

日本の平均気温の統計分析

— 変動の特徴と問題点 —

植野和文

1. はじめに

本論の目的は、気温データの統計分析により日本の平均気温の特徴とその問題点を明らかにすることにある。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)によれば、CO₂等の温室効果ガスの大気中濃度の上昇によって地球の温暖化が進んでいる¹。このまま推移すれば、わが国でも様々な影響が生じることが危惧されている²。しかし IPCC の予測にも重要な不確実性が残されており³、また CO₂主因説への異論も存在する⁴。さらに温暖化の影響も悲観論一色というわけではない⁵。地球の温暖化は重大な問題であり、今後も継続的かつ多面的な研究が必要である。温暖化の指標となるのが世界、あるいは日本の年平均気温である。平均気温の変化が及ぼす影響については既に多くの研究があるが⁶、平均気温そのものを対象にした研究は少ない⁷。地球の温暖化を知る人は多いが、その根拠となる平均気温の動向を知る人はほとんどいない。100年後の気温を論じる前に、日本の平均気温がどのように変動してきたか、そして変動を解釈するうえでどのような問題があるのかを確認しておくことは意味のある作業だと考える。

¹ 気候変動 2007：統合報告書「政策決定者向け要約」(http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf)

² 例えば、原沢英夫「地球温暖化の日本への影響」『環境研究』No.138, pp24-31, 2005.

³ IPCC 第4次報告書第1作業部会報告書のうち各章の概要及びよくある質問と回答の「第8章 気候モデルとその評価」http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wgl_es_faq_chap8.pdf、あるいは第4次報告書技術要約』のモデル評価の「重要な不確実性」(http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wgl_ts_jpn.pdf)

⁴ 赤祖父俊一『正しく知る地球温暖化』誠文堂新光社, 2008、伊藤公紀『地球温暖化』日本評論社, 2007、宮原ひろ子「太陽活動と宇宙線、そして気候変動」『科学』Vol.79, No.12, Dec., pp1380-1382, 2009. (<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/lry/Kagaku200912.pdf>)

⁵ 例えば、ロンボルグは地球温暖化を否定しないが悪影響だけを強調する世界の論調に対し、早くから様々な事例を挙げて反論を続けている。(ビョルン・ロンボルグ(山形浩生訳)『地球と一緒に頭も冷やせ！—温暖化問題を問い直す』ソフトバンク・クリエイティブ, 2008)

⁶ 例えば、杉浦俊彦・横沢正幸「年平均気温の変動から推定したリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境に対する地球温暖化の影響」『園学雑』73(1)pp72-78, 2004、藤 則雄「能登半島沖 舩倉島における気候温暖化とその自然環境への影響」『金沢学院大学紀要』経営・経済・情報科学・自然科学編 (9), pp123-137, 2011.

⁷ 本稿とは趣旨や方法論が異なるが、気象庁のデータを用いてわが国で生じている気象現象を多面的に論じた研究として、高橋 恒介「グラフによる気象データ分析と音楽情報への変換記録：地球環境激変の前に気象データによる事実確認のために」『静岡産業大学情報学部研究紀要 10』, pp187-219, 2008. また気象庁が行う世界平均の算出における不確実性(標本誤差)を論じた研究として、石原幸司「世界平均気温の評価」『計量生物学』Vol.32, pp65-75, 2011.

2. 温暖化の動向

IPCC の第 4 次報告書(2007)は『政策決定者向け要約』⁸の中で、20 世紀半ば以降に観測された全球の年平均気温(以下、年平均)の上昇のほとんどは人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高いと説明している⁹。そして『20 世紀の温暖化は自然の変動で説明できるか』¹⁰では「20 世紀初めに世界平均の気温は上昇したが、その間に温室効果ガス濃度は上昇し始め、(中略)1950 年代から 60 年代にかけては、化石燃料その他の排出源から出るエアロゾル¹¹の増加が地球を冷却し、世界の平均気温は横ばいとなった。(中略)1970 年代以降に観測された急速な温暖化は他のすべての要因に卓越して温室効果ガスが増加した時期に起きた。」と記し、さらに『地球の気温はどのように変化しているか』¹²では「20 世紀初頭の変化のほとんどは太陽放射の変化、火山活動などの自然の変化が大きく寄与していることが示唆される。」と述べている。これらの記述から IPCC の見解としてつぎの 3 点が確認できる。第一は 20 世紀前半に見られた世界の年平均の上昇原因が自然起源であること、第二は IPCC が注目する地球温暖化は 20 世紀半ば以降の現象であること、そして第三は 20 世紀の中頃に見られた世界の年平均の停滞傾向は人為起源のエアロゾルに起因することである。

世界の年平均¹³(1891-2011)の経年変化を見たのが図 1 である¹⁴。全体的に上昇の傾向にあり、その量は IPCC の第 3 次報告書では 0.6℃(1901-2000)、同じく第 4 次報告書では 0.74℃(1906-2005)である¹⁵。上記のように 1910 年から 1943 年まで気温は上昇し(第一期)、その後 1975 年頃まで下降傾向にあり(第二期)、さらに 1980 年頃から再び上昇に転じて 2009 年に至っている(第三期)。第三期の変化を子細に見ると 2000 年頃以降ははっきりした上昇傾向が認められない(図 2)¹⁶。実測の偏差をみると 1998 年に 0.22℃を記録して以来、2011 年ま

⁸ 気候変動 2007：統合報告書「政策決定者向け要約」(http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf)

⁹ この上昇量に問題がないわけではない。例えば伊藤によると米国では気象観測の基準となるべき田舎観測点が劣化している。その原因は住居のそばに自動観測器を置いた結果、廃熱の影響や駐車場の影響などによりミクロな都市化が進んでいることにある(伊藤紀『エネルギー・資源』Vol.30, No.1, pp7-8, 2009.)。

¹⁰ IPCC 第 4 次報告書の第 1 作業部会報告書のうち各章の概要及びよくある質問と回答の「第 9 章 気候変化の理解と要因評価」にある FAQ9.2：20 世紀の温暖化は自然の変動で説明できるか。

(http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wgl_es_faq_chap9.pdf)

¹¹ 大気中に浮遊する半径 0.001~10 ミクロン程度の大きさの微粒子。人為・自然起源のガスから粒子変換で生成される硫酸(塩)、風による巻き上げで発生する海塩、ダスト(黄砂)、化石燃料やバイオマスの燃焼による煤(黒色炭素及び有機炭素)などがある。日射を散乱ないし吸収し、また雲の性質や状態を変えて気候に影響を与える。

¹² IPCC 第 4 次報告書 第 1 作業部会報告書「第 3 章 観測結果：地表面及び大気中の気候」

(http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wgl_es_faq_all.pdf)

¹³ 世界と日本の平均気温はある特定期間の平均気温からの偏差で記述される。世界と日本の平均気温の算出方法はそれぞれ以下のサイトを参照のこと。

http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/temp/clc_wld.html

http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/temp/clc_jpn.html

¹⁴ データの出所 http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/temp/list/an_wld.html

¹⁵ 気候変動 2007：統合報告書政策決定者向け要約(http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf)

¹⁶ この現象については海外の専門家や専門機関の間でも見解が分かれる。「一時的な現象」「データのノイズを除去すれば上昇は続いている」「当面この状態が続くがいずれ再上昇する」など(Energy Tribune- The Confused Climate Change

でその値を越えた年はない。上記のデータに回帰分析を行ったところ、回帰係数は 0.0068 ($t=28.61$ 補正 $R^2=0.876$) であった¹⁷。100 年間で 0.68℃の上昇量である。

