

日本の降水タイプ別に集計した年間降水量と 年平均気温の相関について

草 薙 浩*

1. はじめに

降水連続日数と一雨降水量の細分階級図の経年変化から見た日本の降水長期変化と気温変化の研究(草薙2018;以下「前報」)において、短期間の強い降水は気温と正相関、長期間の弱い降水は気温と負相関することが明らかになった。ところが、気温の経年変化の観測データは、年ごとの自然変動、数年から数十年周期の自然変動、1次回帰直線で記述されるこの期間の平均的な人為起源の気候変動の3つの変動成分の重ね合わせとみなすことができるとされている(気象庁2018a)。この意味において、前報では、気温の長期変化の観測データを自然変動と人為起源の気候変動とに分離しない場合の調査結果を報告したことになる。

そこで本調査ノートでは、降水タイプ別に集計した年降水量の経年変化と日本の年平均気温の経年変化との相関について、長期の線形トレンド(以降、トレンドと記述する)を除去しない場合と除去した場合に分けて調べることにした。

2. 日降水量および年平均気温データと解析方法

解析に用いる日降水量データは、前報と同じ、気象庁が気候変動解析に用いている51観測地点(気象庁2018b)、解析期間1901年から2017年までの42734日を用いた。年平均気温は、前報と同じ、降水量データと同じ51観測地点の1901年から2017年までの117年間のデータを用いる。

日降水量データから降水連続日数とその期間の一雨降水量を計算し、降水連続日数を横軸、一雨降水量を

縦軸とする年降水量細分階級図を作成して、その全降水領域と、この領域を2分割する直線の左上側降水領域、右下側降水領域の各年値を作るところまでは前報と同じ解析方法を用いる。この年降水量細分階級図の左上側降水領域は、一雨降水の平均日降水量が多いイベント群、右下側降水領域は、一雨降水の平均日降水量が少ないイベント群であり、本稿ではこれらの降水タイプ別に集計した年間降水量を、それぞれ「村雨型」「霖雨型」と呼ぶこととする。

3. 年降水量と年平均気温の長期観測データ間の相関

3.1 年降水量と年平均気温の相関

気温の経年変化の観測データは、前述の3つの成分の重ね合わせとみなされている。最初に、経年変化の観測データからトレンド成分を取り除かない場合の検討を行った。

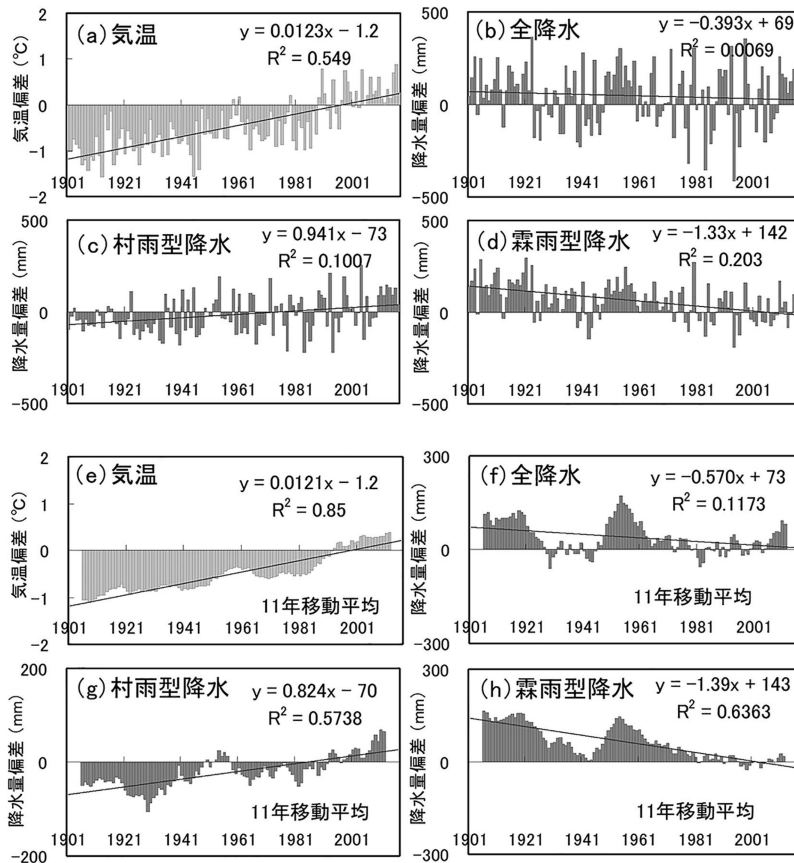
気温、年降水量細分階級図の全領域の年降水量(全ての降水イベントの和)、村雨型降水イベントを足し合わせた年降水量、霖雨型の年降水量、の3つのデータについて、117年間の観測データ(いずれも1981年-2010年の平年値に対する偏差で示す)の各年の観測値、11年移動平均値を第1図の棒グラフに示す。図には、1次回帰を適用して求めた直線と回帰式も示す。第1図aからdの移動平均なしでは、年平均気温と年降水量の両者共に年々変動による棒グラフの上下の変化が激しい。11年移動平均した第1図eからhでは、年々の変動が除かれて数年から数十年周期の自然変動の成分を確認することができるとともに、トレンド成分も見やすくなっている。

