

水害時における調査方法の標準化および共通データベース構築に向けたガイドラインの提案

PROPOSAL OF STANDARDIZED GUIDELINE FOR ON-SITE SURVEYS AND COMMON DATABASE FOR RIVER FLOOD DISASTERS

呉修一¹・大槻順朗²・八木澤順治³・永野博之⁴・二瓶泰雄⁵

Shuichi KURE, Kazuaki OHTSUKI, Junji YAGISAWA, Hiroyuki NAGANO and Yasuo NIHEI

¹正会員 博(工) 富山県立大学准教授 工学部環境・社会基盤工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河5180)

²正会員 博(工) 前 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)
(現 土木研究所専門研究員 自然共生研究センター)

³正会員 博(学) 埼玉大学大学院准教授 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保225)

⁴正会員 博(工) 群馬工業高等専門学校助教 環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)

⁵正会員 博(工) 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

The frequency and magnitude of the water-related disasters have been increasing all over the world. Several organizations including JSCE flood disaster investigation team generally conduct an on-site survey after severe disasters in order to clarify the damage mechanism. However, there is no solid guideline for the river flood disaster in Japan, whereas the tsunami disaster. This report provides essential information of a proposed guideline for standardization of an on-site field survey and data treatment for flood disaster. We especially focused on ways to identify inundation marks (depth or height) and to evaluate building damage and bank failure. For surveyor's convenience and safety, the guideline includes concrete cases with many example photos and useful data sheets. The guideline also deals with a simple and fast data sharing method with Google My Map service, a tool for data combination of field data and photos developed on Excel VBA and secure data sharing method provided by JSCE.

Key Words : *Standardization of on-site survey, flood disaster, inundation depth, building damage, bank failure, data sharing*

1. はじめに

水害が頻発する我が国では、被害実態の把握ため、数多くの現地調査が行われている^{1,2)}。土木学会においても、都度、水害調査団を結成し、第三者的立場からの調査、解析、提言を行ってきた。将来的な水害の頻発化により、学会のみならず、河川管理者等の行政機関や民間企業による水害データの収集は重要となる。しかしながら、これまでのところ、水害調査データは必ずしも研究者・組織横断的に共有されておらず、知見の蓄積は個々の研究者に委ねられているのが現状である。また、各地で発生した水害に対しては、各地区の工学関連の研究者が水害調査に参画することが多いと思われるが、必ずしも十分な水害調査経験があるわけではない。安全面や調査方法に関するガイドラインがあれば、より質が高く、かつ比較に耐えるデータが、より安全に収集、蓄積され、水

害の横断的評価の活性化に寄与するものと考えられる。津波被害調査に関しては、調査マニュアルが東日本大震災の前から作成・公開されており（例えば、今村³⁾）、それと比べると河川洪水氾濫の水害調査の標準化やガイドラインの整備は遅れている。さらに調査データに関しては、論文や報告書等で公表されるにとどまっており、データベース化はなされていない。

このようなことを背景として、土木学会水工学委員会水害対策小委員会水害調査法WG（著者ら）では、水害調査方法の標準化に向けた議論を進め、水害調査ガイドライン（Ver. 1.0）を作成した⁴⁾。本報ではその内容を報告し、水害調査ガイドラインの特徴と狙いを示す。本調査ガイドラインでは調査項目として、代表的な「洪水痕跡」、「家屋被害」、「堤防被害」の3つを対象とし、これまでの調査方法を整理して取りまとめている。さらに、データベースの整備を目的とし、取得したデータを簡易的にまとめることができ、かつ、それらを地図中に

簡便に表示できるようにする工夫やツールについても示されている。

2. 洪水痕跡調査

(1) 概要

洪水痕跡を調査することにより、痕跡の位置から浸水深の分布を推定することができる。浸水深の分布状況は、洪水被害の概況を知る上で最も基礎的かつ重要なデータとなる。また、近年では、ハンディな計測機器で標高測定可能なVRS方式RTK-GNSSが広く普及し、浸水深測定と組み合わせて絶対標高値である浸水位の分布も計測できる。さらに、浸水域のみならず河道においても同様に調査することで、痕跡水位の縦断分布を得ることもできる。しかしながら、洪水痕跡の計測においては、洪水痕跡が不明瞭である場合や、近傍で高さが異なる場合などがあり、調査経験の少ない調査者にとってはどのような痕跡を計測すべきなのか、どのように計測すればより正確なのか判断が難しい場合がよく生じる。本ガイドラインでは、洪水痕跡の見つけ方、痕跡の種別、痕跡付着状況と確度（図-1）、計測方法、記録の取り方（写真と記入シート）を示している。実際の痕跡を写真入りで1枚の事例集に示すことで、調査経験の少ない者でも調査できるように配慮している。

