性、持続性は、食料と経済の安全保障を確 保するために不可欠な要素となっている。地球観測衛星が開発され、安価に利用できるようになり、さらに、 農村部と都市部の人口の 99%が電気にアクセスできるようになれば 425、市民と民間企業は、環境と経済 の苦難の中で自活できるだけでなく、既存の産業能力を伸ばし続け、生活の質を改善するための革新的解 決策を受け入れることができるようになる。

### 8.4.1. 農業分野

農業はベトナムの GDP の 17%を占め、年間 125 億米ドルの輸出を生み出し、国土面積の 35%にあたる 1,020 万ヘクタールを占めており、ベトナムの経済・社会的アイデンティティの重要な部分を占めている。また、国内で消費される食料の 71%は零細農家で生産されており、地球観測衛星データの活用により創出される可能性のあるサービスのエンドユーザとして、個人事業主や農場主が重要な位置を占めている 426

ベトナムの技術インフラについては、農業世帯の 90%が携帯電話を所有し、4G 技術の導入後 2 年間で 1,300 万人以上のユーザが契約し、地方に住む農民が種子、飼料、農薬、農業機械、財政のモニタリング

<sup>424</sup> https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6192430/ 2022 年 2 月 25 日閲覧。

<sup>&</sup>lt;sup>425</sup> The World Bank, "Access to Electricity (% of Population) | Viet Nam"; the World Bank, "World Development Indicators."

<sup>426 &</sup>quot;Digital Agriculture Profile – Viet Nam", Burra, D.; Hildebrand, J.; Giles, J.; Nguyen, T.; Hasiner, E.; Schroeder, K.; Treguer, D.; Juergenliemk, A.; Horst, A.; Jarvis, A.; Kropff, W. (2021) Digital Agriculture Profile: Viet Nam. Rome (Italy): FAO. 22 p.

など、デジタル農業のアプリケーションにアクセスできるという調査結果がある <sup>427</sup>。 ベトナム政府は、この 強力な技術インフラとコミュニティの携帯電話への高い利用率を活用し、民間企業や市民が携帯電話で直 接データにアクセスできるように衛星データを公開することを推奨する。

図表 8.4.1 エンドユーザのための地球観測データの普及に関する提言



- •3~5日毎にEOデータを受領
- ICT提供者とのデータ共有体制を構築
- 農業従事者がアクセスし易いオンラインサービスを構築
- エンドユーザーのニーズに則した様々な測定基準を用いたデータ分析を行う
- ICT提供者のサービスへの毎月の料金支払い
- 気候変動やその他の外部阻害要因の軽減に向けたデータの活用

出典:調査チーム

民間農家がデータにアクセスすることで、干ばつ・洪水、浸食、塩分濃度の上昇、汚染、藻類の発生、害虫の移動、作物の病気の蔓延、施肥と窒素濃度、その他健全な作物の育成を脅かすものに関して、より適切な情報に基づいた意思決定ができるようになり、彼らに社会・経済的な直接的裨益をもたらすことができる。民間企業の参加によってこれを可能にすることで、新たな雇用、税収の向上のほか、政府や国民に利益をもたらす技術革新を生み出し、さらなる経済効果が期待できる。

#### 8.4.2. 水產 - 養殖分野

ベトナムの水産・養殖業は世界第 4 位の生産量を誇り、世界経済にとって欠かせない存在である。現地では 240 万世帯が水産・養殖分野に携わっており、そのうち 90%が 3 ha 以下の土地しか所有していない 428 ため、家族経営の小規模な業者が水産・養殖業における大きなエンドユーザグループであると同時に、気候変動の影響に対して最も脆弱なグループの 1 つとなっている。実際、カインホア省の農家へのインタビューによると、人々は自分たちの最大の経済的脅威を「巨大な嵐の増加、温暖化、気象予測の困難さ」と認識しており、これらの問題により、養殖網の損傷、魚の病気のリスクの増加、干ばつや大雨の時期の変動が起きている 429。

<sup>&</sup>lt;sup>427</sup> "Digital Agriculture Profile – Viet Nam", Burra, D.; Hildebrand, J.; Giles, J.; Nguyen, T.; Hasiner, E.; Schroeder, K.; Treguer, D.; Juergenliemk, A.; Horst, A.; Jarvis, A.; Kropff, W. (2021) Digital Agriculture Profile: Viet Nam. Rome (Italy): FAO. 22 p.

<sup>&</sup>lt;sup>428</sup>「ベトナムにおける水産・養殖分野への気候変動のインパクト: 現地知見のレビュー」, Johnson, A.; Hung, P.Q.著 (2020 年)、 Aquaculture Asia Magazine

<sup>429 &</sup>quot;Impacts of climate change on aquaculture in Vietnam: A review of local knowledge", Johnson, A.; Hung, P.Q.; (2020) Aquaculture Asia Magazine.

気候変動に適応するために、より深い池の建設や温度変動を避けるための屋内施設への養殖場の移動、陸上の屋根付きの池を活用したエビの温暖化への順応化、エビの消化管疾患を防ぐためのバイオフロック養殖システムの導入など、構造変化を行い、生存率を 50%から 70-90%に高めている農家もある 430。しかし、これらの混合養殖法は、運営費用とリスクが高く、小規模な生産者には経済的な障壁となっている。 EO データを活用した携帯サービスは、農家にとって気候変動に対応するための経済的な障壁を取り除く最も身近な解決策であると同時に、大規模な生産者にとっても、生産改善に有益である。

洋上の養殖網や養殖カゴの最適な設置場所を特定し、激しい嵐の際の被害を回避したり、まだ使われていない海洋スペースを新たな養殖場に活用したり、葉緑素や浮遊粒子状物質(SPM)の感知による藻類の発生や侵食の回避、水温モニタリングなど、水産・養殖分野での衛星データ活用の利点は大きい。民間企業や人々が衛星データにアクセスし、それらを分析できるようなサービスを作ることで、農場は環境ストレス要因に迅速に対応し、収穫を増大させることができるようになる。以前のインタビューでは、農家は競合を恐れて近隣の農家と適応策を共有したがらなかったが、今回のインタビューでは、政府が主催する新しい技術や適応策を学ぶための勉強会参加に農家が同意していることが分かった 431。

農民が利用できる民間のデータ解析サービスや、主要なエンドユーザを対象とした研修や啓発ワークショップの推進を提案する。

## 8.4.3. 林業分野

ベトナムには 1,450 万ヘクタールの森林があり、木材加工はベトナムの主要な輸出産業の 1 つとなっている。50万人以上の国内雇用を生み出しているほか、林業は気候変動や COVID-19の大流行によって影響を受ける環境セクターの一翼も担っている。林業の輸出による歳入は、2004年から 2019年にかけて 90億米ドル増加し、2019年時点で 966社の海外直接投資(FDI)により、60億米ドルの投資を受けている。ベトナムの農業・農村開発省(MARD)によると、2019年には約 2,600万立方メートルの地元木材が 1,300万トンの木材チップに変換され、そのほとんどが中国と日本の製紙用に輸出された 432。しかし、干ばつと雨季が長期化するという不規則な天候が増え、森林火災や、害虫の侵入、塩水侵入のリスクが高まっている。

木材産業以外では、沿岸保護林面積の 86%を占めるマングローブ林は、防風林の役割を果たし、土地を砂漠化から守ることによって、気候変動対策としての重要な役割を担っている。しかしながら、ある調査によると、養殖を主な収入源としている6つの村の情報提供者の76%が、マングローブ林喪失の主な原因として、養殖への転換を挙げている。これらの情報提供者のうち、29%の人と10人中8人の政府関係者が、マングローブ林の減少の原動力として貧困を挙げている。クアンニンの政府関係者は、「地元の人々はマングローブの重要性を知らず、マングローブ保護に関する政府の政策に対する認識も低い」と述べている433。

<sup>&</sup>lt;sup>430</sup> "Impacts of climate change on aquaculture in Vietnam: A review of local knowledge", Johnson, A.; Hung, P.Q.; (2020) Aquaculture Asia Magazine.

