



調査報告

熊谷地方気象台周辺域における地上気温の空間的なばらつきの評価

Investigation of Spatial Variation in Surface Air Temperature
Surrounding the Kumagaya Meteorological Office

中村 祐輔・重田 祥範・渡来 靖

NAKAMURA Yusuke, SHIGETA Yoshinori and WATARAI Yasushi

(2018年8月1日受付 2019年1月21日受理)

地上気温観測において、その観測値は周辺環境に大きく影響される。観測点周辺の土地利用は一般的に不均一であるために、その影響を受けた気温のばらつきを評価することは観測値の空間代表性を理解する上できわめて重要である。そこで本研究では、一つの気温観測所周辺域で発生する気温のばらつきを評価することを目的に地上気温の多地点観測を行なった。観測は、熊谷地方気象台の周辺域において2014年3月1日から2015年2月28日にかけて実施された。観測の結果、観測領域内の気温のばらつきは年平均で1°C程度であることが示された。さらに、熊谷地方気象台が位置する地点の気温は、観測領域内において恒常的に高い傾向を示した(平均+0.4°C)。そして、領域内における気温のばらつきの要因としては都市が影響していることが示唆された。

The observed surface air temperature is greatly affected by the surrounding environment, which is generally inhomogeneous in terms of land use. Thus, it is important to investigate spatial variation in surface air temperature to better understand the spatial representativeness of the data observed. In this study, multipoint temperature observations were performed around the Kumagaya Meteorological Office to investigate the spatial variations in surface air temperature surrounding the site. The observations were carried out from March 1, 2014, to February 28, 2015. It was found that the annual mean spatial variation in temperature around the observation area was about 1°C. In addition, at the observation point closest to the Kumagaya Meteorological Office, the observed temperature was consistently higher than the area average (by +0.4°C). It was suggested that the spatial variation in temperature observed was influenced by the urban effect.

キーワード: 気温の空間的なばらつき, 高密度観測, 都市ヒートアイランド, 熊谷地方気象台

Key words: spatial variation in air temperature, high-density observation, urban heat island, Kumagaya Meteorological Office

I はじめに

気象庁では、天気予報、災害防止などを目的として、気象台などの地上気象観測に加えて、アメダス(Automated Meteorological Data Acquisition System: AMeDAS)による観測が実施されている。これらの観測による地上気温の測定は、現在、全国約840か所で行なわれており、その水平解像度は平均21 kmである。そのため、気温の観測値は約20 km四方領域の代表値として扱われることが多い。ただし、地上・地域気象観測の地点は、学校のグラウンドや大規模な公園内、密集した住宅街など個々の観測地点の周辺環境に大きな違いがあることがたびたび問題となる。特に、歴史の古い観測点は都市域に位置していることが多い。このような周辺環境の違いは、観測される気温に

影響を及ぼすことが懸念される。

たとえば、2014年12月に観測露場が移転された地上気象観測地点「東京」について、移転前(大手町)と移転後(北の丸公園)の露場において比較観測が実施された(気象庁観測部 2014; 気象庁観測部 2016)。その結果、北の丸公園は大手町と比較して気温が低く観測される傾向にあり、特に日最低気温は年平均で1.4°C低いことが示された。そして、この気温差には周辺環境の違いが影響していることが示唆された。また、石黒・高木(2009)は気象庁の観測点の気温変化傾向と、その周辺土地被覆との関係について検討した。その結果、気温変化率と正規化植生指数(NDVI)および都市化指標(UI)との相関係数がそれぞれ±0.7以上と高い相関関係が認められ、観測地点の周辺土地被覆の変化が気温変化に影響を与えていることを

示唆した。

このように、地上気温観測において、その観測値は周辺環境に大きく影響される。一般に観測点周辺の土地利用は不均一であるため、それに伴って観測点周辺の気温にも空間的な不均一性が生じているものと予想される。そのため、一つの観測点周辺域における気温のばらつきを評価することは、観測値の空間代表性を理解する上できわめて重要である。そこで本研究は、熊谷地方気象台の周辺域において地上気温の多地点観測を1年間実施し、得られたデータから熊谷地方気象台周辺域における気温の空間的なばらつきを評価す

る。さらに、熊谷地方気象台と周辺域の気温を比較することで、気象台気温を周辺の代表値とした際にどの程度のばらつきが生じるのかを検討する。

II 観測対象地域の概要と選出理由

本研究における観測領域は、熊谷地方気象台を中心とした東西約20 km、南北約15 kmの領域に設定した。図1に、関東平野における観測領域の位置を示す。本領域は関東平野の北西部に位置し、中央部にある熊谷市は人口約20万人を有する中規模都市である。

本領域を観測対象として選出した理由は2つある。第1に、熊谷市周辺地域の標高差が小さい点である。本領域の南部には江南台地および比企丘陵による標高約50 mの高台が存在するが、領域の約80%は標高30 m程度の平地で占められている。そのため、標高の違いによる各地点間の気温差はきわめて小さいと考えられる。第2に、熊谷周辺地域の土地利用が不均一な点である。熊谷周辺域における土地利用分布を図2に示す。土地利用分布は平成26年度の国土数値情報「土地利用細分メッシュ第2.5版」(国土交通省 2014)より作成した。ここでは、「建物用地」、「道路」および「鉄道」を「都市」、「荒地」、「その他の用地」および「ゴルフ場」を「その他」として示す。都市域は東西方向へ伸びるJR高崎線や中山道(国道17号)沿いに広がる。熊谷地方気象台が位置する地域は低層建物

