

自然災害研究協議会
中国地区部会

研究論文集

第10号

2024年2月

自然災害研究協議会
中国地区部会

共催：山口大学地域レジリエンス研究センター防災・減災グループ
山口大学グローバル環境・防災学研究会

目次

2023年5月7日～8日の豪雨により伊丹市天神川で発生した浸水被害の特徴……………1 山本晴彦・古場杏奈	1
令和5年梅雨前線における厚狭川流域の被災状況について……………5 滝山路人・大中臨・福丸大智・江口翔紀・宮園誠二・赤松良久	5
水害被災地 SAR 観測データの複素ニューラルネットワークによる地物検出についての検討……………9 白水元・梅澤優平・朝位孝二	9
直線開水路の横越流における流出角度に関する実験的研究……………12 三戸裕矢・朝位孝二・渡辺勝利	12
東広島市黒瀬町の流紋岩地帯の地質特性と土石流発生履歴……………16 松木宏彰・鈴木素之・楳原京子・川島尚宗	16
インドネシア国ブンカリス島北部海岸における泥炭地盤安全率……………20 香川拓輝・山中直輝・山本浩一	20
観測井が不要な3次元地下水流向流速計の開発……………24 ベロ オルナイ ジョヤニーニャ・青木優賢・山本浩一	24
ブルアパートベイズンと治水対策……………28 河内義文・堀田政則・徳久晶	28
自己組織化マップによる西部中国地方の気象場と線状降水帯の関係性の分析……………32 弘中勇駿・朝位孝二・西山浩司	32
過去の白黒災害写真とそのカラー化された写真の印象およびその理由に関する比較調査……………36 松尾岬・朝位孝二	36
水害発生時における住民同士の呼びかけの意思と近隣交流の実態調査……………40 斎藤美矢子・今川友理乃・岡田育美・藤野舞	40
平時におけるA大学の看護学生の自然災害に対する防災意識と防災行動についての関連……………44 嵩西璃子・下川桃佳・斎藤美矢子	44

教科単元「防災とまちづくり」の受講者にみる文系・理系の学生間の「防災対応」のとらえ方の差異	49
目山直樹・呉贇	
右田小学校でのリモート型防災教育の企画、実施とその効果 右田小学校での継続的な防災教育の取 組み #1.....	53
目山直樹・秋山真一・福田真之介・西本忠章	
右田小学校北側にある流路工のモニタリング情報の児童への提供と児童の防災意識の変化 右田小学 校での継続的に防災教育の取り組み #2	57
福田真之介・目山直樹・西本忠章・秋山真一	
地域内交通を活用した災害時避難支援の可能性 一宇部市厚南地区を対象に一	61
猪股俊亮・榊原弘之・神谷大介・赤松良久・斎藤美矢子・網木政江・村上祐里香・牛尾裕子	

Chugoku Regional Division Research of Natural Disaster Research Council

No. 10 Contents

Characteristics of Flood Damage in Tenjin River of Itami City by Heavy Rainfall of 7-8 May, 2023.....	1
<i>Haruhiko YAMAMOTO, Anna Koba</i>	
Damage in the Asa River Basin Caused by the 2023 Rainy Season Front	5
<i>Michihito TAKIYAMA, Nozomu ONAKA, Daichi FUKUMARU, Shoki EGUCHI, Seiji MIYAZONO, Yoshihisa AKAMATSU</i>	
A Study on Detection of Geo Objects by Complex Neural Network on SAR Observation Data of Flood Affected Areas	9
<i>Hajime SHIROZU, Yuhei UMEZAWA</i>	
Experimental Study on Lateral Over Flow Angle in Straight Open Channel	12
<i>Yuya MITO, Koji ASAI, Katsutoshi WATANABE</i>	
Historical Record of Debris Flows and Geological Features in Higashihiroshima City	16
<i>Hiroaki MATSUGI, Motoyuki SUZUKI, Kyoko KAGOHARA, Takamune KAWASHIMA</i>	
The Safety Factor of Peat Ground on the Northern Coast of Bengkalis Island, Indonesia.....	20
<i>Hiroki KAGAWA, Naoki YAMANAKA, Koichi YAMAMOTO</i>	
Probe for Measuring Three-Dimensional Groundwater Velocity without Borehole	24
<i>Joaninha Belo Ornai, Masataka AOKI, Koichi YAMAMOTO</i>	
Pull-Apart Basins and Flood Control Measures	28
<i>Yoshifumi KOCHI, Masanori KOTTA, Aki TOKUHISA</i>	
Analysis of Relationship between Meteorological Filed and Linear Rainfall Band on West Part of Chugoku Region.....	32
<i>Yuma HIRONAKA, Koji ASAI, Koji NISHIYAMA</i>	
Comparative Research on Impression of Past Monochrome Disaster Photo and Its Colorized Photo and Reason of Impression	36
<i>Misaki MATSUO, Koji ASAI</i>	

Survey of Residents' Willingness to Call on Each Other and Neighbourhood Interaction in the Event of Flooding	40
<i>Miyako SAITO, Yurino IMAGAWA, Ikumi OKADA, Mai HUIJINO</i>	
Connection about Disaster Prevention Awareness and the Disaster Prevention Action for the Natural Disaster of the Nursing Student of University A in the Time of Peace	44
<i>Riko TAKENISHI, Momoka SHIMOKAWA, Miyako SAITO</i>	
Differences in the Perception of "Disaster Prevention Response" between Liberal Arts and Science Students, as Seen by Students Taking the Subject Unit "Disaster Prevention and Urban Development"	49
<i>Naoki MEYAMA, Yun WU</i>	
Planning, Implementation, and Effects of Remote Disaster Prevention Education at Migita Elementary School, 2023 - Continuous Disaster Prevention Education Activity in Migita Elementary School #1	53
<i>Naoki MEYAMA, Shin-ichi AKIYAMA, Shinnosuke FUKUDA, Tadaaki NISHIMOTO</i>	
Providing Monitoring Information on the Channel Works on the North Side of Migita Elementary School to Children and Changing Children's Disaster Prevention Awareness - Continuous Disaster Prevention Education Activity in Migita Elementary School #2	57
<i>Shinnosuke FUKUDA, Naoki MEYAMA, Tadaaki NISHIMOTO, Shin-ichi AKIYAMA</i>	
Possibility of Evacuation Support in Natural Disasters Using Local Transportation -Survey in Konan District, Ube City -	61
<i>Shunsuke INOMATA, Hiroyuki SAKAKIBARA, Daisuke KAMIYA, Yoshihisa AKAMATSU, Miyako SAITO, Masae AMIKI, Yurika MURAKAMI, Yuko USHIO</i>	

2023年5月7日～8日の豪雨により伊丹市天神川で発生した 浸水被害の特徴

山本晴彦・古場杏奈

山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

2023年5月6日夜から前線が西日本付近に停滞し、この前線上に発生した低気圧が7日夜から8日未明にかけて近畿地方を東進した。これにより、兵庫県南東部の阪神地域を中心に大雨となり、西宮では8日3時までの24時間降水量が189.5mmを観測し、5月としては観測史上1位の記録を更新した(神戸地方気象台, 2023)。伊丹市では市内を流れ二級河川の天神川において、堤防の工事箇所が決壊して市街地へ洪水流が流れ出し、床上浸水2戸, 床下浸水10戸の浸水被害が発生した(伊丹市, 2023a)。ここでは、筆者らが収集した降水データに基づく詳細な豪雨解析, 降水・水位・防災情報の時系列解析, 天神川が決壊現場で実施した現地調査に基づく浸水被害の状況等について報告する。

2. 伊丹市周辺の地形と豪雨の特徴

伊丹市が位置する大阪平野の北西部は、北摂山地の大野山に源を発する一級河川の猪名川(43.2km)、篠山市の愛宕山付近を源とする二級河川の武庫川(65.7km)などが南流して大阪湾に注いでいる。特に武庫川の下流部は仁川合流点付近から下流が天井川の様相を呈し、大阪湾に面した武庫川低地は武庫川と猪名川が運んだ土砂により三角州が形成されている。上流側の山裾には扇状地が続いており、扇状地の北側には北摂山地が、西側には六甲山地(最高峰の六甲山は931m)が連なっている。

図1にはDEM標高図に2023年5月7日～8日(2日間)の降水量の分布図を示しており、芦屋市の奥池(1:西宮土木事務所の所管)の2日間降水量が268mmで最大値を示し、奥池(六甲砂防事務所)260mm, ゆずり葉台(2:宝塚市役所)257.0mm, 逆瀬川(六甲砂防事務所)257mm, 川久保(茨木土木事務所)256mmの順で、凌雲台・荒地山(六甲砂防事務所)の240mm台まで、川久保を除いて六甲山地の東側で豪雨を観測している。浸水被害が発生した伊丹市では、市内の4か所(①天神川小学校, ②池尻小学校, ③消防局, ④神津小学校,)に雨量計を設置して雨量観測を行っており、積算降水量は被災地に最も近い天神川小学校で201.5mmを記録している。さらに、天神川上流の中筋山手に宝塚市役所が設置した雨量計でも200.0mmを観測しており、武庫川支流の天神川流域でも200mm前後の豪雨を観測している。積算降水量が200mm以上の豪雨域は、六甲山地から武庫川中流にかけての西南西-東北東の方向に長さ約20km, 幅約10kmの範囲に及んでおり、大阪湾から流入した湿った空気によって積乱雲が持続して形成されたことが要因と推察される(図1・図2)。

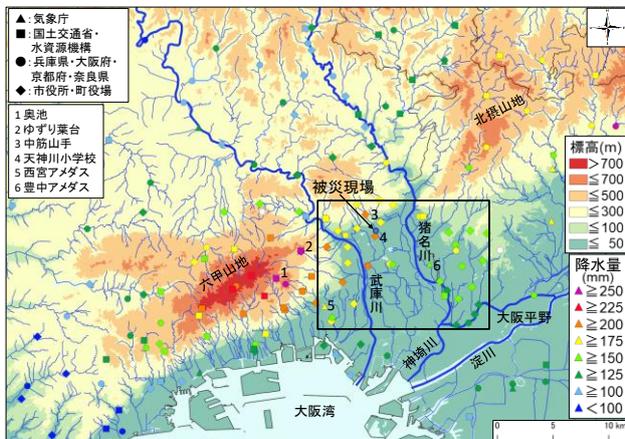


図1 2023年5月7日～8日(2日間)の積算降水量の分布図(黒枠は図2の範囲に一致)



図2 伊丹市と周辺地域(雨量計: △気象庁アメダス, □国土交通省, ○兵庫県, ◇市役所・町役場, +水位計。赤枠は図3の範囲)

伊丹市の地形は平坦で、東部に猪名川、西部に武庫川の二大河川が市内を流れている。市域は東西 7.0km、南北 6.5km で約 25km²の面積を有しており、総人口は 19.6 万人（2023 年 5 月 1 日現在）となっている。

図 3 に示した土地条件図(地理院地図より転載)では、天神川は JR 福知山線付近から南は天井川(土地条件図では薄橙色)となっており、浸水被害が発生した荒牧トンネルが天神川の川底の下を掘削して通っている。ここには示していないが、1950 年代の空中写真では旧国鉄の福知山線も天神川の下にトンネルを掘って東西が繋がっている。荒牧 3・4・7 丁目付近までの北側は、北摂山地から流れ出た土砂が堆積した扇状地を形成しており、これより南は更新世段丘が分布している。天神川の兩岸の一部には自然堤防(黄色で表示)が確認できる。

伊丹市東部に位置する大阪国際空港に設置された豊中アメダスでは、浸水被害が発生した 5 月 8 日 0 時 30 分の前日の 7 日に 127.5mm の日降水量を観測しており、5 月としては 1976 年 5 月から 50 年弱にわたる観測史上第 1 位の記録を更新している。ただし、通年(年間)の記録である 272.0mm には遠く及ばず、日最大 1 時間降水量(22.0mm)と日最大 10 分間降水量(5.5mm)も、第 6 位、第 8 位の記録に止まっている(表 1)。

西宮では 7 日に 151.5mm と豊中の 1.2 倍弱の日降水量を観測しており、2008 年からの観測開始ではあるが観測史上第 1 位の記録を更新している。なお、7 日夜遅くから 8 日未明にかけて発生した豪雨により、日最大 1 時間降水量は 7 日に 34.0mm、8 日に 46.5mm と両日で観測史上第 1 位と第 2 位の記録を更新しており、日最大 10 分間降水量も同様に 11.5mm と 12.0mm で第 1 位と第 2 位の記録を更新している。ただし、西宮での通年の日降水量の記録は 2018 年 7 月 5 日の「平成 30 年西日本豪雨」で記録した 230.5 mm で、今回の降水はこの記録を大きく下回っている(表 1)。六甲山地東側の芦屋市奥池では最大 24 時間降水量が 245mm の最大値を観測しており、24 時間累積雨量の順位は 2018 年の西日本豪雨の際に観測された 399.0mm が観測史上第 1 位の記録となっているが、第 3 位に今回の豪雨で観測された 245.0mm が第 10 位までにランクインしている。



図 3 被災した天神川の荒牧トンネル周辺の土地条件図(地理院地図より作成)(図中の破線黒枠が写真 1 の範囲と一致)

表 1 豊中・西宮アメダスにおいて観測された 5 月の日降水量の順位(ゴシック体は 2023 年 5 月 7 日・8 日)

豊中 順位	日降水量 (mm) 年月日		日最大1時間降水量 (mm)		日最大10分間降水量 (mm)	
	1位	127.5	2023/5/7	38.0	2003/5/8	15.5
2位	118.0	2011/5/29	27.5	2008/5/25	11.0	2021/5/21
3位	99.0	1995/5/12	24.0	2016/5/16	11.0	2011/5/22
4位	82.0	1983/5/16	24.0	1998/5/16	10.5	2012/5/29
5位	81.5	2010/5/23	24.0	1976/5/21	6.5	2018/5/7
6位	73.0	1995/5/1	22.0	2023/5/7	6.5	2016/5/16
7位	73.0	1987/5/13	22.0	2018/5/7	6.5	2011/5/12
8位	70.0	1980/5/31	22.0	2011/5/22	5.5	2023/5/7
9位	69.0	1998/5/16	22.0	1995/5/1	5.5	2022/5/22
10位	68.5	2021/5/21				
通年1位	272.0	1983/9/28	110.0	2006/8/22	26.5	2012/4/3
統計期間	1976/5/1		1976/5/1		2009/5/1	

西宮 順位	日降水量 (mm) 年月日		日最大1時間降水量 (mm)		日最大10分間降水量 (mm)	
	1位	151.5	2023/5/7	46.5	2023/5/8	12.0
2位	123.0	2011/5/29	34.0	2023/5/7	11.5	2023/5/8
3位	121.0	2010/5/23	29.0	2016/5/16	10.5	2021/5/20
4位	81.0	2007/5/25	24.0	2008/5/25	9.5	2021/5/21
5位	77.5	2011/5/11	23.0	2020/5/18	9.5	2011/5/22
6位	73.5	2016/5/16	20.5	2010/5/23	6.0	2016/5/16
7位	70.5	2018/5/13	20.0	2021/5/21	6.0	2011/5/11
8位	69.0	2021/5/21	18.5	2018/5/13	5.5	2012/5/28
9位	65.0	2021/5/20	18.5	2011/5/22	5.0	2020/5/18
10位	62.0	2006/5/7	18.0	2019/5/21	5.0	2018/5/13
通年1位	230.5	2018/7/5	78.0	2013/8/25	21.0	2018/9/8
統計期間	2006/3/1		2006/3/1		2009/2/1	

表 2 奥池雨量観測所における 24 時間累積雨量の順位¹⁾

順位	年	累加期間	事項	24時間累積雨量 (mm)
1	2018(平成30)年	～07/05 24:00	梅雨前線豪雨及び台風7号	399.0
2	1967(昭和42)年	～07/09 23:00	台風7号	291.9
3	2023(令和5)年	～05/08 03:00	豪雨	245.0
4	2019(令和元)年	～08/16 06:00	豪雨及び台風10号	237.0
5	1972(昭和47)年	～07/13 06:00	断続した豪雨並びに台風6・7・9号	224.5
6	2021(令和3)年	～05/21 10:00	豪雨	205.0
7	2018(平成30)年	～08/24 19:00	台風19号・台風20号及び豪雨	178.0
8	1988(昭和63)年	～06/03 19:00	豪雨・落雷	177.0
9	1965(昭和40)年	～09/14 21:00	台風23・24号	176.8
10	2021(令和3)年	～08/18 07:00	豪雨及び秋雨前線豪雨	171.0

注1) 国土交通省「川の防災情報」の雨量ランキング(1962年7月～)に今回の豪雨記録をゴシック体で加筆。

奥池では、5月6日の夕方から降り始めた雨は翌7日1時に16mm/hのピークを迎えた後、雨量強度が数mmを継続していたが、夕方から雨脚が強まり、8日0時には39.0mm/hの強雨を観測し、明け方には収まっている。この降水イベントにより7日0時から8日3時までの降水量は268.0mmに達し、最大24時間降水量も8日3時に245.0mmを記録している。奥池から北東に約3.2km離れた宝塚市のゆずり葉台でも奥池と同様な降水パターンを示しており、最大24時間降水量は8日2時に237.0mmを記録し、最大1時間降水量は45.0mmの最大値を観測している。今回の豪雨で浸水被害が発生した天神川の「荒牧トンネル」付近の上流に位置する中筋山手も、奥池やゆずり葉台と同様な降水イベントを観測しており、最大24時間降水量は192.5mmで最大値を観測した奥池の80%弱に止まり、最大1時間降水量も31mm(8日0時10分)であった。被災地の南約400mに位置する天神川小学校では最大24時間降水量も194.0mmと上流の中筋山手とほぼ同様な値を観測し、最大1時間降水量も8日の0時10分に33.5mmを観測している。このように、浸水被害が発生した「荒牧トンネル」周辺では、積算降水量が200mm前後を観測し、堤防が決壊した0時30分頃の直前に最大1時間降水量のピークを迎えていたことが明らかになった。天神川が合流する天王寺川の下流に位置する西野水位観測所では、小雨の7日午前中は水位が3~4mであったが、雨脚が徐々に強まり始めた午後からは水位が上昇し始め、天神川が決壊した8日の0時30分前後には1.1mの最高値を観測しており、雨が降り止むとともに水位が徐々に低下している(図4)。

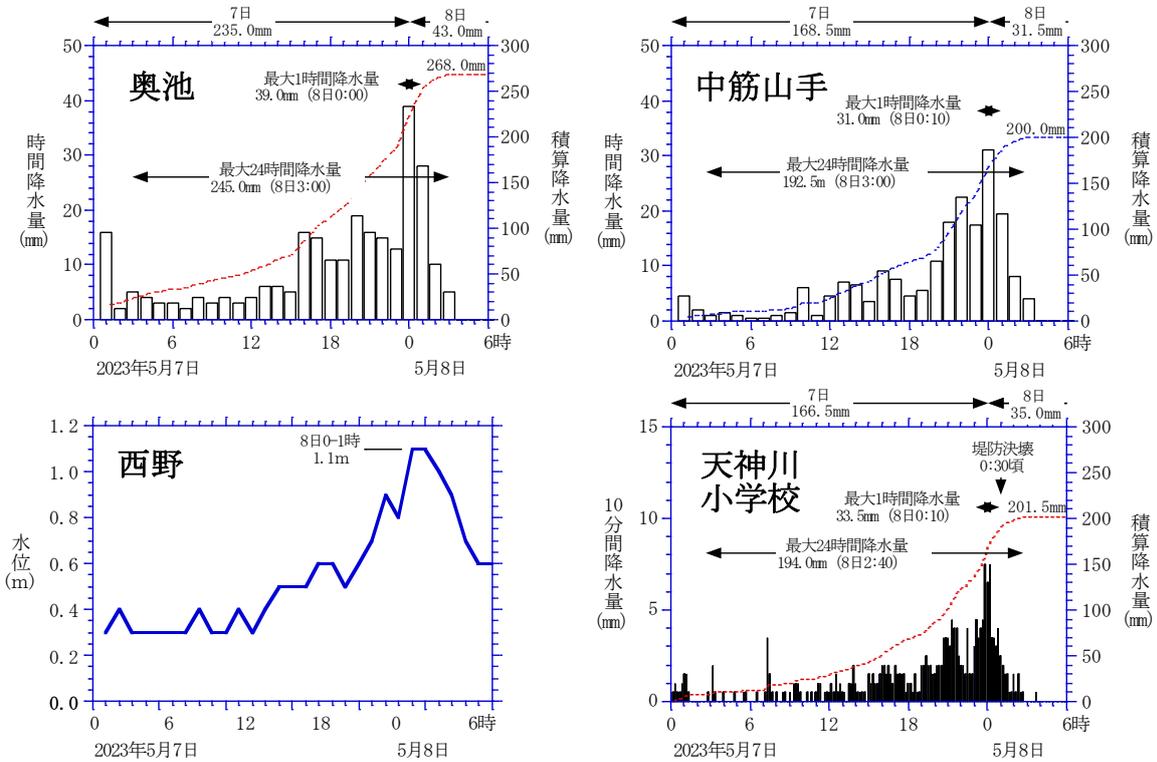


図4 天神小学校，中筋山手，奥池の降水量，西野水位観測所における天神川水位の推移

3. 天神川の堤防決壊と浸水被害の状況

写真1には荒牧トンネル付近の空中写真(被災前)を転載して示した。兵庫県の宝塚土木事務所が管理する二級河川の武庫川水系の天神川は、前掲したように周囲の土地よりも川床が高い「天井川」であり、県では堤防の補強と併せて天神川の下を横切る荒牧トンネルの拡幅工事(トンネル前後の市道は2車線であるが、トンネル内は1車線。トンネルは戦中期に敷設された軍用鉄道線を利用)を2022年3月から開始し、昨年の11月から川幅14mの半分を高さ2mの土嚢で区切り、川幅が半分に狭めて西側だけを仮水路として水を下流に流していた。国土交通省が定めた基準では、過去5年間の降雨データを基に計画の立案が規定されており、1時間に約30mmの大雨を想定して工事中の川幅や土嚢の高さが決められていた(天神川氾濫災害調査委員会・天神川氾濫災害補償委員会, 2023)。



写真1 被災地周辺の空中写真(地理院地図より転載)。
①②は写真3の撮影地点、矢印は撮影方向)

写真2 被災現場の空中写真(毎日新聞社提供) ①②は写真3の撮影地点。矢印は撮影方向、黄色の矢印は筆者らが現地調査と空中写真により推察した土砂流の流出方向。「上」は床上浸水,「下」は床下浸水の被害)



中筋山手の雨量計では、堤防決壊の約20分前の8日午前0時10分までの1時間に31.0mm、天神川小学校でも0時10分に33.5mm/hの降水量を記録し、それ以前にも強い雨が継続していた。このように、前掲した想定を超える雨が降ったことにより、川の水位が急上昇して東岸に設置された土嚢を超え、工事の一環として東側のコンクリート製護岸を剥がした状態の堤防が約30mにわたり決壊した。なお、伊丹市では8日午前、荒牧6丁目などの901世帯2,088人に対して避難指示を発令し、5時までに全地区で解除している。

写真2には毎日新聞社が被災直後の5月8日に撮影した空中写真に筆者らが現地調査と空中写真により推察した土砂流の流出方向を示した。上流から撮影した写真3①では、約14mの河道の左岸側に土嚢を積んで仮締め切りし、堤防を一部掘削してコンクリート製護岸を撤去して施工されている。本施工は「半川締切方式」と呼ばれ、右岸の部分は完成しているが、中央には黒い土嚢(高さ1.6m・計画2.0m)が積み、河道が狭められて右側の幅2.5m(計画4m)の仮水路に水を流している。集中豪雨により水位のせき上げが生じて左岸の堤防が長さ30mにわたり崩壊した。

洪水流は荒牧トンネルを通る市道に流れ下り、洗堀された堤防の土砂は数台の自動車を巻き込み、市道を埋め尽くしており、周辺の住宅にも流入している(写真3②)。筆者らの現地調査では堤防に隣接する2棟の住宅では床上浸水、さらに土砂流の流入側に面した住宅を中心に14棟で床下浸水の被害が発生しており、計16棟の住宅に土砂流による浸水被害が発生している。道路に流出した土砂(1,370m³)は東西が約140m、南北が約110mの範囲に達し、土砂が流入した街区の面積は約1.5ha(公表では3.3ha)に及んだ。謝辞：毎日新聞社の空中写真、宝塚土木事務所の資料を利用させて頂いた。ここに厚く感謝の意を表します。

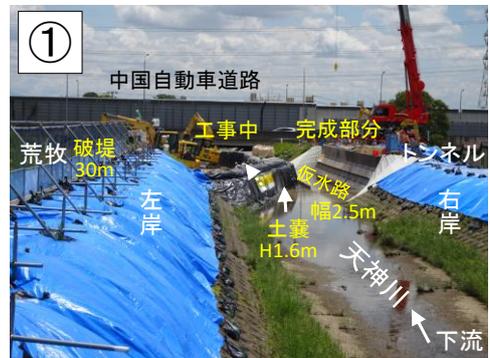


写真3 被災現場の状況(5月15日撮影) ①②の撮影地点は写真1・2に記載。黄色の矢印は土砂流の流出方向)

令和5年梅雨前線における 厚狭川流域の被災状況について

滝山路人，大中臨，福丸大智，江口翔紀，宮園誠二，赤松良久
山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

2023年6月30日から7月1日にかけて、梅雨前線の南下に伴い山口県で線状降水帯が発生し、山口県西部、北部では、記録的短時間大雨情報を発表するなど、局所的に激しい雨となった¹⁾。この大雨により、山口県においては死者1名、床上浸水187棟、床下浸水181棟の被害のほか道路の冠水等78箇所、河川の溢水等7箇所といった人的・物的被害が生じた。山口県美祢市を流れる厚狭川では2010年にも梅雨前線停滞による集中豪雨に見舞われ、多数の家屋の浸水や交通網の寸断、水道施設被害による大規模な断水等の被害が報告されている²⁾。2023年においては、JR美祢線の一部である南大嶺駅と四郎ヶ原駅の間で川をまたぐ橋と線路の崩落や線路の盛土が流出といった被害が生じた。そこで、本稿では厚狭川流域中流部を対象に2023年6月の梅雨前線による被災状況について報告する。

2. 厚狭川流域の特徴と災害状況

2.1 対象河川及び降雨状況

対象河川である厚狭川は、美祢市於福・大ヶ峠を源流として瀬戸内海に流れ込む流域面積251.8km²、流路延長約43.9kmの山口県が管理する二級河川である(図-1)。また、本川に沿ってJR西日本・美祢線が敷設されている。また、流域内には5箇所の雨量観測局及び4箇所の水位観測局が存在する。図-2に6月29日～7月3日における厚狭川流域内の観測局における河川水位と水位観測所近傍の雨量を

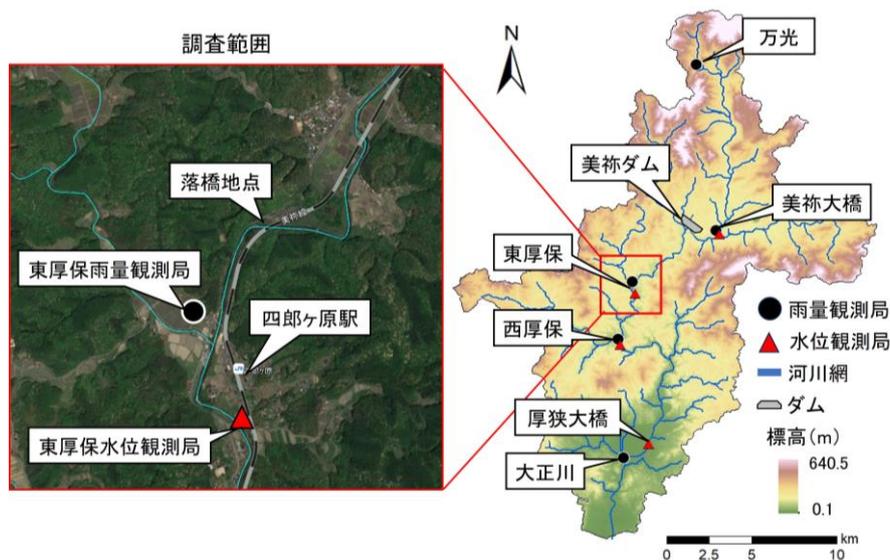


図-1 厚狭川流域図

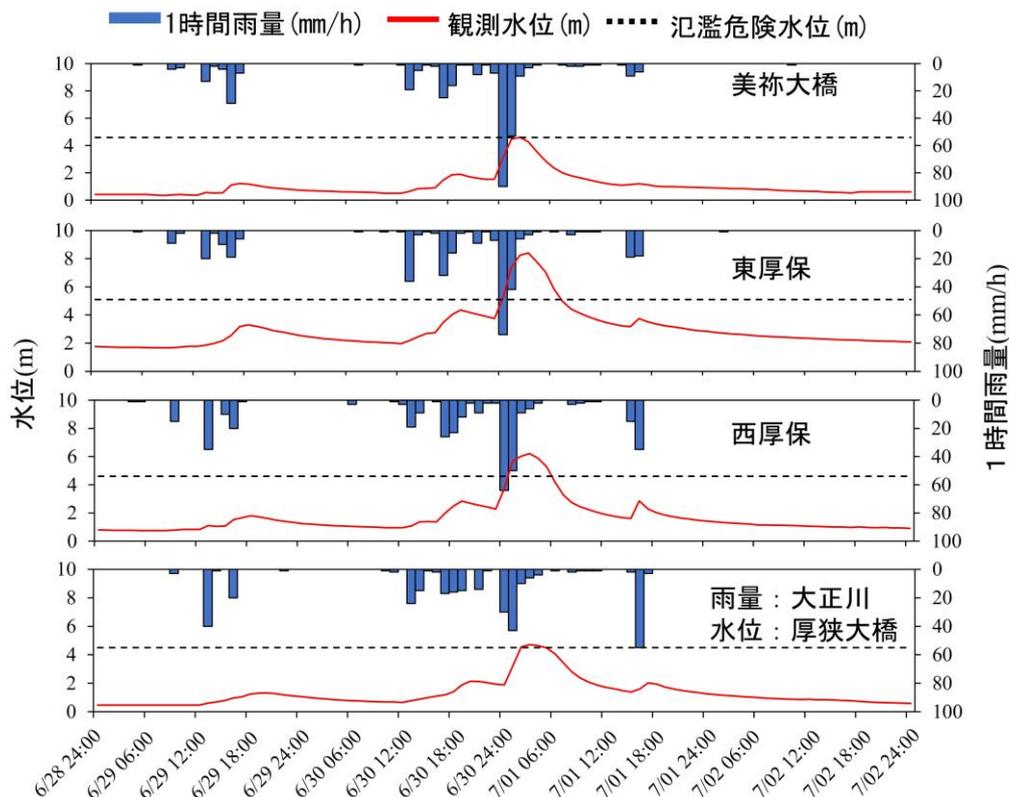


図-2 災害時における雨量および水位

示す。西厚保観測局より上流に位置する雨量観測局では6月30日24時の雨量が最大であり、美祢大橋雨量観測局では流域内の最大雨量である、90mm/h以上の猛烈な雨を観測している。また、流域内すべての水位観測局において氾濫危険水位以上の水位を観測した。特に、東厚保観測局では氾濫危険水位5.1mに対し、最高水位8.4mを観測した。

