

人的被害を考慮した新しいリスク評価手法の提案

森川健太・三谷泰浩・池見洋明・ジャファールハルトノ・月原雅貴

Suggestion of new method of risk assessment considering human damage

Kenta MORIKAWA, Yasuhiro MITANI, Hiroaki IKEMI, Hartono JAFAR,

Masaki TSUKIHARA

Abstract: Government of Japan has promoted to publish the flood hazard map for the assessment of the risk. The flood risk is able to be understood spatially, but unable to be understood temporally. In this research, the new method of flood risk assessment is proposed. After carrying out the flood analysis, the distribution of general assets and human damage are estimated. Furthermore, evacuation routes and amount of evacuee are analyzed with considering time series. As a result, humans have been able to choose proper evacuation plan and activities dynamically and the real flood risk has been grasped correctly.

Keywords: 洪水 (Flood), ハザード (Hazard), リスク (Risk), 避難 (Evacuation)

1. はじめに

近年、平成 24 年 7 月九州北部豪雨のような集中豪雨による水害が頻発し、ハード対策だけでは防ぎきれない甚大な被害が発生する事例が増えてきており、ソフト対策を取り入れたリスク管理が必要となってきている。

洪水に対するソフト対策として、河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域及び最大の浸水深を表した浸水想定区域図や、避難所を示した洪水ハザードマップなどが公表されている。これらのマップは破堤点ごとの洪水氾濫解析結果の中から最大浸水深（ハザード）を抽出し、表示して洪水によるリスクを評価することができる。しかし、現在のリスク評価方法では空間的にリスクを評価できても、人の動きを考慮した時間的観点からの評価は行われておらず、洪水によるリスクを

正しく認知し、適切なリスク管理がなされているとは言えない状況にある。

そこで、本研究では福岡県糸島市を流れる雷山川をモデルにして洪水氾濫解析を行い、洪水による資産に対する被害、人的被害を推定する。具体的には、降雨確率 30 年、50 年、100 年の 3 種類について洪水氾濫解析を行い、地理情報システム（GIS: Geographic Information System）を用いて経済的被害、人的被害を算出する。さらに、浸水の時間変化に対応した避難経路と避難人数の変化を算出し、時間変化に伴う人的被害を考慮した新しいリスク評価手法を提案する。

2. 洪水氾濫解析

洪水氾濫解析は浸水想定区域図作成マニュアル（国土交通省河川局治水課、2006）に従って破堤点ごとに解析を行う。解析期間は「雷山川水系雷山川浸水想定区域図（福岡県県土整備部河川課、2007）」が策定されたときと同じ 2006 年 5 月 19 日から 20 日とする。まず航空写真をもとに河川

森川 健太 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻

Phone: 092-802-3396

E-mail: morikawa@doc.kyushu-u.ac.jp

形状をラインで作成し、断面位置、境界条件位置をポイントで作成する。次に、河川改修計画実施要領（島根県河川課、2013）を参考に、降雨確率30年、50年、100年の3種類についてそれぞれ降雨強度を計算してハイエトグラフを作成し、合成合理式によって流量を計算する。破堤点については流量から水位を計算し、破堤敷高、計画高水位（HWL）を越える点を破堤点とする。最後に、国土地理院が公表している基盤地図情報の50m数値標高モデル（DEM）を利用して氾濫原を作成する。これらのデータを統合して50mメッシュで洪水氾濫解析を行う。

3. 経済的被害と人的被害の分析

3.1 経済的被害の推定

治水経済調査マニュアル（国土交通省水管・国土保全局河川計画課、2005）を参考に、浸水区域内における家屋、家庭用品、事業所償却・在庫資産、農漁家償却・在庫資産、農作物の資産の分布状況の把握を行う。各資産データはメッシュサイズが異なっていたり、メッシュ形式でないデータもあるため、サイズとジオメトリを統合する必要がある。そこで浸水想定区域の50mメッシュデータを基準にし、各データ1m²当たりの値を算出し、各データのポリゴンを分割する。その後、基準メッシュ内でそれぞれのポリゴンが占める面積を計算し、基準メッシュごとにそれぞれの値を算出することとする。

浸水区域の浸水深、資産データをもとに、各破堤点において経済損失の推定を行った降雨確率30年の解析結果の一例を図-1に示す。破堤点付近では、人口や資産は集中しておらず推定被害額は低い分布を示すが、領域Aは市街地であり、人口や建物が集中しているため推定被害額が大きい。

