

茨城大学での太陽観測について

○永渕雄希、野澤恵、須藤謙人、関根由美香、宮内奈緒美（茨城大学）、坂江隆志（埼玉県立浦和西高等学校）、仲谷善一（京都大学附属飛騨天文台）、花岡庸一郎（国立天文台）

茨城大学太陽研究室では種々の太陽観測やその計画をおこなっている。現在取り組んでいる研究は、①自作分光器の製作および太陽観測、②太陽観測専用分光器の設計、③小型望遠鏡を使用した太陽観測の自動化、④可搬型コロナグラフを使用した観測の計画、である。また茨城大学水戸キャンパス理学部棟の屋上に図1のような簡易的な観測室を設置し、大学独自の太陽観測に向けた研究としても取り組んでいる。



図1 観測室

① 自作分光器の製作および太陽観測

太陽観測の方法の1つに、分光観測がある。分光観測では分光スペクトルから単色太陽像を得ることや、太陽における物理現象の解明をすることが可能である。しかしながら京都大学附属飛騨天文台DSTのような高分散・高性能の分光器はその場での使用に限られている。

また他機関との兼ね合いで装置の占有が不可能である。さらに同性能の分光器を製作することは金銭的にみて容易ではない。そこで当研究室では図2のような小型軽量かつ安価な太陽観測用分光器を自作することに成功した。この分光器による観測の簡易化と精度の向上を目的とし、改良、性能評価、観測、画像解析をおこなっている。これは共同研究者である埼玉県立浦和西高等学校教諭の坂江隆志氏が製作した分光器を参考に作成し、例年、当研究室に所属の学生が引き継いでいる。当研究室の分光器は口径60mmのBORG60EDを望遠鏡部に、口径45mmのBORG45ED2を分光器部に使用しており、CCDカメラを除いて全長およそ900mm、総重量およそ5kgである。また望遠鏡部および分光器部を含めた価格は定価でおよそ30万円と比較的安価に製作されている。

自作分光器ではスリットスキャンをおこない、そこから太陽単色像（スペクトロヘリオグラム）を得ることができる。図3は2013年10月18日に自作分光器で得られたH α 線でのスペクトロヘリオグラムと、同日に京都大学附属飛騨天文台SMARTで撮像されたH α 線での太陽単色像（フィルターグラム）を比較したものである。ここで両画像はどちらも自転軸の北を上にしてある。このように、SMARTの太陽像に見られるプラージュやフィラメントなどの現象が自作分光器の像にも見てとれることから、自作分光器によるスペクトロヘリオグラムはフィルターグラムと比べほとんど遜色がない。

しかしながら自作であるため、構造に難がある。例えば回折格子部を覆っているのはアクリル樹脂製のペンケースである。そのため太陽光による熱膨張の影響は避けられない。また散乱光の流入を防ぐことが必要不可欠である。さらに観測する際にも、取り扱いに関してある程度のコツを必要とするなど、改善点は残っている。ゆえに今後も改良・簡易化を継続していく予定である。