3. 現地調査

3.1 現地調査方法

現地調査は災害直後の2023年7月2日および4日と、災害が発生して約6か月後の2024年1月5日に厚狭川中流域の東厚保観測局周辺の落橋が確認された地点及びその最寄り駅である四郎ヶ原駅周辺で実施した。災害直後の調査では、痕跡水位の測定、踏査による被災状況の確認およびUAVによる空撮を行った。災害発生から約6か月後に実施した調査では被災・復旧状況の確認に加え、UAVによる空撮を行った。痕跡水深は、計51地点の建物の壁や植物に付着した泥の痕跡から痕跡水深を測定し、GNSS測量システム(Trimble社製Trimble R4-3s)を用いて当該地点の緯度・経度及び標高を測定した。UAVにはDJI社製Mavic 3Eを用いた。空撮は高度100mからサイドラップ率及びオーバーラップ率が80%となるように行った。また、GNSSを用いて、不動点とみなせる陸上の構造物の角などに対空標識を設置し、各不動点の緯度・経度及び標高を測量し、それらの値をGCP(Ground Control Point)として利用した。このようにすることで、より高精度な座標情報の取得を試みた。

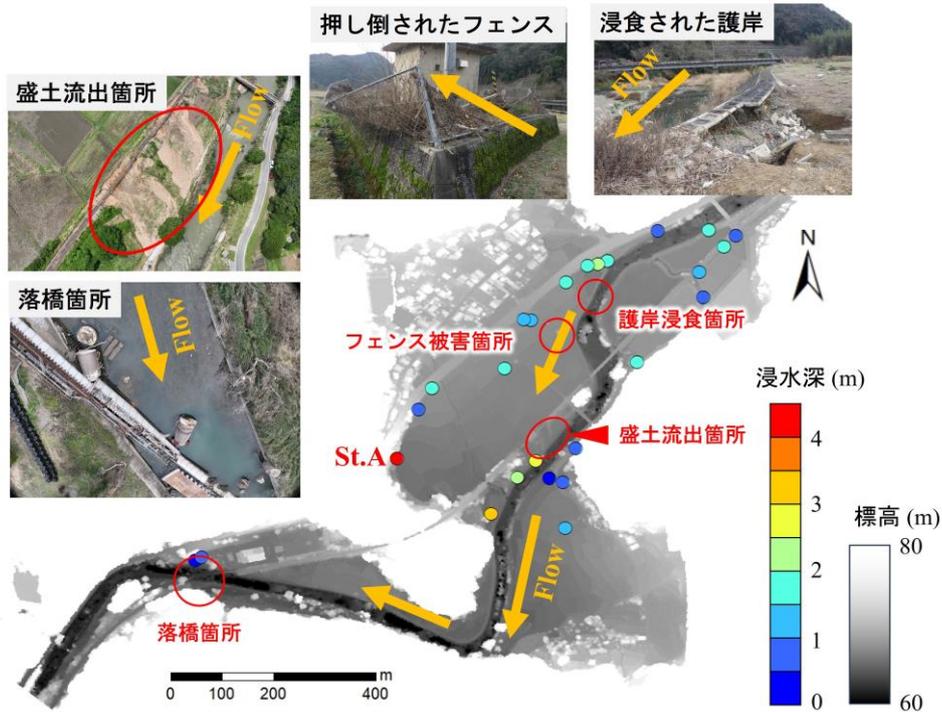


図-3 落橋地点周辺における浸水深及び被災状況

3.2 現地調査結果

(1) 落橋地点周辺

図-3 に落橋地点周辺の各調査地点における痕跡浸水深及び被災状況を示す。図中に示すように、この調査区間では盛土の流出と厚狭川を横断する橋と線路の崩落が確認された。当該調査地点で得られた26点の痕跡水深より、当該区域では、平均1.51mの浸水が発生していたことが明らかとなった。特に図中 St.A で示す、盛土流出地点より右岸側に位置する水田地帯の標高が低くなっている窪地において4.07mと最も深い浸水深が確認された。盛土が流出した箇所の上流では、蛇行部で護岸が侵食されている様子が確認された。また、水田内のフェンスが護岸の侵食が生じている方向から盛土流出部に向けて押し倒されていたことから、護岸侵食部分から氾濫し、盛土流出部分の方向への流れが生じたと考えられる。落橋箇所について、7月2日に実施した踏査では、橋梁に流木が挟まっていることが確認された。また、図中に示すように、UAV から撮影された画像では、右岸側の橋脚周辺の河床の洗堀は確認されたが、橋脚下部の流出は確認されなかった。そのため、当該地区の落橋は、橋梁付近の洗堀によるものではなく、橋梁が流木等で押し流され、橋脚がせん断したことで発生したと考えられる。

(2) 四郎ヶ原駅周辺

図-4 に四郎ヶ原駅周辺の各調査地点における痕跡浸水深及び被災状況を示す。四郎ヶ原駅周辺は、25地点の痕跡水深計測地点の内、最大1.75m、平均0.97mの浸水深が確認された。四郎ヶ原駅周辺で浸水深が深かった地点は駅直下の橋梁付近であった。この橋梁には調査実施日の7月4日にかなりの数の流木が挟まっており、流木等により橋梁付近の流れが妨げられたことで水位上昇に伴う氾濫により、深い浸水深を観測したと考えられる。調査範囲における水田では、支川の平原川の氾濫によると思われる流水痕が確認された。一方で、平原川と本川の合流部周辺では本川側から水田に向かいフェン

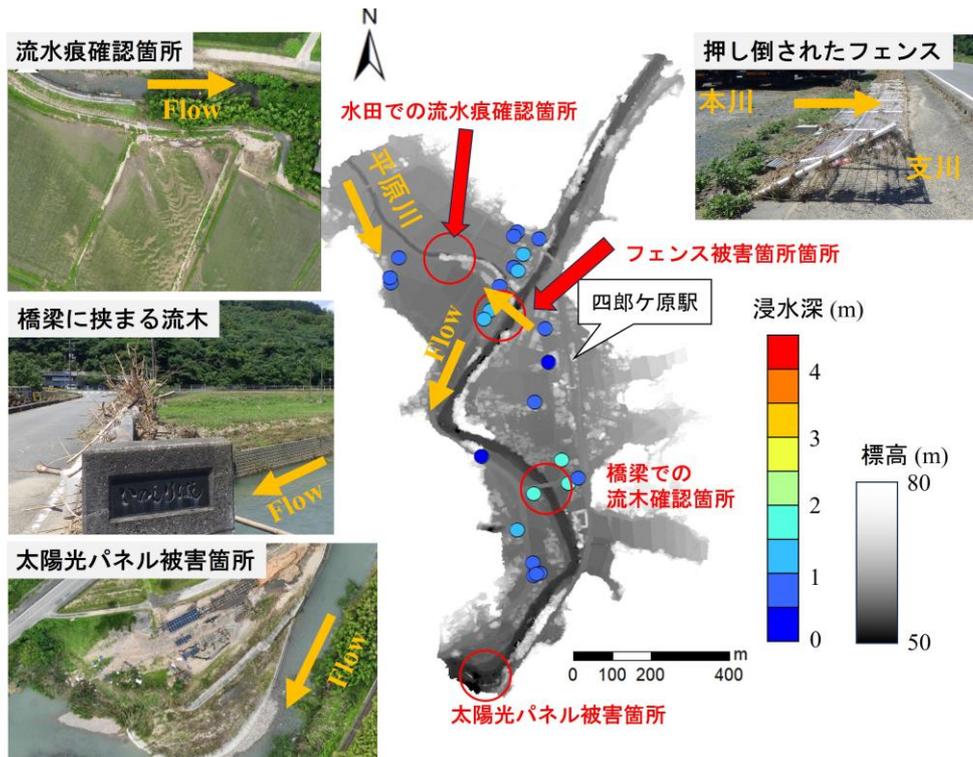


図-4 四郎ヶ原駅周辺における浸水深及び被災状況

スが押し倒されている箇所があった。合流部の最近傍の水位観測局である東厚保観測局で氾濫危険水位を大幅に超過する水位が観測されており、支川の合流部周辺において背水が生じていたことが考えられる。さらに、調査区間の最下流部の蛇行部においては太陽光パネル設置部分に土砂が堆積する被害が確認された。一般的に蛇行部の内側は土砂が堆積しやすいことが知られており、土砂堆積地点より上流で洗堀された河床や落橋地点付近で流出した盛土が蛇行部に堆積したものであると考えられる。

4. まとめ

本稿では厚狭川流域を対象とし、2023年6月に発生した梅雨前線に伴う氾濫被害について報告した。厚狭川流域内のすべての水位観測局において氾濫危険水位を上回る水位が観測された。また、現地調査の結果、調査区間においては最大4.07mの浸水が発生しており、広範囲での浸水被害が生じたと考えられた。さらに、蛇行部や合流部付近での流れの変化により、堤外地から堤内地へ向かう方向に盛土流出などの被害が生じたことが考えられた。本川においては橋梁の崩落、土砂堆積等の被害も確認され、厚狭川中流域で氾濫により大規模な被害が生じていたことが明らかとなった。

今後は、上記の実態解明のために雨量データや現地調査で計測した地形データを基に氾濫解析を実施し、対象区間においてどのような氾濫が生じていたか詳細に検討する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 災害時気象資料—令和5年6月29日から7月1日にかけての山口県の大雨について—
https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20230704_shimonoseki.pdf
- 2) 山口県 HP：災害記録(平成22年7月15日大雨災害)
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/20309.pdf>

水害被災地 SAR 観測データの複素ニューラルネットワークによる地物検出についての検討

白水 元¹⁾・梅澤 優平²⁾・朝位 孝二³⁾

¹⁾ 東海大学建築都市学部土木工学科, ²⁾ 東海大学工学部土木工学科, ³⁾ 山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

近年、気候変動の影響下で巨大台風や梅雨・秋雨の時期の線状降水帯の発生により、日本各地で大規模な水害が発生している。「令和2年7月豪雨」では、西日本から東日本、東北地方の広範囲で大雨となり、浸水、土砂災害が発生、死者84名、行方不明者2名、住家浸水6971棟の未曾有の被害をもたらした¹⁾。熊本県内の犠牲者65名のうち50名が球磨川流域の氾濫による犠牲者と推測され、そのうち人吉市内の犠牲者は20名にのぼった¹⁾。これまで、一連の災害対応において重要な広域の被災状況把握には、防災ヘリによる観測が用いられたが、荒天時や夜間は観測ができないという課題があった。一方で、合成開口レーダー（SAR）衛星によるリモートセンシングの災害観測への応用が研究されており^{2), 3)}、夜間・荒天時の広域にわたる浸水域の検出に一定の成果を挙げている。より実用的な利用のために、属人性の排除や省力化、および高精度化が望まれる。そこで、本研究では、衛星 SAR 観測データの自動浸水域検出技術開発の前段階として、水域と非水域の判別を複素ニューラルネットワークによって行う地物検出プロセスの適用性を検討した。

表-1 使用した PALSAR-2 SLC プロダクトの観測条件

シーン センタ時刻	シーン ID	進行方向	観測方向	オフナディア角	偏波
UTC 2020/7/4 15:04:40.323	ALOS2330240640- 200704	アセンディング	右側	18°	HH

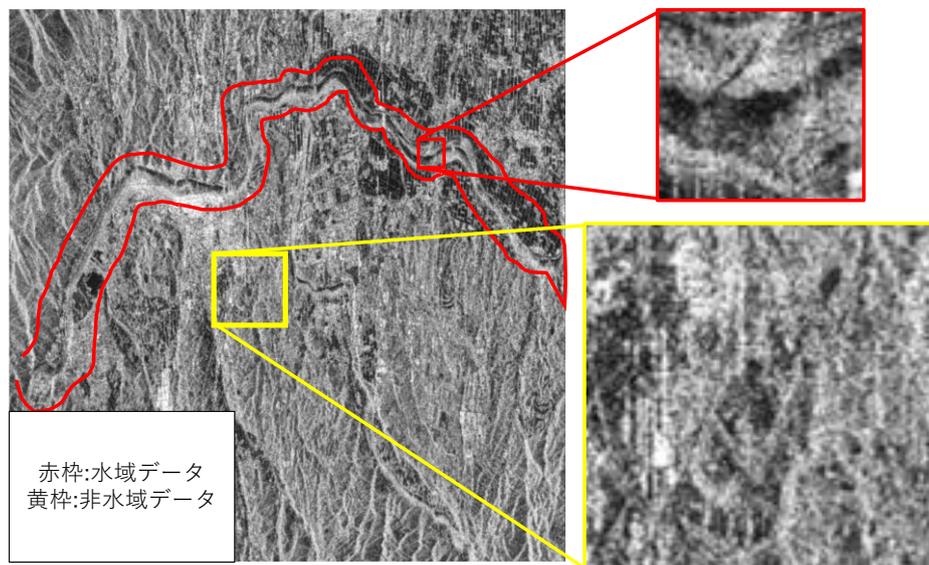


図-1 SLC 画像プロダクトと学習データおよびテストデータ範囲の指定

2. SAR 観測データによる複素ニューラルネットワーク

本研究では令和2年7月豪雨での球磨川の氾濫による人吉市の被災を対象に、2020年7月4日、15:04に撮影された陸域観測衛星ALOS-2(だいち2号)のPALSAR-2 SLCプロダクト(処理レベル1.1)を使用する。観測条件を表-1に示す。PALSAR-2は、観測対象の地表にマイクロ波を照射し、地表面におけるマイクロ波の後方散乱強度と位相を計測する。また、能動的にマイクロ波を照射するため、太陽光等の他の光源に依存せず夜間の観測も可能となる。加えて、PALSAR-2に搭載されるLバンド帯は長波長で透過性が高く、雲や雨を透過するため、悪天候時でも観測が可能である³⁾。

SAR衛星のSLCプロダクトは振幅と位相の情報をもつ複素データである。そのため、波動等の周期的な運動の推定力が増すことが利点である複素ニューラルネットワーク(CxNN:Complex-valued Neural Network)を用いて、単に振幅のみの情報を用いるより、物体の検出精度を向上させる可能性があり、これまでSLCプロダクトの河川に架かる橋を分類する例⁴⁾などが示されている。本研究では、Conda仮想マシン内にGoogle社のKeras/Tensorflow環境で複素ニューラルネットワークを構成し、水域と非水域の検出への適用を試みた。

まず、「水域」クラス(クラス0)と「非水域」クラス(クラス1)併せて240枚の教師データを揃え、学習データに被らない水域と非水域のテストデータをそれぞれ4枚ずつ用意した。水域のクラスについては、画像化したSLCプロダクトを参照して水域の中心座標を26地点選び、周辺40×40ピクセルの矩形領域を教師データおよびテストデータとして生成した。一方で、非水域のクラスは、非水域の領域を指定し、その範囲からノイズデータとしてランダムに選出した点の周辺40×40ピクセルの矩形領域および、それらのアフィン変換後のデータによる水増しにより教師データおよびテストデータを生成した。次に、複素ニューラルネットワークは4層構造で、1層目はノード数409856個、2層目と3層目は33024個、4層目は258個のモデルを用意した。この複素ニューラルネット



図-2 入力画像(クラス0)



図-3 入力画像(クラス1)



図-4 入力画像(クラス1)

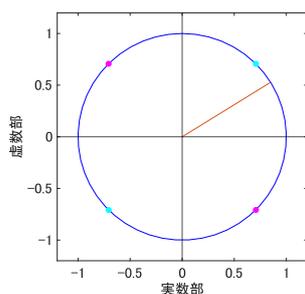


図-5 クラス0の正解判定例

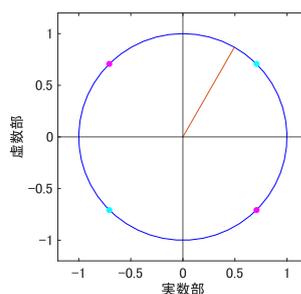


図-6 誤判定例(水田)

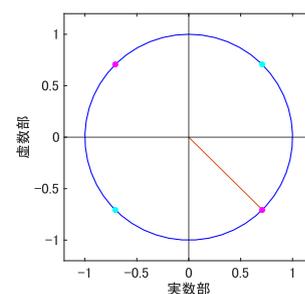


図-7 クラス1の正解判定例

ワークは、振幅由来の実数部と位相由来の虚数部の複素平面上で表すならば、出力された実数虚数の組み合わせをプロットしたとき単位円の周上のどの象限に位置するかでクラス分類を行うことができる。教師データを用いて 1000 回のネットワーク最適化学習を行い、最後にテストデータを判定した。入力データの例を図-2, 3, 4 に示し、判定結果を図-5, 6, 7 の単位円上に示す。その際、単位円に描かれた直線が第 1 象限と第 3 象限にある場合、クラス 0、第 2 象限と第 4 象限にある場合クラス 1 と判定されたことを意味する。

3. 検出結果のレビューと考察

クラス 0(水域)の推論結果を単位円上に示した図を図-5、クラス 1(非水域)の推論結果を単位円上に示した図を図-7 に示す。また、入力画像は SLC を画像化し、クラス 0 を図-2、クラス 1 を図-3 とした。まず、図-5 よりクラス 0 の推論結果は第 1 象限に位置し、入力画像を水域として検出している。図-5 より象限の真ん中に位置し、高い確率で水域は検出されることが考えられる。一方で、図-6 よりクラス 1 の推論結果は第 1 象限に位置し入力画像を水域として検出している。図-6 から非水域を水域と誤検出しているのは、非水域の領域を切り取る際に水田がある領域を使用しており、水田に水が張られている時期であったことが一因であり、水田部分の振幅・位相のパターンが水域と非常に近いものであったことが考えられる。前述の結果より、複素ニューラルネットワークで地物を検出する場合においても、水田の水は河川や池と同様に水域として検出されてしまいやすいため、災害による新たな浸水箇所を検出したい場合は、同時期の災害前観測プロダクトとの照合を行うようにする必要がある。

4. おわりに

本研究では、SAR 観測データを用いた自動浸水域検出技術開発の前段階として、振幅と位相の情報を持つ PALSAR-2SLC プロダクトを利用して、水域と非水域の判別を行う複素ニューラルネットワークを構成した。このネットワークは水域の特徴的な振幅・位相のパターンを学習し、テストでは妥当な判定を行えた。しかし、この複素ニューラルネットワークでは、水田を含む領域はそこに存在する水の影響からか、水域として検出されてしまうことがあったが、被災前の同じ観測条件の観測データを利用すれば、被災していない水田やプール、池等の地物を検出した結果と対照させることで正味の浸水範囲などが特定できる可能性がある。今後は、このネットワークを用いて SLC プロダクト内のスライドスキャンを行い水域・非水域のセグメンテーションの処理を行えるように処理の実装を進める。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局八代河川国道事務所."球磨川水害伝承記".国土交通省ホームページ. 12/12/2023, <https://kumariverr0207archive.jp/overview/detail/chapter2-1.html>,(参照 2024/1/20)
- 2) 白水 元, 金城 海輝, 山本 晴彦, 朝位 孝二, 合成開口レーダーを用いた浸水域および浸水深の推定法に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, I_1471-I_1476, 2019.
- 3) 朝位 孝二, 白水 元, SAR 画像を用いた千曲川氾濫抽出と浸水深推定, 自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, Vol. 57, p46-52, 2020.
- 4) 宙畑編集部."成功!!複素ニューラルネットワーク(CxNN)を実装して衛星データから物体検出をしてみる". 宙畑 SORABATAKE.2023/11/1. <https://sorabatake.jp/18837/>,(参照 2024/1/22)

謝辞：衛星観測データは JAXA 西日本衛星防災利用研究センターから提供して頂いた。ここに記し感謝を表す。

直線開水路の横越流における流出角度に関する 実験的研究

三戸裕矢¹・朝位孝二¹・渡辺勝利²

¹ 山口大学大学院創成科学研究科, ² 徳山工業高等専門学校土木建築工学科

1. はじめに

都市河川での洪水対策のひとつとして、横越流堰を利用して河川の通水能力を超過した氾濫流を調節池や遊水池に貯留する手法が用いられている。これらは一般的に、河川の直線部に設置される。直線水路における横越流については、De Marchi¹⁾が横越流堰を越流する流量の公式を水理学的知見から求めて以降、多くの研究がなされている^{2),3),4),5),6),7)}。横越流流れは河川堤防の破堤ともみなすことができるため、これらの直線水路の横越流の知見を適用することができる。しかし、実際に河川堤防が破堤するのは蛇行部の水衝部である場合が多い。このような箇所では遠心力の作用を考慮しなければならないため、直線水路での知見だけでは対応できない。遠心力の効果を考慮した横越流の水理特性を把握する必要がある。また、水路の湾曲によって遠心力と重力が同時に作用する状況下での横越流特性を明らかにすることは、純粋な水理学的観点からも意義のあることと考えられる。



写真-1 平成 25 年山口・島根豪雨時の田万川 (萩市)⁸⁾

実際の破堤現場では、写真-1 に示すように氾濫流が慣性力の働きによって、流下方向に角度 θ を持って流出した痕跡が確認できる。このようなことから、横越流の流出角度の特性を検討することは、防災上意義があると考えられる。しかし、既往の研究では Hager⁹⁾が流量公式の要素として取り入れてはいるものの、流出角度自体に着目し、実験的に検討された例は認められない。

著者らは以上を踏まえて、流出角度を横越流特性の一つに位置付け、破堤の幾何学的条件（実験では横越流堰の形状）、水理的条件と流出角度の関係、直線水路と湾曲水路の水路特性の差異を明らかにすることを最終目標としている。本研究では最終目標への第一歩として、直線開水路における横越流の流出角度の特性を実験的に検討した。

2. 実験装置と実験条件

実験は図-1 に示す直線水路で行った。直線水路は、貯水槽・水路部で構成されており、水路部は総アクリル製の開水路である。水路部の水路勾配は、今後、湾曲水路を設置する際に流下方向に勾配を設けることが製作上困難であることから、水平 ($I=0$) に設置した。水路の長さは 2.40m、水路幅 B は 0.200m であり、横越流堰は上流から 1.10m の位置に固定されている。図-2 に横越流堰の形状を示す。

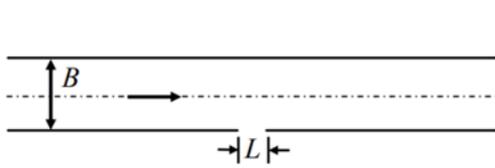


図-1 直線水路外觀図

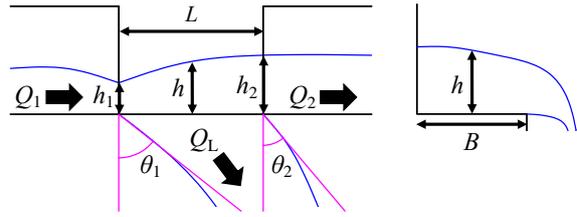


図-2 横越流堰形状

表-1 実験条件

横越流堰幅 L (m)	流入流量 $Q_1 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{s})$	フルード数 Fr_1
0.200	1.51, 1.88, 2.17	0.65, 0.70, 0.80
	2.74, 3.08, 3.48	0.90, 0.95, Max

破堤を念頭に置いているが，ここでは横越流堰として考える．流入流量を Q_1 ，横越流流量を Q_L ，流出流量を Q_2 ，横越流堰幅を L とする．また，水路中央水深のうち横越流堰中央部の水深を h ，横越流堰上流端の水深を h_1 ，横越流堰下流端の水深を h_2 とする．

実験条件を表-1 に示す．フルード数 Fr_1 は，流入流量 Q_1 と横越流堰上流端の水路中央水深 h_1 で定義されている． $Fr_1 = Max$ は用いた水路の特性上，各流量で設定することができる最大のフルード数 ($Fr_1 = 1.02 \sim 1.06$) である．

本研究では，水路下流端の堰によって水深を変化させることでフルード数 Fr_1 を調整し，図-2 に示す横越流堰上流端の流出角度 θ_1 と横越流堰下流端の流出角度 θ_2 を計測した．また，横越流部で横越流流量 Q_L ，水路下流部で流出流量 Q_2 を測定した．実験は全て完全越流の条件で行っている．

3. 実験結果

まず，実験に用いた直線水路の精度を検証するために，実測横越流流量と既存の横越流流量算定式より求めた計算横越流流量の比較を行った．横越流流量算定式には，本間の正面越流公式が横越流に適用できるように改良された修正本間式を用いた．本研究の実験水路は水路勾配が水平 ($I=0$) に設置されていることから，水路床勾配 $I < 1/33600$ の場合に適用される公式を式(1)に示す．

$$Q_{CAL} = 0.35 \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot h^{3/2} \quad (1)$$

修正本間式を用いて横越流流量を計算した結果を，図-3 に示す．横軸に実測横越流流量 Q_L ，縦軸に式(1)によって計算された横越流流量 Q_{CAL} を示す．図より，比較的良好な結果が得られているが，流量が増加するとやや過大評価となる傾向がみられる．この傾向は秋山ら¹⁰⁾の結果と同様であり，本研究の実験条件下では最大で 15% の過大評価となった．

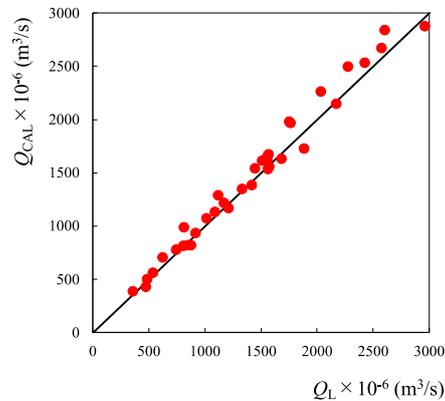


図-3 実測横越流流量と式(1)による計算横越流流量の比較

図-4 に流入流量 Q_1 をパラメータとした，フルード数 Fr_1 と横越流堰上流端の流出角度 θ_1 の関係を示す．図からフルード数が大きくなるにつれて流出角度 θ_1 も大きくなる傾向がみられる．また，基本的に流入流量が増加するにつれて流出角度 θ_1 がやや大きくなる傾向もみられるが，その差はわずかであることから，流入流量の増減が流出角度 θ_1 の変化に与える影響は小さいと考えられる．なお，どの流入流量においても最大のフルード数 ($Fr_1 = 1.02 \sim 1.06$) と最小のフルード数 ($Fr_1 = 0.65$) の差は 4°

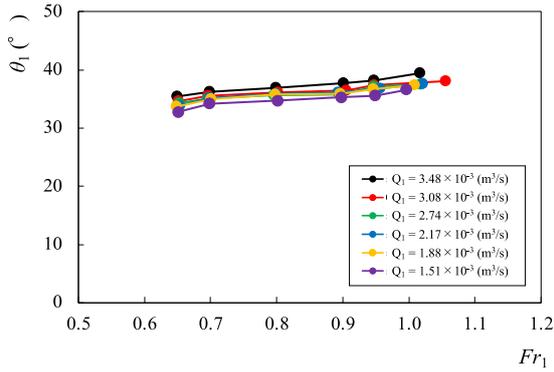


図-4 フルード数と流出角度 θ_1 の関係

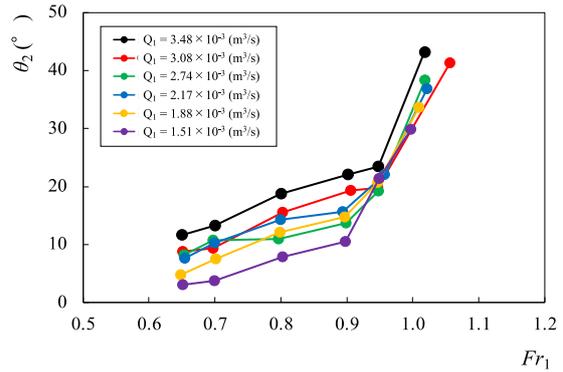


図-5 フルード数と流出角度 θ_2 の関係

程度であった。

図-5 に流入流量 Q_1 をパラメータとした、フルード数 Fr_1 と横越流堰下流端の流出角度 θ_2 の関係を示す。流出角度 θ_2 でもフルード数と流入流量が増加するにつれて大きくなる傾向がみられるが、図-4 に示す横越流堰上流端の流出角度 θ_1 に比べて顕著に変化していることが確認できる。このことから、横越流堰下流端の流出角度である θ_2 の方が、流下方向に働く慣性力の影響が大きいと推察される。フルード数 $Fr_1 < 0.95$ の流れが常流の条件では、流入流量ごとで流出角度 θ_2 の差が大きくなっていることから、フルード数だけでなく流入流量の増減も流出角度 θ_2 の変化に影響を及ぼしていると考えられる。一方、フルード数 $Fr_1 > 0.95$ の流れが射流あるいは射流に近い条件では、流入流量ごとでの流出角度 θ_2 の差は小さく、流出角度 θ_2 の変化は流入流量よりもフルード数 Fr_1 に依存していると推察される。また、流出角度の増加量は $Fr_1 < 0.95$ の場合よりも大きくなっている。これは、フルード数の増加とともに流下方向の流速が大きくなり、流下方向に働く慣性力が増大することによって、横越流堰へと向かう水路横断方向の運動量の働きが非常に小さくなっているためであると考えられる。

