

2.3 気温の変動^{23, 24}

- 2021 年の世界の年平均気温偏差 (1991 年～2020 年の 30 年平均値からの偏差) は $+0.22^{\circ}\text{C}$ で、1891 年の統計開始以降、6 番目に高い値となった。世界の年平均気温は、100 年あたり 0.73°C の割合で上昇している。
- 2021 年の日本の年平均気温偏差は $+0.61^{\circ}\text{C}$ で、1898 年の統計開始以降、3 番目に高い値となった。日本の年平均気温は、100 年あたり 1.28°C の割合で上昇している。
- 全国的に、猛暑日や熱帯夜は増加し、冬日は減少している。

2.3.1 世界の平均気温

2021 年の世界の年平均気温 (陸域における地表付近の気温と海面水温の平均、海水部は含まない) の基準値 (1991～2020 年の 30 年平均値) からの偏差は $+0.22^{\circ}\text{C}$ で、統計を開始した 1891 年以降では 6 番目に高い値となった (図 2.3-1)。この結果、最近の 2014 年から 2021 年までの値が上位 8 番目までを占めることとなった。世界の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、上昇率は 100 年あたり 0.73°C である²⁵ (信頼水準 99% で統計的に有意)。

北半球の年平均気温偏差は $+0.35^{\circ}\text{C}$ 、南半球の年平均気温偏差は $+0.09^{\circ}\text{C}$ で、北半球は 5 番目に高い値に、南半球は 9 番目に高い値となった (図 2.3-2)。北半球、南半球ともに年平均気温は上昇しており、上昇率はそれぞれ 100 年あたり 0.77°C 、 0.68°C である (いずれも信頼水準 99% で統計的に有意)。

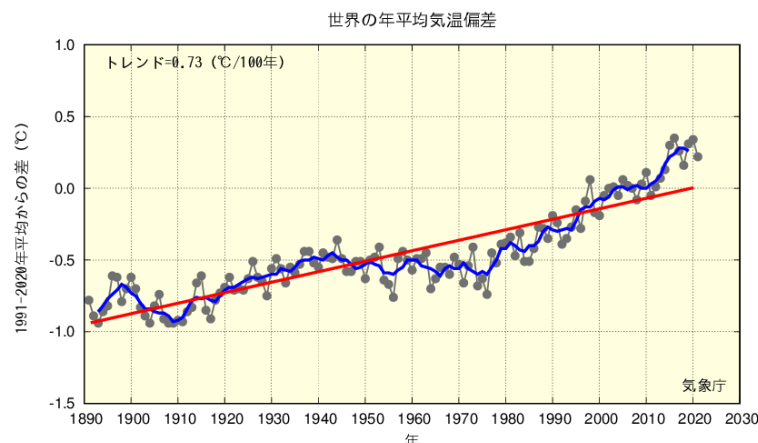


図 2.3-1 世界の年平均気温偏差の経年変化 (1891～2021 年)

偏差の基準値は 1991～2020 年の 30 年平均値。細線 (黒) は各年の値 (基準値からの偏差) を示している。太線 (青) は偏差の 5 年移動平均値、直線 (赤) は長期変化傾向 (この期間の平均的な変化傾向) を示している。

²³ 気象庁ホームページでは、気温等に関する長期変化の監視成果を公表している。

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/index.html> (世界及び日本の年別等の平均気温)

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html (日本の猛暑日や熱帯夜等)

²⁴ 世界全体や日本全体の平均気温について、実際の値の算出は行わず、平均的な状態からのずれ (偏差) を用いている。その理由は、気温の観測が世界や日本でくまなく実施されているわけではなく、正確な見積もりが困難であることや、地球温暖化や気候変動の監視には実際の値が必須ではなく、偏差を用いて実施できるためである。本レポートより、偏差の基準値は、これまでの 1981～2010 年の 30 年平均値から 1991～2020 年の 30 年平均値に変更した。

