

Yb ファイバーレーザーを用いた局所流観測システムの基礎検討

関西電力株式会社 正会員 松田 周吾

財団法人 レーザー技術総合研究所 非会員 染川 智弘

株式会社 気象工学研究所 正会員 ○佐藤 悠

1. 研究の目的

近年、短時間に激しく降る大雨の発生回数が増えている。平成20年7月には関西電力北陸支社管内の利賀ダムにおいて、大雨に伴う土砂災害による被害が発生した。このような被害が発生する原因の一つとして、局所的かつ短時間に発生する集中豪雨の予測が難しいことが挙げられる。短時間集中豪雨の早期発見および予測においては、降雨の前兆となる局所的な上昇流を事前に検知することが重要となる。大気状態を観測する際、レーザーでは降雨が発生する前（無降雨時）の観測は困難であるが、レーザー技術を用いることで無降雨時の観測が可能となる。そこで、できるだけ簡易な装置で局所的な上昇流を観測するシステムを開発することを目標に、Yb ファイバーレーザーを用いたミーライダーによって大気中のエアロゾル分布を観測した。エアロゾル分布の時間変化から、大気の局所流を推定する手法についての基礎検討を行った。また、ドップラーライダーによる同時観測を行うことで、推定した局所流の精度の検証を行った。

2. 観測概要

観測機器を図1に示す。今回使用したYb ファイバーレーザーは、波長1064 nm、パルスエネルギー0.8 mJ、パルス幅200 ns、繰り返し周波数25 kHzであり、小型で可搬性がある。エアロゾルや雲からのミー散乱光は直径30 cmの望遠鏡で集め、Si-APDによって測定した。観測はオシロスコープを用いて500回積算信号を1分間隔で取得した。観測範囲は視線方向約3kmで、距離分解能は30mである。観測仰角の変更は可能だが、今回は基礎検討であることから垂直方向の1次元観測を行った。

ドップラーライダーは、三菱電機製の光ファイバー型風計測用ライダーである。波長はアイセーフな1.5 μm 帯であり、1~3次元観測が可能である。今回の観測では、観測範囲1.5km、距離分解能75mとし、1秒毎に風のデータを取得した。

観測は、2010年8月2日~9月20日までの任意の晴天日で、合計14日間行った。ミーライダーの観測結果については、得られた値に距離の2乗を乗算することで補正を行った。また、高

度の上下方向に45mの移動平均を施した。

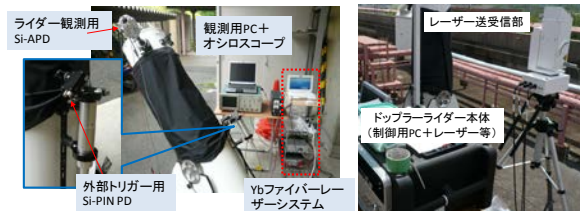


図1. 観測機器

左：ミーライダー 右：ドップラーライダー

3. エアロゾルの検出

2010年8月18日におけるミーライダーの観測結果を図2に示す。ミーライダーの観測間隔は1分なので、観測を60回繰り返し、合計1時間の観測結果を用いて高度-時間断面図を作成した。図2より、10:20頃、高度1200m付近で強い散乱が見られた。図3に10:20前後のミーライダー観測方向で撮影した写真を示す。図3から、強い散乱強度が観測された時刻に雲の存在が確認できる。よってこの散乱は雲の雲底によってもたらされたと推測される。雲粒の粒形はエアロゾルよりも大きいため、散乱強度が強く観測されたと考えられる。

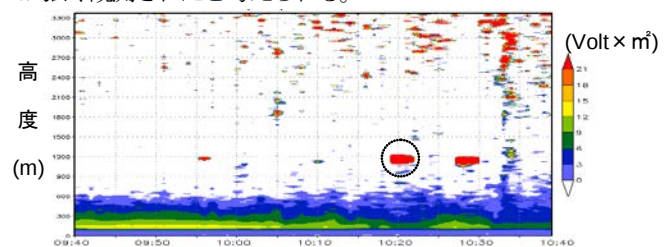


図2. レーザー散乱強度 高度-時間断面図

(2010年8月18日 仰角:90° 収集間隔:1分×60回)



図3. ミーライダー視線方向の写真(2010年8月18日)

キーワード レーザー、ドップラーライダー、降雨予測、局所流

連絡先 〒550-0003 大阪市西区京町堀1丁目8番5号 ㈱気象工学研究所 TEL06-6441-1022 <http://www.meci.jp>

また、下層に着目するため、図2の縦軸をLog スケール表示にした結果を図4に示す。図4から、高度800m 付近までは散乱強度が観測できたことがわかる。このことから、高度800m 付近までは大気中のエアロゾルの高度分布を検出できると考えられる。

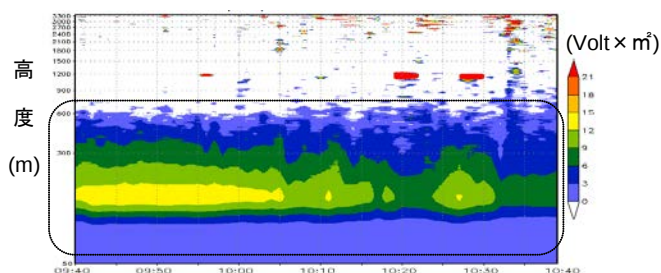


図4. 図2の縦軸をLog スケール化

4. ミーライダー観測結果による局所流推定手法

高度800m 付近までのエアロゾルが観測可能なことが確認できたため、ミーライダーにより観測されたエアロゾルの時間変化から、局所流を算出する手法について検討を行った。図5に今回考案した局所流推定方法を示す。