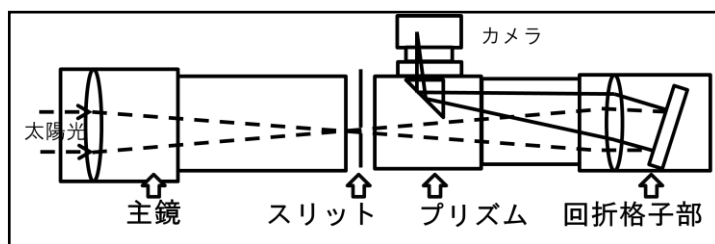


図2 自作分光器の構造の簡略図

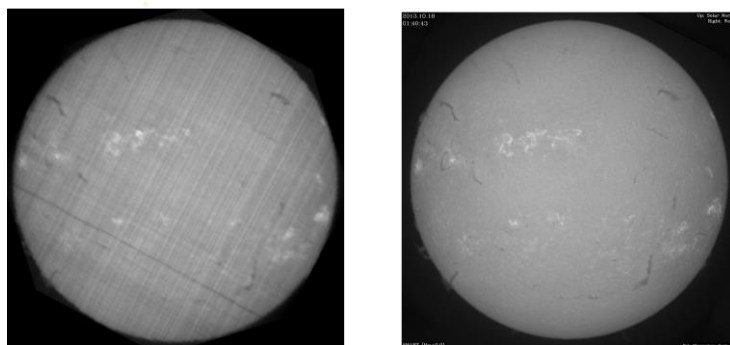


図3 (左) 自作分光器で得られたH α 線での太陽像 (右) 同日にSMARTで撮像されたH α での太陽像

② 太陽観測専用分光器の設計

自作分光器は軽量かつ安価に製作されているため、回折格子部にペンケースを用いたり、スリットを剃刀やカッターナイフの刃で作成したり、と自作の限界があり、今年で3年目だが改良を続けている。そこで新たに太陽観測専用分光器を一から設計し、外部業者に製作依頼する予定である。これにより観測の簡易化、および定常化を目指す。専用分光器では、可視光域のH α からG-bandまでの範囲で任意の波長を選び、その波長付近で観測をおこない、太陽全面のスペクトロヘリオグラムを作成する仕様にする。こと、あらゆる波長でのスペクトロヘリオグラムを定常的に取得することを計画している。しかしながら初めて設計・製作するため、完成品はあくまでプロトタイプでしかないことから、この計画の第1歩として、他機関のデータと最も比較しやすいH α 線付近での観測をおこなう予定である。

スペクトロヘリオグラムを作成する上で、同一波長の吸収線でもその中心波長と翼部の波長とでは単色像が異なるため、中心と翼部の波長をきちんと見分けられる分解能が必要である。さらにH α 線の中心波長は太陽の彩層を見ることができのだが、彩層に見られるスピキュールやフィラメントなどの物理現象の速度場は少なくともおよそ10km/sである。そのため、これを分光観測で捉えるにはH α 線でも最低でも0.2Åの分解能を要する。太陽観測に向いているレンズのF値は15~25であるので、これを実現するためには口径40mmのレンズで焦点距離600mm、口径60mmで焦点距離900mm、と口径の増加に伴い焦点距離も長くなるため、望遠鏡部も含めた分光器全体の大きさ、重量は従来の自作分光器に比べ著しく増加してしまう。またレンズの口径を小さくすれば、空間分解能が悪くなってしまふ。さらに現在、専用分光器を赤道儀式架台に搭載して観測することを計画している。したがって、ある程度の軽量化かつコンパクト化が求められている。スリット幅は10~20 μ mの範囲で製作を予定している。これらをもとに、当研究室では共同研究者である坂江隆志氏、仲谷善一氏、花岡庸一郎氏と議論を重ね、形状に関して図4のような3つの案を考案するに至った。

案【1】~【3】は全て、コリメートレンズと結像レンズが一体となった典型的なリトロー型である。ここで図中のプリズムは鏡に、鏡はプリズムにそれぞれ変わっても問題ない。案【1】は従来の自作分光器と同型であり、すでに形として存在しているため、設計しやすい。単純構造で、余計なものが極力排除された形状となっている。案【2】は市販の小型分光器によく見られるタイプである。市販品は小型であるため、焦点距離の比較的短いコリメート・結像レンズを使用している。自作分光器に比べ全体を箱で覆うような形状になるため、自重によるたわみがある程度軽減できる。しかしながら全体的に大きくなり、重量も増加すると考えられる。これを赤道儀式架台に乗せて観測をおこなうことを考えると、軽量化に関してもある程度考えなければならない。案【1】、【2】は共に分光器部のみについての形状案となっているが、案【3】は望遠鏡部まで一緒に考えた形状案である。特徴的なのは折り返し構造になっていることで、これにより焦点距離の増加に伴う光路長への影響、ひいては鏡筒の長大化への影響をある程度緩和することが可能である。ここでこの案【3】では鏡、あるいはプリズムを2つ使用することを想定しているが、太陽ほどの明るい天体であれば、鏡による減光の影響は考慮せずともほとんど問題ではない。

今後、具体的な形状を決定する上でさらなる議論が必要である。そして形状を決定し、専用分光器の設計にすぐさま取り掛かり、業者に製作依頼をして、完成品で性能評価や観測を開始していく予定である。

