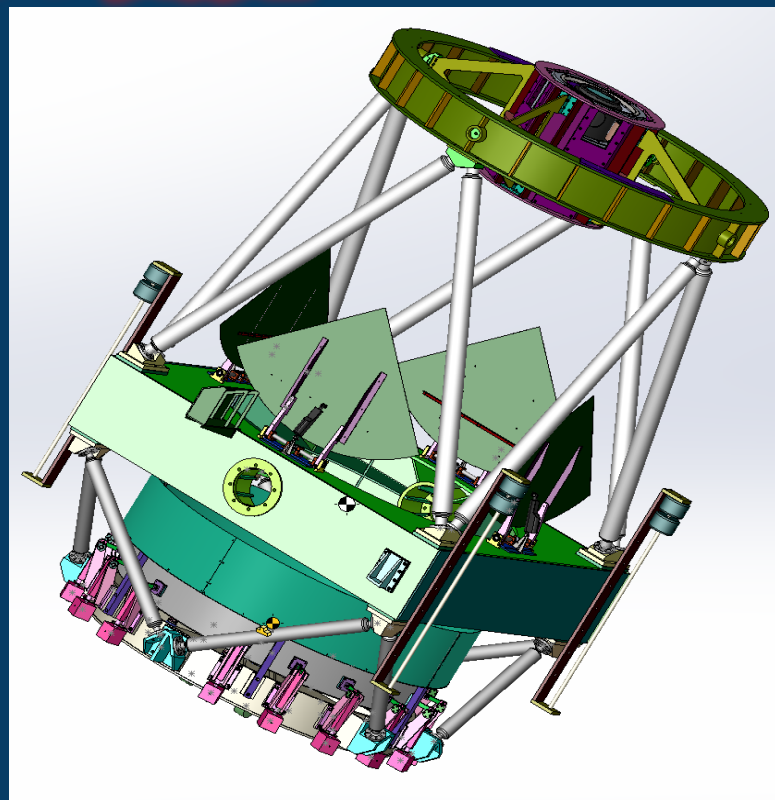


近赤外重力マイクロレンズサーベイ観測 望遠鏡PRIMEの開発



宮崎翔太 (大阪大学 M2)
MOA collaboration
PRIME project

現在制作中の望遠鏡

PRIME (PRime-focus Infrared Mirolensing Experiment)

目的:

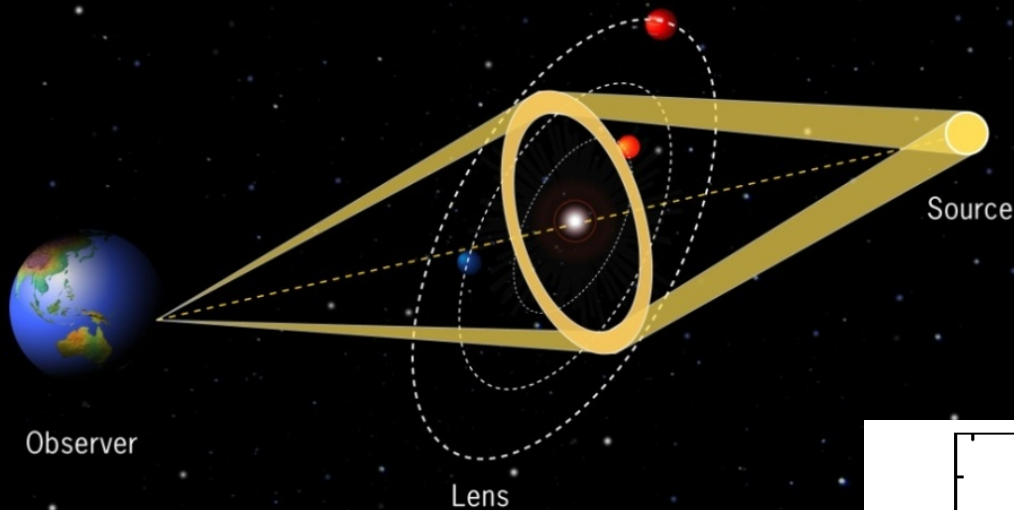
1. 重力マイクロレンズ法による惑星探査(～50%)
 - Snow line以遠の低質量惑星探査
 - 銀河中心惑星分布の研究
 - WFIRSTのmicrolensing観測領域の最適化
 - WFIRSTとの同時観測
2. 他のサイエンス for off-bulge season(～50%)
 - 近赤外 RV
 - M型星周りの近赤外トランジット観測
 - GW Transient, high-z GRB, SNe etc. アイデア募集

重力マイクロレンズ現象(Microlensing)

- 像の分離角 $\sim 100 \mu \text{ arcsec}$
→分解できないので増光現象として観測される。
- 一つの星あたり起きる確率が非常に低いので、銀河中心方向を観測。

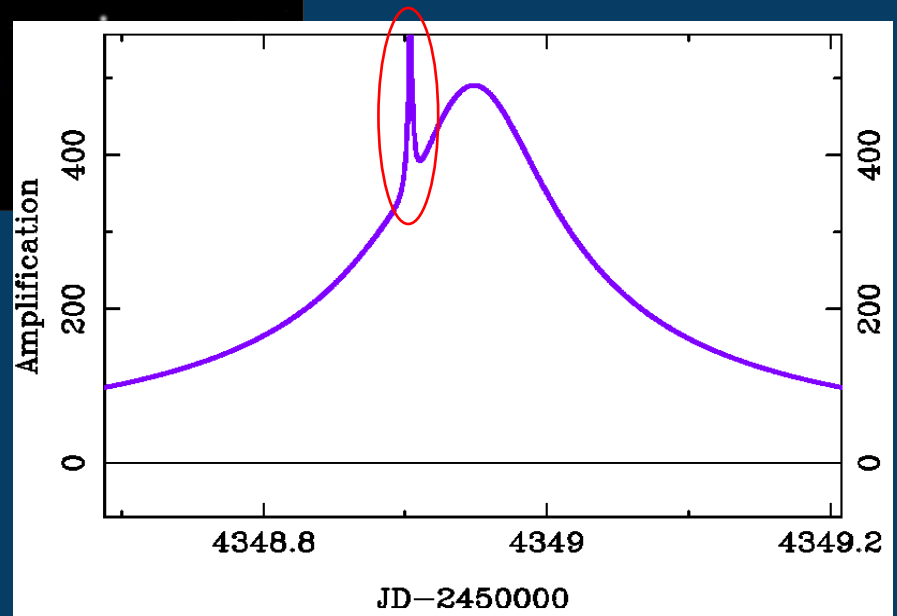
Image credit: NASA
Ames/JPL-Caltech/T. Pyle

planetary microlensing



惑星イベントは、
MOAのサーベイ観測で
年間3、4個程度しか発見
できていない

- 惑星シグナルのタイムスケール
木星質量: ~数日程度
地球質量: ~数時間程度
- 雪線以遠の冷たい惑星に
検出感度がある。



MOA (Microlensing Observations in Astrophysics)



銀河中心方向の可視光
重力マイクロレンズサーベイ

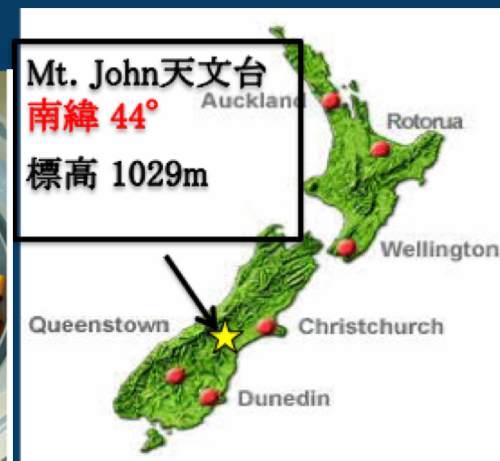
主鏡: 1.8m

CCD: 8Mpixel × 10chips

FOV: 2.2 deg²

年間約**500**個のイベントを発見

MOA-II 望遠鏡



近赤外重力マイクロレンズサーベイ観測

Optical

G.C.

