

急勾配な扇状地地形における氾濫流の挙動に関する考察

群馬大学大学院 学生会員 ○新井勇貴

群馬大学大学院 正会員 清水義彦・松本健作・鶴崎賢一

1. はじめに

急勾配な扇状地における河川からの氾濫流は地形勾配に支配されるため拡散しにくく直進的に進む場合が多い。したがって氾濫流の到達時間は短く、避難に要するリードタイムの確保が困難になる。また、氾濫流の流勢が強く、浸水深とともに流速や流体力が避難困難な状況を作り出すばかりか、人的被害を生むことも懸念される。そこで、本研究では急勾配な扇状地での氾濫流を対象として氾濫流シミュレーションから、生じる災害リスクを明らかにすることを目的とした。

2. 数値計算の概要

氾濫解析の基礎式には、以下に示す浅水流方程式を用いる。

$$\text{(連続式)} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\text{(運動量式)} \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w}$$

ここに、 h は水深、 u 、 v は x 、 y 方向の流速、 M 、 N は x 、 y 方向の流量フラックス ($M=uh$ 、 $N=vh$)、 H は水位 ($H=h+z$ 、 z は地盤高)、 τ_{bx} 、 τ_{by} は水底面でのせん断応力の x 、 y 方向成分で、それぞれ以下の式を用いる。

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^3} \quad \tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^3}$$

ここに、 ρ_w は水の密度、 g は重力加速度、 n は Manning の粗度係数、 t は時間、 x 、 y は水平方向にとったデカルト座標系の座標値である。

本研究では、桐生川と渡良瀬川に囲まれた地域の非構造格子網を作成し、解析をおこなった。使用した標高データの格子幅は 5m、計算メッシュの格子幅は 10m 程度である。図 1 に氾濫計算領域の標高分布を示す。破堤地点は昭和 22 年のカスリーン台風時と同じく渡良瀬川 50.6km 地点左岸、桐生川 9.4km 地点右岸とした。氾濫流量は破堤地点における 100 年に 1 度の規模の洪水流量を与えた。計算時間は 5[h]、時間差分 dt は 0.001[sec]とした。

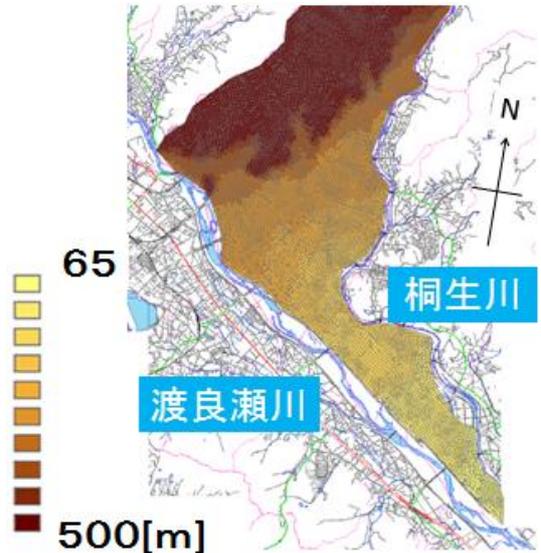


図 1 桐生市の地勢

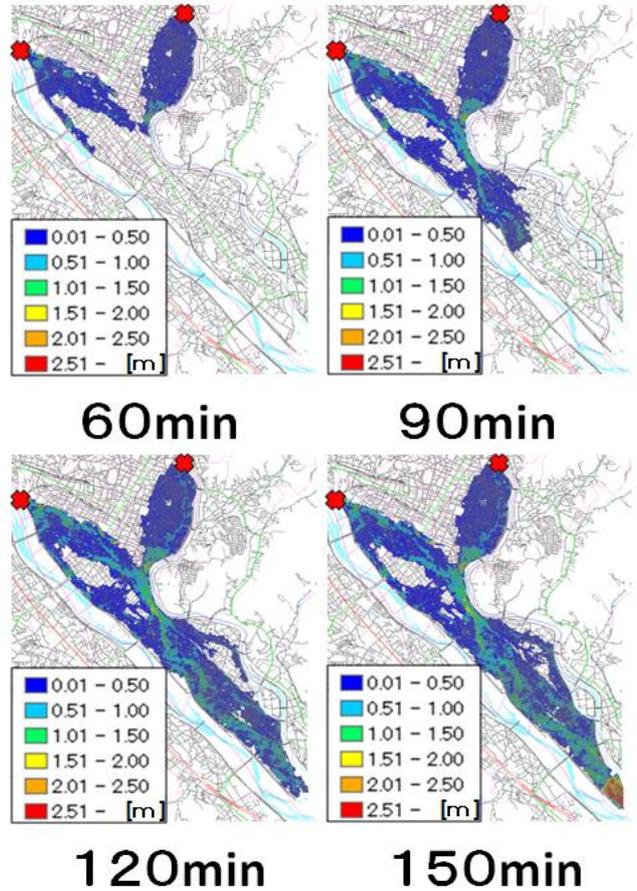


図 2 破堤後の水深の変化

キーワード 扇状地地形、氾濫流特性、氾濫流の数値シミュレーション、避難困難度

連絡先 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1640

3. 氾濫流の流下過程について

計算結果を図2に示す。60分の図をみると渡良瀬川の氾濫流は堤防沿いと旧新川跡の二手に分かれて進んでいる。カスリーン台風の時にもこのような流れであったという記録が残っている。氾濫エリアは下流に拡大していき、浜松町や境野町付近で特に水深が大きくなっている。氾濫流は破堤後約2時間で桐生市最下流端（境野町七丁目）に到達する。

