

水害調査方法の標準化に向けて 一家屋被害分類*

呉 修一 東北大学災害科学国際研究所

八木澤順治 埼玉大学大学院理工学研究科

大槻順朗, 永野博之, 二瓶泰雄 東京理科大学理工学部

1. はじめに

H27年9月に発生した関東・東北豪雨災害による利根川水系鬼怒川や鳴瀬川水系渋井川の堤防決壊被害は記憶に新しい。近年、全国各地でこのような洪水氾濫の水害が多発し、被害状況を明らかにするための水害調査が数多く行われている。しかし、水害調査方法が標準化されていないことに加え、得られた調査結果のデータベースが整備されていないため、個々の水害の比較が十分に行えないのが現状である。土木学会水工学委員会水害対策検討小委員会水害調査WG(著者ら)では、このような状況を改善するため、水害調査方法の標準化に取り組んでいる。

2. 研究の目的

全国各地で洪水氾濫等による水害後に、多くの緊急・本格災害調査が行われているが、統一的な調査方法やそのデータベースは整備されていない。本研究では、水害後の調査方法の共通化・標準化を図ると共に、得られた調査結果のデータベースを構築することを目的とする。これにより、洪水氾濫による水害調査方法の確立・統一化が可能となる。さらに、調査結果のデータベース化を図ることで、従来検討が困難であった個々の水害の比較・検討が可能となる。

3. 研究の内容

本研究は、①水害調査法の標準化、②データベースの構築、③それらのマニュアル化と公開を行う。①では、調査項目として、痕跡水深・水位、家屋被害、堤防被害、の3つを主な対象とし、従来の調査方法や調査項目を整理して問題点を浮き彫りにするとともに、必要情報の選定を行なう。②では、取得データを簡易に地図中に表示可能にするため、観測データに緯度経度や写真・動画データを含め表計算ソフト(Excel等)に取りまとめ、それをGoogle Earth等で閲覧できる形式とする。さらに、③調査方法やデータベース利用方法をマニュアル化し、インターネットでの公開を通じて、行政、民間、大学等の研究者・技術者の使用と調査結果の蓄積を促進する。本研究の有効性は、調査手法およびデータベースの標準フォーマットを提供する事で、様々な団体の多くの方が、効率的かつ有効な水害調査が実施可能となる事である。これにより、1) 個々の河川水害の直接的な比較が容易になる、2) 今後の防災関連河川整備事業の推進に向け実用的な情報が提供される、3) 新たな防災研究の発展(例えば、新たな数値計算モデルの検証や新たな水害リスク指標の構築など)に向け、有効なデータが整備される等の成果が期待される。上記の水害調査WGでは3項目について検討しているが、本論文では洪水氾濫に伴う家屋被害分類の標準化に着目して報告する。

*Toward standardization of on-site surveys of river flood disasters : damage classification of residential houses, Shuichi Kure, Junji Yagisawa, Kazuaki Otsuki, Hiroyuki Nagano, and Yasuo Nihei

4. 既往研究における家屋被害分類

土砂災害には即時避難が重要であるが、河川の氾濫や洪水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。重要な点は洪水流に伴い、家屋の流失や大規模損壊が生じる危険性があるような家屋では、家屋に留まることは非常に危険であるという点である。つまり、洪水ハザードマップに示されている浸水深に加えて、家屋流失の危険度を表す新たな指標（例えば、家屋倒壊ゾーンなど）を公表・定量評価する事が重要となる。これにより、家屋流失の危険性のある家屋では即時に避難を実施する事が推奨されるし、流失の危険性が殆どない家屋では、自宅に待機したほうが被害の生じる可能性が低く、これらを判断する際に非常に有益な情報となりえる。これらの判断を正確に行うためには洪水氾濫が生じた事例で、家屋の被害状況をしっかりと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。

既往研究では家屋の洪水被害分類に関して、河田・中川（1983）は、①流失、②全壊に2分類し、流速の二乗と水深の積で表される流体力指標が、津波の場合と同じく家屋の流失・全壊と相関性があることを確認している。佐藤ら（1989）は、①板目、畳、壁以外の被害が認められない、②家屋に若干の被害があるものの、住居可能な状態である、③住居不可能なほどの大きな被害を受けているものに3分類することで、流体力と家屋被害とは密接な関係にあり、流体力指標の最大値が $1.5\text{m}^3/\text{s}^2$ 以上となると被害が出始め、 $2.5\text{m}^3/\text{s}^2$ を超えると居住不可能となる家屋が出現することを明らかにした。鈴木ら（2005）は、①全壊・流失、大破（壁および柱の大部分以上が壊れ、あるいは失われている）、②中破（柱は残っている。壁の大部分は破壊されている）、③小破（窓等は破壊されても、壁の大部分は残っている）、④浸水のみ（浸水が判断されるが、壁・柱・窓に損壊は見当たらない）に4分類し、洪水の流体力評価を試みている。

