

静止光学観測衛星

沖 一雄(東京大学/京都先端科学大学)・木村俊義(JAXA)
水谷 忠均(JAXA)・田殿 武雄(JAXA)

静止衛星への期待

社会のインフラとして

“社会のインフラ”とは？

- 国民が意識しない程当たり前になっているもの
- ✓ 蛇口をひねると水が出る
- ✓ スイッチを入れると電気がつく
- ✓ 例えばインターネットは高速ネット整備が起爆

静止衛星による多くの分野へインフラ化が期待される

- ✓ 利用の幅が広がるほどインフラの意味合いは強くなる



宇宙技術で社会を支える

様々な分野に対してのブレークスルー(起爆)

大規模災害における即時＋継続観測の必要性

大規模災害(津波地震/都市災害)や離島災害における広域即時+継続観測能力の欠落
→被害低減に向けた即時＋継続観測の担保に寄る災害対応の迅速性確保



東日本大震災津波(岩手日報社)



西之島(海上保安庁発表資料)



阪神淡路大震災(朝日新聞デジタル)

Before

- 津波→地震発生から、津波到達まで東日本大震災の例で30分、今の周回衛星観測では最大24時間程度であり、被害全容がすぐにはつかめない。浸水域の特定は、被災後、現地実踏調査に依る浸水痕にて判定(気象庁技術報告第133号より)
- 離島火山→西之島火山噴火から2-3日経過してから海保が観測。噴火噴煙による近隣航行安全未確認
- 大規模都市火災→首都圏直下想定の場合、環状線内などの火災多数発生が予測されるが位置確認手段が乏しく、消防対応策が定まらない

After

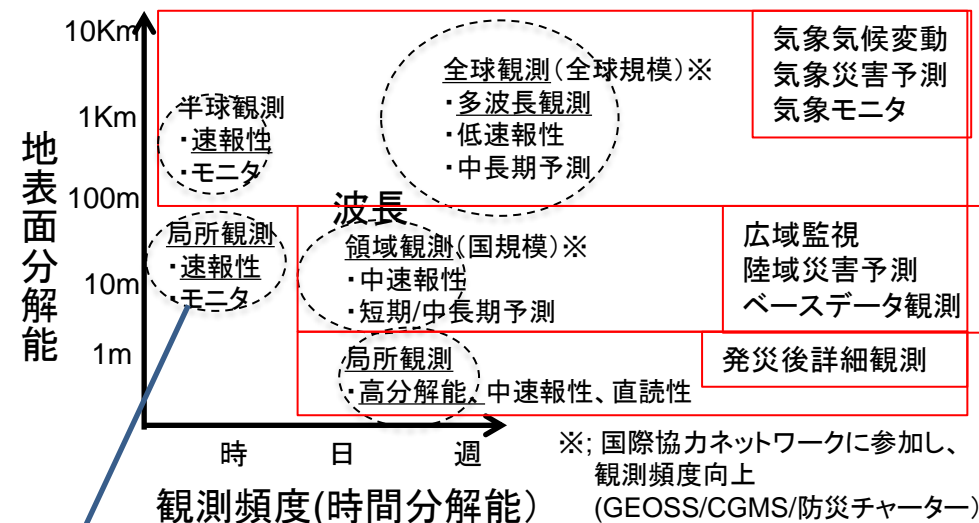
- 津波→地震発生からの観測要求から確実に30分以内で観測画像入手、また連続観測により、浸水域をリアルタイムで特定。被害の大きい地域を識別し、ヘリテレ等の詳細観測への適時な情報入力
- 離島火山→活火山定時観測により、噴火を1日以内に把握し、モニタ可能。近隣航行安全確認などに有効
- 大規模都市火災→広域の火災(高温地域)を、赤外域チャンネルとのオーバレイで火災元を早期に特定。地上消防などへの情報提供

