

太陽像を用いた大気ゆらぎの評価方法の開発と統合的解析

科学探究部天文班：

落合 咲輝、島野 淳 (高1) 【東京都立富士高等学校】

要旨

本研究では、本校における鮮明な太陽像の観測に適した場所の選定を目的とする。独自プログラムを用い、シーイングおよびシンチレーションの2つの観点から大気ゆらぎを評価した結果、2か所間に有意な差は見られなかった。

1. 序論

東京都中野区にある東京都立富士高等学校において、大気ゆらぎの影響が少ない太陽観測場所を調査した。シーイングは、地上から高い場所や水辺において良好であることが知られている¹⁾。そのため、本校の屋上およびプールサイドにおいて太陽観測を行い、独自に開発したプログラムを用いて大気ゆらぎを数値化した。

2. 観測

各地点において、1,000フレームの同時観測を1日7回、4日間で計56,000フレームの撮影を実施した。観測に先立ち、使用する望遠鏡間に性能差がないことを確認した²⁾。なお、同時に気圧、風向、湿度などの環境要因も収集した。観測装置を表1に示す。

表1:観測機材

観測装置	スペック
望遠鏡 (Skywatcher ソーラークエスト705)	口径7cm (D) 焦点距離500mm
カメラ (ZWO ASI432MM)	最大感度波長580nm (λ) ダイナミックレンジ2bit 露出 1.03msec, 87.4fps撮影 解像度 1608×1104
回折限界 (L)	$L=1.22 \times (\lambda/D)=2.09''$
空間系統誤差	$\delta r = \frac{3.7 - L}{f} = 0.12\%$ (ピクセル分解能3.7)

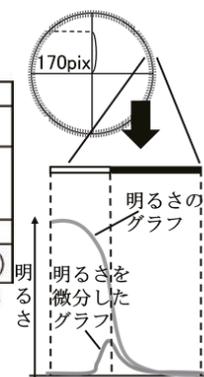


図1:シーイングの解析方法

3. 解析手順

[シーイングの解析方法]

1. 観測した太陽の動画を毎フレーム画像として切り出す。
2. 画像内の太陽ディスクを円と仮定し、ハフ変換を用いて円の中心および半径を検出する。
3. 太陽像の縁付近の明るさをピクセルの並びに沿って取得し、その明るさの変化を微分した値の最大値 (=明るさの変化が最大の点) を「太陽像の縁」と定義した (図1)。
4. 近似した円と実際の太陽像の縁との距離の差から標準偏差を求め、大気ゆらぎの値とした。

[シンチレーションの解析方法]

1. シーイングの解析と同様に各フレームの太陽像の中心を、ハフ変換を用いて検出する。
2. 重心が太陽像の中心と重なる37×37 pixelの正方形において、その領域内の明るさの値を取得し、各フレームの明るさの平均値を出し、その平均値の動画全体の標準偏差を求め、シンチレーションの値とした (図2)。

表2:シーイングとシンチレーションの標準偏差の相関関係

日付	場所	相関係数	相関関係
4/19	LT	-0.494	相関なし
	PL	0.054	相関なし
4/27	LT	0.569	弱い負の相関
	PL	-0.164	弱い負の相関
7/20	LT	0.853	強い正の相関
	PL	0.484	弱い正の相関
8/30	LT	0.528	弱い正の相関
	PL	0.741	強い正の相関

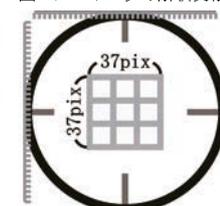


図2:シンチレーションの解析方法

4. 解析結果

3. 解析手順を用いて、観測した太陽像において発生した大気ゆらぎの大きさを求めた。観測される太陽像上の距離R、理論上の大きさ \bar{r} について屋上で $R = \bar{r} \pm 8.26 ["]$ プールサイドで $R = \bar{r} \pm 8.01 ["]$ となった。

また、4月27日、7月20日、8月30日の観測結果について、シーイングとシンチレーションの各1,000フレームにおける標準偏差の相関を調べた結果を表2に示す。

さらに、これらの観測結果において、シーイングと風速の時間変化を比較した結果は図3のようになった。

5. 考察

2地点のシーイングサイズを、ピクセル分解能 (1pix = 3.704") を考慮して比べると、本観測においては観測場所による有意な差はなかった。よって、いずれの地点においても同程度に鮮明な画像が得られると考えられる。

表2より、シーイングとシンチレーションの間の相関係数の平均は0.652であり、弱い正の相関が見られた。7月20日および8月30日の観測では強い正の相関が確認された一方、4月の観測では相関が弱い、または負の相関を示す場合も見られた。これらの結果から、シーイングとシンチレーションには一定の関係性があるものの、強く安定した相関は認められないため、両者を比較しながら総合的に調べる必要があると考えられる。

図3のシーイングと風速の回帰直線から、シーイングと風速の変化には関係性があり、風速が強くなるとシーイングが悪化し、風速が弱い場合にはシーイングが良好となる傾向が見られた。別日も同様であった。したがって、観測場所によらず、風速が弱い日に観測することで、大気ゆらぎの小さいデータが得られると考えられる。

参考文献

- [1] H. Socas-Navarro, et al. 2005, PASP, 117, 1296
- [2] 東京都立富士高等学校 (2025): 「太陽像を用いたシーイングの測定」かがわ総文
- [3] 宮良碧ら他, 天文学に関する技術シンポジウム集録, 第37巻, 2017
- [4] 国立天文台太陽観測科学プロジェクト三鷹太陽地上観測 <https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/solarobs.html>

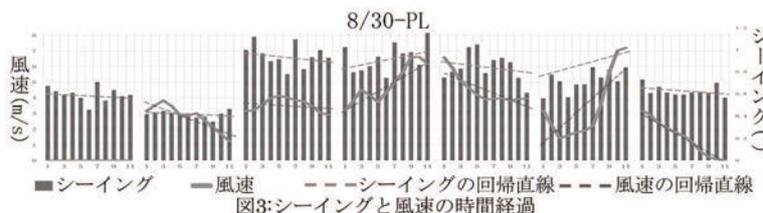


図3:シーイングと風速の時間経過