

すばる望遠鏡の保守とテレメトリのチェック手法

○佐藤立博 田澤誠一 根岸智 湯谷正美 倉上富夫 並川和人
鍋島芳武 瀧浦晃基 沖田博文 友野大悟

(国立天文台 ハワイ観測所 望遠鏡エンジニアリング部門)

1. まえがき

高い信頼性と安全性の実現は、個々の望遠鏡や望遠鏡計画そのものにおいて、最も基本的かつ重要な問題である[1]。ハワイ観測所のすばる望遠鏡は、1999年にファーストライトを迎えてから、すでに15年が経過した。現在、すばる望遠鏡は摩耗劣化の故障期間に入り、コストが削減されるなか長期に渡り望遠鏡を健全かつ安全に運用することが期待されている。すばる望遠鏡の保守体制は、Daycrew と呼ばれるグループと望遠鏡エンジニアリング部門の2つのグループにより保守運用が行われている[2]。現在、こうした体制のなか望遠鏡に異常が発生した場合、異常を検知する方法は山頂施設にある計算機の GUI 画面や、山頂からのメールや電話連絡などである。このような人が介入する運用では、異常の検知や問題点の把握まで時間を要する。また、人為的な見落としも防げない。そこで、望遠鏡のテレメトリデータを活用しデータの監視や異常検知、さらに有用なデータを示し意思決定の支援を行うシステムが必要である。

本稿では、望遠鏡の保守体制と課題、Daycrew が毎朝山頂で行っている Morning Check を自動化し運用を行ったので報告する。

2. すばる望遠鏡の保守体制

すばる望遠鏡の保守作業は主に Daycrew および望遠鏡エンジニアリング部門によって行われている。蒸着作業や大型部品の補修、交換作業、雪かきやトラブル対応など、人員が必要な作業については両者が協力して行っている。

(1) Daycrew

Daycrew は、Daycrew1, 2 の2班に分けられている。Daycrew1 は、ドームやメインシャッター、駆動部の修理、望遠鏡や観測装置の冷却装置の保守、観測装置などの大型荷物運搬などを行っている。Daycrew2 は観測スケジュールに合わせて望遠鏡に取り付ける装置の交換作業のほか、夜の観測に備え、ドーム・望遠鏡の動作確認、山頂での各作業における干渉の回避、望遠鏡や山頂作業者の安全確保など行う。

(2) 望遠鏡エンジニアリング部門

望遠鏡エンジニアリング部門では、劣化・故障した部品のユニットの交換、機能更新、修理、メンテナンスを行っている。望遠鏡のトラブル時には緊急時も含めテレメトリログを解析しトラブルに至る経緯を調べるほか、山頂での装置や機器の

劣化度合いの測定、不具合箇所の特定、原因の究明、対処法の確立など行っている。

3. これまでの異常検知手法

現在、Daycrew と望遠鏡エンジニアリング部門が行っている日常の健全性チェックは、山頂に設置している望遠鏡制御用計算機の画面(図1)でエラーを監視するというものである。トラブル発生時は、この画面と山頂運用者からのメール、および電話連絡などで異常を確認している。

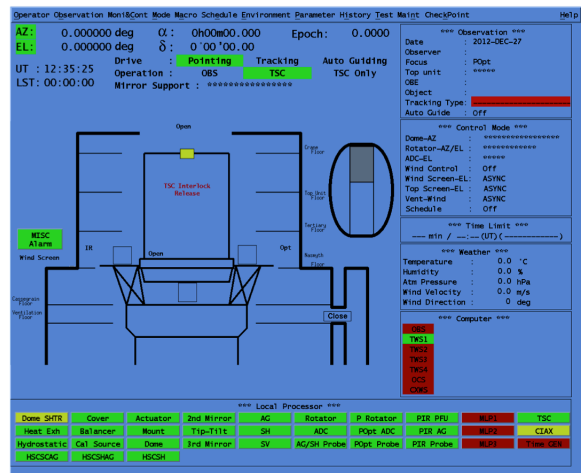


図1 望遠鏡制御用の計算機 GUI 画面

4. Morning Check の自動化

Daycrew は毎朝、望遠鏡やドームのステータスを望遠鏡制御用計算機で確認する。この確認は山頂作業前のドーム・望遠鏡の状態確認と作業前の安全確認を主な目的としている。ここでの確認項目は下記の8項目である

