

層状性降水時の地上マイクロ波放射計による Off-Zenith 観測の検証 Verification of Off-Zenith Observations by Ground-Based Microwave Radiometer under Stratiform Precipitation Conditions

荒木 健太郎^{1*}; 村上 正隆¹; 石元 裕史¹; 田尻 拓也¹; 小司 禎教¹; 齋藤 篤思¹
ARAKI, Kentaro^{1*}; MURAKAMI, Masataka¹; ISHIMOTO, Hiroshi¹; TAJIRI, Takuya¹; SHOJI, Yoshinori¹; SAITO, Atsushi¹

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute, JMA

The radiometric observation by ground-based microwave radiometer (MWR) has been used for the retrieval of precipitable water vapor (PWV) and liquid water path (LWP) for many decades. However, raindrops cause mainly two critical errors in radiometry; the first is the effect that raindrops wet the radome, which produces absorption losses. The second is the effect of absorption/emission and scattering by large raindrops in the air.

To solve especially the first issue, the effectivity of off-zenith radiometric observations by MWR under the stratiform precipitation conditions in all seasons is investigated. Stratiform precipitation periods were extracted by using the criteria of rainfall rate (RR) observed by an optical disdrometer and LWP retrieved from off-zenith observations at the elevation angle of 15 degrees. By comparing PWVs derived from radiometric observations at the elevation angle of 15 degrees with PWVs derived from global positioning system, it's found that the reliable PWVs are obtained under the stratiform precipitation conditions with RR less than 10 mm h^{-1} . The precipitation particles are mostly classified into snow and graupel at RR over 7 mm h^{-1} , and the particle type of rain is found at small RR. A case study shows that microwave radiometry can be conducted with small errors under the stratiform snow conditions even with RR over 10 mm h^{-1} . By solving a simplified radiative transfer equation applied to the typical stratiform rain cases with small RRs, it's found that the observations at the elevation angles over 30 degrees are affected by the effect of the wetness on the radome. From the result of the fundamental experiments which estimates the errors quantitatively, the errors in zenith observations in the cases are comparable to the error due to the wetness on the radome. The off-zenith observations at low elevation angle are valuable under the stratiform precipitation conditions when the Rayleigh approximation assumed in the retrieval method is appropriate.

キーワード: マイクロ波放射計, 層状性降水, 可降水量, 積算雲水量, リトリーブ

Keywords: microwave radiometer, stratiform precipitation, precipitable water vapor, liquid water path, retrieval

転倒ます型雨量計の比較観測 Comparison of Tipping-Bucket Rain Gauges in Natural Rainfall Conditions

永瀬 司^{1*}; 林 泰一²; 小松 亮介³; 渡邊 好弘¹; 橋波 伸治¹; 山本 哲⁴
NAGASE, Tsukasa^{1*}; HAYASHI, Taiichi²; KOMATSU, Ryosuke³; WATANABE, Yoshihiro¹;
HASHINAMI, Shinji¹; YAMAMOTO, Akira⁴

¹ 気象情報通信株式会社, ² 京都大学防災研究所, ³ 株式会社小松製作所, ⁴ 気象庁気象研究所

¹ Weather Information & Communications Service LTD., ² Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³ Komatsu Factory Co. LTD., ⁴ Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

近年、局地的な豪雨による災害が多く発生している。例えば、2014年8月に広島市で発生した豪雨では、線状降水帯が数時間停滞し、3時間に200mmを超える大雨となった。この豪雨により山崩れや土石流が発生し災害をもたらした。このような豪雨において、実際の降水量を正確に観測することは、現象の解明および将来の防災対策においても有用であり、その必要性は高くなっている。

