

小型ドップラーライダーを用いた都市ビル群内の風速鉛直分布観測 Observation of wind profile in urban building canyons by using a compact Doppler lidar system

青柳 暁典¹・泉 敏治¹・酒井 哲¹・永井智広¹
Toshinori Aoyagi¹, Toshiharu Izumi¹, Tetsu Sakai¹, Tomohiro Nagai¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

Abstract

We observed wind profiles inside and above urban building canyons by using a compact Doppler lidar system, WINDCUBE®. The system was installed in the meteorological enclosure of Ohtemachi, on the side of the JMA headquarter building. The observation was made for one month on winter (from 15 January to 20 February) and for one month on spring (from 16 May to 17 June of 2015). Mean wind speed on spring showed near logarithmic vertical profile. On the other hand, the mean profile of wind speed on winter seemed to have a kink around 100 m above the ground level. Such skew of wind profile implies the existence of dynamical influences of a tall building beside the site. We could also obtain Doppler spectral width data in the building canyon space. Variations of the spectral band width seemed to relate with wind speed variations itself and wind directions concerning the surface conditions of the windward foot print area.

1. はじめに

人口の集中する東京首都圏はほとんどが人工的な地表面に覆われている。中でも東京 23 区内には鉄道駅の周辺に 100 m を超える高さの高層ビルが立ち並び、全体として巨大な壁もしくはそれらが一体となった小高い丘を形作っているようにみえる。極端に大気に突き出た高層ビル群は、上空の大きな運動量が地表面に運ばれて発生するいわゆるビル風の原因となり、また、海風等の局地循環を遮る障壁とも考えられ、さらには、ビル群丘陵による大気の強制上昇に伴う降水増加の一因としても注目されている。高層ビル群が大気に与えるこのような力学的な影響は、古くは模型を使った風洞実験や、近年では数値流体解析手法による研究から解明されてきた。しかしながら、実際に高層ビル群が立ち並んでいる都市キャノピー層内の風速の観測はほとんどと言っていいほど例がない。このため我々は、小型ドップラーライダーによる都市キャノピー層内の風況観測の準備を行ってきたところである。

2014 年 6 月に気象研究所構内で実施した、ドップラーライダーを用いた上空風の観測実験では、風速の鉛直分布を安定して取得することができた。隣接する高層気象台のドップラーライダーで測定された風速の鉛直分布との比較では、下層約 60 m 以下では特に東寄りの風で測定値に差がでるものの、それ以上の高度の風向風速については、両測定値はほぼ一致していることが確認された。また、乱流に関連するドップラー Spektral 幅の日変化を解析することもできた。これらの結果から、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が可能であることが示されている。

そこで今回、実際に高層ビル群が立ち並ぶ都心（大手町の気象庁露場内）に小型ドップラーライダーを設置して高層ビル群内の風速鉛直分布を観測したので、その初期解析結果について報告する。

