

GISデータを用いた都市水害に関する簡易危険度評価の研究

萩原 由 訓 野 畑 有 秀

Evaluation of Inundation Risk in Urban Area Using Geographic Information System Data

Yoshinori Hagiwara Arihide Nobata

Abstract

Recently, inundation damage has occurred in urban areas as a result of heavy rainfall. Thus, the demand for inundation risk evaluation has increased. First, we compiled the merits and demerits of past studies on inundation evaluation. This revealed that it is difficult to perform a simple evaluation using the same standards for inundation risk at sites that scattered in the several local governments. Therefore, we simply evaluated with the same standards inundation risk using the Laplacian calculated from nationwide altitude. This revealed that the Laplacian was an effective index for a simple evaluation of inundation.

概 要

近年、都市部における集中的な豪雨により人的・物的被害が数多く発生しており、水害に対する危険度評価のニーズが高まっている。本報告では、はじめに、既往の水害危険度評価手法の特徴と課題をまとめた。そして、これらの手法では、全国的にデータがそろっていない、水害発生基準となる雨量が自治体ごとに異なるなどの理由から、複数の異なる自治体に点在する施設の危険度評価結果を比較することが難しく、対策の優先度決定に利用しにくいことを示した。次に、その課題を解決するために、GISデータを用いて、全国どの地点でも同一の基準で水害の危険度を簡易的に評価するために、凸凹地形を表すラプラシアンを評価指標として用いることを提案した。最後に、GISによる簡易評価法を実際に水害にあった地域に適用した結果、ラプラシアンを用いることで過去に水害を受けた範囲を概ね抽出できることを示した。

1. はじめに

アスファルト舗装の道路や密集したコンクリート建物が林立している都市部は、雨水の地中への浸透が低下し、局地的な豪雨に対する脆弱性が内在している¹⁾。局所的な豪雨が発生すると、雨水が一気に下水道や中小河川へ流れ込み、排水処理機能がこれに追いつかない場合、雨水が下水道や中小河川からあふれ出す。道路や低地の冠水、地下街への浸水等が発生する、いわゆる都市型水害となる¹⁾。

1999年には、福岡県博多駅周辺のオフィスビルや東京都新宿区の住宅街の地下室で、水没した地下室に閉じ込められることによる犠牲者が発生している²⁾。また、2008年8月には東京都豊島区の下水道において水難事故が発生している²⁾。集中豪雨による被害はこれらのような地下空間だけにとどまらない。2000年9月11日から12日の東海豪雨では、名古屋市内の約40%の地域が浸水し、上下水道・電力・通信・ガス網が破壊されたほか、地下鉄・新幹線・鉄道が運休となった¹⁾。また、工場地帯が浸水し経済的な損失は膨大なものとなった¹⁾。建設省河川局の試算によると、被害が集中した愛知県では、家屋・家庭用品の被害額は約3,400億円、事業所償却資産・在庫資産の被害額が約3,330億円、営業停止・停滞損失が約750億円であった¹⁾。東海豪雨では一般資産等への被害の大きさに加えて、事業資産や営業停止を伴う被害の割合が

大きかった¹⁾。Table 1に、以上に示した被害も含め、1999年以降に都市部で発生した主な水害をまとめた。

他方、水害の根本の原因である雨量に注目すると、年々増加傾向であることが分かる。アメダスが観測した1時間降水量50mm、80mm以上の短時間強雨の発生回数を年ごとに集計しグラフにしたものをFig. 1⁷⁾に示す。地球温暖化との関連性は明らかではないが、これらによれば、1時間降水量50mm以上の年間観測回数は統計期間1976～2014年で増加傾向が明瞭に現れており、1時間降水量80mm以上の年間観測回数についても同期間で増加する傾向が見られる⁷⁾。また、短時間の降水量だけでなく、総雨量の増加にも注意が必要である。2011年9月の台風12号では、奈良県上北山村で1652.5mm(72時間雨量)が記録されており、今後台風などにより総雨量が2000mmを超える大雨も想定されている⁸⁾。

以上より、今後豪雨の頻発・総雨量の増加により都市部において水害が多発することが危惧される。水害対策を行うにあたり、まずその土地がどの程度水害に対して危険なのかを把握することが重要である。大林組では2007年に建物の水害に対する設計ガイドラインを提案している⁹⁾。本報告では、このガイドラインに挙げられたものも含め、既往の水害危険度評価手法の課題をまとめるとともに、位置や空間に関する情報をパソコン上で重ね合わせることで地理情報システム(Geographic Information System : 以降、GIS)を用いて、豪雨による

