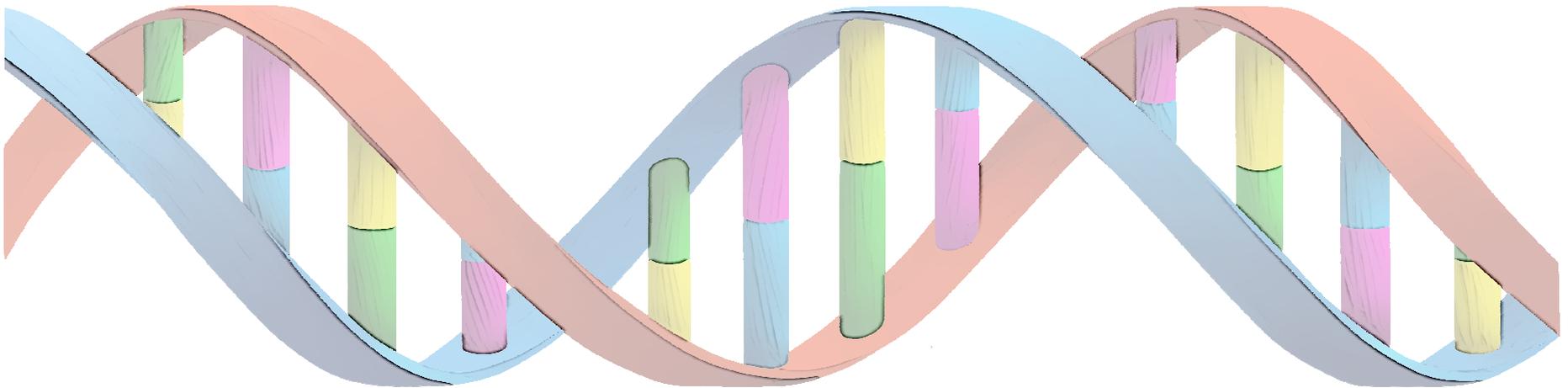


SHIROP望遠鏡の遺伝子 世界にはばたく



第5回 超低高度衛星の利用に向けたワークショップ（講演#14）

株式会社ジェネシア
江野口章人

2020年1月24日

株式会社ジェネシア
東京都三鷹市 社員8名

・宇宙、原子力など極限環境下における可視、赤外光学系の開発と量産をする会社

・ハイパーイメージングにも果敢に挑戦中





旭光電機(株)
エリアセンサ型TDIを
開発搭載した 森さん

皆様にさんざんお世話に
なって、しかし光学系を
完成させた、わたくし、
ジェネシアの江野口



ジェネシアのフライト実績

SERVIS-I : 宇宙環境信頼性実証衛星1号機 (2003)

INDEX : 小型高機能化学衛星「れいめい」(2005)

ASTRO-F : 赤外線天文衛星「あかり」(2006)

SOLAR-B : 太陽観測衛星「ひので」(2006)

SELENE : 月周回衛星「かぐや」(2007)

SERVIS-II : 宇宙環境信頼性実証衛星2号機 (2010)

CIBER-1 : 宇宙赤外線背景放射 ロケット実験 (2009, 2010, 2012, 2013)

ISS-IMAP : 地球超高層大気撮影ミッション (2012)

MIRIS : 赤外線望遠鏡 (2013)

HODOYOSHI-1 : 超小型衛星 (2014)

RISING-2 : 超小型地球観測衛星「雷神2」(2014)

HAYABUSA-2 : 小惑星探査機「はやぶさ2」(2014)

PROCYON : 深宇宙探査機 (2014)

DIWATA-1 : フィリピン共和国第一号衛星 (2016)

DIWATA-2 : フィリピン共和国第二号衛星 (2018)

SLATS : 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(2018)

NISS : 赤外線望遠鏡 (2018)

RISESAT : 超小型地球観測衛星 (2019)

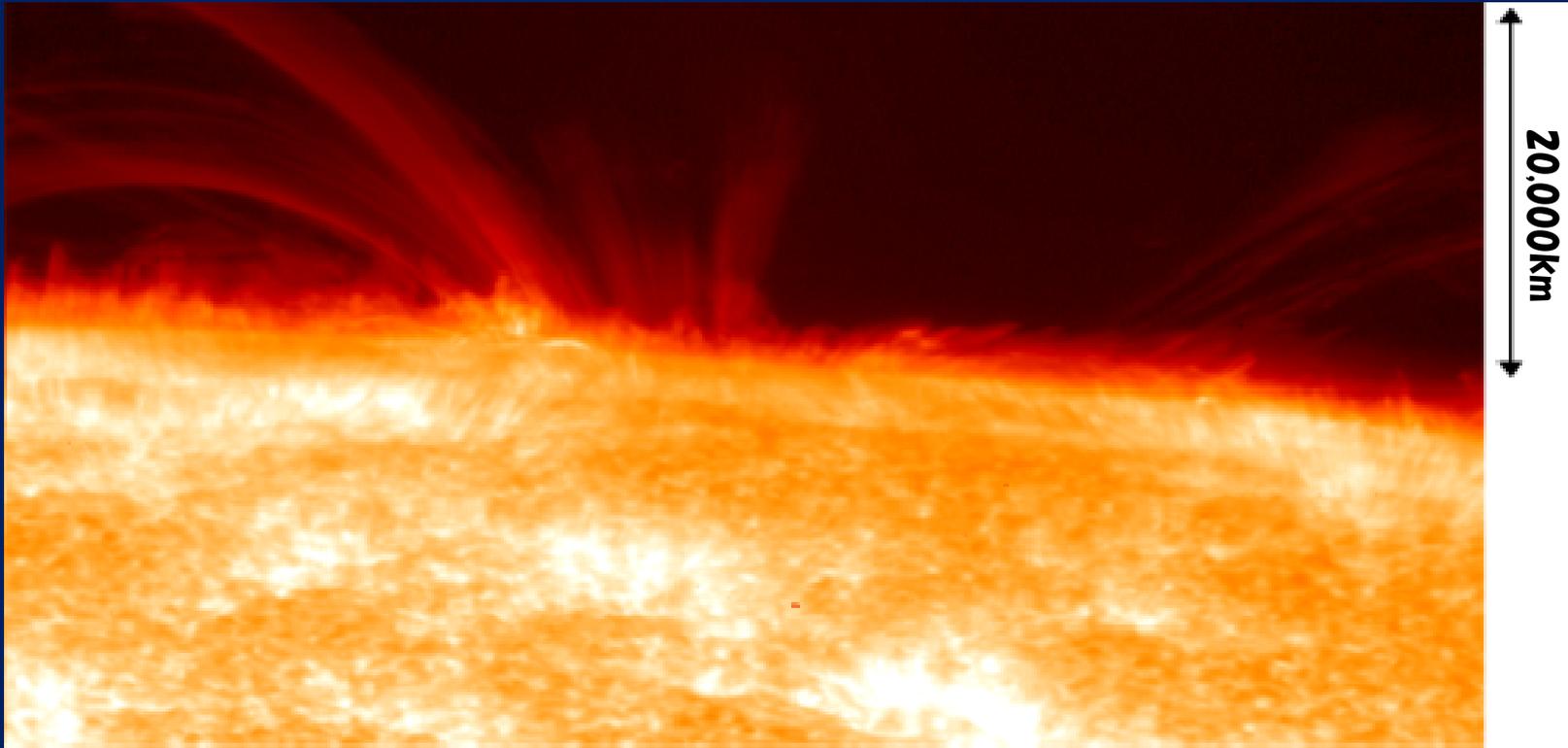
MICRODRAGON : ベトナム衛星 (2019)