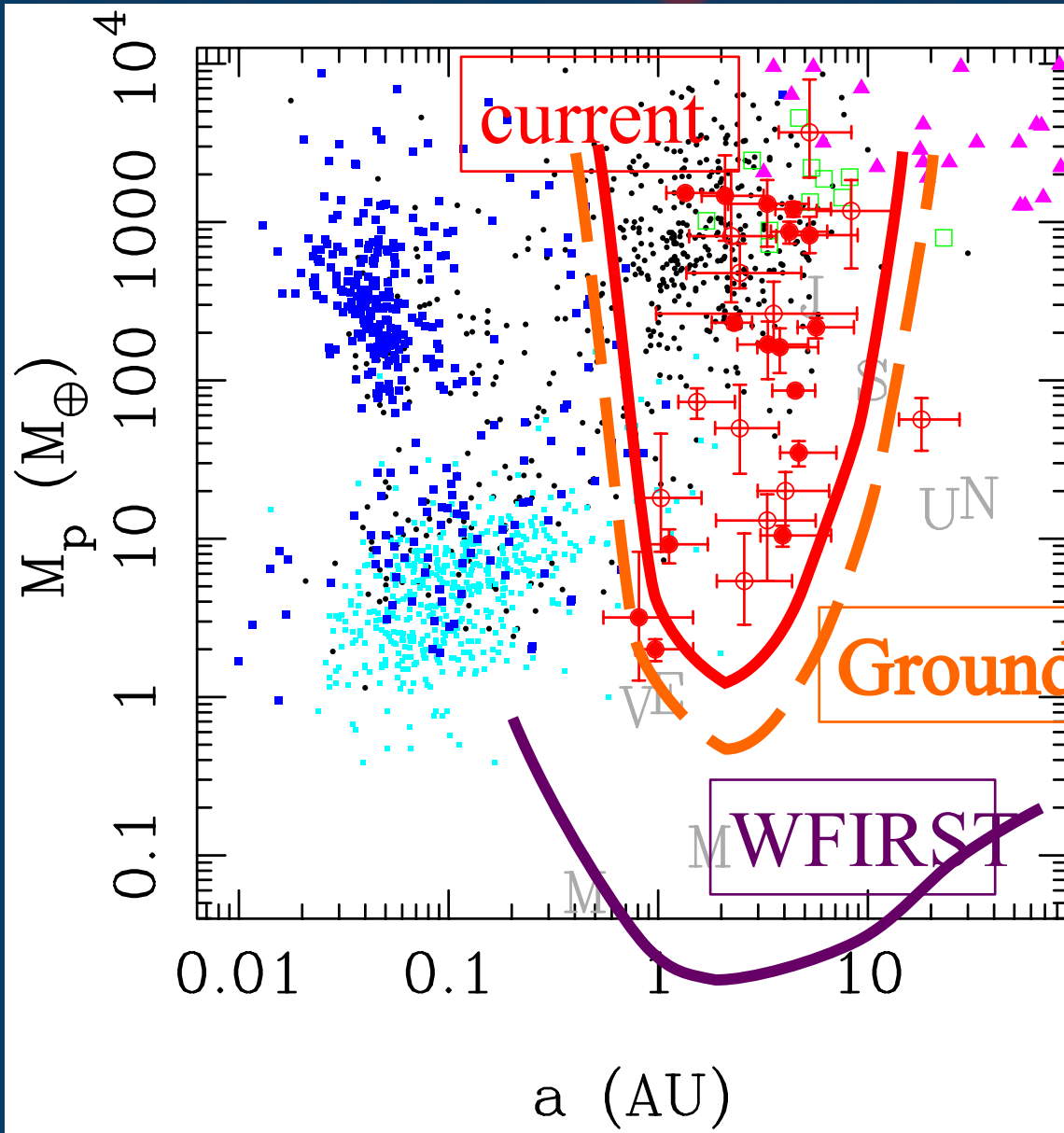
disk

可視光では赤化減光が激しい。

NIR

- More events & more planets
イベント数 ~ 2000 個/年
惑星イベント ~ 10 個/年
- 銀河中心の惑星分布
- 銀河中心の質量関数
(惑星質量 \sim BH質量)

Discovered exoplanets and sensitivity



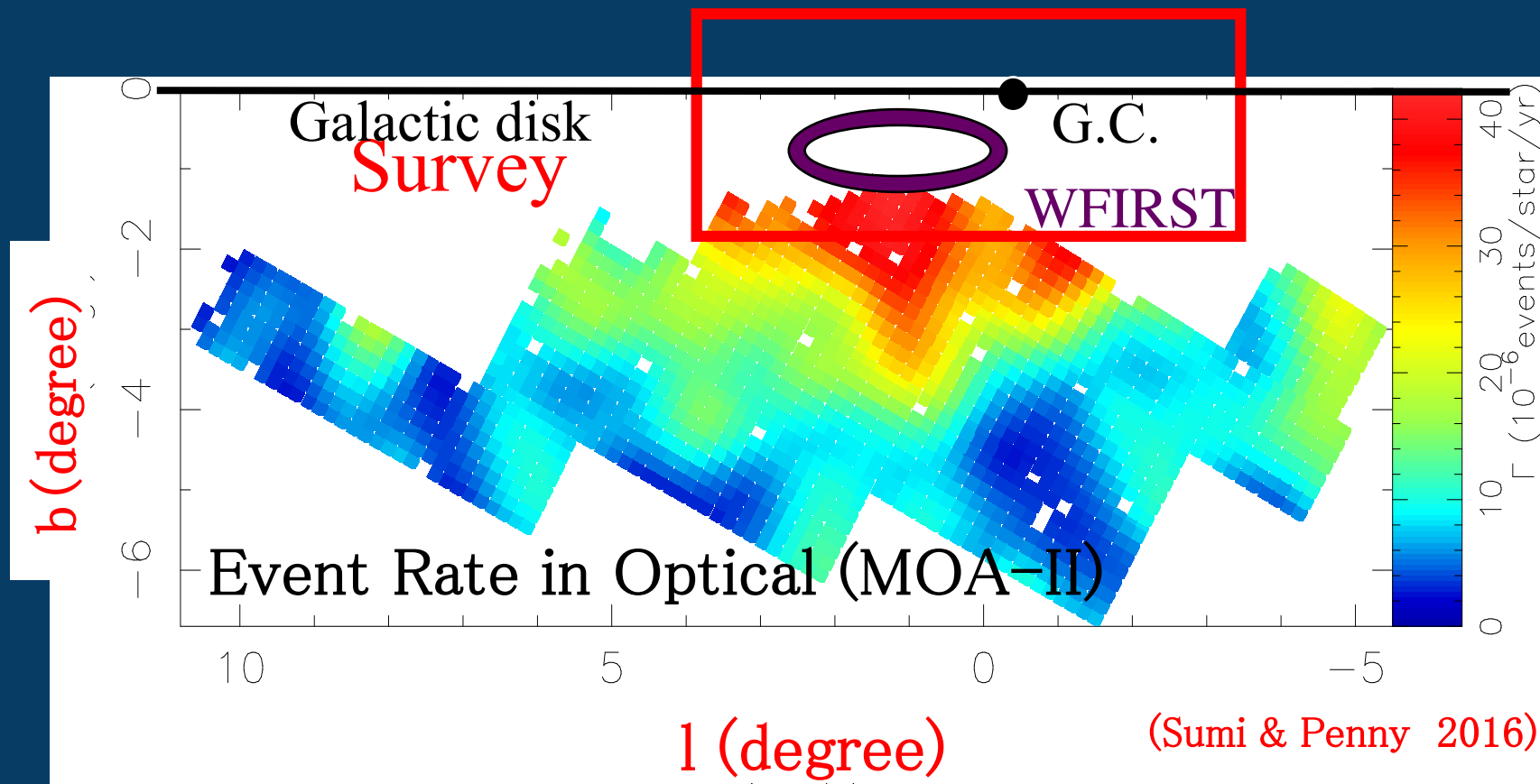
- RV
- Transit (Kepler)
- Direct image
- Microlensing
- Mass measurements
- Mass by Bayesian

