

衛星地球観測コンソーシアム (CONSEO)

「提言 衛星地球観測のデジタル分野及びグリーン分野
における推進戦略に関する考え方」(サマリ版)

2024年3月18日

CONSEO事務局

1. 背景：本提言の位置づけ

2. デジタル分野及びグリーン分野における衛星地球観測の推進戦略

以下5分野の背景・動向、将来利用像・課題と対策、推進戦略を記載

- ① カーボンクレジット
- ② スマートシティ
- ③ 海洋DX
- ④ 防災DX
- ⑤ 地球デジタルツイン

別添：各分野の参考情報

1. 背景：本提言の位置づけ

本文書は、「衛星地球観測分野の全体戦略」に関するCONSEO提言(2022年度)において、目標達成のために強化すべき項目と識別された「デジタル分野及びグリーン分野との融合」に関して、CONSEOにおいて2023年度に実施した「当該分野における衛星地球観測の推進戦略」についての深堀検討結果を提言として取りまとめたものである。

【目標】

衛星地球観測を活用した多様な情報・ソリューションによる「より良い未来」として、“見通せる社会”の実現を目指す
“Envision the future”

自然・社会経済などの
将来を見通せる社会

予測しにくい変化を
迅速に見渡せる社会

AIやロボットが周囲を見通し、
自動で活動できる社会

新たな価値を
可視化する社会

2040年に我が国の衛星地球観測産業 2兆円規模を目指す

2030年

2040年

3600億円規模



2兆円規模

利用の成果がさらなる官民の投資につながるような
持続的なエコシステムの構築を目指す

目標達成のためには、直面する課題を解決し、政府主体の取組を着実に推進するだけでなく、
民需の拡大、特にグローバル展開やデジタル・グリーンなどの成長分野との融合が不可欠。

【推進戦略】

(1) 民間主体の衛星開発利用

コンステ事業、データ利用事業などの競争力強化、特にグローバル市場獲得のための取組を強化。

(2) 産学官連携で創出する新種の事業

デジタル・グリーン分野と融合した新規事業などの創出に向けた取組を強化。

(3) 政府主体の衛星開発利用

日本が強いニーズや強みを有する分野や国内外の大きな民需が期待できる分野において、差別化した研究開発・利用拡大の強化に重点的に取組む。

政府において、衛星地球観測分野の全体戦略を策定し、
様々な取組を戦略的かつ統一的に推進するための「戦略的な衛星地球観測プログラム」
を立ち上げ、産学官連携に基づき、様々な取組をスピード感を持って推進。

デジタル分野 x 衛星地球観測

各分野のDXにおける利用可能性

- 農林水産業、鉱業、建築・土木、再エネ、インフラ管理、運輸、保険・金融、不動産、広告、エンタメ、行政(防災、スマートシティ、国土管理、海洋状況把握等)等

グリーン分野 x 衛星地球観測

各分野のGXにおける利用可能性

- 再エネ(太陽光、洋上風力)、乗り物効率化(自動車、船舶、航空機等)、農林水産業、TCFD・TNFD、カーボンクレジット、スマートシティ、GHG吸排出監視、気候変動モデル等

「見通せる社会」実現への貢献、市場の拡大想定、政策的重要性の高まり、衛星地球観測の優位性、我が国の強み、我が国のプレイヤーのWill等を踏まえ、以下の5つの分野を識別し、推進戦略の深掘り検討を実施。

カーボンクレジット

2050年に数百兆円規模の成長市場。衛星データの信頼性・透明性に期待。

スマートシティ

2030年に数百兆円の成長市場。3次元地形情報、SAR観測、水資源観測など我が国が強み。

海洋DX

海洋の衛星観測は優位性があり、海洋政策上の重要性や自動航行等に向けた民生ニーズも高い。

防災DX

南海トラフ地震等や多発する風水害等への備えの重要性。SAR観測・解析技術に我が国が強み。

地球デジタルツイン

2025年にデジタルツイン市場は3兆円に。GXに不可欠な基盤であり、今後大きな成長が期待されている。

各分野について、①背景・動向、②将来利用像、③課題と対策案、④推進戦略について検討を実施。

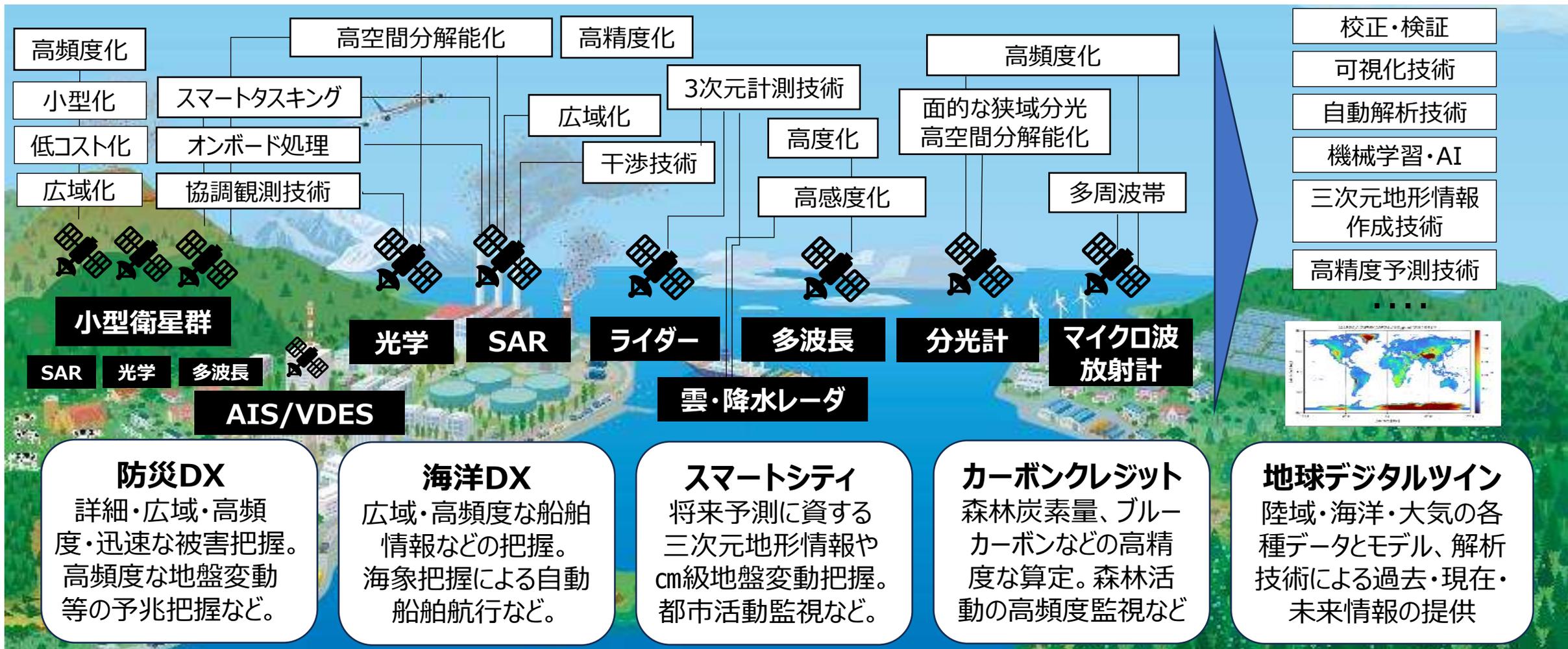
「見通せる社会」の実現、及び、衛星地球観測産業2兆円の実現を目指すため、以下に示す研究開発を推進すべき。

時間情報の拡張

空間情報の拡張

波長・周波数情報の拡張

トータルアナリシス



※主要な研究開発要素のみ抜粋。その他の要素は各分野の課題と対策を参照

「見通せる社会」の実現、及び、衛星地球観測産業2兆円の実現を目指すため、以下に示す研究開発を推進すべき。

- 基盤的な観測技術として、観測の高精度化、迅速な観測データに必要な**オンボード処理・スマートタスキング**の他、特定点の高頻度観測のための小型衛星の**小型軽量化・低コスト化**や、広域高頻度・高精度観測のための中大型衛星による観測の**広域化**などが重要である。加えて、各分野で必要となる主要な観測技術や解析技術は以下の通り。
- **カーボンクレジット**：我が国が強みを持つ**SAR観測技術**、**光学イメージャ衛星による3次元計測技術**などの観測技術や森林バイオマスなどの解析技術を高度化(高精度化、広域化、高頻度化など)。さらに、ブルーカーボンや農業由来の新しいクレジットの実現のため、**多波長センサ**や**分光計**等の観測・解析技術を高度化など。
- **スマートシティ**：より詳細かつ高頻度、迅速な都市活動の観測のための、**小型光学イメージャ衛星及び小型SAR衛星**の高分解能化・広域化。**都市デジタルツインのための高精度三次元地形情報生成技術**の高度化。植生、温室効果ガス、土壌、降水等の多様な情報を計測するための**多波長センサ・分光計**等の観測技術、地上のセンサ(IoT・ドローン等)やAIと組み合わせた**複合計測・解析技術**の高度化。
- **海洋DX**：より広域、高頻度かつ迅速な船舶動向の観測のため、我が国が強みを有する**SAR観測技術**や**電波収集技術**の高度化。気象・海象モデルの高精度化のための**マイクロ波放射計観測**・解析技術の高度化。
- **防災DX**：より詳細かつ高頻度、迅速な被害状況把握のための、**光学イメージャ衛星及びSAR衛星**の高分解能化・広域化。予兆把握に不可欠な**干渉SAR**による3次元の地盤変動計測技術。
- **地球デジタルツイン**：時空間分解能の向上や3次元観測を含む多様な観測技術を獲得することにより、陸域、大気、海洋の数値モデルの高度化に資する。**可視化技術**や**自動解析技術**ならびにAI等の地球デジタルツインからの情報抽出に係る技術開発により新たな価値情報創出も進める。

「見通せる社会」の実現、及び、衛星地球観測産業2兆円の実現を目指すため、前項の研究開発だけでなく、以下に示す社会実装や国際市場獲得のために必要な取組を推進すべき。特に、デジタル・グリーン分野における衛星地球観測利用に関するソリューション創出や導入を促進するために、政府において、以下に示す利用実証機会を強化すべき。

社会実装のための取組

- **カーボンクレジット**：衛星データに基づくクレジット算出等の実証により技術的課題をクリアした上で、J-クレジット制度事務局や民間認証機関等の方法論への衛星データ活用の盛り込みに向けて取り組む。
- **スマートシティ**：スマートシティ分野のプレーヤーと連携した、新規ソリューションを生み出すための自治体等と共同での利用実証等の取り組み。
- **防災DX・海洋DX**：政府宇宙予算や安保・経済安保予算、国土強靱化予算等を活用し、衛星観測インフラ整備や自治体等を巻き込んだ利用実証を推進。
- **地球デジタルツイン**：各種観測データをAIやモデルと融合させ、社会経済活動や気候変動対策等における意思決定や行動に必要な価値情報の提供を目指す。

国際市場獲得のための取組

- **カーボンクレジット**：グローバルな認証機関に我が国のクレジット作成手法を認証させることで、我が国の衛星データによるグローバル市場の獲得を目指す。
- **スマートシティ、防災DX**：日本が強みを有する分野(防災、三次元計測、インフラ監視、水資源等)について、重点的に国内での実証を進め、アジア開発銀行、JICA等と連携しつつ、新興国等での実証・導入を推進。
- **海洋DX**：海洋DX（船舶動向把握、航行効率化・自動化、洋上風力発電予測、漁場探索等）についての海外展開。FOIPの実現を目指し、官民連携での友好国・新興国等への展開に取り組む。

- **カーボンクレジット市場は**、2021年段階で年間20億ドル(約3000億円)の規模とされており、2050年には数百兆円規模に拡大するという予想もされている**成長市場である**。
- カーボンクレジットには、以下の種類があり、現在は企業等の排出量ネットゼロ達成(自主目標)のためのオフセット手段として活用される民間認証クレジットの需要が多い(2021年度にクレジット発行量全体の74%)。

国連・国際条約の認証クレジット

➡京都メカニズム(CDM) 二国間クレジット制度(JCM)

政府認証クレジット(各国政府の国内制度)

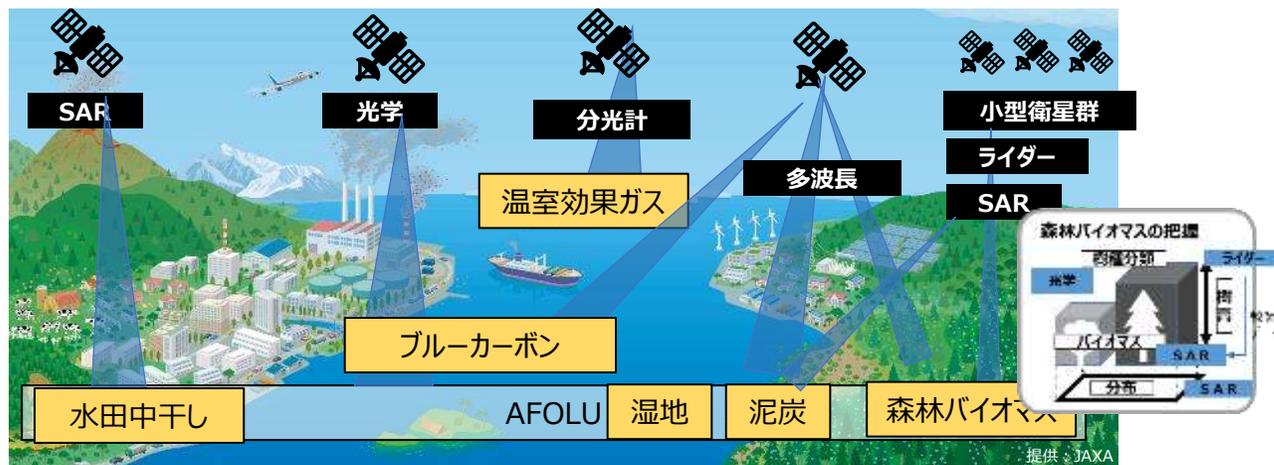
➡J-クレジットなど

民間認証クレジット(民間の国際制度)

➡VerraのVCSなど

- 技術由来(再エネ・省エネなど)と自然由来(森林保全・植林等)のクレジットがある。また、現状は、森林保全や再エネ・省エネなどの「炭素削減」クレジットが大半だが、今後は植林・森林再生やCO2回収技術などの「炭素除去」クレジットが伸びると想定されている。
- **衛星地球観測データによる信頼性・透明性が高い森林等の自然由来のクレジットへの期待が高まっており**、クレジットの発行や、認証におけるモニタリング等での衛星データの活用が期待される。
- 米国では、民間認証クレジットVCSの認証機関Verraが、衛星データを活用した森林伐採の削減や森林再生の促進などの森林プロジェクトに対するクレジットの手法を開発しているほか、クレジット仲介業者Pachamaが衛星データを活用した森林由来クレジットを飲料会社等の顧客に販売している。また、欧州では、ESAとWorld Bankが協力し、衛星データとAIを活用したカーボンクレジットの実証を進めている。
- **我が国においても、複数の事業者が衛星データを用いた自然由来クレジットの開発・実証を進めている**。
- 一方、クレジットの算定は方法論に従っており、衛星データの利用が各制度ごとの方法論の中に定められる必要がある。また、認証機関は衛星データによる検証への関心はあるが、衛星データを用いたプロダクトの精度がクレジットで活用するためには不十分であることが多く、**今後の精度向上が求められている**。