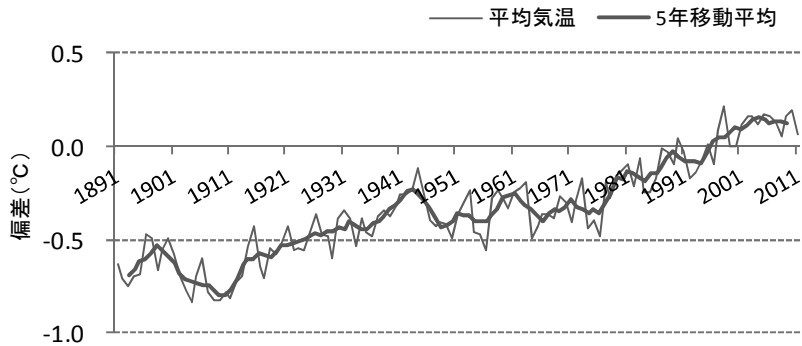


図1 世界の平均気温の推移

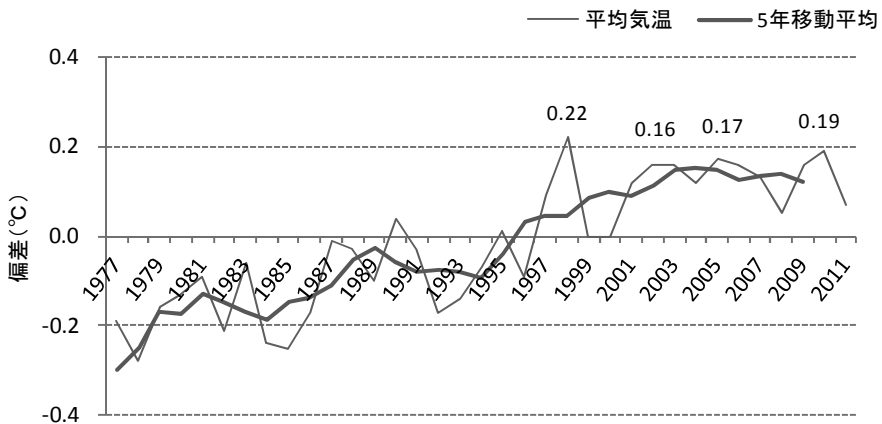


図2 第三期の世界の平均気温の推移

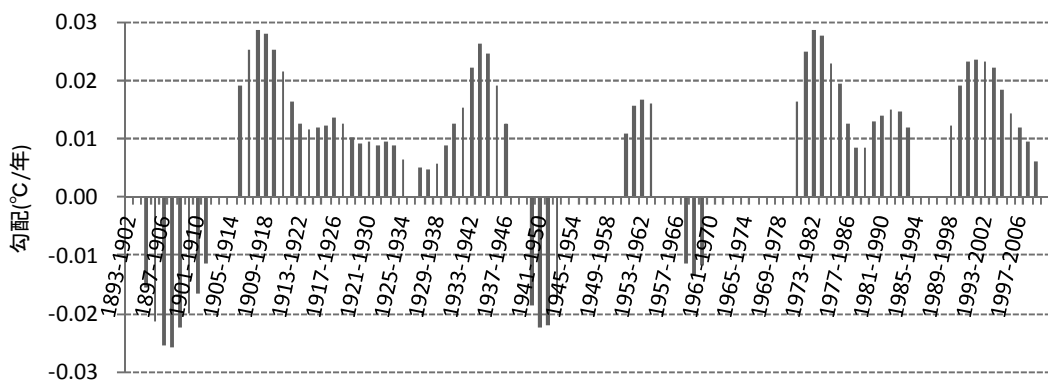


図3 世界の期間10年の移動勾配の推移

Consensus : <http://www.energytribune.com/articles.cfm/9264/The-Confused-Climate-Change-Consensus>). 国内では気温上昇が止まったと考える専門家もいる(赤祖父俊一『エネルギー・資源』Vol.30, No.1, 2009, pp6-7, 2009、桜井邦朋『眠りにつく太陽』祥伝社, 2010、渡辺正『「地球温暖化」神話-終わりの始まり』丸善出版, 2012)。

¹⁷ 使用するデータの期間と分析の期間が異なるのは前者が実測、後者がその5年移動平均であることによる。以下同様。

つぎに同じデータに対し、すべての年を初期とする期間 10 年の回帰分析を行い、有意な勾配(以下、期間 10 年の移動勾配)だけをグラフで示したのが図 3 である。これらの勾配は気温変化の一次微分に類した概念であり、その大きさは気温の上昇ないし下降の強さを表すと考えられる。直前に大きな下降力が見られる第一期は全体に上昇力が強い。特に初めと最後の時期が強く、図 1 の気温の上昇勾配の大きさに符合している。第二期は下降力の強い時期と上昇力の強い時期が交互に出現し、その中間は上昇力がゼロになっている。第三期は 1990 年代の一時期を除いて上昇力は強い。しかし 1994-2001 年から一貫して上昇力は減衰し、最終期間(2000-2009)では完全に消滅している(図 4)。平均気温の年変動(次年の値との絶対差)を見たのが図 5 である。第二期に高いピークが多いが、期ごとの平均をとると各々 0.076、0.092、そして 0.090 であり、統計的に有意な差は認められない。平均気温は 3 期で異なる傾向を示しているが、年変動は安定していることが分かる。

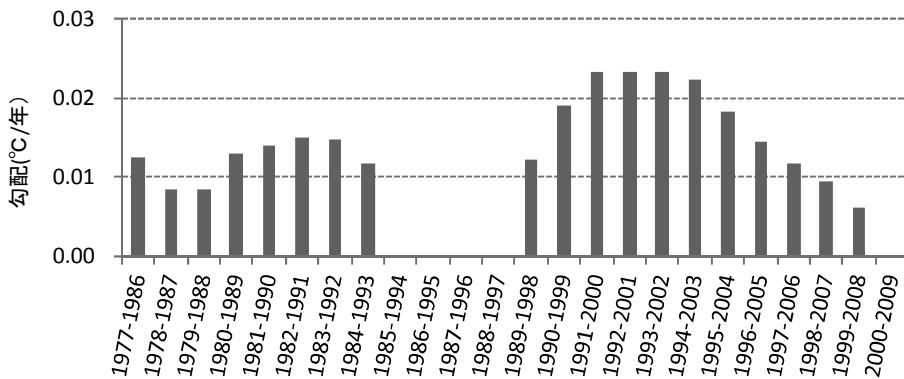


図4 第四期の世界の期間10年の移動勾配の推移

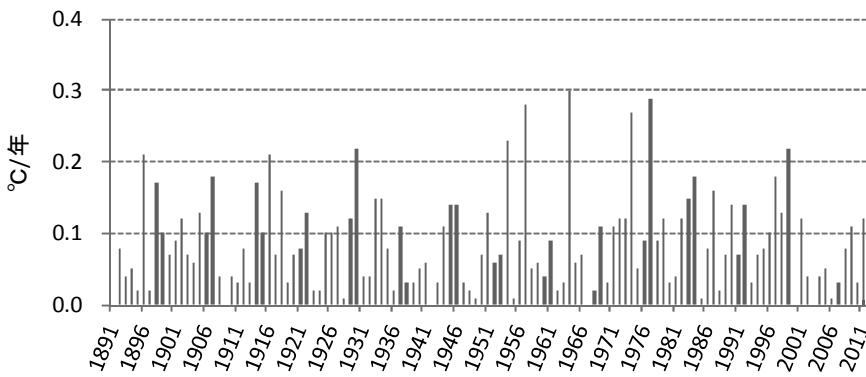


図5 世界の平均気温の年変動

平均気温の長期変動の原因に関して IPCC と異なる見解も存在する¹⁸。例えば赤祖父¹⁹は古気候学や考古学の研究成果を踏まえ、温暖化傾向は既に 1800 年頃から始まっており、それが小氷河期からの回復だと主張する。そして上昇勾配を 100 年で 0.5℃と見積もり、IPCC の推定上昇量の大部分が自然変動によるものと指摘する。その論拠の一つが CO₂ の排出量が戦後急増したにも拘わらず、平均気温がそれに応じた上昇を示していないことにある。先のデータを戦前(1893-1945)と戦後(1946-2009)に分け、ダミー変数を用いて上昇勾配を求めたのが表 1 である。両期の勾配差は有意でない($\beta_2 - \beta_1 : ns$)。つまり戦前戦後を通して世界の平均気温は同じ勾配で上昇してきたことが分かる。この結果は赤祖父の指摘のように気温上昇の基底に自然起源の長期変動が介在する可能性を示唆する。

さらに IPCC のいう特徴的な 3 期を対象にダミー変数を用いて平均気温の勾配を求めたのが表 2 である。第一期は 1910-1943 年、第二期は 1944-1976 年、そして第三期は 1977-2009 年である。第一期と第三期は上昇勾配に差はない($\beta_3 - \beta_1 : ns$)。第二期の勾配($\beta_2 - \beta_1 + \beta_1$)は非常に小さいため、改めて回帰を行い有意でないことを確かめた($t = 0.912$)。つまり CO₂ の排出量が低水準であった第一期と高水準に達した第三期で平均気温が同じ勾配で上昇したこと、および CO₂ の排出量が急増していた第二期に平均気温が横ばいであったことが確認された。後者について IPCC はエーロゾルに起因するとしているが、前者については言及がない。そして気候モデルでは第一期の上昇は自然要因だけで再現できるが、第三期の上昇は人為的な影響(CO₂ 等の温室効果ガス)を組み込まなければ再現できないとしている²⁰。これが地球温暖化の人為起源説の重要な論拠になっている。

表1 世界の平均気温の勾配(100年換算)の戦前戦後の比較

	戦前		戦後と戦前の比較		戦後	
	1893-1945				1946-2009	
補正R ²	β_1	t 値	$\beta_2 - \beta_1$	t 値	β_2	t 値
	0.91	0.84	12.63	ns	1.37	0.95 21.03

表2 世界の平均気温の勾配(°C/100年)の3期比較

	第一期		第二期期と第一期		第三期と第一期		第二期		第三期	
	1910-1943						1944-1976		1977-2009	
補正R ²	β_1	t 値	$\beta_2 - \beta_1$	t 値	$\beta_3 - \beta_1$	t 値	β_2	t 値	β_3	t 値
	0.96	1.28	17.59	-1.20	-11.40	ns	0.252	ns	0.91	1.30 19.33

¹⁸ 例えば伊藤公紀『地球温暖化』日本評論社, 2007、樋田敦『CO₂温暖化説は間違っている』ほたる出版, 2007、桜井邦邦『眠りにつく太陽-地球は寒冷化する』祥伝社, 2010。

¹⁹ 赤祖父俊一『正しく知る地球温暖化』誠文堂新光社, 2008

²⁰ IPCC 第4次評価報告書「第9章 気候変化の理解と要因評価」

(http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_es_faq_chap9.pdf)

3. 日本の平均気温

3.1 変動の分析

本節では地球温暖化の中で日本の年平均気温がどのように変化してきたか分析する。日本の平均気温は気象庁 HP の「日本の年平均気温偏差(°C)」²¹を使用した。個別の観測地の気温は同じ HP の「過去の気象データ検索」²²を用いて取得した。信頼性に劣るデータが含まれる場合は、その年の前後それぞれ 2 年のデータの平均値で補うことを基本とし、それが不可能な場合は前後それぞれ 1 年のデータの平均値で補った。

図 6 は平均気温の変化(1898-2011)である。世界平均と比べると全体に右上がりである点と同じであるが、気温の変動パターンは異なる。世界の平均気温が上昇していた 20 世紀初頭から 1940 年頃までは、上下動を繰り返しながら全体として横ばい傾向にある。1945 年に一旦下降したあと 1960 年頃まで大きく上昇し、その後 30 年近く上下動があるものの緩い下降傾向が見られる。1985 年当たりから再度上昇傾向に転じて 2009 年に至っている。このように変動パターンは概ね 4 期に分かれる。第一期(1900-1945)、第二期(1946-1960)、第三期(1961-1982)、そして第四期(1983-2009)である。世界気温と同様に 2000 年以降は停滞傾向にある(図 7)。実測の偏差をみると、1990 年に 0.80°C という高い値を記録して以来、2011 年までその値を越えた年はない。回帰分析によって全体の勾配を求めたところ、回帰係数は 0.0116($t=17.4$, 修正 $R^2=0.752$)であり、100 年間で 1.16°C の上昇量になる。世界平均に比してかなり大きく、気象庁の算定値(1.15°C)²³にほぼ等しい。

