

リモート自動観測システムの現況

猿楽祐樹、木曾観測所スタッフ、前原裕之

リモート自動観測システム実現の経緯

- **ニーズ**

- 大量・高頻度の大規模観測 (KISOGP, KISS) の実施
- 少量だが定期的なモニタリング観測の需要

- **環境の向上**

- 様々な気象観測システム充実
 - 気温、湿度、雨滴、霧、空の放射温度 etc.
 - KWFCの観測統計と比較することで、観測可能条件を気象センサのデータのみで判別可能になった
- 望遠鏡改修によるポインティングの高精度化・高速化
 - 計画的な観測が可能になった
- ネットワークの高速化
 - CATV回線→光回線(実効転送速度:~20Mbps)
 - KWFCのデータをそのまま転送可能になった

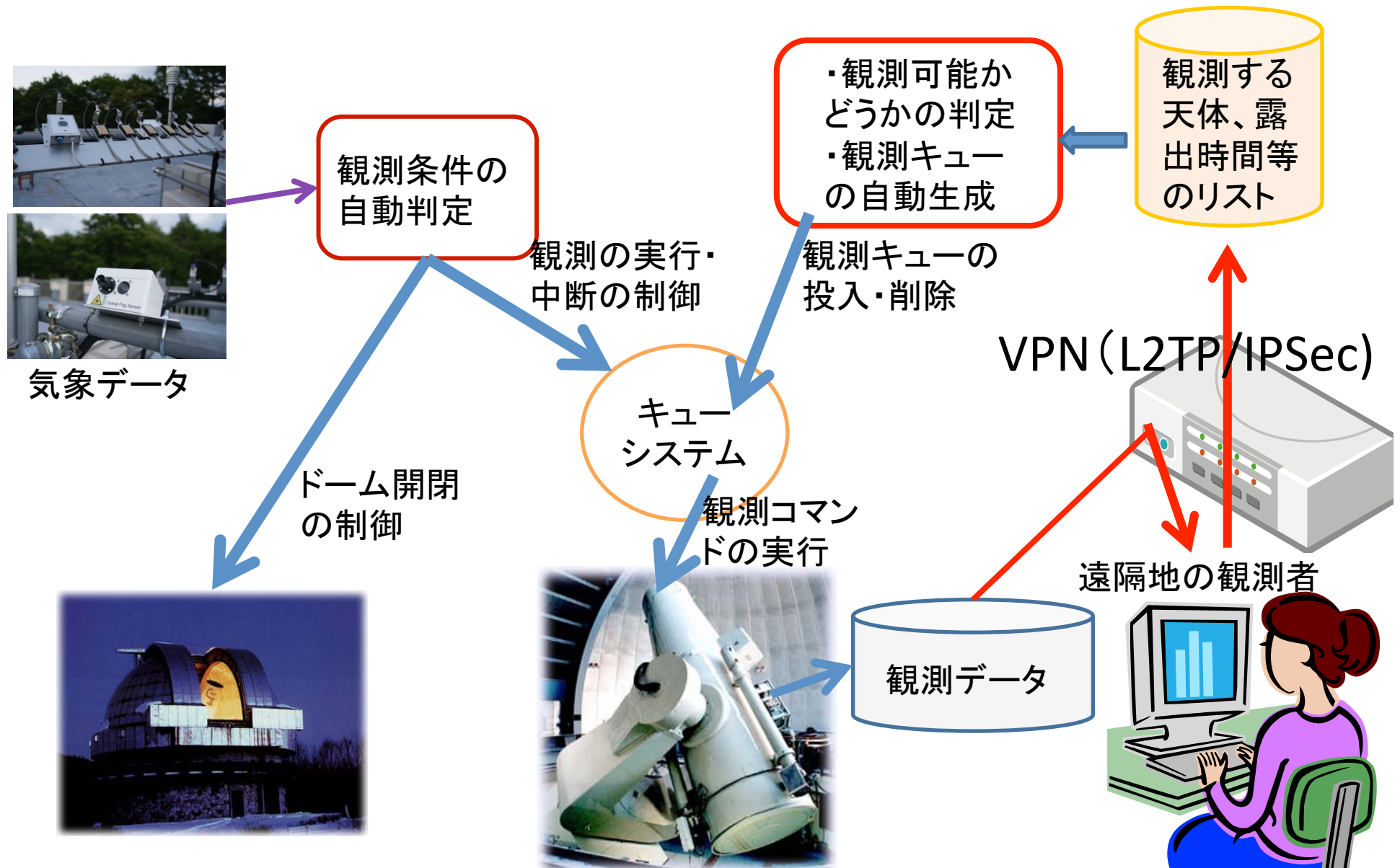
- **システムの発展**

- キュー観測
- リモートオペレーション
- 観測条件の自動判定
- 2014年10-12月期から試験的に公開、2015年4-6月期から正式スタート

木曾のリモート自動観測システムの特徴

- **機器制御・観測コマンドは全て自動実行**
 - 観測者にコマンドを実行させない
 - 既存の観測システムを単に遠隔操作できるようにしただけでは、ネットワークの接続が切れた場合等、制御不能になった場合の安全性に問題がある
 - 観測者がすること
 - 観測天体リストの作成
 - 観測状況の監視
 - データのダウンロード
 - 解析・論文化
 - (使い勝手を観測所へフィードバック)