(2) 具体的な調査方法

洪水痕跡の調査方法は次の4ステップに区分される。

- ①痕跡の探索：塀や街路樹、電柱や河道内の樹木の周辺で付着物を探す。主な付着物は泥・草である。河道内の樹木では、ビニル袋などが付着することもあるが、洪水ピーク時の付着物ではない可能性も考えられるため、誤認を避けるよう複数の付着を確認する。
- ②痕跡高さの計測：スタッフ等を用いて、見つけた痕跡の付着物と地面との比高を計測する。
- ③計測結果の記録：②で計測した痕跡高に加え、計測機器、計測位置、痕跡確度、付着物の種別を調査票に記録する。GPS機器が利用できない場合は、計測位置の目印とした箇所も記録する。痕跡確度は、津波に関する調査事例³⁾を参考に、高・中・低の3つに大別して記入する（図-1）。確度が「高」の場合では、泥や草による線状の痕跡が付着し、かつ、明瞭なものである。確度「中」は、泥や草の線状の痕跡が見られるが、痕跡自体がやや薄く、不明瞭な場合である。確度「低」は、痕跡が線状になっておらず、局所的に付着している場合や、痕跡が付着した後の移動や他の要因による付着といった可能性が考えられる場合に相当する。調査票例を表-1に示す。
- ④写真撮影：痕跡の付着物やその周囲を写真撮影する。スタッフ等の目盛が判読できる近接撮影写真だけでなく、周囲状況がわかる近景写真の2種類を撮影することが望



例1：河道

<痕跡が線状に付着>

水面がある程度の時間位置していたと考えられるため、痕跡としての確度は高い。一方で、ある程度の時間を要することから、必ずしもピーク時の水面位置とは限らないことに留意する。

→確度：高



<電柱に泥が面的に付着>

上部ほど痕跡が薄くなるが、比較的確度が高いと考えられる。

→確度：中程度



<フェンスに草が付着>

草の場合、ずり落ちたり、洪水による付着ではない場合があったりするため、泥よりも確度は低い。また、フェンスの格子間隔程度の精度となる。

→確度：低

図-1 痕跡付着状況と確度

表-1 洪水痕跡調査票の例

洪水痕跡調査票（河道・氾濫原）

計測方法	痕跡位置座標	ハンディGPS	調査年月日		2015.9.15	
	水深計測方法	スタッフ(ポール)	記入者			
	地盤高	-				

確度	河道	氾濫原
高	泥・草が線状に付着	泥・草が線状に付着
		フェンスに草が付着
中	-	生垣・塀等の壁面に泥が付着
低	草あるいは薄い泥が局所的に付着	草あるいは薄い泥が局所的に付着

番号	GPS座標系	緯度	経度	痕跡水深(m)	地盤高(T.P.m)	痕跡水位(T.P.m)	痕跡種別	確度	備考 (目印とした箇所、等)
1	WGS84	36.16645	136.3841	2.86			泥 (線状)	高	
2	WGS84	36.16933	137.1309	1.24			草 (線状)	高	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

表-2 家屋被害分類の概要

参考写真	損害状況	損害の程度	浸水深の目安
	建物および基礎が流失 家屋周辺地盤の激しい洗掘	①流失 (基礎無し)	1階天井以上の浸水
	建物は流失するが基礎は残存	②流失 (基礎有り)	1階天井以上の浸水
	建物の傾斜 主要構造の破損 修繕なしに再居住不可 流失・全壊の恐れあり 家屋周辺地盤に洗掘あり 外観に穴等の大きな損壊あり	③損壊大	1階天井まで浸水
	床上浸水しているが流失・全壊の 恐れ無し 家屋周辺地盤に洗掘なし 外観にへこみや亀裂程度の小さな損壊 修繕なしで再居住可	④損壊小	床上浸水
	浸水のみ 外観に損傷なし	⑤浸水のみ	床下浸水

