

静止軌道観測衛星の構想と 技術開発の方向性

2019.9.25

2019年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム

宇宙航空研究開発機構 水谷忠均

社会ニーズ



東日本大震災
(津波)



西之島
(海底火山の活動)

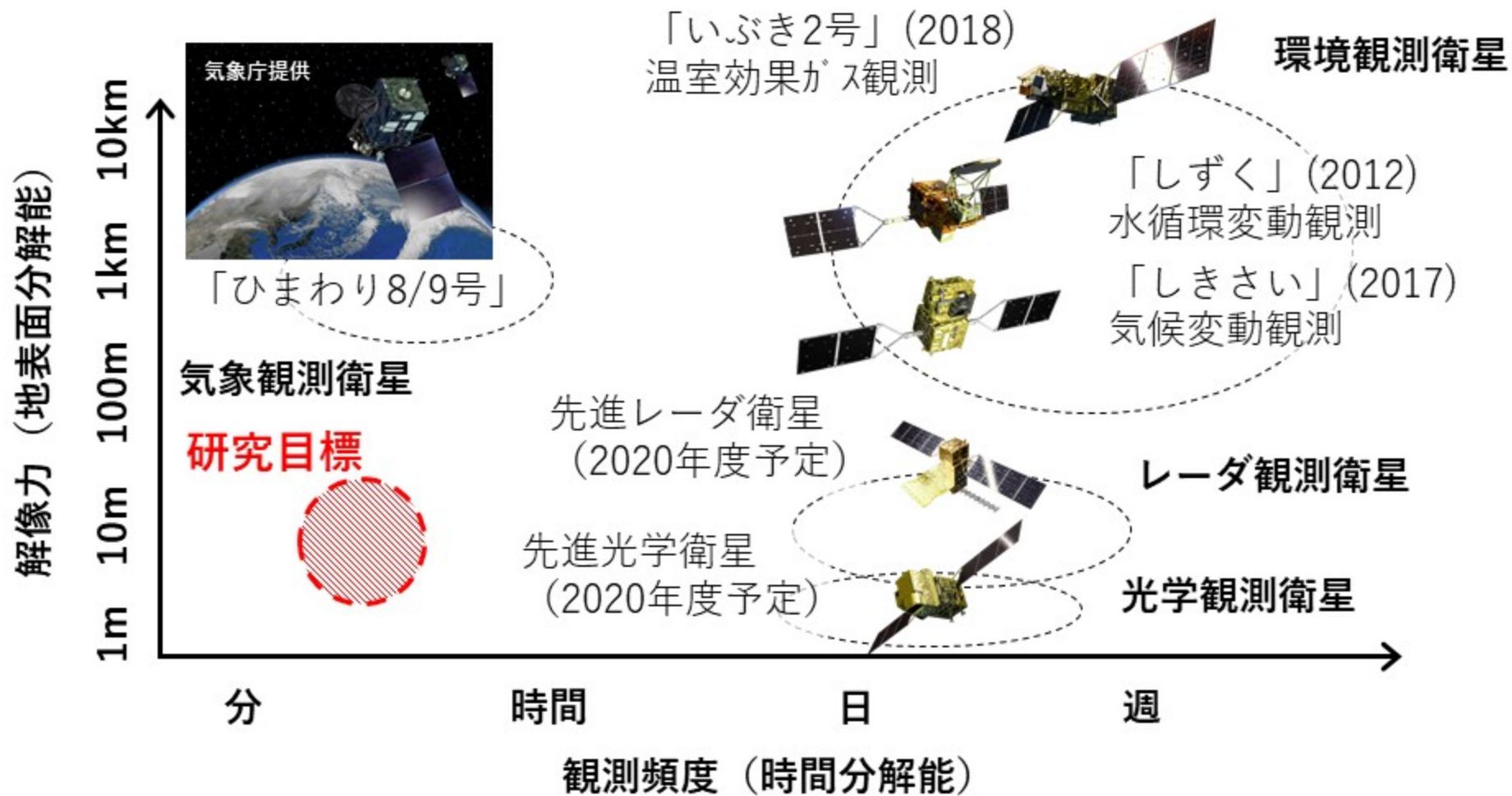


阪神淡路大震災
(大規模都市火災)