- **Webベースのユーザーインターフェース**
 - VPNがつながり、Webブラウザが動けばOK
- **従来の来所して観測するプログラムと共存可能**
 - 専用望遠鏡ではないので、滞在者による観測との共存が必要

リモート自動観測システムの概略



リモート自動観測システムの概略



気象データ

観測条件の自動判定
観測キューの自動生成
リモートアクセス
観測オペレーション

* 詳細は以下を参照

- ・ 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、前原他、第34回 天文学に関する技術シンポジウム
- ・ リモート観測・自動観測システムの構築、前原他、木曾シュミットシンポジウム2014



・観測可能かどうかの判定
・観測キューの自動生成

観測する天体、露出時間等のリスト

観測キューの投入・削除

VPN (L2TP/IPSec)

キューシステム

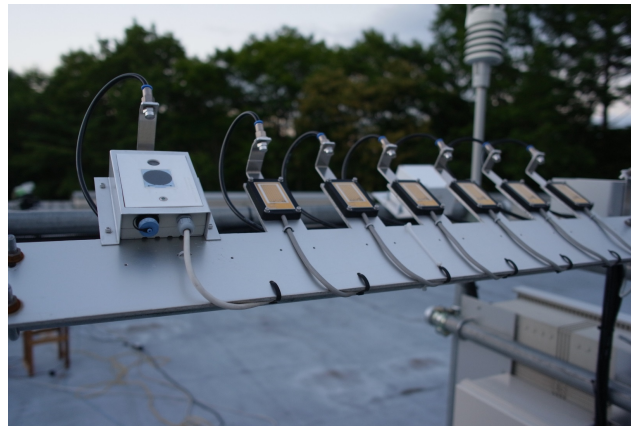
観測コマンド

観測データ

観測条件の自動判定

判定の基となる情報

- 観測所本館屋上で取得している気象データ
 - 気温・湿度
 - 雨滴センサ
 - 霧センサ
 - 放射温度
 - 全天カメラ



- 太陽高度

観測の自動停止・再開の判定条件

- 雨滴・雲・湿度・視程(霧)・視程の時間変動・太陽高度の6条件
 - 停止: どれか1つでも停止の閾値を超えた時
 - 開始: 全ての観測値が開始の閾値以下になった時
- 観測の開始・中断・停止とドームスリットスリットの開閉を自動的に行う

