

GISデータを用いた 有限要素法に基づく 豪雨災害予測システムの構築

奥田・橋本研究室 D1 生野達大

1. 2017年九州北部豪雨

表1. 災害による被害¹⁾⁻³⁾

死者	39人
行方不明者	2人
被害総額	2,240億円

1.1 災害の概要

- 2017年7月5日から6日にかけて九州北部地方に発生した記録的な大雨による災害
- 複数の河川が氾濫し，斜面崩壊や土石流などの土砂災害が多発

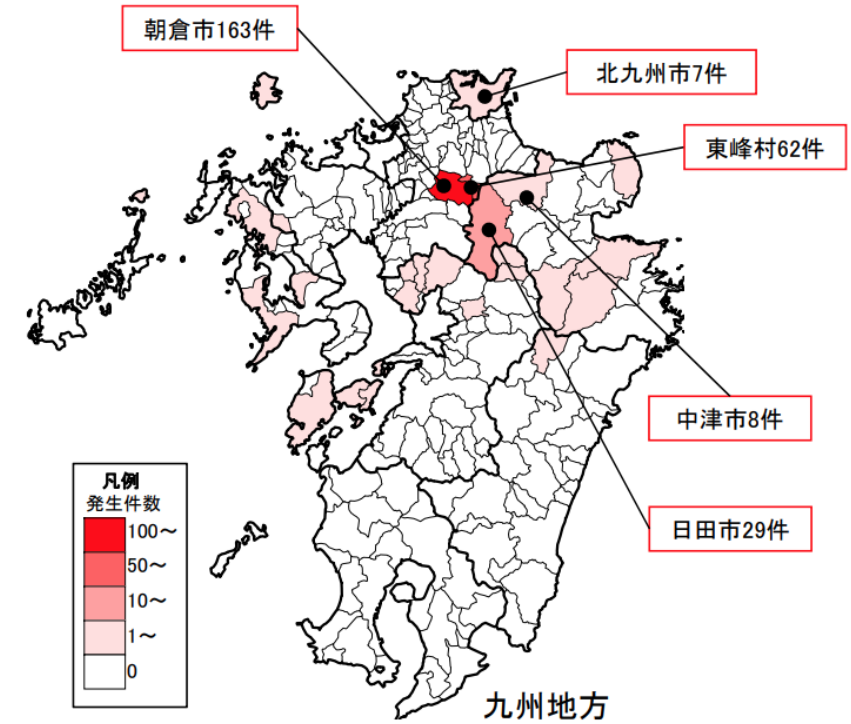


図1. 土砂災害の発生状況⁴⁾



図2. 福岡県朝倉市黒川馬場地区における災害前の衛星写真と災害後の航空写真の比較⁵⁾

1.2 災害の特徴

- 屋内で洪水や土石流に巻き込まれた犠牲者が多い

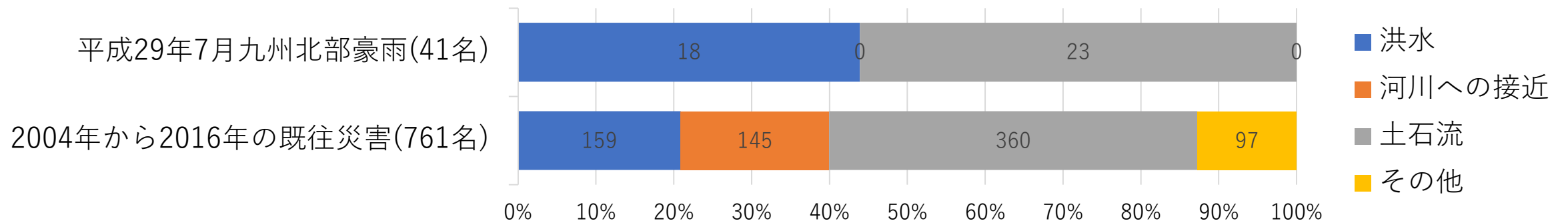


図3. 本災害と既往災害における原因別犠牲者数^{6) 7)}

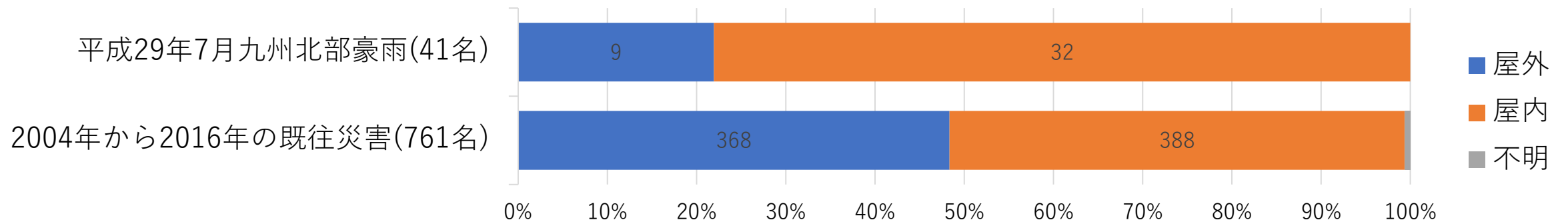


図4. 本災害と既往災害における遭難場所別犠牲者数^{6) 7)}

1.2 災害の特徴

- 土砂，斜面に生えていた木が氾濫した河川に流入
 - 流れの破壊力が増し，建物への被害増加
 - ため池の決壊による被害範囲の拡大⁸⁾
 - 土砂や流木の堆積により流れが変化⁸⁾



図5. 家屋被害と流木⁹⁾

1.3 防災における課題

- 防災計画策定時における被災地域の過小な予想¹⁰⁾
 - 犠牲者のうち少なくとも9名は事態が悪化する前に避難を呼びかけられていたが見合わせていた⁷⁾
 - 避難することができなかった
