

航空レーザ測量データを活用した中小河川における簡易的な水害リスク情報作成手法の提案

PROPOSAL OF SIMPLIFIED FLOOD RISK ASSESSMENT METHOD OF SMALL OR MEDIUM SIZE RIVERS WITH LAZER PROFILER DATA

大山璃久¹・板垣修²・向田清峻³・武内慶了⁴

Riku OYAMA, Osamu ITAGAKI, Kiyotaka MUKAIDA and Yoshinori TAKEUCHI

¹非会員 工修 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課河川情報企画室 係長
(〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

(前) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 研究官

²正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

³正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 研究官 (同上)

⁴正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 主任研究官 (同上)

In recent years, the serious flood disasters with human damage have frequently occurred in small or medium size rivers in Japan due to failure of evacuation. In order to prevent and reduce flood damage by ensuring smooth and prompt evacuation, it is required to provide flood risk information on the river and share the information in the society. On the other hand, in those rivers managed by prefectures, cross sectional data of rivers are not sufficiently acquired, and then there are places where flood risk information is not provided. This paper shows simple method for assessing flood risk with laser profiler data in small or medium size rivers in mountainous areas that have challenges in providing flood risk information.

Key Words : Flood risk information, Lazer profiler, Mountainous area

1. はじめに

2016年8月に北海道・東北地方を襲った台風10号(写真-1)などの一連の台風や2017年7月に福岡県・大分県等に甚大な被害をもたらした九州北部豪雨(写真-2)など, 近年, 都道府県管理の中小河川において人的被害を伴う甚大な被害が頻発している。当該河川周辺における洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を通じて地域の水害被害の防止・軽減を図るため, 当該河川に関する水害リスク情報(本稿では「浸水実績図, 洪水浸水想定区域図等地域における水害の起こりやすさの分布を理解するうえで参考となる情報」を指すものとする)の提供及び日頃からの社会における同情報の共有が求められている。

2001年度の水防法改正を受け, 同法に位置づけられた一部河川(洪水予報河川)において(2005年度の同法改正より水位周知河川も)洪水浸水想定区域の指定・公表が義務付けられることとなり, それ以降, 当該河川で同図の作成が進められている。また, 近年では, 作成・公

表された洪水浸水想定区域図をはじめとする水害リスク情報が大規模氾濫減災協議会等のさまざまな場を通じて河川管理者や関係自治体などの関係機関の間で共有されている。

しかし, 総延長およそ11万kmに及ぶ都道府県管理河川(表-1)の多くは, 上述の洪水予報・水位周知河川に位置づけられていない(表-2)ため, 洪水浸水想定区域図の作成が義務づけられていない。また, そもそも対象河川の延長が非常に長いことに加え, 予算・人員等の制約により河道の縦横断測量等を十分に行うことが容易ではない。このように, 基礎的調査データが乏しい状況で, 氾濫シミュレーションを必要とする水害リスク情報の作成は一般に困難である。これらのことから, 水害リスク情報の提供が十分に行われているとは言えない状況にあると考えられる。このような水害リスク情報が提供されていない河川沿いの地区においては本来, 高水害リスク地区であるにもかかわらず, いわゆる情報空白地帯が生じることにより, 「洪水に対して安全な地区」と誤解される可能性が指摘されている⁴⁾。逃げ遅れ等による人的



写真-1 2016年台風10号による岩手県岩泉町での小本川水系小本川氾濫被害（国土地理院撮影）



写真-2 2017年九州北部豪雨による福岡県朝倉市での筑後川水系赤谷川氾濫被害（国土地理院撮影）

被害の防止を図るには、大河川のみならずこれらの中小河川を含めた水害リスク情報を提供・共有することが極めて重要である。

本稿は、水害リスク情報の作成・公表において上述のような課題を抱える中小河川、中でも中山間地の谷底平野を流れる河川を対象として、限られた利用可能データに基づき水害リスク情報を簡易的に作成する手法を提案するものである。なお、本稿は2018年12月に国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室と国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室が連名で発出した「中小河川における簡易的な水害リスク情報作成の手引き」⁵⁾の技術的背景について述べるものである。