²⁵ IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021) では、21 世紀最初の 20 年間 (2001～2020 年) における世界平均気温は、1850～1900 年の気温よりも 0.99°C (可能性が非常に高い範囲は $0.84\sim 1.10^{\circ}\text{C}$) 高かったと評価されている。100 年あたりの上昇率に換算した値は本レポートとは異なるが、長期的に上昇し 1990 年代半ば以降高温となる年が多いという同様の変動を示している。なお、本レポートと異なる値となるのは、元となるデータや世界平均の算出方法及び統計期間の違いによる。

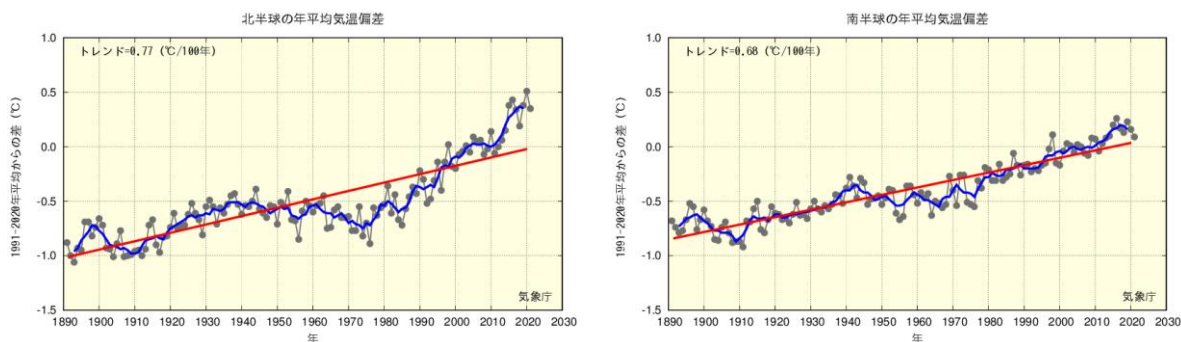


図 2.3-2 世界の年平均気温偏差の経年変化 (1891～2021 年)

左図は北半球平均、右図は南半球平均。偏差の基準値は 1991～2020 年の 30 年平均値。細線（黒）は各年の値（基準値からの偏差）を示している。太線（青）は偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示している。

また、緯度経度 5 度の格子ごとの変化傾向を見ると、長期的な統計ではほとんどの地域で上昇しているとみられ、特に北半球高緯度域で明瞭である（図 2.3-3）。

これらの年平均気温の経年変化には、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化の影響に、数年～数十年程度の自然変動が重なって現れているものと考えられる。

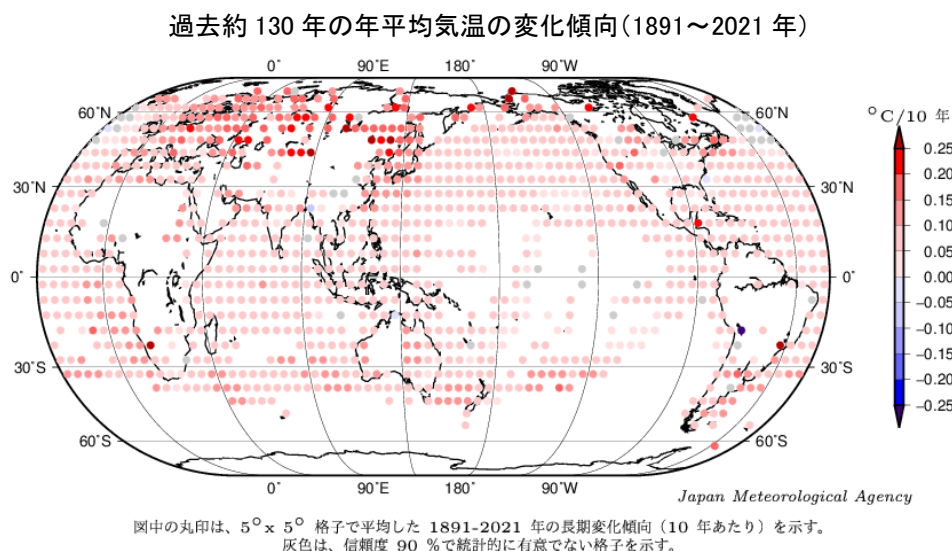


図 2.3-3 緯度経度 5 度の格子ごとに見た年平均気温の長期変化傾向 (1891～2021 年)