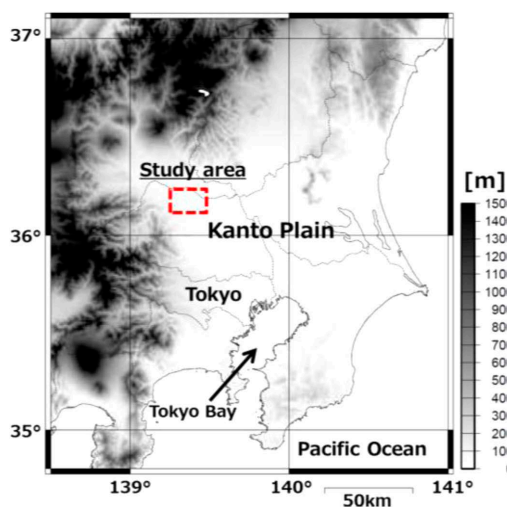


図1 研究対象領域の位置。黒の濃淡は標高を表す

Fig. 1 Location of the study area
Black shading indicates altitude.

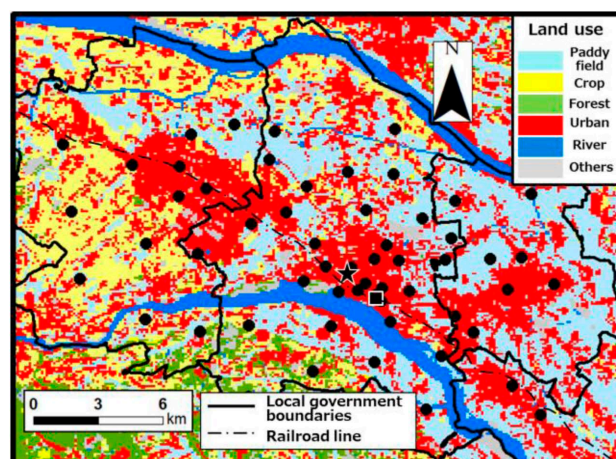


図2 研究対象領域の土地利用および本研究の観測地点(黒点)。■はJR熊谷駅、★は熊谷地方気象台を示す

Fig. 2 Land use in the study area and observation points (dots) in this study
■, Kumagaya Station; ★, Kumagaya Meteorological Office.

が密集し、熊谷駅や市役所などの熊谷市街中心地にも近い。また、観測領域北部は土地利用が主に水田である。一方、観測領域南部においては樹林や畑が多く存在しており、北部とは大きく異なった土地利用を有している。このように、熊谷周辺地域の土地利用は不均一であるため、その地域内では大きく気温がばらついていることが推測される。

III 研究手法

1. 観測の概要

定点型による地上気温の観測を、熊谷市を中心に東西約20 km、南北約15 kmの範囲内、計56地点で行なった。観測は2014年3月1日から2015年2月28日まで実施し、気温の測定には自作の自然通風式ラディエーションシールド（重田 2012）に温度センサー（RTR-5106: T&D Corporation）を組み込み使用した。測定間隔は2分であり、解析には前後10分間の移動平均値を用いた。図2に観測地点を示す。本研究では各地点の観測環境を統一するために、観測場所に約1 ha未満の街区公園を選定した。地表面被覆は芝生あるいは裸地であった。そして、観測機器を街区公園内に位置する街灯やポールを利用し、樹木の日陰にならないように設置した。測定高度は2.5 mに設定した。

2. 解析方法

本研究では、一つの気温観測所の周辺域における、気温の空間的なばらつきについて検討を行なう。しかし、観測場所に街区公園を選定したことなどから、各観測点の設置間隔を正確に統一することが出来なかった。そのため、観測された生の気温データを用いて領域内のばらつきを評価した場合、各地点が代表する面積に違いが生じてしまう。そこで、観測された気温データを内挿し格子点化することとした。格子点化する際の内挿方法にはKriging法（Matheron 1963）を使用し、格子間隔は500 mに設定した。

また、本研究は土地利用の違いによって生じる気象台気温への影響について議論する。しかしながら、気象台での気温測定は強制通風式であり、測定高度が1.5 mである（気象庁 1998）。また、気温の10分値の算出に関しても前1分における10秒ごとの気温の平均

値である（気象庁 2010）。さらに、日最高気温や日最低気温に関しては、瞬間値が採用されている。そのため、本研究における観測手法とは、使用測器だけでなく測定高度やサンプリング間隔も異なる。したがって本研究では、熊谷地方気象台に最も近い格子点における気温を気象台の気温と仮定し、それと他の観測地点の気温との比較を行なう。また、気象台気温と格子点気温の間には、局所的な観測位置や周辺環境の違いがある。そこで、熊谷地方気象台の気温と熊谷地方気象台に最も近い格子点における気温（以後、気象台格子点気温）を比較し、気象台格子内の気温のばらつきを検証する。

