都市化の影響を考慮した近年の日本における気温変化傾向とその地域的・季節的な特性について

西森基貴*・桑形恒男*・石郷岡康史*・村上雅則**

(* 農業環境技術研究所
** 筑波大学大学院生命環境科学研究科)

On the regional and seasonal characteristics of recent surface air temperature changes in Japan with considering urban climate effects

Motoki NISHIMORI*, Tsuneo KUWAGATA*, Yasushi ISHIGOOKA*, and Masanori MURAKAMI**

*National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3 Kan'nondai,
Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan.

**Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,
1-1-1 Ten'nodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan

Abstract

To estimate the regional and seasonal characteristics of the secular change in surface air temperature (SAT) over the agricultural land of Japan, we firstly analyzed the urban climate effect involving 17 general meteorological observatories selected by the Japan Meteorological Agency, and secondly, newly defined 19 stations mainly located in rural areas of Japan as representative of Japanese agro-land (Rural-19). As following analyses for regional and seasonal changes of the SAT trends, SAT was found to increase remarkably in February throughout Japan and in July over East Japan, although slightly decreasing in August and December over North Japan. The averaged trend in terms of temperature increase in the Rural-19 for each month during the period 1980-2004 was estimated to be within the range 0.3-1.4°C of the daily minimum and 0.5-2.4°C of the daily maximum SATs, respectively. The trend of the maximum SAT shows remarkable regional and seasonal variations compared with that of the minimum SAT.

Key words: Climate change, Rural area, Trend, Urban climate.

キーワード: 気候変化, 都市気候, トレンド, 農村部

1. はじめに

日本における1898～2007年の年平均気温の長期変化傾向は、100年あたり約1.1℃の上昇となっている(JMA, 2008)。これは世界平均の100年あたり0.67℃の上昇(JMA, 2008)を大きく上回っており、いわゆる地球温暖化が日本では既に顕在化し、その影響評価と適応・対策が急務とされる根拠となっている。しかしながらKondo (2008)は、日本や世界におけるこれら気温変化値は、観測所周辺の都市化影響と露場の陽だまり効果により過大評価であるとしている。またSameshima *et al.* (2007)は、測定場付近に建造物などがほとんどない農業

研究圃場のデータ解析から、近年でも気温上昇があまり起こっていないことを指摘している。

気温の永年変化傾向を算出する際に、都市の影響を除くことは通例で、気象庁は日本の平均気温の算出に当たり、統計切断がなく都市化影響も少ないと判断した気象官署17地点(JMA, 2008: 以降ではJMA-17と称する)を用いている。そもそも気象官署は、たとえ小都市においてもその都心部にあることが多く、都市影響を全て回避できないことは気象庁も予想している通りである。実際、Fujibe (2007a; 2007b)は、気象官署とアメダス観測点周囲の人口密度と気温変化率の関係から、たとえ小さな町村に位置する気象観測点においても、その周囲の人口密度が増すほど気温上昇率が大きいことを示している。た

2008年7月23日 受付, 2008年11月12日 受理

だ、JMA-17に含まれる都市化影響を考慮しないまま温暖化の実態とすること、逆にJMA-17に都市の影響があることのみで人為的温暖化を全て否定する見解、いずれも大きな問題であり、都市化影響の定量的評価が望まれている。

これまでコメ生産など日本農業におよぼす温暖化影響が研究されてきたが、実際に水田のある農耕地・農村部における気温変化が、都市部に多いJMA-17などで代表される変化と異なる場合には、その都市影響を除去するかまたは新たな指標を作成する必要がある。古くにはOmoto and Hamotani (1979; 1980)が気象官署のデータから都市気候を除去を試みているが、いわゆる地球温暖化の影響が大きく社会問題化するに当たって、近年のデータを用いた新たな解析結果や手法提起が望まれている。

また日本における季節的な気温変動傾向に関する研究は、これまでの数多く行われてきた。しかしながらJMA-17を前提にする限り(例えばFujibe *et al.*, 2006), 上述のように都市の影響を受けることは否定できない。また季節的な特性、変化傾向の相違についても、例えば6～8月(7～8月)を夏季(夏期)としてひとくりに捉えられた研究(Nishimori, 1999)が大部分であるが、実際には梅雨前期の6月、梅雨後期から盛夏にさしかかる7月および盛夏期・台風期の8月では、それぞれ気温変化傾向に差があることがNishimori (2008)などにより予想されている。

