

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

草 薙 浩*

要 旨

平年日降水量時系列のクラスター分析を行って日本の地域区分を試みた。分析結果から、日本(820観測地点)は、最初に、降水量の違いによって多雨地域と少雨地域の2地域に区分される。ついで、夏季と冬季の降水量の違いによって多雨地域が2地域に枝分かれして日本独特の降水特性を示す3地域に区分されることが明らかになった。さらに、平年日降水量の季節進行のより詳しい違いに基づいて、最終的に、日本の地域区分として9地域区分を提案した。

1. はじめに

日本の気候による地域区分の研究は、古くから沢山なされている。吉野(2003)の総説によると、明治16年(1883年)頃には日本を7地域に分けた「本邦気象区画」が制定されており、19世紀末には天気予報や暴風警報などに、この気象区画が利用されたと紹介されている。これは中川(1899)の研究によるものと考えられる。その後、地域区分に関する多くの研究が、福井(1928)、関口(1959)、鈴木(1962)、前島(1958, 1968)、吉野・甲斐(1977)などによってなされている。その多くは、気温と降水量の2つを気候による地域区分の主な指標として用いている。

降水量のみを用いて日本の地域区分を行った研究(菊地原 1981)もある。野本ほか(1983)は、年降水量と月降水量の年変化を組み合わせることで日本を16地域に区分した。井上・松本(2005)は、年降水量に対する降水量の通年半年別年平均値の比を用いたクラスター分析によって日本を7地域に区分している。彼らのクラスター分析法では、地域区分に年降水量の違いが反映

され難い降水量比を用いている。

小泉・加藤(2012)は、地域区分に客観的手法(多変量解析)を用いることの重要性を強調している。月降水量に先ず主成分分析を適用し、得られた因子負荷量のクラスター分析によって日本を9つの地域に区分した。彼らの2段階の分析法では、東日本を南北に、また東北地方を東西に分かれるとする日本の2地域区分に、年降水量の違いがあまり反映されていない結果になっているようである。また、月降水量データを利用していることから、例えば梅雨入り梅雨明けのタイミングのような細かな変化を捉えきれていない可能性もある。

年平均値の日降水量をグラフ化すると、梅雨や秋雨の様子を明瞭なピークとして検出できるので(草薙 2012)、月降水量や半年降水量と比べて、より詳細な降水量の年変化パターンを描くことが可能である。本研究では、平年日降水量時系列のクラスター分析による日本の気候地域区分を提案するとともに、地域平均の降水量グラフを用いて、得られた地域の降水季節パターンの特徴を調べた結果を報告する。

* 京都ウェザー研究会, wrqgw841@yahoo.co.jp

—2015年5月18日受領—

—2015年10月16日受理—

2. 日降水量時系列データと解析方法

2.1 日降水量時系列データ

年平均値の日降水量時系列データと観測地点の地理

データは、気象庁の過去の気象データ検索サイト (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2015.9.20閲覧) の都府県・地方の選択画面を利用して取得した。気象官署及びアメダスのデータから、各気象観測地点の緯度経度を確認しながら、できるだけ多くの観測地を選定して、最終的に820観測地点の平年値の日降水量時系列データ (1981-2010年) をダウンロードした。

2.2 クラスタ分析

820観測地点の平年日降水量時系列データに、クラスター分析法を適用し、日本をいくつかの地域に区分することを試みた。観測地点 i の日降水量データを X_{i1}, \dots, X_{ip} ($p=365$)、観測地点 j について同様のデータを X_{j1}, \dots, X_{jp} とすると、観測地点 i と j の平年日降水量の年変化の類似度を表すユークリッド距離 d_{ij} は次のように定義される (日降水量の年変化が一致すると $d_{ij} = 0$ になる)。