「静止光学観測衛星」に関するJAXAの取組

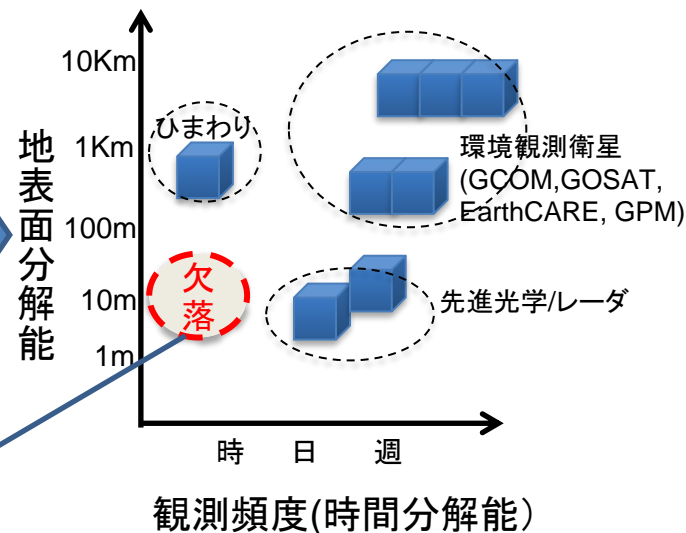
- JAXAでは、宇宙利用拡大と産業振興に向けた取組として、2000年代初頭より、静止軌道からの常時観測を可能とする超高精度な大型光学センサ技術の研究を推進してきたところ。
 - 昨今における技術の進展、即ち、
 - 軽量新素材鏡材料技術(コーディエライトセラミクス鏡)
 - 国内における地上用の分割式望遠鏡の開発
 - 民生を中心とした大フォーマットCMOSエリア検出器技術
 - オール電化による次世代の静止衛星バス技術(ペイロード比率の向上)
- 等の進捗を踏まえ、**世界で初となるΦ3.6m大型分割可視望遠鏡**の実現にあたり、キー技術や利用発展性に係る研究に取り組んでいる。

地球観測衛星プログラムにおける静止観測の位置づけ

観測要求



日本の観測衛星

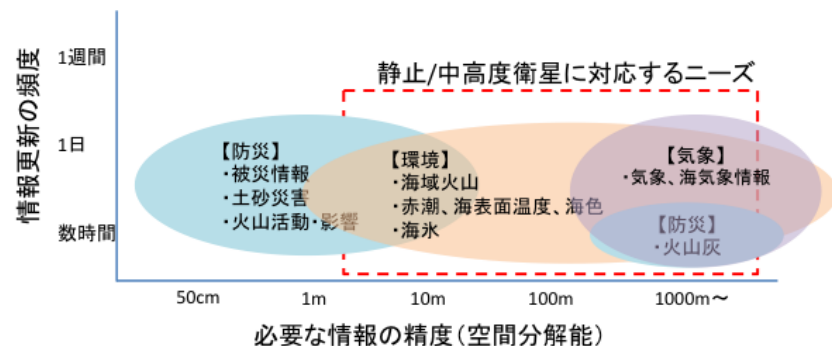


リアルタイムモニタ(防災・安全保障)

- ・発災後陸域モニタ
- ・発災兆候モニタ
- 分単位の速報性
- 直読性→映像/動画
- 詳細観測計画展開

今回の研究目標
地表面分解能10m以下
(右図ニーズ参照)の静止
軌道からの観測
撮像要求から補正後データ
取得まで30分以内(TBD)
(東日本震災例から仮置)

◆ 静止/中高度衛星のニーズ結果(観測頻度: 数時間~1日)より



2012ニーズ調査結果より

静止観測の特徴(静止画から動画へ)

静止光学観測衛星の最大特徴は「動画観測・継続観測」

- 動きを捉えることによる対象物の識別
- 対象物の移動ベクトルを判断
- 継続観測を行うことで、災害発達状況など、変化速度を得ることができる。

対象の移動速度

[km/h]

100

0

10

0

1

0

1

0.

1

静止地球観測システムのターゲット

大型船
船

竜
巻

小型船
船

津波の遡
上

収
穫

火
災

現在 1fps程度を仮定している

フレームレート[fps]

0.

