

# 雲南天文台麗江観測所での太陽コロナ緑色輝線観測の現状

○萩野正興、桜井隆、篠田一也（国立天文台）、Yu Liu, Tengfei Song, Xuefei Zhang, Mingyu Zhao, Zhong Liu（雲南天文台）一本潔、木村剛一（京都大学）、濱田寛太(明星大学)、鈴木勲（文京学院大学）

## 概要

コロナグラフと太陽コロナ緑色輝線においてコロナ強度とドップラー速度場を観測できる NOGIS は 2009 年まで乗鞍コロナ観測所で用いられてきた。乗鞍コロナ観測所が閉鎖された後、2013 年 11 月に中国国家天文台の雲南天文台麗江観測所へ移設され、太陽コロナ観測を続けている。ここでは乗鞍コロナ観測所から麗江観測所への太陽コロナ緑色輝線観測の継続性について議論する。

## 1. はじめに

太陽コロナの明るさは太陽本体の  $10^{-6}$  程度しかなく、満月の明るさと同程度である。それに対して、太陽付近の空の明るさは、条件の良い山の上でも、空気による散乱光により  $10^{-5}$  ほどの明るさがあるため平地で太陽コロナは皆既日食の時しか見ることができない。このように太陽コロナを定常的に観測するには、空気が薄い空の澄んだ高い山にある観測所が必要である。さらに、1930 年代にベルナル・リオがフランスのピレネー山脈にあるピック・デュ・ミディ観測所で開発した人工的に太陽本体を遮蔽し望遠鏡内での散乱を減らしたコロナグラフを用いて、太陽コロナの観測が可能となる。

乗鞍岳摩利支天山頂（標高 2876m）の乗鞍コロナ観測所では 2009 年まで太陽のコロナ観測を行っていた。この観測所には 2 つの口径 10cm コロナグラフと分光器を備えた口径 25cm のコロナグラフがあった。これらは観測所が閉鎖された後に分解され、国立天文台三鷹キャンパスに運ばれた。現在、同キャンパス内に保管・展示されている。このコロナグラフのうち、太陽コロナ緑色輝線(Fe XIV 530.3 nm)を観測できるフィルターを搭載した望遠鏡は 2013 年 11 月に中国国家天文台の雲南天文台麗江観測所（以下、麗江観測所）へ移設された。

乗鞍コロナ観測所における太陽コロナ緑色輝線観測は直視分光器で 1950 年から 1998 年まで行われてきた。その後、チューニング可能なリオフィルターを用いた観測が閉鎖される 2009 年まで行われた。このフィルターを用いた観測システムは NOGIS (Norikura Green Line Imaging System) と呼ばれ、太陽コロナ中のプラズマ運動だけでなく、速度場も測定することのできる装置であり、コロナ加熱、フレアのメカニズム、コロナ質量放出、宇宙天気といった研究で扱えるデータを取得できる装置として重要である。この観測システムが中国雲南省へと移設