高精度なMRV（測定・報告・検証）により、質（信頼性・透明性）の高い自然由来のカーボンクレジットを創出し、我が国の経済と環境の好循環に寄与する、カーボンニュートラル社会の実現に不可欠なインフラとなる。



日本が強みを有する衛星地球観測・解析技術を発展させ、国際競争力を有する以下のような自然由来クレジットを実現。

- ① **森林由来クレジット**
 - 適切な森林管理による吸収源対策（森林経営活動・植林・再造林）など
- ② **農業由来クレジット**
 - 水稻栽培における中干し期間の延長、バイオ炭・スティムラントの利用など
- ③ **その他自然保護由来クレジット**
 - 湿地・泥炭地の炭素排出量、ブルーカーボンなど
- ④ **炭素吸排出量の直接観測によるクレジット**
 - 大気・海洋・土壌中の炭素吸排出量の直接観測など

【課題と対策案】

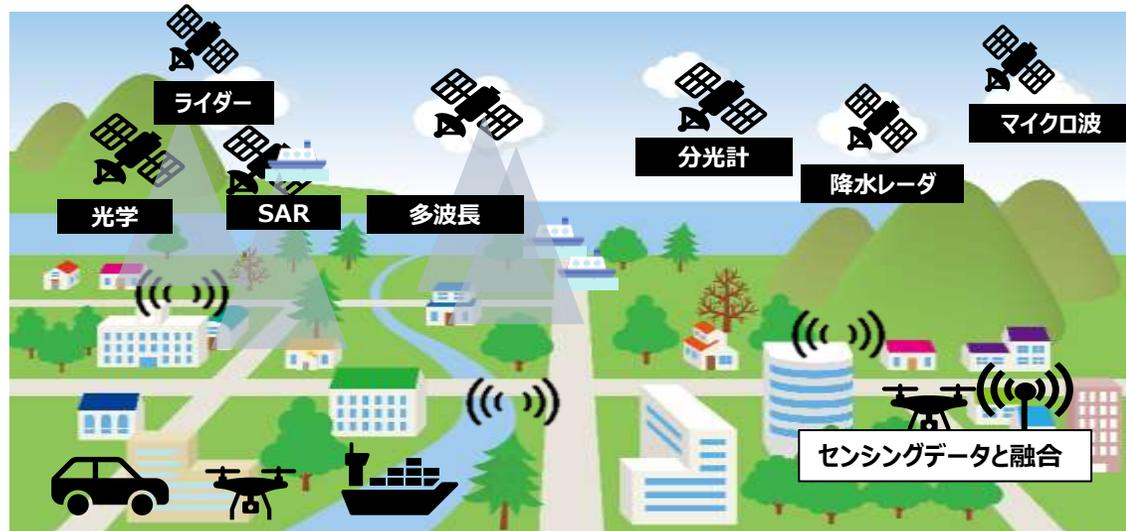
- 以下の技術的課題に対する研究開発を推進。
 - **森林の炭素吸収量推定に関する観測・モデルの精度向上**：光学、SAR、ライダー、多波長センサ等による**バイオマス推定、樹種分類による高度化**。特に高解像度光学衛星のマルチビューステレオや衛星ライダーによる**3次元地形情報作成技術の高度化、4偏波SAR観測等による高度化**。
 - 農作物の生育状況をほ場ごとに把握するための高頻度観測：光学・SAR・多波長センサ等による観測技術・解析技術の高度化
 - **新たな種類のクレジットを作成するための土壌(炭素や窒素)や海藻・海草などを計測可能なセンサ開発・解析技術の検討**
 - 大気中の温室効果ガス(CO₂、メタン、NO₂等)の高空間分解能・高頻度観測を行うための小型衛星用分光計・多波長センサ・解析技術の高度化
- 以下の非技術的課題に対する対応策を推進。
 - 左記研究開発により、カーボンクレジット作成のための手法の開発や精度向上を行うとともに、方法論改訂・新設のためのエビデンスを作成できる実証機会を増加。
 - 実証結果（論文等）を踏まえ、技術的課題をクリアしたうえで、方法論に衛星データ活用を盛り込むよう、J-クレジット制度事務局や民間認証機関等に働きかける。
 - 国際的な標準化の動きへの対応については、国内で自然由来のクレジットに関して動いている商社等と連携し、国際的な打ち込みを行う。
 - アジア開発銀行やJICA等と連携し、新興国等におけるカーボンクレジットの開発実証と手法のグローバル展開を狙う。

【取組方針】

- 大きく成長するカーボンクレジット市場において、我が国が強みを有する観測・解析技術を活用した独自のクレジットの開発実証・高精度化に取組み、国際的に我が国のクレジットの標準化等に取り組む商社等と連携し、国内外の認証機関等に働きかけ、我が国の手法のグローバルスタンダードとしての展開を目指すべき。
- **研究開発・実証機会の強化：**
 - 日本独自の競争力を有する森林由来のクレジットの実現のため、日本が強みを持つSAR観測技術、光学衛星による3次元計測技術などの観測技術や森林バイオマスなどの解析技術を高度化(高精度化、広域化、高頻度化など)。
 - ブルーカーボンや農業由来の新しいクレジットの実現のため、多波長センサや分光計等の観測・解析技術を高度化。
 - 将来的な多様なクレジットの実現を目指し、土壌の計測など新たな計測・解析手法の基盤的な研究開発を推進。
- **社会実装のための取組：**
 - 上記研究開発実証により技術的課題をクリアしたうえで、方法論に衛星データ活用を盛り込むよう、J-クレジット制度事務局や民間認証機関等に働きかける。
 - 国際的な標準化の動きへの対応については、国内で自然由来のクレジットに関して動いている商社等と連携し、国際的な打ち込みを行う。
- **国際市場獲得のための取組：**
 - 国内での実証を進めるとともに、アジア開発銀行、JICA等と連携しつつ、海外での実証を推進。
 - 上記実証の結果をグローバルな認証機関に示し、我が国のクレジット作成手法を認証させることで、我が国の衛星データ及びクレジット作成手法をグローバルスタンダードとして展開し、クレジットの作成や認証のためのモニタリング等のグローバル市場の獲得を目指す。

- 2030年の**スマートシティ市場**は、国内で約6.5兆円、**グローバルには数百兆円に拡大**すると予想されている。
- 我が国においても、毎年1500 – 2000億円規模のデジタル田園都市国家構想交付金やスーパーシティ構想等推進事業など、**スマートシティに関する様々な政策が推進**されている。
- 衛星地球観測は以下のようなスマートシティの分野において、以下のユースケースの利用が期待されている。
 - 交通/モビリティ、物流、環境、エネルギー、防災、インフラ維持管理、都市計画・整備、住宅・建設・不動産、農林水産業
 - ①都市活動や都市インフラの監視・対応と効率化、②都市計画の最適化、
③都市デジタルツインの構築・更新、④都市環境の監視、環境価値の可視化
- 欧州では、ESAが「EO4SD(Earth Observation for Sustainable Development)」という世界銀行などの国際機関と連携したプログラムにおいて、衛星データを活用したスマートシティや水資源管理に関するソリューションを開発実証し、アフリカ、南米、東南アジア等で社会実装に向けた取り組みを進めている。また、CNESとAirbusが共同で、三次元地形情報を取得する光学コンステレーションミッション「CO3D」を開発中。
- **我が国では**、我が国が強みを有するSAR観測・解析技術を活用したインフラ管理のための地盤変動のモニタリング、光学衛星画像を活用した高精度な三次元地形モデルの提供など、**国際競争力を有する民間主体事業が進められている**とともに、**衛星データの自治体等による防災利用などの社会実装が進められている**。また、開発援助機関等と連携し、我が国が強みを有する水に関連する衛星データを活用した洪水予測ソリューションなどの新興国等への導入が進められている。

都市活動・インフラや周辺環境の高頻度モニタリング、衛星データを活用した都市デジタルツイン構築などを実現し、都市活動が自動化・無人化された、レジリエントかつ環境負荷の低い、スマートシティの実現に不可欠なインフラとなる。



① 都市活動や都市インフラの監視・対応と効率化

- 防災、農林業、建設・土木、地図作成更新等のDXへの貢献

② 都市計画の最適化

- 土地利用等の把握、各種評価指標による施策の評価

③ 都市デジタルツインの構築・更新

- 自動走行等AI学習空間、各種シミュレーションによる施策検討

④ 都市環境の監視、環境価値の可視化

- 都市部の温室効果ガスの吸排出量推定、自然資本の可視化

【課題と対策案】

● 以下の技術的課題に対する研究開発を推進。

- **より詳細かつ高頻度な都市活動の観測**：小型光学イメージャ衛星及び小型SAR衛星の高分解能化などの高度化、小型軽量化・低コスト化など
- **より迅速な情報把握**：オンボード情報処理、複数衛星協調観測技術（フォーメーションフライト等）の高度化
- **ベースマップ取得の効率化**：小型光学イメージャ衛星の広域高分解能観測のための高度化、SAR衛星の広域高分解能観測のための高度化
- **干渉SARによる3次元の地盤変動情報把握の高度化・広域化**
- **都市デジタルツインのための高精度三次元地形情報生成技術の高度化**（ライダーや光学イメージャ等の光学観測技術や、データ解析技術など）
- 多様な情報の高頻度観測のための多波長センサ等によるプロダクトの高度化など
- データ解析の迅速化・高精度化、及び地上のセンサ（IoT・ドローン等）やAIと組み合わせた複合計測・解析技術の高度化のための**複合解析技術の高度化**など

● 以下の非技術的課題に対する対応策を推進。

- 官民連携による衛星観測インフラの整備・持続的な利用の実現を目指し、**政府宇宙予算やスマートシティ関連予算等を活用したインフラ整備・利用実証**に取り組むとともに、**衛星のスマートシティ利用の社会経済便益の明確化**を進める。
- 国・自治体の運用現場での適用を進めるため、**スマートシティ関連の各種施策における衛星利用のマニュアル・ガイドラインの記載に向けた働きかけ**を行う。
- スマートシティの各分野の取り組みとの積極的な融合を進めるため、衛星地球観測のできるソリューションや課題を整理し、CONSEOとして、スマートシティ側のコミュニティへの売り込みを進める。

【取組方針】

- スマートシティ関連市場の獲得を目指し、我が国が強みを有する観測・解析技術を活かした利用分野(防災、三次元地形情報、インフラ監視、水資源等)を中心とした技術の高度化に取り組むとともに、スマートシティ分野の企業等と連携し、自治体等を巻き込んだ利用実証・社会実装の取組を推進すべき。
- **研究開発・実証機会の強化：**
 - より詳細かつ高頻度、迅速な都市活動の観測のための、小型光学イメージャ衛星及び小型SAR衛星の高分解能化・広域化、オンボード処理・スマートタスキングなどの高度化、小型軽量化・低コスト化など
 - 都市デジタルツインの構築に貢献するための、干渉SARによる3次元の地盤変動計測技術、ライダーや光学イメージャを組合わせた三次元地形情報生成技術の高度化
 - 植生、温室効果ガス、土壌、降水等の多様な情報を計測するための多波長センサやレーダなどの観測技術や、地上のセンサ(IoT・ドローン等)やAIと組み合わせた複合計測・解析技術の高度化
- **社会実装のための取組：**
 - 政府宇宙予算やスマートシティ関連予算等を活用した衛星観測インフラ整備や自治体等を巻き込んだ利用実証の推進
 - 費用対効果を顕在化するための、衛星のスマートシティ利用の社会経済便益の明確化
 - 実証結果や便益の整理結果をもとに、各種施策におけるマニュアル・ガイドラインの記載に向けた働きかけを行う
- **国際市場獲得のための取組：**
 - フランス(水道が強み)やオランダ(洪水対策が強み)が衛星データを活用した水資源管理について新興国等で導入を進めているように、日本が強みを有する分野(防災、三次元計測、インフラ監視、水資源等)について、重点的に国内での実証を進めるとともに、アジア開発銀行、JICA等と連携しつつ、新興国等での実証・導入を推進。

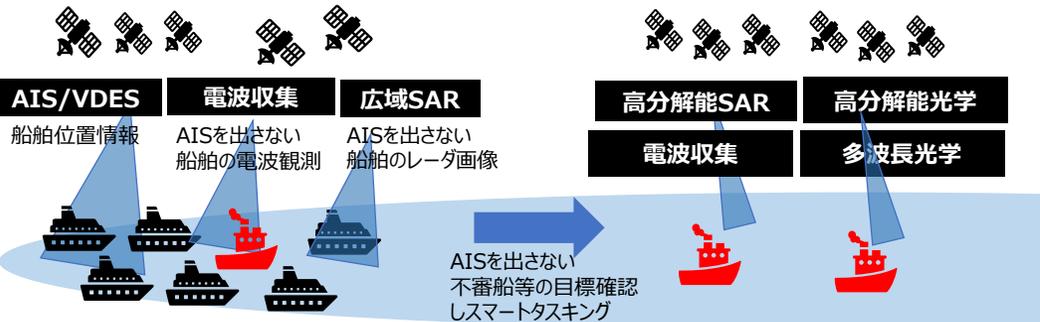
- シーレーンにおける**海賊行為**、外国漁船による**違法操業**、深刻化する**気象災害**など、**海洋における様々な人為的または自然の脅威への対応**は、我が国の**海洋政策・国家安全保障政策等における喫緊の課題**とされており、令和5年4月に策定された**第4期海洋基本計画**においては、**海洋状況把握(MDA)の能力強化**のため、**宇宙技術も含めた既存の調査・観測・監視体制の更なる強化**を推進するとされている。
- また、2040年には内航船の半分を無人化することを目指した取組、再エネの10%を賄うとされる洋上風力発電の推進、水産資源と環境に配慮し適切に管理された持続的な漁業の実現に向けた取組など、**物流、エネルギー、食料に関する経済安全保障の観点も含め、民生分野における海洋DXの重要性が高まっている**。
- 衛星観測は、地上の観測網が届かない海洋に関するデータを取得するための他に代えがたい手段であり、**船舶の検知、気象・海象の把握、漁場探索、海洋環境の監視等に活用**されており、**海洋DXの実現に貢献するためにはさらなる観測の高度化・高頻度化が必要**である。
- 欧州でコペルニクスが海洋サービスを提供しているほか、カナダのSAR衛星コンステレーションRadarsatシリーズで、またノルウェーのAIS、電波収集、SAR等を行うNorSatシリーズでそれぞれMDAの取組を推進している。
- 我が国では、我が国が強みを有する**SAR観測・解析技術を活用した船舶検知**や、**マイクロ波放射計等による海面水温を活用した漁場探索**、海上保安庁の海洋状況表示システム「海しる」での衛星データの活用などが進められている。

準リアルタイムの船舶動向把握や気象・海象の予測高度化などを実現し、
海洋安全保障の確保に貢献するとともに、船舶の自動航行など海洋活動のDXにおいて不可欠なインフラとなる。

