

188 cm望遠鏡の自動化に向けた改修

多くの時間を使い多数の天体を観測するプロジェクト観測や、短い観測を高頻度に行うモニター観測、観測者が来所して観測を行うことが困難な ToO 観測など、近年多様化する 188 cm望遠鏡を用いた共同利用観測へのニーズを満たし成果の最大化を図るには、観測能力の向上および省力化だけではなく観測の自動化が必須である。平成 27 年度には自動観測システムの全体像の設計と必要となる機能の策定および、各個別機能のうち観測ログデータベースの作成や気象データを用いた観測可能条件の自動判定、188 cm望遠鏡のポインティング精度の向上とオートフォーカス機能の実現のための小規模な改修や実験を行った。

・188 cmの自動化に向けた全体像の設計

将来的な HIDES-Fiber をターゲットとした全自動分光望遠鏡の実現に向けて、自動観測システムの全体像の設計を行った。全自動観測を実現するための要素として(1)気象データ等から観測ができる条件かどうかの判定を行う観測可能条件判定システム、(2)観測コマンドの逐次実行や停止・再開等の制御を行うキューシステム、(3)観測天体リストから天体を選びキューシステムに観測コマンドを登録する観測天体選定システム、(4)ユーザーインターフェースの 4 つが挙げられる(図 1)。これらのうち、観測可能条件判定システムとキューシステムについて、必要な個別機能の選定や仕様策定を行なった。

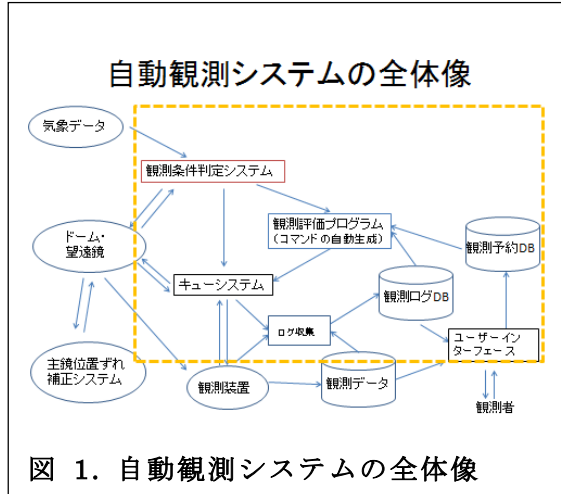


図 1. 自動観測システムの全体像

図 2. 観測ログデータベースの情報の Web ページの例

この図は、OAO-188cm Exposure Log の Web ページのスクリーンショットを示しています。ページのタイトルは「OAO-188cm Exposure Log」です。ページの上部には「DATE-OBS: 20150101」および「Instrument: HIDES」が表示されています。下部には、観測ログのテーブルが表示されています。テーブルのヘッダーは「EXPID OBJECT DATA-TYPE JUST EXP TIME PROF-ID OBSERVER FOC-VAL FITS FILTER CROSS-COR ANG」です。テーブルのデータ行には、観測の各要素が記載されています。

EXPID	OBJECT	DATA-TYPE	JUST	EXP TIME	PROF-ID	OBSERVER	FOC-VAL	FITS	FILTER	CROSS-COR	ANG
0001689	BAS	BAS	19-48:37	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.70	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001694	COMPARISON	COMPARISON	19-48:08	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.70	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001699	hd9562	DB-ECT	19-08:14	4900	TEST	UK, MAEHARA	-20.10	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001699	hd9562	DB-ECT	19-08:14	15000	TEST	UK, MAEHARA	-20.10	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001699	hd9562	DB-ECT	19-08:46	15000	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001699	COMPARISON	COMPARISON	20-23:07	50	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001699	v1110cas	DB-ECT	20-27:43	20000	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001670	504 Cas	DB-ECT	22-28:16	12000	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001671	COMPARISON	COMPARISON	22-29:38	50	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001672	M99 Cas	DB-ECT	22-29:24	3000	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001672	COMPARISON	COMPARISON	23-04:41	50	TEST	UK, MAEHARA	-20.40	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001674	V733 Mon	DB-ECT	23-15:40	8000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001675	V733 Mon	DB-ECT	23-31:28	8000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001676	COMPARISON	COMPARISON	23-47:42	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001677	MASS 1089	DB-ECT	23-50:02	2400	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001678	COMPARISON	COMPARISON	24-31:17	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001679	H93454	DB-ECT	24-33:46	3000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001680	COMPARISON	COMPARISON	24-40:05	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001681	hd4540	DB-ECT	24-47:29	3000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001682	hd45021	DB-ECT	25-41:50	20000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001683	hd4008	DB-ECT	25-20:23	18000	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001684	hd2507	DB-ECT	27-01:10	2400	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED
0001685	COMPARISON	COMPARISON	27-42:30	50	TEST	UK, MAEHARA	-21.00	0.1	2	QUARTZ/NONE	RED

