

新記録の統計学に基づいた降水特性の変化に関する研究

A study on interannual variation of precipitation based on the statistics of record breaking

土木工学専攻 1号 荒川 貴志

ARAKAWA Takashi

1. はじめに:

既往の研究^{1),2)}より関東地方で生じる集中豪雨には3つの発生パターンがあり、その移動特性や時空間特性を明らかにしてきた。これらの集中豪雨は局所的な範囲に短時間で雨を降らせるものであるが、これらとは異なり広範囲な地域に長時間にわたり雨を降らせる集中豪雨のパターンがあることを近年の観測結果から明らかになった。その集中豪雨の特性を明らかにすることを目的に研究を行った。また、降雨解析には従来より統計学的な研究がなされているが^{3),4)}、本研究では新記録の統計学、スペクトル解析、確率年の3つの観点から降雨の発生頻度や周期性について明らかにすることを目的とした。

2. 関東地方における集中豪雨:

2.1 既往の研究

ドップラーレーダ(1995年中央大学後楽園キャンパスに設置、周波数9445MHz、波長3.2cm、観測半径128km、観測分解能:距離方向250m、角度方向0.7°, Z-R関係:B=200 =1.6)観測によるレーダ雨量データを使用した。1995年からの観測結果より、関東地方においては発生から1時間程度で消滅するいわゆるゲリラ豪雨と呼ばれる豪雨は前線組織型降雨、複数セル移動型降雨、単一セル型降雨のパターンであることを示した。

2.2 線状降水帯による集中豪雨

上記の3つのパターン以外に集中豪雨をもたらすパターンがあることを近年の観測結果から得た。このタイプの豪雨は前線や低気圧のような降雨のスケールが200km~2000kmの大きさの降雨現象で生じるもので、長時間にわたり広い範囲に大量の雨を降らせる。図1はドップラーレーダで観測した線状降水帯の観測結果である。このタイプの豪雨は積乱雲が線状に並び新しく発生した積乱雲を吸収・併合しながら線状の雨域を維持し、同一地点に長時間留まるものである。図2は線状降水帯による集中豪雨を捉えたレーダ画像である。幅15km、長さ100kmに達した線状の降水帯が3時間にわたり停滞して、豪雨をもたらした。線状降水帯の中で瞬間降雨強度が32mmを越える雨域の長さが10km以上ある。線状の降水帯は広い範囲に強い雨をもたらせることから、大きな被害をもたらせる可能性が高い。

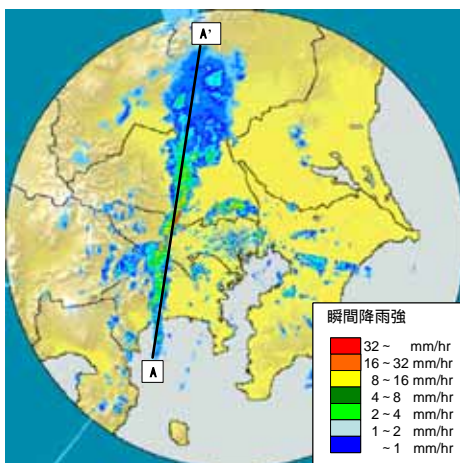


図1 線状降水帯のレーダ画像 (2003/8/8 13:10)

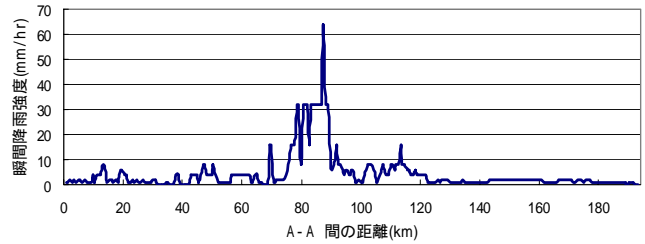


図2 線状降水帯のA-A'断面瞬間降雨強度の分布

3. 融雪出水期における河川流量の変化:

