

地上雨量観測所数と流域平均雨量 に関する一考察 ～鬼怒川流域を例にして～

矢本 貴俊^{1*}・諸岡 良優¹・山田 正²

¹中央大学大学院 理工学研究科 都市環境学専攻 (〒112-8551東京都文京区春日1-13-27)

²中央大学教授 理工学部 都市環境学科 (〒112-8551東京都文京区春日1-13-27)

* E-mail: yamato@civil.chuo-u.ac.jp

近年、レーダによる降雨観測手法が確立されたことにより降雨現象の実態を明らかにすることが可能になった。加えて、全国における地上雨量観測所数は年々増加しており、空間的に密な雨量データを取得することが可能となった。一方で、ゲリラ豪雨・線状降水帯といった局所的かつ短時間で多量の降雨がもたらされることによる大規模洪水の発生により浸水被害が生じた事例が数多く発生している。従来の河川整備計画における地上雨量観測所の配置数は現在における配置数に比べ少なく、局所的豪雨が発生した場合の流域平均雨量の推定値は必ずしも真値を指していない可能性がある。本研究では、平成27年関東・東北豪雨を対象に地上雨量観測所数と流域平均雨量の関係について分析する。

Key Words : Thiessen method, C-band radar, Random Sample, Basin average precipitation, Kinugawa

1. はじめに

我が国ではレーダによる降雨観測手法が確立されたことにより降雨現象の実態を明らかにすることが可能になった。また、地上雨量観測所は産官学あらゆる方面から配備され、全国における地上雨量観測所数は増加しており、空間的に密な雨量データを取得することが可能になった。一方で、ゲリラ豪雨・線状降水帯といった局所的かつ短時間で多量の降雨がもたらされることによる大規模洪水の発生により、浸水被害が発生する事例が多く見られる。平成16年7月新潟・福島豪雨や平成26年8月豪雨での広島土砂災害、平成27年9月関東・東北豪雨での鬼怒川の洪水がその顕著な事例であると言える。

このような豪雨災害への防災・減災対策を講じるためには、総合的な治水対策が必要であり、河川計画において基本高水の決定には計画降雨量が大きな役割を果たしている。このときの設計雨量の決定には確率雨量が用いられている。そのため、河川管理を行う上で降雨量を正確に評価することは重要な位置づけとなる。

降雨流出計算や確率雨量の算出を行う際には、流域全体に降る雨(面積雨量)が必要となる。従来より、地上雨量観測所の点雨量から面積雨量を算出する方法として算術平均法や等雨量線法、ティーセン法などがある。中でもティーセン法が従来より多く用いられている。しかし、地上雨量観測所からティーセン法によって面積雨量を算出する場合、雨量観測所の配置の仕方や観測密度などによって算出される雨量にはばらつきがあり、分布することが明らかとなっている¹⁾²⁾。そのため、推定される確率雨量も面積雨量の分布に応じて変化する。しかし、確率雨量推定値の分布を評価する研究は十分でない。

また、2009年から株式会社NTTドコモが雨量計を全国域に配置し、現在では2,300箇所(国土交通省は約2,800箇所、気象庁は約1,300箇所)あるなど、地上雨量計の配置密度が大きくなっている。そこで本研究では、平成27年関東・東北豪雨を例として、地上雨量観測所数と流域平均雨量の推定精度の関係性について評価し、また、地上雨量計1台当たりの支配面積と推定雨量精度との関係について分析を行う。

2. 解析対象流域

本研究では大規模洪水である平成27年9月関東・東北豪雨を対象降雨とし、線状降水帯による観測雨量の多かった地域である鬼怒川流域を対象とした。この鬼怒川流域の流路延長は177 km、流域面積は1,760 km²に及び、栃木県・茨城県の両県にまたがる一級河川である。特に、平成27年9月関東・東北豪雨では鬼怒川の上流域での雨量が3日雨量600 mmを超える大きな雨量が観測されたことから、この流域の石井基準点より上流域において解析を行う。石井上流域の流域面積は約1,440 km²でこの流域には雨量観測所は図-1に示す4機関(国土交通省、気象庁、栃木県、NTTドコモ)が所有する雨量計76地点を対象として解析を行う。雨量計の内訳はそれぞれ国土交通省35地点、気象庁7地点、栃木県29地点、NTTドコモ5地点である。また地上雨量観測所による流域平均雨量との比較として国土交通省が管理するCバンドレーダによる観測雨量を用いる。

