

GNSS 視線遅延を用いた積乱雲監視のための数 km スケールの PWV 分布解析 Estimation of Several Kilometer Scale PWV Distribution using GNSS Slant Path Delay for Monitoring of Cumulus Convection

小司 禎教^{1*}
SHOJI, Yoshinori^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

全球衛星測位システム (Global Navigation Satellite System) を用いた数 km スケールの可降水量 (Precipitable Water Vapor: PWV) 分布を解析する手法を提案する。この手法は観測された電波の位相から、GNSS 解析によって得られた天頂遅延量と、天頂方向に投影した個々の衛星方向の視線遅延量との差を利用する。水蒸気勾配が高度とともに指数関数的に減少すると仮定すると、両者の差を用いて観測点から視線の方向の PWV 勾配を推定できる。Shoji(2013) では水蒸気の非一様性を示す Water Vapor Inhomogeneity (WVI) 指標を提案した。これは天頂方向に投影した SPD のばらつき (標準偏差) として定義される。WVI 指数では電波の方向に関する情報は使われない。ここで紹介する SPD 方向の PWV 勾配は、視線のばらつきと方向の両方を利用する。

この手法を用いて、2012 年 5 月 6 日に茨城県つくば市に大きな被害をもたらした竜巻の親雲について、PWV の分布を解析した。この親雲は、気象研究所の二重偏波レーダーの観測から、特に発達した数 km スケールの積乱雲の存在が、竜巻発生の 1 時間程度前に確認されている (Yamauchi et al. 2013)。益子 (2012) による高解像度非静力学モデル (NHM) 実験では、親雲の周辺 5km 程度の領域に 18mm/km にも達する強い PWV 勾配が再現されていた。平均 17km 間隔の国土地理院 GNSS 観測網から再現された PWV 分布では、そのような強い勾配は表現されない。今回提案する手法では、親雲周辺での PWV 勾配の強化が表現されていた。

しかし、解析された PWV 勾配は最大でも 8mm/km 程度で、NHM モデルによる結果の約 1/2 程度にとどまった。この理由は二つ考えられる。ひとつは観測点密度の粗さである。NHM シミュレーションで再現された PWV 勾配の強い領域は、数 km 程度の領域であり、平均 17km 間隔の観測点では、補足に限界がある。もう一つは SPD の数である。当研究では GPS 衛星のみを用いている。GPS 衛星は 2014 年 1 月現在 30 機が運用中で、日本では観測可能な衛星数は 6-12 機と時間によって変化する。上記の提案指標の精度は、SPD の数や配置に依存するため、なるべく観測点上空で偏りのない、数多くの衛星を利用する必要がある。国土地理院では GEONET に、複数の GNSS 観測が可能な改良を行い、2013 年 5 月 10 日より GPS に加え、準天頂衛星 (日本) と Glonass (ロシア) の観測データ提供を開始した。発表では GPS 以外の衛星の利用可能性についても議論する。

キーワード: メソ気象, 水蒸気, 全球航法支援システム
Keywords: Mesoscale meteorology, Watervapor, Global Navigation Satellite System

準天頂衛星システムを用いたメソ γ スケールの可降水量分布測定についてのシミュレーション Numerical Simulation on Retrieval of Meso-gamma Scale PWV Distribution with the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)

大井川 正憲^{1*}; Realini Eugenio¹; 瀬古 弘²; 津田 敏隆¹
OIGAWA, Masanori^{1*}; REALINI, Eugenio¹; SEKO, Hiromu²; TSUDA, Toshitaka¹

¹ 京大大学生存圏研究所, ² 気象庁気象研究所

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, ²Meteorological Research Institute (MRI), Japan Meteorological Agency (JMA)

準天頂衛星 (Quasi-Zenith Satellite System: QZSS) と GPS 衛星 (Global Positioning System) の位置情報と数値モデルの出力を用い、メソ γ スケールの可降水量 (Precipitable Water Vapor: PWV) 分布測定のシミュレーションを行った。空間分解能の評価では、従来の GNSS 気象学と同様に QZSS と GPS の仰角 10° 以上の全視線データを用いる手法、QZSS 衛星の最も仰角の高い視線データを用いる手法、GPS 衛星の最も仰角の高い視線データを用いる手法の 3 手法で得られた PWV を比較した。

数値モデルの格子点上に GPS 受信機があると仮定し、その直上の水蒸気量の鉛直積算値である PWV の真値と、上記の 3 つの手法で求めた PWV (PWVG、PWVQ 及び PWVHG) との RMSE を比較すると、雨が降り始める 5 分前では、PWVG、PWVQ 及び PWVHG の RMSE はそれぞれ 2.78 mm, 0.13 mm, 0.59 mm であった。PWVHG では、最も仰角の高い GPS 衛星の入れ替わりの時刻に約 2 mm の値の不連続が生じるのに対し、PWVQ の場合では、QZSS 衛星の入れ替わりが天頂付近で起きるため不連続が小さかった。また、GPS の衛星配置が QZSS よりも短時間で大きく変動するため、PWVG と PWVHG の標準偏差も PWVQ の標準偏差よりも大きくなる事が分かった。

PWVG、PWVQ の水平分布を PWV の真値と比較すると、真値の分布に見られる豪雨に伴うメソ γ スケールの細かな分布が、PWVG では平滑化されてしまうのに対し、PWVQ ではメソ γ スケールの特徴をとらえていた。

以上の結果は、稠密な GNSS 受信機網を用いて、最も高い仰角にある測位衛星の視線遅延量を使って PWV を解析する事で、雷雨に伴うメソ γ スケールの水蒸気変動が表現できる事を示しており、この高分解能のデータをメソモデルに同化すれば雷雨等の予報精度を改善できると考えられる。特に、準天頂衛星が高仰角に長時間滞在する日本域では、将来的に QZSS を利用する事で分散が小さいデータを連続的に解析できる事が示された。