 - 自宅なら安全と考え避難しなかった
 - 避難勧告を発令した時点で既に一部の河川が氾濫していた
 - 犠牲者のうち5名は避難中に遭難している⁷⁾

1.4 求められているもの

- 過去の災害に基づく被災地域の想定は限界がある¹⁰⁾
- 数値シミュレーションを用いた豪雨災害予測が必要
 - 避難場所・経路の策定に役立つ
 - 防災のための山林整備や堤防構築を最大の費用対効果で実施可能
 - 地域住民に水害・土砂災害に対する防災意識を啓蒙できる

1.5 既往の研究

- 既存の豪雨災害に対する浸水被害のシミュレーション¹¹⁾¹²⁾は土石流による建物の倒壊については考慮されていない
- 斜面崩壊のシミュレーションはいくつか行われているが¹³⁾¹⁴⁾、崩壊した斜面による土砂・流木が洪水に与える影響を検討したシミュレーションは見られない。
- 流木の影響については、防堰堤における流木の捕捉¹⁵⁾や流木群による堰止め過程¹⁶⁾については研究がなされているものの、災害発生中に流木が与える影響については検討されていない。

2. 目的

2. 目的

- 有限要素法に基づく豪雨災害予測システムを構築する
 - 洪水域，倒壊する建物，土砂や流木の集積する箇所を可視化
- GISデータを用いることで任意の地域における3次元解析メッシュ作成の労力を削減する
 - 地形，建物の位置・形状・高さ，河川の流域を取得可能
 - 河川の水深やため池の存在は実地調査により調べる必要あり
- 流木や土砂，建物の倒壊を考慮する
 - 解析領域が広いため，計算量削減のためにこれらは単純なモデルにより考慮する
 - 斜面崩壊が生じる領域は予め解析者が指定する

