

埼玉大学 55cm 望遠鏡用 TRIPOL の開発

潮田 和俊 (埼玉大学大学院 教育学研究科)

Abstract

埼玉大学 55cm 望遠鏡ではフィルターターレットと冷却 CCD を用いて、トランジット天体や若い天体の可視光観測を行っている。また、光赤外線天文学大学間連携事業にも加わり、超新星やガンマ線バーストなどの観測を行っている。しかし、各波長の観測条件が異なることや、観測時間が長くなるという問題がある。そこで、観測効率の向上と同一観測条件による多色同時偏光撮像を目的として TRIPOL (Triple-Range Imager and POLarimeter; 3 色同時撮像偏光装置) の開発及び製作を行っている。昨年度は、TRIPOL-N の組み上げを行い、撮像部において実験室での性能評価、及び埼玉大学 55cm 望遠鏡に搭載して試験観測を行った。これらの試験をもとに埼玉大学望遠鏡用として、新たに、長波長に感度の高い冷却 CCD を用いて、 r バンド、 i バンド、 z バンドの TRIPOL-S の開発を行っている。

1 TRIPOL

TRIPOL (Triple Range Imager and POLarimeter) は、名古屋大学で開発された可視 3 色同時撮像偏光装置である。2 枚のダイクロイックミラーを使用し、可視波長帯を 3 つに分ける光学系を持つ。継続観測により 3 波長同一条件における変光現象を捉えることが可能となる。他の観測装置に比べて、小型で可搬できることが特徴である。光学系の前面部に偏光素子を入れる事により偏光観測も行える。

2 埼玉大学 55cm 望遠鏡

埼玉大学望遠鏡は口径 55cm の RC 式カセグレンタイプ反射望遠鏡であり、主焦点とカセグレン焦点の二つの焦点を有する。望遠鏡設置場所の埼玉大学は、都心に近く街明りの影響があるが、晴天率は国内の中で非常に良く、シーイングも悪くはない ($1.5''$)。仕様は表 1 のとおりである。

3 昨年度の性能評価

昨年度は $F=10$ の望遠鏡用に開発された TRIPOL-N について室内実験による性能評価、及び埼玉大学 55cm 望遠鏡を用いた試験観測を行った。TRIPOL-N の波長帯は SDSS 規格の

表 1: 55cm 望遠鏡の仕様

形式	リッチー・クレチアン (RC) カセグレン式反射望遠鏡
架台	フォーク式赤道儀
口径	55cm (副鏡 23cm)
焦点	(1) 主焦点 F 値: 2.7 焦点距離: 1500mm (2) カセグレン焦点 F 値: 6.5 焦点距離: 3575mm
ハルトマン定数	~ 0.75
角度分解能	$0.72''$ (理論的限界値)
主鏡材質	シタール・アルミ蒸着メッキ

g' (475nm), r' (620nm), i' (760nm) の 3 バンドである。検出器は、SBIG 社の ST9-XE を 3 台使用している。TRIPOL-N には、まだ偏光素子は装着していない。

(1) 埼玉大学 55cm 望遠鏡搭載時の視野の大きさ

メシエ天体 M35 を撮像観測し、取得したデータの一次処理後の画像から X 方向、Y 方向それぞれの端にある天体の座標 (RA, DEC) を調べ、視野の見積もりを行った。導出の結果、単波長での視野は $9.68' \times 9.68'$ であった。また、TRIPOL-N は 3 バンドともに同一領域を撮像しているが、CCD の固定位置のずれなどにより、視野が僅かに異なる。そのため、3 バンドの共通視野を求める必要がある。3 バンドでの視野のずれを考慮するため、 g', r', i' の相対的

な X,Y 方向のずれ (ex. $x(g')-x(r')$, $y(g')-y(r')$ など) を測定した。さらに、望遠鏡を様々な方向に向けた際の装置の安定性を考慮するために、異なる方位 (N,S,E,W)、高度 (30,45,60,90 度) に望遠鏡を向けて視野のずれを測定した。全体の共通視野はこれらの平均値を使用した。共通視野は $8.93' \times 8.95'$ であった。一例として、図 1 に M42 における視野のずれを示す。

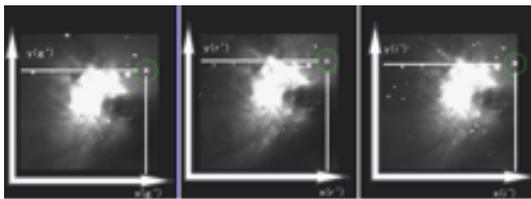


図 1:

M42 における視野のずれ

(左:g' バンド 中:r' バンド 右:i' バンド)

(2) 標準システムの変換

TRIPOL-N が使用している SDSS フィルターシステムを含め、同じフィルターシステムを用いても必ずしも同じ透過率特性を示すわけではない。搭載する望遠鏡や観測装置の光学系、CCD の波長感度特性、観測条件などで異なる。他のデータとの相互性を持たせる必要があるため、本研究では Landolt et al.(1992) による標準星を観測し、Bilir et al.(2005) で観測されている天体に対する変換係数を求めた。一例として、 r',i' のフィルターに関する変換式を以下に示す。 r'_B, i'_B - Bilir 等級、 r'_T - 装置等級、 c - 露出時間による任意の定数を表す。

$$r' = r'_T - k(r'_B - i'_B) + c$$

上式において k が変換係数となる。この関係をグラフに示したものを図 2 に示す。おおよその傾向を見ることはできるが、観測天体が少なく、精度が低いため、さらにサンプルを増やす必要がある。

