

水文・環境データの精度の違いが流出解析の精度に与える影響

中央大学大学院	学生会員	○小石	一字
中央大学大学院	学生会員	佐藤	憲弥
中央大学大学院	学生会員	諸岡	良優
株式会社東芝	正会員	吉見	和紘
中央大学	フェロー会員	山田	正

1. はじめに

近年は地球温暖化に伴う気候変化によって世界各地で水災害が激甚化しており、特にベトナムやタイ、インドなどの新興国において多大な被害をもたらしている。しかし、新興国では流出解析の精度向上が水災害の被害軽減や今後の人口増加も見据えた河川治水・利水・環境計画の策定のために重要度が高いにも関わらず、流出解析に必要な水位や雨量などの水文データや地質や標高などの環境データが、観測機材の不足や技術力の不足、経済力不足から限定されており、また、綿密な観測網や観測の頻度の低さ、先進国からの技術輸入の遅れに起因する観測精度の低さやデータ入手の困難さといった理由から高精度の水文・環境データが得られないために、流出解析の高精度化は困難を極めている。そのため、新興国ではデータの解像度に対し柔軟に対応できるダウンスケーリング技術の開発が急がれる。本研究では新興国での流出解析・洪水予測の精度向上に向けた技術開発の研究の第一歩として、日本において現在整備されている水文・環境データを使用した場合の流出解析を行い、次に海外での流出解析を想定して水文・環境データの精度を落とした場合の流出解析を行い、データの精度の違いが流出解析の精度に与える影響を調べた。

2. 降雨流出計算の概要

2.1 対象流域及び流出計算手法の概要

日本において現在整備されている水文・環境データを使用した場合の流出解析を行うにあたって対象流域を図-1に示す利根川上流域(流域面積 5,110km²)とし、2015年9月に利根川の支川である鬼怒川流域で甚大な被害をもたらした関東・東北豪雨を対象に降雨流出計算を行った。

降雨流出計算においては斜面及び河道を対象として流出計算を行う。斜面計算に関しては吉見・山田¹⁾の提案した鉛直浸透機構と斜面計算を分離した降雨流出モデルを用いた。このモデルは、山腹斜面が複数の層で構成されていると考え、各層における鉛直浸透量と流出に寄与する雨量の連続関係から得られた鉛直浸透機構と、山田ら²⁾によって提案されている単一斜面における降雨流出の基礎式を組み合わせた集中型の流出モデルである。また、河道計算に関しては、MIKE11を用いてSaint-Venant方程式と連続式からなる1次元不定流計算を行った。

呉ら³⁾は、流域面積が200km²までは集中型モデルと分布型モデルとでピーク流量やピークの遅れ時間に差がないことを、流出計算のみの算出流量と不定流計算も行い算出された流量との比較により明らかにしており、流域面積200km²を集中型モデルの適応限界としている。既往の研究を踏まえて本研究では利根川上流域