表 1.2: 観測の開始・再開条件および終了・中断条件

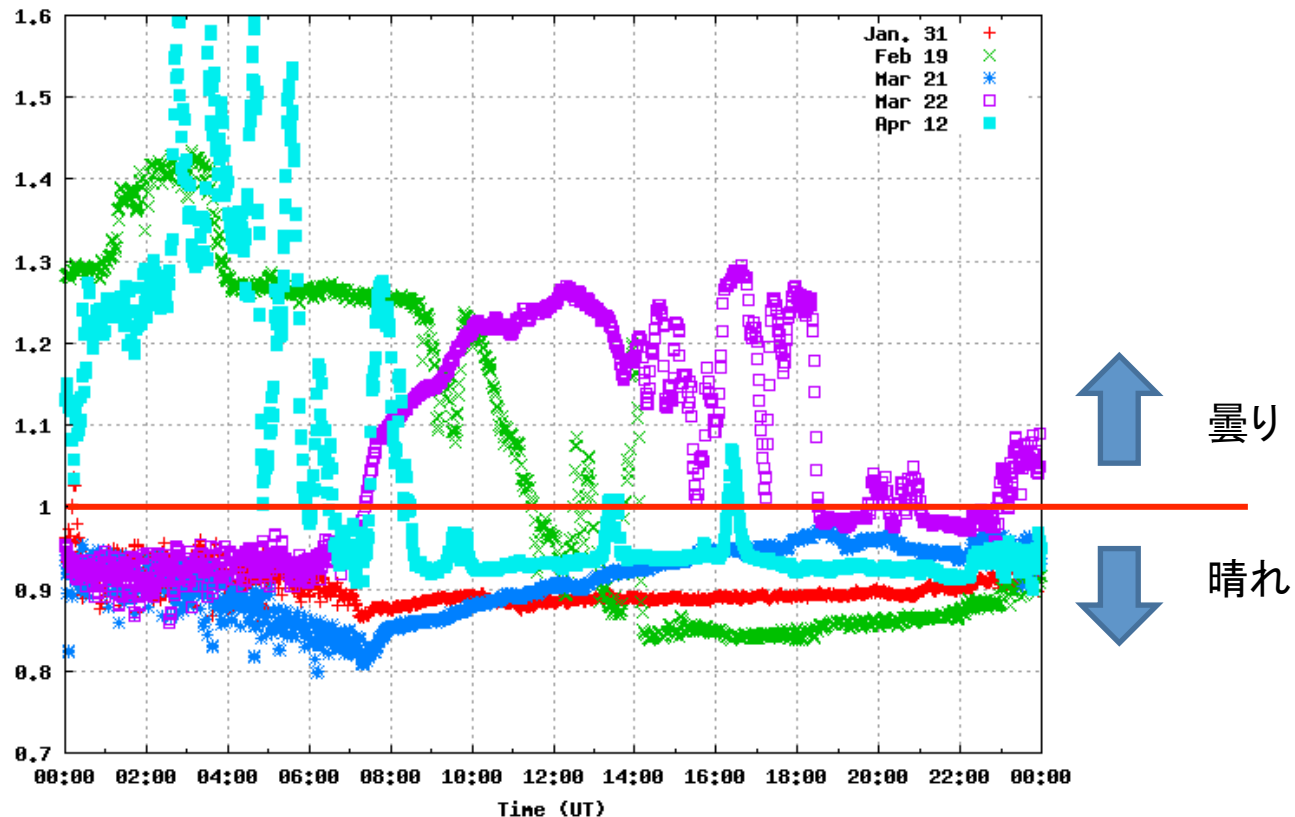
判定項目	開始・再開条件	中断・終了条件
雨滴	雨滴を検知したセンサ数が0	雨滴を検知したセンサ数が1以上
湿度	94%未満	95%以上
霧	視程 3500m 以上	視程 2500m 未満
視程の時間変化 (10 分間の最大最小値の差)	10 分間の平均に対して 20%以下	10 分間の平均に対して 25%以上
雲 (外気温から推定した快晴時の放射強度と観測された放射強度の比)	1.0 以下	1.05 以上
太陽高度	-8° 未満	-8° 以上

