

次世代30m望遠鏡(JELT)構想

○家 正則 iye@optik.mtk.nao.ac.jp 高見英樹、臼田知史、高遠徳尚、青木和光、山下卓也、山田亨、安藤裕康、唐牛宏
(国立天文台.)、土居 守、本原顕太郎(東大理)、千葉証司(東北大理)、

佐藤修二、栗田幹夫(名大理)、岩室英史(京大理)、成相恭二(明星大)、ほか光赤外天文学将来計画検討会地上班

要約

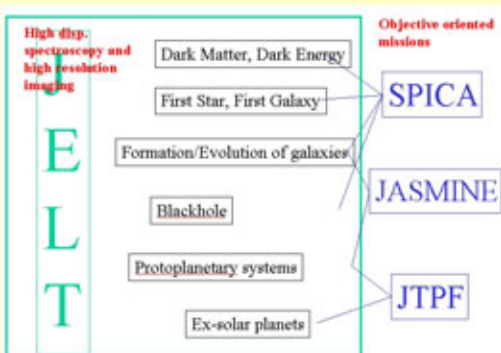
光赤外天文学将来計画検討会地上班を中心に行ってきた次世代30m級望遠鏡構想の検討とその実現のための基礎開発の取り組みについて報告する。口径30m-100m級の次世代望遠鏡構想については、すばる望遠鏡など8m-10m級望遠鏡が次々に稼働を始めた近年、米欧でも具体構想が発表され始めている。次世代望遠鏡はその予算規模からも国際協力で進めることになると想定される。その実現のための開発課題を特定し、基礎開発状況の情報交換を行うレベルでは、すでに国際的活動が始まっている。

1) 科学目的と期待性能

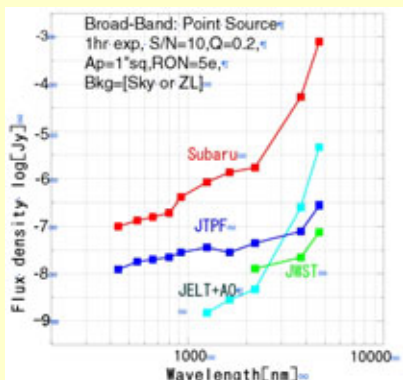
口径30mの大集光力と、次世代補償光学による回折限界の結像性能の実現により、特に点光源に対する観測限界は驚異的な深さとなる。

図1はサイエンス班がまとめたJELTと3つのスペースミッションの科学目的の役割分担を示している。

現在のHSTと地上8M級望遠鏡の相補的な関係と同様の分業が次期宇宙望遠鏡とJELTの間にも成立するであろう。



口径30mの望遠鏡で回折限界の撮像が実現した場合の限界等級を右図2に示す。可視光では34等級までの撮像が可能となり、全く新しい宇宙像が展開されるであろう。

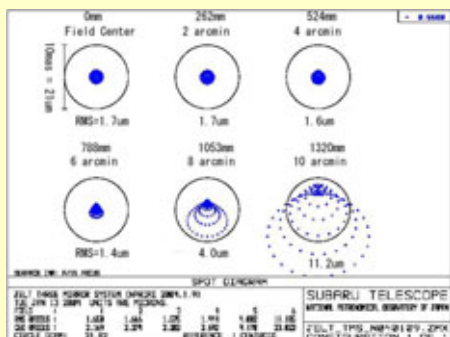


2) 3非球面反射系による広視野無収差光学系の設計

図3. 三非球面光学系。1080枚のセグメントからなる口径30m楕円面主鏡と口径4mの双曲面副鏡がつくる焦点像を3枚目の楕円面鏡(M5)で拡大率1で再結像するオリジナル光学系の採用を検討中。

非球面鏡を3枚用いることで無収差平坦像面の直径20分角の半円形の視野(実寸2m径)が確保できる。けられを避けるため平面鏡(M6)で折り返し最終焦点をナスミス台上に形成する。