図中の丸印は、 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 格子で平均した 1891～2021 年の長期変化傾向（10 年あたりの変化量）を示す。灰色は長期変化傾向が見られない（信頼水準 90 % で統計的に有意でない）格子、空白は利用可能なデータが十分でない格子を示す。

2.3.2 日本の平均気温

日本の気温の変化傾向を見るため、都市化の影響が比較的小さいとみられる気象庁の15観測地点(表2.3-1)について、1898～2021年の年平均気温の基準値(1991～2020年の30年平均値)からの偏差を用いて解析した。

2021年の日本の年平均気温の偏差は $+0.61^{\circ}\text{C}$ で、統計を開始した1898年以降で3番目に高い値となった(図2.3-4)。日本の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、上昇率は100年あたり 1.28°C である(信頼水準99%で統計的に有意)。季節別には、それぞれ100年あたり冬は 1.20°C 、春は 1.53°C 、夏は 1.16°C 、秋は 1.27°C の割合で上昇している(いずれも信頼水準99%で統計的に有意)。

1940年代までは比較的低温の期間が続いたが、その後上昇に転じ、1960年頃を中心とした比較的高温の時期、それ以降1980年代半ばまでの比較的低温の時期を経て、1980年代後半から急速に気温が上昇した。日本の気温が顕著な高温を記録した年は、1990年代以降に集中している。

近年、日本で高温となる年が頻出している要因として、世界の他の地域と同様に、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化及び数年～数十年程度で繰り返される自然変動の影響が考えられる。

表 2.3-1 日本の年平均気温偏差の計算対象地点

都市化の影響が比較的小さく、長期間の観測が行われている地点から、地域的に偏りなく分布するように選出した。なお、宮崎は2000年5月に、飯田は2002年5月に観測露場を移転したため、移転による観測データへの影響を評価し、その影響を除去するための補正を行ったうえで利用している。

要素	観測地点
地上気温 (15観測地点)	網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島

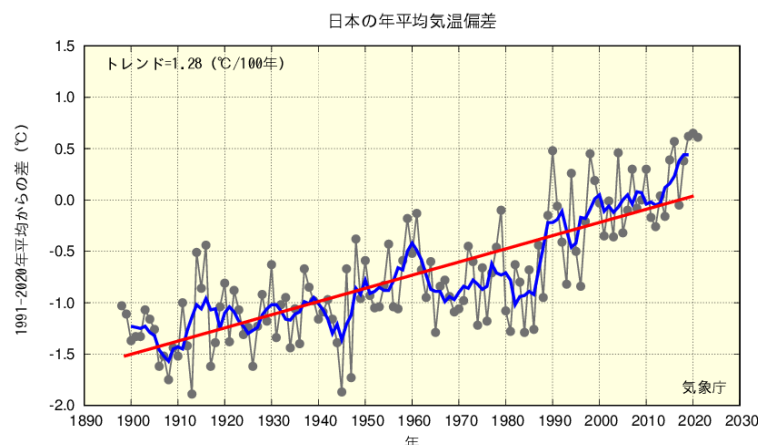


図 2.3-4 日本の年平均気温偏差の経年変化 (1898～2021年)

偏差の基準値は1991～2020年の30年平均値。細線(黒)は、国内15観測地点(表2.3-1参照)での各年の値(基準値からの偏差)を平均した値を示している。太線(青)は偏差の5年移動平均値、直線(赤)は長期変化傾向(この期間の平均的な変化傾向)を示している。