晴れ/曇りの判定

- 外気温から推定される雲がないとき空の放射強度と観測された空の放射強度の比から晴れ/曇りを判定する
- KWFCの観測ログと比較すると、おおむね比が1を下回っていれば観測が行われていた

$$R = \sigma T^4 \{1 - c \exp[-d(273 - T)]^2\}$$

Where $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$, $c = 0.261$, and $d = 0.000777 \text{ K}^2$
Idso & Jackson 1969, JGR 74, 5397



観測キューの自動生成

観測予約リストからキューの選定

– 観測日・観測時刻が合致するものを選択



– 観測限界高度よりも高いかどうか判定



– 観測順序の決定

• 観測の優先度 → 観測回数 → 観測可能時間



– 観測キューの投入

- 最大で4つまで投入
- 終了見込み時間経過後に観測予約リストの再評価
- CCD読み出し時間を利用して次の天体にポインティング
or フィルター交換を行う観測キューを生成する



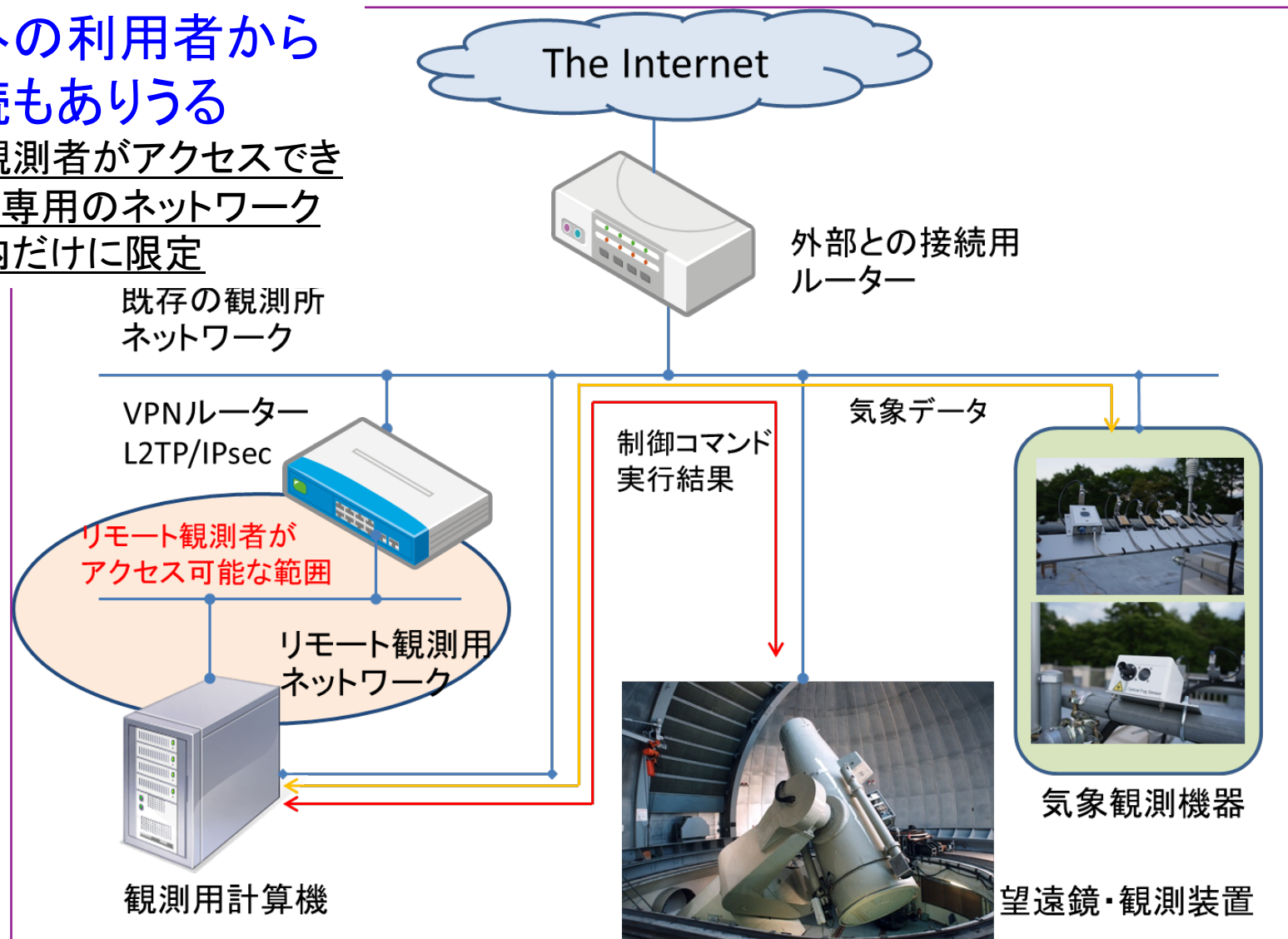
BIAS, DOMEFLATの自動取得

- 予約登録されている観測のフィルター, Readout mode
→観測前(17時)に5枚ずつ
- 実際に行われた観測のフィルター, Readout mode
→観測後(太陽高度:-1°)に10枚ずつ
- 観測者がBIAS, DOMEFLATを撮らなくてもよい
 - もっと多くの枚数が必要な場合は要相談
- 今後はキャリブレーション済みデータの配布も検討
 - 現状でもWCSを求めるためにほぼリアルタイムに処理している

リモートアクセス

VPNによるセキュアな接続と 所内ネットワークとの隔離

- 共同利用機関
→学外の利用者からの
接続もありうる
外部の観測者がアクセスできる
範囲を専用のネットワーク
の範囲内だけに限定



観測オペレーション

観測予約登録システム

- Webベースのユーザーインターフェース
 - 共同利用観測者ごとにログイン
 - 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
 - 観測する条件(時刻、高度、優先度)も設定可能

観測予約にはPROP-IDとパスワードが必要です。