Table 1 1999年以降に都市部で発生した主な水害の例
List of Inundation of Urban Area

年月	被害地域	被害概要	気象現象 ⁴⁻⁶⁾	最大1時間降水量(mm) ⁴⁻⁶⁾ ※	出典
1999年6月	福岡県福岡市	地下室に閉じ込められた1名が死亡	梅雨前線 低気圧	79.5 (福岡市中央区)	1)
1999年7月	東京都新宿区	地下室に閉じこめられた1名が死亡	大気の状態 不安定による 大雨	91.0 (練馬)	1)
2000年9月	愛知県他	死者10名 床上浸水：28,363棟 床下浸水：44,205棟 被害額：7,267億円	台風14号	114 (愛知県東海市)	3)
2003年7月	福岡県福岡市	地下鉄が浸水	前線 低気圧	104 (福岡県太宰府市)	1)
2004年9月	東京都渋谷区	地下1階店舗が浸水			1)
2004年10月	神奈川県	地下鉄麻布十番駅の地下3階ホームが浸水 横浜では西口商店街の地下店舗が水没	台風22号	69 (東京都千代田区)	1)
2008年7月	兵庫県神戸市	都賀川の鉄砲水	大気の状態 不安定による 大雨	81 (京丹後市)	1)
2008年8月	東京都豊島区	下水道での水難事故	大気の状態 不安定による 大雨	59.5 (東京)	1)
2008年8月	栃木県鹿沼市	高速道路下の冠水したアンダーパスを通過しよう とした車両が運転不能となり運転手1名が水死	前線の影響 による大雨	67 (栃木県鹿沼市)	1)

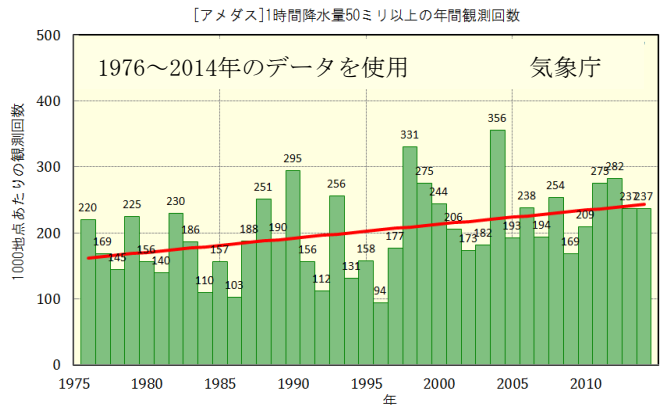
※表示した観測地点名は最大雨量観測点とは限らない

水害の危険度を簡易に評価する手法を提案する。この手法を用いることで、全国どの地点でも同一の指標で水害の危険度を簡易的に評価することができる。例えば、全国に点在する施設(工場や支社等)に対する水害対策を行う際に、これまでは水害に対する危険度の指標が同一でなかったため、優先順位の決定が困難であった。本提案手法は全国一律の水害危険度評価指標であるため優先順位の決定を容易に行うことができる。また、GISを利用することで迅速な評価が可能であり、さらに地震など他のリスク評価結果を地図上で重ねることもできるため、総合的なリスク評価への利用も可能である。

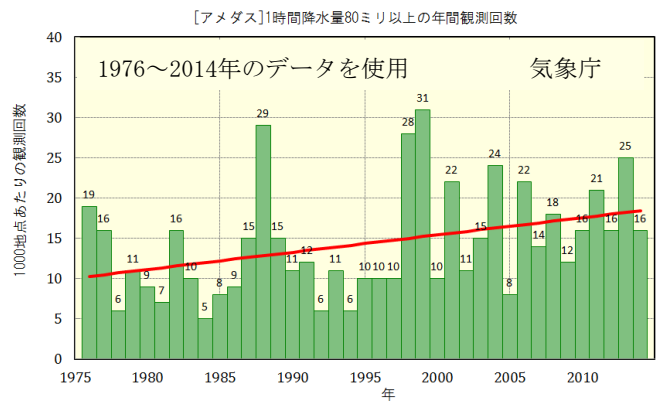
2. 既往の水害危険度の評価手法

2.1 自治体のハザードマップ

各自治体は、水害に対するハザードマップを作成しており、河川からの越水あるいは堤防の決壊により氾濫した(外水氾濫)際に浸水する地域や、下水道や河川の排水能力を大きく超える激しい雨が降った際に、浸水が発生(内水氾濫)する地域を公開している¹⁰⁾。これらの地図には浸水が予想される地域とその深さ、避難場所等が示されている。これらのハザードマップでは、Table 2に示すように、その土地で観測された最大雨量や概ね200年に1回起こる程度の大雨、平成12年9月東海豪雨(総雨量589ミリメートル、時間最大雨量114ミリメートル)のような集中豪雨を想定して浸水予測が行われている。このように自治体ごとに想定雨量が異なっており、これらの中には、その土地の気候や気象条件に基づいた雨量の設定をしていない場合もある。また、Fig. 2に示すように、洪水



(a) 1時間降水量50mm以上
Hourly Amount of Precipitation over 50mm



(b) 1時間降水量80mm以上
Hourly Amount of Precipitation over 80mm/h

Fig. 1 アメダスが観測した短時間強雨の発生回数
(気象庁⁷⁾に加筆)
Frequency of Heavy Rainfall

(外水氾濫)に対するハザードマップを公表している自治体は多いものの、内水氾濫に対するハザードマップを公表している自治体は少ない。また、どちらのハザードマップも公表していない自治体もあるのが現状である。

