

降水連続日数と一雨降水量の細分階級から見た 日本の降水長期変化の地域性

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から見た日本の降水長期変化の研究(草薙 2018b ; 以下「前報」)では, 降水継続期間の総降水量(以下, 一雨降水量という)を規則的に細分階級区分する方法を新たに採用して検討した。その結果, 降水量トレンドの縦軸に一雨降水量を取り, 横軸に継続日数を取った2次元分布図上で, 分布を2分する直線の左上側(短期間の強い降水)がトレンド正值を示す領域, 右下側(長期間の弱い降水)がトレンド負値を示す領域に分かれることが見出された。解析は51観測地点の平均に基づくものであるが, 実際の降水量トレンドには地域性がある。

そこで, 本調査ノートでは, 一雨降水量の細分階級区分する方法を用いて降水長期変化の地域性について調べた。

2. 日降水量データと解析方法

2.1 日降水量時系列データ

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 2017), 解析期間は1901年から2016年までの116年間42369日($Q_i : i = 1 \sim 42369$)とした。

2.2 クラスタ分析による地域区分方法

各観測地点の日降水量時系列データ($Q_i : i = 1 \sim 42369$)を116年間の解析期間で日別に平均したあと, 気象庁のKZフィルターを用いる方法(草薙 2018a)で116年平均の日降水量($d_i : i = 1 \sim 365$)を計算し

た。51観測地点の平均日降水量を用いて, Ward法によるクラスタ分析(草薙 2016)を行った。

2.3 降水連続日数と一雨降水量の細分階級図の作成方法

以下の手順は草薙(2018b)と基本的に同じであり, 草薙(2018b)の方が詳しく書かれている。

各観測地点の日降水量時系列データ($Q_i : i = 1 \sim 42369$)を前報の方法で階級別連続日数別時系列データ($[q_{m,k}]_i$)(m は一雨降水階級の区分数: $m = 1 \sim 37$, k は降水連続日数: $k = 1 \sim 42$, 43日以上は降水連続日数の観測値はない, $i = 1 \sim 42369$)に分解した。一雨降水量の m 番目の階級の範囲 d_m (mm) は草薙(2017)で用いた式(1)で定義した。

$$d_m = (m + 1)^2 - m^2 \quad (1)$$

この($[q_{m,k}]_i$)時系列の i について365日(平年)と366日(閏年)ある暦日ごとに平均して1年間の値を求めると観測期間116年の階級別連続日数別の年降水量成分の経年変化値が得られる。さらに, 地域に含まれる観測地点で平均すると地域平均の階級別連続日数別の年降水量の累年値($q_{m,k}$)が求まる。この経年変化値に1次回帰を適用し, 地域ごとの116年間の累年平均値($f_{m,k}$; 単位: mm/年)とトレンド($t_{m,k}$; 単位: mm/100年)を計算した。

累年平均値 $f_{m,k}$ とトレンド $t_{m,k}$ は, 2次元マトリックス ($37 \times 42 = 1554$ 要素)の m 行 k 列番目の要素になっているので, 縦軸をマトリックスの行に, 横軸を列に取った2次元分布図で表示することができる。そこで, $f_{m,k}$ と $t_{m,k}$ を, 縦軸は降水量の1/2乗に, 横軸は日数にとって細分階級図を作成した。