日本国内の雨量観測は、雨量0.5mm相当で1回転倒する転倒ます型雨量計が広く採用されている。一方、雨量の少ない地域、特に海外では、雨量0.2mm相当で1回転倒する雨量計を採用する国も多い。このタイプの雨量計が、南アジアや東南アジアなどの激しい降水現象が発生する所でも使用されている場合がある。今回、降水強度と転倒ます型雨量計の精度の関係を調査し、激しい降水現象が発生する場所で、正確な雨量観測が保証されるかどうかを検証することにした。転倒ますの容量が、0.2mm計、0.5mm計、1.0mm計の3台の転倒ます型雨量計を野外に設置し、比較観測を実施した。

比較観測は、日本(潮岬:京都大学防災研究所潮岬風力実験所露場)と、日本よりさらに激しい降水現象が発生し、世界有数の多雨地点である、インド北東部メガラヤ州のチェラプンジの2か所で行った。

観測期間は、潮岬は、2013年6月16日から11月7日まで、チェラプンジは2014年4月28日から9月6日までの約4~5か月間である。比較観測で使用した雨量計は、潮岬、チェラプンジとも同じものである。

観測期間の1.0mm計、0.5mm計、0.2mm計の積算降水量は順に、潮岬は、1258.0mm、1244.5mm、1209.4mmであった。またチェラプンジは8643.0mm、8379.5mm、8154.0mmであった。観測期間は異なるものの、チェラプンジの積算降水量は、潮岬の6倍以上であった。1.0mm計の積算降水量を基準とした0.5mm計、0.2mm計の積算降水量の割合を見ると、潮岬では99%、96%、チェラプンジは97%、94%で、ますの大きさが小さくなると積算降水量も少なくなることが確認できた。

1.0mm計の転倒の時間間隔から、観測雨量1.0mm(1転倒)毎の降水強度を求めた。0.2mm計の測定限界である80mm/h(製造者仕様)超の降水現象が、潮岬では、72例(全体の5%)で、チェラプンジは1249例(同14%)発生している。また、200mm/hを超える猛烈な降水現象についても、潮岬では3例(最大降水強度は225mm/h)、チェラプンジでは15例(同300mm/h)観測された。

1.0mm計が1転倒する時間内に発生した、0.2mm計の転倒回数と降水強度の関係を調査した。その結果、潮岬、チェラプンジ共に、0.2mm計の測定範囲内である80mm/h以下の降水強度では、転倒回数5回を中心に±2回の範囲におおむね収まっていることがわかった。しかし、降水強度が80mm/hを超えると、転倒回数が5回よりも少ない場合が多いことがわかった。その傾向は、チェラプンジではより顕著である。同様に1.0mm計の1転倒に対する、0.5mm計の転倒回数も、降水強度が200mm/hを超えると、転倒回数が少なくなる傾向が見られた。

まとめとして、今回の比較観測では、最大300mm/hに達する事例をはじめ、激しい降水強度での比較観測が実施できた。

その結果、1.0mm計と比べて0.2mm計は降水強度が80mm/hを超えると追従できていない現象を確認した。

また、0.5mm計についても、十分追従できていない限界があることが分かった。

南アジアや東南アジアなどの激しい降水現象が発生する所については、その地域で想定される降水強度にあった雨量計を使用することが適切である。

キーワード: 転倒ます雨量計, 局地性豪雨, 気象観測, インド

Keywords: tipping-bucket rain gauges, local heavy rain, meteorological observation, India

地上稠密観測 POTEKA で観測した2014年8月22日のダウンバースト Surface Pressure Distributions of Downburst captured by High Dense Ground Observation Network "POTEKA" on 22 August 2014

佐藤 香枝^{1*}; 矢田 拓也¹; 呉 宏堯¹; 小林 文明²
SATO, Kae^{1*}; YADA, Takuya¹; KURE, Hiroataka¹; KOBAYASHI, Humiaki²