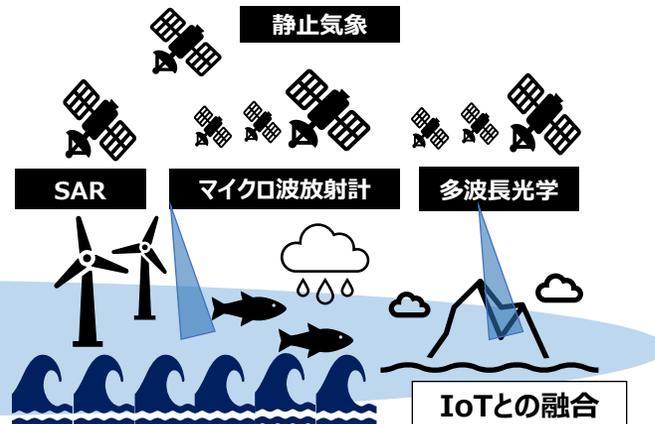
【船舶動向把握】

広域の船舶マッピング・
詳細観測目標確認

多様なセンサでの詳細観測によって
船体など判別 → 船種など識別 → 追跡



【気象・海象観測】



海表面温度、海上風速、波高、海水、海上気象(水蒸気、雲、降水など)、
オイルスリッパ、海色(クロロフィル濃度)、沿岸域(藻場、マングローブなど)、海洋プラスチックなどの観測

① 準リアルタイムの船舶情報

- 航跡データを海上安全保障や法執行に活用
- 瀬取り・密輸・違法漁業操業が疑われる船舶の抽出、航路抽出、位置特定

② 気象・海況の観測・予測情報

- 海面水温データ等を漁場探索等に活用
- 下記のような予測モデルのインプットとして活用
 - ➡ 効率かつ安全な航行のための海流や海氷モデル
 - ➡ 線状降水帯予測、台風等の気象予測モデル
 - ➡ 洋上風力発電向けの風況予測モデル

【課題と対策案】

● 以下の技術的課題に対する研究開発を推進。

- より広域、高頻度かつ迅速な船舶動向の観測：SAR衛星の超広域高分解能観測のための高度化、AIS/VDES衛星や電波収集衛星の高度化・低コスト化、オンボード情報処理や複数衛星協調観測技術の高度化など
- より多様な船舶情報の把握：データ解析の迅速化・高精度化などのための複合解析技術の高度化など
- 気象・海象モデルの高精度化：マイクロ波放射計観測・解析技術の高度化や高頻度観測のための小型化・低コスト化、海洋デジタルツインとの融合、各種モデルの高度化など
- 洋上風力発電予測や気象予測のための、SARやマイクロ波放射計などを活用した風況計測・解析技術の高度化

● 以下の非技術的課題に対する対応策を推進。

- 官民連携による衛星観測インフラの整備・持続的な利用の実現を目指し、政府宇宙予算や安全保障・経済安全保障関連予算等を活用したインフラ整備・利用実証に取り組むとともに、衛星を用いた海洋状況把握(MDA)の社会経済便益の整理を進める。
- JICA等と連携した我が国の衛星地球観測を活用したMDA関連ソリューションの友好国への展開の推進。

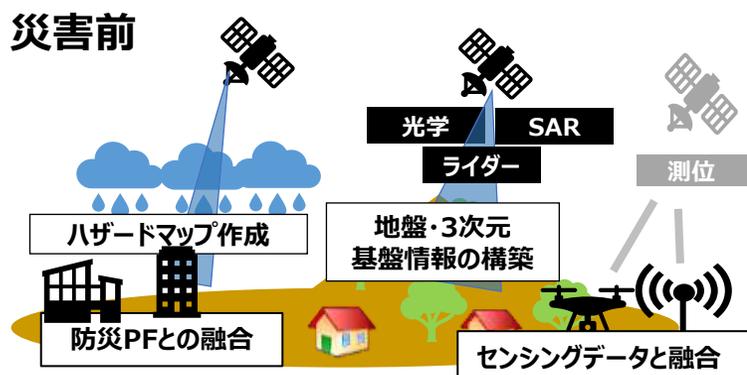
【取組方針】

- 海洋状況把握(MDA)の能力強化に対する政策ニーズに応えるため、宇宙予算や安全保障・経済安全保障関連予算等を活用したインフラ整備・利用実証を推進するとともに、船舶航行の自動化等の民生分野における海洋DXの実現に向けた取り組みや、友好国・新興国等へのソリューションのグローバル展開に取り組むべき。
- **研究開発・実証機会の強化：**
 - より広域、高頻度かつ迅速な船舶動向の観測のため、我が国が強みを有するSAR観測技術や電波収集技術の高度化や、オンボード情報処理や複数衛星協調観測技術の高度化などに取り組む。
 - 気象・海象モデルの高精度化のため、我が国が強みを有するマイクロ波放射計観測・解析技術の高度化や高頻度観測のための小型化・低コスト化、海洋デジタルツインとの融合、複合解析技術や各種モデルの高度化などに取り組む。
- **社会実装のための取組：**
 - 政府宇宙予算や安保・経済安保予算等を活用した衛星観測インフラ整備や利用実証の推進
 - 費用対効果を顕在化するための、衛星の海洋DX利用の社会経済便益の明確化
- **国際市場獲得のための取組：**
 - 海洋立国としての強いニーズに基づく我が国独自の競争力のある衛星地球観測を活用した海洋DXソリューション(船舶動向把握、航行効率化・自動化、洋上風力発電予測、漁場探索等)の海外展開に取り組む。自由で開かれたインド太平洋(FOIP)の実現に貢献するツールとして、官民連携での友好国・新興国等への導入に取り組む。

- 南海トラフ地震、首都直下地震などの遠くない将来に発生する可能性が高まっている激甚災害や、気候変動の影響等により多発化している水災害、土砂災害に対応するため、令和5年7月に閣議決定された**国土強靱化基本計画**において、以下のような**防災分野における衛星地球観測の活用が示されている**。
 - 被災状況の把握においては、ドローン・衛星による画像データを AI 技術により画像解析すること等により、迅速かつ効率的に実施
 - 発災時に緊急物資や救援部隊等の海上輸送を速やかに実施し、港湾機能の早期復旧により社会経済活動への影響を最小化するため、衛星により港湾における被災状況等の災害関連情報の収集・集積の高度化を図る
 - 大規模災害時に、被災地への初期移動が困難な状況下においても、迅速に災害情報を提供できるよう、衛星を活用した道路状況を遠隔で確認が可能な体制を構築
 - 大規模災害時に、救急救命・復旧活動を支えるため、緊急輸送道路や孤立を長期化させるおそれのある道路の法面・盛土等におけるSAR衛星による災害リスクを把握
 - 人工衛星を活用して、土砂災害の実態把握を迅速化することにより、二次災害防止対策の早期実施や警戒避難体制の構築を支援
 - 先進レーダ衛星の適切な運用により、火山活動の活発化の兆候を速やかに把握するための監視を継続的に実施
 - SAR 衛星データ等の活用・強化により全国の陸域の地殻変動の監視を継続的に行う。
- 衛星観測は、**地上での対応が困難な災害発生直後に広域に被害状況を把握する他に代えがたい手段**であり、激甚災害等の対応に向けて、さらなる**観測の高度化・高頻度化が必要**である。
- 災害チャーターやセンチネルアジア等の国際協力枠組みにより、災害発生時に無償で衛星画像等を共有する仕組みや、ALOS-2とイタリアのSAR衛星との災害時の相互緊急観測協力体制が構築されている。欧州では、コペルニクスプログラムで緊急観測が行われているほか、ICEYEがSARコンステレーションを構築し、損保会社等と災害時の保険金支払いの高度化に取り組んでいる。
- 我が国では、JAXAが運用中の**ALOS-2**は、2021年度には58件の国内災害(水害、土砂災害、火山災害、地震災害)、63件の国外災害の緊急観測を行い、**防災関連省庁や自治体の利用が進んでいる**ほか、SIPにおいて衛星データの即時共有や被災状況解析技術の高度化に向けた取り組みが進められている。

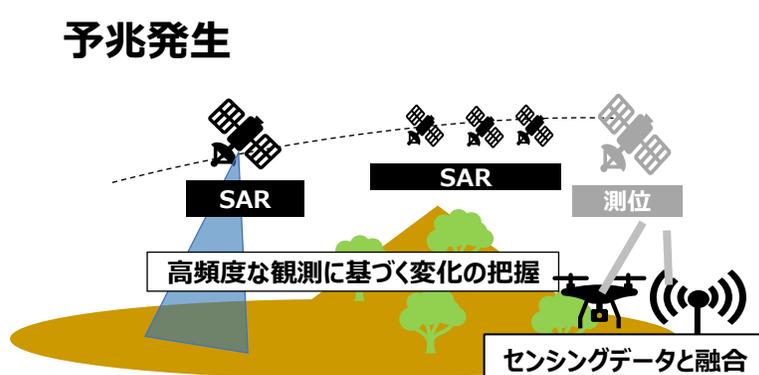
継続的な観測能力と、迅速で多様な情報把握能力を構築し、南海トラフ地震等の激甚災害や頻発化する風水害・火山災害等に対応するための防災DXにおいて不可欠なインフラとなる。

【①基盤の高度化】



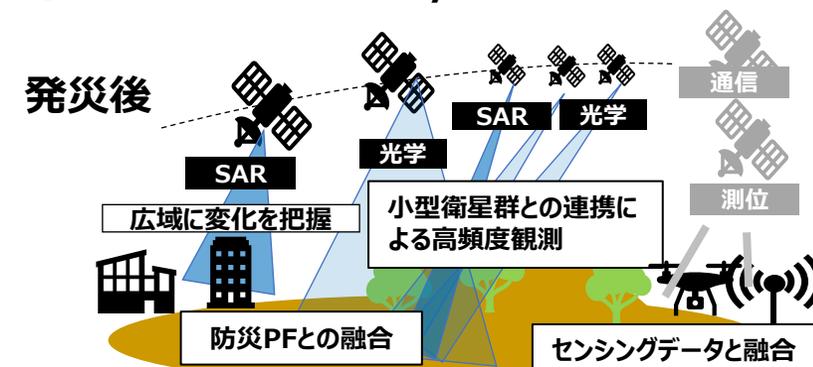
3次元地形モデル等による被災シミュレーション、ハザードマップ(浸水域等)

【②予兆の把握】



地盤変化情報→地滑りや火山災害の予兆把握

【③被災状況把握・復旧/復興への情報提供】



広域の被災状況の迅速な把握、復旧/復興への情報提供

【課題と対策案】

● 以下の技術的課題に対する研究開発を推進。

- より詳細かつ高頻度な被害状況把握：小型光学イメージャ衛星及び小型SAR衛星の高分解能化などの高度化、小型軽量化・低コスト化など
- より迅速な情報把握：オンボード情報処理、複数衛星協調観測技術（フォーメンションフライト等）の高度化
- ベースマップ取得の効率化：小型光学イメージャ衛星の広域高分解能観測のための高度化、SAR衛星の広域高分解能観測のための高度化
- 干渉SARによる3次元の地盤変動情報把握の高度化・広域化
- 災害対策の基盤情報となるの高精度三次元地形情報生成技術の高度化（ライダーや光学イメージャ等の光学観測技術や、データ解析技術など）
- 水災害等に対する予測モデルと融合した迅速な被害把握システムの構築
- データ解析の迅速化、高精度化、複合解析技術の高度化など

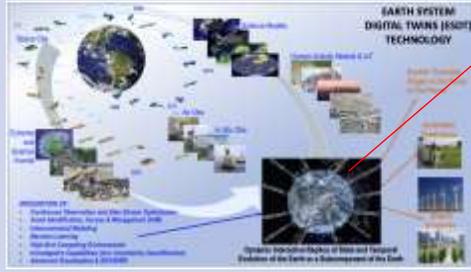
● 以下の非技術的課題に対する対応策を推進。

- 官民連携による衛星観測インフラの整備・持続的な利用の実現を目指し、政府宇宙予算や国土強靱化関連予算等を活用したインフラ整備・利用実証に取り組むとともに、衛星の防災利用の社会経済便益の整理を進める。
- 国による衛星防災観測の司令塔機能を構築し、基幹となる政府衛星の継続的な打上げ、災害時における緊急観測実施基準の策定、緊急観測エリア調整ルールの策定、緊急観測要請手順の確立、衛星データ調達のための十分かつ安定的な財源確保等を実現するための働きかけを行う。
- 受け皿となりうる「民」主体の体制・システム構築に向けた調整。
- デジタル庁等で検討進められている防災プラットフォームや日本版EEI（災害時共有基本情報）への位置付け獲得の調整。

【取組方針】

- 我が国が強みを有するSAR観測・解析技術や高分解能光学観測・解析技術の高度化に取り組むとともに、衛星防災利用の便益を可視化し、国内外の防災ユーザを巻き込んだ社会実装に向けた利用実証等の取組や、防災ソリューションの海外展開を推進し、官民連携による持続的な観測インフラの構築・社会実装に取り組むべき。
- **研究開発・実証機会の強化：**
 - より詳細かつ高頻度、迅速な被害状況把握のための、光学イメージャ衛星及びSAR衛星の高分解能化・広域化、オンボード処理・スマートタスキングなどの高度化、小型軽量化・低コスト化など
 - 予兆把握に不可欠な干渉SARによる3次元の地盤変動計測技術や、災害対策の基盤情報となる都市デジタルツインの構築に貢献するための、ライダーや光学イメージャを組合わせた三次元地形情報生成技術の高度化
 - 水災害等に対する予測モデルと融合した迅速な被害把握システムの構築や、データ解析の迅速化・高精度化などのための複合解析技術の高度化など
- **社会実装のための取組：**
 - 政府宇宙予算や国土強靱化予算等を活用した衛星観測インフラ整備や自治体等を巻き込んだ利用実証の推進
 - 費用対効果を顕在化するための、衛星の防災利用の社会経済便益の明確化
 - 国による衛星防災観測の司令塔機能構築に向けた働きかけ
- **国際市場獲得のための取組：**
 - 国・自治体等と協力して重点的に国内での実証を進めるとともに、我が国の衛星を用いた防災ソリューションをアジア開発銀行、JICA等や日本防災プラットフォーム等と連携しつつ、新興国等での実証・導入を推進。

- デジタルツインは、現実空間で収集したデータを仮想空間上にツインとして再現し、仮想空間上でのシミュレーションや最適化を行い現実空間へのフィードバックを行う。製造業や医療分野などでの活用が進み、世界のデジタルツインの市場規模は2025年までに約3兆円になると予測されている。^{*1}
- 地球デジタルツインの各国動向としては、欧州の「Destination Earth」、米国の「Earth System Digital Twin」など、地球デジタルツインの開発と地球デジタルツインを利用した分析プラットフォームの検討が進められているところ。