IV 結果

1. 対象領域内における気温の空間的なばらつき

ここでは、格子点化した気温データを用いて、対象領域内における気温の空間的なばらつきを議論する。図3は、解析期間における日平均気温の空間偏差分布である。ここでいう空間偏差とは、各観測地点の気温から全地点の平均気温を差し引いたものである。気温の高偏差領域は熊谷市街地中央部を東西方向へ帯状に広がっている（偏差 $+0.2 \sim +0.6^{\circ}\text{C}$ ）。この高温域分布は、JR高崎線に沿って広がる都市域と重なっている。正の偏差が最も顕著に現れたのは、JR熊谷駅北側の市街地である。一方、観測領域北部および南部の郊外においては低温域が見られ、その偏差は $-0.6 \sim -0.4^{\circ}\text{C}$ 程度で示される。図4は、解析期間における年平均の日最高および日最低気温の空間偏差分布を示す。空間的な特徴は、日平均気温の空間偏差分布とおおむね類似している。ただし、日最高気温は領域内の気温のばらつきが小さく、日最低気温は大きい。特に日最低気温では、JR熊谷駅北側の市街地における高偏差領域がきわめて明瞭であり、いわゆる「ヒートアイランド」が確認できる（図4-b）。日平均気温、日最高気温および日最低気温における領域内の気温のばらつきを比較するために、格子点気温を用いてヒストグラムを作成した（図5）。5～95パーセンタイルの範囲は、日平均気温が $-0.4 \sim +0.4^{\circ}\text{C}$ 、日最高気温が $-0.4 \sim +0.4^{\circ}\text{C}$ 、日最低気温が $-0.7 \sim +0.7^{\circ}\text{C}$ である。気温の標準偏差は、日平均気温が 0.26°C 、日最高気温

が 0.22°C 、日最低気温が 0.40°C を示した。

以上のことから、観測領域内の気温には年平均で

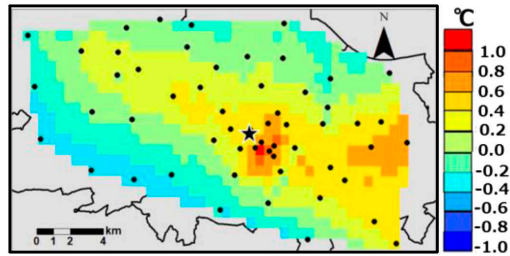


図3 日平均気温の年平均空間偏差分布

Fig. 3 Horizontal distribution of the annual mean spatial anomaly of daily average temperature

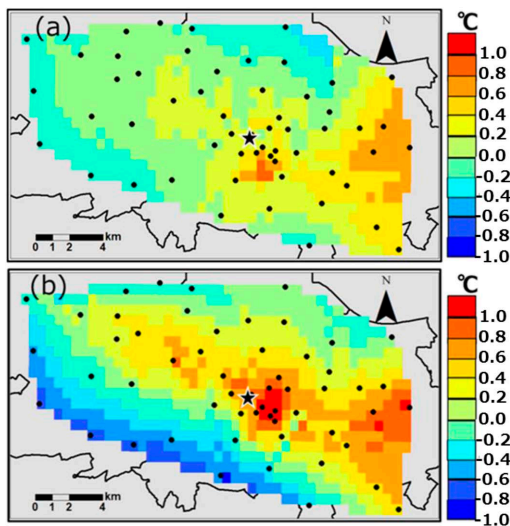


図4 日最高 (a) および日最低気温 (b) における年平均空間偏差分布

Fig. 4 Horizontal distributions of the annual mean spatial anomalies of (a) daily maximum and (b) daily minimum temperature

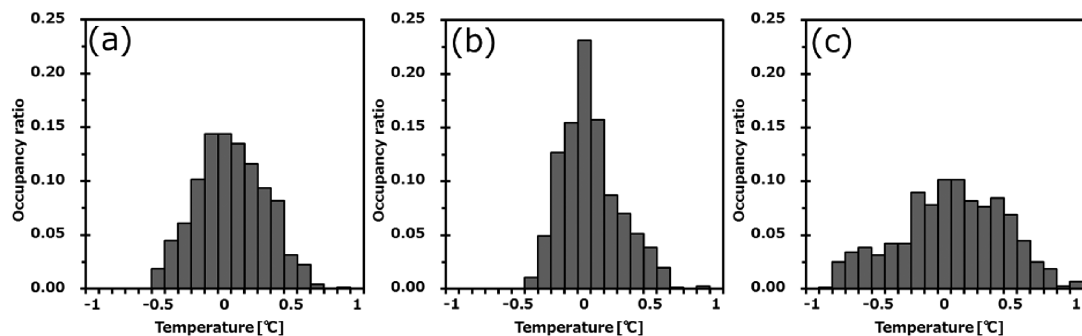


図5 日平均気温 (a)、日最高気温 (b)、日最低気温 (c) における年平均空間偏差のヒストグラム

Fig. 5 Histograms of the annual mean spatial anomalies of (a) daily average, (b) daily maximum, and (c) daily minimum temperature