2. 簡易的な水害リスク情報の作成手法

膨大な延長の中小河川を対象として河川の縦横断形状を測量・調査すること、並びに氾濫想定解析（二次元不定流計算）を実施することは費用等の観点から非現実的と考えられる現状を踏まえ、本手法では航空レーザ測量により取得された標高データ（以下、LPデータと呼ぶ。）を活用し、以下のとおり簡易的な水害リスク情報を作成する。

本稿で提案する手法開発の基本方針は、図-1に示すような川沿いの低い土地（高い水害リスクとなる場所）を、一定の技術的妥当性を確保しつつ、限られた利用可能データに基づきいかに効率的に抽出するかである。

表-1 河川延長（2017年4月現在）²⁾

	国土交通大臣直轄 管理区間			都道府県管理区間			計		
	延長 千km	水系 数	河川 数	延長 千km	水系 数	河川数	延長 千km	水系 数	河川数
一級 河川	11	109	863	77	109	13,849	88	109	14,065
二級 河川	0	0	0	36	2,711	7,081	36	2,711	7,081
計	11	109	863	113	2,820	20,930	124	2,820	21,146

表-2 洪水予報河川・水位周知河川の数（2018年9月現在）³⁾

	洪水予報河川	水位周知河川
国土交通大臣直轄 管理河川	109水系298河川	63水系150河川
都道府県管理河川	65水系128河川	1,491河川
計		

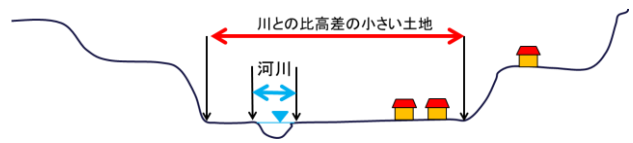


図-1 本手法で抽出したい高い水害リスクとなる場所（川との比高差の小さい土地）の概念図

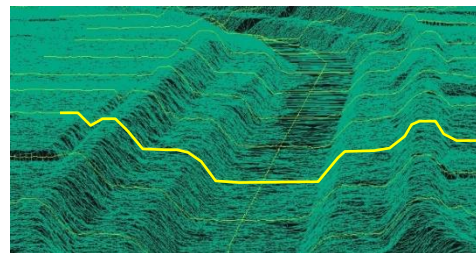


図-2 TINデータに基づく河道・堤内地横断面作成概念図

(1) 地形横断データの作成

水害リスク情報作成対象河川の河道内並びに沿川堤内地の既存LPデータを収集し、図-2に示すTINデータ（不整三角形網：Triangulated Irregular Network）を作成する。次に、TINデータに基づき堤内地を含む任意の断面測線における概略の横断形を作成する。同作成を河道縦断方向に一定間隔（例えば100m間隔）で実施することで河道モデルを作成する。なお、本手法により作成された河道横断形では、LPデータの特性上、平常時の水面下の河道断面積が無視されることになるが、本稿で主な対象としている谷底平野を流下する中小河川においては、平常時の水面下の河道断面積が、河道満杯流量時の流下断面積に比べて一般に小さいものと推定し、平常時の水面を河床とする縦横断形状にて河道モデルを作成した。

地形横断データの作成にあたっては、最新の地形情報を取得することが望ましいが、国土交通省では2005年度から2007年度に都道府県管理区間を含めた一級河川の一部区間において河道並びに堤内地のLPデータを取得して

いるため、当該データを活用することが可能である。

なお、大規模豪雨時に上流から河道への大量の土砂の流下・堆積が懸念される河川にて水害リスク情報を作成する場合、類似河川における土砂堆積事例等を踏まえ、河道縦横断面形状に予め一定の土砂堆積厚を考慮しておくことが望ましいと考えられるが、具体的手法については引き続き研究を進めているところである。

(2) 合理式に基づく洪水流量の概略設定

流域面積、流域の平地・山地割合、流路長等合理式による洪水ピーク流量算定に必要な流域諸元を収集し、対象河川における再現期間別降雨強度に基づき、再現期間別洪水ピーク流量を算定する。再現期間別降雨量の算定にあたっては、土木研究所のアメダス確率降雨量計算プログラム⁹⁾を使用した。