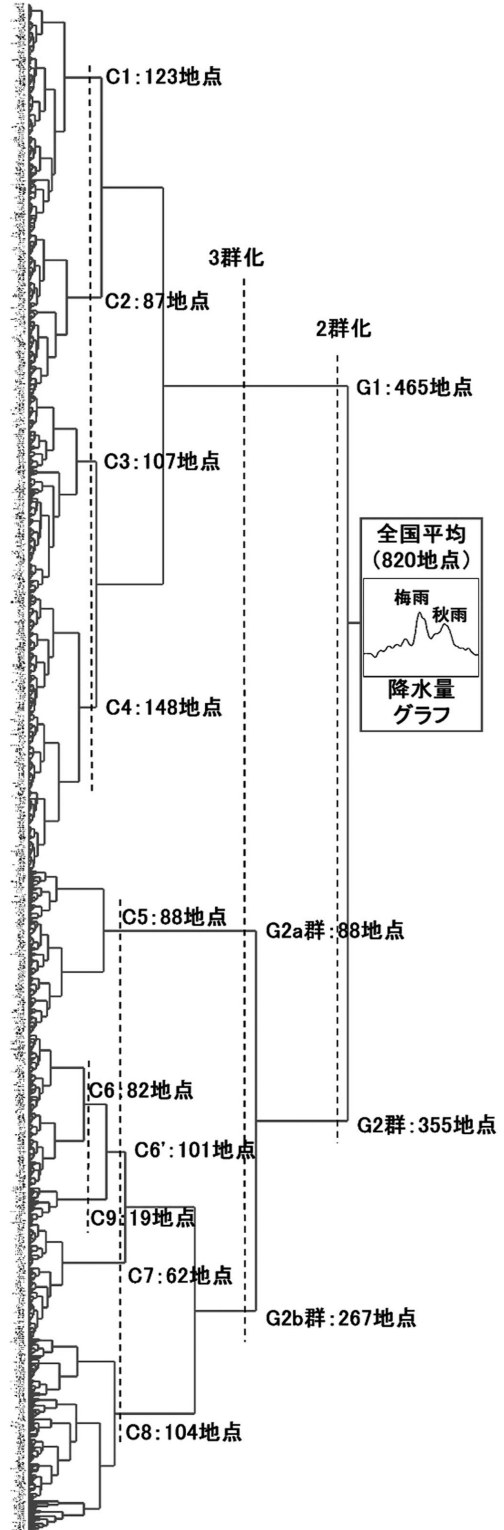
$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \quad (1)$$

クラスター分析では、ユークリッド距離の2乗が最小になる観測地点及び既形成クラスターのペアを探して集団化する作業を繰り返し、順次新たなクラスターを作ってゆく手法を用いた (階層的クラスタリング)。既形成クラスターとのユークリッド距離の計算法にもいくつかの手法が存在するが、本研究においてはWard法を用いることとした。820観測地点の平年日降水量時系列 ($p=365$) の類似度を数値化してデンドログラム (樹形図) を描き、群化された各クラスターの平均的な平年日降水量時系列をグラフ化し、それらの特徴について調査する。