日平均流量 (m^3/s) を86400倍 ($60 \times 60 \times 24$)したものを総流量と定義し、また2月1日から6月10日までの融雪出水期とし1954年から1963年までの10年間の総流量の平均と1994年から2003年までの10年間の総流量の平均の割合を示したものが図3である。数値が1を下回っているものは1994年から2003年における融雪出水期の総流量が減少している河川であり、対象とした29河川中、22河川において融雪出水期における総流量が減少していることがわかる。およそ1~2割程度減少しており、減少が大きいものでは1954~1963年の半分程度にまで総流量が減少している河川もある。次に、阿賀野川の流量データを用いて総流量の経年変化をしてみる。図4は阿賀野川馬下観測地点における10年間平均の総流量を示している。融雪出水期の総流量は1970年代頃から減少し始め、1950年代と2000年代を比較すると約1割流

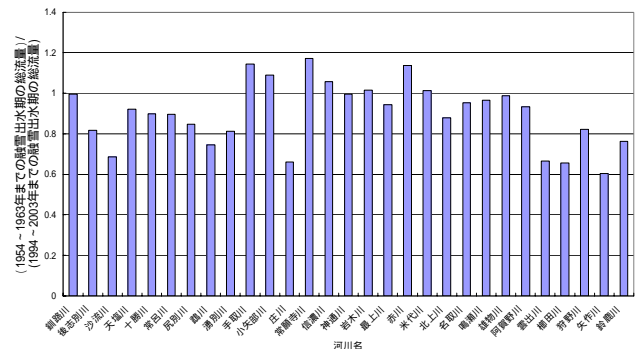


図3 2月1日~6月10日までの融雪出水期131日間における河川の総流量の変化 (1954~1963年までの10年間平均の総流量と1994~2003年までの10年間平均の総流量の比較)

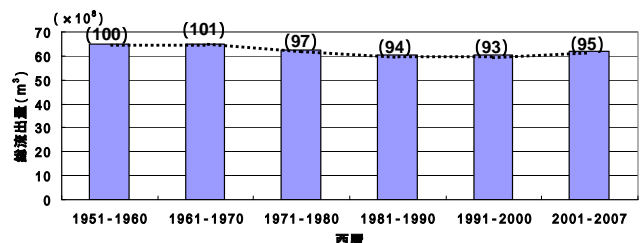


図4 阿賀野川馬下観測地点における10年間平均の2月1日~6月10日までの融雪出水期131日間の総流量

出量が減少している。

4. 新記録の統計学に基づく大雨の発生頻度：

4.1 進記録の統計学の降雨現象への適用

ある地点の降雨量データから各年の降雨量の最高記録に着目し、観測時間 n 年間に於いて今までの記録を塗り替える降雨量の雨の発生回数が新記録数である。同じ観測時間 n 年であっても観測初期年をいつから取るかにより新記録数は異なることから、本研究では観測時間、観測初期年の双方を変化させ新記録数を算出した。また、複数地点での観測データが存在する場合には、同一年の降雨量データの最高記録に着目し、全地点の中から各年の最大値のみを抽出して、そのデータについて新記録数を算出した。なお、この際も観測時間と観測初期年の双方を変化させて新記録数を算出した。

既往の研究⁵⁾から観測時間と新記録数の発生回数の統計的關係が示されており、その關係を図5に示す。この図より新記録数は100年間で約5回、200年間で約6回出現することがわかる。

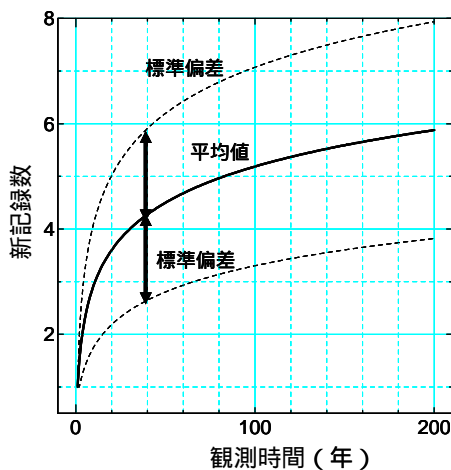


図5 新記録の統計学から算出した新記録数と観測時間の統計的關係

4.2 東京における年最大日降雨量への新記録の統計学の適用

図6は気象庁の東京における1901~2008年までの年最大日降雨量を表している。東京における年最大日降雨量の108年間での平均値は122mm/日であり、最大値は1958年9月26日に記録した371.9mm/日である。次に、東京における年最大日降雨量の新記録数を示す。観測時間を10年から70年まで10年ごとに変えて新記録数を算出した。本稿では観測時間が20年と50年のものを示す。

