

シュミット望遠鏡による自動観測の運用について

○青木 勉（東京大学・木曾観測所）

木曾観測所スタッフ、前原裕之（国立天文台）、松永典之（東京大学）

概要

木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡は、主力観測装置である KWFC (Kiso Wide Field Camera) を用いて、基本的には装置交換をせずに年間を通して観測している。また、気象観測システムが充実し、ネットワークも高速化されたことから、昨年 10 月より試験的に自動観測を開始し、今年 4 月から正式にスタートした。（自動観測の詳細は、今年の技術シンポジウム集録：前原氏の特別講演を参照されたい）一方、自動観測を実施するためには、観測がスムーズかつ安全に行われているか監視する必要がある。観測者や職員は夜間観測所に常駐していないため、現在観測制御システムは観測状況に変化があった場合は全て、メールをスタッフ全員に送るようにしている。ここでは観測制御システムの概要を紹介するとともに、具体的な対応事例についても述べる。

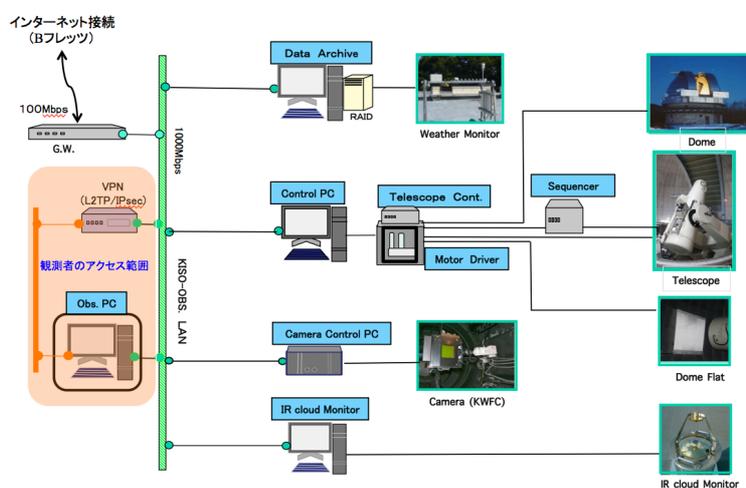
1. 自動観測システム

本システムの特長は、観測者や観測監視者の負担を大幅に軽減したことにあるといえる。遠隔地の観測者は VPN に繋がり Web ブラウザが稼動する PC があれば、観測天体を登録するだけで観測することができる。加えてこのシステムでは、観測データ構成用のキャリブレーション観測も自動実行するため、観測者がその都度実行する必要は無い。木曾観測所では、安全で効率の良い観測を行うため、観測者は望遠鏡や観測装置に対し直接動作コマンドを実行できないようにしている。図1に示すハードウェア構成図のオレンジ部分のみが、観測者のアクセス出来る範囲である。

1-1. 自動観測の流れ(図2参照)

シュミット望遠鏡を用いた自動観測は、リモート観測者が Web ブラウザを用いて、観測天体リスト等を登録 ①

することで開始される。登録された天体リストは観測制御システムが読み込み、観測可能か判断して、可能な場合はキューシステムに投入する ②。一方、観測条件の自動判定機能を用いて、天気や太陽高度を判断し、観測可能な場合はドームスリットを開け、観測コマンドを実行するようキューシステムに指令する ③。観測された観測データは、所定の観測データサーバーに保存される ④。観測者が撮像データを手元に取得する場合は Web システムを介してダウンロードする ⑤。また、観測中は Web を介して観測の進捗状況や観測データのクイックルック画像を確認することも