- 被災者、救助者、行政が「命を救う」初動行動に必要な情報を伝える手段
- 定常的な観測が難しい遠隔地や海上で発生する不測の自然災害（現象）を把握する手段

大規模かつ突然の災害から人命や財産を守る ⇒ 「即時観測」の重要性

技術ニーズ



「即時観測」を実現する手段が未確立 ⇒ 静止観測衛星の構想

静止観測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

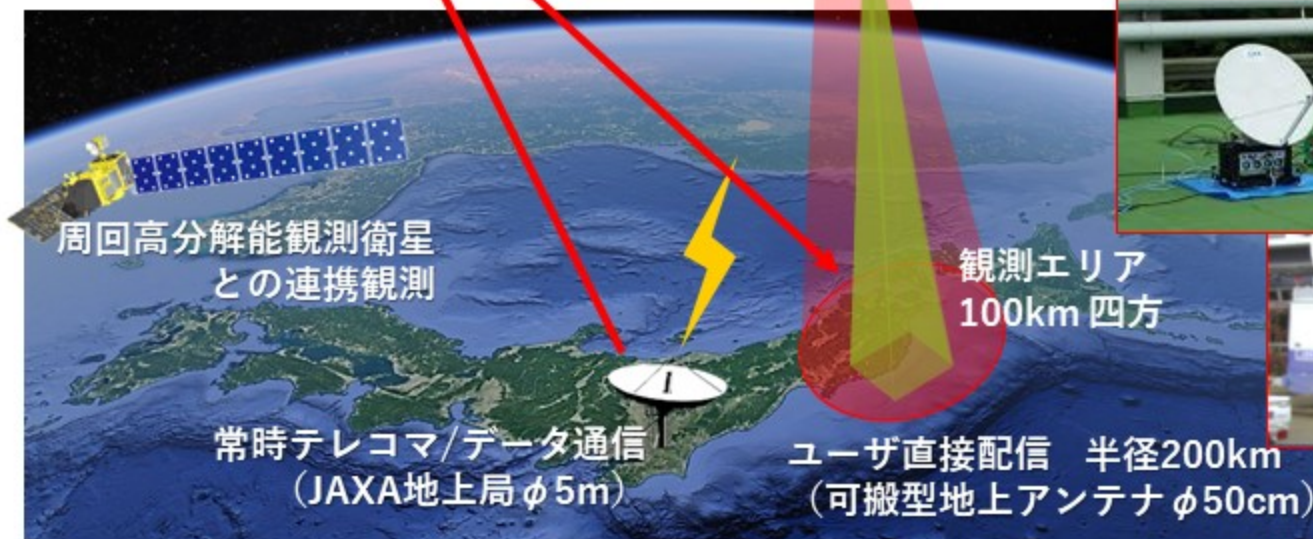


その他の通信衛星
放送衛星との連携

静止観測衛星は、単一での使用だけではなく既存の衛星システム(低軌道地球観測、測位通信衛星)との連携運用で有効性拡大



静止地球観測衛星



周回高分解能観測衛星
との連携観測

常時テレコマ/データ通信
(JAXA地上局 φ5m)

観測エリア
100km 四方

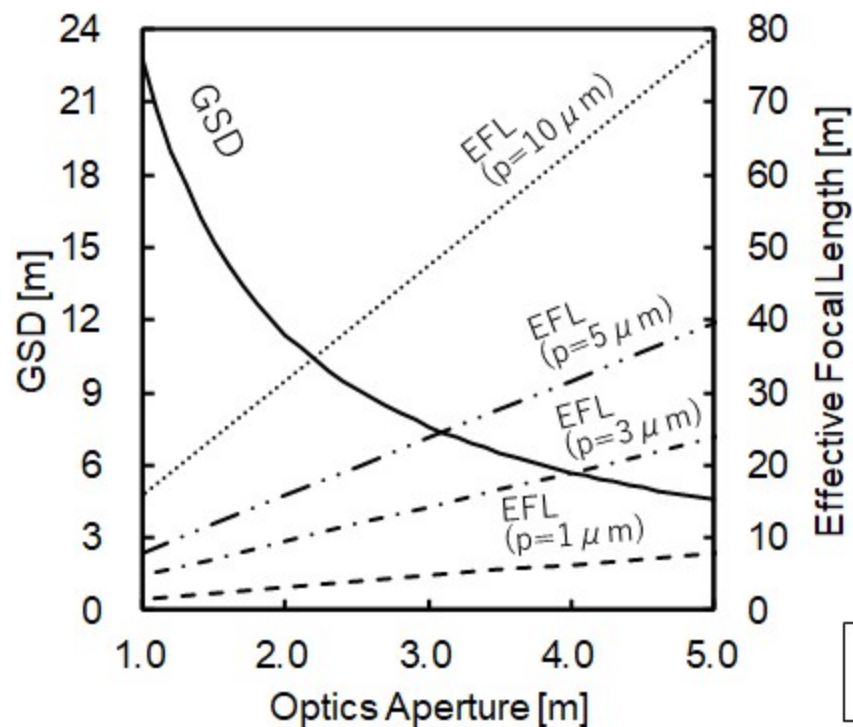
ユーザ直接配信 半径200km
(可搬型地上アンテナ φ50cm)