(3) 河道内洪水水位の推定

(2)にて算定した再現期間別洪水ピーク流量及び(1)で設定した河道モデルに基づき、河川を支川の合流部等で区間を分割し、各区間の下流端の流域面積に応じたピーク流量を各区間の流量として与えた。設定した河道計算範囲の両端に仮想壁を設けて一次元不等流計算を行い、横断測線ごとの再現期間別洪水水位を算定する。仮想壁は、有堤の場合は堤防表法肩位置、掘込河道の場合は河岸法肩位置に設定した。河道の粗度係数については、中小規模でも粗度係数が実測値等から詳細に検討されている58河川を対象に粗度係数の傾向を分析し、中小河川の合成粗度係数として代表的な値を見出し、その値を0.033とし与えた。

(4) 概略浸水想定範囲の描出

図-3のとおり、(3)にて算定した洪水水位を横断測線方向に水平延長し堤内地の地表面との交点を読み取り、当該横断測線における概略浸水想定範囲の境界位置とする。

また、横断測線間を河川流心線に沿って25m間隔等で細分し、各細分点において流心線に直角となる横断補助線を設定する。各横断補助線に沿った河道・堤内地の横断面を既出のTINデータに基づき概略推定するとともに、各横断補助線における洪水水位を隣接する横断測線における洪水水位から内挿計算する。そして、横断補助線において算定された洪水水位を横断補助線方向に延長し堤内地の地表面との交点を読み取る。これらの交点を縦断方向に結ぶことにより概略の浸水想定範囲を描出する(図-4)。この際に河川の湾曲部で横断測線が交差するような場合、浸水範囲を包絡するよう一部手作業で修正した。