したがって、自治体が公表しているハザードマップのみを用いて、複数の自治体に点在する施設に対して、水害対策の優先順位決定のための水害危険度比較を行う場合、自治体により基準としている雨量が異なるため、相互の危険度評価結果(例えば浸水深)の比較による優先順位の決定は難しい。また、ハザードマップが公表されていない場合には、比較自体ができないという事態が生じてしまう。

2.2 水害の被害履歴マップ(浸水実績図)

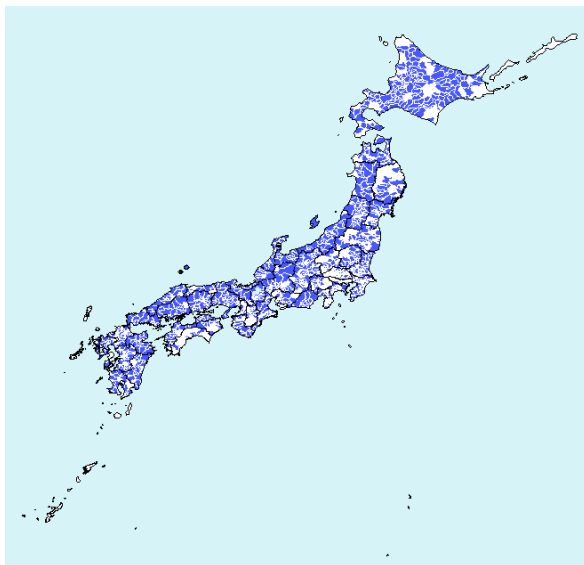
その土地でどんな浸水被害が発生したかを調査することは、浸水の危険性を把握するために重要な事項である。被害履歴マップについては、自治体が管理していること

が多く、インターネットで広く公開している自治体もある。東京都¹⁶⁾は、昭和49年から平成23年について、水害区域面積が0.1ha以上もしくは被害建物棟数が10棟以上となる水害を被った浸水域を地形図に重ね、わかりやすい図面として作成(Fig. 3)している。

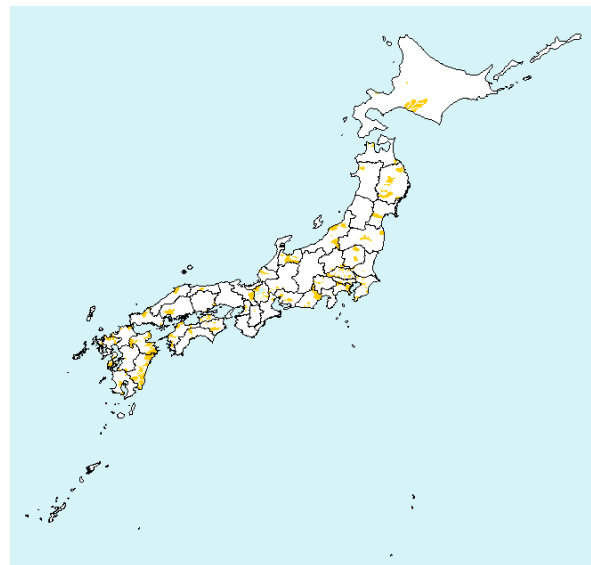
過去に水害を受けた土地は、再び浸水に合う可能性が高いと考えられるため、これらの被害履歴マップは今後の水害の危険度の評価を行うには非常に有用である。しかし、前節の自治体のハザードマップと同様、複数の自治体に点在する施設の危険度の比較を行うのは困難である。また、過去の被災時の雨量を超えた場合、非浸水地域がまた浸水を免れられるかを判断するのは困難である。さらに、浸水実績の記録は、被害届のあったものや聞き込み調査によるものが多いため、実際に浸水した区域を網羅しているとは限らないこと、古い実績図の場合、その地域の土地利用が大きく変化している可能性があることにも注意が必要である¹⁷⁾。

Table 2 ハザードマップの例
Example of Hazard-Map

自治体名	ハザードマップ名	想定雨量	出典
東京都世田谷区	洪水ハザードマップ(多摩川版)	概ね200年に1回起こる程度の大雨 (多摩川流域の2日間総雨量457ミリメートル)	11)
	洪水ハザードマップ(全区版)	平成12年9月発生 of 東海豪雨 (総雨量589ミリメートル、時間最大雨量114ミリメートル)	
東京都江戸川区	氾濫した場合の全体図	荒川や江戸川、及び利根川で堤防が決壊	12)
	大雨が降った場合の全体図	平成12年9月発生 of 東海豪雨	
埼玉県川越市	内水ハザードマップ	平成15年8月5日に川越市で観測された集中豪雨 (時間最大雨量72.5ミリ)	13)
大阪府貝塚市	土砂災害・洪水ハザードマップ	200年に1回の確率で降る雨 (概ね87mm/1時間, 342mm/24時間)	14)
大阪府吹田市	洪水ハザードマップ	淀川は2日間で約500mmの雨 神崎川は1日250mmの大雨 安威川は1時間に最大約80mm, 1日に約250mmの大雨 高川, 糸田川, 上の川, 山田川, 正雀川は1時間に最大約80mm, 1日に300mmの大雨	15)