- ・ ドーム回転角度
- ・ 望遠鏡の仰角/方位角
- ・ ウィンドスクリーン位置
- ・ トップスクリーン位置
- ・ ミラーカバーの開閉状況
- ・ ミラーサポートの動作状況
- ・ ドーム内冷房の動作状況
- ・ 排熱装置の動作状況

これらの項目を、観測終了後の午前 7:30 に毎日メールで配信するシステムを開発し運用することとした。

5. Morning Check の開発

すばる望遠鏡のテレメトリデータは、山頂に設置している望遠鏡制御総括計算機(TSC)が取得している。テレメトリデータは 15,000 個以上の項目があり、この計算機ですべてを取得している。この計算機から、ミッドレベルプロセッサ (MLP) と呼ばれる計算機を介し、それぞれのローカル制御装置 (LCUs) を動作させ、ハードウェアの制御やデータの取得を行っている [3]。図 2 に計算機システムの概要を示す。

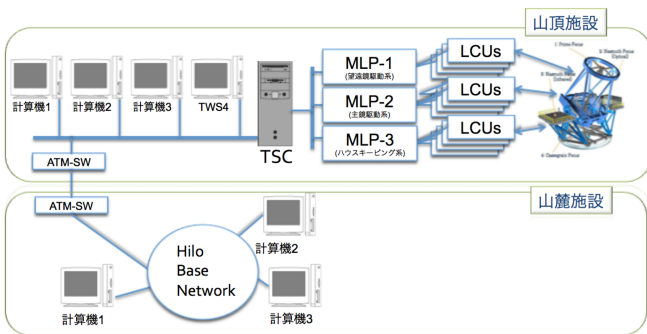


図 2 計算機システムの概要

この山頂のネットワーク上に望遠鏡エンジニアリング部門が管理している望遠鏡テレメトリデータの解析用計算機 (TWS4) がある。この計算機に Morning Check を行うスクリプトを実装した。Morning Check のスクリプトには Python を用いた。Python は、スクリプト言語であり公開されているライブラリが豊富で、簡便に記述することが可能である。また、近年では天文データの解析や装置開発にも Python が多く利用されているため、それらとの親和性も高いと考えた。また、山麓のオフィスには、望遠鏡エンジニアリング部門がデータの保管や解析、Wiki などに利用している計算機があり、この山頂の計算機と山麓のオフィス 2 つの計算機を用いた。テレメトリデータには、AZ/EL などの数値データと、アラームなどのステータスを 1 か 0 の 2 値で示すものがあり、数値データとステータスデータを分けて処理を行う。チェック項目などのリファレンスデータは、山麓のオフィスに設置している計算機の Web 上にテキストデータとして保存した。Web にチェックする項目をアップロードしておくことで、ユーザが追記することや項目の確認は容易に行うことが可能である。