そこで本研究では、日本の主に農耕地における気温変化の実態を明らかにするため、都市部と郊外・農村部に位置する気象観測点における気温変化傾向の比較・相違から、現在用いられている観測気温データに含まれる都市影響を評価した上で、農耕地における近年の気象環境変動の地域・季節別の特徴を明らかにし、耕地気象環境の変動におよぼす温暖化影響の実態を見ることを目的とする。

2. データと解析方法

用いたデータは、気象庁が編集したJMA-17をはじめとする気象官署、および比較的農村部にも多く位置するアメダス観測点の地上気温データである。日本においては気象観測点の移転が高頻度で生じているため、統計の連続性については、気象庁自身の統計接続の可否判断にとどまらず、実際のデータ処理を通じて判断した。また観測所周辺の土地利用に関しては、Kondo (2008)の現地調査報告や、高解像度衛星画像(グーグルアース)を利用した測定地点近辺の状況調査を行った。地上気温に関する具体的な統計解析方法としては、アメダスデータを利用可能な1980年以降、2004年までの25年間のデータ

について、月平均気温、および月平均日最高・日最低気温について、月毎に線形トレンド解析を行った。なおトレンドの有意性については、気温の変動成分が正規分布であることを仮定してt検定を行い、有意水準99%または95%について、そのトレンド自体が有意であると判定した。

ところで気温の経年変化に関するデータ解析のためには、観測点の移動、観測機器の更新、日界や1時間値の算出方法に関わる変更などの問題を考慮する必要があるが、このうち観測点の移動に関しては、本文中で詳細に検討する。観測測器の更新については、例えばMatsui (2006)が、気象官署においては、観測測器のJMA-95型地上観測装置への更新により、月平均日最高気温で平均+0.14℃のジャンプが生じるとしている。また同様の測器の更新は、アメダス観測所においても、1989年および2004年より順次、行われている。アメダスでは2002年まで、時別の観測データから日の最高・最低気温が算出されてきたが、2003年より10分ごとのデータが用いられるようになった。この変更によって、日最高/最低気温はより高め/低めに算出されるようになった(Fujibe, 2004)。また気象官署においては、1982年以降は1分ごとのデータに基づいて、日最高・日最低気温が算出されている(Kondo, 2008)。

しかしながら気象測器の変更、および時間値算出方法の変更、いずれも本研究で行った1980～2004年のトレンド計算に際しては、第4節に示すように大きな影響を与えないことを確認したため、気象庁配布のデータのままでの取り扱いを行っている。

3. 日本の農耕地を代表する地点の選定

まず月平均気温のトレンドから見て、都市の影響はどの程度なのかを概観する必要がある。Fig. 1には、札幌・東京・横浜・名古屋・京都・大阪・福岡という、北海道から九州までをカバーし、人口・都市規模の面からも、また過去の多くの研究(例えば、Suzuki *et al.*, 2001)からも都市気候が顕在化している7つの大都市にある気象官署(Metro-7)、気象庁が日本全域の平均として用いているJMA-17、およびKondo (2008)が選定した、主に郊外部にあって地点移動や周辺環境の変化が少なく、北海道から南西諸島までをカバーする気象官署・アメダス観測所11地点(Kondo-11)で、それぞれ1980～2004年で平均した各月平均気温のトレンドを示す。これによると、当然のことながらMetro-7におけるトレンド値が、全ての月で他の類型を上回っており、近年においても地上気温には大都市における都市影響が存在していることがいえる。

またこの結果から、都市類型別の気温トレンド差が都市影響の1つの指標となりうるということがわかったので、他

の2つの類型についても比較してみると、ほとんどの月でJMA-17のトレンドが、Kondo-11地点のそれを上回っている。このため気象庁が気温の永年変化の指標として用いているJMA-17にも、都市の影響が含まれている可能性はやはり高い。例えばFig. 2は、JMA-17のうち山形と、その近隣のアメダス観測所でありKondo-11にも含まれる小国における、2地点の気温トレンドを月平均日最高・日最低気温別に示したものである。日最高・日最低ともほとんどの月において、そのトレンドは山形の方が大きく、上昇トレンドが有意である月も、山形の方がはるかに多い。さらに山形では、春秋の最高気温と冬季の最低気温のトレンドがより大きい。これは典型的な都市気候の季節変化パターン (Noguchi, 1994; Kusaka *et al.*, 1998) を表し、山形地方気象台の気温データには都市の影響が

Fig. 1. Seasonal changes of linear trends (1980-2004) of monthly mean surface air temperature (SAT) averaged in each three categories (as described below) of meteorological observatories. Dark circle (triangle) shows the significance level of the trends with 99% (95%).