* Hiroshi KUSANAGI, 京都ウェザー研究会。

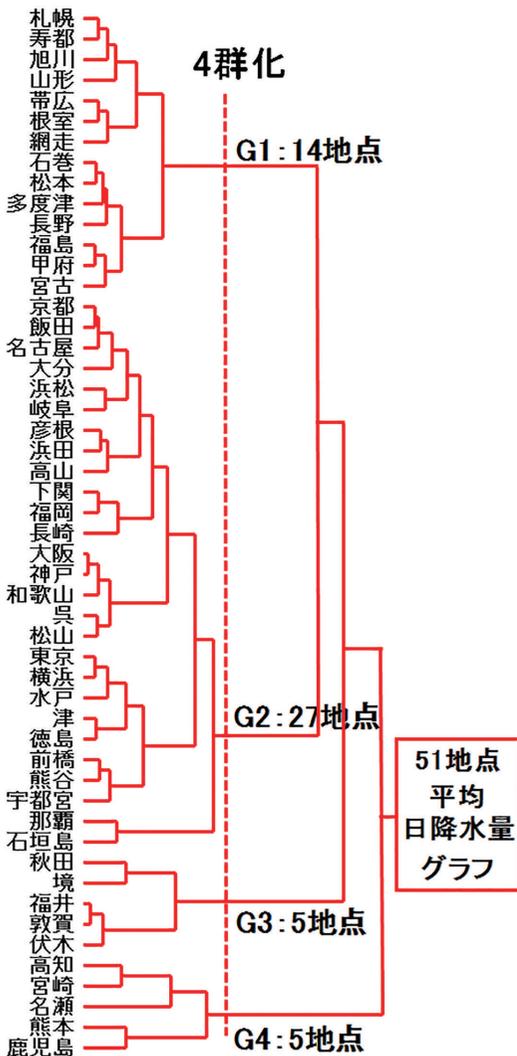
wrqgw841@yahoo.co.jp

© 2018 日本気象学会

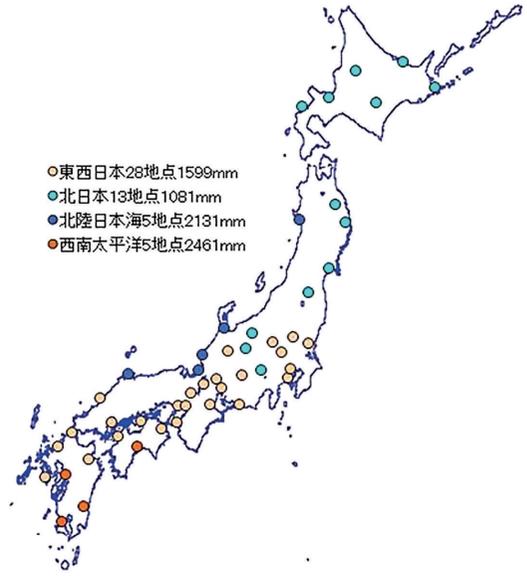
3. 降水連続日数と一雨降水量の細分階級図から見た降水長期変化の地域性

3.1 クラスター分析による地域区分

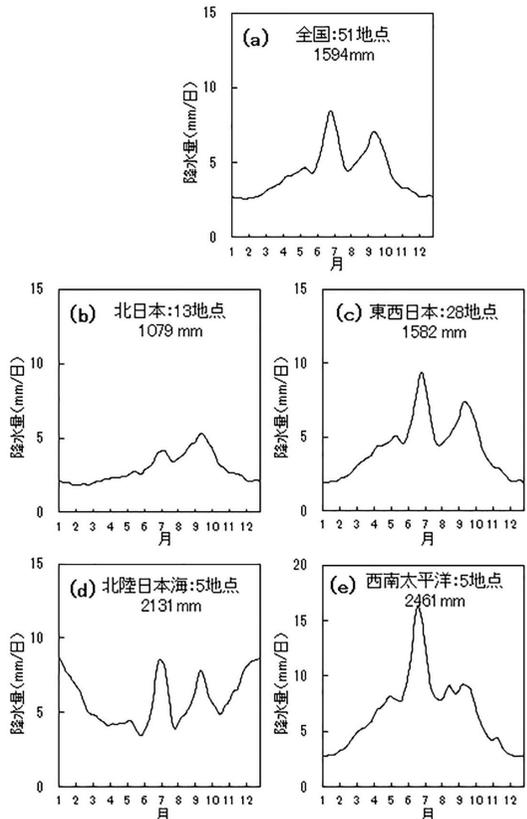
51観測地点の日降水量をクラスター分析して得られたデンドログラムを第1図に示す。右端の51地点平均の日降水量グラフが2つ、3つ、4つと順次小さなクラスターの地域平均グラフに枝分かれしている。ここでは、破線で示す4つのクラスター（4地域区分）を採用したが、地理的な視点からG1群に含まれる多度津はG2群に移して、4つの群に含まれる観測地点を第2図の地理図に示す。各群の地理的な位置からG1