過去17年間にわたり、
20機以上の衛星等に
光学系が採用されてきた

例えば。。。。

SOLAR-B 「Hinode」

Dynamic eruption above Sun spot

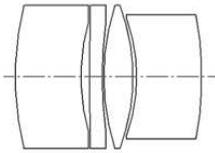


国立天文台

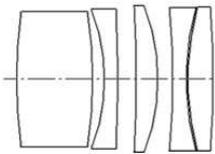
This figure in Ca II H shows an active region near the limb of the Sun. It highlights brightenings and dynamic eruption around the Sun spot. Thanks to its low stray-light and distortion-free observation, SOT/Hinode has captured this dynamic phenomena for the first time.

SOLAR-B 「HINODE」 ⇒ アサーマル・アポクロマティック

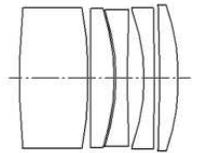
Changes along datum of design



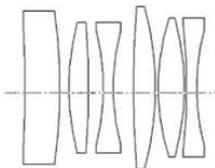
**Radiation redundant
Achromatic lens design,
not consideration of
thermal aberration**



**Thermal aberration
Considered**

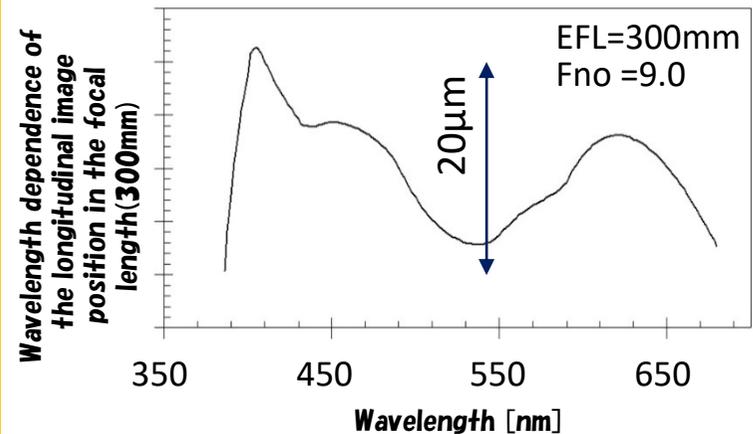


**Considered of Temperature
distribution along optical
axis**



**Also considered to avoid
generation of the stray
light from the image surface**

10mm