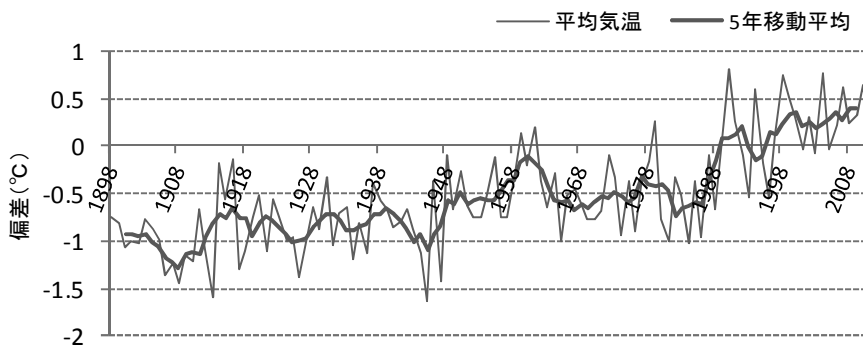


図6 日本の平均気温の推移

²¹ http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/list/an_jpn.html

²² <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

²³ http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/an_jpn.html

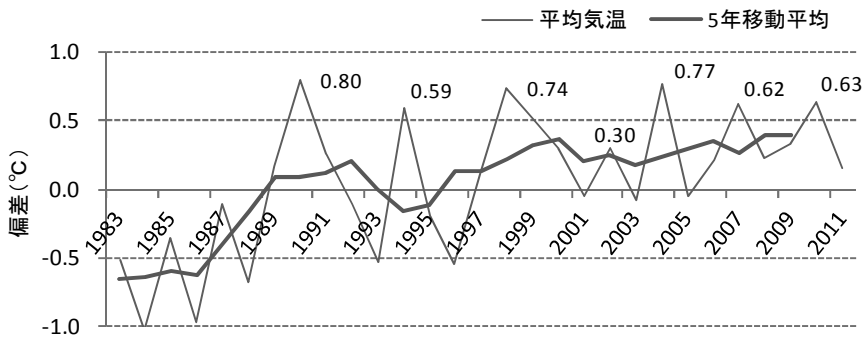


図7 第4期の日本の平均気温の推移

世界平均の場合と同様に期間10年の移動勾配を示したのが図8である。第一期は初めに下降から上昇に転じ、その後は上昇力、下降力ともに低い状態で推移し、最後に再度下降から上昇に転じている。第二期は当初に強い上昇力が現れ、途中で一旦上昇力がゼロになったが、最後には再び強い上昇力が出現している。第三期は当初に強い下降力が現れ、その後は断続的に弱い上昇力が見られる。第四期は当初にかなり強い上昇力が見られたが、その後の上昇力は弱いかあるいはゼロの状態が続いている。最後のところが図7の気温停滞期に対応している。世界の平均気温の場合に比べて上昇力、下降力ともに持続期間が短く、変動の傾向が不安定である。

平均気温の年変動を見たのが図9である。第一期の中頃と第二期の始めに大きなピークが見られ、第三期の後半から第四期の中頃にかけて大きな山が存在する。4期の平均を見ると、第一期は0.337、第二期は0.508、第三期は0.404、そして第四期は0.519である。第四期の平均は第一期の平均よりも有意に大きい²⁴。つまり第四期は第一期に比して気温の変動が激しかったことが分かる。同じ期間(1898-2011)で年変動の平均を算出すると、世界平均の場合は0.087、日本平均の場合は0.417であり両者に有意な差がある。後者の変動は前者の5倍近くある。この理由として日本平均を構成する観測地が17か所と非常に少ないことが考えられる。この問題については改めて検討する。17地点の平均気温、および期間10年の移動勾配のグラフを文末の「資料1」「資料2」に示す。

²⁴ 平均値の多重比較(テューキーのHSD検定を使用)

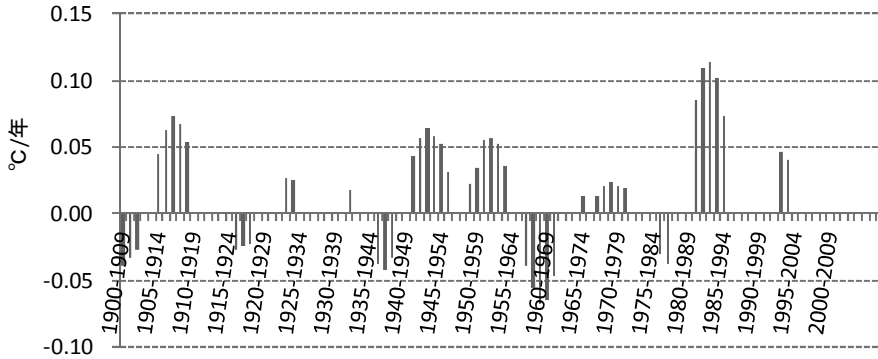


図8 日本の期間10年の移動勾配の推移

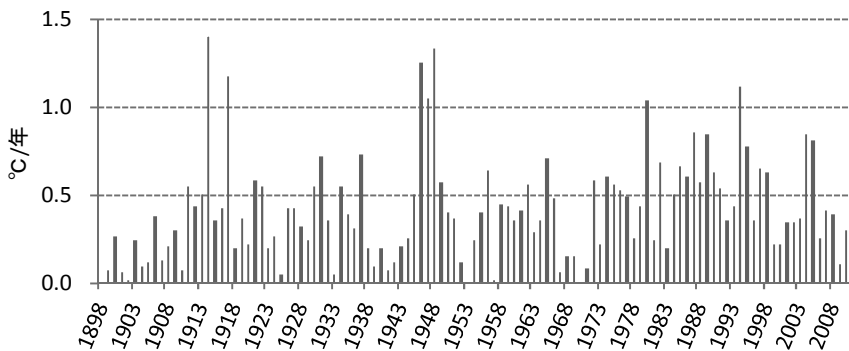


図9 日本の平均気温の年変動幅

世界の平均気温と同様に気温の分析期間を戦前(1900-1945)と戦後(1946-2009)に分け、ダミー変数を用いて回帰分析を行った。表3はその結果である。両期の勾配(β_1, β_2)、および勾配差($\beta_2 - \beta_1$)はいずれも有意になっている。つまり戦前から気温は上昇しており、戦後はその傾向が一層強まったことが分かる。世界平均ではこの傾向が認められないことから、戦後に上昇傾向が強まった原因の一つとして全国的な都市化の影響が考えられる。以上のように世界平均と日本平均は全体として右上がりの傾向をもつ点で一致しているものの、気温の上昇量と変動パターンでは相当異なることが分かる。

4期を通して勾配の変化を調べるため、第二期を基準にダミー変数を使って4期の平均気温の勾配を求め、その後に第一期、第三期、そして第四期の勾配をそれぞれ個別に求めた結果が表4である。第一期は緩い上昇勾配をもつが、第二期に勾配は大きく増大している。第二期から第三期かけて勾配は減少し、第三期は勾配がなくなっている。第二期と第四期は同じ上昇勾配である。つまり世界の平均気温の場合と同様、CO₂の排出量が低水準であった第二期と高水準であった第四期に、平均気温が同じ勾配で上昇し、CO₂の排出量が増加していた第三期に平均気温は横ばいであった。

表3 日本の平均気温の勾配(°C/100年)の戦前、戦後の比較

補正R ²	戦前		戦後と戦前		戦後	
	1900-1945				1946-2009	
	β_1	t 値	$\beta_2 - \beta_1$	t 値	β_2	t 値
0.79	0.48	2.22	1.09	4.26	1.58	10.24

表4 日本の平均気温の勾配(°C/100年)の4期比較

補正R ²	第二期		第一期と第二期		第三期と第二期		第四期と第二期	
	1946-1960							
	β_2	t 値	$\beta_1 - \beta_2$	t 値	$\beta_3 - \beta_2$	t 値	$\beta_4 - \beta_2$	t 値
0.88	4.23	4.79	-3.75	-4.17	-4.53	-4.48	ns	-0.65

第一期		第三期		第四期	
1900-1945		1961-1982		1983-2009	
β_1	t 値	β_3	t 値	β_4	t 値
0.48	3.04	ns	-0.65	3.61	8.18

既に述べたように平均気温の上昇期である第三期(世界)と第四期(日本)で2000年以降、はっきりした気温の上昇傾向が見られない。そこで第四期を前期(1983-1999)と後期(2000-2009)に分けて気温の上昇傾向の変化を調べた。表5は日本平均と17地点の分析結果である。前期はいずれも上昇傾向にあるが、変化量の違いによって後期の勾配は様々である。日本平均は勾配が有意な値をもたず横ばいである。17地点をみると、4地点が有意な勾配をもつ。北海道の網走、根室、寿都では上昇勾配が、九州沖縄の宮崎では下降勾配が見られる。その他の13地点は日本平均と同じく横ばい傾向にある。つまり14地点では上昇が止まっているのに対し、北海道の3地点は上昇が続いている。北海道の気候の特異性が窺える。

つぎに全国299の観測地点(含む17代表地点)を取り上げて上記と同様に上昇傾向の変化を調べた。表6は299地点の地域分布である。観測地点の選択では、47都道府県で偏りがなく、人口が50万人(2005年)を超えていないこと²⁵、そして沿岸部と内陸部の観測地点が概ね同数になることに配慮した。中国四国と九州沖縄の地点数が面積に比して多いのは地形が複雑なことと島嶼地域が多いことに起因する。表7をみると299地点のうち26.1%は2000年以降も平均気温の上昇傾向が認められる。逆に62.5%は横ばい、9.4%は下降傾向が認められる。つまり70%を超える観測所では2000年以降気温の上昇傾向が見られない。地域的な特徴として2000年以降も上昇傾向をもつ観測所に注目すると、その76.7%が北海道に集中している。ついで東北、関東が比較的多い。他の地方では2000年を境に上昇傾

