

太陽シンチレーションモニタ観測再考 ～SHABAR の性能評価～

○浜屋ひかり、宮良碧、小野寺幸子(明星大学)、山本大二郎、野澤恵(茨城大学)、萩野正興、篠田一也、日比野由美(国立天文台)、木村剛一、仲谷善一、大辻賢一、一本潔(京都大学)、三浦則明(北見工業大学)

概要(Abstract)

我々は茨城大学と共同で太陽のシンチレーションモニタを開発してきた。このシンチレーションモニタは SHABAR (SHAdow BAnd Ranger) と呼ばれ、我々が開発したものは、ある間隔で設置された6つのセンサーから成る。この SHABAR を用いて高さの異なるフリードパラメータの時間変化を測定することができる。この測定方法の精度を確認するために、高さの違う2地点に SHABAR を設置し同時観測を行った。

1. はじめに

我々は茨城大学と共同で太陽のシンチレーションモニタを開発してきた[1, 2, 3]。このシンチレーションモニタは SHABAR (SHAdow BAnd Ranger) と呼ばれ、本研究で用いる SHABAR は任意の間隔に設置された6台のフォトダイオードで太陽の光量を 5000Hz で測定を行う。そのシンチレーションからシーイングの検出ができ、大気擾乱を高度の関数として推定することが可能である。この SHABAR を用いて高さの異なるフリードパラメータ(以下 r_0)の時間変化を測定することができる。技術シンポジウムにおいて、SHABAR を用いた測定では低層大気で起こる擾乱のせいで r_0 の不連続な変化が見られる可能性を報告した[4]。本研究ではこの不連続が実際に低層で起きているかの検証を行った。

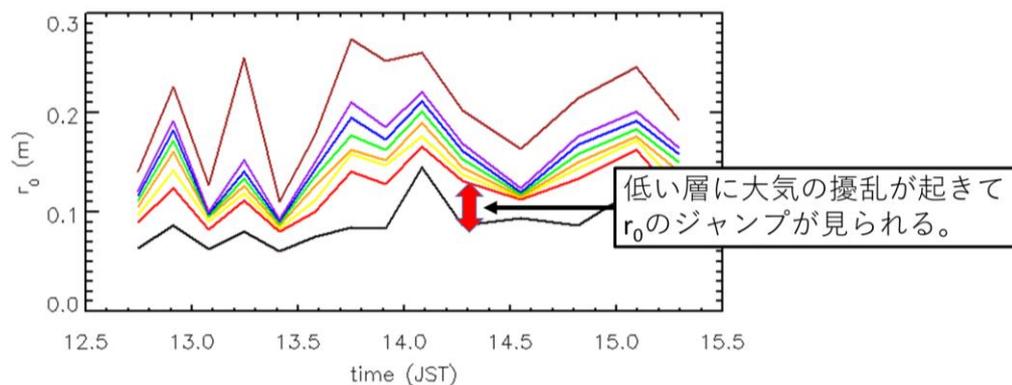


図1 代表的な高度(黒:1m, 赤:5m, 黄:10m, 橙:20m, 緑:30m, 青:40m, 紫:50m, 茶:100m)におけるフリード・パラメータの時間変化。

2. 個体差調査

今回用いる2つの SHABAR のスペックを表1にまとめる。ここで茨城大学の山本[3]が作成したものを旧 SHABAR と呼び、今回作成したものを新 SHABAR と呼ぶ。この2つの SHABAR から得られる結果の信頼性を調査した。2018年5月16日に、一台の赤道儀に新旧2つの SHABAR を取り付け、地表から同じ高さで太陽光での同時観測を行った(図2)。求められた r_0 の相関係数は 0.95 と高い相関を示

した。時間変化もよく似た変動を示した。これらの結果より2つの SHABAR による個体差は少ないとして、今回の実験観測に用いる。

表 1 今回使用した新旧 SHABAR のスペック。

	旧SHABAR	新SHABAR
センサー数	6 個	6 個
センサー位置	固定	可変(シグマ光機光学レール)
フィルターカバー	木製	アルミ
センサー間距離	0,240,281,314,362,422(mm)	0,310,382,423,469,609(mm)
フォトダイオード	浜松フォトニクス (S1337-1010BQ)	浜松フォトニクス (S1337-1010BQ)
電源	AS ONE DCP 3003	AS ONE DCP 3003
制作者	台座：山本、回路：仲谷	台座：木村、回路：仲谷、篠田