ログイン

PROP-ID

Password

Copyright © 2014 Kiso Observatory

KWFC Observer's Portal

KWFC Remote Observation System

Observation List (20140709)

PROP-ID: P0020

[reload](#)

OBS START	OBS END	OBJECT	RA (X offset)	DEC (Y offset)	FILTER01	K_MODE	EXP	Alt. Limit	Max Nobs	Priority
17 00	31 00		(X offset: 0)	(Y offset: 0)	B	18		25	1	<input checked="" type="radio"/> middle <input type="radio"/> low

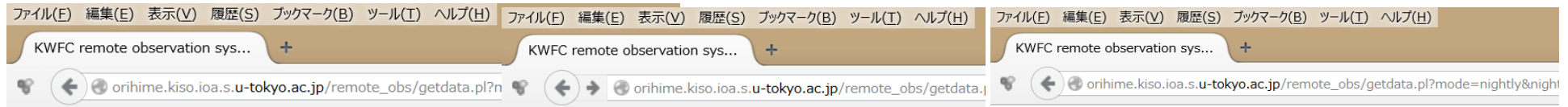
[download list as CSV](#)
[Add observations from CSV](#) —一括登録もOK

<20140708 20140710>

OBS ID	OBS START	OBS END	OBJECT	RA (X offset)	DEC (Y offset)	FILTER01	K_MODE	EXP	Alt. Limit	Max Nobs	Priority	Nobs DONE	Delete
1723	1700	3100	M31	00:42:44 (0)	+41:16:07 (0)	V	18	60	25	1	middle	0	<input type="checkbox"/>
1724	1700	3100	M31	00:42:44 (180)	+41:16:07 (180)	V	18	60	25	1	middle	0	<input type="checkbox"/>
1725	1700	3100	M31	00:42:44 (-180)	+41:16:07 (-180)	V	18	60	25	1	middle	0	<input type="checkbox"/>

観測データのダウンロード用Web UI

- 共同利用観測者ごとにログイン
 - データの占有期間内は他の観測者の生データにアクセスできるのは望ましくないので**自分の観測データ以外は表示/ダウンロード不可**
 - BIAS, DOMEFLATは全てアクセス可能