メールの送信には、Python の標準ライブラリである smtplib を用いてテキスト形式のメールを送信する。

図 3 に Morning Check スクリプトの流れを示す。

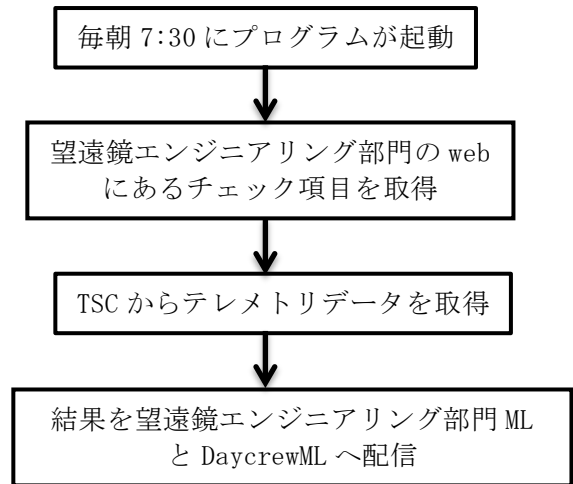


図 3 Morning Check スクリプトの流れ

Morning Check スクリプトの流れとしては、毎日 AM7:30 に指定した時刻に起動するデーモンソフトウェアによりスクリプトが実行される。まず山麓のオフィスにある Web からチェック項目の数値データとステータスデータをそれぞれ取得する。そして、TSC から望遠鏡の各テレメトリデータを取得して判別し、結果を望遠鏡エンジニアリング部門と Daycrew のメーリングリストに、それぞれ配信する。また配信した内容は、山頂の計算機内にもログとして保存する。

図 4 に Morning Check のメール送信例を示す。このように数値データである 6 項目は、すべての結果を表示し数値が範囲内であれば OK と記述している。また、ステータスデータは範囲外のデータがある項目だけを NG と記述して表示している。また、件名には数値データとステータスデータの NG 数を記述している。NG のテレメトリ項目がなければ、OK と記述する。

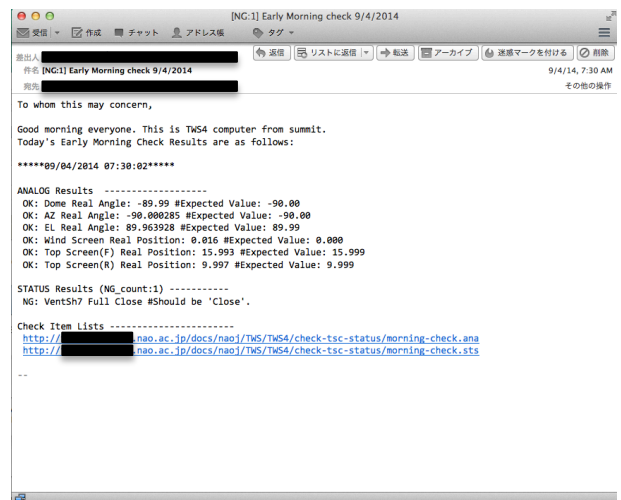


図 4 Morning Check メール送信例

6. Morning Check の運用結果

自動化した Morning Check メール の運用を 2014 年 7 月 25 日から運用を開始した。自動化によりチェック項目は基本的な 8 項目から深刻なエラーなどを含む 190 項目となった。運用開始後、メールのフォーマットや、エラーの有無を件名に記載するなどの要望から、いくつかの改修を行った。Morning Check の自動化により Daycrew と望遠鏡エンジニアリング部門双方の問題意識の共有化が行えるようになった。また、作業前の安全確認結果を共有することができた。

7. Web によるステータスのチェック

Python の Web アプリケーションフレームワーク Flask を用いて、ステータスを Web から確認可能な Web ページを試作した。Web アプリケーションは山麓のオフィスに設置している計算機内で実行した。Web ページが参照されるごとに、山頂の計算機からテレメトリデータを取得して表示を行う。Web ページにアクセスするごとに、Morning Check のスクリプトが実行される。取得したデータはメールで送信せずに、山麓のオフィスに設置している計算機へデータを送り、Web で表示をする。Web でのチェックは、必要なときに必要なステータスのチェックが可能になるため、Morning Check のような朝のチェックに限らず、日中のメンテナンスが終わった後の確認やトラブルシューティングなどの場合に、簡便に確認できる方法として期待されている。

