

ドップラーライダーによる都市キャノピー内乱流の観測に向けて Toward the observation of turbulence in the skyscrapers' canopy layer using a Doppler lidar system

青柳暁典¹・泉 敏治¹・酒井 哲¹・永井智広¹・星野俊介²
Toshinori Aoyagi¹, Toshiharu Izumi¹, Tetsu Sakai¹, Tomohiro Nagai¹, Shunsuke Hoshino²

¹ 気象研究所、² 高層気象台

¹ Meteorological Research Institute, ² Aerological Observatory.

Abstract

We are planning an experiment to observe the turbulence in the skyscrapers' canopy layer using a Doppler lidar system on January and September, 2015. Toward the observation, an observational test was done at the Meteorological Research Institute on 21 - 29 of June 2014. From the preliminary analyses, we checked that the new Doppler lidar system can obtain the vertical profiles of horizontal wind speed correctly compared with the data by routine anemometer and the existing Doppler lidar system of the Aerological Observatory. It also showed that there is a capability to get information of turbulence by utilizing the data of Doppler spectral band widths.

1.はじめに

近年の大気モデルの高性能化に伴い、都市地表面のエネルギー収支を表現するモデルが精緻となるにつれ、都市キャノピー層内外の風・乱流の観測の重要性が増している。しかし、都市上空の風観測例は世界においても極めて少なく、日本では低層住宅街やビル屋上1点での観測があるのみで、100 m近い高さを持つ高層ビル群が林立する場所での風・乱流の鉛直分布観測例はほぼ皆無である。これは、粗度物体の大きさに見合う高さでの計測が必要なのに対し、都心では観測タワーの設置や係留気球等によるin-situでの鉛直分布観測が事実上不可能なためである。

他方、リモートセンシングの分野においては、光計測ドップラーライダーによる能動型風計測システムの開発が進んでいる。特に、風力発電用として開発された低層観測用のドップラーライダーは、レンジ分解能 20 m、検出限界高度約 200 m、風速のサンプリング間隔約 10 秒と、都市域上空の風観測に最適なスペックを持っている。しかも、都市域に多く浮遊するエアロゾルを散乱体とする点も、晴天時の乱流観測には好適である。

そこで本研究では、都心の高層ビル群に囲まれた空間に小型ドップラーライダーを設置し、都市キャノピー層内の風・乱流の観測を行い、周辺ビル群の形状との関係や、多層都市キャノピーモデルで計算されるキャノピー層内の乱流パラメータとの比較検証を行うことを目指す。今回は、研究計画の概要と、気象研究所で実施した試験観測の初期結果について報告する。

2.研究計画概要

本研究では、ドップラーライダーによる高層ビル群内の風・乱流の鉛直観測を行い、別途構築する都市モデルとの比較検証を行う。使用するシステムは、仏 Leosphere 社製の WINDCUBE®-WLS7 (日本代理店英弘精機株式会社) である。2014 年度は、6 月期に茨城県つくば市の気象研究所内にドップラーライダーを設置して1週間程度の試験観測を実施する。高層気象台での上空風観測データとの比較や、データ解析システムの構築を行う予定である。

ドップラーライダーの性能を確認した後、北西風が卓越する1月頃、周辺に高層ビルが立ち並ぶ気象庁本庁敷地内(東京都千代田区)において、高層ビルキャノピー内の風況観測データ取得を1か月間実施する。翌2015年度には、南風の卓越する9月頃に再度気象庁本庁敷地内にて1か月間の観測を行う予定である。卓越する一般風向の異なる期間の観測データと、それぞれの風上側のビル形状の関係について調査するとともに、都市モデルで求められる風や乱流の鉛直構造の検証データとして利用する。

3.試験観測結果

2014年6月21日から29日にかけて、茨城県つくば市の気象研究所敷地内(Figure 1)でドップラーライダーの試験観測を実施した。期間中は曇りの日が多く、降水を伴う時間帯も多かった。Figure 2には、隣接する高層気象台(Aerological Observatory, AO)の地上気象観測で得られた風速(風速計の設置高度20.4 m)、高層気象台所有のドップラーライダー(三菱電機株式会社製:LR-09FIIS)、及び今回設置した気象研究所(Meteorological Research Institute, MRI)のドップラーライダーによる上空の風の観測結果を示す。大気下層の観測では、測定高度の違い(地上気象は20.4 m, AOライダーは54 mのビン, MRI

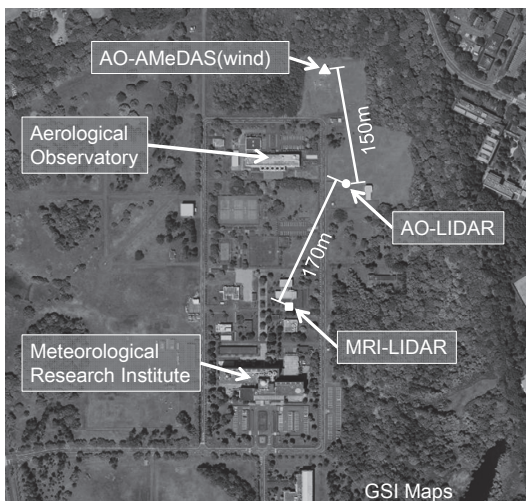


Figure 1. A map of the systems' arrangement and the distances between them. The background map is based on the GSI Maps (<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/index.html>).