¹ 明星電気株式会社, ² 防衛大学校
¹ Meisei Electric Co. Ltd., ² National Defense Academy

明星電気株式会社は、小型気象計 POTEKA Sta.(ポテカ: Point Tenki Kansoku、以下 POTEKA)を開発し、2013年度から群馬県を中心に地上稠密気象観測を実施している。2014年度は、POTEKA を改良し新たに風向風速と雨量を観測可能とした。また、既存の観測網を拡大し小学校を中心に約 2km 間隔で 93 カ所に追加設置を行い、計 145 ヶ所で 1 分毎の地上観測網を構築した。本稿では、2014年8月22日に発生したダウンバーストの観測結果について紹介する。

ダウンバーストは活発な積乱雲が通過したことによるもので、18時10分ごろに高崎市から前橋市にかけて発生した。気温に着目すると、17時45分頃から気温の急低下が見られ、平均で $-0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の気温減率を観測した。気象庁の現地調査結果との比較では、気温低下地域の拡大方向・時刻は一致した。また、最初の気温低下は被害発生時刻の約25分前に確認した。気圧は気温急低下とほぼ同時に急上昇を観測し、平均で $+0.34\text{hPa}/\text{分}$ であった。この気圧の急上昇は活発な積乱雲の下で観測されていたため、冷気の下降流を捉えたものと考えられる。

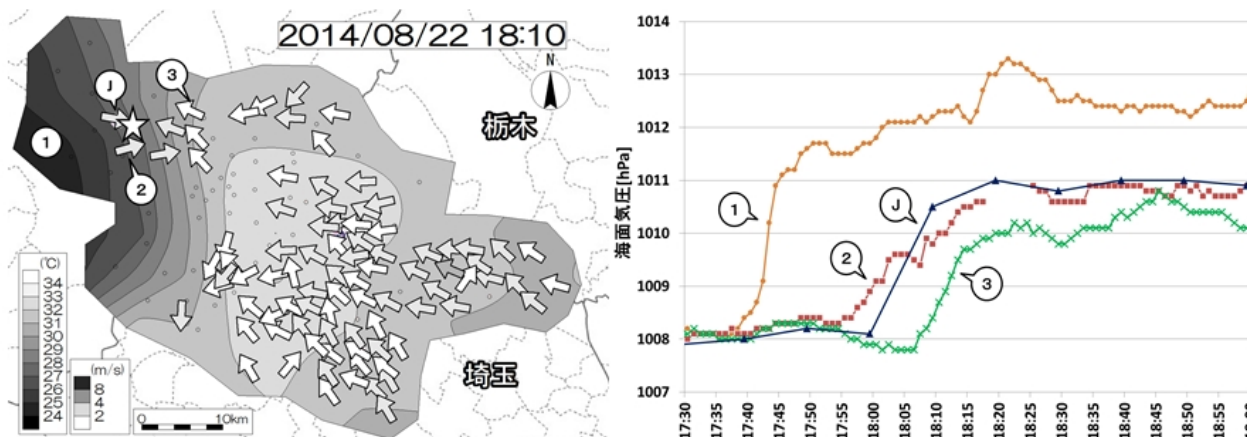
2013年8月11日に発生したダウンバーストの観測結果(佐藤ほか, 2013・野呂瀬ほか, 2013)と今回の観測結果を比較した。気温減率を見ると、2013年度は平均 $-1.15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{分}$ であり、低下率は約2倍であった。また、2つの観測事例とも被害発生時刻より前に気温の急低下を観測できた。気圧は $1\sim 2\text{hPa}$ 程度の一時的な上昇がみられる点は両者とも一致しているが、2014年度は上昇後の顕著な気圧低下はなく、ダウンバースト発生前よりも気圧が高い状態を維持していた。突風発生要因は両者とも活発な積乱雲通過によるものであったが、2014年度の方が相対的に大きな積乱雲が確認でき、この積乱雲によるダウンバーストが継続的に発生した結果、高圧状態が維持されたものと推測される。今後は風向風速や湿度など他の要素を用いて、突風発生時の地上気象変化についてより詳しく解析していく。