図-1 利根川上流域位置図と流域概要

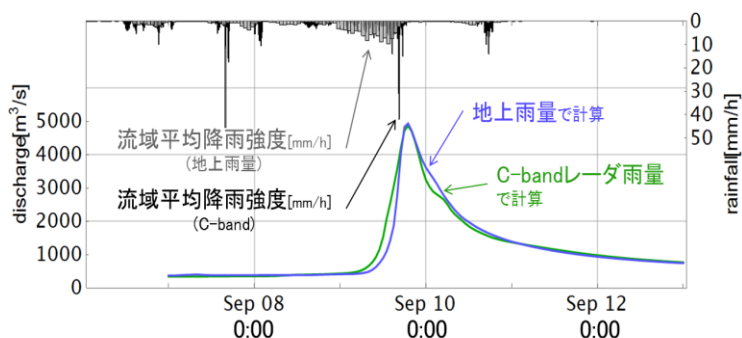


図-2 C-band観測雨量と地上観測雨量を用いて流出解析した場合の流量ハイドログラフの比較

を139のサブ流域に分割し、斜面計算及び河道計算を行った。

2.2 日本において現在整備されている水文・環境データを使用した場合の流出解析

利根川上流域の八斗島地点においてC-bandレーダ観測雨量と地上観測雨量を用いて計算した流量ハイドログラフを比較した。地上雨量計による観測雨量を用いた計算は、68の観測所の1時間雨量データを用いてThiessen分割をし、サブ流域ごとに面積雨量を与えた。他方、C-bandレーダ観測雨量は5分間雨量を1時間雨量に平均化してサブ流域ごとに算術平均した面積雨量を与えた。また、利根川上流域における河道網はHorton-Strahlerの位数理論⁴⁾に従い等級付けをし、本研究における利根川上流域の最大位数である4次河道まで考慮して計算を行った。結果を図-2に示す。C-bandレーダ観測雨量と地上雨量で計算した流量ハイドログラフは、ピーク値の差がなく、概形もあっていた。また、C-bandレーダ観測雨量を用いた計算の方が、降雨波形に敏感に反応していることが分かる。

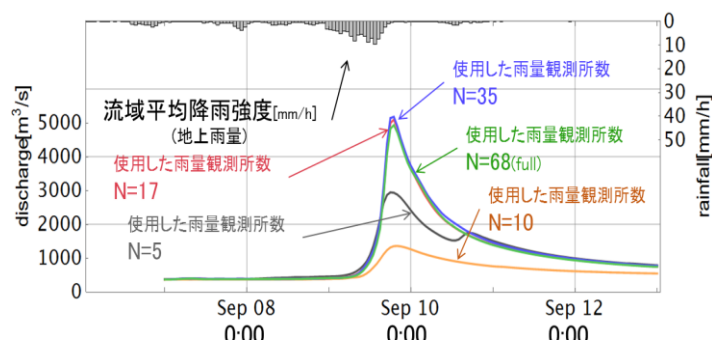


図-3 雨量観測所の数と流量ハイドログラフの関係

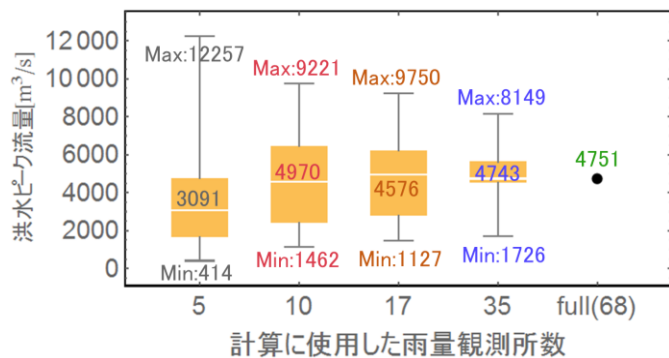


図-4 雨量観測所の数と洪水ピーク流量の分布図

3. 水文データの影響の精査

新興国では地上雨量計の観測網が線密に整備されておらず、また、観測頻度が低いことから雨量データの精度が低い。ここでは、水文データの精度が流出解析の精度に与える影響を調べるために、利根川上流域において68の地上雨量観測所をこの研究では最大観測所数とし、観測所数を68から35, 17, 10, 5にランダムに間引いた場合の雨量を入力降雨とし、それぞれのケースにおいて降雨流出計算を行った。地上雨量計数を間引いた場合の流量ハイドログラフの八斗島地点での比較図を図-3に示す。雨量観測所数N=17, 35, 68(full)では、ピーク流量値にほとんど差がなかった。雨量観測所数N=5で二山のハイドログラフになるのは、1つ1つの雨量観測所の影響を顕著に受けるからであると推測される。