3. 地上雨量観測による流域平均雨量の算出

気象庁、国土交通省、栃木県、NTTドコモの4機関の地上雨量計によって観測された雨量から流域平均雨量を算出する。地上雨量観測所の数を間引き法により、現在の観測所数からN個(N = 10,20,30…70)の観測所を選定することで流域平均雨量を求める。それぞれの選定個数に対して100ケースずつ行い、算出雨量の分散、平均値と観測所数の関係を明らかにする。雨量観測所の選定は流域内の観測所を対象に無作為に抽出している。また、面積雨量はティーセン法によって求めた。この手法によって求められた雨量を用いることによって確率雨量の分布を求める。

ティーセン法は図-1に示すように、各雨量観測所で垂直2等分線を行い、各雨量観測所の支配領域を幾何学的に求める(ボロノイ分割)。そして、その支配領域の面積で各観測雨量を重み付き平均することによって流域平均雨量を求める。

$$R_{gave} = \sum_{i=1}^n \left(A_i R_{gi} / \sum_{i=1}^n A_i \right) \quad (1)$$

ここで、 R_{gave} は流域平均降雨量[mm/h]、 A_i は各地点の支配面積[km²]、 R_{gi} は各地上雨量観測所の降雨量[mm/h]である。

4. 流域平均雨量の評価

ティーセン法により推定された流域平均2日雨量、流域平均24時間雨量と観測所数の関係をそれぞれ図

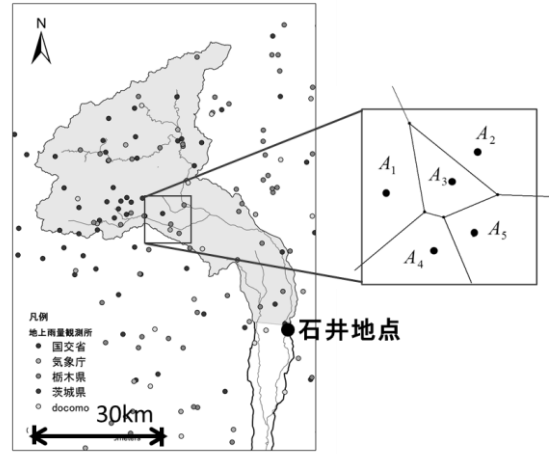


図-1. 鬼怒川上流域及びボロノイ分割概念図

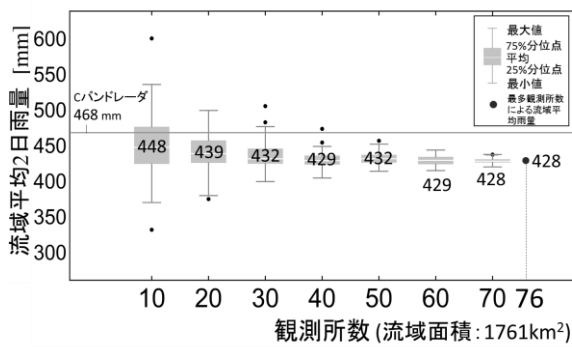
-2に示す。両図においても地上雨量計の地点数の増加に伴い、推定流域平均雨量の分布の幅は狭くなっていることがわかる。これは、ボロノイ分割による各観測所の支配面積の決定方法によるものが大きいことに起因する。図-3に示す通り、観測所地点数が少ないケースでは選ばれる観測所の雨量が大きい傾向を示すエリア、または小さい傾向を示すエリアで集中し、はずれ値を示す場合がある。また、観測所の支配面積に偏りがある場合にも算出される流域平均雨量は支配面積の大きい雨量へと偏る。一方で、観測所数が多い場合には、配置は均等になり支配面積の偏りによる影響は小さくなる。上記結果より、観測所数がより多い場合がもっともらしい流域平均雨量値を示すことから、観測所数が少ない過去の降雨事例では流域平均雨量を過大(または過小)に評価していた可能性がある。また、Cバンドレーダとティーセン法による推定雨量とでは、流域平均2日雨量では、Cバンドレーダの雨量の方が最多観測所数(76地点)の雨量と比較して9%の約40mm大きいことがわかった。また、流域平均24時間雨量では、Cバンドレーダの雨量の方が最多観測所数(76地点)の雨量と比較して12%の約44mm大きいことがわかった。

5. 雨量計1台あたりの支配面積と相対推定偏差(誤差)との関係性を評価

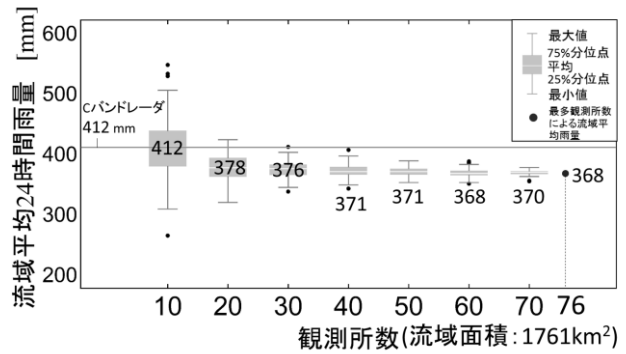
図-4は雨量計1台あたりの支配面積と相対推定偏差(誤差)の関係を示す。この図は橋本ら²⁾によりまとめられた図に本研究で扱った流域での結果と千歳川流域での結果をプロットしたものである。相対推定偏差を求める式が小林³⁾により提案されており、次式で表される。

