

異常気象—特に集中豪雨の長期的動向

山元龍三郎(京都大学名誉教授)

第1回川づくり講演会 (2005年3月8日、神戸市)

§ 1 はしがき

洪水など自然災害の被災者数が、世界的に長期増加傾向にある。災害の程度は、人間社会の脆弱性にも関係するが、集中豪雨など極端な天気それ自体の程度・規模に支配されている。災害気象が、地球温暖化に誘発されて激化するかどうかは重要課題である。

この問題解明の具体的方策は、大別すると、①気候の数値シミュレーションと②過去の観測データの統計解析の2手法がある。前者は、気候変動のメカニズムに関する理解を基にして気候モデルを構築し、地球の気候をコンピュータ上に描くものである。気候システムという複雑系について、完璧な数値モデルの構築は容易でない。他方、観測データは、自然現象を反映したものであるなので、その統計解析により過去の変化を直接的に把握できる。その結果、気候強制作用を確認して気候の将来像の描写が可能となる。しかし、後述するように、信頼できる統計解析結果への道程は平坦ではない。

ここでは、主に、過去約100年間の日本の気象観測データの解析結果に基づいた考察した結果を述べる。

§ 2 Sussex パラドックス

気候変動の統計解析において重要な注意点は、結果の信頼度の確認である。この重要性を如実に示しているのが、1980年9～10月に英国のSussex州の都市での出来事である。過去の日降水量データの統計から再現期間が1000年以上だと算定されていた大雨が、僅か1ヶ月の間に2回も起こった。

同様な矛盾が、1994～1997年に豊中市と箕面市でも経験された。これらの矛盾は、利用できる時系列データ数が不十分であったために、算定結果に曖昧さが著しく大きくなったことに起因している。

再現期間の算定では、次のような曖昧さが存在する。50年間の時系列データから算定する場合、1ヶ所のデータのみを利用した時は、曖昧さが大きく50年再現値と1000年再現値の識別が困難である。他方、20ヶ所の同様なデータを用いた時には、50年再現と100年再現との識別が可能となる。

集中豪雨の統計的に有意な長期変化を検出するためには、統計結果の曖昧さを小さくする必要がある。利用可能な気象観測データが高々100年間程度しかない現状では、信頼できる解答を確保できる方策は、1ヶ所のデータを個別に解析しないで、多数の観測点を含む観測網データを一括して取り上げることである。

§ 3 集中豪雨のデータ

東京での日降水量の年最大値の年々の推移において、不規則な年々変動の中に、極端に大きい降水が、100年間に2回程度認められる(図-1)。集中豪雨は、1観測点での発現は稀であるので、その長期変化の検出を目的とした研究では、個々の観測点での100年程度の時系列データの個別の解析から、統計的に有意な結果を得るのは困難である。他方、観測網データを一括取り扱うことにすれば、観測網全体としての長期変化の検出の可能性がある。

その場合でも、なお、注意すべき問題点がある。それは「誤りのデータ」の介在である。大量の観測データでは、観測、記録やデータ収納の各過程で不注意ミスが絶対に起こらないとの保証はない。そのために、観測データの品質チェック

が必要である。その簡便な手法は、データの中の大部分のものと比べてかけ離れた値のデータを「誤りのデータ」と見なすのである。激しい集中豪雨は、図-1でも見られるように、他のデータからかけ離れているので、品質チェックの過程で、「誤りのデータ」として削除される懸念がある。

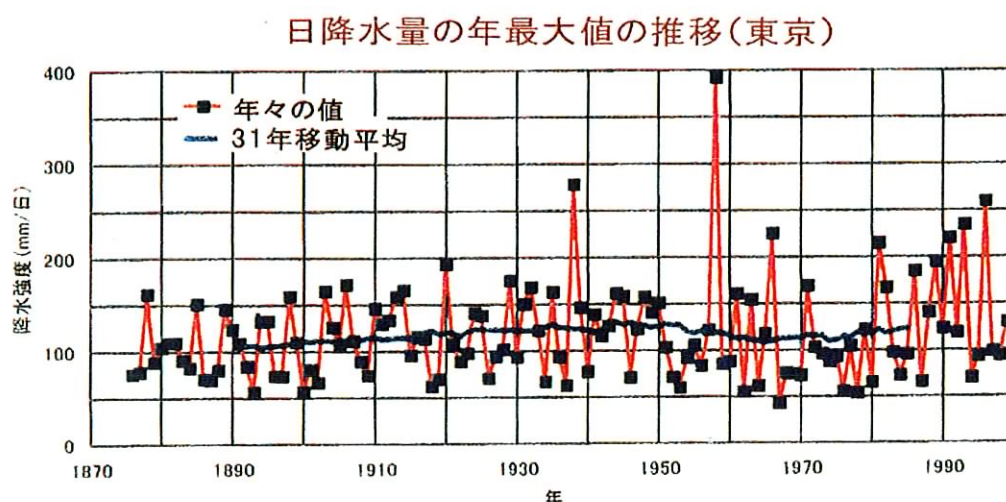


図-1 過去 100 年間の東京での日降水量の年最大値

そのような懸念を払拭するために、年最大値の時系列データの代わりに、筆者らは、気象庁のデータファイルの中の極値順位データ（略称 RANK）を利用することとした。

§ 4 極値順位データ

気象庁は、全国約 160 ヶ所の気象台や測候所の日降水量などの観測データについて、観測開始から最近までの最大値の第 1 位から第 10 位まで（データの種類によって第 5 位まで）のデータを極値順位データ（RANK）という特別のデータセットとしてまとめている。そして、品質管理の結果が個々の

