

潮岬風力実験所に設置したマイクロ波放射計を用いた降水に伴う水蒸気変動の特徴
 The Characteristics of the Water Vapor Variability with Precipitation by Microwave Radiometry
 -Observation at the Shionomisaki Wind Effect Laboratory-

○石井智・箕輪昌裕・高島祐弥・吉田聡

○Satoshi ISHII・Masahiro MINOWA・Yuya TAKASHIMA・Akira KUWANO-YOSHIDA

Characteristics of the water vapor variability from one hour before precipitation estimated from the ground-based microwave radiometry at Shionomisaki Wind Effect Laboratory are investigated. The analysis period was about 2 years from August 21, 2020 to August 31, 2022. 70 cases of the rainfall events during the daytime were extracted. The following results were obtained: 1) Just before precipitation, there were cases not only increasing the vertically integrated water vapor from 100 m to 5000 m above ground (SumWV), but also decreasing the SumWV. 2) In the increasing cases, water vapor in each layer increases around 20 minutes before precipitation. 3) In the decreasing cases, water vapor peaks around 20 minutes before precipitation and then begins to decrease. 4) Results classified by cloud height show that differences in water vapor fluctuating layers depend on cloud height.

1. はじめに

降水前の水蒸気は大きく変化することが知られており、GNSS 可降水量 (神田ほか[1]) や、数値解析モデル (Tsuji et al.[2]) を利用したものなど、豪雨事例について、多くの研究が行われている。利用されているデータの特徴として、GNSS 可降水量は、時間分解能は高いが、鉛直方向の水蒸気量を推定できない。また、現業の数値予報や再解析値は、水蒸気の空間分布は議論できるが、時間分解能が数時間であり、水蒸気の数分や数十分の時間変動の議論はできない。豪雨前には境界層上空の水蒸気の流入が重要であるとの研究結果 (Tsuji et al.[1]) もあり、鉛直方向の水蒸気を推定でき、数十秒から数分の時間間隔で鉛直方向の水蒸気量を推定可能な地上設置型マイクロ波放射計が注目されている。本研究では、潮岬風力実験所に設置してあるマイクロ波放射計を用いて、降水前 1 時間の水蒸気変動の特徴を調査する。

2. 方法

和歌山県の潮岬風力実験所に設置された古野電気株式会社製のマイクロ波放射計 (以下、MWR) は約 18~26GHz の計 39 チャンネルで観測された放射量と気象庁潮岬特別地域気象観測所 (以下、気象庁潮岬) のゾンデ観測との対応を学習し、水蒸気密度を推定している (岩堀ほか[3])。データは約 20 秒ごと、高度は地上 100m から 10000m までの 100m ごとである。前 1 分間の中央値で

MWR 推定の水蒸気データを 1 分間隔に変換したデータを使用する。他に、古野電気株式会社製の雲カメラ画像 (時間間隔: 2 分)、気象庁 MSM の初期値 (水平格子間隔: 地表面は 5km, 等圧面は 10km, 時間間隔: 3 時間)、気象庁の全国合成レーダの降水強度 (水平格子間隔: 1km, 時間間隔: 10 分)、気象庁潮岬の地上観測データ (時間間隔: 10 分)、JAXA の分野横断型プロダクト提供サービス (P-Tree) のひまわり 8 号データから算出された雲特性 (昼間のみ) の雲タイプデータ (水平格子間隔: 5km, 時間間隔: 10 分) を使用する。解析期間は 2020 年 8 月 21 日 14 時から 2022 年 8 月 31 日である。

高度 100m における MWR 推定の水蒸気量と気象庁潮岬の地上観測の水蒸気量の差による品質管理 (QC: Quality Control) を行う。MWR 最下層 100m の水蒸気量と気象庁潮岬の地上観測の水蒸気量の差が 1 標準偏差 (2.77g m^{-3}) を超えるものは上層の水蒸気量の推定ができていないと判断し、使用しない。また、気象庁潮岬の地上観測データは 10 分間隔であるのに対し、MWR のデータは 1 分間隔であるため、前後の気象庁潮岬の地上観測のある時刻の QC がともにパスしていた場合はその間の時刻も QC をパスしていると判断する。

次に、降雨イベントの抽出方法について説明する。MWR 付属の感雨計の基準電圧 (5V) からの電位差の有無を用いて、降水イベントを抽出する。

雨が降っていない期間の基準電圧からの電位差は 0V である。降雨イベントの抽出条件は 1. 感雨計が反応している時間が 10 分以上継続している, 2. 降水の前 1 時間以内に別の降水がない, 3. 降水前 20 分間の QC をパスした時刻が 8 時刻以上ある, とする。感雨計が雨滴を捉えるよりも前に MWR の観測窓に雨滴が付着すると水蒸気推定精度が悪化したデータを使用することになるため, 雲カメラ画像で確認し, 降水開始時刻の修正を行う。よって, 抽出する降雨イベントは雲カメラ画像で水滴の判断できる昼間のみとする。