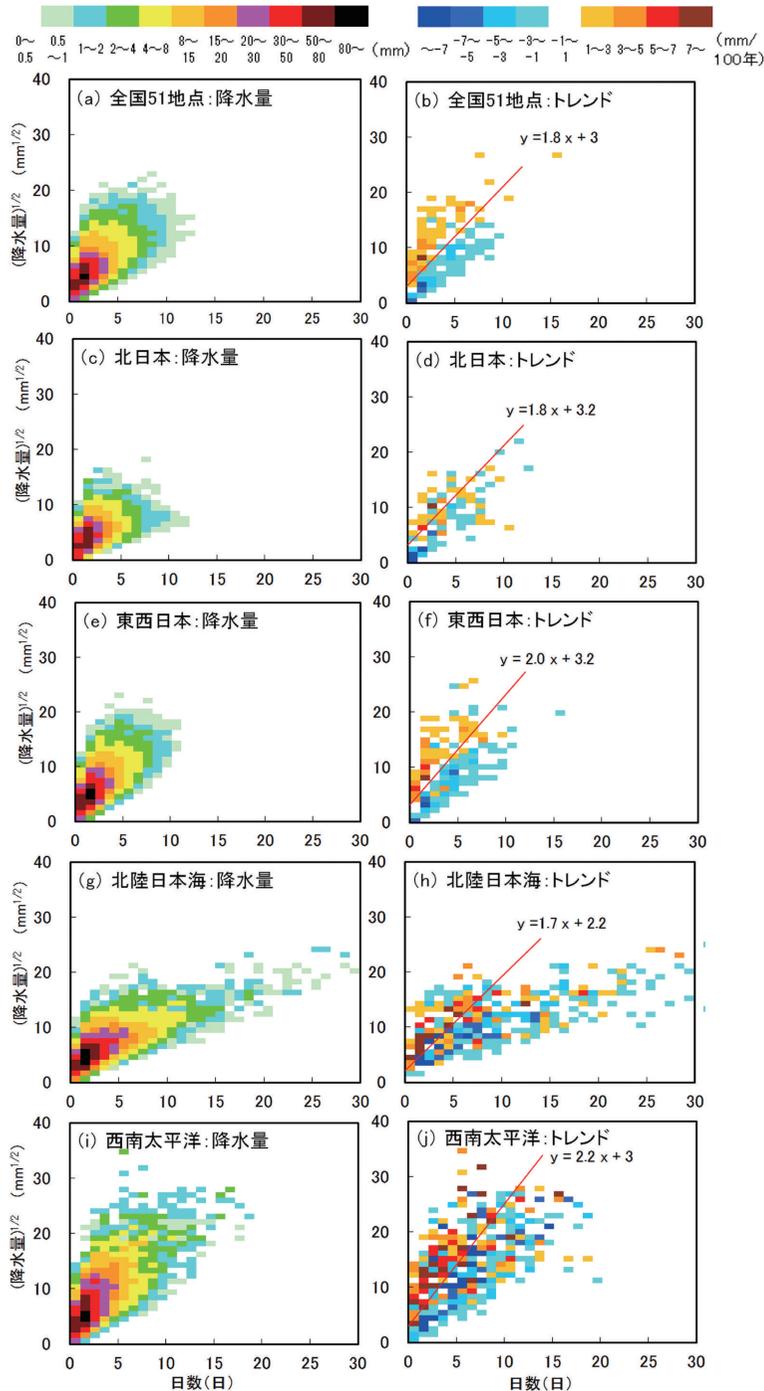
第1図 51観測地点のデンドログラム。横軸はユークリッド距離。



第2図 クラスター分析による全国の4地域区分地図。



第3図 クラスター分析による4地域の地域平均日降水量グラフ。



第4図 降水量の累年平均値とトレンドの2次元分布（縦軸：一雨降水量，横軸：降水連続日数）。
図の左側は累年値，右側トレンド，2領域分割の直線を赤線で示す。

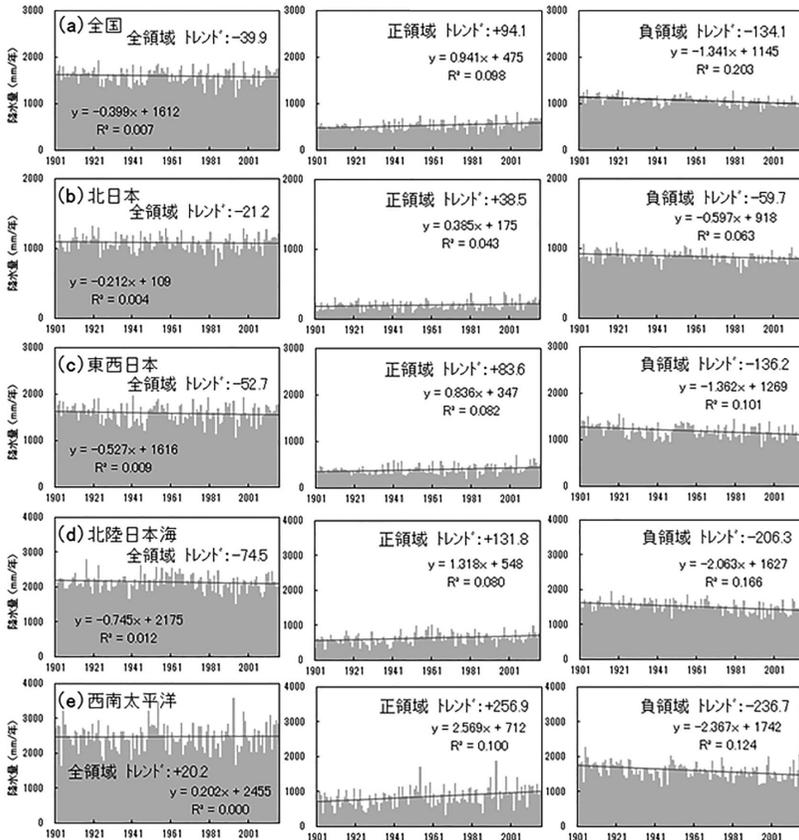
群13地点は北日本，G2群28地点は東西日本，G3群5地点は北陸日本海，G4群5地点は西南太平洋の各地域と名付け，地域平均の日降水量グラフを第3図に示す。第3図bの北日本は少雨型，第3図cの東西日本は第3図aに似た中雨型，第3図dは大きな冬季降水を伴う北陸日本海型，第3図eは鋭い梅雨ピークを持つ西南太平洋型を示し日本の降水の地域性を再現している（草薙2016）。

これらの4地域区分を用いて次節の検討を行った。

3.2 降水連続日数と一雨降水量の細分階級図による降水長期変化の地域性

2.3節の方法で計算した4地域の累年平均値 $[f_{m,k}]$ とトレンド $[t_{m,k}]$ を，縦軸は降水量の1/2乗に，横軸は日数にとった細分階級図（以下，2次元分布図と呼ぶ）にして第4図に示す。前報と同様に降水量の累年値の2次元分布は $[f_{m,k}]$ が 0 mm/年から80 mm/年以上までを11段階の色目盛りで，トレンドの2次元分布図は $[t_{m,k}]$ が -7 mm/100年以下から7 mm/100年以上までを9段階の色目盛りで塗り分けで表示した。