1. 自動観測システムのハードウェア構成図

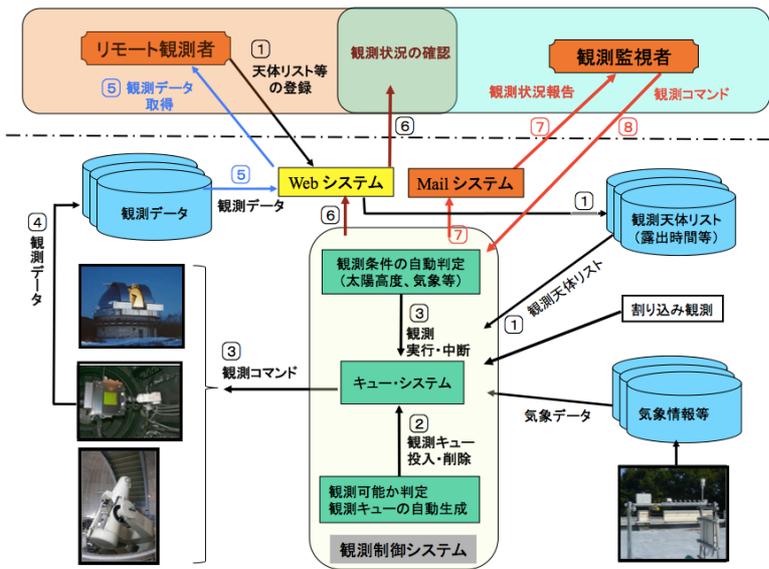


図2. 自動観測の流れ図

可能となっている⑥（観測・監視者共通）。

自動観測は全て手放しで行えるわけではない。そこで、観測監視を行うため自動観測システムに、観測の進捗状況その都度報告するメールシステムを実装している⑦。観測監視者は、詳細な状況確認や不具合への対応が必要な場合には、ステータス表示などの観測コマンドを実施して確認することができる⑧。このように観測制御システムが正常に動作することで、安全で効率の良い観測が可能になる。

2. 自動観測の運用について

木曾観測所の KWFC 観測は天文研究者に広く公開されており、共同利用的な運用が行われている。研究者は観測課題を申請し、採択された場合には遠隔地からの観測か、観測所へ出向いて観測を行うか選択することができる。遠隔地から行う自動観測で最も問題になることは、PC やハードウェアに何らかの問題が発生した場合の対応である。自動観測中に観測が正常に動作しているか監視することは重要である。前項で述べた通り観測制御システムは、メールシステムを利用して観測監視者に観測の進捗情報を報告している。報告するメールは大別して「定刻メール」と「状況報告メール」の2つに分けられる(図3参照)。

2-1. 観測監視(定刻メール)

観測制御システムはシステム状況把握のため、観測明けに観測の有無に関らず「KWFC Daily Report」メールを送る。また、観測が行われてかつ星像が確認出来る場合には「Pointing Error Report」が自動的に送られる。

図4 はある日の Daily Report の一部である。内容は計算機の可動状況、ハードディスクの利用度情報、検出器の温度、観測された画像情報等である。

Pointing Error Report は観測画像より求めた中心位置から望遠鏡のポインティング位置を差し引いたオフセットを算出し、作図して(図5参照)送られてくるもので、横軸は時間を示している。これらの情報は大変有用で、今年の2月には、ポインティングエラーの解析から、観測をしてい

※観測監視メールの分類

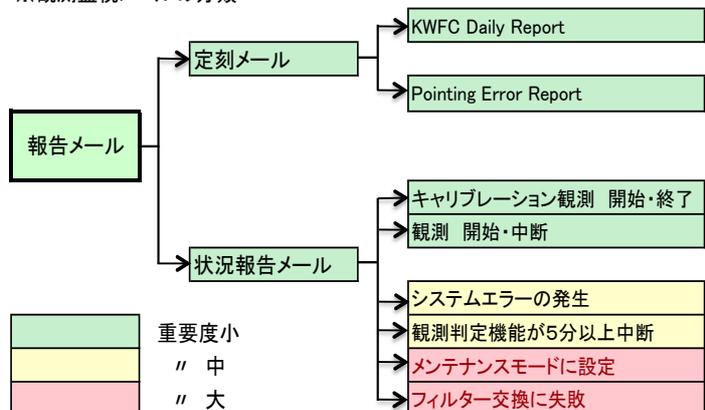


図3. 観測監視メールの分類

```

# KWFC daily report                20151025

# check_network
ping confirmed : ootake
ping confirmed : tenmon
ping confirmed : meckke

# check_hdd
oriitte      hdd = /          avail = 21G      used = 56%
oriitte      hdd = /data0    avail = 454G     used = 74%
oriitte      hdd = /data1    avail = 1.1T     used = 37%
oriitte      hdd = /data2    avail = 676G     used = 62%
tenmon       hdd = /          avail = 306G     used = 25%
tenmon       hdd = /mnt/data  avail = 265G     used = 87%
meckke       hdd = /          avail = 21G      used = 56%

# check_det_temp
det1=-95.39 det2=-105.14 det3=-104.01 head=-137.310 (15/10/26 00:28:34 UTC)

# FITS number check
120606 - 120880 => 275
OK (nexp=275)

# nexp
total        275
P0029        7
P0020        9
CAL          78
P0001       181

