

気象庁非静力学モデルによる肱川あらしの再現

Numerical simulation of a local wind, Hijikawa-Arashi, by use of JMANHM

*伊藤 純至^{1,2}、黒坂 優³、名越 利幸³*Junshi Ito^{1,2}, Masaru Kurosaka³, Toshiyuki Nagoshi³

1.気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所、3.岩手大学

1.Meteorological Research Institute, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3.Iwate University

愛媛県大洲市を流れる肱川河口付近では、「肱川あらし」とよばれる、大洲盆地から瀬戸内海へ向かう肱川に沿って、霧を伴って吹き出す局地風が秋・冬季の朝方にしばしばみられる。晴天時の夜間、大洲盆地において蓄積した冷気が、陸風として約10km下流の河口へ向かう。その際、幅数100mの峡谷を通過するが、通過後下流において“hydraulic jump (跳ね水現象)”を生じ、肱川河口付近では地表風が強まったものと考えられている。

本研究では現実地形や雲物理過程が導入された領域気象モデルである気象庁非静力学モデル (JMANHM)の高解像度化により、このような微細気象の再現を試みる。気象庁メソ解析 (MANL)を初期値・解析値とし、実際に「肱川あらし」がみられた数事例について、シミュレーションを行った。

ある程度、峡谷や盆地の地形が再現可能な水平解像度400 m、最下層の鉛直解像度40 mとして実験では、河口付近のある程度の強風(10m/s弱)は生じたものの、夜間、盆地において霧が生じなかった。鉛直層数を3倍に増やし、さらにモデルの上端を下げ、最下層の鉛直解像度を10mに精緻化した実験では、夜間にみられる大洲盆地内の放射霧が再現された。霧による長波放射で盆地内の気温が5 K程度下がったため、河口付近の風速も強くなった(約15m/s)。さらに水平解像度を80 mに向上させたところ、河口付近の強風は盆地内で生じた霧を伴う、現実の「肱川あらし」に近い状況を再現できた。

数値実験結果を肱川に沿った断面で見ると、“hydraulic jump”が峡谷下流の河口付近で生じていることがわかる。また2015年11月の事例については、上空からの映像や、河口付近に設置した風速計と様々なデータを利用できるため、数値実験結果との比較も行う。

謝辞

本研究の実施にあたってHPCI戦略プログラム分野3「超高精度メソスケール気象予測の実証」の支援を受けました。

キーワード：領域気象モデル、局地風、霧、微細気象

Keywords: Regional weather prediction model, Local wind, Fog, Micro-scale meteorology

みなとみらい21地区における熱風環境シミュレーション:粒子追跡法による空気塊移動解析
Sea breeze analysis on LES simulations and the particle trace calculations in MM21
district

*杉山 徹¹、曾我 勇太²、後藤 浩二³、佐土原 聡²、高橋 桂子¹

*Tooru Sugiyama¹, Yuta Soga², Koji Goto³, Satoru Sadohara², Keiko Takahashi¹

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター、2.横浜国立大学大学院都市イノベーション研究
院、3.日本電気

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology Center for Earth Information Science and
Technology, 2.Yokohama National University Institute of Urban Innovation, 3.NEC Corporation

We have performed thermal and wind environment LES simulations in MM21 district in Yokohama. The
used simulation model is MSSG (Multi-Scale Simulator for the Geo-environment). The spatial
resolution is about 5m in horizontal and vertical axis. We have also performed the particle trace
analysis in order to investigate the route of the sea-breeze. We have found the cool wind is
gradually warmed up as flowing into the district, then it blows up and is diffused. We will discuss
the diffusion coefficient in comparison with the several cases of vegetation and the DHC (District
Heating & Cooling) system in the area.

キーワード：熱風環境計算、粒子追跡

Keywords: Thermal and wind environment simulation, particle trace

低コストの吹雪による視程障害判定気象装置の開発

Development of low-cost meteorological detecting system for poor visibility occurred by snowstorm

*小林 ゆい¹、渡邊 恭也¹、今井 正亮^{1,3}、渡辺 健介^{1,3}、成瀬 延康^{1,2}、高橋 幸弘^{1,3}

*Yui Kobayashi¹, Kyoya Watanabe¹, Masataka Imai^{1,3}, Kensuke Watanabe^{1,3}, Nobuyasu Naruse^{1,2}, Yukihiro Takahashi^{1,3}

1.北海道大学グローバルサイエンスキャンパス、2.北海道大学高等教育推進機構、3.北海道大学大学院理学研究院

1.Global Science Campus, Hokkaido University, 2.Institute for the Advancement of Higher Education, Hokkaido University, 3.Graduate School of Science, Hokkaido University

1. 研究背景

冬の寒冷地では、吹雪に起因する事故が多発する。吹雪によって視程障害を伴うと、車の追突事故や走行不能を引き起こし、まれに気象条件によってはホワイトアウトと呼ばれる状況を作り出すため非常に危険である。このホワイトアウトに関しては、定義そのものが未だ曖昧であり、物理的によく説明されているわけではない。一方、吹雪に関する研究はこれまで多くなされてきている。吹雪とは、強風により雪粒子が移動・運動する状態を指す。吹雪の発生条件は、研究者による定義のばらつきはあるものの、一般に風速5m/秒以上・気温2℃以下とされている。こうした視程障害の監視には、ネットワークカメラの映像分析から視程障害の状態を判定したり、視程計を利用したりする研究などもあるが、それらのシステムは常時映像監視が必要であったり、設置コストが膨大であったりする点に問題がある。気象状況全般から暴風雪やホワイトアウトの発生が予測されたりもしているが、そもそも吹雪の発生自体が、各地域の地形や局所気象に大きく依存するため、さらにきめ細やかな局所気象観測網の開発が待たれている。