1

1

1

0

静止光学衛星の概要（概念検討）



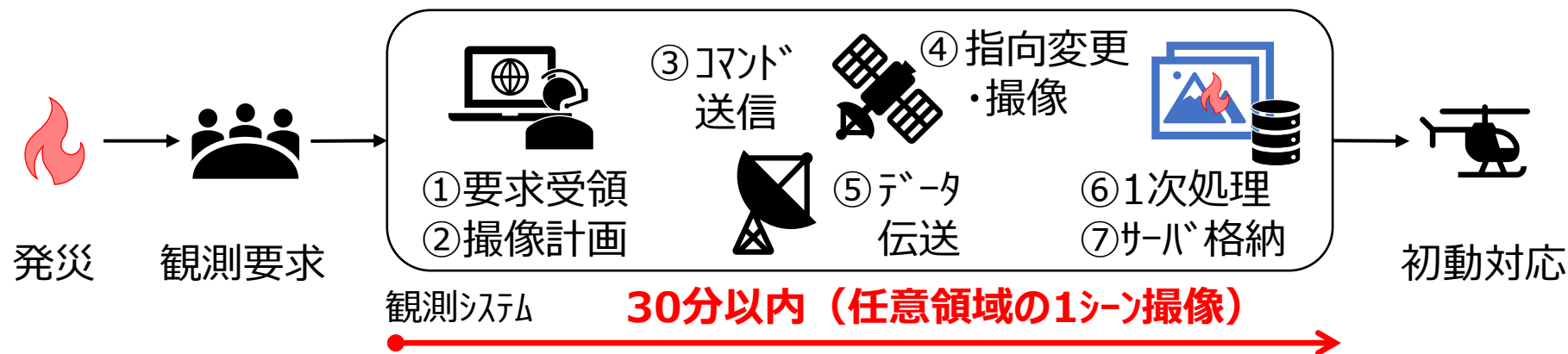
項目	仕様（暫定）
観測軌道	静止軌道（東経135度）
観測機器	2次元イメージセンサ （可視・近赤外+赤外）
観測バンド	バンド / マルチ(6ch) / 赤外
地表面分解能※	7m / 28m / 100m
視野(1シーン)範囲※	100 km x 100 km
打上質量	4.6 ton
発生電力	15 kW
データ伝送	1.2 Gbps (Ka, 2偏波)
推進系	シバル/アーム付ホールスラスタ
設計寿命	10年以上
打上ロケット	H3