図4. 図1の光学系のスポット図は直径8分角まで30m望遠鏡の回折限界(可視光)の像質が確保できることを示している。



3) セグメント鏡の開発

(3-1) ゼロ膨張セラミックZPF鏡の試作

パラメータ	記号	単位	CFRP	複合物質	ガラス	ZPF
弾性率	E	GPa	120	400	90	150
比重	ρ	g/cm ³	1.5	2.65	2.53	2.54
熱膨張率	α	ppm/K	0.03	2.6	0.02	0.02
熱伝導率	λ	W/K-m	50	125	1.6	5.3
比熱		J/kg-K	-	-	820	800
曲強さ		MPa	800	175	80	240
面粗さ rms		nm		7.4	1	4
比剛性	E/ ρ		80	150	35	60
熱安定性	λ/α		1700	50	80	200

表1. 日本セラテック社と太平洋セメント社で開発されたゼロ膨張セラミックZPFの物性値。ガラスより丈夫で研削研磨加工仕上げ可能。熱伝導性もガラスより良く気温変化に馴染みやすいので、次世代セグメント鏡材の有力候補となる。

項目	仕様	加工結果
面形状	球面	球面
曲率半径	R 2000 mm程度 (TBD)	R 2000 mm
有効径	ϕ 280 mm以上	ϕ 280 mm
面精度	$\lambda/10$ rms 以下 (目標値)	$\lambda/16$ rms
表面粗さ	3nm rms 以下 (目標値)	2.9nm rms

表2(左上). 軽量化リブ構造ZPFの研磨結果。研磨し易さはSiCの5倍。面粗さも実用レベル。

図5(右上). 70%に軽量化した口径30cmZPF円盤を1/16波長の面精度に仕上げ、アルミメッキ鏡を試作することに成功。



(3-2) セグメント鏡を短期間で製作するための超高精度研削技術の開発



図4. 山形工業技術センターの超高精度研削装置(ナガセ社製)による10cmZPFの研削試験。試料を回転させながらの研削では数波長の面精度を達成。レーザー研削による非球面加工精度の限界を見極める共同研究を推進中。

4) 望遠鏡構造の基本設計

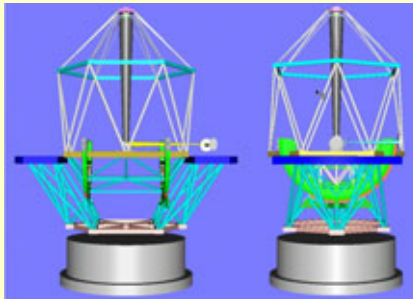


図5. 望遠鏡・架台基本設計例。Cマウント軸受けとトラス型主鏡セル構造を採用。最低固有振動数約2Hz。ナスミス台に図1のM4-M6を配置し、観測装置を展開できる。望遠鏡の駆動にはすばる望遠鏡で実績のある静圧軸受けを使用する。ドーム直径は約100mとなる。

5) セグメント能動支持のためのアクチュエータの開発

部品点数が多くなる能動支持のセンサーとアクチュエータの開発が京都大学などで始められている。

6) 観測装置構想の検討

サイエンス版がまとめたJELT観測機能の優先度を反映した装置プランの検討を行っている。19本の分光撮像装置をモザイク化した近赤外広視野カメラ/多天体分光器の構想などが検討され始めている。他にも回折限界高解像カメラ、可視光高分散分光器、中間赤外線分光器、可視光分光撮像装置などのアイデアがある。焦点面分割し、装置交換はしない。

7) コスト、スケジュール、国際協力

JELT計画は未だ基本構想の検討の段階であり、建設予算の見積積算はできていないが、開発項目も多く、建設・運用予算も日本単独で遂行できるレベルを越えたものとなる可能性が高いため、国際協力での建設を視野に入れた情報交換をIAU, SPIEなどの研究会、構想グループ間の会合、OECDのグローバルサイエンスフォーラムなどのさまざまな機会を通して始めている。2004年12月には国立天文台にA-project室設置が認定された。

光天連のもとに発足した光赤外天文学将来計画検討会地上班での検討成果を元に、現在基本計画書を取りまとめ中であり、光赤外コミュニティ、天文学研究連絡委員会などに順次構想の提案を行う予定である。