

Subaru Telescope
Next-Generation Wide-Field Adaptive Optics
Study Report
(Draft)

Subaru Next-Generation AO Working Group

August 2, 2013

Contents

1	Introduction	7
1.1	Future instrument plan for Subaru Telescope	7
1.2	Next generation AO system	7
1.3	Wide field Near Infrared Instrument	7
2	Science with ULTIMATE-SUBARU	9
2.1	Search for Galaxies at $z > 7$ with Narrow-Band Imaging	10
2.1.1	Introduction	10
2.1.2	Surveys with ULTIMATE-SUBARU	10
2.1.3	Proposed Observations	10
2.1.4	Synergy and Competitions	11
2.2	Scientific Requirement	12
3	System Overview	13
3.1	Top level requirements	13
3.2	System Requirement	14
4	Next-Generation AO Simulation Study	15
4.1	Simulations of Subaru Next-Gen AO System: GLAO	16
5	System Study for Subaru Next-Generation AO	17
5.1	Comparisons of Candidate AO Systems for Subaru Telescope Next-Generation AO	17
5.2	Overview of the System	17
5.3	Technical Challenges	17
5.4	Interfaces with the Subaru Telescope – 20130311Iwata: to be ommitted?	18
5.5	Subaru GLAO System Structure	19
5.6	Components of GLAO: Adaptive Secondary Mirror	19
5.7	Components of GLAO: Wavefront Sensing System	19
5.8	Components of GLAO: Laser System	19
5.9	Components of GLAO: RTC	19
5.10	Operations of GLAO	19
5.11	Perspective of Future Development	19
6	Interface with Subaru Telescope	21
6.1	Telescope Modifications: Top Unit	21
6.2	Telescope Modifications: Cassegrain Focus	21
6.3	Telescope Control Software	21
6.4	Other Areas?	21
7	Instruments for Subaru Next-Generation AO	23
7.1	Requirements on Instrument from Scientific Objectives	23
7.2	Studies of the Optics for the Wide-Field Near-IR Instrument	24
7.2.1	Optical Design without FoV Split	24

7.2.2	Optical Design with FoV Split	24
7.3	Studies of the Mechanics for the Wide-Field Near-IR Instrument	25
8	Development Plan	27
8.1	Overview of the Development Plan	27
8.2	Development Organization	27
8.2.1	International Partnership	27
8.3	Budget	27
8.3.1	Fund-Raising Plan	27
8.4	Development Schedule	27

Acronyms

AGN	Active Galactic Nucleus
AO	Adaptive Optics
ASM	Adaptive Secondary Mirror
DM	Deformable Mirror
ExAO	Extreme Adaptive Optics
FoV	Field-of-View
FWHM	Full Width at Half Maximum
GC	Galactic Center
GLAO	Ground-Layer Adaptive Optics
HST	Hubble Space Telescope
IMF	(Stellar) Initial Mass Function
JWST	James Webb Space Telescope
LAE	Lyman α Emitter
LBG	Lyman Break Galaxy
LGS	Laser Guide Star
LGSAO188	Subaru 188-element laser-guide-star adaptive optics system
LTAO	Laser Tomography Adaptive Optics
MAOS	Multi-Thread Adaptive Optics Simulator
MCAO	Multi-Conjugate Adaptive Optics
MOAO	Multi-Object Adaptive Optics
MOS	Multi-Object Spectroscopy
NBF	Narrow-Band Filter
NGS	Natural Guide Star
NFIRAOS	Narrow-Field Infrared Adaptive Optics System
PSF	Point Spread Function
SDSS	Sloan Digital Sky Survey
SED	Spectral Energy Distribution
SMBH	Super-Massive Black Hole
TMT	Thirty-Meter Telescope
TTGS	Tip/tilt Guide Star
WFE	Wavefront Error
WFS	Wavefront Sensor
WISH	Wide-field Imaging Surveyor for High-redshift

Chapter 1

Introduction

- 1.1 Future instrument plan for Subaru Telescope
- 1.2 Next generation AO system
- 1.3 Wide field Near Infrared Instrument

Chapter 2

Science with ULTIMATE-SUBARU

In this chapter we introduce science cases proposed to be carried out with Subaru Telescope Next-Generation AO (ngAO) and clarify specifications ngAO and associated new instruments should satisfy.