さらに、(3)にて算定した複数の再現期間別洪水水位に基づき概略浸水想定範囲を各描出し、重ね合わせることで、相対的な浸水しやすさを概略図示する(図-5)。

なお、洪水ピーク流量、洪水水位の算定並びに浸水想定範囲の描出にあたって、水害研究室が開発した「中小河

川治水安全度評価システム」を一部河川において活用可能である。

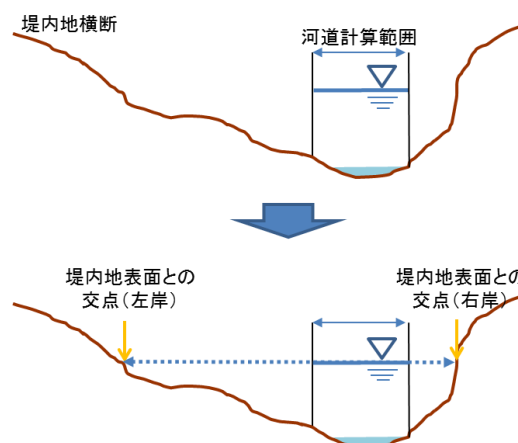


図-3 浸水想定範囲読み取り概念図

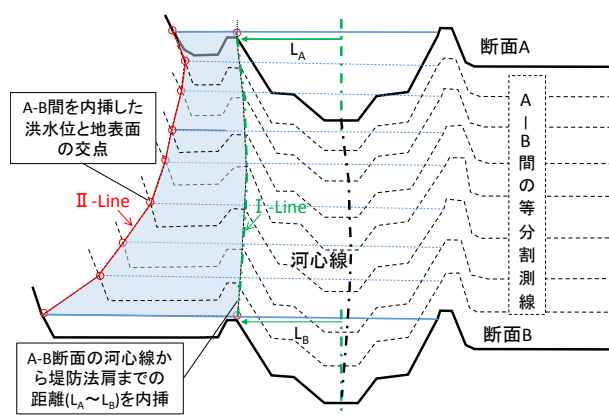


図-4 横断測線間の浸水想定範囲描出概念図

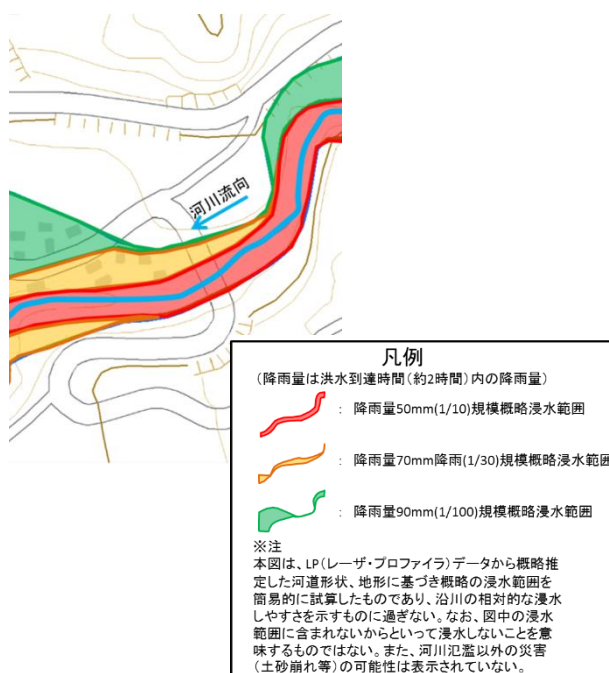


図-5 簡易的な水害リスク情報例

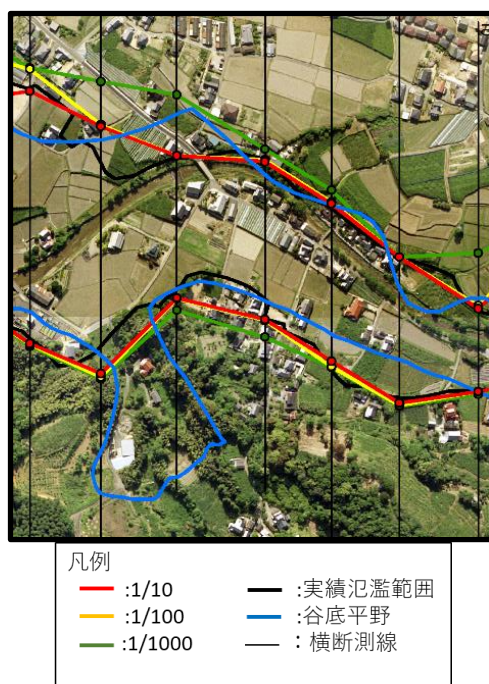


図-6 モデル河川Aへの試験適用結果

3. モデル河川への試験適用と精度の検証

(1) モデル河川における試験適用

モデル河川Aへの試験適用結果を図-6に示す。各色の外縁で囲まれる範囲が各降雨規模に対する概略浸水想定範囲を示しており、赤が年超過確率1/10規模、黄が1/100規模、緑が1/1000規模の降雨における浸水想定範囲を示す。

(2) 実績浸水範囲との比較

図-6にモデル河川Aにて実際に発生した豪雨による実績氾濫範囲（航空写真より読み取り）を黒太線で表示した。本手法による浸水想定範囲（緑色線）は、実績氾濫範囲の近傍外側（河川から見て）を結んでおり、浸水危険区域を示す水害リスク情報として一定の妥当性を有すると考えられる。

さらに本手法による浸水想定範囲と実績氾濫範囲とを横断測線において比較したものを図-7および図-8に示す。図-7より、横断測線方向の堤内地地形が比較的急峻な地形では本手法による浸水想定範囲と実績氾濫範囲はおおむね一致していることがわかるが、図-8より、堤内地が比較的平坦である場合、本手法による浸水想定範囲が実績氾濫範囲よりも大きめとなる傾向が認められる。

本手法は、河道内の壁立て計算水位を水平方向に延長し堤内地との交点を読み取ることで浸水想定範囲を描出したものであるため、堤内地が比較的平坦な地形である場合、過大な浸水想定範囲となることが考えられる。