Metro-7: Sapporo, Tokyo, Yokohama, Nagoya, Kyoto, Osaka, Fukuoka

JMA-17: Abashiri, Nemuro, Suttsu, Yamagata, Ishinomaki, Fushiki, Nagano, Mito, Iida, Choshi, Sakai, Hamada, Miyazaki, Tadotsu, Naze, Ishigaki-jima

Kondo-11: Etanbetsu, Erimo-misaki, Oguni, Iiyama, Irozaki, Shimoichi, Chizu, Muroto-misaki, Misumi, Kobayashi, Ibaruma

Fig. 2. Comparison of linear trends (1980-2004) of monthly mean daily (upper) maximum and (lower) minimum SATs between Yamagata and Oguni. Dark circle (triangle) shows the significance level of the trends with 99% (95%).

含まれている可能性が強いことを示す。このほか日本を代表するとされるJMA-17のうち長野・石垣島では、それぞれ飯山・伊原間という、Kondo-11に含まれる近隣アメダス地点との比較解析から、彦根では気象庁の山岳気象観測所である伊吹山との比較から、同様に都市気候の影響が疑われることがわかった (図略)。

ここでKondo-11も参照し、新たに郊外・農村部に位置する気象官署・アメダス12地点に、JMA-17のうちの7地点 (根室・寿都・石巻・伏木・銚子・境・名瀬) を加えた19地点を選定した (Rural-19)。例えば伏木は、近隣で同じく気象官署である富山と比較して良質のデータが得られることも今回確認している。JMA-17のうち、都市の影響が疑われる山形・長野・石垣島・彦根のほか、2000年5月に官署の移転があった宮崎、さらに都市人口が比較的大きいという観点で水戸が除外されている。一方、Kondo-11の地点は、Kondo (2008) による実地調査により、都市の影響を回避できると判断し、観測所の移転やデータの欠測がない地点については採用した。ここ

Table 1. Selected 19 meteorological observatories located mainly in rural area (The rural-19) and their regional division. Stations with under line show the duplication as the JMA-17 and the parenthesized stations show replacing to another rural stations.

North Japan (6)	East Japan (5)	West Japan (6)	SW. Islands (2)
Etanbetsu	Oguni (Yamagata)	<u>Sakai</u>	<u>Naze</u>
<u>Nemuro</u>	<u>Fushiki</u>	Shimoichi	Ibaruma (Ishigaki-jima)
Suttsu	Iiyama (Nagano)	Chizu	
Erimo-misaki	Irozaki	Muroto-misaki	
Miyako	Choshi	Misumi	
<u>Ishinomaki</u>		Kobayashi (Miyazaki)	

で Kondo-11 との地域的な重複や、採用地点の地域バランスを考慮して、JMA-17 のうち、さらに網走・飯田・浜田・多度津についてはここから除外した。Table 1 に、その Rural-19 の地点名と地域区分を示す。

4. 日本の農耕地地点における気温トレンドの地域的・季節的特性

ここでは、選ばれた Rural-19 における平均・最高・最低気温トレンドの地理的分布、および季節変化を詳細に検討した。まず Fig. 3 には、夏季最高気温トレンドの地域分布を示す。7 月は昇温、特に東日本の日最高気温の上昇が顕著である。これは近年に多い、梅雨明け後もしくは梅雨期間の後期に北太平洋高気圧の東日本への張り出しが急速に強まるケースに対応していると考えられる。これに対し 8 月では、西日本で弱い昇温、北海道ではむしろ降温傾向にある。これは、近年は北冷型で北日本に前線停滞しやすく、また西日本でも比較的高温の割に台風等による天候不順、台風や豪雨による災害も頻発していること (JMA, 2005) と関連していると思われる。また日本における気温上昇が問題となる中で、北日本の夏には明瞭な上昇トレンドが見られないことは Kurihara (2004) も指摘しているが、本研究の結果から、特に 8 月には若干ながら降温傾向があることも示された。近年、梅雨前線の北上スピードが遅く、北日本の盛夏期の天候に影響を与えていることは Sato and Takahashi (2001) が論じている。