[KWFC Observer's Portal](#)

KWFC Data Download Form

観測データのダウンロードにはPROP-IDとパスワードが必要です

ログイン

PROP-ID

Password

Copyright © 2014 Kiso Observatory

[KWFC Observer's Portal](#)

KWFC Data Download Form

Observation log

PROP-ID: P0001

20140701

Night	Number of Exposures	BIAS	DOMEFLAT
20140701	12	18 (10) ALL	I, 18 (10) g, 18 (10) ALL
20140629	5	14 (10) 18 (10) ALL	B, 14 (10) V, 14 (10) g, 14 (10) z, 14 (10) I, 18 (10) g, 18 (10) ALL
20140619	20	18 (10) ALL	I, 18 (10) ALL
20140616	48	14 (15) 18 (10) ALL	B, 14 (15) V, 14 (15) z, 14 (10) I, 18 (10) g, 18 (10) ALL

[KWFC Observer's Portal](#)

KWFC Data Download Form

Nightly exposure log

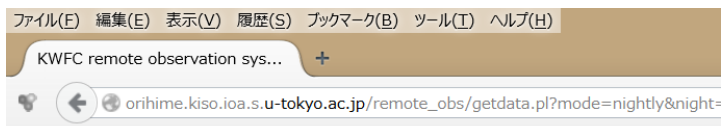
Night: 20140701 PROP-ID: P0001

EXP. ID	JUST	Object	FILTER01	EXPTIME	K_MODE	Download
KWFC0084466	24:44:57	KGFP061+00	I	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084467	24:47:52	KGFP061+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084468	24:51:14	KGFP061+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084469	24:54:35	KGFP061+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084470	24:57:28	KGFP063+00	I	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084471	25:00:23	KGFP063+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084472	25:03:44	KGFP063+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084473	25:07:05	KGFP063+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084474	25:09:58	KGFP065+00	I	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084475	25:12:53	KGFP065+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084476	25:16:15	KGFP065+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084477	25:19:37	KGFP065+00	I	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>

[Back to observation log](#)
[logout](#)

観測データのダウンロード用Web UI

- FITSをtar形式のファイルにまとめてダウンロード
 - KWFCのファイルサイズが巨大なため、準備ができればPIのメールアドレス宛に通知



[KWFC Observer's Portal](#)