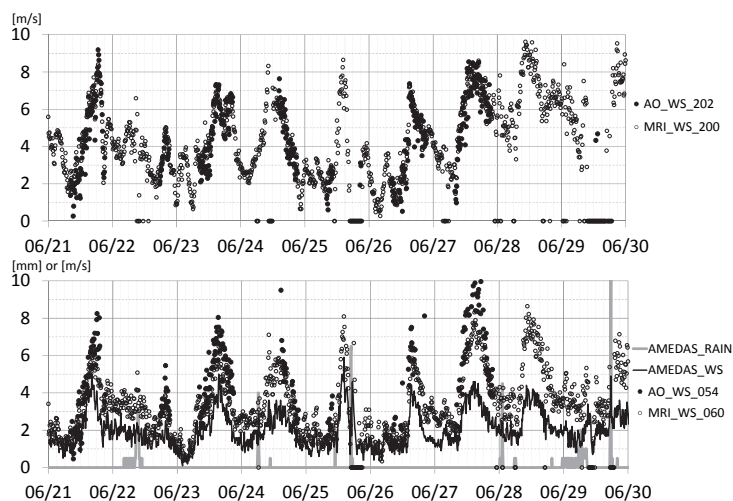


Figure 2. Time series of horizontal wind speed obtained by the Doppler lidar system of this study set at the Meteorological Research Institute (MRI), a Doppler lidar of the Aerological Observatory (AO), and the AMeDAS of AO. The upper panel shows the wind speed of the upper atmosphere (appr. 200 m above the ground). The lower panel shows the situation of the lower atmosphere.

ライダーは 60 m のビンの風速を表示) に起因して MRI, AO 双方のドップラーライダーで観測された風速は地上気象観測のものより常に大きいものの、風の強弱の時間変化は 3 つとも概ね一致していた。ドップラーライダー同士の比較では、6 月 21 日や 24 日のようにほぼ同じ風速を得る一方で、6 月 23 日や 6 月 27 日のように、高層気象台での測定値が大きい日も存在する。低層での大きな風速差がみられたのは東風の場合が多かった。これは、AO ライダー設置場所の東側は開けた空間であるのに対し、MRI ライダーのすぐ東側には高さ数 10 m 規模の林が存在することが影響したと考えられる。これら低層での風速差に対し、高度 200 m 付近の水平風速は、AO, MRI とともに同程度の風速を観測している。

Figure 3 に、MRI のドップラーライダーによるドップラースペクトル幅の鉛直時系列図を示す。ドップラースペクトル幅は視線方向風速の揺らぎに対応し、乱流の強さに関する物理量である。6 月 23 日を拡大すると (Figure 3b)、夜間に比べ日中のドップラースペクトル幅の絶対値が大きく、その領域は高度 80~100 m に達することがわかる。午前 2 時頃にもスペクトル幅の大きい時間帯が存在するが、この時間帯には風向の急変があり (図略)、新たな内部境界層の発達に関係していた可能性が示唆される。

4.まとめ

2014 年度と 2015 年度に計画している、小型ドップラーライダー WINDCUBE® を用いた都市キャノピー内乱流の観測に先立ち、気象研究所での試験観測を実施した。隣接する高層気象台で観測された上空風との比較では、高度 200 m 程度の水平風速で 2 つのドップラーライダーでほぼ同じ観測値が得られていることを確認した。他方、高度 60 m 程度以下の風速は、2 つのドップラーライダーの観測値に大きな差がみられた。また、乱流の強さに関するドップラースペクトル幅は、日中は高度 80~100 m 程度まで大きな値を示していた。これらの結果は、地表面の凹凸が大気に与える影響や大気下層の乱流の強さをドップラーライダーで観測することの有効性を示すものである。

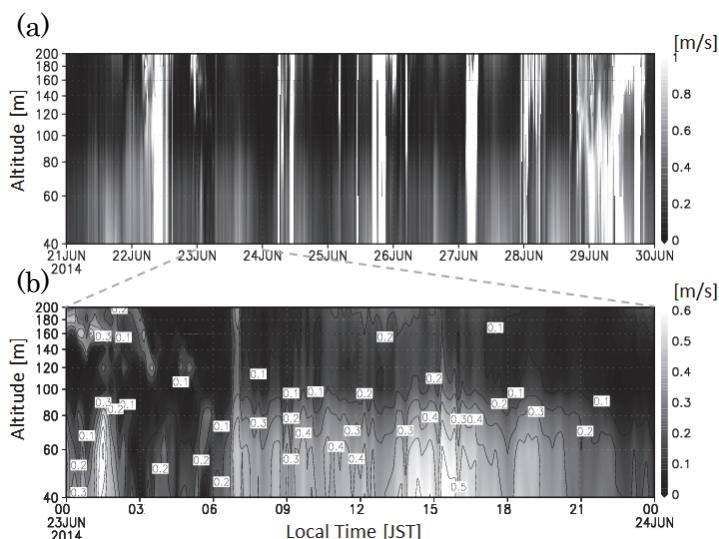


Figure 3. The time series of vertical profile of the Doppler spectral band width. The 10 minutes data is used. (a) Full day plot. (b) Expanded view of 23 June.