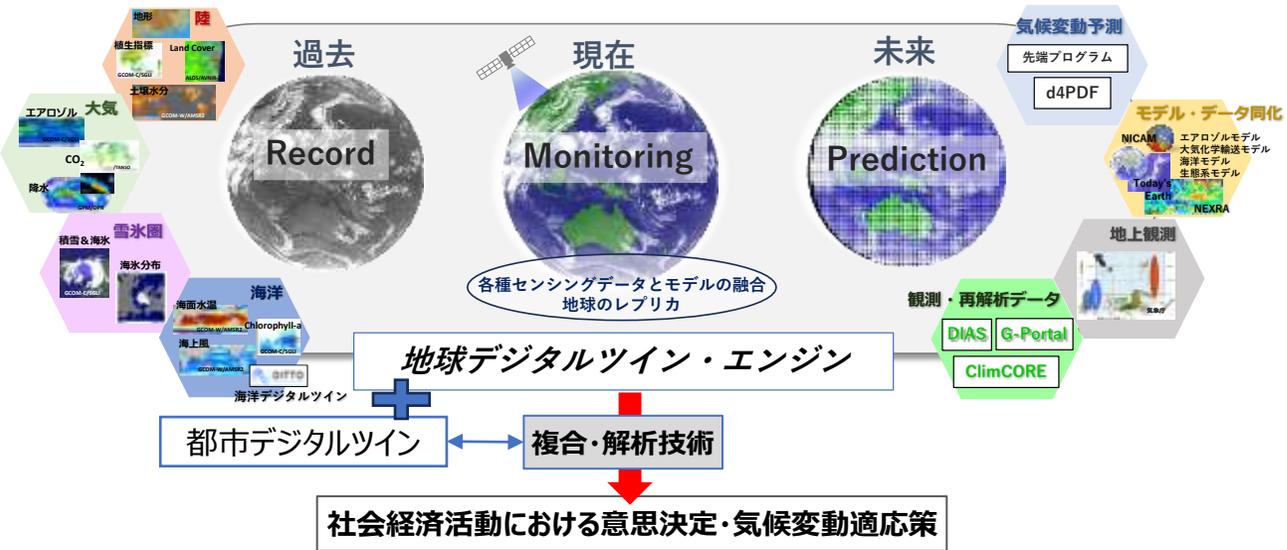
欧州 ^{*2,*3}	米国 ^{*4,*5}
<p>➤ Destination Earth</p>  <p>Digital Twin Engine</p> 	<p>➤ Earth System Digital Twin (ESDT)</p>  <p>Earth Observation Digital Twin</p> 

^{*2} <https://www.ecmwf.int/en/about/what-we-do/environmental-services-and-future-vision/destination-earth> ^{*3} <https://destination-earth.eu/>
^{*4} <https://esto.nasa.gov/aist/> ^{*5} <https://blogs.nvidia.com/blog/2022/11/17/climate-data-speed/>

- 日本においては、衛星地球観測データとデータ同化による全球モニタリングデータ、再解析データ、気候変動データセットなど、地球デジタルツインの核となる技術は揃っているとともに、都市の3次元地形情報等をもとにした都市デジタルツインである PLEATEAUが国土交通省によって進められている。
- これらデータを統合した日本版「地球デジタルツイン」の構築にあたっては、数値モデル開発や地球科学研究の実施機関との連携を強化するとともに、民間等とのユーザとの連携も想定し、実現に向けて具体的検討を進める必要がある。

^{*1} <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/nd247530.html>

衛星地球観測及び現場観測等の各種観測データと大気・海洋・陸域モデルを融合した**地球デジタルツイン**を実現し、地球環境モニタリング及び蓄積データならびに将来予測から**社会経済活動への意思決定、及び気候変動適応のための方策検討**を支援するオールソースのトータルアナリシスツールとして、SXによる社会システムの一つとなる。



- 衛星地球観測が先導する地球デジタルツインを構築する。
 - 日本が強みを持つ水循環や海洋等の分野におけるユースケースの創出
- ① **水資源管理および水災害減災への貢献を目指した水循環把握**
 - 全球水資源分布のモニタリング・確率予測による意思決定支援、ローカルな洪水・干ばつの長時間予測による十分事前のリスク識別、台風制御や気象・気候制御等への挑戦
 - ② **持続的な海洋資源管理・環境保全に資する海洋環境モニタリング**
 - 海洋環境保全と安全な船舶航行支援の実現、海洋熱波や海流のリアルタイムモニタリングと持続可能な海洋資源の管理、等
 - ③ **将来土地利用シナリオ構築に資する生態系・炭素循環の把握**
 - データ-モデル融合による炭素循環研究の進展、土地被覆由来の気候変動不確実性の低減、等
- 社会経済活動や意思決定に資するユースケース拡大や社会課題に応えるアプリケーション開発とシステム接続を見据えた拡張性を有する。

【今後必要な取組み】

- **衛星地球観測の高度化**
多様なセンシング技術の高度化
- **数値モデル・データ同化**
複数データ・情報の統合利用等のためのモデルデータ同化にかかる技術、モデルの高度化
- **モデル接続のためのダウンスケーリング**
全球スケールからメソ・局所スケールのシームレス予測評価のためのダウンスケーリング技術
- **高性能計算機**
予測シミュレーション環境、AI開発環境、国内計算リソース最適化

- 新たな価値情報創出に向けた複合・解析技術
 - **可視化技術**：ゲームエンジンなど新たなプレーヤとの共創
 - **自動解析技術**：アノマリー自動検知等のアルゴリズム開発
 - **解析の迅速性向上**：機械学習やAI
 - **対話型AI**：対話型AIの地球デジタル版



可視化例① (Cesium利用*1)



可視化例② (NVIDIA Omniverse)

*1 <https://cesium.com/blog/2023/08/17/cesium-supports-nvidias-earth-2-initiative/>

*2 <https://blogs.nvidia.co.jp/2021/11/12/lockheed-martin-wildfires-ai/>

【取組方針】

- ①～④などの各分野、ユースケースにおいて、共通基盤となる技術要素を地球デジタルツインに含んでいることから、これらユースケースを念頭に置きながら観測技術の高度化、モデル同化、複合・解析技術に取り組む。
 1. 我が国が優位性を有する衛星地球観測・高分解能数値モデル・高性能計算機を維持強化し、これらを活かした地球デジタルツインの実現に向けて大学、研究機関等との連携、及び民間等のユーザとの連携も想定した体制を構築する。
 2. 地球デジタルツインからの情報を迅速かつ効率的な情報抽出のためのAI等の技術開発を進めるとともに、可視化技術に関する民間等の新たなプレーヤとの共創により科学と異分野の融合による事業創出を目指す。
- **研究開発・実証機会の強化：**
 - 衛星地球観測技術の高度化：継続的なモニタリングに加え、時空間分解能の向上や3次元観測を含む多様なセンシング技術を獲得することにより、多様な現象の理解を深めるとともに、陸域や大気の数値モデルの高度化に資する。
 - 数値モデル・データ同化：kmオーダ数値モデルにより極端現象の再現と予測能力を向上させるとともに、高解像数値モデルの初期値作成と精度向上に必要なデータ同化技術の高度化を図る。3次元地形モデルの高度化により、極端現象に伴う被害予測に資する。
 - モデル間接続のためのダウンスケーリング：都市スケールから全球スケールまで社会経済活動の意思決定に資するシームレスな予測評価を行うためのダウンスケーリング手法を開発する。
 - 高性能計算機：データ量の増加、予測シミュレーションの複雑化・高解像化に伴う計算リソースの増大に対応するための計算機環境の拡充が不可欠。AI開発のための環境整備など、国内計算機リソースの最適化検討も重要。
 - 新たな価値情報創出に向けた複合・解析技術：可視化技術や自動解析技術ならびにAI等の地球デジタルツインからの情報抽出に係る技術開発を進める。
- **社会実装のための取組：**
 - 各種観測データをAIやモデルと融合し、社会経済活動や気候変動対策等における意思決定や行動判断に必要な価値情報の提供。
 - 産学官やユーザとの継続的対話を踏まえた段階的開発を進め、社会の動向や課題を捉えたモノ作り。
- **国際市場獲得のための取組：**日本が強みを持つ災害対策、水循環や海洋等の分野を念頭に、社会経済活動や意思決定に資するユースケース拡大や社会課題に応えるアプリケーション開発について、国内外のユーザと連携して実証を進め、実用化を推進する。

別添：参考情報

- 世界では、カーボンニュートラル（CN）目標を表明する国・地域が急増し、そのGDP総計は世界全体の約90%を占める。こうした中、既に欧米をはじめとして、排出削減と経済成長をともに実現するGX（グリーントランスフォーメーション）に向けた大規模な投資競争が激化。⇒ GX投資等によるGXに向けた取組の成否が、企業・国家の競争力に直結する時代に突入。
- 2022年6月、「経済財政運営と改革の基本方針」「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」閣議決定された。これにより、**官民協調により150兆円の投資**を実現、「成長志向型カーボンプライシング」を実行する方向。

諸外国によるGX投資支援（例）

国	支援期間	政府支援等
EU 2020.1.14 投資計画公表	10年間	約140兆円 (約1兆€)
ドイツ 2020.6.3 経済対策公表	2年間を中心	約7兆円 (約500億€)
フランス 2020.9.3 経済対策公表	2年間	約4兆円 (約300億€)
英国 2021.10.19 戦略公表	8年間	約4兆円 (約260億£)
米国 2022.8.16 法律成立	10年間	約50兆円 (約3,690億\$)

出所：各国政府公表資料を基に作成。 ※換算レートは1\$ = 135円、1€ = 136円等（基準外国為替相場・裁定外国為替相場（2022年10月分適用））

【参考】 規制・支援一体型促進策の政府支援イメージ

- 各分野が持つ事業リスクや事業環境に応じて、適切な規制・支援を一体的に措置することで、**産業競争力強化・経済成長及び排出削減のいずれの実現にも貢献**する民間投資を引き出し、150兆円超の官民投資を目指す。
- 世界規模のGX投資競争が展開される中、我が国は、**諸外国における投資支援の動向やこれまでの支援の実績**なども踏まえつつ、必要十分な規模・期間の政府支援を行う。20兆円規模の支援については、今後具体的な事業内容の進捗などを踏まえて必要な見直しを行う。

今後10年間の政府支援額 イメージ

約20兆円規模

非化石エネルギーの推進

約6~8兆円

イメージ
水素・アンモニアの需要拡大支援
再エネなど新技術の研究開発
など

需給一体での産業構造転換・抜本的な省エネの推進

約9~12兆円

イメージ
製造業の構造改革・収益性向上を実現する省エネ・原/燃料転換
抜本的な省エネを実現する全国規模の国内需要対策
新技術の研究開発
など



規制等と一体的に引き出す

今後10年間の官民投資額全体

150兆円超

約60兆円~

再生可能エネルギーの大量導入
原子力（革新炉等の研究開発）
水素・アンモニア
等

約80兆円~

製造業の省エネ・燃料転換
（例、鉄鋼・化学・セメント・紙・自動車）
脱炭素目的のデジタル投資
蓄電池産業の確立
船舶・航空機産業の構造転換
次世代自動車
住宅・建築物
等

- スマートシティにおける最大予算規模（令和6年度 1267億円要求）の交付金。
- 地方公共団体のデジタル実装を支援する交付金。2022年度（令和4）から開始。以前は、地方創生にかかるかかる各種交付金であった。
- デジタル実装の取組を支援する「**デジタル実装タイプ**」、デジタルの活用などによる観光や農林水産業の振興等の地方創生に資する取組や拠点施設の整備などを支援する「**地方創生推進タイプ**」や「**地方創生拠点整備タイプ**」が設けられている。



令和6年度 デジタル田園都市国家構想・地方創生予算について

令和6年度 デジタル田園都市国家構想・地方創生予算 概算要求額 **1,267億円**
 （令和5年度当初予算額 1,056億円）

「当面の重点検討課題」（令和5年6月デジタル田園都市国家構想実現会議決定）を踏まえ、

- ① 地方創生の優良事例を全国津々浦々に横展開するデジ田交付金
- ② Digi田甲子園を来年度も実施し、優良事例を発信することで、横展開を強力に図る事業
- ③ さらに、コロナ禍が明け、東京圏への一極集中の流れが再び強まりつつある中、今まで以上に若者の地方移住を強化する事業をはじめ、以下の1～5に関する予算を要求。また、デジタル実装に後れを取っている地方公共団体の底上げに向けて、アウトリーチ活動を行う。

()内の数字は、令和5年度の当初予算額

1 デジタル田園都市国家構想実現に向けた総合的な支援（デジタル田園都市国家構想交付金） **1,200億円（1,000億円）**

➢ 令和6年度概算要求においては、「デジタル田園都市国家構想交付金」を総額1,200億円要求。

➢ 国として主体的・統一的に実装を進めるべきものについては、所管省庁において補助金等必要な財源を確保し、各地方公共団体による自主的・主体的な取組については、引き続き、デジタル田園都市国家構想交付金による分野横断的な支援により強力に後押しする。

2 地方における仕事づくりとデジタル人材など人材の育成・確保 **8.6億円（6.3億円）**

➢ テレワークの推進等による地方における仕事づくりやデジタル人材など人材の育成、「デジタル人材地域還流戦略パッケージ」等を通じた人材の地域への還流を図る。

【主な事業】

- 地方創生テレワーク推進事業
- プロフェッショナル人材事業
- 地方創生カレッジ事業

等

3 地方への人の流れの強化 **24.8億円（24.4億円）**

➢ 都会から地方への人の流れを強化するとともに、地方から流出しようとする人を食い止めることにより、にぎわいの創出や地域の様々な取組を支える担い手の確保を図る。

【主な事業】

- 地方大学・地域産業の創生、高校生の対流促進
- 関係人口創出・拡大のための対流促進事業
- サテライトオフィスの整備

等

4 魅力的な地域づくりの推進 **20.4億円（16.8億円）**

➢ 各地域において、地域の実情や資源、デジタル技術等を有効に活用し、暮らしやすく、魅力あふれる地域づくりを推進する。

【主な事業】

- 地方創生に向けたSDGs推進事業
- スーパーシティ構想等推進事業
- 「地方創生×脱炭素」推進事業

等

5 デジタル田園都市国家構想実現のための機運醸成や社会実装の全国展開 **8.0億円（2.8億円）**

➢ デジタル田園都市国家構想の実現に向け、地方公共団体・民間企業の意欲や広く国民全体の関心を高め、様々な主体が積極的に取組に参画してもらえるような環境整備を実施する。

【主な事業】

- デジタル実装計画策定支援事業
- Digi田甲子園事業

等

デジタル田園都市国家構想総合戦略、当面の重点検討課題、令和6年度概算要求の概要などについて
 内閣官房デジタル田園都市国家構想実現会議事務局 参事官 小林 剛也

- クレジットは**国連・政府が主導し運営される制度**と、**民間セクターが主導し運営される制度**が存在。
- 後者は規制や政策に関わらず自主的にクレジット発行・活用が行われる性質を持つことから「ボランタリークレジット」と呼ばれており、市場は急成長しているが**クレジットの信頼性・透明性について課題がある**。

クレジットの大まかな分類

クレジットの活用例

国連・ 政府主導	国連主導	京都メカニズムクレジット (JI、CDM) 等	京都議定書達成 旧自主行動計画達成等々
	二国間	二国間クレジット制度(JCM) その他パイロットプログラム 等	温対法への活用 パリ協定におけるNDCの達成に活用
	国内制度	J-クレジット(日本) CCER(中国) ACCUs(豪州) 等	各国規制 (温対法・ETS規制・セーフ ガード措置等) への活用、企業による自 主的な活用
民間主導 (ボランタリークレジット)		VCS、Gold Standard ACR、CAR、NCCC (日本) 等	企業による自主的な活用 ※一部の国・地域では、排出量取引や 炭素税などの規制に対しても使用可能。

