

フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システム (PANDA) におけるドップラーライダー観測

Doppler lidar observation using phased array weather radar and Doppler lidar network fusion data system

青木誠, 岩井宏徳, 中川勝広, 水谷耕平

Makoto Aoki, Hironori Iwai, Katsuhiko Nakagawa, and Kohei Mizutani

情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

Abstract: NICT installed two commercial 1.5 μm coherent Doppler lidars as phased array weather radar and Doppler lidar network fusion data system (PANDA) in NICT Kobe and Okinawa on March 2014. To validate the accuracy of wind measurement using Doppler lidar, we evaluated the systematic bias in the radial wind velocity measurements and experimentally observed velocity random error as a function of wideband SNR. These results show that Doppler lidars installed as the component of PANDA possess high accuracy of wind measurement.

1. はじめに

情報通信研究機構 (NICT) では、局地的大雨や突風等の局地現象の予測と被害の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。現在、NICT の委託研究の支援を受けて開発された次世代フェーズドアレイ気象レーダを大阪大学吹田キャンパスに設置し、実証実験を実施している。局地的大雨の予測には、豪雨発生前の風速分布、特に積乱雲発生の前兆現象である下層での収束および強い上昇気流を事前に観測する必要がある。そこで NICT では、平成 24 年度の補正予算でフェーズドアレイ気象レーダと風速分布を観測できるドップラーライダーを融合させた最先端センシング情報ネットワークシステム (PANDA-Phased Array weather radar and Doppler lidar Network fusion DAta system) を整備し、NICT 未来 ICT 研究所 (神戸) および NICT 沖縄電磁波技術センターに設置した。

本報告では、PANDA に導入されたドップラーライダーの風測定精度検証について報告する。

2. 観測概要

PANDA のドップラーライダーには、LEOSPHERE 社の WINDCUBE400s (波長 1543 nm、出力エネルギー 5 mW、最大出力 5 mW、パルス幅 400 ns、パルス繰り返し周波数 10 kHz、観測可能ドップラー速度 ± 30 m/s) が採用され、本体は高さ 20 m の鉄塔の 5 階 (高さ 17.5 m) のデッキに設置されている (図 1)。レンジ分解能は 75, 100, 150, 200 m を選択可能で、それぞれ最大観測距離は 6675, 6700, 13200, 13200 m である。表 1 に本機の仕様を示す。レンジ分解能 75 m および 150 m を、それぞれ短距離および長距離観測用レンジとして、神戸と沖縄のドップラーライダーの風測定精度検証を進めている。現在では、ドップラーライダーの風測定のバイアスおよびランダムエラーについての初期観測結果が得られている。ドップラー速度のバイアスおよびランダムエラーの算出方法 (Iwai et al., 2013) は以下の通りである。(1) バイアス: レンジ分解能が 75 m および 150 m の場合、神戸ではライダーから北東に約 6.6 km の地点にある雌岡山および南南西に約 13.2 km の地点にある淡路島に、沖縄ではライダーから南西に約 6.3 km の地点にある恩納村富着周辺および北北東に約 13.3 km の地点にある本部半島にレーザ光を当て、ハードターゲットにおけるドップラー速度の確率分布を求める。(2) ランダムエラー: 夜間静穏時に鉛直観測を行い、10 分間の鉛直観測データ (1 秒平均) から velocity-difference method (Frehlich, 2001) を用いて標準偏差を求める。神戸および沖縄でレンジ分解能 75 m の場合でのランダムエラーを算出した。

3. 観測結果および考察

図 2 にバイアスの測定結果を示す。神戸ドップラーライダーのレンジ分解能 75 m および 150 m の場合、バイアス ($\langle V_r \rangle$) は 0.0088 m/s および 0.0068 m/s と非常に小さく、標準偏差 (σ_{V_r}) は 0.022 m/s および 0.016 m/s と小さい値が得られた。それに対して沖縄ドップラーライダーのレンジ分解能 75 m および 150 m の場合、バイアスは -0.13 m/s および 0.0057 m/s、標準偏差は 0.11 m/s および 0.15 m/s となった。沖縄レンジ分解能 75 m の観測で有意なバイアスが見られる理由は、ハードターゲ

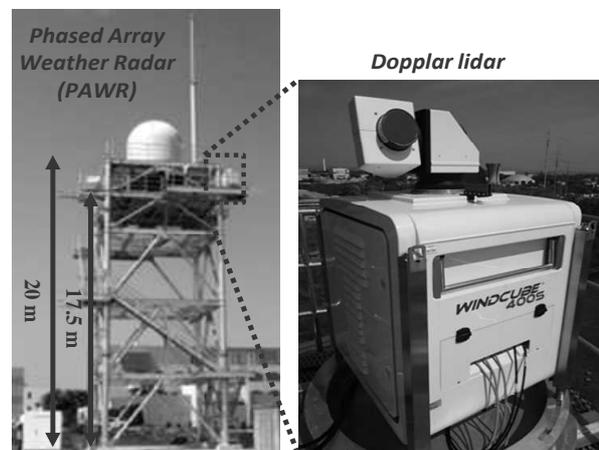


Fig. 1. Doppler lidar installed as phased array weather radar and Doppler lidar network fusion data system (PANDA) in NICT Kobe.