```

Network 情報

H.D 情報

Detector の温度情報

プロジェクト毎の観測情報

Exposure 情報

```

# exposures
KWFC0120620 09:39:52 CAL OK 18 11.0 V 12:02:12.8 +115:58:40 D-FLAT
KWFC0120621 09:42:22 CAL OK 18 11.0 V 12:04:43.3 +115:58:40 D-FLAT
KWFC0120622 09:44:52 CAL OK 18 11.0 V 12:07:13.0 +115:58:39 D-FLAT
KWFC0120623 17:06:22 CAL OK 18 0.0 V 19:30:08.7 +115:58:17 BIAS
KWFC0120624 17:08:32 CAL OK 18 0.0 V 19:32:19.3 +115:58:15 BIAS
KWFC0120625 17:10:42 CAL OK 18 0.0 V 19:34:30.3 +115:58:12 BIAS
KWFC0120626 17:12:52 CAL OK 18 0.0 V 19:36:40.8 +115:58:09 BIAS
KWFC0120627 17:15:01 CAL OK 18 0.0 V 19:38:51.1 +115:58:06 BIAS
KWFC0120633 17:55:29 P0020 OK 18 300.0 u 00:42:59.8 +041:19:09 M31
KWFC0120634 18:03:04 P0020 OK 18 300.0 u 00:42:43.8 +041:16:09 M31
KWFC0120635 18:10:27 P0020 OK 18 300.0 u 00:42:27.7 +041:13:09 M31
KWFC0120636 18:16:00 P0020 OK 18 60.0 V 00:42:27.6 +041:13:10 M31
KWFC0120638 18:30:36 P0020 OK 18 60.0 V 00:42:43.9 +041:16:06 M31
KWFC0120639 18:33:59 P0020 OK 18 60.0 V 00:42:59.8 +041:19:08 M31
KWFC0120640 18:37:40 P0020 OK 18 60.0 B 00:42:27.9 +041:13:07 M31

```

図 4. KWFC Daily Report の内容

ると徐々に望遠鏡が南にズレる異常な様子が見られた(図 5-1 参照)。調査の結果、望遠鏡のクラッチが滑っていることが判明したため、ウォームホイールと望遠鏡を機械的に固定する対策を施した(図 5-2)。その結果、望遠鏡のズレる不具合は解消された。

2-2. 観測監視(状況報告メール)

状況報告メールは、観測状況に変化があった場合や異常が発生した場合等に送られてくる。状況に変化があった場合の具体例としては、**(1) バイアス、ドームフラットの自動取得の開始(終了)**、**(2) 観測の開始(中断)など**である。これらの報告メールは基本的に大きな問題にはならないことが多い。

一方、観測時に障害や故障が発生した場合には、**(3) システムエラーの発生**、**(4) 観測自動判定プログラムが5分以上停止**、**(5) システムがメンテナンスモードに設定、何らかのエラーが発生した可能性がある**、**(6) フィルター交換に失敗**の4つの項目**(3)~(6)**に大別して報告される。