気温と全降水、村雨型降水、霖雨型降水の対応する各年値を、横軸は気温偏差と縦軸は降水量偏差にとつ

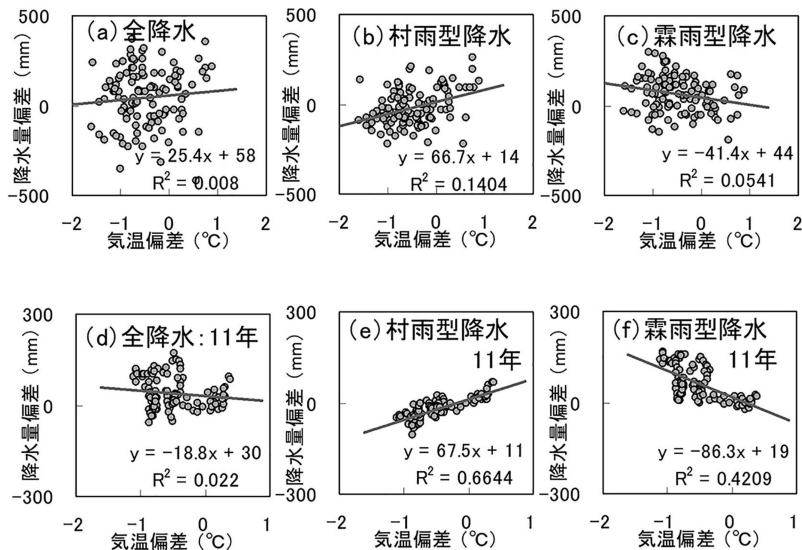
* Hiroshi KUSANAGI 京都ウェザー研究会。

wrqgw841@yahoo.co.jp

© 2019 日本気象学会



第1図 気温と降水の経年変化。



第2図 気温と降水の相関関係。

た散布図にして1次回帰式と決定係数 (R^2) とともに第2図に示す。村雨型降水の第2図bとeでは回帰式の勾配が正で気温が上昇すれば降水量も増加する関係に、霖雨型降水の第2図cとfでは回帰式の勾配が負で気温が上昇すれば降水量が減少する逆の関係になっている。決定係数 R^2 から求めた気温偏差と降水量偏差の相関係数 (R) と直線式の勾配から計算した 1°C あたりの降水量変化率 K ($=$ 勾配/年降水量 \times 100, 但し、勾配の単位: $\text{mm}/^\circ\text{C}$, 年降水量の単位: mm) を第1表にまとめた。移動平均することによって年々変動成分が除かれて散布図のばらつきが小さくなり、相関係数が大きくなることが分かる。11年移動平均に絞って整理すると、全降水では気温との相関なし ($R=0.148$) であるが、村雨型降水では気温と強い正相関があり ($R=0.815$)、霖雨型降水では気温と強い負相関 ($R=-0.649$) のあることが示された。全降水の相関係数の値は村雨型降水と霖雨型降水の相関係数の値が相殺しあった結果と考えられる。 1°C あたりの降水量変化率 K は、全降水 $K=-1.2\%/^\circ\text{C}$ (0.5)、村雨型降水 $K=12.7\%/^\circ\text{C}$ (14.8)、霖雨型降水 $K=-8.1\%/^\circ\text{C}$ (-6.7) であった。括弧内は前報の第6図から求めた値であり、今回の値は、観