1°C 程度のばらつきが生じることが示された。さらに、そのばらつきは常に一定ではなく、日最低気温は日最高気温に比べて2倍程度のばらつきがあることが示された。

2. 気象台および気象台格子点の気温差

ここでは、気象台格子点の気温のばらつきを見積もるために、熊谷地方気象台の気温と気象台格子点気温を比較した。比較には気温の10分値を使用した。サンプル数は52,560である。図6は熊谷地方気象台の気温および気象台格子点気温の散布図を示す。両者の気温が、ほぼ直線関係にあることが分かる（相関係数1.00）。さらに、両者の気温差（気象台格子点－気象台）を算出した結果、年平均で -0.2°C 、標準偏差は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ が示された。このことから、気象台格子点気温は、気象台気温よりも低い傾向があることが示された。その要因について検討するために、日平均気温、日最高気温、日最低気温について両者の差を算出した。図7は月平均した各気温差の季節変化を示す。その結果、気象台格子点気温は気象台気温と比較して、日最低気温が季節を通して低い傾向が示された（年平均 -0.3°C ）。さらに、両者の気温差の絶対値を年平均した結果、すべての要素が 0.2°C を示した。この要因は、測定高度や使用センサー、通風式の違い（気象測器検定試験センター、2013）の他に、観測地点ごとの局所的な「空間広さ」（近藤 2012）の違いが挙げられる。

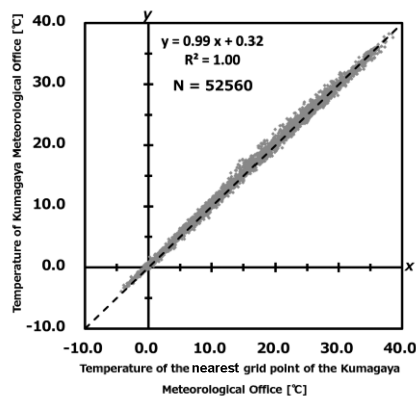


図6 熊谷地方気象台の気温 (y) と気象台格子点の気温 (x) との散布図。破線は $y = x$ を示す

Fig. 6 Scatter plot of temperature at the Kumagaya Meteorological Office against temperature at the grid point nearest to the Kumagaya Meteorological Office
Broken line denotes $y = x$.

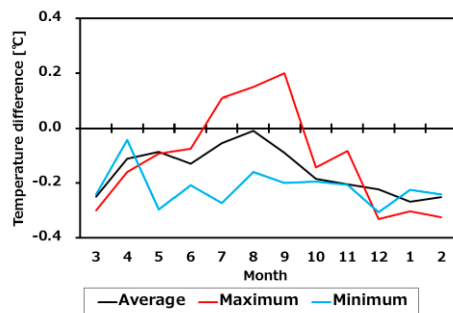


図7 熊谷地方気象台および気象台格子点との日平均気温差 (黒), 日最高気温差 (赤), 日最低気温差の季節変化

Fig. 7 Seasonal variations in differences in the daily average (black), daily maximum (red), and daily minimum temperature (blue) between the Kumagaya Meteorological Office and the grid point nearest to the Kumagaya Meteorological Office

3. 気象台格子点および各格子点の気温差

気象台格子点気温とすべての格子点の気温との差を検討することで、気象台気温を周辺の代表値とした際にどの程度のばらつきが生じるのかを検討した。全格子点との気温差 (気象台格子点 - 各格子点) を日平均気温、日最高気温、日最低気温について算出した。この際、気象台格子 (500 m 四方) 内の気温のばらつきは年平均で 0.2°C であったため、全格子点との気温差が 0.2°C 以上のときに空間的なばらつきが大きいと判断する。図8は、各項目における気温差の平均値、最

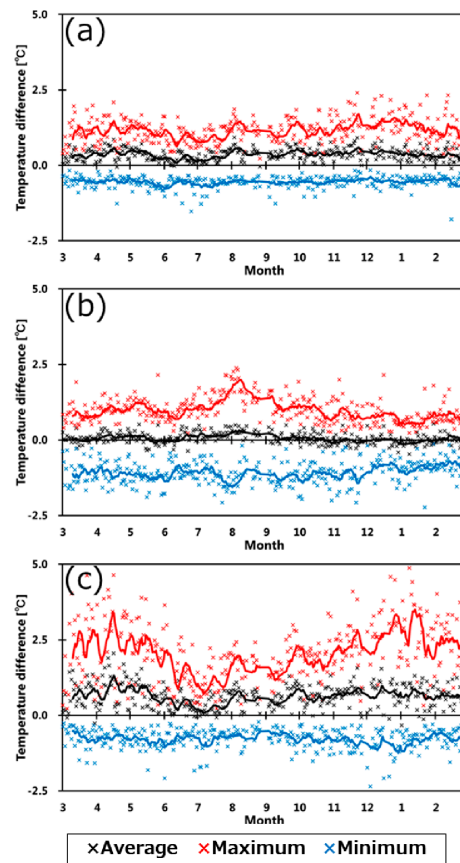


図8 すべての格子点と熊谷地方気象台格子点との (a) 日平均気温差, (b) 日最高気温差, (c) 日最低気温差の平均 (黒), 最大 (赤), 最小 (青) の季節変化。実線は10日間平均値を示す

Fig. 8 Seasonal variations in the average (black), maximum (red), and minimum (blue) differences between the grid point nearest to the Kumagaya Meteorological Office and all other grid points for (a) daily average, (b) daily maximum, and (c) daily minimum temperature
Solid lines indicate 10-day running mean values.