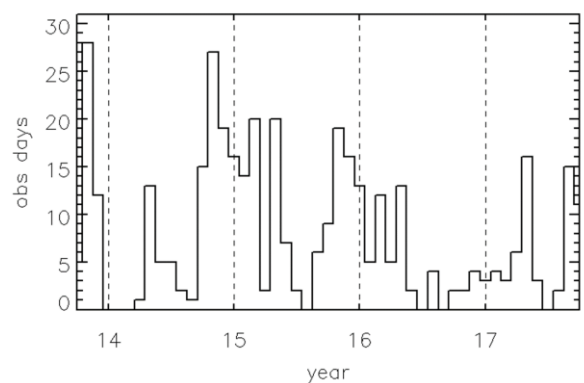


図 1：麗江観測所における月間の観測日数。

された際、名称を YOGIS (Yunnan Observatory Green-line Imaging System)に変更された。

## 2. 雲南天文台麗江観測所

麗江観測所は中国雲南省の北西に位置し、標高は乗鞍コロナ観測所とほぼ同じ 3200m の高山にある。この観測所は透明度の高い空と安定した晴天率で太陽コロナ観測には有利なサイトである。季節は雨季と乾季ははっきりと分かれ、雨季には観測時間が短い、晴れ間には非常に良い観測できる。図 1 に麗江観測所における月ごとの観測日数の推移を示す。2016 年 2 月にコロナグラフと YOGIS は古い既存のドームに移され、数名の観測者によりコロナ観測を続けてきたが、現在雲南天文台で進められている Chinese Giant Solar Telescope (CGST) の建設という大型プロジェクトに人員が割かれるため、麗江観測所での観測日数は乗鞍コロナ観測所と比較すると少ない。この問題を回避するため、観測者の負担を減らし少人数でも安定した観測が行えるように、新しいドームの建設と精度の高い太陽追尾機構の開発を行ってきた[2]。これらのシステムが 2017 年に完成したので、今後は観測日数の増加が期待できる。



図 2 : (左) 旧ドーム。(右) 新ドームの建物。この建物内には、観測室のほか、会議室や宿泊できる部屋もあり、早朝からの観測にも対応できるようになった。

NOGIS に使用されていたコロナグラフの鏡筒は鉄製であったため、望遠鏡移設時にアルミニウム製のものに作り替え、対物レンズを前後させるフォーカス調整機構も更新された。また、赤道儀と観測ドームは雲南天文台が作成した。新しいドームでの観測に導入された赤道儀はフォーク型のもので南中時に中断することなく連続して観測できるようになった。YOGIS を含むコロナ観測の光学系は乗鞍コロナ観測所で使用されていたものと同じである (Ichimoto et al., 1999)。この麗江観測所への移設前に乗鞍コロナ観測所で太陽コロナの観測に必要な性能の評価を行った (鈴木, 2014)。

## 3. 太陽コロナ観測

図 3 と 4 に乗鞍コロナ観測所と麗江観測所での太陽コロナ観測の例を示す。それぞれ、ほぼ同時刻に太陽観測衛星で取得された極端紫外線のコロナ像も一緒に示す。ここで示した太陽コロナの緑色輝線の温度は約 2000 万度の構造を見ているのに対し、極端紫外線での温度は 100 万度であるためコロナの構造には違いがあるが、コロナループの位置はおおよそ一致している。このように乗鞍コロナ観測所で行われてきた観測はほぼ同程度で撮像観測が継続できる状態で移設されたことが分かる。

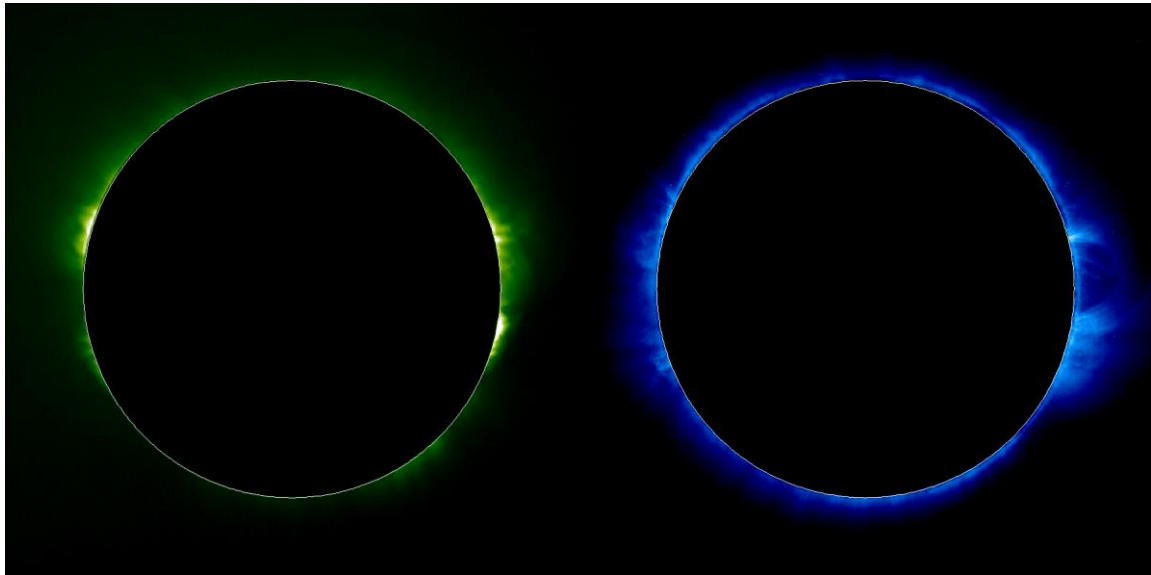


図3:2003年5月29日の太陽コロナ観測。(左) 乗鞍コロナ観測所でのコロナ緑色輝線(5303Å)観測。(右) 太陽観測衛星 SOHO/EIT による極端紫外線(171Å)観測。