<sup>&</sup>lt;sup>431</sup> "Impacts of climate change on aquaculture in Vietnam: A review of local knowledge", Johnson, A.; Hung, P.Q.; (2020) Aquaculture Asia Magazine.

<sup>&</sup>lt;sup>432</sup> "Vietnam Wood Processing Industry", Vo, K.; Nguyen, L.; (2020) United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service.

<sup>&</sup>lt;sup>433</sup> "The Effectiveness of Financial Incentives for Addressing Mangrove Loss in Northern Vietnam", Pham. T., et. al; (2022) Frontiers in Forests and Global Change.

EO データを利用することで、木材伐採会社は森林火災のリスクが高い地域を割り出すことで、伐採する地域や苗床の設置場所を最適化し、貴重な資源の損失を防ぐことができるため、ベトナムの経済や森林保護に直接的に貢献することができる。また EO データは、地滑り、害虫、病気など、操業の妨げとなるその他のリスクに対応するために不可欠なリアルタイムの情報を提供できる。

持続可能性の観点から、EO データは、違法な伐採や除去をマッピングすることで、内陸部や沿岸部の森林を保護する取り組みにも利用することができる。森林のリアルタイムデータがあれば、農業や養殖業に依存するコミュニティが、どこで農業や養殖業を展開すべきかをよりよく計画することもできる。マングローブ林への EO データの利用は、公教育や民間企業による経済活動を通じて、地域社会がマングローブ林を維持することの重要性を理解するための重要なツールにもなり得る。

#### 8.5. 間接的裨益効果(マクロレベル分析)

マクロレベル分析では、以下のような形で得られた情報を基にして行う:

(1)既存の文献、政策、マスタープランのレビュー

対象分野におけるベトナムの現状と課題を幅広く調査するため、国際機関の統計データを分析し、政府のサイトからマスタープランや政策計画(国家戦略など)を収集した。また、特に ASEAN 地域の衛星利用に焦点を当てた関連出版物や研究論文を調査した。

#### (2)関係省庁や民間機関へのインタビュー

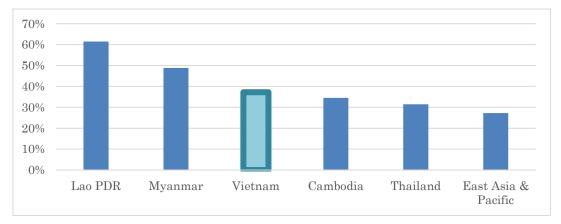
8.3 章で述べたように、MONRE、MARD、ホーチミン市応用 GIS センター(HCMGIS)、RYNAN Technologies Vietnam Joint Stock 社 などの機関へインタビューを実施した。また、上記文献調査によって得られた情報を検証するために、これらのインタビュー結果を分析し、以下にまとめるマクロレベルの便益の一部として組み込んだ。

## 8.5.1. 国家レベル

世界銀行によると、2020年現在、ベトナムの農林水産業の GDP に対する付加価値の寄与度は 14.85% である 434。工業や製造業と比較すると、GDP への貢献度は低いものの、ベトナムの経済発展において、図表 8.5.1.a に示すように、人口の約 37%が農業に依存しており、地域平均の 27%より高いことからも、農業は重要な役割を担っていることがわかる。

.

<sup>434</sup> World Development Indicators, The World Bank, 2022



図表 8.5.1.a 2019年の農業の雇用者数(全雇用者数に占める割合)

出典: "World Development Indicators" (世界銀行、2022年)の情報を基に調査チーム作成

ベトナム最大の農業地帯であるメコンデルタ地域は、150 万へクタールの水田を有し、ベトナムの米生産の50%を担っている。しかし、この10年間で130万人以上の人口が流出し、大きな転換期を迎えている。この間、メコンデルタプラン2013、農業構造改革プラン2013、ベトナム開発報告書2016で示された「More from Less」アプローチ、MARD 持続的農業開発のための包括的プログラムなど、農村住民の生活と社会経済状況を改善するための政府のイニシアティブや戦略がいくつか打ち出されている。しかしながら、地域として依然として大きな課題を抱えているのが現状である。

メコンデルタ地域が社会経済発展のために直面している最大の問題のひとつは、自然災害の多発である。ベトナムは世界で最も災害の多い国の一つであり、人口の約 70%が 3440km に及ぶ沿岸部に住んでおり、 洪水などの自然災害に対して非常に脆弱である。このような自然災害による経済損失は、過去 30 年間でベトナムの GDP の 1~1.5%を占めていると推定されている。気候変動がもたらす悪影響が急速に拡大すれば、今後 10 年間で経済への打撃はさらに大きくなる可能性がある。

このような背景から、宇宙技術の導入や衛星データの有効活用は、農業技術(AgTech)としての直接的な利用だけでなく、ベトナムの自然災害や気候変動の影響を約10%(GDPの0.15%)軽減するなど、社会経済の発展に寄与することが期待できる435。

以下の図表 8.5.1.b は、今後のベトナムにおける農業セクターの改善と、自然災害への耐性を高めるための中央政府レベルのプログラムやマスタープランをまとめたものである。

-

<sup>&</sup>lt;sup>435</sup> Pham., A. T., 2017, 'Vietnam roadmap to master satellite technology', Vietnam Journal of Science, Technology, and Engineering, vol. 59, no. 1, pp. 6-9.

図表 8.5.1.b 中央政府レベルでのプログラムとマスタープラン

<b>プロガニ</b> / /		
プログラム/ マスタープラン	目的	衛星データで期待される裨益
新農村開発国家目標 プログラム 2021年-2025年	農民への支援を拡大し、農業 部門と農村経済の発展を促進 することを目的としている	✓ 農業分野でのリモートセンシングや衛星 画像利用の採用により、農業生産物の高付加 価値化や、AgTech による労働力の増強につな がるスマート農業を実現する ✓ 作物生育の不均一性を観測するための 光学データおよび SAR データの活用. ✓ SAR や光学画像に基づく干ばつの影響 やリスク分析を通じて、自然災害に関するより迅 速で信頼性の高い情報を提供し、作物生産に積 極的な対策を講じることを可能にする
土地活用に関する マスタープラン 2021年-2025年	今後 10 年間(2021-2030 年) の社会経済戦略及び今後 5 年間の社会経済開発計画を 補完することを目的としてい る。また 350 万 ha の稲作収 穫を安定させ、森林被覆率を 42~43%にすることを目標と している	✓ SAR データを活用した、違法伐採や森林伐採の多い地域の検出 ✓ SAR データおよび付随する宇宙や AI 技術を作物モニタリング、洪水防止、干ばつ解析に活用し、作物生産を安定・向上させ、食料安全保障と農業分野での経済付加価値の安定化を図る
スマートシティ開発 プラン	ベトナムでは、ホーチミンやハノ イなど約30都市でスマートシ ティプ事業が実施されており、 技術主導の技術革新は、国内 の社会経済発展の原動力とな り得る	✓ SAR データを AI と連携させることで、通常の衛星スナップショット以上の知見を得られる可能性がある。AI と機械学習は、ゾーン計画、土地管理、災害に強いコミュニティの配置を提案するために活用できる ✓ SAR データは、環境問題や土地問題に積極的に対処するため、より適切な災害管理に関する軽減戦略に寄与する。地方自治体や中央省庁は、自然災害のパターンやその潜在的な影響についてより深い洞察を得ることができ、より効果的な政策を立案することができる