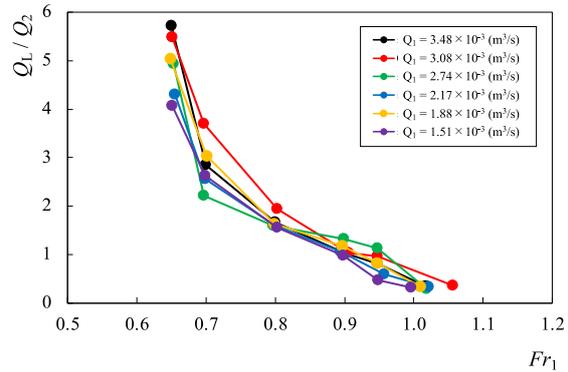


図-6 フルード数と流量比の関係

図-6 にフルード数 Fr_1 と横越流流量 Q_1 と流出流量 Q_2 の比 Q_1/Q_2 (ここでは流量比と称す) の関係を示す。図からフルード数が大きくなるにつれて流量比は小さくなる傾向がみられ、横越流流量が減少していることがわかる。特にフルード数 $Fr_1 = 0.65 \sim 0.70$ にかけては、各流入流量で 45~70%程度の急激な流量比の減少が確認できる。これは、フルード数の減少による流下方向の流速の低下に伴い、流下方向に働く慣性力の作用が小さくなることによって、水路横断方向の運動量が支配的になるためであると考えられる。また、 $Fr_1 = Max$ では各流入流量で $Q_1/Q_2 = 0.2 \sim 0.3$ と横越流流量の割合が低く、流下方向の運動量が大きいことがわかる。

図-7、図-8 に流量比 Q_1/Q_2 と流出角度 θ_1, θ_2 の関係をそれぞれ示す。図中の描点は、流出角度の計測結果をフルード数 Fr_1 の大きさごとに色分けして示している。流出角度 θ_1 は横軸方向に直線的に分布している。一方、流出角度 θ_2 はフルード数 $Fr_1 = 0.95$ 以下では、流量比が大きくなるにつれて流出角度が小さくなる傾向がみられる。このことから、横越流流量の増減は横越流堰上流端の流出角度 θ_1 の変化にはそれほど関連性がないことが推察される。

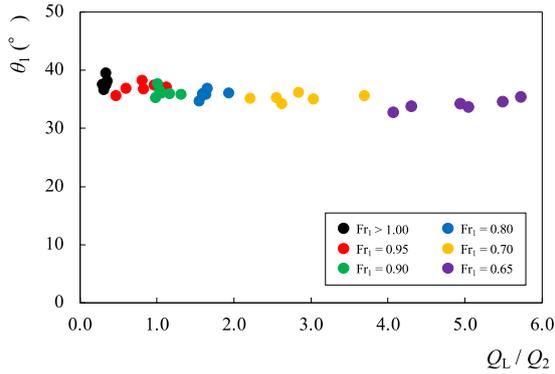


図-7 流量比と流出角度 θ_1 の関係

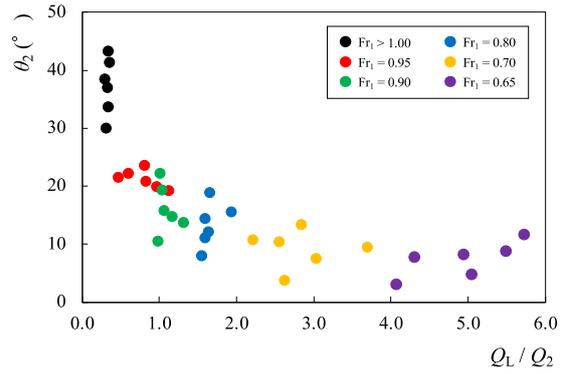


図-8 流量比と流出角度 θ_2 の関係

4. おわりに

本研究では、直線開水路における横越流の流出角度の特性をフルード数と流入流量を変化させて実験的に検討した。その結果、フルード数の増減と流出角度には関連があることが確認された。また、流下方向に働く慣性力が流出角度に及ぼす影響は、横越流堰上流端よりも堰下流端の方が大きいことがわかった。

今後は直線水路で横越流堰付近の水深や流速の計測を行い、より詳細な流出角度の特性の解明を目指す。その後、湾曲水路で同様の実験を行い、直線水路との水路特性の差異の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) De Marchi, G, Eassy on the performance of lateral weirs, L' Energia Elettrica, Milan, Italy, 1934, Vol.11, pp.849-860.
- 2) 中川博次, 宇民正：横越流分水工の機能設計に関する研究, 京大防災研究所年報, 1966, 第9号, pp.539-550.
- 3) Ranga Raju, K.G., Prasad, B. and Gupta, S.K., Side weir in rectangular channel, J. Hydraulics Division, ASCE, 1979, Vol.105, pp.547-554.
- 4) 室田明, 福原輝幸, 鋤田義浩：横越流堰の越流量の評価に関する研究, 土木学会論文集, 1985, 第363号/II-4, pp.249-252.
- 5) Hager, W.H. Lateral outflow over side weirs, J. Hydraulic Engineering, ASCE, 1987, Vol.9, pp.491-504.
- 6) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 常松智博, 俣賀円：接近流が常流の場合の有限な相対堰高を有する横越流堰の流量係数, 土木学会論文集, 2005, No.803/II-73, pp.81-89.
- 7) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 俣賀円, 井田千尋：接近流が射流の場合の横越流堰の流量係数, 土木学会論文集 B, 2007, Vol.63 No.2, pp.134-143.
- 8) 防災・災害情報：国土交通省 中国地方整備局, <https://www.cgr.mlit.go.jp/bousai/saigai/>.
- 9) 朝位孝二, 河元信幸：曲率半径を考慮した湾曲水路の横越流公式の検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), 2016, Vol.72, pp.I_577-I_582.
- 10) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 大庭康平, 山尾匡人, 門田竜祐：直線・蛇行河道における破堤氾濫流の特性とその予測, 土木学会論文集 B1 (水工学), 2012, Vol.68, pp.I_1027-I_1032.

東広島市黒瀬町の流紋岩地帯の地質特性と 土石流発生履歴

松木宏彰¹⁾・鈴木素之²⁾・楳原京子³⁾・川島尚宗⁴⁾

¹⁾復建調査設計(株), ²⁾山口大学大学院創成科学研究科,

³⁾山口大学教育学部, ⁴⁾広島大学総合博物館

1. はじめに

2018年7月に発生した西日本豪雨災害では、土石流や斜面崩壊により、多大な被害を生じた。このような土石流は、過去にも繰り返し起こったことが判明しており、広島市周辺の花崗岩地帯の土石流発生間隔は、150年～400年であることが明らかとなっている^{1), 2)}。また、東広島市黒瀬町周辺の流紋岩地帯の土石流発生間隔についても、同様の調査を行い、90～480年間隔であることが判明している^{3) 4)}。花崗岩は、風化すると、まさ土となりやすいが、流紋岩は風化が進むと赤色～黄褐色化して粘土質となりやすい特性があり、土砂災害の発生には、地質特性の違いが考えられている⁵⁾。

本報告では、流紋岩が分布する東広島市黒瀬町広島国際大学南方斜面およびその西側の地区を調査対象として、堆積物の粒度特性について分析を行い、地質条件の違いによる土砂災害への影響について検討した。

2. 調査方法

調査地域は、基盤岩として中生代の流紋岩類が分布する、前平山（標高 500.9m）の北向き斜面である。図-1 に国土地理院の地形図を示す。調査箇所は、2018年7月に土石流の発生した広島国際大学南方斜面の溪流の支流部の5溪流を対象とした。

調査は土石流発生溪流および周辺部の地形地質を確認して、土石流堆積物の状況を観察・記載し、細粒な堆積物が卓越する箇所を重点的に観察した。また、流紋岩地帯の溪流周辺の堆積物の特性を把握するため、採取した堆積物の土質試験を行い、その粒度特性の特徴について検討を行った。

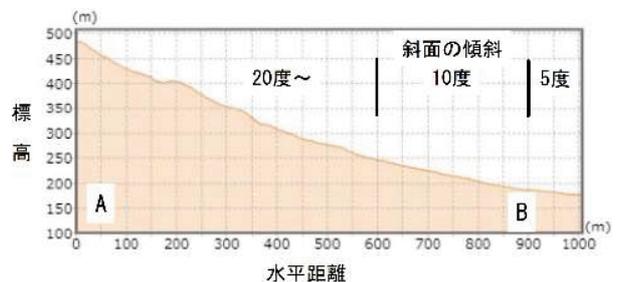


図-1 調査地区の地形図と地形断面図

3. 堆積土砂の粒度特性の違いと土石災害の特性

被災後の現地の写真を写真-1に示す。斜面崩壊は、前平山の北側斜面の複数の谷で発生し、幅50m程度でシート状の土石流が南側から北側に向けて流下し、山麓部の県道と広島国際大学の敷地の一部にも流下した。



写真-1 広島国際大学南方の斜面上方から下方を見た状況、

花崗岩分布域と流紋岩分布域の地質条件の違いによる土石災害の特性の違いについて調査するため、現地で採取した堆積物の試料の土質試験を実施した。花崗岩の試料は、2014年8月に土石流災害の発生した広島市安佐南区緑井地区の溪流の末端部付近の地表面下で採取したものである。流紋岩地帯の試料は、2018年7月に土石流災害の発生した、黒瀬町の国際大学南方斜面の溪崖部で採取した。それらの粒径加積曲線を図-2に示す。

ここでは、流紋岩と花崗岩の分布域における堆積物の粒度構成に、明瞭な違いが認められる。No.1とNo.2の試料は、流紋岩が風化した土砂を起源とする堆積物で、粘土・シルト分が58~60%、砂分が37~40%、礫分が2~3%であり、粘土・シルト分が半分以上を占める。これは、流紋岩は、斑状組織の発達した岩石で、石基の部分が細く、風化すると粘土分を帯びやすいためである。

これに対して、No.3とNo.4の試料は、花崗岩が風化した土砂を起源とする堆積物で、粘土・シルト分が4~5%、砂分が71~84%、礫分が10~25%であり、砂分が大部分を占める。これは、花崗岩が石英・長石・雲母などからなり等粒状組織の岩石であり、風化すると砂状（まさ状）になりやすいためである。粗粒分の多い土石流は細粒分主体のものより浸食力があり、広島市安佐南区周辺では、広島国際大学南方斜面に比べると、谷の形状が明瞭で、複数の溪流で土石流が発生したと考えられる。

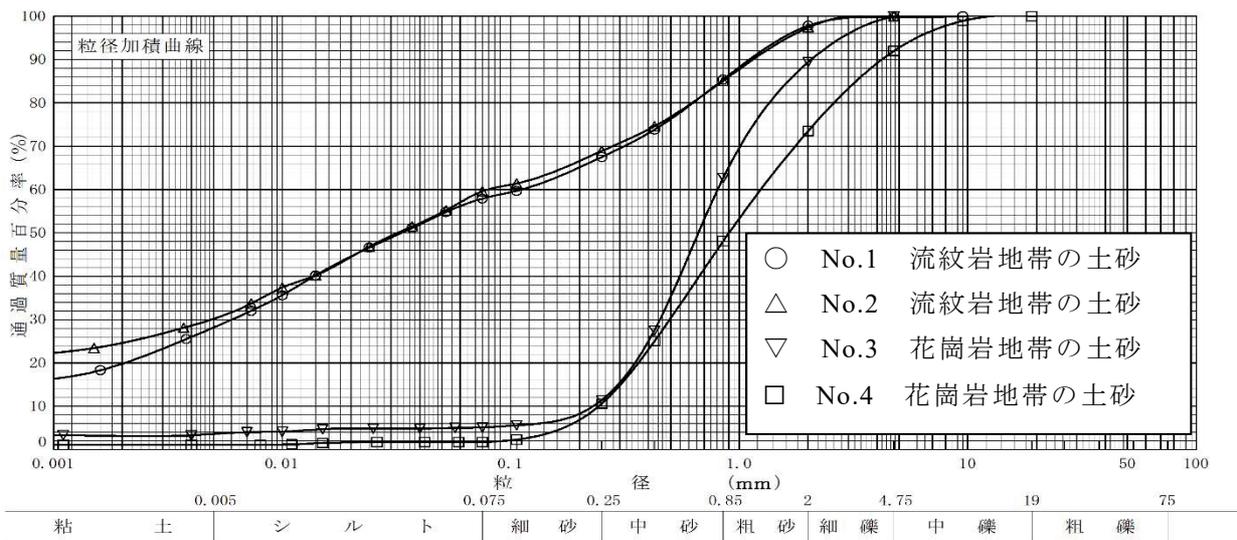


図-2 花崗岩地帯と流紋岩地帯の堆積土砂の粒径加積曲線

4. 考察

4.1 構成地質の違いによる地形の相違

構成地質の違いによる土砂災害の形態については、稲垣ほか⁶⁾は、ホルンフェルス分布域では、沖積錐の傾斜は上部で 15°前後、中部で 6°前後であり、石分や礫分が多く、細粒のマトリックス分が少なく、沖積錐の傾斜が急となり、土石流が遠くまで達しないとしている。それに対し、花崗岩地帯では、沖積錐の傾斜は上部で 7°前後、中部で 5°前後であり、巨礫を含むが細粒のマトリックス分がやや多く、沖積錐が緩やかで土石流が遠くまで達するとしている。

広島国際大学南方斜面の地形は、斜面下方の傾斜は 5°程度で、沖積錐が発達していないことが挙げられる。この地形的特徴と、細粒分が多いという堆積物の特徴、そして、斜面下方には住宅などがなく、地理的な土地利用の条件から、土石流による人的被害や構造物への被害は少なかったと考えられる。

4.2 花崗岩地帯と流紋岩地帯の対比

図-3 に広島市南西部に位置する海田町と坂町の土石流の履歴調査²⁾と今回の調査した箇所的位置図を示す。2014年の広島災害の発生した安佐北区と安佐南区付近、および海田町と坂町の基盤地質は花崗岩類であるが、黒瀬町の基盤地質は流紋岩類から構成されている。

Goto et al.⁷⁾は、広島県南部周辺地域について、2018年7月の豪雨後の空中写真を判読して崩壊発生場所の検討を行い、土石流の起点は山頂近くで発生し、斜面崩壊の密度が高い場所は、24時間の降水量が 250mm を超える地域と一致することを解明した。また、土石流の発生密度は花崗岩地帯で 3.70 個/km²、流紋岩地帯で 5.77 個/km²で、流紋岩地帯がやや発生密度が高いと述べている。一方、斜面崩壊の発生密度は、花崗岩地帯で 0.43 個/km²、流紋岩地帯で 0.23 個/km²であり、土石流と斜面崩壊の発生場所については、山地部の地質に顕著な偏在はなく、雨量強度に関するとしている。

空中写真の判読や現地を確認した結果によれば、流紋岩地帯がやや発生密度が高いのは、広島国際大学周辺の流紋岩地帯では、シート状の流下部が多いため崩壊部の面積が広くなり、発生密度が高くなったことも一因と考えられる。

これまでの調査の結果、2018年以前の土石流発生時期は、海田町で 95年前、坂町では 217~255年前、黒瀬町では 90~216年前と推測されている⁴⁾。今回調査した地区の流紋岩地帯での、土石流発生頻度は、年代誤差があるが、およそ 90~480年であり、広島周辺の花崗岩地帯と流紋岩地帯で、発生頻度の大きな差は認められなかった。これは、花崗岩も流紋岩も同種の珪長質の火成岩類であり、土石流の発生条件に関しては、大きな違いがなかったと考えられる。

以上のように、広島市南部と東広島市黒瀬町周辺部においては、その発生履歴が同様であったことから、2018年の土砂災害と同様な



図-3 広島市南部から東広島市周辺の調査地区

発生状況が推測される。このため、過去においても斜面崩壊や土石流の発生に関しては、地質による大きな違いはなく、雨量強度が主要因であった可能性がある。今後の土砂対策を検討するに際しては、両者の風化形態や堆積物の粒度特性に違いがあり、谷の発達状況や地形が異なることで、土砂移動の状況や土砂到達範囲に違いが生じる可能性を考慮しておくことが重要である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費基盤研究(A) (鈴木素之, JP19H00785) の研究助成を使用して実施した。ここに記して関係各位に対して謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 松木宏彰・鈴木素之・楳原京子・阪口和之・小笠原洋・片岡知 (2018) : 広島市安佐南区と安佐北区周辺地域の土石流堆積物の状況と土石流の発生頻度, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.4, pp.403-421.
- 2) 松木宏彰・楳原京子・川島尚宗・鈴木素之 (2020) : 2018年西日本豪雨における広島県坂町総頭川周辺での土石流発生状況と堆積物特性, 地盤と建設, 38,1, pp.105-113.
- 3) 松木宏彰・鈴木素之・楳原京子・川島尚宗 (2022) : 東広島市黒瀬町の流紋岩地帯における土石流発生頻度, 地盤工学研究発表会発表講演集, pp.DS7-03.
- 4) 松木宏彰・鈴木素之・楳原京子・川島尚宗 (2022) : 広島市周辺の花崗岩地帯と東広島市黒瀬町周辺の流紋岩地帯の土石流発生頻度, 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集 第9号 pp.25-28.
- 5) 加藤弘徳・曾我部淳・小笠原洋・宮本新平・岸本剛 (2019) : 地形・地質の違いから見た土石流の個性と被災状況, 平成30年7月豪雨災害調査団報告書, pp.47-62, 日本応用地質学会.
- 6) 稲垣秀輝・大野博之・磯部有作 (2016) : 平成26年8月広島土砂災害の土石流粒度構成の違いによる沖積錐の形成過程, Journal of the Japan Landslide Society. Vol53, No.5, pp185-195.
- 7) Hideaki Goto・Yasuhiro Kumahara・Shoichiro Uchiyama・Yoshiya Iwasa・Tomoru Yamanaka・Rinako Motoyoshi・Shun Takeuchi・Sho Murata and Takashi Nakata(2019) : Distribution and Characteristics of Slope Movements in the Southern Part of Hiroshima Prefecture Caused by the Heavy Rain in Western Japan in July 2018. Journal of Disaster Research Vol.14, No.6.

インドネシア国ブンカリス島北部海岸における 泥炭地盤安全率

香川 拓輝¹⁾・山中 直輝²⁾・山本 浩一¹⁾

¹⁾山口大学大学院創成科学研究科

²⁾山口大学工学部社会建設工学科

1. はじめに

泥炭地崩壊は、イングランド北部やアイルランドの北方泥炭地で16世紀以降に多く報告されてきた泥炭地での地すべり現象である¹⁾²⁾。熱帯泥炭地ではあまり報告例⁴⁾がなかったものの、熱帯泥炭地のインドネシアブンカリス島北部海岸で頻発している。ブンカリス島での泥炭地崩壊の被災状況は深刻化しており、地元メディアは、2021年12月30日にはSesai Panjang海岸での被災を取り上げた⁵⁾。

インドネシア国ブンカリス島北部海岸は泥炭地崩壊を伴い海岸侵食が進行している。そして、泥炭地崩壊は海岸線に沿って連続的に発生している。そのため、ブンカリス島北部海岸の崩壊後の地形は傾斜の緩やかな地形になっている。緩やかな地形になっているのにも関わらず、泥炭地崩壊発生箇所では再び泥炭地崩壊が発生している。この泥炭地崩壊発生後の地形で再び泥炭地崩壊が発生することは、潜在的な要因があるのか、もしくは伴って進展している海岸侵食によって形成される崖地形の影響なのか明らかではない。

インドネシア国ブンカリス島北部海岸の泥炭地崩壊の深刻化に伴って、対策と同時にハザードマップの作成が急務である。ブンカリス島北部海岸を対象として、泥炭地崩壊を伴った海岸侵食を考慮した現地の海岸地形の進展に適応したハザードマップの作成に向けて、ブンカリス島北部海岸における現地地形の泥炭地盤安全率への影響を検討することを研究目的とした。

2. 研究方法

2.1. 使用データ

モデル地形別の泥炭地盤断面の地盤高は、インドネシア国家数値標高モデル (DEMNAS) を使用した。DEMNAS のデータはインドネシア国の地理空間情報庁 (Badan Informasi Geospasial) のサイトからダウンロードできる。DEMNAS の空間分解能は 0.27 秒角で、ジオイドモデルの鉛直データをもとに補正されている。DEMNAS は、IFSAR (分解能 5m)、TERRASAR-X (分解能 5m)、ALOS PALSAR (分解能 11.25m) の標高データを統合したものである。プランテーション内部の裸地の DEMNAS と RTK-GNSS (2013 年 8 月 24 日) の同一地点の地盤高の比較を図 1 に示す。

2.2. 海岸の断面地形の抽出方法

地下水位再現計算を行うために、DEMNAS をもとに泥炭地盤断面を抽出した。抽出手順としては、まずブンカリス島北部海岸の海岸線を GIS 上で 100 m 間隔 (± 5 m 誤差) で座標を抽出した。この座標をもとに多項式近似曲線により近似を行った。多項式近似曲線に対して法線を算出することで抽出する泥炭地盤断面の測線 (図 2(c)) とした。測線は、陸域 1 km、海域 1 km の断面が抽出できるようになるように計算した。作成した測線を使用して、GIS 上で DEMNAS の地盤高を抽出した。

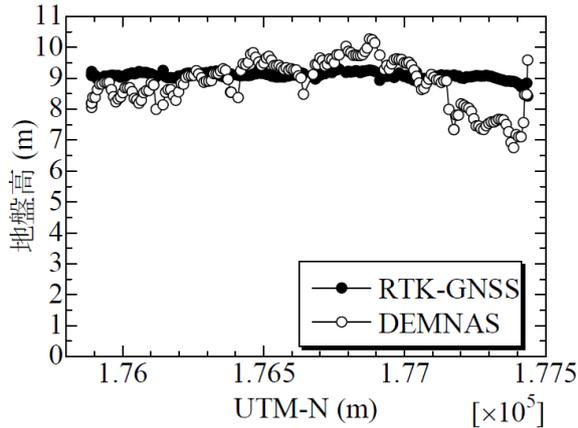


図1 DEMNAS と RTK-GNSS の地盤高の比較

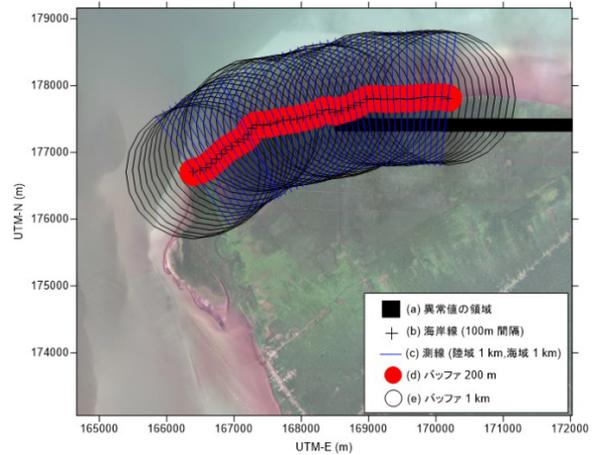


図2 地盤高に含まれる植生の樹高除去手順

2.3. 地盤高の植生除去方法

DEMNAS は一部数値表層モデルとなっているため樹高が含まれている可能性がある。そこで DEMNAS の地盤高データから植生を含まない高さを表すデータに変換する処理を行った。図2に、DEMNAS から植生を除去する方法を示した。1) Landsat5 画像 (2010年2月2日) を用いて、機械学習で裸地とそれ以外の土地被覆に分類した。2) 裸地ラスタを1とし、DEMNAS の地盤高の乗算することで裸地の標高データを作成した。このとき、泥炭湿地林と道路の境界の標高異常値はマスク処理した (図2(a))。3) 海岸線を100m間隔で分割した点 (図2(b)) において岸沖方向に測線を作成した (図2(c))。4) 海岸線から半径200m (図2(d)) から半径1km (図2(e)) に存在する裸地の標高の中央値を海岸線に付与し、線形補完した。

2.4. 鉛直二次元の断面地形を用いた地下水再現計算

地下水流動計算ソフト (HYDRUS3D) を用いて、地下水位再現計算を行った。地下水位の再現を行う鉛直二次元の断面地形は、2.2. で抽出した代表地形断面を10m間隔の節点ができるように加工して使用した。代表地形に水路 (幅2.5m) を法肩から100mに設置した。また、水路なしの地形についても地下水再現計算を行った。地形に使用した地形断面の一例を図3に示す。解析に用いたパラメータ、初期条件・境界条件は表1に示す。サクシオン-体積含水率の関係は、van Genuchten 式を用い、現地の泥炭を用いて n , α を求めた。van Genuchten 式を式(1)に示す。ここで、 S_e は規準化した体積含水率 (有効飽和度)、 h はサクシオン、 α , m , n はフィッティングパラメータである。透水係数は、2015年8月に現地で行った透水試験の結果 $0.5184 \text{ (cm day}^{-1}\text{)}$ を用いて行った。水路には、圧力水頭0mを与えた。地下水再現計算に用いた基礎方程式を式(2)に示す。ここで、 T は、帯水層の透水量係数 $[\text{L T}^{-1}]$ 、 h は、水頭 $[\text{L}]$ 、 S_s は、比貯留係数 $[\text{L}^{-1}]$ 、 Q は、単位体積当たりの部分的な注水あるいは吸い込み $[\text{T}^{-1}]$ 、 x , z は、空間座標 $[\text{L}]$ 、 t は、時間 $[\text{T}]$ である。この式をガラーキン有限要素法によって解いた。

$$S_e = \left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-m} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(T \frac{\partial h}{\partial z} \right) + Q - S_s \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

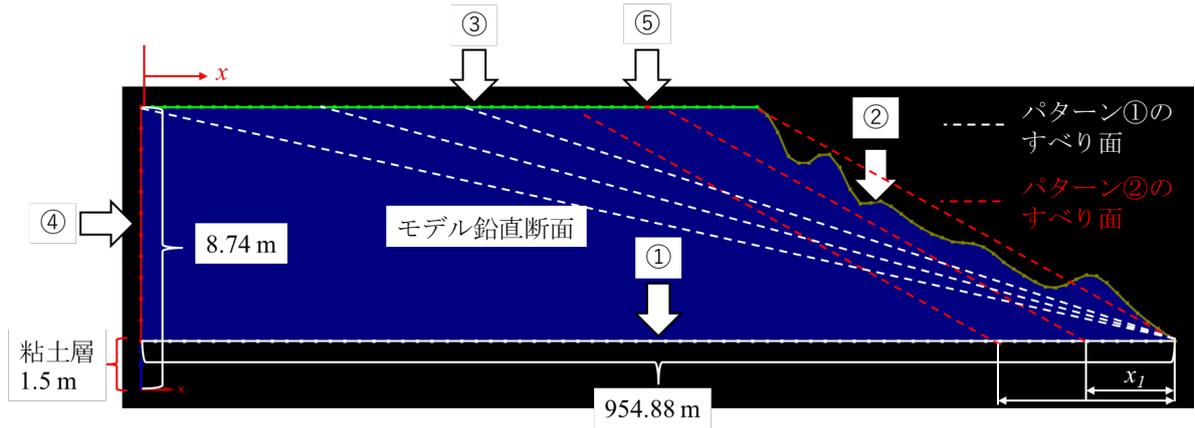


図3 モデル地形（崩壊後地形・水路あり）

表1 解析に用いたパラメータ，初期条件，境界条件

	θ_r (cm ³ cm ⁻³)	θ_s (cm ³ cm ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n (-)	K_s (cm day ⁻¹)	l (-)
地盤高1.5 mより表層	0.555	0.819	0.00458	4.7	0.5184	0.5
初期条件	Bottom Pressure Head 700 cm;Equil					
	境界条件					
○①底面	No Flux (不透水)					
●②地表面沿岸部	Seepage Face (湿潤面)					
●③地表面内陸部	Atmospheric Boundary (大気圏境界)					
●④内陸背面	Constant Head;700 cm;Equil (定水位)					
●⑤水路	Constant Head;0 cm;Equil (定水位)					

表2 地盤安全率の計算に用いたパラメータ

	c' (kPa)	ϕ' (°)	γ (kN m ⁻³)	γ_w (kN m ⁻³)	z (m)	β (°)
パターン①	1.4	27.2	9.4	9.8	変動	変動
パターン②	1.4	27.2	9.4	9.8	変動	1.12

2.5. ブンカリス島北部海岸の泥炭地盤安全率の算出方法

地下水位再現計算を行った後に、地盤安全率の計算を行った。粘着力と内部摩擦角については、2015年8月の現地における土質試験で得られた結果を用いた。また、すべり面の設定は2パターン仮定した(図3)。1パターン目は、すべり面の角度 β (°)は、すべり面が陸域の始まる泥炭層0 mから内陸部より $x=0$ m, 100 m, 200 m, 400 m, 700 m 箇所の表層まで貫いているような段階的に β を変化させて算出した。2パターン目は、 β が一定で沿岸部からすべり面と粘土層の交点までの距離 x_l (m)を100 m, 200 m, 300 mと段階的に変化させることによって、深度のみ変化させて算出した。このとき、 β は泥炭層の法肩と法尻の地盤高と距離によって算出した。地盤安全率計算に用いた式を式(3)に示す。ここで、 c' は粘着力 (kPa)、 ϕ' は内部摩擦角 (°)、 γ は湿潤単位体積重量 (kN m⁻³)、 γ_w は水単位体積重量 (kN m⁻³)、 h はすべり面からの水位 (割合)、 z はすべり面 (m)、 β はすべり面角度 (°)である。安全率 F_s の計算に用いた各値について表2に示す。地盤安全率は、沿岸部からの累積泥炭土塊の安全率とした。

$$F_s = \sum \frac{c' + (\gamma - h\gamma_w)z \cos^2 \beta \tan \phi'}{\gamma z \sin \beta \cos \beta} \quad (3)$$