2. 研究目的

本研究では、吹雪やホワイトアウトによる視程障害の発生を判定できる低コストの気象判定装置を開発する。これにより、将来、ホワイトアウト発生予測地点に多数の機器を設置し、視程障害による被害を最小限に抑えるための高密度の気象観測網の構築を目指す一歩とする。

3. 開発装置の概要

まず、吹雪発生の気象条件（風速5m/秒以上気温2℃以下）を基に、次の2つの性能を有し、トータルで2万円以下の視程障害計測装置の開発を目標とした。

1) 気温、風速を電池駆動で計測でき、それらの計測データを、将来の超多点観測のために、無線によりデータを送受信する計測システム（無線通信モジュールXbee利用）

2) 既存の視程計の代わりに、市販の半導体レーザー光強度の吹雪による強度変化を照度計により計測するシステム

特に、2) のシステム開発のために2-20mの距離に設置した半導体レーザー光の強度を照度計にて計測したところ、そのS/N比から、10m以下の距離が望ましいことがわかった。これらの状態をビデオカメラで計測し、視程計の代替となることを確かめた。

キーワード：吹雪、視程障害、ホワイトアウト、防災

Keywords: snowstorm, poor visibility, disaster prevention, whiteout

クロスカントリースキー競技に資する多点気象観測法の開発

Multi-point meteorological observation for Cross-country skiing

*大上 迪士¹、河原林 正思¹、岩館 奈々¹、寺岡 知美¹、渡辺 恭也¹、小林 ゆい¹、勝濱 直椰¹、藤原 啓数¹、古田 英輝¹、鈴木 元太¹、成瀬 延康^{1,2}、高橋 幸弘^{1,3}

*Tadashi Okami¹, Shohsi Kawarabayashi¹, Nana Iwadate¹, Tomomi Teraoka¹, Kyoya Watanabe¹, Yui Kobayashi¹, Nagoya Katsuhama¹, Hirokazu Fujiwara¹, Eiki Furuta¹, Genta Suzuki¹, Nobuyasu Naruse^{1,2}, Yukihiro Takahashi^{1,3}

1.北海道大学グローバルサイエンスキャンパス、2.北海道大学高等教育推進機構、3.北海道大学大学院理学研究院

1.Global Science Campus, Hokkaido University, 2.Institute for the Advancement of Higher Education, Hokkaido University, 3.Graduate School of Science, Hokkaido University

クロスカントリースキー競技において、気象データ、特に、気温、湿度、雪温などは雪面とスキー板との間の摩擦を軽減するために使用されるワックス選定に必須な情報である。通常、会場の一カ所の気象データを計測し、経験的にワックス選定を行っているのが現状である。しかしながら、本来、雪温、湿度などの気象条件は、コース内の日向、日陰、吹き溜まりなど、局地的に異なるはずであり、一箇所の気象データだけではコース内の全ての気象条件を加味したワックス選定にはならない。この欠点を補うために、シミュレーションソフトによりコース上の雪温を推定することなどは、外国のナショナルチームで試みられているが、極めて限定された箇所での計測値から推定しているのであり、実際の気象条件とどれほど一致しているかについては不明である。ゆえに、コース内の気象データを定量的に多点観測できれば、ワックス選定や試合の戦略に活かすことができる。

そこで、本研究では、1) クロスカントリースキー競技に資する多点気象観測法を開発すると同時に、2) 動摩擦係数を計測出来る装置の開発を目的とする。本研究では1) に注力した。

具体的には、実際のクロスカントリー競技コース（北海道伊達市大滝）において、気温・湿度、および、日向・日陰を判別するための照度、雪面の状態に影響を与える風速値を1分毎に記録する多点気象観測システムを作製した。各種気象センサは自作し、コース内に数十個設置した。各気象データは無線通信（XBee pro）によりコーディネーターとなる機器（Arduino）で収集し、PCに記録した。さらに、得られた気象データを代表的なシミュレーションソフト（snowpack）を用いて、実測した気象データとの比較から、最適なワックス選定に活かす方法を考察した。

キーワード：多点計測、クロスカントリースキー、ワックス、XBee、snowpack

Keywords: Multi-point observation, Cross-country skiing, Wax, XBee, snowpack

太陽光パネルを用いた日射量稠密観測の可能性

Spatially and temporally dense monitoring of global solar radiation using solar panels

*森脇 亮¹、シジャパティ スエータ¹、都築 伸二¹*Ryo Moriwaki¹, Sweata Sijapati¹, Shinji Tsuzuki¹

1. 愛媛大学

1. Ehime University

1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨による災害が頻繁に発生しており、豪雨の早期発見・予測のためのモニタリングが重要となっている。松尾ら¹⁾は降水の前段階である雲に注目して、雲の有無や厚さは日射量の低減量と密接な関係があることを報告しており、このことから、日射量分布を把握できれば雲の分布を把握することができると考えられる。しかし、日射計は気象台など限られた場所にしかないため局地的な日射量分布の把握には適していない。日射量と太陽光パネルの発電量の変動には密接な関係があり、太陽光パネルをセンサーとして利用できれば、日射量分布を高密度で把握できると考えられる。本研究では実際の家屋や公共施設などの屋根への普及が進んでいる一般的な結晶系太陽光パネルを利用し、斜面など様々な角度に設置されることを想定して、太陽光発電量から日射量を推定する手法を提案することを目的とする。また松山平野内に設置された25か所の太陽光パネルの発電量から本手法を用いて日射量の空間分布を求め、直達散乱日射計のデータや天空カメラで撮影された雲の様子と比較することにより、本手法の有用性を明らかにした。