²⁵ 50万人を超えると都市化の影響が大きくなる(植野和文『わが国の年平均気温』兵庫県立大学経済経営研究所、研究資料 No.226, 2011.6)。

向が止まった観測所が多い。特に近畿、中国四国、九州沖縄でその傾向が強い。表7で「+++」となった観測所の内訳をみたのが表8である。「+++」、つまり2000年前後で上昇勾配が増加したのは4か所に過ぎない。78か所のうち63か所(80.8%)は「+ns+」、つまり2000年前後で勾配は変化せず同じ強さで上昇している。うち30か所(47.6%)が北海道に集中している。ここでも北海道の特異性が見られる。総じて言えることは北東日本は上昇傾向の観測所の割合が高く、逆に西日本は停滞傾向の観測所の割合が高い。

表5 第三期内(1983-2009)の平均気温の勾配変化

観測地	1983-1999					2000-2009	
	補正R ²	β_1	t 値	$\beta_2 - \beta_1$	t 値	β_2	t 値
日本	0.786	0.056	7.331	-0.042	-2.249	ns	1.810
網走	0.572	0.052	3.848	ns	0.829	0.080	8.516
根室	0.482	0.052	3.712	ns	1.311	0.096	8.036
寿都	0.440	0.044	3.595	ns	0.009	0.044	7.635
山形	0.727	0.072	7.149	-0.069	-2.794	ns	0.334
石巻	0.708	0.069	6.767	ns	-1.652	ns	2.226
水戸	0.767	0.074	7.342	-0.051	-2.086	ns	1.438
銚子	0.650	0.084	6.492	-0.066	-2.095	ns	0.709
長野	0.701	0.052	5.937	ns	-1.731	ns	1.415
飯田	0.825	0.063	8.034	-0.062	-3.231	ns	0.161
伏木	0.762	0.050	6.401	-0.066	-3.431	ns	-1.781
彦根	0.790	0.049	6.123	-0.053	-2.768	ns	-0.606
多度津	0.924	0.064	12.594	-0.070	-5.666	ns	-0.700
境	0.902	0.065	10.602	-0.081	-5.471	ns	-2.146
浜田	0.835	0.045	6.993	-0.048	-3.036	ns	-0.377
宮崎	0.888	0.064	12.230	-0.103	-8.121	-0.040	-5.364
名瀬	0.734	0.021	3.849	-0.028	-2.148	ns	-1.123
石垣島	0.775	0.035	6.595	-0.033	-2.519	ns	0.192

表6 分析対象の観測地点の分布

	17地点の分布	観測地の分布	割合(%)
北海道	3	43	14.4
東北	2	37	12.4
関東	2	31	10.4
北陸中部	3	50	16.7
近畿	1	34	11.4
中国四国	3	51	17.1
九州沖縄	3	53	17.7
全体	17	299	100.0

表7 大都市を除く全国の観測所(299か所)の近年の気温変動パターン

β_1	β_2	北海道	東北	関東	北陸中部	近畿	中国四国	九州沖縄	計
+	+	33	11	8	6	2	10	8	78
	比率	76.7	29.7	25.8	12.0	5.9	19.6	15.1	26.1
ns	+	3	0	0	0	0	0	0	3
	比率	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
+	ns	6	23	21	32	28	37	40	187
	比率	14.0	62.2	67.7	64.0	82.4	72.5	75.5	62.5
ns	ns	0	0	1	0	0	2	0	3
	比率	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	3.9	0.0	1.0
+	-	1	3	1	12	4	2	5	28
	比率	2.3	8.1	3.2	24.0	11.8	3.9	9.4	9.4
	計	43	37	31	50	34	51	53	299
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表8 表7において $\beta_1, \beta_2 > 0$ のケースの内訳

	$\beta_1 \Delta \beta_2$		$\beta_1 \Delta \beta_2$		$\beta_1 \Delta \beta_2$		計
	+	+	+	+	-	+	
北海道		3		30		0	33
東北		1		8		2	11
関東		0		4		4	8
北陸中部		0		5		1	6
近畿		0		2		0	2
中国四国		0		10		0	10
九州沖縄		0		4		4	8
計		4		63		11	78

3.2 二つの問題点

日本平均は 17 の代表地点の年間偏差(1981-2010)の平均である。そのため各地点の気温にノイズが入るか、あるいは代表地点の位置に偏りがあれば平均気温としての意味を失う。つまり年平均でわが国の温暖化を論じることができない。本節では前者の問題として都市化の影響を、後者の問題として 17 地点の代表性を取り上げ、その実態を分析する。

1) 都市化の影響

以下では三つの観点から都市化の影響を分析する。はじめに最低気温の上昇に着目する。都市化が進むと夜間の放射冷却が弱まるため、最低気温が上昇することが知られている²⁶。したがって最低気温の上昇量が平均気温の上昇量を上回るほど当該地点の気候は都市化の

²⁶ 緑地の減少、舗装道路の増加、ビルの高層化、人工廃熱の増加などにより、都市部では気温の上昇、気温日較差(最高気温と最低気温の差)の減少、乾燥化、霧日数の減少、地上風速の弱体化などが起きる。大気汚染による日射量の減少(アルベドの変化も含む)と地面が乾く効果(蒸発効率の低下)は気温の上昇を抑える。
(近藤純正『都市気候』<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kisho/kisho59.html>)

影響をより強く受けていることになる。気象庁は『ヒートアイランド監視報告(平成 21 年)』²⁷の中で、日本平均を構成する 17 地点は年平均と日最低(1 月)の上昇量(1931-2009)の差が大都市と比してかなり小さいため、都市化の影響はほとんどないと判断している²⁸。そしておおよその見積もりとして、各都市と 17 地点平均の上昇量の差が各都市におけるヒートアイランド現象(都市気候)による上昇分と見なしている²⁹。しかし近藤³⁰は 16 の田舎観測所³¹における平均気温の経年変化(1900-2000)を詳細に調べ、それらとの比較から 17 地点すべてで都市化の影響を確認している。そして 17 地点と田舎観測所の気温の上昇量(100 年)を各々 0.9℃、0.2℃と見積もっている。そうだとすれば現在の日本平均でわが国の温暖化を論じることはできない。

そこで 5 年移動平均で 1900 年から 2009 年までのデータ³²が揃う観測所(17 地点を含む 58 地点)を対象に、年平均の上昇量と日最低(1 月)の上昇量を回帰分析で求めた。両者の関係を示したのが図 10 である。斜線は年平均と日最低の上昇量の等量線である。都市化の影響がなければプロットは等量線付近にくる。斜線よりも右側にあるプロットの観測地点は日最低の上昇量が年平均のそれを上回っており、多くの地点で都市化の影響が見られる。都市化の影響の度合いとして「1 月日最低の上昇量-年平均の上昇量」を採用し、その量をもとに降順で観測地点を並べたのが表 9 である。人口規模の大きい都市が多いなかで 17 地点は全体に分散している。うち 7 地点は東京、京都、横浜、福岡、大阪、広島、名古屋のような大都市よりも差が大きい。気象庁とは分析期間が異なるため、単純に比較はできないが、日本平均は少なからず都市化の影響を受けていることが分かる。

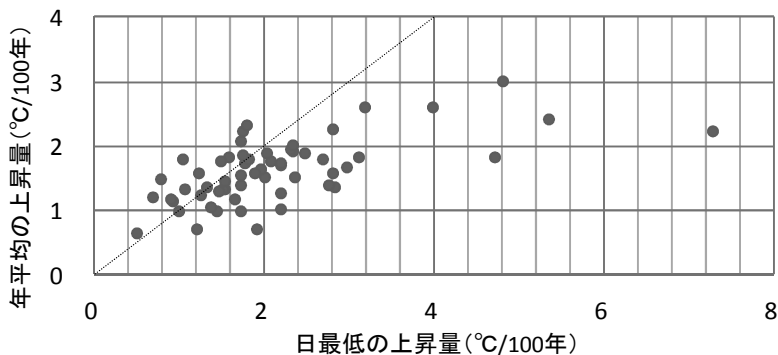


図10 日最低(1月)の勾配と年平均の勾配

²⁷ <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2010/>

²⁸ <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2010/chapter2.pdf>

²⁹ 気象庁は 17 地点では年平均と日最低(1 月)の上昇量の差が小さく都市化の影響はほとんどないとしている。

³⁰ 近藤純正『温暖化は進んでいるか(2)』(<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/kell.html>)

³¹ 沿岸田舎観測所：えりも岬、金華山、弾崎、石廊崎、下市、室戸岬、三角、伊原間*、内陸田舎観測所：江丹別、小国、飯山、福野、木之本、智頭、滝宮-財田、小林、*伊原間アメダスの東側に 1996 年に住宅が建てられ風速の減少が始まったため、今後気温資料を気候変動の実態把握の目的で利用する場合、2000 年以後は代替観測所の選定が必要。

