

加熱される地球

(1) 日本の 15 地点の特徴（改訂版）

nino

2025 年 8 月 18 日

1. はじめに

今から 30～40 年前に「地球温暖化を風刺した 4 コマ漫画」を目にした経験がある。その内容は以下の通りである。

1. 丸い地球上で、一人の男が「暑い！」と叫ぶ。
2. 男は何かを思いつく。
3. 冷蔵庫の扉を開け、涼を取る。
4. 冷蔵庫の裏から排出される熱風により、さらに暑さを感じる。

このあらすじ（プロンプト）を基に生成 AI を用いて再現画像を作成した（図 1）。



図 1 地球温暖化の 4 コマ漫画

結果として、原作の雰囲気は概ね再現できたが、第 4 コマは原作よりも過激な描写となつた。ただし、近年の気候変動の進行を踏まえると、この表現は現状をより的確に風刺しているとも考えられる。杞憂に終わればよいのだが！

前置きが長くなつたが、「加熱される地球」というやや過激な主題のもと、地球温暖化の現状について検討を行う。最初に、日本の年平均気温偏差の算出に用いられる 15 地点の特徴を整理した。

2. 使用データ

年平均気温偏差の算出対象地点は以下の 15 地点である¹⁾。

網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬（奄美大島）、石垣島。

解析対象期間は、1900 年 1 月～2024 年 12 月までの 125 年間であり、各地点の年平均気温および月平均気温（1500 か月分のデータ）を用いた²⁾。

3. 15 地点の特徴

3.1 15 地点の位置

図 2 に、解析対象とした 15 地点の地理的位置を示す。



図 2 15 地点の所在地（□内は沖縄県）

内訳は、北海道 3 地点、本州 8 点、四国 1 地点、九州 1 地点、奄美諸島 1 地点、沖縄 1 地点である。

3.2 15 地点の属性

気温は緯度、標高など多様な因子の影響を受ける。

15 地点の属性を表 1 に示す³⁾。平均気温は 125 年間の年平均気温の平均値、人口は 2020 年時点の値⁴⁾、気候区分は参考値である。

表 1 15 地点の属性

No.	地点	都道府県	平均気温(°C)	緯度 (° N)	標高(m)	気候区分	人口(人)
①	網走	北海道	6.1	44.02	38	亜寒帯湿潤気候	35,759
②	根室	北海道	6.0	43.33	25	亜寒帯湿潤気候	24,636
③	寿都	北海道	8.4	42.80	33	亜寒帯湿潤気候	2,838
④	山形	山形県	11.2	38.26	153	温暖湿潤気候(内陸性)	247,590
⑤	石巻	宮城県	11.3	38.43	43	温暖湿潤気候	140,151
⑥	伏木	富山県	13.6	36.79	12	温暖湿潤気候	166,393
⑦	飯田	長野県	12.3	35.52	516	温暖湿潤気候(内陸性)	98,164
⑧	銚子	千葉県	15.1	35.72	28	温暖湿潤気候	58,431
⑨	境	鳥取県	14.7	35.54	2	温暖湿潤気候	32,740
⑩	浜田	島根県	15.1	34.90	19	温暖湿潤気候	54,592
⑪	彦根	滋賀県	14.2	35.28	87	温暖湿潤気候(内陸性)	113,647
⑫	宮崎	宮崎県	17.0	31.94	9	温暖湿潤気候	401,339
⑬	多度津	香川県	15.7	34.28	4	温暖湿潤気候	22,445
⑭	名瀬	鹿児島県	21.3	28.39	3	亜熱帯海洋性	41,390
⑮	石垣島	沖縄県	23.8	24.34	6	亜熱帯海洋性	47,637

平均気温は、北海道の3地点が10°C未満、本州と四国と九州の10地点が11~17°C、名瀬および石垣島は20°C以上であった。これは、緯度の低下に伴い平均気温が高くなる傾向を示している。標高については、多くの地点が50m以下である一方、飯田は516mと最も高く、次いで山形、彦根の順であった。人口は大半の地点で2万人以上であるが、寿都は3,000人未満と最も少ない。寿都は1947年以降、1955年の10,794人をピークに減少しており⁵⁾、他地点に比べて少子化が顕著である。