可搬型
アンテナ

衛星通信車

技術の壁

— 地表面分解能(GSD)と望遠鏡サイズ —



- 観測波長：633nm
- 観測高度：36000km
- $\lambda FN/p^{*1} : 1.0$

※1

画質に関するパラメータ。検出器サンプリング周波数と光学系カットオフ周波数の比 ($2 \nu_N / \nu_c$)。 $\lambda FN/p=1.0$ のとき、検出器カットオフ周波数におけるMTFは約0.3となる。

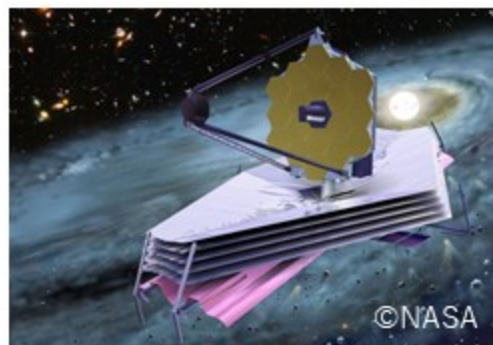
Ref. Fiete, 1999

λ : 観測波長, FN: f-number(=EFL/aperture), p: 検出器画素ピッチ
 ν_N : 検出器のナイキスト周波数, ν_c : 光学系のカットオフ周波数

- 検出器ピッチを大きくした場合、焦点距離(EFL)が長くなり寸法が大きくなる
- 小さい検出器ピッチが実現できた場合でも、主鏡曲率が大きくなり製造や安定性要求が厳しくなる ⇒ どの設計ケースにせよ、技術の壁は高い

大型望遠鏡衛星

米



James Webb Space Telescope
(NASA, 2021予定)

赤外天文衛星
主鏡径6.5m, beryllium,
分割+展開型望遠鏡

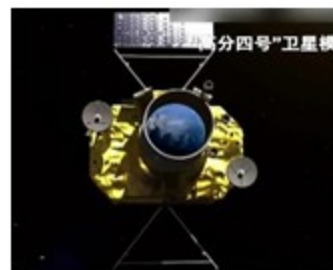
欧



Herschel (ESA, 2009)

赤外天文衛星
主鏡径3.5m, silicon carbide,
1枚鏡(接合)

中



(引用: <http://blog.sina.com.cn/>)

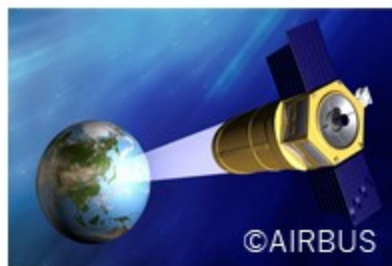
高分四号 (CASC, 2015)
静止軌道/可視分解能50m
主鏡径は0.5m程度?(計算上)

天文衛星

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

地球観測衛星

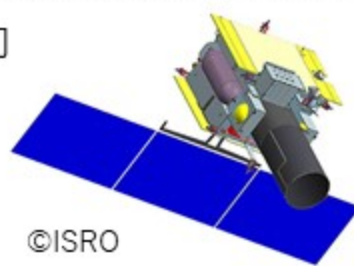
世界的に可視域大型望遠鏡衛星の実現例はなく、特に分割式の研究はない。本研究目標は世界初かつ最高性能となる。



