

京都市近郊における気象観測結果の解析

Analysis of Meteorological Observations in the Suburbs of Kyoto City

堀口光章

Mitsuaki HORIGUCHI

Synopsis

Observations of meteorological elements such as wind, temperature, humidity, and precipitation have been made from 2004 to 2015 using instruments on the 55-m tall meteorological tower and the field of the Observation and Analysis System for Local Unusual Weather in the Ujigawa Open Laboratory. Here, typical examinations are presented. For example, in the afternoon during the daytime, wind speed intensification was observed in the boundary layer.

キーワード: 大気境界層, 気象要素, 風速強化

Keywords: atmospheric boundary layer, meteorological elements, wind speed intensification

1. はじめに

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの局地異常気象観測解析装置では、高さ55 mの気象観測鉄塔と地上気象観測用の露場において風速、気温などの測定を継続して実施している。この場所（京都市伏見区横大路下三栖東ノ口）は、京都市市街地の南側近郊にあたり、京都盆地のほぼ中央に位置している。また、南西方向はこの場所付近では宇治川、下流へと行って（他の河川と合流して）淀川と呼ばれる流れに沿って、阪神地域方面に向けて開けている。

今回、観測システムが更新されデータがそろっている2004年以降について、その間での気候の変化や都市化による影響は小さいものとして、大気境界層構造と関係し地表面状態によらない鉄塔での測定から風速、気温、湿度の平均的な状況を調べた。また、観測露場での雨量（降水量）の測定結果についても平均的な状況を報告する。一部の期間についてはすでに報告したが（堀口、2006）、今回はそれ以降のデータを含めた長期間にわたる記録からこの場所での平均的な状況を調べる。

2. 観測の概要と解析方法

高さ55 mの気象観測鉄塔（Photo 1）には、55 m、40 m、24 mの各高さの観測デッキに風車型風向風速計と通風筒内部に取り付けられた水晶式温度計が設置されている（Photo 2）。水晶式温度計は、水晶振動子の温度による発信周波数の変化を精密に測定することによる温度計であり、ここで使用している温度計変換器の規格として精度 ± 0.1 °C以内である。また、40 mと24 mの高さには（水晶式温度計と同様に）通風筒内部に取り付けられた静電容量式湿度計が設置されている（Photo 3）。静電容量式湿度計は、物質の吸脱湿に伴う電気的特性（静電容量）の変化から湿度（大気中の水蒸気量）を測定するものであり、水蒸気圧とその時の気温における飽和水蒸気圧との比を百分率で表した値である相対湿度が出力される。

鉄塔周囲の観測露場にも水晶式温度計と静電容量式湿度計が設置されているが、今回は大気境界層構造と関係し地表面状態によらない鉄塔での測定データを解析する。



Photo 1 55-m tall meteorological tower at Ujigawa Open Laboratory

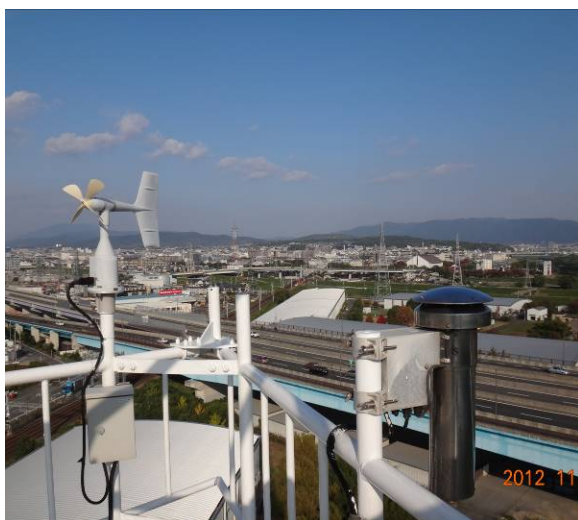


Photo 2 Windmill anemometer with wind vane and a quartz thermometer (in the shelter for ventilation)



Photo 3 Hygrometer with hygroscopic sensor (in the shelter for ventilation)

