

地域連携による防災マップの三次元表示の事例

CASE STUDIES OF THREE-DIMENSIONALIZATION FOR DISASTER

PREVENTION MAPS BY REGIONAL COLLABORATIONS

福田直三¹・安永敏浩¹・佐藤立樹¹・禰久伸男¹・平田洋士¹・山土博三²

Naozo FUKUDA, Toshihiro YASUNAGA, Tatsuki SATOH, Nobuo KIKU, Hiroshi HIRATA

and Hiromi YAMADO

¹新日本技術コンサルタント (〒890-0034 鹿児島市田上 8 丁目 24 番 21 号)

E-mail: n.fukuda@shin-nihon.net

²高屋東小学校区住民自治協議会 (〒739-2144 東広島市高屋町白市 550)

E-mail: hiroyamado@gmail.com

Key Words: disaster prevention map, DIG, three-dimensionalization, regional collaboration

1. はじめに

地球温暖化の影響により過去に経験しなかった規模の豪雨・巨大台風の発生に伴う土砂災害・河川氾濫・内水氾濫・高潮浸水などによりインフラへの被害とともに人的被害も増大する状況にある。ハード対策に加えソフト対策を組み合わせた備えを行う必要があるとし、ソフト対策の一つとして災害の危険を表示する各種ハザードマップが地方自治体から提供されている。しかし、地域住民の避難行動に如何につなげるかが課題となっている(図-1)。筆者らはこの備えのために地域や学生との連携による DIG

(Disaster Imagination Game) 手法を用いた防災マップ作りとして、土砂災害・洪水災害・内水災害、地震・津波災害、高潮災害に取り組んでいる。本論文は、災害の危険をより理解するための三次元表示技術の取り組みについて事例的に紹介し、あわせてこれらの効果や課題について考察を行うものである。

2. 事例 1: 呉市広地区における土砂災害・内水災害

(1) 広長浜地区の特性と DIG の取り組み

広長浜地区は花崗岩地帯の山に囲まれ南側は海に面して埋め立てが行われている。2015 年時点において当地区(4 町内会)は 719 世帯、人口 1364 人であった。呉市全体の高齢化率は 33.6%であるが、当地区はそれより高い状況である。当地区の山間部は花崗岩地帯であり、表層は風化しまさ土化している。

図-2 は、明治以降の豪雨災害の発生箇所と死者数を示している。死者は明治 36 年 11 人(長浜郷土史, 昭和 32 年), 昭和 20 年枕崎崎台風 16 人, 昭和 42 年 9 人(広島県砂防課)であった。当地区を囲む斜面の多くが崩壊し、砂防ダム等の設置が行われてきた。