The GLAO system we are studying have following features (see Chapter 5 for details):

- Wide-field seeing improvement by correcting WFE caused by ground layer of the Earth's atmosphere. Seeing improvement will provide not only better angular resolution, but also the significant improvement of sensitivity especially for point-like sources. On the other hand, the WFE correction (and subsequently angular resolution) for individual sources are not as good as classical AO systems (such as AO188 of Subaru) which are designed to achieve diffraction-limited image for narrow-field.
- Number of optical component should be reduced by using the Adaptive Secondary Mirror. This means that thermal emission from telescope and instrument should be reduced, and that sensitivity at longer wavelength ($\gtrsim 2\mu\text{m}$) will be improved.

We have developed studies of the science cases under the recognition of these features, and with strong interactions with technical studies of the GLAO system and the associated instruments.

We have two primary scientific objectives (or 'Science Drivers') of this project. The one is 'Complete Census of Galaxy Evolution with Large-Scale Near-IR Surveys', and the other is 'Discovery of the Most Distant Galaxies and Understanding of the Process of the Cosmic Reionization'.

Because GLAO can provide images with better spatial resolution and improved sensitivity, the GLAO system can be a 'significant upgrade of Subaru Telescope' rather than an introduction of a new instrument. Various researches should be benefitted with the system. In September 2011 we had a science workshop in the Japanese community titled 'Science Workshop for Subaru Telescope Next-Gen AO System' in Osaka, Japan¹. We also had 'Subaru GLAO Science Workshop' in June 2013 in Hokkaido Univ. Some Canadian researchers as well as those from Taiwan has participated the workshop and presented their prospects. Through these workshops, we received important suggestions and proposals for wide-range of researches, such as galaxy evolution, growth of massive black holes, galaxy archaeology, the Galactic center, star-forming regions, and exoplanets. From this science workshop we started more extensive discussions on various science cases, and this chapter represents the current outcomes of such discussions and studies.

¹<http://www.naoj.org/Projects/newdev/ws11b/>

2.1 Search for Galaxies at $z > 7$ with Narrow-Band Imaging

Ikuru Iwata¹

¹ Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan, 650 North Aohoku Place, Hilo, HI 96720, USA

2.1.1 Introduction

Subaru has been one of leading facilities pushing the frontier of the distant universe. A unique capability of the prime focus camera (Suprime-Cam) have enabled us to conduct wide-field survey which is essentially important to find very rare objects such as luminous distant galaxies. One of the efficient methods to find distant star-forming galaxies is to detect Ly α emission using narrow-band filter (NBF) imaging. A strongly star-forming object with a redshift $z = \lambda_{\text{NBF}}/\lambda_{\text{Ly}\alpha} - 1$ could appear to be bright compared to those with adjacent broad-band filters. Galaxies detected with this methods are called as 'Ly α emitters (or LAEs)'. The current most distant galaxy with a spectroscopic confirmation is an LAE at $z = 7.215$, which was discovered by ? using Suprime-Cam with a narrow-band filter NB1006 (central λ is 10,052Å).

Currently a new prime focus camera for Subaru Telescope in optical wavelength, Hyper Suprime-Cam (HSC), is under testing. HSC has more than seven times wider field-of-view, and it is expected to enable us conducting deep surveys much more efficiently than the current Suprime-Cam. HSC will have a NBF called NB101 which has a central λ is 10,095Å, which will be used to detect many $z \sim 7.3$ LAEs. However, the wavelength of the redshifted Ly α is almost at the long wavelength limit of the CCDs, and finding galaxies at $z > 7.5$ with cameras with CCDs is impossible. So deep near-IR surveys are mandatory to push the redshift frontier further.

(Cosmic reionization)

2.1.2 Surveys with ULTIMATE-SUBARU

We will use special narrow-band filters which are designed to trace photons with wavelength ranges between the strong OH air glows from the Earth's atmosphere. Here we assume three wavelength ranges as a fiducial set to study the feasibility.

λ_c	FWHM	$z_{\text{Ly}\alpha}$
1.0625	0.015	7.74
1.340	0.019	10.0
1.550	0.022	11.75

Table 2.1: Central wavelengths (λ_c in μm), FWHM (in μm), and redshifts of Ly α emission at λ_c for NBFs considered here.