Ground NIR survey

WFIRST

WFIRSTの重力マイクロレンズ観測の サーベイ領域を最適化する

2025年launch予定のWFIRST衛星も近赤外マイクロレンズ観測を行う



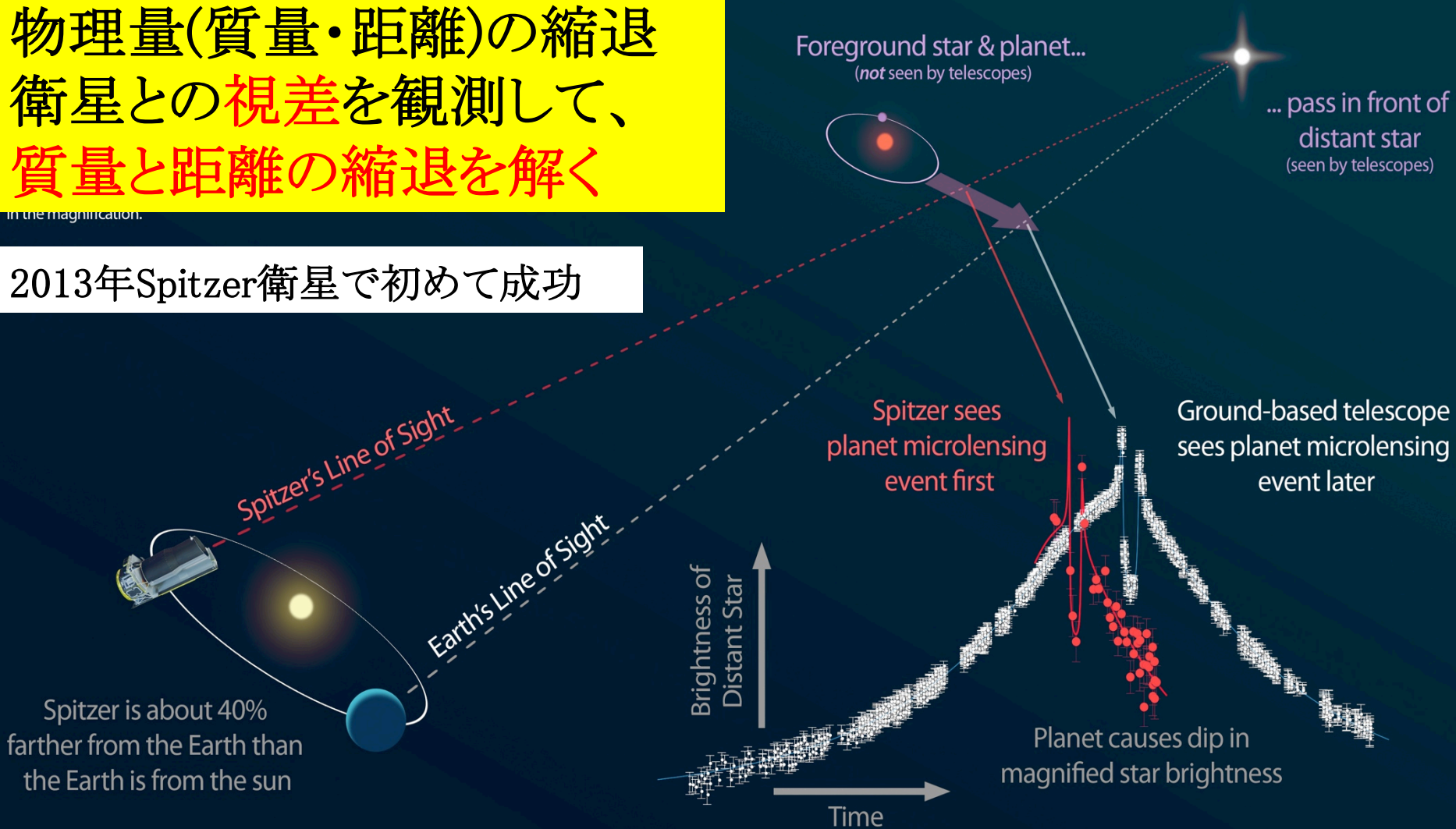
より低銀緯($b < 2^\circ$)でのイベントレート分布を見積もる

PRIMEとWFIRSTとの同時観測による レンズ天体の質量決定

物理量(質量・距離)の縮退
衛星との視差を観測して、
質量と距離の縮退を解く

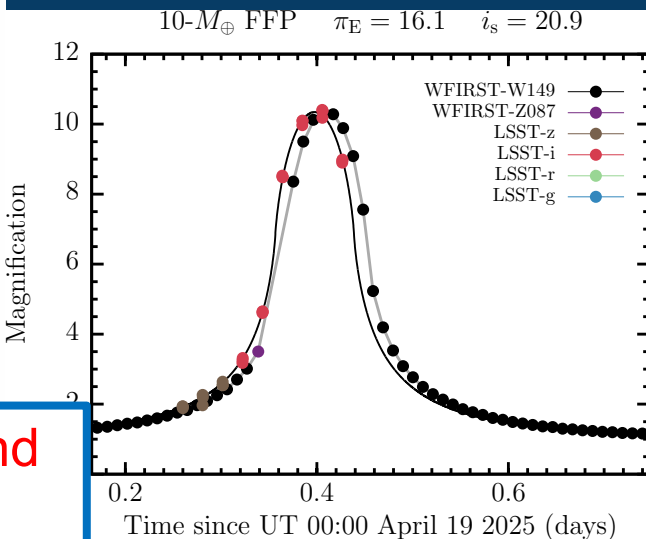
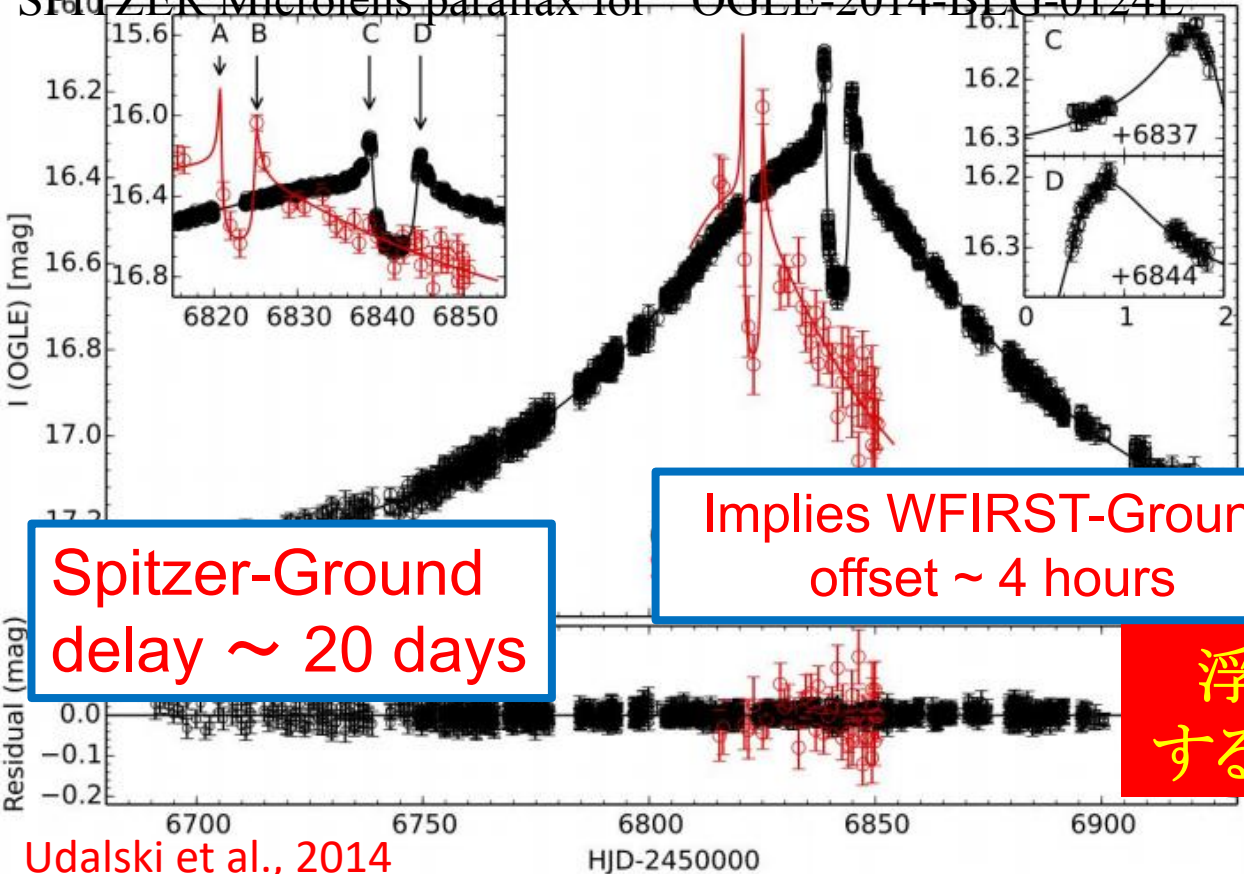
in the magnification.