比較的平坦な地形が広がる地域においては、従来の洪水浸水想定区域図の作成において採用されている平面2次元不定流計算²⁾等が必要と考えられるが、このような平坦地における簡易的な水害リスク情報作成手法につい

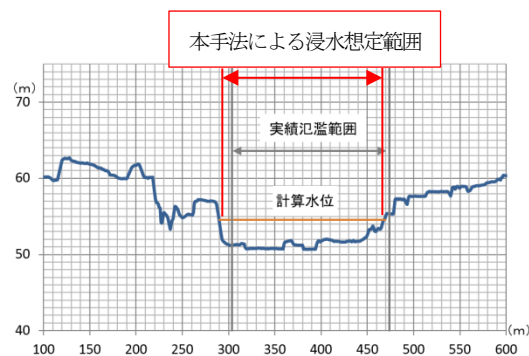


図-7 モデル河川Aの浸水想定範囲と実績氾濫範囲との比較例（横断測線A）

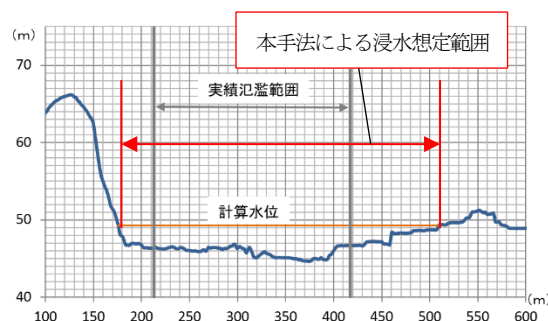


図-8 モデル河川Aの浸水想定範囲と実績氾濫範囲との比較例（横断測線B）

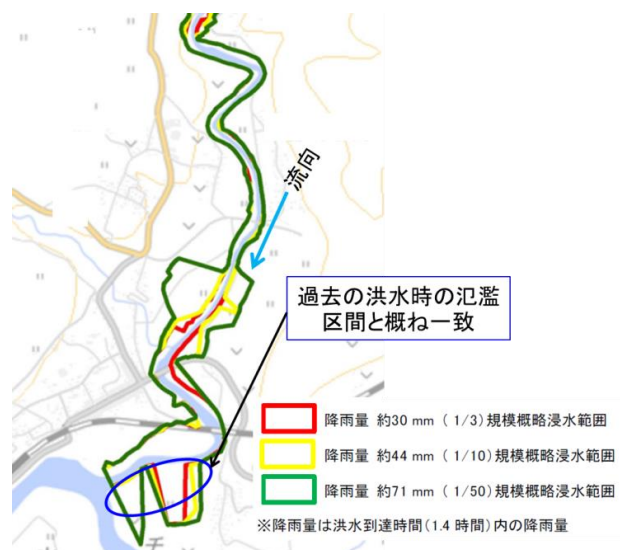


図-9 モデル河川Bへの試験適用結果

て現在水害研究室にて研究開発を進めている。

図-9にモデル河川Bへの試験適用結果を示す。モデル河川Bでは、過去の洪水の浸水実績図と本手法による浸水想定範囲との比較を行ったところ、同図に青色で囲った左岸区間で実際に浸水が記録されており、当該箇所の浸水しやすさを捉えていると考えられた。