大値、最小値およびそれらの10日間移動平均値を示す。ここで、日最大値は気象台の気温が観測地点に対して正の気温差の最大値、最低値は負の気温差の最大値を意味する。

ここでは日平均気温の差、日最高気温の差、日最低気温の差の結果を順番に見ていく。日平均気温について、気温差の平均値は年平均 $+0.4^{\circ}\text{C}$ となり、気象台格子点気温は今回観測をおこなった領域内平均と比較して高い傾向が示された (図8-a)。この差は気象台格子点内のばらつき範囲 ($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$) よりも大きい。特に、気温差の平均値が負の値を示した日は1年間で9日間

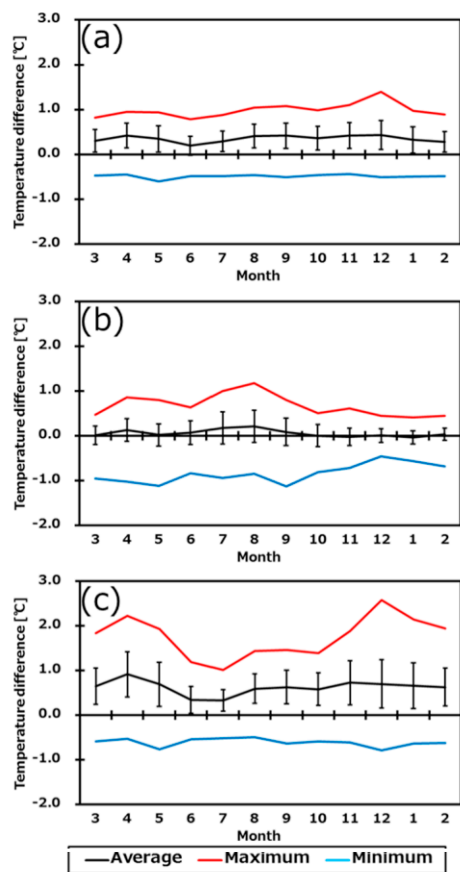


図9 図8と同様。ただし各値は月平均値である。エラーバーは各月の気温差の標準偏差を表す

Fig. 9 The same seasonal variations as in Fig. 8, except that each value is the monthly average

Error bars indicate the standard deviation of the temperature difference in each month.

のみであった（約2%）。年間で最も気温差が大きくなったのは、平均値で8月3日の $+0.9^{\circ}\text{C}$ 、最大値で11月22日の $+2.4^{\circ}\text{C}$ 、最小値で2月15日の -1.9°C である。気温差の季節変化の特徴を明瞭に示すために、気温差の月平均値を算出した。図9は月平均した気温差の季節変化を示す。平均値のエラーバーは、気象台格子点と全格子点との気温差の標準偏差を示している。平均値および最小値は季節変化が小さく、年較差は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内にとどまっている（図9-a）。一方、最大値では12月が他の季節と比較してやや値が大きく（ $+1.4^{\circ}\text{C}$ ）、最も気温差の小さい3月と比較すると 0.5°C の差が生じている。

日最高気温について、気温差の平均値は年平均 $+0.1^{\circ}\text{C}$ となり、日平均気温と比較して気温差がきわめて小さい（図8-b）。この差は気象台格子内のばらつき

範囲よりも小さいため、空間的なばらつきが大きいとは言いがたい。年間で最も気温差が大きくなったのは、平均値で2月13日の $+0.9^{\circ}\text{C}$ 、最大値で8月5日の $+2.4^{\circ}\text{C}$ 、最小値で1月22日の -2.2°C である。日最高気温の年変化は、日平均気温の場合と比較して小さい（図9-b）。平均値は暖候期に値が大きくなり、寒候期に値が小さくなる傾向を示すが、年較差は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内ときわめて小さい。一方、日最低気温について、気温差の平均値は年平均 $+0.6^{\circ}\text{C}$ となり、各項目の中で最も気温差が大きい（図8-c）。年間で最も気温差が大きくなったのは、平均値で4月11日の $+1.9^{\circ}\text{C}$ 、最大値で1月8日の $+4.9^{\circ}\text{C}$ 、最小値で11月29日の -2.1°C である。平均値および最大値の季節変化は、日平均気温と比較して大きい。月平均値の年変化は冬季や春季に大きく夏季に小さい傾向であり、平均値の年較差は $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ を示す（図9-c）。

以上のことから、気象台格子点の気温は観測領域内において恒常的に高い傾向が示された（平均 $+0.4^{\circ}\text{C}$ ）。そして、日平均気温および日最低気温についての気象台格子点とその他格子点との気温差は、気象台格子内の気温のばらつき範囲よりも大きいため、空間的なばらつきが大きいと判断できる。特に、その特徴は春季および冬季の日最低気温において顕著であることから、熊谷市街地のヒートアイランドの影響が示唆される。

V 考察

IVでは、領域内の気温のばらつきにヒートアイランドの影響が示唆された。そこで本章では、その点に着目し考察を行なう。

1. 格子点気温と都市率との関係

ここでは、領域内の気温のばらつきと各格子内を占める都市の割合との関係を議論する。気温と比較する都市の割合は、図2に示した国土数値情報の「土地利用細分メッシュ」に基づいている。そして、500 m四方の格子内を占める都市の割合を算出し、これ以降本研究ではこの割合を「都市率」と定義する。図10は、各格子点における気温の空間偏差と都市率との散布図を示す。ただし、格子内に観測点があるデータのみで