測期間117年の観測データを10年ごとに算術平均して年々変動成分を除く異なる手法で降水量変化率 K を計算した括弧内に示す前報の値と比較して妥当な値である。

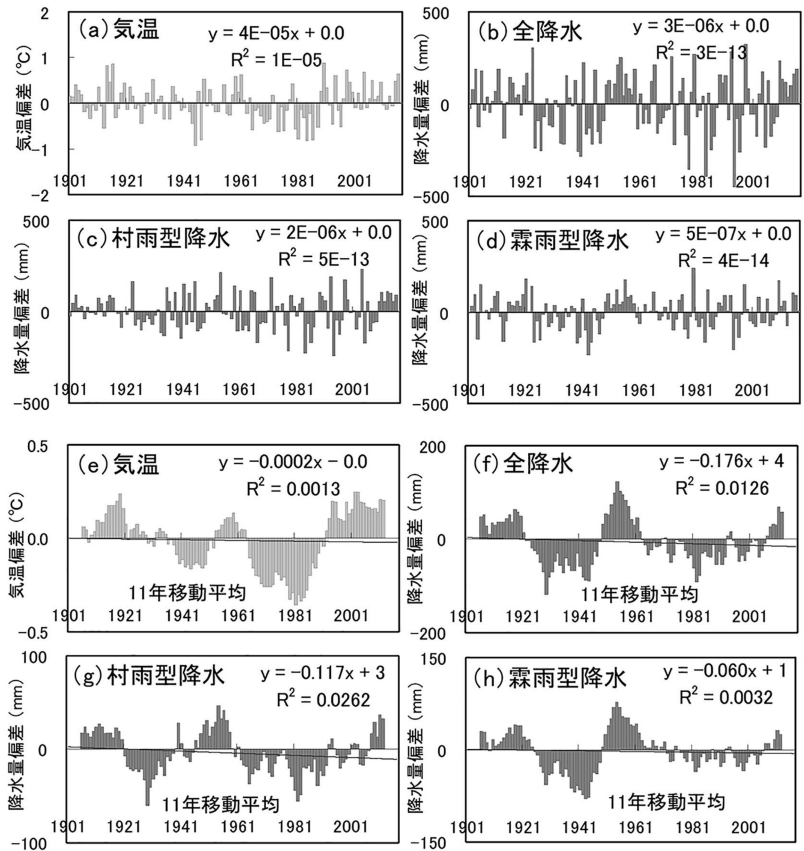
以上の結果、経年変化の観測データからトレンド成分を取り除かない場合、村雨型降水では気温が高い期間には降水量が多く、霖雨型降水では逆に気温が高い期間には降水量が少ないという、気温と降水の関係の違いが追認された。

3.2 トレンド成分を除いた年降水量と年平均気温の相関

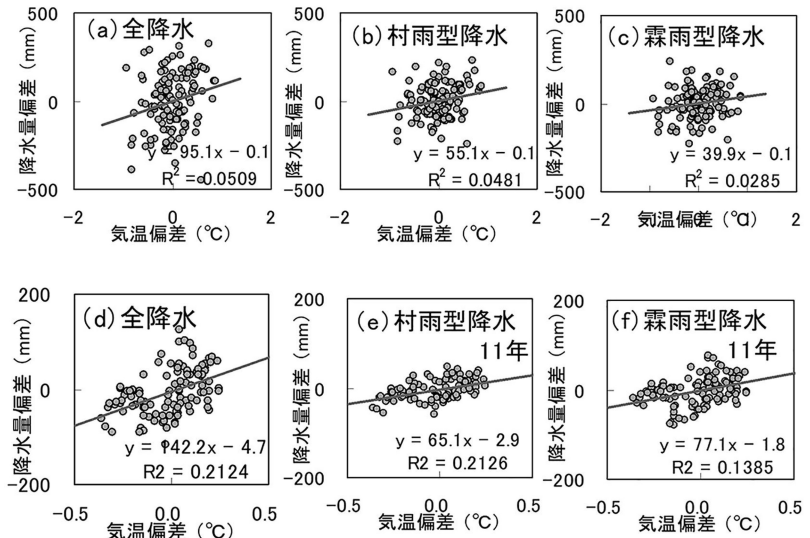
つぎに、経年変化の観測データからトレンド成分を取り除いた場合の検討を行った。

気温の経年変化の観測データは、前述の3つの成分の重ね合わせとみなされているので、気温の経年変化の観測データから、長期の線形トレンド成分を数学的に引き算すれば自然変動成分のみを抽出することができる。降水量については、このような3成分の重ねあわせと考える根拠はない。しかし、村雨型降水および霖雨型降水では、1次回帰直線から求めた長期変化傾向(トレンド)はt検定を適用した結果、5%水準の統計的有意性があるので、気温と同様、トレンド成分を引き算する取り扱いができると判断した。

第1図aからdの移動



第3図 長期変化傾向成分を除いた気温と降水の経年変化。



第4図 長期変化傾向成分を除いた気温と降水の相関関係。

第1表 気温と降水の相関関係と降水量変化率。

	相関係数 R (-)			降水量変化率 K (%/°C)		
	全領域	村雨型 降水	霖雨型 降水	全領域	村雨型 降水	霖雨型 降水
移動平均なし	0.089	0.375	-0.233	1.6	12.6	-3.9
11年移動平均	-0.148	0.815	-0.649	-1.2	12.7	-8.1

