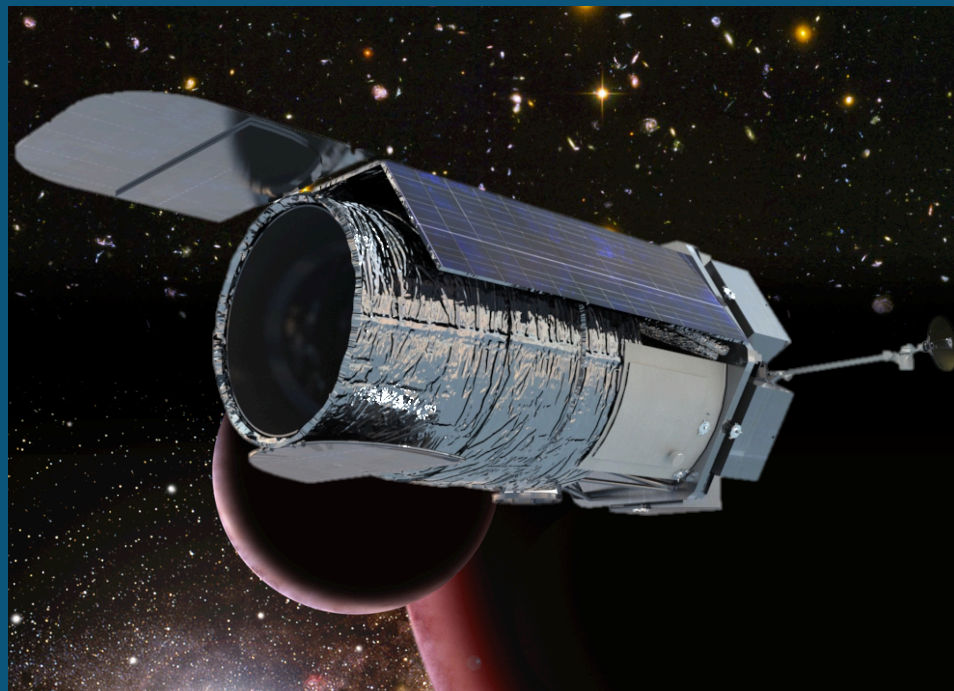


WFIRST



(Wide Field Infra Red Survey Telescope)

米国Decadal survey大型衛星1位
HST,JWSTにつづくNASA最優先の次期旗艦大型衛星



近赤外広視野サーベイ衛星
2024年ごろの打ち上げ

- 暗黒エネルギー/修正重力
- 系外惑星
- 近赤外サーベイ

住 貴宏 (大阪大学), WFIRST連絡会、WACO WG→WFIRST WG

2016/1/7 [宇宙科学シンポジウム] ISAS

2.4m WFIRST-AFTA

(Astrophysics Focused Telescope Assets)

- 口径: 2.4m (HSTと同じ)、NRO (国家天文台) から譲渡
- 28.5 度傾斜静止軌道(ロボットサービス) or L2(アトラス V 541)
- 広視野分光撮像・コロナグラフ装置
可視光・近赤外 ($0.6\text{--}2\ \mu\text{m}$) 270K
- 寿命: 5年 + 1年

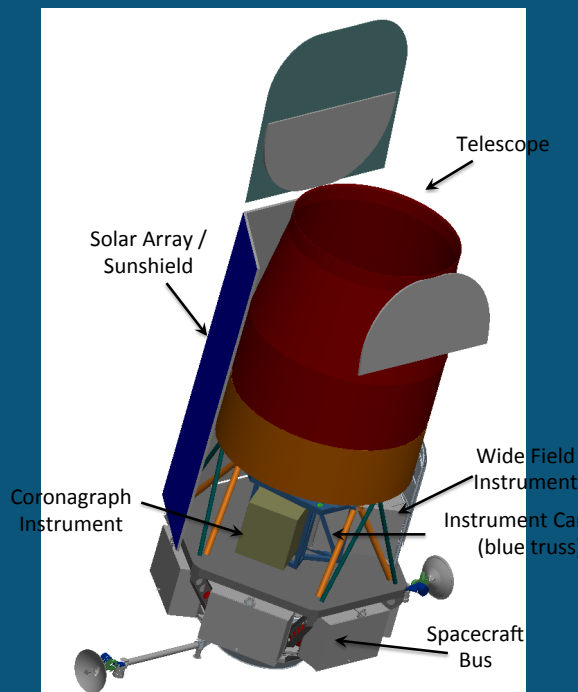
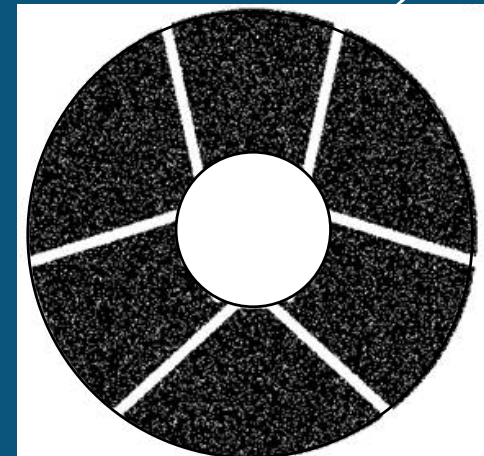
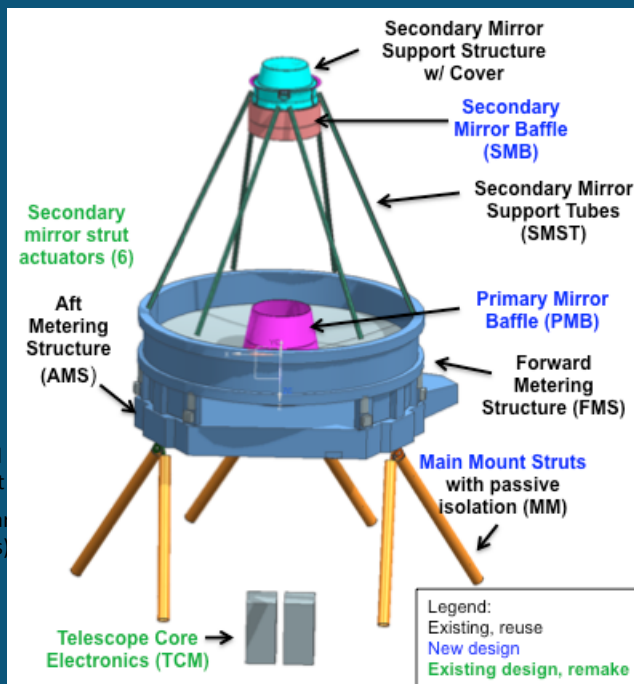
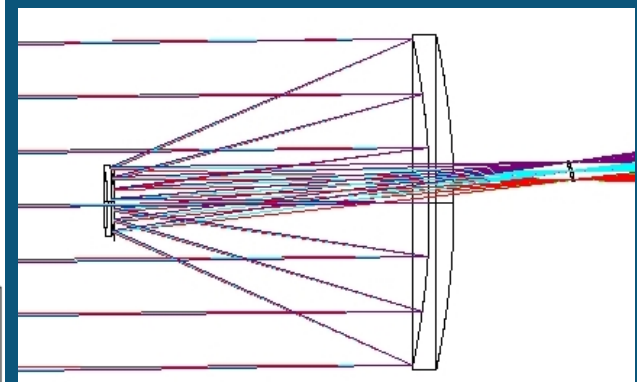


