



# 先端技術センターに おける光学設計開発

都築 俊宏

(国立天文台 先端技術センター)

2019年2月26日

# 発表内容



- ✓ 先端技術センター（ATC）で利用できる光学設計開発
  - ✓ 光学設計開発のニーズ
  - ✓ ATCで可能となった光学設計開発
  - ✓ 光学設計開発実績
  - ✓ 外部評価とプロジェクトからの評価
  - ✓ ATCの光学設計開発の強み
  - ✓ まとめ

# 先端技術センター(ATC)の特徴



## ✓ プロジェクトの枠組みを超えた組織

- プロジェクトのように終了後に消滅せず、技術ノウハウの蓄積が可能

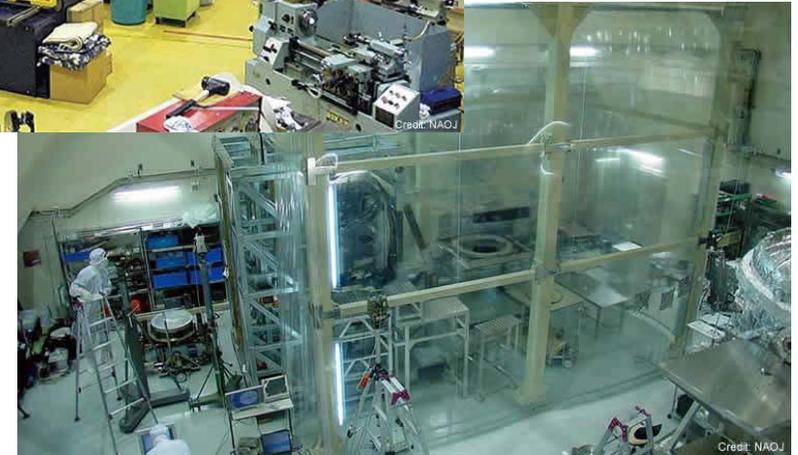
## ✓ 先端的な天文観測装置の開発拠点

- 観測装置の開発（設計・製作・試験）、基礎技術の開発



工場@  
MEショップ

クリーン  
ルーム



# ATCの汎用的専門技術者のニーズ



- ✓ 国立天文台の技術検討委員会が「国立天文台の技術に関する中期的ビジョン」を提案（2006年）
- ✓ 国立天文台での開発に必要な技術を以下の3つに大別
  - 1) 天文特有の技術（素子開発、光干渉技術など）
  - 2) 汎用的専門技術（様々なプロジェクトでの開発において共通に用いられる技術：エレクトロニクス、機械、光学、ソフトウェアなど）
  - 3) 管理技術（SE、プロジェクト・マネージメント）

長期的な技術開発の視点を持てるATCは「汎用的専門技術」を提供することが求められた。しかしながら、MEショップの担う“機械”技術  
以外はPJが要求する開発レベルを有する技術系職員が不足していた。

# 光学設計エンジニアの採用



✓ 光学の汎用専門技術者として民間出身の光学設計者を採用

Apr. 2009

Feb. 2013

Osaka Univ.



Olympus Corporation  
Research and Development center  
Tokyo, Japan

**OLYMPUS**<sup>®</sup>

## Research

- M.S in physics (Biophysics)

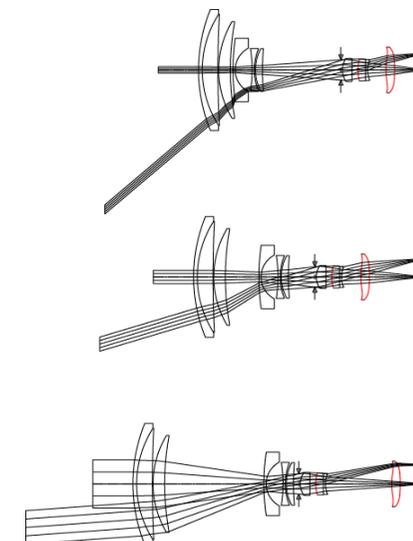


## R&D (Camera)

- Optical Design
- Design-related analysis
- Evaluation and measurement of the competitor's camera
- Software algorithm development for image stabilization in movie recordings