3.3 気温と緯度の関係

一般に、緯度が1度北上すると、気温は約1°C低下するとされている⁶⁾。そこで、表1に示した緯度と平均気温の値を用いて両者の関係を調べた（図3）。

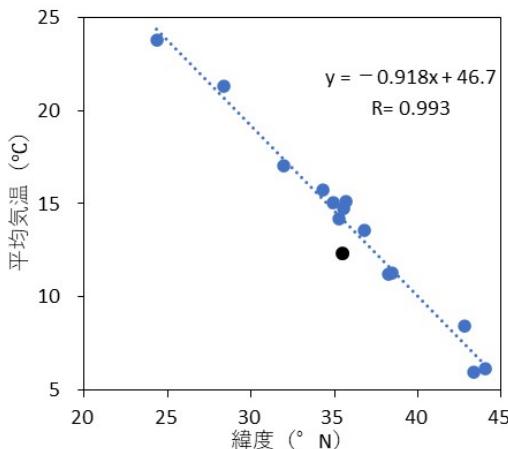


図3 緯度と平均気温の関係（●は飯田）

図3より、平均気温は緯度に対してほぼ一次回帰式で近似でき、緯度が1度北上するごとに約0.92°C低下する傾向が得られた。地点数が15と限られていることなどが影響し、一般的な値よりわずかに小さい値となったと考えられる。

また、飯田は回帰直線より約1.8°C低い値を示した。この一因として、飯田の標高が高いこと（表1参照）が挙げられる。

3.4 年平均気温の時系列パターン

図4に年平均気温の時系列を示す。なお、以降は、特に断りがない限り縦軸の単位は°Cとする。また、比較を容易にするため、凡例は表1の逆順に並べ替えた。

15地点すべてで、短周期のランダム変動が確認された。また、気温は長期的に上昇傾向を示し、特に1990年以降は網走などの高緯度地点において顕著である。

一方で、各地点の時系列には類似したパターンを持つグループが認められた。そこで、15地点の時系列データに対してクラスター分析⁷⁾を行い、図5に示す樹形図を得た。図5では、左側のグループから順にCluster-1、Cluster-2、Cluster-3、Cluster-4とした。得られたクラスターは、概ね高緯度から低緯度へ向かう順序で分類されるという特徴が見られた。具体的には、

- Cluster-1 : 北海道
- Cluster-2 : 本州東部
- Cluster-3 : 本州西部（四国を含む）

- Cluster-4 : 南部（九州を含む）

であった。これらの類型化は、既存の気候区分（表 1）と概ね一致するが、樹形図はそれよりも細やかな差異を捉えているといえる。時系列のどの期間を対象とするかによって樹形図も少し異なるが、時系列パターンから気候区分を推定できる可能性が示唆された。