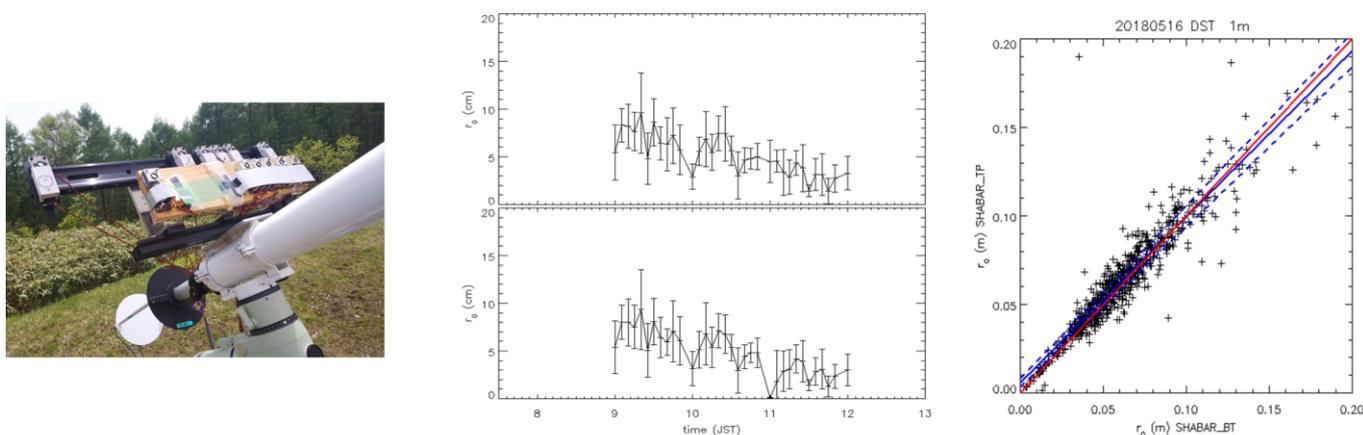


図 2 (左)個体差調査のセッティング、(中)新旧 SHABAR による r_0 の時間変化(上)新 SHABAR(下)旧 SHABAR、(右)新旧 SHABAR の相関。

3. 測定

地上からの高度 1m - 20m で起こる r_0 の不連続な変化の原因(SHABAR 観測装置によるものか、実際の 大気状態によるものか)を調査するために、2018 年 5 月 15 日に新旧 SHABAR の同時観測を行った。設置の状況を図 3 に示す。新 SHABAR を京都大学飛騨天文台 SMART 望遠鏡に取り付けてシンチレーションを測定した。SMART 望遠鏡は地上から 16m の檜の上に設置されている。一方、旧 SHABAR は SMART 望遠鏡の傍らの地上に設置した。両 SHABAR のサンプリングレートは 5000Hz である。SMART 望遠鏡のサーボモーターのノイズを避けるため南中前後に追尾を約 5 分間停止し通過する太陽光量を測定した。

4. 結果

地上から新 SHABAR までの高さは約 18m であるため、新 SHABAR から 2m 先の r_0 を導出する。図 4 (左下)に地上の旧 SHABAR では高度 20m の r_0 を計算した。すなわち、両方とも地上からは 20m の値で、図 4 (左上)にはそれぞれの SHABAR で測定された r_0 の時間変化(5 分の平均値)を示す。この r_0 の相関を図 4 (右) に示す。相関係数は 0.3 と良くないが、回帰直線の傾きは 0.88 ± 0.12 と両者は良い

関係にあることから、測定時のエラーを含んでいるためと考えられる。図5は r_0 の時間変化を示すが、プロットカラーの違いは地表からの高度が違うことを表現している。どちらの結果でも図1で見られる不連続な変化は見られない。