## 【Optical Design】



## 【MTF Evaluation】



## 【Surface metrology】



Taylor hobson Form Talysurf<sup>®</sup>

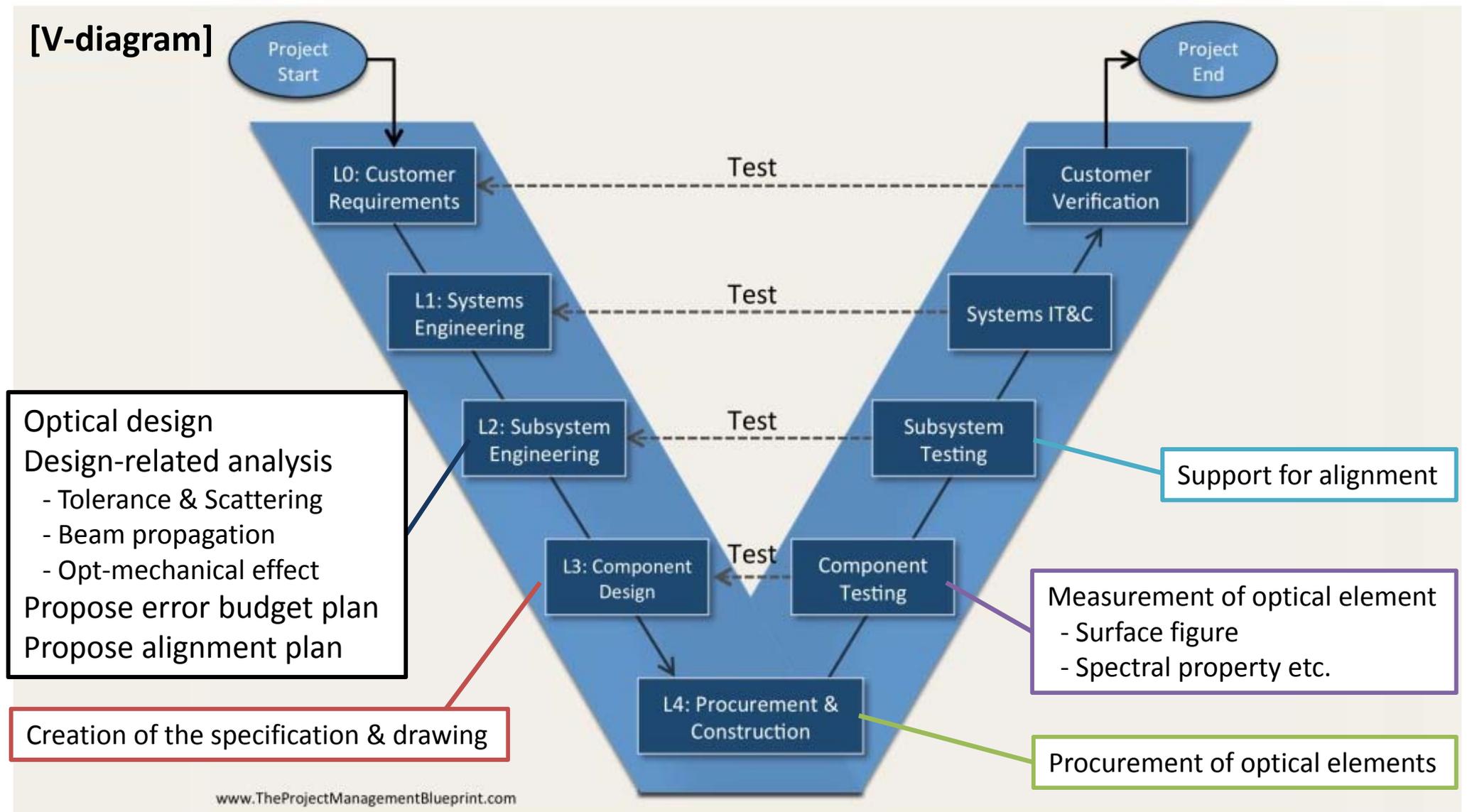


# ATCで可能となった光学設計開発

# ATCで可能となった光学設計開発



- ✓ 光学設計およびそれに関する開発が可能に





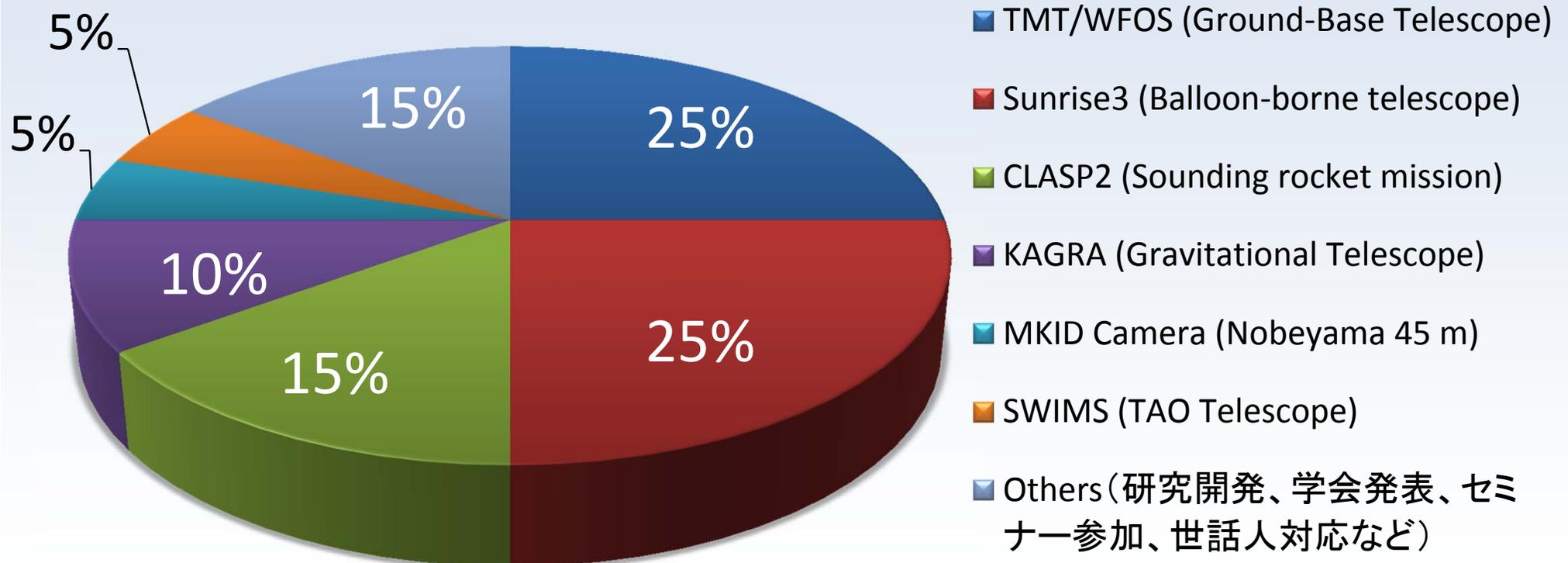
# 光学設計開発実績

# 複数のプロジェクトの開発実績



- ✓ 光学エンジニアとして複数プロジェクトへ貢献
- ✓ 紫外から電波まで。スペースから地上まで

## My work at NAOJ in 2018FY



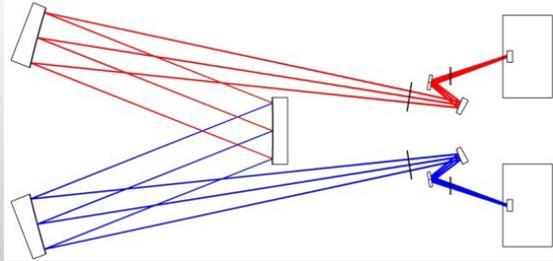
ULTRAVIOLET