3. GISデータを利用した 解析メッシュの作成

～開発方針と検討すべき事柄～

3.1 地形

- 国土地理院から提供されている数値標高モデル¹⁷⁾を利用する
 - この時点では建物と地形は厳密には区別されない

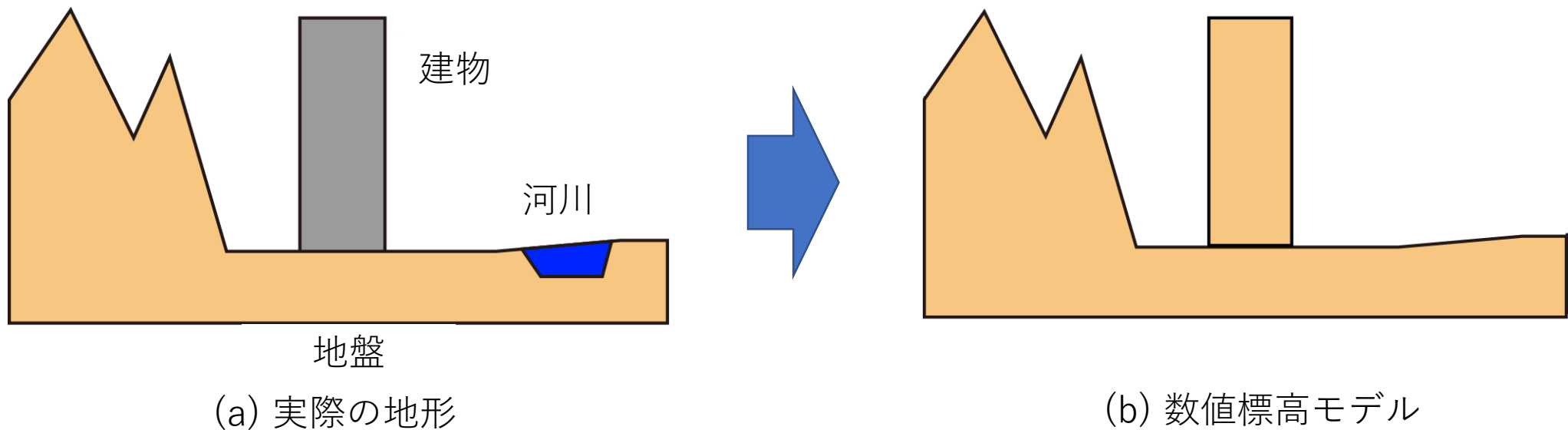
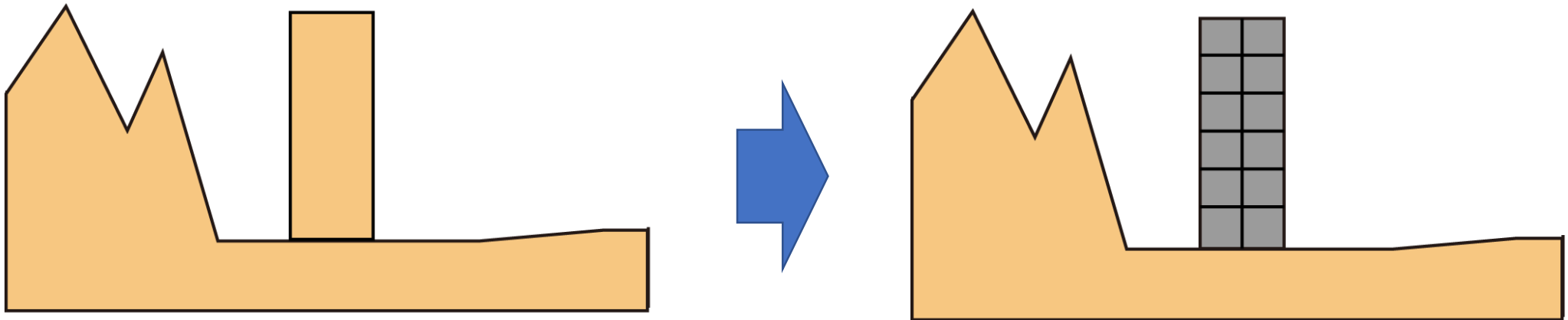


図6. 数値標高の取得

3.2 建造物

- 建物の階数¹⁸⁾，二次元幾何形状¹⁷⁾から建物形状を予測する¹⁹⁾
- 標高データと合わせて建物のソリッド要素を作成する
 - 地表の標高データを建物の高さの分だけ修正