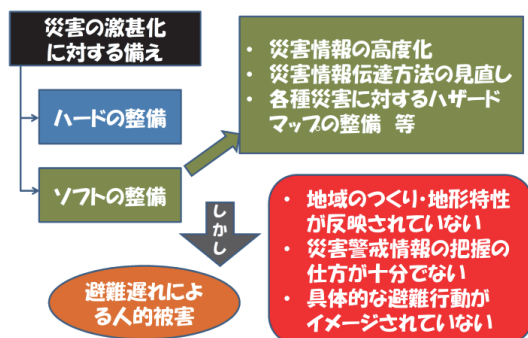


図-1 災害への対策と避難遅れの課題

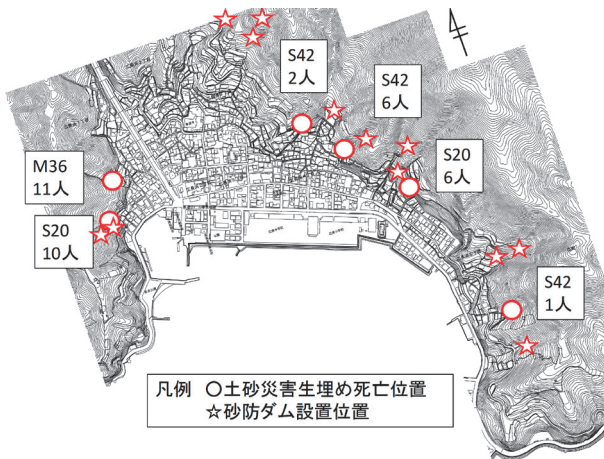


図-2 広長浜地区における土砂災害の履歴と分布



写真-1 広長浜地区におけるDIGの取り組み状況

この地域において、呉工業高等専門学校環境都市工学科学生と地域自治会代表者は2017年度から以下の流れでDIG手法に取り組んだ(写真-1)¹⁾。

Step-1: 室内で当該地域のマップ上に過去の災害やハザードマップによる災害の危険性や地域の特徴を把握した。

Step-2: 防災まち歩きにより Step-1 で想定した災害の危険性を実際の目で確認し、また、地形・地物などの新たな危険性の気づきを記録し、写真撮撮をした。特に、密集した家屋、狭い避難経路、町中を流下する水路が豪雨時に氾濫し、坂道が川となって避難できなくなることなどを理解した。

Step-3: 室内でマップ上に Step-2 の記録や写真を貼付し、災害時の避難に生かすための留意事項などを記録した防災マップを作成した。

(2) 土砂災害警戒区域図の三次元表示

この取り組みにおいて、二次元のハザードマップからは土砂災害の危険と地形特性との関連性を把握しにくい。そのため図-3に示すように、広島県が提供する土砂災害警戒区域のデジタルデータを三次元地形上に表示させた。この表示により、DIG参加者には警戒区域と谷地形の関係をリアルに理解ができ、

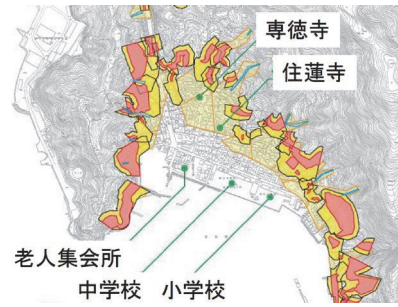


図-3 二次元土砂災害警戒区域図の三次元表示例



写真-2 内水氾濫の状況と現地再現確認

居住場所や避難経路への危険の理解に活かされた。

翌2018年6月開催の防災講演会19日後に発生した西日本豪雨では、同地区の唯一の幹線道路の両端に土砂崩壊が発生し、断水とともに陸の孤島となる状況が発生した。その中で、地域では防災意識の向上が図れていたため災害時の早めの避難行動や避難所運営に寄与できた²⁾。

(3) 広大広地区の防災マップ作りと内水災害

広長浜地区における取り組みが広大広地区³⁾や広徳丸地区⁴⁾にも波及した。事前調査に入ってから間もなく西日本豪雨災害が発生した。両地区では二級河川の黒瀬川の水位が氾濫危険水位を超え、避難勧告(19:10)、避難指示(21:40)が発令されたが、避難勧告の際には地域内小河川が塞ぎ止められ、すでに内水氾濫を生じ、避難が困難な状況であった(写真-2)。当該地区の浸水想定は1000年に1度の大雨によるものであったが、それに相当する範囲の内水氾濫が発生していた。しかも避難所の小学校に至る避難経路や避難所自体も浸水していたことをふまえ、より速い段階での避難が課題として挙げられた。

3. 事例2：鹿児島市内における洪水氾濫

(1) 防災マップ作りの概要

当該地域は、鹿児島市の城山の南側、甲突川の東側に位置する鹿児島市山下校区のうち照国町・平之町・東千石町・西千石町（以上を山の手G）、および千日町・山之口町・加治屋町（以上を川下G）の7町内会であり、DIG手法によるワークショップによって防災マップ作りを行った⁵⁾。

対象とした既往の災害は、1986年7月10日の豪雨における城山斜面災害（平之町地区）や1993年8月6日（以下、86災害と略す）の甲突川氾濫による鹿児島市内中心街の浸水災害とした。防災まち歩きでは、写真-3に示すように土砂災害の影響範囲や浸水被害状況をハザードマップや既往資料をもとに再確認し、図-4に示すような防災マップを作成した。

(2) 浸水被害の三次元表示の取り組み

ハザードマップで示される浸水被害の影響は二次元の平面図では分かり難い。したがって、図-5に示す三次元表示によって、参加者は微地形による浸水



写真-3 防災まち歩きによる過去の災害との再確認



図-4 作成した防災マップの事例

の影響の違いのよりリアルな把握につながった。

(3) 2019年鹿児島豪雨における活動の評価⁶⁾

1993年の86災害では鹿児島県内の死者は121人、その内鹿児島市内では49人と甚大であった。鹿児島市内中心部である山下校区においても前述のように甲突川の氾濫によって広域の浸水被害が生じた。一方、2019年に発生した鹿児島豪雨は、土砂崩壊による死者1名、河川越水が5か所で発生したものの山下校区はか鹿児島市の中心部での浸水被害は生じていない。