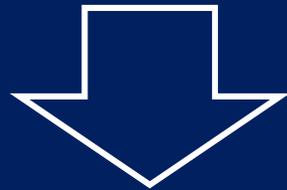


アサーマル : Athermal

環境温度が変化しても像面移動がない

アポクロマティック : Apochromatic

対象波長域にわたり、
色収差が検出できないほど微量である



これらの技術が、こののち

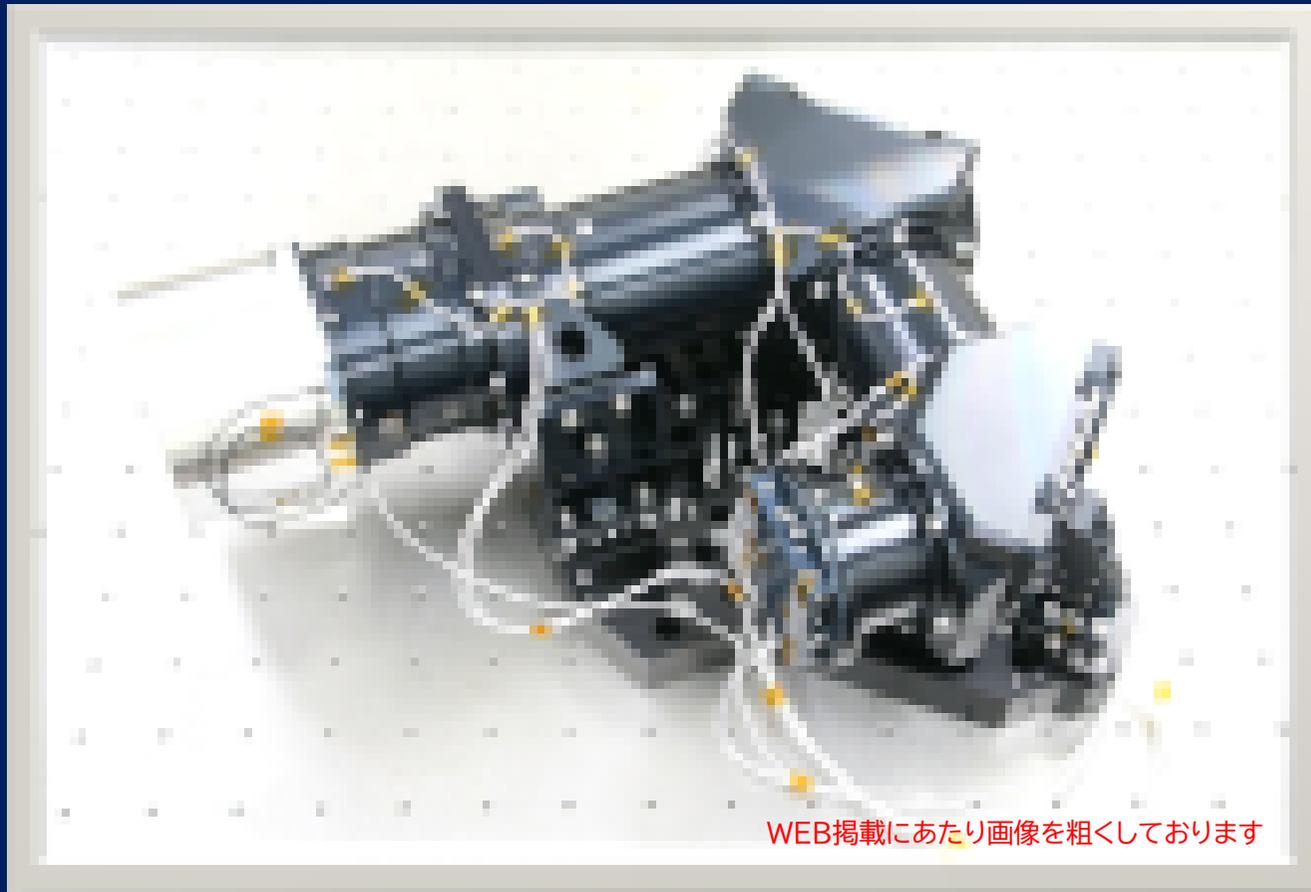
SLATS搭載 SHIROP望遠鏡のベースとなっていく

HODOYOSHI-1

屈折型 口径 107mm

アポクロマティック・アサーマル望遠鏡

GSD 5m 目標を達成



WEB掲載にあたり画像を粗くしております

東京大学

RISING-2

反射型 口径 96mm

鏡筒に CFRPを採用した アサーマル望遠鏡

GSD 5m 目標を達成



そして、SHIROP 望遠鏡

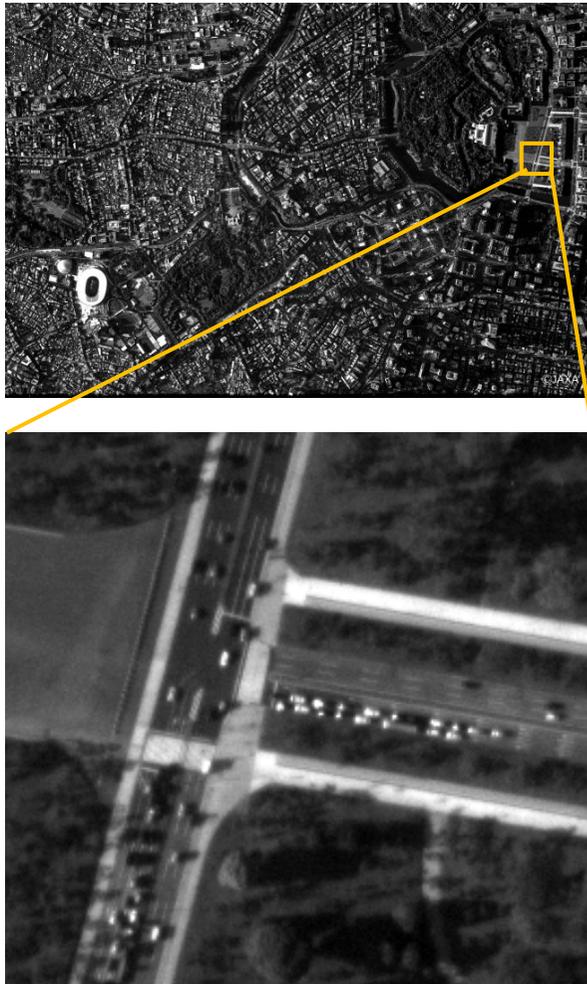
光学系方式	カセグレン望遠鏡+補正レンズ系
有効開口径	20cm
検出器	エリア CCD
撮像方式	シングルショット TDI撮像 (最大64段)
観測波長	パングロマチック ($0.48\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$)
瞬時視野角 (IFOV)	IFOV: $2.7\mu\text{rad}$
観測視野	FOV: 9.1mrad
質量	19.4 kg 光学部 16.9 kg 電気部 1.9 kg
サイズ	光学部 $270 \times 540 \times 270\text{ mm}$ 電気部 $125 \times 225 \times 95\text{ mm}$

サブメーター画像の取得に成功



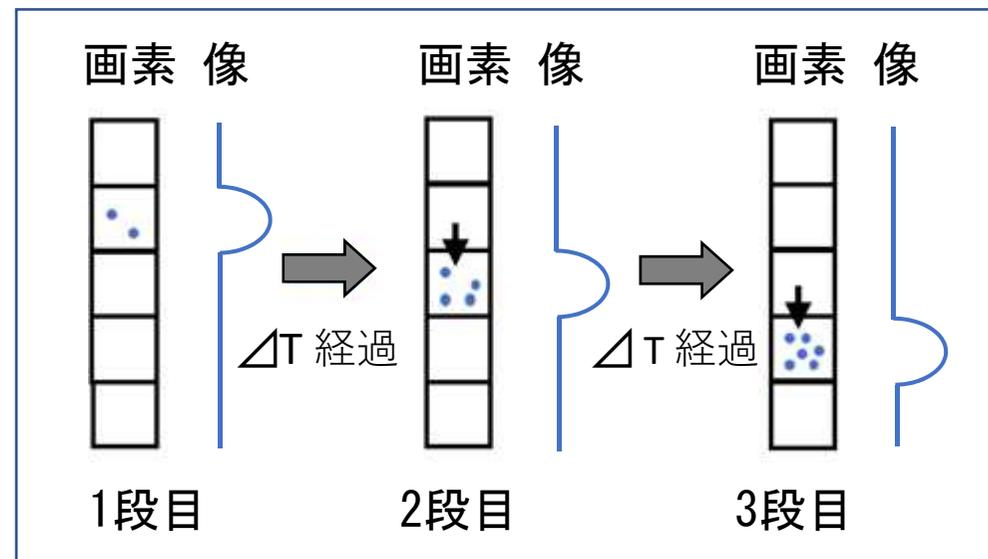
WEB掲載にあたり画像を粗くしております

取得画像の例



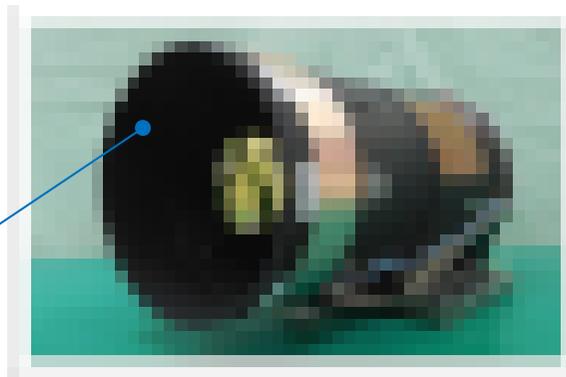
皇居前広場 (提供 JAXA殿)
高度 271km, TDI 64段

TDI (Time Delay Integration)