2. 全天日射量の推定手法

愛媛大学の建物屋上に設置している太陽光パネル (Panasonic 社製 VBHN233SJ01A) 2枚を南向き、傾斜角20°と30°で設置し計測を行った。太陽電池の最大出力が得られるよう電子負荷 (Array, 3721A) を自動制御して計測を行っている。同地点で全天日射計 (Kipp & Zonen, CMP-3) を用いて全天日射量を観測、同型の全天日射計を太陽光パネルにも併設し、傾斜面の日射量を観測した。太陽光パネルの発電量はそれぞれ種類や大きさで出力が異なるため、発電量を最大出力で除したものを「出力比」と定義し、以降本研究ではこの用語を用いる。

傾斜して設置された太陽光パネルの出力比から傾斜面日射量(W/m^2)を推定するために、ある晴れた日の実測の傾斜面日射量と太陽光パネルの出力比を用いて以下の式に示す換算係数(W/m^2)を同定した。

$$(\text{換算係数}) = (\text{実測傾斜面日射量}) \div (\text{太陽光パネルの出力比})$$

式(1)によって求められた換算係数を他の日の太陽光パネルの出力比に乗じて斜面日射量を推定した。

また、本研究では推定された傾斜面日射量を直散分離を利用することによって水平面日射量 (全天日射量) へ変換を行う。全天日射量に含まれる散乱日射量の割合である散乱比には経験式に基づいた様々なモデルが存在するが、本研究ではErbs et al.の提案するモデルを用いた。傾斜したパネルから見える半球は全天の一部と地表面の一部から構成される。地表面における日射量の均一反射の仮定により地表面からの放射影響を全天日射量に置き換えることが出来る。また、散乱光の均一散乱の仮定により、天空からの散乱光は面積率の補正により推定した。直達光については角度による補正を行うだけである。そして直達光と散乱光の和をとって全天日射量を推定する。

3. 結果とまとめ

南向き・傾斜角30°の太陽光パネルから求めた全天日射量の推定値と実測値の比較を行ったところ、雲による日射低減パターンが良く表現できており、また全天日射量の推定値と実測値は相関係数が0.99と十分に高い相関が得られた。また、晴れの日と比べ曇りの日の方が誤差は少なくなっている。本研究で用いたErbs et al.モデルが晴天時の散乱比を過小評価する傾向があることが原因であると考えられる。南向き・傾斜角20°の条件においても推定が可能であることが確認されている。

また松山平野内に設置された25か所の太陽光パネルの発電量を用いて全天日射量の空間分布を求め、直達散乱日射計のデータや天空カメラで撮影された雲の様子と比較した。快晴日あるいは曇天日 (層雲が空を覆っている状況) では日射量の空間分布は小さいが、曇りがちの天候下 (積雲が存在する状況) では上空の雲の状態に応じて日射量の空間的な変動が大きくなる傾向が認められた。日射量が局所的に小さく雲がかかっていると考えられる場所は、天空カメラで撮影した雲と合致していた。以上より、本研究で提案する太陽光パネルを用い

た日射量の稠密モニタリングは、局地気象メカニズムの解明や降雨予報の参考データとしては十分な可能性を秘めていることが示された。

キーワード：日射量、太陽光パネル、局地気象

Keywords: solar radiation, solar panel, local climate

稠密気象観測に基づく東京都区部を中心とした夜間の気温分布：夏季における特徴

Nocturnal Temperature Distribution under Fine and Weak Wind Conditions Based on Spatially High Density Observation Data in the Tokyo Metropolitan Area: Features in Summer

*堤 雅晴¹、高橋 日出男¹、大和 広明²、横山 仁³、三上 岳彦⁴

*Masaharu Tsutsumi¹, TAKAHASHI Hideo¹, YAMATO Hiroaki², YOKOYAMA Hitoshi³, MIKAMI Takehiko⁴

1.首都大学東京、2.日本大学、3.東京都環境科学研究所、4.帝京大学

1.Tokyo Metropolitan University, 2.Nihon University, 3.Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection, 4.Teikyo University

Temperature distribution in urban areas varies in response to factors such as daily weather conditions and interactions with local wind systems such as land and sea breezes. In the present study, we first examined the variability in the nocturnal temperature difference (TD) between central Tokyo and the outside of Tokyo wards area in summer. We considered TD in terms of weather conditions (cloud amounts, wind speed, water vapor content and solar radiation during the previous daytime) using the hourly meteorological data from five summers (2006–2010). We next analyzed characteristic features of the nocturnal temperature distribution in and around the Tokyo wards area using datasets from spatially dense observation networks (208 observation stations) for three summers (2006–2008). During the analysis, we focused on relations between temporal changes in the nocturnal temperature distribution and those in wind systems. Finally, we compared the results of this study with those of winter nights.

