

# 木曾観測所105cmシュミット望遠鏡の 自動観測システムとリモート観測への対応

前原裕之（東京大学）、他木曾観測所スタッフ

## 1. 自動観測・リモート観測システム導入の背景

木曾観測所では2012年度より8枚のCCDチップを用いた広視野カメラのKWFC(Kiso Wide Field Camera)の運用が開始され、KWFCを用いた銀河面変光星サーベイ (KISOGP; KWFC Intensive Survey Of the Galactic Plane) や超新星サーベイ (KISS; KISO Supernova Survey) の2つの大規模観測プログラムが行われている。これらの観測では、従来の共同利用観測と比べて高頻度かつ長期間にわたる観測を行うため観測者への負担が大きいため、観測の省力化が望まれていた。

KWFCの稼働と同時期に様々な気象データを収集する気象観測システムが整備された。気象センサにより得られたデータは観測所内のデータベースに保存され、観測者支援のためにWebページを介して提供されている。この気象データとKWFCの観測ログを比較することで、観測可能な条件を気象データだけから判定することが可能になった。また、2013年12月より木曾観測所と外部を接続するネットワーク回線を光ファイバー回線に切り替えたことで、KWFCの大容量のデータを撮影にかかる時間よりも短い時間でネットワーク越しに転送することが可能となった。これら2点により遠隔地からの全自動観測が現実的となった。

## 2. 自動観測・リモート観測システムの概要

図1に木曾観測所における自動観測・リモート観測システムの概略図を示す。本システムは

- ① 観測コマンドを実行するためのキューシステム
- ② 気象データから観測条件を自動判定し、ドームの開閉およびキューシステムを用いて観測の実行・中断を制御する、観測条件判定システム
- ③ 観測者が観測天体のリストを登録し、撮像データをダウンロードするためのユーザーインターフェースとなるWebシステム
- ④ 観測者が登録した天体リストに基づき、観測可能な天体を観測するためのコマンドを生成し、適切な順番でキューシステムに登録する、観測コマンド自動登録システム