2013年Spitzer衛星で初めて成功



PRIMEとWFIRSTとの同時観測による レンズ天体の質量決定

SPITZER Microlens parallax for OGLE-2014-BLG-0124I



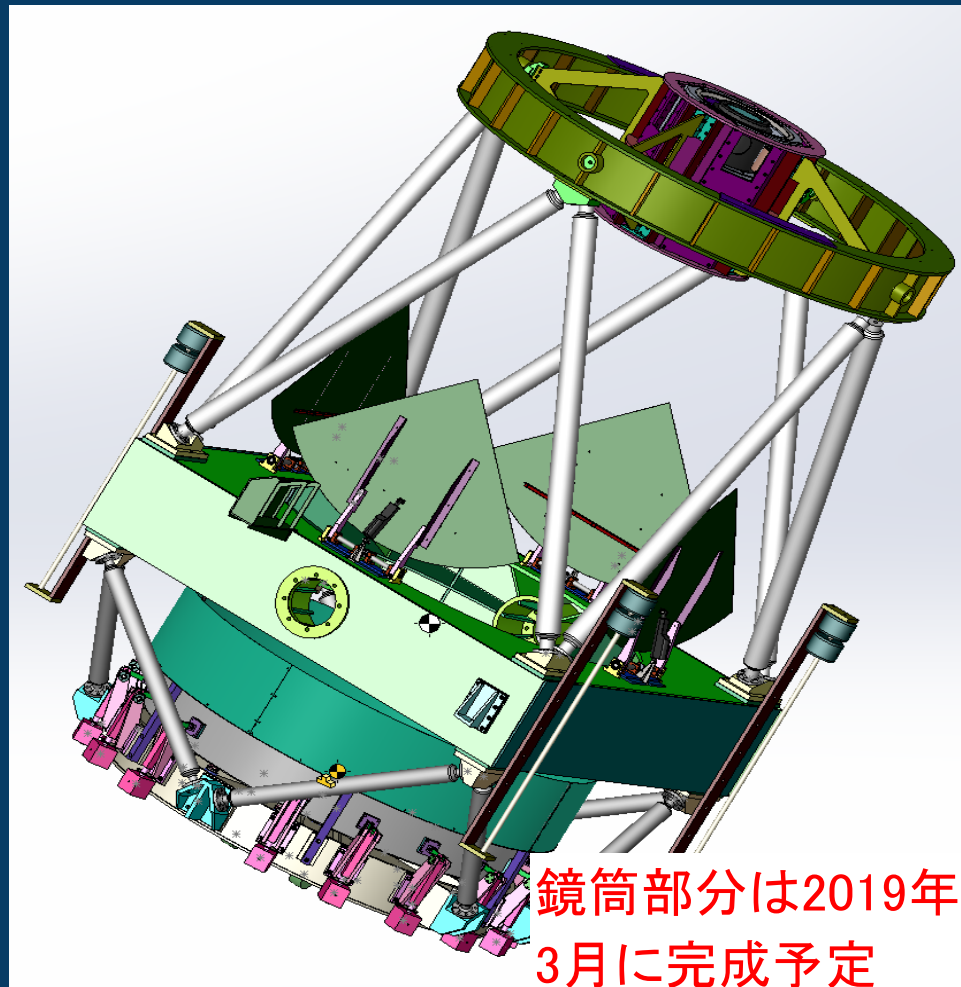
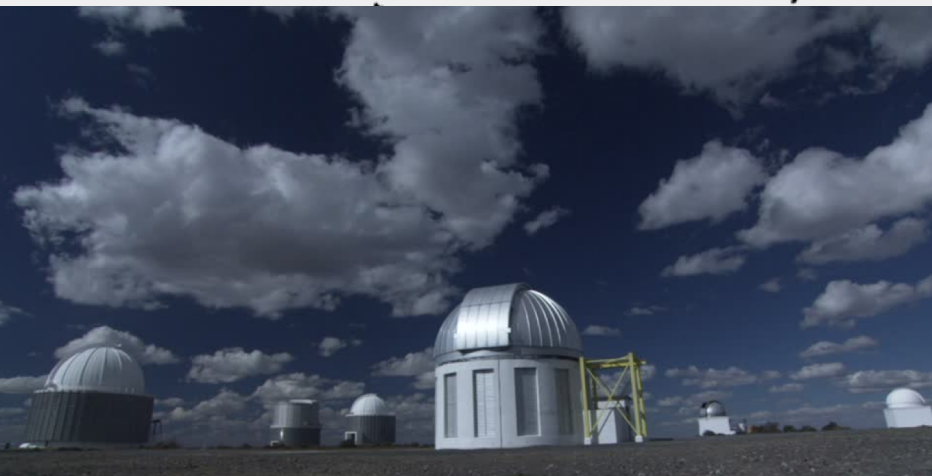
地球との視差: Spitzer衛星 ~ 1AU \leftrightarrow WFIRST衛星 ~ 0.01AU
WFIRST&PRIMEで、惑星質量レンズ天体の視差を捉える事ができる。

PRIME 1.8m telescope

主焦点口径 1.8m , (f/2.29)
FOV: $(1.25\text{deg})^2 = 1.56\text{deg}^2$ (0.5"/pix)
(満月6つ分) 近赤外で広視野



Southern African
Astronomical
Observatory



鏡筒部分は2019年
3月に完成予定

カメラ設計

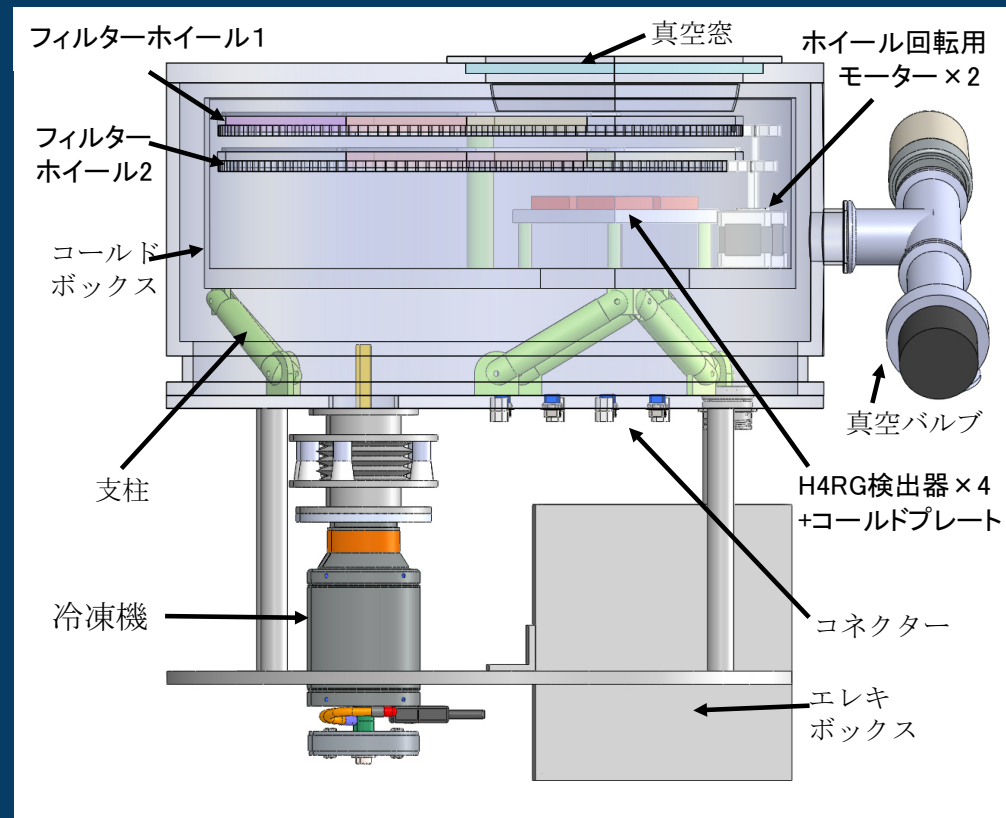
Alexander Kuttyrev (NASA/GSFC, メリーランド大)

平尾 優樹 (大阪大学D2/GSFC)