The observation networks used for temperature distribution analyses were the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) of the Japan Meteorological Agency (JMA), air pollution monitoring system (APMS) of the Tokyo Metropolitan Government and adjacent prefectures, and Meteorological Environmental Temperature and Rainfall Observation System (Extended-METROS). The AMeDAS and APMS datasets were also used to obtain the wind data.

The results obtained in this study are summarized as follows:

- (1) According to multiple regression analysis (stepwise method), wind speed and cloud amounts showed equally large effects on TD between central Tokyo (Otemachi, JMA) and the outside of Tokyo wards area (average temperature from four AMeDAS stations). This result was different from that of winter nights, indicating that cloud amounts have a larger effect than wind speed on TD .
- (2) A steep horizontal temperature gradient zone (HTGZ) in the western part of Tokyo wards area was unclear even during nights with fine and low wind speeds in comparison with winter nights, where the steep HTGZ was clear under the same conditions. This may be related to the relatively lower decrease rate of temperature in summer, especially around sunset when the wintertime HTGZ begins to become conspicuous. It is considered that the difference in radiation cooling by season is one of the key factors. In addition, because high-temperature areas tended to remain in the northwestern part of Tokyo wards area in summer, central Tokyo did not become the highest-temperature area until after midnight, which was also different from the findings of winter nights.
- (3) To identify effective factors for large differences in TD for fine and weak wind nights, the corresponding cases were divided into three categories in accordance with the observed values of TD at 04:00 JST just before sunrise. For cases of large TD , in which high-temperature areas were concentrated in central Tokyo, inland wind systems initiated relatively earlier and showed a relatively larger wind speed before midnight. Subsequently, the local wind front migrated to the coastal area of Tokyo Bay by early morning. For cases of low TD , inland winds were weak, and the local wind front could not be clearly observed. For cases of intermediate TD , a large amount of solar radiation and a relatively strong sea breeze system were observed during the preceding

daytime. Clear high-temperature areas remained from the northern part of Tokyo wards area to southern Saitama prefecture throughout the night, and the local wind front stagnated in this area. We conclude that the nocturnal *TD* in and around the Tokyo wards area in summer is affected by inland wind systems and the location of the local wind front.

キーワード：都市ヒートアイランド、夜間気温分布、稠密観測、東京都区部、夏季

Keywords: urban heat island, nocturnal temperature distribution, spatially high density observation, Tokyo wards area, summer

高密度市街地における移動計測手法の適用可能性に関する検討

—新宿における気温分布計測—

Study on Applicability of Mobile Measurement in a High-Density Urban Area
-Measurement for Detailed Temperature Distribution in Shinjuku-*横山 広樹¹、大岡 龍三²、菊本 英紀²*Hiroki Yokoyama¹, Ryoza Ooka², Hideki Kikumoto²

1.東京大学大学院工学系研究科建築学専攻、2.東京大学生産技術研究所

1.School of Engineering, The University of Tokyo, 2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

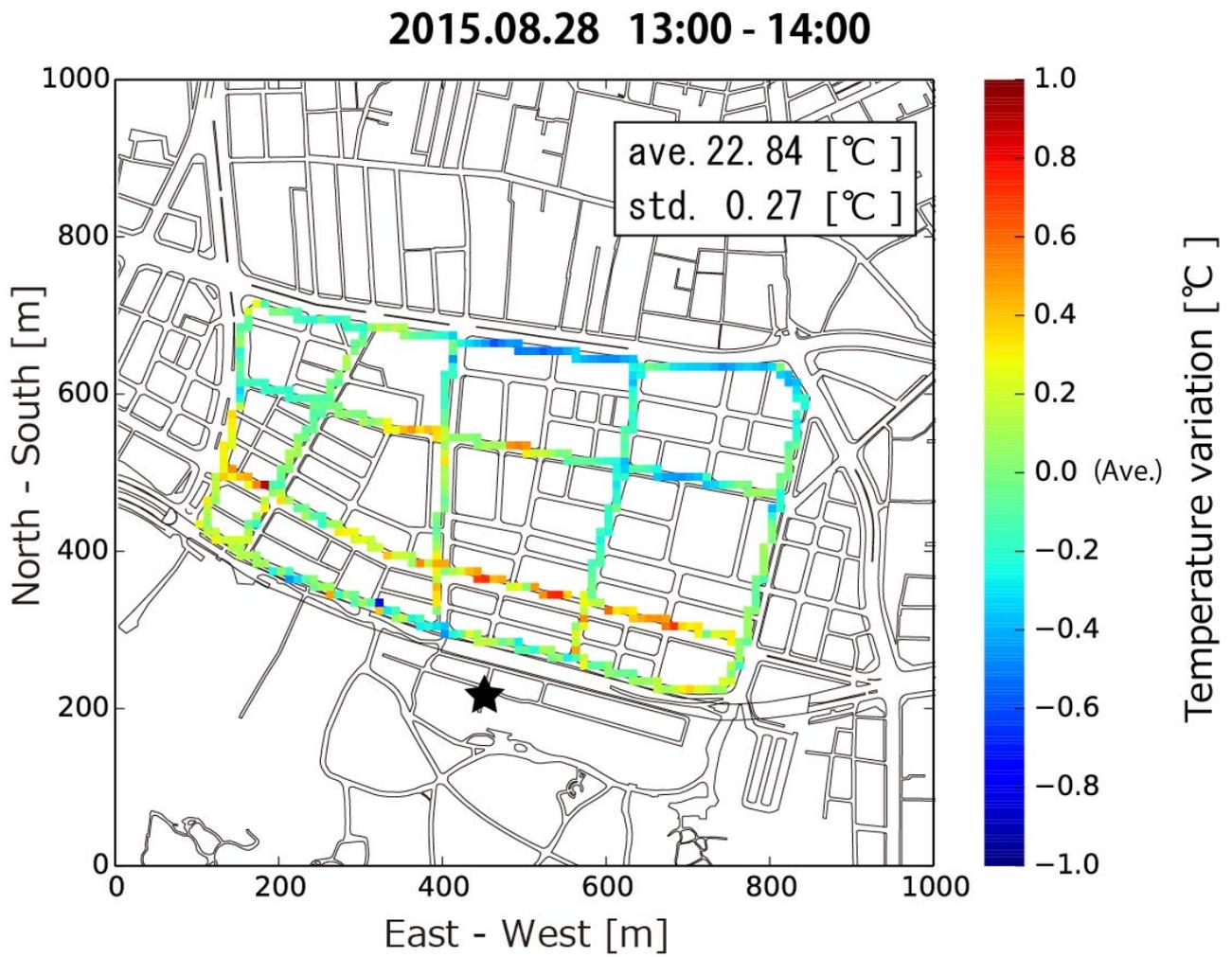
Recently, urban environmental issues related to heat and aerial pollutants have been become more serious. Atmospheric properties such as air temperature, wind velocity, and pollutant concentrations are typically measured at meteorological observation stations. However, due to the low spatial resolution of meteorological observation stations, it is difficult to observe urban environmental issues occurring on a scale relevant to people's daily lives. To overcome this, mobile measurement is an effective method of investigating the distribution of environmental conditions in urban areas. However, there are two problems with mobile measurement. (1) Obtaining accurate position data is essential during sampling. However, due to the reflective properties of building surfaces, Global Positioning System (GPS) data collected in urban areas tends to include a large degree of error. (2) There has not been enough discussion in the scientific community to form a consensus around representativeness of measurement values obtained by mobile measurements. Therefore, in this study, we investigate the range of GPS errors and the spatial distribution of air temperature obtained during mobile measurement in a high-density urban area. We discuss the applicability of the method to a high-density urban area based on results.