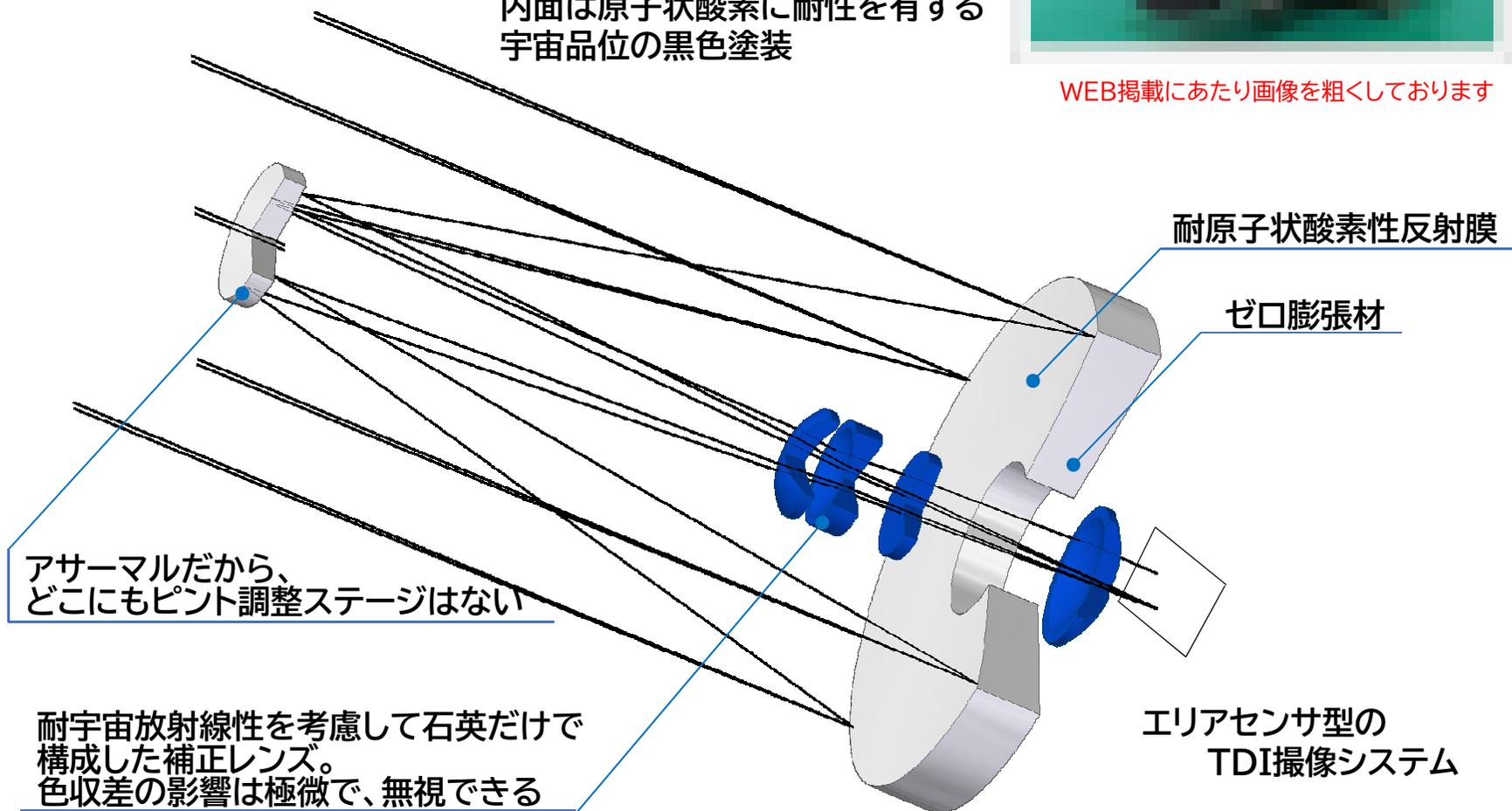
詳しくは、
2019, 宇科連 2N15 森 惣平(旭光電機株式会社), 此上 一也(JAXA)
民生用検出器を用いたTDI撮像装置のSHIROPへの適用と将来検討