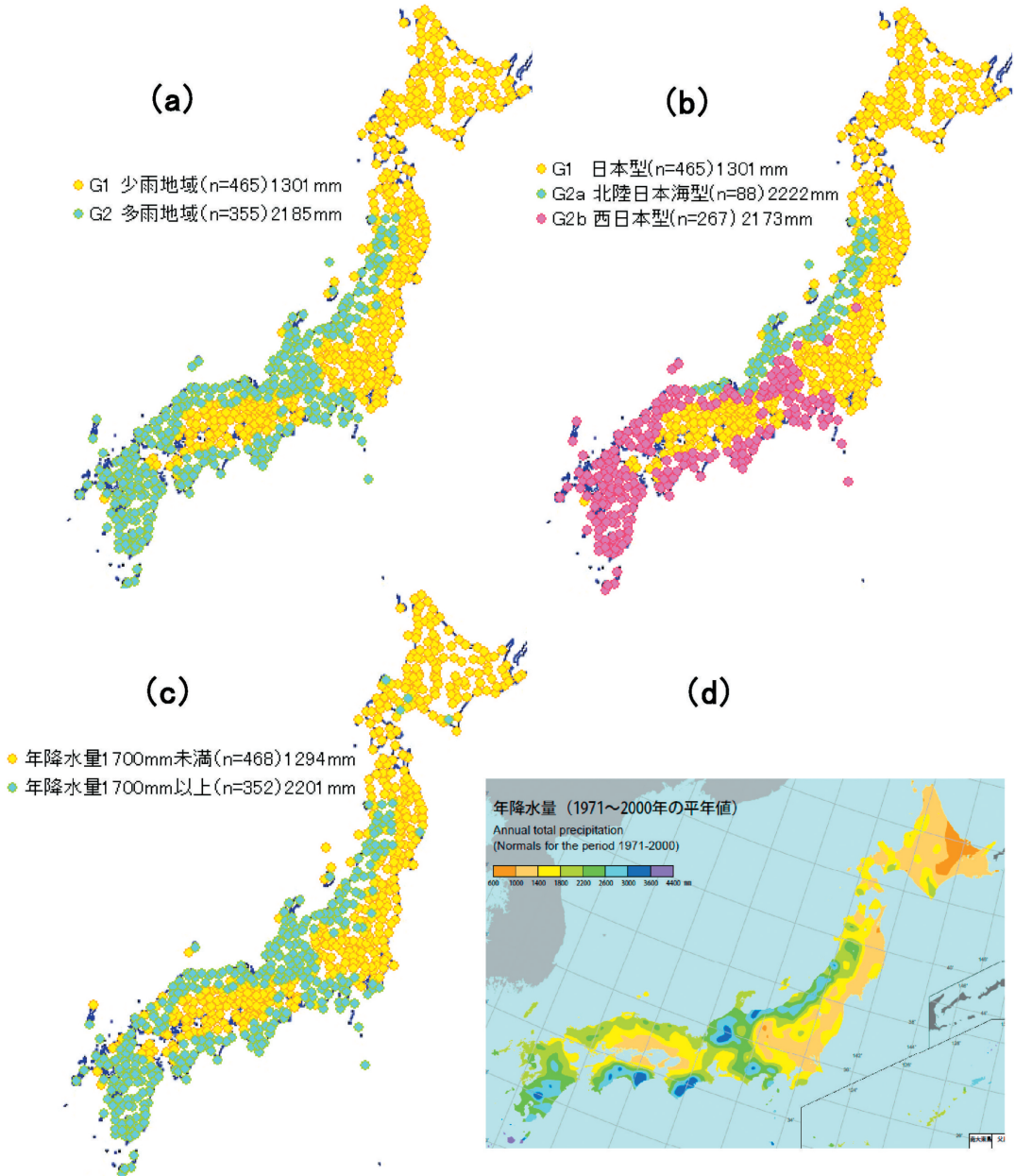
3. 平年日降水量時系列に基づくクラスター分析結果

平年日降水量時系列データを用いて、820観測地点をクラスター分析したデンドログラムを第1図に示す。横軸はユークリッド距離 d_{ij} を表す。

820観測地点の母集団に対し、順次クラスター化されていく様子が可視化されており、最終的に、デンドログラム右側の1つのクラスター、すなわち、全国平均の平年日降水量時系列に集約されることを、第1図は示している。したがって、右側になるほどユークリッド距離 d_{ij} の2乗が遠いペアをクラスター化することになる。このデンドログラムを右から逆に辿って考察すると理解しやすい。



第1図 日本の820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2地域及び3地域区分図, 年降水量による2地域区分図, 降水量等高線図の比較。(a)クラスター法2区分, (b)クラスター法3区分, (c)年降水量2区分, (d)降水量等高線(気象庁資料引用)。

全国平均の日降水量年変化パターンが、最初にG1群とG2群の2つのクラスターに枝分かれする(2群化)。G1群は465観測地点, G2群は355観測地点の大きなクラスターである。ついで、3群, 4群, …に枝分かれしていることが図からわかる。次の3群化の

過程では、G2群がG2a群(88観測地点)とG2b群(267観測地点)に枝分かれして3つのクラスターになっている。

2群化されたG1群(465観測地点の平均年降水量1301mm)とG2群(355観測地点の平均年降水量

2185 mm) を2種類に色分けして第2図aに示す。G1群は東日本以北と瀬戸内地域が平均年降水量1301 mmの少雨地域(黄色の○印)、G2群は西日本以南と北陸日本海岸地域が平均年降水量2185 mmの多雨地域(緑色の○印)になっていることがわかる。さらに、3群化されたG1群(465観測地点)、G2a群(88観測地点の平均年降水量2222 mm)とG2b群(267観測地点の平均年降水量2173 mm)を3種類に色分けして第2図bに示す。3群化では第2図aの多雨地域が北陸日本海地域(年降水量2222 mm, 緑色の○印)と西日本地域(年降水量2173 mm, 桃色の○印)に分かれている。比較のため、820観測地点の平年日降水量時系列について、個別に計算した年降水量を1700 mm未満と1700 mm以上の2種類に色分けした年降水量2区分地図を第2図cに、気象庁が発表している降水量等高線地図を第2図dに示す。第2図aは、第2図cの年降水量2区分地図と極めてよく似ており、第2図dの降水量等高線地図ともよく対応している。これらの関係は、クラスター分析による最初のG1群とG2群への枝分かれは年降水量という要因によることを示唆する。

