

浦安の温暖化評価 - 過去 65 年間に浦安の気温はどう変化したのか -

温暖化防止うらやす 浦安の温暖化評価グループ

大西 輝明、島野 圭司、大村 勝行、川島 謙治、杉岡 洋子

(2014 年 4 月)

1949 年以降 2013 年迄の浦安の毎日の最高、最低、平均の三種類の気温を、江戸川臨海、船橋、千葉および東京の各気象観測所での観測値を用いて推算した。浦安の毎日の気温はこれら四観測所での値の非線形な多項式の和で与えられるとし、重回帰分析によってこの多項式形を決定することで予測式を得た。これを用いた浦安の気温変動挙動を江戸川区内、市川市、船橋市、千葉市などの近隣地区での観測値挙動と比較した結果、不確定性の範囲内で、当該予測式は過去の浦安の気温を推算するために十分なものであることがわかった。当予測式によれば浦安の気候は過去 65 年ほどの間にしだいに温暖化し、(年平均の)最高、最低、平均の各気温の上昇率はそれぞれ 0.017、0.042、および 0.025 /年 となること、通年最高気温極値および最低気温極値はそれぞれ、0.088 /年 (1970 年初頭以降の値)、0.067 /年 の率で上昇したこと、こうした温暖化傾向は浦安古老の実感とも矛盾しないことなどがわかった。また、東京と比較する場合、いずれの気温も常に東京のそれよりも低い値であったこと、東京との気温差は都市化による東京のヒートアイランド効果に相当するとすれば説明可能なこと、こうした効果による温度差は 1980 年代初頭以降、しだいに低減してきたことなども明らかとなった。いくつかの統計量の経年変化は、東京との温度差の低減が浦安の都市化による浦安自身のヒートアイランド効果の現出であることを示唆している。

1. はじめに

千葉県浦安市（または浦安町、以下、浦安と略）は東京都の東部地区（江東区、江戸川区）と同一の気候区分帯に属するとみなされてきた [1, 2]。しかし、当該東部地区の気象が過去数十年の間どのように変化してきたのかを一定の地点で継続して観測してきたとする報告はない。こうした観測値の欠如は浦安においても同様であるため、過去数十年間にわたって浦安の気候がどのように変動してきたかを統一的に知る手がかりはない。浦安町消防本部による月平均気温や降水量の観測値が初めて公式に報告されたのは1979年であるが、（測定精度や測定地点、観測機器の変更などとは別に）気温や降水量観測の手法の違い、およびそれらの定義の混乱などのために、消防本部による以降の公式報告値 [3, 4] は必ずしも全期間にわたってスムーズで、矛盾のない経時変化値を与えてはいない。

浦安在住人にとっては関心のある（かもしれない）浦安の気候に関して、未知の事柄は多い。浦安は過去のある時点ではどのような気候状況にあったのか、浦安の気候は過去数十年の間にどのように変動してきたのか、その変動は町の経済成長や人口拡大とともにどのように変化してきたのか、町の拡大はいかに浦安の気候にフィードバックしてきたのか、浦安の気候は今後どのように変動するのかなどがその一例である。われわれはこうした問題に取り組む手始めとして浦安の過去の気温に注目し、1949年以降、（それ以降はデータのある）2008年初頭までの毎日の最高、最低、平均気温の推算を行うこととした。

次章では過去の気温を推定するための予測式導出法を記述する。第3章ではこれによって得られた予測式を用いて過去の気温を推算し、それを浦安近隣地での経年観測値と比較する。こうした比較から、われわれの予測式の妥当性を検証する。第4章では気候変動を与える（年間での冬日数や夏日数などの）いくつかの指標が、浦安では経年的にどのように変動してきたのかを見る。第5章では1949年以降の浦安推算値と、中央气象台において観測された東京での経年変化とを比較する。東京と浦安の都市化に起因する気温上昇のヒートアイランド効果は、東京値と浦安値との時間挙動の差に表出することに注目し、東京値や浦安値の温暖化にかかるヒートアイランド効果成分を算出する。第6章はまとめである。

2. 過去の気温の予測式

2.1 収集データ

過去の任意の年月日における浦安の気温を推定するためにわれわれの採用した方法は、はじめに現在利用できる浦安と近隣地域における気温観測データを収集整理し、データベースを作成する。次に、浦安での気温は周辺地域の気温と密接に関連しあっていることを考慮し、浦安の観測値を複数の近隣地域の関数として表現し得る（すなわち、複数の近隣地域の気温から浦安の観測値が計算できるような、そのような）関数形を探索する。こ

うした関数形が過去数十年間にわたっても成立していたとする前提のもとで、過去の近隣地域の気温を当該関数形に代入することによって、未知である過去の浦安の気温を推算しようとするものである。この場合、考慮する近隣地域の気象条件や地形状態は浦安のそれと類似であることが要請され、また、過去の比較的長い年月にわたって信頼できる気象データが蓄積されていることも要請される。

こうした要請を満たす近隣観測地として、以下の4地点を選出した。これらは現在、気象庁観測所（アメダス）の設置された場所であり、括弧内に示した過去の日毎の気象データ（平均、最高、最低の各気温、降雨量、平均、最大の各風速、風向など）が公開されている [5]。

千代田区大手町・北の丸公園（1949年1月1日以降）

千葉市千葉港（1966年4月1日以降）

江戸川区江戸川臨海（1977年1月1日以降）

船橋市薬園台（1978年2月1日以降）

これらのデータを用いて分析する浦安の日毎の観測値（上記気象庁公開分と同様な気象データ）は浦安市消防本部によって得られたものであり、その観測期間は2008年2月23日以降、2013年3月31日までの1864日分である。

2.2 重回帰分析

2008年2月23日以降の1864日間の浦安観測値は、上記～のどのような関数で与えられるかをみるために重回帰分析を行った。関数形は～の変数の非線形な多項式によって与えられるとし、最良の関数形は浦安観測値を従属変数として重回帰分析を行った場合、最高の寄与率 R^2 、または最低の偏差 σ を与えるものに相当するとして、試行錯誤的に最良形を決定するものとした。ここで寄与率とは当該関数形がどれほど（の割合で）浦安値を再現できるかに関する指標であり、 $R^2=1$ （または0）は完全な（不）一致に対応する。一方、偏差は当該関数形によって浦安値を算出した場合（浦安推算値）実際の浦安観測値との差の2乗の（1864日分の）平均値の、さらに平方根に相当するものである。一般に偏差が小さいほど良好な関数形であると言えるが、日毎の浦安推算値と観測値との差が経年的に振動するような場合には、寄与率の高低によって関数形の良否を判断することとした。

われわれは浦安の三種類の気温、すなわち過去の日毎の最高、平均、最低の各気温の関数形を上記の方法によって算出した。この場合、利用可能な年月日範囲が上記データ～で各々異なることから、導出する関数形も以下の3期間に対応するものとなる。

(i) 1978年2月1日～2013年3月31日：データ～を利用し、これらの非線形多項式によって予測式を算出する

(ii) 1966年4月1日～1978年1月31日：千代田区および千葉港（および）のデータのみで予測式を算出する

(iii) 1949年1月1日～1966年3月31日：千代田区（）のデータのみから予測式を算

出する

上記 ~ のデータのうち、不完全データや欠如部分は視察によって適宜、改変し、三種の気温に関する (i) ~ (iii) の予測式を得た、これらを「付録」に示す。予測式の予測精度は平均気温、最低気温、最高気温の順に悪化することが残差（浦安予測値と浦安観測値との差）からもわかる。2008年2月23日以降の平均気温に対して上記 (i) の方法で、さらに最高気温に対して (iii) の方法で予測値を算出した場合の残差の経年挙動を、図1および図2にそれぞれ示す。