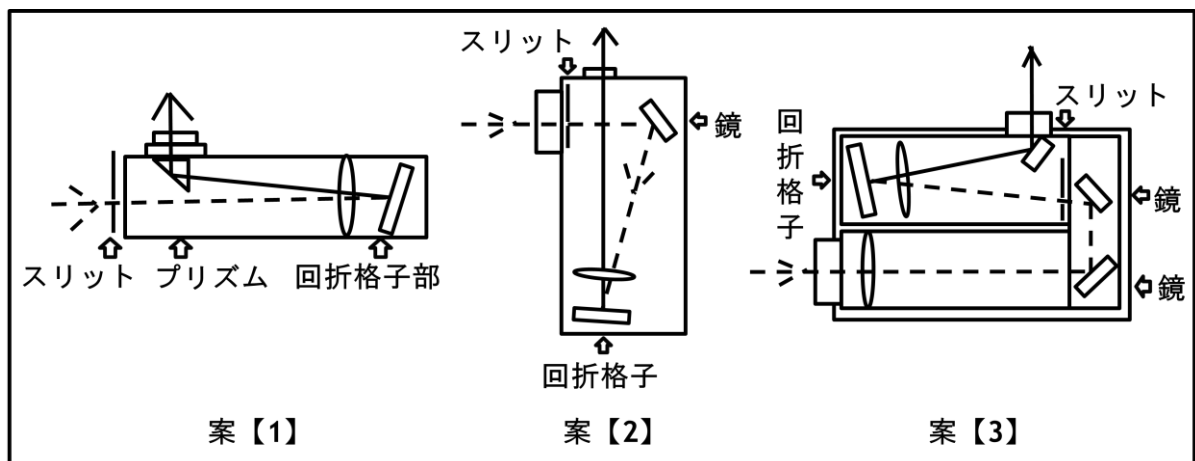


図4 新たな太陽観測専用分光器の形状案

③ 小型望遠鏡を使用した太陽観測の自動化

地上の太陽観測は、太陽専門望遠鏡が主に活躍している。しかし地上望遠鏡での観測は、夜間は当然不可能であり、また天候によっても左右される。そのため単一地点での定常的観測は不可能と言える。定常的な観測には各地に観測網を巡らし、複数地点での観測をおこなう観測システムが必要である。そこで必要不可欠となる全自動観測を目的として、現在望遠鏡を赤道儀に乗せ、赤経、赤緯モーター用コントローラを作成し、モーター速度をPCから制御することで太陽自動追尾観測を可能にした。これらを利用して、定時に太陽を導入し、追尾、撮像し続け、自動で画像処理するシステムを開発中である。このシステムにより、自動で毎日太陽を撮像し続け、太陽の突発的な現象や長期的変動を捕えるためデータの蓄積をおこなう。小型軽量、安価であることから、多くの晴天率の良い場所での観測を増やすことで、恒常性の高い観測をおこないたいと考えている。

使用する望遠鏡は口径60mmのBORG60EDである。望遠鏡の架台はVixen社のGP2赤道儀を使用している。今回モーター速度を制御するコントローラを作成し、赤道儀に取り付けることで、撮像して得られた太陽画像から太陽中心を読み取り、太陽を画像の中心に移動するようにコントローラで赤道儀を制御することで太陽を長時間観察し続けることを可能にした。

今後完全なる太陽自動観測に向けて、正確な追尾方法の検討と、導入、格納の方法や精度に関して議論する必要がある。また、長時間の撮像をおこなえる環境を作り、日中撮像し続けられるように改良していく予定である。

④ 可搬型コロナグラフを使用した観測の計画

現在、国立天文台より可搬型コロナグラフをお借りしている。それを用いた空の暗さ(散乱光強度)の測定を予定している。可搬型コロナグラフは口径50mm、F値30であり、全長およそ2m、赤道儀やカメラを除き減光フィルター挿入部を含めた重量がおよそ15kgである。空の暗さの、高度による違いや、様々な場所の違いから、大気の影響やシーイングの影響がどのくらい現れるのかを調べることを計画している。



図5 可搬型コロナグラフ