図 2. 観測ログデータベースの情報の Web ページの例

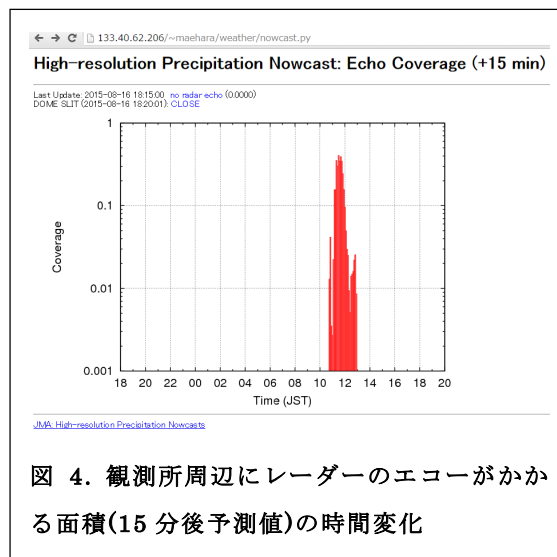
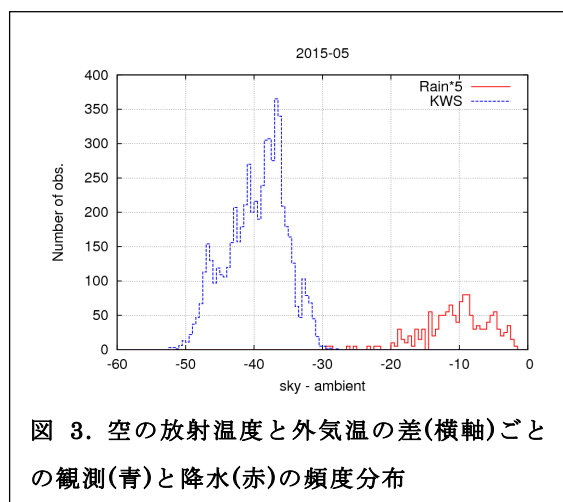
・観測ログデータベースの作成

観測者の判断により観測が行われた時間帯にどのような気象条件になっていたのか調べることで観測可能な条件の基準の策定する目的で、既存の HIDES-Fiber の観測データのうち FITS ヘッダの各項目をデータベース化し、既存の観測ログの主要項目を自動生成する仕組みを作成した(図 2)。これは将来の全自動観測においても次の観測天体を自動選定機能の実現のために必須の機能である。また、平成 27 年度からは共同利用観測におけるリモート観測がスタートし、今後も ToO 観測等でリモート観測の需要は増大すると考えられる。この

ため、紙のログシートに観測ログを書き込むという従来のやり方に代えて、観測ログのうち FITS ヘッダなどの機械的に収集できる部分は自動生成し、その他のトラブルなどの情報を観測者が Web フォームから入力し最終的な観測ログとして出力するシステムへの移行が必要となる。今後は観測ログデータベースに観測者がアクセスするための認証機構やユーザーインターフェースの制作を行う予定である。