³² 日本平均のデータ期間(5 年移動平均 1900-2009)に合わせた。

表9 年平均と日最低（1月）の上昇量（℃/100年：1900-2009年）

観測点	年平均 A	日最低 B	B-A	観測点	年平均 A	日最低 B	B-A
帯広	2.20	7.31	5.11	津	1.73	2.10	0.37
札幌	2.39	5.38	2.99	銚子	1.04	1.40	0.36
旭川	1.82	4.75	2.93	神戸	1.63	1.98	0.35
東京	2.99	4.84	1.85	巖原	1.57	1.91	0.34
山形	1.35	2.85	1.50	飯田	1.30	1.56	0.26
京都	2.58	4.02	1.44	新潟	1.52	1.74	0.23
青森	1.37	2.78	1.41	福井	1.32	1.53	0.21
秋田	1.65	3.00	1.35	宮崎	1.29	1.50	0.20
横浜	1.80	3.13	1.33	下関	1.87	2.07	0.19
甲府	1.55	2.84	1.29	浜松	1.44	1.57	0.13
宮古	0.68	1.94	1.25	和歌山	1.70	1.80	0.10
根室	0.99	2.23	1.24	水戸	1.21	1.28	0.08
長野	1.25	2.21	0.96	大分	1.77	1.85	0.07
宇都宮	1.78	2.72	0.94	名瀬	0.97	1.01	0.04
福島	1.51	2.38	0.87	彦根	1.33	1.36	0.03
石垣島	0.97	1.75	0.78	前橋	1.85	1.77	-0.08
福岡	2.58	3.21	0.63	函館	0.62	0.53	-0.09
松本	1.88	2.50	0.63	伏木	1.12	0.95	-0.16
大阪	2.24	2.84	0.60	金沢	1.81	1.61	-0.19
網走	1.14	1.68	0.54	多度津	1.30	1.09	-0.21
広島	1.69	2.23	0.54	岡山	1.73	1.52	-0.21
寿都	0.70	1.23	0.53	境	1.17	0.93	-0.24
徳島	1.50	2.03	0.52	岐阜	2.05	1.74	-0.31
石巻	0.97	1.47	0.49	敦賀	1.56	1.25	-0.31
名古屋	1.72	2.21	0.49	長崎	2.21	1.78	-0.42
熊本	1.89	2.35	0.46	鹿児島	2.30	1.83	-0.47
松山	1.92	2.35	0.42	浜田	1.20	0.71	-0.48
呉	1.36	1.74	0.39	佐賀	1.46	0.81	-0.66
熊谷	2.00	2.37	0.37	高知	1.78	1.07	-0.71

注) 網掛は日本平均を構成する17観測地点

つぎに観測所が位置する自治体の人口規模に着目する。自治体の人口(2005)と日最低(1月)の戦前(1900-1945)、戦後(1946-2009)の上昇勾配の差($\beta_2 - \beta_1$)の関係をみたのが図 11 である³³。人口規模が大きいほど勾配差が大きくなる傾向が読み取れる。日本は戦後急速に都市化したことを考えると、人口規模の大きな都市ほど都市気候が卓越することが分かる。日本平均を構成する 17 地点で両者の関係をみたのが図 12 である。この場合は比較的説明力の高い回帰式が得られた。傾きと定数項の t 値はそれぞれ 4.61 と 7.81 である。この結果は 17 地点でも人口規模に応じて都市気候の程度が異なることを示している。

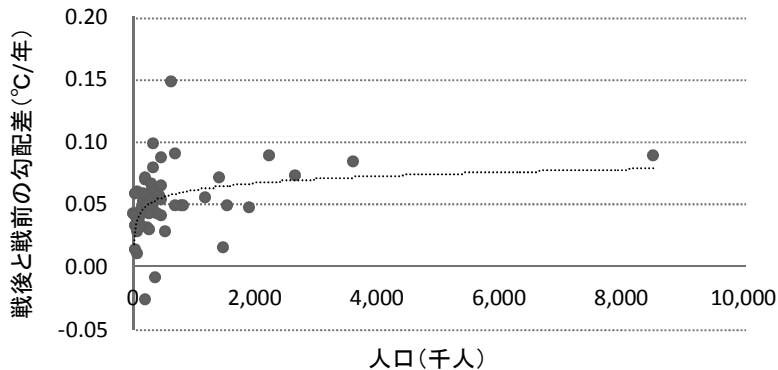


図11 58地点の人口と戦前戦後の日最低気温の勾配差

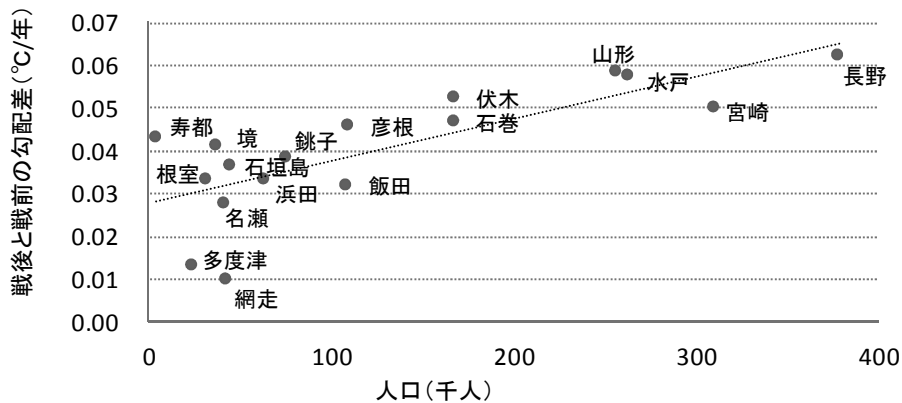


図12 17地点の人口と戦前戦後の日最低気温の勾配差

³³ 藤部は都市化の尺度として人口密度を採用し、日最低気温や平均気温は人口密度が増すほど上昇率が大きくなること、しかし日最高気温の上昇率は人口密度への依存度が小さいことを明らかにしている(藤部文昭『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』2007年度日本地理学会春季学術大会)。

最後に気温の上昇量の差に着目する。第四期で 2000 年以降の気温停滞期を除く期間(1983-2000)に注目し、17 地点とその近隣の観測所(各 4 か所、計 68 か所)で上昇量の比較を行った。観測所の選定では、人口の少ない自治体、ないしは人口密度の低い地域にあることを条件にした。比較の方法として、17 地点と各々の近隣観測所の間で、1984 年以降の各年の気温から 1983 年の気温を差し引いたデータ群の平均値の差を検定した。表 10 はその結果である。飯田は 4 か所に比して上昇量が大きく、都市化の影響を受けている可能性が高い。銚子は 3 か所に比して、山形、網走、水戸は 2 か所に比してそれぞれ上昇量が大きく、都市化の影響が疑われる。その他の地点については都市化の影響は不明である。測定気温の上昇原因の一つに「日だまり効果」がある³⁴。観測所周辺の風が人家等によって弱められ、気温、特に地温が高くなる現象である³⁵。建物の密集地だけでなく小都市(村落)でも生じる。この効果を確認するには測定環境を実見する必要がある。本稿のようにデータ解析だけで都市化の影響を検出するには限界がある。

以上のように 17 地点の気温にも都市化の影響があるとすれば、近藤³⁶が提唱するように都市気候の広がりによる気温上昇も地球温暖化として理解し、「都市気候」と「地球温暖化」の研究を連携させることが必要ではないか。

表10 17地点と近隣観測地点の気温上昇量比較(1983-2000)

17地点	勾配の比較							
飯田	木曾福島	+	南木曾	+	飯島	+	南信濃	+
銚子	勝浦	+	茂原	+	鴨川	+	横芝光	ns
山形	高峰	+	大井沢	+	肘折	ns	左沢	ns
網走	宇登呂	+	興部	+	常呂	ns	湧別	ns
水戸	常陸大宮	+	笠間	+	鹿島	ns	鉾田	ns
根室	羅臼	+	納沙布	ns	榑町	ns	標津	ns
寿都	共和	+	神恵内	ns	余市	ns	美国	ns
石巻	丸森	+	志津川	ns	気仙沼	ns	亘理	ns
長野	穂高	+	信濃町	ns	飯山	ns	上田	ns
彦根	長浜	+	南小松	ns	東近江	ns	今津	ns
多度津	財田	+	引田	ns	内海	ns	竜宮	ns
境	岩井	+	塩岡	ns	青谷	ns	鹿島	ns
浜田	大田	+	掛合	ns	川本	ns	弥栄	ns
宮崎	古江	+	西都	ns	高鍋	ns	油津	ns
石垣島	伊原間	+	与那国	ns	波照間	ns	渡嘉敷	ns
伏木	南砺高宮	+	氷見	ns	泊	ns	魚津	-
名瀬	沖永良部	+	尾之間	ns	古仁屋	-	伊仙	-

注)17地点の上昇量の方が大きいとき: +、逆のとき: -、有意な差がないとき: ns

³⁴ 近藤正純『温暖化は進んでいるか(2)』(<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/kell.html>)

³⁵ この問題は世界の平均気温の算定でも指摘されている。伊藤は米国を事例に基準となるべき田舎観測点の劣化を紹介している。つまり住居のそばに自動観測器を置いた結果、廃熱の影響や駐車場の影響などによりマイクロな都市化が進んでいる。(伊藤公紀『エネルギー・資源』Vol.30, No.1, 2009, pp7-8)

³⁶ 近藤純正『都市化の判定基準』(<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke10.html>)

2) 代表性の問題

この場合の代表性は、代表地点の平均気温が一般の観測所の平均気温とどの程度の類似性をもつか、ないしは類似性をもつ観測所がどの程度あるか、という尺度で測られる。つまり、ある観測所の平均気温と代表地点の平均気温との間に基準を超える類似性があれば、当該代表地点は当該観測所を代表していると考えられる。

世界の平均気温は地球上に 5 度格子 (緯度 5 度、経度 5 度の格子) を設定したうえで、各格子にある観測所の気温データを集約して計算される。つまり全球を均等にカバーすることを基本にしている。対して日本では 17 の気象観測所のデータから平均気温 (偏差) が計算される。気象庁の説明では、それらの観測所は長期間 (最短 1898 年以降) にわたって観測を継続している気象観測所の中から、都市化による影響が比較的少なく、特定の地域に偏らないように選定されている³⁷。17 地点の位置をみると、北海道では沿岸部に 3 か所 (網走、根室、寿都)、東北では太平洋沿岸部と内陸部にそれぞれ 1 か所 (石巻、山形) である。関東では太平洋側に 2 か所 (水戸、銚子)、北陸中部は日本海沿岸部に 1 か所 (伏木) と内陸部に 2 か所 (長野、飯田) である。近畿では内陸部に 1 か所 (彦根)、中国四国では日本海沿岸部に 2 か所 (境、浜田) と瀬戸内沿岸部に 1 か所 (多度津) である。九州沖縄では九州本土に 1 か所 (宮崎) と島嶼域に 2 か所 (名瀬、石垣) である。このように 17 地点は日本の国土を均等にカバーしているとは言えない。