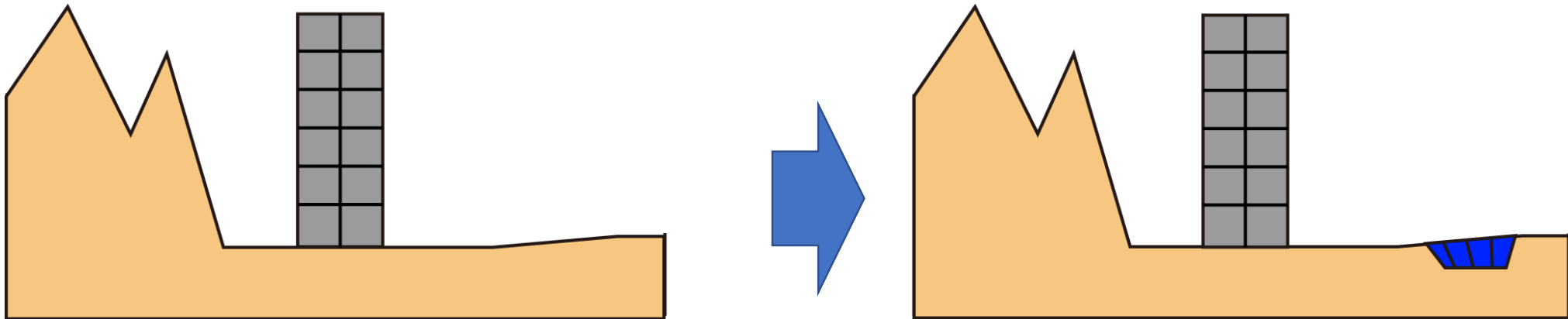
(b) 数值標高モデル

(c) 建物のソリッド要素

図7. 建物のソリッド要素作成

3.3 河川

- 国土地理院から提供されている数値流域情報²⁰⁾を用いて河川の位置を同定する
- 水深は測定点における実測値から補間する
- **ため池の位置同定には地域住民の協力が必要になる**



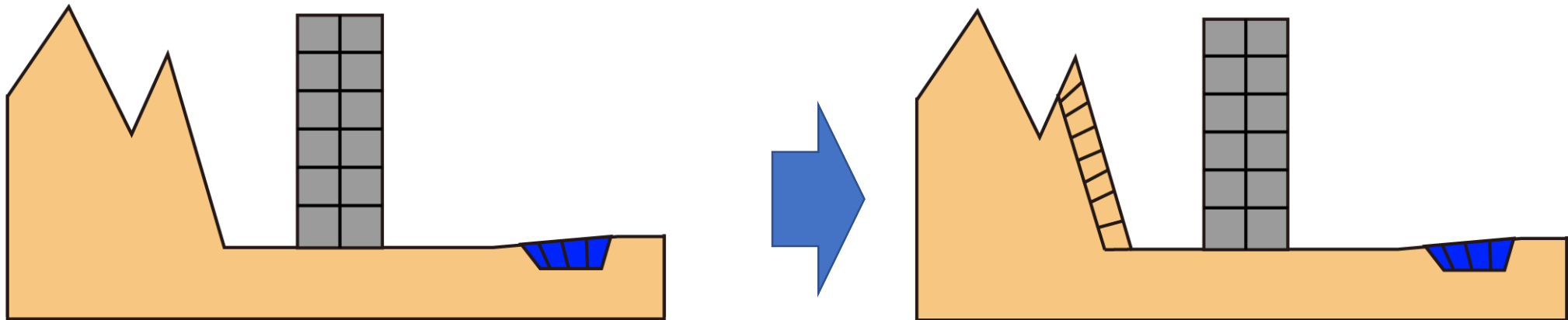
(c) 河川のソリッド要素

(d) 河川のソリッド要素

図8. 河川のソリッド要素作成

3.4 地盤

- 斜面崩壊を考慮する地表面に流体メッシュを作成する
- 単位体積あたりの土砂の量を表す変数「漂流物密度」を与える
 - 地盤調査報告書を基に漂流物密度を推定²¹⁾.



(d) 地盤のソリッド要素

(e) 地盤のソリッド要素

図9. 地盤のソリッド要素作成

3.5 森林

- 衛星写真で緑色になっている領域を森林があるとみなす
- 漂流物密度を変化させることで森林の影響を考慮する
- 漂流物密度の変化量を変えて複数回シミュレーションを行う必要がある
 - 森林を構成する木の本数や太さを全て求めることは困難
- 大気領域にメッシュを切ることで完成

4. 数値計算手法

～開発方針と検討すべき事柄～

4.1 土石流のモデル化

- 河川を流れる水，斜面崩壊が発生する領域の地盤を自由表面を伴う土石流としてモデル化する
- 漂流物密度に合わせて質量密度，粘度といった材料物性値を変化させる
 - 土砂，流木の影響が全て漂流物密度により考慮される。
- 既存の土石流モデル²¹⁾と validation を検討する必要がある。

4.2 建物のモデル化

- 建物は均一な弾性体としてモデル化する
- 閾値を超える応力が加わると建物は倒壊するとモデル化する
 - 建物の床部にある流体メッシュの漂流物密度を建物の体積分だけ増加させる
 - 建物のメッシュは材料物性値を空気のものに置き換える
- 建物倒壊の材料物性値と閾値については、建物を3次元のソリッド要素として流体構造連成解析を行った結果と比較することで検証を行う