(a) 洪水(外水氾濫)
River Flooding



(b) 内水氾濫
Rainfall Inundation

Fig. 2 全国の地方公共団体のハザードマップ公表状況¹⁰⁾
Published Hazard-Map by Local Governments

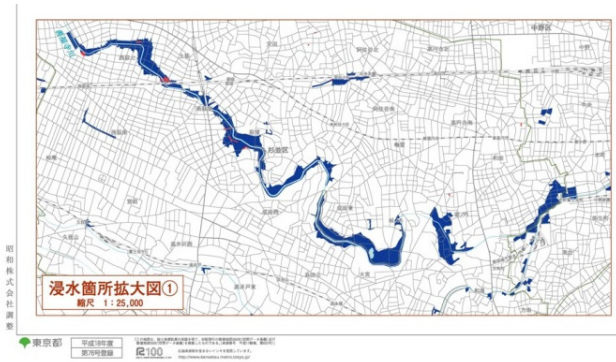


Fig. 3 東京都の水害実績図¹⁶⁾
Map of Inundation in Tokyo

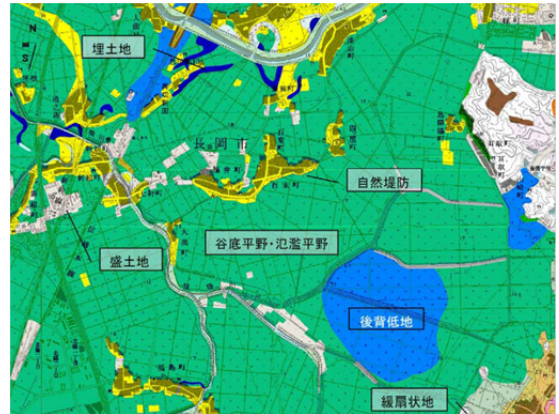


Fig. 5 土地条件図¹⁹⁾
Land Condition Map

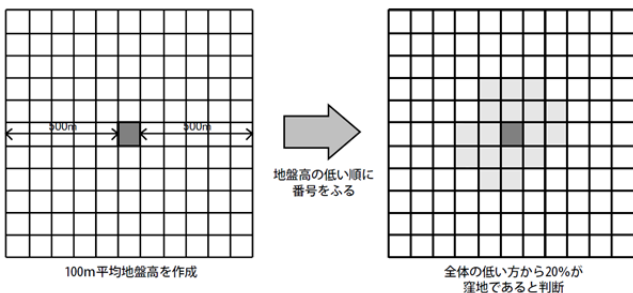


Fig. 4 窪地判定作業イメージ²⁾
Image of Judging Depression

2.3 窪地率

浸水が発生するのはその土地が周辺の地盤に比べて低い地形の場合が多い。窪地地形となっている土地では、浸水し始めると急激な速さで浸水する危険性がある。そこで、浸水対策を検討する際に、その土地が周辺と比べて窪地になっているかどうかの判定を行うための指標が(1)式のように提案されている²⁾。この指標は、Fig. 4に示すような1km四方内の100mメッシュに対して、地盤高を低い順番に順位をつけ、次式により算出する。窪地率が小さいほど、窪地の程度が高いことになり、20%以内を窪地と判断する²⁾。

$$\text{窪地率} = \frac{\text{当該メッシュの低い方からの順位数}}{\text{全メッシュ数}} \quad (1)$$

この指標を用いることで、全国でどこにおいても危険度を判定できる一方、この窪地率は評価する範囲の広さによっては、窪地を抽出することができない場合もある。なお、窪地率の根拠である既往の文献¹⁸⁾では窪地率と浸水速度との関係が示されているのみであり、窪地率と浸水深との直接の関係は不明である。

2.4 土地条件図

昭和34年9月に中京地域を襲った伊勢湾台風の前後に行われた濃尾平野の地形調査と被害状況との比較検討により、土地の性状や生い立ち、地盤の高低、干拓、埋立などの歴史から、洪水や高潮などの被害をかなりの程度まで推定できることが明らかとなった¹⁹⁾。そこで国土地理院¹⁹⁾は、土地条件図を用いた中小河川の浸水危険度

評価手法を提案している。この手法では、縮尺2万5千分の1土地条件図データ (Fig. 5) から Table 3 に示すように、「浸水しない～洪水時水に浸かる」まで5段階で浸水しやすさの評価を行い、さらに、浸水後の影響評価も行うことができる¹⁹⁾。

なお、土地条件図は国土地理院により Web 上で確認できるようになっている²⁰⁾。現状では、大都市を中心として公開されているが、全国のデータはそろっていない。

2.5 詳細な浸水シミュレーション

菊地・他⁹⁾は、水の流れを平面2次元の不定流と考え、浅水理論式を差分化した手法により、都市内の豪雨による内水氾濫を評価している。国土技術政策総合研究所^{21), 22)}は、内水氾濫を対象とした都市氾濫解析モデルを作成している。また、土木研究所²³⁾は、洪水予測シミュレーションに関する統合解析システムを開発している。