2.3.3 日本における極端な気温

表 2.3-1 の 15 観測地点の観測値を用い、日本における極端な気温の変化傾向の解析を行った。なお、宮崎及び飯田の月平均気温は移転による影響を除去するための補正²⁶を行ったうえで利用しているが、日最高気温、日最低気温に基づく猛暑日や熱帯夜等の日数については移転による影響を除去することが困難であるため、当該地点を除く 13 観測地点で解析を行った。

(1) 月平均気温における異常値²⁷の出現数

統計期間 1901～2021 年における異常高温の出現数は増加しており、異常低温の出現数は減少している（いずれも信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2.3-5）。異常高温の出現数は、1990 年頃を境に大きく増加している。

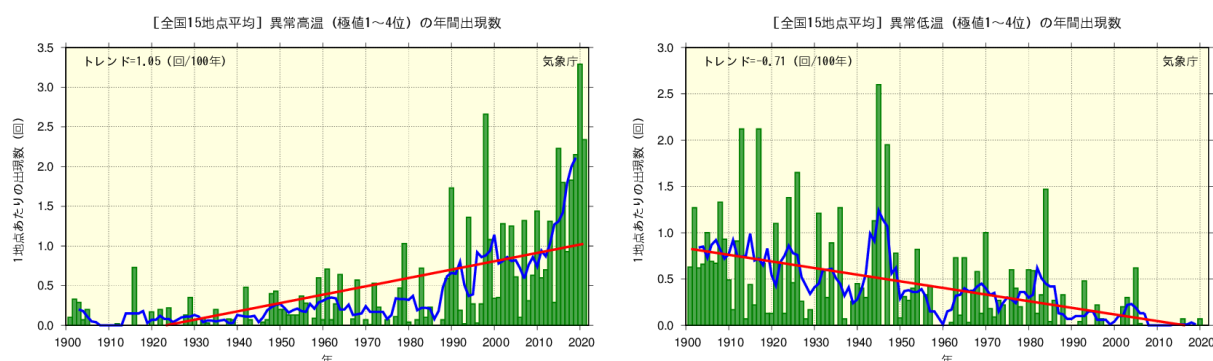


図 2.3-5 月平均気温の高い方から 1～4 位（異常高温、左図）と低い方から 1～4 位（異常低温、右図）の年間出現数の経年変化（1901～2021 年）

月平均気温に基づく異常高温と異常低温の年間出現数。棒グラフ（緑）は各年の異常高温あるいは異常低温の出現数の合計を各年の有効地点数の合計で割った値（1 地点あたりの出現数）を示す。太線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）²⁸を示す。

²⁶ データの補正についての解説は、下記の気象庁ホームページに掲載している。

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/correction.html>（観測場所の移転に伴う気温データの補正方法について）

²⁷ ここでは、異常高温・異常低温を「1901～2021 年の約 120 年間で各月における月平均気温の高い方・低い方から 1～4 位の値」と定義している。ある地点のある月に、月平均気温の高い方あるいは低い方から 1～4 位の値が出現する割合は、121 年間に 4 回、つまり約 30 年に 1 回となり、本レポートの異常気象の定義（巻末の用語一覧参照）である「30 年に 1 回以下」とほぼ一致する。

²⁸ 1920 年代以前の異常高温及び 2007 年以降に異常低温はほとんど出現せず、年間出現数は 0 に収束しているが、ここでは長期変化傾向をわかりやすい直線で示している。

(2) 日最高気温 30℃以上（真夏日）及び 35℃以上（猛暑日）の年間日数

統計期間 1910～2021 年における日最高気温が 30℃以上（真夏日）及び 35℃以上（猛暑日）の日数はともに増加している（それぞれ信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2.3-6）。特に、猛暑日の日数は、1990 年代半ば頃を境に大きく増加している。