しかし、累積降水量は86災害では7月31日から8月6日までに547.5mm、一方、2019年は6月26日から7月3日までに692.5mmであり、日降水量は86災害では259.5mm、2019年は375mmと2019年のほうが1.4倍の日降水量となっていた。図-6に示すように同日の時間毎の降水量は86災害では、16時から4時間に173mm(平均43mm)に豪雨が集中したのに対し、2019年は16時間にわたって343mm(平均21mm)が継続したという特徴の違いがあった。当該校区の町内会代表者へのアンケートによると豪雨の強さの実感は86災害(27%)、2019年(40%)、同等(13%)と受け取り方が異なっていた。南日本新聞(2019年7月4日)によると鹿児島市から27万5287世帯約59万人に対して避難指示が発令され、避難所187の内2か所で定員超えが生じたが、全避難者は3453人、避難率は0.6%



図-5 浸水ハザードマップの三次元表示

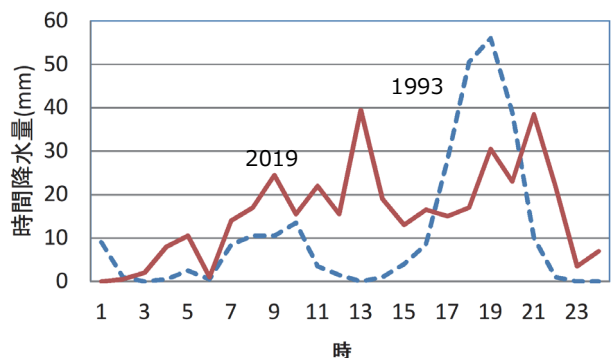


図-6 二つの豪雨の時間降水量の比較 (気象庁・鹿児島)

であった。当該地区の場合では、避難所への避難は4%と低いものであったが、マンション2階以上や標高の高い場所の居住者が多く、自宅のほうが安全であると、垂直避難の判断をしていたといえる。アンケートによる防災マップ活動の評価は、活かされた7%、参考になった27%(計34%)と低いものであったが、結果的には垂直避難の判断は妥当であったと考える。しかし、河川改修等の対策によって浸水被害は生じていなかったと考えられるが、現実には甲突川は越水に近い水位まで上昇していたこともふまえ、地域防災での再認識が必要と考えている。

4. 事例3：東広島市高屋東における豪雨災害

(1) 防災マップ作りの概要

2018年6月28日から7月8日にかけて活発な梅雨前線による集中豪雨により九州・中国・四国・近畿地方などで土砂災害・洪水氾濫・浸水災害発生し、人的被害として死者237人、行方不明8人にのぼる激甚な災害が発生した。死者・行方不明者が特に多かったのは広島県115人、岡山県66人、愛媛県31人の3県となっている(内閣府2019年1月9日)。

防災マップ作りに取り組んだ東広島市高屋東小学校区(18区、人口約4700人、世帯数1493)においては、人的被害はなかったものの地域住民の事後調査によって、図-7に示すように181か所において土砂崩壊や洪水氾濫による災害が多発した。特に、北側の山間部における土石流や斜面・のり面崩壊、出水



図-7 高屋東小学校区18区の2018年7月豪雨災害等被害箇所

による床下浸水、田畑被害が卓越している。その他の地区においても斜面・のり面崩壊、河川侵食による道路崩壊などが多く発生している。

当小学校区は各所で地形の起伏が多く、雨水の流下により道路が川になる状況が多く確認されており、避難時に避難経路が危険な状況となる可能性が考えられた。発災時に避難所までの避難行動をとったのは3事例と少なかったが、より大きな災害を想定した場合の避難についてルール化が重要と考えられた。

これらの状況をふまえ避難行動に活かすためにDIG手法を用いた防災マップを広島大学防災・減災研究センターと地元住民自治協議会との連携で作成することとした⁷⁾。

(2) 防災マップ作りで工夫した事項



避難時に水深約10cm 水が流下し樹から噴水 道路が河川侵食

(a) 発災時の危険を写真で示した例(2019.11.9撮影)