津波による家屋被害の

研究では、成田・越村（2015）は普遍的な津波被害関数を構築するため国土交通省都市局（2011）の現地調査による被害の7段階（D1：流失、D2：全壊1、D3：全壊2、D4：大規模半壊、D5：半壊、D6：一部損壊、D7：被害無し）の分類を流失(D1)と残存(D2-D7)に再分類し利用している。これは流失という建物被害は、津波の浸水深よりも流速や波力が支配的であり、津波の流体力学的特性や建物の耐久性などを最も反映するという考えに基づいている。

| 区分 | 全壊 (流失) | 全壊 (再利用困難) ※1 | 全壊 (1階天井以上浸水) |
|--------|---|---|---|
| 主な建物状況 | 基礎だけ残して、建物が完全に流されている | 主要構造が損壊しており補修により元通りに再使用することが困難 | 1階天井以上浸水しており、大規模修繕等による再使用も可能 |
| サンプル写真 |  |  |  |
| 棟数 ※2 | 92,509 棟 | 34,048 棟 | 9,438 棟 |
| 区分 | 大規模半壊 | 半壊 (床上浸水) | 建物被災状況 (イメージ)  |
| 主な建物状況 | 床から概ね 1m 以上 (天井未満) 浸水している | 床から概ね 1m 未満の床上浸水 (一部補修により再利用可能) | |
| サンプル写真 |  |  | |
| 棟数 ※2 | 39,062 棟 | 43,145 棟 | |
| 区分 | 一部損壊 (床下浸水) | 棟数合計 | |
| 主な建物状況 | 床下の泥を取り除けば再利用可能 | | |
| サンプル写真 |  | 被災建物総計 うち全壊 | |
| 棟数 ※2 | 21,483 棟 | 239,685 棟 | 135,995 棟 |

図-1 国土交通省都市局の東日本大震災時の家屋被害7分類

5. 既存の家屋被害分類調査票

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(2011)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(2011)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。これらの調査票は、災害後の保険請求等の被害認定業務支援を目的としているため詳細な分類が行われている。以下にそれぞれの概要を記す。

国土交通省都市局は、図-1に示すよう被害を7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。本調査票を用い、東日本大震災時の津波による家屋被害状況を詳細に調べた。しかしながら、現地緊急水害調査の観点で考えた場合D2:全壊(再利用困難)とD3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(2011)は、図-2に示す分類を用い、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た。しかしながら、図-2に示すよう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の有無で判断されており、緊急水害調査で家屋内を調査することが難しい状況ではこれらの分類を詳細に実施することは難しいと考えられる。

以上のように、既存の分類は被害認定業務支援を目的としているため、詳細な床上浸水深等に基づいている。しかしながら緊急水害調査で家屋内に入り詳細な床上浸水深を計測するのは困難である。よって本研究で提案する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。また水工学分野で洪水氾濫後に必要な情報は、1) 水平避難すべきか垂直避難すべきかの境界、2) 洪水氾濫・洗掘計算、流体力評価での比較情報である。よって、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。

6. 本研究で提案する洪水被害分類

本研究で提案する家屋被害の分類(案)は、①流失(基礎無し)、②流失(基礎有り)、③全壊、④大規模半壊(損壊大)、⑤半壊(損壊小)、⑥浸水のみ、の6分類とする。この分類は、調査後に実施する洪水氾濫計算

| 住宅被害認定調査票 水害(水没)用(別紙) | | 調査票 番号 | ■特定した被害の範囲が分かるように添削 | |
|---|---|-----------|--------------------------|-------|
| 調査日 | 平成 年 月 日 | | | |
| 1 調査地 | | 配置 状況 | | |
| 調査地 | | | | |
| 所在地 | | | | |
| 調査主 | | | | |
| 所有者 | | | | 5 立会者 |
| 2 住居 | <input type="checkbox"/> 住家である(居住のために使用されている) | | | |
| 3 原水種 | 床上 (cm) ・ 床下 | | | |
| | 損壊状況 | 損壊の程度 | 判定 | 備考 |
|  | 住家流失 倒壊 土砂埋没 | 全壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 激しい外部損傷 大きな傾き1/20 修復不可能な状態 2階床まで浸水 | 全壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 床上浸水 1.8m以上 ※輪眉を超える浸水 | 大規模半壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 床上浸水 1.0m以上 + 建物内に大量の 土砂流入30cm以上 | 大規模半壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 床上浸水 1.8m未満 | 半壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 床上浸水 床板から10cm未満 | 一部損壊 | <input type="checkbox"/> | |
|  | 床下浸水 | 一部損壊 | <input type="checkbox"/> | |

図-2 田中・重川(2011)の只見町洪水被害認定調査票

および流体力の評価の際に検証用を利用するものであり、地盤の洗掘状況なども考慮する。大規模半壊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、半壊以下は垂直避難で十分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、家の目視つまり外壁の損傷程度で分類できるように整理する。これは、被害調査現場で床上浸水深等を詳細に計測するのは困難な場合が多いためである。以下に各分類の詳細を示す。また分類の参考情報として浸水深の目安も記載する。

① 流失（基礎無し）

・概要：流失（基礎無し）は、家屋の流失が氾濫水の抗力や浮力に伴う家屋本体と基礎部分の倒伏のみではなく、家屋周辺地盤の激しい洗掘による基礎の流失に伴い生じたものである。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。