3.3 人的被害の推定

水害の被害指標分析の手引（国土交通省水管

理・国土保全局、2013）を参考に、浸水深0cmを上回る浸水区域に居住する人口を対象として推計する。解析結果の一例を図-2に示す。破堤点付近と市街地周辺の被害が大きいことがわかる。また、被害が大きい破堤点ごとに経済的被害、人的被害をまとめた降雨確率50年の結果を図-3に示す。経済的被害と人的被害の分布の変化は資産が存在する場所に人が集中しているため、概ね同じ傾向を示し、破堤点8/200で最も被害が大きくなる。

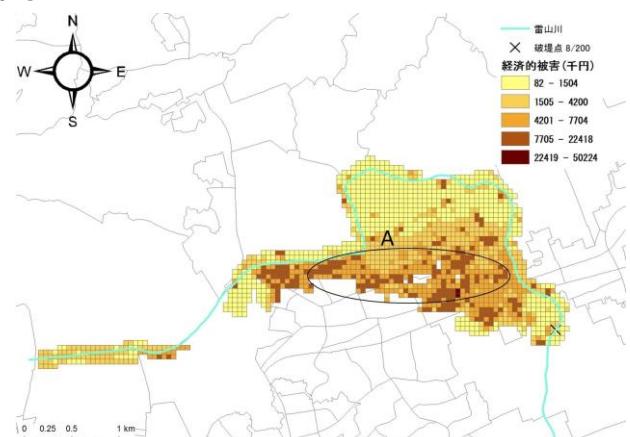


図-1 経済的被害の分布

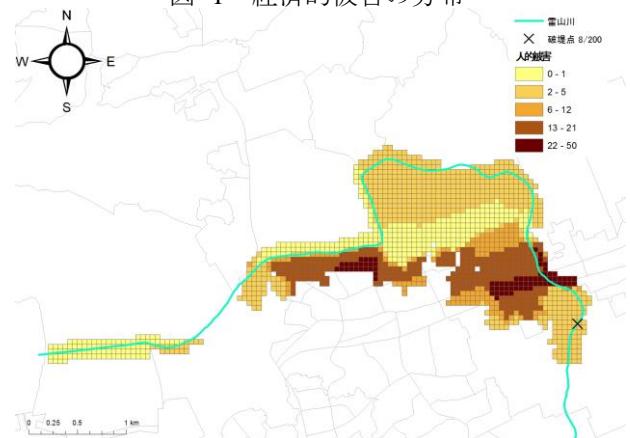


図-2 人的被害の分布



図-3 破堤点ごとの被害

4. 時間変化を考慮した人的被害の分析

4.1 ネットワークの構築と歩行困難地域の設定

氾濫の時間変化を考慮した人的被害の変化を推定するために、洪水氾濫解析結果を用いて避難経路の解析を行う。ネットワークの始点となる避難開始地点を浸水想定区域における任意の地点とし、ネットワークの終点である目的地を避難所とする。また、浸水深 50cm 以上となる区域を歩行困難地域（須賀, 1995）として設定し、ネットワークが通行不可となる地点を設ける。この構築したネットワークを用いて 84 の破堤点について破堤から 1 時間間隔で解析する。

4.2 避難経路の解析と避難人数の算出

図-4 は降雨確率 50 年、破堤点 8/200 での破堤から 1 時間後、図-5 は破堤から 2 時間後の破堤点付近の浸水想定区域及び避難経路を表している図である。これらの図から、破堤から 1 時間後



図-4 破堤から 1 時間後の避難経路

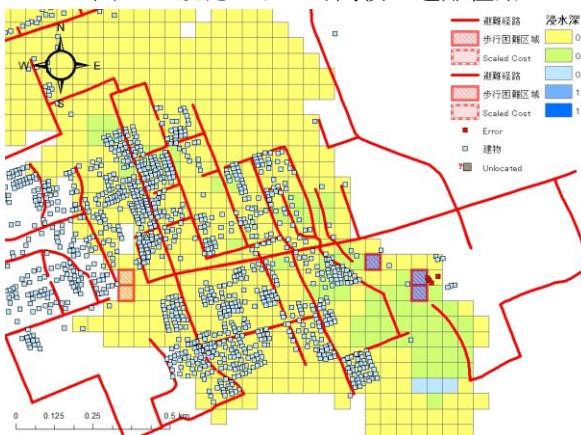


図-5 破堤から 2 時間後の避難経路

は氾濫流が溢れているため歩行困難地域が広く存在するが、破堤から 2 時間後には地形に沿って氾濫水が動くことによって歩行困難地域が変化することが分かる。また、それに伴って避難経路も変化することが分かる。

