

平成27年9月関東・東北豪雨を対象にした 流出氾濫解析に関する基礎検討

16T0306W 藤井 希帆
 指導教員：丸山 喜久, 劉 ウェン

1. 研究背景と目的

平成27年9月関東・東北豪雨では、土砂災害、浸水、河川の氾濫等が発生し、宮城県、茨城県及び栃木県で死者8名の人的被害となったほか、関東地方や東北地方を中心に損壊家屋4,000棟以上、浸水家屋12,000棟以上の住家被害が生じたり。特に、茨城県常総市では、鬼怒川等で堤防の決壊や越水が発生し、家屋の浸水被害や、避難の遅れ等によって多くの住民が孤立する事態となった。

そこで、本研究では降雨流出氾濫解析モデル(以下RRIモデル)を用いて、鬼怒川・小貝川の氾濫シミュレーションを行った。さらに、水位や流量、浸水地域の最大浸水深の実測値との比較によって得られた詳細なパラメータ設定を行うことで、モデルの精度を高めた。また、RRIモデルで得られた浸水深分布などを地理情報システム(GIS)上で取りまとめた。本研究では、平成27年9月関東・東北豪雨の解析を行うことで、今後の日本全国の水災害リスク軽減に寄与することを目的とする。

2. RRIモデルの本解析への適用

RRIモデルは降雨を入力して河川流量から洪水氾濫までを一体的に解析するモデルである。降雨を流域斜面に入力し、河道と斜面で水の流れを計算すると同時に、両者の水のやり取りを計算する²⁾。

(1)入力降雨

入力降雨は株式会社ハレックス DreamAll³⁾の1時間降水量(2015年9月9日0:00~9月10日18:00)を使用した。データは、経度方向0.75分、緯度方向0.5分のメッシュ形式である。

(2)地盤データの構築

2種類の分解能の地盤データを解析に用いた。1つはHydroSHEDs⁴⁾に含まれる空間分解能3秒(約90m)の標高・流下方向・集水面積データ(以下3秒データ)である。もう一方は、日本域表面流向マップ⁵⁾より入手した空間分解能1秒(約30m)の標高・流下方向・集水面積データを2秒に低分解能化したデータ(以下2秒データ)である。両データを鬼怒川・小貝川流域で抽出し、氾濫解析に用いる。また、地盤データ整備にあたって、窪地を除去する処理を行った。

(3)河道モデルの構築

本研究では、河道を矩形断面と想定して解析を行った。また、Google Earth上で河川幅を測定し、その幅を集水面積の関数として複数のパラメータを検討した。

$$W = C_w \times A^{S_w} \quad (1)$$

Wは河川幅(m)、Aは集水面積(m²)、C_w、S_wはパラメータを示す。

(4)計算条件

本研究では、平成27年関東・東北豪雨において河川氾濫被害の大きかった鬼怒川・小貝川流域を対象とする。予めArcGIS上で、流域を計算し、解析範囲を設定した。また、豪雨は短期間であったため、蒸発散の影響は考慮していない。河道は矩形断面としている。本研究では、以下の4パターンのモデルを実行した。

a)デフォルト：詳細な設定を行わず、デフォルトのパラメータを用いた。

b)河川幅：3秒データでは鬼怒川小貝川上の任意の地点30地点、2秒データでは200地点の河川幅を計測し式(1)を仮定した回帰分析によりパラメータを得た。また2秒データでは堤防設定を行う。その高さは流域内平均値3.81mとする。

c)土地利用：国土数値情報⁶⁾の平成26年度土地利用細分メッシュデータ(ラスター版)を再分類した。まず、3秒データでは流域を山地と平野に分け解析を行った。その後、精度を高めるために、2秒データでは、さらに水田・畑地、山地、都市、水域の5分類に分け解析を行った。土地利用ごとのパラメータを表-1に示す。

d)雨量0.75倍：雨量メッシュのセル値を0.75倍し、モデルを実行した。

表-1 土地利用各分類のパラメータ

	3秒データ		2秒データ				
	山地	平野	水田	畑地	山地	都市	水域
n(River)(m ^{-1/3} s)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
n(Slope)(m ^{-1/3} s)	0.3	0.3	1	0.4	0.6	0.2	0.1
Soil depth(m)	1	1	1	1	1	1	1
Porosity(-)	0	0.398	0.471	0.471	0.471	0.471	0.471
kv(m/s)	0	8.33 × 10 ⁻⁷	5.56 × 10 ⁻⁷	5.56 × 10 ⁻⁷	0	0	5.56 × 10 ⁻⁷
Sf	inactive	0.2185	0.273	0.273	0	0	0.273
ka(m/s)	0.4	0	0	0	0.1	0	0
Unsat.Porosity(-)	0	0	0	0	0	0	0
β	8	8	4	4	4	4	4

