

木曾観測所の自動観測について

○青木 勉、征矢野隆夫、樽沢賢一、諸隈智貴、酒向重行、森 由貴、小林尚人（東大・木曾観測所）
前原裕之（国立天文台・岡山）、松永典之（東大・本郷）、猿楽祐樹（京産大・神山天文台）

概要

木曾観測所では 2012 年より「KWFC」を用いて広視野撮像観測を行ってきた。数年の試験期間を経て、観測装置及び望遠鏡を安定して運用できることが確認できたことから、2015 年度からは観測運用を自動観測へと転換した。その後、夜間はほとんど滞在者なしの状態安定した自動観測を数年に亘り続けることに成功した。ここでは長期の自動観測の経験、現状、ならびに課題について報告する。

1. 自動観測

自動観測を行う際に最も重要な機能は、観測の可否（観測条件判定）判断である。安全で確実な観測を行うためには、気象関連のセンサー群およびドームスリットに、他の機器以上に確実に正確な動作が求められる。木曾観測所では 2013 年に制御系の大改修を行うなど望遠鏡とドーム制御の信頼性の向上に努めてきた。その結果、数年間に渡り良好な自動観測の運用が実現できている。木曾観測所の自動観測システムの詳細については、天文学に関する技術シンポジウム第 34 回(2014 年)の前原氏の特別講演、及び第 35 回(2015 年)の青木の発表集録を参照されたい。

2. 観測条件判定

観測可能な時間帯に、観測開始・再開（ドームスリット開、観測キュー開始）の判断と観測の中断・停止（ドームスリット閉・観測キュー停止）の判断を行うためには、様々な気象条件を判定しなければならない。その中でも雲量の指標となる空の放射強度の計測が観測条件判定の重要な要素となる。図 1 に気象観測モニター画面示す。



図 1. 気象環境モニター画面
左図は、木曾観測所内で計測している、各種気象関連のデータと時間変化をプロットしたものである。中でも重要な雲量の判定には、ATR 値（外気温からの経験式を用いて推定した快晴時の放射強度と観測された放射強度の比を評価）を用いている。

3. 木曽観測所の観測効率

木曽観測所における観測効率の統計について紹介する。木曽観測所では観測効率を、日効率（観測実施夜数）と時間効率（観測実施時間）の2つの推定量を用いて定義している。詳細は 前原氏、松永氏による「木曽観測所シュミットシンポジウム 2011」の以下の報告を参照されたい。

http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/RESEARCH/symp2011/KisoSymp2011/KisoSymp2011_MatsunagaP.pdf

- (1) 日効率：1夜に 20 exposure 以上の OBJECT フレームが撮られている夜を観測夜とカウント
- (2) 時間効率：1時間内に 5 exposure 以上撮られている任意の1時間を観測時間とカウント

因みに、2016年度の日効率は $187 \text{ days} / 351 \text{ days} = 53\%$ 、時間効率は $1389 \text{ hours} / 3767 \text{ hours} = 37\%$ となっている。この値は、過去の統計と比べても良いマッチングを示している。図2に過去6年間に亘る月毎の観測効率を示す。これらの統計には、現在の主力観測装置である「KWFC」カメラの観測結果を元に計算した値を用いている。

