

令和 3 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：令和 3 年 12 月 17 日(金) ・ 18 日(土)

会場：オンライン会場 Zoom (岩手大学)

<第2会場>

第1部 12月17日(金) 13:00~14:30

(司会：佐藤 健先生)

会場 Zoom (URL 2)

第2部 12月18日(土) 10:00~11:30

(司会：朝岡 良浩先生)

会場 Zoom (URL 3)

第3部 12月18日(土) 12:30~14:15

(司会：高瀬 慎介先生)

会場 Zoom (URL 6)

第4部 12月18日(土) 14:30~15:45

(司会：渡辺 一也先生)

会場 Zoom (URL 6)

R3東北地域災害科学研究集会 発表プログラム 第二会場

12月17日(金) (第二会場)	【第1部】 会議名:URL2 司会: 佐藤健 先生				
	第1部	13:00-13:15	1-1	釜石市内中学校における土砂災害防災教育の実践とその評価	○工藤優太(岩手大学農学部森林科学科)、小高敦志・白倉誠也・井良沢道也・福留邦洋(岩手大学農学部)
		13:15-13:30	1-2	学校運営体制から見た地域に根差した防災教育の持続化に関する研究	○加賀谷 碧(東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻)、佐藤 健(東北大学災害科学国際研究所)
		13:30-13:45	1-3	感染症拡大下での安否確認に特化した避難訓練の取り組み	○杉安和也(岩手県立大学総合政策学部)
		13:45-14:00	1-4	自主防災組織の災害暴露可能性とその認識について	○熊谷誠(岩手大学地域防災研究センター)、南正昭(岩手大学理工学部)
		14:00-14:15	1-5	仙台市独自のマンション防災における基礎的研究	○酒井悠里(東北大学工学部建築・社会環境工学科)、佐藤健(災害科学国際研究所)
		14:15-14:30	1-6	大規模災害時における妊産婦・乳児の支援及び分娩受入に向けた災害対策に関する研究	○佐藤美樹(東北大学大学院 工学研究科 都市・建築学専攻)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
	14:30-15:00		休憩		
15:00-17:35		公開講演 (第一会場管轄 会議名:URL1)			

12月18日(土) (第二会場)	9:00~9:50		地区総会 (第二会場管轄 会議名:URL3)		
	【第2部】 会議名:URL3 司会: 朝岡良浩 先生				
	第2部	10:00-10:15	2-1	国内自然災害被害の確率分布に関する一考察	○奥村誠(東北大学災害科学国際研究所)
		10:15-10:30	2-2	数値シミュレーション結果を用いた災害リスク評価	○上野礼慈(八戸工業大学)、中村優真(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)
		10:30-10:45	2-3	iPhone、iPad 3D LiDAR機能を活用した斜面防災への活用	○白倉誠也(岩手大学農学部砂防学研究室)、小高敦志(岩手大学)、工藤優太(岩手大学)、井良沢道也(岩手大学)、松嶋秀士(岩手大学)
		10:45-11:00	2-4	斜面防災に向けてiPhone/iPadの3D LiDAR機能の精度検証	○小高敦志(岩手大学農学部砂防学研究室)、白倉誠也(岩手大学)、工藤優太(岩手大学)、井良沢道也(岩手大学)、松嶋秀士(岩手大学)
		11:00-11:15	2-5	低平地における流出解析に向けた水文地形データの整備	○神谷青佑(日本大学大学院工学研究科)、朝岡良浩(日本大学工学部)
		11:15-11:30	2-6	豪雪地帯の河川流域における土砂生産量推定手法の検討	○堀江祐希(日本大学大学院工学研究科)、朝岡良浩(日本大学工学部)、古川仁志(日本大学工学部)
	11:30-12:30		昼食		
	【第3部】 会議名:URL6 司会: 高瀬慎介 先生				
	第3部	12:30-12:45	3-1	阿賀野川上流域における多雪年・小雪年の融雪出水解析	○石本晃輝(日本大学工学部)、神戸智志(日本大学大学院工学研究科)、朝岡良浩(日本大学工学部)
		12:45-13:00	3-2	島根県江の川下流部における令和3年8月の氾濫について	○田上直弥、古田大智、岡本佳奈、鎌滝孝信(岡山理科大学理学部)
		13:00-13:15	3-3	粒子群の間隙を流れる水の挙動に関する基礎研究	○梶谷みなみ(八戸工業大学)、上野 礼慈(八戸工業大学)、中村 優真(八戸工業大学)、高瀬 慎介(八戸工業大学)
		13:15-13:30	3-4	透明土モデルを用いた浸透流の可視化手法に関する基礎的研究	○中村優真(八戸工業大学)、上野 礼慈(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)、金子 賢治(八戸工業大学)
		13:30-13:45	3-5	令和元年東日本台風による阿武隈川支川の洪水氾濫解析	○北村諒馬(日本大学工学部)、朝岡良浩(日本大学工学部)、山下三男(株式会社シビルソフト開発)、岡田健司(株式会社シビルソフト開発)
		13:45-14:00	3-6	UAV写真測量による中小河川管理コストに関する研究:東北地方を事例として	○橋本雅和(東北大学災害科学国際研究所)、市川健(株式会社復建技術コンサルタント)、天谷香織(株式会社復建技術コンサルタント)、佐藤翔輔(東北大学災害科学国際研究所)
		14:00-14:15	3-7	雄物川における出水後の河口砂州回復と波浪エネルギーの影響評価	○谷口隼也(秋田大学大学院理工学研究科)、齋藤憲寿(秋田大学理工学研究科技術部)、渡辺一也(秋田大学理工学研究科)
	14:15-14:30		休憩		
【第4部】 会議名:URL6 司会: 渡辺一也 先生					
第4部	14:30-14:45	4-1	数値シミュレーションを用いた雄物川河口域における塩水遡上の研究	○神田智洋(秋田大学理工学部)、谷口隼也(秋田大学大学院理工学研究科)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科技術部)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
	14:45-15:00	4-2	平面・鉛直方向における河床材料の粒度分布に関する検討	○自見寿孝(秋田大学理工学部)、谷口隼也(秋田大学大学院理工学研究科)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科技術部)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
	15:00-15:15	4-3	1804年象潟地震による津波堆積物の堆積構造	○長尾優樹(弘前大学理工学部)、岡田里奈(弘前大学理工学部)、梅田浩司(弘前大学理工学部)、鎌滝孝信(岡山理科大学理学部)	
	15:15-15:30	4-4	加速度センサを用いた漂流物の挙動に関する実験	○望月良純(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科技術部)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
	15:30-15:45	4-5	氾濫水密度の時間変化を考慮した津波遡上	○松富 英夫(中央大学研究開発機構)	