※直下視（赤道直下）における値

観測モード



1. 緊急観測モード（要請に基づく特定領域の即時観測）



2. 定常観測モード（予め定義した複数領域の定期観測）



検討例
国内陸域全域(160シーン)を
3時間以内に撮像

静止光学衛星を含んだ将来システム構想

システムアーキテクチャ概要

既存の衛星システム(低軌道地球観測、測位通信衛星)と連携して運用することで、有効性が拡大

既存インフラとの連携



みちびき
災害・危機管理通報サービス「災危通報」

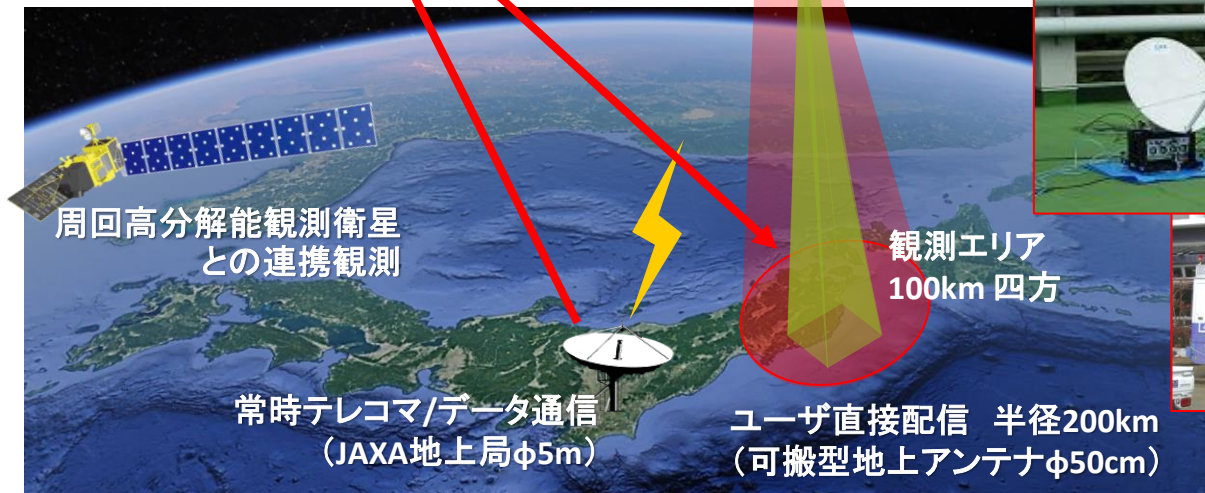
最低限の避難情報の被災地への配信



その他の通信衛星・
放送衛星との連携



静止地球観測衛星



可搬型アンテナ



衛星通信車