GO-3S (AIRBUS, 研究中)

主鏡径4m, silicon carbide, 1枚鏡
静止軌道/可視分解能3m
(但しサンプリング間隔)

印

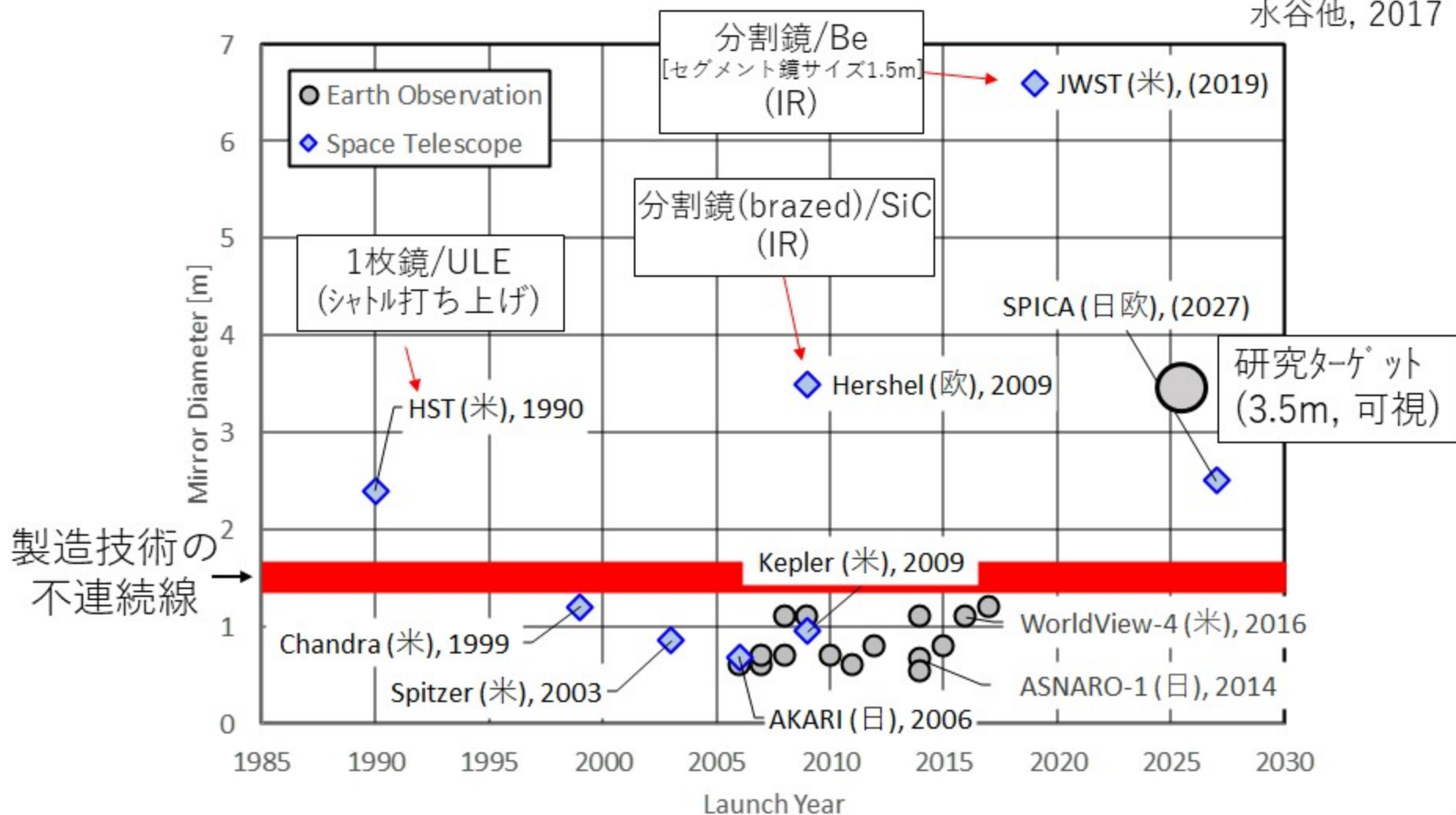


GISAT (ISRO, 2019予定)