さらに、鉄塔周囲の観測露場には転倒ます型雨量計が設置されている（Photo 4）。この雨量計としては当初（今回の解析では2004年8月から）、温水式転倒ます型雨量計、2014年2月からはヒータ付転倒ます型雨雪量計を使用しており、いずれも降雪などは融解して水になり転倒ますに入る。なお、「転倒ます」は、左右にある二つのますが中央を支点としてシーソーのように傾く構造をしており、一方のますに水が入って一杯になると傾いて（転倒して）水があふれ出し、その後はもう一方のますに水が入る。これらの雨量計の転倒ますについて、1回転倒量（ますの片方に一杯まで入る水の量が相当する雨量）は0.5 mmであり、雨量あるいは固形降水を含めた降水量として、0.5 mm単位で測定される。



Photo 4 Tipping bucket rain gauge in the field

全ての測定データは、パーソナルコンピュータ上のソフトウェアによって制御されたA/D(アナログ/デジタル)変換ボードによって1秒ごとにサンプリングされ、10分ごとに各種統計量(平均値、標準偏差など)が記録される。雨量(降水量)については、上記のように0.5 mmきざみで測定されるが、10分ごとのデータでは、その間での積算値が記録される。

ここでの解析では、同じデータ収録システムによる2004年8月から2015年7月の期間のデータを使用する。ただし、湿度については、欠測の多い2008年10月までのデータは使用しないこととする。なお、その他の風速などのデータについても、データ収録システムの不具合、停電、その他の原因により欠測の期間があり、その期間を除いた良好なデータについて全測定年にわたる平均値を求める処理を行う。

3. 風の平均的状況

大気境界層下層での風の平均的な状況を調べるため、各月ごとに11年間にわたり平均した鉄塔各高度(55, 40, 24 m)での風速値をFig. 1に示す。最も風が強く吹く鉄塔頂部(55 m)で $2.8 \sim 3.9 \text{ m s}^{-1}$ の範囲であり、季節としては春季の3月に一番強くなってい

る。高度による風速の違いは、鉄塔頂部と高度24 mで各月 $0.5 \sim 0.9 \text{ m s}^{-1}$ の範囲である。以上のように、京都盆地のほぼ中央に位置していることから、平均的にはそれほど風は強くない。

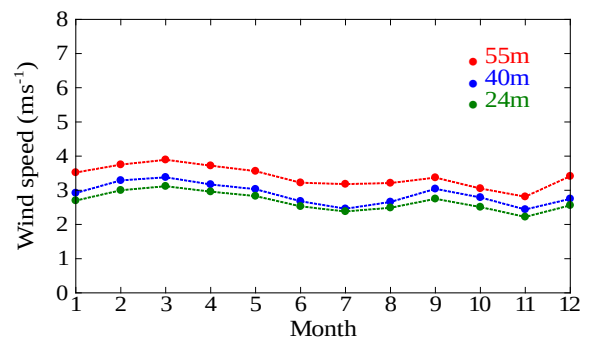


Fig. 1 Average wind speed for each month at three heights of the tower

一日での風の変化を見ると、平均として、日中の午後に風速が強くなっている。これは季節によらず各月で見られ、日中における大気境界層の発達により、平均的に強く吹いている上空の運動量が乱流により下方へ輸送され下層でも風速が強くなることや局地風が日中に強化されるという原因が考えられる。Fig. 2に、大気境界層や局地風が日中に発達することが考えられる8月の各々の日の観測データから1時間ごとに平均を取った風速値の日変化を示す。朝の午前7時から8時までの時間帯に最も弱く高度55 mで平均として 2.0 m s^{-1} であった風速が、日中は午前中から午後の時間帯へと次第に強くなり、夕方の午後5時から6時の時間帯で最も強く、高度55 mでは平均 4.9 m s^{-1} に達する。風が強くなる時間帯では、下の40, 24 mでの風速に比べて高度55 mでの風速がかなり強いことも特徴である。