[What should be clarified with ULTIMATE-SUBARU.]

2.1.3 Proposed Observations

[Target objects: sample selection, number of objects, number of observing fields, sky area.]

[Observing modes: imaging or spectroscopy.]

[Required observing time:]

[Special requirements for ULTIMATE-SUBARU other than baseline specifications, if any.]

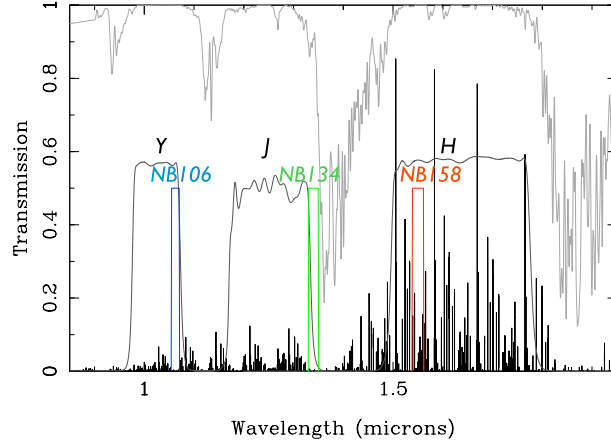


Figure 2.1: Transmission curves of NBFs considered. Transmission curves for Y , J , H -bands and the atmospheric transmission, and OH air glow strength (in arbitrary unit) are also shown.

2.1.4 Synergy and Competitions

Synergy with TMT

Competitions with other facilities

Instruments for 8–10m class telescopes.

ELT instruments.

Space-based projects.

2.2 Scientific Requirement

This section describes a top-level science requirement.

Chapter 3

System Overview

This section describes overview of the system.

3.1 Top level requirements

3.2 System Requirement

This section describes a top-level science requirement.

Chapter 4

Next-Generation AO Simulation Study

本章ではすばる望遠鏡次世代広視野補償光学系のためのシミュレーションに基づく検討結果をまとめる。補償光学装置 (AO: Adaptive Optics) の視野を広げるためには、大気ゆらぎの 3 次元構造を考慮する必要があり、この技術をトモグラフィと呼ぶ。トモグラフィ技術を観測目的に応じて実装することになるが、その方式には複数ある (5.1 節参照)。その中で地表層補償光学系 (GLAO: Ground-Layer Adaptive Optics) と多天体補償光学系 (MOAO: Multi-Object Adaptive Optics) に対してシミュレーションによる検討を行った。

すばる望遠鏡に次世代広視野 AO を用いた赤外線観測装置が活躍し始める頃には、口径 30m 望遠鏡も始動すると期待される。すばる望遠鏡の将来計画を考える上では、目指すサイエンスとそれを実現する技術という両面において 30m 望遠鏡との相補性あるいは 30m 望遠鏡への発展を意識せざるをえない。GLAO と MOAO という 2 つの広視野 AO の方式もこの様な背景を踏まえてシミュレーションによる検討を進める候補として選択した。GLAO は視野直径 10 分以上という広視 AO の中でも最大の視野を達成できる方式である。補正性能は回折限界ではなくシーイングの改善であるが、この視野を活かすことで 30m 望遠鏡と相補的な科学研究成果が期待できる。特にマウナ・ケアは大気ゆらぎ全体の中で地表層が占める割合が大きいことが知られており GLAO に適したサイトであると言える。MOAO は広い視野に亘って同時に複数の天体を観測することで観測効率を上げることができる方式である。各天体には回折限界の空間分解能が期待でき、面分光との相性も良い。MOAO の実現には新しい技術開発が必要である。暗い観測天体から離れた方向にある十分明るい複数の波面参照星 (ガイド星) から、観測天体方向の波面を推定するトモグラフィ技術、推定された波面を波面センサ (WFS) が見ていない方向の可変形鏡 (DM) で補正するオープンループ制御技術等が挙げられる。すばる望遠鏡において技術的、科学的経験を蓄積していくことで 30m 望遠鏡の次期観測装置に発展させることが期待される。