参考文献

1. 時事情報, 九州北部豪雨の死者 39人に, 時事ドットコムニュース,
<https://www.jiji.com/jc/article?k=2017122101105&g=soc>, 2017/12/21, 2018/01/22参照.
2. 大分県, 「平成29年7月九州北部豪雨」による災害に係る被害状況,
<http://www.pref.oita.jp/site/bosaiportal/bousai.html>, 2017/08/22, 2018/01/22参照.
3. 福岡県, 平成29年7月九州北部豪雨における本県の被害総額,
<http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/higaigaku.html>, 2017/08/20, 2018/01/22参照.
4. 国土交通省砂防部, 平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害の概要<速報板> Vol.6,
http://www.mlit.go.jp/report/press/sabo01_hh_000045.html, 2017/09/04, 2018/01/22参照.
5. 狭域防災情報サービス協議会, 平成29年7月九州北部豪雨被災状況マップ,
<http://mmdin1.maps.arcgis.com/home/index.html>, 2017/7/11, 2018/01/22参照.
6. 牛山素行, 本間基寛, 横幕早季, 杉村晃一, 平成29年7月九州北部豪雨による人的被害の特徴(序報), 日本災害情報学会第19回研究発表大会, 京都府宇治市五ヶ庄(京都大学防災研究所), pp. 190-191, 2017/10/21-2017/10/22.
7. 内閣府, 平成29年7月九州北部豪雨の被害状況, 平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会, http://www.bousai.go.jp/fusuigai/kyusyu_hinan/index.html, 2017/10/30, 2018/01/22参照.

参考文献

8. 堀俊和, 泉明良, 正田大輔, 平成29年7月九州北部豪雨での被災ため池に関する調査報告書, http://www.naro.affrc.go.jp/disaster20170705/files/survey_Report1.pdf, 2017/07/28, 2018/01/22参照.
9. 内閣府(防災担当), 平成29年7月九州北部豪雨の被害状況と対応等について, 平成29年度広報誌「ぼうさい」, No. 88, 2017.
10. 内閣府, 平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する今後の取組について, 平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会, http://www.bousai.go.jp/fusuigai/kyusyu_hinan/index.html, 2017/12/08, 2018/01/22参照.
11. 秋山壽一郎, 重枝未玲, 小園裕司, 流域特性を考慮した都市域氾濫解析モデル と都市域での浸水プロセスの予知, 水工学論文集, Vol. 54, 2010.
12. 国土交通省, 地点別浸水シミュレーション検索システム, <http://suiboumap.gsi.go.jp/>, 2018/01/22参照.
13. 若井明彦, 田中頼博, 阿部真郎, 吉松弘行, 山邊康晴, 渡邊 泰介, , 中山間地の地震時斜面崩壊リスクを評価するための有限要素法に基づく広域被害予測システム, 日本地すべり学会誌, Vol. 45, No. 3, pp. 207-218, 2008.
14. 嶋中貴史, 小野祐輔, 竹澤麻衣, 野畑拓也, 酒井久和, 2008年岩手・宮城内陸地震における荒砥沢地すべりの解析シミュレーション, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 71, No. 4(地震工学論文集第34巻), pp. I_846-I_854, 2015.

参考文献

15. 渋谷一，堀口俊行，香月智，大隅久，石川信隆，円柱形集合体要素を用いた個別要素法による根付き流木の捕捉シミュレーション，応用力学論文集，Vol. 67，No. 2，pp. 132-1334，2011.
16. 後藤仁志，五十里洋行，酒井哲郎，奥謙介，山地橋梁の流木閉塞過程の3次元シミュレーション，水工学論文集，Vol. 51，2007.
17. 国土交通省国土地理院，基盤地図情報ダウンロードサービス，
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>，2017/10/31，2018/01/22参照
18. ESRIジャパン株式会社，GISデータストア，<http://www.gisdata-store.biz/>，2018/01/22参照.
19. 高田知学，檜山和男，谷口健男，浜田秀敬，都市大気環境シミュレーションのための三次元都市モデリング手法とプリ・ポスト処理へのVR技術の適用研究，土木情報システム論文集，Vol. 17，pp. 279-286，2008.
20. 国土交通省国土地理院，国土数値情報 流域メッシュデータの詳細，
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W07.html>，2009/03/27，2018/01月22日参照
21. 経隆悠，堀田紀文，鈴木拓郎，石川怜志，地形条件が土石流の数値シミュレーションに及ぼす影響，砂防学会誌，Vol. 68，No. 1，pp. 3-12，2015.