4. 防災教育ツールとしての有効性

計算によって得た氾濫流の流速と水深の関係から歩行困難度¹⁾を求めた(表1)。これは氾濫した状況で指定された避難所に行くまでの災害リスクを明らかにする上で有効であり、また、避難場所への安全な避難ルートを選択にも活用できる。氾濫域での避難困難度の分布を図3に示す。境野町七丁目や浜松町二丁目で避難が不可能になるということが分かる。ここで、桐生市の洪水ハザードマップにおいて避難場所として示されている点に注目した。図4は各避難場所の避難困難度の時間変化である。桐生市役所には破堤後40分、南中学校と南小学校には破堤後70分、境野中学校には破堤後100分で氾濫流が到達する。境野中学校や南中学校では氾濫水が到達してから避難困難または不可能となるまでの時間がごくわずかしかなく、これは、この地区において浸水が始まってから避難場所へとたどり着くことは不可能であることを意味している。したがって、これらの地域では氾濫流が到達する前の段階での事前避難の重要性が指摘できる。このような地域の特性を考慮した避難場所やルート選択を住民に対する防災教育に活かすことが減災につながると考えられる。

5. まとめ

桐生市における氾濫解析を行い、市内の湛水深の時間変化を算出することによって、渡良瀬川、桐生川両堤防に囲まれている境野町は特にリスクが高いことが示された。避難困難度を用いることで事前避難の重要性も示された。計算によって得た結果の住民への見せ方や、建物データなどを使っての計算精度向上がこれからの課題である。

現在、図5のように河川を含めたメッシュを作成し、シミュレーションを行う方法を検討中である。これまでの計算では破堤点を指定して堤内地のみの計算を行ってきたが、河道に直接流量を与えることで、破堤危険個所や氾濫流量の特定等が可能になると考えられる。

[参考文献]

1)末次忠司 「氾濫原管理のための解析手法の精度向上と応用に関する研究」九州大学学位論文 1998

表 1 流速と水深による避難困難度

浸水深	流速	~0.4m	0.5m~0.9m	1.0m~1.4m	1.5m~
~0.4m/s		可能	可能	困難	不可能
0.5m/s~1.4m/s		可能	困難	不可能	不可能
1.5m/s~		困難	不可能	不可能	不可能

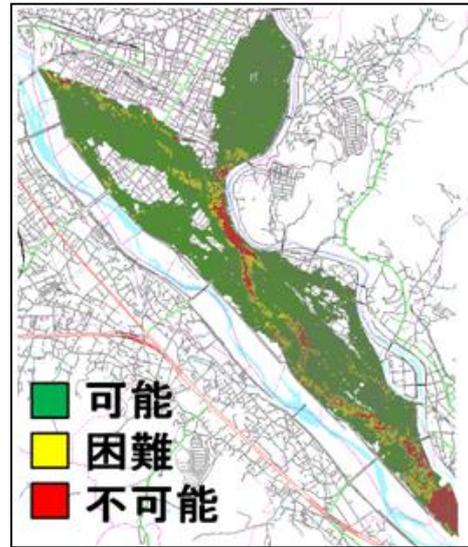


図 3 桐生市の避難困難度

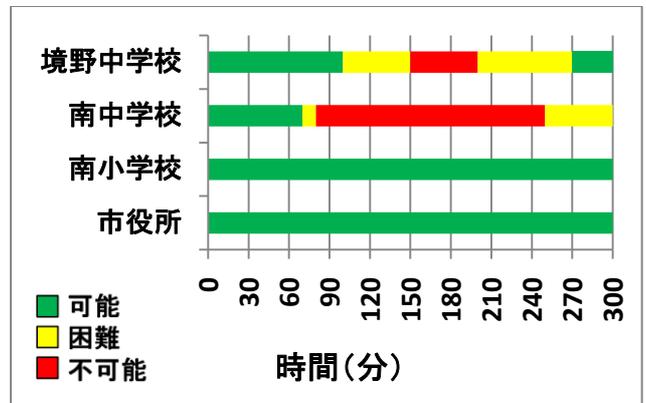


図 4 各地点での避難困難度の時間変化

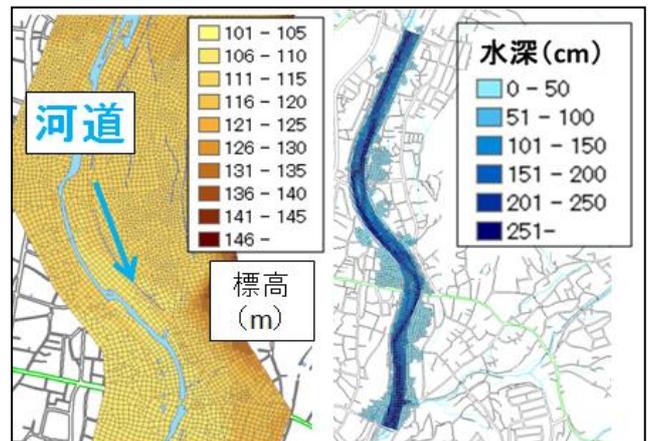


図 5 堤外地を含んだメッシュモデル