VISIBLE

INFRARED

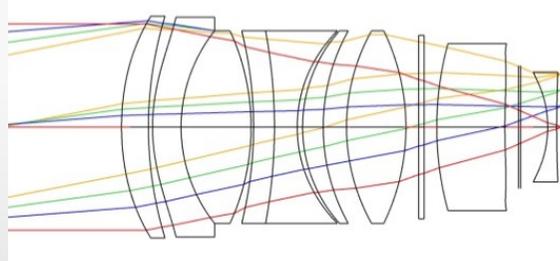
RADIO

### 【CLASP2】



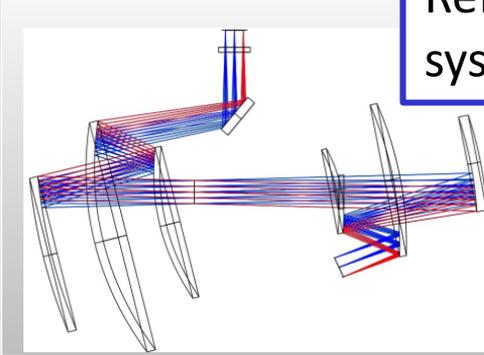
Spectrograph

### 【TMT/WFOS】



Lens imaging system

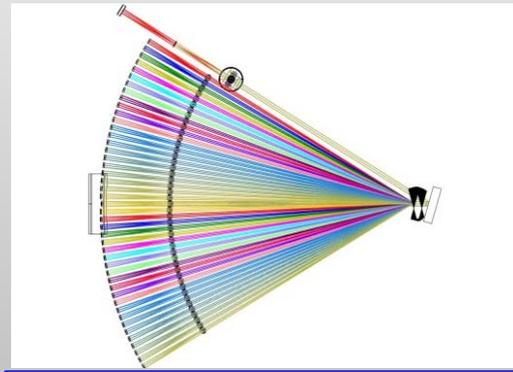
### 【TMT/IRIS】



Reflective imaging system

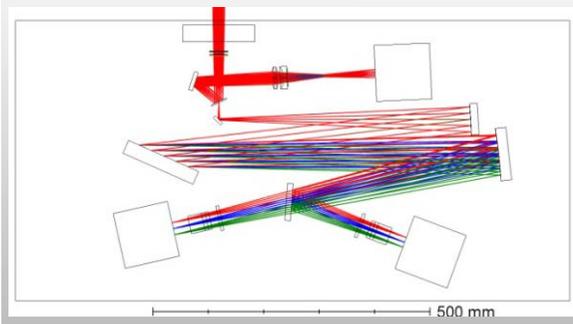
### 【設計例(一部)】

- ・様々なタイプ、様々な波長の光学設計を実施
- ・公差解析など設計に関する解析も実施



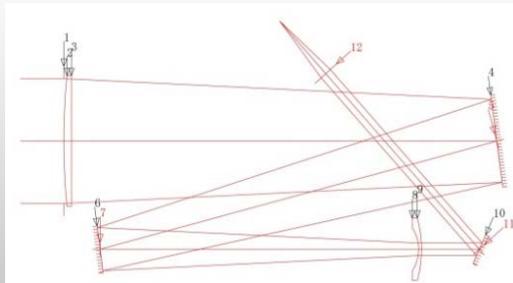
IFU(Integral Field Unit)