表3 すべり面と地表面交点位置での安全率の計算結果

パターン	水路の有無	β (°)	x (m)	x_l (m)	F_S (-)
①	無	0.44	0	0	44.66
①	無	0.47	50	0	43.16
①	無	0.49	100	0	41.68
①	無	0.56	200	0	39.12
①	無	0.77	400	0	39.21
①	無	0.93	700	0	35.80
①	有	0.44	0	0	42.18
①	有	0.47	50	0	40.63
①	有	0.49	100	0	39.03
①	有	0.56	200	0	36.11
①	有	0.77	400	0	32.59
①	有	0.93	700	0	31.11
②	無	1.12	640	300	16.34
②	無	1.12	740	200	16.42
②	無	1.12	840	100	20.99
②	有	1.12	640	300	14.79
②	有	1.12	740	200	14.36
②	有	1.12	840	100	18.90

3. 研究結果と考察

崩壊地形における想定されるすべり面パターンの泥炭地盤安全率を算出した。すべり面と地表面交点位置での安全率を表3に示す。 F_S (-)は、沿岸部からすべり面と地表面の交点位置までの累積安全率である。崩壊後の地形は、設定したパターンに関わらず安定しており、外的要因がない限り、潜在的に再び泥炭地崩壊が発生する可能性は低いことが明らかになった。

4. 結論

インドネシア国ブンカリス島北部海岸において海岸線に沿って連続的に泥炭地崩壊が発生している。また、過去に泥炭地崩壊が発生していた箇所でも再び泥炭地崩壊が発生している。本研究では、泥炭地崩壊後の地形の潜在的要因について検討したが、外的要因がない限り再び泥炭地崩壊が発生されることは考えられにくい。ブンカリス島では、泥炭地崩壊に伴って海岸侵食が進行しており、緩傾斜地形から急峻な崖地形へ遷移している。泥炭地崩壊が再び発生する要因は、崖地形への遷移による影響なのか今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) Bowes, D.R., 1960. A bog-burst in the Isle of Lewis. *Scott. Geogr. J.* 76, 21-23.
- 2) Kirk, K.J., 2001. Instability of Blanket Bog Slopes on Cuilcagh Mountain, N.W. Ireland (Unpublished Ph.D. the-sis). University of Huddersfield, U.K.
- 3) Dykes, A.P., Jennings, P., 2011. Peat slope failures and other mass movements in western Ireland, August 2008. *Q. J. Eng. Geol. Hydrogeol.* 44 (1), 5-16.
- 4) A G. E. Wilford: Peat landslide in Sarawak, Malaysia, and its significance in relation to washouts in coal seams, *Journal of sedimentary Research*, 36(1): 244-247, 1966.
- 5) <https://rakyat45.com/2021/12/30/abrasi-menjadi-momok-menakutkan-di-pulau-bengkalis/>

A Probe for Measuring 3D Groundwater Velocity without a Borehole

Joaninha Belo Ornai¹⁾, Masataka Aoki²⁾, Koichi Yamamoto¹⁾

¹⁾ Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

²⁾ Faculty of Engineering, Yamaguchi University

1. Introduction

Recently, there has been a growing demand for the investigation of groundwater flow velocity for the purpose of the maintenance of dykes or reservoir for irrigation. In well technique measurement, a Heat Pulse Flowmeter (HPF) with four channels and electrical conductivity detectors placed inside the well provides centimeter scale readings for depth profile velocities¹⁾. Besides, the point velocity probe (PVP) rapidly measures direction and magnitude of the water velocity vector to within 9% and 8 degrees at the centimeter scale in porous media without need of calibration²⁾. Similarly, an automated on-line groundwater velocity probe measures flow velocity within a screened well. It uses a flushed semi-permeable gas chamber with a gas tracer, the tracer diffusion period determines groundwater velocity³⁾. Besides, a cost-effective in situ method for precisely measuring groundwater flow velocity based on groundwater-induced cooling was also presented using closed circulation of heated fluid, the experiment established the functional relationship between temperature differences and groundwater velocity⁴⁾. In response to this need, a power-free, inexpensive, and time-efficient measurement probe has been developed⁵⁾. This novelty probe is called Paper Disk Groundwater Velocimeter (PDGVs). In 2016, the PDGVs sensor paper was enhanced, resulting in a single dot with a 3 mm diameter positioned at the center of the paper. This improved sensor's paper resulted in an alignment curve of the relationship between Darcy flow velocity and tailing lengths of giving period 5 and 60 minutes for ranged velocity of 0.3 cm/min -1.5 cm/min⁶⁾. Furthermore, existing devices can measure groundwater flow in three dimensions. However, the devices still need boreholes to be measured⁷⁾. If no borehole is needed for measurement, the measurement of the groundwater flow in dyke or reservoir will be much easier. For this reason, we developed a new small device with absence of boreholes which can measure 3-dimensional groundwater flow velocity and direction.

2. Methods

2.1. Micro-paper disk groundwater velocimeter

The Micro Paper Disk Groundwater Velocimeters (M-PDGVs) were invented based on the principle of the paper disk groundwater velocimeter⁶⁾. The M-PDGVs have two types, vertical 2D and horizontal 2D. These types consist of 1000 mm extension rod along with paper disk of 29 mm x 10 mm size and 2 mm diameter dot for vertical 2D type, and 10 mm x 10 mm size with 1 mm diameter dot for horizontal 2D type. The ability of these micro types to measure the two directions of the flow both vertical and horizontal directions.

2.2. Experiment methods

The purpose is to verify horizontal and vertical velocity and direction with M-PDGVs. A water tank filled with quartz sand ($d_{50} = 0.5$ mm) was used for calibration of the Micro-PDGVs (Figure 2). Using a peristaltic pump, groundwater flow was generated in the sand tank. The horizontal 2D type setting velocity ranged from 0 cm/min – 0.12 cm/min with changing horizontal flow direction stepwise from 130 deg to 220 degrees over a measurement period of 60 minutes. However, the vertical 2D type measurement condition was undertaken for 15 minutes period with the measured velocity ranged from 0 cm/min – 0.1 cm/min and vertical inclination from -45 to 45 degrees as omnidirectional and inclinational tests. These experiments were conducted 5 times for each condition.

2.3. Analysis methods

In the analysis phase, the first step involved the original paper solely with dot ink, which was subsequently eluted after the probe was submerged into the soil. Thereafter, the dot generated a tailing that aligned with the water flow directions over a certain period. The dot and tailing length were analyzed with an open-source image analysis software, Image-J, after scanning the paper. Channel separation for the experiment included the Red, Green, and Blue (RGB) colors. The brightness, specifically a value of 105 in the red channels, was used for dot detection and the brightness of blue channels and red channel were used for tailing detection.

The following flowchart illustrates the mechanism. The ideal ink tailings area, shown in Fig. 4 a), was close to an ellipse. Therefore, in order to assess the quality of the ink tailings, the ratio of the area of the ellipse to the area of the ink tailings was calculated, with its maximum Feret diameter D_{Fmax} as the major diameter and its minimum Feret diameter D_{Fmin} as the minor diameter. For a, the ratio of the approximate ellipse area to the ink tailings area was 0.9, and for b, in contrast, the ratio was 0.7. The quality of tailing length Q is calculated using the area of the ink tailing A and ellipsoid area A' as below (1) and (2).

$$Q = \frac{A}{A'} \quad (1)$$

$$A' = \frac{\pi}{4} D_{Fmax} D_{Fmin} \quad (2)$$

The length of the tailing by the eluted ink from the printed dot was identified from the scanned color image of the paper disk using blue and red channel based on machine classification. The longitudinal red channel's brightness distributions of the tailings of ink were used to estimate groundwater flow velocity. The brightness distributions were acquired using the multiple thresholds of the red channel. When the brightness of the red channel is correlated to the concentration of the ink on the paper, the relationships between concentration of the ink on the paper and brightness of the red channel (B_R) are written as (3).

$$C = \alpha(255 - B_R) \quad (0 \leq B_R \leq 255) \quad (3)$$

When the relationships between C and velocity v is written as

$$\frac{dC}{dx} = -\alpha \frac{dB_R}{dx} = -\frac{\beta(t)}{v}$$

then

$$v = \frac{\beta(t)}{\alpha} \left[\frac{dB_R}{dx} \right]^{-1} \quad (4)$$

Where: C : ink concentration on paper (g cm^{-2}), B_R : brightness of red channel (-), x : distance on paper (cm), α : coefficient (g cm^{-2}), $\beta(t)$: coefficient ($\text{g cm}^{-4} \text{ s}$)

Table 1 The details of the M-PDGVs vertical 2D and horizontal 2D types

Device Types	Materials	Dimensions
Vertical 2D	Paper	10 mm x 29 mm 2 mm diameter dot
	Sponge	29 mm x 6 mm x 10 mm
Horizontal 2D	Paper	10 mm x 10 mm 1 mm diameter dot
	Sponge	10 mm x 6 mm x 29 mm (2 units)

Table 2. The velocity and direction measured condition in the laboratory experiment for both the vertical 2D and horizontal 2D M-PDGVs.

Measurement Devices	Direction	Time (minute)	Mean Tank Velocity (cm/min)
Vertical 2D	Setting tilt	15	0
	(0°, 15°, 30°, 45°, -15°, -30° & -45°)		0.05
			0.08
			0.1
Horizontal 2D	Northward Orientation	60	0
	(-40°, -10°, 5°, 20° & 50°)		0.01
			0.02
			0.04
			0.08
		0.12	

3. Results and Discussion

3.1. Vertical 2D measurement results

Fig. 5 illustrates the relationship between the tailing length of the vertical 2D type M-PDGV and the reciprocal of the ink brightness differential. This relationship is linear, with a high correlation coefficient ($R^2 = 0.9267$). Fig. 6 depicts the errors in the vertical inclination direction at a velocity of 0.1 cm/min, within a range between -45 degrees and 45 degrees.

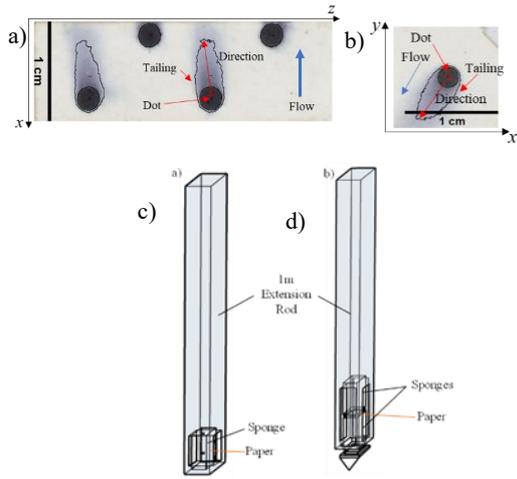


Fig 1. Two types of M-PDGVs: a) vertical 2D type and b) horizontal 2D type. The paper disk of M-PDGVs sensor after measurement is shown in c) vertical 2D type [tilt = 0°] and d) horizontal 2D type [direction = 220°]. x axis and y axis are on the horizontal plane. z axis is vertical.

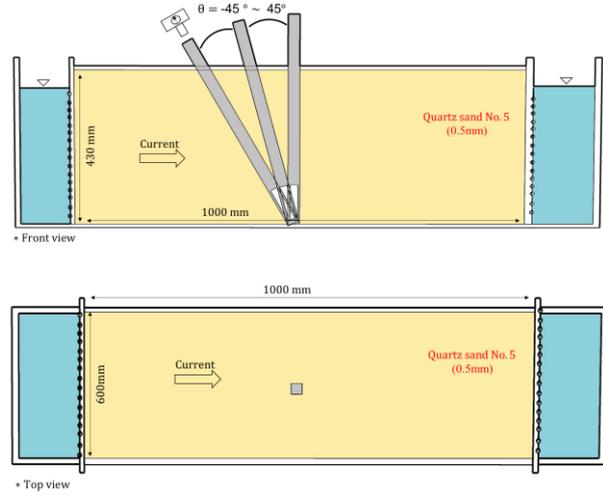


Fig 2. The water tank front and top view were used for vertical 2D and horizontal 2D M-PDGVs experiment.

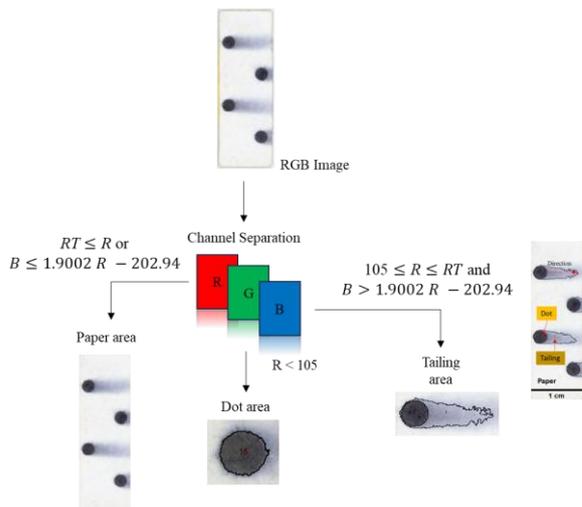


Fig 3. The channel separation analysis for the scanned paper dot and tailing, where the range of threshold RT at 175 - 215, the red channel R for dot detection 105 and the maximum brightness B 255.

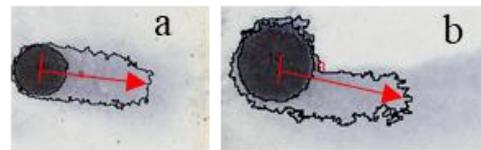


Fig 4. The quality of the ink tailing at vertical orientation [tilt = 0°]. a) tailing quality = 0.9, b) tailing quality = 0.7.

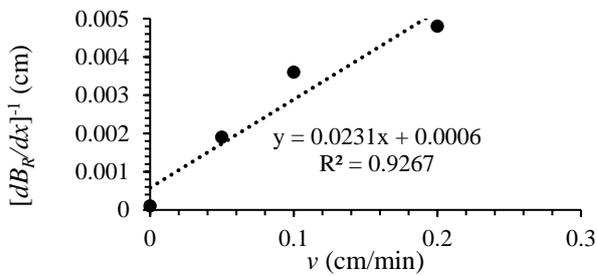


Fig 5. The calibration line of calculated tank (Darcy) velocity v and inverse of the derivative of brightness of red channel with respect to distance on the paper x ; $t = 15$ min.

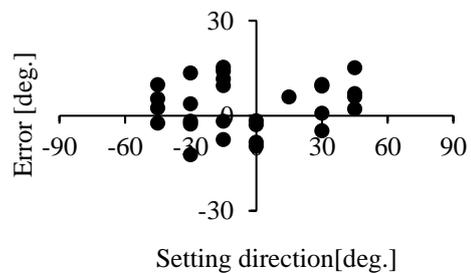


Fig 6. Relationship between setting direction and error direction of vertical 2D type at velocity = 0.1 cm/min

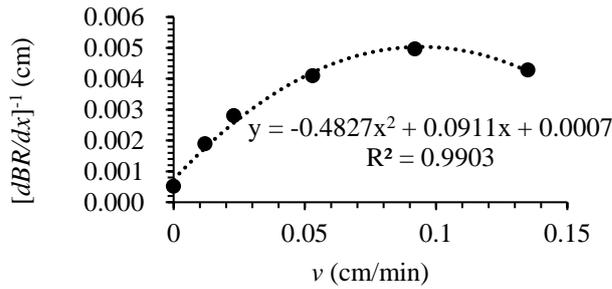


Fig 7. The calibration line of calculated tank (Darcy) velocity v and inverse of the derivative of brightness of red channel with respect to distance on the paper x ; $t = 60$ min

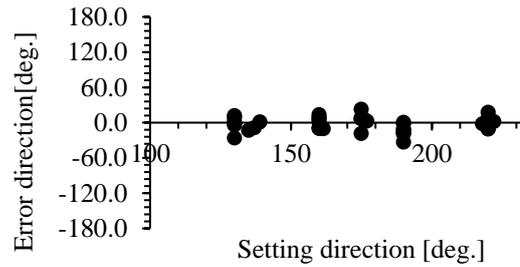


Fig 8. Relationship between setting direction and error direction of horizontal 2D type [direction = $130^\circ - 220^\circ$].

Table 3 The omnidirectional and inclinational test results of horizontal 2D and vertical 2D groundwater flow directions measurements by M-PDGVs.

Type	Velocity [cm/min]	Time [mins]	SD [deg.]	RMSE [deg.]
Horizontal 2D	0.01 – 0.135	60	12.89	12.52
Vertical 2D	0.05 - 0.2	15	10.25	11.12

3.2. Horizontal 2D measurement results

Fig. 7 illustrates the regression curve of the horizontal groundwater flow and the measurement results. Since there is convex curve on the top, the upper limit of measurement is around 0.06 cm/min. Horizontal directions are shown in Fig. 8. Table 3 shows standard deviation (SD) and root mean square error (RSME) values for horizontal 2D and vertical 2D measurements. For horizontal 2D, the standard deviation measured was 12.89 degrees, showing a range of variability within -40 to 50 degrees based on horizontal orientation. The corresponding RSME is 12.52 degrees. As for vertical 2D device, the standard deviation of the vertical direction was 10.25 degrees and RSME was 11.12 degrees.

4. Conclusions

The set of groundwater velocity probes, M-PDGVs, which can measure three-dimensional groundwater flow velocity without a borehole was invented and evaluated. The velocity probes consistently showed linear responses to velocities ranging from 0 to 0.2 cm/min. In addition, both horizontal and vertical directional incline tests revealed that tailing tilt fitted alignment of the sensor inclination. This measurement emphasized the capability of M-PDGVs in detecting small-scale subsurface water movements. While the experiments were conducted in laboratory testing, the adaptability and precision of this probe suggest potential applications in such relevant field environments. This novelty is applicable in measuring groundwater flow in diverse environments were found to be challenging, including river embankment, ponds, tidal flat, wetland and micro-scale contamination areas.

References

- 1) Devlin J.F. (2020): Groundwater Velocity. ISBN: 978-1-77470-000-6, 2020.
- 2) Labaky W. et. al (2007): Prove for measuring Groundwater at the Centimeter Scale. Journal of Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 8453–8458.
- 3) Patterson B. M. et al. (2010): On-line Groundwater Velocity Probe: Laboratory Testing and Field Evaluation. Journal of Contaminant Hydrology 117 (2010) 109-118.
- 4) Sun Z. et. al (2023): Measuring Groundwater Velocity: Method Based on Groundwater Flow-Induced Cooling. Journal of Hydrologic Engineering, 2023, Vol. 29, 1.
- 5) Ono et.al (2014): Observation of the Behavior of Groundwater on a Coastal Sandbar using a Paper Disk Groundwater Velocimeter. Journal of JSCE Transaction G (Environment), 2014, Vol.70, No.70, III_355-III_363.
- 6) Yamamoto et.al (2016): Development of the Single Dot Type Paper Disk Groundwater Velocimeter. Journal of JSCE, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 2016, Vol.72, 4, Pages I_907-I_912.
- 7) Yamamoto K. and Murai D. (2022): Groundwater Flow in Sandy Beach Adjacent to Tidal Flat. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering), 2022, Vol.78, 2, Pages I_787-I_792.

プリアパートベイズンと治水対策

河内義文¹⁾・堀田 政則²⁾・徳久 晶¹⁾

¹⁾株式会社ケイズラブ, ²⁾株式会社 NTO

1. はじめに

山地の中に断層活動によって形成された堆積盆地はプリアパートベイズン¹⁾と呼ばれているが、日本国内では中央構造線に沿った地域など各地で確認されている。

また西日本各地では、近年の梅雨や台風により避難情報が頻発される傾向にあり、プリアパートベイズンでは、山地内に形成されているため、集水される流域が広い、一方流域に比較して出口が狭いのが特徴であるため、特に短時間豪雨に対して洪水被害を受け易い傾向にある。記憶に新しい 2020 年 7 月人吉盆地では、2 日間 410mm の豪雨で、犠牲者 50 名、浸水家屋 7400 戸の被害が生じた。

今回、研究対象とした山口県山口市のプリアパートベイズン²⁾においても AMeDAS 山口観測所で 2023 年 6 月 30 日 208.5mm, 7 月 1 日 86.5mm の日雨量を観測し、榎野川、仁保川周辺で溢水被害が発生した。この山口市の市街部を占める山口盆地内では、近年では 2009 年 7 月 21 日の中国・九州北部豪雨³⁾、2013 年 7 月 23 日の島根県と山口県の大雨において同様な溢水被害が生じており、2020 年 7 月 14 日には、仁保川の固定堰が決壊する被害も生じている。その前後に河川浚渫、排水ポンプ場の建設などの対策が実施されているが、2023 年の災害では排水機場の不具合などソフト面の問題点も指摘

されている。

この盆地内の河川は、北東～南西に瀬戸内海の山口湾に流下する榎野川が本流で、支流として仁保川、問田川、一の坂川、吉敷川が合流するが、図-1 に示すように、仁保川、問田川、一の坂川の 3 河川はほぼ同じ位置で榎野川本流に合流している。図-1 に示すように本流の榎野川より東側から合流する支流の仁保川の方が河川長も長く流域面積が広いという特徴を持ち、流量は明らかに多く、合流部近くの河川勾配も緩いので降雨の状況によっては、合流部周辺の度々の溢水の主な原因になるものと考えられる。この特徴的な地形をもたらしたのは、山口盆地の形成にも大きく関わっているとされる活断層の大原湖断層⁴⁾であり、復旧工事、対策工事では、本研究による地史的な形成史を踏まえた理解が重要であると考えられる。



図-1 山口盆地と河川合流(基図:地理院地図/GIS Maps)

2. 古大内湖形成史

山口盆地主要部の東側には仁保川流域である大内・仁保盆地が広がっている。この盆地内

からの河川流下は仁保川と問田川により，**図-2**に示すように現在では4河川合流部付近で榎野川に合流する地形形状であるが，前述のように，この10数年の短期間をもってしても合流部の流下能力が明らかに不足しており，気候変動が顕著であるとしても自然河川の流下形態としては非常に不自然である．そこで以下の根拠を持って大内盆地は「古大内湖」であったと仮定して議論を展開する．

2.1 古大内湖の概要

古大内湖は**図-2**に示すように現在の4河川合流部が姫山～象頭山間の約500mが尾根で塞がれていたと仮定することで成立する．また同じく**図-2**に示すように，古大内湖の流下河川が南方の千切峠で防府市大道方向であったと仮定すると，千切峠を源流とするには不自然に大きい横曾根川扇状地（**図-2**）の形成史も理解でき，千切峠の地形は風隙であるといえる．古大内湖が約10万年前（100Ka）に成立していたと仮定し，湖面は後述の堆積物の分布から現在の標高100m付近とすると，古大内湖の面積は約32km²程度と推定される．

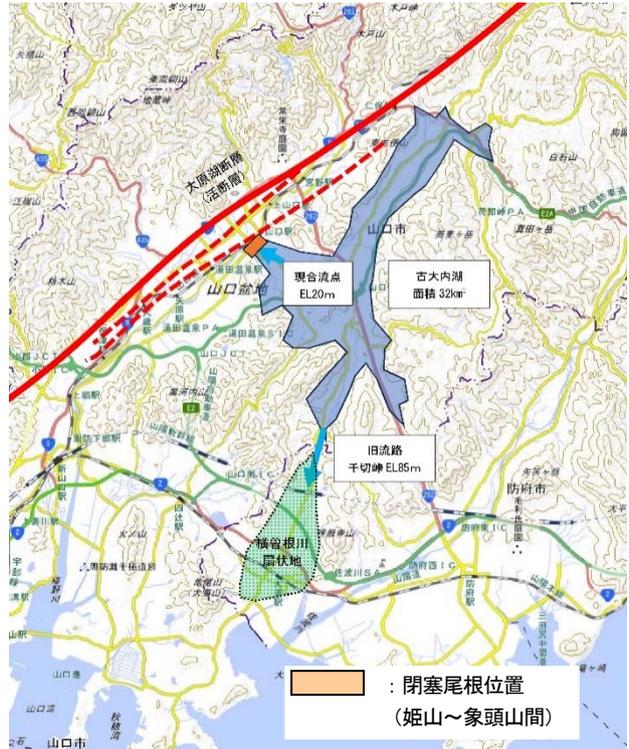


図-2 古大内湖とその地形（基図：地理院地図/GIS Maps）

2.2 湖沼時代の堆積物と分布および年代

大内盆地は東西5km，南北2kmの東西方向に細長い形状で，北端に仁保川，南端に問田川がそれぞれ西流している．かつては稲作が盛んで“水郷大内”と呼ばれるように，両河川を結んだ水路網が築かれていた⁵⁾．この水路網はかつての古河道跡と密接に関連しており，標高差がないことから，かつては広い湖沼であったことが示唆される．古大内湖周辺には更新統堆積層が分布し，ここでは大内層と呼称する．その分布はおおよそ層相は古大内湖全周の標高50～100mの範囲に良く円磨された礫などの水成堆積物が台地形を形成して確認される⁶⁾．また形成時期については，定性的であるが堆積物の固結度から第四紀更新統（洪積世）であると推定され「まんじゅう石」（ASO-4 火砕流）を地層の分布から，ASO-4 噴出年代の90Ka⁷⁾には古大内湖は既に消滅していた可能性が高いと考えられる．

3. 山口盆地の活断層と扇状地の分布

3.1 活断層による特徴的な偏向地形

図-3に活断層の活動によって形成されたプリアパートベズンとされる山口盆地における活断層の大原湖断層⁴⁾と扇状地の分布⁸⁾を示す．北東－南西走向で伸びる活断層に直交した河川流域に扇状地は北西方向から南東に向けて発達している．

このように山口盆地の扇状地は盆地の北側からのみ発達しており，南側山地には見られない．これはこの盆地の地形が活断層によって大きく偏向しているために見られる特徴の一つである．

3.2 大原湖断層の活動と古大内湖の消滅に伴って形成された不自然な河川合流

古大内湖が形成された100Kaから現在の瀬戸内面の隆起は、隆起速度を $0.14\text{mm/y}^9)$ と仮定すると約14mとなる。この隆起に伴って徐々に横曽根川方向への流下が困難になったものと推定される。

大原湖断層の活動は、後期中新世(8Ma)から鮮新世(4Ma)にかけて左横ずれの活動でプリアパートベズンとして山口盆地が形成され、その後は現在にかけて右横ずれの運動で300から400万年後には盆地は消滅するものと考えられている⁴⁾。したがって、山口盆地の約2km幅を350万年で消滅させるための収縮運動の速度は 0.57mm/y 、すなわち10万年あたりでは57mと計算される。

過去に規模の大きい活動の形跡があって比較的知られた活断層であっても、平均活動間隔は1000年~3000年の場合が多く、ほとんどの活断層は最新活動時期が有史以前であるため、活断層地震に伴って発生する現象は十分に把握されていない。古大内湖が100万年間存在したと仮定すると、この間に大原湖断層に起因する活断層地震は300回程度で少なくとも570m程度の右横ずれが生じ、象頭山~姫山閉塞部の尾根は容易に崩壊し消滅したものと推定される。

瀬戸内面の隆起に伴って南側への流路が徐々に狭隘となった古大内湖は、大原湖断層の変動ともななって、脆弱部の姫山~象頭山間の崩壊が発生し西側が決壊して榎野川への合流河川が出来れば、通常の地形開析による本流・支流関係とは大きく異なる非常に不自然な4河川が同じ位置で合流し、互いの流下を阻害する現象が生じる。

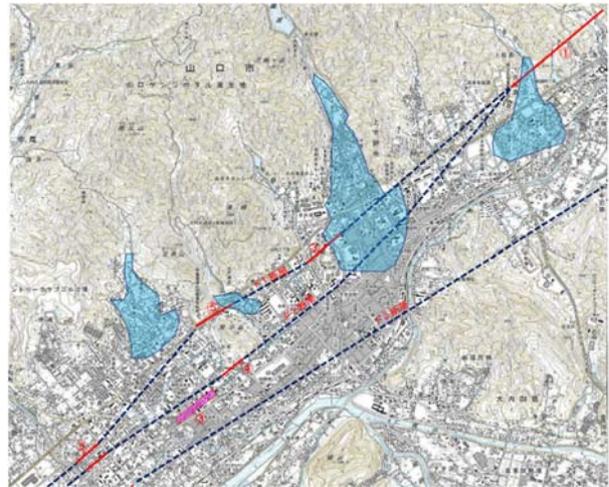


図-3 山口盆地の活断層分布と扇状地分布⁷⁾
(基図:地理院地図/GIS Maps)

4. 地形形成史を踏まえた流域治水対策

これらの地形形成史を踏まえて、仁保川・問田川の流域治水に関する提案を行う。

4.1 ダム設置案

山口盆地では、断層活動により不自然かつ最も不利な形での河川合流が行われ、対して治水が可能なダムに関しても、北側の榎野川および一の坂川には建設されているが、流域の広い仁保川および問田川では設置されていないなど、偶然であろうが、いわば地史的条件が考慮されていない治水的取組がなされている。古大内湖は流域に比較して貯水面積は異常に大きい、流域治水に対しては、最も自然で容量も十分であったと考え、図-4に示すダムの建設が最適解であることは明らかである。

4.2 バイパス排水路案

次善の解は、流路を大内湖時代に戻す方法である。図-4に示すような、山口市小鯖の問田川(標高40m)と防府市切畑間(標高30m)の5km間で小鯖川を逆流させる形で結ぶバイパス排水路の建設計画である。この案は現在の河川状況、利水、水利権の状況から実現は困難であるものと考えられる。

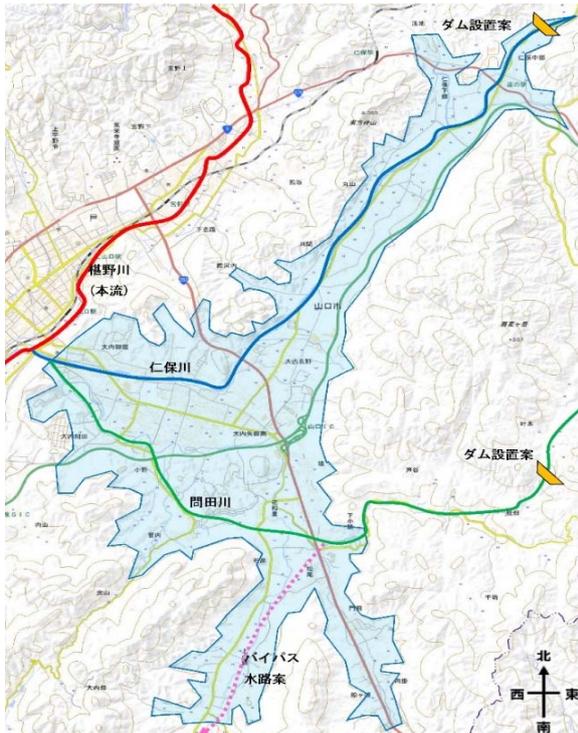


図-4 ダムおよびバイパス水路案 (基図：地理院地図/GIS Maps)

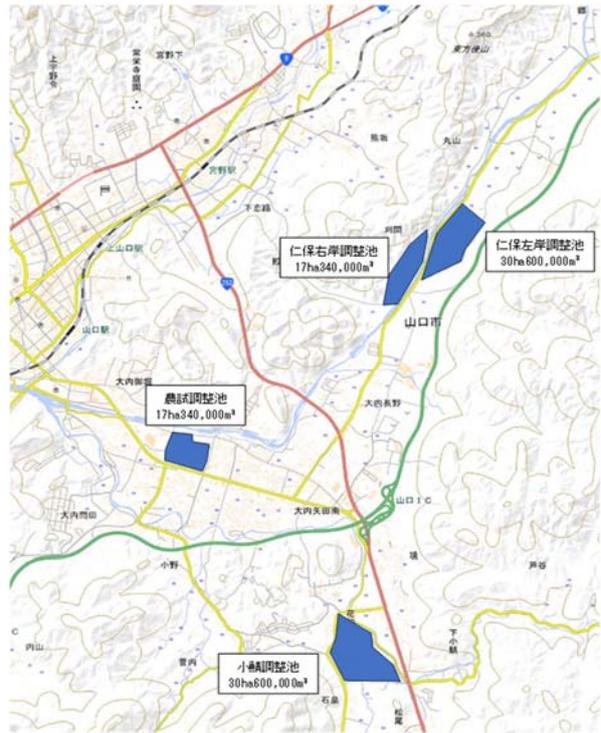


図-5 流域調整池位置図 (基図：地理院地図/GIS Maps)

4.3 大規模調整池案

この盆地における治水対策は、効果的には前記両案には劣るものの現実的には図-5に示すような大規模調整池の設置である。既にゲリラ的に地域集中的かつ短時間雨量の増加が特徴の豪雨に対して、流域毎に到達時間を延ばすことが有効である。またソフト対策として、貯水機能を有する農業構造物の宅地開発などのための改築を制限することも重要である。

参考文献

- 1) Brchfiel B.C. and Stewart J.H.: "Pull-apart" origin of the central segment of Death Valley, California. Bull. Geol. Soc. Am., v.77, 439-442, 1966.
- 2) 宮田隆夫, 天野一男: 日本列島の横ずれ堆積盆, 構造地質(構造地質研究会誌), 第36号, pp.111-118, 1991.
- 3) 山本晴彦, 渡邊祐香, 山本翔子, 古場杏奈: 山口市大内地区において2009年7月豪雨により発生した浸水被害の特徴と土地利用の変遷, 山口学研究, 第3巻, 2023.
- 4) 金折裕司: 山口県の活断層, 近未来社, 2005.
- 5) 堀田政則: "水郷大内"に学ぶ, 地学教育と科学運動, 55号, 2007.
- 6) 河内義文, 堀田正則: 古大内湖と活断層を踏まえた流域対策の提案, 第2回応用斜面工学シンポジウム論文集, 2024.
- 7) 松本哲一, 宇都浩三, 小野晃司, 渡辺一徳: 阿蘇火山岩類のK-Ar年代測定-火山層序との整合性と火砕流試料への適応-. 日本火山学会講演予稿集, 73, No.2, 1991.
- 8) 山口県環境生活部政策課: 快適環境づくりシステム GIS マップ, <https://yamaguchi-gishiroba.org/gis.html>
- 9) 前埜英明: 瀬戸内海沿岸の海成段丘地形の分布とその特徴, 日本研究特集号2号, pp.13-18, 2003.