SHIROP望遠鏡の特徴



WEB掲載にあたり画像を粗くしております

アサーマル狙いのCRRP製鏡筒
内面は原子状酸素に耐性を有する
宇宙品位の黒色塗装



アサーマルだから、
どこにもピント調整ステージはない

耐宇宙放射線性を考慮して石英だけで
構成した補正レンズ。
色収差の影響は極微で、無視できる

耐原子状酸素性反射膜

ゼロ膨張材

エリアセンサ型の
TDI撮像システム

超低高度衛星用の望遠鏡

口径20cmでサブメータの空間分解能が得られるなんて素晴らしい。

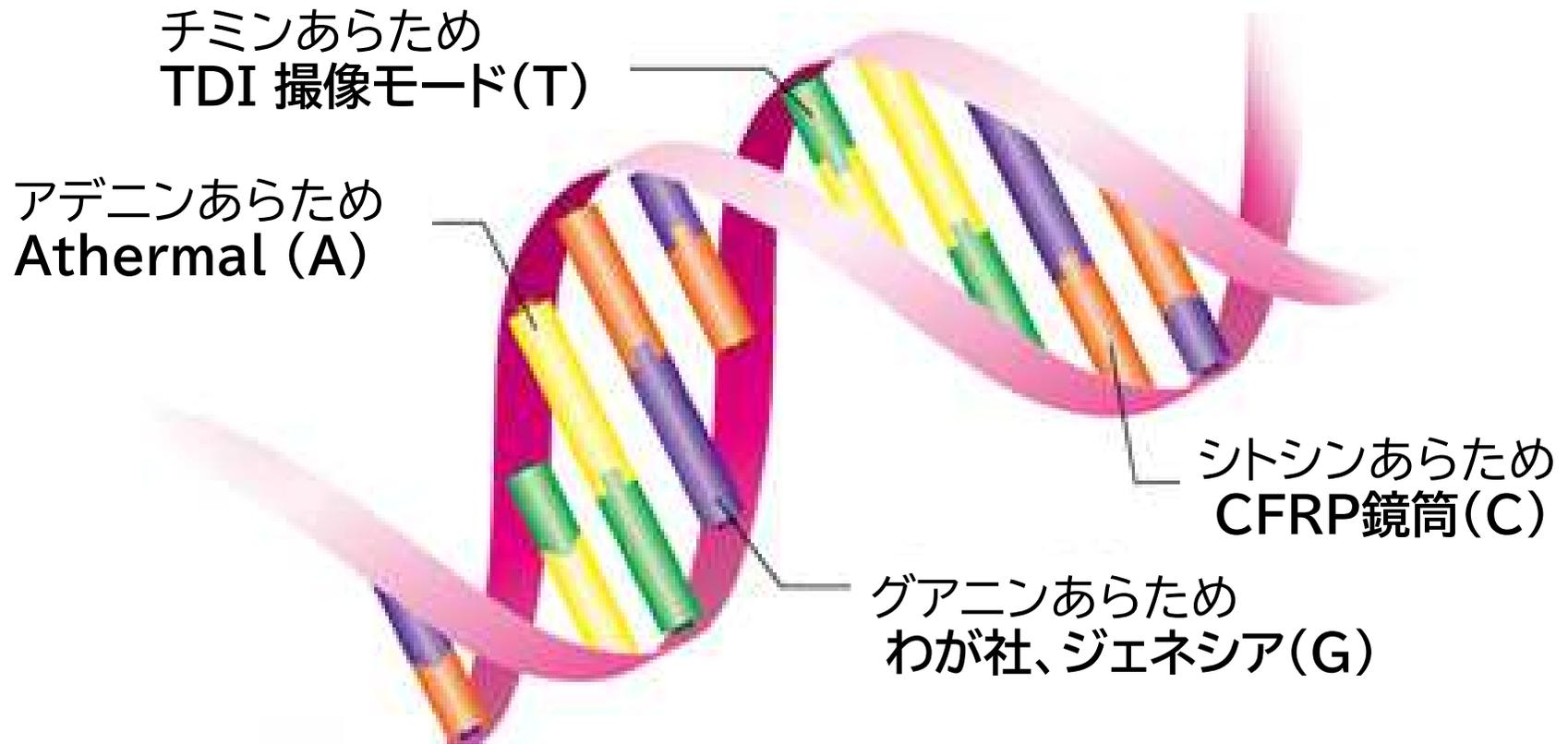
原子状酸素に耐性を有する材料を、光学素子、構造系ともに見いだせてよかった。

時々刻々と変化する環境に対応するためにアサーマル性能の確保は有用だ。

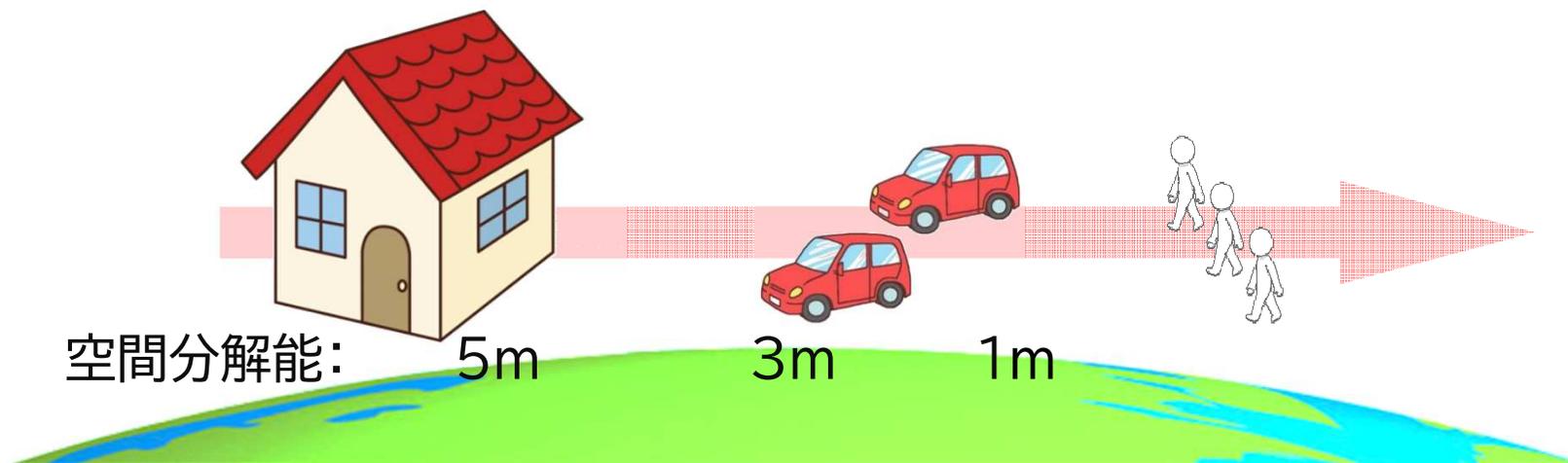
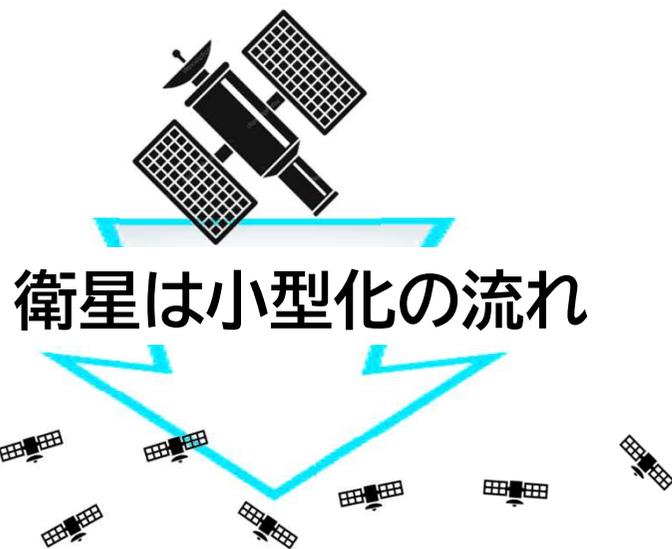
軌道高度の変化に対してパンフォーカスを実現するには、検出器アライメント技術の確立がキーとなる