### 【Sunrise3】



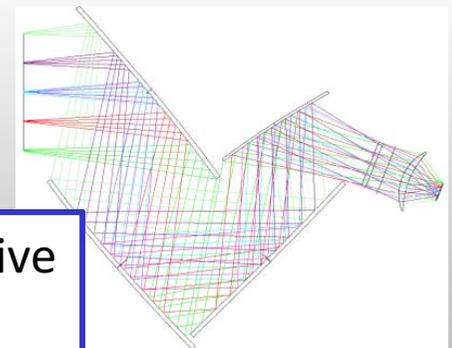
Spectro-polarimeter

### 【KAGRA】



Afocal laser system

### 【MKID Camera】



Free-form Reflective imaging system

紫外線  
ULTRAVIOLET

可視光線  
VISIBLE

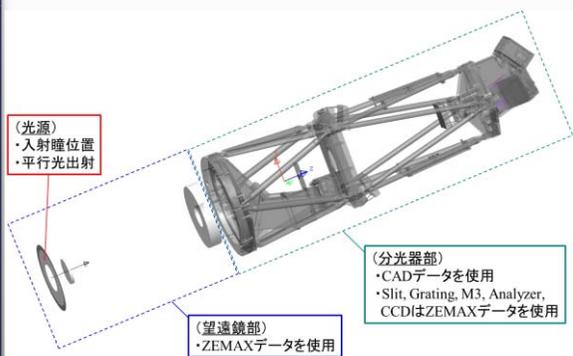
赤外線  
INFRARED

電波  
RADIO

【その他の解析例(一部)】

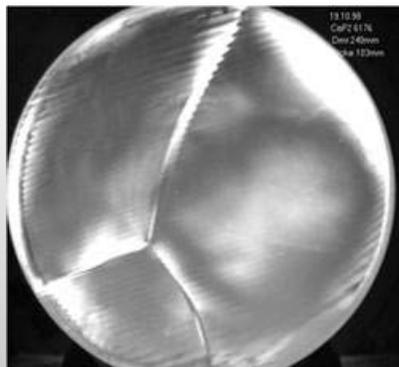
【CLASP1】

(迷光解析)



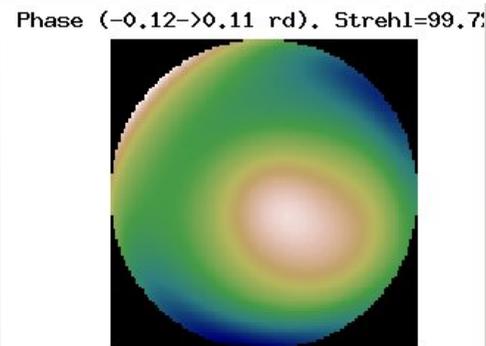
【TMT/WFOS】

(形状影響評価、迷光解析)



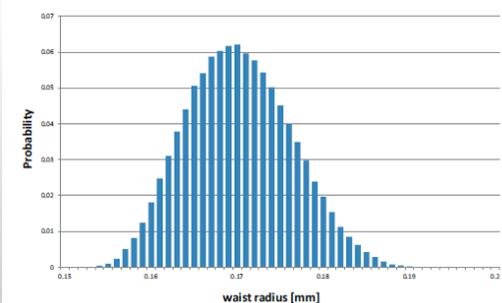
【TMT/IRIS】

(波面測定手法検証)



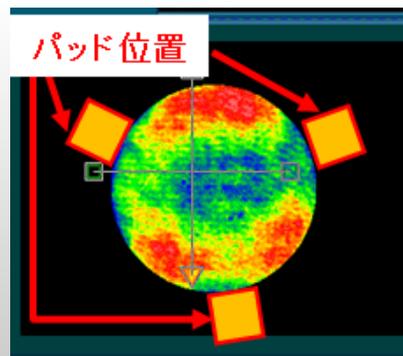
【KAGRA】

(ガウシアンビーム解析)



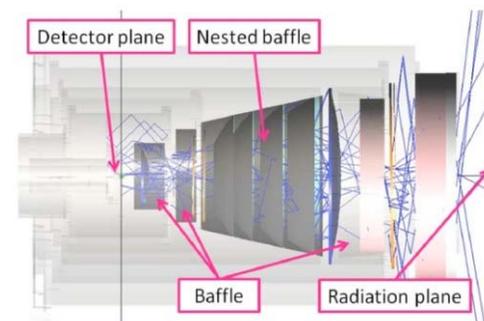
【Sunrise3】

(表面形状、スペクトル測定)



【電波カメラ】

(迷光解析、POP解析)