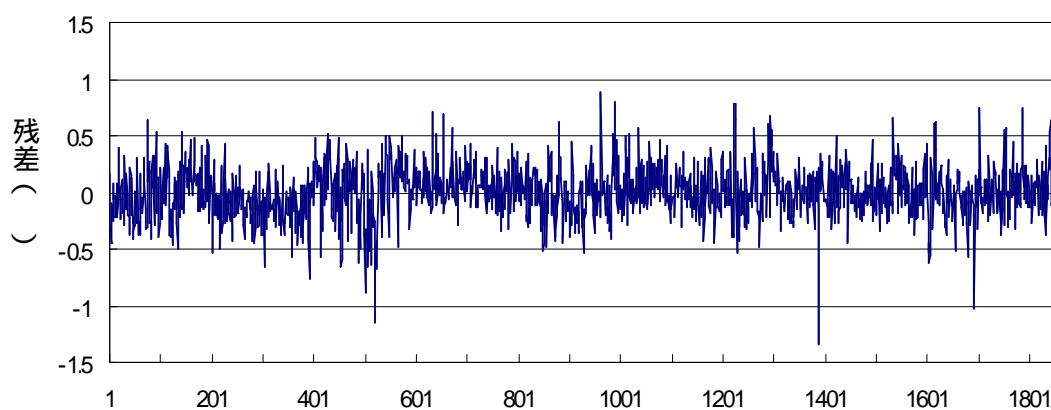


図1 平均気温の(i)の方法による残差。横軸は2008年2月23日を起点とする日数

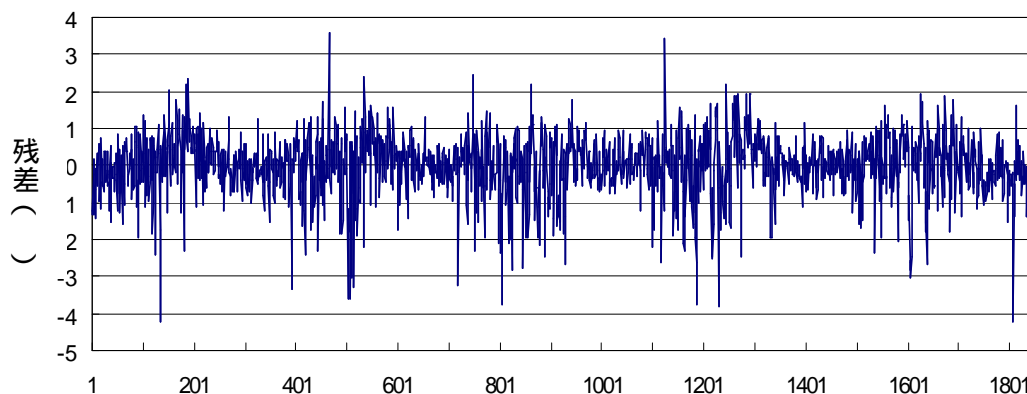


図2 最高気温の(iii)の方法による残差

3. 浦安の各年毎の気温の経年変化

前章で得た予測式を用いて、1949年以降の年月日における最高、平均、及び最低の気温を推算した。以下に示す図は、毎日の最高、平均、および最低気温を一ヶ月毎に平均して月平均気温を算出し、それらの一ヵ年の平均を年平均気温として示したものである。近隣

地域での観測値を比較のために示している。ここでの近隣地域（近隣での観測場所）とは前章 2.1 節の ～ の他に、

市川市消防本部 [6]

船橋市湊町船橋消防本部、および千葉県立船橋高校 [7, 8]

千葉市川崎町銚子測候所千葉出張所、および中央港千葉測候所 [9,10]

江東区深川 [11]

江戸川区砂町、新砂、および新木場 [11]

大田区羽田 [11]

浦安旧消防本部 [3, 4]

である。

ここでわれわれが推算した三種類の気温は、現在、それらが定義されているとおりの気温に相当する。すなわち、日最高（最低）気温は午前零時から始まる一日間での最高値（最低値）であり、平均値は毎分ごとに計測された気温の一日間での平均値である。また、月平均最高（最低）値は毎日の最高（最低）値の一月間にわたる平均値であり、年平均最高（最低）値はこれら毎月の平均値の一年間にわたる平均値である。

しかし、過去のどの時点においてもこうした気温の定義が採用されてきたわけではない。（観測地にもよるが、上記 から の観測データのあるものは）1950 年代では一日の最高（最低）気温の計測開始時刻は午前 9 時や午後 2 時などであったことや、平均気温をこれらの最高最低気温の単純平均として算出している。また、毎月の最高最低気温として当該月において最も高い（または低い）値、すなわち極値、を採用し、各年の最高最低気温も同様に、当該年における極値を採用している。さらに、毎月の極値の一年間にわたる平均を、当該年での平均最高（最低）気温値としている場合もあり、定義の混乱や不統一がみられる。また、観測条件や気温の定義が不明であるデータも多く、比較のための近隣地域値の採用には取捨選択などの配慮や注意を要するものが多い。

3.1 年平均最高気温

図 3～5 に毎日の最高気温の年平均値について、浦安予測値と近隣地での観測値を比較して示した。ここで示した浦安予測値は最も確からしい値であり、その値が正規分布をするとした場合の一標準偏差の範囲を上下の実線で与えている。すなわちこの場合、68.3%の確率で実際の浦安の気温が上下の実線の範囲内にあったことになる。浦安最高気温の経年挙動はほぼ 1980 年を境として、それ以前では 千葉市の、それ以降では 江戸川臨海と 船橋市薬園台における経年挙動に類似している（1980 年以前で 、 に類似であるがどうかは不明）。浦安の年平均最高気温は過去数十年間で 18～20 の範囲にあったが、1970～90 年ではやや低温化の様相を呈していたことがわかる。東京での観測値 との比較は次章で行う。