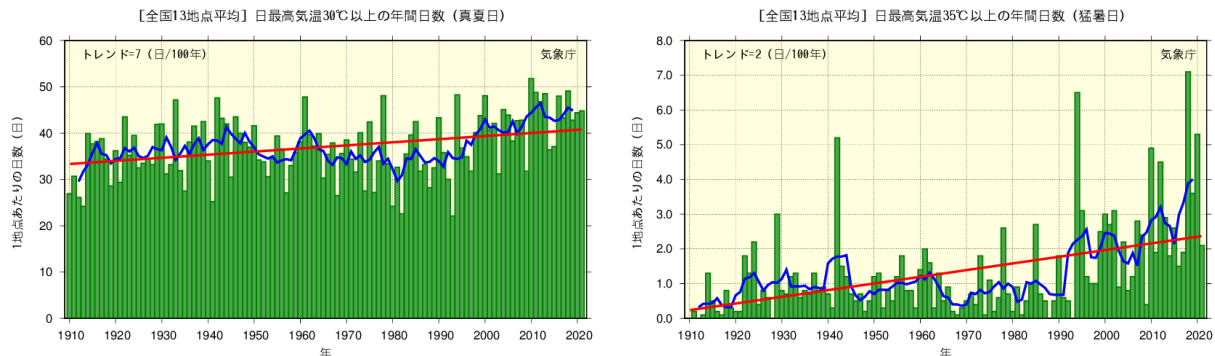


図 2.3-6 日最高気温 30℃以上（真夏日、左図）及び 35℃以上（猛暑日、右図）の年間日数の経年変化（1910～2021 年）

棒グラフ（緑）は各年の年間日数の合計を各年の有効地点数の合計で割った値（1 地点あたりの年間日数）を示す。太線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

(3) 日最低気温 0℃未満（冬日）及び 25℃以上（熱帯夜²⁹）の年間日数

統計期間 1910～2021 年における日最低気温³⁰が 0℃未満（冬日）の日数は減少し、また、日最低気温が 25℃以上（熱帯夜）の日数は増加している（それぞれ信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2.3-7）。