KWFC Data Download Form

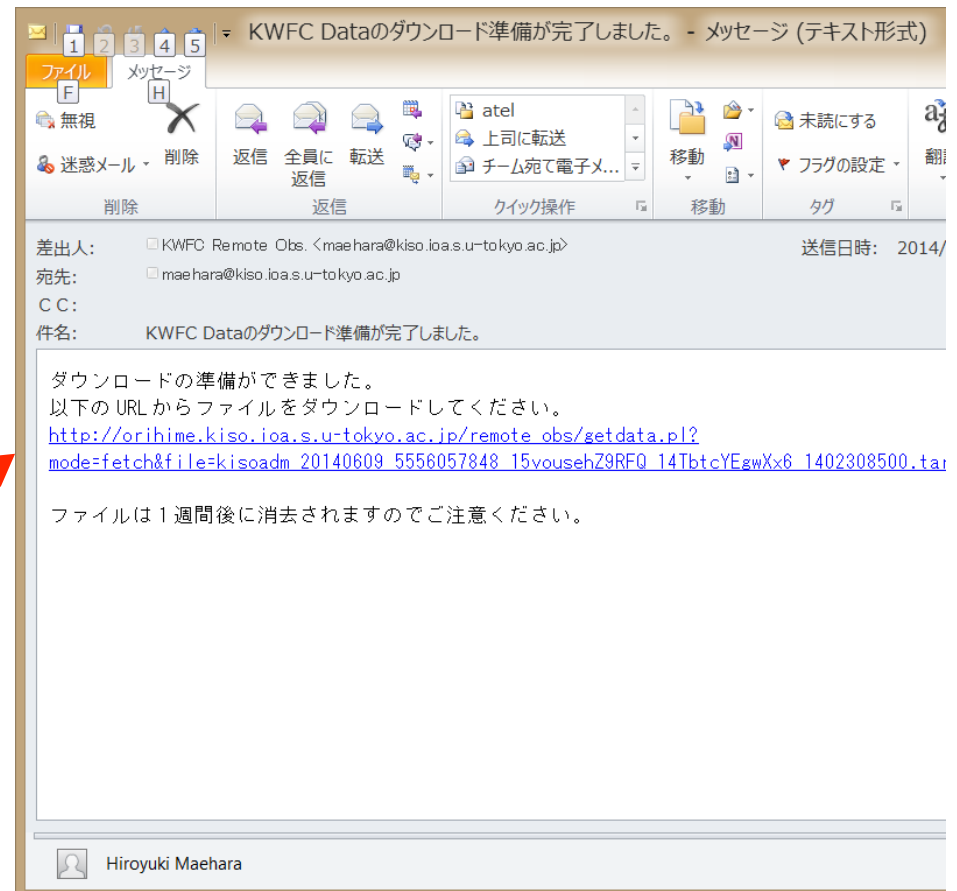
Nightly exposure log

Night: 20140701 PROP-ID: P0001

EXP. ID	JST	Object	FILTER01	EXPTIME	K_MODE	Download
KWFC0084466	24:44:57	KGP061+00	[	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084467	24:47:52	KGP061+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084468	24:51:14	KGP061+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084469	24:54:35	KGP061+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084470	24:57:28	KGP063+00	[	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084471	25:00:23	KGP063+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084472	25:03:44	KGP063+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084473	25:07:05	KGP063+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084474	25:09:58	KGP065+00	[	5	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084475	25:12:53	KGP065+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084476	25:16:15	KGP065+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>
KWFC0084477	25:19:37	KGP065+00	[	60	18	<input checked="" type="checkbox"/>

[Download files](#)

数分後



[Back to observation log](#)
[logout](#)

観測状況の可視化

- リモート観測では気象条件や観測装置の状況が観測者に分かりにくい
 - 順調に観測できているのかなどを分かりやすくするためには、様々な情報や観測データの可視化が不可欠
- 木曾所内からもリモート観測の状況を把握する必要がある
 - 装置のメンテナンス等
- 可視化されている情報
 - 自動観測・リモート観測の状況
 - 気象データ
 - 望遠鏡の状態
 - 観測の進行状況
 - 取得データ

稼働状況と今後の課題

- 稼働状況

- システムは安定
- VPNがつながりにくい場合がある(最大6地点)

- 今後の課題

- キャリブレーションの自動化
 - KISOGP, KISSの蓄積を参考に構築？
- データの一括ダウンロード(ユーザーからの要望)
- 特定の時間に観測したい場合(移動天体)
- ToO観測への対応(重力波電磁波対応天体、GRB、etc.)
- 観測の効率化
 - 観測時間の割り当てを夜単位ではなく、時間単位
 - どのように時間シェア？(シンポジウムで議論)
 - ターゲットによって観測条件のクライテリアを変える
 - 気象条件、月位相、月離角と限界等級の関係の定量評価
- 観測達成度の可視化
- トラブル発生時の対応
- 火山灰の検知

まとめ

- **大規模観測の展開、インフラの充実を背景にリモート自動観測システムの構築**
 - 2015年4-6月期から正式に公開
- **観測の自動判定**
 - 雨滴・雲・湿度・視程(霧)・視程の時間変動・太陽高度の6条件
- **観測キューの自動生成**
 - 登録されている観測予約リストから優先度も判定
 - BIAS, DOMEFLATも自動取得
- **リモートアクセス、観測オペレーション**
 - VPNによるセキュアな接続
 - Webベースのユーザーインターフェース
 - 観測状況の可視化
- **木曾独自の観測への最適化、観測測の効率化**