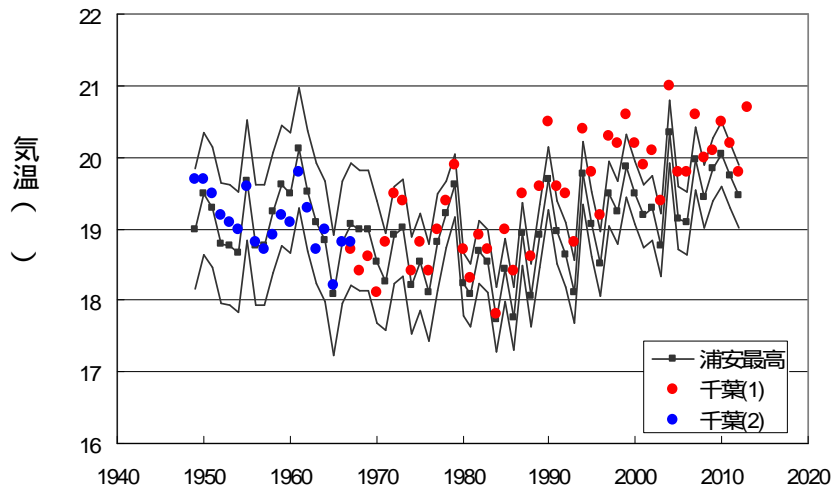


図3 年平均最高気温の比較。“千葉(1), (2)”はそれぞれ[10], および[9]による値

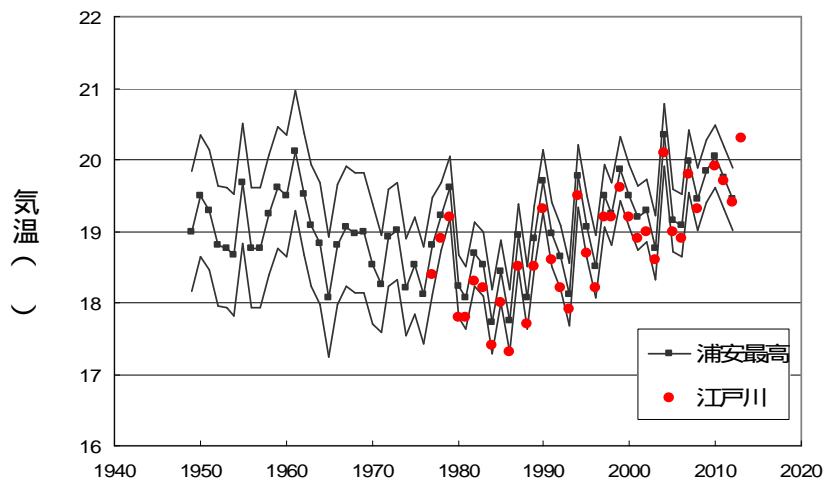


図4 年平均最高気温の比較。“江戸川”は[5]による「江戸川臨海」の値

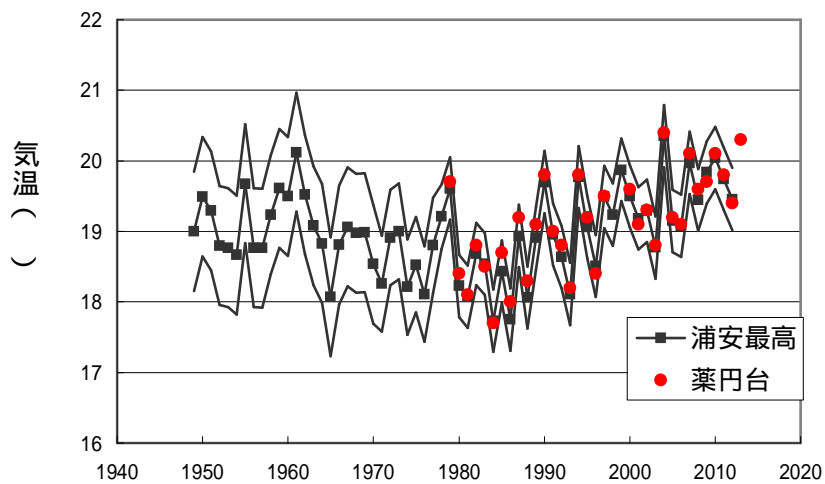


図5 年平均最高気温の比較。“薬円台”は[5]による「船橋」の値

3.2 月最高気温極値の年平均値、および通年最高気温

図 6 に浦安の各月の最高気温（極値）を年間で平均した月最高気温極値の年平均値について、予測値と観測値との比較を示す。2006 年以前の浦安観測値の最高気温の定義は不明であるが、公表されている「最高気温」が当該最高気温に相当するとして、比較のために当図に示した。過去数十年間の最高気温極値の平均値は、おおむね 24～26 の範囲にある。

図 7 に通年での最高気温の経年変化を示し、千葉市内 および での観測値と比較した。過去の浦安の通年最高気温はおおむね 32～37 の範囲を推移してき、千葉市内でのそれと基本的には類似している。

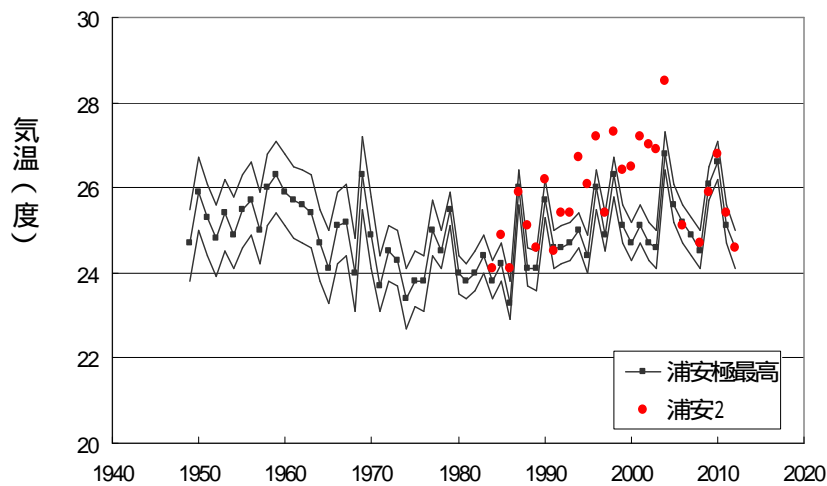


図 6 月最高気温極値の年平均値比較。“浦安 2” は 1985 年以降の [4] による値

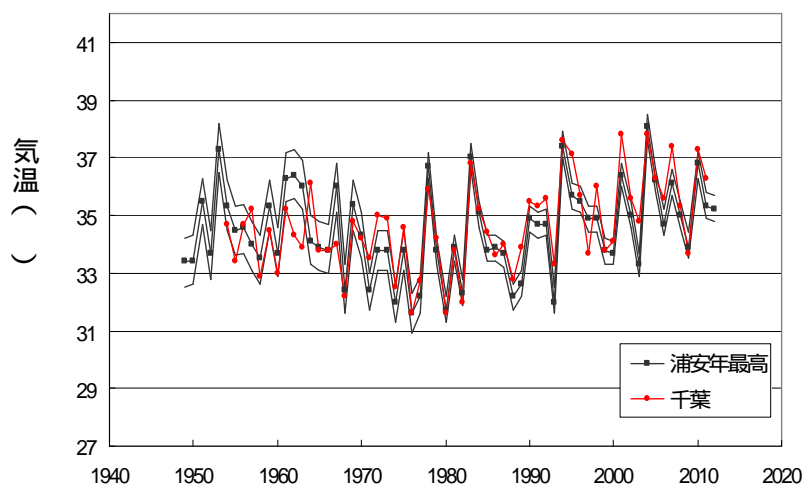


図 7 通年最高気温の比較。“千葉” は [9], [10] による値

3.3 平均気温

年平均気温の経年挙動について、浦安の予測値と近隣地域での観測値との比較を図8～11に示した。図示してはいないが、近隣地域のうち千葉市内（および）および市川市内（）の平均気温挙動は浦安の平均気温のそれと類似である。浦安の平均気温は過去数十年間で～14.5 から～16 に（1970～90年に上昇傾向が停滞したかに見えるが）しだいに上昇してきた。内陸部での平均気温は浦安に比して相対的に低く推移し、一方、東京都区内では一般に高い平均気温値で推移してきた。