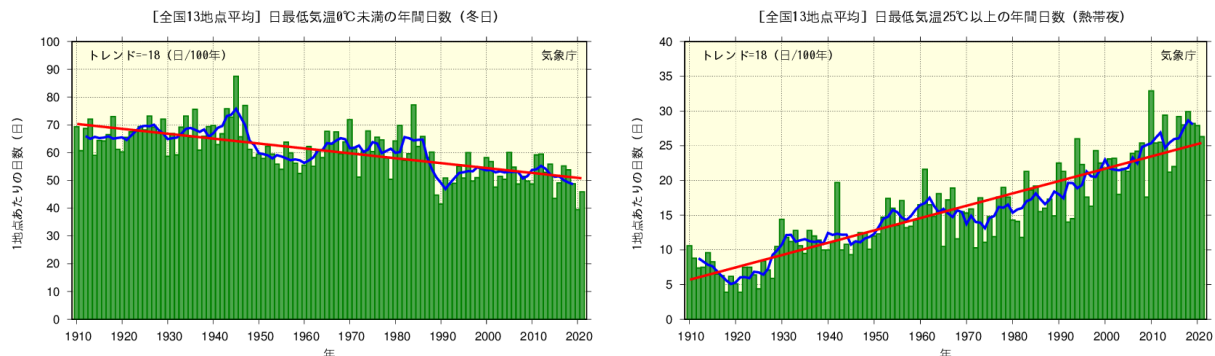


図 2.3-7 日最低気温 0℃未満（冬日、左図）及び日最低気温 25℃以上（熱帯夜、右図）の年間日数の経年変化（1910～2021 年）

図の見方は図 2.3-6 と同様。

²⁹ 熱帯夜は夜間の最低気温が 25℃以上のことを指すが、ここでは日最低気温が 25℃以上の日を便宜的に「熱帯夜」と呼んでいる。

³⁰ 気象庁の統計値において、1953～1963 年の期間は日界（日別値を求める際に用いる一日の区切り）を 9 時として日最高・最低気温を観測していた。日界時刻の変更による系統的な違いについては、藤部（1999）などで述べられている。現在は 24 時を日界として観測していることから、日最低気温は、現在の値に対して地点・月により大きいところで約 0.4～0.6℃程度高くなっていることが見込まれる。このため、当該期間において冬日日数はグラフ中の各年の値よりも約 4.6 日程度多く、熱帯夜日数は約 0.5 日程度少なくなっている（全国 13 地点平均の 1 地点あたりの日数）と見積もられる。これらの値は、2009～2020 年の観測値から地点ごとに 09 時日界と 24 時日界の日最低気温の差を月別に見積もることにより算出したものである。

2.3.4 日本の大都市のヒートアイランド現象

長期間にわたって均質なデータを確保できる日本の大都市（札幌、仙台、東京、横浜、新潟、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島）の観測地点と都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 観測地点（表 2.3-1）を対象に、1927～2021 年³¹における気温の変化率を比較すると、大都市の上昇量の方が大きく、地点によって差があるものの、例えば年平均気温では 15 地点平均の値を 0.4～1.7℃程度（100 年あたり）上回っている。（表 2.3-2、図 2.3-8）。

15 観測地点平均の気温の変化率は、日本全体としての都市化の影響によらない平均的な変化率を表していると考えられることから、各都市と 15 観測地点平均の変化率の差は、都市化による影響として見積もられる（ただし、15 観測地点も都市化の影響を多少は受けており、厳密にはこの影響を考慮しなければならない）。

これら都市において平均気温の上昇率を季節別に見ると、最小となるのはすべての都市で夏となっている。一方、最大となるのは札幌、仙台、東京、横浜、新潟といった北日本や東日本の都市では冬や春に、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島といった西日本の都市では春や秋になっており、季節や地域による違いも見られる。また、日最低気温は日最高気温より上昇率³²が大きい傾向が見られる。

統計期間内に観測露場の移転の影響が無かった各都市の階級別日数の経年変化については、冬日の年間日数は減少傾向が顕著であり、また、熱帯夜や真夏日、猛暑日の年間日数は札幌を除いて増加傾向が現れている（表 2.3-3）。

表 2.3-2 大都市における気温の変化率

1927～2021 年の観測値から算出した、大都市における変化率（100 年あたり）及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 観測地点（表 2.3-1 参照）の平均変化率を示す。斜体字は信頼水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向が見られないことを意味する。※を付した 5 地点と 15 観測地点のうちの飯田、宮崎は、統計期間内に観測露場の移転の影響があったため、気温の変化率については移転に伴う影響を補正してから算出している。

観測地点	気温変化率（℃/100 年）														
	平均気温					日最高気温					日最低気温				
	年	冬	春	夏	秋	年	冬	春	夏	秋	年	冬	春	夏	秋
札幌	2.7	3.2	3.0	1.9	2.6	1.1	1.5	1.8	0.7	0.6	4.4	5.5	4.7	3.3	4.2
仙台	2.5	3.0	3.0	1.5	2.5	1.4	1.7	1.9	1.1	1.1	3.2	3.6	3.8	2.1	3.3
東京※	3.3	4.3	3.4	2.1	3.3	1.9	2.2	2.3	1.4	1.8	4.5	5.9	4.6	3.0	4.4
横浜	2.8	3.6	3.1	1.9	2.8	2.6	2.9	3.1	1.9	2.4	3.5	4.6	3.8	2.3	3.5
新潟※	2.1	2.3	2.6	1.4	1.9	2.0	2.7	2.8	0.9	1.8	2.2	2.4	2.7	1.9	2.0
名古屋	2.9	3.1	3.2	2.3	3.1	1.5	1.7	1.9	1.1	1.4	3.9	3.9	4.4	3.2	4.3
京都	2.7	2.7	3.1	2.3	2.8	1.2	1.0	1.8	1.1	1.0	3.8	3.8	4.1	3.3	4.0
大阪※	2.6	2.7	2.7	2.0	2.9	2.2	2.2	2.5	2.0	2.1	3.5	3.2	3.5	3.2	4.0
広島※	2.0	1.7	2.4	1.5	2.5	1.0	0.8	1.7	1.1	0.6	3.1	2.8	3.4	2.6	3.9
福岡	3.1	3.0	3.4	2.2	3.7	1.8	1.9	2.3	1.4	1.8	4.9	4.4	5.8	3.6	6.0
鹿児島※	2.5	2.6	2.8	1.9	2.9	1.4	1.3	1.7	1.0	1.4	3.9	3.6	4.4	3.2	4.6
15 地点平均※	1.6	1.7	2.0	1.2	1.5	1.2	1.3	1.8	0.9	0.9	1.9	1.9	2.2	1.7	1.9

