

乗鞍でのコロナグラフ試験観測

○篠田一也、櫻井隆、熊谷収可、萩野正興、森田諭

1. はじめに

2009年に太陽コロナの定常観測を終了した国立天文台・旧乗鞍コロナ観測所（現在は自然科学研究機構乗鞍観測所）には2台の口径10cmコロナグラフがあり、コロナの長期モニター観測を行ってきた。そのうち開所直後から観測し続けてきた1台に取り付けられていたNorikura Green-line Imaging System（以下、NOGIS）は、2013年に中国雲南省麗江天文観測所に移設され、現在もコロナ観測を続けている。

もう一方の新コロナグラフと呼ばれる望遠鏡（以下、新コロ）も海外移設を目的に、修理・改修を行い、今夏、乗鞍観測所にて試験観測を行い、動作を確認をした。今回は試験観測の様子を報告する。



麗江での観測風景

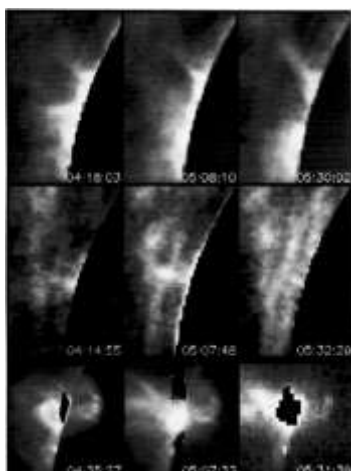
2. 新コロについて

新コロは自動コロナグラフとも呼ばれており、複数の干渉フィルターを搭載し、自動で4波長を交互に観測し続けられることが特徴だった。平山淳氏（現・国立天文台名誉教授）を代表とする科学研究費補助金により1989年に、所員が中心となり製作・設置された。設置当初の目的は、2千万度を超える高温フレアの画像検出が目的で、いつ起こるか分からないリムでの高温フレアを捉える為に自動で観測し続ける装置になっていた。



新コロナグラフ

その結果、設置から僅か2年後の1991年12月2日にM3.7クラスのリムフレアを捉えることに成功し、ようこう衛星によるX線画像と比較する事により、フレアが密度の高い微細構造から成り立っていることを証明した。その後も暫くは同様の観測を続けていたが、当初の目的を達成したこともあり、観測方法をH α 線によるプロミネンスなどの活動モニターに切り替えられた。



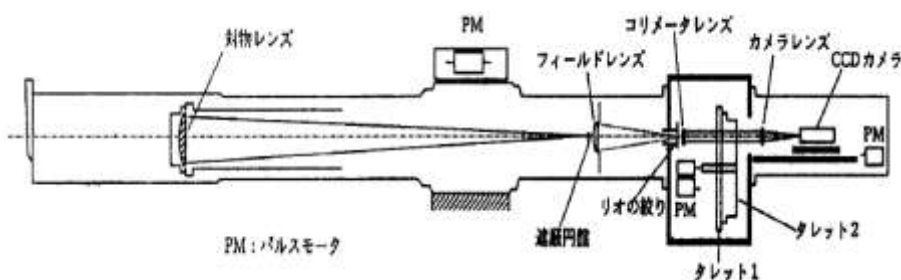
左図が1991年12月2日に観測されたリムフレアである。上段がコロナ輝線5303Å、中段が6630Å（連続光）、下段が太陽観測衛星ようこうによるX線画像。

3. 新コロの仕組み

新コロは口径10cmのコロナグラフに、観測波長を切り替えるために4つの駆動機構が備わっている。最初に、干渉フィルターを切り替える為のターレット回転機構、それに合わせて入れ替える帯域カットフィルターターレットの回転機構、さらに観測波長により移動する焦点位置に対応するため、対物レンズとカメラを駆動する2つの機構がある。これら4つの駆動系と位置確認用信号読み出しとビデオ信号処理系を一台のNEC社製PC98シリーズパソコン（右図参照）で制御していた。



PC98、及び制御系



新コロナグラフの概略図

4. 改修内容

(1) 機械加工修理

直焦点フォーカス調整用シャフトが、乗鞍からの引越作業中に折れたため、交換部品が必要だったが、特注部品にもかかわらず詳細図面が無かった。先端技術センターの西野氏に相談の結果、2本からなる部品の1本は現状部品を加工し直し、それに合わせるように残り1本を設計・外注する事になった。

(2) 駆動系制御の修理

駆動系の現状を確認するために観測当時のPC98を含む制御系を立ち上げ、当時の観測プログラムを用いて動作確認を行った結果、4カ所の駆動系全てが動作しなかった。予備のモータードライバーと別の装置のコントローラーを用いて、モーター単体の動作確認したところ、モーター自体は正常に動作し、後にそれぞれのドライバーも動作する事が確認された。この事からそれぞれの駆動系の位置確認やオーバーラン防止用の光センサーとリミットスイッチからの信号が疑われた。調査の結果、ターレットの位置検出のための光センサーからの信号に異常が見られた。ネット検索で調べたところ、光センサーには経年劣化による動作不良を起こすことが分かったので、光センサーを交換する事にした。