らが、ゴダードで設計

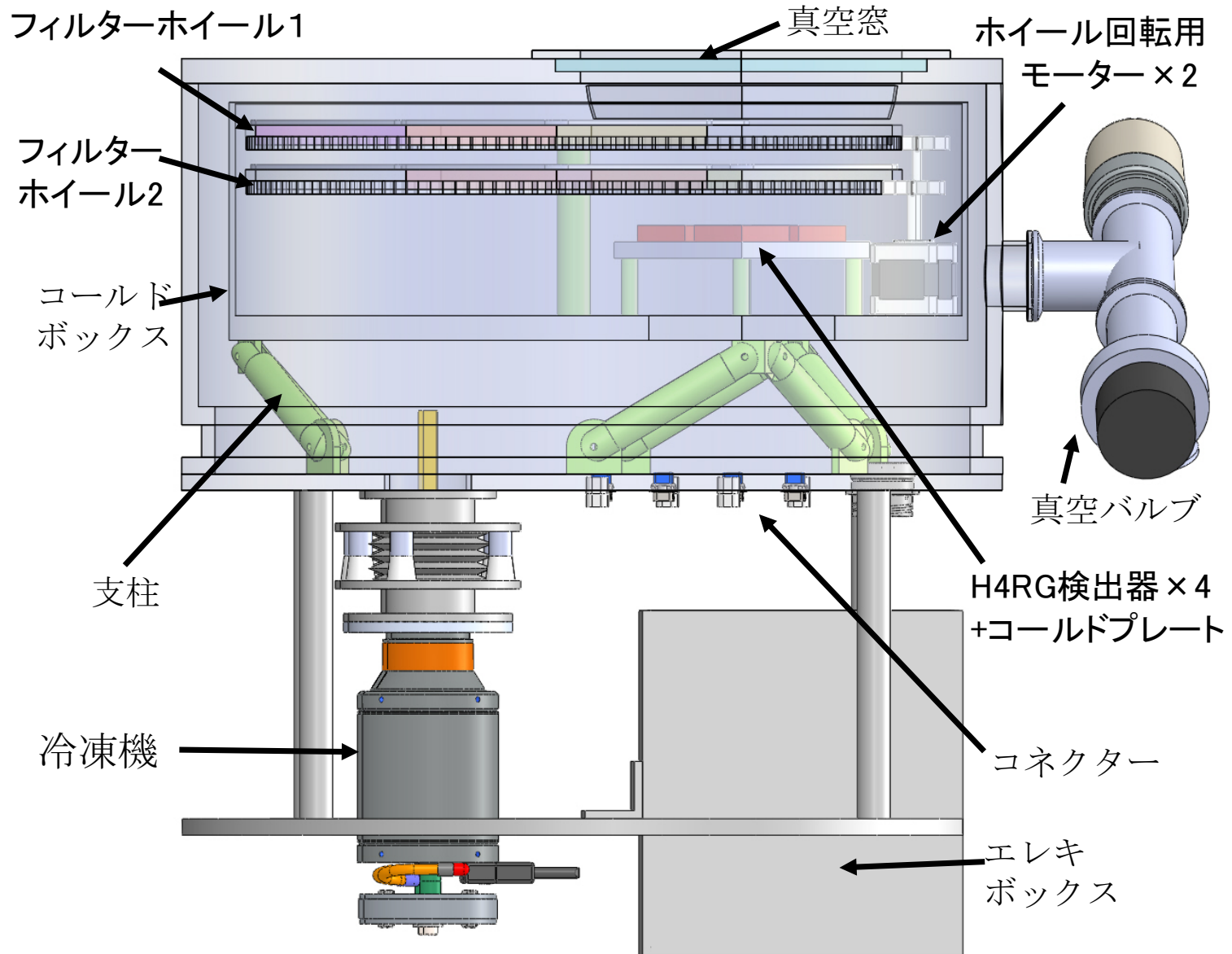
概念設計

- 4枚のH4RG-10検出器
- 設定温度 80K
- 2台のStirling冷凍機
- 2枚のフィルターホイール
- エレキボックス(カメラ制御)



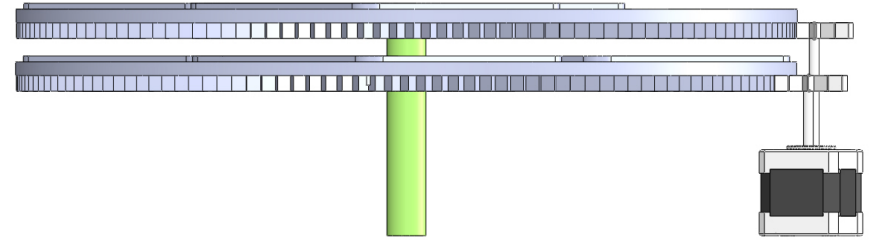
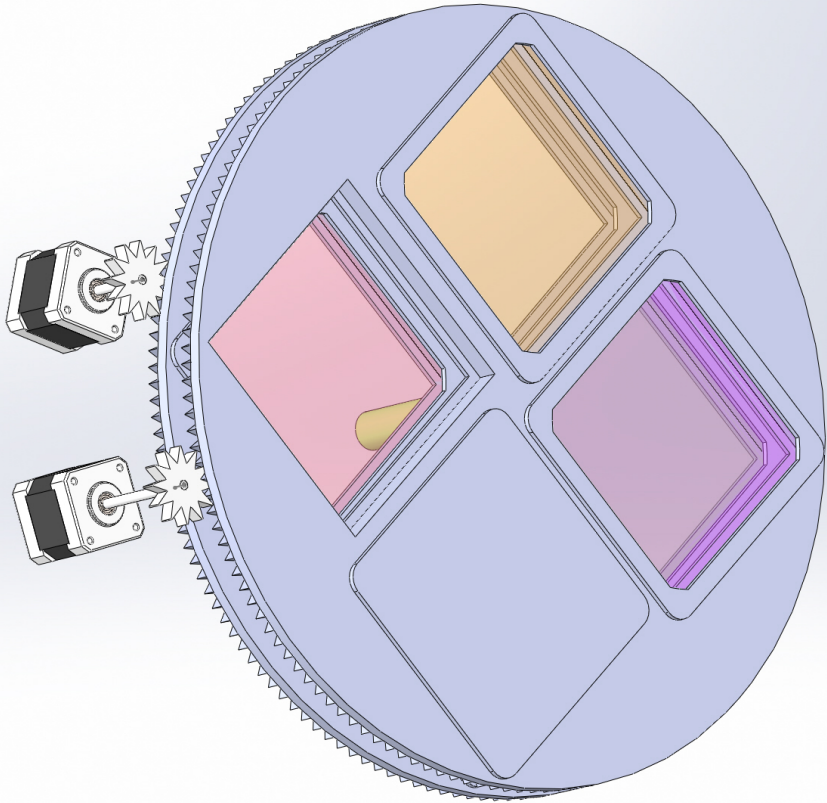
今年1月よりGSFCでカメラの詳細設計を開始した。

カメラ設計



Cold Filter wheels

Filterサイズ: 112mm x 112mm

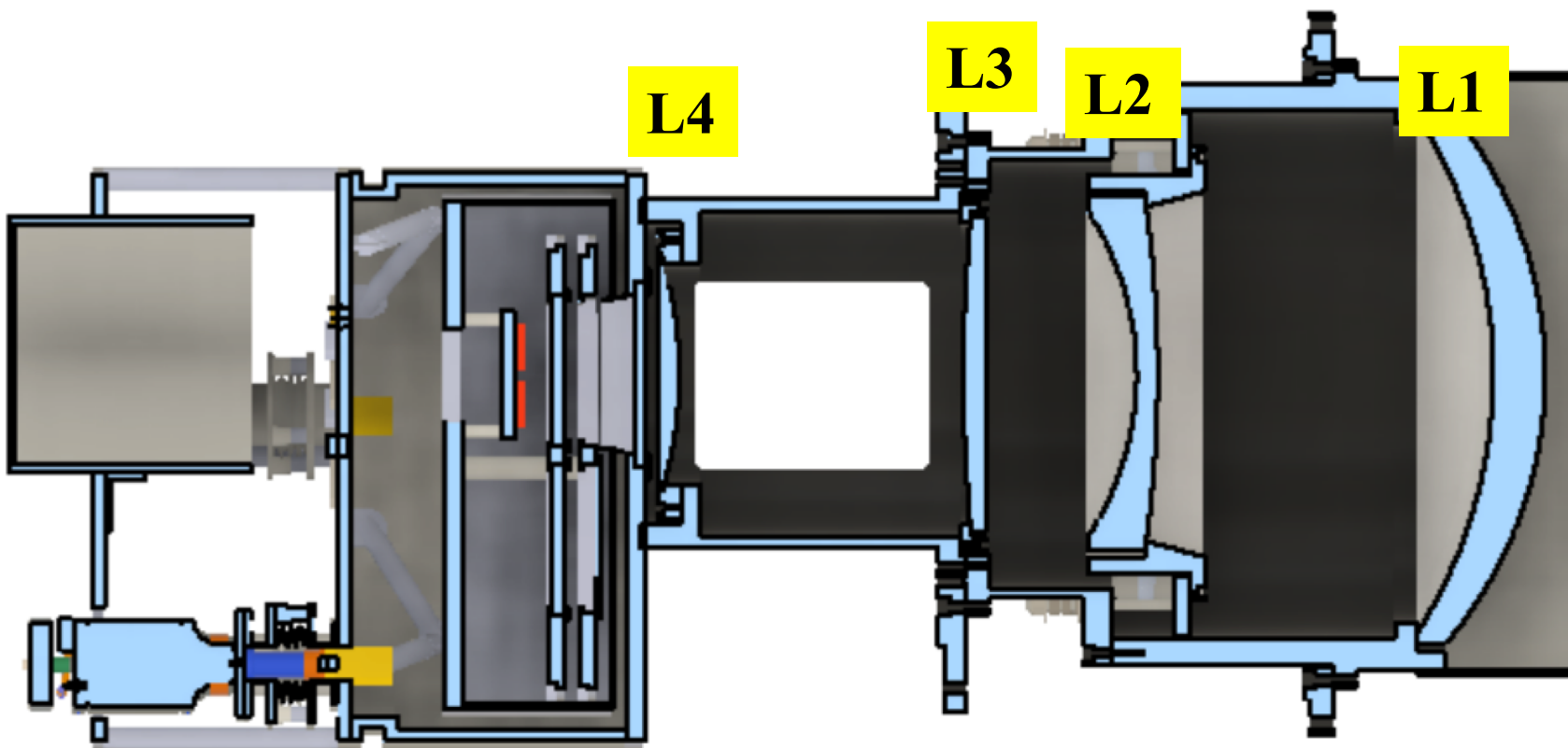


5枚のフィルター(+二枚ブランク、1枚シャッター):