こうしたシミュレーションを行った場合、浸水深だけでなく浸水が始まってからの時間ごとの状態の変化など詳細な結果が得られる。しかし、シミュレーションを行うためには、雨量、排水能力、下水道モデルなど数多くのデータを用意する必要があり、評価対象とする地域において、すべてのデータを入手することは困難である。

3. GISを用いた水害の簡易危険度評価

3.1 被害履歴のGIS化

2.2節で述べたように、自治体が公表している水害の被害履歴マップは、簡易に危険度評価を行う上で非常に有用である。そこで、東京都¹⁶⁾が公開している地図を基にGISのデータを作成した。これにより、東京都においては、昭和49年から平成23年までのデータをレイヤーで重ねることで、その土地が水害を受けたかどうか、その水害の発生はいつなのかを迅速にかつ視覚的に確認できるようになった (Fig. 6)。

3.2 標高データを用いた簡易危険度評価

ここでは、その土地がそもそも持っている水害(内水氾

Table 3 浸水しやすさの評価基準¹⁹⁾

Danger of Inundation		数値地図25000 (土地条件図)	
浸水危険性			
浸水しない	山地斜面	斜面 (山地)	
		山地・斜面	
		山地斜面等	
	火山地形	火砕丘	
		溶岩円頂丘	
		火口	
		溶岩流地形	
	変形地	崖※	
		壁岩	
		崩壊地	
		秃しゃ地・露岩	
		地すべり (崩壊部)	
		地すべり (堆積部)	
	人工地形	切土斜面※	
		盛土斜面	
浸水の可能性が低い	台地・段丘	高位面	
		上位面	
		中位面	
		下位面	
		中位面・下位面	
		台地・段丘	
		対比困難な段丘	
		洪積台地	
		岩石台地	
		溶岩台地	
	台地・段丘状の地形		
	人工地形	平坦化地	
		農耕平坦化地	
		山麓堆積地形	麓斜面
			崖錐
土石流堆			
土石流段丘			
崖錐・麓斜面・土石流堆			
溪床堆積地			
山麓堆積地			
浸水の可能性がある	台地・段丘	低位面	
		凹地・浅い谷	
	低地の微高地	扇状地	
		緩扇状地	
		自然堤防	
		砂丘	
		砂 (礫) 堆・州	
		自然堤防・砂州・砂堆	
		天井川沿いの微高地	
		旧天井川の微高地	
		天井川・天井川沿いの微高地	
		人工地形	切土地
	低地の一般面		谷底平野・氾濫平野
			海岸平野・三角州
		湖岸平野・三角州	
後背低地			
旧河道			
人工地形	高い盛土地		
	盛土地		
	埋土地		
	干拓地		
	凹陥地		
	埋立地		
洪水時に水に浸かる	頻水地形	天井川の部分	
		高水敷	
		低水敷・浜	
		高水敷・低水敷・浜	
		湿地・水草地	
		落堀	
		潮汐平地	
		低水敷・浜・潮汐平地	
		改変工事中	
		改変工事中の区域	
評価範囲外	水部	水部	
		河川及び水面	
		旧水部	

※崖、切土斜面は条件によっては浸水の可能性がある

濫および外水氾濫) に対する危険度を、全国同じ指標でか

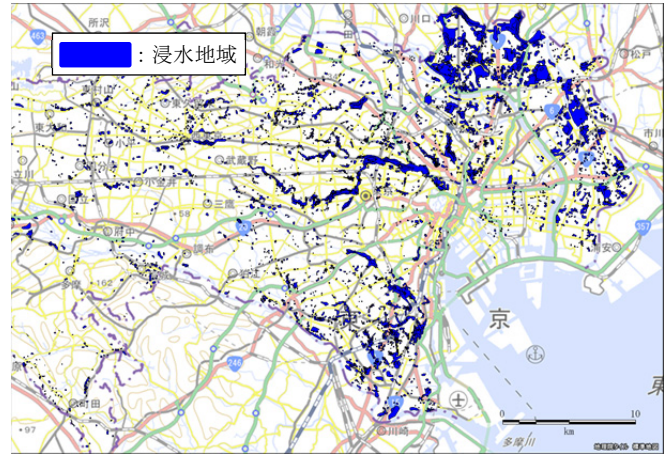


Fig. 6 GIS化した東京都の水害実績図 (昭和49年から平成23年)
GIS-Data Converted from Map of Inundation in Tokyo (1974~2011)

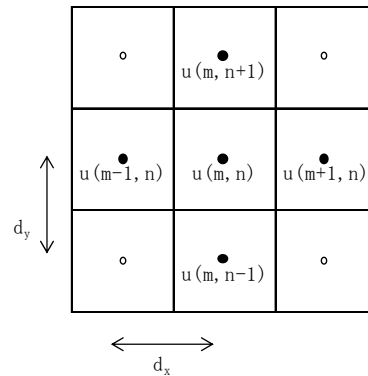


Fig. 7 ラプラシアン計算に用いた標高の配置
Nodes Configuration by Which Laplacian Was Calculated

つ簡易的に評価するために、国土交通省が全国を対象として公開している標高データ(250m毎)²⁴⁾を用いた。このデータから、地形の凸凹の指標として使われることが多いラプラシアンを計算し、水害の危険度を評価する指標とした。ここで、注目点(m,n)の標高をu(m,n)としたとき(Fig. 7)、ラプラシアンLは(2)式で求められる²⁵⁾。