・損害状況：建物および基礎が流失。家屋周辺地盤の激しい洗掘。

・浸水深の目安：1階天井以上の浸水が想像される。

② 流失（基礎有り）

・概要：流失（基礎有り）は、家屋の流失が氾濫水の抗力や浮力に伴う家屋本体と基礎部分の倒伏で生じたものである。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。

・損害状況：建物は流失するが基礎部分は残存。

・浸水深の目安：1階天井以上の浸水が想像される。

③ 全壊

・概要：全壊は、家屋が氾濫水の抗力により非常に大きな損壊を受け大規模修繕なしに再居住が不可な状況である。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。また、鬼怒川水害調査等で撮影された全壊例の写真を図-3に示す。

・損害状況：建物の傾斜。主要構造の破損。大規模修繕なしに再居住不可。

・浸水深の目安：1階天井までの浸水。



図-3 全壊の一例（大槻順朗撮影：2015年9月15日）

④ 大規模半壊（損壊大）

・概要：大規模半壊は、家屋が氾濫水の抗力により大きな損壊（外観に穴等）を受ける、もしくは家屋周辺地盤に洗掘が確認されるような状況である。流失・全壊の恐れがあり垂直避難では生命の危険があったような状況である。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。また、鬼怒川水害後に撮影された大規模半壊例の写真を図-4 に示す。図-4の一部に示されるように、家屋自体の被害は少ないが洗掘が大きく流失の危険が高かったと想定される場合は、本研究の分類では大規模半壊と分類される。

- ・損害状況：家屋周辺地盤に洗掘あり、もしくは外観に穴等の大きな損壊あり。修繕により居住可。
- ・浸水深の目安：床上1m以上の浸水。



図-4 大規模半壊の一例（大槻順朗撮影：2015年9月15日）

⑤ 半壊（損壊小）

・概要：半壊は、家屋が氾濫水の抗力により小さな損壊（へこみや亀裂程度）を受けた状況である。床上浸水しているが流失・全壊の恐れはなく垂直避難の対応で十分であったような状況である。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。また、山形水害調査で撮影された半壊例の写真を図-5 に示す。

- ・損害状況：家屋周辺地盤に大きな洗掘の形跡なし。外観にへこみや亀裂程度の小さな損壊。修繕なしで居住可。
- ・浸水深の目安：床上1m未満の浸水

⑥ 浸水のみ

・概要：浸水のみは、浸水しているが外観に損壊がない状況である。外観の損害状況と浸水深の目安は以下となる。



図-5 半壊の一例（呉修一撮影：2013年7月21日）

- ・ 損害状況：浸水のみ、外観に損壊なし
- ・ 浸水深の目安：床下浸水

7. まとめ

本研究では、洪水災害後の緊急水害調査時に使用する家屋被害分類（案）を提案した。本分類（案）は、①流失（基礎無し）、②流失（基礎有り）、③全壊、④大規模半壊（損壊大）、⑤半壊（損壊小）、⑥浸水のみ、の6分類で構成されている。本分類の位置づけは、災害後の保険請求等の被害認定業務支援を目的とした詳細な分類（国土交通省都市局(2011)や田中・重川(2011)）と空撮画像からの簡易な家屋被害分類手法（例えば、越村・萱場(2010)）の中間の位置づけと考えられるものであり、緊急水害調査時に現地で簡易かつ洗掘等の重要な因子を組み込んだ調査分類となっている。本分類中の大規模半壊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、半壊以下は垂直避難で十分対応可能なものであったと判断する指標となっている。

今後は、上記分類の調査票の雛形および調査マニュアルを作成し、土木学会等を通じて公表する予定である。また、本調査分類（案）は2016年1月15日現在の検討段階時点のものであり、今後学会等を通じて発表する分類と異なる可能性がある点に注意されたい。

謝辞：

本研究は、公益財団法人河川財団の河川整備基金の助成を受け実施された。末尾ながらここに記して謝意を表す。

参考文献：

- 河田恵昭・中川一（1983），三隅川の洪水災害 -洪水氾濫と家屋の被害-，京大防災研究所年報，第 27 号，B-2，pp.179-196.
- 佐藤肇・今村文彦・首藤伸夫（1989），洪水氾濫の数値計算および家屋被害について -8610 号台風による吉田川の場合-，水理講演会論文集，Vol.33，pp.331-336.
- 鈴木進吾・越村俊一・原田賢治・岡本学・福留邦洋・菅鷹志保・河田恵昭（2005），2004 年 7 月新潟豪雨水害の災害調査による家屋被害関数の構築，水工学論文集，Vol.49，pp.439-444.
- 成田裕也・越村俊一（2015），津波被害の地域特性に基づく津波被害関数の類型化，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 71, No. 2, I_331—I_336.
- 国土交通省都市局（2011），東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査，<http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html>
- 田中聡・重川希志衣（2011），水害における建物被害認定調査の実際—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.
- 越村俊一・萱場真太郎（2010），1993 年北海道南西沖地震津波の家屋被害の再考—津波被害関数の構築に向けて—，日本地震工学会論文集 第 10 巻，第 3 号，pp.87-101.