

近年の豪雨災害の河川氾濫・被害データを用いた洪水人的被害関数の構築

東京理科大学大学院 学生会員 ○窪田利久, 伊藤毅彦, 尾形勇紀
東京理科大学 正会員 柏田仁, 二瓶泰雄

1. はじめに

近年の記録的豪雨の頻発化に伴い、毎年のように全国各地で甚大な被害が発生している。特に、人的被害の軽減は最重要課題であり、平成30年7月豪雨で237名、令和元年東日本台風で107名、令和2年7月豪雨で84名の死者が発生した。現在、ハード・ソフト一体となった流域治水プロジェクトが推進され、氾濫を防ぐのみならず、氾濫を減らし、被害も減少させるための防災・減災対策が進められている。気候変動を踏まえ、洪水氾濫発生時における人的・物的被害想定は極めて重要となってくる。人的被害推定手法としては、Lifesimなどの欧米の研究手法が多く、古い被害データが用いられることが多い¹⁾。欧米と日本では、降雨や地形、洪水氾濫特性が大きく異なるため、海外の被害推定法を我が国の人的被害想定にそのまま適用することは限界がある。そのため、近年の我が国における洪水災害時での人的被害と洪水氾濫状況を詳細に検討することが必要不可欠である。災害時の被害評価手法の一つとされる被害関数 (Fragility Curve) は津波分野で構築され、人的被害と浸水深の関係が示されている²⁾。しかしながら、洪水氾濫に対する被害関数は皆無である。本研究では、著者らが数多く収集している近年の洪水氾濫災害における人的被害データと洪水氾濫状況の関係を多角的に検討し、洪水人的被害関数を構築することを目的とする。ここでは、死亡率 (定義は後述) と洪水指標 (浸水深, 水位上昇速度等), 被災者の属性 (年齢) の関係性を検討する。

2. 研究方法

(1) 対象洪水概要と洪水データ取得方法: 本研究で扱う洪水災害と対象河川は、H30年7月豪雨・小田川とR1年東日本台風・千曲川等、R2年7月豪雨・球磨川の3つの豪雨災害とした(図-1)。図中には、各洪水災害における死者総数及び、解析対象とする「自宅などの屋内で発見された死者数と流出家屋の死者数の和」も示す。各災害時の洪水氾濫状況としては、浸水深は現地調査により取得し、水位上昇速度は氾濫解析を実施して算定した。この氾濫解析は、H30年小田川とR2年球磨川ではMIKE11による一次元・平面二次元モデル、R1年東日本台風ではiRIC Nays2D Floodをそれぞれ用いており、痕跡水位・水深や堤内地・堤外地における水位観測データ、監視カメラ等の映像などを比べて、解析結果の妥当性を検証している。水位上昇速度としては、浸水深がばらつく中で統一的に評価するために、水深0.5mから1.0mにおける上昇速度を対象とした。

(2) 死亡率と被害関数の算定手順: 被害関数に用いる死亡率の算定方法を図-2に示す。まず、①平成27年国勢調査より、対象エリアにおける年齢別人口分布(5次メッシュ, 約250m)を入手し、②国土地理院基盤地図情報から建物データを取得し、建物1棟当たりの人口 (=メッシュ内人口/メッシュ内建築物数) を割り当てる。次に、③観測(解析)より得られた洪水指標(浸水深など)の平面分布から建物毎の洪水指標を求め、④得られた②と③を紐づけて各洪水指標毎の人口を求める。⑤洪水指標毎の死者数と④の人口を除いたものを死亡率として算出し、最後に⑥死亡率と洪水指標の相関関係 (=被害関数) を求める。この洪水指標には、浸水深 h と水位上昇速度 dh/dt に加えて、この両者の乗算値 $h \cdot dh/dt$ の3つとする。浸水深は建物内にて立てる(溺れる)かどうかを示し、水位上昇速度は垂直避難の困難さを表す。 $h \cdot dh/dt$ は、両指標の不足分をカバーした指標となっている。