ここでのシミュレーションは広視野化検討のためであるので、いずれの方式に対しても視野をどこまで広く確保できるかが最も重要な確認すべき点になる。GLAO の場合は補正性能がシーイングに近いので、回折限界を扱う一般的な AO とは状況が異なりシーイングの影響も大きい。このような領域でシミュレーション結果が正しいか、またシーイングモデルをどう定義するかに注意が必要である。MOAO の場合は、個別天体に対する高ストレル比が魅力であるので回折限界の性能を維持できる視野がどの程度か、またそのために必要となる tip/tilt ガイド星 (低次ガイド星) の数等の条件が着目すべき点である。これらの項目をシミュレーションによって確認してそれぞれの方式の概要を把握した上で、検出感度やスカイカバレッジなどのさらに詳細な検討へと発展させていくことになる。

Sec.?? と Sec.?? では、GLAO システムでの遠方銀河観測がどのようなものになるか、ナチュラルシーイングでの観測や回折限界が達成された場合と比較して検討する。Sec.?? では撮像観測について、Sec.?? では分光観測についてまとめる。

4.1 Simulations of Subaru Next-Gen AO System: GLAO

Shin Oya¹

¹ Subaru Telescope, 650 North Aohoku Place, Hilo, HI 96720, USA

Abstract

ここでは広視野補償光学系の中でも 10 分角を超える最も広い視野を確保できる地表層補償光学装置 (GLAO: Ground-Layer AO) の検討結果に関して記述する。この方式は上層の大気ゆらぎを補正しないため、回折限界の性能を得ることではなく広い視野にわたってシーイングを改善することを目的としている。GLAO の実現方法としては可変副鏡を導入する方向で検討を進めている。可変副鏡は GLAO 以外にも狭視野の天体に対して高いストレールを達成することができるので、十分明るい単一星に対する自然ガイド星 (NGS) 観測、コーン効果を低減するための複数レーザーガイド星 (LGS) トモグラフィ観測も合わせ検討するべきだと考えている。シミュレーション・コードは TMT の NFIRAOS のために開発された MAOS を使用した。

Chapter 5

System Study for Subaru Next-Generation AO

5.1 Comparisons of Candidate AO Systems for Subaru Telescope Next-Generation AO

5.2 Overview of the System

現時点で議論が進められている次世代 AO および赤外線装置の基本仕様を表 5.1 に示した。この仕様は今後の詳細な検討によっては大幅に変更される可能性がある。

5.3 Technical Challenges

上述した Tomography AO に共通する技術的な課題は、レーザー技術および複数レーザーガイド星の製作技術、大気ゆらぎの高さ方向の tomography 推定技術、可変副鏡、制御計算機などがある。ただし、世界の潮流として tomography AO は盛んにシステム検討、技術検討が進められており、技術的な課題はかなり克服されつつあるのが現状である。

初期のレーザーガイド星は色素レーザーが主体であった。これはレーザー媒質が液体であり、安定性、保守性に大きな労力が必要である。また色素の劣化による出力低下が避けられない。次に半導体レーザーとレーザー結晶の技術発展があり、固体レーザーが台頭してくる。今ではナトリウム層を励起するための和周波発生を用いた全固体レーザーが技術的に成熟してきた。Gemini の MCAO では出力 50W のレーザーを 5 つに分割して、5 個のナトリウムレーザーガイド星の作成に成功している。一方、ファイバーレーザー技術を用いたコンパクトかつ安定したレーザーの開発が ESO を中心に進められ、ドイツの TOPTICA 社とカナダの MPB 社の共同で連続波 20W のレーザーが製品化された。このレーザーは他の 8m クラスの次世代 AO および ELT 用 AO のレーザーガイド星用光源候補として大きな期待が寄せられている。我々もすでに MPB 社と秘密保持契約を締結し、技術情報の交換、基本仕様の検討準備を進めている。また、レイリー散乱を利用したレーザーガイド星も WHT、MMT など地道に試験が続けられている。8m クラスの single conjugate レーザーガイド星 AO が安定して運用されており、レーザーガイド星に関する基礎技術、運用技術はおおいに進歩した。レーザーシステムについて表 5.2 にまとめた。

最大角度でも 10 分角という狭い範囲の光源を用いて、途中にある大気ゆらぎの 3 次元分布を推定する tomography 推定技術は、一般の 3 次元 tomography とはかなり異なる要素を含んでいる。しかし、多くの AO tomography アルゴリズムが提唱され、計算機シミュレーション、テストベッドによる実験が進められてきた。詳細な検討およびシステムに特化した検討はまだ必要であるが、基礎的な AO tomography の研究は十分なされてきている。すばる次世代 AO 検討ワーキンググループは、今後詳細検討を続けていく予定である。

