

東京大学アタカマ天文台 miniTAO 望遠鏡の遠隔観測化

機器分析・実習系 越田 進太郎

Abstract: Tokyo Atacama Observatory (TAO) project, promoted mainly by the Institute of Astronomy, the University of Tokyo, constructed an infrared telescope with 1m primary mirror at the summit of Co. Chajnantor in northern area of Republic of Chile. The world highest altitudes, 5640m, of the site as an astronomical observatory motivate them to introduce a remote observation system which not only reduces a risk accompanied with research activities at the summit but also augments observation time. The system contains a wireless LAN networking system along the long distance of 50km, a variety of sensors, and automated emergency response systems. Remote observations were executed first at May 2011, and as the result observation time augmented more than 20%.

1. 背景

東京大学理学系研究科天文学教育研究センターでは、チリ共和国・チャナントール山頂に口径 6.5m の赤外線望遠鏡を建設する東京大学アタカマ天文台(TAO)計画を推進している。そのパイロット機として口径 1m の miniTAO 望遠鏡が 2009 年 3 月に現地に建設された(図 1)。この望遠鏡は近赤外(ANIR)および中間赤外(MAX38)の 2 台の観測装置を備えており、年間 120 日程度の天文観測を行っている。また、この望遠鏡は 2011 年 9 月現在世界でもっとも高い場所にある観測所としてギネスブックにも認定されている。



チャナントール山頂は標高 5640m に達するため大気が薄く、また年間平均湿度 20% と大気中の水蒸気量が非常に少ない。水蒸気は赤外線を吸収するため天文観測上の障害となるが、その影響が小さいチャナントール山頂は他に類を見ない好条件を備えているといえる。しかし、低温・低酸素・強い紫外線など人間活動には苛酷な環境である上、生活圏である山麓の町サンペドロ・デ・アタカマからは約 80km の道のりがあり、これらの安全上・地理上の制限により観測に充てる時間も圧迫されていた。この問題を軽減するため、TAO

プロジェクトでは山麓施設からの遠隔観測システムの構築を計画した。私は今年度この遠隔化の準備・実装に携わった。特に2011年5月の現地作業に参加し、遠隔観測システムの本格的な稼働開始を行った。以下にその進捗をまとめる。

2. miniTAO 望遠鏡遠隔監視システムの構築と設置

miniTAO 望遠鏡における遠隔観測は人の手による観測機器操作およびトラブル対応を前提としている。この概念の下、山頂山麓間を結ぶ無線LAN、監視カメラや可視光全天カメラ、気象モニターなどの環境モニターシステム、さらに天候悪化警報やネットワーク切断時の自動対応などのトラブル対応システムの3つの要素からなるシステムを考案した。

2.1 山頂山麓間ネットワーク

遠隔観測には、遠隔地同士を結ぶネットワークの構築が欠かせない。東京大学アタカマ天文台山麓施設のあるサンペドロ・デ・アタカマから天文台のあるチャナントール山頂は、直線距離約50km、標高差約3000mの隔りがある。TAOプロジェクトではこの距離を無線LAN通信により接続し、観測に必要なネットワーク環境を整えることとした。

2011年2月、TAOプロジェクトチームの峰崎・田辺両助教は、株式会社ユビテックと協力して無線LANネットワークの構築に成功した。このシステムは2.4GHz帯の電波により通信を行い、最大5Mbpsの通信速度を達成する。また、日本無線製アンテナNZA-666を2対備え、1対向の通信が障害を受けても安定した接続を確保する。また、現地で頻繁に起こる砂嵐や吹雪といった悪天候にも耐え得るよう、アンテナ利得は24dBiに及ぶ。図2に山頂山麓の地理的位置関係と無線LANアンテナの写真を掲載する。黒い実線は登頂の際に利用する80kmの道のりである。



2.2 環境モニターシステム

遠隔地から観測に必要な操作を行うためには、山頂の状況を詳細に把握しておく必要がある。望遠鏡・ドームスリット動作状況の視覚的な確認や、気象状況の

把握などがそれにあたる。TAO では、これらの情報を取得するため下記の機器を設置している。

- ・ネットワーク監視カメラ (Panasonic BB-HCM531, BB-HCM580 等)

ドームや観測室内部の様子を監視するために設置。ネットワーク経由で画像を参照できる。

- ・気象センサー(Vaisala WXT520)