自己組織化マップによる西部中国地方の気象場と 線状降水帯の関係性の分析

弘中勇駿¹・朝位孝二²・西山浩司³

¹山口大学社会建設工学科, ²山口大学大学院創成科学研究科

³九州大学大学院工学研究院

1. はじめに

令和3年8月12日から8月14日にかけて九州北部地方と中国地方で線状降水帯が発生し、総降水量が多いところで1,200mmを超える記録的な大雨となった。中国地方では8月13日に発生した線状降水帯の影響で複数の地点で24時間降水量が8月の値の1位を更新した。この大雨に対して気象庁は、広島県広島市を対象として大雨特別警報を発表した¹⁾。近年では線状降水帯による顕著な大雨が豪雨災害の原因として着目されている。線状降水帯は、複数の積乱雲が列をなし、組織化した積乱雲群によって作り出される線状に伸びる長さ50~300km程度、幅20~50km程度の強い降水をとまなう雨域である。線状降水帯は長時間停滞することが多く、同じ地域で断続的に大雨となるため河川氾濫や土砂災害の発生が懸念される。このため線状降水帯と災害は密接な関係があるため気象庁では線状降水帯の発生予測を開始している²⁾。

過去の研究³⁾⁴⁾では九州・中国地方などを対象として、自己組織化マップ(Self-Organizing Map:SOM)を用いた気象場と豪雨災害の関係性に関する分析がなされている。本研究では西部中国地方において、どのような気象場の状態で線状降水帯が発生するかに着目した。気象庁の解析雨量から西部中国地方で発生した線状降水帯を抽出した結果と、西部中国地方を対象として作成したSOMを用いて、気象場と線状降水帯の関係性の分析を行った。

2. SOMパターン分析条件

本研究で用いるデータはJRA55(気象庁55年長期再解析データ)から850hPa面の相当温位、850hPa

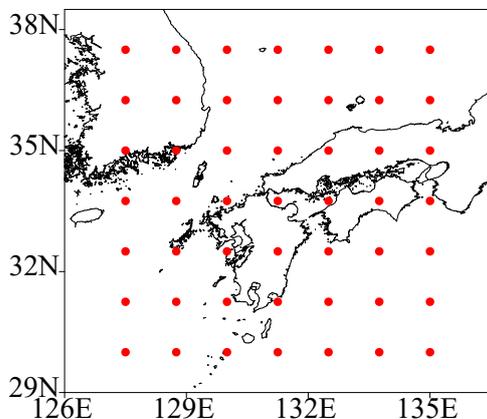


図-1 気象場の対象領域

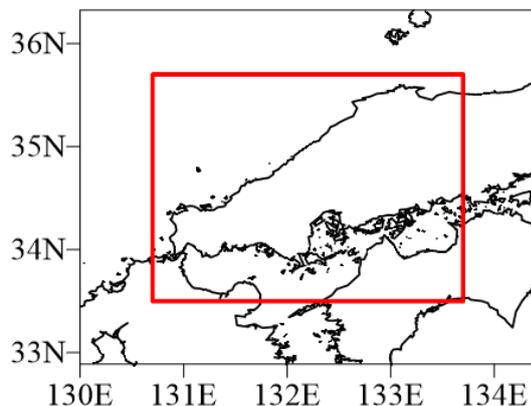


図-2 解析雨量の対象領域

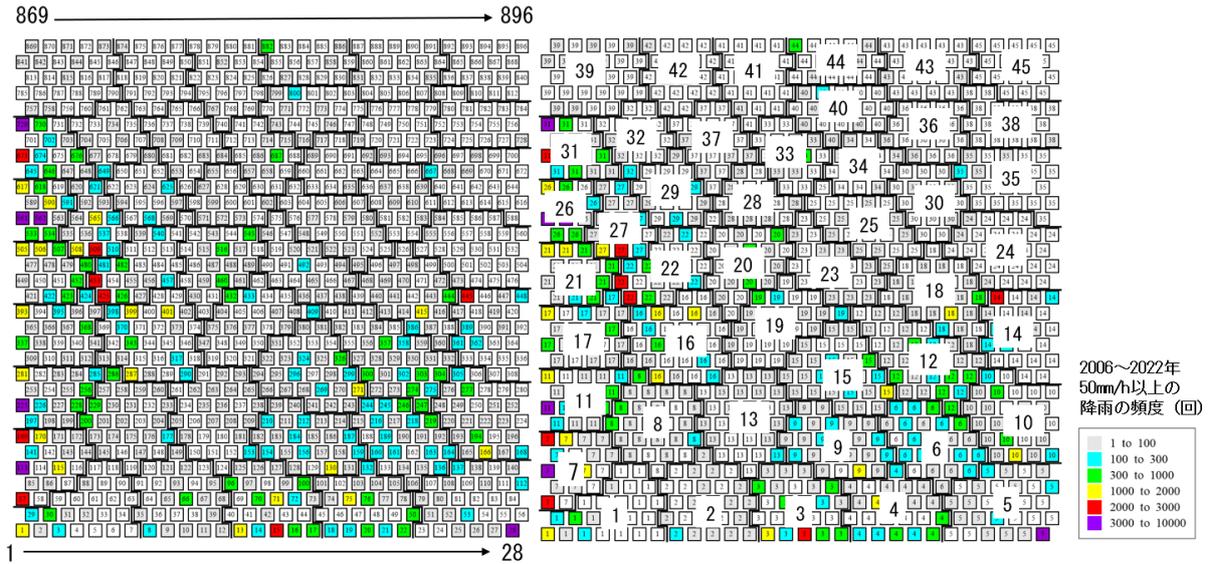


図-3 本研究で得られた SOM

面の風速成分(東西成分 U と南北成分 V)の 3 要素を選ぶ。西部中国地方が中心となるように図-1 に示す 49 の格子点から気象場を設定する。図-1 中の赤丸は $30N \sim 37.5N$, $127.5E \sim 135E$ の範囲を緯度経度 1.25 度間隔で配置されている。合計 147 次元からなる気象場を入力ベクトルとして設定する。ここでは、1958 年から 2022 年までの 65 年間(6～9 月, 1 日 4 回)の気象場を学習データとした。総計 31,720 個のサンプル数となり、1 個のサンプルは前述のように 147 次元のデータからなる。

本研究では SOM のマップサイズは、種々検討の結果水平方向に 28 個、垂直方向に 32 個のユニット総数 896 個の 2 次元マップとした。グループ数は 45 を採用した。

3. 気象場パターンの分析

気象庁の解析雨量データと SOM の関連付けし、 50mm/h 以上の降雨となった頻度によって SOM の色分けを行った。解析雨量の抽出範囲は図-2 に示すように西部中国地方を含む $33.5N \sim 35.7N$, $30.7E \sim 133.7E$, 抽出期間は 2006～2022 年の 6～9 月とした。

図-3 に本研究で作成した SOM 図を示す。図中の小さな口がユニットであり、黒い太線で囲まれている領域がグループである。また隣接するユニットは似た性質を持った気象場であり、さらにユニット同士でグループを形成する。31,720 個の気象場のデータは 896 個のユニットのいずれかに分類される。このマップでは 45 個のグループを形成する。性質が異なるグループは互いに離れた場所に位置する。図-3(a)の口の中の番号はユニットの番号を示しており、図-3(b)の口の中の番号はグループ番号を示している。図-4 に西部中国地方で豪雨となった事例を示す。緑枠で囲まれているものが台風による豪雨、赤枠で囲まれているものが線状降水帯や前線による豪雨である。台風による豪雨はグループ 5 (以下 G5 の U28 のように簡略化する) のように SOM の右下方に集中し、梅雨前線や秋雨前線による豪雨では G2, G7, G22, G27, G31 のように SOM の左方に分布した。

4. 気象場と線状降水帯の関係性の分析

図-4 の SOM 図で西部中国地方において線状降水帯の事例が分類された G7, G22, G27, G31 の線状降水帯を図-5 に示す。線状降水帯は気象庁の解析雨量から抽出したもので、抽出範囲・期間は降

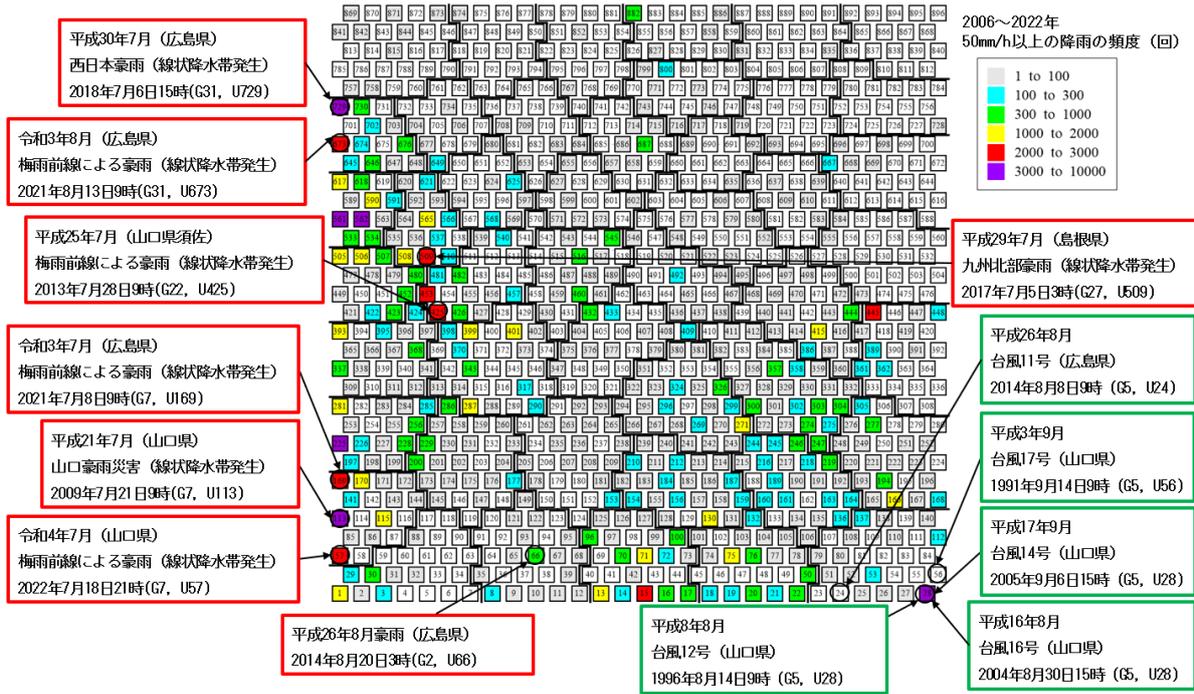


図-4 西部中国地方の豪雨事例

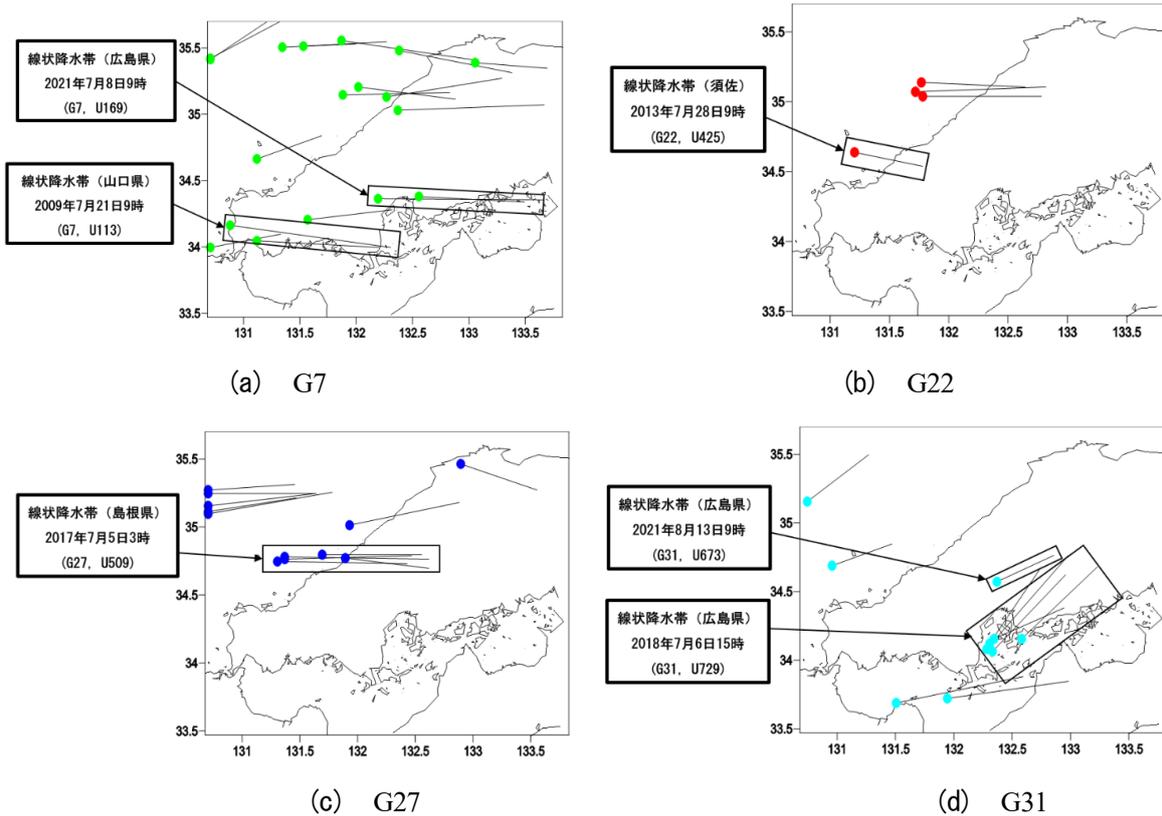


図-5 西部中国地方で発生した線状降水帯の事例

雨頻度による SOM の色分けに用いたものと同様とする。図-5 において示している線状降水帯は、気象庁による顕著な大雨に関する情報の発表基準²⁾に基づいたものとする。顕著な大雨に関する情報の発表基準は、前 3 時間積算降水量が 100mm(以下 100mm/3h と表記する)以上の分布域の面積が 500km² 以上、100mm/3h 以上の降水領域の形状が線状 (長軸・短軸比 2.5 以上)、100mm/3h 以上の降

水領域内の前 3 時間積算降水量最大値が 150mm 以上であることのすべてを満たすもののみとされている。図-5 において、G7 の気象場では西部中国地方の広い範囲で線状降水帯が発生していることが分かる。G22, G27 の気象場では山口県須佐, 島根県など日本海側で線状降水帯が多く発生し, G31 の気象場では広島県で線状降水帯が多く発生する傾向があった。

西部中国地方の広い範囲で線状降水帯を発生させるリスクがある G7 の気象場の状態を図-6 に示す。850hPa 面において南西の風速がやや大きく, 九州地方の西の海上では相当温位が 350K と非常に高いことが分かる。以上から, 東シナ海からの相当温位の高い, 暖かく湿った空気が南西から吹き込むような気象場の状態であると, 西部中国地方では線状降水帯が発生するリスクが高まることが分かる。

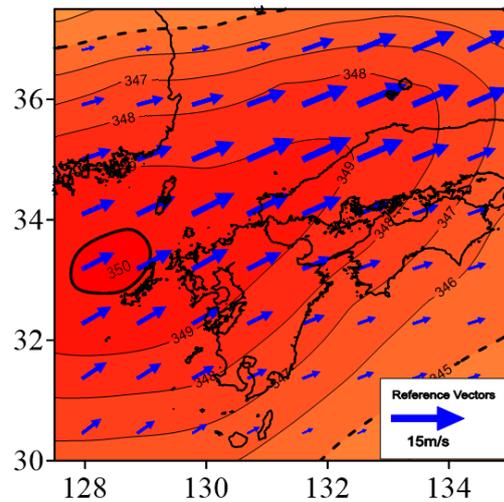


図-6 G7 の気象場の状態

5. おわりに

本研究では, 西部中国地方を対象として, 相当温位, 東西成分風速, 南北成分風速の 3 要素で作成した SOM を用いて, 気象場と線状降水帯の関係性について分析を行った。その結果, 西部中国地方においては南西の風によって東シナ海から高温多湿な空気が運び込まれることが, 線状降水帯の発生に影響を与えていることが分かった。

ここでは気象庁が定義する線状降水帯に着目したが, 気象庁の定義に当てはまらないが豪雨災害をもたらす降水帯も存在する。今後はそのような降水帯にも着目して解析を進める予定である。

謝辞

九州大学西山研究室の卒論生森健太氏からは線状降水帯抽出用の Python スクリプトを提供していただいた。ここに印し, 謝意を表す。

参考文献

- 1) 災害をもたらした気象事例 (前線による大雨) :気象庁,
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210831/jyun_sokuji20210811-0819.pdf
- 2) 線状降水帯に関する各種情報 : 気象庁,
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/kishojoho_senjokousuitai.html
- 3) 西山 浩司・横田 いずみ・広城 吉成・朝位 孝二 : 自己組織化マップに基づく広島県の豪雨災害を引き起こした気象場パターンの分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, I_1201-I_1206, 2019.
- 4) 朝位 孝二・白水 元・西山 浩司 : 自己組織化マップを用いた南九州で豪雨をもたらした気象場パターンの分類, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No.1, 111-123, 2021.

過去の白黒災害写真とカラー化された写真の印象 およびその理由に関する比較調査

松尾 岬¹⁾・朝位孝二²⁾

¹⁾山口大学工学部社会建設工学科, ²⁾山口大学大学院創成科学研究科

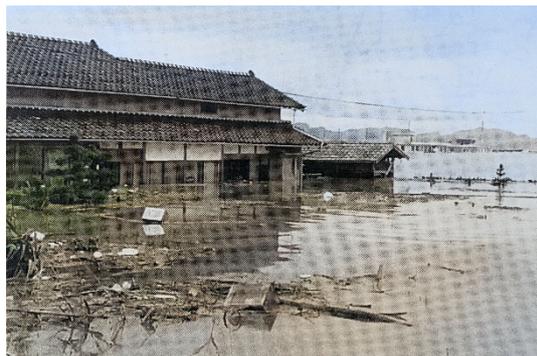
1. はじめに

近年, 日本では梅雨前線や台風による豪雨災害が多発している. しかし, 地域ごとに見ると甚大な豪雨災害が長年発生していない地域も多々ある. そのような地域においては特に, 防災意識や危機感というものが低下しがちであると考えられ, 住民が災害発生時に積極的な避難行動に至らない可能性もある. そこで, 防災意識を向上させるために, 防災意識や防災啓蒙が重要になってくる. 地域の災害リスクを理解する方法の一つに, 過去に発生した災害について学習することが挙げられる. 大正時代以降に発生した災害に関しては, すでに災害の様子が撮影されており, それらを防災教育に活用することは有効的であると考えられる. ただし, それらのほとんどは白黒写真であるため, 当時の災害の様子が伝わりづらいことが懸念される. 一方で, 近年の AI 技術の進展により, 白黒写真を容易にカラー化することが可能となっている. 白黒写真で撮影された写真をカラー化して防災教育に用いることで, 防災教育の向上が期待される.

若澤ら¹⁾は山口県の小学生, 山口県土木建築部職員を対象に, 過去に発生した佐波川水害の白黒写真とそれらをカラー化した写真を比較させ, その印象についてのアンケート調査を行った. その結果, 県職員がカラー化写真に恐怖を感じる一方で, 小学生は白黒写真に恐怖を感じやすい傾向にあるという結果を得た. また, 山田ら²⁾は成人と子供の感じ方の違いを再確認するべく, 山口県防府市で開催された防災イベントの参加者に対して新たにアンケート調査を実施した. その結果, 白黒写真は成人に対しても恐怖感を与え, 子供の方が成人よりも白黒写真に恐怖を感じる傾向が強いという結果が得られた. 本研究では, 中国地方の小学生を対象に, 他県の小学校においても白黒写真に恐怖を感じる傾向にあるのかを確認し, またなぜ白黒写真あるいはカラー化写真に現実味や恐怖を感じたのかという理由を探るべくアンケート調査を実施した. その結果の一部を報告する.

2. 調査方法

本研究では, 中国地方における一級河川の近辺に位置する小学校を対象とし, 島根県斐伊川流域の城北小学校, 山口県佐波川流域の佐波小学校, 鳥取県千代川流域の散岐小学校の3校でアンケート調査を実施した. なお, 城北小学校では令和5年10月6日に, 佐波小学校では令和5年11月20日に現地で防災授業をした後でアンケートに回答して頂き, 散岐小学校では資料と回答用紙を郵送して令和6年11月末に回答して頂いた. 使用災害写真については, 各地で過去に起きた水害の白黒写真とそれらをPhotoshopでカラー化した写真を用いた. 城北小学校で3種類, 佐波小学校で6種類, 散岐小学校で6種類の写真を使用した. ここでは最もカラー化が上手くてきていると判断したものを代表として写真-1~写真-3に示す.



(a) 白黒写真 (オリジナル)

(b) カラー化写真 (Photoshop)

写真-1 斐伊川水害 (昭和 47 年, 斐川町)



(a) 白黒写真 (オリジナル)

(b) カラー化写真 (Photoshop)

写真-2 佐波川水害 (昭和 26 年, 防府市上右田)



(a) 白黒写真 (オリジナル)

(b) カラー化写真 (Photoshop)

写真-3 千代川水害 (大正元年, 鳥取市)

対象者には、白黒写真とカラー化した写真を並べて見せ、現実感と恐怖感に関して、「白黒」、「どちらかと言えば白黒」、「どちらも同じ」、「どちらかと言えばカラー」、「カラー」の 5 つの選択肢の中から、自分の考えに最も近いと思われるものにそれぞれ回答して頂いた。合計回答者数は、城北小学校 4 年生 82 名、佐波小学校 5 年生 78 名、散岐小学校 4~6 年生 36 名であった。

3. 結果

写真-1～写真-3 に対する結果を、それぞれ図-1～図-3 に示す。既往の研究から、小学生は現実感ではカラーを選択し、恐怖感では白黒を選択する傾向にあることが分かっているので、それを仮説として結果を分析する。図-1 の城北小学校は、現実感ではカラー寄りの回答数が顕著に多くなっており、恐怖感ではカラーよりも白黒の割合が高くなっている。また、図-2 の佐波小学校においても現実感ではカラー、恐怖感では白黒の割合が高い傾向にあり、城北小学校と同じくこちらも仮説通りの結果となった。一方で、図-3 の散岐小学校は、現実感と恐怖感の両方において、カラーよりも白黒の割合が高くなっており、仮説とは異なる結果となった。写真-3 以外の 5 種類の写真に関しても同様の結果となり、他の小学校と比較して、白黒写真により現実味を感じる学生が多くいると考えられた。ただし、いずれの小学校においても、恐怖感ではやはり白黒の回答数がカラーの回答数を上回って最も多かったため、小学生が白黒写真に恐怖を感じやすいという傾向は改めて不変であることが分かった。

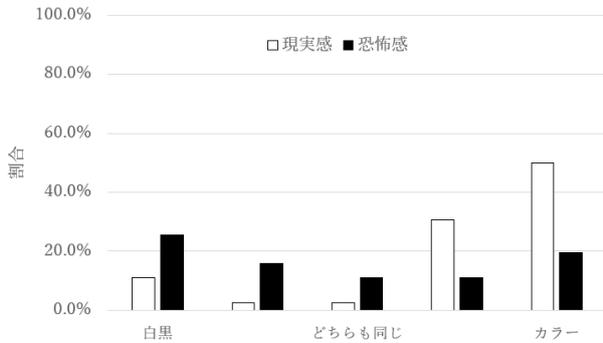


図-1 城北小学校 (写真-1)

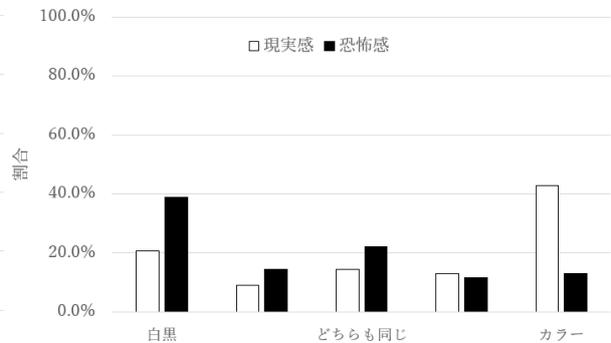


図-2 佐波小学校 (写真-2)

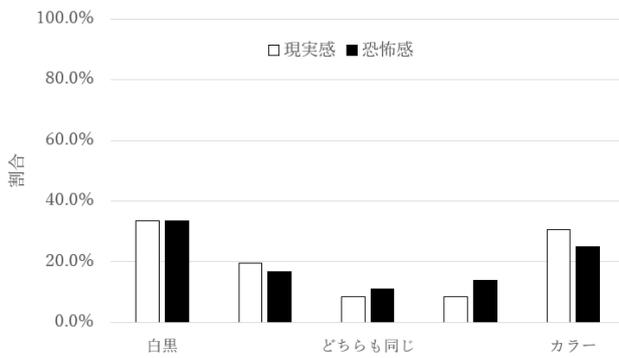


図-3 散岐小学校 (写真-3)