ましい。また、高所に痕跡が付着する場合には、遠景写真から後日推定することや、正面から写真を撮影するために自撮り棒等を用いた工夫も有効である。

3. 家屋被害調査

土砂災害には即時避難が重要であるが、河川氾濫などは避難場所に向かう際に被害が生じた事例も多数あるため、自宅に留まり2階などへの垂直避難が有効な場合もある。このような水平避難と垂直避難の判断を正確に行うためには洪水氾濫が生じた事例で、家屋の被害状況を十分に調査し流体力等に応じて比較検討することが重要となる。

(1) 既存の家屋被害分類

既存の家屋被害分類調査票の代表的なものとして、国土交通省都市局⁹⁾が東日本大震災の津波被害を対象として作成したものと、田中・重川¹⁰⁾がH23年新潟・福島豪雨の只見町被害を対象として作成した調査票が挙げられる。国土交通省都市局⁹⁾は、被害を全壊(流失)、全壊(再利用困難)、全壊(1階天井以上浸水)、大規模半壊、半壊(床上浸水)、一部損壊(床下浸水)の6段階に分類す

ることで津波における損壊状況調査を行っている。しかしながら、現地緊急水害調査の観点から考えた場合、全壊(再利用困難)と全壊(1階天井以上浸水)の判断が難しいのと、大規模半壊と半壊の相違が床上浸水深に基づいており外観から判断するのが難しいと考えられる。田中・重川¹⁰⁾は、H23年新潟・福島豪雨での只見町の家屋被害調査認定票を作成し調査を実施した。過去の事例の比較から水害における建物被害認定調査では、建物への床上浸水深および外壁の損傷程度が被害程度決定の主要な指標であることを明らかにしている。しかしながら、本分類では大規模半壊二つと半壊の判断が、床上浸水深と土砂の流入有無で判断され、詳細な調査が必要となる。

以上のように、既存の分類は被害認定業務支援等を目的としているため、床上浸水深等を詳細に調査しているが、緊急水害調査では家屋内に入り詳細な計測を行うことは非現実的である。そのため、家屋被害分類は外観の損傷程度から判断できる簡易なものが必要となる。また水工学分野において洪水氾濫状況把握に必要な情報としては、1) 水平避難すべきか垂直避難すべきかの判断の元となるデータ、2) 洪水氾濫・洗掘計算、流体力評価に必要なデータである。よって、宅地周囲の洗掘の有無も考慮した大規模半壊と半壊の差の明確化が重要となる。

表-3 堤防被害調査データシート

大分類	小分類	測定項目	
基本情報	観測者		
	観測日時		
	位置情報	緯度	
		経度	
	被災箇所	右岸 or 左岸	
		外岸 or 内岸	
	被害分類	①-⑤	
	侵食状況	侵食幅	(m)
侵食深さ		(m)	
堤防情報	表面材料	表法面	
		天端	
		裏法面	
	高さ	表法尻から天端	(m)
		裏法面から天端	(m)
	法面長	表法面長	(m)
		裏法面長	(m)
	堤体材料	土質材料の分類	
50%粒径		(m)	
越流情報	水深	天端の越流水深	(m)
		堤内地側水深	(m)
洗掘情報	洗掘	落堀深さ	(m)
		落堀長さ	(m)
		落堀幅	(m)
		裏法尻周辺地盤状況	

(2) 新たに提案する家屋被害分類

本研究で提案する家屋被害の分類は、①流失（基礎無し）、②流失（基礎有り）、③損壊大、④損壊小、⑤浸水のみの5分類とする。この分類は、調査後に実施する洪水氾濫計算および流体力の評価の際に検証用に利用することを想定しており、地盤の洗掘状況も判別項目に含む。損壊大以上が命を守るためには水平避難が必要だったという判断基準であり、損壊小以下は垂直避難でも対応可能なものであったと判断する。上記の分類を実際の被害調査時に、外壁の損傷程度で分類できるように整理した。これは、被害調査現場で床上浸水深等を詳細に調べるのは時間的制約や被災者のプライバシー保護の観点から困難な場合が多いためである。表-2に、この新たな家屋被害分類の概要を示す。本ガイドラインには、家屋被害調査票（表-2）に加え、各被害分類の家屋写真の例とその解説が多く示されており、家屋被害分類に精通していない方でも、上記5分類の判断が外観のみからできる情報を提供している。

