

3.5 京大 3.8 メートル望遠鏡

3.5.1 京大 3.8 メートル望遠鏡仕様

国立天文台岡山天体物理観測所構内に、口径 3.8m の新技術光学赤外線望遠鏡を建設する。主鏡は国内初の分割鏡で、可視近赤外望遠鏡では世界初となる花びら形である。その分割主鏡を超精密研削技術と独自開発の CGH 干渉計を駆使して製作する。加えて遺伝的アルゴリズムにより最適化された軽量コンパクトな架台を用い、次世代の超大型望遠鏡や量産型中口径望遠鏡のために必要な基礎技術を実験開発する。分割鏡の制御に必須となる非接触の位置センサーをはじめ、その大部分に国産の技術が用いられている分割鏡望遠鏡である。

望遠鏡の光学系はリッチークレチアン式で焦点は 2 つのナスミス焦点のみだが、合成 F 比は F/6 と明るく、2 枚の補正レンズを用いた際の視野は直径 1° (なしの場合は $12'$) となる。F/6 の焦点比では、F 変換レンズやマイクロレンズなどを用いなくて直接光ファイバーを配置して天体の光を拾い上げることが可能となるため、ファイバー分光器の設置がより容易となる利点を持つ。また、焦点スケールが $110\mu\text{m}/1''$ となり、画素サイズ $24\mu\text{m}$ の CCD であれば $0''.22/\text{pixel}$ と直接焦点面に配置して観測に使用できるものとなっている。望遠鏡の本体重量は 20t で、この規模の望遠鏡としては非常に軽いため望遠鏡を早く動かす事が可能である。突発天体出現の際には、どの方向に出現しても 1 分以内に観測が始められる事を目指して、望遠鏡と観測装置を合わせた観測システムの統合制御を行う。



図 3.3: 京大 3.8m 望遠鏡の完成予想図。ナスミス台と方位ベースの色は地元浅口市の小学生の投票により決定された。

完成予想図を図 3.3 に示す。また、仕様を表 3.3, 表 3.4 に示す。

項目	京大 3.8m 望遠鏡
主鏡口径	3.78m
主鏡セグメントサイズ	最大幅 1.2m の扇型
主鏡セグメント数	18
主鏡 F 比	1.3
副鏡口径	1.1m
副鏡形状	非球面
光学系	リッチークレチアン
合成 F 比	6.0
主鏡-副鏡間距離	3.7m
波長	0.4-2.4 μm
望遠鏡重量	20t
最低固有振動数	10Hz (鏡筒のみ)
運用開始	2018 年

表 3.3: 京大 3.8m 望遠鏡の仕様

項目	京大 3.8m 望遠鏡
焦点スケール	9''/09/mm
焦点サイズ	12' ϕ (補正レンズなし) 1 $^\circ\phi$ (補正レンズあり)
焦点面曲率半径	1425mm (補正レンズなし) 3175mm (補正レンズあり)
結像性能	0''.28 (光学系のみ)
方位軸最高駆動速度	4 $^\circ$ /秒 以上
高度軸最高駆動速度	3 $^\circ$ /秒 以上
ロータ最高駆動速度	3 $^\circ$ /秒 以上
指向精度	3''(rms) 以下
クローズドループ追尾精度	0''.25/時 以下
オープンループ追尾精度	0''.5/10 分 以下
加速度	1 $^\circ$ /秒 ² 以上

表 3.4: 京大 3.8m 望遠鏡の仕様 2

3.5.2 主な研究課題と観測装置

中口径の機動性と占有性を活かし、ガンマ線バースト等の突発天体・新技術補償光学を用いた系外惑星の直接撮像・スーパーフレア等の特色ある研究を推進する。さらに、国内の大学による利用にも供し、これらを通じて日本の大学での研究・教育・人材育成の基盤的拠点とする。

観測研究課題として京大グループで重点を置いているものは、主としてこの望遠鏡の機動性、占有性、経度を活かしたものである。

- **ガンマ線バースト、超新星、激変星、X線新星等の突発天体現象**
これらの代表的な突発天体現象（激変天体現象）の多くは高密度天体（白色矮星、中性子星、ブラックホール）に落ち込むガスが明るく光り、観測されるものである。このような突発天体現象の研究は、相対論的天体の物理的理解において大きな意義がある。これは現在進行中の大学間連携での観測の中核ともなる。また、これらの中にはガンマ線バーストや超新星のように重力波源の候補もあり、その可視光対応天体の観測に貢献できる。さらに、時間軸にも重点を置いた撮像サーベイが世界的に行われるため、東アジアにおいてそのフォローアップを行うことは、新たなパラメータ空間での天文学を拓く可能性がある。
- **系外惑星の直接撮像観測**
太陽系外惑星の研究では、すでに存在が明らかになった惑星を分光観測しその性質を明らかにすることや、さらに主星に近い領域で新たな惑星を直接撮像していくことが次なる目標であり、そのためにはすぐれた Inner Working Angle (IWA; 主星のどれだけ近傍まで高いコントラストで観測できるか) を備えた観測装置を、豊富な観測時間が得られる望遠鏡に搭載することが重要である。ここでは、新技術の Adaptive Optics (ExAO) を開発して上記の目標を達するとともに、TMT 等のセグメント望遠鏡に対する観測機器の基礎開発とする。
- **太陽型恒星のスーパーフレア現象の解明**
太陽に似た星の活動性を調べるため、ケプラー衛星のデータを精査したところ、約 300 個の星でスーパーフレア（太陽で観測された史上最大のフレアの 10 倍以上のエネルギー規模のフレア）を発見し、さらにべき乗則から、最大級の太陽フレアの 100 倍のエネルギーのフレアが 800 年に 1 度の頻度で起こることが示唆された。スーパーフレア星の性質と活動性の変化を明らかにするために、長期的な占有時間で、可視光高分散分光観測によって系統的な探査と継続的なモニター観測を行うことが重要である。また、こういった分光観測装置によって、現在岡山 188cm 望遠鏡で行われているドップラー方式での系外惑星探査を継続しさらに発展させることができる。