※ 他にはSubaru、TAO望遠鏡のプロジェクトも

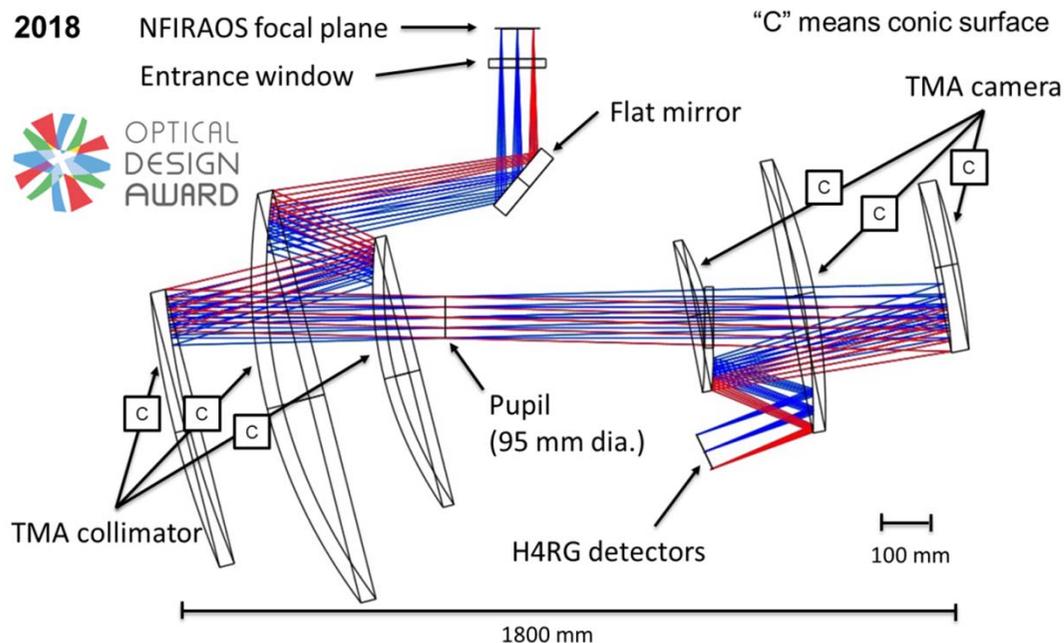
S.Sekiguchi, et.al. IEEE2015

# Contribution to IRIS (2013-2015)

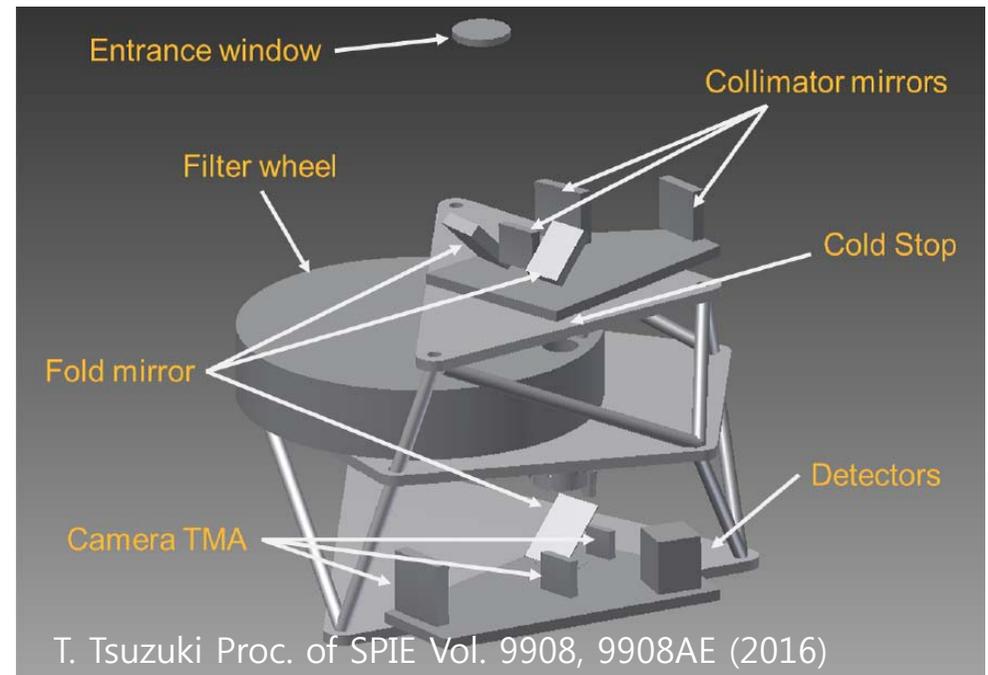


- ✓ Successful in designing the latest optics for IRIS imager. The project status is now FDP.
- ✓ My contributions are...
  - Optical design, tolerance analysis, error budget plan, and alignment plan
  - Feasibility study of phase diversity
  - Creation of specification and procurement of the prototype mirror

