

# 静止光学観測衛星の研究状況について

令和元年5月17日

宇宙航空研究開発機構  
研究開発部門 センサ研究グループ長  
木村俊義

## 「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。
- 本報告では、JAXAの最新の研究状況についてご紹介させていただく。

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



新西之島



阪神淡路大震災(神戸)

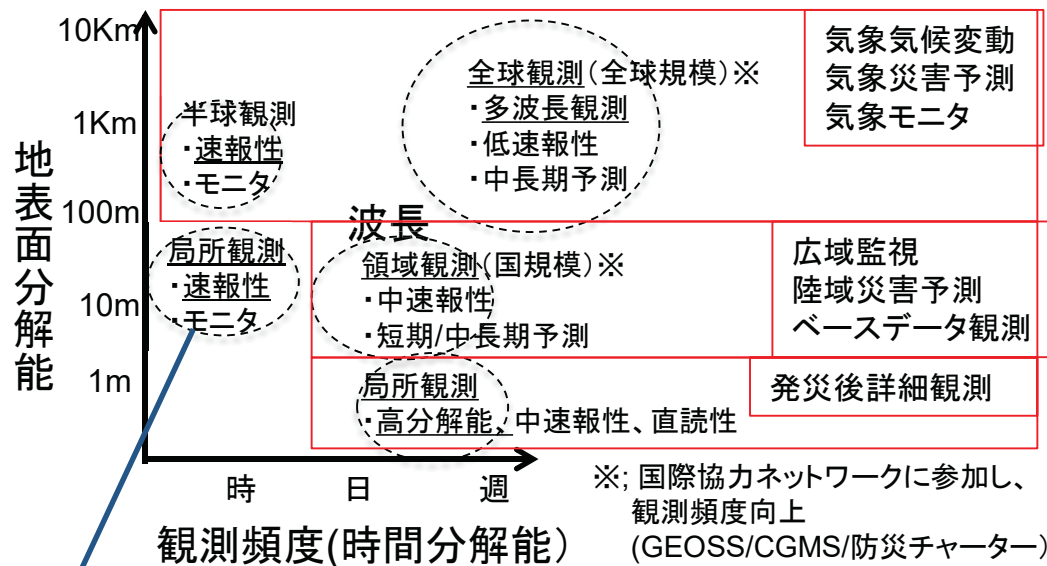
## Before

- 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

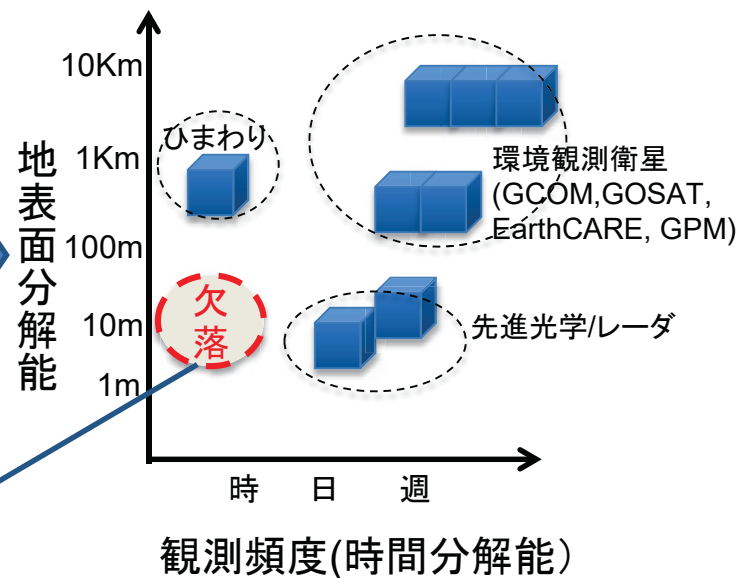
## After

- 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

## 観測要求



## 日本の観測衛星

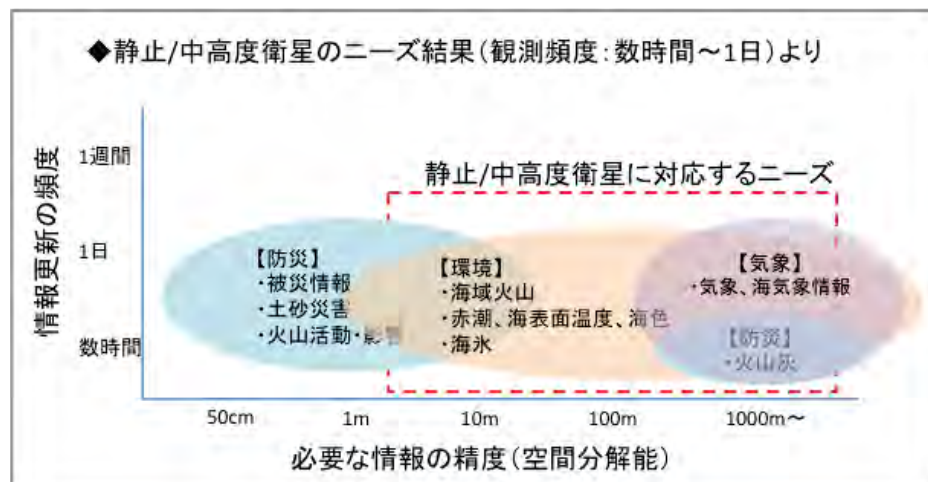


リアルタイムモニタ(防災・安全保障)

- ・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。

ひまわりによる「台風動画」が観測されているが、人工物移動の動画を衛星から観測した例は公開されていない。

対象の移動速度

[km/h]

1000

100

10

1

0.1

### 静止地球観測システムのターゲット

大型船舶