(3) 限界等級の決定

ある天体を観測したい時に、必要な測光精度に対して露出時間を見積もるためには、使用する望遠鏡と装置の限界等級を知る必要がある。55cm 望遠鏡に TRIPOL-N を搭載した際の限界等級 ($S/N=10$ 、積分時間=50s) を見積もるために、標準星領域 Landolt SA98 を測光観測を行い、IRAF を用いた 1 次処理及

び aperture 測光から行った。各バンドで縦軸に等級を横軸にその等級誤差を取ったグラフから、限界等級を見積もった。図 3 に例として i' バンドにおける等級、等級誤差の図を示す。55cm 望遠鏡と TRIPOL-N における各波長の限界等級は $g':15.4$ 等 $r':14.7$ 等 $i':16.3$ 等となった。

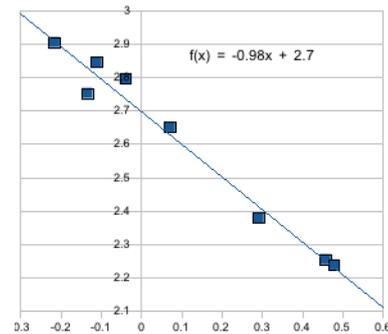


図 2:

波長感度特性のグラフ

横軸は $r'_B - i'_B$ 等級、縦軸は $(r'_B - r'_T)$ 等級である。最小二乗法フィッティングを行った一次関数の傾きが変換係数 k となる。Bilir 等級の色 ($r' - i'$ など) と埼玉 55cm / TRIPOL-N 等級と Bilir 等級との差に相関がある事が見て取れる。

(4) トランジット天体の観測

既知の系外惑星のトランジット天体 WASP12 を観測し、埼玉大学 55cm 望遠鏡と TRIPOL-N を用いた場合に、フラックス光度何%の変動が検出出来るか調べた。IRAF を用いた 1 次処理及び aperture 測光から求めた結果、V バンドで 1.5 % の transit 減光を捉える事に成功した。また、50s 露出において Flux 比が $g':0.7\%$ $r':0.6\%$ $i':1.1\%$ の変光を検出出来る事が分かった。

4 埼玉大学用 TRIPOL-S の開発

本年度は埼玉大学 (F=6.5) 用 TRIPOL-S の開発を行っている。使用する波長帯は SDSS に準拠した r バンド、 i バンド、 z バンドの 3 バンドである。各バンドパスフィルターの透過率の測定結果を以下に示す。

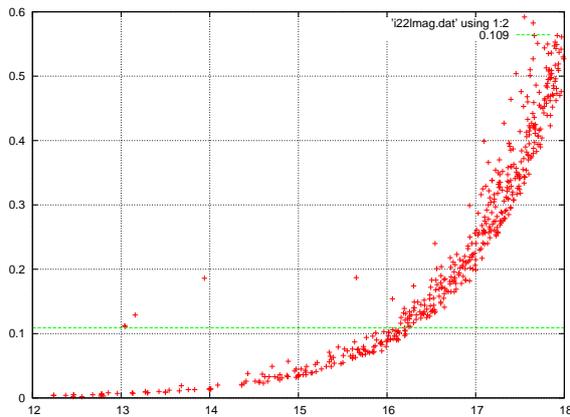


図 3:

i' バンドにおける等級-等級誤差の図
縦軸は測光誤差 (等)、横軸は等級 (等) である。緑色の直線が $S/N=10$ の測光誤差を表す。

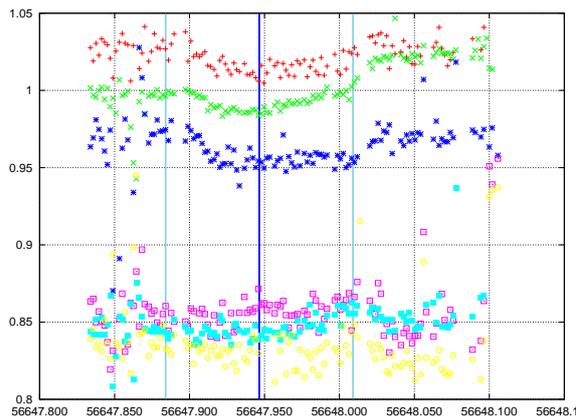


図 4:

g',r',i' バンド光度曲線

縦軸は Flux 比、横軸はユリウス日である。水色の直線が予測のトランジットの始まり、終わりを表し、青色の直線がトランジットセンターを表す。赤色のプロットが WASP12g' バンド、緑色のプロットが WASP12r' バンド、青色のプロットが WASP12i' バンド、その他のプロットは i' バンドの参照星を表す。

CCD については FLI 社の ML4710 を 3 台使用する。ML4710 は量子効率の波長特性から 4 種あるが、本研究では r バンド、i バンド、z バンドの波長帯で最適な CCD を使用する。ダイクロイックミラーにつ

いては仕様の最終決定を行っている段階である。今後は、光学素子の配置を最終決定し、作成にとりかかる予定である。TRIPOL-S により、YSO の変光や系外惑星のトランジット探査、GRB の可視から近赤外につなぐ 3 波長同時観測が可能となる。

5 参考文献

- (1) Arlo U .Landolt.1992,AJ,104,340
- (2) Smith et al.2002,AJ,123,2121
- (3) Bilir et al.2005,AN,326,321