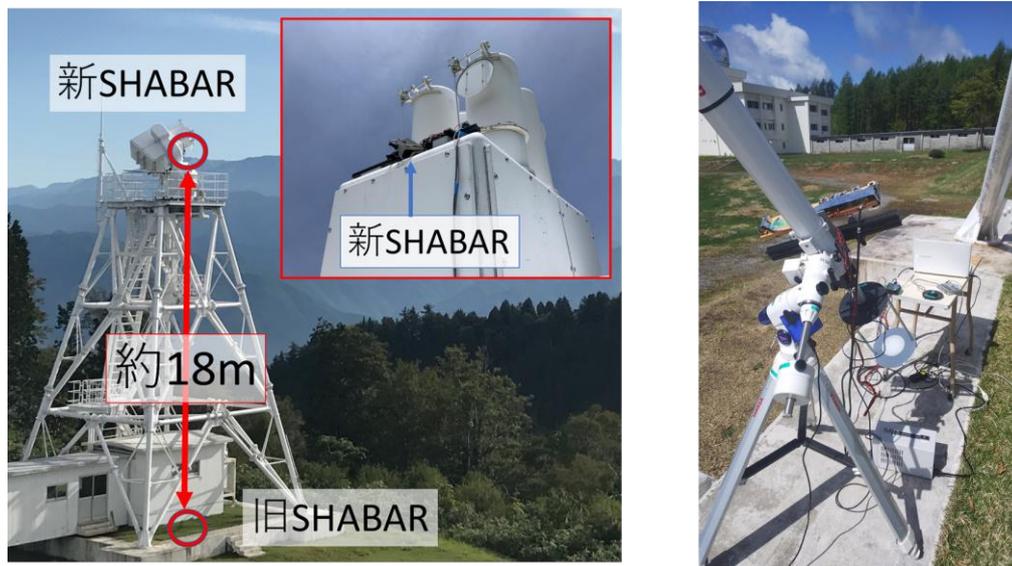


図3 SMART 望遠鏡への SHABAR 取り付け状況と地上での観測

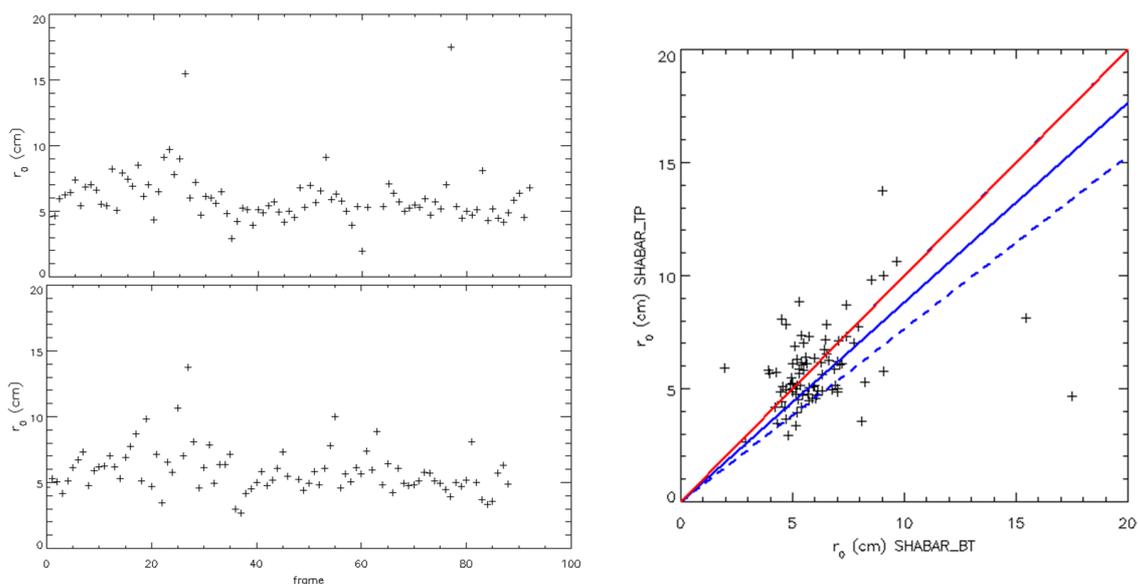


図4 (左) 高度 20m での r_0 の時間変化(5 分の平均値)。(左上)高度 18m からの新 SHABAR による測定、(左下) 地上からの旧 SHABAR による測定。(右) 相関。横軸が旧、縦軸が新 SHABAR。青実線が回帰直線で破線が 1σ 。赤線は傾き 1 の直線。