## 【Optical design of IRIS imager】



## 【IRIS imager after packaging】

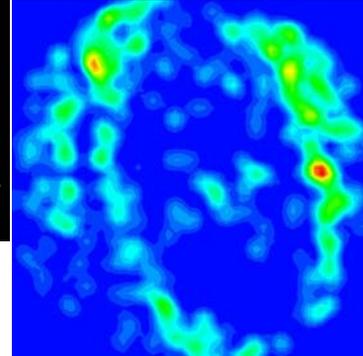
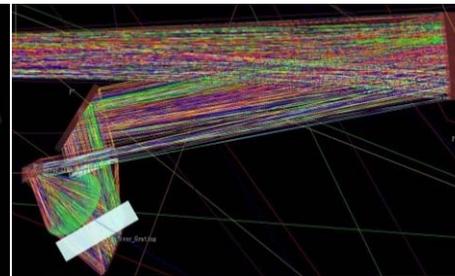
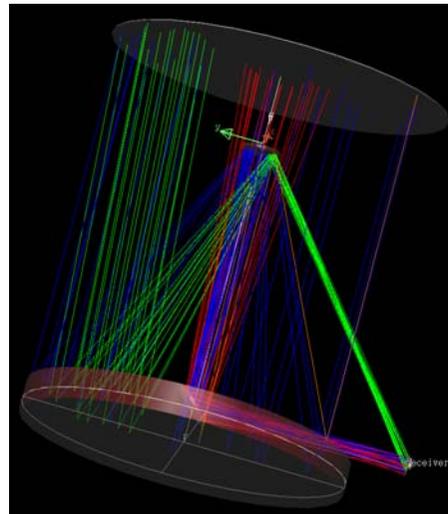
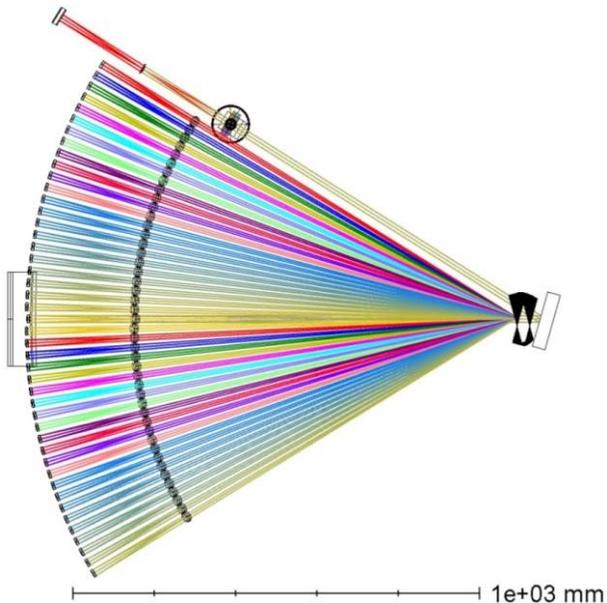


# Contribution to WFOS (2013-)

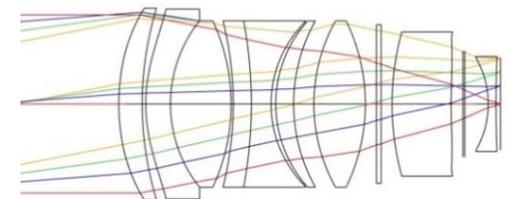
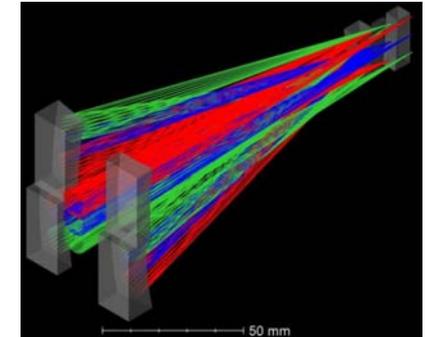


- ✓ Successful in designing Xchange WFOS IFU. The project status is now CoDP.
- ✓ My contributions are...
  - Optical design, tolerance analysis, and error budget plan
  - Scattering analysis (LightTools)
  - Creation of specification of the optical components

【Design of Xchange WFOS IFU】 【Scattering analysis】



【Design for old WFOS】



# Contribution to other projects



- ✓ CLASP1 (Sounding rocket mission, Solar telescope) -> launched successfully
- ✓ CLASP2 (Sounding rocket mission, Solar telescope) -> Delivered to NASA
- ✓ KAGRA/BRT (Gravitational wave telescope) -> Installed successfully
- ✓ Sunrise3/SCIP (Balloon-borne solar telescope) -> Optical design fixed
- ✓ MKID Camera (Nobeyama 45 m, radio telescope) etc.. -> Tested successfully

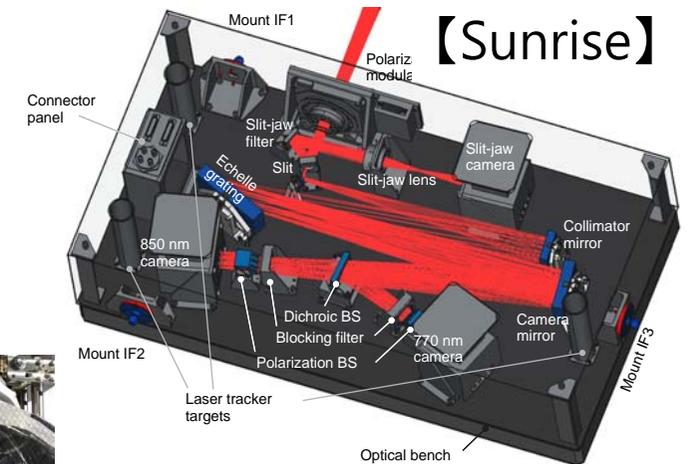
【CLASP1】



【CLASP2】



【KAGRA】





# 外部評価とプロジェクトからの評価の例

# 外部評価（光設計優秀賞の受賞）



- ✓ Received “The 21st Optical Design Award for Excellence” this October (Optics Design Group of the Optical Society of Japan)