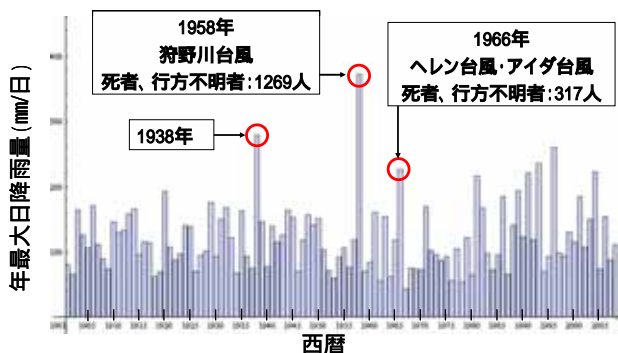


図6 東京における1901~2008年までの年最大日降雨量

図7、図8は観測時間がそれぞれ20年と50年の場合の新記録数である。図7において、1920年の新記録数が4回となっているが、これは1901~1920年までの20年間で新記録が4回発生していることを示している。以下同様に観測初期年を1年ずつ移動させて新記録数を算出し、図示した。また、図9は観測時間20年の際に新記録が発生した際の年最大日降雨量を示している。図中のプロットが新記録発生時の降雨量を表し、プロットの個数が新記録数を表している。これらの結果より、観測時間が20年~40年というスケールで見ると1990年代半ばから2000年代以降に新記録数が増加傾向にあるが、観測

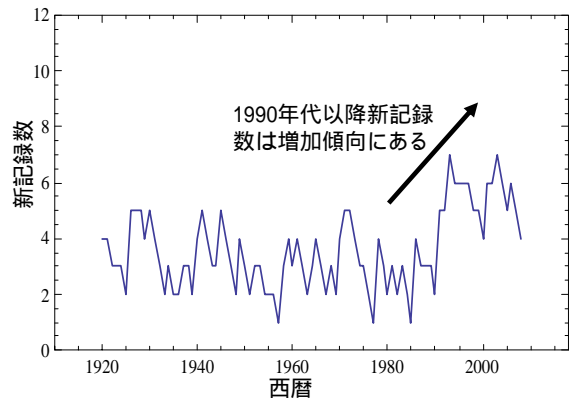


図7 観測時間20年の場合の東京における年最大日降雨量の新記録数

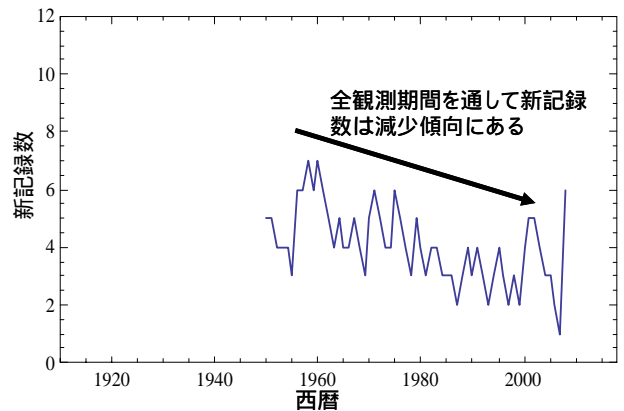


図8 観測時間50年の場合の東京における年最大日降雨量の新記録数

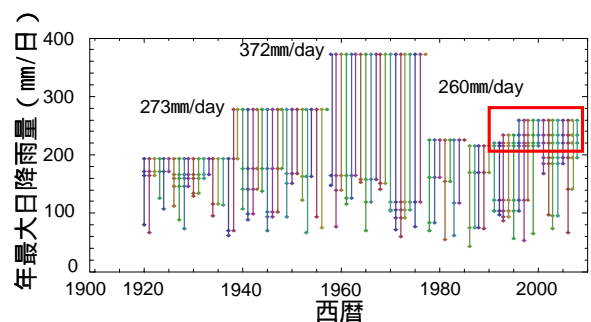


図9 観測時間20年の場合の新記録発生時の降雨量

時間が50年~70年というスケールで新記録数をみると観測期間全体を通して新記録数は減少傾向にある。観測時間20年, 30年, 40年の新記録数は1980年代と1990年代初めに新記録数が減少しており, 1958年の年最大日降雨量が極端に大きな値であったために, この日降雨量を超えるような降雨現象が生じなかったことから新記録が発生しなかった。また, 観測時間が10年から40年までの新記録数と降雨量の結果をみると1990年代以降新記録更新時の最大の降雨量はそれ以前の年代よりも小さいが, 新記録発生時の降雨量が大きい値に偏って存在しており, 観測時間が20年~40年という期間でみると, 東京における年最大日降雨量の新記録の発生回数は近年増加傾向にあり, その際の降雨量も大きな値を示している。同様の傾向は前橋, 横浜, 宇都宮においてもみられた。