静止軌道/可視分解能50m
主鏡径は0.5m程度?(計算上)

宇宙望遠鏡の大型鏡

水谷他, 2017

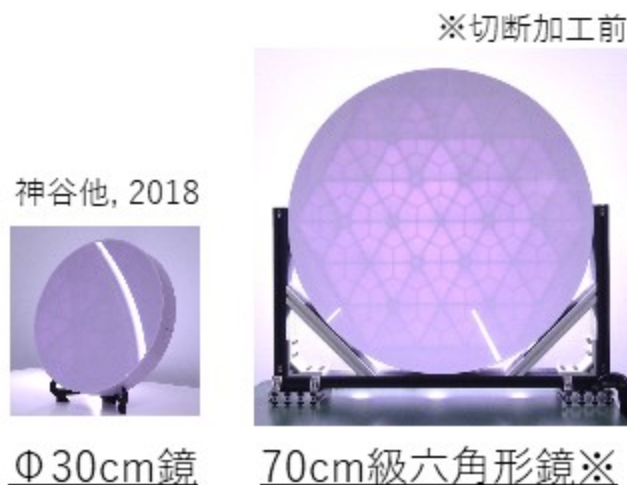


軽量高安定分割鏡の開発 (サマリ)

研究開発の目的

- ✓ 主鏡を構成する分割鏡(1.4m級×6枚)について、
厳しい質量制約と光学性能を両立する、**軽量かつ
高安定な分割鏡**製造技術を確立する
 - **熱膨張係数はゼロ膨張ガラスと同等** (高安定)
 - **比剛性はゼロ膨張ガラスの約1.5倍** (軽量化)

コーディエライト鏡要素研究

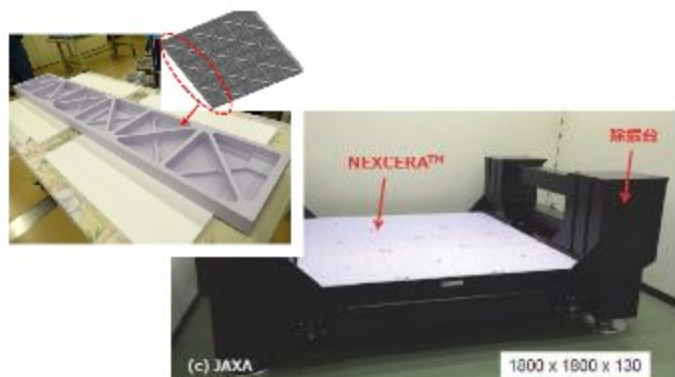


FY2013

FY2018

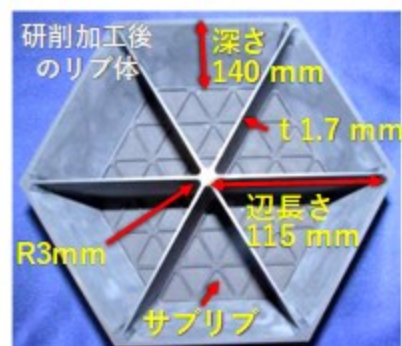
FY2020

低熱膨張大型定盤の整備

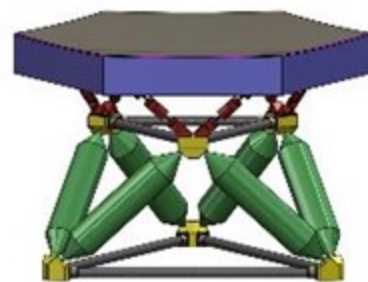


神谷他, 2017

軽量化加工の検討



軽量化率: 91%以上(20kg/m²以下)