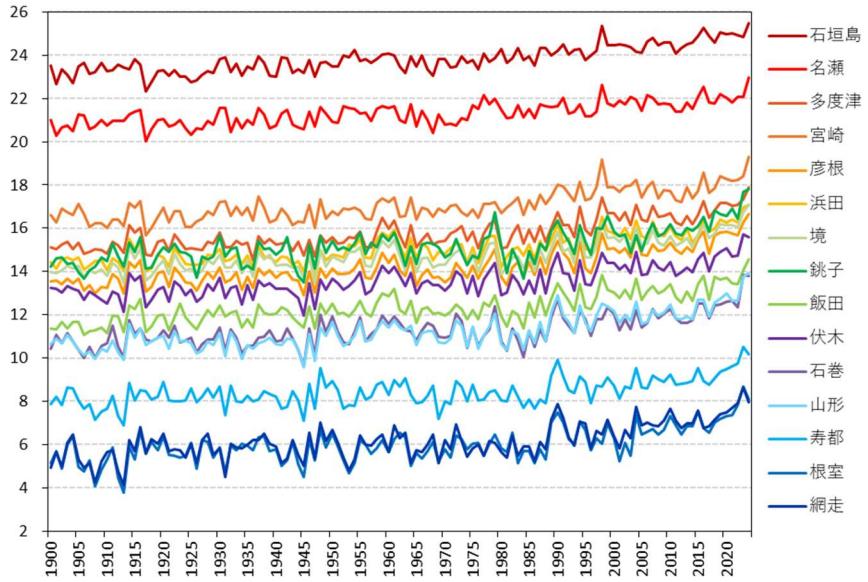


図 4 年平均気温の時系列

樹形図

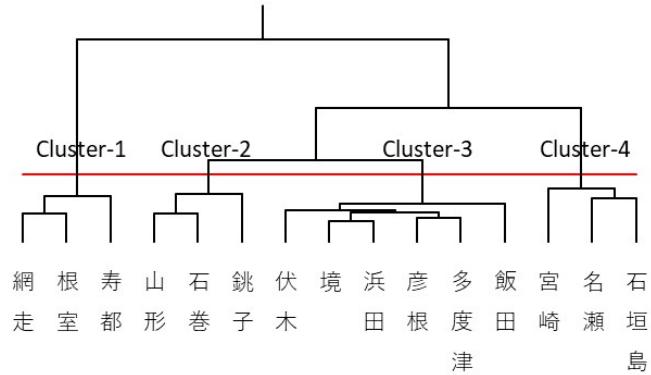


図 5 樹形図

4. 気温のトレンド

年平均気温を用いて、15 地点における長期的な気温の変動傾向を検討した。

4.1 年平均気温とその 5 年移動平均の比較

年平均気温とその 5 年移動平均（5MA：図 6）のトレンドを調べた。

前述したように、年平均気温（図 4）では、全地点において短周期のランダム変動とともに気温の上昇傾向が認められた。一方、図 6 の 5MA では、短期変動が平滑化され、上昇トレンドがより明確に現れている。

この傾向を定量的に把握するため、年平均気温（図 4）および 5MA（図 6）のデータを用い、単回帰分析によって各地点のトレンド（°C／年）を算出した（表 2）。

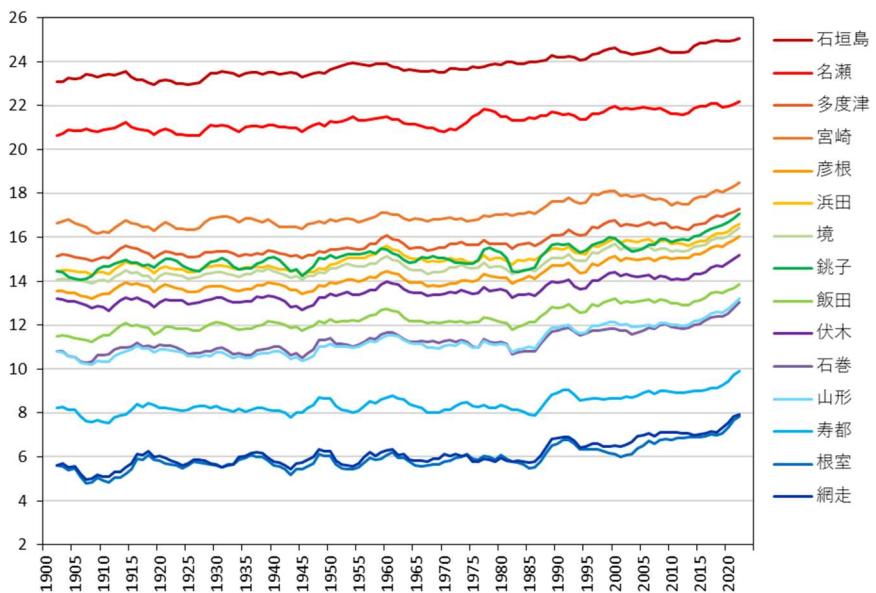


図 6 年平均気温の 5 年移動平均 (5MA) の時系列

表 2 年平均気温とその 5 年移動平均 (5 MA) のトレンド

地点	トレンド ($^{\circ}\text{C}/\text{年}$)	
	年平均気温	年平均気温の5MA
網走	0.0149	0.0140
根室	0.0141	0.0132
寿都	0.0100	0.0093
山形	0.0168	0.0163
石巻	0.0134	0.0126
伏木	0.0138	0.0134
飯田	0.0152	0.0145
銚子	0.0148	0.0138
境	0.0148	0.0141
浜田	0.0144	0.0139
彦根	0.0168	0.0163
宮崎	0.0143	0.0140
多度津	0.0153	0.0149
名瀬	0.0105	0.0102
石垣島	0.0141	0.0140
平均	0.0142	0.0136