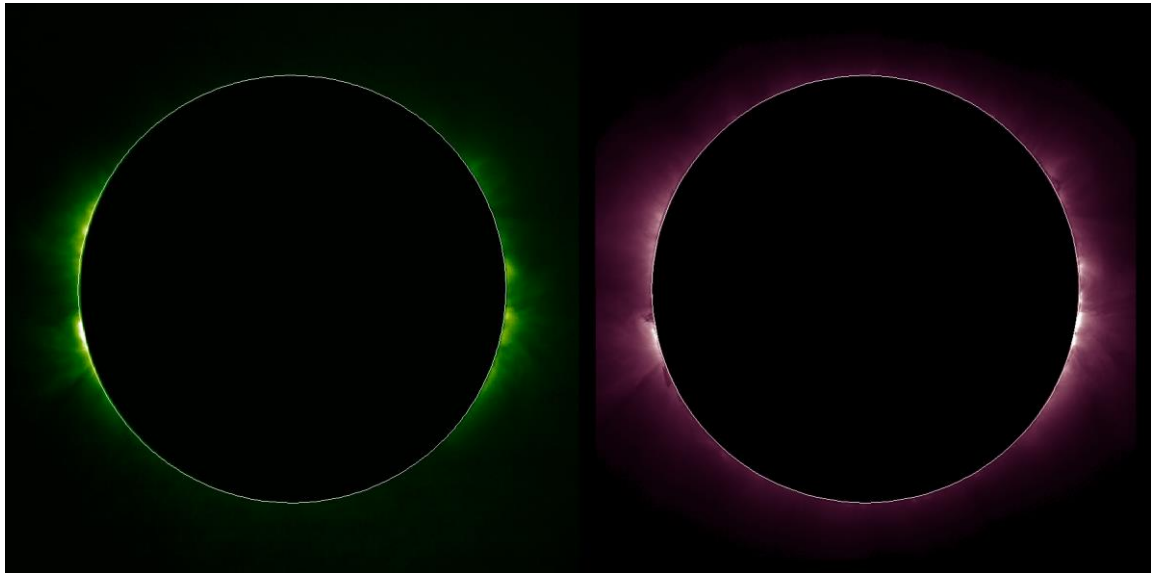


図4:2013年11月15日の太陽コロナ観測。(左) 雲南省麗江観測所でのコロナ緑色輝線(5303Å)観測。(右) 太陽観測衛星 SDO/AIA による極端紫外線(221Å)観測。

この観測システムではフィルターのチューニング素子である液晶の遅延量を調整して、透過波長を緑色輝線の波長中心から $\pm 0.2\text{nm}$ の連続光にセットすることで、空の散乱光の強度を取得できるようにしている。この機能を使って麗江観測所と乗鞍コロナ観測所での空の明るさの比較を行う。ここで、空の明るさと太陽活動には相関がある(Sakurai, 2002)ということに配慮して、今回比較する乗鞍コロナ観測所と麗江観測所のデータの時間間隔は約1太陽周期(11年)を設けた。その結果を図5の左に示す。これは空の明るさの半径方向への分布を示している。実線が太陽一周分を用いた平均の明るさで、破線がその標準偏差である。青線が乗鞍コロナ観測所、赤線が麗江観測所のデータである。この明るさの強度はコロナグラフの脇に設置されたフォトダイオードで計測された太陽ディスクセンターの輝度で規格化されている。この図から読み取れるのは両観測所での観測状況は太陽コロナを観測するのに十分暗く澄んだ空である。また、麗江観測所の空の明るさは乗鞍コロナ観測所よりも暗い可能性がある。すなわ