$$\sigma^2 = \int_A (p - P)^2 dA / A \quad (2)$$

$$\Delta P / P = 0.819 \sigma / P n^{-0.636} \quad (3)$$



(a) 観測所数と流域平均2日雨量の関係



(b) 観測所数と流域平均24時間雨量の関係

図-2. 観測所数と流域平均2日雨量・流域平均24時間雨量の関係

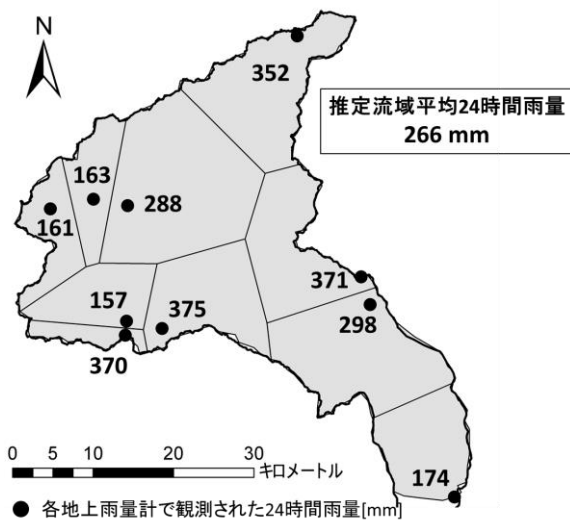


図-3. 10地点の地上雨量観測所から求めた流域平均24時間雨量がはずれ値を示す例

24時間雨量が小さい値を示す地上雨量計の支配面積が大きい。

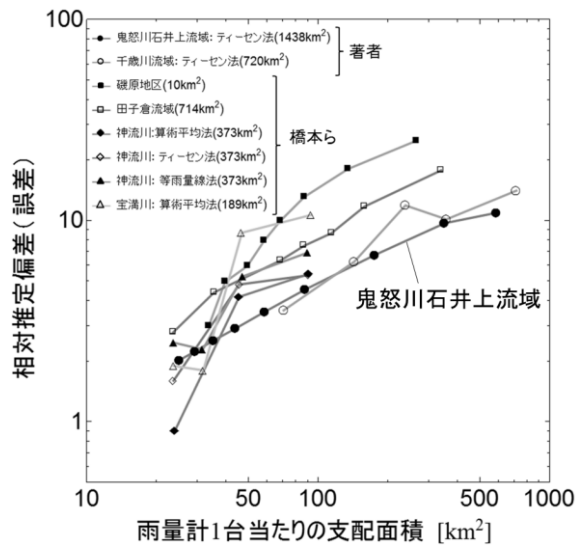


図-4. 雨量計1台当たりの支配面積と相対推定偏差の関係 (橋本ら²⁾によりまとめられた図に著者らの2事例のデータを追加したものである。)

ここで、 σ は降雨の面的な標準偏差[mm]、 A は流域面積[km²]、 P は流域平均雨量、 p は地点雨量、 n は雨量計台数である。図-4. から、他の流域と同様に、地上雨量計1台あたりの支配面積が小さくなる程相対推定偏差が小さくなっているという傾向にあることがわかる。

6. まとめ

本研究では、平成27年関東・東北豪雨における降雨を対象に地上雨量観測所数と流域平均雨量の関係について分析を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 間引き法により地上雨量観測所数を減らすことで推定される流域平均雨量は観測所数の増加に伴い分布の幅は狭くなる。
- 2) 地上雨量計1台あたりの支配面積が小さくなる程、相対推定偏差が小さくなっているという傾向にある。

謝辞

本研究は科研費基礎研究(A)「可能最大洪水に対応できる数理科学的な河川計画手法の確立」(代表者、山田正)の支援を受けて行われたものである。また、本研究に用いた地上雨量計による雨量データの一部は「株式会社 NTTドコモ」からの提供によるものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 増本 隆夫, 佐藤 寛, 渋谷 勤治郎: Kriging 理論による雨量計の最適配置法に関する研究, 農業土木学会論文集 1993(165), pp.111-119, a3, 1993
- 2) 橋本健, 佐藤一郎: 面積雨量の精度と雨量観測所数, 土木技術資料 16(12), pp.631-637, 1974-12
- 3) 小林勉: 平均雨量の誤差と雨量計の数および計算方法との関係, 電力気象連絡会彙報, Vol.11, No. 1, 昭和53年。