全国平均が2群、続いて、3群に枝分かれするとき働く要因を詳しく考察するため、この部分のデンドログラムに対応する日降水量グラフを第3図に示す(デンドログラムとは左右逆向きに表示)。

第3図aの全国平均の日降水量グラフ(820観測地点の個別の日降水量時系列データを加算平均合成することによって得た820地点の平均降水量グラフ)は、年降水量1685 mmで明瞭な梅雨ピーク(8.5 mm/日)と少し小さい秋雨ピーク(7.0 mm/日)を持つ。この平年日降水量時系列が枝分かれしたG1群とG2群の2地域の平均日降水量グラフでは、梅雨や秋雨ピークの大きさにも変化はあるが、2つのグラフにおける最大の違いは年降水量である。第3図bに示すG1群の平均年降水量1301 mmに対して第3図cに示すG2群の平均年降水量2185 mmは約1.7倍である。また、第1図のデンドログラムで、2群が3群に変化する過程を第3図の日降水量グラフで見ると、G2群が枝分かれしてできるG2a群とG2b群では、年降水量には殆ど差はないが、日降水量グラフの形に大きな違いが見られる。G2a群の平均降水量グラフ(第3図e)は、冬季中心の大きな降雪とはっきりした梅雨ピークを持ち、G2b群の平均降水量グラフ(第3図f)は、夏季中心の幅広い降水と大きな梅雨ピークを持っている。

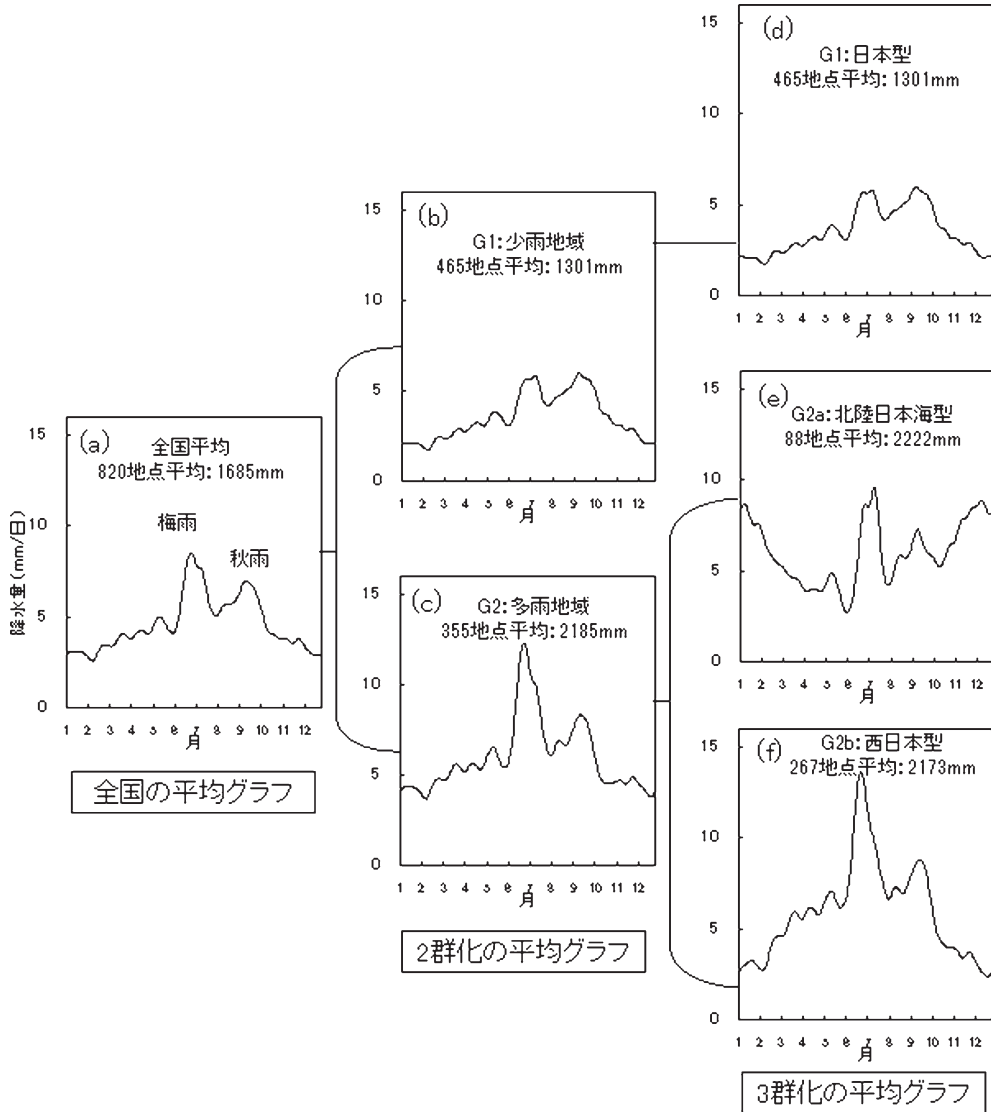
以上の結果から、クラスターの2群化の過程で働く要因は、G1群(第3図b)とG2群(第3図c)の年降水量の大きな違いと考えられる。式(1)では観測地点*i*と*j*の日降水量の差を365日に渡って積算するので年降水量に大きな差があるとユークリッド距離 d_{ij} が大きくなる。次の、3群化でG2a群とG2b群に枝分かれする過程で働く要因は、日降水量の年変化パターンの違いに基づくと考えられる。すなわち、ほぼ同じ大きさのシャープな梅雨ピークを除いたブロードで期間の長い比較的大きな降水のピークが冬季にあるG2a群(第3図e)か、夏季にあるG2b群(第3図f)かの違いが、やはり式(1)の d_{ij} の差にかなり大きく反映する結果と考えられる。クラスターがさらに、4群、5群…と小さく枝分かれしてゆく過程では、年降水量と降水量の季節変化のより小さな要因が働くことと推測される。