キーワード: 可降水量, 準天頂衛星システム, 雷雨, 非静力学モデル

Keywords: precipitable water vapor, Quasi-Zenith Satellite System, thunderstorm, non-hydrostatic model

気象庁現業ドップラーレーダで求めた屈折率分布のデータ同化実験 Data assimilation experiments of refractivity distribution observed by an operational Doppler Radar of JMA

瀬古 弘^{1*}; 佐藤 英一²; 坂梨 貴紀³
SEKO, Hiromu^{1*}; SATO, Eiichi²; SAKANASHI, Takanori³

¹ 気象研究所/JAMSTEC, ² 気象研究所, ³ 気象庁

¹Meteorological Research Institute, JAMSTEC, ²Meteorological Research Institute, ³Japan Meteorological Agency

ドップラーレーダから送出した電波で、送電鉄塔などの固定物で反射して戻ってきたものは、経路上の水蒸気等により遅延する。電波の位相情報から遅延量を算出することができれば、経路上の屈折率、すなわち水蒸気量や気温の情報を取り出すことができる。気象庁で全国に展開しているドップラーレーダから水蒸気情報を抽出し、データ同化によって数値モデルの初期値の下層の水蒸気量を改善できれば、局地的豪雨を引き起こす夏季の積乱雲の発生等の予報の精度向上が期待できる。

本報告では、気象庁の現業の東京レーダで得られた IQ データから屈折率の時間変化を求め、局所アンサンブル変換カルマンフィルターで同化した結果について報告する。

謝辞： 本報告の一部は、科研費「固定反射物からのレーダーエコー位相情報を用いた水蒸気情報の抽出手法の確立」および「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」戦略分野3「防災・減災に資する地球変動予測」に関する研究の成果です。ここに記して感謝いたします。

キーワード: ドップラーレーダー, 屈折率, 水蒸気, データ同化

Keywords: Doppler Radar, Refractivity, Water vapor, Data assimilation

ドコモ環境センサーネットワークと今後の展開について Overview and future strategy of docomo Environmental Sensor Network(ESN)

坪谷 寿一^{1*}; 東 邦昭²; 古本 淳一²

TSUBOYA, Hisakazu^{1*}; HIGASHI, Kuniaki²; FURUMOTO, Jun-ichi²

¹NTT ドコモ ライフサポートビジネス推進部, ² 京都大学生存圏研究所

¹Division of life support business promotion, NTT DOCOMO Corporation, ²Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

NTTドコモでは2008年より全国の無線基地局を活用して気象情報・環境情報の観測を行い、新しい情報コンテンツとして提供を行ってきた。本情報は応用気象分野として、防災、農業、ヘルスケアと多岐にわたる活用が可能である。今後は自社の情報蓄積クラウドと観測資産を、情報を活用する自治体、企業、さらには個人に対しても提供し、より稠密な観測ネットワークを構築していく予定である。

地上稠密観測 POTEKA と群馬県を中心とした実証実験の成果 High Dense Ground Observation Network "POTEKA" in Gunma, Japan

前田 亮太^{1*}; 吉倉 智美¹; 呉 宏堯¹; 矢田 拓也¹; 森田 敏明¹; 岩崎 博之²
MAEDA, Ryota^{1*}; YOSHIKURA, Tomomi¹; KURE, Hiroataka¹; YADA, Takuya¹; MORITA, Toshiaki¹; IWASAKI, Hiroyuki²

¹ 明星電気株式会社, ² 群馬大学教育学部

¹ Meisei Electric co., ltd., ² Faculty of Education, Gunma University

明星電気株式会社は、稠密観測のための小型気象計 POTEKA Sta.(POTEKA: Point Tenki Kansoku) とクラウド環境 POTEKA Lab. を開発した。それらを用いて、地元企業、教育委員会の協力の下、「伊勢崎市 POTEKA プロジェクト」を発足させ、局所気象の対策や、医療や熱中症予防、教育活動、農業・エネルギー管理、快適な生活等に役立てることを目的に、2013年8月より稠密観測情報利活用の実証実験を行っている。

POTEKA Sta. は気温・相対湿度・現地気圧・感雨・日照を1分間隔で測定する。従来と比較し安価な気象計により、稠密観測網の構築が容易に実現できる。POTEKA Sta. の観測データは、クラウド環境 (POTEKA Lab.) によって収集、統計的に処理される。データは、専用ソフトウェアなしで、既設の PC 又はタブレット端末により WEB 閲覧可能である。

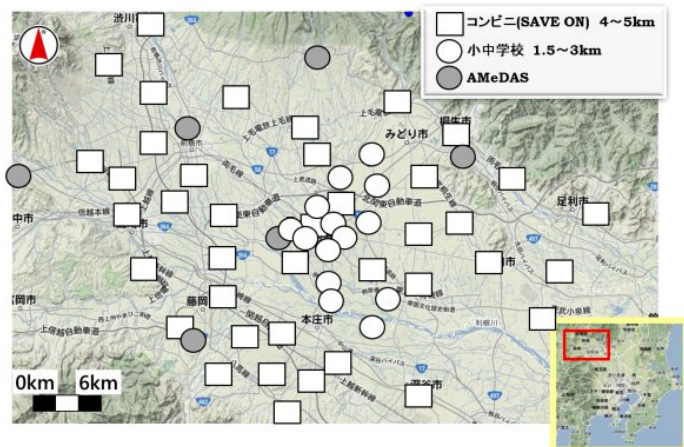
群馬県伊勢崎市内の小中学校 14 カ所、同市周辺のコンビニ (SAVE ON)41 カ所の計 55 カ所の稠密観測網 (約 1.5~4km 間隔) を構築した (図 1)。従来より細かい稠密観測により点ではなく面的に地上における局所気象現象を捉えることができた。