の4つのシステムから構成されている。

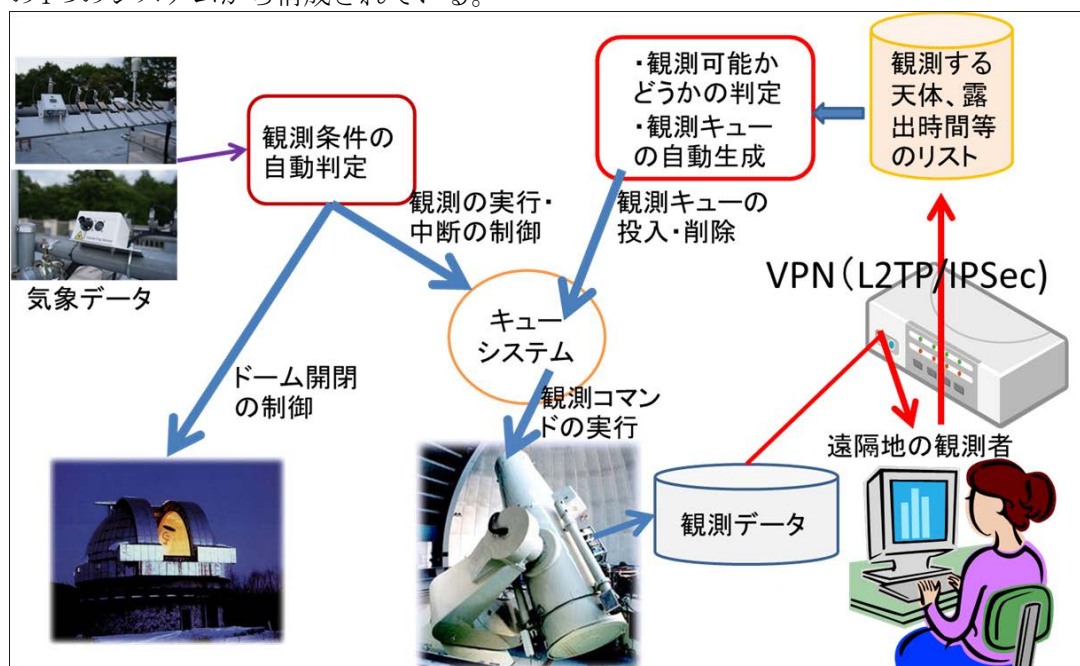


図 1. 自動観測・リモート観測システムの概要

本システムでは、リモート観測を行う際には遠隔地にいる観測者がネットワーク越しに直接コマンド

を実行するのではなく、観測条件判定システムおよび観測コマンド自動登録システムからなる自動観測システムによる完全自動制御での観測を行う。これは、リモート観測では気象条件の急変を観測者が認知することにある程度の困難があることと、ネットワークの切断などにより制御不能となる状態が発生する可能性を避けるためである。以下では、②、③、④について紹介する。

### 3. 観測条件の自動判定システム

木曾観測所屋上には、気象観測機器としてVaisala 社ウェザートランスミッターWXT520 を設置し、気温、湿度、気圧、風速、風向、降水量のデータを約1分おきを取得している。また、雨滴センサとしてアスザックAKI1805×6 台を設置している他、霧センサとしてOptical Sensors 社のSten Löfving、雲センサとして上空の赤外線放射温度を測定する機器AAG CloudWatcherを設置している。これらのセンサからのデータは約1分おきに取得しデータベースに保管される。これらのデータのうち以下の5つ条件と、その時の太陽高度から観測条件を判定する。

表 1. 観測条件の判定基準

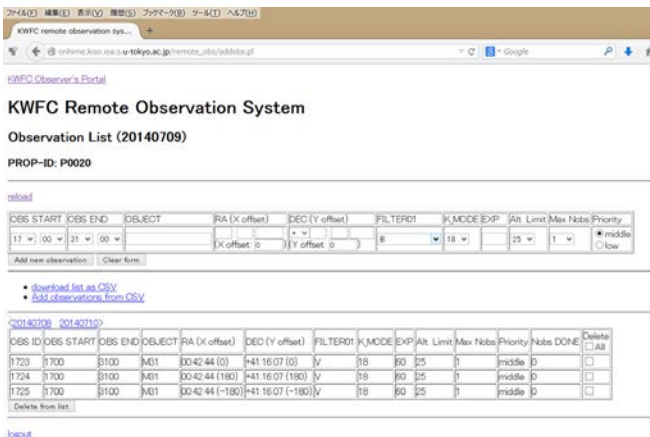
判定項目	開始・再開条件	中断・終了条件
雨滴	雨滴を検知したセンサ数が0	雨滴を検知したセンサ数が1以上
湿度	94%未満	95%以上
霧	視程3500m以上	視程2500m未満
視程の時間変化（10分間の最大最小値の差）	10分間の平均に対して20%以下	10分間の平均に対して25%以上
雲（外気温から経験式 <sup>※1</sup> を用いて推定した快晴時の放射強度と観測された放射強度の比を評価）	1.0以下  $R = \sigma T^4 \{1 - c \exp[-d(273 - T)]^2\}$ <sup>※1</sup> Where $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ , $c = 0.261$ , and $d = 0.000777 \text{ K}^2$	1.05以上  Idso, B. S. and Jackson, D. R., J. of Geophys. Res. 74, 5397 (1969)

太陽高度が $-8^\circ$  以下であり、すべての気象データが観測開始・再開条件を満たした場合にはドームスリットを開け、キューシステムの動作を開始することで登録されている観測コマンドが順次実行される。また、太陽高度が $-8^\circ$  を超えるか、どれか1つでも気象データが観測中断・終了条件を満たした場合には、ドームスリットを閉め、キューを休止状態とする。

### 4. ユーザーインターフェース

観測者が天体の座標や露出時間等の観測パラメーターを登録したり、撮像したデータを検索・ダウンロードするためのユーザーインターフェースとして、Webベースのシステムを構築した。観測者は木曾観測所のVPNゲートウェイに接続し、そこから専用のWebページに観測者ごとに発行されるIDとパスワードを用いてログインする。