4.3 関東地方複数地点での年最大日降雨量への新記録の統計学の適用

各年における東京, 横浜, 熊谷, 前橋, 宇都宮, 水戸の6地点での雨量データの最大値に新記録の統計学を適用し, その新記録数をみる。図10は各年の6地点における1901~2008年までの年最大の日降雨量を示している。最大値は1958年9月26日の狩野川台風の際に東京で観測した371.9mm/日である。図11, 図12はそれぞれ観測時間が20年と50年の際の新記録数を示したものである。この図より, 東京における観測時間が20年と50年の新記録の発生回数の傾向とほぼ等しく, 観測時間が20年の場合は2000年以降新記録数が増加傾向にあり, 観測時間が50年の場合は全期間を通して新記録数は減少傾向にあることが分かる。図13は6地点における各年の最大の日降雨量を用いた際の新記録数の平均値と観測時間の関係を示している。この図から新記録数は新記録の統計学から導出した新記録数の期待値の標準偏差内にあることがわかる。この結果より, 観測地点を増やして新記録数をみた場合でも新記録数は新記録の統計学の理論値の範囲にあることが分かる。近年の観測地点数の増加が記録破りの降雨の発生頻度には影響しないことがわかる。

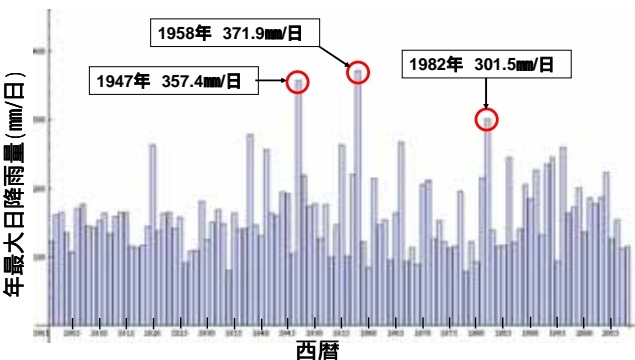


図10 関東地方6地点(東京, 横浜, 熊谷, 前橋, 水戸, 宇都宮)における各年の日降雨量の最大値

5. 平野部と山地流域における大雨の発生頻度の違い:

5.1 スペクトル解析を用いた周期性の検討

関東地方の平野部と山地流域での大雨の発生頻度の周期性をみることを目的にスペクトル解析を行い大雨の卓

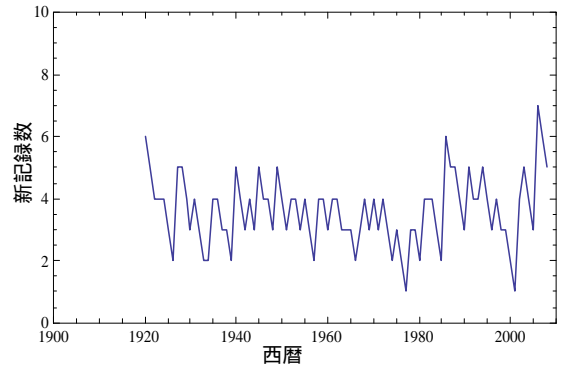


図11 関東地方6地点(東京, 横浜, 熊谷, 前橋, 水戸, 宇都宮)における各年の日降雨量の最大値を用いて観測時間20年とした場合の新記録数

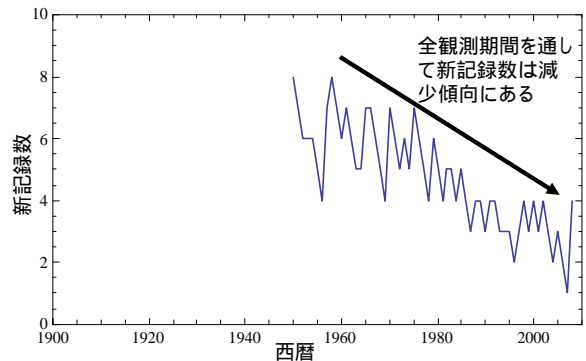


図12 関東地方6地点(東京, 横浜, 熊谷, 前橋, 水戸, 宇都宮)における各年の日降雨量の最大値を用いて観測時間50年とした場合の新記録数

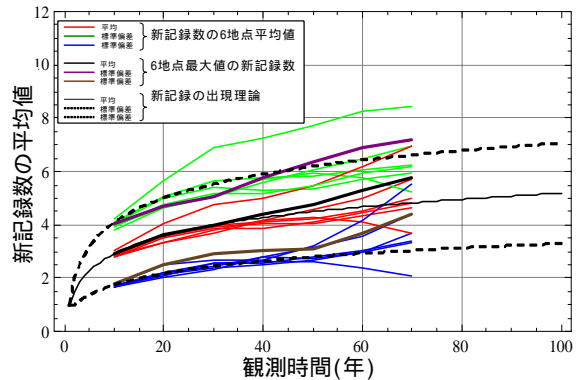


図13 関東地方6地点(東京, 横浜, 熊谷, 前橋, 水戸, 宇都宮)における各年の日降雨量の最大値を用いた新記録の平均値と標準偏差の関係

越周期をみた。観測所の標高が200m未満の観測所を平野部, 200m以上の観測所を山地流域と定義し, 関東地方に存在する気象庁と国土交通省の雨量観測所計31地点の年最大日降雨量, 年最大2日累積降雨量, 年最大3日累積降雨量についてスペクトル解析を行った。本稿では平野部として東京, 山地流域として利根川水系吾妻川中之条雨量観測所の結果をそれぞれ図14と図15に示す。東京における年最大2日累積降雨量の卓越周期は30ヶ月(=2.5年), 年最大3日累積降雨量の卓越周期648ヶ月(=54年)である。一方, 中之条における年最大2日累積

降雨量,年最大3日累積降雨量の卓越周期は共に124ヶ月(=10年4ヶ月)である.同様にして平野部では11地点2地点で114ヶ月(=9年6ヶ月),108ヶ月(=9年)の周期がみられ,山地流域では20地点中18地点で99ヶ月~162ヶ月(=8年3ヶ月~13年6ヶ月)の周期がみられた.この結果より山地流域においては大雨の発生におよそ100~160ヶ月の周期性があることがわかった.