その結果、年平均気温のトレンドは $0.0100 \sim 0.0168^{\circ}\text{C}/\text{年}$ の範囲にあり、寿都が最も小さく、山形と彦根が最も大きかった。一方、5MA のトレンドは $0.0093 \sim 0.0163^{\circ}\text{C}/\text{年}$ の範囲にあり、年平均気温の場合よりもやや小さい値を示した。15 地点の平均は、年平均気温で $0.0142^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、5MA で $0.0136^{\circ}\text{C}/\text{年}$ となり、5MA は年平均気温に比べて $0.006^{\circ}\text{C}/\text{年}$ (約 4 %) ほど低い結果となった。これは、短期変動が平滑化され、変動幅が低減したためである⁸⁾。

4.2 最初の 30 年間と最後の 30 年間の平均値の差から求めたトレンド

前節では、年平均気温および 5MA を用いた単回帰分析によりトレンドを算出した。本節では、最初の 30 年間（1900～1929 年）と最後の 30 年間（1995～2024 年）の各平均値を用い、より単純な方法で大略的なトレンドを算出する。なお、30 年間という期間設定は、平年の定義⁹⁾を参考にしたものである。

具体的には、最初と最後の 30 年間の平均気温の差（℃）を、その期間差である 95 年で除し、年当たりの変化量（トレンド）を求めた（表 3）。ここで、各 30 年間の平均値は期間中央の年に相当し、最初の 30 年間の中央は 1914.5 年、最後の 30 年間の中央は 2009.5 年であるため、両者の年差は 95 年となる。この計算は、対象期間の始点と終点を結ぶ直線の傾きに相当する。

その結果、最後の 30 年間と最初の 30 年間の平均値の差は 0.96℃（寿都）～1.62℃（彦根）の範囲で、15 地点の平均は 1.39℃であった。これを年当たりに換算したトレンドは 0.0101～0.0170℃/年の範囲にあり、15 地点平均は 0.0146℃/年となった。この値は、年平均気温および 5MA を用いた単回帰分析によるトレンド（表 2）よりもやや大きい傾向を示した。

表 3 最初の 30 年間と最後の 30 年間の年平均値の差およびトレンド

地点	最初と最後の30年間の差(℃)	トレンド(℃／年)
網走	1.45	0.0152
根室	1.33	0.0140
寿都	0.96	0.0101
山形	1.60	0.0169
石巻	1.29	0.0136
伏木	1.34	0.0141
飯田	1.51	0.0159
銚子	1.46	0.0154
境	1.47	0.0155
浜田	1.39	0.0147
彦根	1.62	0.0170
宮崎	1.43	0.0151
多度津	1.48	0.0156
名瀬	1.03	0.0109
石垣島	1.42	0.0149
平均	1.39	0.0146

4.3 各手法によるトレンドの比較

前節までに示した 3 種類の手法、すなわち

- (1) 年平均気温の単回帰分析、
- (2) 5MA の単回帰分析、
- (3) 最初の 30 年間（1900～1929 年）と最後の 30 年間（1995～2024 年）の平均気温の

差から求めた方法（以降、30年間差法という）、

によるトレンド値を比較した。

さらに参考として、最初と最後の期間を30年間ではなく10年間（1900～1909年と2015～2024年）とした場合のトレンドも算出した（以降、10年間差法という）。この場合、各期間の中央はそれぞれ1904.5年と2019.5年であり、対象期間は115年となる。図7に、年平均気温とその5MA、30年間差法、ならびに10年間差法による各地点のトレンド値を示した。