本発表では 1. 地域による局所的な気温分布の違いや 2. 学校での熱中症対策、3. 理科授業・自由研究の学校教育利用など稠密観測情報の有効性が示された事例を紹介する。

謝辞: 本プロジェクト始動にあたり、サンデン (株) 殿、(株) セーブオン殿には POTEKA 設置のご協力を頂きました。ここに御礼申し上げます。

キーワード: 稠密, ビッグデータ, 測器, ネットワーク, 観測

Keywords: dense, big data, instrument, network, observation



2013年8月11日に群馬県高崎市・前橋市で発生したダウンバーストの解析結果 Observation of downburst in Takasaki and Maebashi city, Gunma on 11 August 2013

野呂瀬 敬子^{1*}; 小林 文明¹; 呉 宏堯²; 森田 敏明²
NOROSE, Keiko^{1*}; KOBAYASHI, Fumiaki¹; KURE, Hiroataka²; MORITA, Toshiaki²

¹防大地球, ²明星電気

¹National Defense Academy, ²Meisei Electric

2013年8月11日18時から18時半頃にかけて群馬県高崎市・前橋市では激しい雷雨が発生し、突風被害が生じた。小型気象計 POTEKA を用いた地域稠密気象観測網で突風発生時の地上気象変化を捉えた(野呂瀬ほか 2014)。本報告では、地上気圧の時間変化からこの突風の成因を考察する。突風発生地点における地上の気象要素(気温・気圧・混合比・感雨)の時系列をみると、これらの気象要素の中でも特に気圧に顕著な変化がみられた。17:42~17:59JSTに1.3hPa、17:53~18:07JSTに1.9hPaの気圧上昇(pressure jump)、その直前に気圧低下(pressure dip)が観測された。突風周辺の他の地点でも同様の傾向が確認できた。この気圧の時間変化は、最も顕著な気圧の上昇(pressure jump; Peak2)に先行する形で、相対的に小さな pressure jump (Peak1)が特徴的であり、それらはガストフロントによる pressure jump (Peak1)とダウンバーストによる pressure jump (Peak2)と考えられる。さらに、それぞれの前後には局所的な低圧部による pressure dip が観測された。他の気象要素をみると、Peak1と感雨及び気温の急降下が時間的に対応していた。また、本事例では混合比の変化は相対的に小さかった。Pressure jumpの空間分布をレーダーエコーと対応させてみると、Peak1は強エコー域の前面に位置しながら進行していた。その進行速度は約10m/sと見積もられ、エコーの平均移動速度と一致した。それに対し、Peak2はエコーコアに位置し、その移動速度は約9m/sと見積もられた。Peak2の pressure jumpは約20~30kmの水平スケールを有していた。18:19JST、前橋地方気象台では最大瞬間風速23.4m/sを記録し、18:20JSTにおけるPeak2の位置は被害地域とも一致したことから、前橋市内にもたらされた被害はダウンバーストによるものであったと結論づけられた。

ヘリ搭載サーモカメラにより観測された東京都心エリアの地表面温度分布とヒートアイランド対策効果の検証—2013年と2007年の比較 Helicopter-borne thermocamera measurements of surface temperatures in downtown Tokyo -Comparison of 2013 with 2007-

常松 展充^{1*}; 横山 仁¹; 本條 毅³; 市橋 新¹; 安藤 晴夫¹; 松本 太¹; 瀬戸 芳一²

TSUNEMATSU, Nobumitsu^{1*}; YOKOYAMA, Hitoshi¹; HONJO, Tsuyoshi³; ICHIHASHI, Arata¹; ANDO, Haruo¹; MATSUMOTO, Futoshi¹; SETO, Yoshihito²

¹ 東京都環境科学研究所, ² 千葉大学, ³ 東京都環境科学研究所/首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection, ²Chiba University, ³Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection/Tokyo Metropolitan University

東京ではヒートアイランド現象と地球温暖化の進行により、過去 100 年間に平均気温が 3 °C 上昇し、熱中症等さまざまな形で都民生活に影響を及ぼしている。このため、東京都環境科学研究所では、この高温化の実態を正確に把握するとともに、これまでに実施されてきた東京都におけるヒートアイランド対策事業の効果を検証することで、都の施策に資する調査研究を行っている。

都市のヒートアイランドに関する数値シミュレーションは数多くの先行研究によって行われてきたが、その重要な検証材料となる、高い空間解像度かつ都市部を広域にカバーする観測データが不足している。本研究では、2013 年 8 月 19 日と 2007 年 8 月 7 日に、大丸有地区を中心とした東京都心エリアを対象として、ヘリコプターによる地表面温度水平分布の稠密観測を実施した。

ロビンソン R22 ヘリコプターにサーモレーサ (NEC 三栄社製の熱画像監視カメラ TS7302; 測定波長帯: 8~14 マイクロメートル) を搭載し、約 610 メートルの高度から、昼間 (12 時頃) と夜間 (21 時頃) に地表面温度を計測した。熱画像の解像度は約 2 メートルである。気象条件は両観測実施日で類似しており、最高気温は 33 °C 前後、昼間は南寄りの海風が卓越していた。また、観測実施日前において、2013 年の方が 2007 年よりも高温な状態が続いていた。なお、観測対象エリアの一部は、2020 年の東京オリンピックにおけるマラソンコース (予定) になっている。

観測から得られた 2013 年と 2007 年の昼間の地表面温度分布を解析した結果、全体的には 2013 年の方が 2007 年に比べて地表面温度が高いものの、東京駅周辺の再開発地区等、新規にビルが建設された場所付近においては、逆に地表面温度の低下が認められた (下図参照)。ただし、地表面の射出率の違いが影響している可能性もあり、今後慎重に分析する必要がある。また、観測結果を Google Earth に投影するなどして詳しく調べた結果、街区の交差点で地表面温度が特に高いなどの特徴がみられた。