Figure 3-3: WFIRST-2.4 Observatory configuration featuring the 2.4-m telescope, two modular instruments and a modular spacecraft bus



The telescope entrance pupil



\$10M over FY13 & \$56M over FY14 for WFIRST

field channel intermediate focus.

Channel field layout for AFTA-WFIRST wide field instrument

0.788° wide
0.427° high

X gaps 2.5mm
Y gaps 8.564mm



Moon (average size seen from Earth)

4k x 4k pixel H4RG-10 IR検出器を18 個
0.11 arcsec/pixel 0.28 deg²



HST/ACS



HST/WFC3



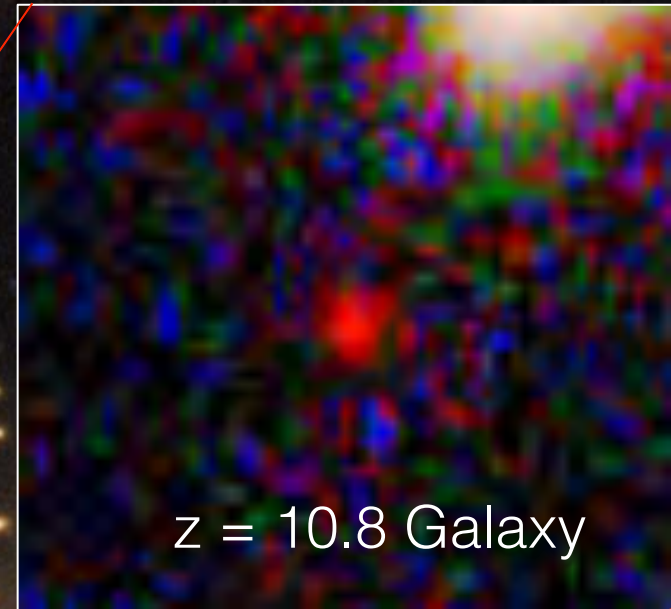
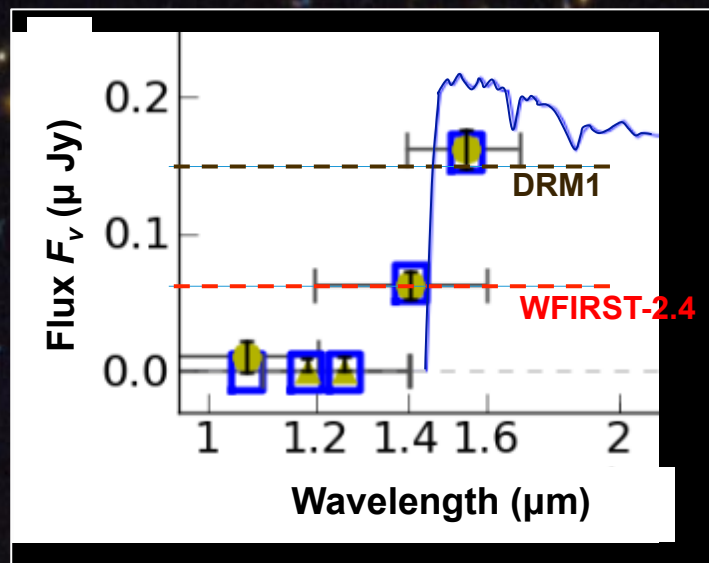
JWST/NIRCAM

~90 × bigger than HST-ACS FOV,
~200 × bigger than IR channel of WFC3

Each square is a H4RG-10
4k x 4k, 10 micron pitch
288 Mpixels total

Slitless spectroscopy with grism in filter wheel
R_θ ~ 100 arcsec/micron

Hubble x 200 Discovery of High- z Galaxies



High z まで
銀河のクラスタリング
構造進化
を高精度で観測

WFIRST-AFTA観測計画概要

➤ 暗黒エネルギー/修正重力(～2.5年)

◆ High Latitude Survey (HLS)(銀河分布)

2000平方度、撮像(YJH)+分光(R～800) $Y < 26.7$, $J < 26.9$, $H < 26.7$, $F184W < 26.2$

- ・弱い重力レンズ現象(WL)
- ・Red shift space distortion (RSD)
- ・Baryon Acoustic Oscillation (BAO)