写真はSLATS衛星の打ち上げ時ロケット雲

SHIROP望遠鏡 の遺伝子



この遺伝子を、どう活かせるだろうか





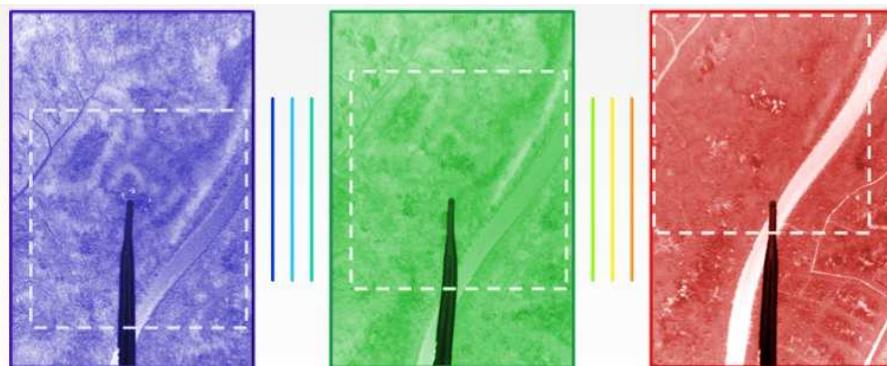
高空間分解 イメージング

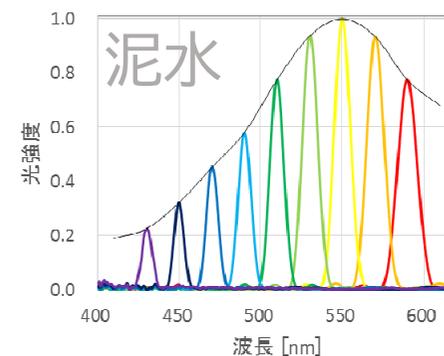
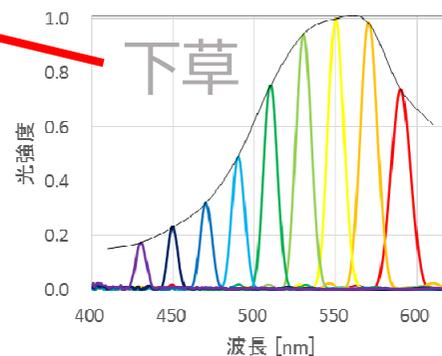
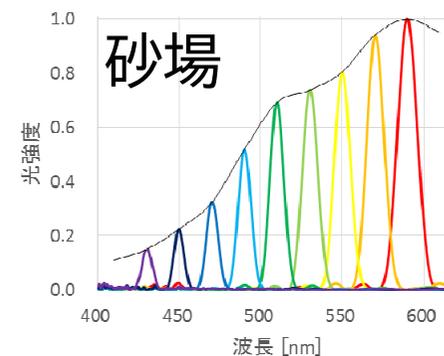
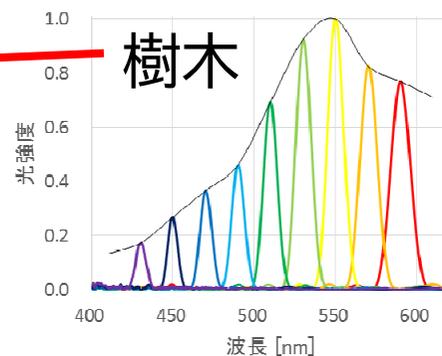
SLATSは、
小型望遠鏡でも
高分解、高S/Nが
可能であることを
実証した。