図 5 に試作した Web アプリケーションのページ例を示す。

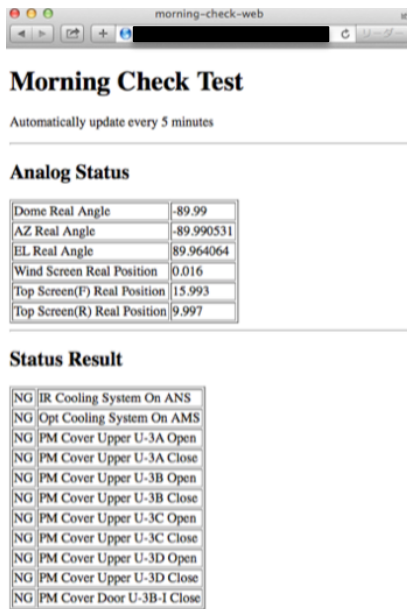


図 5 試作した Web アプリケーション

8. 今後の展開

現在、本稿で述べたシステムを応用して、主鏡アクチュエータのデータ処理に着手している。現在、主鏡アクチュエータの不具合は、原因が不明なことが多く、不具合時にはリセットや部品の交

換などにより対応を行っている。主鏡アクチュエータのテレメトリデータを処理することで、制御誤差のモニタリングや分散値を自動でグラフ化することが可能になる。そのため、異常の早期発見につながるとして期待されている。グラフには、Python のライブラリである Matplotlib を用いている。このライブラリは、グラフの描画ライブラリであり、複雑なグラフを描画する能力がある。現在、図 6 のような主鏡アクチュエータの異常を図示できるシステム開発を行っている。

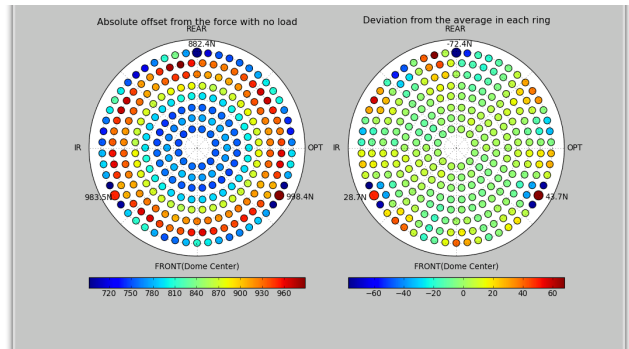


図 6 主鏡アクチュエータの異常検知の例

9. まとめ

本稿では、すばる望遠鏡を保守する観点からテレメトリデータの処理を自動化して監視するシステムが必要であることを述べた。まずは Morning Check を自動化しメールで結果を配信するシステムを開発した。これにより、結果の共有や早期に異常を検知することができるとして期待されている。今回は、リミットチェック手法という閾値の下限値と上限値を決めた上で、その中に数値が入っているかどうかを判別する最も基本的な手法を用いた。今後は、機械学習、データマイニングといった帰納的な推論技術を用いた異常検知、故障診断技術が必要であると考え。筆者らは、引き続きテレメトリデータの異常検知手法や診断アプローチ、運用の手法について検討を図り、開発を行なっていく。また、データの分析から戦略的な保全計画を強化することも今後の課題である。

参考文献

- [1] 矢入健久「テレメトリマイニング:宇宙システム異常検知・故障診断問題への機械学習的アプローチ(特集)「宇宙開発と AI」」人工知能学会誌 No. 21(1), pp. 33-38, 2006
- [2] 湯谷正美「ハワイ観測所デイクルーについて」第 9 回自然科学研究機構技術研究会, 2014
- [3] Kosugi, G., Mizumoto, Y., Sasaki, T., Noumaru, J., Chikada, Y., Takata "Connection Between the SUBARU Data Analysis System and the Observation Control System" Astronomical Data Analysis Software and Systems V, A.S.P. Conference Series, Vol.101, pp.404-407 1996