累年平均値の2次元分布図から導かれる中央値一雨降水量 Q_d (mm/日) を第4図について計算した。中央値



第5図 2領域分割後の降水量の経年変化。左：全領域，中央：正領域，右：負領域，トレンドの単位は，mm/100年，(a) 全国，(b) 北日本，(c) 東西日本，(d) 北陸日本海，(e) 西南太平洋。

一雨量による地域性評価では、北海道の Q_d が小さく（年間降水量の少雨地域に対応）、九州の Q_d が大きく（多雨地域に対応）なるとともに、日本海側より太平洋側の Q_d が大きくなる特徴がある。第4図aの全国51地点平均の $Q_d = 19.3$ mm/日は、草薙 (2017) の全国820観測地点平均の $Q_d = 18.5$ mm/日に近い値であった。北日本13地点平均（第4図c）の $Q_d = 13.2$ mm/日は、同じく北海道東部123地点平均と西部87地点平均の $Q_d = 12.3$ と 9.8 mm/日の両者に近い値である。また、東西日本28地点平均（第4図e）の $Q_d = 20.2$ mm/日は、東日本107地点平均 $Q_d = 19.9$ mm/日や西日本148地点平均 $Q_d = 17.0$ mm/日に近い値であった。さらに、北陸日本海5地点平均 $Q_d = 15.0$ mm/日（第4図g）は北陸日本海88地点平均 14.3 mm/日に、西南太平洋5地点平均 $Q_d = 28.7$ mm/日（第4図i）は西南太平洋104地点平均 31.8 mm/日に近い値を示し、全観測地点が51地点と少ないが本調査ノートの累年平均値の2次元分布図は全820観測地点による地域性評価と整合性のある結果となった。