³¹ 第 2.3.2 項では統計期間の開始年を 1898 年としているが、ここでは大都市の統計期間に合わせて開始年を 1927 年としている。

³² 脚注 30 で述べた 1953～1963 年の期間の日界の違いによる影響は、例として 15 地点平均の年平均日最低気温の変化率では変わらない程度と見積もられる。

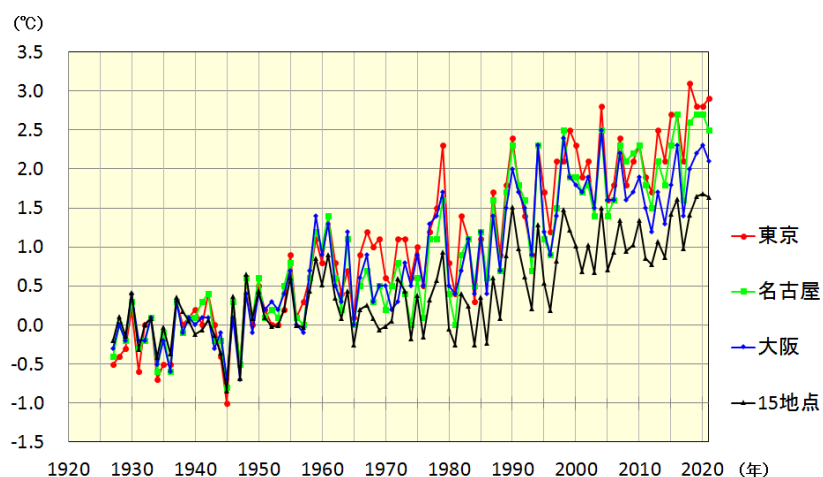


図 2.3-8 東京、名古屋、大阪と都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 観測地点平均の年平均気温偏差の経年変化 (1927～2021 年)

年平均気温偏差は、1927～1956 年平均値からの差を表す (1927～1956 年における東京、名古屋、大阪の各平均値と 15 観測地点平均の平均値はそれぞれ 0 で一致する)。

表 2.3-3 大都市における階級別日数の変化率

1927～2021 年の観測値から算出した、大都市における変化率 (10 年あたり) 及び都市化の影響が比較的小さいとみられる 13 観測地点 (表 2.3-1 の 15 観測地点のうち観測露場の移転の影響がある飯田、宮崎を除いた 13 観測地点の平均) の平均変化率を示す。斜体字は信頼水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向が見られないことを意味する。

観測地点	冬日 (日/10 年)	熱帯夜 (日/10 年)	真夏日 (日/10 年)	猛暑日 (日/10 年)
札幌	-4.5	0.0	<i>0.3</i>	<i>0.0</i>
仙台	-5.9	0.5	1.1	0.1
横浜	-5.9	3.1	2.2	0.3
名古屋	-6.8	3.8	1.3	1.0
京都	-7.1	3.7	1.4	1.4
福岡	-4.8	4.7	1.2	1.1
13 地点平均	-2.1	1.8	0.6	0.2