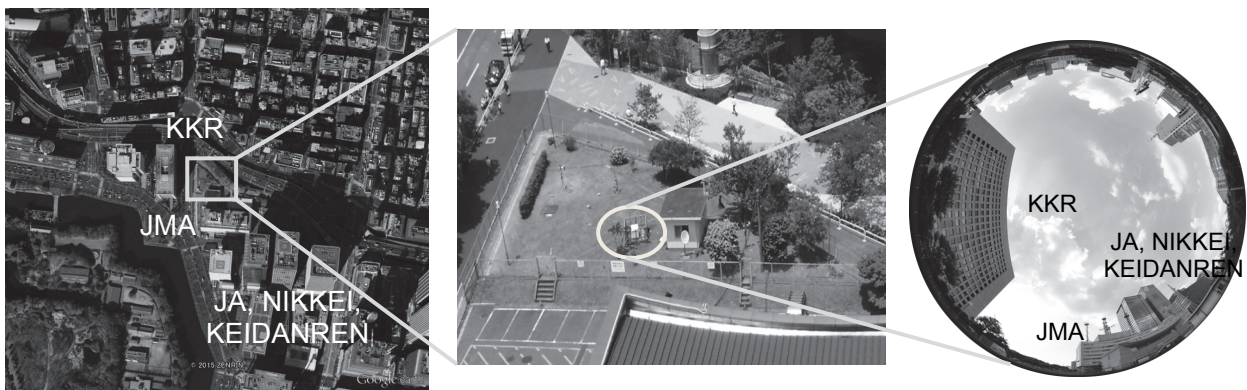


Figure 1. Map around the observation site, Ohtemachi. The site is surrounded by tall buildings of KKR on west, JMA on south, and JA/NIKKEI/KEIDANREN buildings on southeast directions.

2. 観測概要

観測に使用したシステムは、仏 Leosphere 社製（日本代理店：英弘精機株式会社）の小型ドップラーライダー WINDCUBE® WLS7 である。近赤外域（波長 1543 nm）のコヒーレントドップラーライダーで、高度 40 m から 220 m まで、20 m 刻みでの風の鉛直分布観測が可能である。天頂角 15° で方位角 90° 毎の DBS（Doppler Beam Swinging）計測で風の水平成分を得る。本システムを東京都千代田区大手町の気象庁露場内（Figure 1）に設置し、主風向が北西となる冬季（2015 年 1 月 15 日 09 時から 2 月 20 日 09 時まで）、及び、主風向が南寄りとなる春季（2015 年 5 月 14 日 09 時から 6 月 17 日 09 時まで）の 2 回にわたって上空風の観測を実施した。

3. 初期解析結果

冬季の観測においては、データ取得率（全高度でデータが取得できた割合）が 23% と悪かった。これは、レーザー光の散乱対象であるエアロゾルが少なく、十分な S/N が取れなかったことによる。春季はデータ取得率が 73% と良好であった。春季の欠測は、降水によるものものほか、筐体内の温度上昇に伴うシステム自動停止も含まれる。

Figure 2 に、冬季及び春季の観測期間を通した平均の 10 分平均風速鉛直分布を示す（最下層 40 m の風速の 10 分間標準偏差で全層のデータを規格化してあることに留意）。平均処理においては、10 分平均風速が全ての高度で取得できた場合のみの結果を利用した。春季は概ね対数則に従うような鉛直分布を得ることができたが、冬季は高度 100 m 付近を境に、鉛直分布の勾配が異なっている様子が見られた。西に大きくそびえる KKR ホテルの力学的な影響や、冬季に安定化する大気成層の影響が考えられる。

Figure 3 は、ドップラースペクトル幅の鉛直時系列図である。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。冬季の観測で安定してデータが取得できた 1 月 19 日の状況を拡大すると、18 時以降にスペクトル幅が大きくなっている様子が見られる。地上気象データでは、18 時以降に風の強化がみられ、それによる乱流渦の生成が想起される。春季、5 月 26 日のデータにも、概ね 11 時頃から 80 m 以下の下層でスペクトル幅が大きくなっている様子が見られた。この日は午前中、北寄りの風が卓越していたが、午後になって東または南寄りに変わっていった。詳細な解析はこれからであるが、風向の変化に伴い、その上流にある地表面状態の違いの影響を受けている可能性を示唆するデータである。今後は、風速や風向別の解析、風上側のビル群の高さ情報等との関係に着目した解析を行うとともに、1 次元鉛直乱流モデルとの比較解析も実施していきたい。