4. 堤防被害調査

堤防の被災は同様の断面形状で同様の外力が働いた場合でも、損壊は様々ではなく場所により異なる。そのため、数多くの情報を統一的に収集することが必要となる。堤防被害調査では、堤防被害（現状では越流による被害のみに限定）の際に取得すべきデータの調査手法の統一化を目的として、各種データの調査手法を説明する。調査項目（表-3）は、基本情報（7項目）、堤防情報（9項目）、越流情報（2項目）、洗掘情報（4項目）である。

基本情報では、越流被害を受けた当該箇所の位置情報

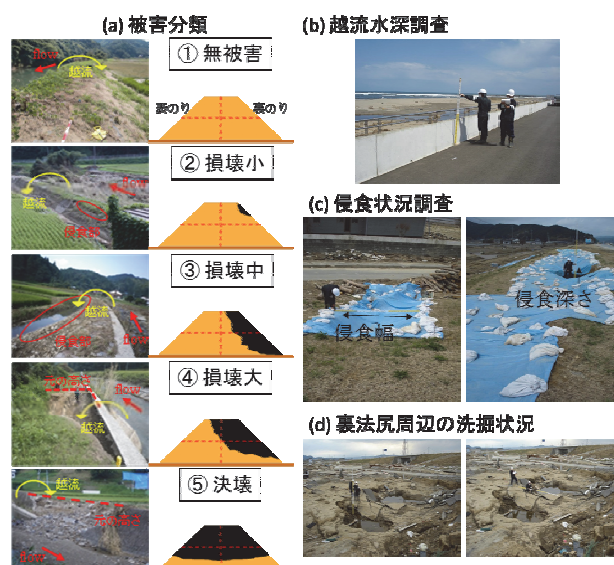


図-2 各項目の調査方法の概要

に加え、河道線形との関連を明確にするための被災箇所を明記するようにした。また、堤防の被災度を区分するために、服部ら⁷⁾を参考に図-2(a)に示す5分類を用いている。越流による侵食状況は、図-2(c)に示すように法面上に残された侵食幅、深さの測定例を示している。

堤防情報では、堤防の基本的特性である、堤防高さ、法面長を記録することに加え、法面および天端の被覆材料によって侵食の程度が異なることが予想されるため、堤体表面材料の種別を記録することとした。また、侵食によって堤体断面の観察・調査が可能な場合には、堤体材料の特性として、地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類方法(JGS0051-2009)」を用いた、細粒分、砂分、礫分の含有割合を表す土質材料の分類や50%粒径を記録することとした。なお、堤体断面の情報が得られない場合には、国土総合政策研究所河川研究室が公開している河川堤防の土質試験結果情報⁸⁾を活用する。このデータには、各地方整備局が管理する一級河川の粒度情報、土質分類(礫分(G)、砂分(S)、細粒分(F)の割合)が含まれており、50%粒径、土質材料の分類をデータシート上に記載することとした。

越流情報に関しては、現地の状況によっては痕跡を得ることは困難な場合もあるが、堤体上の樹木や、図-2(b)に示すような構造物に痕跡が見られた場合は貴重な情報になりうる。そのため、天端の越流水深を記録する欄をデータシートに設けた。天端上の越流水深が得られない場合でも、越流地点周辺の堤内側の痕跡水深を記録することとした。

洗掘情報に関しては、堤防が越流により洗掘するとき裏法面に損傷が発生し、さらに裏法尻周辺は深く侵食され「落堀」が形成される場合が多い。その洗掘程度を把握するため、図-2(d)に示すように、落堀の深さ、長さ、幅といった情報に加え、洗掘地点周辺の地盤状況を記録することとした。

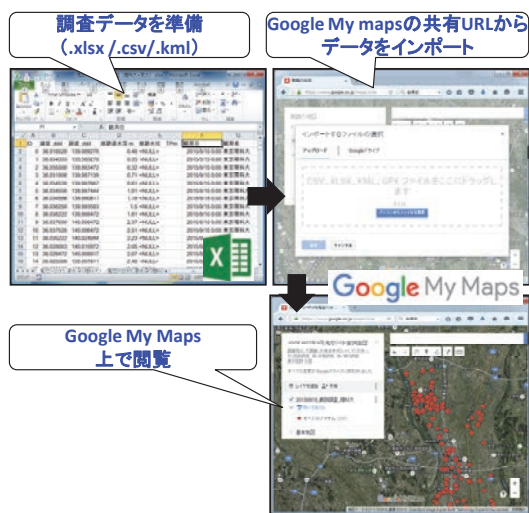


図-3 Google My Mapsを用いた簡易情報共有



図-4 ExcelVBAを用いた位置・調査・写真データの結合
ツールとGoogleEarthを用いた地図上での展開

5. データの共有・結合・整理法

学会調査団による水害調査の場合、少ない人的リソースで第三者的立場の検証に耐えうる有用なデータを収集しなければならない。また、これらの情報は適切に管理、データベース化し、災害を相互に比較検証できるものであることが望ましい。そのため、あらかじめ調査情報の共有や取扱いについて検討しておくことが必要である。