Fig. 4 は、同じく気温トレンドの地理的分布のうち、冬季の例である。2 月最高気温の例では、全国的に気温上昇のトレンドが顕著である (Fig. 4 左)。なお中国東北部

においても 2 月など冬の終わりから春の初めにかけての著しい昇温は、Qian and Lin (2004) による気温インデックスの解析でも認められており、2 月の昇温は北東アジアに共通の広範囲な総観現象であると考えられる。一方、12 月の最低気温は、北日本で弱い降温傾向にあり、また西日本～南西諸島では昇温傾向にある (Fig. 4 右)。つまり北寒西暖の気温分布となり、北日本 (北海道) では近年、冬の到来が早くなっていると判断される。

ここで選択された Rural-19 を基準として、大都市および JMA-17 の気温に対する都市の影響を定量化する。Fig. 5 には、都市類型別に見た最高および最低気温トレンドの季節変化を示した。このうち Metro-7 および JMA-17 と本研究選定地点 Rural-19 における昇温トレンドの差を都市の影響と見なすと、1980 年以降の 25 年間における都市の影響は、日最低気温では春秋に大きく現れ、Metro-7 とは $0.3 \sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 、JMA-17 とは $0.1 \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ である (Fig. 5 下)。これに対し、日最高気温における都市影響は夏に顕著であり、Metro-7 における都市の影響は $0.0 \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 、JMA-17 では $0.0 \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ である (Fig. 5 上)。25 年間における Rural-19 の昇温は、日最低気温では月別に $0.3 \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ (Fig. 5 下：年平均では 1.05°C)、日最高気温では $0.5 \sim 2.4^{\circ}\text{C}$ (Fig. 5 上：年平均では 1.30°C) で 2 月と 7 月に大きい。

ところでここでは、JMA-17 に含まれる都市影響の定量的評価を試みたわけであるが、実際には気象官署のみで構成される JMA-17 と、アメダス地点が約半数を占める Rural-19 における日最高・最低気温の取り扱いの相違に留意する必要がある。第 2 節にも示したが、アメダ

Fig. 3. Geographical distributions of linear trends (1980-2004) of monthly mean daily maximum SATs in the Rural-19 stations in (left) July and (right) August. Black (white) circle shows positive (negative) temperature trend with the size corresponding to its magnitude of trends.

Fig. 4. Same as Fig. 3 except for (left) maximum SAT of February and (right) minimum SAT of December.

Fig. 5. Same as Fig. 1, except for (upper) maximum and (lower) minimum SATs with same significance level of Fig. 1. The Rural-19 stations are also shown in Table 1.

Fig. 6. Same as Fig. 5 except for the Rural-19 stations divided into three regions shown in Table 1.

ス観測点における日最高・最低気温は解析期間の最後2年間には、それ以前よりも最高気温は高め、最低気温は低めに出ている(気象庁は日最高気温で0.3°C高め、日最低気温で0.2°C低めとしている)。そのため、Rural-19の日最高(最低)気温トレンドはやや過大(過少)評価となっている可能性がある。しかしながらこれらの値を、25年間のうちの2年とするとたかだか0.02°Cであり、またJMA-17とRural-19のトレンドの差はもともと日最高(最低)で小さく(大きい)ため、2つの類型区分の差自体には大きな影響は与えないと判断できる。

次にRural-19のみを対象として、地域別に気温トレンドの季節による相違を調べた(Fig. 6)。その結果、最低気温については昇温の地域的・季節的な相違が比較的小さいことと、8月の北・東日本、および12月の北日本で

昇温トレンド見られないことがわかった。また最高気温については、地域・季節による違いが大きく、例えば2月は日本全域で、7月は東日本で、それぞれ昇温が顕著である。特に2月の昇温は、その程度も他のどの月よりも大きいのが特徴である。また8月の東日本では最高気温のトレンドが最低気温よりも大きく、日較差が増大している。これに対し西日本では、日最高・日最低とも季節による変化はあまり見られなかった。