### (1)地域及び国際レベル

衛星データ利用による波及効果、すなわち間接的な裨益効果により、ベトナムは、災害管理および強靭化、食糧の安全保障への理解と能力の向上を通じて、地域および国際レベルでの社会経済開発にさらに 貢献できる。

#### ①国際災害チャータ

国際災害チャータは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)や欧州宇宙機関(ESA)などの宇宙機関や、宇宙システム運用会社で構成される、災害監視のための衛星画像を共同で提供する仕組みである。

2018 年にベトナムで台風 201816 号(Bebinca)が発生した際、国連宇宙部(UNOOSA)がベトナム防災庁に代わって国際災害チャータを発動した。ベトナム国防省は、衛星データへのアクセスを得ることで、

台風による洪水や土砂崩れの深刻度を把握し、集団避難や被災地への支援や資源の割り当てなど、災害の影響を最小限に抑えるための積極的な対策を講じることが可能となった。

ベトナムが災害監視のための宇宙技術を拡大することで、国際災害チャータに直接アクセスできるようになり、国際的なレベルで支援を拡大することにより、国際協力を強化できる。

#### ②センチネル・アジア

上記の国際災害チャータは、地球観測衛星を通じた緊急災害対応に関する地域連携プラットフォームであるセンチネル・アジアと連携している。センチネル・アジアの目的は、宇宙コミュニティ、国際社会、防災コミュニティが、宇宙の技術を通じて、災害の軽減と予防を含む自然災害管理に取り組むことである。

ベトナム科学技術院(VAST)もセンチネル・アジアの一員であり、地球観測衛星「VNREDSat-1」を通じてこの取り組みに貢献している。ベトナムの宇宙技術がさらに発展することで、センチネル・アジアの活動強化に大きく貢献できる。

#### 3ASEAN

ベトナムが宇宙技術を発展させることで、ASEAN 地域の防災、気候変動の防止のほか、食糧安全保

障の分野で協力し、貢献することが求められている。

2020年11月にASEAN加盟国が採択した、2021年-2025年にかけての「新防災フレームワーク」<sup>436</sup>は、災害対応・軽減における戦略的地域協力の基盤をさらに強固なものにするものである。この新しい枠組みは、2030年までの「持続可能な開発目標(SDGs)」、「気候変動に関するパリ協定」、2025年に向けての「災害管理に関するASEAN ICTロードマップ」などの世界的な合意と整合性をもっており、ベトナムが ASEAN と連携し協力することは、こうした世界規模の大きなイニシアティブに宇宙技術を活用するというベトナムの国益と一致するものである。

## 9. 環境社会配慮

## 9.1. ベトナムにおける環境社会配慮に関する法令の遵守

ベトナム国会は、2020年に改正環境保護法(No. 72/2020/QH14)を可決し、これが2022年1月1日から施行されている。旧法からの主な改正は、環境影響評価および戦略的環境影響評価の実施対象となる事業(分類)の明確化、予備的環境影響評価の導入、1つの統合された環境許可を1つの当局のみに申請、損害賠償における被告の反証義務の導入、環境監査の導入などである。

本提案事業には、新法が適用されるが、新法の詳細な条文に照らした、本件提案事業の環境社会配慮の必要については未確認である。旧法および関連法令によれば、全ての開発プロジェクトの実施にあたり、工事実施前に環境認可を取得することが義務付けられている。この認可取得のためには、まず事業主体側は、施工および供用期間中にその発生が予想される環境影響の程度に応じて、規模の大きなものでは環境影響評価報告書(EIA)、それ以下のものでは環境保全計画書(Environmental Protection Plan)のいずれかを準備・作成し、MONRE に対して環境審査を申請する必要がある。また、国家レベルや州レベルでのマスタープラン策定や社会経済開発計画等の策定やその改訂に当たっては、戦略的環境アセスメント437(SEA)の実施も義務付けられている。環境影響評価手続きに関する法令は最近では 2015 年に 2 月に公布された Decree #18/2015/ND-CP Prescribing environmental protection master plan, strategic environmental assessment, environmental impact assessment and environmental protection plan によりアップデートされた。この法令の Appendix 1 には SEA を必要とする開発計画等の種類が規定されている。また、Appendix 2 及び 3 には EIA を必要とする 113 の事業種が規定されている。これによれば、事業内容に関わらず 300 世帯以上の住民移転が生じる場合は EIA の実施が必要とされる。さらに Appendix 4 には EIA と環境保全計画書のいずれも省略できる事業タイプの例(人材育成・技術移転、放送・通信事業、個人住宅の建設、面積 500 平方メートル以下の事務所・宿泊施設の建設等)が挙げられている。

旧環境保護法及び、新法施行前に施行された執行規定は以下のとおりである。

- 1. Decree #18/2015/ND-CP Prescribing environmental protection master plan, strategic environmental assessment, environmental impact assessment and environmental protection plan(戦略環境アセスメント、EIA および環境保全計画書に関する規定)
- 2. Circular No. 27/2015/TT-BTNMT on strategic environmental assessment, environmental impact assessment, and environmental protection plans(戦略環境アセスメント、EIA および環境保全計画書の承認申請手続きに関する細則)
- 3. Circular No. 35/2015/TT-BCT on environmental protection in the industry and trade sector (商工業セクターにおける環境保全に関する規定)
- 4. Circular No. 32/2015/TT- BGTVT on environmental protection in transport infrastructure development(交通インフラセクターにおける環境保全に関する規定)
- 5. Circular No. 36/2015/TT-BTNMT on management of hazardous wastes. (廃棄物処理に関する規定)
- 6. Decree No. 19/2015/ND-CP detailing a number of articles of the Law on Environmental Protection. (環境汚染や環境破壊行為に対する賠償責任や保険加入義務についての規定)

<sup>437</sup> 戦略的環境アセスメント(Strategic Environment Assessment: SEA)は、従来の環境アセスメント(EIA)が行われる事業の実施段階より上位の段階にある政策や開発計画を対象に、環境への影響をあらかじめ予測評価し、その結果を政策等の意志決定に反映させていく手続きである。

- 7. Decree No. 03/2015/ND-CP providing the assessment of environmental damage. (環境汚染に対する賠償額の算定方法に関する規定)
- 8. Law on Environmental Protection(No. 55/2014/QH13)(2014年環境保護法)

本提案事業に国家・州レベルのマスタープラン等の策定が含まれる可能性はほとんどないため、上記法令に従って SEA の実施が求められることはまずない。また、本提案事業は既存の地上施設を活用するもので、新規建設や住民移転の発生は想定されていない。EIA や環境保全計画書、住民移転計画の作成は必要ない見込みである。