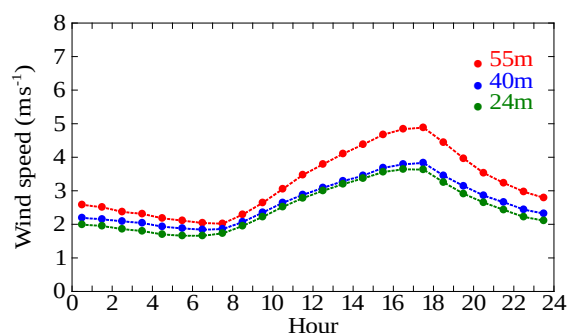


Fig. 2 Diurnal variation of average wind speed on August

この8月についての風向は、10分ごとに見た最多風向(1秒サンプリングの測定から16方位に分けた風向として最も多い風向)として南西からの風である場

合が最も多くなっており (Fig. 3), 大規模な局地風である広域海風の現象に対応しているものと考えられる。

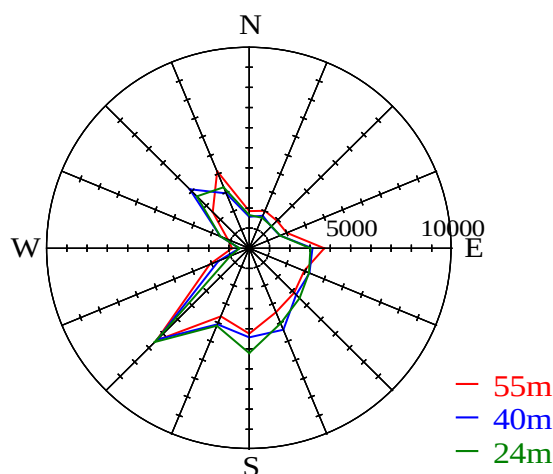


Fig. 3 Distribution of wind direction on August

なお、同じ夏季の2013年7月19日における宇治川オープンラボラトリーでのドップラーライダーによる上空の風観測では、日中、午後おそく (15時半頃) から観測全層 (高さ40~200 m) で風が急に強くなり、この強風が夕方18時頃まで継続している例が調べられている (堀口, 2015)。この日は北寄りの風が続いていたので、南西方向から吹く広域海風など局地風による影響ではなく、大気境界層の発達が日中後の風の強化と関係していることが推測される。

局地風があまり強くないと考えられる冬季における例として、2月の各々の日の観測データから1時間ごとに平均を取った風速値をFig. 4に示す。午前7時から8時までの時間帯に高度55 mで平均として2.7 m s^{-1} であった風速が、午後3時から5時の時間帯に最も強くなり、高度55 mで平均5.3 m s^{-1} に達する。

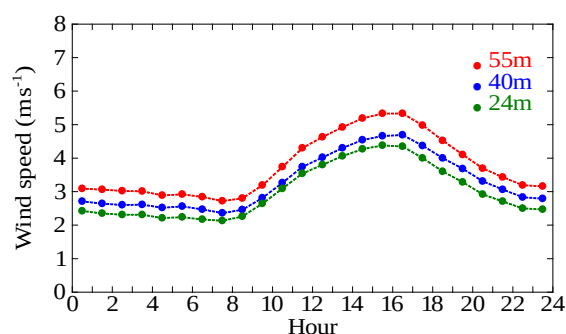


Fig. 4 Diurnal variation of average wind speed on February

この2月についての風向は、10分ごとに見た最多風向として北北西あるいは北西である場合が多くなっ

ている (Fig. 5)。この風向となるのは、冬型の気圧配置での寒気の吹き出しに伴う場合が多いと考えられる。また、南西からの風向である場合もあり、日本海を低気圧が通過する時などに出現する。

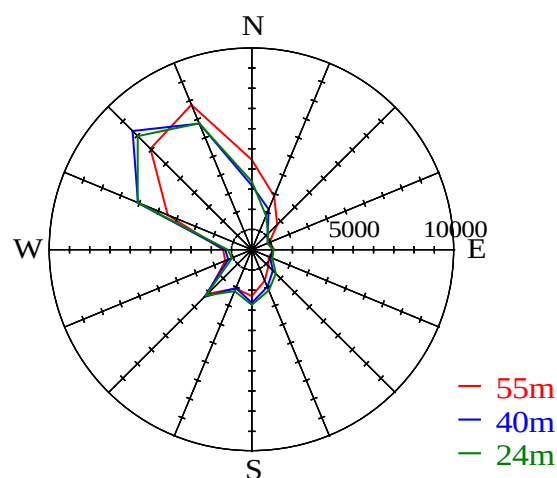


Fig. 5 Distribution of wind direction on February

なお、一年を通じた全体としても、この場所では北北西あるいは北西の風向であることが多く、次いで南西からの風が吹く場合が多く見られる (Fig. 6)。この風向の頻度分布を見て分かるもう一つの特徴は、西から吹く場合が非常に少ないことである。宇治川オープンラボラトリーは京都盆地の中央付近に位置していて、西には京都西山 (老ノ坂山地、最高峰はボンボン山の標高679 m) が南北に連なっていることが関係していると推測される。