日本(820観測地点)は、最初に、年降水量の違いによって多雨地域と少雨地域の2地域に、次いで、夏季と冬季の年降水量の違いによって多雨地域が2地域に区分され日本独特の降水特性を示す3地域区分になることがクラスター分析法により示された。全国平均の降水量年変化に近いパターンを示すG1群には日本型、G2a群には北陸日本海型、G2b群には西日本型と仮に名付け第2図bに示した。第3図の降水量グラフの大きな違いを根拠に、第2図bの3区分地図が降水特性から見た日本の基本地域区分と考えることができる。

4. 日本の9地域区分と降水季節パターンの特徴

4.1 日本の9地域区分地図

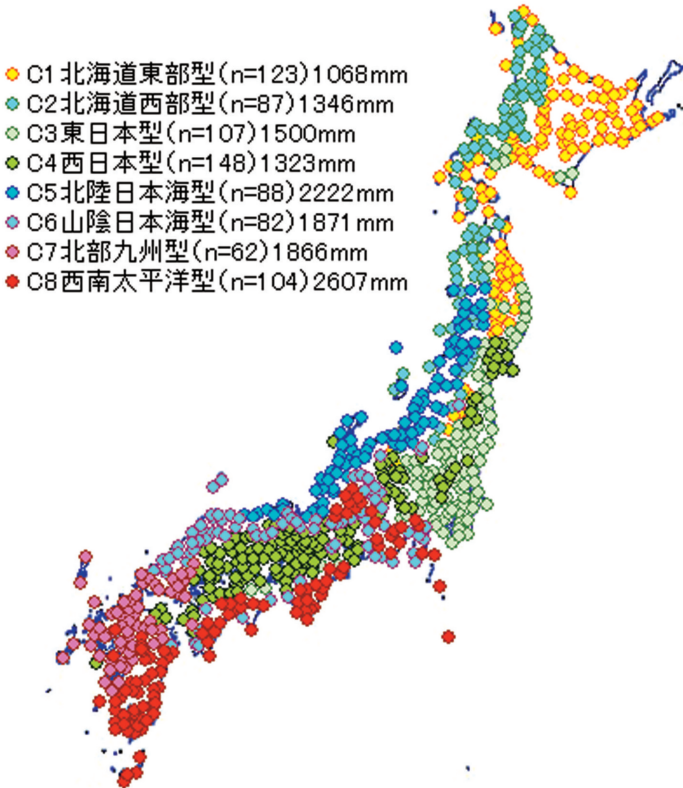
前節の平年日降水量時系列を用いたクラスター分析では、式(1)を通じて、地域区分に年降水量の絶対量の違いと季節ごとの降水量の違いを反映することが示された。そこで、日降水量グラフの詳細な違いに注目して日本のより詳細な地域区分を行うこと試みた。3地域区分の地図では、日本の国土の約半分に匹敵する北海道、関東、近畿、瀬戸内を合わせた地域がG1群の日本型に含まれ、1つの区分地域としては大き過ぎる。第1図のデンドログラムにおける枝分かれの様子と観測地点の数を考察すると、仮に、観測地点数(地域面積)が最小のG2a群を1つの地域単位と考えるとG1群を4つに、G2b群は3つに分けることが妥当ではないかと考えた。そして、G1群(465地点)は、デンドログラムに示すように、C1群(123地点)、C2