#### 9.2. JICA 環境社会配慮ガイドラインへの準拠

本提案事業が、円借款を受けて実施される場合、JICA環境社会配慮ガイドラインに準拠する。JICA環境社会配慮ガイドラインは、2022 年 1 月に旧版(2010 年版)から改訂された。新ガイドラインによれば、本改訂は「2010 年の JICA 環境社会配慮ガイドラインの施行から 10 年を経て、近年の SDGs や、気候変動の脅威に対する国際社会の対応、環境社会配慮の質の向上に資する取組を踏まえながら見直しの要否を検討したものである。改訂ガイドライン案は、世界銀行の旧セーフガードポリシーではなく現行の環境社会配慮ポリシー(2018 年策定)に準拠(大きな乖離がないこと)しており、加えて旧ガイドラインからの主な変更点・追加点としては以下がある。

- GHG(地球温暖化ガス)排出量の予測の定量化
- 構造物の設計への気候変動考慮
- リスクに応じた事業分類
- 環境社会影響に対するミティゲーション・ヒエラルキー(影響への対応の優先度の階層を、回避> 最小化>復元/緩和>オフセット/代償とする)
- 現地ステークホルダーとの意味ある協議
- 用地取得・住民移転が生ずる場合、その規模を問わない住民移転計画の作成

本事業は、JICA環境社会配慮ガイドライン上、現行の円借款事業と同じくカテゴリB(影響はカテゴリAより小さくサイトに限定的で、不可逆的影響は少なく、通常の方策で対応できる)、ないし C(環境や社会への望ましくない影響が最小限かあるいはほとんど無い)に分類されると思われる。まず本事業は、既存施設を活用するものであり、施設の新規建設を含まず、土地収用・住民移転も発生しない。コンステレーションシステムのための複数の小型衛星を事業で打ち上げる場合には、衛星および打ち上げ用ロケットの製造、打ち上げ、運用に伴う環境社会影響が生じるが、「環境や社会への重大で望ましくない影響を生じる可能性」(カテゴリ A)は低い。ガイドラインでは、カテゴリ B に分類される事業は、スコーピングの実施、IEE レベルの環境社会配慮調査、必要に応じて調査報告書の公開、必要に応じ現地ステークホルダーとの協議を行うよう相手国等に働きかける事、必要に応じ環境社会配慮助言委員会の助言を求める事等が求められる。カテゴリ C についてはこれらの必要はない。

## 9.3. 予測される環境影響

新規建設工事を含まない宇宙が揮発事業について、参照すべき分野別環境チェックリストはない。提案 事業内容を検討すると、本提案事業では以下に示す環境影響が生じるリスクが認められる。

(提案事業で衛星打ち上げの場合)

- ●低軌道でのデブリ増加のリスク(現状で小さい)>緩和策(低軌道デブリ増加リスク、関連する国内法制度、 国際的枠組みのモニタリング)、
- ●製造過程も含めた打ち上げによる炭素排出
- ●地上からの天体観測に対する光汚染

(衛星コンステレーション活用がもたらす意図されない負の影響のリスク)

●領海・公海・国境地域のモニタリングによる国際関係への影響

## 10. ファイナンススキーム

## 10.1. 概要

本調査の結果、日本の調査チームが VNSC に提示するオプションは、小型衛星打ち上げ及びその運用も含めすべてベトナム政府(VNSC)が自ら行うもの(オプション 1)と、一部民間サービスを利用(購入)するもの(オプション 2 及び 3)に分けられる(詳細は次章参照)。後者の民間活用部分について VNSC が利用可能なファイナンススキームは通常の商業ベースのものしか見当たらないため <sup>438</sup>、本章においてはベトナム政府が自ら行う部分のうち、ベトナム政府予算で賄うことが出来ない資金に対する、公的ファイナンススキームの検討を行う。

最も条件が有利なファイナンススキームが、日本(JICA)、世界銀行及び ADB を中心とした開発パートナーからの融資である。この融資で賄えない資金については、設備・機器等を提供(輸出)する企業に対する各国のファイナンススキームの利用がある。以下では、代表例として日本政府によるファイナンススキームについて述べる。

## 10.2. 円借款

## 10.2.1. 円借款の概要と近年の動向

ベトナムに対し、日本政府が国際協力機構を通じて供与する円借款は、世界銀行及びアジア開発銀行 (ADB)と肩を並べる最大の資金協力となっている。また融資条件は他と比べても遜色なく極めて譲許的であり、現時点での供与条件は図表 10.2.1.a の通りである。ベトナムは低・中所得国なので、例えば一般条件の固定金利で、金利 1.2%/年、償還期間 30 年、うち据置期間 10 年である。また STEP(本邦技術活用条件:金利 0.1%/年、償還期間 40 年、うち据置期間 10 年)の適用対象国である。

過去 10 年の円借款承諾実績を図表 10.2.1.b に示す <sup>439</sup>。2010 年代半ばまで年間 1,000 億円台後半の承諾が続いていたが、2017 年度より急激に低下し、2018 年度及び 2019 年度はゼロとなった。これは次に述べるベトナム政府の公的債務管理厳格化政策によるもので、円借款のみならず世界銀行、アジア開発銀行など他の開発パートナーの融資も同様の影響を受けている。ようやく 2020 年度より承諾が再開されたが、承諾規模は依然限定的である。

<sup>438</sup> 既往の公的なファイナンススキームは、設備や機器が対象である。それらの設置や立ち上げに付随する場合はサービスも対象となるが、オプション 2 及び 3 で購入するサービスは、運用を終えるまでの長期間に亘って支出が必要なものである。

<sup>&</sup>lt;sup>439</sup> 実施中の「衛星情報の活用による災害・気候変動対策事業(I)」は 2011 年 11 月 2 日に借款契約が結ばれ、承諾額は 72 億 2,700 万円で、STEP 条件が適用されている。

図表 10.2.1.a 円借款供与条件表(抜粋)

所得階層	一人当たり GNI (2019 年)	条件	適用金利	基準/ オプション	金利 (%)	償還期間 (年)	うち据置期間 (年)	調達条件
LDC又は貧困国	(US\$ 1,035 以下)			【省略】				アンタイド
				基準	0.25	30	10	アンタイド
		ハイスペック (注 2)	固定金利	オプション1	0.20	25	7	
				オプション 2	0.15	20	6	
				オプション3	0.10	15	5	
				長期オプション	TORF+40bp	40	10	
			変動金利	基準	TORF+30bp	30	10	
			(注4)	オプション 1	TORF+25bp	25	7	
		優先条件	(/_ 4/	オプション 2	TORF+20bp	20	6	
		(注3)		オプション 3	TORF+15bp	15	5	
		(/= 3)		基準	0.60	30	10	
低・中所得国	US\$ 1,036以上 US\$ 4,045以下		固定金利	オプション 1	0.50	25	7	
图 小川4国				オプション 2	0.35	20	6	
				オプション 3	0.20	15	5	
		一般条件	変動金利	長期オプション	TORF+50bp	40	10	
				基準	TORF+40bp	30	10	
				オプション1	TORF+35bp	25	7	
				オプション 2	TORF+30bp	20	6	
				オプション 3	TORF+25bp	15	5	
			固定金利	基準	0.70	30	10	
				オプション 1	0.60	25	7	
				オプション 2	0.45	20	6	
				オプション 3	0.30	15	5	
中進国以上	US\$ 4,046 以上			【省略				アンタイド
STEP (注 5)		T	固定金利	基準	0.10	40	10	タイド
コンサルティングサービス		金利は 0.01%とし、償還期間及び据置期間並びに調達条件は本体部分と同様とする。						
プログラム借款オプション		協調融資の場合は譲許性を確保しつつ、協調融資先の償還期間と同一にすることができる。					できる。	

https://www.jica.go.jp/activities/schemes/finance\_co/about/standard/index.html より抜粋