以下では三つの観点から代表性を分析する。第一はクラスター分析による類似度である。日本平均と 17 地点の平均気温の類似度、そして両者と全国各地の平均気温の類似度を調べた。クラスター分析では、日本平均の変動分析で用いた 4 期それぞれの勾配 (回帰係数) を変数とした。結合ルールは「ウォード法」、結合距離は「ユークリッド距離」である。図 13 は 17 地点および日本平均をケースとした分析結果 (樹形図) である。結合距離 0.05 で切ると、大きく 2 つのグループに分かれる。日本と同じグループに属するのは 11 地点であり、九州沖縄と北海道の観測地点は含まれない。これは日本平均がこれら 2 地方を十分カバーしていないことを示唆している。また 11 地点の中でも銚子、石巻、飯田の 3 地点は日本平均と近いグループを成すが、残りの 8 地点は少し距離がある。このように日本平均は 17 地点の気温変化のパターンを等しく代表しているわけではない。図 14 は都市化の影響の分析で用いた 58 地点をケースとした分析結果である。結合距離 0.15 で切ると 3 グループに分かれる。17 地点に注目すると、左から第二、第三グループに多くが集中し、浜田と彦根だけが第一グループに含まれる。第三グループに属するのは九州沖縄と北海道の代表地点だけである。つまり 17 地点は総じて第二グループの代表性を有すると言える。

³⁷ http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/qa_temp.html#why_we_provide_only_anomalies

ウオーード法、ユークリッド距離

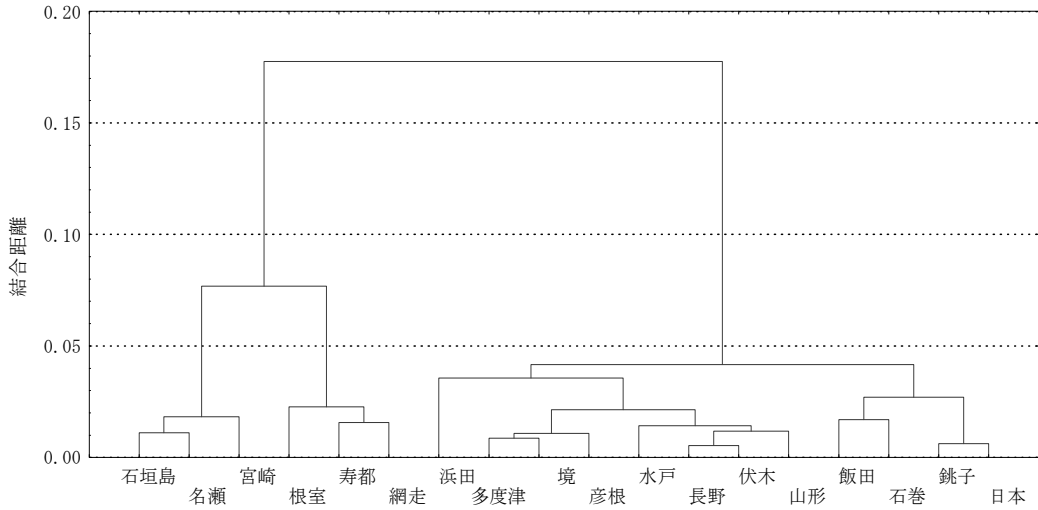


図13 日本と17代表地点のクラスター分析の樹状図

ウオーード法、ユークリッド距離

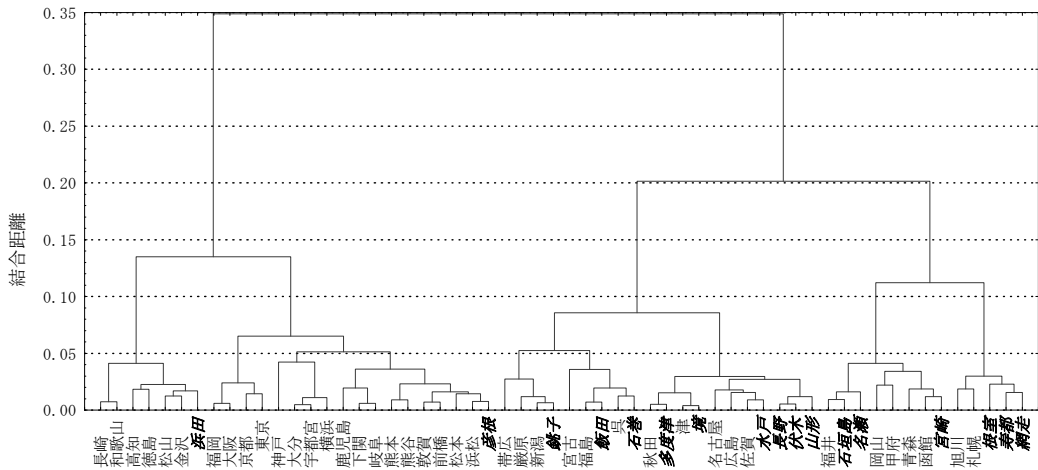


図14 17代表地点を含む58地点のクラスター分析の樹状図

つぎに平均気温の類似度として相関係数に着目する。全国 282 の観測地点(前出の 299 地点から 17 代表地点を除いた)を取り上げ、日本平均および 17 地点との類似度を調べた。気象庁のサイトから入手可能なデータの制約から、分析期間は第三期(1983-2009)に限定した。表 11 は平均気温に関して日本平均および 17 地点と各観測所の相関係数が 0.90 以上の観測所数を示している。日本平均に注目すると、北海道が 15.0%と極端に低く、北陸中部(66.0%)、東北(77.1%)も比較的低い。逆に関東、近畿、中国四国、九州沖縄は 80%を超えている。代表性の基準を 0.90 におくと、日本平均は全体の 70%程度の観測地の平均気温を代表して

いる。しかし地域的にばらつきがあり、北海道、北陸中部、東北では代表性が十分でなく、とりわけ北海道で代表性が劣っている。この原因として3地方が広域であるにも拘わらず観測所の数が少ないことが考えられる。

表11 平均気温に関して地域間の相関の強い地域分布($r \geq 0.9$)

各地方の 地点数	北海道	東北	関東	北陸中部	近畿	中国四国	九州沖縄	計
日本	6	27	27	31	29	42	42	204
比率	15.0	77.1	93.1	66.0	87.9	87.5	84.0	72.3
北海道	32	12	3	1	0	1	0	49
比率	80.0	34.3	10.3	2.1	0.0	2.1	0.0	17.4
網走	28	8	3	1	0	1	0	41
根室	28	3	0	0	0	0	0	31
寿都	29	12	1	0	0	1	0	43
東北	23	30	26	24	18	28	25	174
比率	57.5	85.7	89.7	51.1	54.5	58.3	50.0	61.7
山形	6	27	26	24	18	28	25	154
石巻	23	29	23	19	9	18	13	134
関東	4	29	27	29	22	36	34	181
比率	10.0	82.9	93.1	61.7	66.7	75.0	68.0	64.2
水戸	4	27	27	29	22	36	34	179
銚子	1	27	14	8	2	3	3	58
北陸中部	4	27	27	42	30	45	48	223
比率	10.0	77.1	93.1	89.4	90.9	93.8	96.0	79.1
長野	4	27	26	33	26	40	35	191
飯田	1	24	27	37	30	43	46	208
伏木	1	19	25	39	30	42	45	201
近畿	1	15	25	38	32	42	44	197
比率	2.5	42.9	86.2	80.9	97.0	87.5	88.0	69.9
彦根	1	15	25	38	32	42	44	197
中国四国	1	18	25	39	32	44	48	207
比率	2.5	51.4	86.2	83.0	97.0	91.7	96.0	73.4
多度津	0	13	23	31	28	43	47	185
境	1	17	25	35	30	43	47	198
浜田	1	12	24	38	32	43	45	195
九州沖縄	0	15	23	38	32	43	47	198
比率	0.0	42.9	79.3	80.9	97.0	89.6	94.0	70.2
宮崎	0	12	14	23	16	26	30	121
名瀬	0	2	4	23	25	30	26	110
石垣島	0	4	20	25	24	38	43	154

注) 網掛けの数値は各地方の地点数に対する比率が70%以上のもの

17 地点に注目すると、北海道の 3 地点は北海道の 40 観測所の 80.0%を代表しているが、他の地方では代表性が総じて低い。東北の 2 地点は関東(89.7%)と東北(85.7%)を十分代表し、その他の地方でも 50%程度代表している。関東の 2 地点は関東(93.1%)と東北(82.9%)を十分代表している。その他の地方でも北海道(10.0%)を除けば比較的高い代表性(62~75%)をもつ。北陸中部の 3 地点は北海道(10.0%)を除けば十分な代表性(77~96%)をもつ。近畿の 1 地点は北海道(2.5%)と東北(42.9%)を除く地方では十分な代表性(81~97%)をもつ。中国四国の 3 地点と九州沖縄の 3 地点の代表性は概ね近畿と同じ傾向をもつ。このように 17 地点の中で北海道の観測所を代表できるのが北海道の 3 地点に限られていること、北陸中部の 3 地点の代表性が最も広域であること、東北、関東、北陸中部の代表性の傾向が類似していること、同様に近畿、中国四国、九州沖縄が類似していることが分かる。

最後に気温変動の類似度として期間 10 年の移動勾配に着目する。表 12 は移動勾配について、日本平均および 17 地点と各観測所の相関係数が 0.90 以上の観測所数を示している。表 11 が気温変化の推移の類似性を示すのに対し、この表は気温の上昇力のパターンの類似度を示している。変化の場合と比べて全体に代表性が低い。日本平均に注目すると、北海道が 0.0%と極端であるが、比較的高い東北と関東でも 60%に満たない。全体でも 26.6%に過ぎない。つまり変化の強度に関して日本平均はほとんど代表性をもたないことが分かる。