トレンド2次元分布図（第4図b, d, f, h, j）の色の比較から、4つの地域についても前報で見出された全国51地点平均の特徴

第1表 2次元分布を直線分割後の2領域の年降水量の累年平均値とトレンド。背景が灰色のトレンド値は5%水準で有意を示し、降水量のかっこ中の数値は全領域の降水量に対する割合を%で示す。

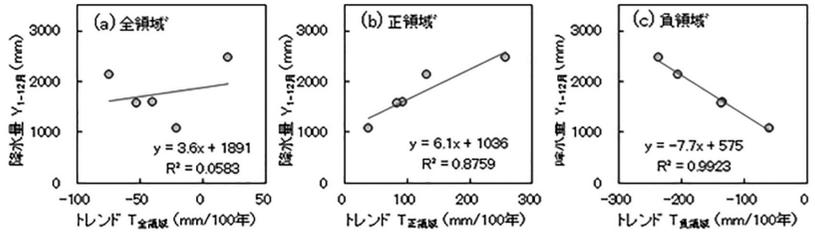
	全領域			トレンド正領域			トレンド負領域		
	累年平均値 (mm)	トレンド (mm/100年)	決定係数 (-)	累年平均値 (mm)	トレンド (mm/100年)	決定係数 (-)	累年平均値 (mm)	トレンド (mm/100年)	決定係数 (-)
全国	1596 (100)	-39.9	0.007	530 (33)	94.1	0.098	1066 (67)	-134.1	0.203
北日本	1080 (100)	-21.2	0.004	197 (18)	38.5	0.043	883 (82)	-59.7	0.063
東西日本	1585 (100)	-52.7	0.009	396 (25)	83.6	0.082	1189 (75)	-136.2	0.101
北陸日本海	2132 (100)	-74.5	0.012	625 (29)	131.8	0.080	1507 (71)	-206.3	0.166
西南太平洋	2467 (100)	20.2	0.000	863 (35)	256.9	0.100	1604 (65)	-236.7	0.124

である原点付近から正值と負値の境界に沿う斜め上方に向かう直線を引くことによって分布図を2分割できると判断した。そこで、直線式： $y = ax + b$ を仮定して前報と同じ方法で a と b を設定して分布の2領域分割を行った。得られた直線式の勾配 a は、全国51地点

の1.8に対して4地域は1.7から2.2の範囲にあり、各直線は正值と負値の領域の境界に沿って引かれていることが分かる（北陸日本海と西南太平洋は観測地点が5地点と少なく分布図の平均化が不十分のため2次元分布図の境界が分かり難くなっている）。全国と4地域の経年変化（累年値 $q_{m,k}$ ）を、全領域・正領域（直線の左上側）・負領域（直線の右下側）の3図の縦軸は同じ間隔で目盛って第5図に示す。図上の回帰直線から求めたトレンドと決定係数 (R^2) を第1表に示す。正領域と負領域のトレンドは、北日本： $+38.5$ mm/100年と -59.7 mm/100年、東西日本： $+83.6$ mm/100年と -136.2 mm/100年、北陸日本海： $+131.8$ mm/100年と -206.3 mm/100年、西南太平洋： $+256.9$ mm/100年と -236.7 mm/100年の地域順に絶対値が大きくなっていて、いずれも5%水準で有意である（全領域トレンドは5%水準の有意はない）。有意性の違いは、4地域の決定係数が全領域の $R^2 = 0.000 \sim 0.012$ と比較して、2領域分割後の正領域は $R^2 = 0.043 \sim 0.100$ 及び負領域は $R^2 = 0.063 \sim 0.166$ と大きな値になったことに起因する。

前報の全国51地点平均のトレンドの正領域 $+94.1$ mm/100年と負領域 -134.1 mm/100年は、東西日本のトレンドに近い値であった。東西日本の観測地点の割合が全国の55%（ $=28$ 地点/ 51 地点 $\times 100$ ）を占めるため妥当な結果と考えられる。第1表の全国の累年平均値は、正領域が全領域降水量の33%に対して、負領域は67%と約2倍の大きさである。

第1表の降水量の累年平均値とトレンドの関係を地域別に比較すると、多雨地域の西南太平洋： 2461 mmや北陸日本海 2131 mmが中雨地域の東西日本 1582 mmや少雨地域の北日本 1079 mmより正領域と負領域のトレンドの絶対値が大きい傾向がみられ累年平均値とトレンドの間に相関が予測される。そこで、トレンドと降水量の累年平均値の関係を調べるため散布図