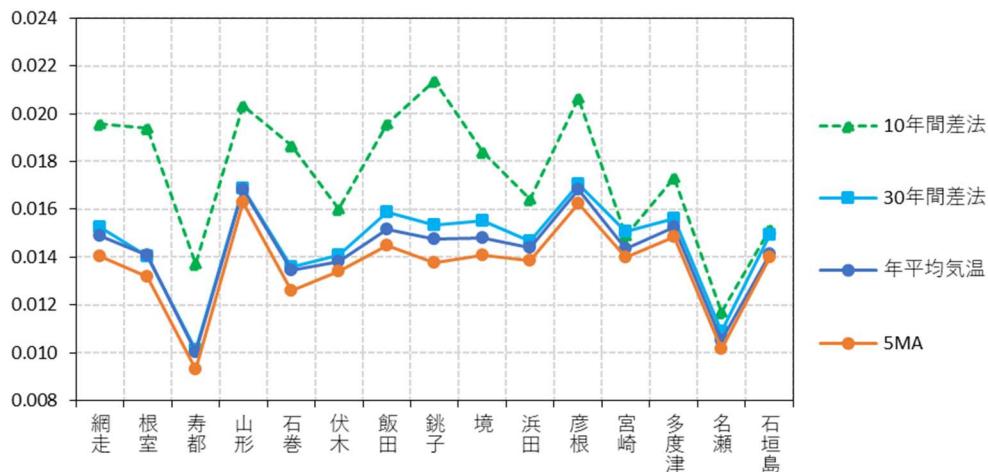


図7 年平均気温、5MA、30年間差法、および10年間差法による各地点のトレンド値

地点ごとの変化パターンは3手法とも概ね類似していたが、トレンド値には一定の差異が認められた。最も小さい値を示したのは5MAの単回帰分析であり、次いで年平均気温の単回帰分析、30年間差法の順であった。

一方、10年間差法によるトレンドは、他の3手法に比べて明らかに大きな値を示した。これは、125年間のうち、最初の10年間が比較的低温期を含む一方で、最後の10年間には近年の大きな正偏差年¹⁰⁾（例：2024年、2023年、2020年など）を複数含んでいることが影響していると考えられる（図6参照）。このため、10年間差法では、長期的傾向に加えて短期的な極端値の影響がより強く反映された結果となった。

さらに、石垣島や名瀬などの低緯度地点では、3手法および10年間差法によるトレンド値が比較的近い値を示した。この理由として、図6より、これら低緯度地点では、高中緯度地点とは異なり、最初の10年間が特に低温期ではなかったこと加えて、最後の10年間における気温上昇の割合が比較的小さかったことが挙げられる。

このように、全地点で気温上昇傾向が確認された一方、手法間でトレンド値に差異が生じること、またその差異の大きさが地域や期間の特性に依存することが明らかとなつた。特に、30年間差法が10年間差法に比べて単回帰分析の結果に近いトレンド値を示したのは、短期変動の影響が小さいためであり、ここに平年が30年であること⁹⁾の意味があると考えられる。

これらの結果から、単純な直線回帰によるトレンド推定は長期的な変動傾向を概ね捉えることができるものの、地域特性や特定期間の異常値の影響を受けやすく、特に1990

年代以降の変化を十分に反映できない可能性がある。したがって、今後は非線形変化や構造変化点を考慮した統計モデルの適用により、長期的な気温変動の特徴をより正確に評価する必要がある。

5. 季節変化の特徴

ここからは、15 地点の月別平均気温を用いて季節変化の特徴を検討する。

5.1 月平均気温の時系列

15 地点のうち、各気候区分を代表する3地点（網走、銚子、石垣島）について、1900年1月から2024年12月までの月平均気温の変動傾向を調べた（図8）。

図8より、月平均気温の季節変動幅（年較差）は、網走が最も大きく、次いで銚子、石垣島の順であった。すなわち、高緯度から低緯度に向かうにつれて、年較差は縮小する傾向が見られた。これには、内陸性気候と海洋性気候の違いなども影響している。