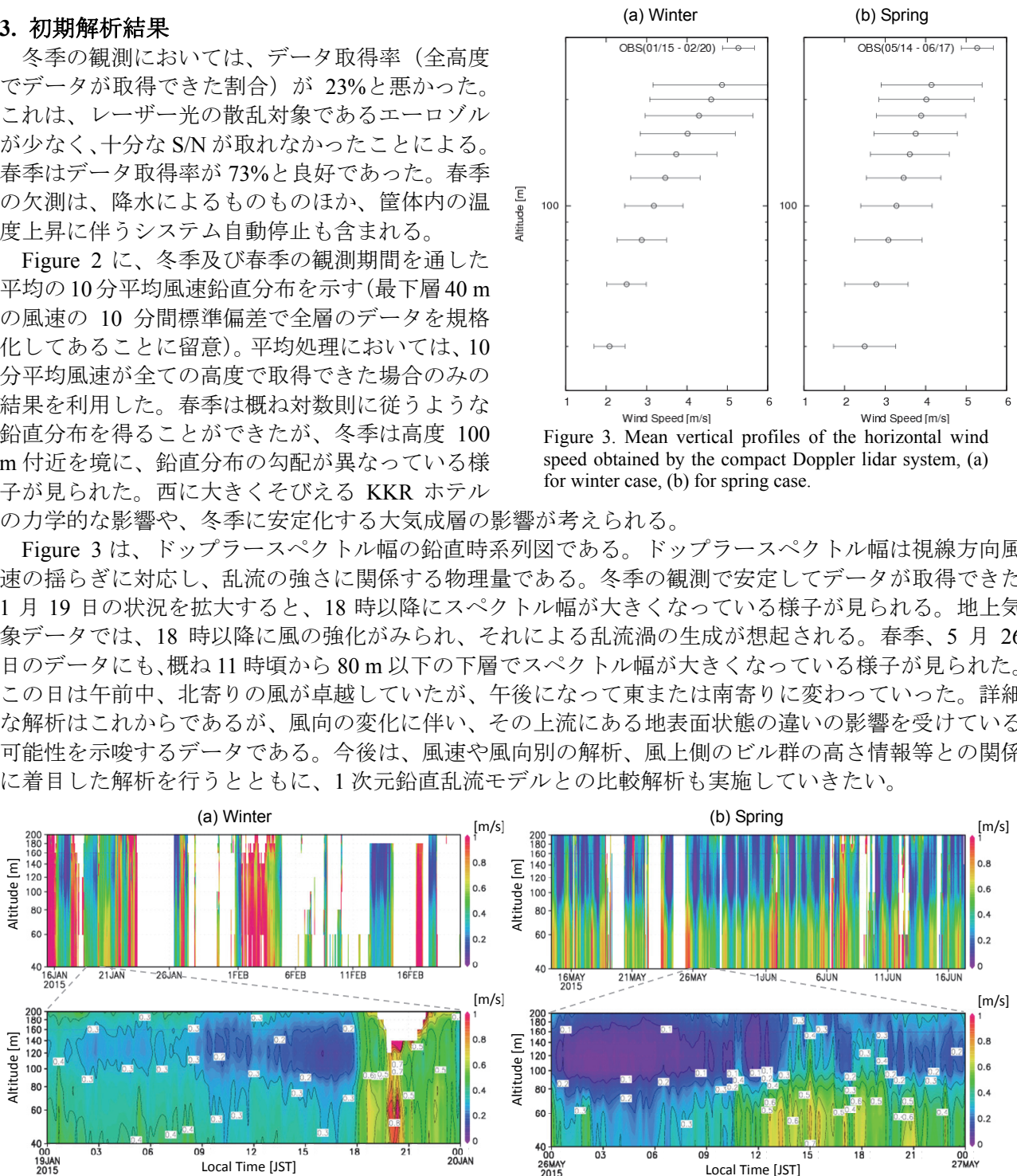


Figure 3. The time series of vertical profile of the Doppler spectral band width. The 10 minutes data is used. (a) for winter case, (b) for spring case. Bottom panels represent daily variations of the spectral band width on typical clear days.

謝辞 本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業・基盤研究 C（課題番号：26400473）の助成を受けました。