OPTICAL  
DESIGN  
AWARD

## 第21回光設計賞

一般社団法人 日本光学会  
光設計研究グループ



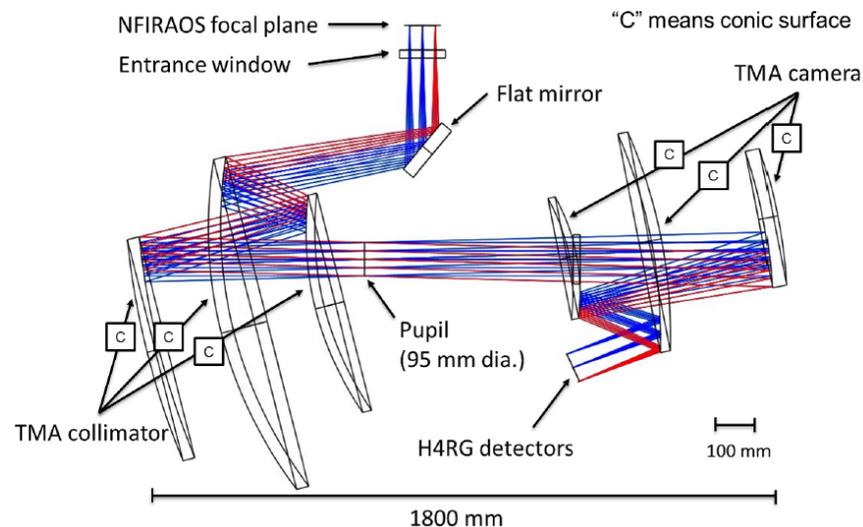
October 31th, 2018

# 受賞内容の概要



光設計賞  
OPTICAL DESIGN AWARD

- ✓ TMT/IRISの光学設計とその理論に関する内容
- ✓ TMT/IRISの光学系要求仕様のうち、1) 極低波面収差 (42nmRMS以下)、2) 高スループット、を満たすために新たな設計手法を考案
- ✓ 設計手法は『従来の共軸反射光学系の光学システムの一部を、非対称性収差を打ち消すように組み合わせることで、瞳座標に対する非対称収差を除去し、さらに前段光学系のDMで球面収差成分を除く』というもの



(補足)

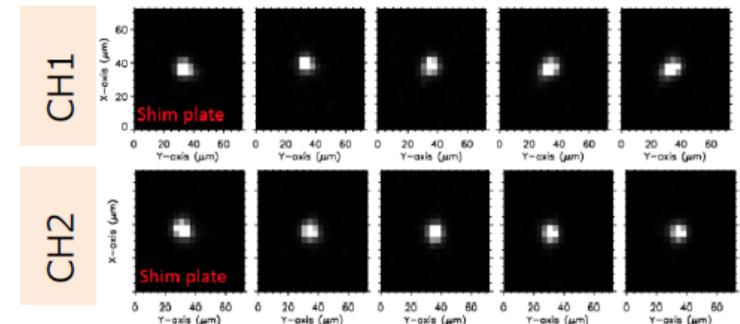
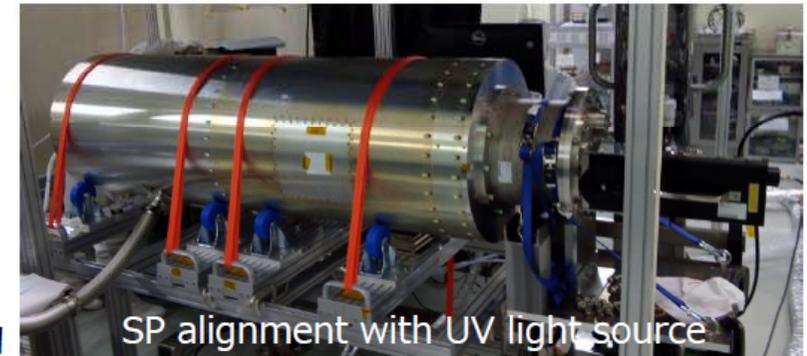
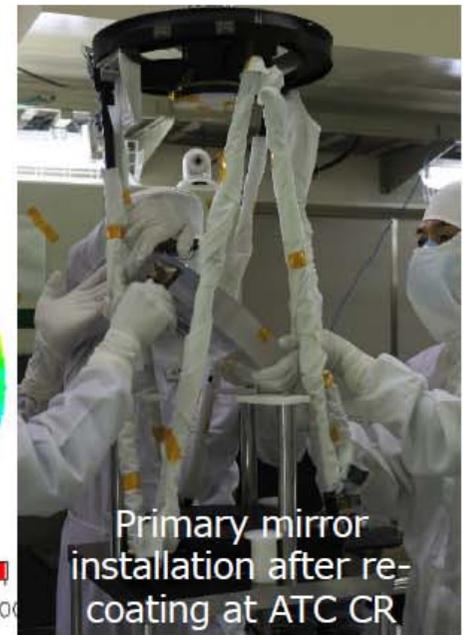
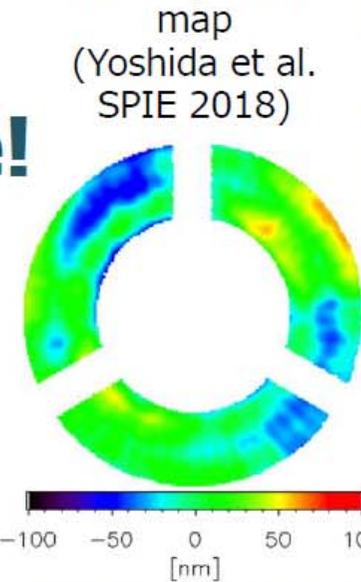
軸外しミラーを複数組み合わせた光学系は今まで設計理論構築が困難だった。本理論では共軸光学系で構築された収差論や反射光学系理論が使える点が売り。論文提出済み (Applied Optics)