- (注 1)LDC かつ貧困国は分野にかかわらず 0.01%、40 年(10 年)を適用。LDC かつ貧困国から上位の所得階層に移行する際は、直ちに適用金利を変更せず、3年間の移行期間を設定。
- (注 2)ハイスペック借款は、「質の高いインフラ」を推進すると特に認められるプロジェクト借款案件に適用(適用に当たっては具体的な案件毎に検討)。
- (注3)優先条件が適用されるのは、環境・気候変動分野、保健・医療分野、防災分野及び人材育成分野。
- (注 4) TORF (6 か月物) 部分のみ変動し、スプレッドは固定する Fixed Spread Loan を適用。変動金利の下限 金利は 0.1% とする。
- (注5)STEP(本邦技術活用条件)は、OECD ルール上タイド借款が供与可能な案件のうち、我が国の優れた技術やノウハウを活用するものとして途上国から本条件適用の要請があるもので、かつ我が国の事業者の有する技術やノウハウが必要かつ実質的に活かされる案件に適用。STEP 対象国は、OECD 公的輸出信用アレンジメント上タイド借款が供与可能な国。但し、LDC(国連開発計画委員会の LDC リスト掲載ページを参照)を除く。

図表 10.2.1.b 過去 10年の円借款承諾額

年度	承諾額(百万円)
2012	178,811
2013	165,593
2014	82,720
2015	192,812
2016	187,124
2017	69,831
2018	0
2019	0
2020	49,353
2021	10,813

出所: JICA ホームページから得られる情報をもとに、調査チームが作成 2021 年度については 2022 年 2 月 22 日時点の金額。

## 10.2.2. 公的債務管理の厳格化

2010 年代に入り、恒常的な財政赤字等を背景とした公的債務残高の急速な増大など財政面の課題が顕在化した。公的債務残高対 GDP 比率は、2016 年末に63.7%まで増加していた。これらを解決すべく、ベトナム政府は2016 年に「2016~2020 年までの経済再建計画(The Economic Restructuring Plan)」を策定し、①財政赤字対 GDP 比を3.5%未満、②公的債務残高対 GDP 比率65%未満、③対外債務対 GDP 比率50%未満、と各債務に上限を設定した。また、同年11月には公共投資資金の効率的管理を目的に中期公共投資計画(MTIP: Medium-Term Public Investment Plan)を策定し、2016-2020年の中央政府支出の公共投資額に上限を設け、この5年間における外国からの借入総額は約300兆ドン(約1.5兆円)を上限とした。このような背景の下、円借款を含む開発パートナーからの融資が2017年より急激に縮小した。

その後、公的債務残高対 GDP 比率は、2017 年末 61.3%、2018 年末 58.4%、2019 年末 56.1%、2020 年末 55.3%と低下した 440。昨年(2021 年)7 月、ベトナム政府は新たに 2021 年から 2025 年までの国家財政計画・公的債務の借入・返済に関する決議を制定した。その中で、公的債務残高対 GDP 比率の上限を 60%、対外債務対 GDP 比率の上限を 50%とした。

## 10.2.3. 今後の見通し

上述の通り対ベトナム円借款の規模は、公的債務管理厳格化政策により 2017 年から大きく落ち込み、2018-19年には承諾額ゼロを記録した。その後公的債務残高対 GDP 比率の低下に伴い2020年より徐々に復活してきているが、2010 年代前半の規模には遠く及ばない。このことから、ベトナム政府の対外借入に対する selective な姿勢は、今後も継続されるものと思われる。これは、世界銀行やアジア開発銀行等の他の開発パートナーにとっても、同様の状況である。

<sup>440</sup> 在ベトナム日本大使館情報。2020 年は推計。

#### 10.2.4. 円借款利用に向けての留意点

円借款を利用する際の留意点として、例えば次の項目が挙げられる。

- (1) 上述したベトナム政府の「selective な姿勢」を乗り越えるためには、良質な(効果の高い)事業である必要がある。本事業は、公的色が強く 441財務面の効果を示すのが難しいことから、多分野に亘る経済効果を可能な限り定量的かつ十分に説明するとともに、政治面での必要性も強く訴える必要がある。
- (2) 公的債務管理厳格化に伴い、追加・変更された対外借入に関する審査制度や各種手続きは「複雑」で「厳しい」ものだが、これを円滑に進める検討や準備を十分に行っておくことも重要である。新たな制度や手続きにより、大幅な遅延が生じ、ひどい場合は開始に至らずストップしてしまっている事業が数多くあると言われている。例えば、本事業のように VNSC が借入を行う場合、政府による補助は「9割以下で首相が決定」と定められており、10%以上を自己予算で賄う必要がある。これに対処するためには、衛星データを利用する各省庁からの収入等による自己資金手当ての確実性が一つのポイントである。
- (3) 日本政府及び JICA 側の視点では、実施中事業の停滞が円借款の承諾にあたりマイナスに働く可能性がある。実施中事業を円滑に進めることが重要である。一方、本事業が日本企業の質の高い技術や製品を利用する場合、日本政府が進める「質の高いインフラ投資」に該当する。従って、事業の計画において、その質や機能を踏まえ、日本製品や技術をできる限り多く盛り込むことが出来ればプラスに働く。

### 10.3. 無償資金協力、技術協力等の活用可能性

日本の技術や製品を利用する場合、円借款以外の日本の ODA スキームの活用も検討可能となる。以下、活用を検討可能なスキーム毎に述べるが、いずれも VNSC にとって支払いは不要であり、自国予算の節約及び対外借入の抑制にも繋がる。

## 10.3.1. 無償資金協力

無償資金協力は開発途上国の経済社会開発のために必要な施設整備や資機材調達を行う資金協力で、返済義務を課さないが、所得水準の低い開発途上国が主な対象であることや、規模は 10 億円程度を中心とし一部の例外を除き 30 億円程度以下、といった特徴を持つ。従って、本事業の場合、円借款に代わって事業費の相当部分を賄うのは不可能であること(一部への適用のみ検討可能)及び、順調に成長し低・中所得国に分類されるベトナムへの適用は限定的になることが総合的な留意点である。

図表 10.3.1 に過去 10 年の対ベトナム無償資金協力の実績を示す。「人材育成奨学計画」(いわゆる留学生無償)及び「ベトナムテレビ番組ソフト整備計画」(文化無償)を除くプロジェクト型の無償資金協力は、毎年実績があるわけではなく、また一事業当たりの支援規模はほぼ 10 億円台となっている、と整理される。上述の観点から、無償資金協力適用の可能性については、各オプションの各コンポーネントの概算等を確認しつつ、適当な規模の施設整備や資機材調達があれば検討することになる。なお、現時点での概算に

.