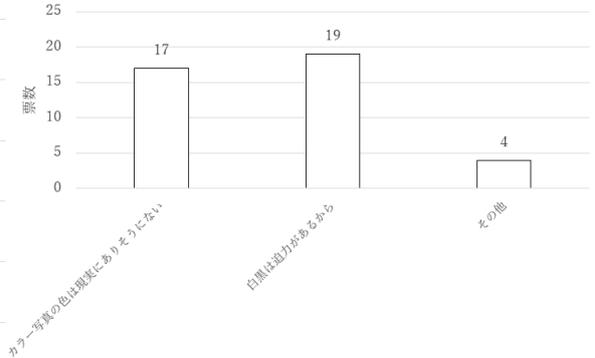


図-4 現実感において白黒を選択した理由

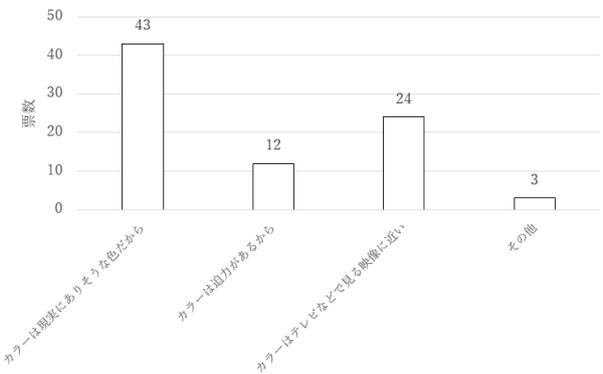


図-5 現実感においてカラーを選択した理由

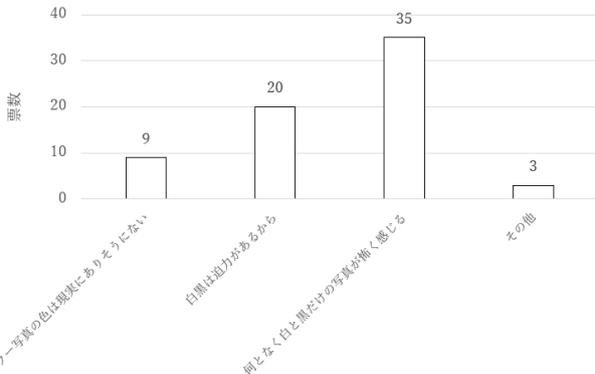


図-6 恐怖感において白黒を選択した理由

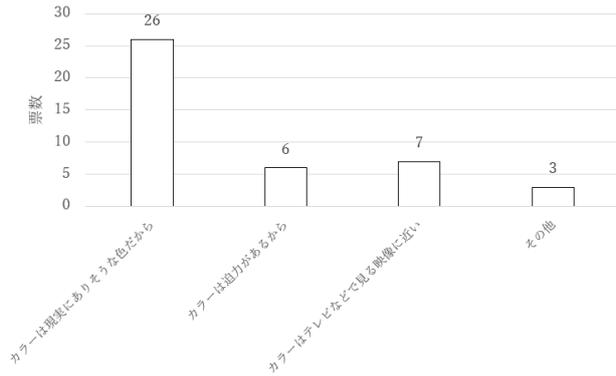


図-7 恐怖感においてカラーを選択した理由

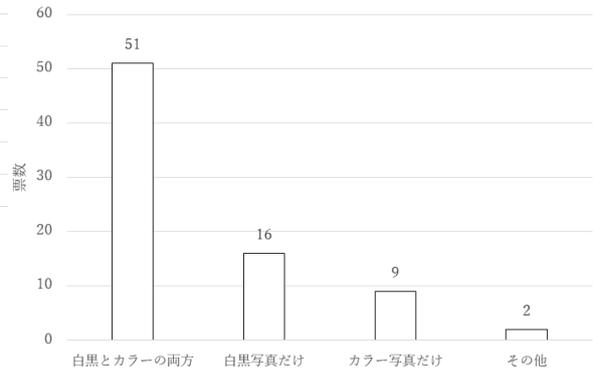


図-8 展示方法（佐波小学校）

4. 白黒・カラー選択理由、展示方法

本研究では、白黒かカラーかを問うだけでなく、その回答を選択した理由についても調査を行った。現実感と恐怖感において、白黒寄り、あるいはカラー寄りの回答をした人に対して、事前に用意した理由の項目の中から該当するものに印をつけて頂いた。その結果を票数としてまとめたものが図-4～図-7 である。理由に関しては、いずれの小学校においても似たような傾向となったため、代表として佐波小学校の結果を記載した。特に注目すべきは、図-6 の恐怖感において白黒を選択した人の内の多くが、何となく白と黒だけの写真に恐怖を感じたという点である。このことから、白黒写真と小学生が感じる恐怖感との間に、何か一定の関連性があると考えられる。さらに、今後防災授業等を行っていくうえで、その際に展示すべき写真の種類に関する調査を行った結果を図-8 に示す。こちらも学校に関わらず似たような結果となったため、佐波小学校の結果を例に挙げている。図を見て分かるように、ほとんどの学生が白黒写真とカラー化写真の両方を用いた方が防災意識の向上に役立つと感じており、ときに撮影された白黒写真だけでなく、カラー化写真の重要性も高いということが分かった。

5. おわりに

中国地方の3つの小学校を対象として、白黒写真とカラー化写真のそれぞれに関し、現実感と恐怖感に関する回答の傾向とその理由を探るべく、新たにアンケート調査を行った。現実感において小学生はカラーを選択するとは一概には言えない結果となったが、恐怖感においてはやはり白黒写真を選択する傾向にあることが改めて分かった。また、理由に関しても、恐怖感で白黒を選択した人の多くが何となく白と黒だけの写真に恐怖を感じていることが明らかとなった。今後は、さらに他の学校を対象に調査を実施して回答の傾向を再確認しつつ、防災授業等で用いた災害写真の効果についてもより深く調べる必要があると考える。

参考文献

- 1) 若澤啓太・朝位孝二：防災教育のためのカラー化された災害写真の利用に関する研究 自然災害研究協議会中国地区部会 研究論文集第8号, pp.21-24, 2022年3月
- 2) 山田暁・朝位孝二：過去の白黒災害写真とそのカラー化された写真の印象に関する比較調査 自然災害研究協議会中国地区部会 研究論文集第9号, pp.57-60, 2022年12月

水害発生時における住民同士の呼びかけの意思と 近隣交流の実態調査

齋藤美矢子¹⁾・今川友理乃²⁾・岡田育実³⁾・藤野舞⁴⁾

¹⁾山口大学大学院医学系研究科,²⁾愛媛県宇和島保健所,³⁾山口大学医学部附属病院,

⁴⁾山口県山口健康福祉センター

1. はじめに

近年、地球温暖化による平均気温上昇の影響で、我が国では記録的大雨の発生頻度が増加している。平成30年度西日本豪雨を始め、九州・中部地方で発生した令和2年7月豪雨など各地で大雨に伴った被害も多発している¹⁾。今後も起こりうる可能性のある水害の被害を最小限に抑えるためには、早期に避難することが重要であり、「他者からの呼びかけ」が避難行動を促進することが明らかにされている²⁾。また、避難の呼びかけを受けた世帯はそうでない世帯より、近隣との交流が活発である傾向にある²⁾とされているが、呼びかけを行う側の近隣交流は明らかにされていない。

そこで、本研究では、水害時に避難の呼びかけを行う住民の意思に着目し、水害時に近隣住民に呼びかけを行う意思の有無と平時の近隣交流の実態を明らかにすることを目的とした。また、呼びかけを促進する要因と困難にしている要因を検討することで、早期避難の呼びかけを促進する環境づくりの示唆を得ることとした。

2. 方法

2.1 研究デザイン 実態調査研究(自記式質問紙調査法)

2.2 調査対象

地区の選定:本大学が位置しており、真締川による河川氾濫リスクのある地域を含むA市B地区とした。対象者の選定:非常時に避難の呼びかけを行うことが可能な範囲である自治会の班単位で、町内会員の連絡調整の役割を持つ班長とした。B地区では班長の交代期間は1年以内が多く、月ごとに交代する班もあるため、災害時における意識は一般住民と変わらないと考えた。

2.3 調査方法

表1 アンケート調査実施概要

実施期間	2022年9月1日～9月21日
配布対象	A市B地区の単位自治会(65自治会、4029世帯)に所属する班長488名
配布方法	B地区の単位自治会長を通じて各班長へ配布
回収方法	単位自治会長経由または直接、地区ふれあいセンターに設置した回収箱に投函
配布全数	488人
回収数	169人(回収率34.6%)

表2 質問項目

基本属性	年代、性別、世帯人数、地域における役割
想定質問※	近隣住民への呼びかけを行うと思うか、呼びかけをして欲しいと思うか、呼びかけを行う条件、呼びかけを困難にする理由
近隣住民との交流	付き合いの程度、面識、地域活動や趣味・娯楽活動への参加

※想定質問の状況設定は、警戒レベル3(高齢者等避難レベル・市が発令)とした。これは、災害時に

高齢者や障害者以外の住民も危険を感じたら自主的に避難するタイミングであり、全ての住民にとっての早期避難の時機であると考えた。

2.4 分析方法 基本属性と各質問項目の単純集計とクロス集計を行う。また、質問1で、「避難時に近隣の住民に対して、避難の呼びかけを行うと思う」と回答した人【呼びかけの意思あり群】と「呼びかけを行うと思わない」と回答した人【呼びかけの意思なし群】の2群に分け、近隣交流に関する質問項目ごとの平均点で2群間比較を行い、呼びかけの意思と近隣交流の関連を明らかにする。

2.5 倫理的配慮 山口大学大学院医学系研究科保健学専攻生命科学・医学系研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。(承認番号:729-1)

3. 結果

回収数169人の内、本分析において必須の呼びかけの意思と近隣住民との交流の質問項目が無回答であるものを除外し、有効回答者数127人(有効回答率:75.1%)を分析対象とした。

対象者の基本属性について、年代では60代以上が67.5%であり、男女比は、4:6であった。世帯人数は2人が最も多く(48.0%)、1人暮らしは13.0%であった。普段の近隣住民との交流については、付き合いの程度は、「日常的に立ち話をする程度以上」64.0%、面識の程度は、「自治会の半分以上の人と交流がある」42.0%、地域活動・趣味娯楽へ参加している人は、21.0%であった。また、参加回数は、月平均2.1回であった。避難を想定した際に、呼びかけを行うと思う【呼びかけの意思あり群】84人(66.0%)、呼びかけをしてほしいと思う【呼びかけの希望あり群】83人(69.0%)であった。(図1)

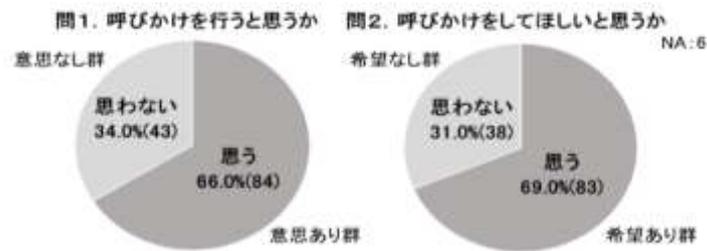


図1 避難を想定した際の行動について

避難の呼びかけを行う条件で最も多かったのは「大きな被害が予測される」73人であり、次いで「誰かから呼びかけを依頼されている」、「普段から気にかけている人がいる」であった。(図2)

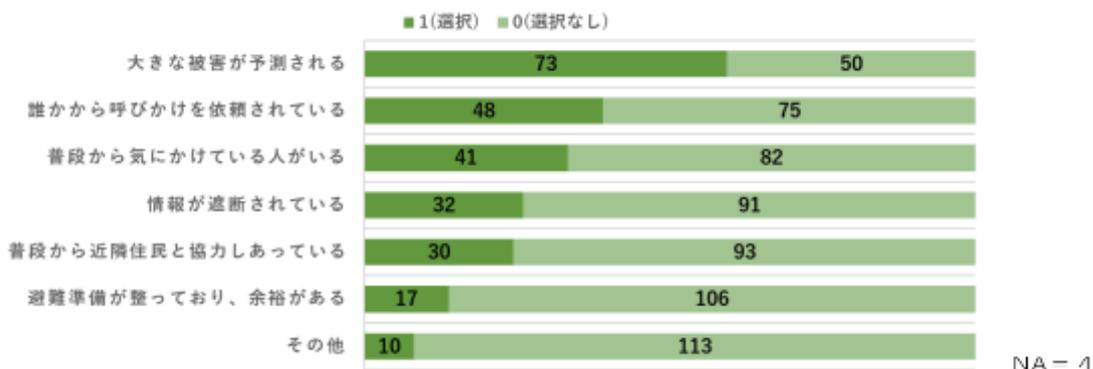


図2 呼びかけを行う条件

また避難の呼びかけを困難にする理由で最も多かったのは「迷惑がられるのではないと思う」51人であり、次いで「自分自身・家族の避難で他者を気にかける余裕がない」、「近隣住民の状況がわからない」であった。また、その他では、「地域住民では避難の呼びかけをしているがアパート住民との話し合いが難しい」があった。(図3)

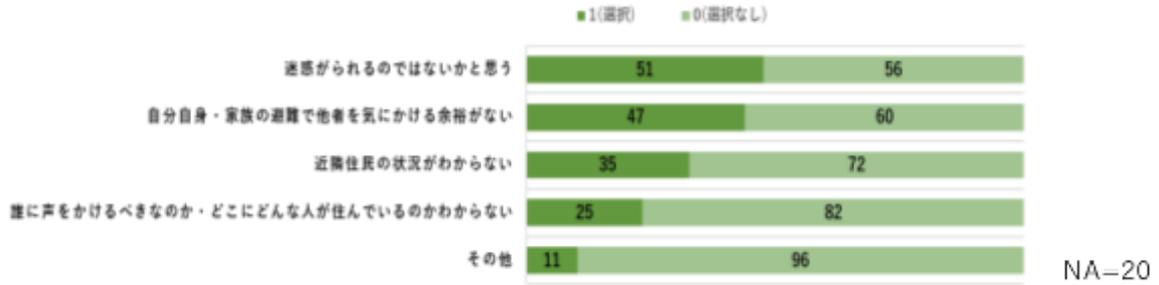


図3 呼びかけを困難にする理由

次に、年代別呼びかけの意思、年代別呼びかけの希望の Cochran-Armitage の傾向検定を行ったところ、ともに有意差 ($p < 0.005$) が認められた。

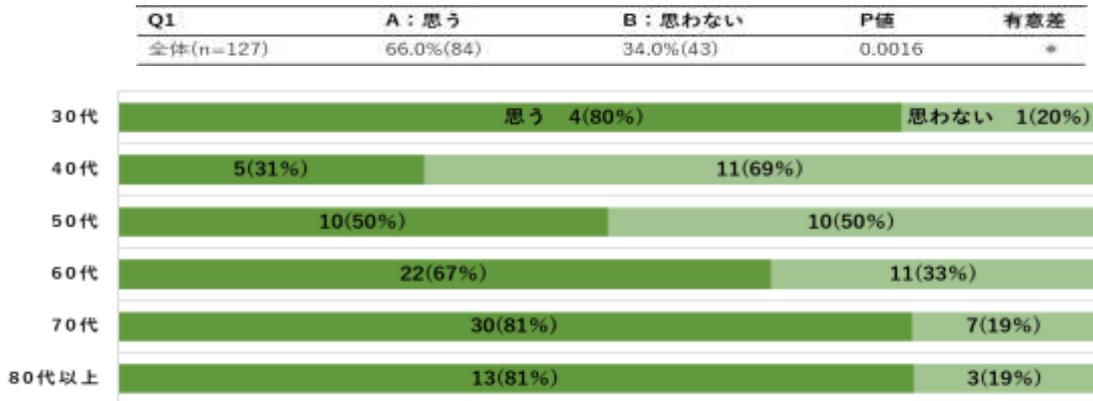


図4 年代別呼びかけの意思

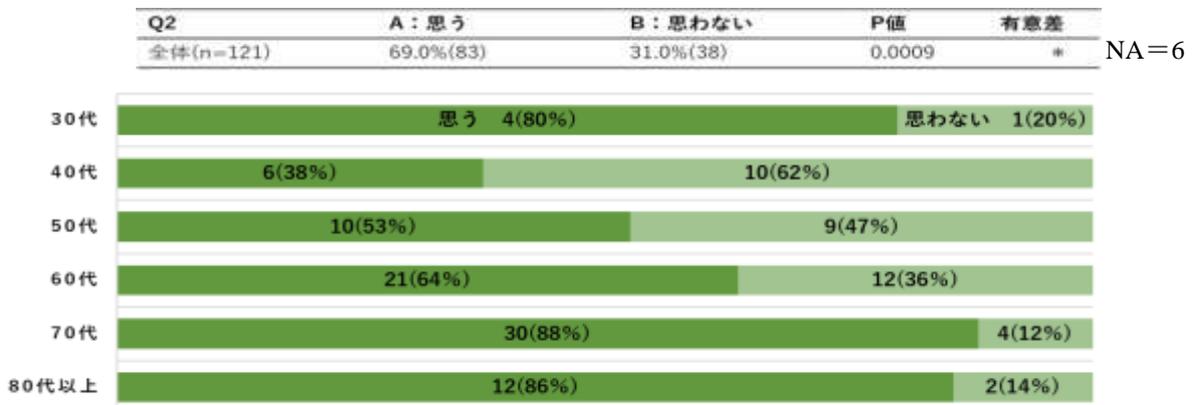


図5 年代別呼びかけの希望

平時の近隣交流として、近所付き合いの程度と面識の程度、地域活動・趣味娯楽への参加について、呼びかけの意思の有無による 2 群間比較を行ったところ、表 3 のとおり、近所付き合いの程度と面識に有意差が見られた。

表 3 呼びかけの意思と近隣交流の 2 群間比較

	意思あり群	意思なし群	t値	有意差
近所付き合いの程度	1.90	1.49	0.0012	*
近所との面識	1.67	1.23	0.0056	*
地域活動参加	0.42	0.49	0.8074	

* $p < 0.05$

4. 考察

呼びかけの意思あり群、希望あり群ともに約 7 割であり、B 地区住民の水害の避難時の互助意識は高いと考えられた。なお、呼びかけの意思あり群、希望あり群ともに年代が上がるほど割合が高かった。B 地区の 64 歳以下の割合は 72.9%と若者が多くアパート住民が多い地区であることから、若者に対して呼びかけを促進するアプローチが必要と考えられた。

呼びかけを行う条件として「大きな被害が予測される」が最も多かった。先行研究では、避難意図には、危険のリスク認知が影響を与えることが明らかになっている。³⁾本研究においても住民のリスク認知が呼びかけ行動に影響を与える可能性が示唆された。また、情報の内容に危険の程度を表す情報を含めると住民の危機意識形成に与える効果が高い⁴⁾ことから、呼びかけを促進するためには、今後の被害がどの程度になるか住民が容易に予測できるように、具体的な表現で災害の程度、今後のリスク発信など災害による危険の情報周知の強化や現在の状況と今後予測される危険を住民が理解しやすい表現で伝達することが有効であると考えられた。

呼びかけを困難にする理由としては「迷惑がられるのではないか」が最も多く、また呼びかけを行う条件は「誰かから呼びかけを依頼されている」が多かった。このことから、平時から顔の見える関係を作り、予め依頼しておくことが、迷惑に対する懸念を解消し、非常時の呼びかけを促進すると考えられた。

呼びかけ意思と近隣交流の関係では、近隣交流の中でも近所付き合いや面識の程度が多くなるほど「呼びかけを行うと思う」人が多かった。このことから、身近な場所で日常的な付き合いを広げることが、早期避難の呼びかけを促進させると考えられた。

5. 結論

B 地区では、住民の水害の避難時の互助意識は高いと考えられた。近隣交流の中でも特に、近所付き合いや面識の程度が呼びかけの意思と関連していた。早期避難を促進するためには、身近な場所で日常的な近所付き合いを促進する環境を整えることが重要であることが示唆された。なお、研究の限界として、B 地区においては、土砂災害警戒区域と洪水浸水想定区域があり、本研究では災害リスクのある地域とない地域を区別していなかったため、リスクの差による意識の違いを生じる可能性がある。今後の検討課題としたい。

【引用文献】

- 1)内閣府. 水害・土砂災害から家族と地域を守るには. みんなでつくる地区防災計画:防災情報のページ-内閣府. 平成 30 年 5 月
<<https://www.bousai.go.jp/kyoiku/chikubousai/pdf/180604.pdf>>(アクセス:2022 年 5 月 20 日)
- 2)柿本竜治, 山田文彦. 地域コミュニティと水害時の避難促進要因-平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の熊本市龍田地区の避難行動実態調査に基づいて-. 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集 2013;48(3):945-950.
- 3)関谷直也, 田中淳. 避難の意思決定構造—日本海岸沿岸住民に対する津波意識調査より—. 自然災害科学 J.JSNDS 2016;35(特別号):91-103
- 4)浅田純作, 片田敏孝, 他. 洪水避難に関わる情報提供と住民理解に関わる研究. 水工学論文集 2;01;45:37-42

平時における A 大学の看護学生の自然災害に対する 防災意識と防災行動についての関連

嵩西璃子¹⁾・下川桃佳¹⁾・斎藤美矢子²⁾

山口大学医学部保健学科¹⁾, 山口大学大学院医学系研究科²⁾

1. はじめに

我が国は位置, 地形, 地質, 気象などの自然的条件から, 台風, 豪雨, 豪雪, 洪水, 土砂災害, 地震, 津波, 火山噴火など災害が発生しやすい国土であり, 平時からの備えが不可欠であると考え¹⁾。国の防災白書によると, 自然災害に対して十分な備えをするためには, 自助・共助が極めて大きな役割を果たす²⁾とされているものの, 自然災害に見舞われやすい我が国においては, 国民の災害に対する関心は高いが, 実際の防災における自助の行動に必ずしも結び付いていない状況が報告され, 防災対策の実効性という点で大きな課題となっている³⁾。災害時に自分自身の命を守るためには災害に対する認識だけではなく, 正しい知識を持ち, 備蓄の準備やハザードマップや避難場所の確認などといった避難の準備等, 実際に行動に移すことが重要であると考え。松清 (2012) は, 看護基礎教育では, 災害に対する基礎的知識だけではなく, 防災意識を高め, いかに防災行動に結びつけられるかが重要であり, そのためには, 変化する災害リスクや地域における防災のあり方を, 居住地域のコミュニティや特性を視野に入れ, 学生が自ら考えられるような教育が必要である⁴⁾と述べている。そこで, 今後災害看護に携わる可能性がある看護学生の防災意識と防災行動の実態を明らかにし, 防災意識が防災行動にどう影響しているか検討すること。それにより看護学生が平時から防災意識を持ち, 防災行動をとれるようにするための啓発に活かせる示唆を得ることを本研究の目的とした。

2. 研究方法

2.1 研究デザイン

A 大学医学部保健学科看護学専攻の 2, 3, 4 年生の学生 237 名を対象に, 自記式無記名調査票を配布した。質問項目は, 基本属性(性別, 学年, 被災経験の有無と災害の種類)と, 国立研究開発法人防災科学技術研究所災害過程部門制作の防災意識尺度 ver20180115D⁵⁾関連項目 5 カテゴリー (表 1 A~E 項目/参考資料添付), 先行研究⁶⁾⁷⁾や自治体防災パンフレット⁷⁾を参考に独自作成した防災行動関連項目 4 項目 (表 2 1~4 項目)を尋ねた。

2.2 分析方法

(1) 基本属性と各質問項目の単純集計

(2) 防災意識尺度を得点化し, その総合点と被災経験の関連について対応のない t 検定を行い, 被災経験と防災意識の関連を分析した。また, 防災意識尺度の 5 項目ごとの合計スコアを求め, 学年別平均点で防災意識の傾向を分析した。

(3) 防災意識の関連項目ごとに, 先行研究⁸⁾⁹⁾の学生の全国平均得点を基準に, 防災意識の高い・低い群の 2 群に分類し, 防災行動関連項目の χ^2 検定を行い, 防災意識と防災行動の関連を比較分析した。分析には JMPPro14 を用いた。有意水準 $P < 0.05$ 。

倫理的配慮: 山口大学の倫理審査委員会の承諾を得て実施した。(承認番号 754)

3. 分析結果

回収数 217 名中無回答項目がある者を除外し、有効回答者数(率)206 名(89.6%)を分析対象とした。性別は、男子7名、女子198名、その他1名。学年別人数は、2年生67名、3年生76名、4年生63名。被災経験あり44名(21%)、被災経験なし163名(79%)であった。被災内容は大雨(34%)、洪水(20%)、地震(18%)の順で多かった。防災意識尺度のカテゴリー別得点・総合点の平均点はいずれも全国学生平均得点を上回っていた。(表1, 図1)

表1 防災意識尺度の総合点の平均の比較(学年別)

	2年生	3年生	4年生	3学年平均得点	全国平均得点(学生)	差(3学年平均-全国学生平均)
総合点の平均	81.55	78.71	77.43	79.23	69.42	9.81

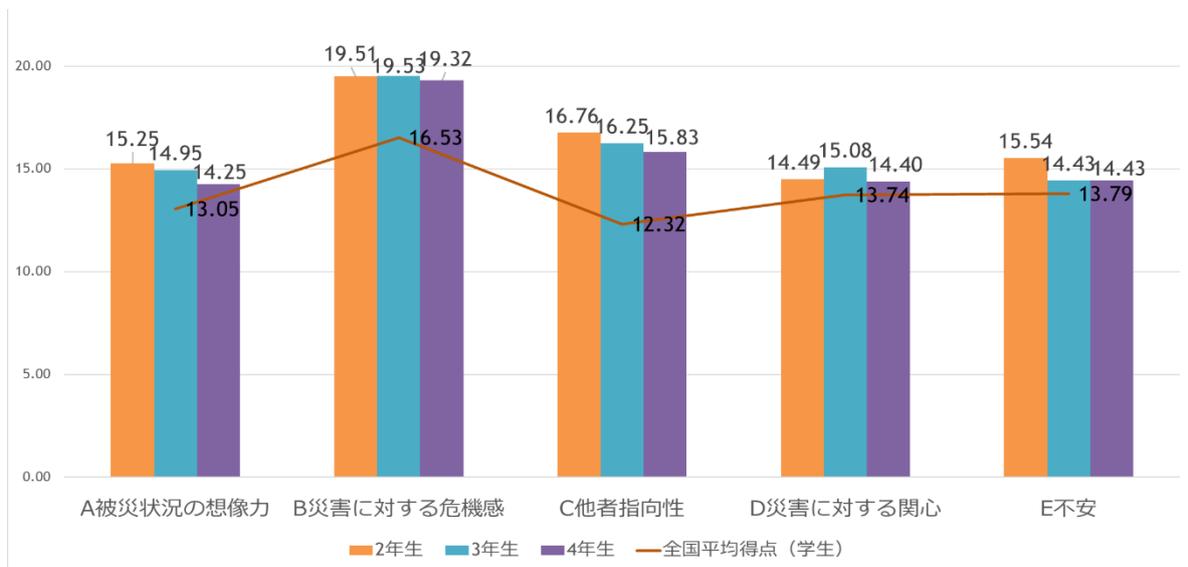


図1 防災意識尺度のカテゴリー別平均得点の比較

防災行動は、台風や大雨情報を平時から意識的に情報収集をしている(以下、平時からの情報収集)割合が4年生のみ半数以下であった。(表2) 非常時持ち出し品を準備している者は全学年で38名、その内容は、懐中電灯、食料、水の順に多かった。非常時の情報収集に必要なラジオや携帯の予備バッテリーは約10%であった。(複数回答)

表2 防災行動の実施割合(3学年)

防災行動		2年生	3年生	4年生
1台風情報や大雨情報を平時から意識的に収集している	している	57%	63%	43%
	していない	43%	37%	57%
2自分の居住している地域のハザードマップを確認し、浸水しやすい地域など、危険な場所を確認している	している	45%	32%	40%
	していない	55%	68%	60%
3近くの学校や公民館などの避難場所・避難経路を決めている	している	33%	26%	30%
	していない	67%	74%	70%
4非常時持ち出し品の準備をしている	している	21%	16%	19%
	していない	79%	84%	81%

次に、被災経験の有無と防災意識尺度の総合点の関連では4年生で、被災経験の有無と防災意識尺度

の総合点に有意差があった。(表 3) 防災意識尺度の学年別平均得点は2年生が最も高く、4年生が最も低かった。さらに、防災意識の差による特徴を確認するため、2年生と4年生の防災意識と防災行動の関連をみたところ、2年生では、【被災状況の想像力】と「近くの学校や公民館などの避難場所・避難経路を決めている」の項目のみ有意差があった。4年生では、【被災状況の想像力】と「平時からの情報収集」の項目のみ有意差があった。(表 4)

表 3 災害経験の有無と防災意識尺度の関連 (t 検定)

学年	経験あり(総合点の平均)	経験なし(総合点の平均)	P値
2年生	18(81.72)	49(81.49)	0.936027
3年生	11(83.91)	65(79.62)	0.097998
4年生	15(82.80)	48(76.79)	0.027962*

* p<0.05

表 4 防災意識と防災行動の関連 (χ² 検定)

防災行動の関連項目		2年生		P値	4年生		P値
		被災状況の想像力			被災状況の想像力		
		意識高い群	意識低い群		意識高い群	意識低い群	
台風情報や大雨情報を平時から意識的に収集する	している	31(46.27)	7(10.45)	0.1344	21(33.33)	6(9.25)	0.0247*
	していない	19(28.36)	10(14.93)		18(28.57)	18(28.57)	
自分の居住している地域のハザードマップを確認し浸水しやすい地域など、危険な場所を確認する	している	25(37.31)	5(7.46)	0.1403	17(26.98)	8(12.70)	0.4191
	していない	25(37.31)	12(17.91)		22(34.92)	16(25.40)	
近くの学校や公民館などの避難場所・避難経路を決めている	している	22(32.84)	0(0.00)	0.0006** *	15(23.81)	4(6.35)	0.0672
	していない	28(41.79)	17(25.37)		24(38.10)	20(31.75)	
非常持ち出し品の準備をする	している	11(16.42)	3(4.48)	0.7029	10(15.87)	2(3.17)	0.0893
	していない	39(58.21)	14(20.90)		29(46.03)	22(34.92)	

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

4. 考察

A 大学の看護学生は、全国の学生の総合の平均点より 9.81 点高く、防災意識が高かった。また、被災経験のある学生は 21%であり、4年生のみ被災経験と防災意識の関連が認められた。学年が上がるにつれて、防災意識尺度の総合点の平均点が下がっていた。2,3年生は防災行動の「平時からの情報収集」が半数を超えていたが、4年生は半数以下で、先行研究⁶⁾同様、災害看護に関連する講義の履修の有無(表 5)は防災意識や防災行動に影響しないと考えられた。また、2年生の防災意識の総合点の平均点が高かった要因として、2年次からキャンパス移動で転居をする学生が多く、居住地域の変更が防災対策を考えるきっかけになると考えた。防災行動では、「平時からの情報収集」と回答した者が多かったが、非常用物品の準備では、ラジオ、携帯電話の予備バッテリーなどは約 10%であったことから、平時では情報収集しているが、被災時に情報収集するための準備はできていないことが分かった。防災意識と防

災行動の関連では、防災意識の高い2年生は近くの避難場所や避難経路を決めているという具体的な防災行動に結びつき、意識の低い4年生は情報収集に留まっていた。以上のことから、災害に対して具体的なイメージを持つことが具体的な防災行動に結びつくことが示唆された。避難者の疑似生活体験は防災意識や防災対策に関連する要因¹⁰⁾とされていたことから、看護学生自身が平時から防災意識を持ち、防災行動をとるためには、災害の具体的なイメージが持てる教材や避難者の疑似生活体験等での啓発が有効と考えた。

科目名	テーマ	内容	2年生	3年生	4年生
看護学概論Ⅱ	災害看護(1)	災害の定義,災害の種類と疾病構造,災害サイクル,災害看護とは,災害各期における看護,災害に関する法律等	—	○	○
	災害看護(2)	災害看護の実践事例を通して,幅広い看護活動の実際 様々な看護活動の場,看護理論の実践への応用,看護技術の適用, 多職種連携・協働等	—	○	○
救急看護学	災害看護	災害看護(概要と実際)	—	—	○
公衆衛生看護活動論	健康危機管理①	健康危機管理の基本、広域的視点も踏まえた平常時からの健康危機管理の体制整備,発生後の保健活動,災害時の保健活動	—	—	○
保健福祉行政論	保健所の機能・役割・業務(2)	健康危機管理(保健所の感染症対策,災害対応など)	—	—	○

5. まとめ

A大学の看護学生の防災意識は全国の学生平均と比較して高かった。防災行動は情報収集に留まっている者が多く、非常時持ち出し品の準備等具体的な対策をしている者が少なかった。防災意識の高い2年生は具体的な防災行動に繋がっており、防災意識の低い4年生では情報収集に留まっていた。

【参考文献】

- 1) 内閣府. 防災情報のページ. 1 災害を受けやすい日本の国土. (<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h18/bousai2006/html/honmon/hm01010101.htm>) (アクセス: 2023年5月11日)
- 2) 内閣府. 平成20年度版 防災白書, 第1部 災害の状況と対策 序章 災害に対する関心の高まりを「自助」「共助」の防災行動につなげる (https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h20/bousai2008/html/honbun/1b_0josh0_00.htm) (アクセス: 2023年5月20日)
- 3) 内閣府. 平成20年度版 防災白書, 序章1 国民の防災意識を防災行動へ (https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h20/bousai2008/html/honbun/1b_0josh0_00.htm) (アクセス: 2023年5月20日)
- 4) 松清由美子. 災害特性の異なる地域で生活する看護学生の防災意識および防災行動の相違. 日本医学看護学教育学会誌 2012; (21):39.
- 5) 国立研究開発法人防災科学研究所災害過程研究部門. 島崎敢, 尾関美喜. 防災意識尺度 ver20180115 D. (<https://www.bosai.go.jp/katei/products/bousaiishikishakudo.html>) (アクセス日: 2023年6月5日)
- 6) 中村有美子, 藤井可苗, 他. 看護学生の災害看護学履修別防災意識と防災行動の検討. ヒューマンケア研究学会誌 2013;5(1):55-60.
- 7) 宇部市. 宇部市防災ガイドブック. (https://www.city.ube.yamaguchi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/017/504/ubebousaiguide_1101.pdf) (アクセス日: 2023年7月30日)
- 8) 島崎敢, 尾関美喜. 防災意識尺度の作成(1). 日本心理学会第81回大会発表論文集 2017;3:69.
- 9) 島崎敢, 尾関美喜. 防災意識尺度の作成(2). 日本心理学会第81回大会発表論文集 2017;3:70.
- 10) 濱本里彩, 白石三恵, 他. 看護学生の防災意識・防災対策の実態とその関連要因についての文献レビュー. 大阪大学看護学雑誌 2017;23(1):1-8.