3. 結果

抽出された降雨前のイベントは 70 事例である。抽出事例の降水前 20 分間の 100m から 5000m までの水蒸気量積算値 (以下, SumWV) の時間変化率のヒストグラムを図 1 に示す。降水直前の 20 分間の時間変化率は増加事例が 51 事例, 減少事例が 19 事例である。次に増加, 減少事例それぞれの水蒸気変動の特徴を確認するため, 降水開始 1 分前 (-1 分) から 60 分前 (-60 分) までの高度毎の規格化した水蒸気密度のコンポジットを図 2 に示す。規格化には QC をパスしている降水時刻に最も近い SumWV で水蒸気プロファイルを除いた。減少事例は降水 20 分前に水蒸気密度がピークとなり, その後減少する傾向がある。一方, 増加事例は 20 分前ごろから水蒸気密度が増加傾向にある。降水直前の増加, 減少の違いがローカルなスケールの影響であると考え, 雲タイプデータを用いて降水をもたらした雲の雲頂気圧ごとに分類したコンポジットを図 3 に示す。雲頂気圧に対応するように水蒸気密度が増加, あるいは減少することが確認できる。発表時には, 減少事例がなぜ生じるかについて事例解析結果を報告する。

謝辞: 本研究は古野電気株式会社との共同研究及び科研費 20H04306 及び 19H05696 の成果である。MSM データ, 全国合成レーダデータは京都大学生存圏データベースより, 雲特性の雲タイプデータは宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の分野横断型プロダクト提供サービス (P-Tree) を受けた。

参考文献

- [1] 神田ほか, 2000, 天気, 47(1), 7-15.
- [2] Tsuji, H. et al., 2021, Geophysical Research Letters, 48, e2021GL095030.
- [3] 岩堀ほか, 2021, 気象学会 2021 年度春季大会講演予稿集, 135

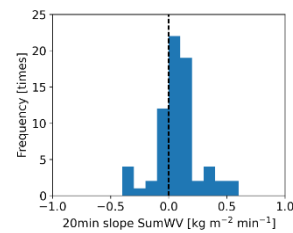


図 1 降水開始 1 分前から 20 分前までの SumWV の前 20 分時間変化率。破線は $x=0$ 。

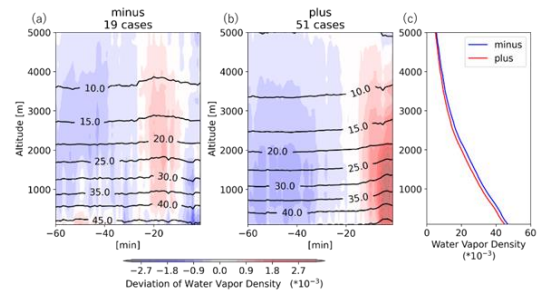


図 2 規格化した水蒸気密度偏差(シェード)と水蒸気密度(コンター)の時系列のコンポジット。(a)は減少事例, (b)は増加事例, (c)は偏差の算出に用いた前 1 時間平均プロファイル。

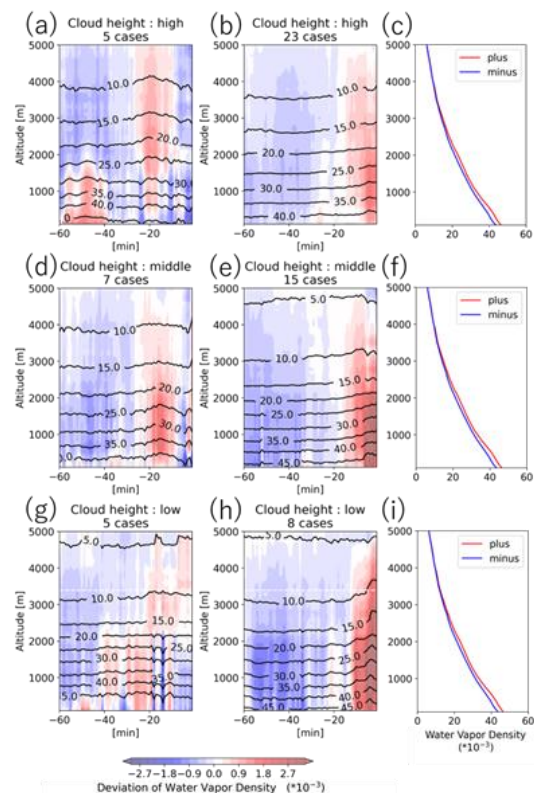


図 3 降水をもたらした雲について雲頂気圧毎に分類した, 規格化した水蒸気密度偏差(シェード)と水蒸気密度(コンター)の時系列コンポジット。(a), (d), (g)は減少事例, (b), (e), (h)は増加事例。雲頂気圧が (a) と (b) は 'high', (d) と (e) は 'middle', (g) と (h) は 'low'. (c), (f), (i) は各雲頂気圧事例の偏差の算出に用いた前 1 時間平均プロファイル。