$$L(m, n) = \frac{u(m-1, n) + u(m+1, n) - 2u(m, n)}{d_x^2} + \frac{u(m, n-1) + u(m, n+1) - 2u(m, n)}{d_y^2} \quad (2)$$

d_x : 東西方向の格子間隔

d_y : 南北方向の格子間隔

なお、Lは、凸地形で負、凹地形で正の値をとる。

前節で作成した被害履歴のGISデータとラプラシアンとを重ね合わせたものをFig. 8に示す。凹地形を表すL>0の範囲を考えることで、実際に浸水した範囲のほとんどを抽出することができており、ラプラシアンが水害の危険度を評価する指標として有効であることが分かる。

Fig. 9にはFig. 8と同様に、被害履歴のGISデータと窪地率とを重ねたものを示す。これから、既往の文献²⁾における窪地の定義(20%以内)では、浸水範囲を抽出するのは難しいことが分かる。また、40~60%以内の範囲とす

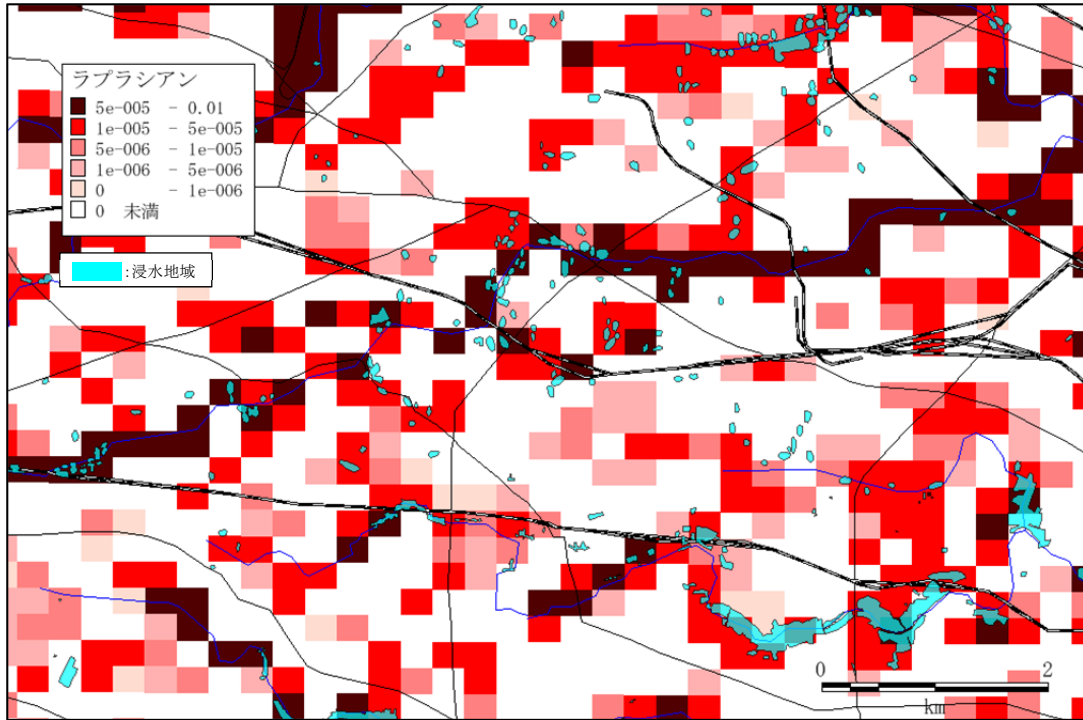


Fig. 8 水害にあった範囲とラプラシアンとの比較
Relationship with Inundation Area and Altitude Laplacian