風向風速・気温・湿度・雨滴を検出できる。

- ・雨雲モニター(AAG CloudWatcher)

赤外線により夜間の雲を検出できるほか結露センサーや照度計を備えており、昼夜の区別や結露を検出できる。

- ・可視光全天カメラ (クリマテック製作。Nikon D300S 等を利用)

全天画像を可視光で撮影でき、昼間の雲の有無などを視覚的に監視できる。

雨雲モニターおよび可視光全天カメラは 2011 年 5 月の現地作業により新たに設置された。

これらのセンサーによって得られたデータは MySQL を用いたデータベースサーバに蓄積され、HTTP やソケット通信を用いてウェブサイトや自動警報システムなどに利用される。これらのデータベースやインターフェイスは 2011 年 5 月に設置・整備を行った。

2.3 トラブル自動対応システム

遠隔地から観測操作を行う際、状況によっては自動でトラブルに対応できるシステムが必要になる。一つは、ネットワーク障害によって望遠鏡等観測機器の操作ができなくなったとき、機器を破損しない状態に自動で復帰するシステムである。例えば、観測中にドームが開いた状態でネットワークが切断され、その後降雪などが起きた場合、望遠鏡やカメラが雪にさらされ駆動部のさびや電氣的短絡などにより破損する恐れがある。また停電時にはサーバ類が正常に終了するようになる必要がある。もう一つは、天候変化を検知してオペレータに周知するシステムである。遠隔地から操作を行う状況では天文台サイトの天候変化に気づきにくくなるため、警報システムを導入する必要がある。これらの対応を行うスクリプトを Perl などの言語を用いて作成し、実装した。

ネットワーク切断時の自動復帰システムは、次のように動作する。まず、山頂の Linux マシンから山麓の無線 LAN アンテナに向かって定期的 (毎分一回程度) に ping パケットを送信し、ネットワーク接続が確立されていることを確認する。ping に対する応答が一定時間途切れると、ネットワーク切断が起こったと判断し、ドームスリットを閉じて望遠鏡の追尾を停止するコマンドを実行する。ネットワーク復旧後の観測再開は、天文台の安全を確認した上で人為的に行う。

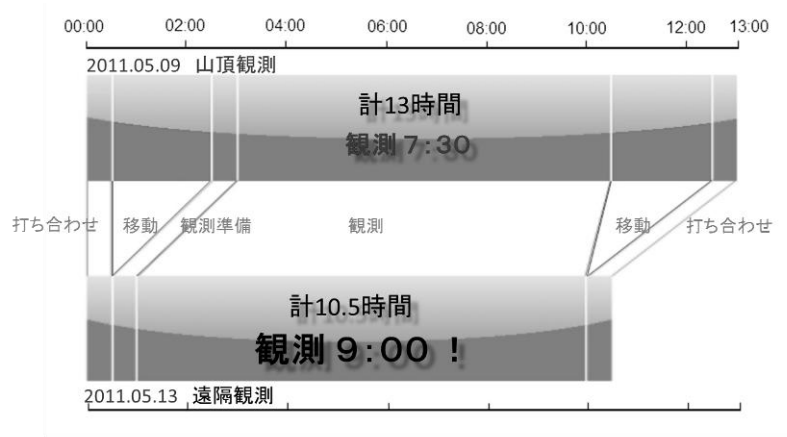
天候悪化警報システムは、前述のデータベースサーバに蓄積された最新の気象情報を一定の間隔(毎分一回程度)で取得し、あらかじめ定義した閾値を超える場

合に山麓に設置した警報用ランプを点灯・点滅させて知らせる。監視する項目は風速、湿度、降雨で、それぞれ 80%, 15m/s, 雨量 >0 mm を閾値としている。



3. 結果

2011年5月の現地作業によってリモート観測システムを確立したのち、同5,6月には山麓観測施設から計6晩の観測を行うことに成功した。それまで8時間が上限であった観測時間を10時間以上にまで延長することが可能となり、観測の効率化を図ることができた。図4に、miniTAO望遠鏡における山頂観測とリモート観測における一日の活動時間の比較を示す。



2011年9～11月に行った観測では、全期間を通じて遠隔観測を実行し、実績やノウハウ・問題点の蓄積を行った。これらの成果を評価し、遠隔観測システムの安定化を今後の観測で実現していく予定である。