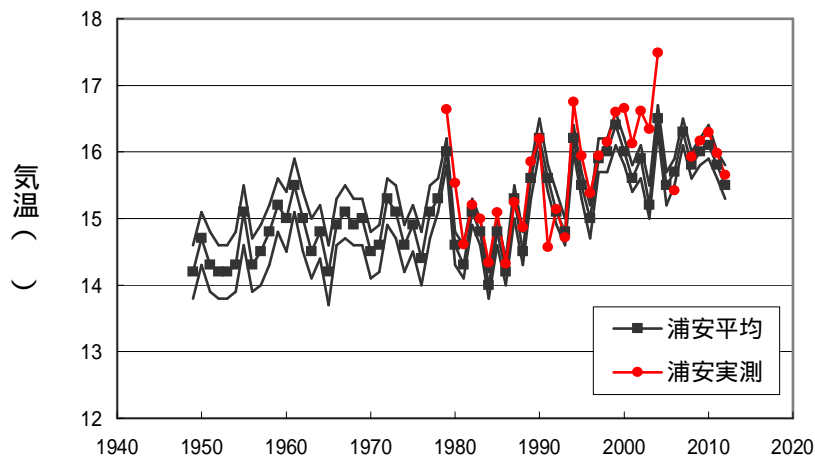


図8 平均気温の比較。“浦安実測”は[3], [4]による値

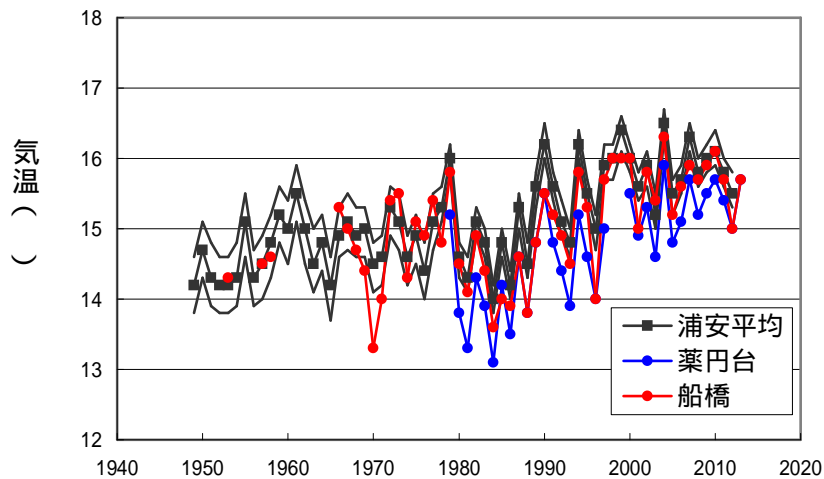


図9 平均気温の比較。“薬円台”は[5], “船橋”は [7], [8] による値

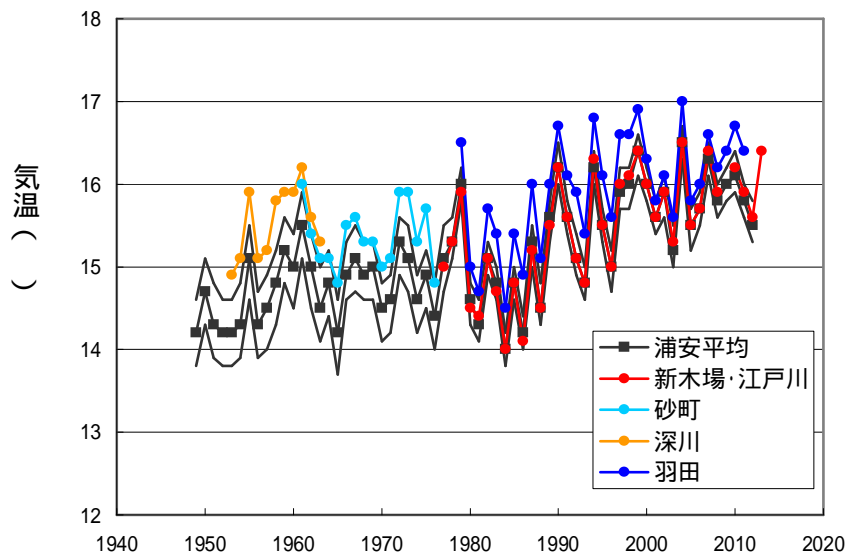


図 10 平均気温の比較。“新木場”、“砂町”、“深川”、“羽田”は[11]、“江戸川”は[5]による値

3.4 年平均最低気温

図 11、12 に、上記 3.1 節と同様な定義による浦安の年平均最低気温の経年挙動を示し、千葉市内での観測値 及び、および江戸川臨海での観測値 と比較した。年平均最低気温の経年挙動に関しては、一般にこれら近隣地域と浦安との間で顕著な差は見られない。これらでは 1950 年近傍では 10~11 であり、時間の経過とともに最低気温はしだいに上昇し、2010 年近傍では 12.5~13.5 に至っている。

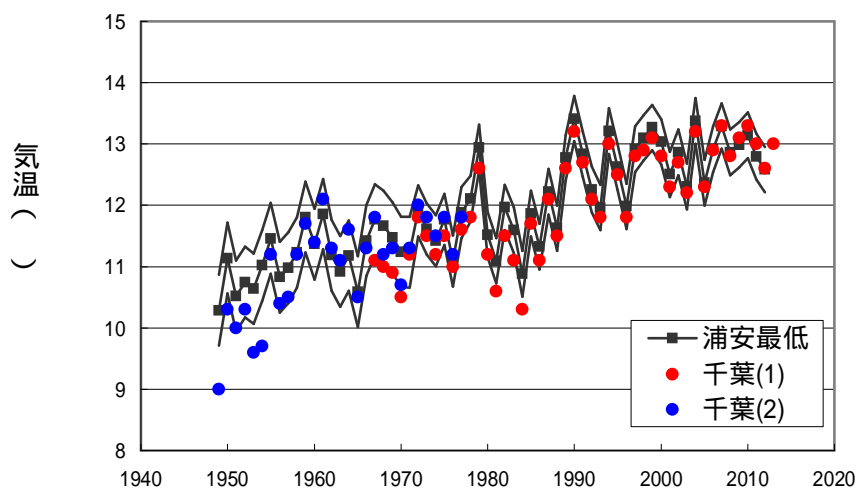


図 11 年平均最低気温の比較。“千葉(1), (2)”はそれぞれ[10], および[9]による値

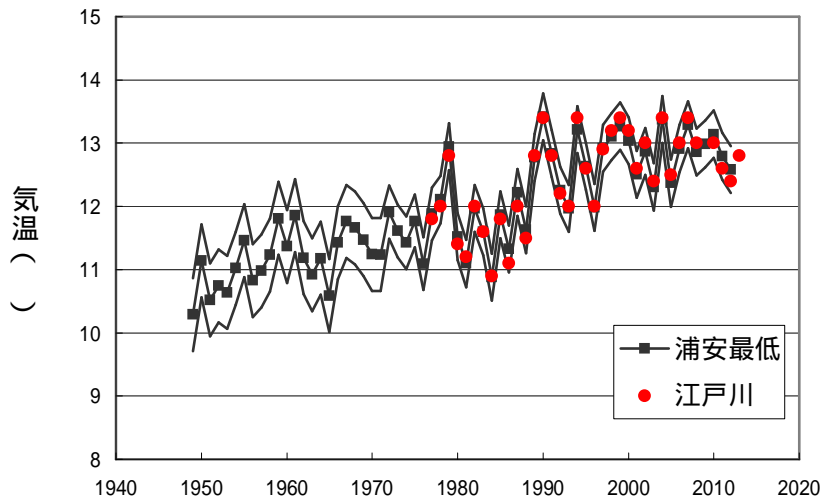


図 12 年平均最低気温の比較。“江戸川”は [5] による値

3.5 月最低気温極値の年平均値、および通年最低気温

上記 3.2 節と同様な定義による最低気温の経年変化挙動の比較を図 13、および図 14 に示す。浦安での月最低気温極値の年平均値は、過去数十年の間に～ 5 から～ 9 に、通年最低気温は～ - 5 から～ - 1 にしだいに上昇してきている。

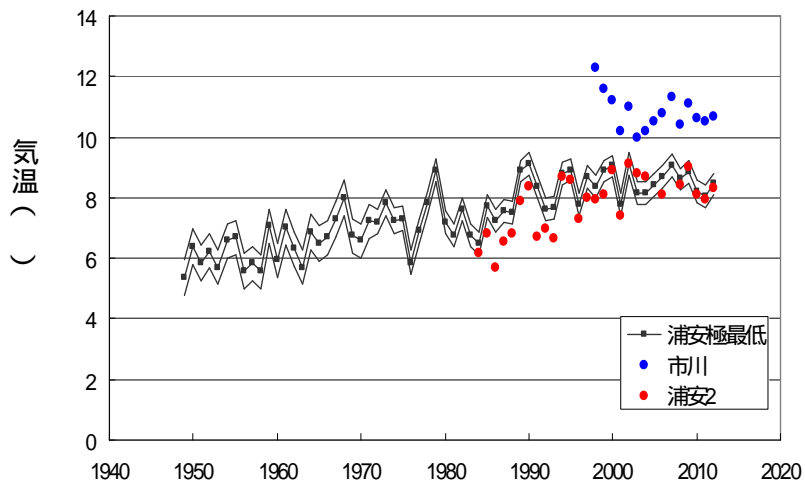


図 13 月最低気温極値の年平均値比較。“市川”は [6]、“浦安 2”は 1985 年以降の [4] による値

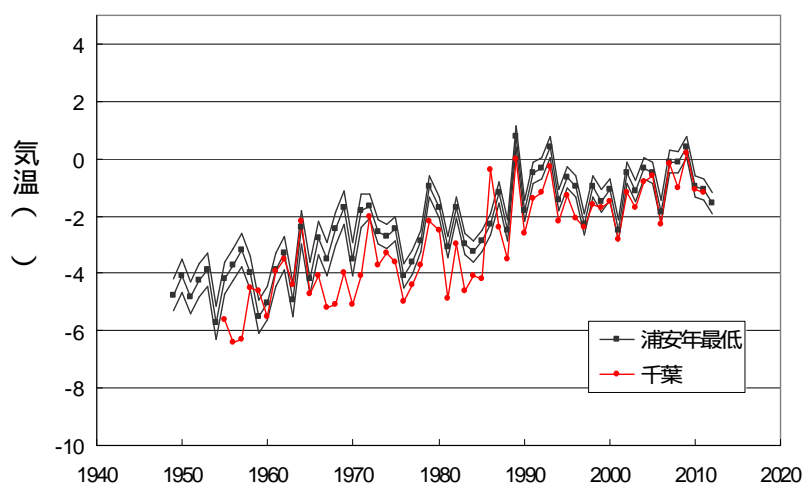


図 14 通年最低気温の比較。“千葉”は [9], [10] による値

4. 浦安の気候変動指標

過去 65 年間にわたって、浦安の気候はどのような傾向をもって変動してきたのか。こうした疑問に答える一つの方法は、気候変動指標値を算出してその経年挙動を見ることである。本章で採用した指標は気温に関連したものであり、夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、および冬の通年日数、年間の異常高温月頻度、および異常低温月頻度である。