特に GLAO は可変副鏡が重要なコンポーネントとなる。日本ではまだ可変副鏡の検討は進められていないが、アリゾナの MMT、LBT ではすでに可変副鏡が搭載され、明るいガイド星でよい補正性能を達成している。またチリの VLT のための可変副鏡が製作中である。これらの可変副鏡を製作したのはイタリアの Microgate 社である。我々ワーキンググループはすでに Microgate 社とコンタクトをとり、すばる望遠鏡用の可変副鏡の

Item	Specification
観測波長域 観測モード 観測視野 焦点位置	0.9–2.5 μm (サイエンス WS からの要求は 0.6–5 μm 撮像、分光 (面分光を考慮する) ϕ 15 分角 (20 分角目標) カセグレン焦点
ガイド星 ガイド星の選択範囲 波面センサー 波面センサータイプ 波面センサー素子数 波面センサーサンプリング周波数 可変形鏡 可変形鏡素子数 波面制御モード	4 LGS、NGS (2~4 個か?) LGS は観測視野の端、NGS は観測視野内 ガイド星にそれぞれ 1 つずつ (Guide star oriented) シャックハルトマン型 (ピラミッド型も要検討) 100 程度かそれ以上 (高ストレールなら 1000 素子程度も) 500Hz 以上 (GLAO は 100Hz でも可) 副鏡を可変形鏡化 500~1000 程度 GLAO (LTAO、ExAO などへの切替対応が必要か?)

Table 5.1: 次世代 AO および装置の基本仕様案

ガイド星タイプ	ナトリウム層 LGS			レイリー LGS
レーザータイプ	色素	全固体和周波	光ファイバーレーザー	全固体
レーザー媒質	液体有機溶媒	固体結晶	光ファイバー	固体結晶
望遠鏡	Keck II VLT	Subaru, Keck I Gemini N&S	VLT (次世代)	LBT (Na-LGS も計画中)
出力	15W(Keck II) 10W(VLT)	6W(Subaru) 40W(Keck I) 15W(GeminiN) 10W \times 5 (GeminiS)	25W(VLT 次世代)	18W \times 3 (LBT)
発振形態	26kHz(Keck II) 連続波 (VLT)	143MHz(Subaru) 75MHz(Keck I) 75MHz(Gemini N&S)	連続波 (VLT 次世代)	10kHz(LBT)

Table 5.2: レーザーガイド星用レーザーシステムの比較

概念検討の準備を進めている。

複数のガイド星、複数あるいは多素子の可変形鏡を制御するための計算機に要求される性能は非常に高い。我々ワーキンググループは、まだ制御計算機の検討を始めていないが、TMT 用のファーストライト AO である NFIRAOS の制御計算機検討が十分参考になると考えている。

5.4 Interfaces with the Subaru Telescope – 20130311Iwata: to be ommitted?

すばる望遠鏡次世代 AO の第一候補である GLAO について、望遠鏡とのインターフェースを考察した。GLAO の最大の特徴は、可変副鏡を用いていることで、反射面が少なく効率が高いことがあげられる。従って、観測装置はカセグレン焦点に設置するのがよい。また、GLAO では 10 分角を超える視野が魅力となっている。現在使われているカセグレン焦点の可視用大気分散補正光学系はそこまでの視野を確保できていない。GLAO と近赤外線観測装置の組み合わせのときは大気分散補正光学系は取り外す必要がある。

カセグレン焦点の観測装置の検討も重要である。GLAO の広視野を生かす近赤外線撮像分光装置を検討する上で、望遠鏡の光学収差、装置のサイズ、重量、設計製造可能な光学系の設計などが重要なファクターとなる。

可変副鏡はすばる望遠鏡のトップユニットに接続される。すばる望遠鏡は主焦点部に広視野カメラなどを搭載するため、トップユニット交換機の重量制限が 3t である。現在製作中の VLT 用可変副鏡の総重量は 1500kg 程度なので軽量化の努力は不要である。現在使用中の赤外副鏡は直径が 1265mm であり、VLT の可変副鏡直径よりも若干大きい。カセグレン焦点の F 値の変更も考慮した可変副鏡の仕様策定を今後進めていくことにな