第3図 デンドログラムに対応させて描いた3つのクラスターの平均日降水量グラフ。

群 (87地点), C3 群 (107地点), C4 群 (148地点) の4群に区分した。G2a 群はそのまま C5 群 (88地点) とし, G2b 群は C6' 群 (101地点), C7 群 (62地点), C8 群 (104地点) の3群に区分した。しかし, C6' 群に含まれる奄美沖縄地方 (19地点) は, C6' 群の他の地域とは地理的に遠く離れているため観測地点の数は少ないが1つの地域と考えた。C6' 群を C6 群 (82地点) と C9 群 (19地点) に分け, 最終的に, 日本全土を C1 群から C9 群の合計9地域に区分するのが最も相応しいと判断した。

この9地域区分の観測地点を印付けした地図を第4図に示す。第4図には, 区分地域に含まれる観測地点の数 n と地域の平均降水量も示している。G1 群を4分割した C1 群から C4 群地域は, 北海道の東部地域と西部地域の2地域と本州の関東太平洋岸を中心とする地域と瀬戸内海を中心とする地域の2地域に4区別されていることがわかる。G2b 群を4分割した C6 群から C9 群地域は, 山陰地方の地域, 北部九州の地域, 九州南部から四国・紀伊半島・中部地方の一部の地域, 奄美沖縄地方の地域 (地図は省略) に4区別さ



第4図 日降水量グラフのクラスター分析による9地域区分地図
(C9群の奄美沖縄地方は省略)。

れていることが示されている。これらの地理及び行政区分を参考にして、C1群は北海道東部型、C2群は北海道西部型、C3群は関東太平洋型、C4群は瀬戸内海型、C5群は北陸日本海型、C6群は山陰日本海型、C7群は北部九州型、C8群は西南太平洋型、C9群は奄美沖縄型の地域と名付けた。気温と比べると、降雨は局所的な地形の影響を受けやすいので区分地域が入り組んでいるところも見られる。第2図dの降水量等高線地図にも示されている中部山岳地域の高降水量地域は、西南太平洋型の区分地域に含まれる。

平年日降水量時系列のクラスター分析結果の詳細な解析から、降水特性に基づく日本の地域区分として、第4図に示す9地域区分を提案する。

4.2 9区分地域の降水季節パターンの特徴

9区分地域の平均降水量グラフを年降水量も含めて第5図に示す。これらの平均降水量グラフは各区分地域の特徴を捉えた降水量グラフになっていることを以下で見てゆく。

第5図aと第5図bに示す北海道2地域の平均降水量グラフは、他の7地域とは異なって、梅雨ピークが殆ど認められない形をしている。日本海に面した西部型では1月の降雪ピーク(4.2 mm/日)が東部型のピーク(2.1 mm/日)の2倍の大きさがあるので、グラフ形状から両地域は明確に区別される。年降水量も他の地域と比べて小さい。

第5図cの関東太平洋型の地域では、瀬戸内海地域(第5図d)と異なり、梅雨ピーク(6.6 mm/日)より秋雨ピーク(7.9 mm/日)の方が大きい。第5図dでは梅雨ピーク(8.5 mm/日)後の盛夏に約1ヶ月の少雨期(3.6~4.0 mm/日)があるのに対して、第5図cは梅雨ピーク(6.6 mm/日)の後の盛夏に第5図dの約1.5倍の降水(5.0~6.5 mm/日)を示す。