ここで夏日、真夏日、猛暑日とは、日最高気温がそれぞれ 25、30、および 35 以上の日をさす。熱帯夜、および冬日とは日最低気温が 25 以上の日、および 0 未満の日をそれぞれさす。さらにここでは異常高温月を、1949 年以降 2012 年までの 64 年間にわたる（1 月、2 月などの）各月ごとの 64 個の平均気温に着目し、これら 64 個のうちで最高、およびその次に高い気温に相当する年を（当該月が）異常高温であった年とする。異常高温月頻度とは 1949 年以降の任意の年にこうした異常高温月が何度あったかを数え、それを 12（ヵ月で割って）で規格化したものである。異常低温月頻度も同様に定義する。異常高温（低温）については、任意の年の平均気温を平年値と比較し、その差が平年の気温の偏差の 1.83 倍をこえる年を異常年とする方法もある [12]。この場合、異常年は特定の観測地で 30 年に一度の確率で表れることになる。上記のわれわれの方式は文献 [13] に採用されている方式に類似したものであるが、われわれの場合、64 年に 2 度（すなわち 32 年に 1 度）の割で表れる異常年を取り出していることになる。

一般にこうした指標は年毎に大きく変動するので、経年挙動の様相を見るにはデータの平滑化を行う必要がある。以下では 5 年移動平均をとるものとする。5 年移動平均とは注目する年も含めて、その年に先立つ 5 ヶ年分のデータの相加平均をとり、これを当該年の値として採用するものである。

4.1 夏日、真夏日、猛暑日

図 15 に浦安での各年の真夏日数の経年変化を示す。赤い実線は真夏日数の実際の値であり、これを 5 年移動平均値に重ねて示している。この平均値の上下に示した黒い実線は、移動平均値存在範囲の（正負方向の）一標準偏差幅を示すものである。真夏日数は 1970 年から 2000 年にかけて年間 30 日程度に減少したが、2000 年以降は増加する傾向がみられる。夏日数については示さないが 1970～2000 年では年間 85～90 日となり、全体としては図 14 と類似の経年挙動をなす。

図 16 に年間猛暑日数の経年変化を、東京 での値と浦安予測値とを比較して示した。過去数十年間での東京での猛暑日数は常に浦安のそれを凌駕してきた。

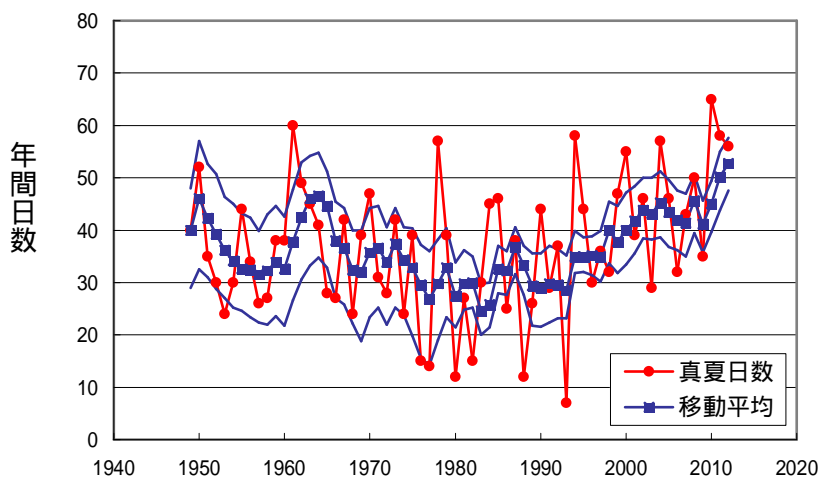


図 15 浦安での年間真夏日数

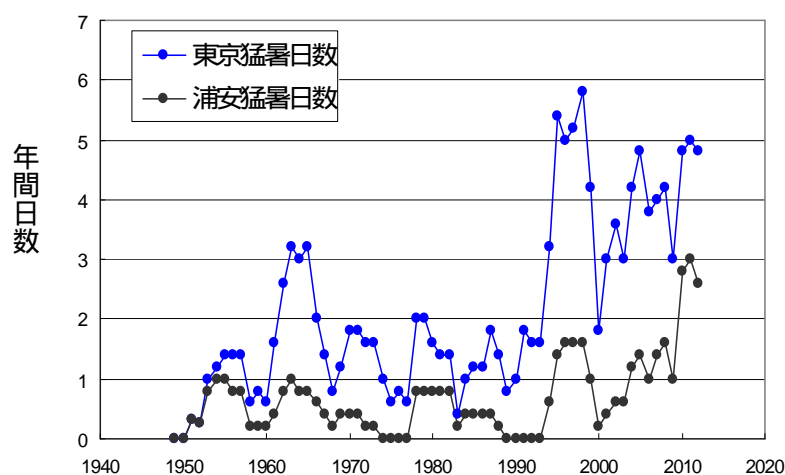


図 16 年間猛暑日数（5 年移動平均値）の比較

4.2 冬日、熱帯夜

最低気温にかかる指標は年間の冬日数と熱帯夜数である。図 17 に浦安の冬日数の経年変化を、図 18 に浦安と東京における熱帯夜数の経年変化を比較して示した。浦安では 1990 年以降に冬日数の顕著な減少がみられる。一方、熱帯夜数は東京、浦安ともに過去数十年間でしだいに増加し、近年での熱帯夜出現率は 1960 年前後の数倍にも達する。また、猛暑日数と同様、東京での熱帯夜数は過去数十年間、常に浦安のそれを凌駕してきた。

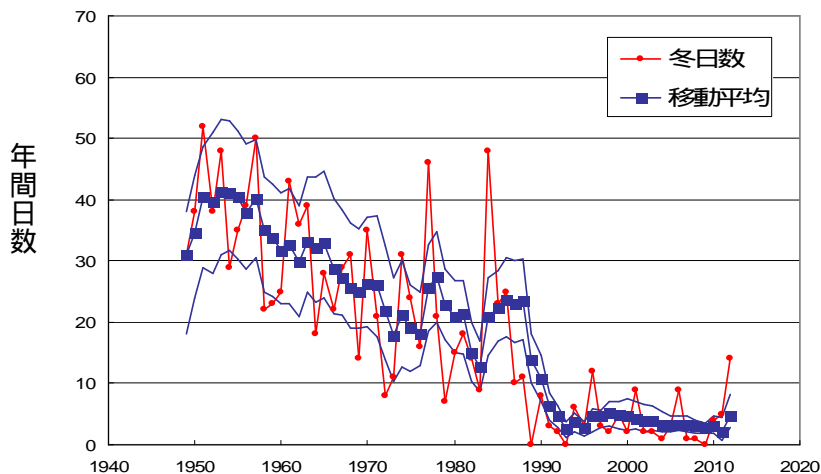


図 17 浦安での年間冬日数

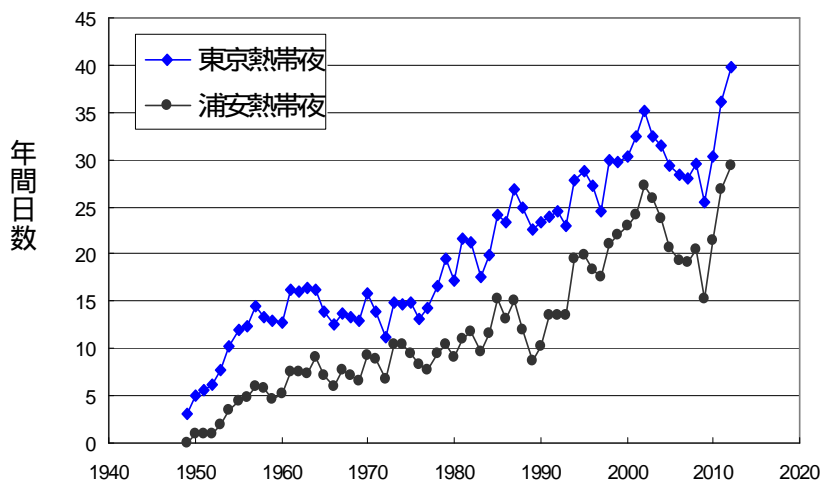


図 18 年間熱帯夜数（5 年移動平均値）の比較

4.3 異常高温、異常低温

図 19 および 20 に、浦安と東京における異常高温月頻度、および異常低温月頻度をそれぞれ示す。異常高温は現在に近いほど、異常低温は過去にさかのぼるほど、増加する傾向