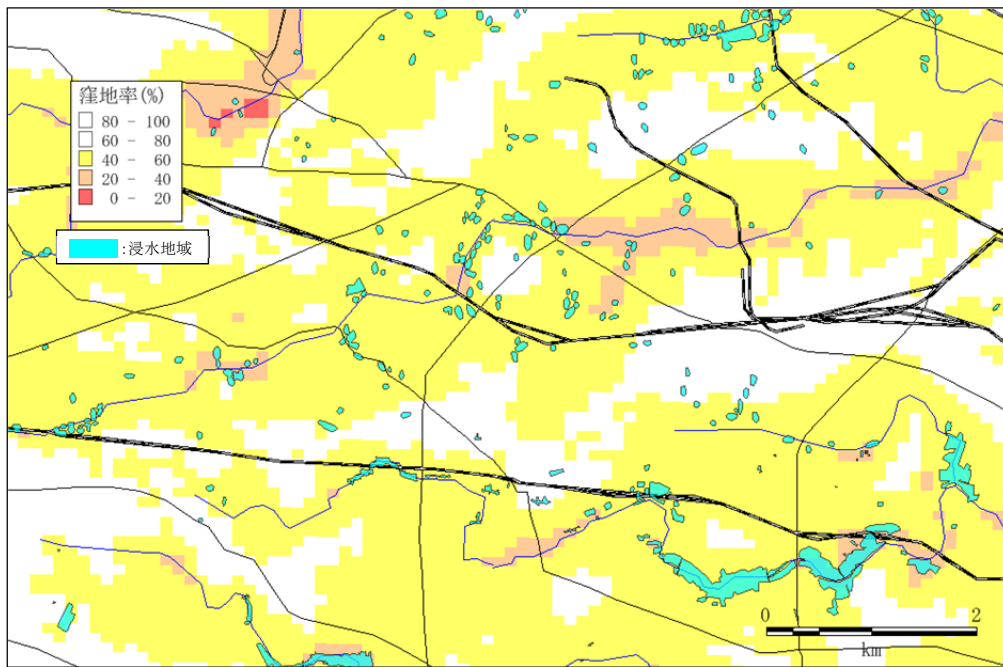


Fig. 9 水害にあった範囲と窪地率との比較
Relationship with Inundation Area and Depression

ることのでほとんどの浸水範囲を含めることができるものの、この場合多くの非浸水地域を含んでしまうことが分かる。

Fig. 10には、被害履歴のGISデータと土地条件図による浸水しやすさ¹⁹⁾とを重ねて示す。これより、「浸水の可能性がある」より危険な範囲を考慮することで、ほとんどの浸水地域を抽出可能であることが分かる。

以上より、全国同一の指標で簡易的に水害の危険度を評価するために、凸凹地形を表すラプラシアンが有効であることが分かった。さらに、土地条件図が整備されている地域に関しては、この情報を取り入れることで精度の向上が期待されることが分かった。

近年の豪雨の頻発・総雨量の増加により、水害対策を行う施設の優先順位決定のための簡易水害危険度評価の

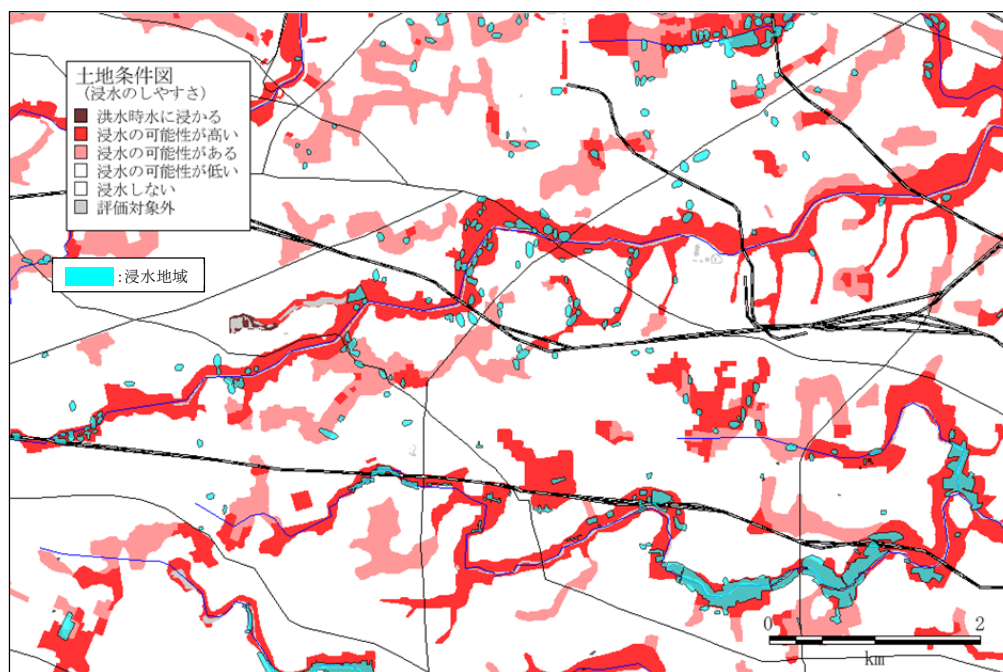


Fig. 10 水害にあった範囲と土地条件図による浸水しやすさとの比較
Relationship with Inundation Area and Risk of Inundation Using Land Condition

必要性が高まっている。従来は、評価対象施設が属する自治体のハザードマップを取り寄せ、各資料の水害を発生させる雨量の基準を確認した上で、各地点の危険度の評価結果を比較するという手順を踏んでいた。しかし、本手法では、基準となる雨量の確認の必要はなく、複数地点の水害の危険度を容易に比較することができる。また、地図や標高などをデジタル化したGISを用いて評価を行うため、迅速な評価が可能であるだけでなく、その地点の危険度に加え周辺の危険度の表示や過去の浸水実績の表示を行うことができる。これにより、非常時の避難経路の選定などへの利用も可能となる。さらに地震など他のリスク評価結果を地図上で重ねることもできるため、総合的な災害対策への活用も可能となる。