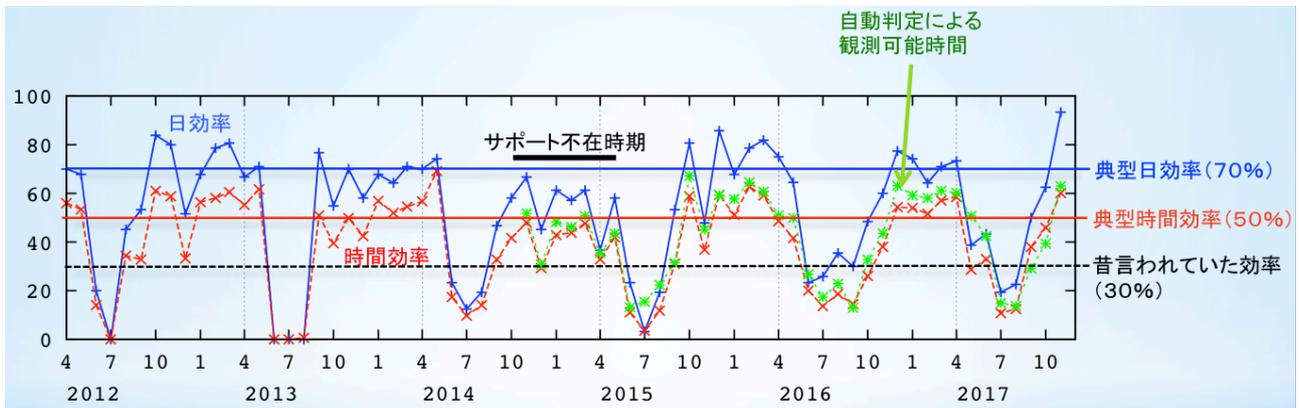


図2. 月毎の観測効率 (2012-2017年度)

図から、梅雨時期を除けば、毎月それほど大きな差がないことがわかる。また、緑色の点線で示したグラフは、自動判定（観測可否判定）による観測可能時間を示しており、実際の時間効率がほぼ同じ値を示していることから、自動観測がかなり効果的であることが分かる。

4. 観測可能夜数の統計

観測可否判定を行う際には、夏季・冬季で閾値を調整している。これは大気中の水蒸気量の影響によるものと思われており、実際には夏季（ATR 値= 1.05~1.10）、冬季（ATR 値=1.0~1.05）のように微調整をしている。また、観測の開始・再開（DomeSlit Open）が頻繁に起こらないよう、観測中断・停止（DomeSlit Close）の ATR 値を 0.05 大きい値に設定している。以下では具体的に、過去5年間に於ける観測可能時間の統計について紹介する。図3は過去5年間の1月における観測可能時間の度数分布と、累積度数分布を示している。ATR 値 1.0~1.05 の範囲にある青帯部は、観測開始と中止の判定範囲を示したもので、青帯より ATR 値が低い範囲は観測可能であることを示している。右図の1月における過去5年間の累積度数分布をみると5~6割程度観測可能であることがわかる。