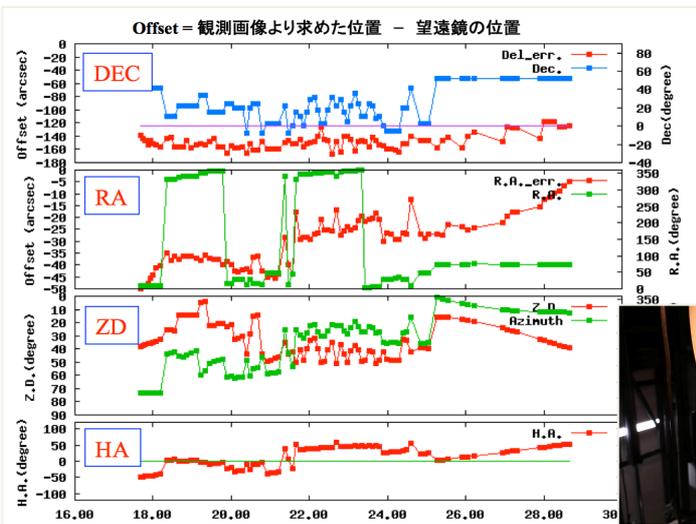


図 5. Pointing Error Report の図

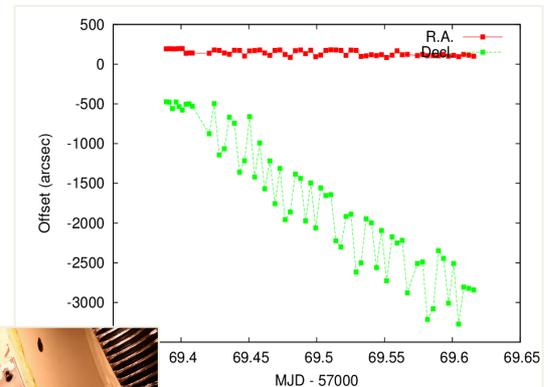


図 5-1. 望遠鏡のオフセット量

図 5-2. ウォームホイール固定

(3)のシステムエラーが発生している原因の多くは、DEC 軸に大きな負担がかかって起こる現象であることが分かっている。エラーの対処はリモートからでも可能であるが、後半夜に発生して対処出来ない場合などはその後の観測は中止してもらうことにしている。(4)は大方の場合、望遠鏡のメンテナンス中や PC の作業時等に起こることが分かっており、これらもその殆どは大きな問題になっていない。

自動観測時に障害や故障が発生した場合で、直ぐに対応が必要である可能性が高いのは、突然メンテナンスモードに切り替わる何らかの異常や、フィルター交換に失敗した時などである。

3. 異常事態への対応

異常状態(5)が発生すると、観測制御システムから図6のようなメールが送られてくる。メールを確認すると赤矢印が示すように、「domeslit」の項目が「ng」となっている。このことはスリットのステータスが取れないことを示している。詳細確認のため、VPNを介して観測所へログインし、自動観測システムの情報やWebカメラの画像等を見ながら調査する(図6-1、図6-2)。調査の結果、ドームスリットが開のまま、観測コマンド「domeslit Close」を実行しても、反応がないことが確認された。

ドームスリットの開閉(特に閉)に何らかの問題が発生すると、最悪の場合雨等が降って望遠鏡や観測装置に大きなダメージを与える可能性がある。このように緊急の対応が必要な場合は、観測所に登って対応しなければならない。実際(5)の例では、ドームの主電源ブレーカーが落ちたことが原因であり、回復には手動でブレーカーを復帰させなければならなかった。(6)の場合も、フィルター交換中に動作停止となり、そのままでは観測を中止せざるを得なかったが、フィルター交換ロボットの状況を確認して、特定のフィルターを使用しないことで、観測を再開することができた。この場合も観測所に登っての現場確認が必要となった事例である。

Date: 2015/08/01 23:01:43 (JST)
システムがメンテナンスモードに設定されました。
何らかのエラーが発生した可能性があります。

Status:
Rain : OK -> OK
Hum. : OK -> OK
Fog : OK (OK) -> OK (OK)
Cloud : OK -> OK
Sun Alt. : -33.811527 -> -33.840907

望遠鏡・ドームのステータス

ra=20:04:26.2	domepos=+106.5
dec=+034:57:04	lfilter=6
HA=-00:12:42	RA-mode=Q
ZD=02.83	DEC-mode=Q
AZIMTH=+105.3	TEL-mode=
DATE=2015:08:01	prism=00.25
LST=19:51:43	shutter=C
JST=23:01:45	carriage=O
focus=25.00	mirrorcov=O
exp=000.0	→ domeslit=ng
pexp=999.9	e=0
plateno=07455	

Last Update	2015-12-07 16:00
Current Time	2015-12-07 16:00
Auto Mode	OFF
Queue Generator	OFF
Weather Monitor	OFF
Telescope	Tracking: OFF
Telescope Controller	no error
Dome Slit	ng
Maintenance Mode	OFF
Observation	NG
Que Status	WAITING



図6. 状況報告メール例

図6-1. 自動観測システム情報

図6-2. Webカメラ群の画像

4. まとめ

シュミット望遠鏡の自動観測は2015年4月より本格的に運用を開始しているが、概ね良好に機能している。実際の観測では、同一夜に複数の観測者が観測を行うことがある。このような場合、観測計画の調整や観測手法等の指導は主に常駐の研究者が担当している。一方、観測テーマ毎に必要なフィルターセットの交換や観測中に発生する障害・故障への対応は、主に技術系職員が行う。しかし、夜間を通して対応することには無理があるため、緊急に対応する必要が無い事案に対しては、その日の観測を中断することになっている。

今後は、より一層観測監視の負担を軽減するために、正常動作の状況報告メールの送信を中止するなど、送信内容の整理も実施したいと考えている。また、望遠鏡やドームをより安定して稼働させることができるよう、各種調整・改修を行って行く予定である。