<sup>441</sup> 例えば、少なくとも当初の顧客(サービス利用者)は、主にベトナム政府の各省庁となることが想定される。

おいては、「3U/6U IoT」あるいは「Next Micro Dragon」(いずれも人材育成を含む)が規模の面で検討可能である。

図表 10.3.1 過去 10 年の対ベトナム無償資金協力の実績

年度	事業名	G/A署名日	金額(億円)	年度計
2021	人材育成奨学計画	2021/12/24	6.54	6.54
2020	人材育成奨学計画	2020/10/26	7.74	7.74
	ホーチミン市非開削下水道管路更生計画	2020/2/21	18.82	
	農業・水産食品の安全確保のための検査・			
2019	農産食品品質コンサルティングセンター能	2019/10/17	12.04	38.31
	力強化計画			
	人材育成奨学計画	2019/7/31	7.45	
2018	人材育成奨学計画	2018/7/17	7.45	7.45
	人材育成奨学計画	2017/7/11	7.41	
	人材育成奨学計画 (三年型)	2017/7/11	3.43	
2017	水に関連する災害管理情報システムを用い			29.28
	た緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理	2017/8/10	18.44	
	計画			
2016	人材育成奨学計画	2016/6/30	3.90	3.90
	ハイフォン市アンズオン浄水場改善計画	2016/2/26	21.96	
2015	ホイアン市日本橋地域水質改善計画	2015/12/21	11.10	36.60
	人材育成奨学計画	2015/8/10	3.54	
2014	人材育成奨学計画	2014/8/1	3.53	4.02
2014	ベトナムテレビ番組ソフト整備計画	2014/4/11	0.49	4.02
2013	人材育成奨学計画	2013/7/18	3.24	3.24
2012	第二次中部地方橋梁改修計画	2012/5/8	7.49	7.49
	2021 2020 2019 2018 2017 2016 2015 2014 2013	2021   人材育成奨学計画	2021	2021   人材育成奨学計画   2021/12/24   6.54   2020   人材育成奨学計画   2020/10/26   7.74   ホーチミン市非開削下水道管路更生計画   2020/2/21   18.82   農業・水産食品の安全確保のための検査・   2019/10/17   12.04   力強化計画   人材育成奨学計画   2018/7/31   7.45   2018   人材育成奨学計画   2018/7/17   7.45   人材育成奨学計画   2017/7/11   7.41   人材育成奨学計画   2017/7/11   3.43   7.45   2017   水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理   2017/8/10   18.44   計画   2016   人材育成奨学計画   2016/6/30   3.90   2015   ホイアン市日本橋地域水質改善計画   2015/12/21   11.10   人材育成奨学計画   2015/8/10   3.54   2014   人材育成奨学計画   2014/8/1   3.53   2014   2013   人材育成奨学計画   2014/8/1   3.53   2013   人材育成奨学計画   2014/4/11   0.49   2013   人材育成奨学計画   2013/7/18   3.24   2013   2013

(出所)JICAホームページ情報より調査チームが作成

(注)2021年度については2022年2月22日検索時点の数値。

但し、以上の点に加え、実施中事業に対し(無償を飛び越して)すでに円借款を供与していること、所得水準の低い開発途上国が主な対象である無償資金協力で高度な資機材を調達することの是非、及び有償と無償を合わせた協力自体が例外であることも踏まえた、日本政府及び JICA の判断となる。

#### 10.3.2. 技術協力

日本での研修(招聘を含む)やベトナムへの専門家派遣等のコンポーネントがある場合、適用の余地がないか検討する。現時点での概算内訳では「Data Utilization Capacity Development」(12 億円)に可能性があると思われるが、詳細を確認する必要がある。なお、「 $3U/6U\ IoT$ 」及び「6U/VDS」コンポーネントは、実施中事業に倣って人材育成も含めた調達が考えられている。

なお、無償資金協力と同様、実施中事業に対しすでに円借款で対応している点 442についての日本政府 及び JICA の判断が必要となる。

## 10.3.3. 協力準備調査

ベトナム政府が円借款を要請し、日本政府が検討することになった場合、JICA が協力準備調査にて F/S を作成することが可能となる。

### 10.4. 日本企業向けファイナンススキーム

#### 10.4.1. 国際協力銀行(JBIC)輸出信用

円借款を含む開発パートナーの融資を利用せず(或いは利用できず)、日本から設備等の輸入や技術の受入れを行う場合には、国際協力銀行(JBIC)が輸入者(本事業では VNSC)に必要な資金を直接融資する輸出信用(バイヤーズ・クレジット)を利用することが出来る。融資割合は原則上限 6 割で 443、金利や償還期間は円借款よりも劣る。また円借款と同様に、公的債務及び対外借入にカウントされることに変わりはない。なお、JBIC のような輸出信用機関(ECA: Export Credit Agency)はいくつかの先進国にもあり、輸出者の国に存在すれば同様のファイナンスを受けることが出来る。

## 10.4.2. 貿易保険

日本企業が行う海外取引(輸出・投資・融資)の輸出不能や代金回収不能をカバーする保険で、日本貿易保険が提供する。輸出者(受注者)が必要に応じ加入する保険であり、輸入者(VNSC)が直接負担するものではないが、受注金額に影響する場合がある。

## 10.4.3. その他

本事業には直接関係しないが、日本政府は「宇宙産業ビジョン 2030~第 4 次産業革命下の宇宙利用創造」(2017年5月29日 内閣府宇宙政策委員会)にて、「新たな宇宙ベンチャー企業を育て、産業育成・拡大の好循環を生み出すため」、「民間ベンチャーキャピタルや事業者の宇宙分野向けのリスクマネー供給が拡大するよう環境整備を行うことが必要」とし、「日本政策投資銀行(DBJ)、産業革新機構(INCJ)等の政府系金融機関や官民ファンドの参画」も促すとしている。

#### 10.5. 民間投資及び PPP (官民連携事業) の可能性

開発途上国のインフラ事業(運輸、電力、水道など)においては、政府予算や対外借入でのファイナンスに加え、PPPを含めた民間投資活用の可能性を検討することも少なくないが、本事業については、宇宙・衛星分野の特殊性も影響して、以下の通り検討対象から外れる。

<sup>442</sup> 実施中事業の人材育成部分について、大部分は円借款で賄ったが、36 名の日本の大学への留学(修士課程)については、 技術協力(有償勘定技術支援)で対応した。

<sup>443</sup> 残りの部分は、通常商業銀行との協調融資で対応する。

- (1) 運輸、電力、水道などのインフラ事業の場合、必要な施設は当該国に設置され、そのサービスを 同国内に提供するのが一般的である。一方、宇宙・衛星事業については、主要施設である衛星が地球を 周回するため、その打ち上げ場所は当該国でなくてよく、またそのサービスは主に電子化された情報の形 で、当該国のみならず世界各国に提供可能である。
- (2) この特殊性により、すでに先進国企業を中心に民間による多種多様なビジネスが展開されており、ベトナムにおいてもそのサービスを利用(購入)可能である。
- (3) 一方、他のインフラ事業であるようにベトナムへの民間投資呼び込みを行っても、本事業は公的 色が強く収益を見込むのが難しいため、その実現は困難と思われる。
- (4) また PPP については、2020 年 6 月に制定された「官民連携パートナーシップ(PPP)による投資に関する法律(PPP 法)」が PPP 投資の分野を制限しており 444、宇宙・衛星分野は対象外となっている。

## 10.6. 結論

ベトナム政府(VNSC)が、自らの予算で事業費を賄うことが出来ない場合を想定して検討した。整理すると、次の通りである。

- (1) ベトナム政府(VNSC)が自ら行う部分については、条件の良い円借款利用が望ましいと考えられる。しかしながらこの借入を実現するためには、10.2.4.に留意点として述べた通り、ベトナム側の公的債務管理厳格化や日本側における実施中事業の大幅遅延に伴った懸念等の課題を克服していく必要がある。
- (2) オプション 2 及び 3 にある民間サービスを活用する部分については、利用可能なファイナンススキームは現時点では通常の商業ベースのものしか見当たらないため、自らの予算を確保することが望ましい。概算では、両オプションとも年間数億円~数十億円を必要としている。

190

-

<sup>444</sup> 対象分野は、(1)交通運輸、(2)発電所・送電線(水力発電および電力法による国の独占案件を除く)、(3)灌漑、上下水道、 排水・廃棄物処理、(4)医療、教育・訓練、(5)情報通信インフラ、の5分野。