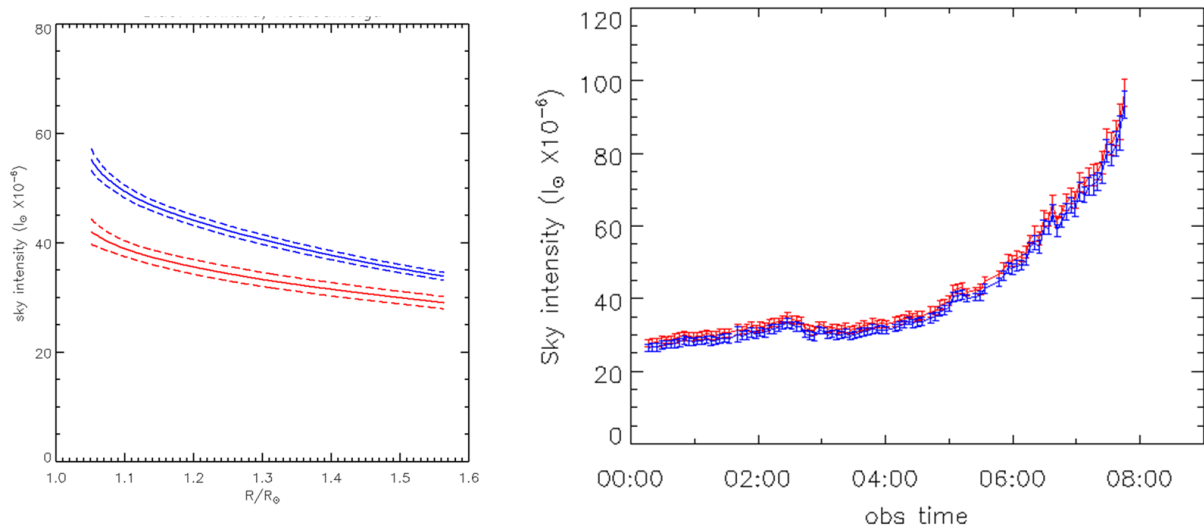


図5：(左) 半径方向の空の明るさの分布を示す。実線が太陽一周分の平均で、破線が標準偏差を示す。青が乗鞍コロナ観測所、赤が麗江観測所。(右) 2013年11月14日の一日の空の明るさの変化を示す。青が1.2太陽半径、赤が1.5太陽半径での推移を示す。エラーバーは太陽全体での標準偏差。

ち、空気による散乱が少ないため、より太陽コロナの観測に適した場所であるということが分かった。

また、一日にわたる麗江観測所での空の明るさ分布の例(2013年11月14日)を図5の右に示す。これ以外の観測日においてもおおよそ同じような時間変化を示した。すなわち、朝は空の状態が良く徐々に空が明るくなるが、南中を挟む±2時間は散乱光が少なく空が暗い状態が続く傾向である。この原因は、麗江観測所周囲の地形が関係している可能性がある。この観測ドームの東側はジャガイモ畑が広がり、数km先が谷になっていて遠い山までは数十kmある。一方で、西側はなだらかな丘で森になっている。また、この畑の土埃が風によって巻き上げられることも観測に影響を及ぼしているかもしれない。さらに、ここで季節変化の調査も行ったが、太陽本体を遮蔽する円盤(オカルティングディスク)は径の違うものを頻繁に交換する。このために交換の前後で太陽光球から漏れる光の散乱で空の状態が変化するように見える。このため、今回の手法を応用して定量的な解析を行うことができない。

現在、麗江観測所で使用している観測用パソコン(Windows XP 32bit)は乗鞍コロナ観測所で使用していたもので、更新が必要である。このタイミングでCCDカメラ、光量計、フィルター内で波長チューニングに使用している液晶遅延素子のドライバの更新を予定している。さらに、雲南天文台ではCGSTの建設が予定されている標高4600mの四川省稻城-亜丁に現在よりも大きな口径のコロナグラフの導入を検討している。

## 参考文献

- [1] Ichimoto, K., et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 51, 383-391, 1999
- [2] Sakurai, T., Earth, Planets, Space, 54, 153, 2002
- [3] Sakurai, T., Hinode-3 ASP conf., 454, 439, 2012
- [4] 桜井隆, 天文台ニュース 2012年12月号
- [5] 鈴木勲, 天文台ニュース 2014年1月号