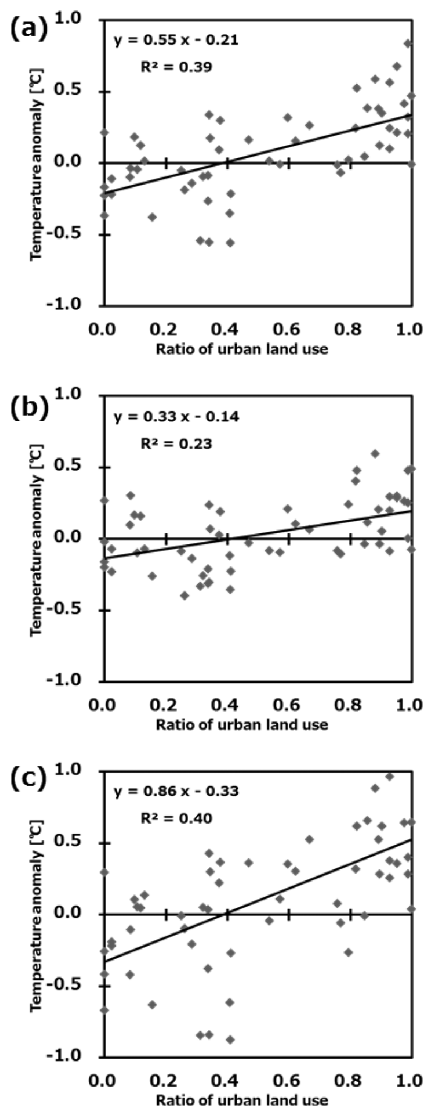


図10 各格子における (a) 日平均気温, (b) 日最高気温, (c) 日最低気温の空間偏差と都市率との散布図. 実線は回帰直線を示す

Fig. 10 Scatter plots of spatial anomalies of (a) daily average, (b) daily maximum, and (c) daily minimum temperature against the ratio of urban land use, with linear regression indicated by solid lines

解析を行なった. すべての項目について, 回帰直線の傾きはすべて正の値となり, その値が日最高気温, 日平均気温, 日最低気温の順に大きくなることが示された. 回帰直線の傾きは, 値が大きいくほど都市率の違いによって生じる気温差が大きくなりやすいことを示している. このことから, 傾きが最も大きい日最低気温では都市と郊外における気温差が大きくなりやすいと

言える. この結果は, 市街地中心部でヒートアイランドおよび郊外域で明瞭な低温域をそれぞれ示した空間偏差分布の特徴と一致する (図4-b). そして相関分析の結果, 日平均気温との相関係数が+0.63, 日最高気温が+0.48, 日最低気温が+0.63となり, ピアソンの無相関検定の5%有意水準で有意な相関関係を示した. このことから, 都市率が高い地点ほど解析領域内において気温が高い傾向が示された. これは, 解析領域内の気温のばらつきに, 都市率のばらつきの影響が大きく寄与していることを示唆する.

ただし, 気温のばらつきに対して, 都市率の単回帰による決定係数は0.2~0.4であるため, 都市率のみで解析領域内の気温のばらつきを説明することはできない. 特に日最低気温では, 都市率が0.3~0.4であるにも関わらず, 気温偏差が -0.8°C 以下の非常に低い傾向を示す格子点がある (図10-c). そして, それらの格子内を占める土地利用は畑が0.3~0.5を示しており, その他格子点と比較して割合が高い. このことから, 観測点周辺の都市率以外に, 郊外における土地利用の違いも気温のばらつきに寄与していることが示唆された. ただし本研究の対象領域では, 郊外における土地利用は水田が多く, 畑が0.3以上を占める格子が4ヶ所のみであった. そのため, 郊外の土地利用の違いと気温のばらつきとの関係を定量的に見積もるのは困難である.

2. 晴天日における特徴

最後に, ヒートアイランドが顕著に発生すると考えられる晴天日を対象に解析を行なう. 晴天日は, 以下の3つの条件から抽出した. すなわち, ①日積算降水量0 mm以下, ②日積算日照時間6h以上, ③天気概況において「快晴」あるいは「晴」, である. いずれの条件に関しても, 熊谷地方気象台により観測されたデータから抽出を行なった. また, 天気概況は昼 (6~18時) および夜 (18~翌日6時) の時間帯で記録されているため, 本研究の日界は7時と定義した. 抽出の結果, 解析対象期間365日中134日間 (36.7%) が晴天日として抽出された. これ以降, 晴天日を対象とした解析は上記の134日間のデータを使用する.

晴天日平均した気温の空間分布は全解析対象日と比較して, 都市の高温領域や郊外の低温領域の位置など

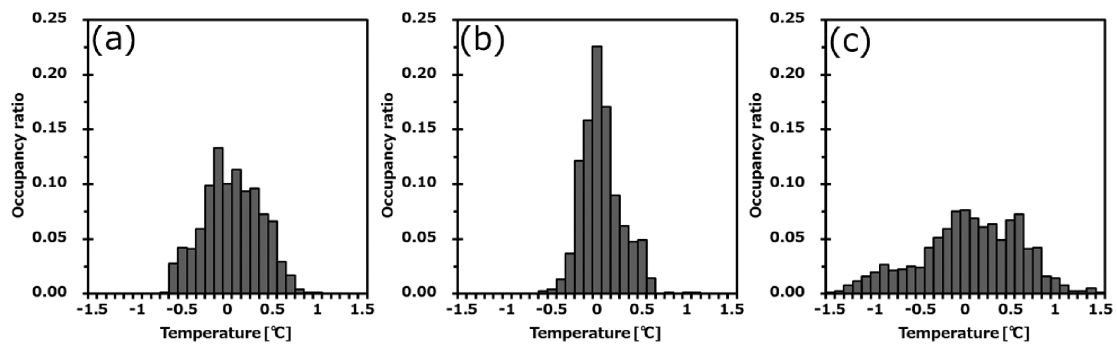


図11 晴天日で平均した (a) 日平均気温, (b) 日最高気温, (c) 日最低気温の空間偏差のヒストグラム

Fig. 11 Histograms of the spatial anomalies of (a) daily average, (b) daily maximum, and (c) daily minimum temperature, averaged on sunny days