17 地点に注目すると、北海道の 3 地点は北海道の 85%を代表している。日本平均が 0.0%であることを考えると、北海道の場合は観測数の問題ではなく、気温変化の要因が他の地方と異なることを示唆する。この場合も北海道の 3 地点は北海道の観測所だけを代表している。東北の 2 地点は東北の 82.9%と関東の 69.0%を代表しているが、その他の地域は 30%に満たない。関東の 2 地点も同様に関東と東北の 60~70%を代表しているが、その他の地方は 30%に満たない。北陸中部の 3 地点は北海道(0.0%)を除けばどの地方でも 40~70%程度の観測所を代表している。近畿の 1 地点は北陸中部(46.8%)、中国四国(41.7%)、近畿(36.4%)で代表性が比較的高いが、残りの地方では 20%に満たない。中国四国の 3 地点は北海道、東北、関東を除くと 50~80%程度の代表性をもつ。特に近畿で高い。九州沖縄の 3 地点は九州沖縄(66.0%)で高いが、その他の地方ではせいぜい 40%弱である。このように 17 地点の中で北海道の観測所を代表できる地点が北海道の 3 地点に限られること、北陸中部の 3 地点が代表性が最も広域であり、中国四国がそれに続くこと、東北、関東の代表性の傾向が類似しており、近畿と九州沖縄の代表性が全体に低いことが分かる。

表12 期間10年の移動勾配に関して地域間の相関の強い地域の分布($r \geq 0.9$)

各地方の 地点数	北海道	東北	関東	北陸中部	近畿	中国四国	九州沖縄	計
日本	0	20	17	14	4	15	5	75
比率	0.0	57.1	58.6	29.8	12.1	31.3	10.0	26.6
北海道	34	5	2	0	0	1	0	42
比率	85.0	14.3	6.9	0.0	0.0	2.1	0.0	14.9
網走	32	1	1	0	0	1	0	35
根室	31	1	1	0	0	0	0	33
寿都	33	5	2	0	0	1	0	41
東北	1	29	20	13	5	8	10	86
比率	2.5	82.9	69.0	27.7	15.2	16.7	20.0	30.5
山形	1	23	19	13	5	8	9	78
石巻	1	24	12	4	0	4	2	47
関東	1	21	19	12	5	10	12	80
比率	2.5	60.0	65.5	25.5	15.2	20.8	24.0	28.4
水戸	1	20	19	12	4	9	10	75
銚子	1	15	17	4	1	6	8	52
北陸中部	0	20	18	27	19	32	21	137
比率	0.0	57.1	62.1	57.4	57.6	66.7	42.0	48.6
長野	0	18	15	16	4	15	5	73
飯田	0	9	14	20	10	23	13	89
伏木	0	4	5	19	17	23	14	82
近畿	0	5	2	22	12	20	8	69
比率	0.0	14.3	6.9	46.8	36.4	41.7	16.0	24.5
彦根	0	5	2	22	12	20	8	69
中国四国	0	4	10	30	25	27	31	127
比率	0.0	11.4	34.5	63.8	75.8	56.3	62.0	45.0
多度津	0	0	5	6	10	7	18	46
境	0	1	7	16	19	14	22	79
浜田	0	4	2	19	12	19	10	66
九州沖縄	0	0	10	17	12	10	33	82
比率	0.0	0.0	34.5	36.2	36.4	20.8	66.0	29.1
宮崎	0	0	7	4	7	7	24	49
名瀬	0	0	2	11	2	2	3	20
石垣島	0	0	1	2	4	2	9	18

注) 網掛けの数値は各地方の地点数に対する比率が70%以上のもの

4. おわりに

4.1 まとめ

1) 温暖化の動向

- ・世界の年平均(1891-2011)は100年間で0.68℃上昇した。しかし上昇は一様ではなく、第一期(1910-1943)、第二期(1944-1976)、そして第三期(1977-2009)に分かれる。
- ・CO₂の排出量が低水準であった第一期と高水準に達した第三期で年平均が同じ勾配で上昇したこと、およびCO₂の排出量が急増していた第二期に平均気温が横ばいであった。後者についてIPCCはエーロゾルに起因するとしているが、前者については言及がない。
- ・戦前戦後を通して世界の年平均は同じ勾配で上昇しており、気温上昇の基底には自然起源の長期変動が介在する可能性が窺える。
- ・2000年頃以降、年平均は停滞しており、第三期の最終期間(2000-2009)では上昇力が消滅している。実測の偏差をみても1998年に0.22℃を記録したが、以後2011年までその値を越えた年はない。

2) 日本の年平均

- ・世界平均と日本平均は総じて右上がりの傾向をもつ点で一致しているものの、気温の上昇量と変動パターンでは相当異なる。
- ・年平均は100年間で1.16℃上昇した。これは気象庁の算定値(1.15℃)とほぼ等しいが、世界平均よりかなり大きい。年変動をみても世界の平均は0.087、日本のそれは0.417であり両者に大きな差がある。
- ・日本平均の変動は第一期(1900-1945)、第二期(1946-1960)、第三期(1961-1982)、そして第四期(1983-2009)に分かれる。第一期に緩い上昇勾配をもち、第二期に勾配は大きく増大した。第二期から第三期かけて勾配は減少し、第三期は勾配が消滅している。CO₂の排出量が低水準であった第二期と高水準に達した第四期で平均気温の勾配が同じである。
- ・戦前から気温は上昇していたが、戦後はその傾向が一層強まった。この原因として全国規模の都市化が考えられる。
- ・年平均の上昇力は第四期の当初非常に強かったが、その後は弱まり近年は消滅している。実測の偏差をみても1990年に0.80℃という高い値を示したが、その後2011年までその値を越えた年はない。
- ・年平均は第四期の前期(1983-1999)は日本平均、17地点いずれも上昇傾向にある。後期(2000-2009)は日本平均の勾配がない。17地点のうち4地点は有意な勾配をもつ。網走、根室、寿都(以上北海道)は上昇勾配、宮崎は下降勾配である。その他の地点は日本平均と同じく勾配をもたない。北海道の特異性が窺える。

3) 都市化の影響

- ・日最低(1月)と年平均の上昇量の差を指標にすると、日本平均を構成する17地点は少なからず都市化の影響を受けている。
- ・観測所のある自治体の人口規模が大きいほど、戦前戦後の日最低(1月)の上昇勾配の差が大きい。これは代表17地点にも当てはまり、人口規模に応じて都市化の影響に差がみられる。
- ・17代表地点とそれぞれの近隣の観測所について、年平均の上昇量(1983-2000)を比較した。都市化の影響が窺える地点もあったが、データ解析だけで影響の有無を判断することには限界がある。
- ・17地点の気温にも都市化の影響があるなら、都市気候の広がりによる気温上昇も地球温暖化として理解し、「都市気候」と「地球温暖化」の研究を連携させることが必要である。

4) 代表性の問題

- ・日本平均の4期の各勾配を変数としてクラスター分析を行った。17地点は大都市を除く地域を概ね代表しているが、日本平均は17地点のうち北海道と九州沖縄にある観測所の代表性に問題がある。
- ・日本平均および17地点の年平均との相関係数を代表性の尺度とし、代表性の有無の基準を0.90におくと、日本平均は全体の70%程度の観測地の平均気温を代表している。しかし北海道、北陸中部、東北では代表性が十分でなく、とりわけ北海道で代表性が低い。
- ・17地点の中で北海道の観測所を代表できる地点は北海道の3地点に限られる。北陸中部の3地点の代表性が最も広域である。東北、関東、北陸中部の代表性の傾向が類似しており、中国四国、九州沖縄についても同様である。
- ・日本平均、17地点と各観測所の期間10年の移動勾配について求めた相関係数を代表性の尺度とし、代表性の有無の基準を0.90におくと、年平均の場合に比して全体に代表性は低い。
- ・さらに17地点の中で北海道の観測所を代表できる地点は北海道の3地点に限られる。北陸中部の3地点の代表性が最も広域であり、中国四国がそれにつぐ。東北、関東の代表性の傾向は類似しており、近畿と九州沖縄の代表性は全体に低い。
- ・代表性問題において北海道の特異性が明らかになった。これをどう扱うかは17地点の見直しを考える際に重要なポイントになる。