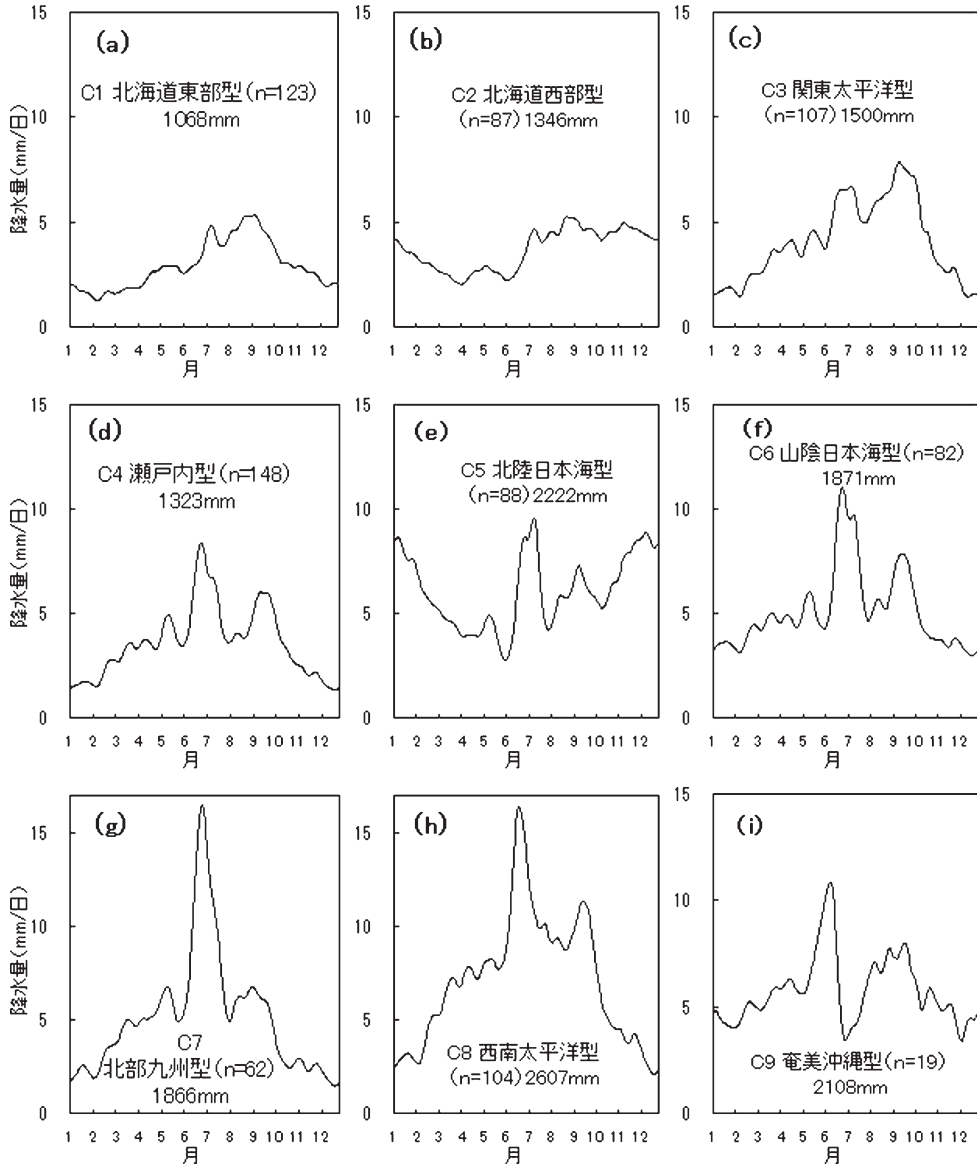
瀬戸内海型(第5図d)と山陰日本海型(第5図f)の平均降水量グラフは、全国平均の降水量グラフ(第3図a)に形が似ているので、全国平均の降水季節パターンを示す地域といえる。

瀬戸内海地域の年降水量1323 mmは、山陰日本海地域1871 mmに比べて3割近く少なく、多雨地域の多い西日本(第2図a)にある少雨の地域である。

日本の降水量グラフは夏季に降水の山を示す凸型グラフが一般的である。しかし、第5図eの北陸日本海型の平均降水量グラフは、これと大きく異なり、1月と12月にピーク降水量8.7 mm/日と8.9 mm/日を示す典型的な凹型をしている。冬季の大きな降雪によるため、このグラフは世界でも屈指の豪雪地帯とされる北陸日本海地方を特徴付けるものである。年降水量2222 mmは、第5図hの西南太平洋地域の年降水量2607 mmに次いで2番目に大きい。