また、数年から十数年程度の準周期的な変動が各地点に認められたが、その周期や変動パターンは地点ごとにやや異なっていた。

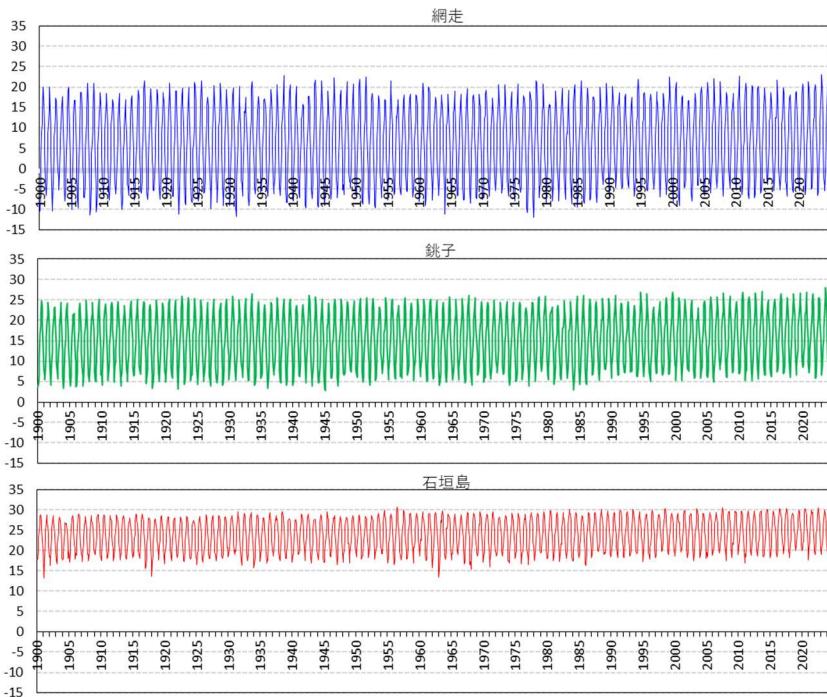


図8 網走、銚子および石垣島の1900/1～2024/12までの月平均気温の時系列

5.2 125年間の月別平均気温

図9に、1900年1月から2024年12月までの125年間における月別平均気温（季節変化）を示す。

図9によると、亜熱帯海洋性気候に属する石垣島および名瀬は年較差（年間の最高気温と最低気温の差）が小さかったが、両地点を除く他の地点では、年較差が大きく、季節変化が明瞭であった。最高気温は、多くの地点で8月に観測されたが、石垣島と名瀬ではわずかに7月が高かった。最低気温はほとんどの地点で1月に観測されたが、網走と根室では2月が最低であった。

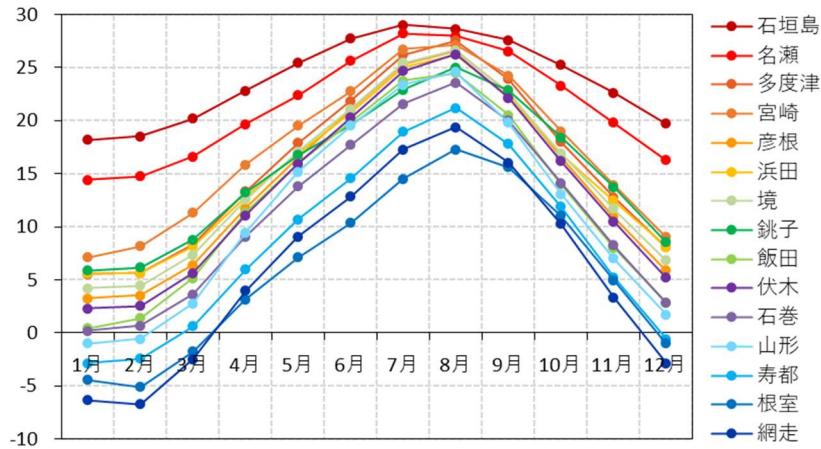


図 9 125 年間の月別平均気温（季節変化）

5.3 最初の 30 年間(1900~1929 年)と最後の 30 年間(1995~2024 年)の月別平均気温の比較

1900 年から 2024 年までの 125 年間における平均気温の長期的変化傾向を把握するため、最初の 30 年間（1900~1929 年）と最後の 30 年間（1995~2024 年）の月別平均気温（季節変化）を比較した（図 10）。30 年間という期間設定は、4.2 節と同様に、平年の定義⁹⁾を参考にしたものである。

