

水害リスクの時空間分布を考慮した統合型洪水氾濫・避難シミュレータに関する基礎的検討

熊本大学 学生会員 ○田中直樹, 山本智和, 三島雅樹; 正会員 山田文彦, 山本 幸, 榎村康史
建設技術研究所 九州支社 正会員 中島隆信, 倉吉一盛, 徳永智宏

1. はじめに

我が国の最近30年間の日降水量で200mmを超える大雨の日数を20世紀初頭の30年間と比較すると、約1.5倍に増加している。この原因として地球温暖化の影響が指摘されており、日本学術会議は「地球環境の変化に伴う水災害への対応」と題した提言の中で、温室効果ガス排出の削減を目的とする“緩和策”とともに、気候変動に対処するための“適応策”の重要性を指摘している¹⁾。ここで、水災害に対する適応策とは、水災害に対して適応能力が高く、強靱な社会を目指すことであり、その強靱さとは、以下の4つの要素から成り立つと定義した。

- ① リスク認知・リスク評価
- ② 物的・社会的インフラ
- ③ 抵抗力
- ④ 備え

これら4項目に関連する事前ソフト対策の一つとして、洪水ハザードマップの作成と公表が上げられる。

洪水ハザードマップとは、洪水による人的被害を軽減するために、浸水が予想される区域の住民の避難に必要な浸水情報、避難情報などを表示したものである。しかし、従来の洪水ハザードマップで示される浸水深は、複数のシナリオから得られた最大水深を表すものが多いが、浸水深の計算結果に対する頻度(確率)分布は検討されておらず、最大水深の定義が不明確であり、その普遍性には疑問が残る。Baldassarreら(2009)²⁾は、複数のシナリオで得られた最大浸水深と最大流速に対して、アンサンブル平均とその発生頻度を掛け合わせた洪水ハザードマップを提案した。しかし、厳密には確率分布を考慮したものではなく、最大水深・流速の普遍性には疑問が残るとともに、最大浸水深と最大流速間の位相差を考慮しておらず、過小または過大評価につながる可能性がある。そのため、現状の洪水ハザードマップは、地域水害対策を考える上で十分な情報提示には必ずしも至っていない。

これらの原因として、そもそも“水害リスク”の定義が曖昧のままに扱われており、それぞれの地域が現状で保有する水害リスクレベルが不明確であることが一因と考えられる。そこで本研究では、水害リスクの時空間分布を考慮した統合型洪水氾濫・避難シミュレータの構築を行い、地域で実践し、実効的な防災対策の一助とすることを目的としている。今回はその初段階として、水害リスクを定義し、その時空間分布を考慮可能な洪水氾濫・避難シミュレーション法について基礎的な検討を行う。

2. 水害リスクの定義

従来からの水害リスクの定義を整理すると、以下の2つに大別される。

- 1) 「被害の大きさ」と「その発生確率」の積
- 2) 「水害による損失の確率分布」

結論から先に述べると、本研究では水害リスクの定義として、上記2)を採用する。この定義に従うと、発生頻度は小さいが被害額が大きな事象となる水害の特徴を水害リスクの分布として表現可能である。なお、1)の定義は、水害リスクを期待被害額として評価するものである。この評価方法は小規模な独立事象が独立に多数生起するような被害を前提として開発されたものであるため、巨大性・同時性を有する水害時の被害評価に用いることには限界があると考えられる³⁾。

3. 水害リスクを考慮した洪水氾濫シミュレーション

本研究では、白川(1級河川)と坪井川(2級河川)が貫流する熊本市中心市街地を対象とする。図-1に航空写真を示すが、対象領域は約5km四方である。

従来、平面2次元の洪水氾濫解析では直交(デカルト)格子が用いられてきた。しかし、都市域では道路や建造物など土地利用形態が複雑で、中小河川など氾濫水に影響を及ぼす要素が数多く存在する。直交格子でこれらの影響を考慮するためには、計算格子の細分化が避けられず、計算精度の向上と土地利用データの作成時間・計算時間の増大とのトレードオフが問題となる。そこで、今回は、比較的少ない計算格子で計算精度を確保可能な非構造格子⁴⁾を適用する。対象領域を格子分割した結果を図-2に示す。計算格子は三角形と四角形で構成されており、総格子点数は41,273点、総格子数は42,245個である。基礎方程式や計算手法の詳細は、川池ら(2000)⁴⁾と同様である。