暗黒物質、構造進化

◆ Ia型超新星探査

5, 9, 27平方度、撮像モニタリング+IFU分光(R～100)

宇宙の加速膨張史

➤ 系外惑星:

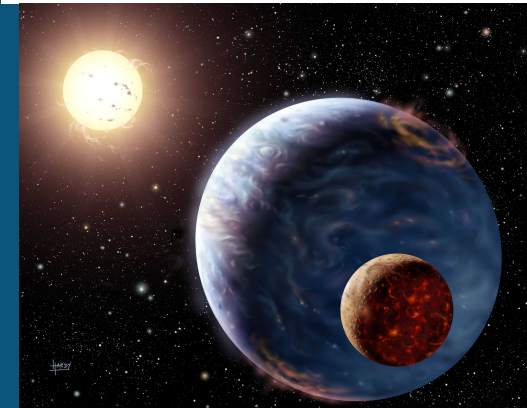
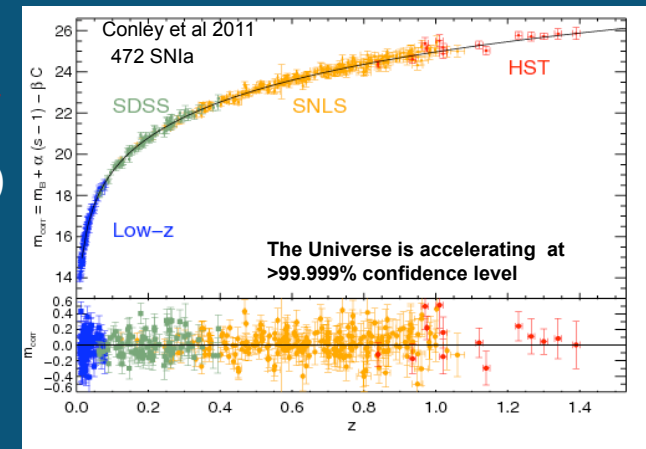
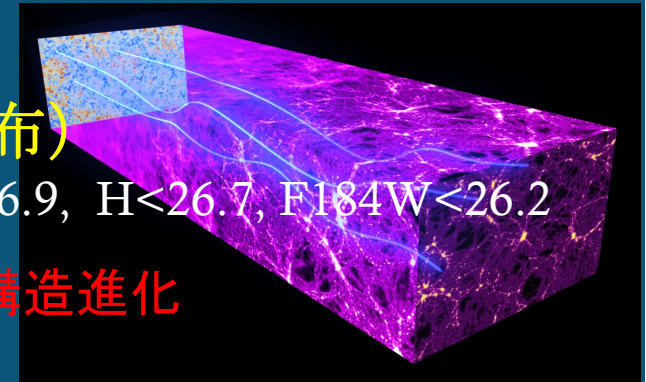
◆ 重力マイクロレンズ観測(～1年)

銀河系中心方向、大軌道半径惑星の分布

◆ コロナグラフ観測(～1年)

可視、コントラスト 10^{-9} , IWA 0.2"

➤ Guest Observer 観測(25%, 1.5年)