その他、リミットスイッチも破損や信号線の接触不良がみられたので、交換、或いは接続し直しを行った。

(3) 制御パソコンの更新

ここまでの作業によりPC98による制御が復活したが、このままPC98で制御を続ける訳にはいかない。海外移設を踏まえて、一般的に普及し安定して制御のできるWindowsマシンに切り替えることにした。それに合わせて各駆動系のコントローラーも全てUSBインターフェースに更新した。

品名	メーカー	製品名	用途
パソコン Windows7	Dell	Vostro 15	制御パソコン
USBアナログ変換	アルゴ	DFG/USB2pro	ビデオ画像入力
USBポート	バッファロ	BSH7AE03	ポート増設
モーターコントローラー	Oriental	EMP402-2	モーター制御
ケーブル	Oriental	FC04W5	モーター制御ケーブル
入出力ボード	Technowave	USBX-I2219	ターレット位置検出
ADA変換ボード	contec	ADI12-8 (USB)GY	対物レンズ位置検出

5. 乗鞍観測所へ

前節の動作確認を2015年5月から始め、動作不良の原因究明後に改修作業の方針を決めたため、当初は試験観測を乗鞍観測所が利用可能な時期に行うには非常に厳しい日程だった。新コロ製作者の一人である熊谷氏（乗鞍コロナ観測所OB）の奮闘により、7月末に手作業の操作でデータ取得できる見通しが立ち、国立天文台事務部、及び機構本部事務局のご協力により急遽手続きを行い、9月末に乗鞍観測所にて試験観測が行えることになった。

現在の乗鞍観測所は、7月から10月初旬まで共同利用施設として利用可能だが、電気・水道・ガスなどの供給は無く、小型発電機複数台で昼間だけ通電している状態なので、もちろん宿泊は出来ない。飲食物は持参する事になるので、我々は毎日食料の仕入れが出来る地点に宿を探し、9月24日から10月2日の間、観測所まで通う事にした。

9月末の観測所はいつ積雪してもおかしくないのですが、それなりの防寒対策をしたつもりだったが、一旦冷えきった建物内は予想



上図は食堂での食事風景、下図は観測中の晴天待ち

以上に寒かった。日が射せばドーム内の日の当たる場所で作業ができ多少は暖かいが、曇れば観測できないと言う事もあり気持的にも沈んでしまうためか、建物内どこにいても寒く感じた。食堂で沸かすお湯で淹れるコーヒーが唯一の救いだった。

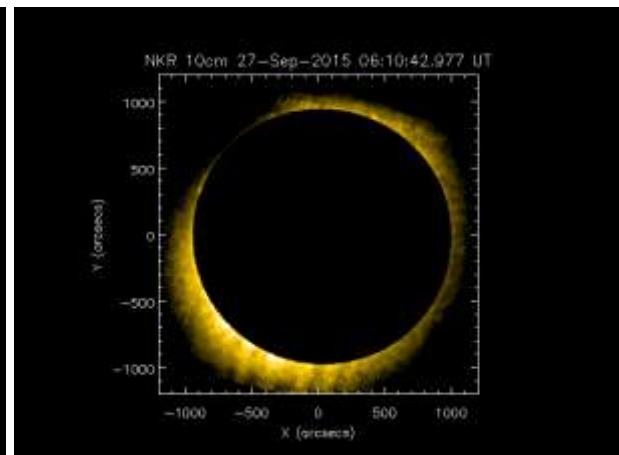
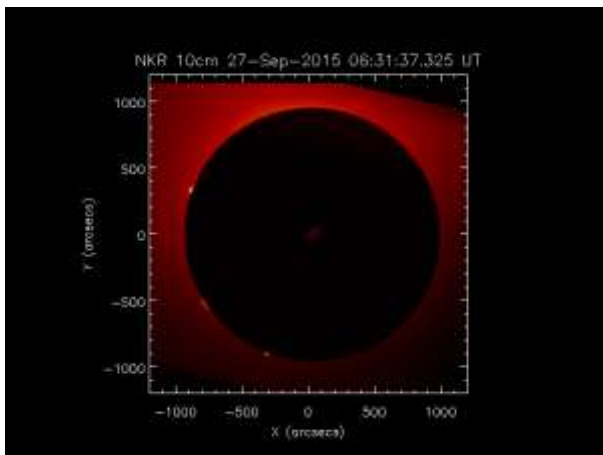
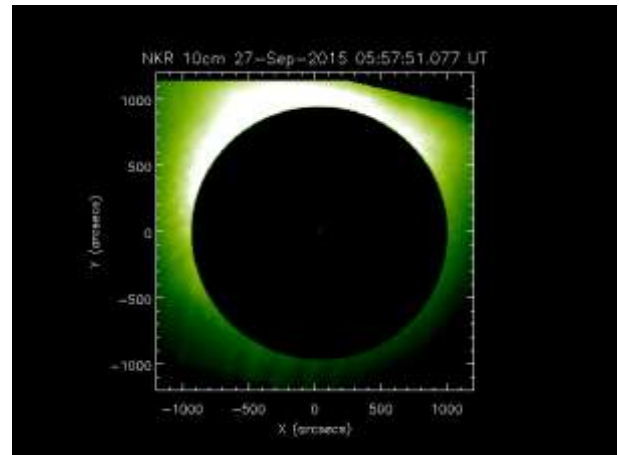
右上図は赤道儀への取り付け作業中、
左下図は観測中の新コロナグラフ、
右下図は手動で太陽追尾する熊谷氏