<参考資料>

防災意識尺度 ver20180115D

以下の文章はあなた自身の考えにどのぐらい当てはまりますか？
右の選択肢から最も近いものを選んで数字に○をつけてください

	まったくあてはまらない	あてはまらない	ほとんどあてはまらない	どちらかというにあてはまる	どちらかというにあてはまる	かなりあてはまる	あてはまる	とてもよくあてはまる
1 災害発生時に人々がどのような行動を取るか具体的なイメージがある	1	2	3	4	5	6		
2 自分の利益にならないことはやりたくない	1	2	3	4	5	6		
3 災害発生時に必要となる物資の具体的なイメージがある	1	2	3	4	5	6		
4 色々な友達をたくさんつくりたい	1	2	3	4	5	6		
5 災害発生時に何がどうなるかの具体的なイメージがある	1	2	3	4	5	6		
6 ひとたび災害が起きれば大変なことになると思う	1	2	3	4	5	6		
7 自分は心配性だと思う	1	2	3	4	5	6		
8 不安を感じる事が多い	1	2	3	4	5	6		
9 自分の身近なところで起きそうなことだけ考える	1	2	3	4	5	6		
10 災害のことを考え始めると、様々なパターンの被害を想像してしまう	1	2	3	4	5	6		
11 習性は災害のことは考えない	1	2	3	4	5	6		
12 災害は明日来てもおかしくない	1	2	3	4	5	6		
13 個人の努力だけで災害の被害を減らすことは難しいと思う	1	2	3	4	5	6		
14 身の周りの危険をいつも気にしている	1	2	3	4	5	6		
15 災害対策は耐震補強や防煙堤の整備など物理的なもので十分だと思う	1	2	3	4	5	6		
16 人とコミュニケーションを取るのが好きだ	1	2	3	4	5	6		
17 防災は自分の地域だけで完結するのではなく他の地域との連携も必要だと思う	1	2	3	4	5	6		
18 人が集まる場所が好きだ	1	2	3	4	5	6		
19 災害発生時に自分がどのような対応をすればよいか具体的なイメージがある	1	2	3	4	5	6		
20 他の人のために何かしたいと思う	1	2	3	4	5	6		

○をつけた数字を□に記入して下さい
記入したら縦方向に合計して下さい
Dスコア・総合点を式に従って計算し、
計算が終わったら裏返して下さい

Aスコア

Bスコア

Dスコア

Eスコア

28 - □ = □

総合点

A + B + C + D + E = □

▶ 「防災意識尺度」は、皆さまの防災意識が平均的な人比べてどの程度かを定量的に測る「モノサシ」として、防災科研の島崎敬と東京国際大学の尾関美喜が共同開発したものです

▶ どなたでも自由にご利用いただけますが、利用実績把握のためにご一報いただけますと幸いです
問い合わせ・感想などは(国研)防災科学技術研究所 災害過程研究部門 katei_office@bosai.go.jpまで

関連文献： Ozeki, M., Shimazaki, K. & Yi, T. 2017, Exploring elements of Anti-disaster Consciousness: Based on Interviews with Anti-disaster Professionals, *Journal of Disaster Research*, 12(3), 631-638.
島崎敬・尾関美喜 2017/9 防災意識尺度の作成(1), 日本心理学会第81回大会発表論文集, 69.

測ってみよう
あなたの
「防災意識」

名前 _____

記入日 _____ 年 _____ 月 _____ 日

低い 偏差値 高い

	20	30	40	50	60	70	80
A 被災状況の想像力	4	5	6	7	8	9	10
B 災害の危機感	18	19	20	21	22	23	24
C 他者指向性	4	5	6	7	8	9	10
D 災害に対する関心	5	6	7	8	9	10	11
E 不安	7	8	9	10	11	12	13
総合点	50	60	70	80	90	100	

行：行政職員平均値
主：主婦平均値
学：学生平均値
リ：防災リーダー平均値
熊：熊本地震被災者平均値(2017/2時点)

下から0.1% 下から2.3% 下から15.9% 平均値 上から15.9% 上から2.3% 上から0.1%

MARCH級 早慶上智級 東大理3級

A:被災状況に対する想像力
災害が起きたらどんなことが起きるか、何が必要か、何をすることを想像する力です。これが低い人は、災害のことを調べる、被災者の話を聞くなどして災害を知り、想像力を養いましょう

B:災害に対する危機感
災害をどのくらい深刻に捉えているか、現状ではまずいと思っているかを表示しています。これが低い人は、災害は明日来てもおかしくないことを再認識し危機感を持ちましょう

C:他者指向性
社会や人のために何かをしようと思う心です。災害は地域の人みんなが協力しなければ乗り切れません。これが低い人は共助の大切さを再認識し、他人のことも考えるようにしましょう

D:災害に対する関心
災害に興味を持ち、災害を自分のこととして捉えている程度です。これが低い人は災害に関心です。まずは災害を自分の問題として捉え、防災のために自分何をするかを考えましょう

E:不安
災害のことを心配している度合いです。不安は災害に対する備えの原動力にもなりますが、A～Dと違って、高すぎてもよくないことに注意が必要です。過度な心配を心がけましょう

総合点
あなたの「防災意識」の全体的な水準を表しています。自分の防災意識が他の人と比べて高いか低いかを知り、低かった人は今よりも災害や防災のことを考えてみる機会を増やしましょう

偏差値とは、平均値を50、標準偏差を10に変換した値です。例えば、偏差値60とは平均よりも標準偏差1つ高い値であることを示しています
この尺度の偏差値は全国から無作為に抽出した618名分の回答値の平均値と標準偏差から算出されています

教科単元「防災とまちづくり」の受講者にみる 文系・理系の学生間の「防災対応」のとらえ方の差異

目山直樹*・呉贇**

*徳山工業高等専門学校・**周南公立大学

1. 教科単元「防災とまちづくり」の取り組みの経緯

1.1 周南公立大学「持続可能な社会とダイバーシティ」の単元「防災とまちづくり」

この取り組みは、周南市、周南公立大学、徳山工業高等専門学校（以下、徳山高専という）の3者で連携するための会議（以下、3者連携）の中で、徳山高専の「防災」に関わる知識や知見を、周南公立大学に提供してほしいという話題から始まったものである。その中で、周南公立大学のオムニバス授業の1単元に、筆頭著者の目山が講師を務めることになり、開始したものである。

2023年度の周南公立大学の共通科目として「持続可能な社会とダイバーシティ」という科目（担当の一人が共著の呉贇女史である）があり、15週の授業のうち9講を「防災とまちづくり」の単元に位置づけ、目山が担当することになった。受講者はレポート提出者ベースで111名であった。学部・学年ではばらつきがあり、1年生から4年生まで受講していた。所属学部は経済学部、福祉情報学部の2学部である。

オムニバス形式の授業で、目山に与えられた配点は7点であった。7点満点のレポートを受講者に課し、採点し評価した。また、formsにより受講者アンケートを行い、「防災」に対する認識を確認するとともに、災害時の対応についてたずねている。アンケートには98人から回答が得られた。

1.2 徳山高専「都市計画」の1単元「都市と防災」

徳山高専土木建築工学科の4年生（大学1年生に相当）の教科に「都市計画」（通年、2単位）があり、2014年度以来、目山が担当している。30週の単元うち、「都市と防災」がある。この単元はすでに一定のカタチで進めてきているが、今回、周南公立大学の授業「防災とまちづくり」との共通性を持たせ、同一の課題とformsアンケートを課すことで、文系の周南公立大学の学生と、理工系の徳山高専の学生を対象に、「防災対応」のとらえ方の差異を把握することとした。

2. 講義内容とレポート課題（令和5年度）

2.1 講義内容の概要

講義内容は、表-1に示す項目設定と内容によるものとした。授業進行と同時に、レポートへの書き込みを促し、授業後ただちにレポートを回収した。その後、formsによるアンケートを実施し、受講者の意識変化を把握することとした。

講義内容とレポートは、周南公立大学、徳山高専ともに共通のものとした。

講義内容は、1現状把握として、現状把握について3点、書き込んでいただいた。すなわち、「防災」とSDG`sの関係性を問うもの（1点）、「まちづくり」とSDG`sの関係性を問うもの（1点）、「防災」×「まちづくり」とSDG`sの関係性を問うもの（1点）を授業進行とともに書き込みの時間を設けた。

共通の認識を築いた段階で、その次の講義を進め、最後にレポートへの回答時間をとった。すなわち、現在の「防災×まちづくり」に対する認識を問うもの（周南公立大生は周陽地区を対象に、高専生は徳山高専周辺

を対象と限定した。さらに自宅周辺について前述の理解を確認した(1点)、つづいて、「防災まちづくり」のための現状からの改善の視点(あなたのアイデア)を問うた(1点)。最後に、防災まちづくりを具体化するための工夫や仕組みについての提案を問うた(2点)。

表-1 講義内容の概要

項目	内容	レポートへの書き込み	ページ数
表紙			1
目次	5項目		1
宿題			1
1.現状把握			1
	SDG's		1
	防災×まちづくり		3
	レポートへの書き込み	1-1~1-3	1
2.あなた自身のことについて考える	あなたの防災への関わり あなたのまちづくりへの関わり		1
3.防災まちづくりのため			1
5.防災まちづくりの例「イケダマップ」	別スライドによる説明		1
【レポート作成】			1
2.課題認識	周陽地区の安全・安心とは	2.課題認識	1
3.改善の視点	安全・安心を高めるには	3.改善の視点	1
4.提案	あなたができること	4.提案	1
	安全・安心を実現するには		1
Formsへの回答		Formsへの回答	1
			18

2.2 レポート課題の設定と評価指標

レポート課題は、表-1の項目で設定し、A4版用紙1枚に納められている。授業では、授業時間内に記入し、授業後、直ちに回収することとした。評価指標も表-1に示すとおりであり、現状認識で4点、改善点で1点、工夫や仕組みの提案で2点の配転とした。

<p>1. 現状把握</p> <p>1. SDG'sの17項目と「防災」×「まちづくり(都市計画)」との関係 あなたの読み解き</p> <p>1-1. 「防災」とSDG'sの項目(1点)</p> <p>1-2. 「まちづくり」とSDG'sの項目(1点)</p> <p>1-3. 「防災」×「まちづくり」とSDG'sの項目(1点)</p> <p>2. 現在の「防災×まちづくり」の認識 徳山高専の周辺で、自宅の周辺で(1点)</p> <p>3. 「防災まちづくり」のための現状からの改善の視点(あなたのアイデア)(1点)</p> <p>4. 防災まちづくりを具体化するための工夫や仕組みの提案(2点)</p> <p>評価 .現状把握(4) .改善の視点(1) .具体化方策(2) 合計(7)</p> <p>※素点は7点とし、0.5点満点に割り戻す。</p>

図-2 レポート用紙に示した「課題設定」と評価点(計7点)

3. 受講者別のレポートの評価

3.1 周南公立大学の受講者

周南公立大生の受講者は109名で、レポートの得点の平均は5.1点であった。高専生の得点に比べ1点ほど低い水準にあるが、これは、3点から7点の範囲に特典がばらついていたり、0点などの評価があることが影響している。レポート評価7点のものうち、目山が最高評価をつけたものは4年生の学生であった。

3.2 徳山高専の受講者

高専生のレポート評価点の平均は、6.1点と高かった。これは8割方の受講者が7点ないし、6点に集中していること、得点の低いものがわずかであったことが要因といえる。高専生の場合、目山の授業を受講するのが4年目であり、慣れていることもプラスに働いているといえる。

また、今回は、周南公立大で授業した後、徳山高専で授業しているため、講師の習熟度が上がっていることも影響したかもしれない。次年度に機会があれば、順番を入れ替えてみたいと考えている。

表-2 レポートの評価

	周南公立大学	徳山高専
実施日時	2023年6月13日	2023年6月23日
受講者※	109	41
レポートの得点 (平均点)	5.1	6.1
7点	22	16
6点	24	16
5点	22	7
4点	29	1
3点	10	1
2点	1	0
1点	0	0
0点	1	0
※レポート提出者		

表-3 formsアンケートの結果

実施日時	設問	周南公立大学	徳山高専
		2023年6月13日	2023年6月23日
回答者※		98	30
アンケート の回答	ハザードマップを知っていたか	92.9%	100.0%
	ハザードマップを見たことがあるか	69.4%	93.3%
	居住地区の防災上の危険性の認識	87.8%	56.7%
	居住地区の防犯上の危険性の認識	79.6%	46.7%
	居住地区の交通安全の危険性の認識	88.8%	60.0%
	避難場所を決めている	21.4%	76.7%
	受講後避難場所を決めた。	23.5%	66.7%
※アンケート回答者			

4. 受講者別の forms アンケートの評価

4.1 周南公立大学の受講者

Formsアンケートでは7問を設定した、最初の2問はハザードマップで、次の3問は、居住地区での危険性認識が、防災、防犯、交通安全の面から強くなったかをたずねている。最後の2問は避難場所に関するもので、とくに7問目は、受講後、避難場所を決めたかを問うている。

周南公立大生は、危険認識について、防災、防犯、交通安全のいずれも「強くなった」と認識を変化させている。一方で、あらかじめ避難場所を決めているものは2割程度で、受講後、決めたものも2割程度と少ない。

4.2 徳山高専の受講者

高専生は、ハザードマップを知っているものは全員で、みたことのあるものも93%と高水準である。徳山高専の周辺に住んでいるものが少ないこともあり、危険性の認識は高くない。一方、避難場所を決める意識は、3

分の2が回答していて意識が高いといえる。

5. 文系・理系の受講者による得点等の差異

5.1 レポートの得点にみる文系・理系の差異

レポートの得点の差は、文系・理系の差異というより、講師の授業に対する受講の慣れの差ではないかと推測する。そのため、差異を生じさせない工夫を講じる必要がある。SDGs、防災、まちづくりの言葉の定義づけに授業前半の時間を割き、理解を深めたうえで、レポートの記述に入るよう工夫していきたい。

5.2 formsアンケートにみる文系・理系の差異

Formsアンケートでは、周南公立大生と徳山高専生で回答に際立った差異がみられた。ハザードマップをみたことがない周南公立大生が3割いることを考えると、大学構内に「ハザードマップ」を掲示し、学生たちに危険を意識させることが必要と考える。

一方、居住地区（高専生は徳山高専周辺が対象）における危険性の認識は、周南公立大生で顕著に強まっており、今回の授業が影響していると考えている。受講前に、認識をたずねるアンケートを次年度には貸していきたい。高専生は、周南市外からの通学者が6割程度あることから、危険性の認識は佐連ほど強くなっていない。この辺りの対応は、教材や対象地区の設定を再検討したいと考えている。

避難場所に対する認識は、県外からの学生が多い周南公立大生では認識が低いと見え、避難場所を決める行動に結びついていない。

6. まとめ

6.1 考察

文系と理系というくくりでの差異は、率直なところわからない。レポートに関しては、目山の授業やレポートになれている徳山高専の4年生と、初めて授業を受ける周南公立大生の違いは歴然としたと考えている。

formsアンケートに出身県の項目を入れておくべきだったという反省がある。周南公立大学の学生の出身地は8割が県外ということを考慮すると、周南公立大生は山口県や周南市、周南地域の「防災」対応になれていないとみたほうがよい。

レポート課題の7点満点の受講者をながめてみて、目山が最優秀のレポートと評価したものは、周南公立大学の4年生のものだった。このことは、徳山大学の時代に入学した者を意味している。

6.2 次年度に向けた対応

次年度の対象科目の講師について、すでに依頼を受けているため、継続的に調査を進めたいと考えている。ただし、次年度は、周南公立大学に理系学部が設置されるため、周南公立大学側の受講者の中に、文系・理系が混在することになる。

改善の方向とし、受講前後にアンケートをとるようにすること、アンケートの中出身地を問う設問を入れることに努めたい。

謝辞:今回、周南公立大学と徳山高専で、あらたな教育連携に取り組む機会を得た。ここに至るまで、ご尽力いただいた関係各位に感謝したい。授業の中で、事前説明しているが、レポートとformsアンケートに応じていただいた両校の学生諸君に、深甚なる謝意を表す次第である。

右田小学校でのリモート型防災教育の 企画、実施とその効果

右田小学校での継続的な防災教育の取り組み#1

目山直樹*・秋山真一*・福田真之介*・西本忠章*

*徳山工業高等専門学校・**山口建設コンサルタント

1. はじめに

1.1 防災教育の取り組みと児童の防災意識醸成への影響

2011年3月11日の「東日本大震災」において、岩手県釜石市の小・中学生の多くが津波災害を避け、自分たちの避難行動で自らの命を救ったことは、周知の事実である。この背景には、片田敏孝らによる「防災教育」の取り組みが、大きく影響している¹⁾。徳山高専都市計画研究室(目山直樹、以下、目山とする)は、2010年から2023年8月までの間に約1万7千人の小学校児童・中学校生徒に対する「防災授業」を実施し、児童・生徒の防災意識の醸成と、その家族を含む災害時の避難場所を意識させることに関わってきている²⁾。

目山が行ってきた防災教育の特徴は、災害のメカニズムを紹介する「理科的要素」と、ハザードマップを使った演習の「社会的要素」から成り、宿題で「家族で話しあい、避難場所を決める」ことを課している点である^{3),4)}。宿題実施率は、コロナ禍前の2018年度までは、小学生は6割、中学生は3割となっていた。

1.2 右田小学校での防災教育の経緯

徳山高専都市計画研究室が右田小学校でおこなった「防災出前授業」は、2011年と2015年、2017年の3回であり、いずれも防府市防災危機管理課との共同事業であった。防府市との共同事業はコロナ禍の2020年度に打ち切り、そのままであったが、2023年度の卒業研究生に秋山真一(右田小学校卒業生)を迎え入れたことにより、改めて、右田小学校での「防災出前授業」を行うこととした。

今回の取り組みは、受講者(児童)であった高専生が、講師側の役目を果たしながら、2種類の「防災出前授業」を実施し、その効果を整理することに特徴がある。ひとつは、従来から行っている「対面型」のものであり、もうひとつは「リモート型」のものである。

「リモート型」防災教育を行うきっかけは、児童の災害対応力(ここでは、宿題実施率)の低下を憂えたからである。かつて、77%であった宿題実施率は、2023年には51%に低下していた。宿題実施率の小学生の平均は、かつて6割程度であった。2009年7月11日の土砂災害を経験している「右田地域」で、平均の6割を切るほど、宿題実施率が低下するとは想像していなかった。

このことを受け、リモート型の「防災出前授業」教材を作成し、随時、「防災」について学べるようにすることを試みた。これに用いたwebサイトを下記に示す。

1.3 宿題実施率の変化と課題

今回の取り組みを通じ、宿題実施率の変化は2011年(74%)、2015年(77%)、2017年(75%)、2023年(51%)となっており、2023年12月22日から2024年1月8日までに課した「冬休みの自由課題」では、68%まで回復している。

児童の宿題実施率が低いことの根底には、①2009年の災害よりあとに生まれ、災害の記憶がないこと、②自分たちの住む地域の災害への脆弱性を知らないことなどの理由が想像される。

児童の災害対応力を育てるためには、①児童に対して過去の「災害」の事実を伝えること、②防災教育の機

会を増やすことなどが考えられる。そのため、学習用の教材をwebページにおいて、学びの場とすることを検討したい。

1.4 リモート型防災教育の企画・実施のための調整

2023年度の「防災出前授業」は、徳山高専が主催する「地域生涯学習プラットフォーム（出前授業のプログラム）」に、右田小学校が申し込み、徳山高専が教員を派遣する形をとっている。目山と受け入れ側の右田小学校5年生の担任との事前調整を行った。

この時点では、2023年度の対応のみを前提したプログラムとして開始したが、つぎつぎに出てくる課題に対応するため、2024年度までの2年間で継続実施するための調整を始めている。

2. リモート型防災教育の企画

2.1 リモート型防災教育の組み立て

リモート型防災教育の組み立ては、webページ上に、事前アンケートと動画教材と事後アンケートを設定するものである。

動画教材の終わりに、宿題を2つ課しているので、宿題をやり終えてから、事後アンケートに回答するようにしている。さらに、3種類の実験に関する動画を別に設定し、見返すことのできるように工夫してある。(図-1)

2.2 webページの設定とアンケートによる評価

webページを以下のように設定した。6月と7月に対面授業を実施した、右田小学校5年生の児童を対象に、リモート型防災教育を行うこととした。

実施期間は冬休み中の2023年12月22日から2024年1月8日までとした。

アンケート調査は、formsを利用したwebアンケートとし事前アンケートと事後アンケートの2回をセットで行うこととした。

右田小学校のweb版防災教育

<https://buranaoki-tokuyama.com/migita-web/>

Web版「右田小学校のリモート型防災授業」

冬休みの宿題として学ぶ

1.最初のアンケート (forms。QRコード)

2.動画をみてください。(13分の動画)

3.みて、宿題をしたら、アンケートに回答する。

[宿題]

① 家でハザードマップをみる

② 家族で、災害の時の避難場所を決める
(forms。QRコード)

4.実験の動画

4-1.土石流 (動画)

4-2.がけ崩れ (動画)

4-3.地すべり (動画)

実施期間は2023年12月～2024年1月8日

3. リモート型防災教育の教材作成

3.1 ベースの教材からの見直しと変更

ベースの教材は、従来、対面型授業で使用していたものである。リモート型教材に発展させるために、不要なものをそぎ落とし、シンプルにする必要があった。

最初に、実験動画を教材とは独立させて掲示することとし、実験のみを繰り返し視聴できるように工夫した。つぎに、全体の組み立てをみなおし、1.防災の定義、2-1.災害の説明(6項目)、2-2.土砂災害の説明、3.ハザードマップの説明と、ハザードマップによる演習とした。

4.東日本大震災にみる教訓をお話しし、5.宿題を提示するという組み立てとした。全体として、スライドは72枚となったが、対面型に比べ2割減である。

図-1 webページの組み立て

教材スライドに、講師役の高専学生（土木建築工学科5年生，秋山真一）のナレーションを吹き込み、動画教材として整えた（表-1）。

秋山は、右田小学校の卒業生であり、6月・7月の対面授業では講師補助として、実験や演習をサポートしてきた。児童からは、「先輩，先輩」と声をかけられてきた。高専生が、小学校に出向き、児童に「技術」を伝え、教えるという行為は、世代間の教育交流として価値高い。

3.2 教材スライドの作成

教材スライドの表紙を図-2に示す。全体で13分程の動画教材となった。音声を吹き込むための原稿作成、スライド1枚ごとの音声入力を行った。

実験動画を別建てで掲示する方法をとったため、スライドの中での実験動画は、土石流実験水槽の画像、乾いた砂の安息角の実験の3枚の写真画像、地すべり実験水槽の画像の掲示にとどめた。

また、教材の中の、土石災害の画像は、2009年7月11日の右田地域で発生したものを中心に活用した。

表-1 教材動画の組み立て

項目	内容	細目	ページ数	
表紙			1	
防災	防災の説明		3	
目次			1	
災害の説明	全体説明	火災	2	
		地震	3	
		豪雨・洪水	8	
		高潮	4	
		津波	2	
			7	
		土石災害	土石流	7
			がけ崩れ	7
			地すべり	4
		ハザードマップ	表紙・説明	
ハザードマップ	1			
演習			1	
	書き込み手順		4	
	気づき		2	
東日本大震災にみる教訓	表紙	生存率99.8%	1	
	教訓		8	
	私たちにできること		1	
宿題			1	
ありがとう			1	
			72	

4. リモート型防災教育の実施

4.1 冬休みの自由課題としての試行（5年生）

自由課題のため、全員が実施したわけではないが、5年生児童101名中、88名が事前アンケートに回答してる。事後アンケートは47名の回答にとどまったが、教頭に確認したところ、宿題実施後の対応がわかりにくかったとの感想を得た。

これまでの授業では、担任が立ち合いのもとに、webアンケートに回答していたため、自分一人では、要領を得ない場合があることがうかがわれた。

4.2 右田小学校全体の取り組み（全校児童）

冬休みの自由課題として、5年生を対象に、リモート教材を活用していただいたが、2024年1月9日に、その様子の確認のため、電話連絡したところ、教頭先生より、全校児童に展開したい旨の申し出を受けた。

このリモート教材は、1年生にはわかりにくいところがあるかもしれないが、全校での取り組みとしてくださるのは、予想外の反応でうれしいかぎりである。今後もサポートしていきたい。

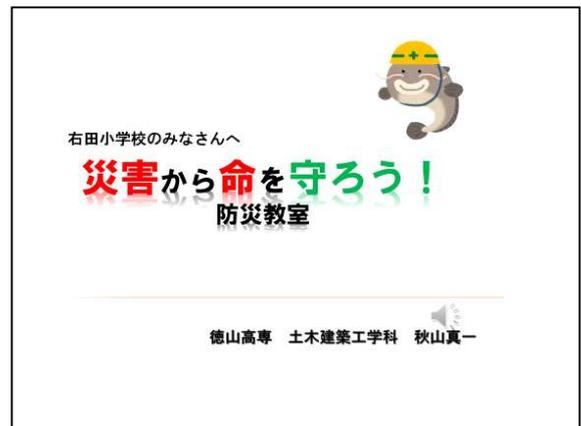


図-2 動画の表紙

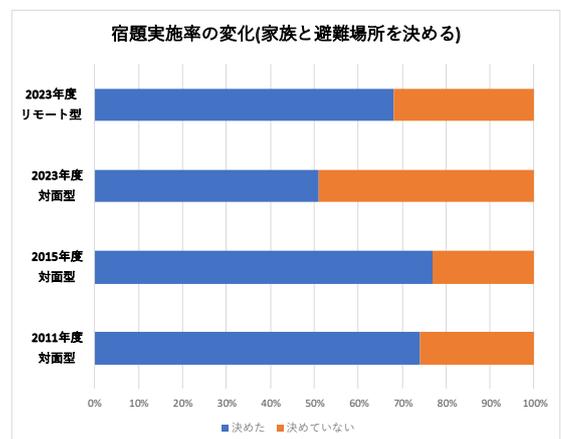


図-3 宿題実施率の水位(2011年-2024年)