5.5. SUBARU GLAO SYSTEM STRUCTURE

る。トップユニットにおける電力供給、制御線、ネットワーク、冷却水などの基本的なインフラ、トップユニットとのインターフェース、などの検討も重要課題である。

5.5 Subaru GLAO System Structure

5.6 Components of GLAO: Adaptive Secondary Mirror

5.7 Components of GLAO: Wavefront Sensing System

5.8 Components of GLAO: Laser System

5.9 Components of GLAO: RTC

5.10 Operations of GLAO

すばる望遠鏡は主焦点観測装置があるため、可変副鏡を常設することは運用上できない。そのため、可変副鏡はトップユニット交換装置を用いて着脱する必要がある。そのためのインターフェース仕様を確定しなければならない。また可変副鏡の不使用时の保管場所の確保とそのインターフェースとインフラの仕様についても決める必要がある。また、交換時の環境条件、振動条件、鏡の保持あるいは安全な状態管理についても検討を要する。

一方、すばる望遠鏡の副鏡は凸面である。凸面の可変副鏡のキャリブレーション方法についても検討が必要だ。また、可変副鏡の再蒸着の必要性、定期的な保守項目なども初期検討の段階で議論しておくべきであろう。

レーザー射出システムは、望遠鏡のセンターセクションに常設することを検討中である。着脱の必要性はないが、レーザーの保守、部品の交換、経年変化への対応、安全管理を含めたレーザー運用体制は必須となる。

波面センサーはカセグレン焦点上部のカセグレンフランジと呼ばれる中に設置される。この部分はアクセスが大変難しく、装置の故障、改修が難しい。そのための堅牢、保守不要の波面センサーシステム検討は大切であろう。

5.11 Perspective of Future Development

GLAO システムは主として可変副鏡、カセグレンフランジの波面センサー、レーザー射出系、観測装置という構成からなる。このコンポーネントは他の AO システムにとっても重要な構成要素である。

可変副鏡の素子数は 1000 程度となる見込みである。そのため、明るい自然ガイド星用の波面センサーを観測装置側に用意すると、カセグレン、ナスミスのいずれの焦点にも Extreme AO 装置ができる。もちろん、現存あるいは計画中の高コントラスト観測装置にも応用ができるであろう。可変副鏡は中間赤外線装置の背景光を押さえる利点ともなる。

また、複数レーザー射出系は MOAO に利用でき、可変副鏡は MOAO の woofer として使用し、観測装置側に MOAO の tweeter 可変形鏡をもたせることで、効率の良い装置が考案できるであろう。

このように GLAO システムは望遠鏡機能のポテンシャルの底上げをするものである。

Chapter 6

Interface with Subaru Telescope

- 6.1 Telescope Modifications: Top Unit
- 6.2 Telescope Modifications: Cassegrain Focus
- 6.3 Telescope Control Software
- 6.4 Other Areas?

Chapter 7

Instruments for Subaru Next-Generation AO

7.1 Requirements on Instrument from Scientific Objectives

すばる望遠鏡次世代 AO システムを考える上で、これと組み合わせる新観測装置について検討することは、特に科学的要求の観点から非常に重要である。

Chapter 2 で見たように、すばる望遠鏡次世代 AO としては、広い視野にわたって改善された像質を達成する Ground-Layer AO (GLAO) が有力である。GLAO では、conventional な AO では実現できない広い視野での星像の改善が期待できる。可変副鏡を用いた GLAO での像質改善は、既存の観測装置を用いた観測においても大きなメリットをもたらすと期待できるが、より効果的な観測を行うためには、GLAO の仕様 (視野、典型的な像質など) に最適化した新たな観測装置を開発することで GLAO の特長を十分発揮できるようにすることが必要である。

ここでは特に近赤外線撮像分光装置についての検討を記述する。Section ?? にてまとめた科学的要求に応えるために近赤外線装置に必要な主な仕様は以下のようにまとめられる:

- カセグレン装置としてできるだけ広視野化を図る
- 多天体分光機能
- (多天体) 面分光機能
- 波長域: $0.9\text{--}2.5\mu\text{m}$
- 分散: 500-3,000
- 狭帯域フィルタを含むフィルタ交換の高い自由度
- 空間分解能: GLAO として $0.2''$ @ K -band、狭い視野での観測モードでは 50–60 mas