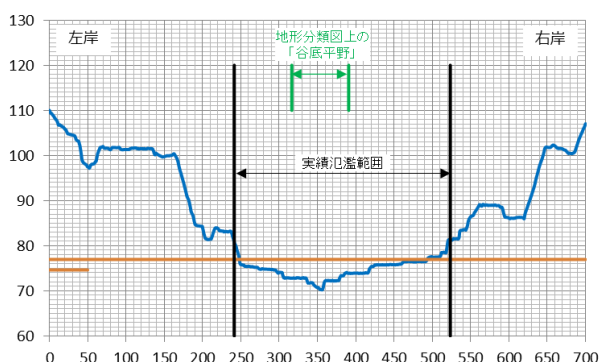


図-10 モデル河川Aの実績氾濫範囲と谷底平野範囲との比較例（横断測線C）

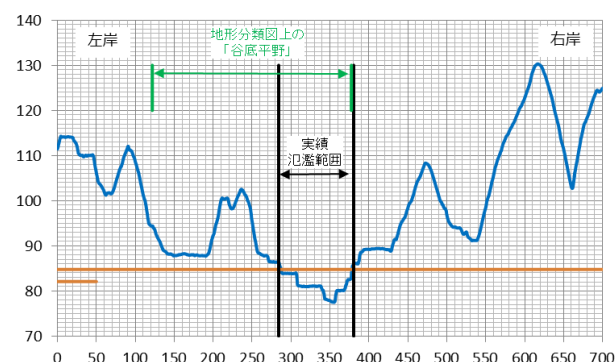


図-11 モデル河川Aの実績氾濫範囲と谷底平野範囲との比較例（横断測線D）

(3) 地形分類図との比較

土地の浸水しやすさと地形との間には一定の関係があるとされている^{8),9)}。これを踏まえ、上記モデル河川Aへの試験適用結果と地形分類図との比較を以下のとおり行った。

既存の地形分類図としては、国土地理院が作成した土地条件図（数値地図25000（土地条件））、河川管理者が作成した治水地形分類図（2万5千分1）並びに都道府県が作成した地形分類図（5万分1土地分類基本調査（都道府県土地分類基本調査））があるが、今回のモデル河川位置では、都道府県による地形分類図しか見当たらなかったため、同図を比較の対象とした。

同図における「谷底平野」は特徴として「山地内の谷や台地を含む谷の底にある比較的幅の狭い低地」とされ、氾濫原・谷底平野の解説に「破堤・越流による洪水氾濫のほか、内水氾濫も起きやすくなる」とある⁹⁾ことから、谷底平野を水害リスクの比較的高い地形分類として比較の対象とした。都道府県作成の5万分の1地形分類図における谷底平野の外縁線を図-6に青色線で表示した。同図より、モデル河川の実績氾濫範囲は、地形分類図における谷底平野よりも、簡易的な水害リスク情報として今回提案している手法を適用して描出した浸水想定範囲により一致していることが見てとれる。

さらに、いくつかの横断測線における実績氾濫範囲と地形分類図上での谷底平野との比較を図-10、図-11に示す。図-10では地形分類図上での谷底平野を大幅に上回る範囲が実際に浸水しており、一方図-11では同谷底平野の一部しか浸水していない。

これらのように、地形分類図上の地形分類は、洪水時の浸水しやすさの観点からは一定の幅を持つものであると考えられ、水害リスク情報として活用する際にはこのような特性を前提とする必要があると考えられる。

4. 考察

(1) 平面2次元不定流計算による浸水想定手法と比較し

た本手法の特徴

洪水氾濫による水害リスク情報の作成手法の1つとして、氾濫計算を含む水理計算による浸水深分布等を算出する手法が洪水浸水想定区域図作成マニュアル⁷⁾に示されている。同手法においては、対象流域の河道縦横断形状、地形・標高、降雨の時空間分布、降雨一流出関係等をモデル化し、貯留関数法等による流出計算、河道内1次元不定流計算、堤内地の平面2次元不定流計算により想定される浸水深分布等を算定する。さらに、想定浸水深に加え、河岸侵食や流体力による建物の倒壊の危険性を示した「家屋倒壊等氾濫想定区域」や場所ごとに長期間浸水する恐れのある範囲を示した「浸水継続時間」の算定など、水害リスク情報の更なる充実が図られている。

上記手法に基づく洪水浸水想定区域図は、起こりうる洪水氾濫事象をできるだけ緻密に再現しようとするため、本稿に示す手法に比べ相対的に精緻なシミュレーションによって浸水深分布等を算定しており、住民の洪水時の行動を誘導する効果は比較的大きいと推察される。一方、シミュレーションが精緻であるがゆえに、浅い浸水深、もしくは浸水しないと算定された地区の住民に対して安心感を与えるなど、災害イメージを固定化してしまう可能性も指摘されている¹⁰⁾。

