

2地点のシーロメータによる 降雪時の鉛直後方散乱プロファイル観測 Vertical backscattering profile observation of the winter season using ceilometers of two spots.

松田 薫¹, 久保守¹, 村本健一郎²
K. Matsuda¹, M. Kubo¹, K. Muramoto²

¹ 金沢大学自然科学研究科電子情報工学専攻 ² 石川工業高等専門学校
¹Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University
²Ishikawa National College of Technology

Abstract

Snow cloud distribution in the lower atmosphere was observed using two optical lidars (ceilometer) set up at the distance of 3.1 km. The instruments additionally included weather station, to measure wind speed and direction, and snowfall gauge, to calculate precipitation rate. The matching algorithm using dynamic programming was applied for two temporal series data measured by each ceilometer. The correspondences of time and altitude between two data series were estimated. This will be a potent system for understanding lower atmospheric structure.

1 はじめに

冬季の北陸地方では、日本海上で水分を吸収した大気が北西の風に乗って雪雲として発達し、各地に雪をもたらす。雪雲の動的構造を把握し、降雪量や粒子の種類との関係を解析することは気象学的に重要であり、気象レーダは雪雲の広範囲の観測に有効である。一方、光学的ライダは水蒸気や微粒子の大気プロファイルが検出される。本稿では2地点に光学的ライダ(シーロメータ)を設置して同期観測し、その時系列データを空間的に補間することにより、大気境界層の動的構造を把握する。空間的補間を行うためには2地点の大気プロファイルの時系列データの相関関係を求める必要がある。そこで動的計画法を用いて2つの時系列データを鉛直方向に伸縮かつ時間方向にずらしてマッチングを行い対応を求めた。

2 観測装置

本研究では2台の光学的ライダ(Ceilometer: Vaisala 製 CT25K, CL31)を金沢大学の宝町キャンパス(CT25K)と角間キャンパス(CL31)の屋上に設置した。2つのCeilometerは、パルスダイオードレーザ(Indium Gallium Arsenide)であり、それぞれの仕様をTable 1に示す。送信部から送信されたレーザ信号が、大気中を通過する際に雲粒やエアロゾル、降雪(降水)粒子に反射することによって生じた後方散乱信号を測定する。

また、観測地点の風向風速情報を得るために角間キャンパス屋上に自動気象観測装置(Vaisala 製 WXT520)を設置し、電子天秤(A&D 製 HP-12K, GP-12K および GP-30KS)により求められる重量から降水強度を算出し、降雪の発生時間を観測した。宝町キャンパスは角間キャンパスに対して西北西に位置し、2地点間の距離は3.1 kmである(Fig. 1)。

3 動的計画法による時系列データの相関

宝町キャンパスと角間キャンパスに設置された2つのライダにより得られた後方散乱プロファイルの時系列データの相関および高度ごとの対応関係を動的計画法により求める。

本研究ではWXT520の風向データより宝町から角間へ西北西の風が吹いた時刻を解析の期間とした。この時、宝町キャンパスで観測された鉛直後方散乱プロファイルは、ある一定の時間後に雲の発達や減衰、高度の変化を伴いながら角間キャンパスで観測されると仮定する。

2つのシーロメータの鉛直方向分解能が異なるため、CL31の後方散乱プロファイルデータはCT25Kに合せて30 m毎に間引きし、高度1000 mまでの30 m×34点を処理に用いる。動的計画法における角間及び宝町キャンパスでの観測高度 i, j に対する格子点の評価値 $g(i, j, T)$ は次式とする。

$$g(i, j, T) = \min \left\{ \begin{array}{l} g(i-1, j, T) \\ g(i, j-1, T) \\ g(i-1, j-1, T) \end{array} \right\} + |b_1(i, t) - b_2(j, t+T)| \quad (0 \leq i \leq I, 0 \leq j \leq J) \quad (1)$$

ここで、 i, j は角間及び宝町キャンパスでの観測高度、 I, J は最大解析高度、 T は角間キャンパスにおける t に対する観測遅れ時間、 t は宝町キャンパスでの観測時間を示す。また、 $b_1(i, t)$ は時間 t 、高度点 i における宝町キャンパスで観測された後方散乱プロファイル値、 $b_2(j, t+T)$ は時間 $t+T$ 、高度点 j における角間キャンパスで観測された後方散乱プロファイル値を表す。