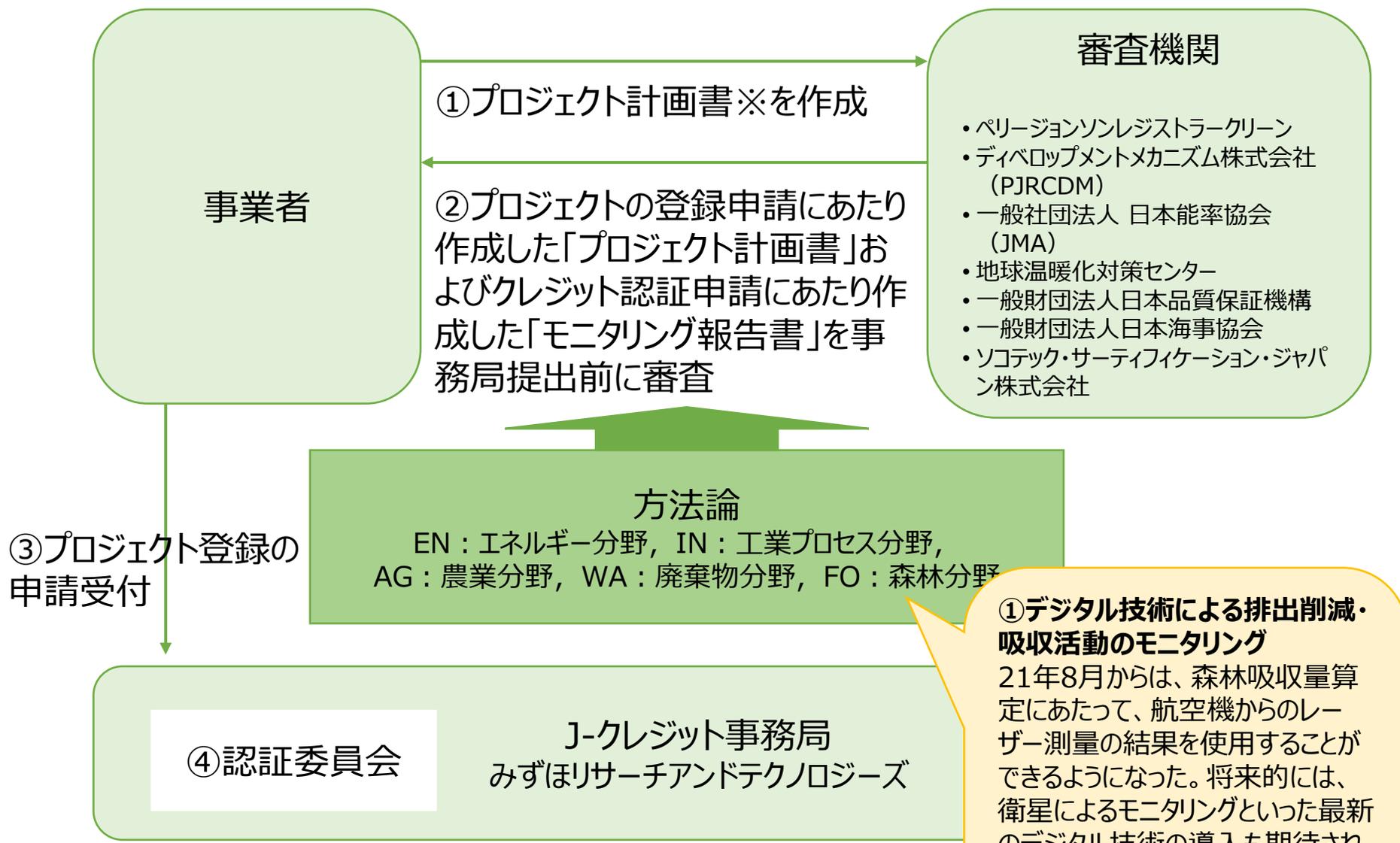
カーボン・クレジット概要：クレジットの種類

- 近年、クレジットの種類について、排出回避/削減由来のものか・固定吸収/貯留由来のものか等のクレジットの種類にも着目される場合があり、例えば下図のような整理ができる。



➤ 衛星地球観測は自然ベースがメインターゲット

(出所) TSVCM Final Report (2021年1月) より作成



①デジタル技術による排出削減・吸収活動のモニタリング
21年8月からは、森林吸収量算定にあたって、航空機からのレーザー測定の結果を使用することができるようになった。将来的には、衛星によるモニタリングといった最新のデジタル技術の導入も期待される。

※みずほリサーチ&テクノロジーズ：J-クレジット制度の概要、活用・価格の動向と展望 (mizuho-rt.co.jp)

※プロジェクト計画書が承認された後は、モニタリング計画書が同様の流れで審査され、クレジットが認証、発行される。

- 現在は、森林施業の実施状況の証明等において衛星画像が活用できるほか、育成林の樹高・樹種の把握において航空レーザ測量データが活用できる状況
- 今後、森林由来J-クレジットの創出拡大に向けては、創出手続き（プロジェクト登録、クレジット認証、事後のモニタリング等）に係るコスト低減に資するようなリモセンデータ活用拡大の可能性

現在、リモセンデータ活用が認められている項目

- 森林施業の実施状況の確認（1990年以降～）
- 再造林後のモニタリング（植栽後、数十年にわたり開発・自然攪乱等を受けていないことの確認）
→ドローン等による空中写真、衛星画像
- 育成林の樹高（＝地位）、樹種の把握
→航空レーザ測量データ（ドローン含む）

リモセンデータに係る将来的なニーズ

- 手続きのデジタル化
→リモセンデータを活用して、どの主体がプロジェクト登録・クレジット認証をしても、自動的に、同一の結果になるような環境整備はできないか
→そのためには、衛星データを含むリモセンデータにより、幹材積増加量を高い信頼性・精度で把握することが必要

例*：環境省では、R5年度より、太陽光発電方法論を対象に、IoT機器・ブロックチェーン技術を活用したクレジット認証・発行の簡易化の実証実験を実施。
デジタル技術の活用将来性のある方法論への対象拡大については、事業者からの提案も踏まえて検討。

*第29回J-クレジット制度運営委員会 資料1より抜粋

JCMプロジェクトにおける衛星の活用

16

- MRV（測定・報告・検証）におけるモニタリング手段として使うのが代表的な使い道と考えられる。
- JCMにおける検証では、外部の第三者機関による審査を実施⇒MRVに衛星データを使う場合、信頼性、透明性を確保しつつ、外部が検証可能であることが重要。

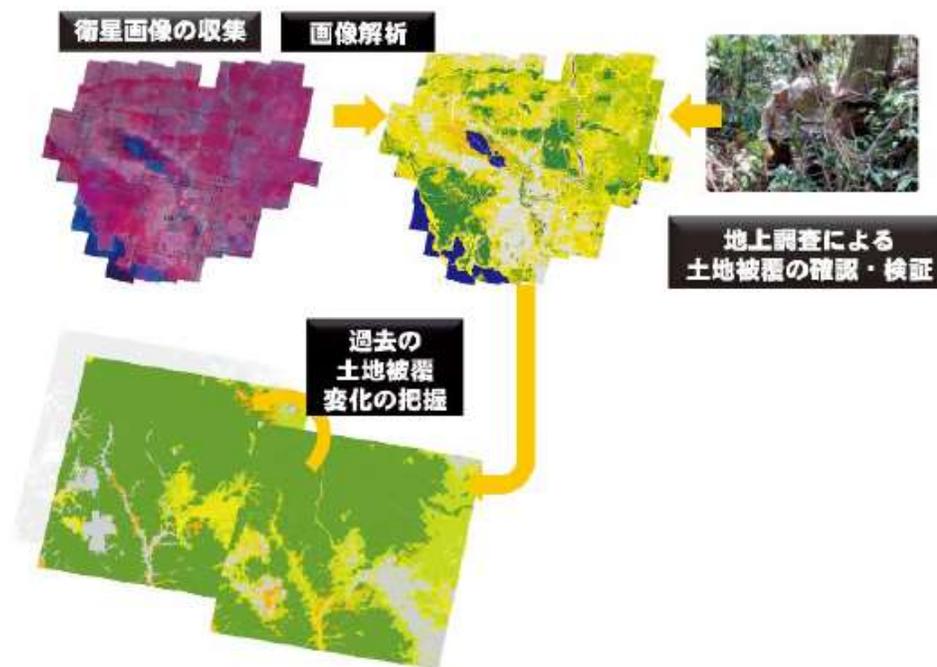
想定されるプロジェクトの事例：

【画像計測系】

- 森林保全（REDD+）、植林
森林の面積計測による炭素蓄積量の推定
- 水田からのメタン発生抑制
水位制御等によるメタン削減⇒水位の確認

【ガス検知系】

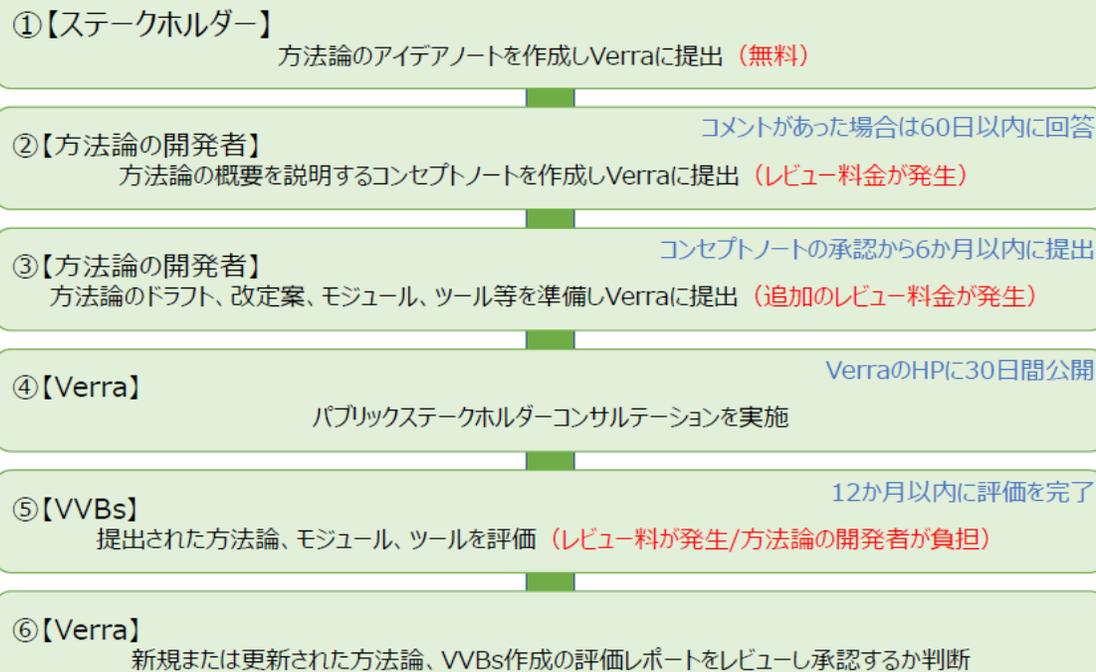
- 老朽化ガスパイプラインからのメタンリーク
リーク箇所の特定、リーク発生有無のモニタリング



ボランタリークレジットの種類

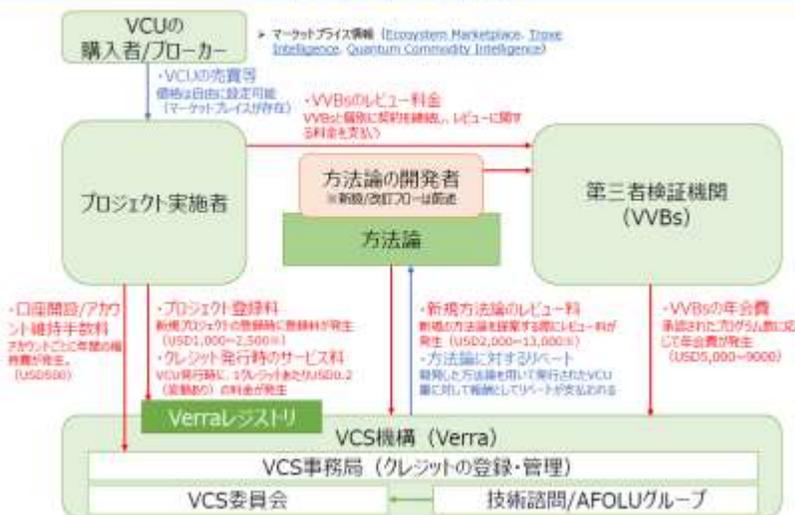
制度名	運営機関	クレジットの名称	対象地域	対象となるプロジェクト分類	取引量 (百万tCO2)	備考
VCS	Verra	1VCU	全世界	・再生エネルギー ・農林業 ・土地利用等 ・ほぼ全てをカバー	125.6	最も流通しているボランタリークレジット。対象のプロジェクトセクターについても最も多岐に対応している。
GS	Gold Standard 財団	1VER	全世界 ※多くは発展途上国	・再生エネルギー ・森林 (REDD+とは個別) ・コミュニティサービス(浄水等) ・ほぼ全てをカバー ※REDD+は対象外	5.2	オフセットプロジェクトの認定の際に国連の持続可能な開発目標 (SDGs) を最優先に据えている。認定されるには、SDGsの17項目のうち少なくとも3項目に貢献する必要がある。
ACR	Winrock International	1ERT	全世界 ※主に米国	・林業 ・家畜管理 ・廃棄物処理場 ・フロン破壊	4.9	プロジェクトの評価に科学的根拠に基づいたカーボンオフセット基準が使用されている。本格的に世帯削減または除去を示すことが求められている。
CAR	Climate Action Reserve	1CRT	米国、カナダ、メキシコ	・森林 ・フロン破壊 ・工業プロセス改善 ・運輸等	2.0	GHG排出削減プロジェクトの環境保全性の確保に重点を置いた国家オフセットプログラム。永続性に基づいて認証され、温室効果ガスの削減も考慮・監査される必要がある。

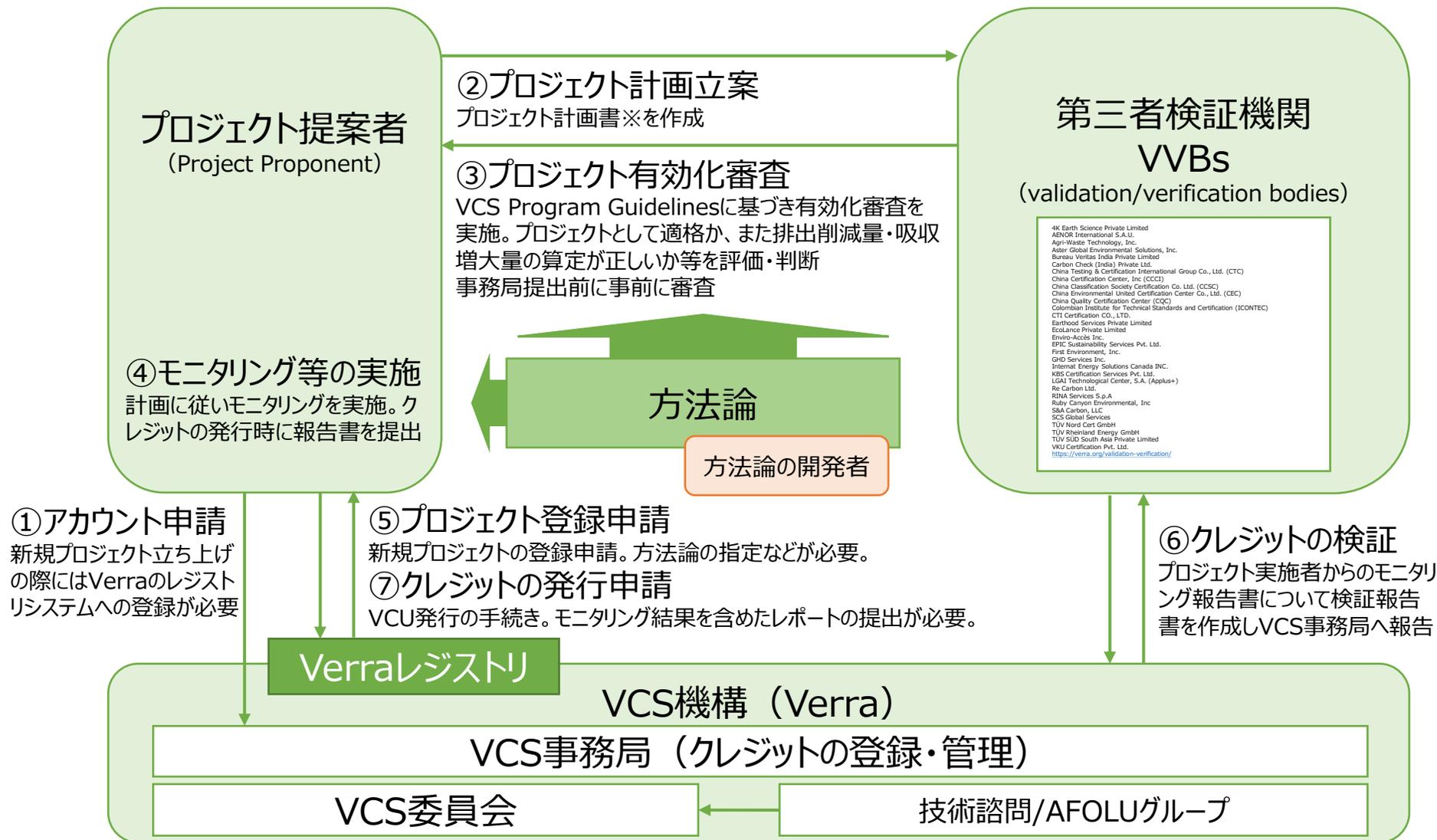
方法論の新設/改訂手順について (VCS)