ここでJMA-17には、なおも都市の影響が含まれていることをふまえた上で、都市部においては冬季の最低気温よりも、夏季の日最高気温に与える人為的な影響が人間生活への影響の面からもはるかに重大であるとの観点から、夏季最高気温における都市影響を解析した。Fig. 7には7月の最高気温を例に、JMA-17とRural-19で平均した気温の年々変動(Fig. 7上)、およびRural-19を

Fig. 7. (Upper) Secular changes of monthly mean daily maximum SATs (Tx) of July in the JMA-17 and Rural-19 stations and (Lower) scatter plot of Tx in the Rural-19 and the difference of the Tx between the JMA-17 and Rural-19 stations.

基準にした気温とその差の関係の散布図 (Fig. 7 下) を示す。7 月気温は、1993/94 年や 2003/04 年の連続した冷夏暑夏など変動が大きい、2 つの分類の間の気温差は、7 月の気温が高いほど大きいことがわかる。つまり 1994 年以降は Fujibe (2004) が指摘するように、Rural-19 で示されるバックグラウンドの気温も高く、また JMA-17 との差で表される都市気候 (ヒートアイランド) の指標となる値も大きく、併せて近年の高温傾向を示しているといえる。

5. まとめ

農耕地における気温変化傾向の実態を把握するため、日本における近年の地上気温の変化傾向を、主に都市部と郊外部における比較を通じて解析した。その結果、中規模都市にある気象官署 (山形など) に明らかな都市効果が見られることを示した。また日本の農耕地を代表する地点として、全国 19 地点を新たに選定して、気温上昇トレンドの地域的・季節的な特性を解析した。その結果、1980 年以降は郊外の観測点においても、全国的な 2 月の昇温、および東日本における 7 月の昇温などが顕著であった。しかしながら、北日本においては 8 月と 12 月に弱い降温傾向も見られ、従来の季節毎の解析では得られなかった詳細な気温変化傾向の月別の相違を明らかにす

ることが出来た。

なお日最高・日最低気温の場合は、第 4 節で述べたような算出方法の違いを考慮する必要があるのに加え、平均気温とは違い、都市気候の影響に加えて観測所周辺の狭い領域における土地利用が影響している可能性がある。また今後は、気温を上げる都市の影響のみならず、水田などの存在が気温を下げるといった気候緩和効果 (例えば Wakiyama, 2007) にも着目する必要がある。

謝 辞

本研究は、独立行政法人農業環境技術研究所交付金プロジェクト研究「気候変動に対する水田生態系応答のモデル化によるコメ生産のリスク評価」および環境省地球環境研究総合推進費 (S-5-3) の支援により実施された。また近藤純正東北大学名誉教授には、解析データの提供と有益なコメントを頂いた。さらに本研究で使用したデータセットの整備に際しては、農業環境技術研究所契約研究員 (当時) の内海美砂子氏の支援を頂いた。ここに記して、感謝する次第である。

References

- Fujibe, F., 2004: Features of extremely high summertime temperatures in Japan in recent years. *Geogr. Rev. Jpn.* **77**, 119–132. (藤部文昭, 2004: 日本における近年の著しい夏季高温の発生状況. *地理学評論*, **77**, 119–132).
- Fujibe, F., 2007a: Relation between long-term temperature trends and population density at AMeDAS stations. *Proceedings of the General Meeting of the Association of Japanese Geographers*, (71), 157. (藤部文昭, 2007a: アメダス地点における気温の経年変化率と人口密度との関係. *日本地理学会発表要旨集*, (71), 157).
- Fujibe, F., 2007b: Urban effect in the temperature increasing tendency in Japan in recent years. *Abstract of 2007 Spring Meeting of the Meteorological Society of Japan*, (91), 63. (藤部文昭, 2007b: 近年の日本の気温上昇傾向における都市効果. *日本気象学会 2007 年春季大会講演予稿集*, (91), 63).
- Fujibe, F., Yamazaki, N., Kobayashi, K., and Nakamigawa, H., 2006: Secular changes of extremely high and low temperatures in Japan. *Abstract of 2006 Spring Meeting of the Meteorological Society of Japan*, (89), 35. (藤部文昭・山崎信雄・小林健二・中三川浩, 2006: 日本に