4. まとめ

本報告では、近年の簡易的な水害危険度評価へのニーズの高まりを受けて、2章において既往の評価法の特徴と課題をまとめて示し、既往評価法では、簡易的かつ全国同一の指標で評価を行うことが難しいこと、その結果として複数の自治体に点在する施設の評価結果を比較することが難しいことを示した。これを受け3章において、GISを用いた水害の簡易危険度評価の検討を行った。全国で公開されている標高データから、地形の凸凹の指標として用いられるラプラシアンを計算し、これを水害危険度の簡易的な指標とした。その結果、この指標により実際に水害にあった多くの地点を抽出できることを確認した。また、提供されている地域が限定されているものの土地条件図も指標として有効であることを確認した。以上より、ラプラシアンを用いることで同一の指標を用

いた評価が行えることおよび土地条件図により精度の向上が期待できることを示した。

今後は、他の指標と組み合わせることで被害地域の抽出割合をさらに上げるとともに、他の地域での検証を行っていく。

謝辞

検討には、国土数値情報²⁴⁾のデータ(標高・傾斜度5次メッシュ[平成23年]および道路[平成7年, 東京])を利用いたしました。また、背景地図に国土地理院の電子国土を利用させていただきました。記して、謝意を示します。

参考文献

- 1) 真木雅之: 都市型水害, 天気, Vol.57, No.3, pp.43-45, 日本気象学会, 2010.3
- 2) 国土交通省: 地下空間における浸水対策ガイドライン 同解説<本編>, 2002.6, http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/sai_gai/tisiki/chika/honpen.html, 2015.6.1閲覧
- 3) 佐藤照子: 2000年東海豪雨災害における都市型水害被害の特徴について, 主要災害調査第38号, pp.99-161, 防災科学技術研究所, 2002.7
- 4) 気象庁: 災害をもたらした気象事例, http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html, 2015.7.23閲覧
- 5) 東京管区気象台: 過去の主な東京都の気象災害, http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/tokyo/saigai/tokyo_saigai_1995-1999.html, 2015.7.23閲覧

- 6) 国土交通省：災害列島2009(2008年の災害記録)，
<http://www.mlit.go.jp/common/000040262.pdf>，
2015.7.23閲覧
- 7) 気象庁：アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期
変化について，
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>，
2015.6.1閲覧
- 8) 日本気象協会：総雨量2000mmの時代を迎えて，
<https://www.jwa.or.jp/news/2011/09/post-000226.html>，
2015.6.1閲覧
- 9) 菊地敏男，松田隆，猪飼富雄，福田俊策，坂田尚子：
建物の水害に対する設計ガイドラインについて，大
林組技術研究所報，No.71，2007
- 10) 国土交通省：ハザードマップポータルサイト，
<http://disaportal.gsi.go.jp/#link>，2015.6.1閲覧
- 11) 世田谷区，洪水ハザードマップ，
<http://www.city.setagaya.lg.jp/kurashi/104/141/557/d00005601.html>，2015.6.1閲覧
- 12) 江戸川区，洪水ハザードマップ，
https://www.city.edogawa.tokyo.jp/bousai/koujo/n_hazardmap.html，2015.6.1閲覧
- 13) 川越市：内水ハザードマップ，
http://www.city.kawagoe.saitama.jp/anzen_anshin/bousai_jouhou/hazardmap/naisui_hazardmap.html，2015.6.1
閲覧
- 14) 貝塚市：防災ガイドブック(津波・土砂災害・洪水
ハザードマップ)，
http://www.city.kaizuka.lg.jp/bosai/bosai_keihatsu/hazardmap.html，2015.6.1閲覧
- 15) 吹田市：洪水避難地図(洪水ハザードマップ)，
<http://www.city.suita.osaka.jp/home/soshiki/div-somu/ikikanri/52357/009566/kouzui.html>，2015.6.1閲覧
- 16) 東京都建設局：過去の水害の記録，
http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/suigai_kiroku/kako.htm，2015.6.1閲覧
- 17) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：内水ハザード
マップ作成の手引き(案)，2009.3
- 18) 国土交通省：地下空間における浸水対策ガイドライ
ン同解説<技術資料>，2002.6，
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/chika/tech.html，2015.6.1閲覧
- 19) 国土交通省国土地理院：土地条件図の数値データを使
用した簡便な災害危険性評価手法，国土地理院技
術資料 D・1-No.479，2007.3
- 20) 国土交通省国土地理院：身の回りの防災に役立つ情
報をまとめて閲覧，
<http://disaportal2.gsi.go.jp/hazardmap/site/index.html>，
2015.6.1閲覧
- 21) 国土交通省国土技術政策総合研究所：NILIM2.0 都
市域氾濫解析モデル，
<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/nilim/index.html>，2015.6.1閲覧
- 22) 中村徹立，佐々木淑充，水草浩一：都市域氾濫解析
モデル活用ガイドライン(案)ー都市浸水ー，国土技
術政策総合研究所資料，第202号，2004.11
- 23) 土木研究所：統合洪水解析システムIFAS，
<http://www.icharm.pwri.go.jp/research/ifas/index.html>，
2015.6.1閲覧
- 24) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報，
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>，2015.6.1閲覧
- 25) 野上道男：50m-DEMによる地形計測値と地質の関
係，地理学評論，72A-1，pp.23-29，1999