さらに、夜間における地表面温度分布の特徴や、昼間と夜間の地表面温度の差異、それに、場所ごとの地表面温度の高低と天空率との関係を調査し、それらの結果についても発表したい。その他、東京都が展開している高密度気象観測網について紹介する予定である。

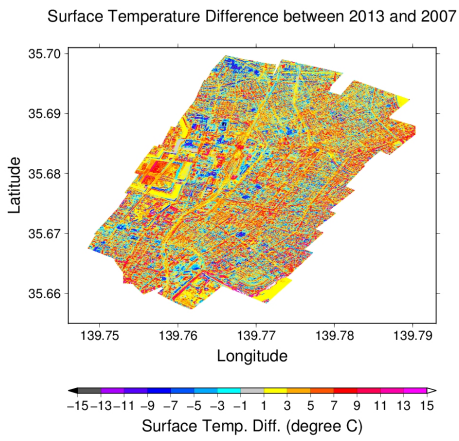
キーワード: ヘリコプター観測, サーモカメラ, 地表面温度, 東京都心エリア, ヒートアイランド対策効果検証, 猛暑日

Keywords: Helicopter-borne measurements, thermocamera, surface temperature, downtown Tokyo, verification of measure effects on urban heat island, extremely hot days

AAS23-07

会場:424

時間:4月28日 11:45-12:00



局地風広戸風の発生に対する台風の影響 How Does A Typhoon Affect The Local Downslope Wind Hirodo-Kaze In Japan?

筆保 弘徳^{1*}; 清原 康友²; 大橋 唯太³; 桑形 恒男⁴; 森山 文晶¹
FUDEYASU, Hironori^{1*}; KIYOHARA, Yasutomo²; OHASHI, Yukitaka³; KUWAGATA, Tsuneo⁴; MORIYAMA, Fumiaki¹

¹ 横浜国立大学, ² 日本気象予報士会, ³ 岡山理科大学, ⁴ 農業・食品産業技術総合研究機構

¹Yokohama National University, ²The Certified and Accredited Meteorologists of Japan, Japan, ³Okayama University of Science, Japan, ⁴National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan

The Hirodo-kaze is one of the well-known strong local winds in Japan. Hirodo-kaze occurs at the southern base of Mt. Nagi (1240 m) in the northeastern Okayama Prefecture, when the lower-troposphere synoptic wind is strong northerly in association with a typhoon. Previous studies have described the mechanisms that force downslope winds and large-amplitude mountain waves. However, descriptions of the effect of temporal changes in the large-scale environment on the severe downslope wind are not enough. The purpose of present study is to examine the forcing mechanisms during a Hirodo-kaze and the effects of typhoons on the occurrence of a Hirodo-kaze.

The Hirodo-kaze that occurred in association with Typhoon Pabuk was investigated as a case study. At 06 UTC on 21 August 2001, when Pabuk was located over the sea about 80 km southwest of the Kii peninsula, strong surface winds related to the cyclonic circulation of Pabuk were observed in Shikoku and Kinki districts. Relatively weak northerlies prevailed in Chugoku district far from Pabuk, but a strong northerly was observed at the station located in the lee of Mt. Nagi, about 5 km south of the crest of Mt. Nagi, namely Hirodo-kaze.

The mesoscale model, MM5, successfully reproduces the major features of the observed Hirodo-kaze and Typhoon Pabuk. During the Hirodo-kaze, the severe downslope winds in the transitional flow develop in the lower troposphere below the mean-state critical layer. The Hirodo-kaze is closely linked to the strong wind region accompanying the severe downslope winds. After the cessation of the Hirodo-kaze, distinct mountain waves dominate in the lower troposphere where the Scorer parameter decreases with height. The region of strong wind retreat windward as the Hirodo-kaze ceases. Temporal changes in the characteristics of mountain waves in the lee of Mt. Nagi are primarily attributed to the changes in the large-scale environmental winds due to the movement of Typhoon Pabuk.

The effects of intense typhoons on the occurrence of the Hirodo-kaze were also investigated statistically using data using European Center for Medium Range Weather Forecast 40-year reanalysis data (ERA-40). According to the several reports of Okayama meteorological station, twelve Hirodo-kaze events occurred between 1989 and 2001. During these events, strong lower-tropospheric northerlies were overlain by middle-tropospheric southerlies. These favorable conditions occur only as an intense typhoon moves over the sea southwest of Kii peninsula. Thus, the intense typhoon that moves over the sea southwest of the Kii peninsula creates favorable environmental conditions that support the occurrence of the Hirodo-kaze.

キーワード: 広戸風, おろし風, 数値シミュレーション
Keywords: typhoon, local downslope wind, MM5

フェーズドアレイレーダによる観測と今後の展開について Observation and application of the Phased Array Radar

牛尾 知雄^{1*}; Wu Ting¹; 菊池 博史¹; 嶋村 重治¹; 妻鹿 友昭¹; 水谷 文彦²; 和田 将一²; 井口 俊夫³; 佐藤 晋介³; 高橋 暢宏³

USHIO, Tomoo^{1*}; WU, Ting¹; KIKUCHI, Hiroshi¹; SHIMAMURA, Shigeharu¹; MEGA, Tomoaki¹; MIZUTANI, Fumihiko²; WADA, Masakazu²; IGUCHI, Toshio³; SATOH, Shinsuke³; TAKAHASHI, Nobuhiro³

¹ 大阪大学, ² 東芝, ³ 情報通信研究機構

¹Osaka University, ²Toshiba, ³NICT

The phased array radar system which was installed in 2012 in Osaka University has the unique capability of scanning the whole sky with 100m and 10 to 30 second resolution up to 60 km. The system adopts the digital beam forming technique for elevation scanning and mechanically rotates the array antenna in azimuth direction within 10 to 30 seconds. The radar transmits a broad beam of several degrees with 24 antenna elements and receives the back scattered signal with 128 elements digitizing at each elements. Then by digitally forming the beam in the signal processor, the fast scanning is realized. After the installation of the PAR system in Osaka University, the continuous operation has been done and succeeded in getting several hazardous rain fall events with lightning locations. The data for these events captured by the Phased Array Radar shows the unique capability of the high resolution weather radar. In this presentation, over view of the Phased Array Radar is firstly given, and after that observation results and future direction of the Phased Array Radar Network with polarimetric capability is shown.