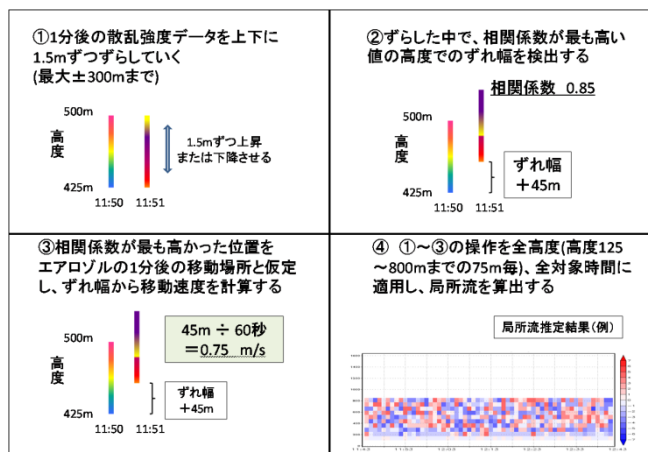


図5. ミーライダー観測結果による局所流推定手法

ただし、1次元観測に基づく基礎検討であることから、推定にあたっては以下の仮定をした。

- ・水平移流は無いものとする。
- ・1分間のエアロゾル高度分布は一樣とする。
- ・局所流を算出する際、相関係数が0.5以上のものを採用する。上下300m ずらしても、相関係数が0.5に満たなかった場合は、欠測扱いとする。

5. 局所流推定結果の評価

図5に示した手法により、実際のミーライダー観測結果を用いて局所流の推定を行った。図6にその結果を示す。図6(a)のミーライダー観測結果(散乱強度)を基に局所流を算出した結果が図6(b)である。ミーライダー観測と同時にドップラーライダーによる局所流の直接観測も行った。図6(c)にドップラーライダー観測結果を示す。図6(b)と(c)の分布図を比較したところ、同様な局所流分布になっていると言え難い。

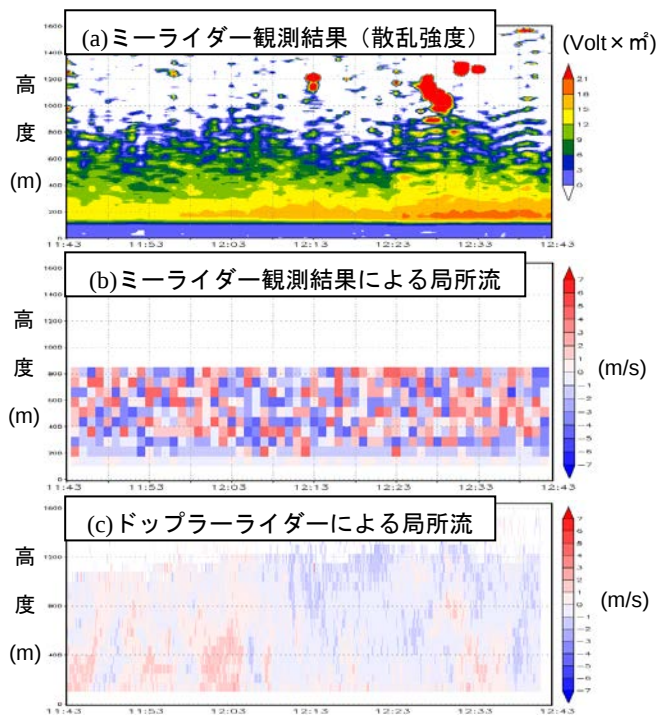


図6. 2010年9月20日の観測結果

ドップラーライダーを真値とした場合のミーライダー観測結果による局所流の適中率を表1に示す。適中率を算出する際、時間間隔を統一するため、ドップラーライダーの観測結果を1分間隔に平均した。両者の局所流の値の差が、定めた閾値以内であれば適中とした。その結果、閾値を $\pm 2.0\text{m/s}$ とした場合でも適中率は約47%と、推定精度が良いとは言えない結果となった。

この原因として、「水平移流は無いものとする」、「1分間のエアロゾル高度分布は一樣とする」などの仮定が現実的ではないことが考えられる。実際の気象は3次元的に変化をしているため、今回のミーライダーによる1次元および1分間隔での観測では情報が不足していた。ミーライダーによる2次元・3次元での観測を行い、かつ観測間隔をより短くすれば、推定精度が向上すると考えられる。

表1 ミーライダー観測による局所流推定の適中率

	閾値 $\pm 1.0\text{m/s}$	閾値 $\pm 2.0\text{m/s}$
適中率	0.22	0.47

今回、ミーライダーを用いて局所流を推定する手法を検討した。精度の良い結果を得るためには、観測手法や局所流算出方法の更なる向上が必要であることが示唆された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、三菱電機株式会社のドップラーライダーシステムを借用させて頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。