

ULTIMATE-Subaru

ULTIMATE-SUBARU

with Wide-Field Ground-Layer Adaptive Optics

Subaru Telescope National Astronomical Observatory of Japan

美濃和陽典、小山佑世、 (国立天文台ハワイ観測所)

ULTIMATE-Subaruワーキンググループ

光赤天連シンポジウム (2016.9.27)



すばるの次世代装置開発



IRCS, MOIRCS

---> ULTIMATE (2023)

2020年代にすばるが競争力を維持するためには?

Subaru Advisory Committeeからの提言(2009)

- 1. Very wide-field optical imager SupCam —> HSC (2013)
- 2.Wide-field multi-objet spectrograph FOCAS, FMOS —> PFS (2019)
- 3.Wide-field near-infrared imager and multi-object (IFU) spectrograph





すばるの次世代装置開発:近赤外線



0





ULTIMATE-Subaru: 装置概要



- ・撮像
- ·多天体分光
- ・多天体面分光

TOPICA ファイバーレーザー(589nm) x 2

ULTIMATE-Subaru: 視野比較

2020年代の近赤外線装置との視野比較



ULTIMATE-Subaru: 性能予測

- Sky coverage: Almost entire sky!
- Seeing improvement $\downarrow \downarrow$



	Band	Natural Seeing (")			GLAO(")		
		Good	Moderate	Bad	Good	Moderate	Bad
)	J	0.38	0.50	0.71	0.17	0.26	0.44
	Н	0.38	0.46	0.60	0.15	0.23	0.39
	К	0.33	0.44	0.54	0.14	0.20	0.34

VLT (Le Louarn and al.) : Seeing 0.8" -> GLAO 0.4" K - 7.5' FoV



Zenith angle dependency

	0°	15°	30°	45°	60°
Seeing	0.44"	0.49"	0.52"	0.60"	0.76"
GLAO	0.20"	0.28"	0.31"	0.38"	0.55″

Simulation by S. Oya

GLAOの基本仕様



Item	Specification
Guide stars	$4 \text{ LGS}, \text{ NGS}(2 \sim 4)$
Location of guide stars	The edge of FoV > $15'$ (LGS), Within the FoV (NGS)
Wavefront sensors	Each guide stars (Guide star oriented)
Wavefront sensor type	Shack-Hartmann
Tip-tilt wavefront sensor type	2×2 Shack-Hartmann wavefront sensor or pyramid. (visible or NIR)
Sub apertures	> 100
Frame rate of wavefront sensor	$> 500 \mathrm{Hz}$
Deformable mirror	Adaptive secondary mirror
Actuators	~ 1000
AO control type	GLAO (LTAO, ExAO modes)



ULTIMATE-Subaruで必要な望遠鏡改修



<u>(1) 16分角超の視野を確保するためのカセグレン改修</u>





- ・ADC, AG, Cal, SVをカセグレ ン焦点から撤去
- ・既存カセグレン装置が使用でき
 なくなる

<u>(2)赤外副鏡の改修</u>



- ・可変副鏡を既存の赤外副鏡ユニットにインストール
- ・Tip/Tilt機能を失う
- ・改修期間中1~2年程度赤外副鏡を使用できなくなる

主鏡再蒸着期間を利用しダウンタイムを最大限に減らす

可変副鏡による多様なすばるの性能向上



TMT第1期装置がカバーしない装置仕様をすばる+可変副鏡で実現

- 高分散分光 (R>100,000)
- 熱赤外線観測 (> 3.0 ミクロン)
- 極限補償光学 (Extreme AO)



- Single Conjugate AO (SCAO)による熱赤外線観測の性能向上
 - ストレール比~1.0 (> 3.0ミクロン)
 - 熱背景放射を増やすことなく、既存赤外線装置(IRCS, COMICS)の性能を大幅に向上

・ーザートモグラフィー AO (LTAO) による可視域 (< 1.0 micron)の性能向上</p>

- ストレール比> 0.5 at 0.7 micron
- AO-assisted high-dispersion spectrograph (R~160,000) at 0.35-0.9 micron with HDS
- AO-assisted visible IFU spectroscopy with FOCAS or Kyoto-3DII

亟限補償光学(ExAO)による可視~近赤外線(0.6-2.5ミクロン)の観測性能向上

- 既存のSubaru Coronagraphic Extreme AO (SCExAO)の性能、透過率(感度)向上
- 可視~近赤外線で高コントラスト観測を実現



Single Conjugated AO



Hバンド



ULTIMATE-Subaru: 近赤外線装置コンセプト



多天体面分光装置

Design by Australian Astronomical Observatory (S. Ellis et al.)



撮像装置

Design by HIA, Canada (J. Pazder et al.)