弱重力レンズによる暗黒物質分布

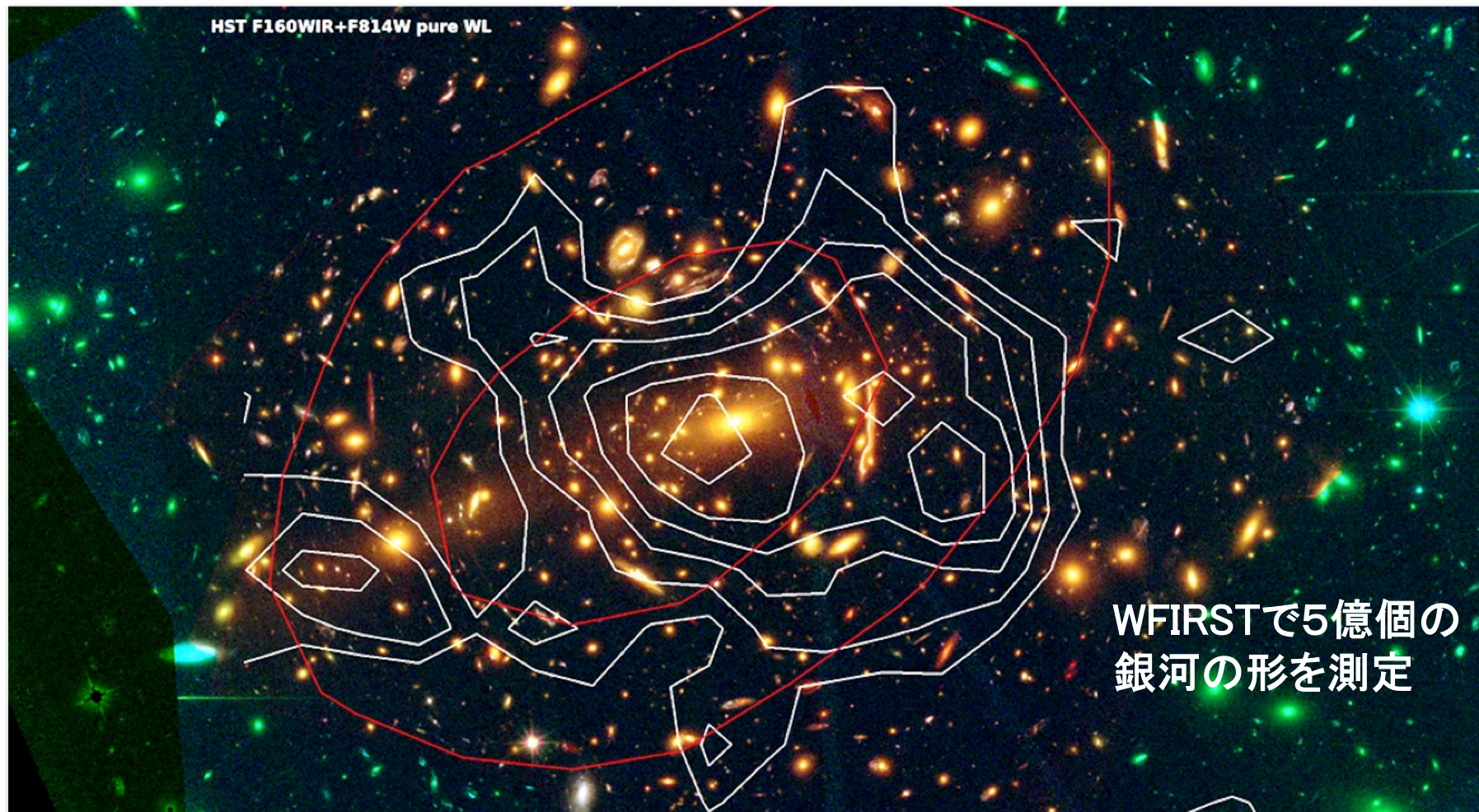
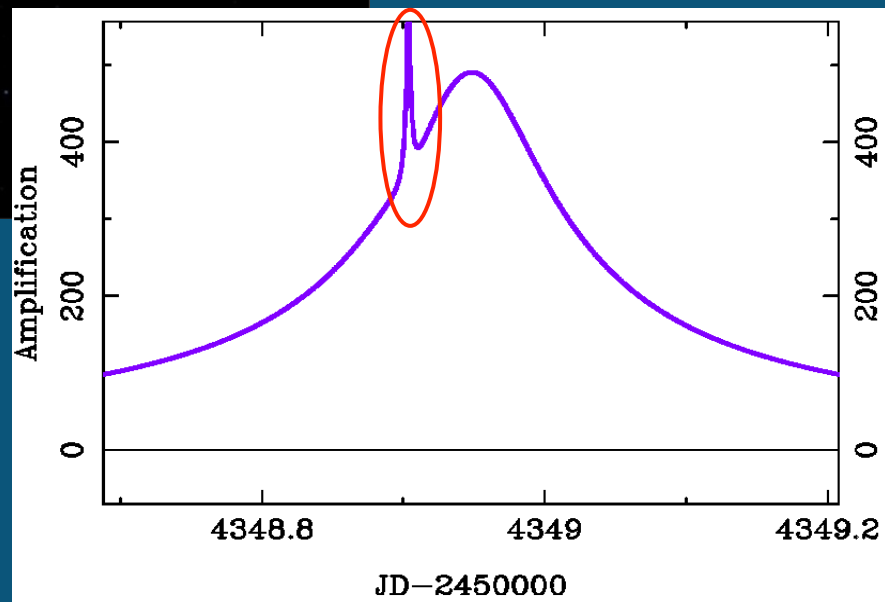