## 11. ロードマップの提案とまとめ

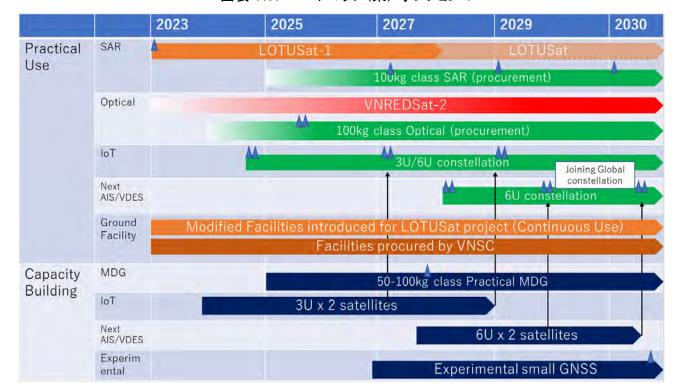
前章までの調査結果を踏まえ、ベトナムの社会課題の解決、宇宙技術利用ニーズの変化、活用できる新 しい宇宙技術、ベトナムの社会経済への適応による裨益効果等を総合的に踏まえ、以下のような3つのロ ードマップオプションを提示した。

オプションの共通提案部分としては、これまでのベトナムへの我が国としての協力活動との連続性を重視し、第6章で記述の通り、VNSCとLOTUSatプロジェクトで整備される地上局を改修して既存の地上インフラを活用し、衛星運用していくことを基本とし、宇宙活動の黎明期となりつつあるベトナムにおいて宇宙技術人材育成が最重要課題となりつつある現状を踏まえ、我が国が提供するキャパビルで Next MDG を開発製造、IoT 衛星と Next AIS/VDES 衛星をそれぞれ 1 機、もしくは 2 機開発製造する他、ベトナムの新しい宇宙戦略の自立した GNSS 能力の構築に向けた第一歩として、小型 GNSS 実験衛星(GNSS 信号認証実験)を開発製造することを提案した。

#### 11.1. オプション1

オプション 1 として提案したのは、ベトナムが 100kg 級の小型衛星を複数機調達し、コンステレーションとして運用する案であり、共通提案の他に、2030 年までに 100kg 級 SAR 衛星 3 機、100kg 級光学衛星 2 機(オプション)を調達する提案と、IoT 衛星と Next AIS/VDES 衛星をそれぞれ 4 機調達(日越で製造した各 2 機と併せて運用)する提案を盛り込んだものである。

オプション 1 では、利点として 100kg 級の小型衛星を、①自国で運用できる、②自国でタスキング・撮像・データダウンリンクができるというものがある一方、他のオプションに比べて、①コストがかかる、②運用含めてランニングコストも高い、③所有衛星が撮像したデータしか入手できない、といったデメリットもあり、10章で整理した活用できるファイナンススキームの更なる検討の結果を踏まえて適用の可能性を進める必要がある。



図表 11.1 ロードマップ(案)-オプション 1

## 11.2. オプション2

オプション 2 として提案したのは、ベトナムが 100kg 級 SAR 衛星コンステ事業者、100kg 級光学衛星コンステ事業者の構築するコンステレーション衛星計画にバーチャルコンステレーションの一員として参加するというもので、例えば、それぞれのコンステ事業者の構成衛星の 1 機分相当の撮像権をコンステレーションデータライセンス購入(撮像権の具体的条件はネゴによる。例えば、ベトナム国内のみ、どの程度のボリュームかなど)というもので、比較的少ないコストで、ベトナム上空からの撮像機会を増やすことを可能とする提案である。また、本オプションの中では、基本提案の他に併せて、IoT 衛星と Next AIS/VDES 衛星をそれぞれ 2 機調達(日越で製造した各 2 機と併せて運用)し、3U/6U 衛星の運用機数を増やすことにより、頻度の高いデータの取得を目指すものである。

オプション 2 では、利点として 100kg 級の小型衛星の、①運用コストはかからない、②購入分の 1 機の衛星について自国でタスキング・撮像・データダウンリンクができる、③購入した 1 機分相当(入手可能なデータボリュームはネゴによる)のコンステレーションが撮像したデータが入手できる。他方、①それなりに衛星購入コストがかかる、②自国で運用できない(コンステレーション事業者がまとめて運用)、③購入分の 1 機の衛星以外は自国でダウンリンクができない、といったデメリットもあり、VNSC やベトナムの関係省庁による運用毎シーンの具体的運用・利活用方法の検討や 10 章で整理した活用できるファイナンススキームの適用範囲の精査を踏まえて選択する必要がある。

2023 2025 2027 2030 2029 SAR Practical LOTUSat LOTUSat-1 Use 100kg class SAR (Virtual Constellation) Optical VNREDSat-2 100kg class Optical (Virtual Constellation) loT 3U/6U constellation Joining Global constellation Next AIS/VDES 6U constellation Ground Modified Facilities introduced for LOTUSat project (Continuous Use) Facility Facilities procured by VNSO Capacity MDG 50-100kg class Practical MDG Building loT 3U x 2 satellites Next AIS/VDES 6U x 2 satellites Experim Experimental small GNSS ental

図表 11.2 ロードマップ(案)-オプション 2

## 11.3. オプション3

オプション 3 として提案したのは、ベトナムが衛星を運用せず、我が国や世界のコンステ事業者からデータ購入して利活用するというオプションであり、高コストの開発製造・打上げリスクを負わないというものである。他方、自国の衛星開発能力の向上は前述の通り、ベトナムにとって高いプライオリティになっていることから、IoT 衛星と Next AIS/VDES 衛星の開発を伴うキャパビルは共通提案部分に入っており、そこで開発された 3U/6U 衛星の利活用の促進を促すため、キャパビルによる衛星開発の他にアイデンティカルな IoT 衛星と Next AIS/VDES 衛星をそれぞれ 2 機調達(日越で製造した各 1 機と併せて運用)し、3U/6U の超小型衛星コンステレーションをベトナムが運用するというものを最も低コストで実現できるオプションとして提示した。

オプション 3 では、利点として、①衛星開発・運用コストがかからない、②都度必要なデータの購入(従量制)/年間定額利用(サブスクリプション)など事業者が提供するサービス契約形態が自由に選べる、といったものが考えられる。他方、①自国で衛星の運用ができない、②自国でタスキング・撮像・データダウンリンクができず、それなりに衛星購入コストがかかる、というデメリットがある。これらのデメリットは、自立した衛星開発・運用を目指す国にとっては、致命的になりかねず、そもそも 100kg 級の衛星を運用しないで衛星データを利活用するという提案は国の戦略として受け入れられない可能性がある。

2023 2025 2027 2029 2030 SAR Practical LOTUSa LOTUSat-1 Use Data purchase: 100kg class SAR Optical VNREDSat-2 loT 3U/6U constellation Joining Global constellation Next 6U constellation AIS/VDES Ground Modified Facilities introduced for LOTUSat project (Continuous Use) Facility Facilities procured by VNSC Capacity MDG 50-100kg class Practical MDG Building loT 3U x 1 satellites Next AIS/VDES 6U x 1 satellites Experim Experimental small GNSS ental