観測パラメーターの登録フォーム（図2）では観測天体の情報（名称・位置）や観測の詳細（露出時間、読出しモード、フィルターなど）を登録できるほか、観測時刻や天体を観測する高度の閾値、観測の優先度などの条件も設定することが可能である。



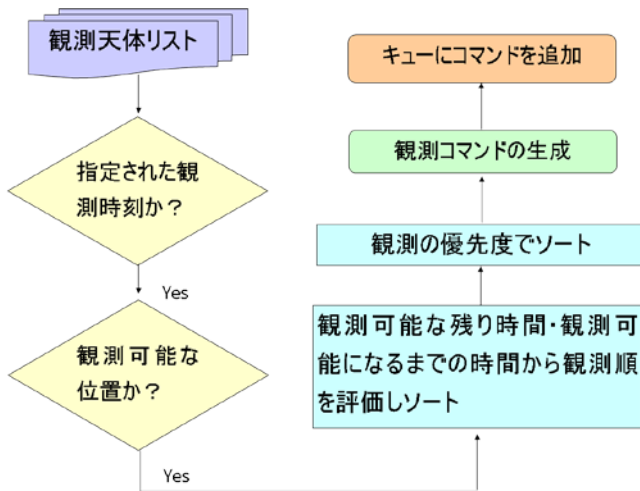
観測データの検索・ダウンロードページでは、観測天体のデータにはログインした観測者の観測課題のデータのみアクセスできるようになっている。ただし、バイアスやフラット画像などキャリブレーション用のデータには、ログインしたIDには関係なくすべてのデータが利用できるようになっている。

標準的なVPN(L2TP/IPsec)とWebベースのシステムにより、特に専用のクライアントソフトウェア等に依存することなく利用することができ、スマートフォン等の端末から観測パラメーターを登録し観測を行うことも可能である。

図 2. 観測パラメーターの登録フォーム

## 5. 観測コマンド自動登録システム

観測コマンドの自動登録システムでは、前節で紹介したWebシステムから観測者が登録した観測天体リストから、指定された観測時刻、および観測すべき高度の条件を満たしている天体を選び出し、観測可能な残り時間や観測可能になるまでの時間などから、観測する順序を自動決定し、観測の優先度の高い天体から順に撮るように、観測コマンドを自動的に生成する（コマンド生成のフローを図3に示す）。



自動生成される観測コマンドでは、CCDの読み出し時間に次の天体へのポインティングやフィルター交換を行うようになっており、通常のコマンドを逐次実行するよりも高効率の観測が可能である。

観測コマンド自動登録システムでは、1回に4つのコマンドをキューシステムに登録し、コマンドの終了予測時間後に、観測天体リストから観測済みの天体を除去し観測順を再評価し、新たな観測コマンドをキューシステムに登録する。これは、観測条件の自動判定システムによって観測が中断されることがあることや、観測者が観測天体リストを観測途中で変更することがあるため、定期的に観測順を再評価することが必要となるためである。

図 3. 観測コマンド生成フロー

## 6. まとめ

本システムは2014年6月より試験観測を行っており、以下のようなリモート観測・自動観測システムの基本部分についてはほぼ完成しており、テスト観測での検証やバグの修正等も完了している。

- VPN 経由で Web ブラウザを用いた観測の予約登録
- 予約登録された観測を自動観測システムを用いて全自動観測
  - ◆ 観測時刻等の条件による制限
  - ◆ 優先度設定による TOO 観測の割り込み
- 観測データを Web ブラウザを用いてダウンロード

10-12 月期より実際の共同利用観測に（リスクシェアではあるが）用いられており、これまでのところ順調に動作していることが確認できた。今後の課題としては、停電時やネットワーク不通時のシャットダウン処理などの安全対策や、降雪によって気象センサが雪に埋もれてしまった場合の対処、御嶽山の噴火による降灰の検知・対策が挙げられる。