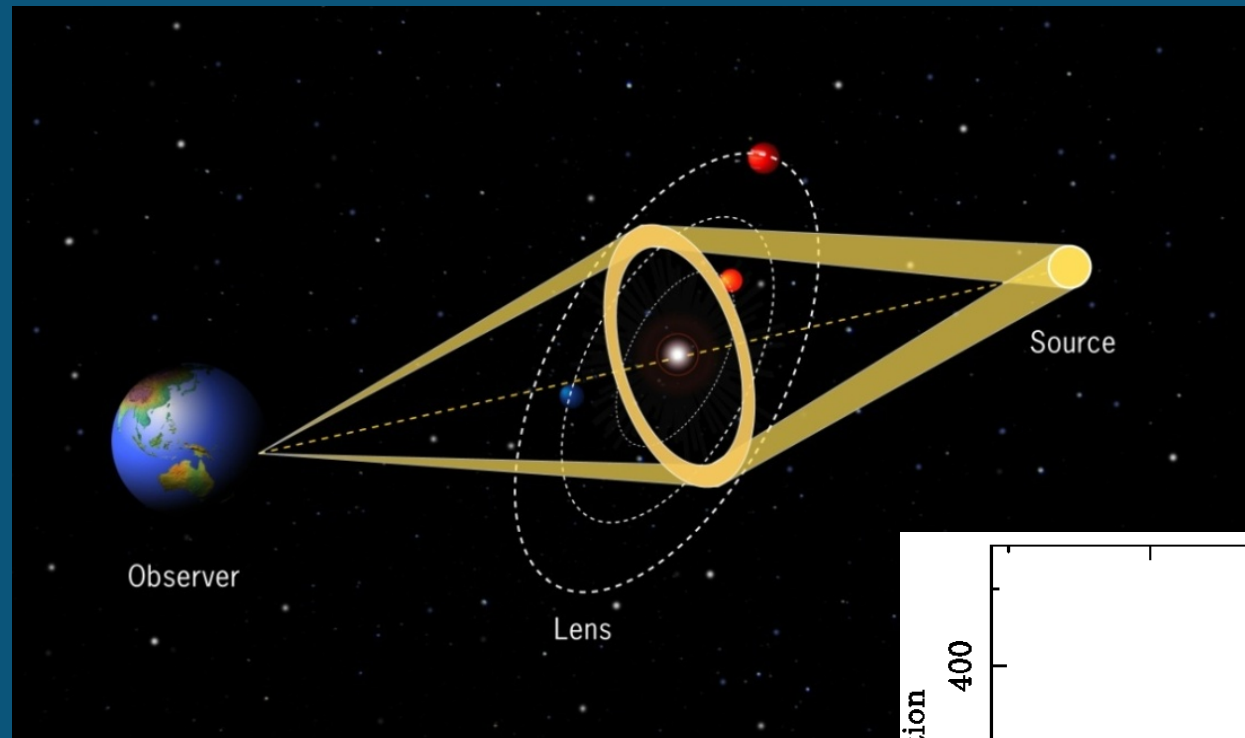
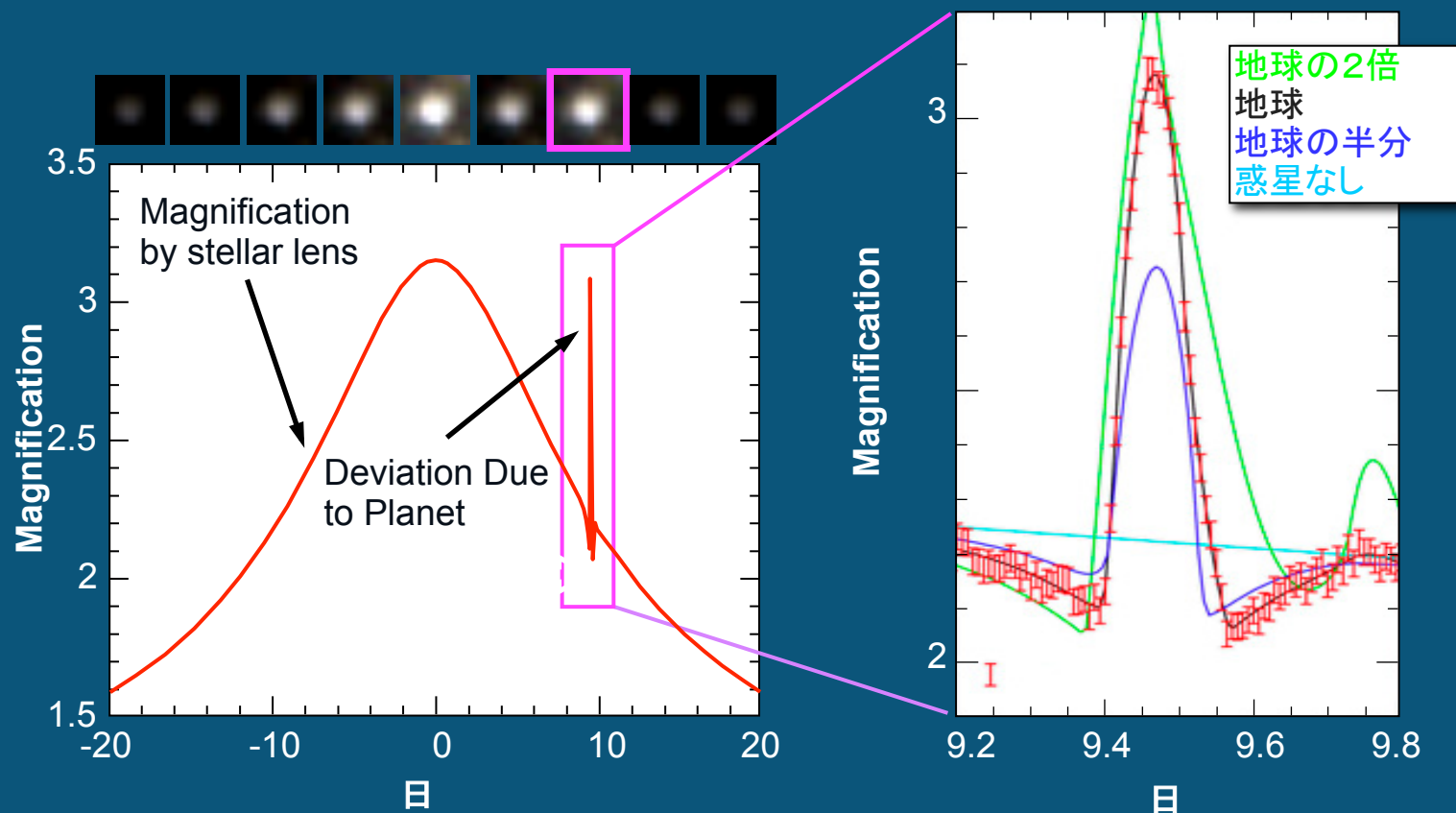