静止光学衛星利用検討委員会 (科学ミッション要求書の作成)

(1) 防災分野(一例)

- * 洪水後の浸水域抽出(実用)
- * 線上降水帯の予測(研究)
- * 地震等による大規模・広域・同時建物被害評価(実用)
- * 土砂災害(実用)
- * 都市火災(発生からの延焼評価)(研究)

(2) 農業分野(一例)

- * 水稻、大豆、麦等の収量・等級・品質把握(実用)
- * 水稻、酒米、飼料米の品種分類(研究)
- * 台風等による農業被害(実用)
- * 水田からのメタン発生量(研究)
- * ため池・農業ダムの評価(貯水量変化、倒木の評価)(実用)

静止光学衛星利用検討委員会 (科学ミッション要求書の作成)

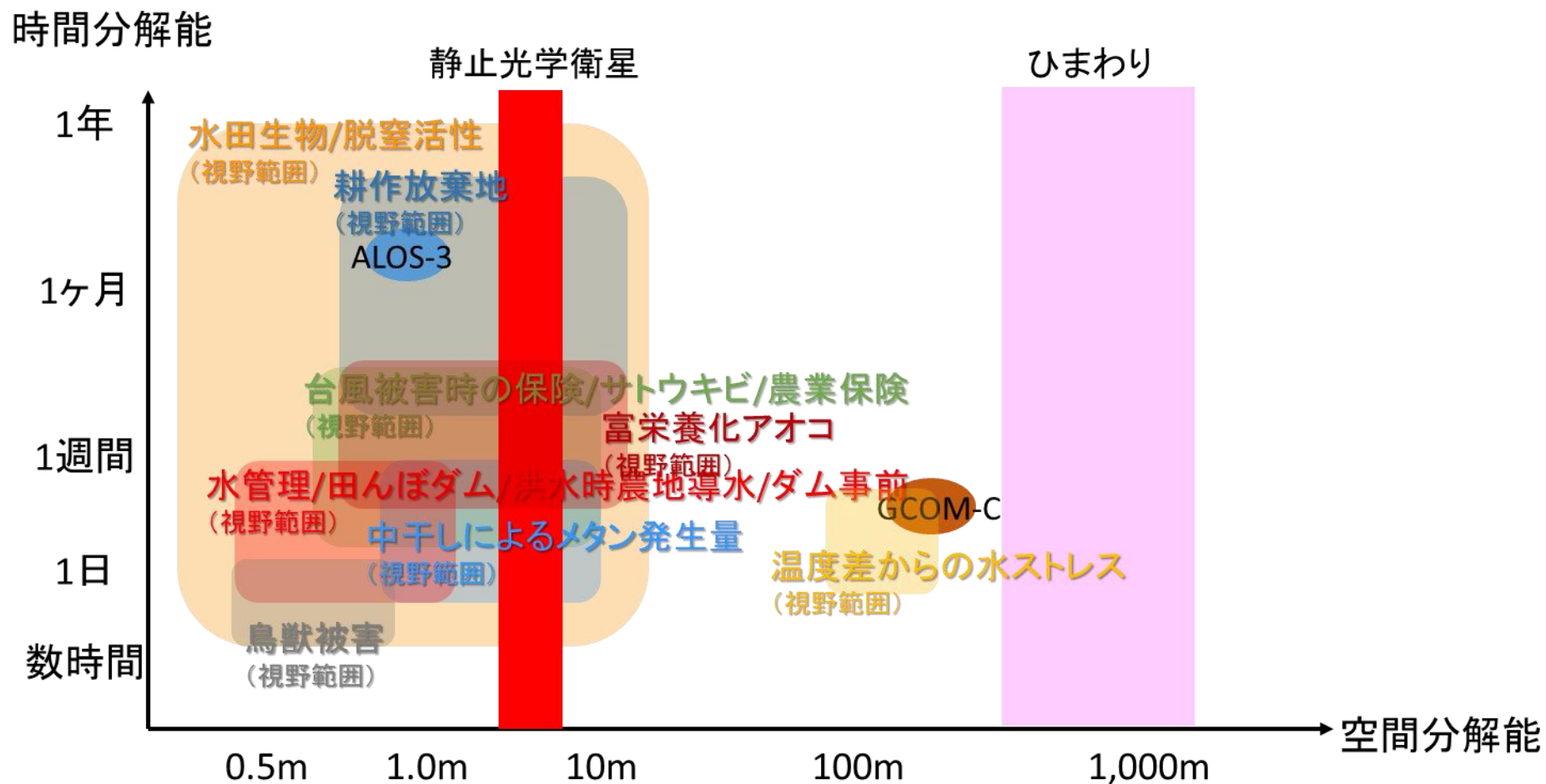
(3) 森林分野(一例)