参考文献

1. 佐藤香枝, 呉宏堯, 矢田拓也, 小島慎也, 森田敏明, 岩崎博之. 2013. 地上稠密観測 POTEKA で観測した2013年8月11日のダウンバースト(1). 日本気象学会春季大会予稿集, 105, 223pp
2. 野呂瀬敬子, 小林文明, 呉宏堯, 森田敏明. 2013. 地上稠密観測 POTEKA で観測した2013年8月11日のダウンバースト(2). 日本気象学会春季大会予稿集, 105, 224pp

キーワード: 稠密観測, ダウンバースト

Keywords: High Dence observation network, Downburst



比良おろし予報システムの開発に関する研究 A Study on the development of forecast system for the downstream wind by Hira Oroshi

阪本 洋人^{1*}; 東 邦昭¹; 古本 淳一¹; 橋口 浩之¹
SAKAMOTO, Hiroto^{1*}; HIGASHI, Kuniaki¹; FURUMOTO, Jun-ichi¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

本研究では、比良山地から琵琶湖に向かって強風が吹き降りる比良おろしの予報システムの開発を目指し、従来の50%の適中率を約80%にまで向上させた。

比良おろしは、比良山地の麓の幅約10km区間にのみ見られるおろし風である。本研究では、比良おろしを「風向が北西よりで最大瞬間風速が20 m/sをこえる強風」と定義する。

まず、比良おろし域に約20点の超稠密地上観測網を構築し比良おろしの動態を観測的に捉えることに成功した。それをもとに比良おろし域で、データ品質に優れ、比良おろし域での風速場を代表できる4観測点を抽出した。

200m水平分解能の気象シミュレーションを行った。非静力学予報モデルWRF (Weather Research and Forecast) をA-KDKに導入し、気象庁等から配信される客観解析を初期・境界値として12時間の予報システムを構築した。2013年10月1日?2014年3月31日の期間で6時間毎のシミュレーションを行った。この期間で従来の気圧配置による予測で比良おろしが発生しやすい気圧配置となったのは31事例だがそのうち実際に発生したのは17事例だった。また気圧配置による予測の見逃しが3事例存在した。

実際に観測で比良おろしが発生したときのみ、数値シミュレーション結果に現れる特徴的な構造を発見した。まず山脈に垂直な細長い複数の強風域が琵琶湖上から陸地側に延び、その後陸上に達し強風が見られるようになる。逆に終了時には突風域が徐々に陸地から離れてゆく。

この特徴を用いて、数値予報での比良おろし発生の判定方法を開発した。数値シミュレーションが領域・時間平均の風況を示していることを考慮し、本研究では風速閾値を14 m/sと定めた。シミュレーション上で筋状の強風域が近づき湖岸での風速が14m/s以上の期間を比良おろし発生期間とした。この手法で適中率を評価した結果、スレットスコアは約80%に大幅に向上した。さらに、3時間毎時系列予報での精度を調べたところ、実際に突風が吹いた期間より予報は長期間の突風を予測していた。予報閾値がより安全よりであることを示し、閾値改良により正確な発生時間予測が期待される。

本システムは、気象状況予測の汎用技術を技術的基礎とし経験則は用いていないため、世界各地に散在する局地的な突風の予測に有効と期待される。

キーワード: 突風, メソ数値予報モデル, 稠密観測, 接地境界層

Keywords: gust wind, MesoScale Model, dense observation, boundary layer

高性能・低価格コヒーレント・ドップラー・ライダーの開発 Development of high performance and low cost coherent doppler lidar.

矢野 謙也^{1*}; 古本 淳一¹; 東 邦昭¹; 矢吹 正教¹; 橋口 浩之¹
YANO, Kenya^{1*}; FURUMOTO, Jun-ichi¹; HIGASHI, Kuniaki¹; YABUKI, Masanori¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University.