次に、4つの選定観測所数(N=35, 17, 10, 5)に対して各50ケースずつランダムに雨量観測所を間引き、計200ケースの流出計算を行った。雨量観測所の数とピーク流量の分布を図-4に示す。観測所を間引く数が大きくなるにつれてピーク流量の取りうる値が大きく分布していることが分かる。1雨量観測所あたりの支配面積が約75km² (68地点)、約146km² (35地点)、約300km² (17地点)、約511km² (10地点)、約1022km² (5地点)であるので、1雨量観測所あたりの支配面積が約300km² (17地点)程度であれば、洪水ピーク流量が大きく異なる可能性は低い。つまり、利根川上流域と同規模の流域で、地上雨量を用いて流出計算をする場合、1雨量観測所あたりの支配面積が約300km²以下 (17地点) 程度であることが望まれる。

4. 環境データの影響の精査

新興国においてはDEMの解像度の粗さにより河道位

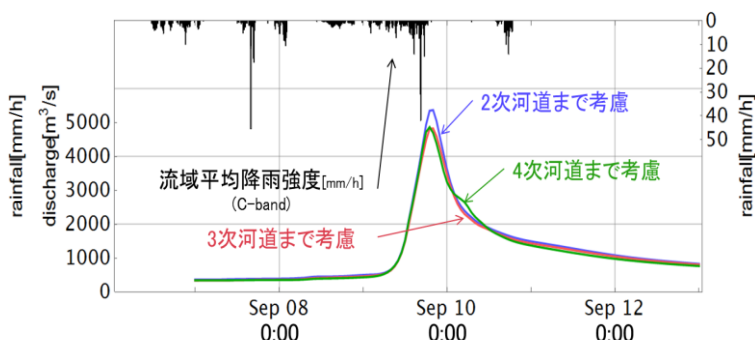


図-5 河道位数と流量ハイドログラフの関係

数や河道数が小さく見積もられることがある。ここでは、河道位数と流量ハイドログラフの関係を調べるため、利根川上流域において本川のみと支川を入れた場合の流量ハイドログラフを比較した。降雨はC-bandレーダ観測雨量を用いて計算した。八斗島地点での比較を図-5に示す。3次河道まで考慮した場合と4次河道まで考慮した場合ではピーク値に差はなかったが、2次河道まで考慮した場合は3, 4次の場合に比べてピーク値が少し大きくなる。河道位数を減らすと低次河道の負担するサブ流域の面積は大きくなるため、集中型モデルの適応限界を超えて集中型モデルを使用しているが故に、河道の非線形効果が考慮されずピーク値が大きくなると推測される。したがって、サブ流域の面積が集中型モデルの適応限界を超える場合は流量のピーク値が大きくなる可能性がある。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) C-band レーダ観測雨量と地上雨量で計算した流量ハイドログラフは、ピーク値の差がなく、概形もあっており、C-band レーダ観測雨量を用いた計算の方が、降雨波形に敏感に反応している。
- 2) 1雨量観測所あたりの支配面積が約 300km² (17地点)程度であれば、洪水ピーク流量が大きく異なる可能性は低い。利根川上流域と同規模の流域で、地上雨量を用いて流出計算をする場合、1雨量観測所あたりの支配面積が約 300km²以下程度であることが望まれる。
- 3) 3次河道まで考慮した場合と4次河道まで考慮した場合ではピーク値に差はなかったが、2次河道まで考慮した場合は3, 4次の場合に比べてピーク値が少し大きくなる。サブ流域の面積が集中型モデルの適応限界を超える場合は流量のピーク値が大きくなる可能性がある。

参考文献

- 1) 吉見和紘, 山田正: 鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長短期流出解析への適用, 土木学会水工学論文集 Vol.70, pp.367-372, 2014
- 2) 山田正: 山地流出の非線形性に関する研究, 水工学論文集, 第47巻, pp.259-264, 2003
- 3) 呉修一, 下坂将史, 山田正: 降雨流出における流域スケールに応じた斜面と河道の効果に関する研究, 水工学論文集, 第51巻, pp.259-264, 2007
- 4) Strahler, A.N.: Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, Bull. G.S.A., 63, 1117-1142, 1952