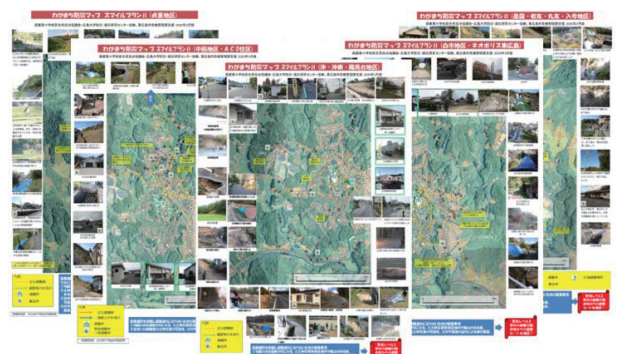


谷の水が流下し集会所近傍に集まる 複数の道から水が集まる



県道は災害懸念⇒避難路選定要注意 トンネル坑口の通行止めの迂回路注意

(b) 地形起伏による表流水・土石流を矢印で示した例



(c) 18区を5つに集約した防災マップの概要

図-8 作成した防災マップ(下)と工夫した事項(上・中)

18 区の全域を対象とする防災マップを作成するうえで地形の起伏を考慮し、また、災害の発生の記録を表示することによって、地域住民の避難行動につなげるための主な工夫は次のとおりである(図-8)。

- a) 各区から中心地の避難所(高屋東地域センター・高屋東小学校)までの避難経路と発災時の危険が理解できるよう防災マップを5枚に集約した。
- b) 地形の起伏をある程度把握できるように国土地理院の航空写真をもとに、土砂災害警戒区域図・被災箇所のコメント入り写真のマップ周囲への貼付した。
- c) 地形の起伏が多いことから、豪雨時に道路が川になることが確認されており、そのような状況が想定できるよう表流水の方向を矢印でマップに記入した。
- d) 低い地形に表流水や土石流が集まり冠水によって避難ができない場所を記述した。
- e) 土砂災害や冠水で避難経路が使えなくなる場合の代替避難経路を示した。
- f) 避難遅れの場合に避難経路が通れなくなる可能性が高いため、警戒レベル3の早めに避難が重要であることを示した。

以上のような工夫によって、二次元の防災マップに地形の三次元性が反映できるようになった。また、発災時に避難遅れを生じる場合には特に北部の山間地域においては警戒レベル3での避難を提示することで時間の効果(四次元性)も組み込んだものとしている。

5. 事例4: 福岡県苅田町小波瀬地区における高潮浸水被害⁸⁾

(1) 防災マップ作りの概要

このDIG手法による防災マップ作りで対象とした地域は、福岡県苅田町小波瀬地区の西日本工業大学周辺であり、同大学の土木系学生と協働した。対象地域は、図-9に示すように、①東側の沿岸域に標

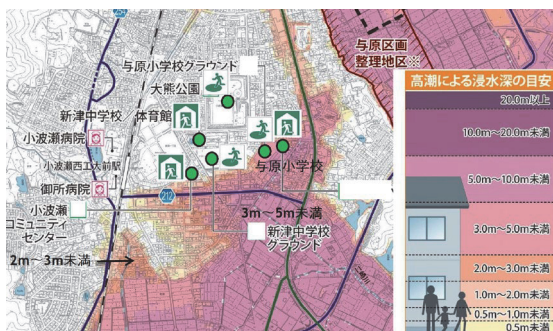


図-9 高潮浸水ハザードマップ(配布版を加工)

高9m以下の低平地、②標高25m~35mの丘陵地と③西側の山地があり、④それぞれに住宅地が分布している。また、⑤南側には長峽川水系の小波瀬川が流れている。学生の半数がこの地域で下宿生活している。当該地区では同図に示す高潮浸水ハザードマップのほか洪水氾濫、津波、内水・土砂災害について提供されているが、地域住民が各種災害に対してどのように理解できているか懸念されるところであった。また、最も浸水深が大きくなる高潮浸水ハザードマップは浸水深が1m~3m、3m~5mなどと幅が大きいため居住する場所がどの程度の浸水深になるのかを把握できていないものと推察された。