- 4 Wide-band: z, Y, J, H (主に使用),
- 1 Narrow band: ([FeII]、Pa β 、HeI)? (未定)

光学設計

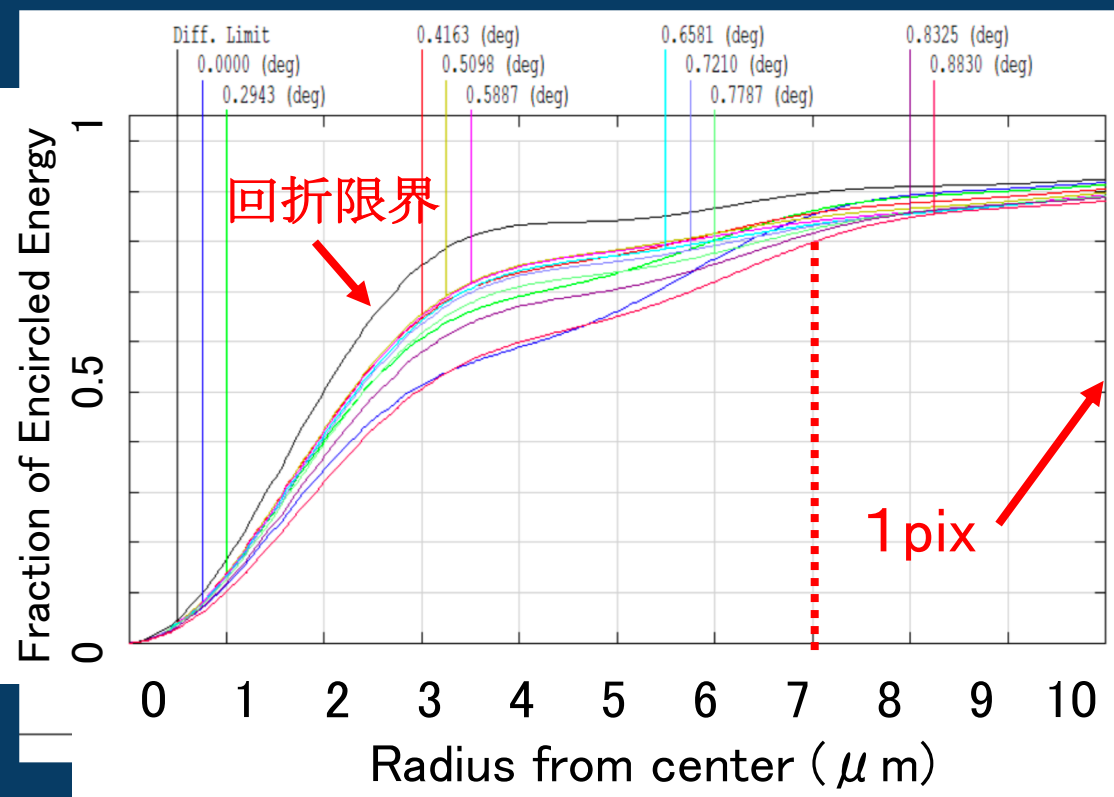
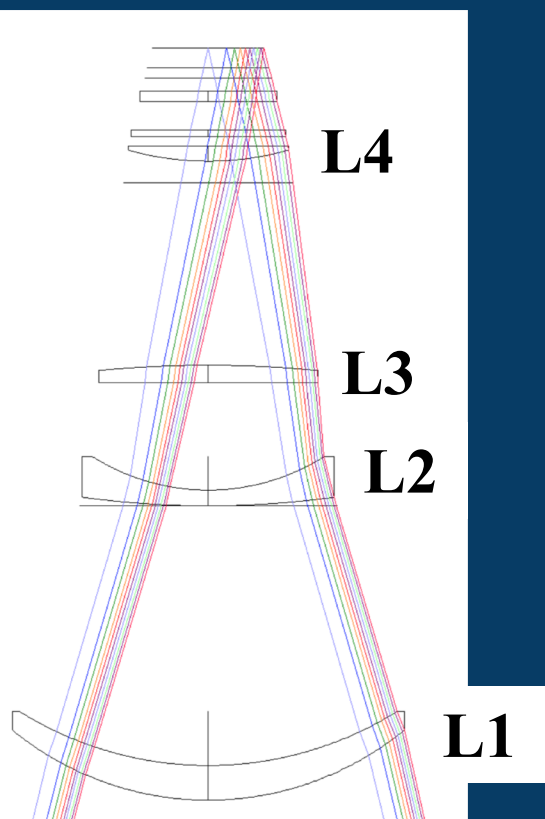
- FOV: $1.25\text{deg} \times 1.25\text{deg} = 1.56\text{deg}^2$ (f/2.29)
- 収差補正用の4つの球面レンズ(熔融石英)
- 80% Encircled Energy diameter $14 \mu\text{m}$
(1.4pix, 0.7arcsec) in All FOV << seeing ~ 1.4 秒角



主鏡

光学設計

- FOV: $1.25\text{deg} \times 1.25\text{deg} = 1.56\text{deg}^2$ (f/2.29)
- 収差補正用の4つの球面レンズ(熔融石英)
- 80% Encircled Energy diameter $14\ \mu\text{m}$
収差が十分seeing($\sim 1.4''$)以下に収まるように設計