竜巻

小型船舶

火災

収穫

津波の遡上

現在 1fps程度を仮定している

0.1

1

10

フレームレート[fps]

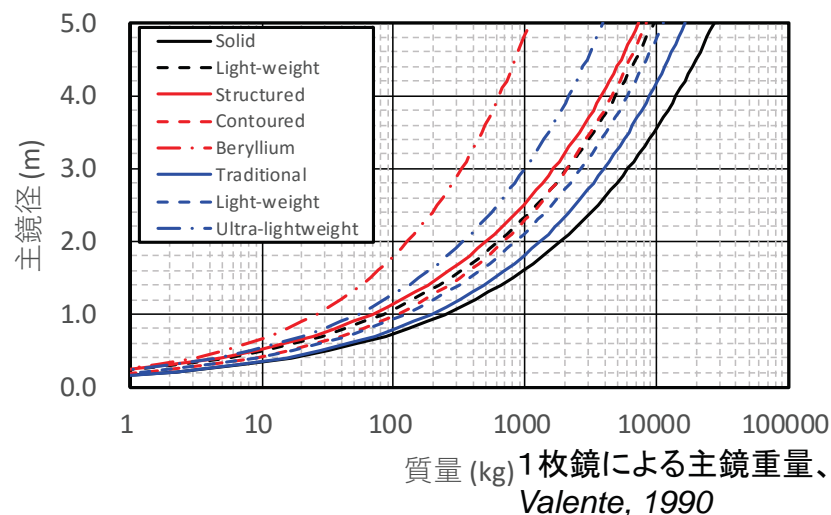
## 超大型望遠鏡の必要性と1枚鏡の重量限界

同じ地表面分解能を得る望遠鏡主鏡直径は、衛星高度に比例する。直下6-7m分解能を得るには3.6m程度の直径の主鏡が必要

(干渉限界(レイリーリミット)で規定される)

例:

- 高度600kmで地表面分解能1mを得るには直径0.5m程度の鏡が必要に対して、高度36,000kmで、1mを得るには直径30mの鏡
- 比較として、ハッブル望遠鏡の主鏡は2.4m, ハワイのすばる望遠鏡の主鏡は8m



ハッブル望遠鏡の主鏡は直径2.4mに対して1800pound (818kg, 硝子製(ULE)):



3.6m直径の主鏡を1枚鏡で作ると鏡だけで2~数トン、そこから想定できる衛星全体重量はロケットの打上げ能力を超過

(ひまわりの衛星ドライ重量: 衛星とセンサ合わせて1.3t程度)

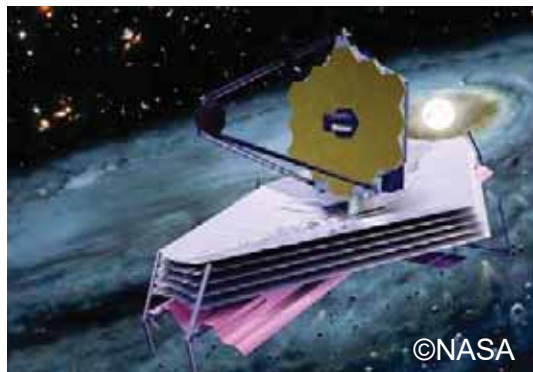


大口径では、高剛性1枚鏡ではなく、能動的調整を前提とした複数分割鏡のほうが重量上、製造上有利。但し軌道上精密光学調整技術が課題

## 主な技術課題:

- 表面精度10nmレベルで精密な大型主鏡(直径3.6m級)を持ち耐環境性・安定性の高い軽量な望遠鏡システムの実現
- 重量が大きなセンサを静止軌道まで持ち上げ、かつ迅速に超高精度で望遠鏡を指向させる高安定な衛星バスシステムの実現