災害調査において必要な情報共有では、（１）誰がどこで何の調査を実施したかを準リアルタイムに共有できること、（２）有用な情報を多数持つ写真データを調査位置・項目と結合させて共有できること、（３）得られた情報をメンテナンスフリーで管理・保存できること、という以上３点が重要である。これら（１）～（３）のニーズに従って、以下の３つの内容より、本ガイドラインでは簡易な方法を提案している。

(1) 地図上でのデータ共有

簡易なデータ共有を実装する方法として、Googleの無料サービスであるGoogle My Mapsを用いた情報共有方法について紹介している（図-3）。この方法の利点は、無料かつ操作が容易である、クラウド上で情報共有される準リアルタイム性を持つ、Googleが持つ高解像度の衛星画像等を利用できることがある。

利用者は調査に関する位置（緯度、経度）と地点番号、調査者および調査項目をMicrosoft Excel等表計算ソフトウェアで準備すればよい。調査団のデータ管理者が準備した共有MapのURL（この登録方法もまた記載している）にアクセスし、xlsx等Excelブック形式かcsv形式で保存したデータをインポートする。こうすることで、地図上にデータが展開され、PCでもスマートフォン上でも（すなわち現場でも）簡単に調査項目を確認・共有することができる。

(2) 調査データと写真データの結合と地図上での展開

調査データとともに調査時の写真データを結合し、地図上に展開できると、調査において非常に便利である。調査データのエビデンスとなる上、家屋被害などの調査者によって評価が分かれがちなデータについては団員同士で確認を取ることができる。また、写真データからは、その場で調べられる項目以外の重要な内容が含まれていることがあり、多くの専門家が写真を確認することで多くの有用な情報を抽出できるようになる。そのため、位置・属性を保持するテーブルデータ（Excel）と写真画像データを結びつけ、Google Earthで利用可能なKMLデータとして出力するためのツールを作成した（図-4）。このツールはMicrosoft Excelのマクロ（VBA）機能を用いて作成されており、Excelが利用できれば使用できるため、汎用性は極めて高い。このツールで作成されるKMLデータは、Google Earth上に展開するポイントデータと表示する写真ファイルを相対リンクで関連付けている。作成したKMLデータと写真データをまとめたフォルダをzip等で圧縮し共有することで、調査位置、データ、写真を結合して共有できる。共有方法については次の(3)で説明する。本ガイドラインでは、詳細な使用方法や活用方法についても事例をまとめて示している。

このようなデータ共有はGoogle Maps APIなどを利用したアプリケーションやデータサーバを独自に構築することでも実装できるが、かえって煩雑になると思われる見送った。今回提案する方法では、アクセス制限や費用等の問題を考慮する必要がなく、最も簡易かつリーズナブルであると考えられた。

(3) データの整理方法

(1)に説明したデータ共有方法やその他のクラウドスト

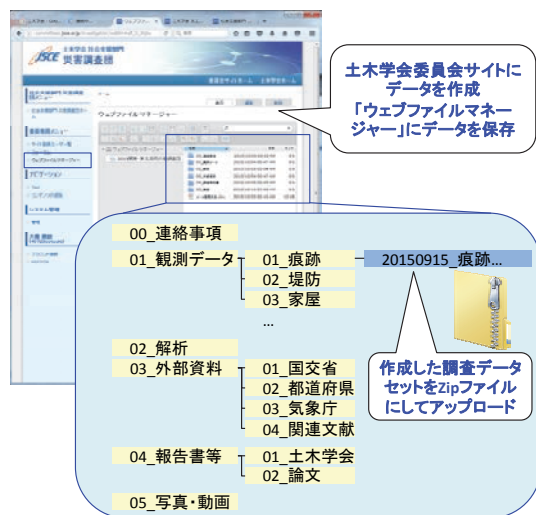


図-5 土木学会委員会サイトのウェブファイルマネージャーを用いた情報共有

レイジーサービスを用いた方法は、第三者のサービスを介しており簡易的かつ一時的なものと考えるべきであり、災害現場の写真などの取扱に注意を要するデータの共有、また長期保存には向いていない。そのため、調査団員でのみ共有可能な土木学会委員会サイトのデータ共有機能「ウェブファイルマネージャー」（図-5）を用いて共有化する方法について、本ガイドラインでは示している。