Figure 2-12: Mass density contours around the cluster MACS J1206.2-0848 derived from a ground-based weak lensing survey with Subaru (red) vs. a weak lensing study with HST/ACS+WFC3 (white). The 10x higher surface density of lensed galaxies achieved from space yields ~3x higher spatial resolution maps. The HST data shown here is representative of the WFIRST 2.4 ULIS. WFIRST 2.4 will make a map of this quality over 2,000

重力マイクロレンズによる系外惑星探査



WFIRSTによる地球質量惑星検出

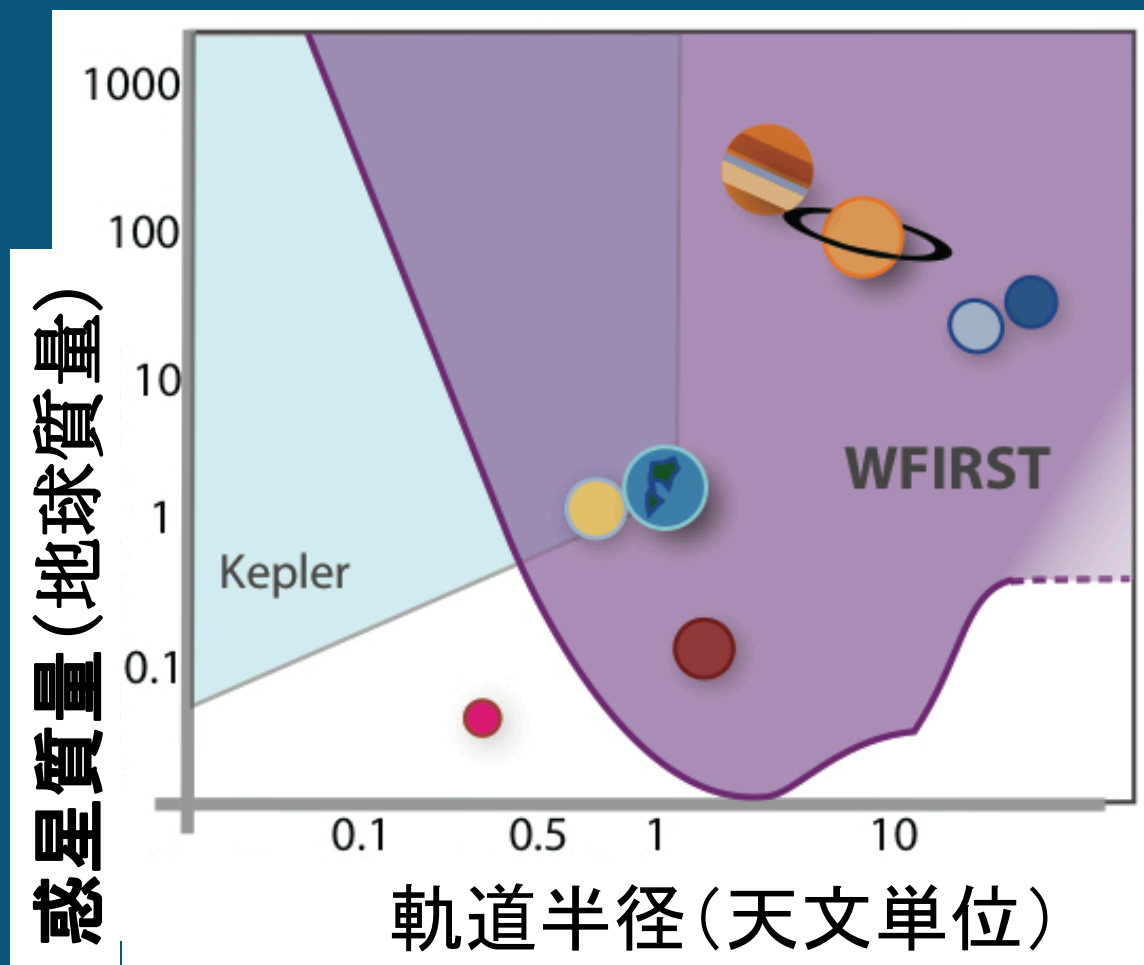


- 銀河系バルジ2.8 deg.²内の星3億個
- 15分に1回、24時間、72日ぶっ続けで観測
- 6シーズン(合計1.2年)

地球質量惑星による4-5時間の明るさの変化を捉える。

惑星: **3千個**
(地球質量以下: **約2百個**)

WFIRSTによる惑星検出



惑星: 3千個

(地球質量以下: 約2百個)

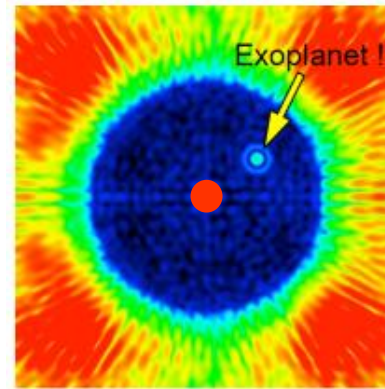
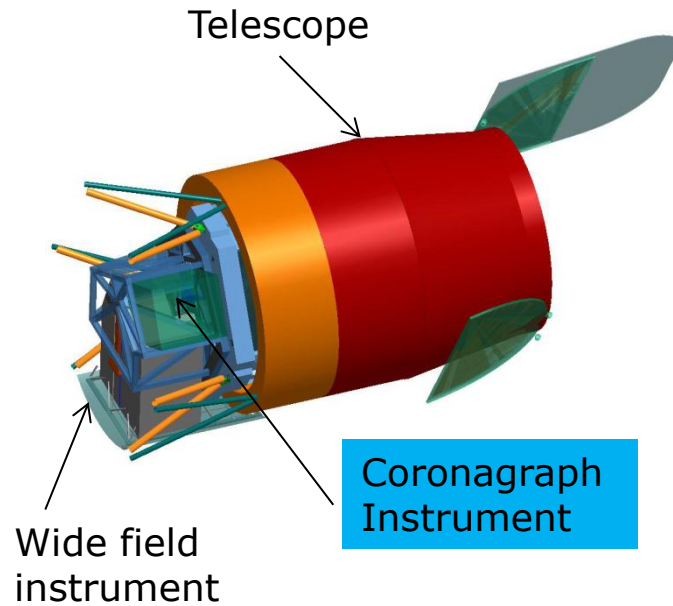
浮遊惑星: 2千個

(地球質量以下: 約百個)