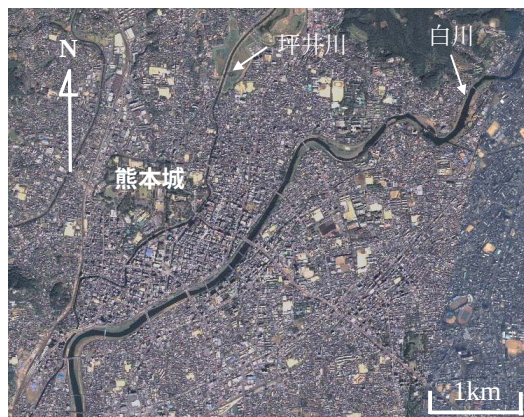


図-1 対象領域



図-2 対象領域の非構造格子

計算での氾濫形態は越流とし、越流箇所およびその流量の時系列は、事前に白川の計画高水流量(2,000 m³/s)、整備計画流量(3,000 m³/s)を上流端で与えた広領域の平面2次元計算(直交格子)を行い、決定した。その後の氾濫計算(非構造格子)では、上記手法で求めた合計55箇所での越流量の時系列を計算開始とともに、それぞれの場所で与え、氾濫開始から24時間の計算を行う。浸水深・流速・単位幅比力⁵⁾に関しては、それぞれの格子で各物理量の時系列から頻度分布を作成し、発生確率を求める。それらを既存の関数形(例えば、一般化極値分布)で近似し、母数推定とともに、その適合度と推定精度を調べ⁶⁾、各物理量の最頻値・平均値・標準偏差等を求める。また、計算で求めた各最大値については、確率年に相当する統計量を調べるとともに、従来の極値統計量とは異なる概念から得られた統計量の意味づけについて検討を加える。さらに、水害リスクについては、各計算格子での浸水深と流速の時系列からBaldassarreら(2009)²⁾と同様のハザード曲線を用いて5段階で算出し、水害リスクの時空間分布の検討の可能性を調べる。

4. 洪水氾濫避難シミュレーション

上記で求めた水害リスクの時空間分布に対して、どのような避難方法が有効であるかを検討するために洪水氾濫避難シミュレーションを連動させた統合型のシミュレータの構築を行う。洪水氾濫避難シミュレータには、マルチエージェント・シミュレーションモデル⁷⁾を用い、住民が徒歩または車で移動する場合を考慮した計算手法について検討する。住民エージェントは以下に示すa)~d)の条件を考慮し、各交差点に到着後次に進む経路選択を繰り返し、避難場所へと向かう。

- 避難場所に近づくか (+ α)
- 川から遠ざかるか (+ β)
- 標高が高くなるか (+ γ)
- 周囲に避難者がいるか (+ θ)

$$S_i = \alpha + \beta + \gamma + \theta \quad (1)$$

これらの条件を満たせば()内のポイントが式(1)により加算される。ここで、 S_i は経路ごとのポイント合計値である。 $i = 2, 3, 4, \dots$ (i の値は交差点の接続点数によって変化)である。

対象領域での洪水氾濫避難シミュレータの計算例を図-3に示す。この計算では、住民2,500人が徒歩で2箇所の避難所を目指して避難している。図中の黒丸は徒歩移動者、赤丸が避難場所を示している。

現在、住民の属性(年齢・性別など)を考慮した初期配置方法や避難歩行速度および車で移動する場合の信号機の処理手順などを検討しており、より現実的な洪水氾濫避難シミュレーションへと改良中である。

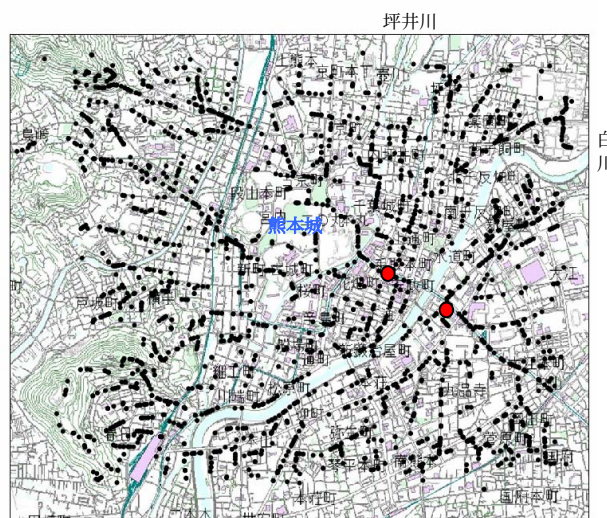


図-3 対象地域における避難シミュレータ画像例

5. おわりに

本研究では、水害リスクの時空間分布を考慮した統合型洪水氾濫・避難シミュレータの構築を目指し、水害リスクの時空間分布の計算方法について基礎的な検討を行った。今後は水害リスクの表現方法として、水害リスクマップなどについても検討する予定である。なお、紙面の都合上、氾濫解析や水害リスク評価の結果等については、講演時に紹介する予定である。

参考文献

- 1) 日本学術会議 地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同 国土・社会と自然災害分科会：p.17, 2008
- 2) Baldassarre, G. D. ら：Natural Hazards, 50, pp.479-496, 2009.
- 3) 小林潔司：防災の経済分析, 勁草書房, pp.3-21, 2005.
- 4) 川池健司ら：水工学論文集, 44, pp.461-466, 2000.
- 5) 大西良純ら：水工学論文集, 52, pp. 841846, 2008.
- 6) 水文・水資源学会：水文・水資源ハンドブック, 234-247, 1997.
- 7) 柿本竜治ら：土木計画学研究・論文集, 26, pp. 113-122, 2009.