The mobile measurement was conducted from August 25-28, 2015 in cloudy days. The measurement site selected is one of the densest urban areas in Japan, several city blocks in Shinjuku, Tokyo. The site, which is essentially laid out on a grid plan, covers an area of 26.2 hectare (ha) and has a mean building height of 17 m. The site is contiguous to Shinjuku Gyoen, a large green space (58.3 ha). To make the measurement, we equipped bicycles with platinum resistance thermometers, a temperature logger, and a GPS logger. Additionally, the bicycle was outfitted with a cycle computer to confirm travelling speed, and a time-lapse camera to record experiment conditions. The sampling interval of the measuring devices is 1 s and the spatial resolution is approximately 3 m (mean travelling speed of the mobile platform is 12 km/h). Additionally, we installed a weather station in Shinjuku Gyoen as, a fixed measurement point, to record weather conditions during the measurement period.

Results showed that the average GPS error in an urban area was 20 m (std: 50 m) when GPS position data was corrected by the method which we developed. Within the site, we identified spatial variations of air temperature on an hourly-average basis. The standard deviation of the variation was approximately 0.2 °C and the range of the variation was approximately -0.9 to 0.9 °C. We could figure out a general spatial distribution of air temperature when the mesh size of spatial resolution was 100 m. However, a mesh size of 10 m was necessary to observe hot spots in the densely developed urban area. We found the mobile measurement was the effective method in a high-density urban area when GPS position data was appropriately corrected.

キーワード：移動計測、高密度市街地、空間分布、GPS

Keywords: Mobile Measurement, Urban Area, Spatial Temperature Variation, GPS



地上気温観測における日射／放射影響の評価

—マイクロ波放射計輝度温度利用の検討—

Evaluation of radiative effect on the measurement of the surface air temperature by thermometers using the ground-based microwave radiometer

*山本 哲¹

*Akira YAMAMOTO¹

1. 気象研究所

1. Meteorological Research Institute

温度計による地上気温観測においては日射／放射の影響が不可避であり、これを軽減するため通風筒が用いられるが、通風筒が日射／放射の影響を受けることなどによる影響が残る場合があり、その特性は通風筒の種類毎に異なる。通風筒特性を評価するための基準値として日射／放射の影響が原理的に小さい方法により地上気温を観測することが考えられ、極細センサー（ISO 2007）、超音波風速温度計（Lacombe et al. 2011）などが提案されている。本研究では大気の放射輝度温度の利用を検討する。

地上設置多波長マイクロ波放射計MP-3000A（Radiometrics社）では50～60GHzの周波数領域の14チャンネルにおいて大気（主に酸素）の放射輝度温度を複数仰角で観測している。最も大気吸収の強いチャンネル

（58.8GHz）の最低仰角（9.45度）のデータを比較対象とした。同時に行われた2種の温度計による地上気温観測（強制通風筒格納の白金抵抗式温度計・メテックTD-500、MP-3000A筐体内の温湿度センサーRotronic S3（強制通風式））とあわせ、3種の温度の差の日変化を図に示す。ばらつきはあるものの、平均的には夜間は時間変化が小さくほぼ一定、昼間は12時頃最大となる時間変化を示す。差の要因については測器の日射／放射特性のほか、観測空間の違いも検討する必要がある。