図表 11.3 ロードマップ(案)-オプション 3

## 11.4. まとめ

本調査では、JSF を中心に、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、株式会社三菱総合研究所、株式会社パデコからなるスタディチームが、ベトナムの政策・戦略、社会課題、社会経済の現状、宇宙技術のニーズ等を広く調査(デスクトップ及びインタビュー調査)し、ベトナムの新宇宙戦略実現を目指し、ベトナム政府からの要請に基づき、従来できなかった様々な新しい社会利用を実現するエコシステム構築に向けた超小型衛星コンステレーション化導入のマスタープランを策定することを目的として実施されたものである。本調査の下、ベトナムに3つのロードマップオプション(案)を含め、衛星システムのみならず、民間衛星データ利用や人材育成等も含めたハード、ソフトを輸出し、地上データ、AI、機械学習、IoTと組み合わせ、ベトナムの宇宙地理空間情報による社会課題解決・社会利用を推進するためのマスタープラン(案)を作成し、我が国の METI チームとしての提案を行った。今後、ベトナムにおいて、提案したマスタープランの実現に向け、更なる宇宙技術の社会利用の検討が進み、置かれている社会情勢やベトナム政府の現状を踏まえ、最も適切なロードマップもしくは各ロードマップをミックスしたベストミックスが選択され、実施されることを期待する。

以上

## 二次利用未承諾リスト

報告書の題名:令和3年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業(ベトナム国・社会利活用のための小型衛星コンステレーション化導入に係る調査)事業報告書

委託事業名:令和3年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業(ベトナム国・社会利活用のための小型衛星コンステレーション化導入に係る調査)

受注事業者名:一般財団法人日本宇宙フォーラム

百	図表番号	タイトル
只	<u> </u>	7-1 1.72
42	3. 2. 1. a	AxelGlobeサービス概要
46	3. 2. 1. b	小型SAR衛星2号機「イザナミ」の取得画像(東京 ドームシティ周辺)
52	3. 2. 2. a	宇宙への輸送手段とSpace BD社立ち位置(2020年 11月時点)
55	3. 2. 2. b	主な衛星搭載機器
56	3. 2. 2. c	衛星情報サービス
110	5. 1. 3. b	VNSCに依頼した質問票の内容
112	5. 1. 4. a	各機関の利用ニーズや課題
113	5. 1. 4. b	利用分野ごとのニーズと必要なスペック、および衛星 コンステレーションの有用性評価結果
114	5. 1. 4. c	図表5.1.4.bの評価理由
116	5. 1. 5. c	干ばつによる水不足と農地の荒廃の様子
117	5. 1. 5. d	干ばつへの利用事例。a) VH後方散乱係数、(b) VV後方散乱係数、(c) Landsat-8から導出された NDVI、および (d) 土地被覆データセットから抽出された草地層。
117	5. 1. 5. e	移民によるベトナム中部高原のコーヒー農園の森 林伐採
118	5. 1. 5. f	JJ-FASTのスクリーンショット。
118	5. 1. 5. g	季節性モンスーンや台風による洪水被害の様子

119 5. 1. 5. h	ベトナムの携帯通信網のカバー範囲(Vittelの場合)
119 5. 1. 5. i	洪水への利用事例
120 5. 1. 5. j	季節性モンスーンや台風による地滑り被害の様子
120 5. 1. 5. k	地滑りへの利用事例
121 5. 1. 5. 1	各国が主張する南シナ海における領有権
121 5. 1. 5. m	IUUへの利用事例
122 5. 1. 5. n	南シナ海における領有権争いや資源開発の様子
122 5. 1. 5. 0	SAR衛星による海洋構造物の検出
123 5. 1. 5. p	海に流出したオイルの様子
123 5. 1. 5. q	SAR衛星でとらえた海綿状の油膜の分布
124 5. 1. 5. r	2016年の(a)6月、(b)9月、(c)11月に Tri An貯水池で確認されたシアノバクテリアと (d)ブルームのない状況での池面の様子。
125 5. 1. 5. t	地盤沈下による建造物の損壊の様子
125 5. 1. 5. u	LDMのユーザインターフェイス
128 5. 2. 4. a	みちびきMADOCAを利用した実証実験
130 6. 1. 1. a	Store & Forwardのイメージ
131 6. 1. 1. b	ベトナムに提案するIoT衛星システム(森林火災 検知の例)
132 6. 1. 1. c	ArkEdge Space社によるIoT衛星システムの実証実験
132 6. 1. 1. d	IoT衛星システムの送受信回線仕様案
133 6. 1. 2. a	衛星AISのイメージ
134 6. 1. 2. b	ベトナムに提案するVDES衛星システム
134 6. 1. 2. c	VDES衛星システムの送受信回線仕様案

135 6.	1. 3. a	ベトナムに提案する3U/6U級 超小型通信コンステ レーションの提案
136 6. 2	2. 1. a	100kg級 小型光学衛星の外形例
137 6. 2	2. 1. b	取得画像の例
137 6. 2	2. 1. c	ベトナムに提案する100kg級光学衛星の仕様案 (暫定)
138 6. 2	2. 2. a	100kg級 小型SAR衛星の外形
138 6. 2	2. 2. b	取得画像の例
139 6. 2	2. 2. c	ベトナムに提案する100kg級SAR衛星の仕様案(サ ンプル)
140 6. 2	2. 3. a	小型地球観測コンステレーションオプション(単 機、極軌道)
140 6.2	2. 3. b	小型地球観測コンステレーションオプション(単 機、低傾斜角軌道)
141 6. 2	2. 3. c	小型地球観測コンステレーションオプション(複 数機、極軌道)
141 6. 2	2. 3. d	小型地球観測コンステレーションオプション(複 数機、低傾斜角軌道)
142 6. 2	2. 3. e	小型地球観測コンステレーションオプション(複 数機、軌道ミックス)
142 6. 2	2. 3. f	小型地球観測コンステレーションオプション (セ ンサ・軌道ミックス)
143 6. 3	3. a	超小型実験衛星による測位信号の認証実験
144 6. 4	4. 1. a	VNSC管轄既存設備の利活用(地上システム)
145 6. 4	4. 1. b	LOTUSat-1地上システムデータ利用設備(SOC)への追加 機能
146 6. 4	4. 1. c	LOTUSat-1地上システムデータ利用設備(MDUC)への追加 機能
146 6. 4	4. 1. d	ホーチミン地上局への追加機能
146 6. 4	4. 2. a	VNSC専用設備
147 6. 4	4. 2. b	R&D棟設置設備(LOTUSat-1事業による)
149 7.	1. 1	3U/6Uキャパビルイメージ
150 7.	1.2	マイクロドラゴンキャパビルイメージ

# (様式2)

151	7. 1. 3. b	データ利用キャパビルイメージ
152	7. 1. 4. a	Tellusで利用可能なデータの例
153	7. 1. 4. b	WebブラウザからVDCに接続してデータを表示させ た様子
156	7. 2. 2. a	電気電子分野における工業生産の成長(2017~ 2021)
156	7. 2. 2. b	金属加工分野における工業生産の成長(2017~ 2021)
169	8. 1	衛星利用に関する分野別ニーズとコンステレー ションの適合性
169	8. 2	裨益分析の範囲を定義するための用語
175	8. 4. 1	エンドユーザのための地球観測データの普及に関 する提言
178	8. 5. 1. a	2019年の農業の雇用者数(全雇用者数に占める割合)
179	8. 5. 1. b	中央政府レベルでのプログラムとマスタープラン
185	10. 2. 1. a	円借款供与条件表(抜粋)
186	10. 2. 1. b	過去10年の円借款承諾額
188	10. 3. 1	過去10年の対ベトナム無償資金協力の実績