がみられる。浦安、東京ともに異常高低温は類似のパターンで出現するが、こうした異常気象の地理的スケールは東京と浦安間の距離スケールに比して十分に大きいものであることを示唆している。

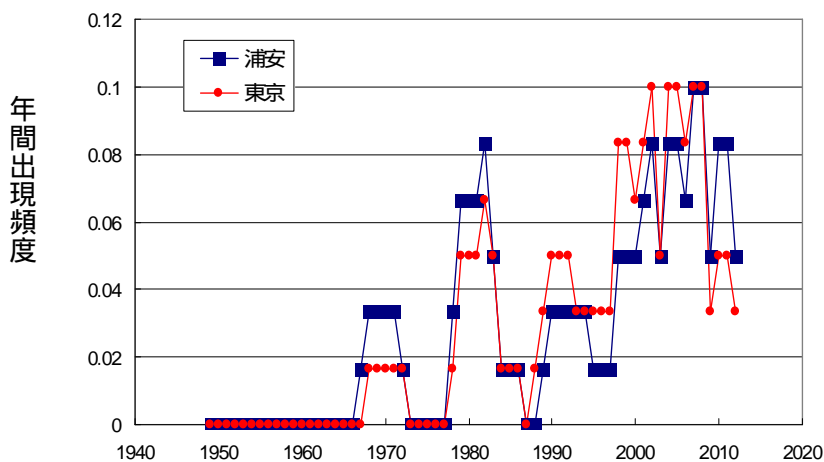


図 19 異常高温月頻度（5 年移動平均値）の比較

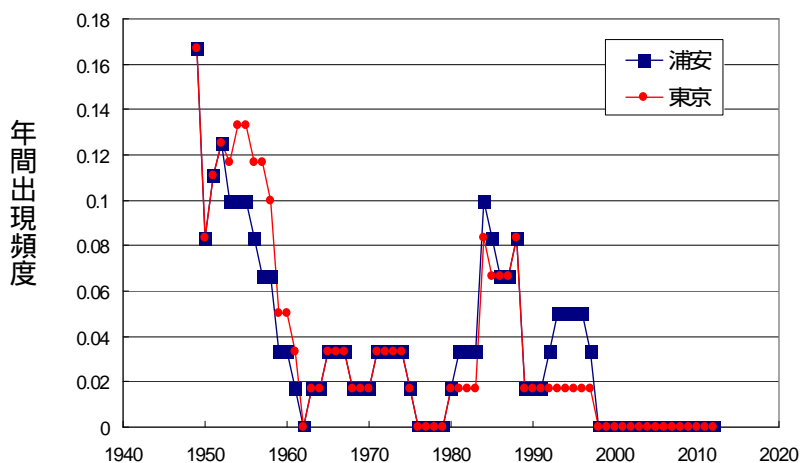


図 20 異常低温月頻度（5 年移動平均値）の比較

5 . 気温上昇の都市化効果

5.1 東京（中央气象台）値との比較

東京中心部は都市化に起因するヒートアイランド効果のために、局所的に高い気温状態にある。浦安の気象は東京の東部のその延長上にあるとは言え、こうした東京都心部のヒートアイランドからは離れた位置にあるので、両地の気温差の大きな部分は東京都心部のヒートアイランド効果に起因するものと解釈できる。

図 21 に東京と浦安の年平均最高気温、年平均最低気温、および通年の平均気温の経年変化状況を示した。三種類の気温のいずれについても、過去数十年間の東京値は浦安値を凌駕すること、東京値、浦安値ともに経年的にはしだいに上昇する傾向を持つこと、その上昇傾向は最高、平均、最低気温の順に大きくなることなどが当図からわかる。こうした傾向の視覚的把握のために、当図には浦安の三種の気温について、おおよその回帰直線も破線で示している。

図 22 に東京と浦安での年間の最高気温値（極値）の経年変化状況を比較した。東京値は浦安値に比して常に 1～3 だけ高く、1990 年以降での東京値はときに 40 近傍にまで上昇する年もあったが、過去数十年間ではこの最高気温値が経年的に著しく上昇したとする兆候はない。一方、年間の最低気温値やその経年挙動は（図示して比較はしないが）東京値と浦安値との間で大きな差はない（浦安値は図 10 に示した）。しかし、両者ともに 1950 年近傍では -5、2010 年近傍では -1 と、経年的にはしだいに上昇しており、（東京と浦安の地理的距離を超えた）広い領域での冬季の温暖化傾向がうかがわれる。

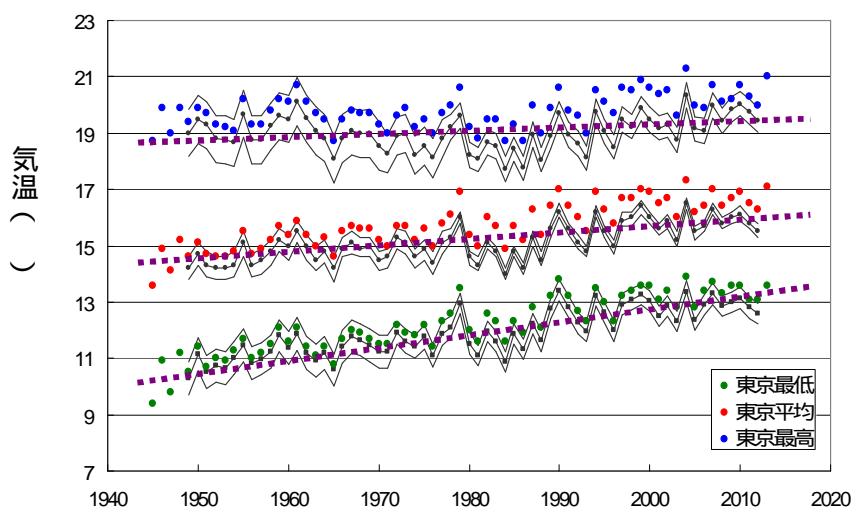


図 21 最高、平均、最低気温の比較（浦安値は実線で結んだ黒い丸印）

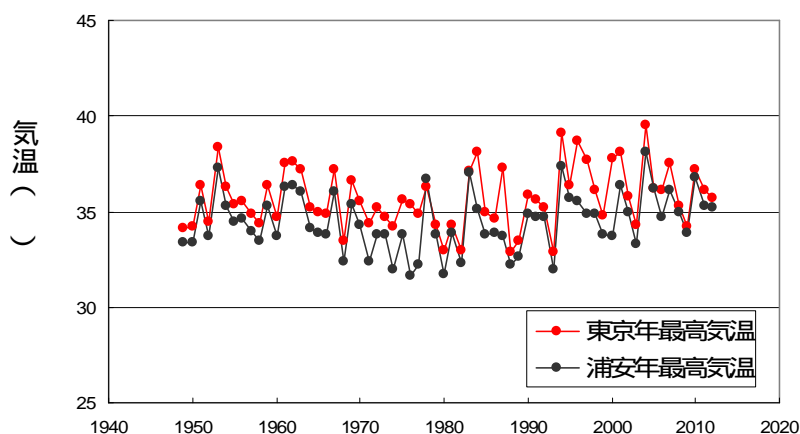


図 22 年最高気温値（極値）の比較

5.2 浦安の都市化と気温の上昇

東京と浦安との気温差が過去数十年間でどのように変化してきたのかを見るために、三種の気温に関して各年ごとに両者の差（＝（東京値 - 浦安値））をとり、この経年変化とその5年移動平均値の挙動とを図23に示した。こうした気温差は最低、平均、最高のそれぞれの気温の順に大きくなる。最低気温では1960年代中ごろまで、平均気温では1960年近傍まで、最高気温では（ほぼ）1950年近傍までの気温差はそれぞれ一定値とみてよいが、それら以降では年月の経過とともにしだいに上昇する。この上昇傾向を視覚的に把握するために、図中にはそれぞれの気温差に対する回帰直線を示した。三本の回帰直線の傾きは誤差の範囲で同じとみてよく、勾配は0.019 /年となる。しかし、こうした上昇傾向が現在に至るまで継続することはなく、三種の気温差とも1990年前後を境に線形挙動からはずれ、減少または振動する状態となる。