次式で示す最小の $g(I, J, T)$ となる遅れ時間 T_{min} を求め、宝町から角間の移動時間とする。

$$T_{min} = \underset{T}{\operatorname{argmin}}(g(I, J, T)) \quad (2)$$

4 結果

2011年1月16日07:30から08:30の降雪時、宝町から角間へ向かう西北西の風が吹いていた。本稿では宝町キャンパスで観測されたデータのうち、波形に特徴が見られた7時41分45秒のデータをテンプレートデータとし、角間キャンパスで観測された時系列データ25点に対して動的計画法により、相関関係を求めた。この時、7時43分39秒に角間キャンパスで観測されたデータとの $g(I, J, T)$ が最小となった(Fig. 2)。Fig. 3に動的計画法により決定された最適経路、Fig. 4に2つのデータの高度対応関係を示す。

5 まとめ

離れた2地点で観測された時系列データの時間及び高度の対応関係を動的計画法により求めた。これにより、雲粒やエアロゾル、降雪(降水)粒子が観測地点間において高度方向にどのように変化しながら移動するかが理解できる。今後は得られた時間と高度の対応関係を基に2つのデータを補間することで2地点間の水平垂直方向の後方散乱プロファイルの分布を詳細に求める。

参考文献

- [1] Victor Venema, Herman Russchenberg, Arnoud Apituley, Andre van Lammeren and Leo Ligthart. "Cloud boundary height measurements using lidar and radar", Physics and Chemistry of the Earth, vol. 24, no.2, pp. 129-134, 2000
- [2] K. Kusunoki, M. Murakami, M. Hoshimoto, N. Orikasa, Y. Yamada, H. Mizuno, K. Hamazu, H. Watanabe "The characteristics and evolution of orographic snow clouds under weak cold advection", Monthly Weather Review, vol. 132, pp. 174-191, 2004.

Table 1: Specifications of ceilometers.

	CT25K	CL31
Measurement site	Takaramachi	Kakuma
Center wavelength (25 °C)	905±5 nm	910±10 nm
Repetition rate	5.57 kHz	10.0 kHz
Average power	8.9 mW	12.0 mW
Measurement range	0...7500 m	0...7500 m
Sample of backscattering profile	30 m×256	10 m×770
Time Interval	15 sec.	8 sec.

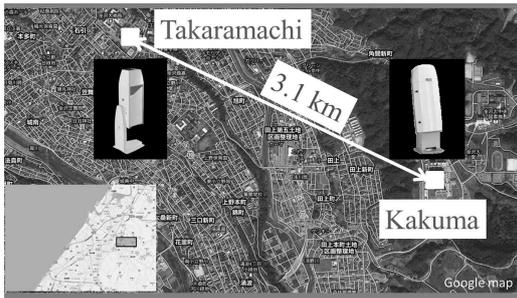


Fig. 1: Location of the observation sites.

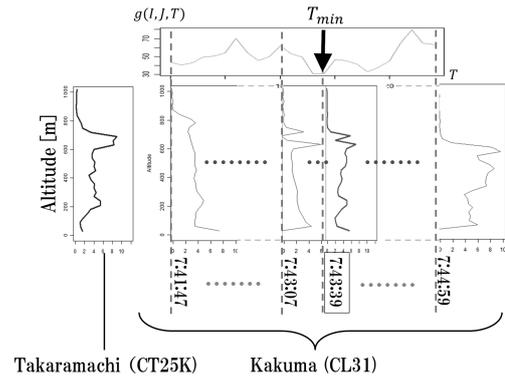


Fig. 2: Each backscattering profile and minimum observation delay time.

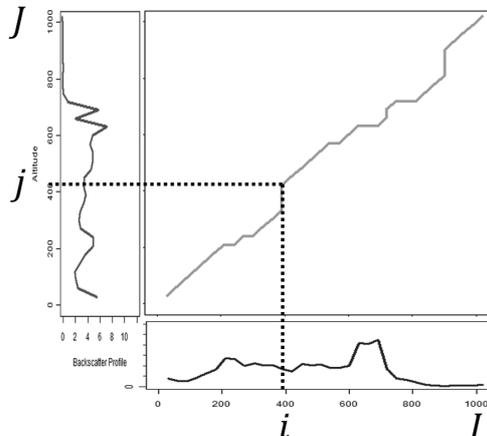


Fig. 3: Result of matching path.

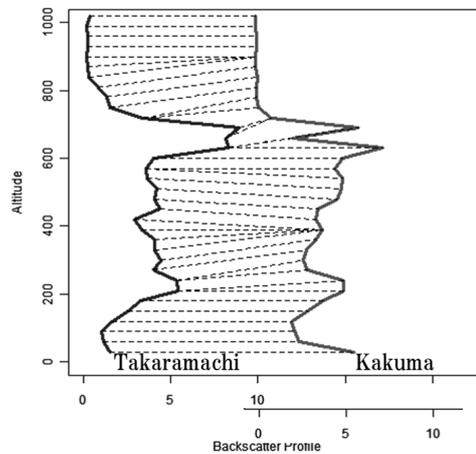


Fig. 4: Correspondences of altitude between two backscattering profiles.