- * 伐採・不伐採管理(実用)
- * 国立公園等の管理(実用)
- * ナラ・マツ枯れ評価(研究)
- * 森林バイオマスや葉面積指数(研究)
- * フェノロジーを利用した樹種判別(研究)

(4) 海洋分野(一例)

- * 汀線評価(実用)
- * 高潮・津波による被害把握(実用)
- * 海水把握(実用)
- * 青潮・赤潮・湧昇評価(実用・研究)
- * 海洋浮遊物の把握(実用・研究)

各分野における時間分解能と空間分解能



防災分野 —地震発生(災害)後の環境状況把握—



拡大

静止衛星の特徴
*リアルタイムに観測

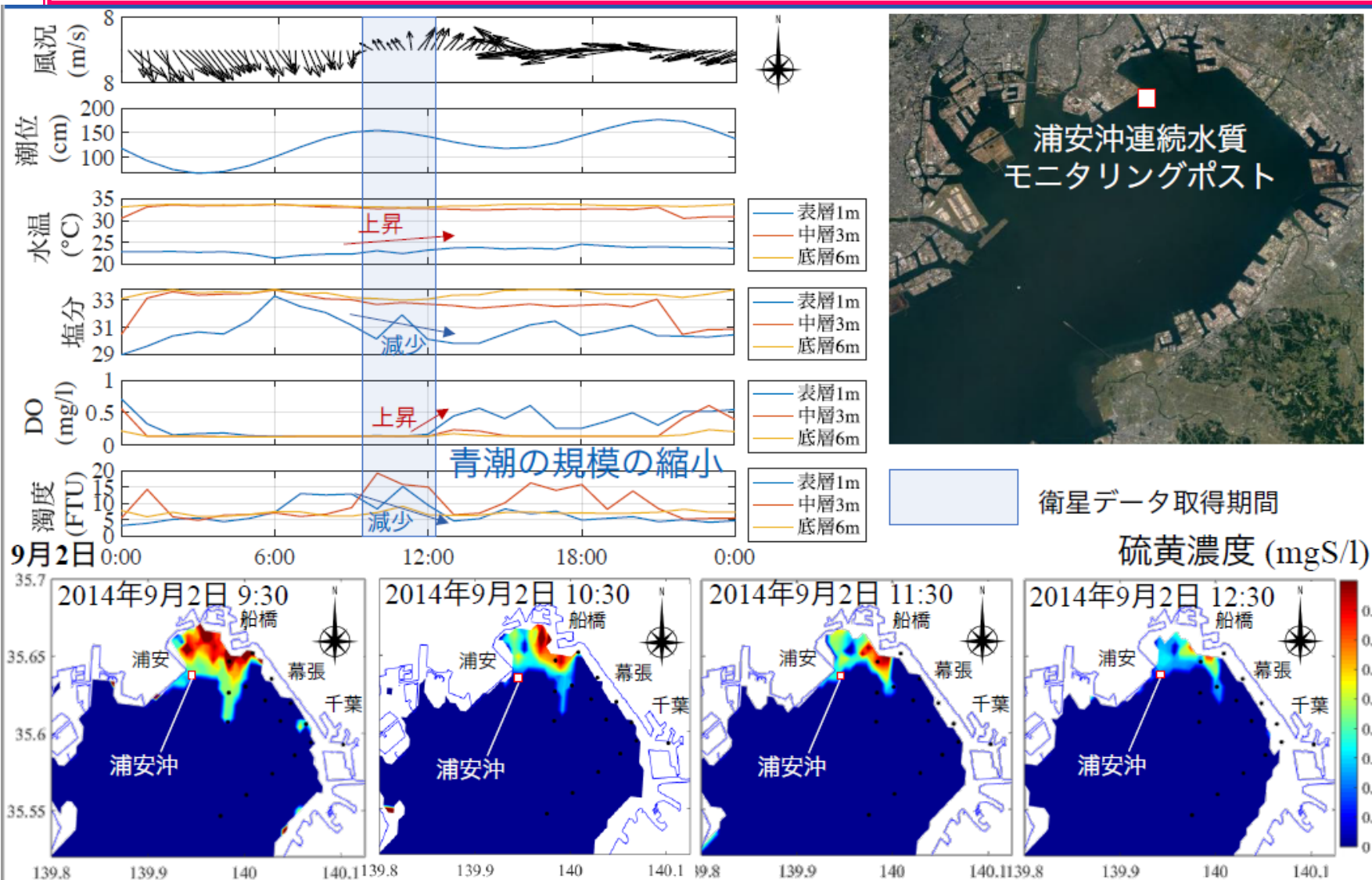


農業分野

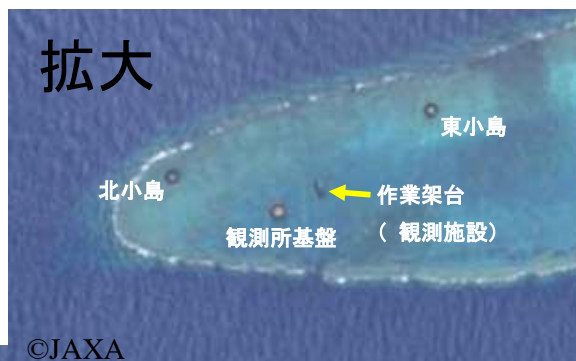
—静止衛星による作物管理—



海洋分野 —青潮の挙動評価—



南風の連吹により、青潮分布が短時間で徐々に縮小する過程を観測。



沖ノ鳥島



羽田空港

ALOS/AVNIR-2より10m分解能
画像シミュレーション結果



連続画観測のシミュレーション

GSD約7m, 1fps (5倍速再生)

画角は静止→北緯36度付近を模擬

(このサンプルの特長)

- 画面右側に船舶が航行する様子が確認できる
- 被雲状況が刻一刻と変化する様子が確認できる
 - 画像合成による被雲除去画像の作成も可能 (右図)



雲除去処理のシミュレーション

左の連続画を複数枚合成することで、雲を除去した画像を作成可能になる。このサンプルでは6枚の画像を合成した。雲除去画像は、同一視野を時間連続的に観測できる静止光学衛星の特長を活かしたプロダクトとなり得る。