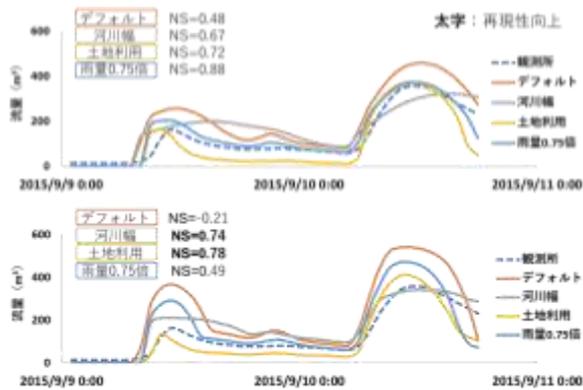


図1 三谷観測所における3秒データ(上)と2秒データ(下)の各モデルの流量

3. 計算結果

平成27年9月関東・東北豪雨をRRIモデルで再現し、4つのモデルの計算結果と実測値を比較する。実測値は水文水質データベース⁷⁾から入手した。

(1) 観測所の流量との比較

小貝川中流に位置する三谷観測所の流量ヒドログラフを図-1に示す。また、各モデルのNash-Sutcliffe係数⁸⁾(以下NS)を示す。NSは1に近いほど再現性が高い。結果より、各モデル流量に差異はあるが、洪水の立ち上がりは類似する。またNSに着目するとパラメータ設定は有効であるといえる。

(2) 浸水深の実測値との比較

実際の現地調査で得られた浸水深⁹⁾と、モデルによる計算値を図-2に示し、比較する。観測地点は常総市の鬼怒川・小貝川に挟まれた領域に位置する予測値として、モデルa)デフォルトの最大浸水深を用いる。2秒データでは日本域表面流向マップを使用しており、実際の河川形状と一致したため精度が向上した。また高分解能化により、鬼怒川・小貝川のみならず支川の氾濫を再現したことも原因と考えられる。

4. 考察

モデルa)の解析結果によると、流量は過大評価される。これは、地下浸透による損失を考慮しておらず、水がすべて河川に流入するためだと推測できる。

また、今回は越水のみを考慮するため堤防がなく越水しやすいモデルa)で最大浸水深の精度が最も良い結果となった。モデルb)河川幅に関して、三谷観測所では、高分解能化等詳細なパラメータ設定により精度向上が見られたが、ほかの観測所では精度が下がった。これは本川(鬼怒川・小貝川)の河川幅・堤防高に基づき設定したパラメータを、流量の小さい支川を含めた流域内のすべての河川に適用させたためだと考えられる。モデルc)土地利用では流量再現

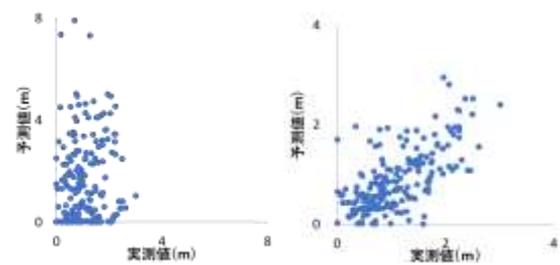


図-2 3秒データ(左)と2秒データ(右)の最大浸水深

精度は高いが、浸水深は過小に解析した。これは、堤防の決壊を考慮していないため、実際の氾濫の挙動と異なることが原因と考えられる。モデルd)雨量0.75倍では、すべての地点で精度が上がるとは限らないと判明した。過大評価傾向にある氾濫に対して、緊急時にパラメータ設定なしで小さくするためには、直接雨量データを小さくすることも1つの手段として有効である。

5. 結論

RRIモデルを用いて平成27年9月関東・東北豪雨を対象に解析した。異なるパラメータの4モデルを実行し、河川流量や浸水域の最大浸水深の再現性を検証した。デフォルトモデルは、流量を過大評価する傾向にある。しかし、土地利用や河川幅などに応じてパラメータ設定を行うことで再現性を高めることができる。また、分解能の高いデータを用いることで、本川だけでなく支川の氾濫も再現できることから、高分解能の地形データを用いることが望ましい。今後は、河川断面データや堤防決壊を反映させ氾濫解析を行い、精度の高いモデルを構築することを目指していく。

参考文献

- 1) 気象庁: 災害時気象報告「平成27年9月関東・東北豪雨及び平成27年台風第18号による大雨等」, 2015.
- 2) 土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター: 降雨流出氾濫モデル, https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/index_j.html
- 3) 株式会社ハレックス: DreamAll「1時間降水量」
- 4) USGS: HydroSHEDs, <https://hydrosheds.cr.usgs.gov/>
- 5) 日本域表面流向マップ: <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/JapanDir/> (20 Nov, 2018)
- 6) 国土交通省: 国土数値情報土地利用メッシュ(ラスタ版)データ, http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b_r.html
- 7) 国土交通省: 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>
- 8) Nash, J. E., Sutcliffe, J. V.: River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles, *Journal of hydrology*, 10(3), pp. 282-290, 1970.
- 9) 佐山敬洋, 寶馨: 平成27年9月関東・東北豪雨に伴う鬼怒川氾濫の浸水深分布推定, *土木学会論文集 B1(水工学)* Vol.72, No.4, pp. I_1171-I_1176, 2016.