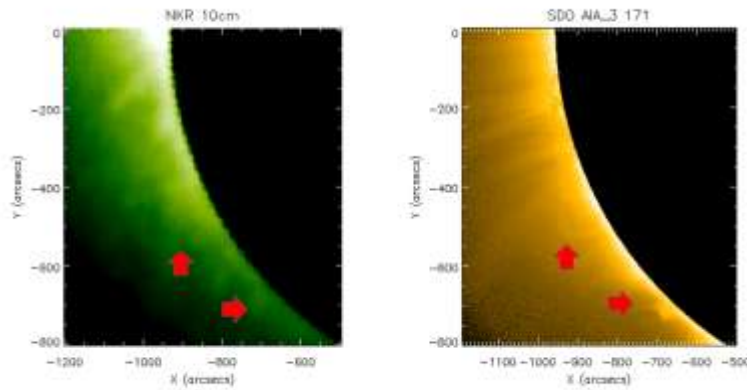


6. 試験観測結果

最初の2日間で赤道儀への取り付け、各装置の設置など行い、光学調整のための晴天待ちとなった。3日目からは晴れはするが、絶えず雲が流れており、安定したスッキリとした青空とはならず、調整がなかなかできなかった。週間天気予報によるとこの先、あまり晴天が望めなさそうだったので、大まかに光学調整を済ませ、とにかく画像を取得する事にした。

以下は9月27日に取得した画像で、右上図がコロナ輝線5303 Å、右下図が5876 Å（ヘリウムD3、彩層起源）、下図が水素のH α 線（6563 Å）の各波長で撮影している。背景が明るかったり白かったりするの、水蒸気や流れる雲で太陽光球からの光が散乱しているためである。その為フォーカス調整がかなり甘いが、NASAの太陽観測衛星（SDO）のコロナ画像と比較すると、部分的に構造が似ている個所が見受けられる。





左図は9月29日に撮像した5303 Å（温度2百万度のプラズマが放射）、右図は同じ時間のSDOの極端紫外線171 Å画像（温度65万度）。温度が違うので単純な比較はできないが、この二枚が類似していることから、調整さえできれば太陽コロナが見えると確信した。（赤矢印の辺りにループらしきものが見える。）

7. 今後について

今回の試験で、コロナグラフとしてコロナ観測に使える事を確認でき、駆動系、制御系も問題なく動作する事が確認できた。しかし、一番重要な光学系の確認が中途半端な天候のため、ほとんどできなかった。今後は地上（三鷹）でできることを中心にやることになるが、まずは干渉フィルターの性能測定を行い、30年の劣化の程度を確認したい。

その他に撮像装置も約30年前のソニー社製CCDカメラXC-77を使用しており、分解能・解像度ともに現在市販されている撮像装置とは比べ物にならず、データ転送もビデオレートでのアナログ信号出力のため、処理にも手間がかかっている。予算次第だが、デジタル出力の撮像装置との入れ替えも検討したい。

移設先はまだ決まっていないが、受け入れ側の要望次第では液晶などの遅延素子を組込むことによって、偏光観測をすることも検討して良いと思う。

上記のような地上でできる性能試験、調整・改良などを行った後に、再度乗鞍にて試験観測を行いたい。

謝辞：

雨宮秀巳氏（国立天文台総務課）、木村剛一氏（京都大学飛騨天文台）には乗鞍観測所への機材運び入れ、及び赤道儀への取り付けにご協力いただいた。斉藤守也氏（自然科学研究機構事務局）には、観測所を利用するにあたり事前に数多くの助言をいただいた。なお、本研究の一部は科学研究費助成事業・基盤研究C25400230（代表：萩野、H25～27年度）により行われた。



干渉フィルターターレット



CCD カメラ XC-77



今回使用した小ドーム（左図）と赤道儀（右図）