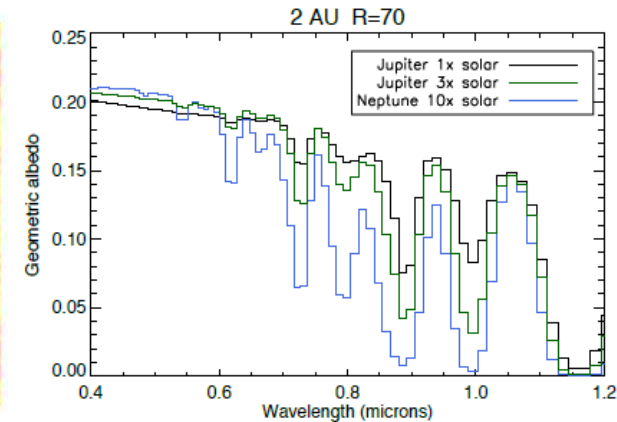
水星以外全ての太陽系惑星を検出可能

Keplerと合わせて
全ての種類の惑星の
分布を解明

AFTA Coronagraph Instrument



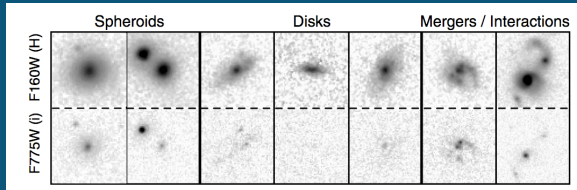
Exoplanet Direct imaging



Exoplanet Spectroscopy

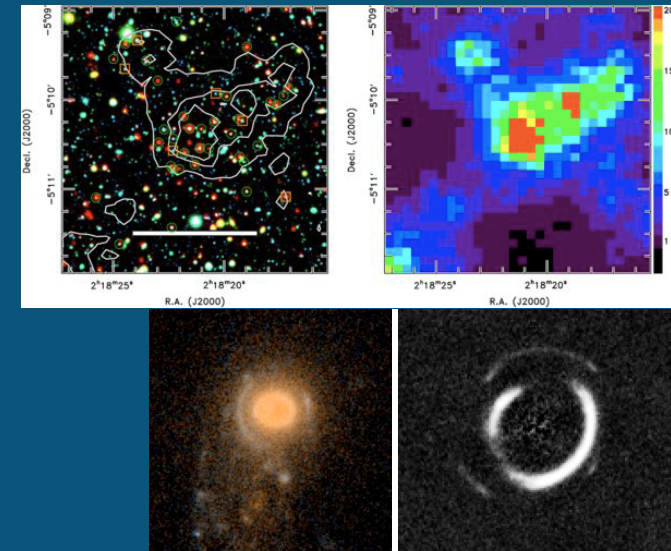
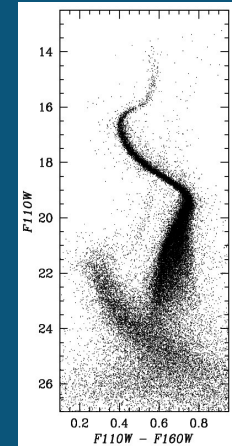
- With additional ~\$100M cost
- 400–1000nm band pass
- 10^{-9} contrast
- 100 milliarcsec inner working angle at 400nm
- R=70 spectra and polarization at 400–1000 nm

- 近傍の巨大ガス惑星、氷惑星、超地球の撮像、分光
- デブリ円盤
- 将来の地球型惑星直接観測 (TPF) への技術実証



GO & Archive sciences

1. Open Cluster and Star Forming Region **IMFs** to Planetary Mass
2. Exoplanet via **transit** and Astrometry
3. High-precision **IR CMDs** of stellar populations.
4. Quasars as a Reference Frame for Proper Motion Studies (LMC,GB)
5. **Proper Motions** and **Parallaxes** of Disk and Bulge Stars ($\sim 10\mu\text{as/yr}$)
6. White dwarfs.
7. **Nearby Galaxies**
8. **Galaxy Structure** and Morphology
9. Evolution of **Massive Galaxies**
10. Distant, High Mass Clusters of Galaxies
11. **Obscured Quasars**
12. Strongly Lensed Quasars
13. **Strong Lensing**
14. **High-Redshift Quasars** and Reionization
15. Faint End of the **Quasar Luminosity Function**
16. Probing the **Epoch of Reionization** with Lyman- α Emitters



日本のWFIRST参加への活動

- 2010年12月、初期WFIRST Science Definition Team(SDT)に住が参加
- 2013年 7月、WFIRST-AFTA SDTにJAXA代表として山田亨(ISAS)が参加。
- 2013年8月、「WFIRST 連絡会」立ち上げ。
山田亨(代表)、住(幹事)、 約30人、2-3 か月に1回開催
- 2014年2月、コロナグラフ開発 WACO WG設立
田村(PI,東大,NAOJ) 早期の具体的検討が必至なコロナグラフ装置検討を先行
- 2015年3月、SDT final report(日本の潜在的興味の表明を記載、他欧州、カナダ、韓国)
- 2015年12月NASA WFIRST Formulation Science Teamへ参加 高田(IPMU)、吉田(東大)
- 2016年2月, NASA will start phase A. \$90M budget in FY 2016
- 全般的なWFIRST WGが承認(PI:住)(WACOからの発展的改組)
小規模プロジェクト枠(国際協力)での参加実現を推進
- 2015年9月20日 NASA Astrophysics Division, Paul Hertz 長官
より、日本の参加の興味を問うメール

現在、貢献プランを作成し、返信準備中

WFIRST WG

住 貴宏(大阪大学、准教授)(主査)、田村 元秀(東京大学/国立天文台、教授)
村上 尚史(北海道大学、助教)、小谷 隆行(国立天文台、研究員)、
松尾 太郎(京都大学、特定准教授)、河原 創 (東京大学、助教)
西川 淳 (国立天文台、助教)、塩谷 圭吾(JAXA、助教)
成田 憲保(アストロバイオロジーセンター、特任助教)
Olivier Guyon(Arizona 大学/すばる望遠鏡、准教授)、
櫛 香奈恵(JAXA、研究員)、馬場 直志(北海道大学、教授)、
日下部 展彦(国立天文台、研究員)、権 静美 (東京大学、研究員)、
福井 暁彦(国立天文台岡山観測所、研究員)、
鈴木 大介(ノートルダム大学、研究員)、
山田 亨 (ISAS、教授)、高田 昌広(東京大学カブリIPMU、教授)、
宮崎 聡 (国立天文台、准教授、すばるHSC責任者)、
大内 正己(東京大学 宇宙線研究所、准教授)、大栗 真宗(東京大学、助教)、
田中 賢幸(国立天文台、特任助教)、芝井 広 (大阪大学、教授)、
山田 良透(京都大学、助教)、郷田 直輝(国立天文台、教授)、
村田 泰宏(JAXA、准教授)

