

インドネシア Citarum 川上流域における降雨流出氾濫解析

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○神谷 青佑

日本大学工学部土木工学科 正会員 朝岡 良浩

日本大学工学部情報工学科 非会員 若林 裕之

1. はじめに

インドネシアの食糧生産は気候変動の影響に伴い低下が予想されている¹⁾。このため、インドネシア政府は食料安全保障や農家の取得向上を政策上の優先課題の一つとして位置付け、損害補てん型農業保険を実施している。農業保険制度によって農家に補償金を支払う際、農業保険の担当者が被害地を現地調査がするが、個々の被害状況を調査するには多くの時間と労力を要する。

上記の課題に対して、洪水・氾濫に起因する水田耕区の水害に関しては、衛星画像を用いたモニタリング手法の開発が進められている。Wakabayashi et al., (2019) は Sentinel-1 衛星を用いた広域被害のモニタリング手法を検討した。また、Sentinel-1 衛星の観測周期が 12 日であるため観測期間を補う方法として、竹田ら(2020) は内水氾濫モデルを用いて高い時間間隔で浸水域を解析したが、内水氾濫だけではなく外水氾濫を扱う必要があることを示した。以上を踏まえて、本研究はインドネシア Citarum 川上流域を対象として降雨流出氾濫解析を行う。

2. 対象地域

Citarum 川の全長は約 350km、流域面積は約 6000km²である。本研究は流出・氾濫を一体的に解析し、流出解析の範囲を Citarum 川の上流域(図-1)に設定した。具体的には、Nanjiung 地点の上流域である。対象地域の Bojongsoang 地区と Tegalluar 地区では東から西に向かって Citarum 川が流れ、雨季には浸水被害が発生する。

3. 研究手法およびデータセット

本研究は RRI モデル(Rainfall-Runoff-Inundation)⁴⁾を対象地域に適用して、降雨・流出・氾濫を一体的に解析した。対象地域を 15"メッシュに分割し、拡散波近似した二次元浅水方程式を展開する。各メッシュは河道部もしくは流域部に分類され、流域部では地中部の降雨流出過程も取り扱う。以下に二次元浅水方程式を示す。

$$\text{連続の式:} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r - f \quad (1)$$

$$\text{運動方程式}(x \text{ 方向}): \quad \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial u q_x}{\partial x} + \frac{\partial v q_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} \quad (2)$$

$$\text{運動方程式}(y \text{ 方向}): \quad \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial v q_y}{\partial x} + \frac{\partial u q_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} \quad (3)$$

ここに、 u 、 v は x 、 y 方向の流速、 q_y 、 q_x は x 、 y 方向の流量フラックス、 h は水深、 H は水位、 τ_x 、 τ_y は x 、 y 方向の剪断応力、 r は降雨強度、 ρ は水の密度、 f は鉛直浸透強度、 t は時間である。計算時間間隔 $dt=600s$ とした。

RRI モデルに入力する Citarum 川の標高、流域、流向といった数値地図情報は HydroSHDES より取得し、一部修正した。雨量データは衛星全球降水マップの GSMaP_MVK プロダクトを用いた。雨量データの空間分解

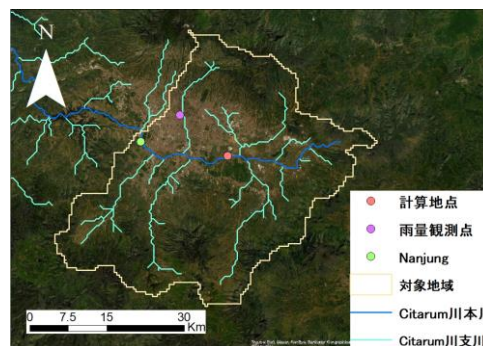


図-1 流出解析の対象地域

キーワード Bojongsoang 地区、二次元浅水方程式、降雨・流出、外水氾濫

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定中河原 1 日本大学工学部土木工学科 TEL024-956-8732

能 0.1° ，間隔 1 時間である．対象期間は 2018 年 9 月から 2019 年 5 月までの 9 ヶ月間である．また，対象地域の乾期と雨期を判別するために Citarum River より Bandung 市にある地上観測点の降雨量データを使用した．

4. 結果と考察

2018 年 9 月から 2019 年 5 月までの地上観測点による雨量データを図-2 に示す．降雨量は 9 月から 11 月に増加，1 月にかけて減少する．2 月に再び増加，それ以降は徐々に減少する．