キーワード: レーダ, フェーズドアレイ, 降水

Keywords: Radar, Phased Array, Precipitation

集中豪雨の特徴に関する統計解析 Statistical analyses on the characteristics of heavy rainfall events

津口 裕茂^{1*}; 加藤 輝之¹
TSUGUTI, Hiroshige^{1*}; KATO, Teruyuki¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

本研究では、日本域での集中豪雨の一般的な特徴を理解するために、集中豪雨に関するさまざまな統計解析に取り組んでいる。

1995年から2009年の暖候期(4月~11月)を対象として、気象庁作成の解析雨量を用いて、日本で発生した集中豪雨事例を客観的に抽出した。その結果、合計で386事例が抽出された。抽出された集中豪雨事例は、7・8・9月の3か月に全体の75%以上が発生しており、九州・四国・近畿・東海地方の太平洋側沿岸部で発生数が多いという特徴がみられた。それぞれの集中豪雨をもたらした総観規模擾乱の分類を行ったところ、台風・熱低本体が全体の32.4%を占めてもっとも多く、次いで、停滞前線が21.2%、台風・熱低の遠隔が17.9%、低気圧が14.2%であった。また、集中豪雨をもたらす降水系の形状の分類を行ったところ、“線状”によるものが全体の43.5%を占めていたことがわかった。

気象庁55年長期再解析データ(JRA-55)を用いて、集中豪雨(>130 mm/3hr)の環境場についての統計解析を行った。並の降水(10-30 mm/3hr)の発生時と比較することで、集中豪雨の発生時の環境場の特徴を調べた。梅雨末期にあたる7月の九州地方を対象に解析を行ったところ、九州地方付近の大気下層の相当温位や水蒸気フラックス量は集中豪雨発生時の方が明らかに大きくなっていった。また、九州地方付近の大気の安定度を比較したところ、集中豪雨発生時の方がより不安定になっていた。さらに、集中豪雨と並の降水を区別するためには、単独の要素だけを利用するのではなく、大気下層の水蒸気フラックス量と大気の安定度の2つの要素を組み合わせることが有効であることがわかった。

キーワード: 集中豪雨, 統計解析

Keywords: heavy rainfall, statistical analysis

気象研究所における高速スキャン・高分解能レーダーによる竜巻等の顕著気象に関する研究：現状と今後 MRI Rapid-Scan and Super-Resolution Observations in severe storms: Recent Progress and Future Plans

楠 研一^{1*}; 猪上 華子¹; 吉田 智¹; 加藤 亮平²; 藤原 忠誠³
KENICHI, Kusunoki^{1*}; INOUE, Hanako¹; YOSHIDA, Satoru¹; KATO, Rhohei²; FUJIWARA, Chusei³

¹ 気象研究所, ² アルファ電子, ³ 東日本旅客鉄道

¹Meteorological Research Institute, ²Alpha-denshi Co., Ltd., ³East Japan Railway Company

本発表では、気象研究所における竜巻等突風等の激しい大気現象の高時間・空間分解能観測について、現在の進捗、事例、今後の予定を報告する。

(1) 多点型地上観測システム

竜巻渦の構造を調べるために、風速計を 100 m 間隔で 12 台、気圧計を 50m 間隔で 25 台を直線状に配置し、高時間分解能サンプリング (100ms) で観測する超高密度観測システム「多点型地上観測システム」を開発し、観測網の海岸沿いに総延長 1.2k m にわたって配置し、観測を行っている。本発表では、多点型地上観測システムの概要と測定方式、ドップラーレーダーとの同時観測で得られた実際の冬期竜巻の微細構造について紹介する。

(2) 激しい大気現象のためのフェーズドアレイレーダーの導入

竜巻等突風・局地的大雨は、短時間で急激に発達するため、現状のレーダーでは捉えることが難しい。気象研究所では、フェーズドアレイレーダーを導入し、これら現象の観測を行い、メカニズムを解明する予定である。本発表では、フェーズドアレイレーダーの仕様や今後の予定を説明する。

キーワード: 竜巻, 高時間・空間分解能観測, フェーズドアレイレーダー

Keywords: tornado, rapid-scan and super-resolution observations, phased array radar

高時間・空間分解能の船舶レーダを用いた降水エコーの微細構造観測 Fine radar echo structure revealed by a high scanning and high-range-resolution X-band marine radar

藤吉 康志^{1*}
FUJIYOSHI, Yasushi^{1*}

¹ 北海道大学低温科学研究所
¹ Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

X-バンドの船舶レーダは、感度は悪いが距離分解能は15mでアンテナは2秒に1回と高速で回転する。このレーダを鉛直方向に回転させることで、降水雲の鉛直構造の詳細な短時間変動を観測することが可能である。本報告では、これまで船舶レーダを用いて行ってきた観測結果から、雨脚の落下、雨滴の風によるふるい分け、対流セルのジャンプ、発達した雷雲の頂部から前方に吹き出す粒子による風下の対流雲への種まき効果、発達した雷雲の側面から吹き出す細かい降水エコー、そして2本のブライトバンドの形成過程、昆虫エコーによるサーマルや海風の可視化、山岳斜面に沿った冷気流の下降など、このレーダによって初めて見出されたマイクロスケールの現象を紹介する。

キーワード: 船舶レーダ, レーダエコーの微細構造, 降水雲, 昆虫エコー, 密度流
Keywords: marine radar, fine structure of radar echo, precipitating cloud, angel echo, gravity current head

民間企業における気象レーダー利活用について Applications of weather radar network in private companies

手柴 充博^{1*}
TESHIBA, Michihiro^{1*}

¹ (株) ウェザーニュース
¹Weathernews Inc.