興味のある方は是非参加ください。

日本の貢献案および検討状況

- 推進の母体として、宇宙研理学委員会に WFIRST WG (主査:住) 設置。
- 日本の貢献案は、以下をひとつのパッケージとして考えている。

1. すばる望遠鏡によるWFIRST Synergy Survey (HSC/PFS～400晩)

1. photo-zのキャリブレーション
2. 狭帯域フィルター

→ すばるコミュニティと議論(12月:すばるSAC, 1月:すばるUM)

2. WFIRST コロナグラフ装置における機能強化

- ・偏光撮像機能の付加
- ・偏光補償機能の開発 (WACO WG による開発)

発展的な可能性として、マスク開発、PIAA開

3. 地上局による貢献

4. 地上マイクロレンズデータ提供(MOA)



(2) コロナグラフ装置への寄与

- コロナグラフ装置を科学的に発展をもたらす機能・性能強化をする貢献を目指す。
- 次世代のスペースからの高コントラスト観測に向けて基盤を作る。

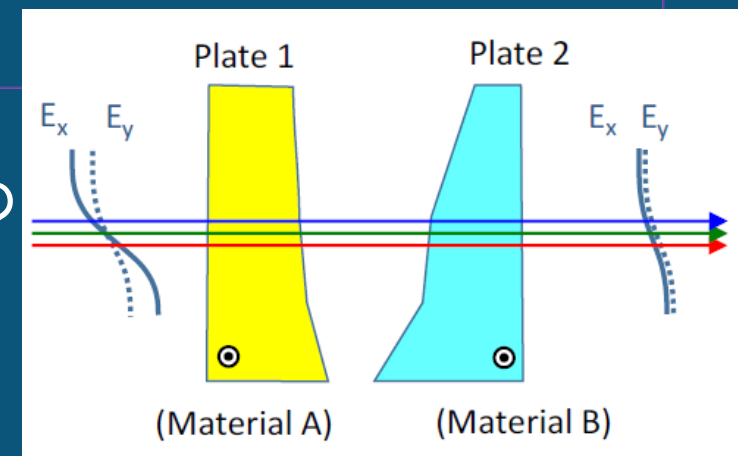
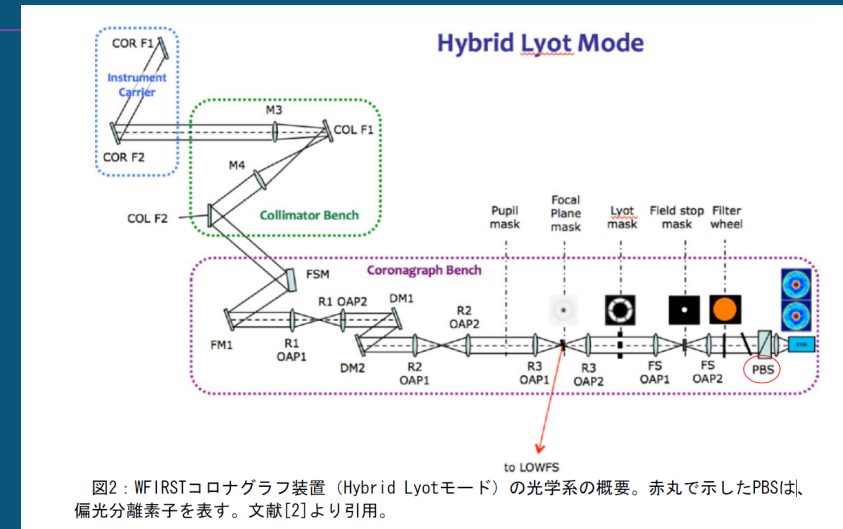
(基本案)

■ 偏光撮像ユニットの提供

惑星反射光
惑星系円盤→偏光を示す。
偏光分離素子を光路に挿入

■ 偏光補償機能の開発・提供

- 望遠鏡・装置偏光による偏光差分波面収差 (PDWA)が発生
- 現在のベースライン案: 直線偏光の1成分のみをとりだしDMで波面補償を行う
- 偏光補償装置: 複屈折デバイスによる波面整形、色消し~コントラスト低下を防ぐ



(3) 地上データ局について

WFIRST の軌道トレードオフ

- 傾斜対地同期軌道 高データレートに対応・サービスミッション
- 太陽-地球 L2 軌道 熱的安定性・将来のオカルタ衛星ミッションへの対応

L2軌道の場合

- NASA Deep Space Network を使ったKaバンド帯 (26GHz帯)受信
- 日本のタイムゾーンでの基地局運用は大きなメリット

2015/10 /28 JAXA 沼田先生、戸田先生と協議

内之浦基地局、臼田後継基地局 (Kaバンド帯 (ただし32GHz帯)を含めたアップグレードを検討中)

→WFIRST WGとして **26GHz帯受信機の追加を検討**

- 26.5 GHz Ka band science downlink – G/T of approximately 48.5 dB/K
- Science data rate 262.5 Mbps
- Rate 7/8 Low Density Parity coding
- S-band housekeeping telemetry and commanding
- Tracking data – doppler and ranging
- 95% availability
- Up to 12 hour contact each day
- 11.4 Terabits per contact
- S-band data sent in real time to US
- Ka-band data delivered within 24 hours



Summary

- WFIRSTは、大統計量で宇宙の加速膨張、系外惑星を解明する。
- GO program → 多くの分野の方の参加が可能。
- WFIRST WG設置（小規模プロジェクト枠での参加提案）
- 日本の貢献パッケージ
 - 1) すばるHSC/PFSサーベイ。
（Subaru/PFSやTMT、SPICAの良いターゲットとなる）
 - 2) コロナグラフ偏光機能の提供（R&D中）
 - 3) 地上局の貢献の検討
 - 4) 地上マイクロレンズデータ提供（MOA）

興味のある方は是非ご参加ください。