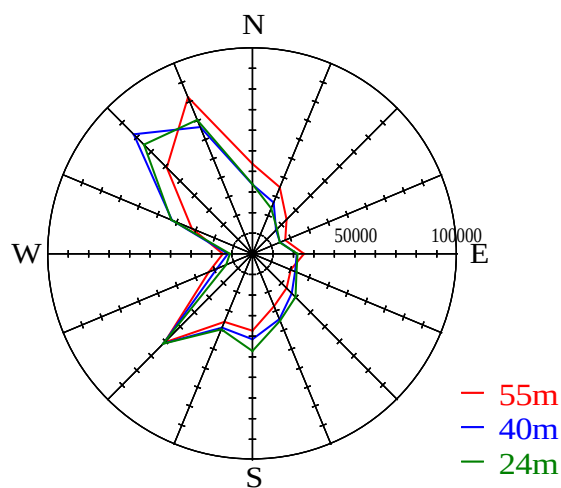


Fig. 6 Distribution of wind direction for all months

4. 気温、相対湿度の平均的状況

鉄塔各高度（55 m, 40 m, 24 m）には通風筒内部に取り付けられた水晶式温度計が設置されている。この観測データより、季節変化として、鉄塔各高度で観測された気温（一日全体を通じての気温）の月ごとの平均値を調べると（Fig. 7），1月での平均気温が最も低く、高度24 mでは4.6℃である。また、最も平均気温が高いのは8月で、高度24 mで28.3℃となる。なお、高度による平均気温の違いは、各月で0.3～0.5℃であり、それほど大きくない。

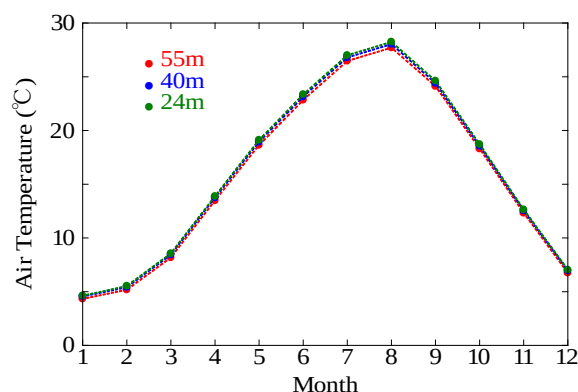


Fig. 7 Average air temperature for each month

1時間ごとの平均により日変化を調べると、8月は14～15時の時間帯で最高となり、高度24 mで31.5℃に達する（Fig. 8）。この8月で、最低の気温を示す時間帯は5～6時であるが、この最低の気温でも例えば高度24 mで25.5℃の値である。

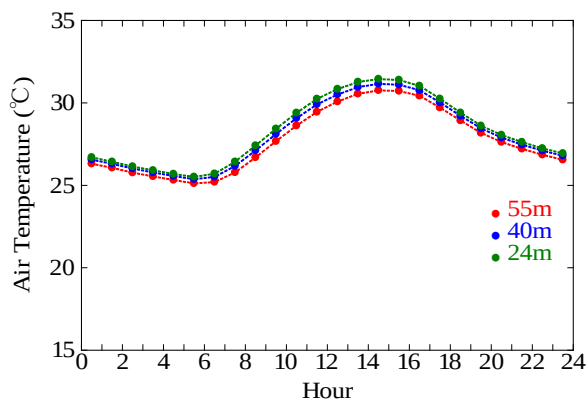


Fig. 8 Diurnal variation of average air temperature on August

鉄塔各高度で測定された相対湿度の値から月ごとの平均値を求め、湿度の季節変化についても調べる。なお、高度40 m, 24 mのみに測器（通風筒内部に取り付けられた静電容量式湿度計）が設置されている。

その結果をFig. 9に示すが、相対湿度の季節変化はそれほど大きくなく、高度40 mで12%以内、24 mで11%以内である。また、梅雨期を含む7月が最高となり、高度24 mで71%となる。7月は気温でも平均で27.0℃（高度24 m）であり、大気境界層下層でも高温多湿である状況が分かる。また、最も相対湿度が低くなるのは5月であり、高度24 mで61%となる。