・観測可能な条件の自動判定のための評価項目・判定基準の策定

既存の気象観測機器に加えて空の放射温度を測定する赤外線センサーを新たに設置した。これによって得られたデータと実際に観測が行われている時のデータを比較することで、6・9 月以外は晴れ/曇りの判定をセンサーのデータのみから行うことができることが分かった(図 3)。しかしながら、赤外線センサーで測定した快晴時の空の放射温度と大気中の水蒸気量に強い相関がみられ、夏季(6・9 月)は降水をもたらす雲は検出できるものの、晴れ/曇りの判定が困難なことも分かった。可視の全天スカイモニターの画像を使った晴れ/曇り判定や気象庁の運用する気象レーダーのデータを使った降水予測情報の評価(図 4)など他の手法でも観測可能となる、または逆に観測を中断すべき条件の評価を行っており、今後は複数の手法による実用的な判定基準の策定を行う予定である。



・ポインティング精度の向上

平成 24 年度に行った駆動系・制御系の改修によって、案内望遠鏡での指向精度は 1.2”(RMS)を達成したが、188 cm 望遠鏡本体の方では 9.5”(RMS)と、改修前より改善されたものの、HIDES-fiber を用いた自動観測に必要な精度(3・5”RMS)には達していなかった。案内望遠鏡と 188 cm 望遠鏡の指向精度に大きな開きがある理由は、望遠鏡の姿勢により主鏡の位置が変化することであると考えられたため、主鏡位置の変化を測定する変位センサーを設置した。主鏡位置の変化を補正したポインティングモデルの解析の結果、188 cm 望遠鏡本体で 2.4”(RMS)となり、主鏡位置の変化を補正することで指向精度を向上させられることを確認

した(図 5)。

・最適フォーカスの自動算出のための予測モデル構築

188 cm望遠鏡のフォーカス位置は温度などの要因によって最大 4mm 程度の変化がある。観測時には 1 晩のうちの数回、実際の星を用いて最適なフォーカス位置を求める作業を行う必要があり、その分の観測時間を無駄にになってしまうことになる。そこで、望遠鏡の主鏡、副鏡、鏡筒トラスなどに温度センサーを設置し、得られたデータから各部材の温度変化による膨張・収縮や変形を補正して最適なフォーカス位置を求めるためのモデルの構築を行った。現在のところ、温度から求めた最適なフォーカス位置と観測者の求めた値の残差は 0.15mm(RMS)程度まで追い込むことができています(図 6)。今後は測定点を増やした予測モデルの改良などを行い、精度が 0.05-0.01 mm (RMS)となれば、自動焦点追尾が実現できる見込みである。

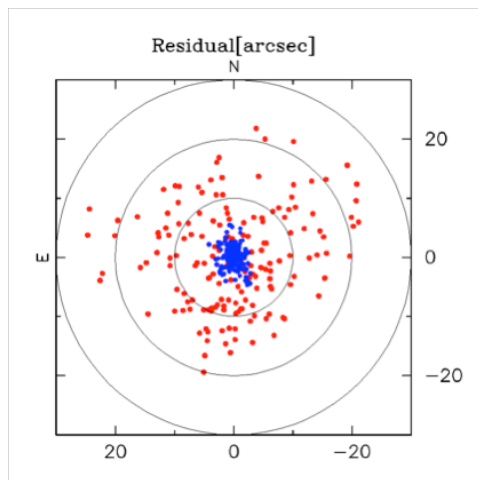


図 5. 現状の指向誤差(赤、10 秒角 RMS)と主鏡変位の測定値に基づき補正を行った場合の指向誤差(青、2.4 秒角 RMS)

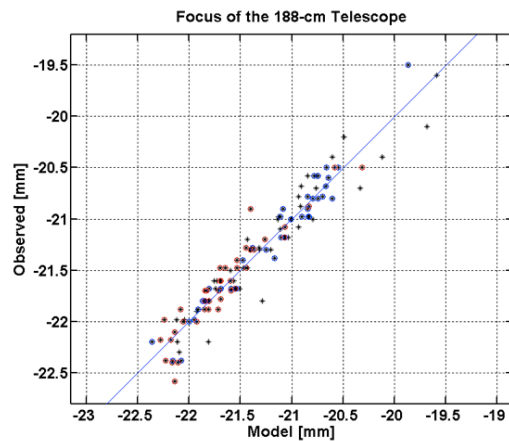


図 6. 観測者の求めたフォーカス位置と予測モデルから決めたフォーカス位置の関係