データに特記されているので、「誤りのデータ」が介在する可能性は、非常に低いと判断できる。

極値順位データの振る舞いと集中豪雨の激化傾向とは、次のように関連している。個々の観測点での100年最大値の発現年について、その年代別頻度分布は集中豪雨の激化を反映している。もしも、観測網全体として集中豪雨が長期的に激化も衰弱もしていない場合には、100年最大値の発現頻度は年代によって異ならない。他方、集中豪雨活動が激化（衰弱）している場合には、100年最大値の頻度は、年代の進行と共に多く（少なく）なっている。

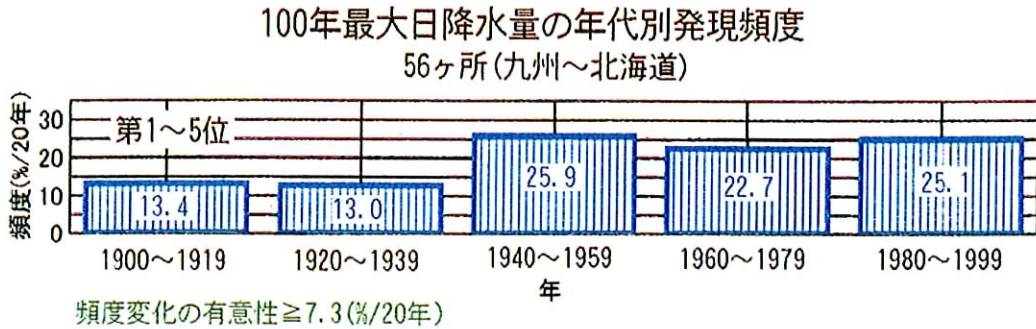
この関連性を導くために、不規則な数字（乱数）を用いた Monte Carlo シミュレーションを行った。100個の乱数を並べた系列の1つを、1観測点での日降水量の年最大値の100年間データに対応させる。そのような系列の50組または100組は、50または100観測点を含む観測網のデータに対応する。これらの乱数系列群が、観測網における年最大値の100年間データに対応することになる。

この手法を適用できるのは、極値順位データが不規則である場合である。個々の観測点での第1～10位データの間（時間的）不規則性と、異なる観測点のデータの間（空間的）不規則性が対象である。これらの不規則性が確認できているので、Monte Carlo シミュレーションの結果を道具として利用できる。

§ 5 集中豪雨の激化

56観測点を含む全国観測網の日降水量の100年最大値（第1～5位）の発現年の年代別頻度分布では（図一2）、1940年までの第1期と第2期での発現比率は約14(%/20年)%以下であるが、それ以後の3期では全て22(%/20年)以上である。

このような 100 年最大値の発現時期の頻度の急増が、観測網としての極値の急増傾向を反映している。



図一 2 全国 56 ヶ所での 100 年最大(第 1 ～ 5 位)
日降水量の発現時期の年代別頻度分布

§ 5 集中豪雨の激化

56 観測点を含む全国観測網の日降水量の 100 年最大値(第 1～5 位)の発現年の年代別頻度分布では(図一 2)、1940 年までの第 1 期と第 2 期での発現比率は約 14(%/20 年)%以下であるが、それ以後の 3 期では全て 22(%/20 年)以上である。このような 100 年最大値の発現時期の頻度の急増が、観測網としての極値の急増傾向を反映している。

図一 2 の状況は次のように解釈できる：1900～1939 年の 40 年間に於いて再現期間が 40 年であった日降水量は、1940～1999 年では約 10～35 年の再現期間と計算され、集中豪雨の激化・頻発を示している。

§ 6 地球温暖化と集中豪雨の激化

気候のシミュレーションにより、大気中の二酸化炭素の増加にともなう地球規模の降雨状況の変化を始めて論じたのは、気象庁附属気象研究所のグループである (Noda & Tokioka, 1989)。地球温暖化と共に、地球規模の平均的降雨量は増加するが、降雨面積は減少するという結果である。二酸化炭素などの温室効果ガスの増加に伴う温暖化の程度は、中緯度では、大気下層で大きく上層で小さい (または逆に寒冷化する) ことにより、大気的不安定度が助長されて激しい降雨を引き起こす対流が起こりやすくなるからである。

§ 7 おわりに

温室効果ガスの野放図な排出の結果が、地球規模で温暖化や海面水位上昇を惹き起こすにとどまらないで、集中豪雨を激化させるなど災害拡大につながることに留意すべきである。

集中豪雨の激化傾向は、土木建造物などの設計基準の見直し問題を浮上させる。