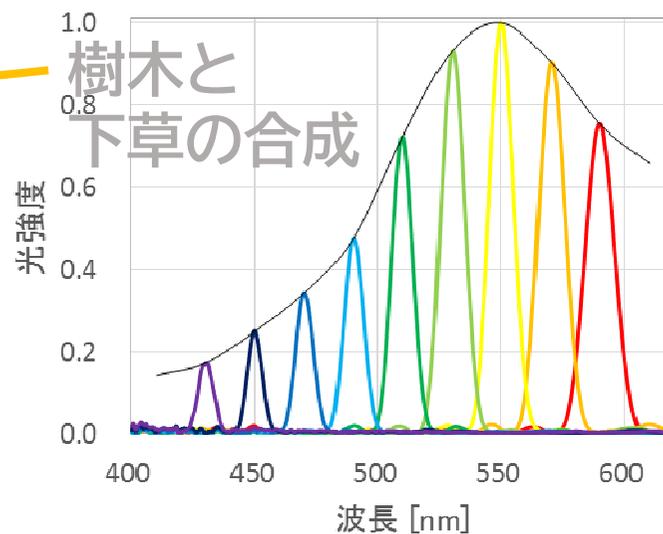
新たな
領域へのチャレンジ

多波長分光 イメージング





形態による画像の理解



スペクトルによる画像の理解

液晶・波長チューナブルフィルタ

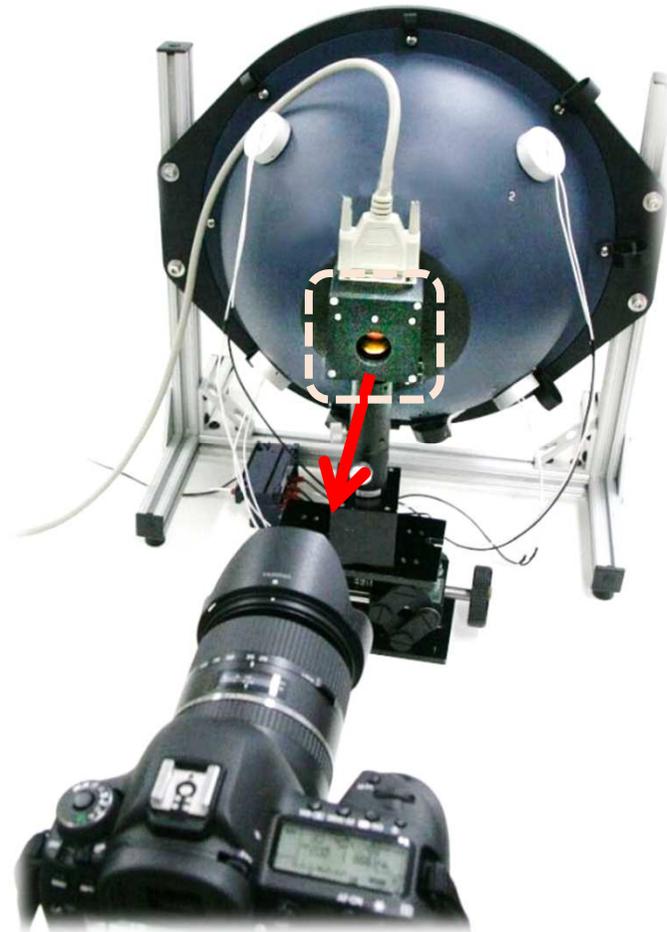
LCTF : Liquid Crystal Tunable Filter

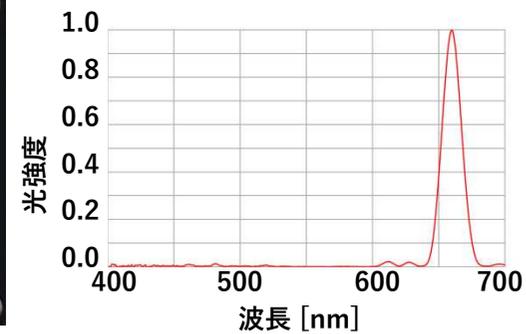
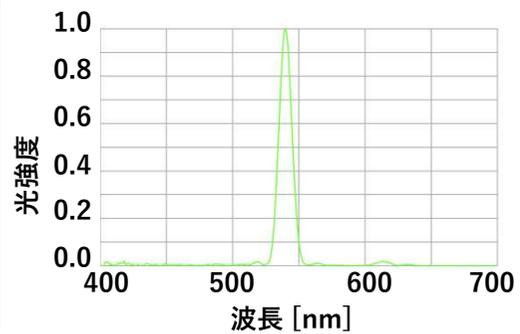
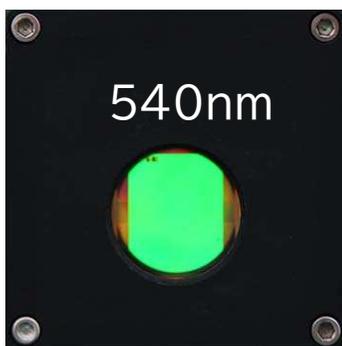
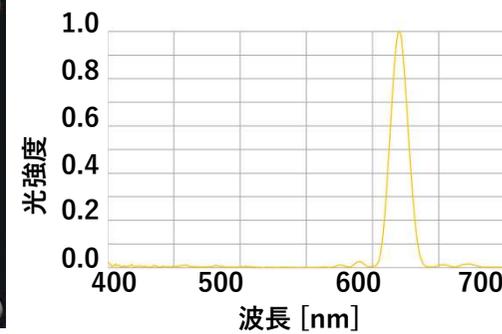
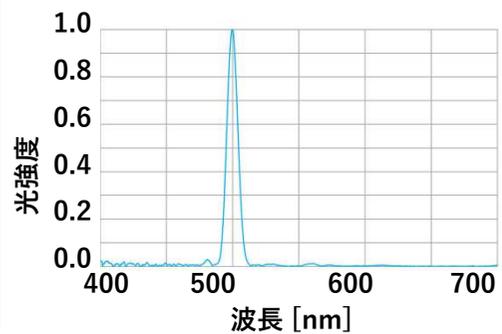
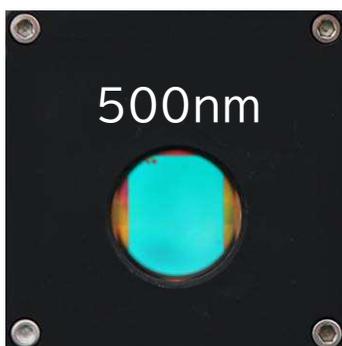
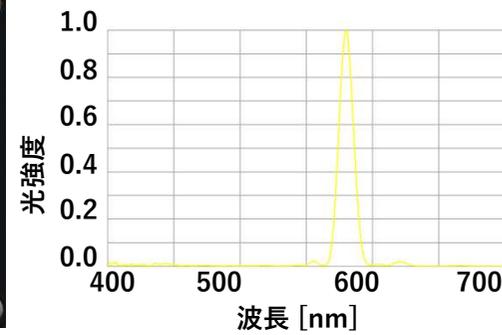
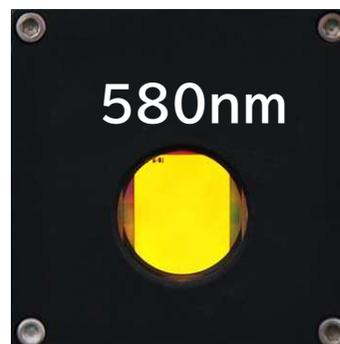
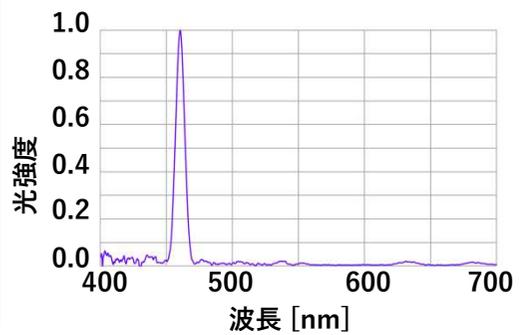
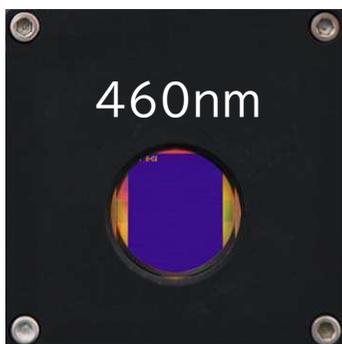
と組み合わせてみる

- 電子的に透過波長をチューニング
波長 $0.4\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ をたった
ひとつのデバイスで
- 機械的駆動部は不要。