第5図gの北部九州地域は、日本で最も典型的な梅雨のある地域で、極めて大きなピーク(16.5 mm/日)が梅雨時の多雨を物語っている。

西南太平洋地域は、全国平均の梅雨ピーク(第3図a: 8.5 mm/日)より大きな日降水量の日が6月3日から10月3日まで123日も続くなど冬季を中心とする



第5図 クラスター分析による9区分地域の平均降水量グラフ。(a)北海道東部型、(b)北海道西部型、(c)関東太平洋型、(d)瀬戸内海型、(e)北陸日本海型、(f)山陰日本海型、(g)北部九州型、(h)西南太平洋型、(i)奄美沖縄型。

4ヶ月以外は雨量が多くて年降水量2607mmという世界的にも有数の多雨地域であることが第5図hの平均降水量グラフから読み取れる。

日本で最初に梅雨が明ける奄美沖縄地方の平均降水量グラフ(第5図i)は、梅雨ピーク(11.0mm/日)の大きさが北部九州型(16.5mm/日)や西南太平洋型(16.4mm/日)地域より小さく、かつ、両地域に

はない梅雨明け後の1ヶ月ほどの少雨期(3.4~4.5mm/日)の存在が特徴的である。

5. おわりに

平年日降水量時系列のクラスター分析から以下の結果を得た。

- (1) 日本(820観測地点)は、最初に、降水量の違い

によって多雨地域と少雨地域の2地域に区分され、次いで、この多雨地域が2地域に枝分かれして得られた3地域区分が降水量に基づく基本的地域区分と判断した。

- (2) 最終的な日本の地域区分として、区分地域の大きさを考慮した9地域区分を提案した。9地域の平均降水量グラフは各区分地域の特徴を捉えた降水量グラフになっていることが確認された。

謝辞

本短報をまとめるにあたり、編集委員の青柳暁典氏と査読者の方から貴重なコメントとご助言を頂きました。各位に対して心より御礼申し上げます。

参考文献

- 福井英一郎, 1928: 我邦に於ける気候分類に就きて. 地理学評論, 4, 841-853.
- 井上知栄, 松本 淳, 2005: 降水量の季節推移パターンからみた日本の気候区分. 2005年度日本地理学会春季学術大会要旨集, 62.
- 菊地原英和, 1981: 日本の気候区分とその技法. 気象研究ノート, (143), 39-65.
- 小泉和也, 加藤央之, 2012: 気候要素の変動パターンに基づく日本の気候区分. 日本大学文理学部自然科学研究所紀要, (47), 185-197.
- 草薙 浩, 2012: 日降水量グラフから見た日本列島の梅雨と秋雨. 日本気象学会2012年度秋季大会予稿集, A313.
- 前島郁雄, 1958: 気候分類の二つの立場. 早稲田大学教育学部学術研究, (7), 101-110.
- 前島郁雄, 1968: 自然季節の気候学. 気象研究ノート, (98), 31-41.
- 中川源三郎, 1899: 本邦気候の区分に就て. 地学雑誌, 11, 347-354.
- 野本眞一, 千葉 長, 矢島栄三, 1983: 気候要素の地域区分への主成分分析法の応用 (降水量によるわが国の地域区分). 天気, 30, 385-392.
- 関口 武, 1959: 日本の気候区分. 東京教育大学地理学研究報告, (3), 65-78.
- 鈴木秀夫, 1962: 日本の気候区分. 地理学評論, 35, 205-211.
- 吉野正敏, 2003: 生気候による日本の地域区分. 地球環境, 8, 121-135.
- 吉野正敏, 甲斐啓子, 1977: 日本の季節区分と各季節の特徴. 地理学評論, 50, 635-651.

Proposal of Nine Climate Regions for Japan Using the Cluster Analysis of the Daily-Averaged Water Precipitation

Hiroshi KUSANAGI*

* *Kyoto Weather Research Group, 131-16 Okamedani-Manjojiki, Fukakusa, Fushimi, Kyoto, 612-0846, Japan.*

(Received 18 May 2015; Accepted 16 October 2015)
