

全天カメラによる日射の輝度分布測定

*工藤玲（気象研），岩淵弘信（東北大学）

1. はじめに

雲・エアロゾルは、地球大気放射収支に対して、大きな影響をもつ。このため、放射計をはじめとした様々な測器によって、雲・エアロゾルの光学特性の観測が行われている。近年は、カメラの高性能化（高解像度、広ダイナミックレンジ、歪の低減）に伴い、雲量だけでなく、日射の輝度分布の測定等にも応用されてきている。全天の輝度分布を観測することが出来るようになれば、雲・エアロゾルのリモートセンシングを大きく高度化することが可能である。そこで、本研究では、輝度分布を測定するための新しい全天カメラの開発に着手した。今回は、全天カメラで測定した日射の輝度分布を、放射計（スカイラジオメータ）のデータを使って比較検証した。

2. 全天カメラ

本研究で用いた全天カメラは、通常の市販カメラ（約80dB）よりもはるかに広いダイナミックレンジ（170dB）を持ったCMOSセンサー（Advanced Solutions, Inc.）と等立体角射影方式の魚眼レンズ（有限会社フィット）から構成される。170dBのダイナミックレンジは、散乱光から太陽直達光まで飽和せず同時に測定することを可能とする。また、等立体角射影方式を用いることで、画素毎の立体視野角の違いが輝度に与える影響を無視できる。

全天カメラを測器として用いるためには、画素毎の視線方向（天頂角と方位角）を特定する必要がある。このため、全天カメラの内部パラメータ（画像中の光軸の位置、単位距離あたりの縦横画素数の比、焦点距離）と外部パラメータ（設置時のセンサーの姿勢）を決定しなければならない。内部パラメータは、直線パターンの撮影画像を用いた手法（中野 2007, 電子情報通信学会論文誌）によって決定した。外部パラメータは、まだ決定していない。

上記 CMOS センサーで得られた輝度は、対数圧縮されて 10 ビットの階調値で記録されるため、輝度に変換する必要がある。スカイラジオメータで測定された輝度を参照することで、階調値を輝度へ換算した。

3. スカイラジオメータとの比較

快晴時の撮影から得られた日射の輝度分布を、スカイラジオメータで測定した輝度分布と比較した。図 1 は、2014 年 12 月 3 日 13 時 40 分頃の撮影結果である。太陽を中心に、レンズ絞りの形に依存したフレアと、図からは見難いが、太陽から画像中心に走るフレアが発生していた。スカイラジオメータとの比較は、これらのフレアを避けて行った。撮影時刻の太陽の天頂角は、65.9 度である。一方、カメラの画像から決定した天頂角は 66.3 度であり、ほぼ一致していた。目測でカメラを設置した割には、ズレが小さかった。このような設置に起因するズレは、今後、外部パラメータを決めることで補正していく。

図 2 は、波長毎の比較結果を示している。それぞれ、カメラの青画素とスカイラジオメータの 400nm、緑画素と 500nm、

赤画素と 675nm の輝度を比較している。スカイラジオメータのデータは、天頂角を固定し、方位角方向（南側）にスキャンした結果である。カメラとスカイラジオメータのそれぞれの輝度は、散乱角 3 度のデータで規格化している。いずれの波長においても、よく一致する結果が得られた。より太陽に近いところで、ばらつきが大きくなるのは、フレアの影響を除ききれなかったためであろう。

4. まとめ

比較結果はとても良かった。より太陽に近いところの輝度を求めるには、レンズに起因するフレアをなくす必要があるが、これを完全に消すことは困難であるため、太陽を遮蔽する必要がある。他に、減光フィルターや、アンチリフレクションコーティングをレンズに施す方法が考えられるが、上手くいくかは不明である。今後は、外部パラメータの決定、曇天、晴天積雲時の比較を行っていく。

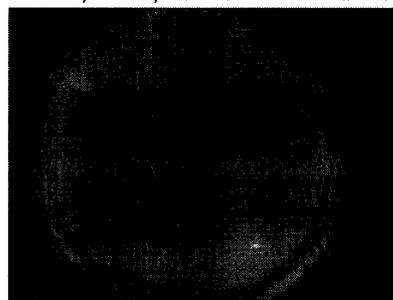


図 1 2014 年 12 月 3 日 13 時 40 分頃の撮影。画像下が南、右が西。画素数は、640×480。

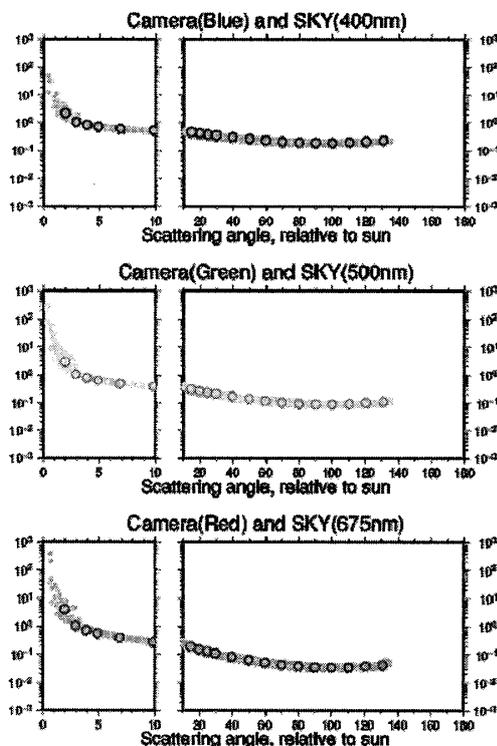


図 2 カメラ（塗りつぶした丸）とスカイラジオメータ（白抜き丸）の輝度分布の比較。上から、青画素と 400nm、緑画素と 500nm、赤画素と 675nm の比較結果。それぞれの輝度は、散乱角 3 度の値で規格化されている。