## 米国

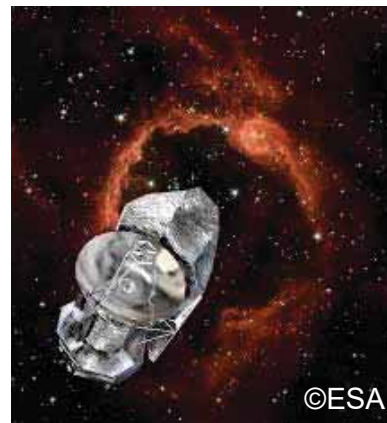


James Web Space Telescope (NASA)

赤外天文衛星(2021予定)  
主鏡径6.5m :Be材料  
分割展開型望遠鏡

天文衛星

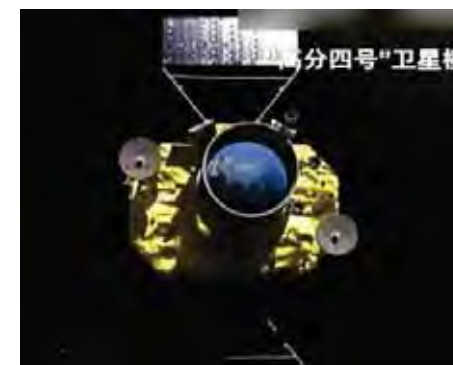
## 欧州



Herschel (ESA)

赤外天文衛星 (2009打上)  
主鏡径3.5m :SiC材料 1枚鏡

## 中国

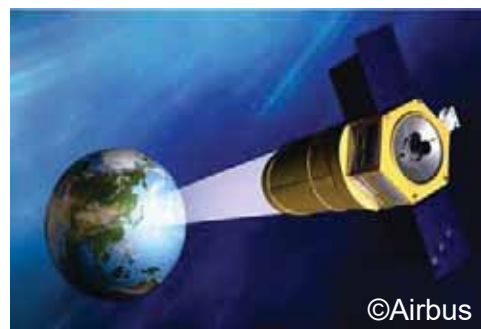


(引用: <http://blog.sina.com.cn/>)

高分四号 (CASC) 2015打上  
静止軌道/可視分解能50m  
(計算上の主鏡径は0.5m程度?)

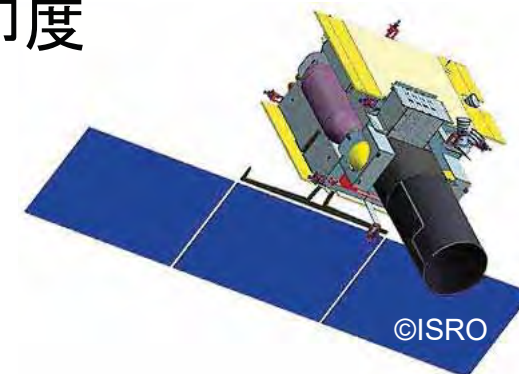
## 地球観測衛星

米国が地球観測用大型望遠鏡を運用しているのかは不明



GO-3S (Airbus) 研究中  
主鏡径4m:SiC材料 1枚鏡  
静止軌道/可視分解能3m  
(但し素子サンプリング間隔≠光学性能)

## 印度



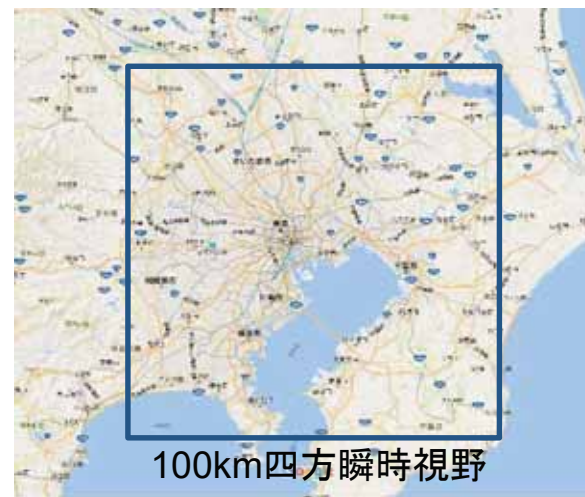
GISAT (ISRO) 2019予定  
静止軌道/可視分解能50m  
(計算上の主鏡径は0.5m程度?)