1.4m級六角形鏡+位置調整機構
(イメージ図)
⇒ 設計中

キー技術の研究開発

- H/Wの新規開発
- **軌道上位相整合 (Phasing) 技術**

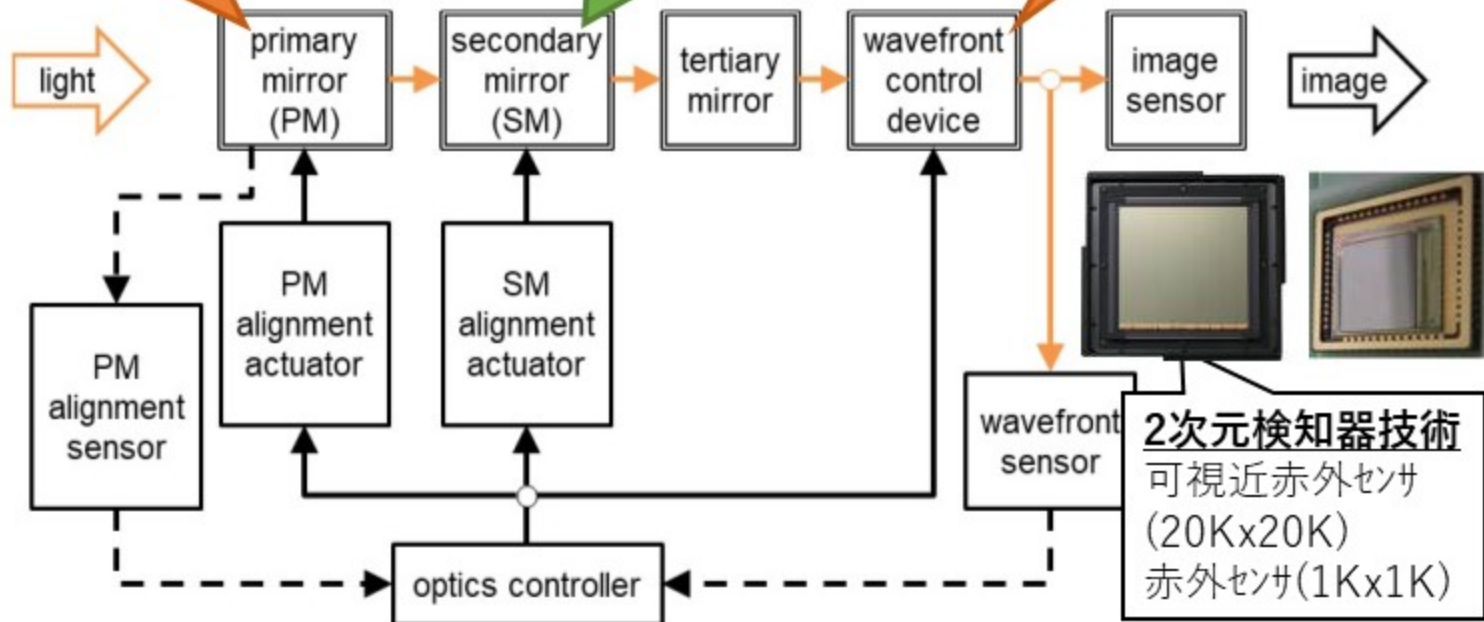
分割鏡アライメントの保持調整機構

軽量高安定分割鏡の製造技術

主鏡-副鏡間の距離・視線の保持調整機構

波面調整機構

最終的な波面調整用に可変鏡の使用を想定するが、地上望遠鏡とは違い、高周波数の補正（大気揺らぎ補正）は想定しない。



2次元検知器技術
可視近赤外センサ (20Kx20K)
赤外センサ(1Kx1K)

地上望遠鏡の分割鏡設計を参考



Seimei Telescope (3.8m segmented @Okayama)

課題認識

- 品質(Quality)

- ▶ ユーザ要求をどこまで正確に把握し、適切な品質を設定できるか
- ▶ 静止軌道環境（放射線、熱）におけるイメージャとしての性能確保
- ▶ どこまで地上で仕上げるべきか、どこまで軌道上で調整すべきか

- コスト(Cost)

- ▶ JWSTは開発費1兆円超、国の研究開発としてのコスト意識
- ▶ コストと品質（技術開発）のバランス

- 供給体制(Delivery)

- ▶ 分割鏡でも一枚鏡でも、鏡の製造がクリティカルパスとなることは不可避、製造メーカーの負担大
- ▶ データ利用観点での将来性や国内産業の動向（他分野、他産業の動向）を見据えた技術開発の方向性、地上技術の積極的応用

高精度観測衛星の開発の土壌育成 = 幅広い人材（産官学）の育成
相互理解や異分野/業種の連携は必要不可欠