ットからのエコーが二つのレンジ分解能に跨って存在していたからだと考えられる。また、沖縄のバイアス測定の標準偏差が神戸の観測結果に比べて1桁程度大きい理由は、風による鉄塔の揺れの影響で、レーザー光がハードターゲットに当たる場所が安定しなかったからだと考えられる。図3にランダムエラーとCramer-Rao lower bound理論曲線 (Rye and Hardesty, 1993) との比較結果を示す。神戸および沖縄 (レンジ分解能75 m) の場合ともに、理論曲線と良い一致を示している。SN比が低い領域でも非常に高い測定精度での観測 (-25 dBで0.1 m/s以下の測定精度) が可能であることがわかる。

4. 結論

PANDA で収集されるデータは社会に役立つソーシャル・ビッグデータとして <http://panda.nict.go.jp/> にてデータ公開が行われる予定である。今回、PANDA 神戸および沖縄のドップラーライダーで得られる風観測データの信頼性を示すために、ドップラー速度のバイアスおよびランダムエラーの測定精度検証を行った。その結果、神戸および沖縄のドップラーライダーともに、バイアスが小さく、またSNが低い領域でも精度の高い測定が可能であることがわかった。今後は、超音波風速計との比較実験を行いPANDA ドップラーライダーの風測定精度検証を進める。

謝辞

PANDA ドップラーライダーのリモート操作と観測データの利用に関して、NICT の花土弘研究マネージャーと佐藤晋介主任研究員に多大なご協力をいただきました。

参考文献

- H. Iwai et al., J. Atmos. Oceanic. Technol. **30**, p.429 (2013).
 R. Frehlich, J. Atmos. Oceanic. Technol. **16**, p.1628 (2001).
 B. J. Rye and R. M. Hardesty, IEEE Trans. Geosci. Remot. Sens. **31**, p.16 (1993).

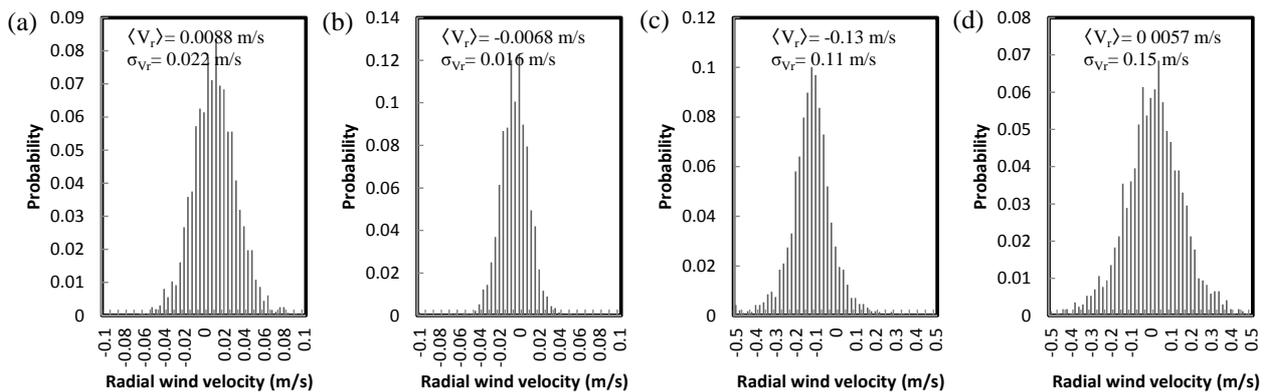


Fig. 2. Probability of 1 s-averaged radial wind velocity V_r of hard target return. (a) $dR=75$ m in Kobe between 13:30-14:30 JST, 8 July 2014. (b) $dR=150$ m in Kobe between 15:00-16:00 JST, 24 July 2014. (c) $dR=75$ m in Okinawa between 18:00-19:00 JST, 23 June 2014. (d) $dR=150$ m in Okinawa between 15:30-16:30 JST, 23 June 2014.

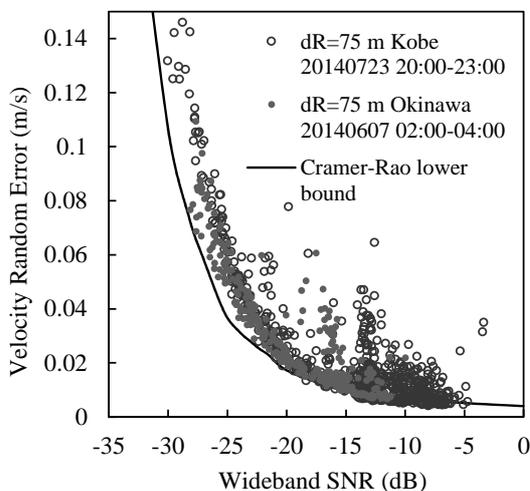


Fig. 3. Comparison wideband SNR dependent velocity random error with theoretical CRLB

Table 1. Specification of PANDA Doppler lidar

Wavelength (μm)	1.543			
Maximum power (mW)	5			
Pulse width (ns)	400			
Pulse repetition (kHz)	10			
Wind Speed range (m/s)	-30 ~ 30			
Scanning range (deg.)	AZ: 0 ~ 360		EL: -10 ~ 190	
Scanning speed (deg./s)	0.5 ~ 4			
Range resolution (m)	75	100	150	200
Minimum range (m)	150	200	300	400
Maximum range (m)	6675	6700	13200	13200
Number of gate	88	66	87	65
Scenario mode	PPI, RHI, DBS, LOS			