近年、新しい気象レーダーが各社によって開発され、機能追加が行われており、一方、従来より安価なレーダーも開発されて、民間企業でも気象レーダーを展開できるようになってきている。ところが、米国のように、例えばテレビ局それぞれが気象レーダーを持ち、独自に解説を行うようなところまではまだ至っていない。それには、日本特有の問題点もあるかと思われるが、本講演では、弊社ウェザーニュースの気象レーダー展開についての現状と、今後日本でこのようなレーダー観測網をさらに発展させるにはどのようにしていくべきかについて考えたい。

キーワード: 気象レーダー, レーダーネットワーク, 民間企業
Keywords: weather radar, radar network, private company

顕著な竜巻をもたらしたスーパーセル近傍の環境場の時間変化 Temporal Variation of Close-Proximity Soundings within a Significant Tornadoic Supercell Environment

荒木 健太郎^{1*}; 石元 裕史¹; 村上 正隆¹; 田尻 拓也¹

ARAKI, Kentaro^{1*}; ISHIMOTO, Hiroshi¹; MURAKAMI, Masataka¹; TAJIRI, Takuya¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

We examined proximity soundings at intervals of a few minutes and at distances of less than 20 km from a significant tornadoic (SIGTOR) supercell that occurred on 6 May 2012 in Japan. We used a 1-dimensional variational (1DVAR) technique that combined the observations of a ground-based microwave radiometer with outputs from a numerical model. Based on the results of the 1DVAR, several supercell and tornado forecast parameters were calculated and compared with values typical of SIGTOR supercell environments in the United States. One and a half hours before the occurrence of the tornado, the value of convective available potential energy increased significantly to about 1000 J kg^{-1} , a value that is smaller than the typical value in the United States. Low-level vertical wind shear and some composite parameters attained maximum values at the time when the distance to the supercell was the smallest. The vertical wind shear parameters and some composite parameters indicated that the environment fell into the SIGTOR supercell category. This result shows that the thermodynamic environments became unstable before the approach of the supercell, and the low-level vertical wind shear changed locally near the supercell.

キーワード: 竜巻, スーパーセル, マイクロ波放射計, 1DVAR

Keywords: tornado, supercell, microwave radiometer, 1DVAR

2012年5月6日につくば市付近で発生した竜巻に関する気象研究所ドップラーレーダーデータの同化実験 Data Assimilation experiment of Tsukuba tornado on May 6, 2012 using MRI Doppler Radar data

横田 祥^{1*}; 国井 勝¹; 瀬古 弘²
YOKOTA, Sho^{1*}; KUNII, Masaru¹; SEKO, Hiromu²

¹ 気象研究所, ² 気象研究所/海洋研究開発機構
¹Meteorological Research Institute, ²Meteorological Research Institute/JAMSTEC

2012年5月6日の午後12時30分(JST)頃、つくば市付近で藤田スケールF3と推定される国内最大級の竜巻が発生し、大きな被害が生じた。この竜巻は西からやってきた降水帯の南端で発生しており、ほぼ同時刻にこの竜巻の北側でさらに2つの竜巻が発生していた。気象研究所のドップラーレーダーはこの竜巻から約15kmの近距離にあり、竜巻を発生させた降水系だけでなく竜巻に伴う下層渦もとらえることに成功しているが、このレーダーによる高密度観測データを同化した実験はこれまでに行われていない。そこで本研究では、局所アンサンブル変換カルマンフィルターをネストしたシステム(LETKFネストシステム)を用い、このレーダーで観測されたドップラー風の同化が再現される渦に与える影響を調べた。

本実験では、アンサンブルメンバー数を12とし、親LETKF(水平格子間隔15km)では1時間間隔の観測データを5月3日09JSTから6時間サイクルで、子LETKF(水平格子間隔1.875km)では10分間隔の観測データを6日03JSTから1時間サイクルで同化した。観測データは気象庁の現業データ同化システムで使用されているもの(地上・海上で観測された気圧、ラジオゾンデで観測された風・気温・湿度、ウインドプロファイラで観測された風、航空機で観測された風・気温)を用いたが、子LETKFではこれに加えて気象研究所のレーダーのドップラー風も同化した(以後この実験をVRと呼ぶ)。比較のためにドップラー風を同化しない実験(CTL)も併せて行い、CTLとVRの両方の実験について、子LETKFで6日10JSTに解析された13メンバーの値(12メンバーとその平均である解析値)を初期値として水平格子間隔350mにダウンスケールしたアンサンブル実験を行った。

6日10JSTの解析値を初期値にしたダウンスケール実験では、実際に発生した渦を3つとも再現することはCTL、VR共にできなかったが、南北に並んだ2つの渦は再現された。南側の渦の位置に着目すると、CTLとVRで大きな違いはないものの、VRの方が2km程度南を通っており、現実の位置に近づいていた。また、この渦の下層の最大風速はVRの方がCTLより強かった。これらに関係する要因として、ここでは「ストームに相対的なヘリシティ(SReH)」と「下層の水蒸気」に注目し、6日10JSTにおけるこれらの量について、再現された南側の渦の下層の最大風速(Vmax)や、その渦が東経140度を通る時の緯度(L140)との相関をVRの13メンバーで計算した。すると、SReHは降水域とその南において、下層の水蒸気は降水域南と渦発生域南において、Vmaxと正の相関があった。このことは、Vmaxの大きさに初期値のSReHと下層の水蒸気量が影響を及ぼしていることを示している。VRをCTLと比較すると、6日10JSTにおける降水域のSReHはCTLより小さく、一方で渦発生域の下層の水蒸気はCTLより増大していた。VRではCTLに比べ、レーダー付近の晴天エコー内のドップラー風の同化によって、降水域に供給される下層の水蒸気が増大する方向に修正されており、この効果がSReHの減少よりも大きく影響を及ぼしたために渦が強くなったのだと考えられる。一方、L140については、降水域南の下層の水蒸気と負の相関があった。このことは、降水域南で下層の水蒸気が多いほど降水域が南に延びて渦がより南で発生するというを示唆している。