写真-4は、防災まち歩きによって確認した災害危険個所の例である。

(2) 360°カメラ・GEOSLAMを用いた現地把握

これまで、地域の地形等の特性や災害の危険性は、写真や調査記録を防災マップとして作成してきた。この考え方をより進める方法として360°カメラや携行型のGEOSLAM(三次元レーザマッピングシステム)を用いて可視化する技術を図-10の位置で適



2021.11.16撮影

写真-4 防災まち歩きで確認した発災時の危険個所の例



図-10 360°カメラ・GEOSLAM(黄線)調査位置



図-11 GEOSLAMによる地形の三次元点群表示と高潮浸水深の表示例（2021. 11. 24 計測）

用し、QRコードでも確認できるようにした。

図-11（上）は GEOSLAM によって計測したルート100m幅の地形を三次元点群表示したものである。図-11（下）は高潮高9mと地盤高との差分によって浸水影響範囲を表示したものであり、ハザードマップでは分からなかった微地形に対する浸水深の表示ができることが分かった。

学生44名に実施したアンケートは、主に次の通りであり、防災に関する理解が深まったといえる。

- (a) 360度カメラは当該地の状況がよく分かる、およびやや分かるは87%であったが、13%がやや分かり難いという回答であった。
- (b) QRコードによる町中の状況の把握については、よく分かったとやや分かったが82%であり、やや分かり難いと分からないが18%であった。
- (c) DIG手法による防災マップ作りによる防災意識の向上については、大変向上と少し向上が97%、少し不十分が3%であった。

6. まとめ

各種災害に対する備えとしてハザードマップが提供されているが、それを地域住民の目線で理解し、実際の避難行動につなげていく必要がある。それを支援する手法として地域と連携したDIG手法による防災マップ作りを進めてきたが、これを如何に理解して発災時の安全な避難に繋げるかが重要である。

そのために、平常時では想定しにくい災害時の状況をよりリアルにかつ簡易に表示する方法が有効であるとし、比較的容易にできる三次元情報の表示について提示した。図-12は360°カメラで対象地の全方向の状態を見えるようにし、どこに危険があるか



図-12 災害危険性のコメント付き360°カメラの例

の情報を加えている。それらをQRコードで確認できる手法の分かりやすさについて、今後地域住民への提示によって検証していく予定である。

謝辞：地域自治会の多くの関係者、高専・大学の先生方、また、支援いただいた社員各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 福田直三, 森脇武夫ほか：地域住民と学生による防災マップ作成の取り組み-呉市広長浜の事例-, 土木学会中国支部第70回研究発表会, IV-18, pp. 405-406, 2018.
- 2) 福田直三, 黒川岳司, 今谷龍彦ほか：呉市広長浜地区DIG活動後の平成30年7月西日本豪雨災害時の対応と課題, 土木学会中国支部第71回研究発表会, IV-3, pp. 257-258, 2019.
- 3) 福田直三, 黒川岳司, 浜本尚拓ほか：地域住民と学生による防災マップ作りの取り組み-呉市広大広地区の事例-, 土木学会中国支部第71回研究発表会, IV-2, pp. 255-256, 2019.
- 4) 福田直三, 黒川岳司, 井原雄大ほか：地域住民と学生による防災マップ作りの取り組み-呉市広徳丸地区の事例-, 土木学会中国支部第71回研究発表会, IV-1, pp. 253-254, 2019.
- 5) 福田直三, 関直三郎, 平田洋士ほか：防災マップ作りと活用-鹿児島市山下校区の事例-, 2018年度土木学会西部支部研究発表会, IV-087, pp. 683-684, 2019.
- 6) 福田直三, 上野竜哉ほか：2019年鹿児島豪災害と鍵島市山下校区防災マップ活動の評価, 2019年度土木学会西部支部研究発表会, IV-078, pp. 629-630, 2020.
- 7) 福田直三, 土田孝, 猪股雅美ほか：2018.7豪雨被害経験を活かした防災マップ-東広島市高屋東小学校区の事例-, 第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp. 181-186, 2020.
- 8) 福田直三, 濱本朋久, 禧久伸男, 佐藤立樹ほか：可視化技術を組み合わせた防災マップ作成の試みと評価, 土木学会西部支部研究発表会, IV-072, pp. 619-620, 2022.

(2022. 5. 30 受付)