Verraの公開ドキュメントよりJAXAにて作成
<https://verra.org/methodologies-main/#vcs-methodologies>
<https://verra.org/methodologies-main/develop-a-methodology/>
<https://verra.org/documents/methodology-development-and-review-process-v4-2/>

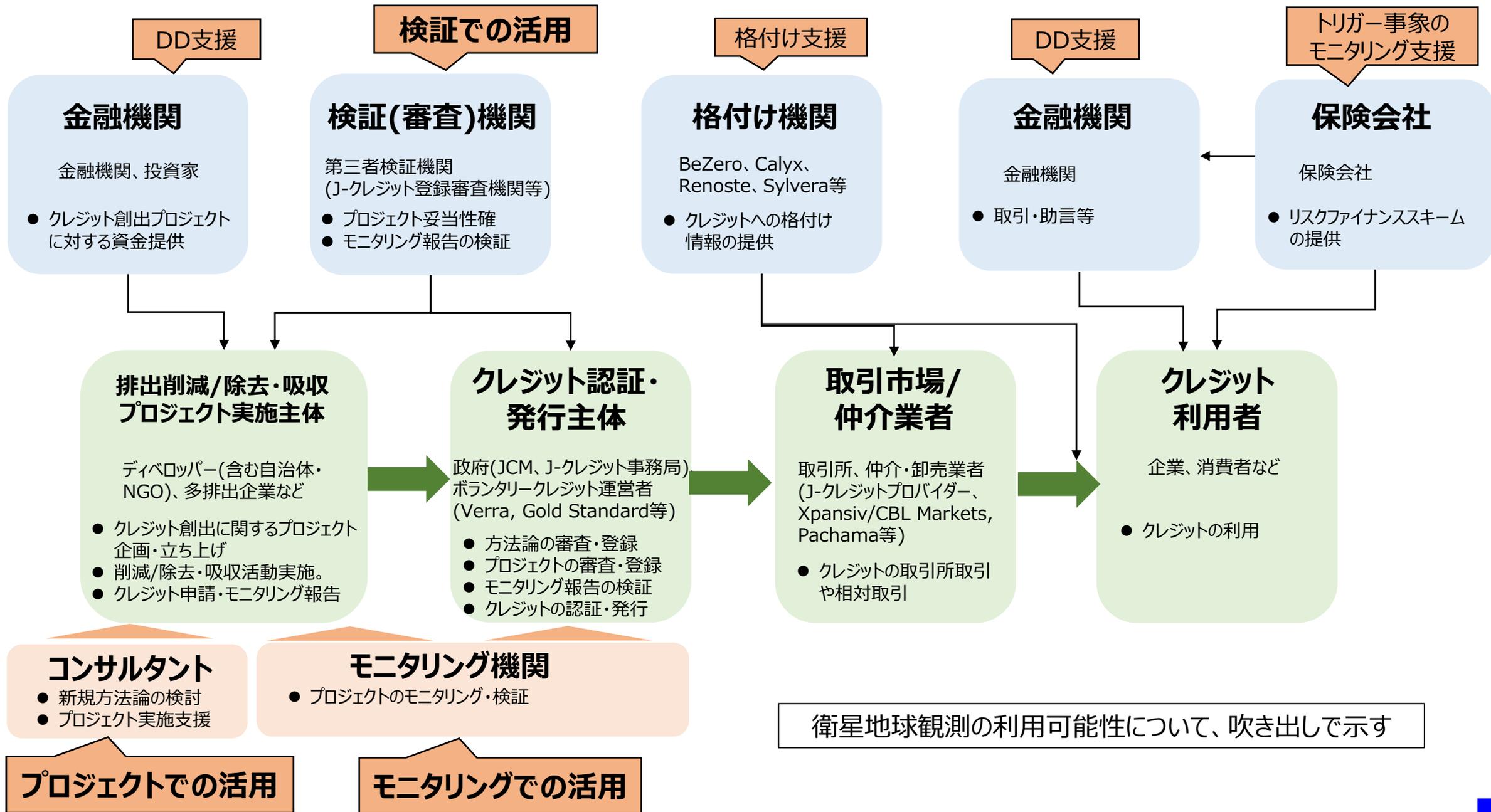
マネーフロー (VCS)



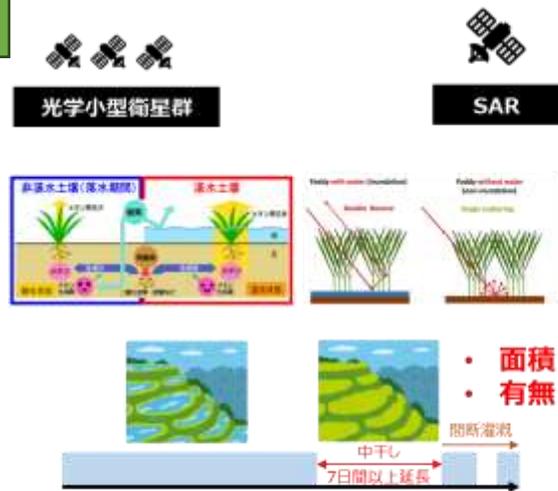


※方法論の見直し
5年に1回もしくは必要に応じてVCS方法論の改定を実施。改訂タイミング前に承認されたものは新しい改訂バージョンが発行されるまでインアクティブとして設定することも可能。

Verraの公開ドキュメントよりJAXAにて作成
<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/develop-a-vcs-project/>
<https://verra.org/documents/vcs-program-guide-v4-3/>
<https://verra.org/documents/vcs-standard-v4-4/>

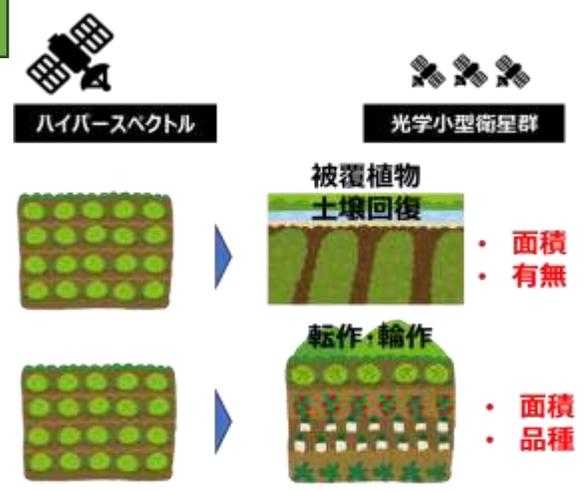


農業



水稲栽培における中干し期間の延長	
概要	水稲栽培において、中干しの期間を、プロジェクト実施水田におけるプロジェクト実施前の直近2年以上の実施日数の平均より7日間以上延長すること。
衛星	水稲作付面積の算出、中干し（水張り）の有無確認

農業



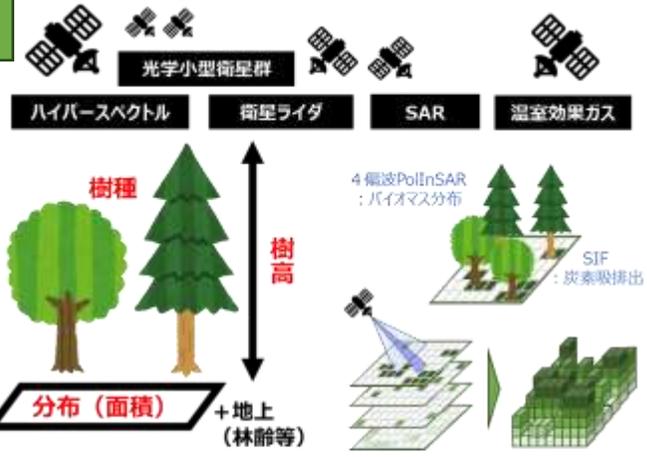
農業分野での新規クレジット	
概要	海外のボランティアクレジットでは、転作の実施や休耕期に被覆植物を生育し土壌を回復させることでクレジットが発行される方法論がある。（衛星の利用は方法論内で言及されていない）
衛星	（将来）転作・輪作確認のための品種分類、被覆植物の有無確認、耕作地面積の算出。

農業



バイオ炭・土壌モニタリング	
概要	通常の肥料の代わりにバイオ炭・スティムラントを使用することでクレジットが発行される。
衛星	（将来）耕作面積の把握、バイオ炭・スティムラントの使用による土色の変化や形状（因形炭やチップ状のため）の把握による使用有無、範囲の特定など。ハイパースペクトルにより土壌成分による差異の把握など。

森林



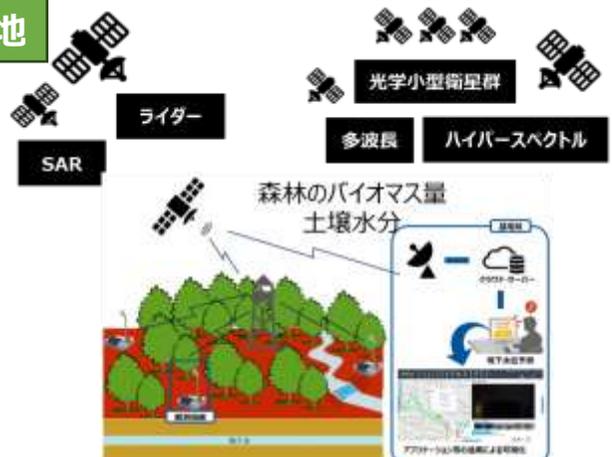
適切な森林管理による吸収源対策（森林経営活動・植林・再造林）	
概要	森林施業（造林、保育、間伐）および森林保護（盗伐等）、植栽、再造林により吸収量を確保することによりクレジット算出が認められている。クレジットの発行（バイオマス量より算出）のためには、樹高・樹種・分布（面積）及び林齢等のデータが必要。
衛星	森林施業の実施状況の確認、再造林後のモニタリングにおいて衛星画像が利用可能。（将来）育成林の樹高の把握、樹種の把握、また、新しい考え方として、4波SARによるPolInSARを用いた直接のバイオマス量推計およびSIF観測における炭素吸排出量の推定を組み合わせる定量化。

ブルーカーボン

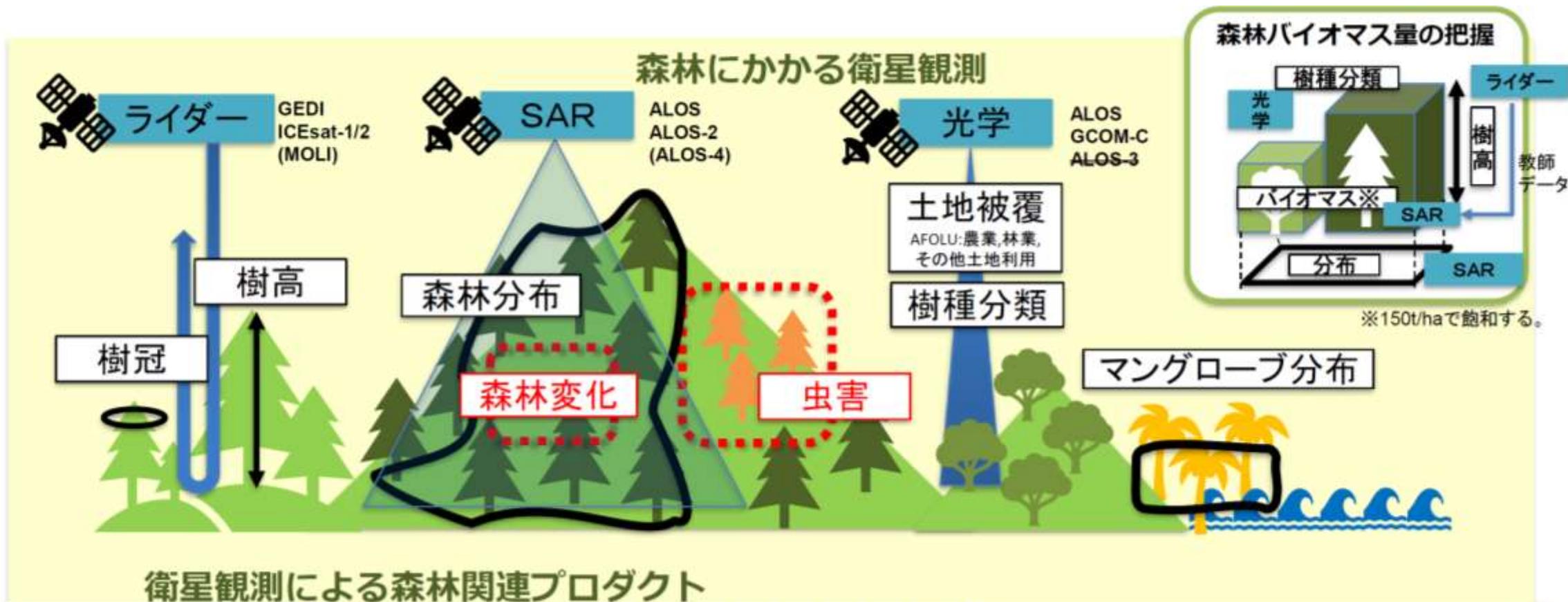


ブルーカーボン生態系による炭素貯留	
概要	マングロープ、湿地・干潟、海草、海藻については、ブルーカーボンとしてパリ協定に基づくNDCとしての報告が可能。一方で算定手法については各国で検討中。日本ではマングロープ及び海草・海藻については算出方法が確定した。その他、日本のボランティアクレジットとして発行がされている。
衛星	マングロープ面積、海草・海藻の面積、（将来）マングロープ樹高・バイオマス量、海草・海藻の面積（広範囲・沖合）、干潟、湿地のバイオマス量把握など

泥炭地



泥炭地の炭素貯留	
概要	熱帯泥炭地の土壌は大部分が水で構成され、残りは樹木などの植物遺骸が腐らずに堆積した有機物で構成される。地下水水位が下がると非常に燃えやすく、泥炭火災がもたらす温室効果ガスや大気中の炭素放出は世界中で大きな問題となっている。地下水水位の安定化技術と適切な森林管理によりクレジットの発行を目指す。
衛星	泥炭地およびその上部の森林分布面積の把握、土壌水分量、地下水水位の低下に伴う地盤沈下把握、など