これらの中でも特に、広視野化の feasibility が本計画の要であるといえる。Chapter 4 で見たように、シミュレーションによると、GLAO による像質の改善は、視野の広さへの依存はあまり大きくなく、20 分角 ϕ 程度の視野でも均質な像質改善を達成できるという結果が得られている。よって、GLAO+新装置で達成可能な視野の広さは、観測装置側でどこまで視野を拡大できるかでほぼ決定されと考えてよい。以下では特に、すばる望遠鏡のカセグレン観測装置において、どこまでの広視野化を図ることが可能かを調査する。

7.2 Studies of the Optics for the Wide-Field Near-IR Instrument

**T. Yamamuro¹, K. Motohara², I. Iwata³ and Subaru Telescope Next-Gen AO
Instrument sub-working group**

¹ Optocraft ² Institute of Astronomy, University of Tokyo ³ Subaru Telescope, National
Astronomical Observatory of Japan

以下の検討結果は、オプトクラフト社による「すばる望遠鏡 次世代広視野補償光学用近赤外線装置 基礎検討」(文書番号 CP0046-11-RP001) からの抜粋である。なお、報告書には各設計での光学パラメータテーブルも掲載されている。

7.2.1 Optical Design without FoV Split

7.2.2 Optical Design with FoV Split

7.3 Studies of the Mechanics for the Wide-Field Near-IR Instrument

TBD

Chapter 8

Development Plan

8.1 Overview of the Development Plan

すばる望遠鏡は日本の天文学コミュニティの望遠鏡である。従って、すばる望遠鏡次世代 AO はその天文学コミュニティのニーズを十分反映させて設計、製作すべきである。一方、すばる望遠鏡は自然科学研究機構国立天文台が運営している。そのため、国立天文台全体の将来計画の一部としてすばる次世代 AO は推進されなければならない。

2012 年現在、すばる望遠鏡では超広視野主焦点カメラの立ち上げが進められている。また、数物科学研究機構を中心として、超広視野主焦点ファイバー分光器計画が始められた。一方、国立天文台は超大型光学赤外線望遠鏡、TMT 計画のパートナーとして参画している。このような状況の中で、すばる望遠鏡の次世代赤外線装置と平行して次世代 AO 計画が立ち上げつつある。この装置計画は日本の光赤外天文学コミュニティを代表する SAC の将来装置構想に提案されていたものである。

すばる望遠鏡の最大の特徴は、主焦点超広視野装置である Supreme Cam、FMOS、そして 2012 年中にコミッショニングが開始する Hyper Supreme Cam、計画が進行中の PFS である。さらにカセグレン焦点には FOCAS、MOIRCS がある。これらの観測装置をつかった経験およびデータの蓄積は貴重である。また、すばる望遠鏡は、他の 8m クラス望遠鏡とは違い、主焦点装置を搭載できるような堅牢かつ安定した望遠鏡構造を持っている。2020 年代には、30m クラス望遠鏡が台頭し始めるため、8m クラス望遠鏡の集光力と角度分解能だけでは競争していくことができない。これらの点を考慮し、次世代 AO および赤外線装置検討グループは広視野を第一のキーワードとしてきた。その結果、第一候補として GLAO と広視野近赤外線撮像・(面) 分光装置を次世代装置として挙げた。TMT の黎明期、JWST 等の宇宙望遠鏡時代において、この装置提案は十分な競争力と連携力があり、他の地上 8~10m クラス望遠鏡における次世代補償光学および赤外線装置との競争と住み分けが可能であると期待される。

本検討報告書の第 2 章では、広い観点からみた次世代 AO および赤外線装置による、今後発展するであろうサイエンスケースの提案を集めた。次世代 AO および装置仕様に対する要求の重要な資料である。引き続き、様々なサイエンスケースについて議論を深めていくべきである。

一方、AO の性能シミュレーションと目標性能、装置の概念検討を進め、非常に初歩的な装置仕様および装置開発計画を考案しつつある。

本章はその計画の概要について述べていく。

8.2 Development Organization

8.2.1 International Partnership

8.3 Budget

8.3.1 Fund-Raising Plan

8.4 Development Schedule