3. 結果と考察

(1) 浸水深と水位上昇速度の関係: 洪水指標である浸水深と水位上昇速度の特徴を確認するために、対象全建物

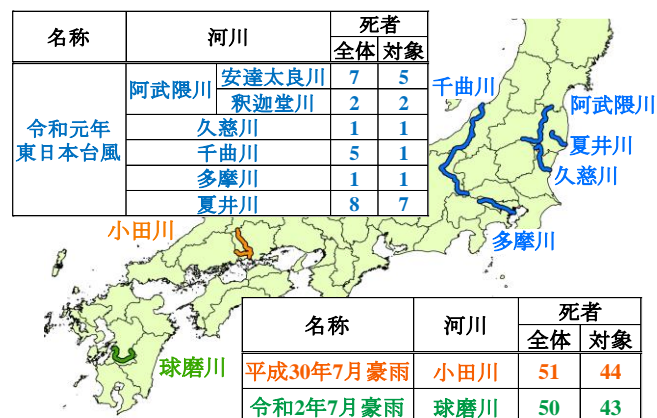


図-1 対象洪水災害の概要

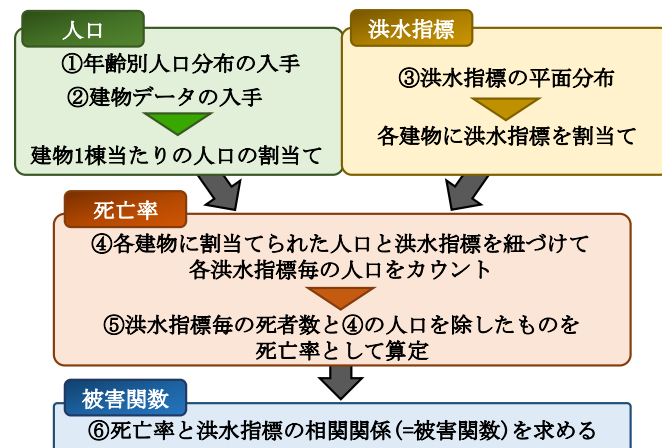


図-2 死亡率・被害関数の算定手順

キーワード: 洪水氾濫, 洪水被害関数, 人的被害, 浸水深, 水位上昇速度, 豪雨災害

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 5号館 3階 水理研究室 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069)

における浸水深と水位上昇速度の相関図を図-3に示す。

ここでは、洪水毎に色分けし、人的被害発生場所の結果も表示している。これより、全データでは両者の間には正の相関が見られ、相関係数は0.43であった。人的被害が発生した建物に着目すると、浸水深に関する人的被害発生の下限値は2mであり、既往の研究と同じである。一方、水位上昇速度の下限値に関しては、浸水深2mでは0.5m/hであるが、浸水深が大きくなると下限値が低下し、浸水深4mを超えると、0.1m/h程度でも人的被害が発生したケースが存在する(同図中黒点線)。これは、水位上昇速度は垂直避難の難しさを示す指標であり、浸水深が垂直避難が通用しない大きくなるにつれて下限値が小さくなると考えられる。また、二つの指標に下限値が認められたものの、人的被害発生データに関しては浸水深、水位上昇速度共にばらつきが大きい。そのため、二つの指標を考慮した指標(乗算値 $h \cdot dh/dt$)が人的被害の危険度を示す指標として有用であると考え、3つの洪水指標について被害関数を構築する。

(2) 洪水被害関数の構築：被害関数構築として津波では地域毎に死亡率と指標(浸水深等)の関係を求めたが、洪水では死者データに限られることや、浸水深などの空間変化は非常に大きいため、同じ手法は適用できない。そのため、建物数が同数となるように区分けした浸水深毎の人口・死者数の関係を図-4に示す。これより、浸水深が大きくなると共に、死者数が増加していく傾向が捉えられた。死者数と人口の比から死亡率を算出し、洪水指標毎に被害関数を求めた結果を図-5に示す。3つの指標共に、65歳以上と64歳以下に分けて示す。また、水位上昇速度や乗算値は対数で示す。これより、65歳以上では、全指標共に有意な線形の相関式が得られ($p < 0.05$)、統計的に有意な被害関数が得られた。一方、64歳以下では、浸水深と乗算値の相関式のみ10%有意水準を満たし($p < 0.10$)、水位上昇速度の相関式には有意性は確認できなかった。また、65歳以上に注目すると、浸水深は2mを超えると死亡率が急増し、5mでは死亡率が1.4%に達する。水位上昇速度は0.1m/hでも死者が発生し、0.5m/hから死亡率が増え始めるが、そのばらつきは浸水深より大きい。乗算値の死亡率が急増するのは1m²/hであり、これは浸水深2m、水位上昇速度0.5m/hの下限値に相当する。また、乗算値では死亡率の最大値は1.8%と3つの指標で最も大きい。上記の相関式の有意性から、乗算値は人的被害リスク抽出に適している。