本実験の結果、竜巻に伴う渦の強度や位置が、降水域とその南の風速や、降水域南と渦発生域南の下層の水蒸気と相関を持つことが分かった。したがって、数値実験によってこの竜巻に伴う渦の再現性を向上させるためには、データ同化によりこれらの量を適切に修正することが必要と考えられる。

謝辞:

気象研究所のレーダーデータは、気象研究所気象衛星・観測システム研究部第二研究室からご提供いただきました。また本研究の一部は「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」戦略分野3「防災・減災に資する地球変動予測」に関する研究、および文部科学省・社会システム改革と研究開発の一体的推進「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」より支援を受けました。ここに記して感謝いたします。

キーワード: データ同化, 竜巻, ドップラーレーダー
Keywords: data assimilation, tornado, Doppler Radar

フェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システムの開発 Development of Phased Array Weather Radar and Doppler Lidar Network Fusion Data System

佐藤 晋介^{1*}; 安井 元昭¹; 前野 英生¹; 花土 弘¹; 高橋 暢宏¹; 岩井 宏徳¹; 川村 誠治¹; 児島 正一郎¹; 雨谷 純¹; 田中 健二¹; 落合 啓¹; 久保田 実¹; 井口 俊夫¹
SATO, Shinsuke^{1*}; YASUI, Motoaki¹; MAENO, Hideo¹; HANADO, Hiroshi¹; TAKAHASHI, Nobuhiro¹; IWAI, Hironori¹; KAWAMURA, Seiji¹; KOJIMA, Shoichiro¹; AMAGAI, Jun¹; TANAKA, Kenji¹; OCHIAI, Satoshi¹; KUBOTA, Minoru¹; IGUCHI, Toshio¹

¹ 情報通信研究機構

¹ National Institute of Information and Communications Technology

情報通信研究機構 (NICT) では、局地的大雨 (いわゆるゲリラ豪雨) や竜巻・突風等による突発的局所的災害の予測と軽減を目指して、最先端リモートセンシング技術の研究開発を進めている。東芝、大阪大学、NICT の産学官連携チームが開発した 1 次元フェーズドアレイ気象レーダー (PAWR) は 10~30 秒間で隙間のない 3 次元降水分布を観測することができ 2012 年 6 月から大阪大学吹田キャンパスで実証実験を開始した。試験観測で得られた孤立した対流性エコーでは、ファーストエコーが発生してから地上に落下するのに約 10 分の時間がかかったが、その前に積乱雲発生場所を推測したりエコーの成長程度を予測したりするためには気象レーダー以外のデータが必要である。降水発生前の風速分布を観測できるドップラーライダーは積乱雲発生の前兆現象を捉えることが期待されるし、水蒸気分布やエアロゾルに関する情報も豪雨予測には重要と考えられる。そこで、我々は PAWR にドップラーライダー等のセンサーを融合させたシステムを開発し、NICT 未来 ICT 研究所 (兵庫県神戸市西区岩岡町) および NICT 沖縄電磁波技術センター (沖縄県国頭郡恩納村) に設置し、大阪大学に設置した PAWR との連携オペレーションなどによるネットワーク融合データ処理システムを NICT 本部 (東京都小金井市) 内に設置する。

本システムは、高さ 20m の鉄塔の最上部に直径 4m、高さ 4.5m のレドームを設置して、その中にフェーズドアレイ気象レーダーのアンテナ部 (送受信機を含む) を収納する。鉄塔の 5 階 (高さ 15m) 部分のデッキには、仰角 -10~190°、方位角 360° のスキャンが可能で、最大観測レンジ 10 km のドップラーライダー (Leosphere 400s) を設置する。同じ鉄塔階の別テラスには、水蒸気分布を測定する多波長マイクロ波放射計、エアロゾルを測定するスカイラジオメータを設置し、他に放射収支計、温湿度計・超音波風速計、全天カメラ・雲監視カメラ (4 方向) を鉄塔に設置する。地上には風向風速計、気圧計、雨量計を設置する。すべてのセンサーは常時リモート運用を行うためにネットワーク接続され、総合運用監視画面からの制御や全ての電源操作等が可能である。NICT 神戸と NICT 沖縄の観測データは基幹回線速度 10Gbps 以上の JGN-X 回線を通して NICT 小金井にリアルタイム転送される。そこでレーダー・ライダー合成マップ、気象センサーの時系列表示、気象レーダーの 3 次元データ表示などを行うための処理を行う。また、大阪大学と NICT 神戸の PAWR によるデュアルドップラー解析をリアルタイムで行い風速ベクトルマップの表示も行う。これらの処理データは NICT 小金井・神戸・沖縄に設置する大型 4K ディスプレイに表示され、解析研究やデモンストレーションに用いられると同時に、NICT 小金井の Web サーバーを通して公開される。

本システムは 2014 年 3 月の完成後、速やかに観測実験を開始する予定であり、できるだけ早期にデータ公開を行いたい。NICT では、大規模データ処理・伝送・可視化を行う最新 ICT を融合的に駆使することで、最先端センシング情報ネットワークシステムの研究開発を進めており、本システムで処理するデータも社会に役立つソーシャル・ビッグデータとして情報発信していく予定である。本システムは PANDA — Phased Array weather radar and Doppler Lidar Network fusion DAta system—という愛称を用いて、<http://panda.nict.go.jp/> にてデータ公開などを行っていく予定である。