↓主鏡

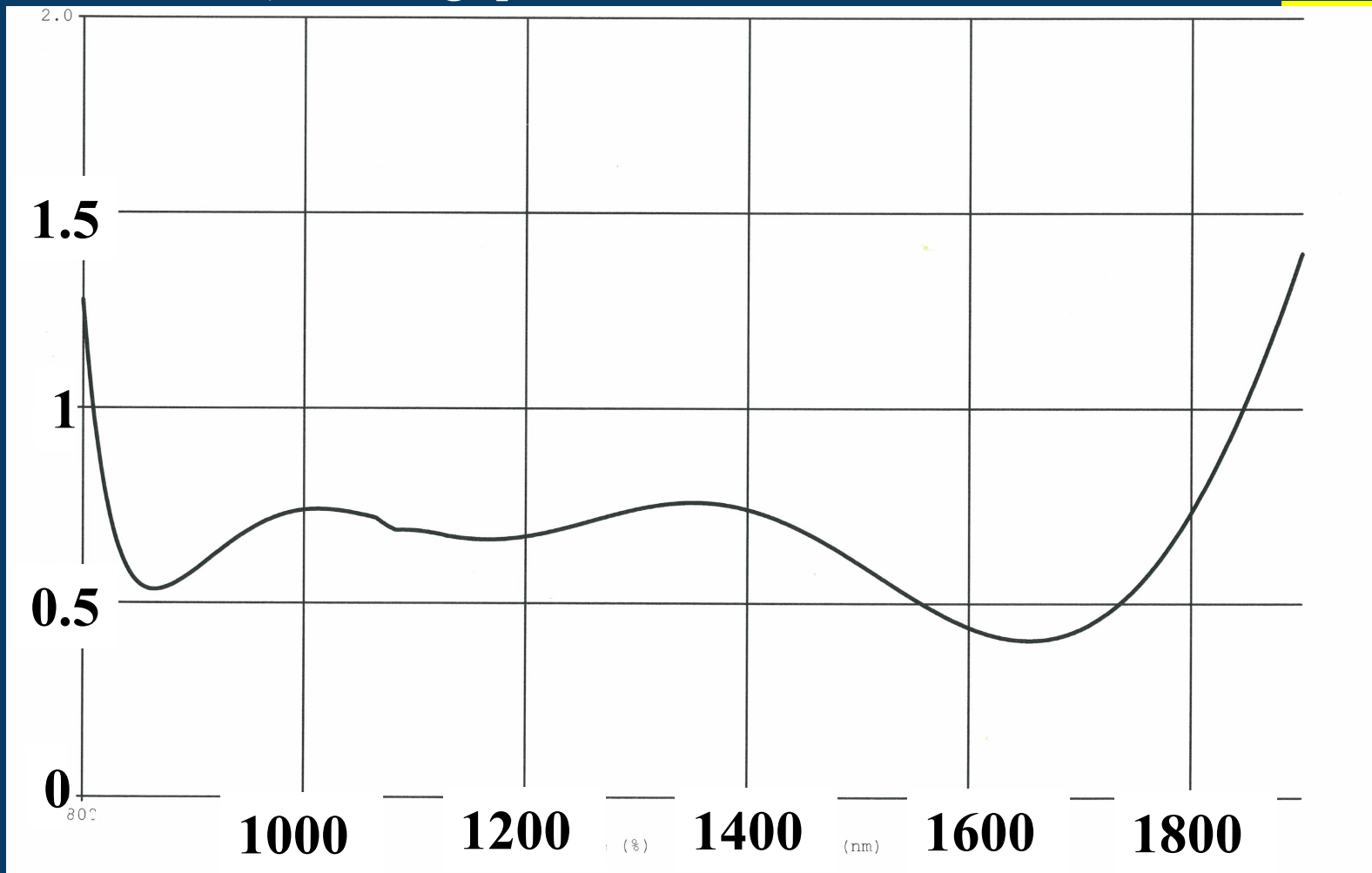
By Dr. Andrew Rakich

Diffraction Encircled Energy distribution
(1.4pix, 0.7arcsec) in All FOV \ll seeing ~ 1.4 秒角

AR コーティング

- 透過波長帯 830nm-1800nm (from z to H-band)
- 反射率 $\sim 0.6\%$, throughput $\sim (0.994)^{10}$ (10surfaces)=0.94 **94%**

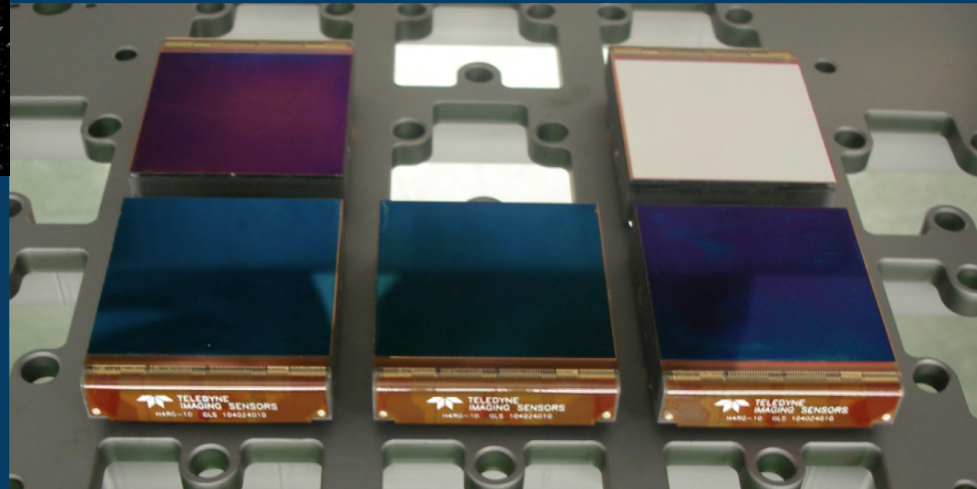
反射率(%)



波長(nm)

近赤外における世界最大級視野 世界最大級の近赤外検出器

WFIRSTチームからTeledyne社製 **4k×4k H4RG-10** を4枚借用
メーランド大学(米)が@GSFCにてカメラ製作を行う。



H4RG-10 のサンプル画像

読み出し時間の見積もり(16outputs/chip, 300kHz)

$4096 \times 4096 / 300\text{kHz} / 16\text{outputs} = 3.5\text{sec}$

$4096 \times 4096 / 300\text{kHz} / 64\text{outputs} = 0.9\text{sec}$

視野外からの放射

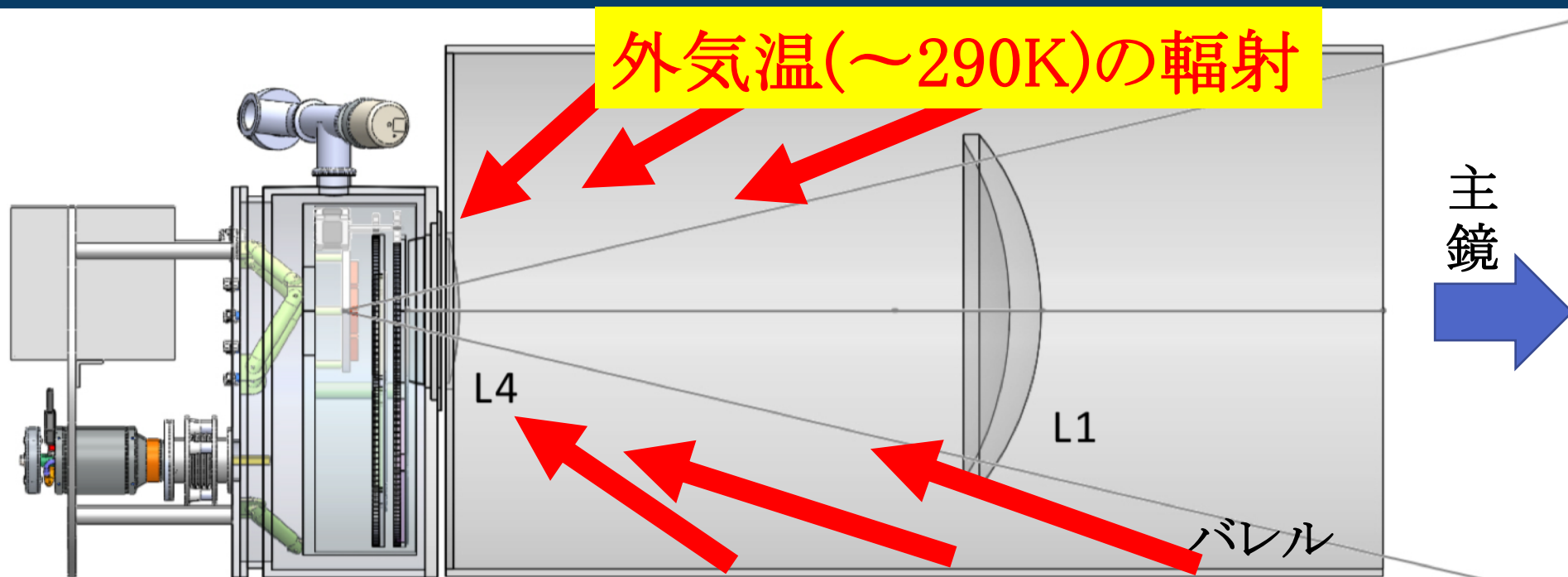
背景光:

1: スカイバックグラウンド(OH輝線 in H-band)