世界的に可視域大型望遠鏡衛星の実現例はなく、特に分割式の研究はない。本研究では、世界初かつ最高性能を目標

JAXAでは、世界初となるΦ3.6m大型分割可視望遠鏡を新規に設計し、静止軌道からパンクロ衛星直下で7m（日本付近で10m程度）、地上超解像処理により、静止画で4m（日本付近で5m程度）を可能とする衛星システムを研究中である。大型分割鏡技術をはじめとするキー技術の試作評価やシステム検討等を行い、技術的な実現性についての見通しを得ることを目指している。

## システムの特徴

- 撮像要求からデータ地上格納まで30分以内(TBD)のレイテンシを確保
- 静止軌道観測として世界最高の地表面分解能(10m以下)
- 対象地域に被雲がある場合でも雲が切れたタイミングで撮像可能
- 動画撮像(~1fps)により大型船舶、旅客機等の移動ベクトルを観測可能
- 観測可能範囲は気象衛星に準ずる(朝鮮半島~中国東岸~豪州)
- 1撮像で関東平野をほぼカバーする最大視野(100kmx100km)を設定
- 深夜以外の夜間観測の可能性については検討中(深夜は太陽との干渉により観測困難)、夜間観測における分解能は100m程度



## 利用の想定(例)

- 災害緊急観測システムとして、発災直後の広域被災状況・範囲確認
- 火山の定常監視(特に離島火山など)
- 不審大型船舶などの観測
- 農地の日毎観測に依る収穫管理



10m分解能サンプル(欧州Sentinel-2衛星画像より)



## 衛星仕様(暫定)

- 衛星本体重量 : 約4ton (オール電化バス想定)
- 軌道: 静止軌道(将来は準天頂軌道複数機を想定)

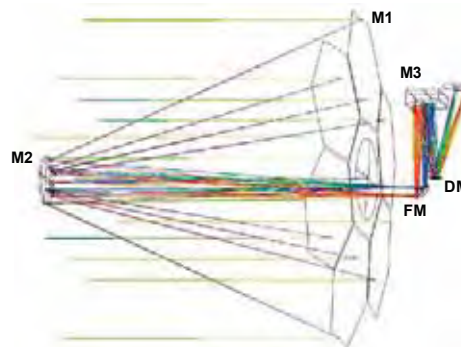
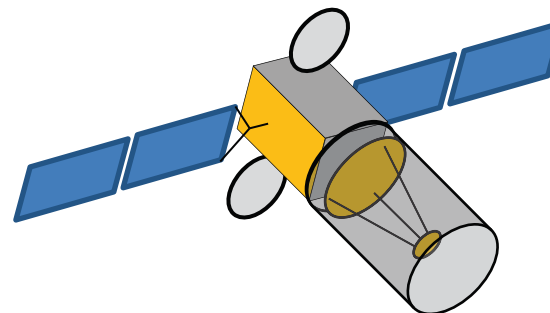
## センサ主要仕様(暫定)

- 集光方式: 有効直径3.6m、分割鏡方式
- 観測バンド: パンクロ、RGB+NIR可視近赤外焦点面およびIR焦点面(SWIRまたはMIRをトレードオフ中)
- 検出器: CMOS、SWIR or MIRについて検討中
- 瞬時視野: 100kmx100km、観測可能範囲: 気象衛星に準ずる(衛星中心に対し±60deg程度)
- 地表面分解能: パンクロ衛星直下で6-8m (日本付近で10m程度)、地上超解像処理により、静止画で3-4m (日本付近で5m程度)目標
- 動画観測機能: 1fps

## システムレイテンシ

- 撮像要求から対象地域への指向、撮像、地上データ格納まで30分以下(指向制御は衛星バスによる)

FY29衛星システム検討例



分割望遠鏡設計例

## 主な新規技術(研究・部分試作を実施中)

### ☆3.6m分割望遠鏡システム

- 軽量セラミックス鏡(コーティエライト) 1.4m級
- 主鏡調整システム波面補正技術

### ☆大フォーマットCMOS、赤外検知器

### ☆高精度・高安定姿勢制御衛星システム 他