4.1 結び

本稿は日本平均の変動の特徴を明らかにすること、都市化の影響を検証すること、そして日本平均の代表性の問題を提起することを試みた。用いた手法は気象庁データの統計解

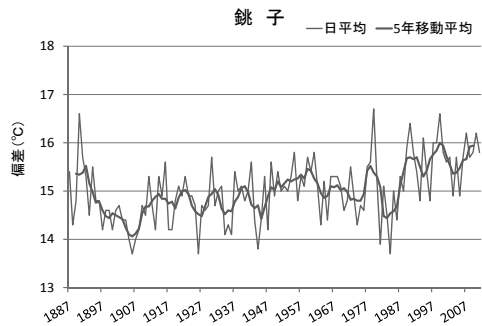
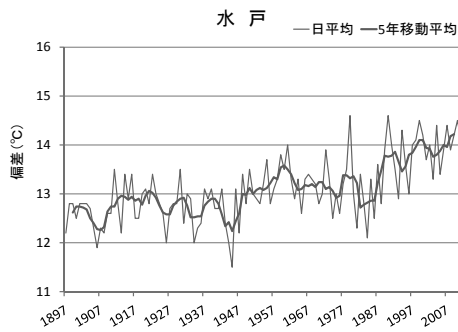
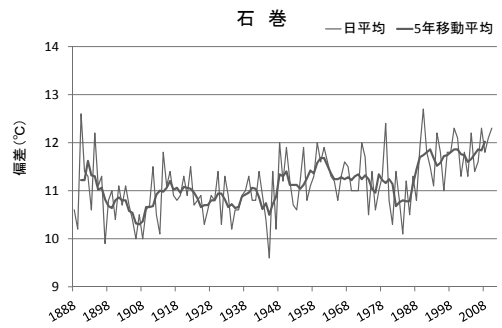
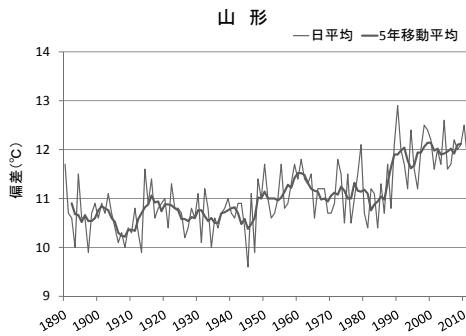
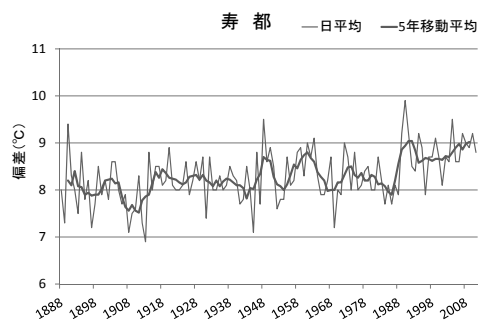
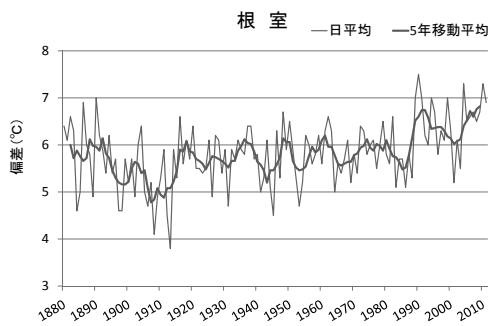
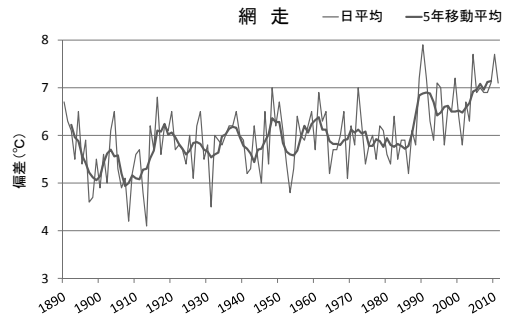
析であり、データの測定環境まで考慮していない。さらに代表性の分析では相関係数を試用し、代表性の基準を 0.9 としたが、これが適切かどうかはさらに検討が必要である。それでも基本的な特徴を明らかにし、問題の所在を確認することはできたと考える。

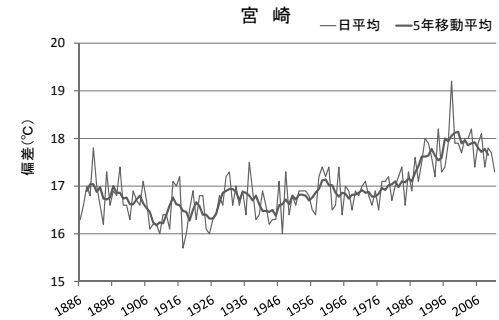
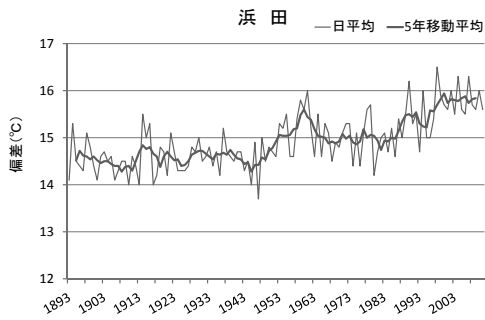
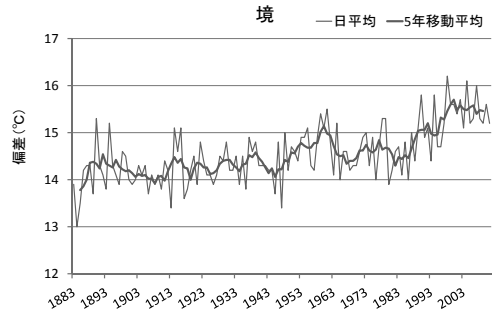
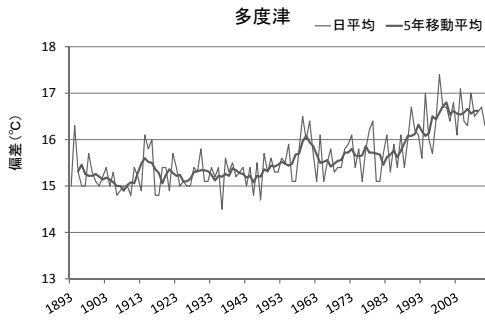
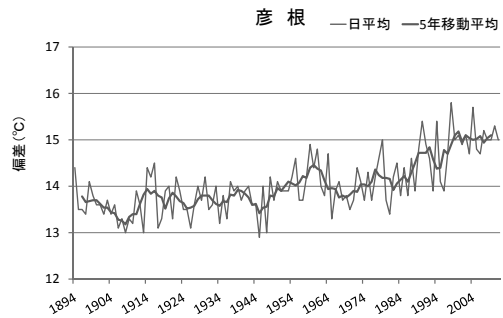
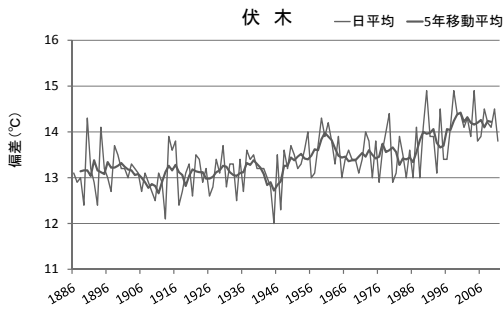
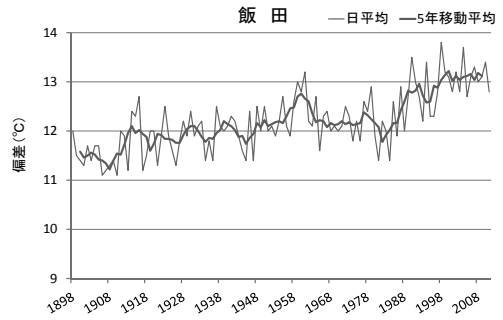
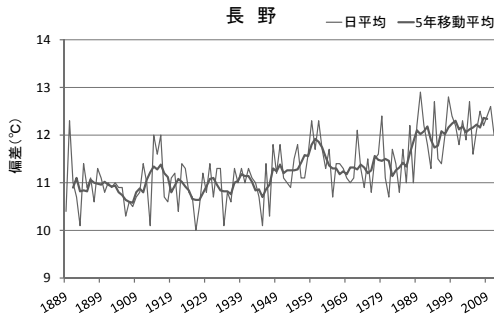
科学の基本は観測にある。使用したデータに不備があればどんな研究も意味をなさない。近藤によるとわが国の測定環境は近年急速に劣化している³⁸。温暖化の研究や気温の将来予測には正確な観測データの使用が前提になる。観測所周辺の環境整備や観測機器の適切な管理など、正確なデータを得るための観測体制を整えることが急がれる。日本平均の代表性をどう高めるかも重要な課題である。IPCC によれば人為起源の温暖化は 1977 年以降(第三期)である。そして日本平均(偏差)の算定基準は当面 1981~2010 年の平均気温である。つまり 1977 年以降に設置された観測所なら第三期および算定基準期間のデータの提供が可能である。したがって日本平均をわが国の温暖化指標として用いるなら、代表地点を長期データをもつ観測所に限る必要はない。上記のような観測所は全国至るところにある。その中から都市化の影響の少ない観測所を全国土をカバーできるように選定すれば、日本平均の質と代表性は大きく改善される。

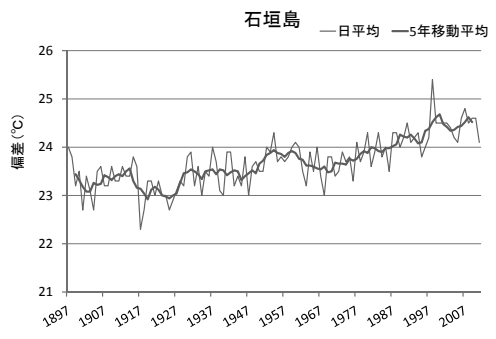
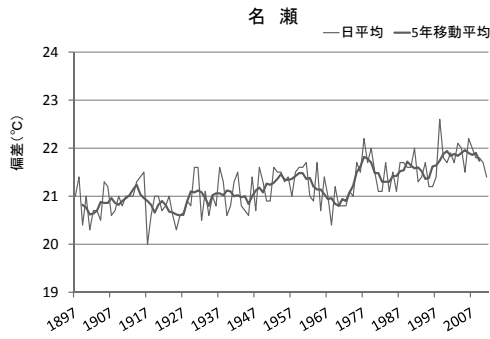
最後に測定環境が劣化しつつあるとはいえ、わが国には全国を覆う気象観測網と膨大な気象データの蓄積がある。これらを有効に活用して都市化の影響を含めた気候変動の研究を行うことは、温暖化の議論を多元化するうえで大いに意義があると考えられる。

³⁸ 近藤は 2004 年以来、各地の気象観測所を見て回り、昔からの環境変化について聞き取り調査や詳細な資料解析を行ってきた。そして予算と人員の削減により測候所は廃止・無人化され、観測露場の周囲は余剰地として財務局に返還され、売却が進められ、観測所としての周辺環境は悪化の方向にあることを確かめている。近藤純正「気象観測所の周辺環境を守る一津山」(<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kisho/kisho45.html>)

資料1 17観測地の平均気温の変化







資料2 17地点の期間10年の移動勾配