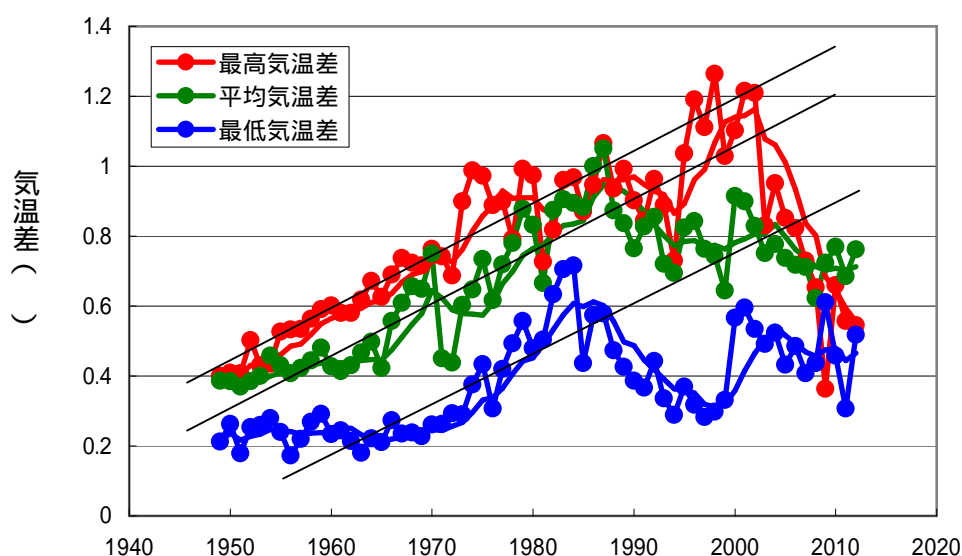


図23（東京 - 浦安）の気温差。実線はそれらの5年移動平均値。黒い細実直線はおおよその回帰直線

一般に都市化による気温の変化の様相は、第零近似としては経過時間（すなわち、年）に比例するとしてもよいであろう [14,15]。この場合、図23中の回帰直線は東京は都市化するが浦安は旧来のままで存続し、浦安の都市化によるヒートアイランド効果は出現しないとする場合の傾向を与える。したがって浦安も都市化してきたとする場合には、任意の年月における回帰直線と（東京値 - 浦安値）の差は、浦安の都市化による（当該年における）ヒートアイランド効果分に相当するものとなる。図24に、三種の気温差について{（東京値 - 浦安値）の5年移動平均値 - 回帰直線値}すなわち浦安の都市化によると予想される気温上昇分の経年変化を示す。（これらの経年変化曲線には凹凸があり、それらの起源

についてはここでは立ち入らないとして、おおまかな傾向のみをみる場合) 当図は～1990年以降、ある注目する年での浦安の最高最低および平均の気温がほぼおなじ程度だけ上昇するように、すなわち浦安の気温が年間を通じてほぼ一様に上昇するように温暖化が生じてきたことを示唆している。

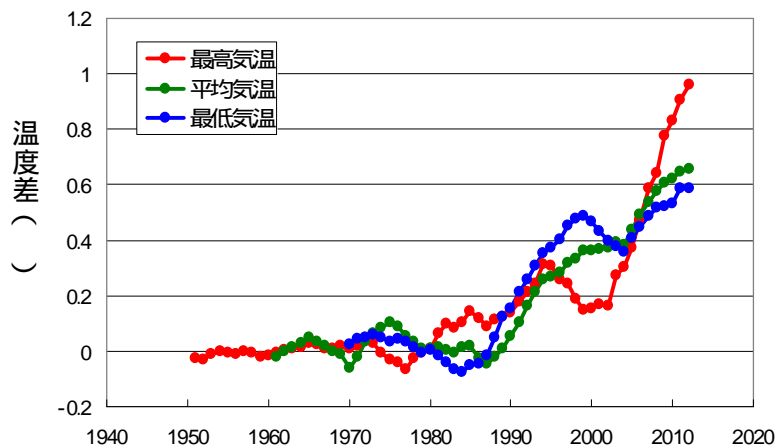


図 24 図 23 の気温差と直線回帰値との差

ある種の統計量はヒートアイランド効果と相関を持つ [16]。当報文では浦安をヒートアイランド化する現象は都市化による熱エネルギー放出であるとし、それを定量化する代表的統計量として、浦安の(1)世帯数、(2)自動車数、(3)ガス使用量、および(4)電力使用量を採用することにする。こうした統計量の経年変化 [5] を図 25 および 26 に示す。浦安での居住地面積と経済活動の拡大に伴って、これらの統計量の値は～1980年以降、急速に増大した。こうした増大傾向の経年挙動が、図 24 に示した浦安の気温上昇傾向のそれに極めて良く類似していることに注意したい。図 24～26 の対比をもって、直ちに浦安の都市化が浦安の気温上昇の源であるとは結論できないが、両者の関連性を定性的に示唆するものであると言えよう。

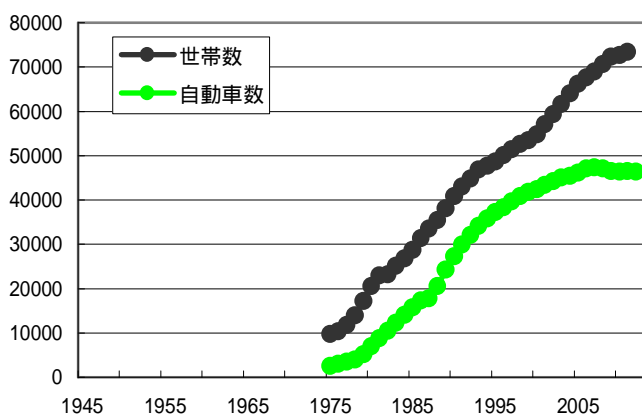


図 25 浦安市の世帯数と自動車数の推移 [4]

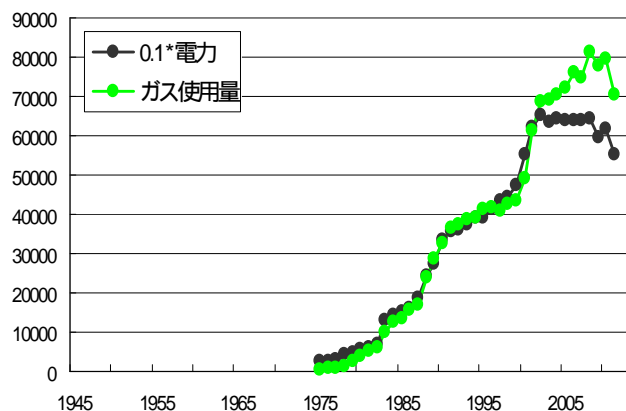


図 26 浦安市内におけるエネルギー使用量の推移（単位は任意）[4]

6 . おわりに

当報文では 2008 年 2 月 23 日以降、2013 年 3 月 31 日迄の浦安と近隣の四気象観測所で得られた毎日の最高、最低、平均の気温値を重回帰分析し、1949 年初頭以降の任意の年月日における浦安の三種類の気温値を推算する予測式を導出した。こうした予測式による予測値を大田区、江東区、江戸川区、市川市、船橋市、千葉市などにおける過去の気温観測値や、1980 年以降、浦安市（町）消防本部で得られた気温観測値などと比較した結果、予測値やその経年挙動がこれらの観測値に矛盾するところはなく、予測式は妥当なものであることが判明した。

予測式による過去の浦安の気温は、1950 年近傍では年平均最低気温が ~ 10.5 、通年の平均気温が ~ 14.5 、年平均最高気温が ~ 18.5 程度であったが、年月の経過とともにしだいに上昇し、2010 年近傍ではそれぞれ ~ 13.0 、および ~ 16.0 、および ~ 19.5 となっている。すなわち浦安での年平均の最低、平均、最高気温の過去数十年間にわたる上昇率は、それぞれほぼ 0.042 、 0.025 、および 0.017 /年であったことになる。また、東京と比較する場合、いずれの気温も常に東京のそれよりも低い値であった。さらに、浦安において年間で最も高い値を示した日最高気温値(最高気温極値)は 1970 年近傍をさかいに、それ以前では下降傾向であったが、それ以降ではほぼ 0.088 /年 の率で上昇してきた。一方、年間で最も低い値を示した日最低気温値(最低気温極値)は 1950 年近傍では ~ -5 であったのに対し、2010 年近傍では ~ -1 にまで上昇し、その上昇率は 0.067 /年ともなっている。過去の浦安は現在の浦安に比べ、また、過去のいずれの時期の東京都心部に比べても夏は涼しく、冬は一段と寒かったことになる。このような気温の比較は現象論的ではあるが、浦安の古老の指摘する実感 [17,18] と矛盾するところはない。