# CLASP2

## Now in the final stage!

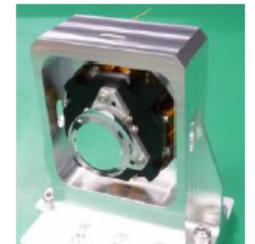
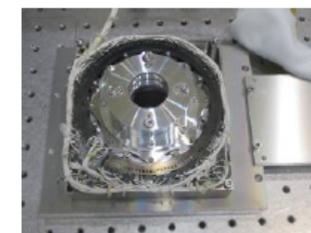
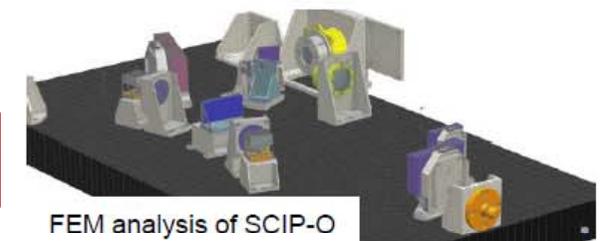
- **Development of the instrument** (design, fabrication, integration, alignment, polarization calibration, stray light test, vibration test, ...) since 2015 was **completed with the significant contribution of ATC** (Tsuzuki, Uraguchi, & ME shop).
- The instrument was **delivered to NASA/MSFC** on 11/30 as scheduled.
- I&T in US (avionics installation etc.) has just started.
- **Going well so far for the launch on 2019/4!**



Final SP spot (Song et al. SPIE 2018)

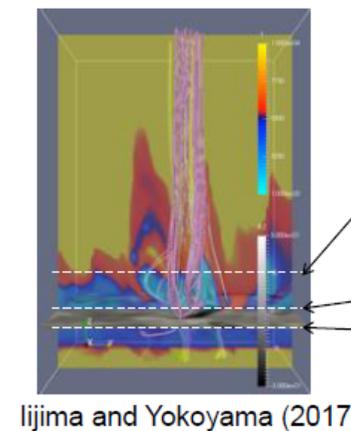
## Instrument development

- IF (optical/mechanical/thermal/electrical) design for joint development with the German and Spanish institutes.
- Opt-mechanical-thermal design and analysis of the SCIP-O unit
  - Analysis using the mechanical and thermal math models.
  - Start fabrication of flight components (FY18 to early FY19).
  - **Indispensable help by ATC (Tsuzuki, Uraguchi, Tamura).**
- Polarization modulator & scan mirror
  - Fabrication of the flight mechanisms is almost completed.
  - Running performance tests (FY18 to early FY19)
- Assembly and integration in late FY19 to FY20.

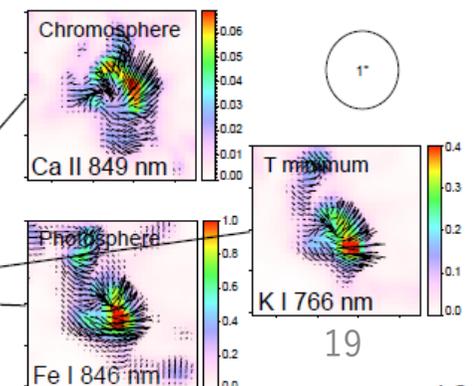


## Modeling the solar atmosphere

- Realistic RMHD simulation and non-LTE synthesis of SCIP spectrum lines.
- Supported by Kakenhi Kiban (S) (PI: Katsukawa)



Linear polarization measured by SCIP





# ATCの光学設計開発の強みとまとめ

# ATCの光学設計開発の強み



## ✓ 複数プロジェクトでの知見の活用

- 各プロジェクトの検討で蓄積された天文装置の”生の”光学開発知見の利用（設計ノウハウ、検討内容、評価方法、業者情報）  
→ 検討時間・コストの削減。検討の信頼性の向上。

## ✓ ATCメカ部隊との連携

- メカ設計者との距離が近く十分なイテレーションが可能  
→ 光学設計およびメカ設計の時間の短縮。最適な公差の設定
- オプトメカ評価が可能に（浦口『先端技術センターにおけるオプトメカ連携設計』）

## ✓ 外部で評価されるレベルの光学設計が無料で利用可能

- 共同研究、共同利用の申請で外部の方も利用可能（審査あり）
- 設計修正など柔軟な対応。光学設計/光学解析関連の相談所としての機能も

# まとめ



- ✓ ATCで光学設計含めた光学開発が可能となった。
- ✓ ATC内であることを活かした、複数プロジェクトの知見の利用とメカ設計との連携が可能
- ✓ 複数プロジェクトでの実績と外部で評価されるレベルを持つ光学設計が無料で利用可能