図4、図5は上記と同様に、残りの2月から12月の過去5年間の統計量を示す。

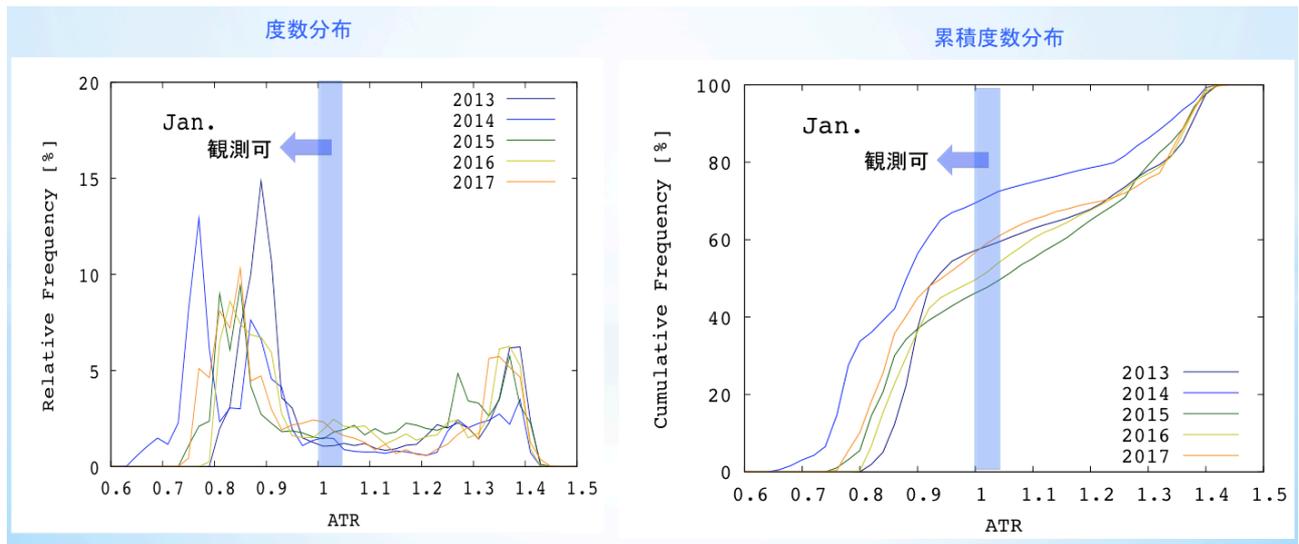


図3. 過去5年間の1月における度数分布と、累積度数分布

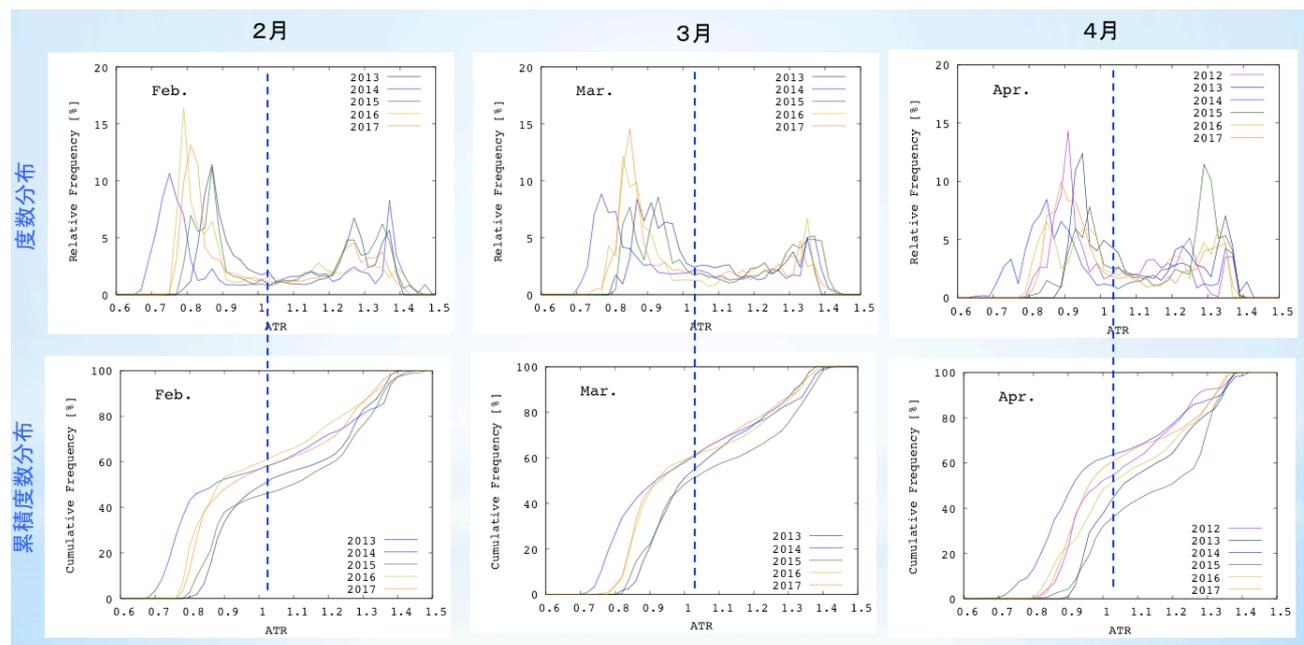


図4. 過去5年間の各月毎の度数分布と、累積度数分布（2-4月）

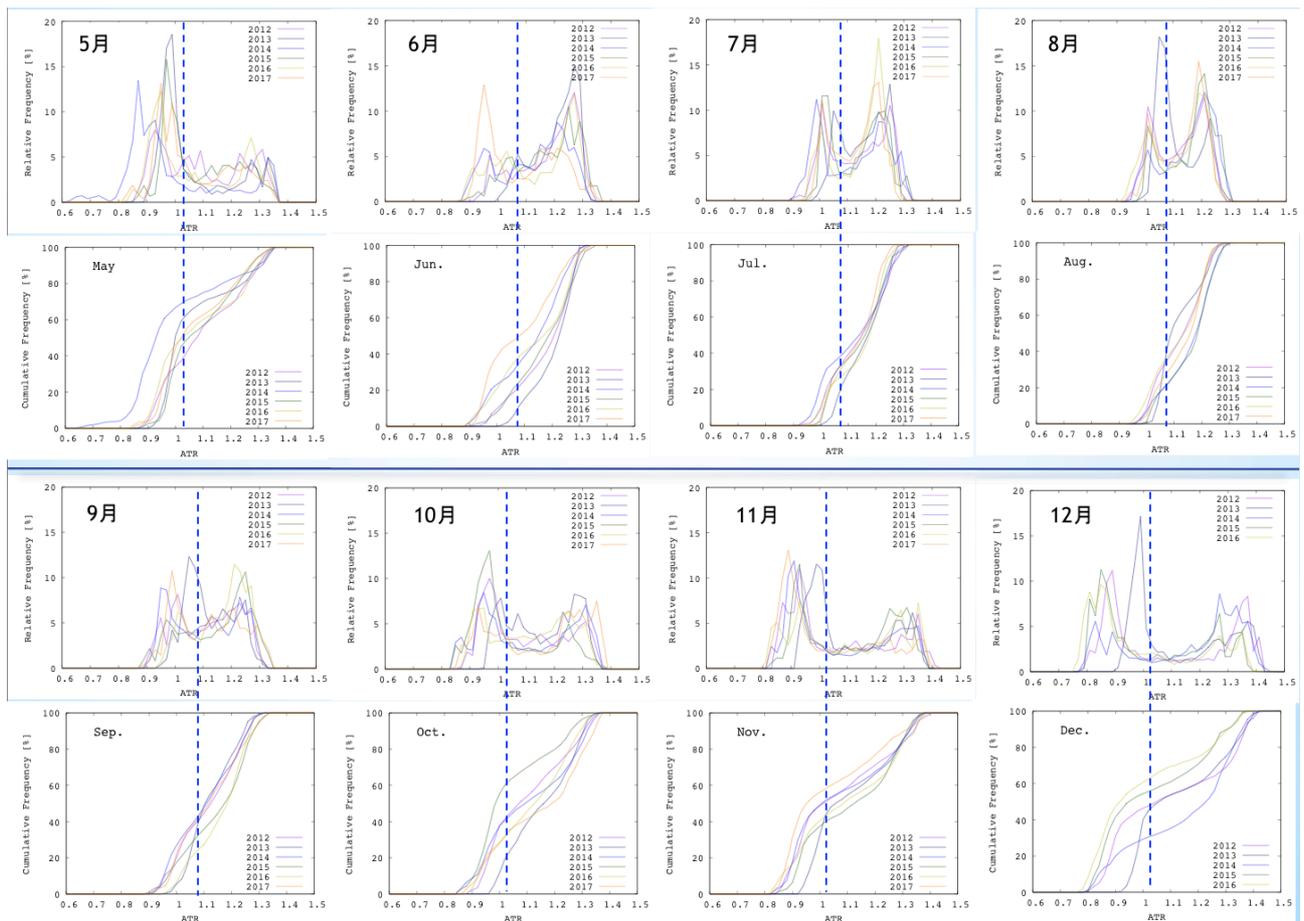


図5. 過去5年間の各月毎の度数分布と、累積度数分布（5～12月）

5. 今後の課題

木曾観測所では、今回の技術シンポジウムの P17 で、高橋氏が報告されている新装置「Tomo-e Gozen」超広視野カメラの試験運用を 2018 年 2 月中旬から開始する予定である。その後も含め、スケジュールは以下のようにになっている。

- 2018 年 2 月 : Tomo-e GozenQ1 (21 センサーモデル) 完成、試験観測
- 2018 年 7 月 : Tomo-e GozenQ2 (42 センサーモデル) 完成、(Q1+Q2)
- 2018 年 10 月 : Tomo-e GozenQ3 (63 センサーモデル) 完成、(Q1+Q2+Q3)
- 2019 年 1 月 : Tomo-e GozenQ4 (84 センサーモデル) 完成、(Q1+Q2+Q3+Q4)

最終的には 2019 年 1 月に、フルスペックでの観測が開始される予定である。その際に、Tomo-e Gozen カメラの観測の自動化に加えて、可視全天カメラの撮影間隔を 1 分程度に短縮し、雲が無い晴天域の予想を行うことで、観測可能時間を最大限有効活用することを考えている。これらについては、今後の開発課題となっている。