その他の観測対象と併せてまとめたものを表 3.5 に、それらの観測を行うための開発中/計画中の観測装置を表 3.6 に示す。

観測対象	観測タイプ	観測モード
γ 線バースト、超新星、激変星、X線新星等	突発天体	面分光/高速分光
系外惑星/円盤の直接撮像	サーベイ	極限 AO + コロナグラフ
太陽型恒星のスーパーフレア現象	モニタ	高分散分光
ドップラー法による惑星探査	サーベイ/モニタ	高分散分光 (高精度・高安定)
超新星分光	モニタ	測光分光
AGN 分光	モニタ	測光分光
星周磁場やジェットのパolarization	モニタ	偏光ユニット追加

表 3.5: 主な観測対象と観測モード

これらの装置を利用して到達できる限界等級の目安は、露出時間 1 時間、S/N=10、Sky 差し引きを行うという条件で AB 等級で可視光撮像では 24 等、近赤外撮像では 22 等であり、低分散分光の場合は 3 等、高分散

装置名称	概要
高速撮像分光器	512×512 EM-CCD 搭載、最速で 36 frame/sec
可視面分光装置 SEICA	15''φ を 127 本のファイバーでカバーし KOOLS へ 極限補償光学 + コロナグラフで主星の 0'.1 周辺まで観測
可視高分散分光器	$R=50,000$ $U \sim z$ バンドを 2 天体同時測光分光
近赤外相対分光器	$R \sim 5,000$ $z \sim K$ バンドを 2 天体同時測光分光
近赤外高分散分光器 偏光ユニットの追加	極限補償光学 + シングルモードファイバで $R > 100,000$

表 3.6: 開発中/計画中の観測装置 (PI 装置を含む)

分光の場合は 6 等程度これよりも明るい天体が観測対象となる。

上記観測研究以外の開発研究課題として、

- 世界最高精度の研削加工/計測技術による自由曲面の加工 (次世代装置の製作に極めて有用)
- 世界初となる花びら型分割鏡のリアルタイム制御
- 機動性の高い軽量架台の高速制御 (衛星やデブリなどの高速移動対象の追尾技術)
- 望遠鏡の低コスト技術

が挙げられる。これら以外にも、定期的なワークショップや運用開始後には共同利用を行う大学等の研究者とともに学外メンバーを含めて組織される共同利用協議会 (仮称) などで、コミュニティとして整合性のある研究計画を作り上げていく。

3.5.3 TMT などの大型計画との関係

2000 年以降、現在までの日本の観測天文学は、すばる望遠鏡を中心に多くの観測提案を行うことで研究が進められてきたが、2020 年代には TMT、すばる、TAO、京大 3.8m と多様な口径の望遠鏡での役割分担が可能となる。これまでも行われてきたサーベイ的な観測は、すばる望遠鏡の広視野装置を用いてより広く深く進められ、TMT ではより詳細な観測が行われる。近年の観測天文学でもう 1 つ重要となってきた要素として、時間変化を追うモニター的な観測がある。モニター観測を行うには、占有時間の高い望遠鏡が必要であり、TAO や京大 3.8m などの望遠鏡が TMT やすばるでは行うことのできないモニター的な観測を行うことで、相補的な役割を持つ。京大 3.8m は、北米やハワイで発見された突発増光天体をいち早く追観測するには経度的に有利な立地条件にあり、望遠鏡の即応性の高さから、東アジア地域での突発天体観測の中核施設となる。また、系外惑星探査では、中間赤外線・遠赤外線での SPICA、サブミリ波での ALMA による惑星系や原始惑星系円盤の研究と相補的な成果を得られ、重力波望遠鏡 (KAGRA) との共同研究課題として、可視光で対応する突発天体の発見と重力波源の理解への寄与がある。

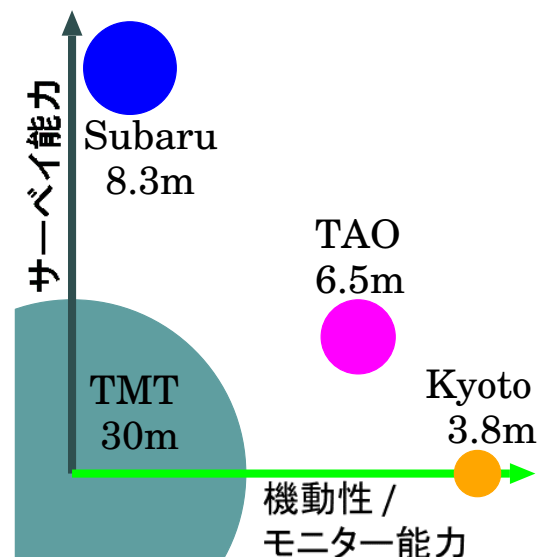


図 3.4: 将来的な日本の地上望遠鏡の役割分担。丸の大きさは主鏡口径を表しており、望遠鏡や装置の性能に占有時間も顧慮した「能力」を定性的に表したものの。

間接的な寄与としては人材の供給がある。本計画では、望遠鏡、分割鏡制御、光学素子製作の技術を備えた人材を育成する。さらに、TMTの観測装置など、メートルサイズの多様な光学装置の開発技術を獲得するという面でも重要な寄与ができる。また、セグメント鏡での Adaptive Optics を確立し、TMTの観測装置への橋渡しをするとともに、3.8m望遠鏡での系外惑星探査の成果を TMT でのサイエンスにつなげる。