衛星観測による森林関連プロダクト

<ul style="list-style-type: none"> ● 全球モザイク ● 森林・非森林マップ ● 伐採検出(JJ-FAST) ● 森林バイオマス ● マングローブマップ ● 土地被覆分類 <p>これらの時間変化 </p>	<ul style="list-style-type: none"> ● CCIバイオマスマップ ● CCI LULC ● GEDIバイオマス ● JPLバイオマス (SAR) ● Global Mangrove Mapping (JPL) ● GFW forest fluxes data 2000-2019 <p> </p>	<h3>貢献する政策・社会課題</h3> <ol style="list-style-type: none"> 1. 気候変動対策・カーボンニュートラル <ul style="list-style-type: none"> - パリ協定 (グローバル・ストックテイク) - 炭素クレジット <p>森林からの炭素吸排出量評価作業 (IPCCガイドラインでは、衛星(SAR)とライダーでのバイオマスマップ作成が定義)</p> 2. 森林資源管理 3. 生態系・生物多様性への影響評価
---	--	---

1-1. スマートシティの定義と効果

<スマートシティの定義>

–スマートシティは地域や解決すべき課題等によって様々ですが、大きくりに定義するとすれば、

①後述する3つの基本理念、5つの基本原則に基づき【コンセプト】

②ICT等の新技術や官民各種のデータを活用した市民一人一人に寄り添ったサービスの提供や、各種分野におけるマネジメント(計画、整備、管理・運営等)の高度化等により【手段】

③都市や地域が抱える諸課題の解決を行い、また新たな価値を創出し続ける【動作】

④持続可能な都市や地域であり、Society 5.0の先行的な実現の場【状態】

であるといえます。

【3つの基本理念】

- 市民（利用者）中心主義
- ビジョン・課題フォーカス
- 分野間・都市間連携の重視

【5つの基本原則】

- 公平性・包摂性の確保
- プライバシーの確保
- 相互運用性・オープン性・透明性の確保
- セキュリティ・レジリエンスの確保
- 運営面・資金面での持続性の確保

1-1. スマートシティの定義と効果

<スマートシティの効果>

–スマートシティは、市民一人一人に寄り添ったサービスの提供を通じてWell-Being の向上を図ることが一義的な目的です。その効果は多岐に及びますが、例えば以下のような効果が期待されます。

①安全で質の高い市民生活・都市活動の実現 【社会】

- 行政手続き、購買、移動、医療、健康、観光などあらゆる都市サービスが効率化されるとともに個々人の属性や嗜好に対応したものとなることで、全ての市民が等しく便利で豊かな生活を享受できる、社会的包摂（インクルージョン）を実現する効果
- 災害発生時、感染症拡大時などの非常事態においてもデータに基づく即応的な対応が講じられたり、新しい日常におけるリモート・リアルの新しい暮らし・働き場が提供されたりするなど、安全、安心な生活を享受できる効果 等

②持続的かつ創造的な都市経営・都市経済の実現 【経済】

- 各種データや新技術を駆使した様々な市民、事業者向けサービスが続々と創出される環境が生まれ、地域経済が活性化する効果
- 安全、便利で快適な街なか等を市民や来街者が行き交い、消費やサービスの購入等により地域経済が循環するとともに、交流を通じて様々なイノベーションが生まれる効果
- 企業や行政におけるシステムの効率化等が図られ、生産性の向上につながる効果 等

③環境負荷の低い都市・地域の実現 【環境】

- 業務活動、日常生活や移動行動などあらゆる場面で、現実のヒトやモノの動きに対応した形でエネルギー・資源利用が最適化され、脱炭素社会の実現につながる効果 等

–昨今、「誰一人取り残さない」SDGsの実現が大きな社会的テーマとなってきました。上述のような様々な効果が期待されるスマートシティは、SDGsの実現においても、デジタル田園都市国家構想の実現においても、主要な政策ツールとしての役割が期待されています。

11

1-1. スマートシティによって何がよくなるか

- ・分野横断的に様々なデータを取得・利活用し、総合的なサービスの向上が期待されます。(以下はその例です)
- ・さらに、多都市・多分野に跨り産官学・市民が関わることで、新たな枠組みによる課題解決が期待されます。



- **スマートシティ政策の推進**：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局（スマートシティ担当）
 - 内閣府「未来技術社会実装事業」
 - 総務省「地域課題解決のためのスマートシティ推進事業」
 - 経済産業省「地域新MaaS創出推進事業」
 - 国土交通省「日本版MaaS 推進・支援事業」
 - 国土交通省「スマートシティ実装化支援事業」
- **スマートシティ官民連携プラットフォーム**（合計956団体）
 - 内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省は、スマートシティの取組を官民連携で加速するため、企業、大学・研究機関、地方公共団体、関係府省等を会員とする「スマートシティ官民連携プラットフォーム」を設立。
 - 会員サポートとして、① 事業支援 ②分科会 ③マッチング支援 ④普及促進活動 等を実施。
- **デジタル田園都市国家構想交付金**：内閣官房デジタル田園都市国家構想実現会議事務局/内閣府 地方創生推進事務局
 - デジタルを活用した地域の課題解決や魅力向上の実現に向けて、デジタル実装に必要な経費を支援。
 - デジタルの活用などによる観光や農林水産業の振興等の地方創生に資する取組や拠点施設の整備などを支援。
- **スーパーシティ構想等推進事業**：内閣府国家戦略特区/地方創生推進事務局
 - スーパーシティとデジタル田園健康特区において「デジタル田園都市国家構想」の先導役として大胆な規制改革を伴ったデータ連携や先端的サービスを実現し、様々な分野の地域課題を解決す

【スマートシティ x 衛星地球観測のユースケースマッピング】 ※現状(黒字)、将来(赤字)

サービス分野	サブ分野	高分解能衛星観測		環境衛星観測	
モビリティ	交通/モビリティ、物流	△ ○	<ul style="list-style-type: none"> 3Dマップ(海外) 都市デジタルツイン更新(AI学習空間) 	×	—
環境/エネルギー	環境	△ ○	<ul style="list-style-type: none"> 環境変化モニタリング(土地利用など) 自然資本の可視化(TNFDなど) 	△ ○	<ul style="list-style-type: none"> 各種環境情報把握・評価(大気汚染、温室効果ガスなど) カーボンクレジット等の取引
	エネルギー	△	<ul style="list-style-type: none"> 送電線網監視、太陽電池位置把握、発電予測など 	△	<ul style="list-style-type: none"> 風力発電など適地検証(3Dマップ)
防災/防犯	防災	○ ○	<ul style="list-style-type: none"> 予兆把握、被害状況把握、復旧・復興 都市デジタルツインでの被害予測 	○ ○	<ul style="list-style-type: none"> 気象予報、被災後の環境変化把握 地球デジタルツインでの被害予測
インフラ/施設	インフラ維持管理	○	<ul style="list-style-type: none"> 河川堤防、埋立地等の地盤変動監視 	×	—
	都市計画・整備	○ ○	<ul style="list-style-type: none"> 地図更新、3Dマップ、土地利用変化 都市デジタルツインでの施策シナリオ検討 	×	<ul style="list-style-type: none"> 地球デジタルツインでの施策シナリオ検討
	住宅、建設、不動産	△	<ul style="list-style-type: none"> 土地環境・リスク把握 	△	<ul style="list-style-type: none"> 土地環境・リスク把握
健康/医療	健康、医療	×	—	×	—
産業/経済	農林水産業	○	<ul style="list-style-type: none"> 統計情報把握、収量予測 スマート農林水産業 	○	<ul style="list-style-type: none"> スマート農林水産業、適地検証、管理効率化 気候インデックス保険など環境保険
	その他	△	<ul style="list-style-type: none"> サプライチェーン把握 	△	<ul style="list-style-type: none"> サプライチェーン把握
地域社会	地域コミュニティ形成など	×	—	×	—
教育/文化	教育、文化・アートなど	×	—	×	—
行政	E-サービス、デジタル運営など	×	—	×	—

※分野は、スマートシティのKPI設定方針(内閣府CSTI)より
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/smartcity/01_sc_siyou.pdf

【我が国の「海洋状況把握(MDA)」における衛星による情報収集能力強化の必要性】

「我が国は、四方を海に囲まれ広大な排他的経済水域や長い海岸線を有し、海上貿易と海洋資源の開発を通じて経済発展を遂げ、法の支配を含む普遍的価値に基づく自由で開かれた海洋秩序の維持・発展を追求する**海洋国家**である。このことから、**我が国の海洋を取り巻く厳しい安全保障環境、頻発する海難事故や海洋由来の自然災害、海洋汚染等の諸課題に鑑み、これらに適切に対応していくため**、海洋に関する様々な事象を常に把握する必要があるとの認識に立ち、これまで政府として海洋状況把握(MDA)に関する取組を進めてきた。」

「(略) **我が国におけるMDAに関する情報収集において、海洋の安全保障に関しては、艦艇、巡視船艇や航空機等のアセットを計画的に整備することはもちろんではあるが、これらによらない、無操縦者航空機や衛星、沿岸部設置レーダー等の情報収集能力を強化する必要があり**、第2項(3)ア及びイの海域で情報を収集できる能力を備える必要がある。」

※第2項(3) 我が国におけるMDAの対象とする海域

ア 我が国の内水、領海、接続水域、排他的経済水域及び大陸棚（以下「領海等」という。）を含む我が国周辺海域

イ シーレーン等海洋の安全保障上重要な海域（以下「シーレーン等」という。）

ウ 自然災害対策、海洋環境保全及び海洋産業振興等に必要海域

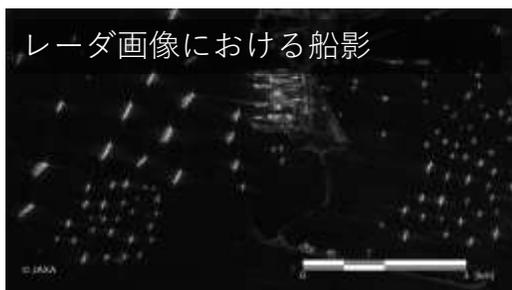
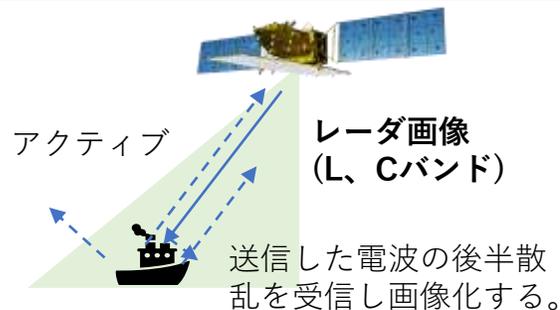
(令和5年12月 我が国の海洋状況把握(MDA)構想(総合海洋政策本部)より)

【宇宙技術も含めたMDAのさらなる強化の方向性➡第4期海洋基本計画(令和5年4月)】

「MDAは、海洋に関連する多様な情報を**海洋の安全保障のみならず、海洋環境保全、海洋産業振興、科学技術の発展等の海洋政策の推進に活用する包括的な取組**である。MDAの前提となる海洋に関連する多様な情報を適時適切に収集・集約することは、脅威の早期察知につながり、総合的な海洋の安全保障の強化に貢献する。この重要性に鑑み、「我が国における海洋状況把握(MDA)の能力強化に向けた今後の取組方針(平成30年5月、総合海洋政策本部決定)」の内容も踏まえつつ、**宇宙技術も含めた既存の調査・観測・監視体制の更なる強化**に加え、AI技術、無人航空機といった新たな技術の積極的な活用、海洋情報の集約・共有のための情報共有のプラットフォームの強化、同盟国・同志国等のMDA関係機関との国際連携及び国内の関係省庁間の連携の緊密化を一層推進する。」

広域SAR

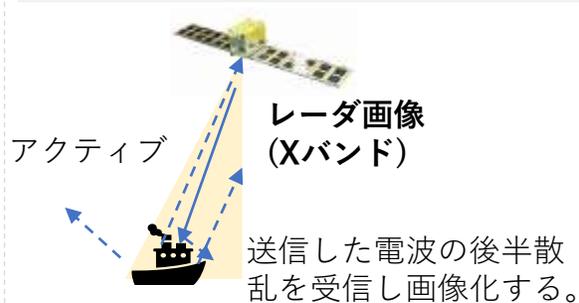
ALOS-4, RCS等



- ① 分解能: 数m
- ② 観測幅: 500km以上
- ③ 観測頻度: 要確認
- ④ 取得情報: 船影
- ⑤ 特徴: 広域観測での船影検知により、船舶搜索が可能。ただし、分解能は低く船影からの船種判別は困難

高分解能SAR

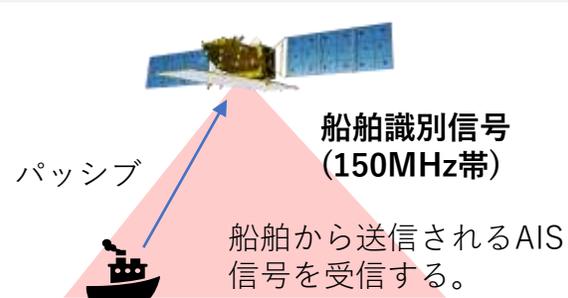
Stri X, Izanami, ICEYE等



- ① 分解能: 1m程度
- ② 観測幅: 数十km
- ③ 観測頻度: 数10分おき (数十機)
- ④ 取得情報: 船影
- ⑤ 特徴: 高分解能に船影を検知し、選手を判別することが可能。AISを組み合わせた不審船識別に用いられる。ただし、小型船舶の船種判別は困難。

AIS

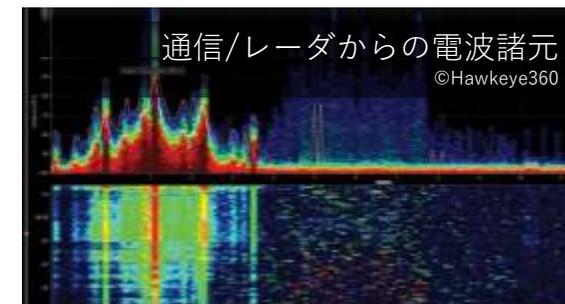
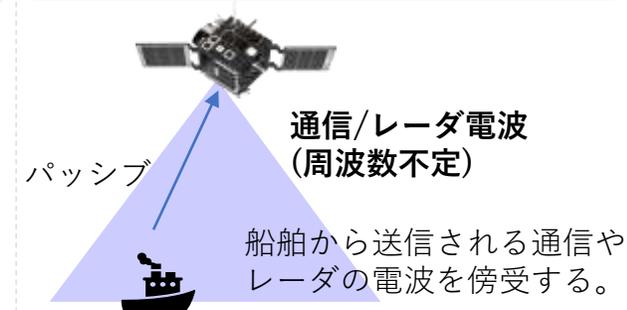
ALOS-4, spire等



- ① 分解能: -
- ② 観測幅: 数千km
- ③ 観測頻度: 数10分おき (数十機)
- ④ 取得情報: 識別番号、位置情報、速度、針路など
- ⑤ 特徴: 静的/動的情報により衝突回避などに利用。受信を障害する混信が課題。AISを停止したり、偽装している場合には情報把握できない。