中小河川では一般に国管理の大河川に比べて、河道縦横断形状等、利用可能なデータが限られている場合が多く、上記水理計算と比べさらなる簡略化、割り切りを行わざるを得ないと考えられる。このような簡略化、割り切りは浸水深分布等の算定結果の精度を一般に低下させると考えられ、本稿に示す提案手法は、場所ごとの「相対的な浸水しやすさ」を簡略的に示しているに過ぎない。しかしながら、水害リスクの表現が粗い水害リスク情報は、上述の精緻なシミュレーションを用いる手法において懸念される災害イメージの固定化を回避できる可能性もあることが指摘されている¹⁰⁾。このことを踏まえれば、相対的な水害リスクの高低が簡略的に表示された本手法の結果により、災害イメージの固定化の回避も期待されるものと考えられる。

一概にどちらの手法が住民の避難にとってより有効で

あるか判断が難しいところではあるが、水害リスク情報が必要とされる背景、水害リスク情報を提供する目的を踏まえ、それぞれの手法による特徴を十分に認識した上で水害リスク情報の社会での共有を図ることが重要であると考えられる。

5. おわりに

本稿に示す手法により、従来の洪水浸水想定区域作成マニュアルに示されていた河川の縦横断測量による断面データの取得、河道内の不定流計算による氾濫流量算出並びに堤内地の2次元平面不定流計算による浸水位算出に比べ、LPデータによる概略の河道横断面の取得と水理計算の簡略化を図ることで、簡易的な水害リスク情報の作成手法を提案するとともに、同情報の作成作業を支援するシステムを開発し、これまで費用等の制約から河川の縦横断測量等を十分に行うことができず水害リスク情報の提供が難しかった中小河川において、同情報の簡易的な作成を可能とした。これにより、人員や財政的に厳しい制約の中でも、水害リスク情報の提供が促進されることが期待される。

なお、堤内地横断形が比較的急峻な地区（堤内地が横断方向に勾配を持つ谷底平野など）では浸水想定範囲が実績氾濫範囲と一致する傾向が認められたことから、本稿に示す手法の適用性が一定程度認められたが、一方、堤内地横断形が比較的平坦な地形では、浸水想定範囲が広め（過大）に推定される傾向が認められ、同様の地形特徴を有する箇所において本手法を適用する際には注意が必要である。

また、大規模豪雨時に上流から大量の土砂・流木が流下・堆積する懸念のある中小河川においては、これら土砂・流木の流下・堆積による氾濫範囲拡大の恐れがあるため、これら土砂・流木の流下・堆積による影響を考慮

する必要がある。

上記堤内地が比較的平坦な地形である中小河川並びに上流からの大量の土砂・流木が流下・堆積する懸念のある中小河川における簡易的な水害リスク情報の作成手法については現在水害研究室で研究・開発中である。

引き続き、まちづくり等において本稿で提案した簡易的な水害リスク情報を活用するために必要な水害リスク情報の表現方法の改良等について研究してまいりたい。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：中小河川等における水防災意識社会の再構築のあり方について（答申），2017.
- 2) 国土交通省：河川延長資料，<http://www.mlit.go.jp/common/001139145.pdf>，<http://www.mlit.go.jp/common/001139148.pdf>，2017.
- 3) 国土交通省：洪水予報河川・水位周知河川資料，<http://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaiti/>，2018.
- 4) 及川康，片田敏孝：山地中小河川流域の豪雨災害に対する住民の危険度認識と情報理解に関する研究，水工学論文集，pp.43-48，第45巻，2001.2
- 5) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：中小河川における簡易的な水害リスク情報作成の手引き，2018.
- 6) 土木研究所水工研究グループ水理水文チーム：アメダス降雨量計算プログラム<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>，2001.
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），2015.
- 8) 岡田義光：自然災害の事典，p.260，朝倉書店，2007.
- 9) 国土地理院防災地理課：治水地形分類図解説書，2015.
- 10) 片田敏孝，木村秀治，児玉真：災害リスク・コミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究，土木学会論文集D Vol63 No.4，pp.498-508，2007.12

（2019. 4. 2受付）