ウェブファイルマネージャーは、土木学会に属する委員会の運営のために土木学会が運用している土木学会委員会サイトと呼ばれるCMS（Contents Management System）に備わるファイルストレージ機能である。学会会員で、関連する委員会に所属している場合には、ログインIDとパスワードが付与され、利用できる仕組みになっている。学会で運用しているため、データの利用や権利問題については、少なくとも調査団員の中で申し合わせて解決すればよく、利用の目的に即している。

本ガイドラインには、予め図-5のようなツリー構造を作成するよう促しており、痕跡、堤防、家屋のように調査項目毎にデータが自然に整理されるよう配慮されている。調査データは、調査日時・担当者ごとに整理し、(2)で説明した、調査データ（Excel等テーブルデータ）と写真データ、調査内容の概略を示したメタデータの3点を1セットとするよう記載している。メタデータとは、データの内容を簡単に記載したもので、データ共有において相互に誤解が生じないようにするためのものである。

6. まとめ

本報文は、著者らが作成した水害調査ガイドラインの概要を記述するとともに、痕跡水位・水深の調査法、家屋被害の分類、堤防被害の調査法およびデータの結合と整理法に関する詳細を報告したものである。以下に、本

報文で重要な点を列挙する。

- 1) 洪水痕跡調査に関して、洪水痕跡（浸水深・水位）のを見つけ方、種類と確からしさ、記録の取り方を示した。実際の洪水痕跡を写真入りで事例集として示すことで、経験の少ない者でも調査が可能となるよう本ガイドラインは構成されている。
- 2) 家屋被害調査に関して、被害の分布はもとより、これまで用いられてきた被害ランク付けを見直し、被害レベルと流体力が対応し、人命に関わるリスクを表現できるような家屋被害分類・調査方法を提案した。
- 3) 堤防被害調査に関して、計測すべき項目を明示した専用調査シートを用意し、計測方法を写真入りで示した。これにより、同様の断面形状で同様の外力が働いた場合でも損壊程度が異なる堤防被災に対し、比較検討ができるようにした。
- 4) 水害調査データベースの構築を目的とし、調査で得られた情報を迅速に共有することが可能なデータ結合ツールを開発した。位置・属性（調査項目）を保持するテーブルデータと写真データを結合し、Google Earthで展開できるツールとなっている。

なお本報文で概要を記した水害調査ガイドライン（Ver.1.0）は、webページ⁴⁾で現在公開中である。

謝辞：本研究の一部は2015年度河川整備基金助成事業（代表：呉修一）の補助を受けた。また、本研究は水工学委員会水害対策小委員会の活動の一部であり、小委員会メンバーには、本ガイドライン作成に当たり有益な助言を多く頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 大槻順朗，二瓶泰雄，赤松良久：2013年7月山口・島根豪雨による須佐川における被災状況調査と解析，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp.1447-1452, 2014.
- 2) 呉 修一，森口周二，堀合孝博，小森大輔，風間 聡，田中 仁：2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴，自然災害科学，Vol.35, No.2, pp.87-103, 2016.
- 3) 今村文彦：津波被害調査のマニュアル，津波工学研究報告，第15号，1998.
- 4) 土木学会水工学委員会水害対策小委員会水害調査法WG：水害調査ガイドライン，<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/hydrolab/guideline/>.
- 5) 国土交通省都市局：東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査，2011. <http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html>
- 6) 田中 聡，重川希志衣：水害における建物被害認定調査の実例－H22年小山町水害，東日本大震災，H23年新潟・福島豪雨災害－，地域安全学会概要集，No.29, pp.105-106, 2011.
- 7) 服部泰士，二瓶泰雄，大槻順朗，八木澤順治：実測データベースに基づく河川堤防の越流決壊，破損条件の検討，土木学会論文集B1（水工学），Vol.71, No.4, pp.1285-1290, 2015.
- 8) 国土総合政策研究所 河川研究室，河川堤防の土質試験結果情報(http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/geo_download/geo_download.html)

(2017. 4. 3受付)