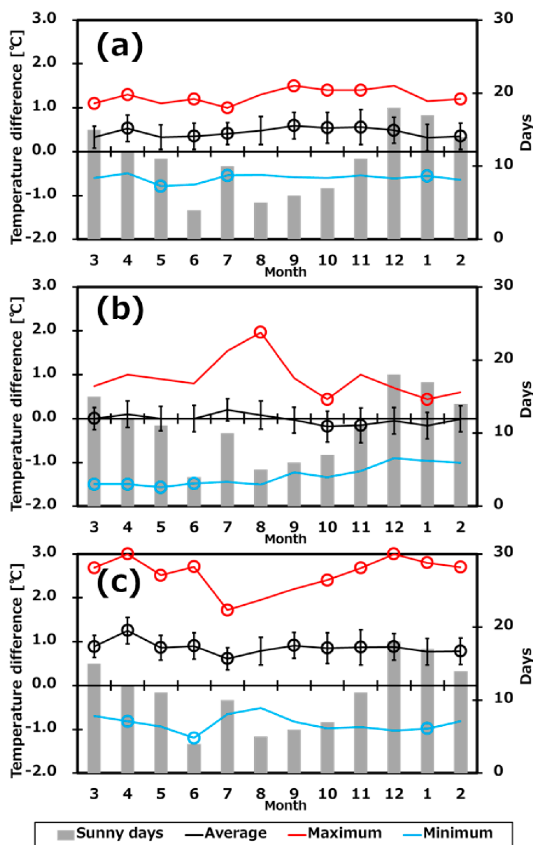


図12 図9と同様。ただし晴天日のみを対象に求めたもの。○記号はt検定で有意な値(有意水準5%)を表す

Fig. 12 The same seasonal variations as Fig. 9, except for the result for sunny days only
The symbol ○ means that it is a significant value in t-test (significance level of 5%).

の空間的な特徴に大きな差は生じなかった(図省略)。ただし、定量的な気温のばらつきには差異が生じてい

る。図11は、晴天日平均した格子点気温のヒストグラムを示す。晴天日平均した各項目は、全解析対象日と比較して気温のばらつきが大きい。5～95パーセンタイルの範囲は、日平均気温が $-0.5 \sim +0.5^{\circ}\text{C}$ 、日最高気温が $-0.3 \sim +0.4^{\circ}\text{C}$ 、日最低気温が $-1.0 \sim +0.8^{\circ}\text{C}$ を示し、日平均気温および日最低気温において全解析対象日より範囲が広がった。また、気温の標準偏差は、日平均気温が 0.32°C 、日最高気温が 0.23°C 、日最低気温が 0.56°C を示し、すべての項目において全解析対象日より値が大きくなった。特に、日最低気温の標準偏差は全解析対象日と比較して 0.16°C 大きくなった。

続いて、晴天日平均したすべての格子点気温と気象台格子点気温との差を検討した。全解析対象日の場合と同様に、全格子との気温差(気象台格子点-各格子点)を日平均気温、日最高気温、日最低気温について算出した。日平均気温について、晴天日における気温差の平均値は $+0.5^{\circ}\text{C}$ となり、全解析対象日と比較して大きな差は生じなかった($+0.1^{\circ}\text{C}$)。図12に晴天日平均した気温差の月平均値を示す。ここでは、各月における晴天日とその他の日の値を用いてt検定を行ない、有意水準5%で有意な差が認められた月を○記号で表す。全解析対象日の場合と比較して、晴天日における気温差の季節変化傾向に大きな差は生じていない(図12-a)。ただし、日平均気温は半数以上の月において、晴天日平均した気温差がその他の日に比べて有意に大きくなっている。また、晴天日における日最高気温の平均値は 0.1°C を示し、気象台格子内のばらつき範囲内にとどまった。季節変化についても日平均気温

と同様に全解析対象日と比較して大きな差は生じなかった。加えて、日平均気温において晴天日平均した気温差がその他の日に比べて有意に大きくなるのは、3月、10月および11月のみであった。一方、日最低気温については、晴天日における気温差の平均値が $+0.9^{\circ}\text{C}$ となり、全解析対象日と比較して 0.3°C 大きくなった。また、気温差の月平均値においても、各月の気温差は全解析対象日と比較して $0.2 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 程度大きい値を示した（図12-c）。そして、日平均気温において、晴天日平均した気温差は、8月と1月を除いた月でその他の日に比べて有意に大きい。

