富士山頂と山麓太郎坊で観測した気柱全体エアロゾルの光学特性

新沼拓¹,桃井裕広²,安齊真央¹,田中賢人¹,森樹大¹三浦和彦¹青木一真³大河内博⁴鴨川仁⁵ 1.東京理科大学,2.千葉大学**3.**富山大学 4.早稲田大学 5.静岡県立大学

1. はじめに

エアロゾルには太陽光を直接散乱・吸収する直接効果と 雲凝結核として放射特性を変化させる間接効果があり,地球 の放射バランスに影響を与えている.しかしこれらの影響力 は不確実性が大きい.空間依存性を調べるためには多地点 での観測が 必要であり,富士山麓でもスカイラジオメータを 用いた観測 が行われた¹⁵⁹.富士山は山頂が自由対流圏に 位置しており,山麓と山頂の両地点でその場観測が行われ ている.本研究では,従来の両地点におけるその場観測に 加えて,夏季に富士山頂および山麓でリモートセンシング装 置による同時観測を実施した.

2. 観測

スカイラジオメータ(POM-02, Prede Co., Ltd.)による放射観測 を富士山麓太郎坊(35.33N, 138.80E, 1290 m a.s.l.)で2019年 5月2から8月22日,富士山頂(35.21N, 138.43E, 3776m) a.s.l.)で2019年7月24日から8月21日にかけて行った.ス カイラジオメータによる放射観測に加えて、2019年7月25日 から8月21日かけて山麓と山頂の両地点で光散乱式粒子計 数器(OPC, KC01E, RION Co., Ltd.)と積分型ネフェロメータ (M903, Radiance Research Co., Ltd.) によるその場観測を行い, エアロゾル粒子数濃度と散乱係数を測定した.この観測では エアロゾルの吸湿成長による粒径分布のシフトを避けるため に拡散ドライヤーを用いて相対湿度を35%以下に保持してい る. スカイラジオメータの観測は, 340, 380, 400, 500, 675, 870, 1020 nm の波長について太陽直達光強度(F)および天空輝 度分布を測定している. 地球に散乱体がない場合の直達光 強度(F₀)を改良ラングレー法により決定しの,エアロゾル以外 の空気分子による Rayleigh 散乱(TRayleigh), オゾンなどの吸収 体による光吸収(tozone)を差し引くことで直達光照度からエア ロゾルの光学的厚さ(AOT, τ);

 $\tau = \ln(F/F_0)/m_0 - \tau_{\text{Rayleigh}} - \tau_{\text{Ozone}}$ (1) を求めた.また、AOTの波長依存性;

 $\ln(\tau) = -\alpha \times \ln(\lambda) + \beta$

(2)

からオングストローム指数(a)を算出した.オングストローム指数は値が大きいほど微小粒子が卓越し、小さいほど粗大粒子が卓越することを表している.また天空輝度を用いて逆問題を解くことで、エアロゾルの複素屈折率、粒径分布を決定した.本研究では直達光強度の解析には DSRAD⁷を、天空輝度を用いた逆問題の解析には SKYRAD.pack version 4.2⁸を用いた.

3. 結果·考察

3.1. 太郎坊観測

太郎坊における光学的厚さを図1,に示す.日ごとに全デー タの平均値と標準偏差を表している.全解析日の平均値は光 学的厚さが0.14,オングストローム指数が1.10となった。山頂 との同時観測期間中の解析日は8月4日のみで,気柱積算 粒径分布は図2のようになった。図の値は日ごとの平均を示 している.0.1^{~0.2} μ mに微小モードのピーク,1 μ m以上に粗 大粒子のピークが現れる二山型の分布を示す日が多く観測 された.



図1:富士山麓太郎坊における光学的厚さ(2019).



図2:富士山麓太郎坊における気柱積算粒径分布(2019)

3.2. 山頂観測

山頂における光学的厚さを図 2 に示す. 日ごとに全データ の平均値と標準偏差を表している. 全解析日の平均値は光 学的厚さが 0.03 オングストローム指数が 1.43 となった。大気 の薄さから SKYRAD.pack version 4.2 で現実大気を再現する ことはできず,気柱積算粒径分布が得られなかった.しかし, 改良が進むことで再現できる可能性がある⁹.



3.3. 太郎坊および山頂における同時観測

8月4日の10時49分から14時02分に太郎坊・山頂での 同時観測が行えた。両地点での光学的厚さの比較を図 4 に 示す。ここではFo季節変化やの改良ラングレー法における標 準偏差のを考慮して、ln(F₀)に±0.03の誤差があると仮定し て±0.03/mをAOTの誤差範囲としている.図4から太郎坊 上空のエアロゾルの大部分が太郎坊・山頂間にある様子が 確認できた。同時刻における散乱係数は図 5 のようになった. オングストローム指数の比較結果を図6に示す.山頂観測で オングストローム指数がより高くなり、この結果から高高度で は粗大粒子の割合が減る傾向があることが示唆された.ただ し、大気の薄い山頂観測でのオングストローム指数の算出で は誤差が非常に大きくなるとの指摘がある. 今後、各データ ごとの推定誤差の計算を行うとともに、OPC により得られた粒 径分布から Junge 指数を算出しオングストローム指数への変 換することでスカイラジオメータで得られる値との比較行い山 頂における粒径分布を推察する.



図4:光学的厚さの比較(2019/8/4)



図5: 散乱係数の比較(2019/8/4)



4. おわりに

本研究では初めてスカイラジオメータを富士山頂に設置し, 山麓太郎坊と両地点での観測を行った.解析期間中(太 郎:2019/5/2~8/22,山頂:2019/7/24~8/21)の光学的厚さの平均 は太郎坊で 0.14 山頂で 0.03 となった. 8 月 4 日には同時観 測を行うことができ,両地点における光学的厚さの比較を行う ことができた.解析プログラムの改良と両地点での観測の継 続により,エアロゾルの鉛直分布の解明が進むことが期待で きる.

謝辞

本研究の一部は認定 NPO 法人「富士山測候所を活用する会」 が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営 している期間に行なわれた.また、本研究の一部は認定 NPO 法人「富士山測候所を活用する会」の学生公募(S02, 2019 年度)の助成を受けて行われた.

参考文献

- 1) 中原ら (2014). 第7回成果報告会講演予稿集, 36-37.
- 2) 中原ら (2015). 第8回成果報告会講演予稿集, 35-36.
- 3) 橋口ら (2016). 第9回成果報告会講演予稿集, 50-51.
- 4) 桃井ら (2017). 第10 回成果報告会講演予稿集, 51-52.
- 5) 桃井ら (2018). 第11回成果報告会講演予稿集
- 桃井ら (2020). 第13回成果報告会講演予稿集.
- 7) Momoi et al. (2019). AMTD, in review.
- 8) Nakajima et al. (1996). Appl. Opt., 35, 2672-268