図-6 は降雨確率 50 年、破堤点 8/200 での破堤から 9 時間後、図-7 は破堤から 10 時間後の破堤点付近の浸水想定区域及び避難経路の変化を表している図である。破堤から 9 時間経過しても破堤から 2 時間後と歩行困難区域が変化していないことが分かる。しかし、破堤から 9 時間後には通行可能であっても、破堤から 10 時間後には歩行困難地域（領域 B）が表れている。時間変化に沿って歩行困難区域の移り変わりを把握することで、より正確に洪水によるリスクを認識し、適切な避難を選択できる。

図-8 は降雨確率 30 年、破堤点 8/200 での破堤前、破堤から 3 時間後、4 時間後の浸水想定区域



図-6 破堤から 9 時間後の避難経路



図-7 破堤から 10 時間後の避難経路

及び避難経路を表している図で、左から順に破堤前、破堤から3時間後、破堤から4時間後を表している。また、図-9は破堤から1時間ごとに避難が必要な人数の変化を表したグラフである。破堤から3時間後では領域Cと領域Dが通行不可となるが、破堤から4時間経過すると、領域Cでは水が引いて通行可能となっている。また、領域Cの住人は破堤から3時間後は避難することができないが、4時間後には水が引いていることから、マンションなどの高層建築物へと一時的に退避するなどの避難行動をとることで、避難所まで移動する必要はないと言える。図-3の被害人数と比較すると、破堤点8/200において浸水区域に含まれる人の数は約9300人であるが、避難経路の解析を行うことで、実際に避難する必要があるのは領域Dの住民127人だけであることが分かる。このように、時間変化を考慮することで避難すべき人数を動的に把握でき、より明確にリスクを評価できる。

4. 総合的なリスク評価

従来の洪水ハザードマップでは氾濫の時間変化を考慮せず、洪水氾濫解析を行って各破堤点ごとの最大浸水深の中から最も深い浸水深の値を抽出し、避難所を示すだけの静的なものであった。従来の評価方法でも空間的に洪水によるリスクの評価はできるが、時間変化を考慮することで氾濫水の変化を把握し、浸水区域内の住民がとるべき避難行動が明確化され、時空間的に動的な避難計画を立てることができる。これによってより正確にリスクを把握することができ、洪水による人的被害をより合理的に設定することができると思われる。

5. おわりに

本研究では、GISを用いて洪水による被害の実態を把握するため、浸水想定区域における資産に対する経済的被害と人的被害を算出した。さらに、

破堤後の時間変化を考慮した避難経路と避難者数の変化を算出し、動的な人的被害を把握した。その結果、時間に応じた浸水状況の変化を把握することによって厳密な人的被害のリスク評価ができ、適切な避難計画を策定することができる事が明らかとなった。

参考文献

- 国土交通省河川局治水課（2006）：浸水想定区域図作成マニュアル
- 国土交通省水管理・国土保全局（2013）：水害の被害指標分析の手引
- 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課（2005）：治水経済調査マニュアル（案）平成17年度版、37-48
- 島根県河川課（2013）：河川改修計画実施要領第2章、22-53
- 須賀堯三（1995）：利根川の洪水 語り継ぐ流域の歴史、山海堂
- 福岡県県土整備部河川課（2007）：雷山川水系雷山川浸水想定区域図

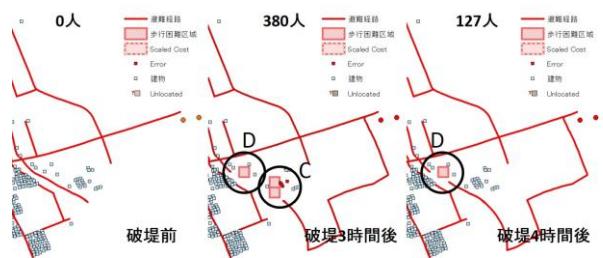


図-8 破堤から0, 3, 4時間後の避難経路

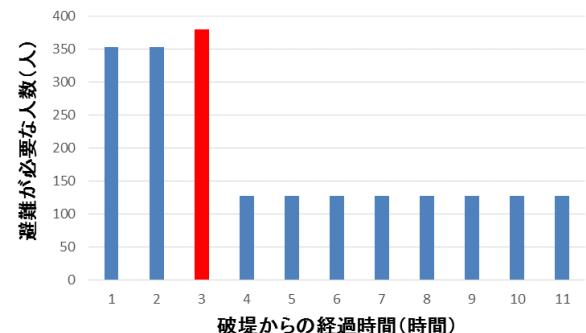


図-9 降雨確率30年の避難人数の変化