5. 議論

今回の実験観測で作成した 2 つの SHABAR は非常に良い相関を示した。これはどちらの SHABAR を用いても同じ結果が得られることを示す。この結果を踏まえて低層における不連続な r_0 の変化が SHABAR 自身の特性によるものか、低高度で発生する大気の大擾乱によるものかの測定を行った。我々は今回の測定により r_0 の不連続な高度ごとの変化は高度 20m 以下の地表に近い層で起こっていること

は明らかであるという結論に至った。これらの結果は散乱光、気温、風などの環境のパラメータに依存しているため、本研究は飛騨天文台 SMART 付近の 2018 年 5 月 15 日南中頃という限定的な結果となる。大局的な傾向を議論するためには、様々な条件下で測定されたデータを用いた統計的な解析が必要である。また、今後は SMART 望遠鏡での太陽像の観測から求まるシーイングの状況やドームレス望遠鏡で行われていた SLODAR の結果と比較して、SHABAR で求まる r_0 の精度について議論を行う。

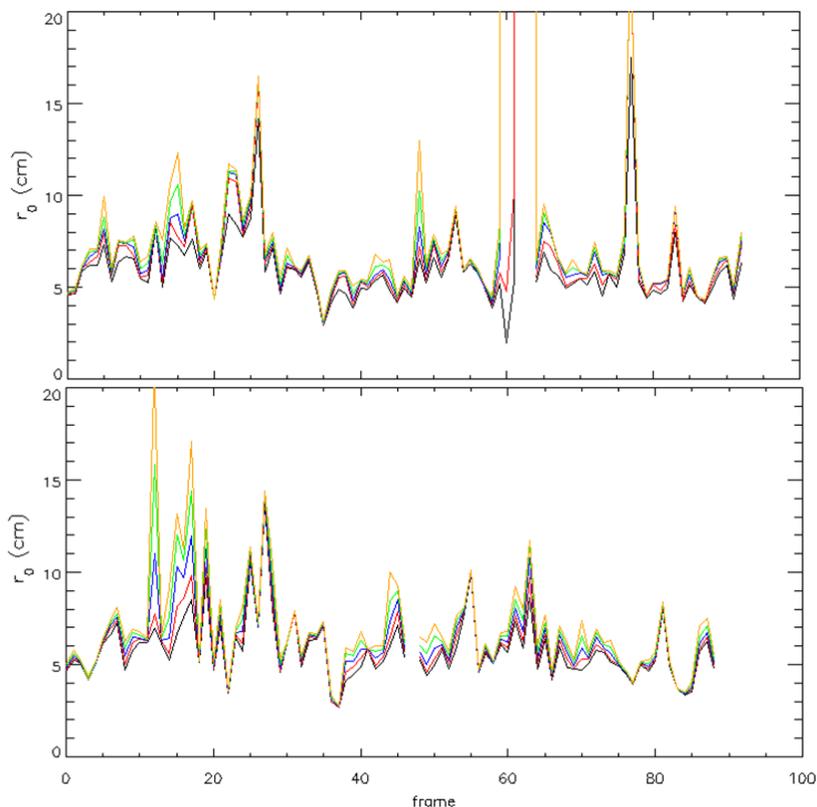


図 5 (左)新、(右)旧 SHABAR による高度ごとの r_0 の時間変化。色の違いは地上から高度 20,25,30,35,40mを示す。

参考文献

- [1] Beckers, J. M.: 2001, “A Seeing Monitor for Solar and Other Extended Object Observations”, *Experimental Astronomy*, 12, 1-20, 2001
- [2] Beckers, J. M., Leon, E., Mason, J., and Wilkins, L.: “Solar Scintillometry: Calibration of Signals and its Use for Seeing Measurements”, *Solar Phys.*, 176, 23, 1997
- [3] 山本大二郎ほか, 第 36 回天文学に関する技術シンポジウム, 「太陽シンチレーション・モニターを用いたシーイングの定量評価」
- [4] 浜屋ひかりほか, 第 36 回天文学に関する技術シンポジウム, 「太陽シンチレーション・モニター (SHABAR) の応用計画について」

謝辞

本研究は科研費「分光観測を深化させた太陽観測システムの科学教育への導入」(代表:野澤恵、研究課題番号:17K00958)により遂行されました。