ジェネシア製LCTF

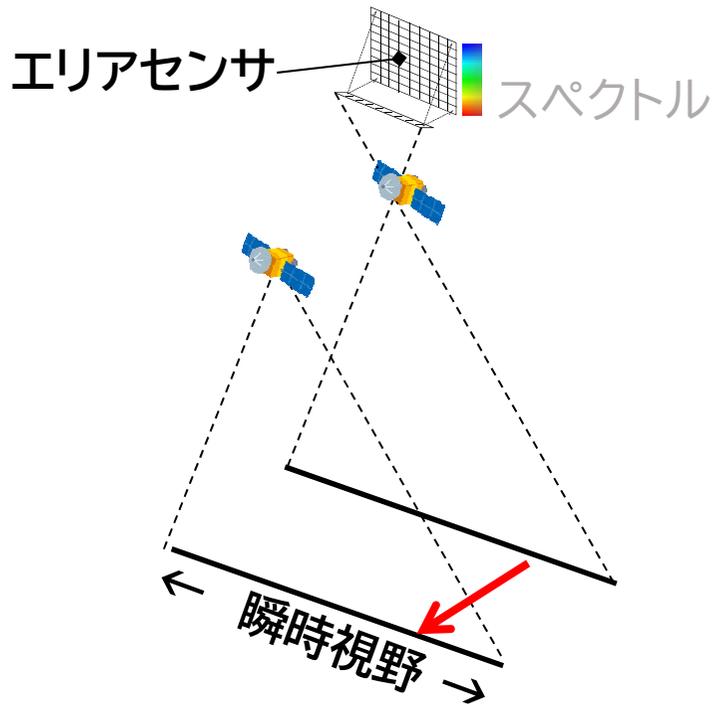




遷移時間 50~150ミリ秒程度

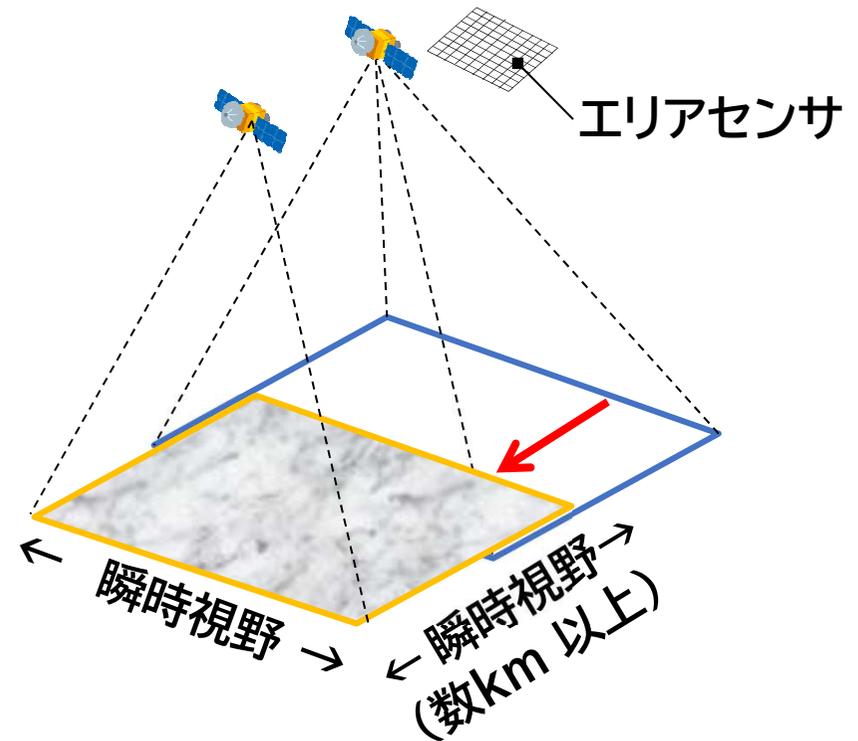
ハイパーイメージングへの *SHIROP* 遺伝子の活用

グレーティング分光イメージャ



空間分解能に制約あり
フレームレート 1/100秒のとき約**70m**
瞬時視野のスペクトルは照度が低い
→ 露光不足の発生懸念

LCTF分光イメージャ



エリアセンサで単色画像を取得
瞬時視野の重なり部分がスペクトル画像
照度不足があっても TDI露光 で補える

—— 応用展開 ——

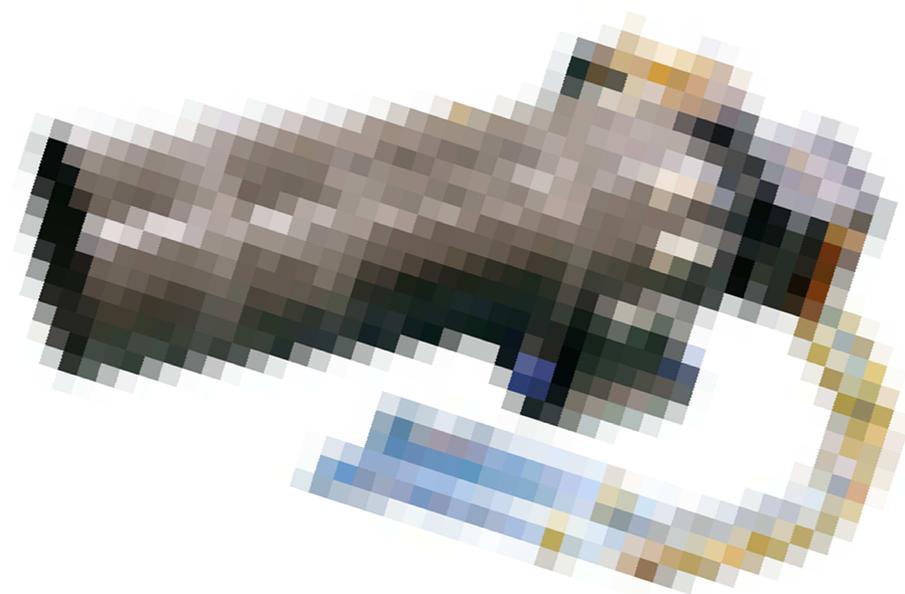


LCTF分光素子
(ジェネシア製品)

WEB掲載にあたり画
像を粗くしています。



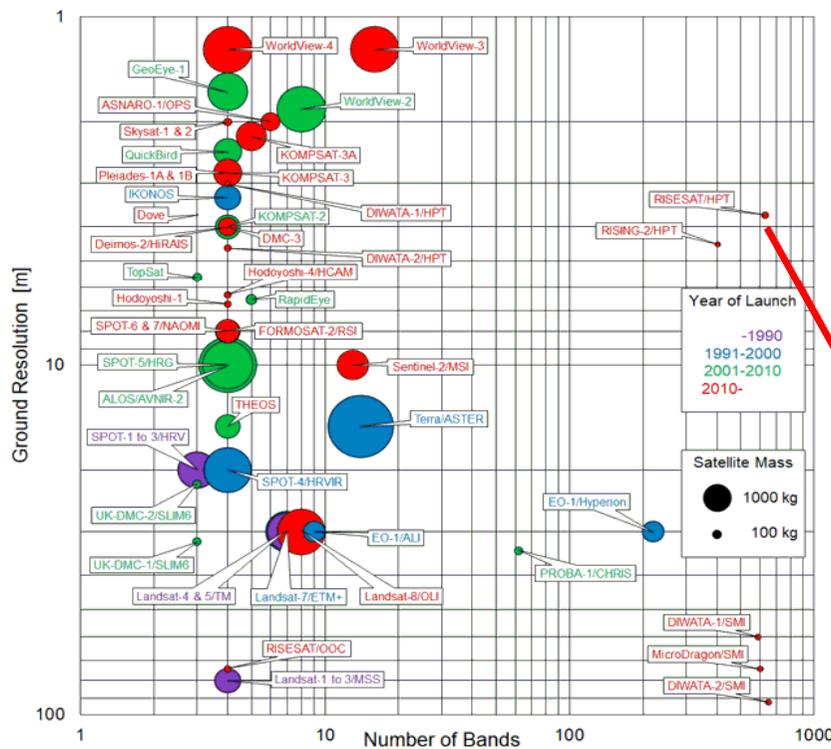
広角カメラ



望遠カメラ

北海道大学 のまとめによれば...

Multispectral Earth observation satellites/sensors



Trend of satellite sensors

- ✓ Higher ground resolutions and smaller satellite sizes for sensors with 3-4 spectral bands
- ✓ The increase in the number of spectral bands for a series of large satellites



<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/619>

J.KURIHARA et.,al 32nd ISTS & 9th NSAT
A High Spatial Resolution Multispectral Sensor on the RISESAT Microsatellite

各国からの反応

- 中東の某国 … 小型望遠鏡を(日本ではない) アジア某国の企業から導入しようと計画中である(コンステ用)。ジェネシア望遠鏡についてもプレゼンしてもらいたい
- 北欧の宇宙機関 … 小型で高空間分解、高S/Nでアサーマル、そのうえハイパーって、マジですか。
- ハンガリー政府、同国 C3S社 (キューブサットのスタートアップ企業)
… 同社向けの小型望遠鏡を開発することで、ジェネシアを含む複数組織とMoU締結済

全般的に好意的な反応が多いが、一部は情報取りにもみえる

高空間分解能
高S/N
TDI エリア撮像



超低高度衛星が育んだ *SHIROP* 望遠鏡の遺伝子は、
いまや、国を超えて、あらたな展開をみせている

分光イメージング
波長分解の領域へ



超低高度衛星が育んだ *SHIROP* 望遠鏡の遺伝子は、
いまや、国を超えて、あらたな展開をみせている