大気放射を用いた地上気温観測方法としては、より強い大気吸収を示す赤外線を用いることが考えられる。また、極細センサーなど日射／放射の影響が原理的に小さい別の観測法との比較も必要である。

謝辞 多波長マイクロ波放射計等の観測データは科学技術振興調整費「湯水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」（2006～2010年度）で得られたもので気象研究所田尻拓也主任研究官から提供を受けた。

図

(a) 強制通風筒格納温度計の気温観測値とマイクロ波放射計58.8GHz仰角9.45度輝度温度の差（前者から後者を減じた）の箱ひげ図日変化。2010年5月高知市（鏡観測サイト）での観測。前1時間降水量が0.5mm以上の場合を除く。箱上辺は第3四分位点、下辺は第1四分位点、箱内部横線は中央値、上下に伸びる垂線は四分位点から箱幅1.5倍以内のデータ範囲を表す。

(b) 強制通風筒格納温度計とマイクロ波放射計筐体内温湿度センサー（強制通風式）による気温観測値の差、ほかは(a)と同じ。

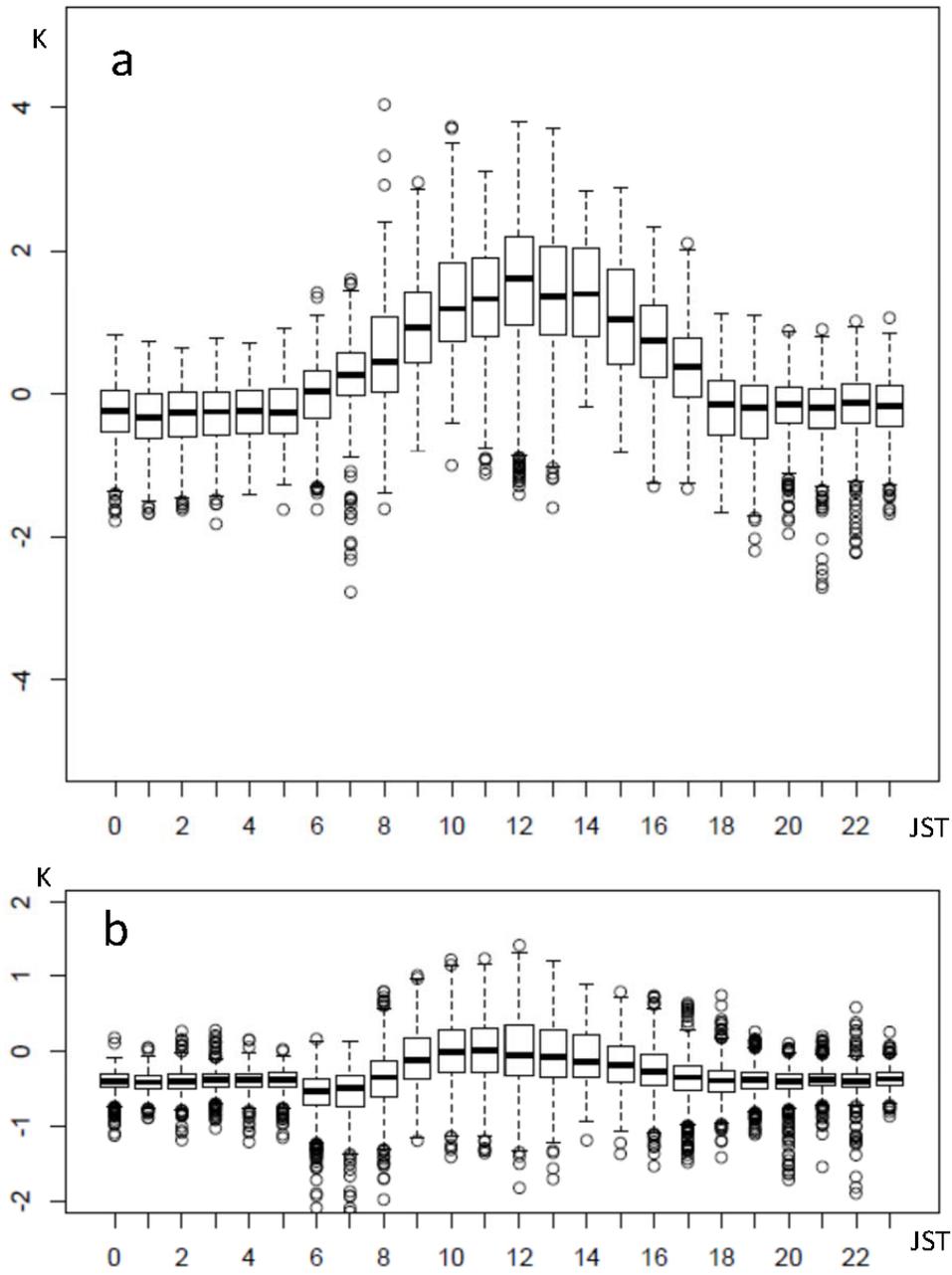
参考文献

International Organization for Standardization, 2007: ISO 17714:2007 Meteorology - Air temperature measurements - Test methods for comparing the performance of thermometer shields/screens and defining important characteristics. 19 pp.

Lacombe, M., D. Bousri, M. Leroy, and M. Mezred, 2011: WMO field intercomparison of thermometer screens/shields and humidity measuring instruments: Ghardaia, Algeria, November 2008-October 2009. World Meteorological Organization, 106 pp.