5. Web アンケートにみる効果の分析 5

5.1 事前アンケート結果の概要

事前アンケートでは、88名が回答した。もし災害がおきたら家族で避難する場所を決めているかの質問には59%（52人/88人）がきめていると回答している。

5.2 事後アンケート結果の概要

事後アンケートでは、47名が回答している。宿題①の「家でハザードマップをさがす」は、22名（47%）が道けたと回答した。宿題②「家族で災害時の避難場所を話し合っ決めて」は、32名（68%）が実施している。

5.3 効果の分析

2011年の対面型防災教育から2024年のリモート型防災教育に至るまで、宿題「家族ではなしあって避難場所を決める」に対する実施率は、対面では、74%→77%→51%と一度低下した。今回、2度目の学習ではあるが、リモート型授業で68%まで回復したことは、防災教育の繰り返して、児童の「災害対応力」の向上に効果が期待できることがわかった。

このリモート型教材を、2023年度の3学期に全校児童に展開していただけるということなので、今後、教育効果の向上に期待していきたい。

5.4 2024年度に向けた企画

2024年度に向けて、災害の危険性を身近に感じることのできる右田小学校を教材として、児童の学びの機会を設定し、学びを通して「家族ではなしあい、避難場所を決める」行動を促していきたいと考えている。次年度、連携した防災教育を継続する予定である。

6. むすびにかえて

我々がリモート型防災授業に関わるのは、今回が初めてである。図らずも継続的に教育を実施してきた「右田小学校」をフィールドに、このような関わりを持つことができた。今後も継続的に、防災教育教材を提供し、児童や地域社会の防災意識の向上を図る一助としていきたい。

謝辞：本研究は、徳山高専都市計画研究室と防府市立右田小学校との共同事業として令和5年6月に開始したものである。その後、山口建設コンサルタント（担当：西本）との共同研究に発展するとともに、徳山高専テクノ・アカデミア事業、研究シーズブラッシュアッププロジェクトに採択された。本研究をすすめるにあたり、ご協力いただいた関係各位に謝意を表したい。また、教材スライド等に用いた写真は、山口県砂防課との共同研究成果「砂防出前授業」の教材からの引用を含むものである。2011年、2015年、2017年の右田小学校防災出前授業の成果は、防府市防災危機管理課との共同研究の成果である。記して謝意を表したい。

参考文献 1) 片田敏孝：「小中学生の生存率99.8%は奇跡じゃない」、特集「想定外を生き抜く力」、WEDGE, 2011年5月号、30-33p

2) 目山直樹：「小・中学生での防災出前授業 17,000人の児童・生徒との学びを通じて」、土木学会第15回土木と学校教育フォーラム、実践研究報告、2023年8月6日、土木学会会館

3) 目山直樹、牛丸正美、湯面由紀夫、渡邊幸成、後藤晃徳：「防災教育による高専と自治体との地域連携—防府市における防災教育プログラムの実践と成果—」、論文集「高専教育」、第37号、2014年、(6p)

4) 目山直樹：防府市防災教育プログラムで地域社会にアプローチする防災教育の取組みと成果（招待論文）、日本都市計画学会中国四国支部、第13回都市計画研究講演集、2016年、1-6p

右田小学校北側にある流路工のモニタリング情報の 児童への提供と児童の防災意識の変化 右田小学校での継続的に防災教育の取り組み#2

福田真之介*・目山直樹*・西本忠章**・秋山真一*

*徳山工業高等専門学校・**山口建設コンサルタント

1. はじめに

1.1 地域の「おこまりごと感」とその解決方法の試行：AT支援技術の適用^{註1)}

(1) 右田小学校での8年ぶりの対面型防災教育

令和5年(2023年)6月27日と7月4日、徳山工業高等専門学校(以下、徳山高専と略す)都市計画研究室(指導教員:目山直樹、以下、目山研と称す)は、2015年から8年ぶりに右田小学校での防災出前授業を実施することとなった。目山研の行う対面型の防災授業は2校時(90分)で、前半は「土砂災害のメカニズムについて」学び、後半は「ハザードマップを用いた演習」を行う組み立てとなっている。

(2) 児童の宿題実施率の変化

目山研の防災授業では、「家族ではなしあい、避難場所を決める」という宿題を課す。これまで右田小学校で行った防災授業の宿題実施率は、2011年で74%、2015年で77%であった。小学生の宿題実施率の平均が6割程度あるから、比較的高い実施率で、77%は過去2番目に高い記録であった。

2023年の宿題実施率は低く、51%低迷した。その理由を考えてみると、2009年7月に右田地域を襲った豪雨による土砂災害の記憶のない世代が受講したからではないかと考えた。今の小学校5年生は、当時ね生まれていないのである。

(3) 地域の「おこまりごと感」について

2020年度から、徳山高専では、高専発!「Society 5.0型未来技術人財」育成事業、GEAR5.0未来技術の社会実装教育の高度化(介護・医工分野)の拠点校として、地域のおこまりごと感を解決する社会実装教育に取り組んでおり、7月4日の訪問時に、右田小学校から相談を受けた問題を「地域のおこまりごと感」と位置づけ、対応することとした。

(4) 右田小学校北側の流路工の「ます」への土砂堆積と周辺への土砂流出の問題

上記のAT支援技術として、「ます」のモニタリングを位置づけ、その観測情報を小学校と市役所土木部門が共有することで、適時の対策をうつことや、災害発生を事前に察知し、それに合わせて防災行動へつなげることを検討することとした。

(5) モニタリング情報の児童への提供と児童らの防災意識の醸成

モニタリング情報(雨が降れば、ますの水かさが増すことなど)を提示し、右田小学校周辺が土砂災害に対して脆弱性を有することを認識してもらい、児童らの防災意識の醸成につなげることをもくろんだ。

1.2 2023年6月・7月の防災教育にみる右田小学校児童の「防災意識」低下と改善策の検討

(1) 防災意識低下の理由

前述のように、右田小学校児童の宿題実施率は、2011年の74%、2015年との77%から、2023年は51%と大幅に低下している。原因の一つは、2009年7月の土砂災害のあとに生まれた世代であり、地域で起こった災害に遭遇していないことによるものと考えている。2015年の児童(当時6年生)は、2009年時点で幼稚園児であり、災害について理解していた。

(2) 防災意識情勢のための改善策

上記の理由を踏まえ、「防災意識」低下への対抗として、右田小学校側と目山研で、以下の改善策を検討した。

すなわち、災害履歴のある右田小学校においては、地域の中で災害があったことへの学習機会をつくることと、周囲の災害に対する脆弱性を正しく学び、対処する方法を身に着ける機会をもうける必要があると考えた。

そして、具体的に、#1で述べたように、リモート型防災教育の導入と、#2本稿で提案するモニタリング情報の提示により、「防災意識」の向上を図ることとした。

2. 流路工のモニタリングによる「災害予兆」の情報共有化の試み

2.1 モニタリング結果の情報共有の仕組み（小学校・市役所土木部局）

右田小学校北側の流路工（水路）は、西からの合流部と北からの合流部に「マス」があり、こちらに土砂を堆積させ、いちどきに土砂を流出させない対策が取られている。「マス」の深さは750mmで、1年に一度の浚渫を行うことで、土砂をあふれさせずに来ている。

2023年7月1日からの豪雨では、「マス」の土砂はあふれ、右田小学校敷地内の通路にあふれ出す事態となった。7月4日、右田小学校から防府市土木都市建設部に状況の連絡がなされ、河川港湾課の職員が立ちあい、状況が確認された。著者らは、一連のプロセスに立ち会ったことから、流路工のモニタリングをして、「災害予兆」の情報共有化を図ることを提案した。

その後、防府市河川砂防課・防災危機管理課と著者らの協議を経て、図-1に示すモニタリングの仕組みを提案し、カメラを設置し、画像と画像から得られた観測データを共有する仕組みを試行することとした。

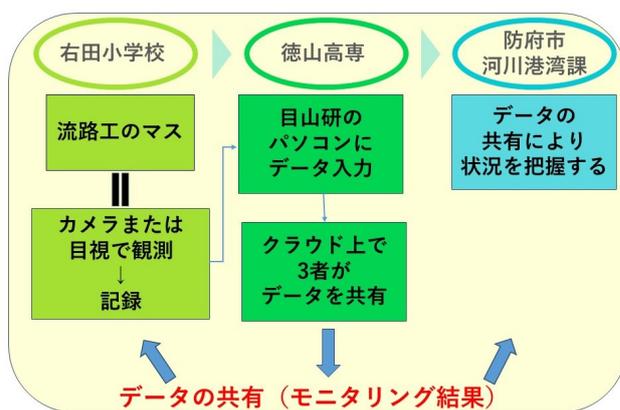


図-1 モニタリングによるデータ共有の概念

2.2 モニタリングの対象と観測機器の設定

著者らは、モニタリングの対象となる「マス」と周辺施設の実測を行い、CAD化してデータ化するとともに、観測機器の選定を行い、カメラによるモニタリング（自動撮影）と、取得画像から水位等のデータを読み取り、データ化することを検討した。

観測機器の仕組みについて、図に示す。観測は1時間おきに行うこととし、カメラ内のマイクロSDカードに保存し、そのデータを3日から7日の間隔で、データを取得し、水位データを整理することとした。

当初、通信回線（NTTドコモ）を使用して、即時の通信より、データをメール送信できるように企てたが、周辺の通信環境が不十分なため、3日の計測中、5枚の写真データしか届かない状況に陥った。そのため、適時の通信はあきらめ、蓄積したデータを現地に出向いて取得する方法へ切り替えることとした。



図-2 観測場所の状況（水位スケールとカメラ）

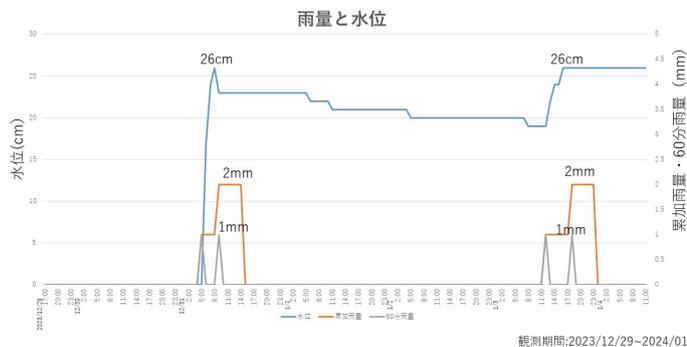


図-3 観測結果のグラフ化（降雨量、マスの水位、土砂堆積量）

2.3 観測結果の概要とグラフ化

観測の実施期間と実施結果のグラフ(図-3)は、蓄積して得た水位データと、山口県土木建築部河川課・砂防課・港湾課による防府土木を観測点とする雨量データをもとに作成した。観測期間は2023/12/29~2024/1/4である。

3. モニタリング情報の児童への提供 (webによる防災教育の補足説明)

3.1 webによるモニタリング情報の児童へ提供する仕組みの構築

徳山高専都市計画研究室のwebページ(図-4)に、「モニタリング情報を児童に提供するページ」を設定し、令和6年1月12日から17日の間、児童に視聴してもらい、web上でformsのアンケートに回答してもらうようにした。

3.2 児童の防災意識を醸成するためのモニタリング情報の説明 (web教材)

(1) 教材作成の意図

2015年には77%であった宿題実施率も今年度は51%と低迷した。そこで、身近に氾濫した流路工の存在を知らせ、モニタリングを行っていることを伝えることで防災意識の向上を図る。

(2) 教材の項目説明

まず、児童らが生活している地域には、どのような被害が起こると想定されているかを伝え、過去の災害で起きた実際の被害の様子を示す。次に、今年度起きた流路工の越流を伝え、モニタリングの説明をする。注意喚起を行い、危機意識を高めたうえで率先避難について説明し、最後に避難場所を設定するよう伝えるという流れになっている。(図-5)

(3) 教材の作成方法と視聴時間の設定

教材は児童が身近な問題だと感じられるよう、地図や地名などを多用することで工夫した。教材は表紙等を含め、30枚のスライドで、動画の視聴時間は6分4秒となった。(図-5)



図-4 webページ (運用中)

項目	スライド数	内容	視聴時間
右田小学校周辺の状況	2枚	防府市の防災マップとともに洪水、土砂災害の2つの観点から災害時にどのようなことが起こり得るか確認する。	48秒
過去の土砂災害	5枚	まず、どのような雨で土砂災害が起こるかを確認し、実際に右田小学校周辺での被害の様子を説明する。初めに地図で被害の場所を示し、身近な場所での災害だということを強調した。	1分37秒
2023年7月の豪雨 右田小学校にて	2枚	普段の様子と被害があった様子の写真を比べ、校門前まで土砂が流れてきたことを説明する。被害を受けているときの写真が残っていないため、被害後の様子の写真である。	47秒
流路工のモニタリング	7枚	観測を行っている様子、撮影された写真などを示す。流路工は氾濫の危険もあり、急なため、注意喚起を行う。	1分32秒
率先避難について	4枚	1人では、安全な場所へすぐ避難する。率先避難について説明する。	39秒
家族の避難場所	2枚	家族と避難場所を決めておくよう呼びかける。	18秒

図-3 説明動画 (web教材) の構成と内容

3.3 webアンケートの結果と考察

(1) 2023年6月・7月の対面型防災教育の結果との比較

対面授業実施時の宿題実施率は51%と低い水準にあったが、説明資料を読んでから行った事後アンケートでは、「家族の避難場所を話しあって決めようと思う」児童が増えた。

(2) 2023年12月・2024年1月のリモート型防災教育の結果との比較

リモート型防災教育では、宿題実施率が68%となった。通常、小学生の6割が宿題「家族で話しあい、避難場所を決める」を実行しているので、それよりも1割程度実施率が上回った。説明資料を読んでから行った事後アンケートでは、「家族の避難場所を話しあって決めようと思う」児童が100% (2024年1月12日現在) になったた

め、モニタリング情報の提供や、繰り返しの意識啓発が効果を果たしたと考えている。
※上記のデータは1月17日までに蓄積されるため、研究発表当日にデータを補足したい。

4. 考察

4.2 モニタリング情報の児童への提供と児童の防災意識の変化

現地でのモニタリングは、12月下旬に本格化したため、まだ、データの蓄積は限られている。当初もくろんでいた随時の情報提供にも通信環境の面から限界があり、蓄積データの保存と共有を手動で繰り返している状態である。

2015年に右田小学校児童に行った「防災授業」では、「家族で避難場所を決める」宿題の実施率は77%に達していたのに対し、2023年の防災授業では、宿題実施率が51%にとどまった。受講した5年生たちは、2009年の災害時には、まだ生まれていないのである。

右田地域を襲った土砂災害が、遠い過去のものとなっている事実を、著者らに突き付けられたように思う。

別の次元で始めた流路工のマス水位観測であったが、この場所の災害に対する脆弱性を伝えるために、モニタリングによる観測結果を教材とすることにした。論文の提出期限の1月12日段階では、アンケートの実施期間の途中であるため、結果を正確に伝えることはできないが、途中段階の数字で、児童の意識は向上していることを報告したい。

4.2 右田小学校と防府市土木都市建設部との密な連絡

これまで、流路工のマスは、1年に一度の浚渫で充足していたようだが、2023年6月時点では土砂堆積で、ますにためる能力がなくなっており、7月の豪雨で土砂が流出した。この時、小学校と市役所で連絡する体制を構築するわけだが、情報共有を定期的にするすることで、密な連絡がはかれるようになってきている。

今後、情報共有から、災害時の対応までも見越した連携につなげていくことができるよう期待している。

4.3 敷地北側駐車場からの対比時期の検討

右田小学校では、降雨量が多くなった場合、小学校敷地北側の駐車場から、校庭へクルマを移動することが決められた。まだ、学校防災計画へ反映されていないが、見直し時に変更される予定である。降雨量の目安については、2024年度の出水期の降雨データとモニタリング結果から判断したいと考えている。

謝辞:本研究は、徳山高専都市計画研究室と防府市立右田小学校との共同事業として令和5年6月に開始したものである。その後、山口建設コンサルタント(担当:西本)との共同研究に発展するとともに、徳山高専テクノ・アカデミア事業、研究シーズブラッシュアッププロジェクトに採択された。本研究をすすめるにあたり、ご協力いただいた関係各位に謝意を表したい。また、教材スライド等に用いた写真は、山口県砂防課との共同研究成果「砂防出前授業」の教材からの引用を含むものである。記して謝意を表したい。

注1) 支援技術、AT: Assistive Technology、支援技術とは、障害者がさまざまな機器を使用する際、操作の補助を行うために用いられるハードウェアやソフトウェアの総称です。高専機構が取り組むGEAR5.0のプロジェクトでは、地域の「おこまりごと感」の解決までも含めて、AT支援技術として扱っている。

参考文献 1) 徳山高専ホームページ:{高専発!「Society5.0型未来技術人財」育成事業}

<https://www.tokuyama.ac.jp/chiikirenkei/gear50-society50.html>

2) 目山直樹、牛丸正美、湯面由紀夫、渡邊幸成、後藤晃徳：防災教育による高専と自治体との地域連携—防府市における防災教育プログラムの実践と成果—、論文集「高専教育」、第37号、2014年、(6p)

3) 目山直樹:防府市防災教育プログラムで地域社会にアプローチする防災教育の取り組みと成果(招待論文)、日本都市計画学会中国四国支部、第13回都市計画研究講演集、2016年、1-6p

4) 目山直樹、高木祐歩、林謙一、寒川章、長岡克典：住民参加型土砂災害ハザードマップ策定支援プロセスにおける率先避難を阻む要因と住民意見の変化との関係性について、令和元年度自然災害研究協議会中国地区部会・研究論文集第6号、2020年3月、(4p)

地域内交通を活用した災害時避難支援の可能性 — 宇部市厚南地区を対象に —

猪股 俊亮¹⁾・榊原 弘之¹⁾・神谷 大介²⁾・赤松 良久¹⁾・斎藤 美矢子³⁾・
網木 政江¹⁾・村上 祐里香³⁾・牛尾 裕子³⁾

¹⁾山口大学大学院創成科学研究科・²⁾琉球大学工学部・³⁾山口大学大学院医学系研究科

1. はじめに

自然災害のうち水害，土砂災害は，その原因となる大雨の発生や台風の接近等がある程度予測可能であることから，事前避難の可能性がある．自治体では警戒レベル3（高齢者等避難）の早期の発令により避難を促しているが，実際の避難者数が多いとは言えない．一方公共交通の分野においては近年，路線バス等の定時定路線方式の交通以外に，事前予約に基づいてよりドアツードアに近い形態での輸送を行うデマンド交通が普及しつつある．筆者らの既往研究では，デマンド交通の利用登録者を対象にアンケート調査を実施し，デマンド交通による避難支援が利用可能な場合，警戒レベル3段階で避難するとする回答が2倍～2.4倍となることを示した¹⁾．

既往研究の調査地域は山間部の土砂災害リスクの高い地域であり，かつデマンド交通利用者に限定した調査であった（図-1の左）．一方，河川氾濫や高潮災害に関しては，一般に低地で浸水被害が広域に及び，多数の住民が避難を迫られると考えられる．また避難支援の利用を希望する住民は，デマンド交通あるいは公共交通の日常の利用者に限定されない可能性がある．そこで本研究では，水害リスクの高い地域を対象に，高齢者全体を対象としてアンケート調査を実施した（図-1の右）．

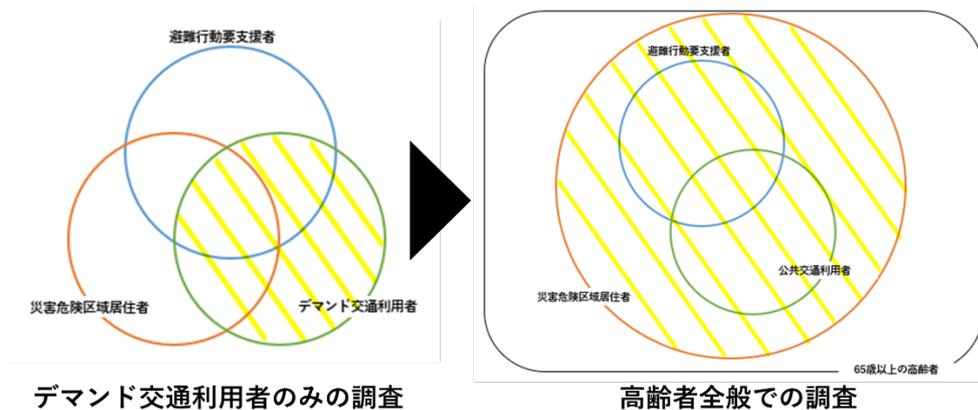


図-1 既往研究¹⁾（左）と本研究（右）の調査内容の違いの模式図

2. 宇部市厚南地区の概要

宇部市厚南地区は宇部市の西部に位置し，2023年10月1日現在，住民基本台帳人口10534名，そのうち65歳以上人口3413名，高齢化率は32.4%である²⁾．同時点での宇部市全体の高齢化率が33.8%であるため，市内では平均的な高齢化率である．

厚南地区の主要な災害リスクとして，地区の東側を流れる厚東川の洪水，南方の周防灘からの高潮等が挙げられる．宇部市の厚東川洪水ハザードマップ³⁾によれば，想定最大規模の洪水において，厚

南地区東部では垂直避難が困難とされる3m以上の浸水深と成り得るとされ、さらに広域で0.5m以上の浸水が予想されている。また高潮ハザードマップ⁴⁾においても、想定最大規模で5.0m以上の浸水が予想されている。1942年の周防灘台風においては、当地区を含む宇部市は高潮災害により甚大な被害が記録されている⁵⁾。このように、厚南地区は水害により広範囲が浸水する可能性があり、また1万人以上が居住していることから、早期避難は重要な課題であると言える。

一方、公共交通としては、地区北側にJR宇部駅が立地するほか、宇部市交通局及び船木鉄道により運行される路線バスが厚南地区と宇部市中心部を結んでおり、市内の主要幹線として機能している。また地域内交通として、定時定路線方式のコミュニティタクシー「にここ号」が4ルートで運行されている⁶⁾。なお既往研究における調査地区と異なり、調査時点でデマンド方式の公共交通が導入されていない点については留意が必要である。

3. アンケート調査の実施内容

3. 1 調査票の設計

今回のアンケートの設問は、公共交通の利用状況等に関する交通分野の設問、災害リスク認知状況や過去の減災行動に関する防災分野の設問、個人属性に関する福祉分野の設問の3分野に大別される。

(1) 交通分野の設問

- ・買物及び通院の頻度、主な買物・通院先、交通手段
- ・バス及びコミュニティタクシーの利用頻度

地域における公共交通の需要規模を明らかにするための設問である。

(2) 防災分野の設問

- ・周防灘台風（1942年）に関する知識
- ・避難経験
- ・懸念する災害
- ・避難場所の事前決定
- ・洪水・高潮ハザードマップの認知状況
- ・避難判断のタイミング
- ・デマンド交通による避難支援が利用可能な場合、警戒レベル3（高齢者等避難）で避難するか

災害リスクの認知状況や実際の減災行動、デマンド交通による避難支援が利用可能な場合の避難行動について尋ねている。

(3) 個人属性・福祉分野の設問

- ・年齢
- ・居住する自治会区
- ・自動車運転免許の保有状況
- ・介護保険・障害者認定の状況
- ・厚生労働省の「介護予防のための生活機能評価」のうち運動能力・閉じこもりに関する7項目
- ・同居状況
- ・ソーシャルサポート指標⁸⁾

高齢者の健康状態、生活環境は多様であることから、回答者の状況と災害時避難に関する回答の関係を確認するための設問である。

3. 2 調査の概要

以下にアンケート調査の実施概況を示す。

実施地域：宇部市厚南地区

調査対象：宇部市の住民基本台帳より、①厚南地区在住(ただし浸水リスクの低い2自治会区は除外)，

②65歳以上 の2条件を満足する500名を無作為抽出

配布回収方法：郵送配布，郵送回収

実施時期：2023年12月(11月29日発送，12月25日締切)

2024年1月5日時点で，返信数は292名，回収率は58.4%となった。

4. アンケート結果の分析と災害時避難支援に向けた課題

回答者自身の健康状態については，介護保険認定者は全体の12.7%，障害者認定者は8.6%であった。「介護予防のための生活機能評価」のうち運動能力(5点満点)の分布は図-2に示す通りであり，介護予防の対象となる特定高齢者の基準である3点以上の回答者は全体の26.4%であった。運動能力に不安を感じる高齢者が地域に一定数居住していることを示しており，この不安が早期避難への躊躇につながり得ると考えられる。

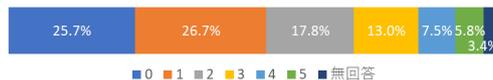


図-2 運動能力得点(5点満点)の分布

災害リスクに対する認識として，先述の周防灘台風の被害について「詳しく知っている」としたのは14.4%に留まり，58.6%は「聞いたことがあるが，詳しくは知らない」，25.3%は「知らない」としており，高齢者であっても70年以上前の災害についての伝承が容易でないことも示された。洪水・高潮のハザードマップについては「内容を覚えている」のは26.4%に留まっており，地域の潜在的災害リスクの認知についても十分ではないと考えられる。

実際の避難行動については，84.0%が「避難したことはない」と回答している。また警戒レベルごとの避難意向を尋ねたところ，高齢者等避難(警戒レベル3)での避難意向を示したのは回答者の10.3%であり，「避難指示(警戒レベル4)(26.7%)」，「緊急安全確保(警戒レベル5)(34.6%)」など，大規模災害時に避難遅れが生じかねない回答となった(図-3)。

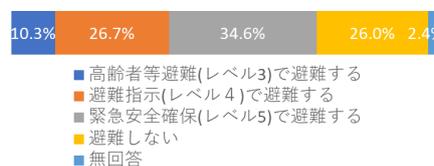
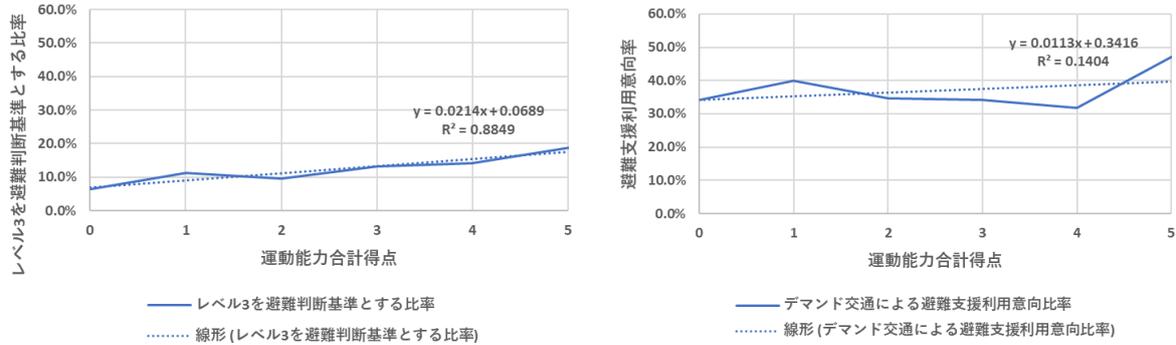


図-3 避難タイミングの意向

このような中で，デマンド交通による避難支援の効果の可能性を表-1にまとめた。デマンド交通による避難支援が導入されることで，高齢者等避難(警戒レベル3)段階で避難する意向を示す人が3.7倍となった。これは筆者らの既往研究⁷⁾よりも高い倍率である。また図-4に示すように運動能力得点が高く，移動に不安を感じる高齢者においてもレベル3段階での早期避難の意向が高まっていることがわかる。ただし，運動能力得点の早期避難意向への影響は既往研究⁷⁾よりも弱い結果となっており，図-1に示す調査対象の変更の影響等について，さらに精査を行う必要があると考えられる。

表－1 デマンド交通による避難支援の効果

	292人中
A.デマンド避難関係なくレベル3で避難する人	30人10.3%
B.デマンドで避難するor多分避難する人	105人36.0%
C.デマンド避難ができればレベル3で避難する増加人数	82人28.1%
D.デマンド避難可能な状況でレベル3で避難する人	112人38.4%
倍率(D/A)	3.7



図－4 デマンド交通による避難支援がない場合（左）とある場合（右）における
運動能力得点別の警戒レベル3段階での避難意向比率

5. おわりに

今後は、本調査結果をもとに、厚南地区における具体的な早期避難のためのシステム構築を課題としたい。

謝辞：本研究は、公益財団法人鹿島学術振興財団の特定テーマ研究助成「超高齢化時代におけるシン・ウベ方式によるレジリエンスシティの創成」の支援により実施した調査内容を含んでいます。また宇部市には、アンケート調査票の郵送配布にあたり多大なご協力を頂きました。付して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 平井一志・榊原弘之・神谷大介・赤松良久・斎藤美矢子・牛尾裕子：デマンド交通を活用した災害時の避難促進の可能性に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.65, 2022.
- 2) 宇部市：年齢別住民基本台帳人口，<https://www.city.ube.yamaguchi.jp/shisei/toukei/jinkou/1007586.html>，（最終参照日 2023年12月30日）
- 3) 宇部市：洪水ハザードマップ，<https://www.city.ube.yamaguchi.jp/kurashi/bousai/bousai/1001256/1001258.html>，（最終参照日 2023年12月30日）
- 4) 宇部市：高潮ハザードマップ，<https://www.city.ube.yamaguchi.jp/kurashi/bousai/bousai/1001256/1001259.html>，（最終参照日 2023年12月30日）
- 5) 山口県：周防灘台風，<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/20204.pdf>，（最終参照日 2023年12月30日）
- 6) 宇部山電タクシー株式会社：にこにこ号，<https://www.ube-sanden.com/taxi/ube-community/nikoniko-go/>，（最終参照日 2023年12月30日）
- 7) 厚生労働省：介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル（改訂版），https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c_0001.pdf，（最終参照日 2023年12月30日）
- 8) 小林江里香・藤原佳典・深谷太郎・西真理子・斉藤雅茂・新開省二：孤立高齢者におけるソーシャルサポートの利用可能性と心理的健康 同居者の有無と性別による差異，日本公衆衛生雑誌，Vol.58, No.6, pp.446-456, 2011.