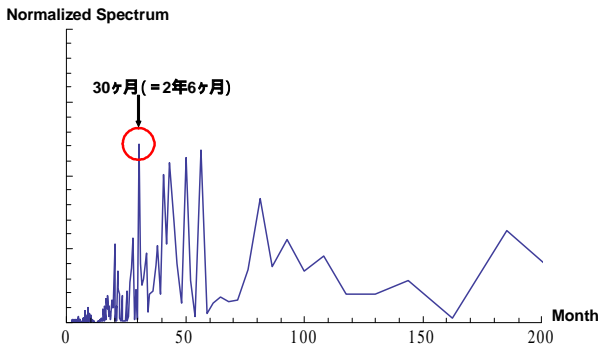


図14 大手町(標高6m)における年最大2日累積降雨のスペクトル

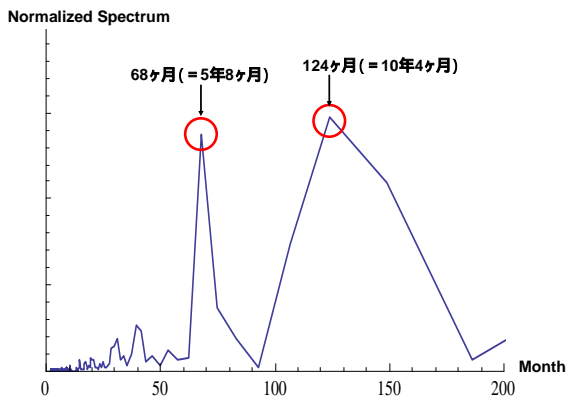


図15 中之条(標高351m)における年最大2日累積降雨量のスペクトル

5. 2新記録数,スペクトル,確率年での比較

東京大手町と吾妻川中之条における年最大日降雨量,年最大2日累積降雨量,年最大3日累積降雨量を用い,確率年から大雨の発生頻度の考察を行った.図16,図17はそれぞれ東京と中之条における年最大2日降雨量の確率雨量を現したものである.図中の実線はグンベル分布から算出した確率年と降雨量の関係を示しており,図中のプロットは実測の年最大2日累積降雨量から算出した確率年と降雨量を示している.この図より東京においては降雨の発生頻度はグンベル分布から算出した確率年に沿って発生しており,大雨が乱数的に発生していることがわかる.一方,中之条においては年最大降雨量200mm,すなわち確率年10年を超える降雨はグンベル分布から算出した確率年から大きく外れる.中之条では新記録で見た際も40年間で4回新記録が更新されており,スペクトル解析で見た場合は124ヶ月(10年4ヶ月)周期で大きな雨が発生する傾向にあり,中之条では大雨の発生はある周期をもって発生していることが言える.

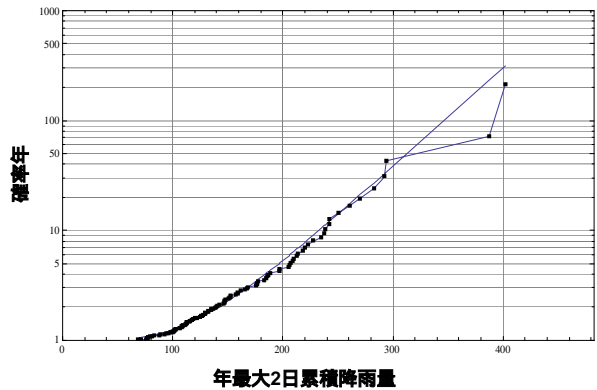


図16 東京の年最大2日累積降雨量の確率年

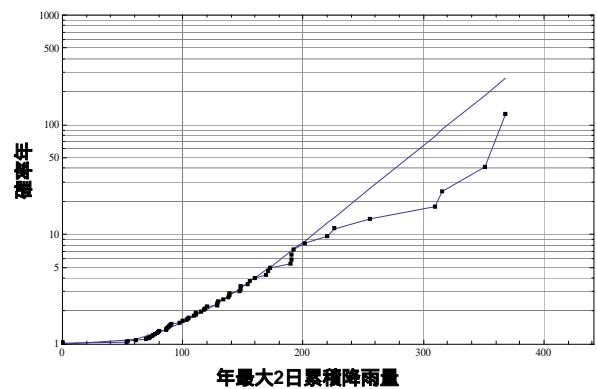


図17 中之条の年最大2日累積降雨の確率年

6. まとめ:

1) 関東地方における集中豪雨は4つのパターンに分けられ,線状降水帯による集中豪雨は長時間にわたり広範囲に大量の雨をもたらせる. 2) 日本の融雪出水期における河川の総流量減少傾向にあり,1960年代と比較して約2割減少している. 3) 東京における年最大日降雨量の新記録数は増加傾向にあり,新記録発生時の降雨量も大きな値に偏っている. 4) 関東地方の複数地点からの各年の最大の日降雨量を用いた際の新記録は1地点だけの新記録と同じ傾向にあり,観測地点の増加が記録破りの大雨の発生頻度には影響しない. 5) 関東地方の山地流域においては大雨の発生におよそ100~160ヶ月の周期性がある.

参考文献: 1) 永均,久米仁志,森田寛,山田正:ドップラーレーダを用いたメソ スケール降雨特性の解析,水工学論文集第41巻,pp147-154.1997. 2) 志村光一,原久弥,山田正:レーダ雨量計を用いた関東平野における降雨形態の分類と降雨発生目かメカニズムに関する考察,水工学論文集第44巻,pp97-102.2000. 3) 渡辺武彦,松浦正典,深和岳人,山田正:新記録の出現理論に基づく大雨の発生頻度に関する研究,土木学会第47回年次学術講演会講演要綱集,1992. 4) 土屋修一,呉修一,佐藤直良,山田正:降雨の時間特性に関する研究,土木学会水工学論文集,vol.47,pp.139-144,2003. 5) 竹内啓,藤野和健:スポーツの数理科学,共立出版,pp.1-25,1988. 6) 吉崎正憲,加藤輝之:豪雨・豪雪の科学,朝倉書店,2007