多天体スリット分光装置





Key Science Case 広視野・高解像度・高感度ナローバンド サーベイで切り拓く超深宇宙探査

- Ly α 輝線 (z=8,9,10,…)を用いた初代 銀河の検出
- Hα/[OIII]輝線を用いた銀河形成ピー ク期(z=1-3)の小質量「ビルディン グ・ブロック」探査と空間分解
- HSC(+PFS)による輝線銀河探査の長 波長側への直接の拡張
- HST/WFIRSTと同レベルの空間解像 度+JWSTを凌ぐサーベイ能力
- TMTへのターゲット供給









Key Science Case ULTIMATE-K: 究極のKバンド探査

- 系内・系外サイエンスを問わず、
 広視野Kバンドサーベイを必要とする全てのサイエンスに威力
 - 例:「初代楕円銀河」の探査 @ z~5
- 既存のUKIDSS-UDSなどよりも 1等以上深く、1桁以上広い サーベイを実現。
- WFIRSTとの長波長側でのシナ ジー(明夜での貢献)の可能性





Key Science Case



多天体面分光サーベイによる 銀河解剖とハッブル系列の起源





- SAMI/MaNGA等と同じ物理解像度でハッブル系列の 形成期(z>1)に遡って銀河3次元分光探査を行う。
- オーストラリアとの国際協力。TMT時代を前に、我が 国のコミュニティが面分光サイエンスの経験を積む きっかけになることを期待。

ULTIMATE-Subaru Study Report 2016



http://www.naoj.org/Projects/newdev/ngao/20160113/ULTIMATE-SUBARU_SR20160113.pdf



- Science Case
- Adaptive Optics
- Instruments
- Development Plan

外部評価委員によるレビュー

評価委員: 吉田(広島大、Chair), 土居(東大), 嶋作(東大), Kissler-Patig (Gemini), Renzini (INAF)

レビューアーからの提言

- 競争相手となる装置(VLT/GRAAL+HAWK-Iなど)と比べて遅れ
 て立ち上がるが、それでもユニークなサイエンスケースが必要。
- 開発コスト(50億円超)が膨大であるため、開発の優先度を決め て、段階を踏んだ開発計画が必要(まずはGLAO)。
- 撮像装置でのサイエンスが最もユニーク。撮像装置を優先すべき
- 多天体分光などその他の装置については既存装置の再利用を検討。



ULTIMATE Subaru: スケジュール

NAOJ investment for PFS



Next mile stone: Conceptual Design Review (including feasibility study) for GLAO and WFI at the end of FY2017





Items	Cost (USD)	Budget
(1) ASM system	\$6M	NAOJ operation budget as a part of Telescope upgrade
(2) Laser system	\$1-4M	JSPS Grant-in-aid (Partly purchased by NAOJ budget for AO188)
(3) WFS unit	\$3.5M	JSPS Grant-in-aid
(4) Real time system	\$0.2M	JSPS Grant-in-aid
(5) Telescope modification	\$10M	NAOJ operation budget as a part of Telescope upgrade
(6) NIR instruments	\$5-15M	JSPS grant-in-aid & International collaboration
(7) Human resources	\$2M	NAOJ operation & JSPS Grant-in-aid
(8) Contingency	\$5M	NAOJ operation budget
Total	\$40-50M	

(2), (3), (4): 科研費による予算獲得を目指す (6): まずは撮像装置の予算獲得を目指す。国際協力による開発推進に期待



国際共同運用との関連性

•ULTIMATEはHSC, PFSと同様に国際協力で開発を進めることを検討

- NAOJ単体での開発はほぼ不可能、開発コスト、開発人員の分担を期待

•ULTIMATEはすばるの次期facility装置であり、開発に参加することはすばるの機能向上につながる

- ULTIMATE-Subaruの開発への参加を国際共同運用への寄与とみなすことを検討

- ULTIMATE-Subaruが次期facility装置としてコミュニテイの認知を得ることが必要

•国際共同運用の観点で、オーストラリアがULTIMATEの開発、サイエンス検討への参加に興味

- すでにULTIMATE-Suabruの多天体面分光装置の検討で協力

- まずはULTIMATEに関連したいくつかの小規模のプロジェクトでの協力体制を築くことを進める

*すばるAOのレーザーアップグレード (Celine D'Orgeville at ANU)

*GLAO, LTAOの性能シミュレーションによる装置仕様検討 (Francois Rigaut at ANU)

*多天体面分光装置の概念設計とプロトタイピング(Andy Sheinis and Simon Ellis at AAO)

*撮像、多天体面分光装置でのサイエンス検討での協力 (Chris Lidman at AAO)

•オーストラリアだけではなく、装置開発の面でカナダ、台湾からの協力に期待





- •2020年代にすばるの「明夜」の競争力を維持するためには、近赤外線の新装置開発が不可欠
- •HSC, PFSに続くすばるの広視野戦略としてGLAO+近赤外線装置で大規模近赤外線サーベイを行うULTIMATE-Subaru計画を推進
- •2017年度末のConceptual Design Reviewに向けて検討中
 - GLAOと撮像装置のfeasibility studyから始める
- ULTIMATE-Subaruの開発への参加をすばるの国際共同運用への寄与とすることを検討
 - まずはオーストラリアとAO開発の協力体制を築くところから始つつある
 - 観測装置の開発については、オーストラリア、カナダ、台湾との協力へ期待

•ULTIMATE-Subaruはすばるの次期Facility装置であり、日本のコミュニティの理解と協力が必須

- ULTIMATE-Subaruのサイエンス検討、装置仕様検討への「日本のコミュニティ」の参加を求む!
- 日本のコミュニティの意見を元に装置仕様を構築していくべき
- 今が装置仕様に意見を反映させる絶好のタイミング

ULTIMATE-Subaruの検討にご関心のある方は是非ご連絡ください