RRI モデルを利用し対象地域にシミュレーションを実施した．その結果から Bojongsoang 地区の河川部における 0 時河川流量 5 日間の移動平均を図-3 に示す．河川流量はマイナスになっている場合が存在する．これは対象地域の河床勾配が極めて小さく河川が合流しているため背水の影響があると考えられる．河川流量は 1 月から 2 月に増加，3 月は減少する．4 月には再び増加，5 月以降は減少する．9 月の降雨増加に対して流量増加は 2 カ月遅れて開始する．また，同地における浸水高 5 日間の移動平均を図-4 に示す．浸水高は 9 月から 2 カ月間，河川周辺の貯水が増加する．これにより，河川の流量増加は抑止される．11 月以降は，貯水高がほぼ一定になる．4 月以降は河川流量と貯水高の減少が一致する．

5. まとめ

本研究では RRI モデルを用いて降雨流出解析と氾濫解析を一体として解析を行った．今回の計算では一般格子で河川流れを計算した．

今後は河道断面をシミュレーションに組み込み，適切な外水氾濫の計算を試みるとともに，河川からの外水氾濫に河川幅や蒸発散を入れて再計算する必要がある．その上で衛星画像と比較してシミュレーションの妥当性を検討する．

謝辞

本研究の一部は JST/JICA SATREPS インドネシア案件の支援により実施された．また，土木研究所より技術支援を受けた．ここに謝意を示す．

参考文献

- 1) Rosamond L. Naylor, David S. Battisti, Daniel J. Vimont, Walter P. Falcon, and Marshall B. Burke: PNAS, 104(19), 7752-7757, 2007.
- 2) Wakabayashi, H., Motohashi, K., Kitagami, T., Tjahjono, B., Dewayani, S., Hidayat, D., and Hongo, C.: FLOODED AREA EXTRACTION OF RICE PADDY FIELD IN INDONESIA USING SENTINEL-1 SAR DATA, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-3/W7, 73-76, 2019.
- 3) 竹田稔真, 河村弘仁, 朝岡良浩, 若林裕之. インドネシア Citarum 川流域の水田耕区における氾濫解析, 東北地域災害科学研究, Vol.56, p.33-38, 2020.
- 4) 佐山敬洋, 建部祐哉, 藤岡 奨, 牛山朋来, 萬矢敦啓, 田中茂信. 2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.1, p.14-29, 2013.

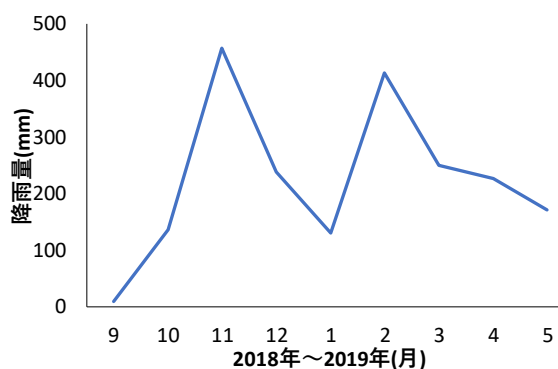


図-2 地上観測点の降雨量

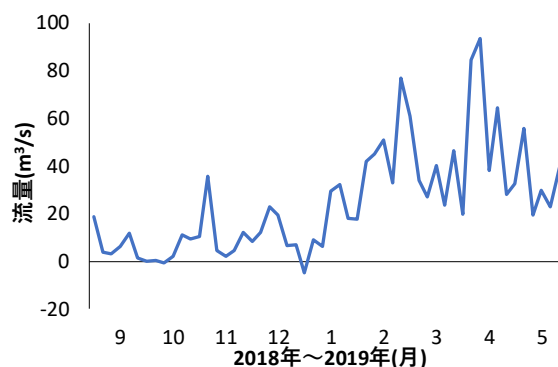


図-3 河川流量(5 日間の移動平均)

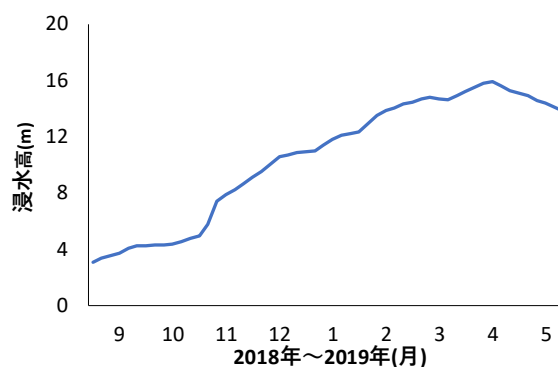


図-4 浸水高(5 日間の移動平均)