第2表 長期変化傾向成分を除いた気温と降水の相関関係と降水量変化率。

	相関係数 R (-)			降水量変化率 K (%/°C)		
	全領域	村雨型 降水	霖雨型 降水	全領域	村雨型 降水	霖雨型 降水
移動平均なし	0.226	0.219	0.169	6.0	10.4	3.7
11年移動平均	0.461	0.461	0.372	8.9	12.3	7.2

平均なしの4つの図中に示す1次回帰式の勾配と切片を用いて年平均気温、全降水、村雨型降水、霖雨型降水の経年変化の各年値からトレンド成分の各年値を引き算した。得られた自然変動成分の各年値について、各年値（移動平均なし）、11年移動平均値の経年変化を第3図に示す。図中に示す1次回帰式の勾配はほぼゼロで長期の線形トレンド成分がなくなっている。その結果、第1図と比較して気温の図で特に顕著な変化が見られ、第3図eの11年移動平均では数年から数十年の自然変動に起因する温暖な期間と寒冷な期間が上向きと下向きのピークとして顕在化したことがわかる。降水量の図でも多降水期と少降水期（第3図fからh）のピークがより明瞭になっている。

気温と全降水、村雨型降水、霖雨型降水の対応する各年値を、横軸は気温偏差と縦軸は降水量偏差にとった散布図にして1次回帰式と決定係数 R^2 とともに第4図に示す。霖雨型降水の第4図cとfでは回帰式の勾配が正（気温が上昇すれば降水量も増加する）に変化していて、トレンド成分を除かない場合とは異なる関係が明らかになった。

第4図から計算した気温偏差と降水量偏差の相関係数 R と1°Cあたりの降水量変化率 K を第2表にまとめた。11年移動平均に絞って整理すると、村雨型降水の気温との相関係数 $R=0.461$ (p 値0.002)、霖雨型降水の気温との相関係数 $R=0.372$ (p 値0.006) と計算された。括弧中に示した p 値は1%有意の有意水準の限界 p 値0.01より小さいので相関係数は1%水準の統計的有意性が認められた（岩淵 2001）。第1表の11年移動平均の相関係数（村雨型降水 $R=0.815$ 、霖雨型降水 $R=-0.649$ ）と比較すると小さい値であるが、長期の線形トレンド成分を除いた場合にも気温と降水量の間に相関性のあることが示された。

長期の線形トレンド成分を除いた場合（第2表）、

いずれのタイプの降水型においても降水量変化率は正値をとり $K=7.2\sim 12.3\%/^{\circ}\text{C}$ の範囲の値である。

以上の結果、長期の線形トレンド成分を除かない場合と除いた場合で、降水量と気温の相関関係に大きな違いのあることが明らかになった。

4. おわりに

日本の1901年から2017年までの117年間の観測データを降水連続日数と一雨降水量の細分階級図を用いて、村雨型降水と霖雨型降水の2つに分けて解析した結果、過去117年間の気温上昇と、村雨型降水は降水量の増加 ($K=12.7\%/^{\circ}\text{C}$)、霖雨型降水は降水量の減少 ($K=-8.1\%/^{\circ}\text{C}$) という、逆の相関関係が導き出された。これらの一雨降水の平均日降水量が多いイベント群と一雨降水の平均日降水量が少ないイベント群に分けて解析した結果は、気温上昇によって雨の降り方が変化している日本の降水現象の事例の1つと考えられる。しかし、今回の解析はあくまでも相関をみただけであり、因果関係まで説明するものではないことに注意が必要である。

一方、長期的な気温上昇を表す線形トレンド成分を除けば、村雨型降水、霖雨型降水ともに気温と降水量が正相関する ($K=7.2\sim 12.3\%/^{\circ}\text{C}$) という逆の結果が導き出された。気温上昇により大気を含みうる水蒸気量が増えることで降水量が増加するというメカニズムが考えられている（藤部 2015）が、降水タイプ別に解析した今回の調査がこのメカニズムの理解の一助となれば幸いである。

参考文献

藤部文昭, 2015: 温暖化に伴い強雨は増えるのか?—アメダス観測が示す気温と強雨の関係—。http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H26/Happyoukai2014/05.pdf.

- 岩淵千春, 岩淵千明, 浦 光博, 石井 滋, 西田公昭, 神山貴弥, 2001: あなたもできるデータの処理と解析. 岩淵千春 編, 福村出版, 118, 165.
- 気象庁, 2018a: 長期変化傾向 (トレンド) の解説. <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/trend.html> (2018.11.30閲覧).
- 気象庁, 2018a: 日本の年平均降水量偏差. https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/an_jpn_r.html (2018.10.10閲覧).
- 草薙 浩, 2018: 降水連続日数と一雨降水量の細分階級図の経年変化から見た日本の降水長期変化と気温変化. 天気, 65, 779-784.
-