近年、夏期の局地的豪雨による災害が頻繁に発生している。こうした豪雨の発生要因を解明するためには、大気境界層の水蒸気収束動態が重要であるとされている。局地豪雨の監視のため高性能な降雨観測用気象レーダーの開発が進められている。しかし、気象レーダーで得られた降雨エコーは地上落下直前のエコーが見えているため、気象レーダーのみで事前予測を行うことは難しい。

コヒーレント・ドップラー・ライダー (CDL) は境界層内部の風速場を捉えることができるため、風の収束強度を知ることが出来る。本研究では、CDL の観測範囲の向上を図りつつも汎用光学部品を用いることで、高性能・低価格な実用用途に耐えうる CDL の開発を進める。エアロゾルの粒径情報を同時観測出来る多重偏波、多周波化機能を実装する。

キーワード: ドップラーライダー, 極端気象, 多重偏波, 多周波, エアロゾル

Keywords: Coherent Doppler Lidar, severe weather, Dual polarization, multi-frequency, aerosol

多波長分光検出器を用いた回転ラマンライダーによる気温計測 Temperature profiling with a rotational Raman lidar using a multispectral detector

岡谷 良和^{1*}; 吉川 賢一¹; 矢吹 正教¹; 塚本 誠²; 長谷川 壽一²; 津田 敏隆¹
OKATANI, Yoshikazu^{1*}; YOSHIKAWA, Kenichi¹; YABUKI, Masanori¹; TSUKAMOTO, Makoto²;
HASEGAWA, Toshikazu²; TSUDA, Toshitaka¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 英弘精機株式会社

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, ²EKO INSTRUMENTS CO., LTD.

大気境界層の気温鉛直分布の情報は、水蒸気や風と並び気象予報の向上やヒートアイランド現象や大気汚染の要因となる大気の安定度の理解のための必須の情報となる。本研究グループでは、空気分子による回転ラマン散乱光の検出から気温鉛直分布を計測するラマンライダーの開発を行ってきた。従来の気温を測定するライダーは、スペクトル幅が狭い回転ラマン散乱光を使用するため、高精度の狭帯域干渉フィルタと発振波長の安定したレーザーが必要であり、その分光系は複雑でシステム全体のサイズも大型になりがちであった。本研究では、回転ラマン散乱成分の検出に多波長分光検出器を取り入れることで、小型でより汎用性の高い気温ライダーの構築を目指す。多波長分光検出器は、光を波長ごとに分解する分光器、光から電流への変換を行うアレイ型光電子増倍管、および電流のパルス数を計測するパルスカウンタの3つの装置から構成される。従来の干渉フィルタを用いる気温ライダーは、特定の温度依存を示す2波長の回転ラマン散乱光強度を、各々の波長に対して干渉フィルタと検出器を設けて検出し、それら強度の比から気温を推定する。一方、多波長検出器を用いる気温ライダーでは、分光器と一体化された複数波長を同時に計測する光子検出器により、回転ラマン散乱スペクトルの形状を取得することができる。そのため、観測値を良く説明する回転ラマン散乱スペクトルを理論的に計算することで、スペクトル形状を決定する温度の推定が可能となる。

新たに構築したライダーの光源には波長 355 nm を用いて、口径 35 cm の望遠鏡により大気分子からの散乱光を受光した。散乱光は、多波長分光検出器により波長分解能 0.34 nm ごとに光子数を計測され、スペクトルの形状を求めた。散乱光に含まれる弾性散乱成分を取り除くために、弾性散乱・ラマン散乱の偏光特性の違いを利用した除去方法と、弾性散乱光が入射するアレイ型光電子増倍管の特定チャンネルを遮蔽する方法を組み合わせた。京都大学生存圏研究所・信楽 MU 観測所にて、2015 年 1~2 月にかけてライダーとラジオゾンデとの同期観測を実施し、開発したライダーの検証および性能評価観測を実施した。本稿では、数値シミュレーションならびにラジオゾンデ観測より算出した校正係数の検証、計測精度および気温推定精度の評価など、初期解析結果を基とした気温ライダーシステムの性能評価について述べる。

キーワード: 気温ライダー, 多波長分光検出器

Keywords: temperature lidar, multispectral detector