キーワード: フェーズドアレイ気象レーダー, ドップラーライダー, ネットワークデータシステム, リモートセンシング, 局地的大雨

Keywords: phased array weather radar, Doppler lidar, network data system, remote sensing, localized heavy rainfall

豪雨の「種」を捉えるための京阪神観測および都市気象モデルの開発 Campaign Observation at Keihanshin Area for Detecting Convection Genesis

山口 弘誠^{1*}; 中北 英一¹
YAMAGUCHI, Kosei^{1*}; NAKAKITA, Eiichi¹

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute

豪雨災害が頻発しており、温暖化・都市化の影響との関係も議論されている。比較的規模の大きな豪雨はメソ数値気象モデルでおおよその予測が可能となってきたが、それより規模の小さな集中豪雨は未だ再現すら難しい。加えて、ゲリラ豪雨災害においては、ほんの5分、10分でも早い避難情報が極めて重要である。このような状況下、雲物理過程のさらなる解明、降雨予測精度・降雨量推定精度の向上、ゲリラ豪雨等の早期探知・予知、急激な出水・浸水の予測、ならびに新たな避難情報発信手法の確立が古くて新しい課題となっている。本研究では、降水粒子の形態に関する観測パラメータを得ることができる最新型偏波レーダー、ならびに上空に存在する降水粒子をカメラで撮影するビデオゾンデを同期させた基礎観測実験をベースに、近年では積乱雲の発生・発達を捉えるための観測へと進化させ、これらの観測を通して、雲物理・大気モデルを改良し、降雨量推定・予測の向上を図りながら、併せて水管理への様々な利用手法の基礎開発を行うことを目的とする。

2012年7月京都・亀岡豪雨、2012年8月宇治豪雨などは、大阪湾から流入してくる水蒸気が神戸や大阪付近で雲となり、その後淀川に沿って積乱雲が発達しながら移動し、大阪北部や京都で豪雨をもたらしたメカニズム（淀川ラインと呼ばれる）を持つ。これら一連の積乱雲の発生・発達を捉えるために、近畿で整備されている国土交通省のCバンドおよびXバンドの偏波レーダー網に加えて、2011年に、独自に設置したXバンド偏波レーダーによって大阪湾口を対象とした配備とRHI観測、ミリ波レーダーによる雲観測、GPS受信機をパイフェリーに設置して大阪湾から流入してくる海上での水蒸気観測、をそれぞれ設置した。2012年には初めて都市域でのビデオゾンデ観測に成功した。豪雨の3次元レーダーエコー分布に、豪雨の発生・発達を捉える観測網を重ねた京阪神観測のイメージ図を示す。

上記のフィールド基礎観測に加えて、局地的豪雨に対する予測の新たなステップとして、積乱雲の生起に関わる都市境界層での現象に着目が集まっている。本研究では、都市で発生する熱プルームや、さらにスケールの小さなわずかな上昇流を豪雨の「種」と呼び、その現象解明のためにLES (Large Eddy Simulation) を用いた都市気象モデルの開発への着手を始めている。豪雨の種を捉えるためには、種からタマゴへの成長過程、都市の粗度効果、熱的効果の陽的な表現が必要であるとして、LESを用いた準圧縮非静力学の都市気象モデルを独自に構築している。現状は、力学および熱に関する基礎部分を構築済みであり、構築したモデルの検証として、バックステップ流れ、建物の後流、プルーム、ラフネスブロック上の流れ、のそれぞれについて数値実験を行い、既往研究と比較しながら、それぞれの流れ場の特徴である渦構造・剥離・再付着などを再現できることを確認している。今後は、都市を想定した実験を行い、豪雨の「種」の解明を目指す。

キーワード: レーダー, ライダー, ビデオゾンデ, 都市気象

Keywords: Radar, Lidar, Videosonde, Urban Meteorology



超高分解能数値モデルによる複雑地表面上の局所的な気流変動の解析 Analysis of fine-scale airflows over complex topography by super-high-resolution numerical model

竹見 哲也^{1*}
TAKEMI, Tetsuya^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

計算機能力の持続的発展に伴い、メソスケールの気象シミュレーションは、利用した条件設定のみならず現実的な気象場を対象としても格子間隔 100 m の桁で行うことが可能となってきた。高分解能シミュレーションの利点は、現実場においては、地形や構造物といった複雑地表面をより良く表現できることにある。本発表では、地形や都市といった複雑地表面での局所的な気流がどのように数値シミュレーションで表現されるのか、ということについて述べる。現実の気象イベントの数値シミュレーションには、Weather Research and Forecasting (WRF) モデルを用い、ネスティングにより 100 m スケールに細密化する。さらに 100 m スケールから 10 m スケールへの高分解能化には、複雑地表面を陽に取り扱う必要があり、このために WRF モデルと数値流体力学 (CFD) モデルを結合する手法を開発した (Nakayama et al. 2012)。CFD モデルには、ビル状の粗度ブロック上の流れ場をシミュレートする Large-eddy simulation (LES) モデル (Nakayama et al. 2011) を用いた。本結合手法は、Mayor et al. (2002) のリサイクリング法を改良したものであり、現実気象場の状況を取り込みつつ粗度により生成される乱流も表現することが可能である。本結合手法の考え方を紹介し、東京での強風事例を対象としたシミュレーション実験の結果について発表する。さらに、複雑地表面上の気流の高分解能シミュレーションに関する他の解析事例についても紹介する。

キーワード: 高分解能モデル, 複雑地表面上流れ, メソスケール気象モデル, LES

Keywords: High-resolution numerical model, airflows over complex topography, mesoscale meteorological model, large-eddy simulation