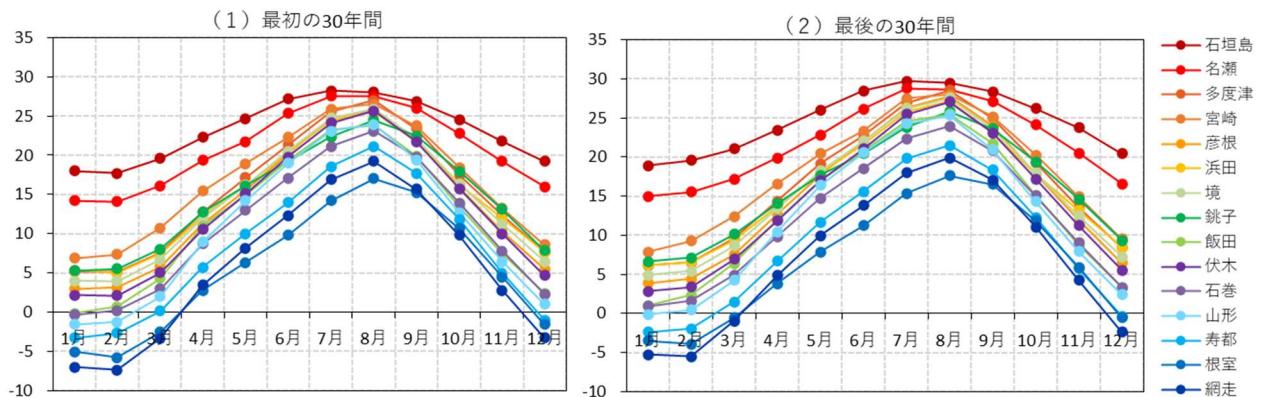


図 10 最初の 30 年間(1900~1929 年)と最後の 30 年間(1995~2024 年)の各月別平均気温

比較の結果、最後の 30 年間は最初の 30 年間に比べ、すべての月で平均気温がやや高くなっていた。最初の 30 年間では、ほとんどの地点で 8 月が最高気温、2 月が最低気温を示した。一方、最後の 30 年間でも最高気温は 8 月であったが、最低気温は 2 月ではなく 1 月となった。

これらの変遷を明らかにするため、次節では最初と最後の 30 年間の気温差を算出し、その特徴を検討する。

5.4 月別平均気温の最初の 30 年間と最後の 30 年間の差

図 11 に、月別平均気温の最初の 30 年間と最後の 30 年間の差を示した。

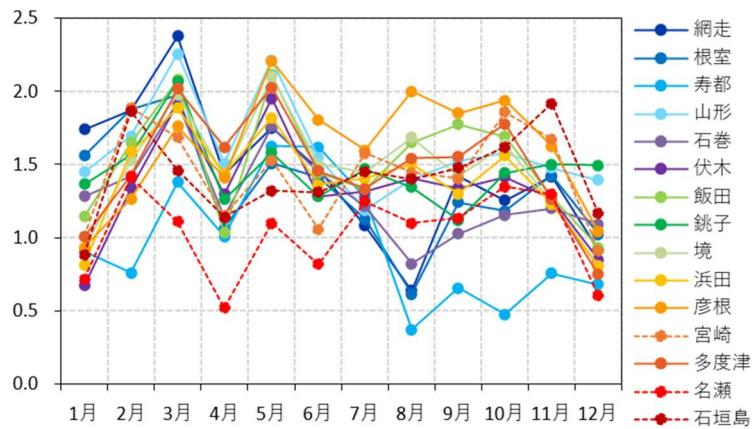


図 11 月別平均気温の最初の 30 年間と最後の 30 年間の差

結果として、月別平均気温の差は地点ごとに異なるだけでなく、同一地点内でも月ごとに異なる傾向が確認された。例えば、網走や銚子などの高中緯度地点では、差が最も大きいのは 3 月であり、5 月も比較的大きな値を示した。一方、石垣島、名瀬、宮崎などの低緯度地点では、差が最も大きいのは 2 月であり、10 月および 11 月も比較的大きかった。このように、気温の上昇率は月ごとに異なり、その変化パターンも地点によって異なった。

6. 今後の課題

これまでの解析結果から、①季節的変動との関連性の検証、②地域差を生み出す要因の分析、③1990 年代以降に見られる急上昇傾向の捉え方、④適切なモデル選択の方向性などの課題が見出された。

次報では、それらに先立ち、「平年偏差」における平年 = 30 年という定義の持つ意味について、フーリエ解析と移動平均を用いて考察する。

参考文献

- 1) 気象庁 日本の平均気温偏差の算出方法
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/clc_jpn.html
- 2) 気象庁 過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/>
- 3) 気象庁 地域気象観測所一覧
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/amedas/ame_master.pdf
- 4) 総務省統計局 人口推計（2021 年（令和 3 年）10 月 1 日現在）結果の要約（第 2 表）
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2021np/index.html>
- 5) 寿都町
<https://www.asa.hokkyodai.ac.jp/research/staff/kado/suttu.pdf>
- 6) 圃場管理のための気象のお話
<https://hesodim.or.jp/toritani/35>
- 7) 物理のかぎしっぽ 周期時系列の統計解析(17)コサイン関数の変数クラスター分析

<http://hooktail.sub.jp/contributions/shuki17.pdf>

8) 物理のかぎしっぽ 周期時系列の統計解析 (3)移動平均とフーリエ変換

<https://hooktail.sub.jp/contributions/shuki03.pdf>

9) あおぞら彩時記 「平年値」の紹介

https://www.jma-net.go.jp/aomori/pub-relations/pdf/saijiki/saijiki2021_02a.pdf

10) 気象庁 日本の年平均気温

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html