(3) 洪水指標による死亡率算定：洪水指標の活用法の一例として、浸水深と乗算値から得られる死亡率コンターを図-6に示す。ここでは、R2年7月豪雨・球磨川の万江川合流点付近とR1年東日本台風・久慈川の押川合流点付近の結果である。球磨川では、死者が発生した白丸部分では乗算値の方が浸水深よりも死亡率が高い。久慈川では、エリア全体として乗算値の死亡率が浸水深の値よりも大きい。このように、支川合流部における高い人的被害リスクの評価には乗算値がより適切な指標である。

謝辞：本研究の一部は公益財団法人河川財団河川基金(2021-5211-038)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献：1) Abocata, M. A and Bowles, D, S : Proc. Association of State Dam Safety Officials "Dam Safety 2008" Conference, 2008, 2) 越村ら：土木学会論文集B, Vol. 65, No. 4, pp.320-331, 2009.

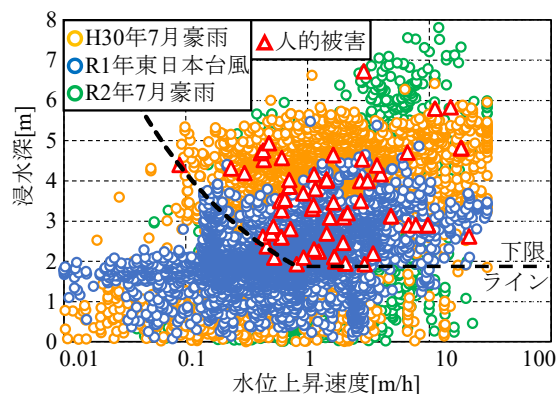


図-3 浸水深と水位上昇速度の関係

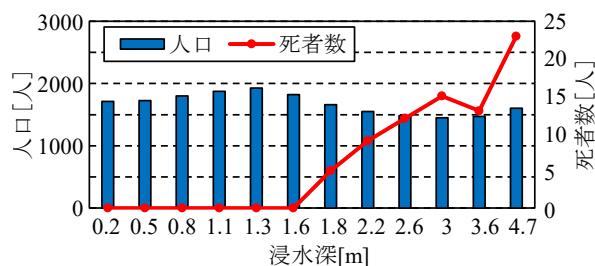


図-4 浸水深毎の人口・死者数の関係(65歳以上)

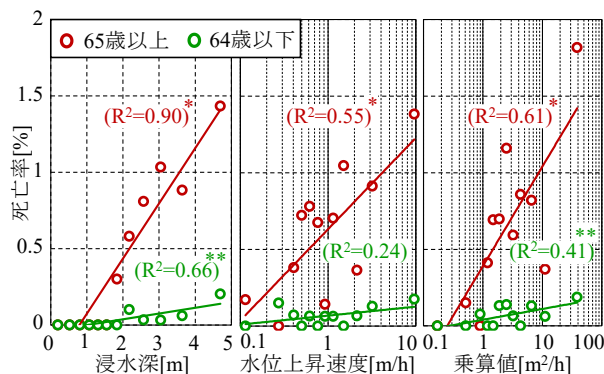


図-5 各洪水指標の被害関数 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.1$)

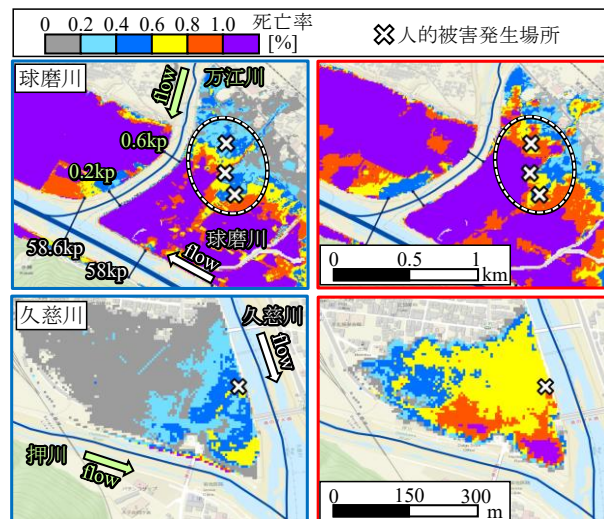


図-6 浸水深(左)と乗算値(右)による死亡率コンター(上：球磨川, 下：久慈川)