新たに検討・進捗した箇所：

(1) 大型静止衛星1機10年利用と同じパフォーマンスを出す小型コンステレーションとの比較

→地上データ伝送を除いた軽減した条件としても、小型衛星による30分以内の観測では72機以上最低必要であり、寿命を2サイクルで考えても凡そ大型静止衛星に対して2倍以上のコストがかかると見積もられる。更に動画観測の実現性は低い

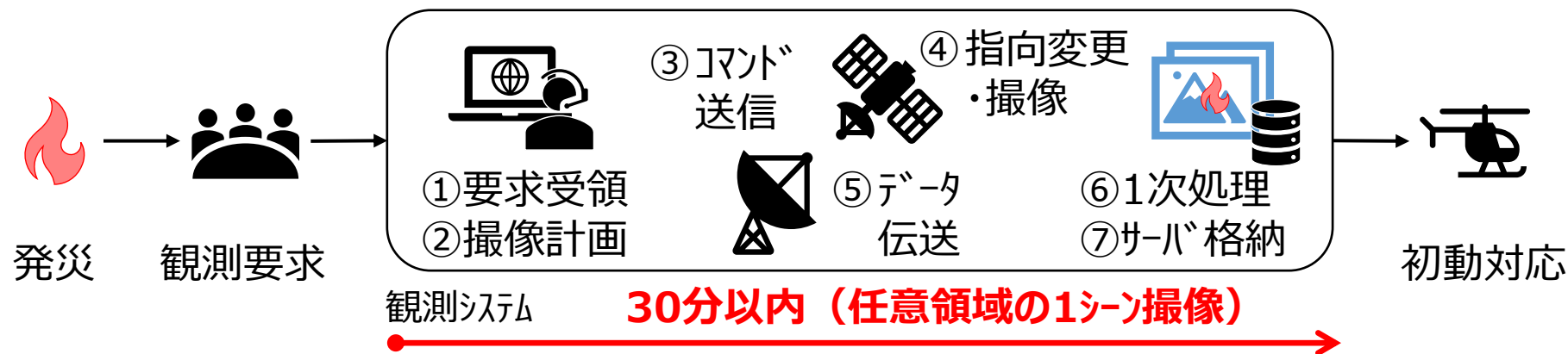
(2) 最も効率的な撮像域管理を行うため、どの程度の観測要望があるのかを網羅的に調査整理していること。

→国内陸域全体の観測頻度を検討した結果、一日に複数回の撮像が可能という見積もりができたので、緊急観測以外の要望は定常観測の中で、ほとんどが吸収できると考えられる。

観測モード



1. 緊急観測モード（要請に基づく特定領域の即時観測）



2. 定常観測モード（予め定義した複数領域の定期観測）



検討例
国内陸域全域(160シーン)
を3時間以内に撮像

まとめ1

- 東日本大震災を受け、大規模災害や離島災害等に対する迅速性の確保の観点から、即時・継続観測への要望が明確化されつつある。
- これまで技術的な観点から実現が困難であったが、昨今の各種技術の進展に伴い、静止軌道からの即時・継続観測システムが現実味を帯びている。
- 諸外国においては、天文分野を含め大型望遠鏡衛星に係る様々な研究開発が成されており、JAXAでは世界で初となる $\Phi 3.6\text{m}$ 大型分割可視望遠鏡の実現を目指し、キー技術や利用発展性に係る研究に取り組んでいる。
- 技術的な見通しが得られるよう、引き続き本研究を推進するとともに、今後の方向性等について、安全保障や防災対応をはじめとするユーザ官庁殿との連携を深めてまいりたい。
- 衛星技術＋利用技術において新規性が**大**

まとめ2

静止衛星

✓ 日本のインフラ/世界のイニシアティブ

- 宇宙技術で公共社会を支えるもの。
- アジア/世界でのイニシアティブをとるもの。

✓ 技術の継承＋連携

- 利用を支える技術を継承するもの。
- 既存の衛星と連携し、高度インフラ化の実現

✓ ブレークスルー

- 社会を変えるもの。技術が急速な進歩をするもの。
- 後継の次世代の人に夢を与えるもの。