長い時間スケールでの気候変動という観点からは、ほぼ 1880 年以降では年間の夏日数や

真夏日数、および猛暑日数がしだいに増加する一方、冬日数は減少（特に 1990 年以降は激減）し、温暖化傾向が表出してきたことが示唆される。一方、年間の熱帯夜数は過去数十年間にわたってしだいに増加してきており、近年では年間 30 日にも達するが、これも浦安の温暖化を示唆するものといえよう。

このように年平均最高、平均、および最低気温はいずれも経年的には上昇してきたが、東京と浦安とを比較する場合、それらの上昇率は異なる。1980 年代中ごろまでの違いは、主として東京の都市化に起因するヒートアイランド効果の現れであろうと思われる。しかし、1990 年以降は（現在も含めて）東京と浦安の上昇率の差はしだいに小さくなりつつある。これは 1990 年以降、

（ ）東京のヒートアイランド効果が浦安へも拡散してきたためか、

（ ）浦安の都市化効果もこの時期に表出し、このため浦安の気温は自身のヒートアイランド効果のために上昇し、その結果、東京と浦安の上昇率の差が減少してきたためか、または

（ ）両者の混合した結果であるのか

のいずれかが考えられるところである。浦安の都市化を表す統計指標の経年挙動はこのうちの（ ）の可能性を示唆しているが、それが正当である場合には、都市化による近年の浦安の気温の上昇率は（最高、平均、最低気温に関わりなく） $0.02 \sim 0.03$ /年の程度であることになる。

付録：浦安の気温予測式

以下で E,F,C,T はそれぞれ気象庁の気象観測所で得られた毎日の気温のうち、江戸川臨海、船橋薬園台、千葉、および東京における値であり、U は浦安の気温を表わすものとする。添え字 M,A,m はそれぞれ日最高気温、平均気温、および日最低気温を意味する。S はそれを含む項中の気温の符合（+1 または -1）を表す。D は 1949 年 1 月 1 日を起点とした日数であり、t は西暦年月日である。さらに R^2 はそれぞれ寄与率、および偏差である。

1. 日最高気温

1.1 E, F, C, T が同時に利用できる年月範囲の場合（1978 年 2 月 1 日 ~ t）

$$U_M = 0.4280 \times E_M + 0.4092 \times F_M + 0.1546 \times T_M + 0.002584 \times (E_M)^2 - 0.001840 \times (F_M)^2 - 9.30 \times 10^{-6} \times D \quad (R^2=0.9990, \sigma = 0.4411)$$

1.2 C, T が同時に利用できる年月範囲の場合（1971 年 1 月 1 日 ~ t ~ 1978 年 1 月 31 日）

$$U_M = 0.7468 \times T_M + 0.0253 \times S \times (C_M)^2 - 0.0011 \times (C_M)^3 - 0.00016 \times (T_M)^3$$

$$+ 3.20 \times 10^{-5} \times S \times (C_M)^4 - 3.33 \times 10^{-7} \times (C_M)^5 + 1.74 \times 10^{-5} \times D + 0.1186$$

$$(R^2 = 9985, \sigma = 0.6582)$$

1.3 Tのみが利用できる年月範囲の場合 (1949年1月1日 t 1970年12月31日)

$$U_M = 0.1483 \times S \times (|T_M|)^{1/2} + 1.0284 \times T_M - 0.001410 \times (T_M)^2 - 5.0 \times 10^{-5} \times D$$

$$- 0.9525 \quad (R^2=0.9978, \sigma = 0.8427)$$

2 . 日平均気温

2.1 1978年2月1日 t

$$U_A = 0.6740 \times E_A + 0.0880 \times F_A + 0.0534 \times C_A + 0.1909 \times T_A - 1.2 \times 10^{-5} \times D$$

$$(R^2 = 0.9993, \sigma = 0.2232)$$

2.2 1966年4月1日 t 1978年1月31日

$$U_A = 0.5006 \times C_A - 0.0004 \times (C_A)^3 + 9.97 \times 10^{-6} \times S \times (C_A)^4 + 1.0780 \times S \times (|T_A|)^{1/2}$$

$$+ 0.0267 \times S \times (T_A)^2 - 0.00045 \times (T_A)^3 - 6.6 \times 10^{-5} \times D + 0.2834$$

$$(R^2 = 0.9990, \sigma = 0.3735)$$

2.3 1949年1月1日 t 1966年3月31日

$$U_A = 1.4678 \times S \times (|T_A|)^{1/2} + 0.5502 \times T_A + 0.0132 \times S \times (T_A)^2 - 0.0002 \times (T_A)^3$$

$$- 1.5 \times 10^{-5} \times D - 1.623 \quad (R^2 = 0.9971, \sigma = 0.4282)$$

3 . 日最低气温

3.1 1978年2月1日 t

$$U_m = 0.1916 \times E_m - 0.1124 \times F_m + 0.5393 \times C_m + 0.3708 \times T_m + 0.00025 \times (E_m)^3$$

$$- 0.00013 \times (C_m)^3 - 9.86 \times 10^{-5} \times (T_m)^3 - 1.01 \times 10^{-5} \times D$$

$$(R^2=0.9989, \sigma = 0.3714)$$

3.2 1972年1月1日 t 1978年1月31日

$$U_m = 0.5922 \times C_m + 0.3410 \times T_m - 0.01774 \times S \times (C_m)^2 + 0.02329 \times S \times (T_m)^2$$

$$+ 0.00112 \times (C_m)^3 - 0.00128 \times (T_m)^3 - 2.3 \times 10^{-5} \times S \times (C_m)^4$$

$$+ 2.36 \times 10^{-5} \times S \times (T_m)^4 + 0.1678 \quad (R^2 = 0.9987, \sigma = 0.4182)$$

3.3 1949年1月1日 t 1971年12月31日

$$U_m = 0.8510 \times T_m + 0.01623 \times S \times (T_m)^2 - 0.00068 \times (T_m)^3 + 9.15 \times 10^{-6} \times S \times (T_m)^4$$

$$+ 0.1271 \quad (R^2=0.9980, \sigma = 0.5766)$$

参考文献

- [1] 日本地誌研究所編 「日本地誌 第7巻 東京都」(二宮書店、1967年)
- [2] 青野壽郎編 「日本地誌 第8巻 千葉県・神奈川県」(二宮書店、1967年)
- [3] 浦安町編「浦安町統計書」昭和54,55年度版
- [4] 浦安市総務部総務課編「浦安市統計書」昭和56年以降の各年度版
- [5] 気象庁「過去の気象データ検索」<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>
- [6] 市川市総務部庶務課編「市川市統計年鑑」昭和40年度以降の各年度版
- [7] 船橋市消防本部編「船橋市消防年報」昭和42年度以降の各年度版
- [8] 船橋市「船橋市統計書 昭和42年版」
- [9] 千葉県「千葉県統計年鑑」昭和24年度以降の各年度版
- [10] 千葉市「千葉市統計書」昭和43年度以降の各年度版
- [11] 東京都「東京都統計年鑑」昭和19年度以降の各年度版
- [12] 気象庁「異常気象レポート2005」
- [13] 気象庁「気候変動監視レポート2012」
- [14] 増田啓子「人間活動がつくる大都市の気候」龍谷紀要 第22巻(2000) pp.115-128
- [15] 佐野嘉彦「気象官署の気温データに含まれる都市化の影響」総合政策 第3巻(2001) pp.103-114
- [16] 千葉県環境生活部環境研究センター「平成22,23年度ヒートアイランド実態調査報告書」(平成24年)
- [17] 佐藤照美「お天気商売」(浦安を知る会編「浦安いまむかし」(平成7年) p.32に所収)
- [18] 江沢尚武 私信(2014年3月)