電波収集

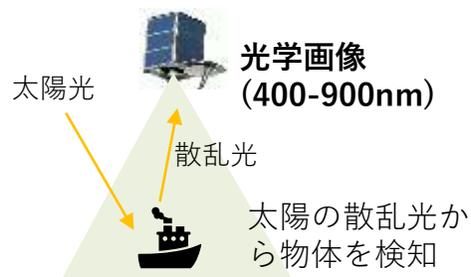
Hawkeye360, SAMRAI等



- ① 分解能: 1km以上
- ② 観測幅: 1000km程度
- ③ 観測頻度: 数10分おき (数十機)
- ④ 取得情報: 位置情報、電波諸元
- ⑤ 特徴: 広域に関心船舶が送信する電波を受信し、位置の推定および電波諸元からの搭載機器の識別が可能。受信を障害する混信が課題。

高分解能可視光

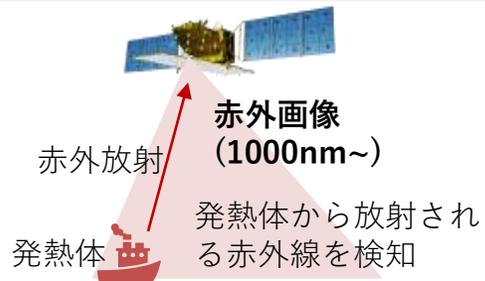
Worldview, Skysat, Dove等



- ① 分解能: 30cm~
- ② 観測幅: 13km~
- ③ 観測頻度: タスキング
- ④ 取得情報: 船影
- ⑤ 特徴: 高分解能画像から船舶の特徴を識別可能。ただし、観測幅が狭小で捜索は困難

赤外

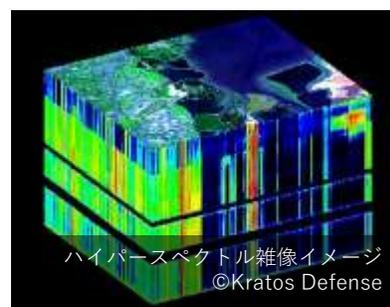
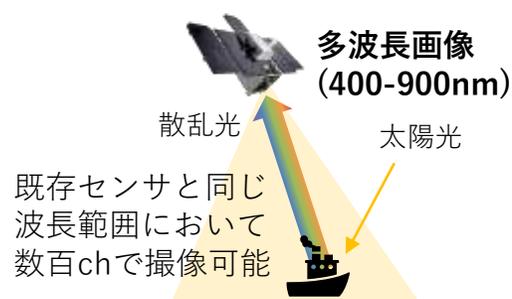
ALOS2(CIRC)、SDGSAT-1等



- ① 分解能: 200m~
- ② 観測幅: 500km~
- ③ 観測頻度: タスキング
- ④ 取得情報: 発熱体位置情報
- ⑤ 特徴: 船舶から放射される熱を検知する。ただし、分解能が低く同じ熱放射する海面における識別は困難

多波長・ハイパースペクトル

HISUI, Pixxel等



- ① 分解能: 5m~
- ② 観測幅: 20km~
- ③ 観測頻度: タスキング
- ④ 取得情報: 船影および発熱体位置情報
- ⑤ 特徴: 複数チャンネルの多波長画像情報から船舶や海況等の情報を同時に取得可能。

夜間光

キャノン電子(高分解能)、VIIRS(広域)等



- ① 分解能: 5m程度(高分解能)、750m(広域)
- ② 観測幅: 2-3km程度(高分解能)、3000 km(広域)
- ③ 観測頻度: タスキング (高分解能)、1回/日(広域)
- ④ 取得情報: 発光体
- ⑤ 特徴: 夜間において船舶から発する光を検知、位置を特定可能。

- **大規模災害は被害が広範囲かつ甚大となるため、被害状況の把握に時間を要し**(東日本大震災では死傷者数の把握に数日)、人命救助や復旧活動、保険会社の対応等が迅速に実施する必要がある。また、小・中規模の水害における決壊部位の把握や、土砂災害の発生位置把握のために、河川の上流から下流まで200km以上の広域観測が必要。(令和元年台風19号の時のように洪水被害が広域化しており、ALOS-2クラスの観測幅ではカバーできない事例があり、今後の甚大化に対し広域化が必要)
- **広域を観測する衛星群(平時にはベースマップ画像を整備)とスポット的に迅速に高頻度で観測可能な小型衛星コンステレーションを融合させた全体システムを構築し、災害の初動対応、復旧・復興等に貢献。**

【南海トラフ地震の災害対応の例】

次期光学ミッション、民間小型光学・SAR衛星群 + 海外衛星群

災害発生後、**2時間以内**に都市部、重要施設の被害把握

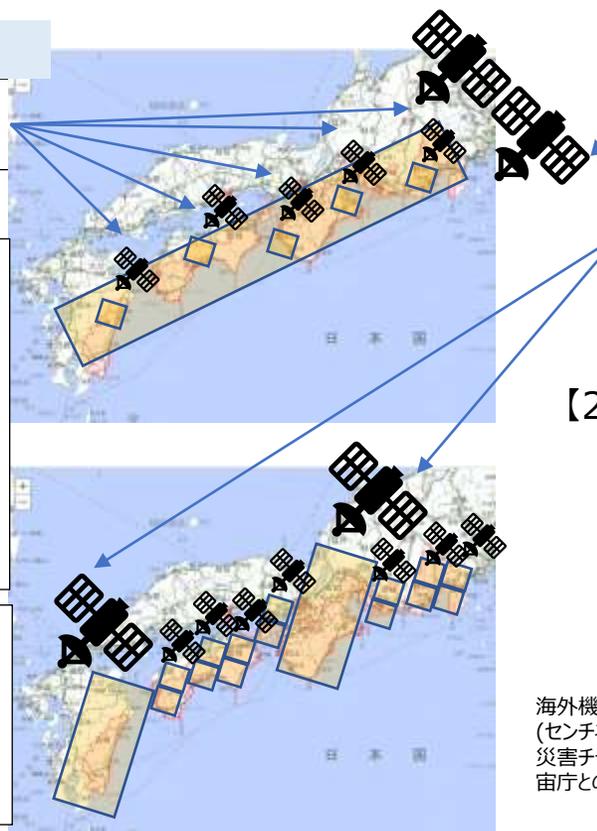
全ての活用

復旧フェーズ

1週間以内に激甚災害指定を行うため、また、国際団体(WFP等)や、損保会社等が被害推定を行うため、衛星データから経済的被害規模を算出。迅速な保険支払いのためのデータ判読を実施。
その他、経過観測を行い、流木や瓦礫の撤去計画に資する情報等を観測データから抽出。

復興フェーズ

大型衛星で復興の状況を広域にモニタリングするとともに、小型衛星群により、大型衛星の定期的な観測で漏れる地域や、経過把握が必要な重要施設や関心地域の継続観測を行う。

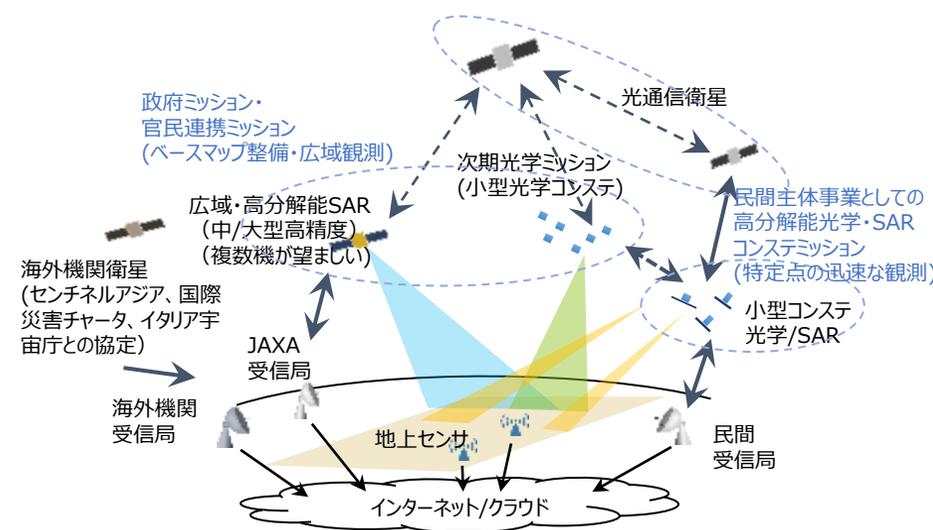


次期光学ミッション、次期SARミッション + 海外衛星群

最低1日複数回の広域観測機会を確保し、**災害発生後、翌朝までに被害規模の全容を把握。**

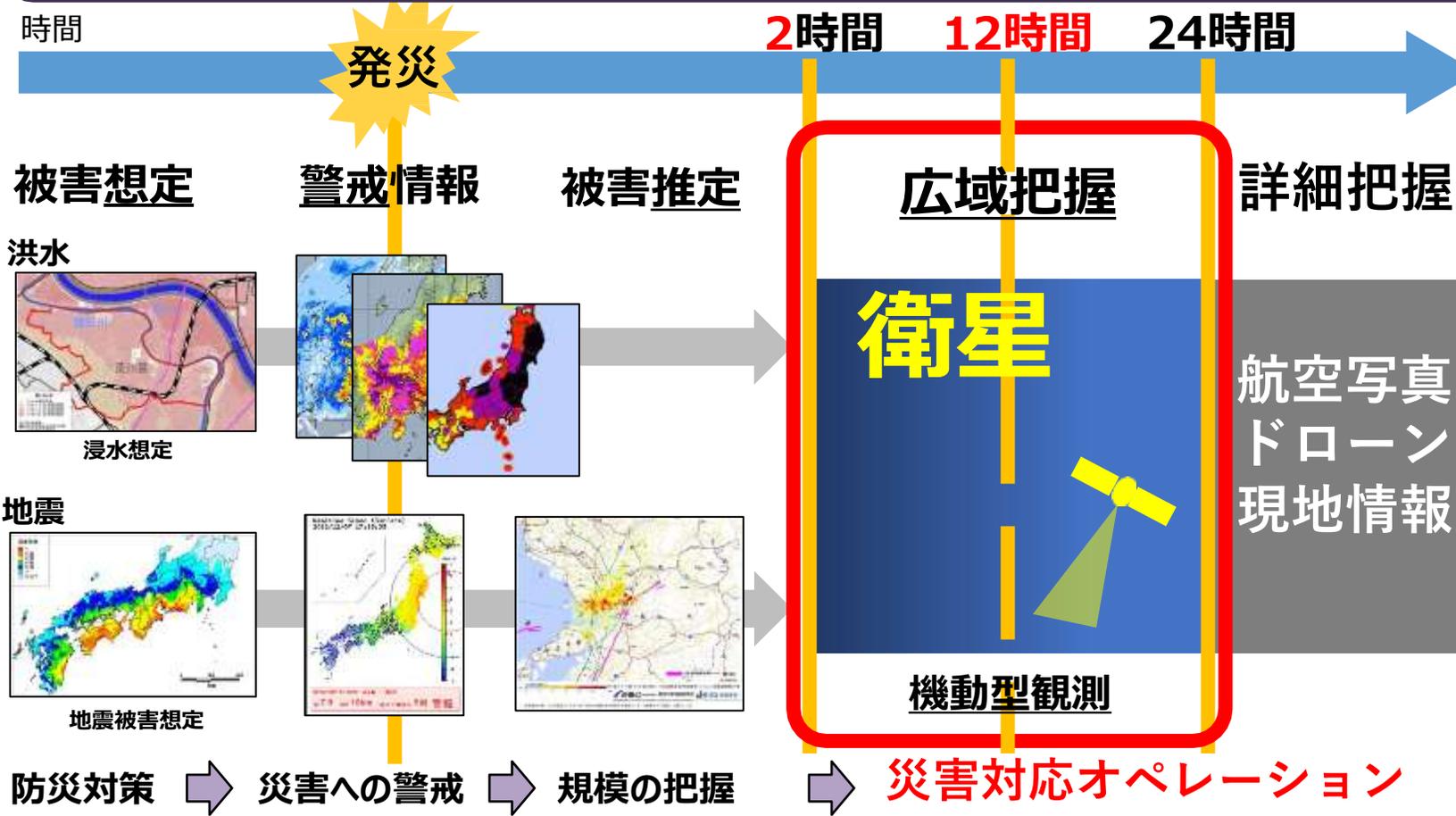
人命救助は72時間以内の救出が重要であり、それまでに被害全域の状況把握が重要。

【2030年代のシステム案】



平時利用：被災箇所の抽出は発災前のベースマップ画像と発災後の緊急観測画像を比較して行うことが多く、平時は、政府・官民連携ミッションにより可能な限り最新のベースマップを整備。

- ミッション：衛星データの効用と限界を見据えた上で発災後2時間程度で災害対応の指針となる実被害把握に関する広域情報を提供すること
- 実務上：発災後、最短かつ最適観測シナリオで機動的な緊急観測を行い、最速発災後2時間から概ね12時間以内でプロダクトを提供すること
- 社会実装：利用可能な衛星を最大限活用する実務基盤を作ること



- 災害対応オペレーションへのリレー
- 政府対策本部（内閣府）
被災人口・建物(レーダ画像・光学画像+人口+建物)：重点支援すべき自治体の検討
 - 罹災証明（内閣府、自治体）
被害建物(レーダ画像+建物)：被害認定調査実施に向けたリソース検討
 - 河川管理（国交省 TEC-FORCE） 浸水域(レーダ画像+地形+道路)：排水ポンプ車派遣場所・台数検討
 - 砂防関係（国交省 TEC-FORCE） 河道閉塞、地すべり(レーダ画像・光学画像+地形+河川)：土砂法による緊急調査。
 - 災害医療（厚労省 DMAT）
浸水域内人口(レーダ画像+人口+道路)：派遣リソース検討
 - 災害廃棄物（環境省、自治体）
災害廃棄物量(レーダ画像・光学画像,人口+建物)：外部支援必要性、処理戦略の検討等
- SIPD[®] を活用して流通

(注)防災科学技術研究所 田口仁様「地球観測衛星による早期・広域被災状況把握技術の社会実装に向けて」から抜粋。

損保業界からのニーズ：
東日本大震災では、損害保険業界は約23,000枚の航空写真、衛星画像を用いて震災後約3ヶ月間で約50万件、約1兆円の保険金を被災者に支払った。より迅速に被害の認定を行えるよう、短期間で被災の全容が把握できるよう、衛星画像を活用したい。

(大規模災害の観測ニーズの例) 南海トラフ観測シナリオ

① SAR観測範囲 (全体把握)
震度分布 震度6弱以上または、
液状化範囲 指標PL値5以上



② 高分解能 (50cm以下) 光学衛星 (重要施設測) :
応急復旧活動の展開拠点となる広域防災拠点、空港、港湾
に加え、飛行制限が設定される原発を継続的に観測する。



③ SAR・光学分解能(80cm級)衛星の継続観測範囲、津波浸水深1m以上 + 沿岸より100km以内の海上



(参考：現状の衛星観測能力による対応状況)

- ① SAR観測：ALOS2/4 + CSKの組み合わせで90%以上の観測範囲を取り終えるのに4日ほどかかる。
- ② 高分解能衛星 (World View、GeoEye、Pleiades) で原発2か所を2日、空港5か所を4日、港湾23か所6日を観測する。
- ③ センチネルアジア、国際チャータ、中分解能衛星、ALOS3の組み合わせで90%以上の観測範囲を取り終えるのに2日ほどかかる。

3/31 21:00~4/01 18:00 (JST) の間に提供予定 (JAXA・大規模チームにて解析着手可能予定) となる衛星データ

