

AD-Net ライダー網を活用した 空気塊光学特性のラグランジュ的追跡

清水 厚, 西澤 智明, 神 慶孝
国立環境研究所 (〒 305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

Lagrangian tracing of optical characteristics of air masses using AD-Net lidars

Atsushi SHIMIZU, Tomoaki NISHIZAWA, and Yoshitaka JIN
National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506

Abstract: AD-Net lidars were employed to evaluate the availability of Lagrangian tracing of air masses over Japan. To track the time evolution of optical properties of an independent air mass, Lagrangian tracing was conducted using HYSPLIT provided by NOAA ARL. Three cases were identified during major Asian dust event occurred in April 2024. Trajectories started over Matsue arrived at Fukuoka, Tokyo, and Osaka. Optical parameters including attenuated backscatter coefficient at two wavelengths, volume depolarization ratio and extinction coefficient at 532 nm were compared at the origin and at the destination. Simple interpretation was not easy for these cases, and further investigation on various aerosol events are indispensable.

Key Words: Lidar network, Trajectory, Lagrangian tracing

1 はじめに

大気中で生じるプロセスの前後における大気質の変化を調べるためには空気塊をラグランジュ的に追跡してその特性を調べる必要がある。ここでラグランジュ的な追跡とは特定の流体要素について流跡線に沿ってその性質を継続的に調べるもので、空間の特定の位置においてそこに到達した流体要素の性質を調べるオイラー的追跡と対を成すものである。大気観測に関して言えば、稠密な地上観測網が存在しても地表面付近での流跡線は信頼度が高いとは言えず、また様々な物質のソース・シンクも地表面付近に多く存在するため、空気塊の大気中での性質変化に関するラグランジュ的追跡に適しているとは言い難い。一方、リモートセンシングにより3次元的に特定された空気塊の特性を把握できるライダーを複数地点で利用できれば、このような不利な点が解消され純粋に大気中でのプロセスの影響のみを評価することが可能になると考えられる。本稿では2024年4月に日本の広域で見られた黄砂イベントを一例として、AD-Net ライダー網と NOAA HYSPLIT の組み合わせからラグランジュ的追跡の可能性について検討した。

2 手法

空気塊の追跡には NASA ARL が提供する HYSPLIT^{1,2)} を前方流跡線モードで利用する。利用する気象場は GDAS(全球再解析 1 度グリッド)、鉛直速度はモデル内鉛直流とした。まず、上流側で任意のライダー観測地点で特定の高度から 6 時間間隔で流跡線を 13 個流し、それぞれについて 1 時間毎の 3 次元位置を追跡する。それぞれの流跡線がその後の時刻で通過した 3 次元座標のうち、水平距離が他の AD-Net 観測地点から一定の距離以内に収まっているものを抽出する。なお水平移流が弱く空気塊がほぼ移動しない場合には出発地点と同一のライダー上空と判定されることもありうるが以下の作業ではそれらのケースは除外した。2024 年 4 月中旬に日本へ到来した黄砂イベントを含む期間について、松江ライダー上空 1500m を通過した空気塊を追跡した結果が図 1 である。このうち、他の AD-Net ライダー近傍を通過したものを抽出したものが表 1 で、水平距離は実際には空気塊とライダー間の $\sqrt{\text{緯度差}^2 + \text{経度差}^2}$ で得られる簡易なもの (単位としては概ね 100km) を示している。なお、

Table 1: Locations and times of air masses which arrived above other lidar observatories. Unit for distance is 100 km, approximately.

Case	Starting time (UTC)	Arrival place	Arrival time (UTC)	Arrival altitude (m)	Distance to lidar
1	4/19 0600	Osaka	4/20 0300	660	0.18
2	4/18 1200	Fukuoka	4/20 0600	120	0.17
3	4/18 1800	Tokyo	4/21 1100	1260	0.20

上記の 1 時間後にも同じライダー上空と判定された例も今回は除外してある。上記の 3 つの空気塊ペアの出発地

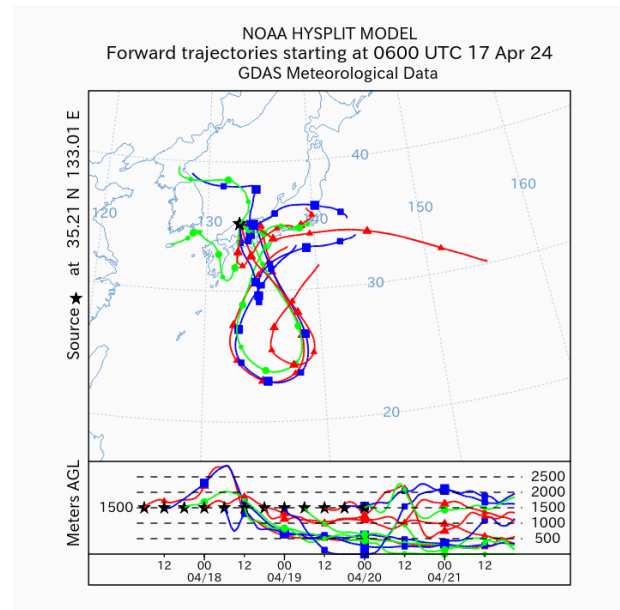


Figure 1: Forward trajectories starting at 1500m AGL at Matsue observatory. Each trajectory was released every 6 hours since 2024 April 17 0600UTC.

点 (松江) 上空と到達地点上空での光学特性を表 2 に示す。いずれも下流のライダー直上から水平距離約 20km 以内を通過しており、黄砂のような大規模現象を想定すればほぼ同一の空気塊を計測していたと期待される。これによると、ケース 1 では偏光解消度 (532nm) が同一であったがその他の 2 ケースでは値が下流で増加しており、一般的な大粒子の除去の観点からの説明は困難であった。減衰後方散乱係数やケース 1 の消散係数も下流で大きく、粒子生成プロセス等の導入しない限り合理的な説明は難しい。

Table 2: Optical parameters (attenuated backscatter coefficients at 532 / 1064 nm, volume depolarization ratio at 532 nm, particle extinction coefficient at 532 nm) of air masses at two locations (origin and destination).

Parameter	Case 1		Case 2		Case 3	
	Origin	Dest.	Origin	Dest.	Origin	Dest.
Atten.BSC@532 (/Mm/sr)	1.43	3.62	1.20	6.90	1.59	2.55
Atten.BSC@1064 (/Mm/sr)	0.14	1.54	0.20	3.46	0.59	4.10
Vol Dep@532	0.14	0.14	0.05	0.16	0.09	0.23
Ext@532 (/km)	0.03	0.12	0.02	-	0.04	-

3 今後の展望

今回は 2024 年 4 月の黄砂事例について特定のライダー・高度 (松江上空 1500m) からの追跡を試みたが同一と期待される空気塊における光学特性の差は大きく説明は困難であった。HYSPLIT はローカル PC で実行しているが気象場データが低解像度の GDAS であったも容量が大きく様々なケースで実行することは簡単ではない。また追跡開始高度として大気境界層内を選択したいものの、低高度から開始すると流跡線が地上に接近する場合も大きい点には注意が必要とされる。日本広域に影響を及ぼした過去のエアロゾルイベントを整理し、同様の解析からネットワークライダーを活用した大気中プロセス解明に繋がるデータセット作成を行っていきたい。

参考文献

- 1) A. F. Stein et al., BAMS **96**(2015) 2059
- 2) G. Rolph et al., Env. Model Soft. **95**(2017) 210