これらのことから、晴天日を抽出することで領域内の気温のばらつきが大きくなることが示された。さらに、晴天日における気象台格子点気温とすべての格子点気温との差は、日最低気温において全解析対象日と比較して平均 0.3°C 大きくなった。以上のことから、ヒートアイランドが明瞭に発生する晴天夜間は、他の場合よりも領域内の気温のばらつきが大きくなることが明らかとなった。そして、都市域に位置する熊谷地方気象台の気温は、20 km四方の領域平均気温に比べて高くなる傾向があり、特にヒートアイランドの影響を受けることでその傾向がより強調されることが示唆された。

VI おわりに

本研究では、一つの観測点周辺域における気温のばらつきを評価することを目的として、地上気温の多点観測を熊谷地方気象台の周辺域において年間を通して実施した。

観測の結果、熊谷地方気象台周辺域の日平均気温のばらつきは年平均値で 1°C 程度であることが示された。さらに、熊谷地方気象台に最も近い格子点の日平均気温は、観測領域内において恒常的に高い傾向を示した（平均 $+0.4^{\circ}\text{C}$ ）。この気温差は、気象台格子内の気温のばらつき範囲（ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ）よりも大きいため、空間的なばらつきが大きいと判断できる。さらに、領域内の気温のばらつきは時間帯や気象条件によって大きく変化した。特に、ヒートアイランドが発達する晴天日の日最低気温においては、他の項目と比較してばらつきが2倍程度大きくなることが示された。そして、

同様の条件における気象台格子点気温は、他の領域と比較して 1°C 程度大きいことが示された。

各格子点における気温と格子内を占める都市率との間に有意な正の相関が認められた（日平均および日最低気温が相関係数 $+0.63$ ）。このことから、解析領域内の気温のばらつきに、都市率のばらつきの影響が大きく寄与していることが示唆された。さらに、回帰直線の傾きは日最低気温が日平均および日最高気温と比較して最も大きい値を示した（ $+0.86$ ）。これは、日最低気温における気温のばらつきが、都市率のばらつきの影響を最も強く受けることを示している。しかし都市率以外に郊外における土地利用の違いも気温のばらつきに寄与することが示唆され、さらなる研究が必要である。

以上のことから、一つの観測点で観測される気温をその周辺の代表値とする際には、周辺の土地利用を確認し、代表とする範囲にばらつきが生じていることを理解した上でデータを使用しなければならないと考えられる。

謝 辞

深谷市役所、行田市役所、鴻巣市役所、熊谷市役所の方々には、定点型観測点の設置場所を提供して頂きました。また、論文執筆の際には立正大学地球環境科学部の鈴木パーカー明日香講師から有益なアドバイスを頂きました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 石黒 光・高木直樹 2009. 全国の気象観測点における周囲300 mの範囲内の土地被覆状況と地域微気候の関係. 日本建築学会環境系論文集 **644**: 1173–1178.
- 気象測器検定試験センター 2013. 気温観測用通風筒の特性調査. 測候時報 **80**: 15–32.
- 気象庁 1998. 気象観測の手引き. 気象庁, https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/tebiki.pdf (2018/11/20閲覧)
- 気象庁 2008. アメダスデータ等統合処理システムの運用開始について. 気象庁発表資料, <https://www.jma.go.jp/jma/press/0803/07b/amedas080306.html> (2018/11/20閲覧)
- 気象庁観測部 2014. 「東京」の観測地点の移転について. 気象庁, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/koushu141114/shiryou1.pdf> (2018/11/20閲覧)
- 気象庁観測部 2016. 地上気象観測地点「東京」の露場移転について（その2 平年値の更新について）.

測候時報 **83**: 7-32.

国土交通省 2014. 国土数値情報ダウンロードサービス
(データ項目: 土地利用細分メッシュ第2.5版).
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>

近藤純正 2012. 森林内の開放空間の風速. 近藤純正
ホームページ, <http://www.asahi-net.or.jp/~RK7J-KN>

DU/kenkyu/ke57.html

重田祥範 2012. 自然通風式シェルターと小型グローブ
温度計の開発——熱中症指標 WBGT 観測への適用
性について. 日本生気象学会雑誌 **49-3**: 83.

Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. *Economic
Geology*. **58**: 1246-1266.

〈著者略歴〉



中村 祐輔 (なかむら ゆうすけ)

1991年富山県生まれ。立正大学地球環境科学部環境システム学科卒業、立正大学大学院地球
環境科学研究科博士前期課程修了, 修士(理学)。現在, 立正大学大学院地球環境科学研究科
博士後期課程院生。気象学・気候学, 特に都市気象学を専門とする。



重田 祥範 (しげた よしのり)

1982年岡山県生まれ。岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了,
博士(理学)。立正大学助教を経て, 現在, 公立鳥取環境大学環境学部准教授,
地域イノベーション研究センター研究員。局地気象学, 生気象学, 特に都市気候を中心とし
た大気環境を専門とする。NPO法人バイオクリマ研究会理事。



渡来 靖 (わたらい やすし)

1975年千葉県生まれ。筑波大学第一学群自然科学類卒業, 筑波大学大学院博士課程地球科学
研究科単位取得満期退学, 博士(理学)。筑波大学準研究員, 立正大学助手, 助教, 専任講
師, 准教授を経て, 現在, 立正大学地球環境科学部教授。気象学・気候学, 特に大気力学を
専門とする。主な著書「気候変動の事典」(編著)(2017年朝倉書店)。

公式ホームページ <http://es.ris.ac.jp/~watarai/>