- における著しい高温・低温の経年変動. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, (89), 35).
- Japan Meteorological Agency, 2008: *Climate Change Monitoring Report 2007*, 88p. (気象庁, 2008: 気候変動監視レポート 2007. 88p).
- Japan Meteorological Agency, 2005: *Report on Climate Change 2005*, 383p. (気象庁, 2005: 異常気象レポート 2005. 383p).
- Kondo, J., 2008: Instruction for research. <<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/kenkyu00.html>> [accessed July 10, 2008]. (近藤純正, 2008: 研究の指針. <<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/kenkyu00.html>>, 2008 年 7 月 10 日参照).
- Kurihara, K., 2004: Comment on the climate change and variability in Tohoku District. *Tenki*, **51**, 801–804. (栗原弘一, 2004: コメント: 東北地方の気候変化・変動. 天気, **51**, 801–804).
- Kusaka, H., Nishimori, M., and Yasunari, T., 1998: Estimation of the increasing rate of surface temperature associated with urbanization by use of seasonal variations of maximum/minimum temperature anomaly. *Tenki*, **45**, 369–378. (日下博幸・西森基貴・安成哲三, 1998: 最高・最低気温偏差の季節性を利用した都市化に伴う気温上昇率の推定. 天気, **45**, 369–378).
- Matsui, H., 2006: Difference of observed air temperature caused by equipment renewal at surface observation stations. *J. Japan Soc. Hydro. & Water Resour.*, **19**, 496–502. (松井宏之, 2006: 観測測器の更新により生じた気象官署での観測気温の差について. 水文・水資源学会誌, **19**, 496–502).
- Nishimori, M., 2008: Meteorological aspects in summer of 2007 and their characteristics from the view point of long-term climate change, *Abstracts of The Meteorology Workshop of the NIAES in FY2007*, 1. (西森基貴, 2008: 2007 年夏季の気象概況と気候の長期的変化から見たその特徴. 2007 年度気象環境研究会要旨, 1).
- Nishimori, M., 1999: Analysis of the characteristics of the occurrence of hot and cool summer in Japan. *Tenki*, **46**, 269–280. (西森基貴, 1999: 日本における冷夏・暑夏の出現特性に関する解析. 天気, **46**, 269–280).
- Noguchi, Y., 1994: The effect of urbanization on the long-term trends of daily maximum and minimum temperatures. *Tenki*, **41**, 123–135. (野口泰生, 1994: 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響. 天気, **41**, 123–135).
- Omoto, Y., and Hamotani, K., 1980: A proposed method of eliminating urban effects from climatological data obtained at stations in big cities (2). *J. Agric. Meteorol.*, **36**, 203–206. (小元敬男・鰐谷 憲, 1980: 気象官署のデータからの都市気候効果の消去の試み (2). 農業気象, **36**, 203–206).
- Omoto, Y., and Hamotani, K., 1979: A proposed method of eliminating urban effects from climatological data obtained at stations in big cities. *J. Agric. Meteorol.*, **35**, 93–96. (小元敬男・鰐谷憲, 1979: 気象官署のデータからの都市気候効果の消去の試み. 農業気象, **35**, 93–96).
- Qian, W.-H., and Lin, X., 2004: Regional trends in recent temperature indices in China. *Clim. Res.*, **27**, 119–134.
- Sameshima, R., Hirota, T., Hamasaki, T., and Suzuki, S., 2007: Temperature trends at the National Agricultural Research Center for Hokkaido region in the 40 years from 1966 to 2005. *J. Agric. Meteorol.*, **63**, 95–102.
- Sato, N., and Takahashi, M., 2001: Long-term variations of the Baiu frontal zone and midsummer weather in Japan. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **79**, 759–770.
- Suzuki, T., Genchi, Y., Iizuka, Y., and Komiyama, H., 2001: Extracting diurnal temperature changing patterns of Tokyo in mid-summer—grasping heat island phenomena by means of statistical methods—. *Tenki*, **48**, 383–391. (鈴木知道・玄地裕・飯塚悦功・小宮山宏, 2001: 真夏の東京の気温日変化パターンの抽出—統計手法によるヒートアイランド現象の把握—. 天気, **48**, 383–391).
- Wakiyama, Y., 2007: Moderation of summertime urban temperatures with proximity to agricultural land. *J. Agric. Meteorol.*, **63**, 81–88.