キーワード：地上気象観測、地上気温観測、温度計、地上設置マイクロ波放射計、温度計用通風筒

Keywords: surface meteorological observation, measurement of surface air temperature, thermometer, ground-based microwave radiometer, thermometer screen/shield



次世代大気場観測装置機KUMODeSの試作と性能評価

Development of next-generation microwave radiometer "KUMODeS" for multi-band atmospheric observation

*長崎 岳人¹、田島 治¹、荒木 健太郎²、石元 裕史²

*Taketo Nagasaki¹, Osamu Tajima¹, Kentaro Araki², Hiroshi Ishimoto²

1. 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所、2. 気象研究所予報研究部

1. High Energy Accelerator Research Organization, IPNS, 2. Meteorological Research Institute, Forecast research department

大雨や積乱雲下で生じる竜巻・大雪などの局所的・突発的自然災害への対策の重要性は近年増しており、被害を最小化する災害の早期予測が待望されている。

そのためには、急激に変化する大気の大気熱力学場を高頻度・高精度に観測する技術と高精度な予報・ニュースの情報を用いた解析が必須である。

大気場観測装置"KUMODeS(クモデス)"は、大気中に存在する水分子から放射される輝線(20 - 30 GHz 帯)ならびに酸素分子からの輝線(50 - 60 GHz 帯)をマルチバンド受信する。

大気の大気熱力学場、雲物理量の推定を短時間で広域にわたって行い、

現象が発生する前の大気熱力学場の急激な不安定化や、雲物理量の変化を高頻度に解析する。

KUMODeSの最大特徴は電波天文観測技術の応用である。

20GHz帯受信機には冷却受信機を採用し、冷却温度10Kで運用すること

とで高感度(低雑音)を実現する。加えて、冷凍機によって冷却する温度較正源を

搭載し、機械的な駆動による信号較正システムも採用予定である。これにより、遠隔操作のみでの長期運用を可能とする。

本講演では、システムの概要ならびに試作機の評価試験の結果、ならびにつくば市における大気観測の結果を報告する。さらに、複数台での三角観測等による三次元マッピングから正確な水蒸気分布の観測プランや、より小型・低電力なシステム開発とプロジェクトに関して詳しく報告する。

なお、本研究は文部科学省・大学発新産業創出拠点プロジェクト「START」(

<http://www.jst.go.jp/start/>) に平成26年度より採択され、その援助のもとに開発を行っている。

キーワード：大気水蒸気量、放射計、大気熱力学場

Keywords: atmospheric water vapor, radiometer, thermodynamic environment

沖縄フェーズドアレイ気象レーダで観測されたメソサイクロンの構造

Phased Array Weather Radar Observations of Mesocyclone Structures in Okinawa

*佐藤 晋介¹、岩井 宏徳¹、磯田 総子¹、川村 誠治¹、中川 勝広¹、花土 弘¹、久保田 実¹

*Shinsuke Satoh¹, Hironori Iwai¹, Fusako Isoda¹, Seiji Kawamura¹, Katsuhiko Nakagawa¹, Hiroshi Hanado¹, Minoru Kubota¹

1.情報通信研究機構

1.National Institute of Information and Communications Technology

局地的大雨や竜巻・突風の早期探知と予測を目的として開発したフェーズドアレイ気象

レーダー(PAWR)は、30秒毎の詳細な3次元観測(100 m距離分解能、100仰角)を行うことができる。これまで主に局地的豪雨の解析等が行われてきたが、毎年被害が相次いでいる竜巻・突風の観測も期待されていた。2012年に設置された吹田PAWRの観測範囲では竜巻の発生はまれであるが、2014年3月にNICT沖縄電磁波技術センター(沖縄県恩納村)に設置された沖縄PAWRは台風や亜熱帯の激しい雷雨に加えて、竜巻の観測が期待できる。本研究では、沖縄PAWRで観測された事例から、竜巻の発生は確認されていないが顕著なメソサイクロンが観測された線状降水帯の事例について解析を行う。なお、本研究では直径数km程度の渦状循環構造を持つという定義で「メソサイクロン」という用語を用いる。

2015年12月6日午後、南西諸島付近の停滞前線にともなう線状降水帯が沖縄本島を通過した。線状降水帯を構成する個々のエコーはその走向に沿って南西から北東方向に移動していた。15:29JSTに高度1 kmの反射強度分布に見られた鋭く折れ曲がったキंक状のエコーは、5分後の15:34JSTには直径3~5 kmの渦状エコーに変化して、15:38JST頃までその渦状構造が維持されていた。この間のドップラー速度分布を見るとランキン渦を示す速度の極大・極小(2つ目玉)がほぼ継続して現れており、メソサイクロン(MC)が存在したことが示唆される。速度分布の最小・最大は-20 m/s, +17 m/sでその距離(直径)は3.0 kmであり、渦度に換算すると 0.025 s^{-1} であった。高度別のCAPPIを見ると、このMC循環は高度0.25~1.75 kmの範囲で確認できたが、2つ目玉の位置が反時計回りに移動しており下層では収束、高度2km付近では発散の流れとなっていた。その上空、高度4.0~5.0 kmにはさらに大きな渦度のMCが確認できたが下層のMCとは異なるもので、鉛直断面図を見ると上空の降水コアにともなう循環場と考えられる。この上空の降水コア上方のエコー頂高度は12 kmを超えており、線状降水帯の後方(北西方向)にはアンビル状のエコーが伸びていた。