第6図 2領域分割前後の領域トレンドと年間降水量との相関。

第2表 2次元分布を直線分割前後の領域トレンドと季節降水量との相関。相関係数0.9以上は背景を灰色で示す。

トレンド		$T_{全領域}$	$T_{正領域}$	$T_{負領域}$	
		(mm/100年)			
季節降水量	年間	0.241	0.936	0.996	
	6ヶ月毎	$Y_{4-9月}$	0.603	0.957	0.835
		$Y_{10-3月}$	0.371	0.459	0.742
3ヶ月毎	$Y_{1-3月}$	0.310	0.529	0.794	
	$Y_{4-6月}$	0.632	0.941	0.800	
	$Y_{7-9月}$	0.557	0.974	0.879	
	$Y_{10-12月}$	0.424	0.395	0.692	

にして第6図に示す。すると、降水量の累年平均値 ($Y_{1-12月}$: 1月1日から12月31日までの日降水量積算値、すなわち年間降水量) と全領域トレンド $T_{全領域}$ との相関係数は $r = 0.241$ ($R^2 = 0.0583$) と小さく、一方、正領域トレンド $T_{正領域}$ および負領域トレンド $T_{負領域}$ との相関係数は $r = 0.936$ ($R^2 = 0.8759$) および $r = 0.996$ ($R^2 = 0.9923$) と計算され2領域分割の前後で相関の強さに対照的な結果が得られた。さらに、累年平均値の期間を夏季中心の季節降水量 $Y_{4-9月}$ と冬季中心の季節降水量 $Y_{10-3月}$ の6か月ごとの2期に分けた場合、3か月ごとの4期に分けた季節降水量 $Y_{1-3月}$, $Y_{4-6月}$, $Y_{7-9月}$, $Y_{10-12月}$ との関係についても調べた結果を第2表に示す。

第2表から、正領域トレンド $T_{正領域}$ との相関が強い（相関係数 r が0.9以上）季節降水量は $Y_{7-9月}$, $Y_{4-9月}$, $Y_{4-6月}$, $Y_{1-12月}$ の4つであり、年間降水量 $Y_{1-12月}$ を除けば全て夏季の降水であることが分かる。一方、負領域トレンド $T_{負領域}$ と相関係数0.9以上を示すのは年間降水量 $Y_{1-12月}$ のみであり、季節降水量には相関係数0.9以上を示す組み合わせはない。この結果は、正領域トレンド $T_{正領域}$ は梅雨の大きな降水ピー

クを含む夏季を中心とする降水（第3図a）の増加を、負領域トレンド $T_{\text{負領域}}$ は一年間を通して観測される降水の減少を反映していることを示唆すると考えられる。

4. おわりに

全国51観測地点を4地域分割して降水長期変化の地域性について調べた結果、全国51地点平均と同様、いずれの地域も降水量トレンドの2次元分布図上で、分布を2分する直線の左上側（短期間の強い降水）がトレンド正值を示す領域、右下側（長期間の弱い降水）がトレンド負値を示す領域に分かれることが分かった。

正領域と負領域のトレンドの絶対値は、少雨地域の北日本13地点平均が最も小さく、多雨地域の北陸日本海5地点平均や西南太平洋5地点平均が大きな値で、中間値の東西日本28地点平均は全国51地点平均に近い値を示した。

さらに、全国51地点平均の正領域トレンドは7月から9月までの夏季降水との相関が強く、負領域トレン

ドは年間降水量との相関が強いことが明らかになった。

謝 辞

本調査ノートをまとめるにあたり、編集委員の藤部文昭氏から貴重なコメントとご助言を頂きましたことに心より御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 気象庁, 2017: 日本の年平均降水量偏差. http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/an_jpn_r.html (2017.2.19閲覧).
- 草薙 浩, 2016: 平年日降水量時系列のクラスター分析による日本の9気候地域区分の提案. 天気, 63, 5-12.
- 草薙 浩, 2017: 階級別一雨降水量と降水連続日数からみた日本の降水特性の地域性. 天気, 64, 513-517.
- 草薙 浩, 2018a: 降水連続日数と一雨降水量から見た日本の降水特性の長期変化. 天気, 65, 101-111.
- 草薙 浩, 2018b: 降水連続日数と一雨降水量の細分階級から見た日本の降水長期変化. 天気, 65, 181-184.