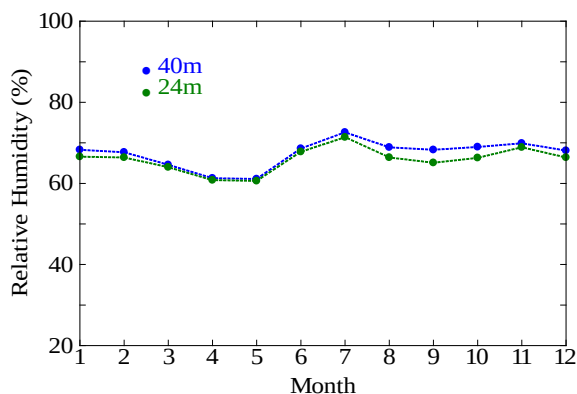


Fig. 9 Average relative humidity for each month

5. 降水量の平均的状況

宇治川オープンラボラトリーにおける雨量（降水量）については、露場に設置された（転倒ます型）雨量計による測定データから、季節変化を調べ、また年平均降水量を求める。雨量計は2014年2月に更新されているが、第2章で述べたようにそれまでの雨量計も更新後の雨量計もいずれも降雪などがあれば水へと溶かして転倒ますに入るようにされており、雪などの固形降水も合わせた量である「降水量」として取り扱うことができる。

まず季節変化を見るために、各月ごとの解析期間での平均降水量をFig. 10に示す。ただし、月により日数が異なるので、一日あたりの降水量の値に換算している。図を見ると、梅雨の期間にあたる6月と7月における降水量が多く、7月の一日あたり7.3 mmという値が最大である。7月は31日の日数があるので、一ヶ月では226.3 mmに達する量となる。台風や秋雨前線による降雨が多い9月も降水量がやや多く、一日あたり5.2 mmである。一方、降水量が最も少ないのは1月で、一日あたり1.8 mmである。

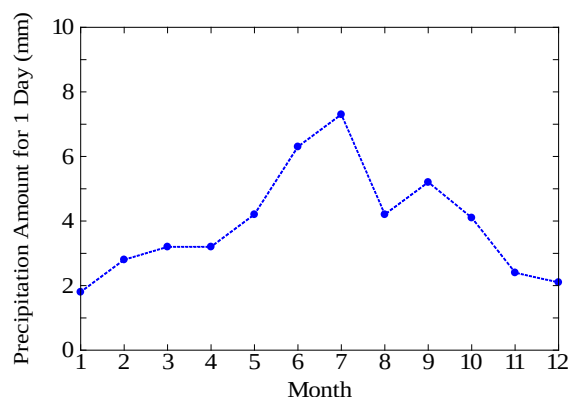


Fig. 10 Average precipitation amount for each month

次にこの場所での年平均降水量を調べる．そのために，一日あたりの降水量の値から各月の日数を考えてその月での平均降水量を求め，これを1月から12月まで積算して年平均降水量を計算する．その結果，1426 mmという値が得られる．京都地方気象台（住所：京都市中京区西ノ京笠殿町38）での年降水量の平年値（1981年から2010年までの30年間の平均）は1491.3 mmであり（気象庁ホームページ参照），宇治川オープンラボラトリーではこれより少し小さな値である．位置として，京都地方気象台は宇治川オープンラボラトリーの北，およそ10.6 km離れているので，多少の平均降水量の違いはあるものと思われるが，雨量計更新前の2011年10月での試験では15～20%雨量が低く出るという結果もあり，更新前の雨量計の動作上の問題が含まれている可能性がある．なお，このような問題による影響がないように2014年2月に雨量計を更新した．

6. おわりに

今後，周囲の気象庁による観測点とも比較して，この宇治川オープンラボラトリーにおける気象状況の特徴についてさらに詳しく調べていくことが必要である．また，気象の状況とその変動を調べるために，観測を継続し良質な測定データを残していくことが重要であると考えられる．

謝 辞

宇治川オープンラボラトリーでの気象観測については，京都大学防災研究所附属流域災害研究センター，気象・水象災害研究部門，技術室の方々のご協力，ご支援によるものである．ここに記して謝意を表する．

参考文献

- 堀口光章（2006）：都市近郊における大気境界層の観測，京都大学防災研究所年報，第49号B，pp. 451-458.
- 堀口光章（2015）：都市近郊における大気境界層の観測—不安定時と中立に近い時の乱流構造の比較—，京都大学防災研究所年報，第58号B，pp. 146-156.

（論文受理日：2016年6月13日）