2: 主鏡からの熱放射

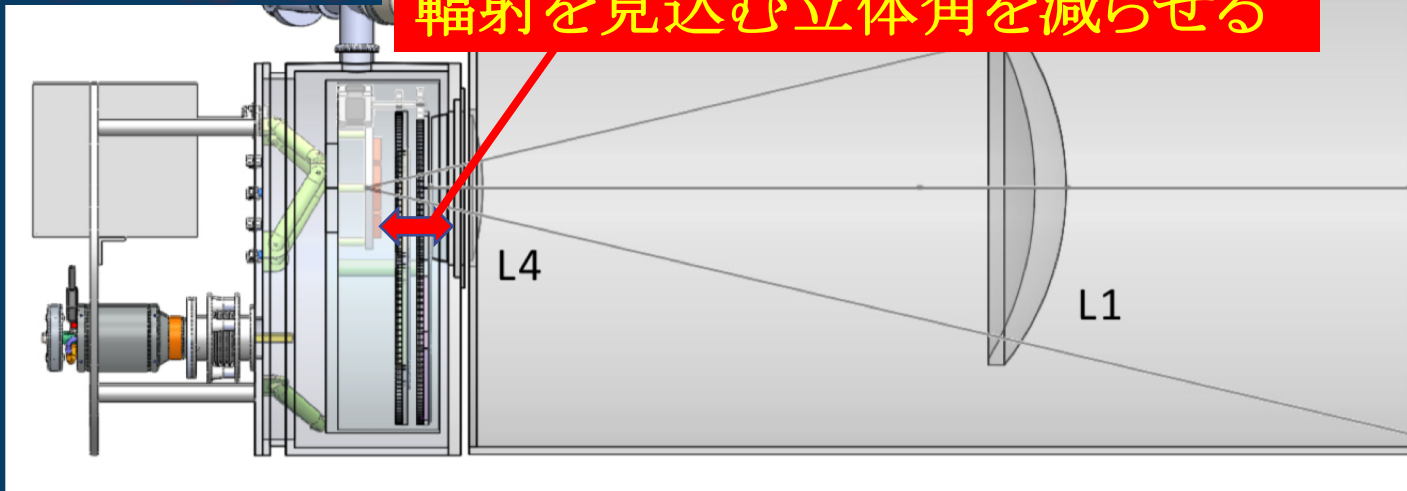
3: 視野外(Barrelなど)からの熱放射

4: Dewarからの放射 → cold box



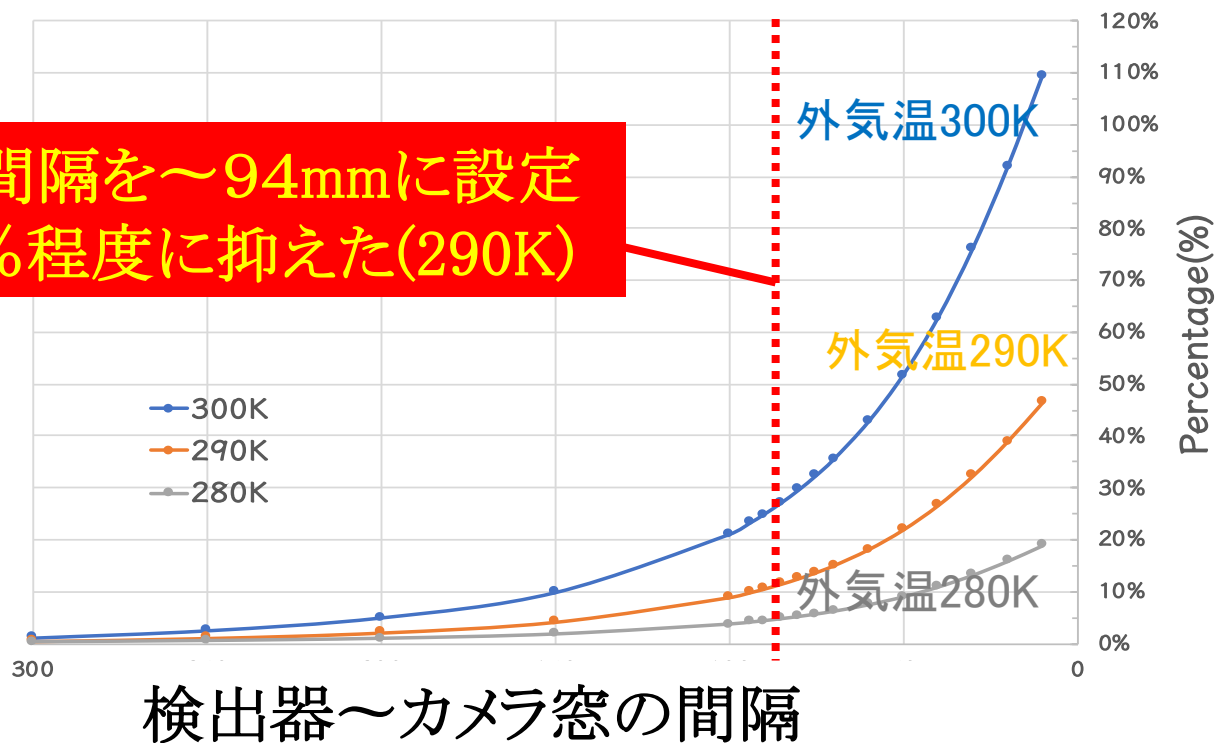
視野外からの放射

この距離を広くすればするほど、
輻射を見込む立体角を減らせる

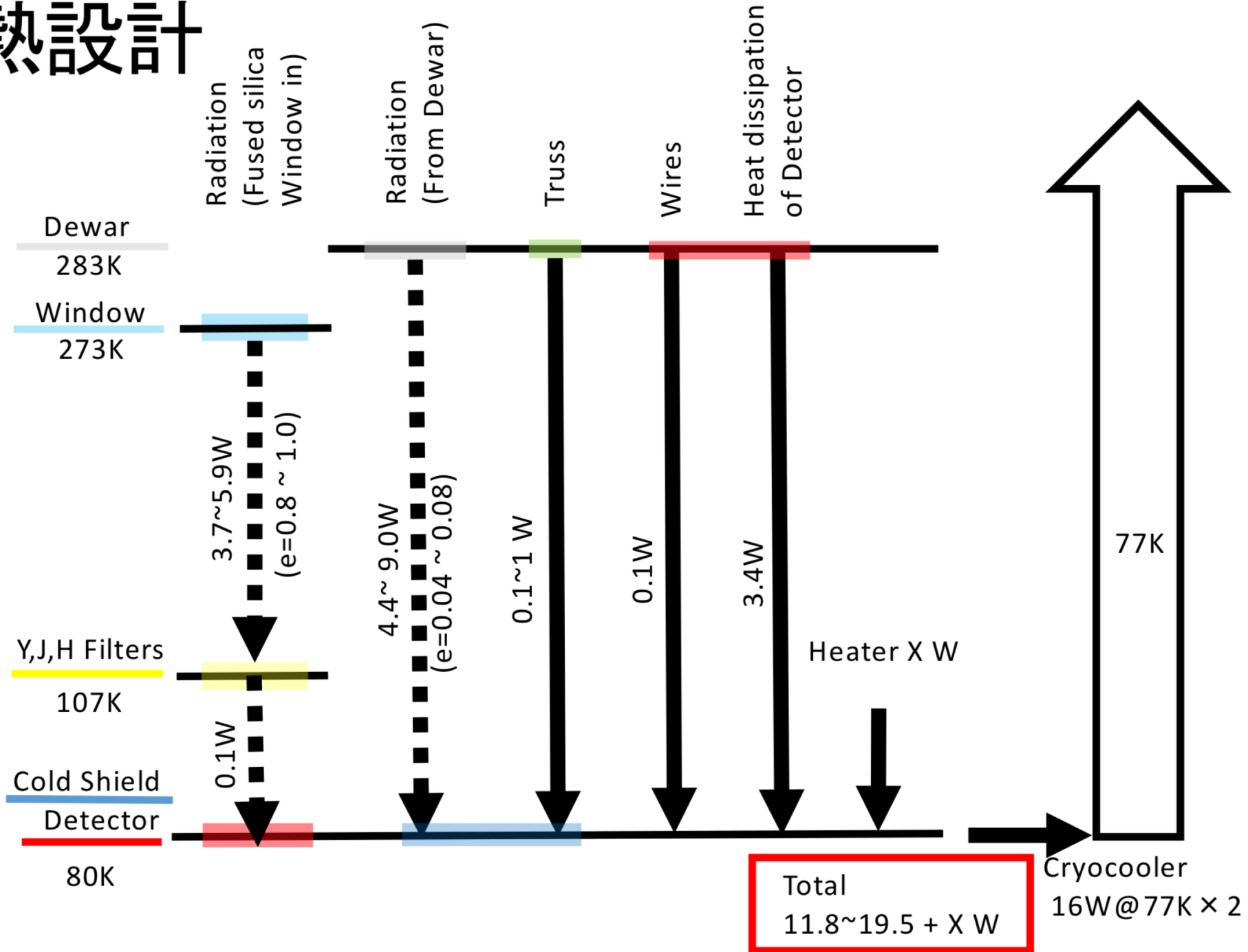


スカイに対する熱放射背景光の割合

検出器ーカメラ窓の間隔を～94mmに設定
→スカイに対して10%程度に抑えた(290K)



熱設計



まとめ

- PRIMEは近赤外重力マイクロレンズサーベイ観測を行う広視野望遠鏡
- 銀河系内の系外惑星分布を研究する。
- WFIRSTの観測領域を最適化する。
- WFIRSTとの同時観測により軽いレンズ天体の質量決定を可能にする。
- 赤外線分光器
- Transient追観測 for GW, GRB, SNe ...
- 2020年度内に観測開始(予定)