本事例は、Cバンドの沖縄偏波降雨レーダ(COBRA)でも明瞭なMCが観測されており、dual-Doppler解析を含むさらなる解析が望まれる。観測されたMCは竜巻発生の可能性のある大きな渦度を持っていたが、スーパーセルのような構造は見られず竜巻が発生したと思われる観測結果も見つかっていない。下層のキंक状エコーが渦状エコーに変化した時の3次元構造について30秒毎の時間変化を詳しく調べる必要があるが、最初に大きな水平シアアがあったことは間違いなく、この前線に伴って形成されたMCは、藤吉ほか(天気,2001)が報告した渦状エコーに近い現象(ただしスケールは半分以下)ではないかと考えている。ただし、強い降水コアにともなう上空のMCについては、鉛直シアアによる渦管を上昇流が持ち上げてメソサイクロンを形成するという従来の理論を含めて、さらなる検討が必要があると考えている。

キーワード: フェーズドアレイ気象レーダ、メソサイクロン、3次元構造

Keywords: Phased Array Weather Radar, Mesocyclone, Three-dimensional Structure

超高速レーダーによるWall Cloudを伴うメソサイクロンの時空間構造の観測

High-speed radar observation of spatiotemporal structure of mesocyclone associated with wall cloud

*足立 透¹、楠 研一¹、吉田 智¹、川瀬 宏明¹、南雲 信宏¹、益子 渉¹

*Toru Adachi¹, Kusunoki Kenichi¹, Satoru Yoshida¹, Hiroaki Kawase¹, Nobuhiro Nagumo¹, Wataru Mashiko¹

1. 気象研究所

1. Meteorological Research Institute

我が国の首都圏は竜巻発生頻度の高い地域として知られており、その監視・予測技術の向上は極めて重要な課題である。5～10分といった短時間に発生する竜巻の監視予測には、親雲内部の立体構造を連続的に観測し、前兆となる物理過程を効率よく検出する技術の確立が必要である。近年に開発されたフェーズドアレイレーダーは、60km圏内を100仰角に渡って30秒間でボリュームスキャンすることのできる超高速レーダーであり、竜巻の早期警戒・直前予測への貢献が期待される。気象研究所は茨城県つくば市にフェーズドアレイレーダーを整備し、2015年7月8日から首都圏における観測を実施しており、8月12日の夕方にはメソサイクロンを伴う発達した積乱雲の観測に成功した。当該システムは17:00ごろに発生し、西よりの背景風の下で南東へ移動しながら約2時間に渡り構造を維持したものであり、18:00ごろには気象研究所フェーズドアレイレーダーから5～10kmの距離にまで接近した。発生直後からシステムの南西端に低気圧性回転のメソサイクロンとそれに伴うフックエコーが存在し、竜巻の発生は報告されていないものの、しばしばその発生原因となるスーパーセルあるいはミニスーパーセルの典型的な特徴が認められた。とりわけ17:50～18:10にかけては、それらの構造強化とともにその下部に雲底の垂れ下がり構造であるWall Cloudが地上付近に向けて発達する様子が確認された。さらにその直前には、メソサイクロン後面のRFD (Rear Flank Downdraft) において、局所的な上昇流をその中心に伴う鉛直渦ペアが発生し、そのうちの低気圧性回転の成分がメソサイクロン及びフックエコーの構造強化につながる様子が捉えられた。これらの結果は、RFDに伴う傾圧性水平渦リングが上昇流によって局所的に持ち上げられ、それに伴って発生した鉛直渦ペアがメソサイクロンを強化した可能性を示唆する。本研究は、しばしば竜巻の発生原因となるスーパーセルの内部構造とその強化過程を、フェーズドアレイレーダーによって極めて詳細に観測可能であることを示すものである。

キーワード：メソサイクロン、竜巻、スーパーセル、フェーズドアレイレーダー

Keywords: Mesocyclone, Tornado, Supercell, Phased array radar

スキャン型Kaバンドドップラーレーダとステレオ写真測量による山岳上の積乱雲発生過程の観測
Evolution of convective clouds initiated over mountains observed by Ka-band scanning
Doppler radar and stereo photogrammetry

*三隅 良平¹、櫻井 南海子¹、前坂 剛¹、鈴木 真一¹、清水 慎吾¹、岩波 越¹

*Ryohei Misumi¹, Namiko Sakurai¹, Takeshi Maesaka¹, Shin-ichi Suzuki¹, shingo shimizu¹, Koyuru Iwanami¹

1.防災科学技術研究所

1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

It is known that convective storms are frequently initiated over mountains in warm and humid environment. According to previous studies, shallow cumuli initiated over heated mountains develop into a deep convective storm. However, the transition process from shallow to deep convection is not well understood due to a lack of observation data. In order to elucidate this problem, we observed convective clouds initiated over mountains in Kanto, Japan on 18 August 2011 using a 35 GHz scanning Doppler radar and a pair of digital cameras. The first cloud observed over the mountains reached the 6 km level, while the maximum echo-top height was about 1 km lower than the cloud top. The maximum radar reflectivity in the cloud was about 10 dBZ found around the 2 to 3 km levels. The reason why the echo-top altitude was lower than the cloud-top height was considered to be due to the mixing with surrounding dry air. After such shallow cumuli appeared three times repeatedly, a deep convective cloud developed. These results are consistent with a "pre-conditioning" hypothesis, that shallow cumuli moisten midlevel air and produce favorable condition for development of deep convective storms.