<第2会場>

— 第1部 (6題) —

司会：佐藤 健先生

12月17日(金) 13:00~14:30

会議名 (URL 2)

釜石市内中学校における土砂災害防災教育の実践とその評価

岩手大学農学部 ○工藤優太 小高敦志 白倉誠也 井良沢道也 福留邦洋

1. はじめに

近年,土砂災害発生件数が増加かつ激甚化している。2019年(令和元年)10月には台風19号により,釜石市においても土砂災害による甚大な被害がもたらされた。同市では2015年(平成27年度)より「津波防災教育の手引き」を作成し,防災学習を精力的に行っている。しかし土砂災害については未だ明確な指導法が確立されておらず,また釜石市内の学校周辺には土砂災害の危険性のある場所も数多く存在する。近年の土砂災害発生件数の増加という面から鑑みても,教育の場において土砂災害の防災学習を行う事によって,生徒に土砂災害への備えの意識を持たせることは重要になってくると考えられる。そのためには生徒の土砂災害に対する意識や災害に対する学びの姿勢を知り,より適切な防災授業を行っていく必要があると考える。

そこで本稿では釜石市内の中学校に在籍している生徒に対し,土砂災害防災学習会を行い,生徒へのアンケート調査等を行う事により,生徒の学びの姿勢について調査した。

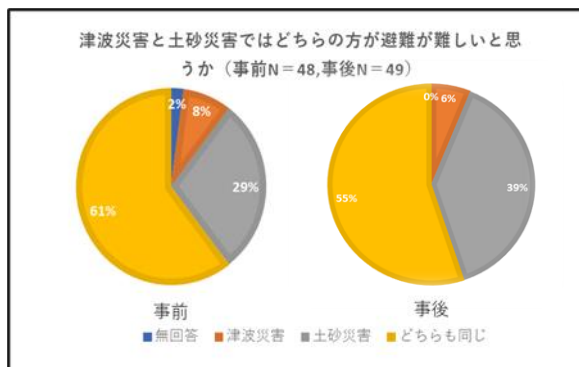
2. 調査方法

釜石市立大平中学校,釜石市立唐丹中学校の生徒に対して,約2時間からなる土砂災害防災学習会を行った。(大平中 n=39,唐丹中 n=16)前半には土石流実験の映像の視聴も含む同市の地域特性を絡めた土砂災害についての座学を実施し,後半には避難行動訓練を実践するため,地図を用いた土砂災害防災演習を行った。防災学習会における生徒の学習効果を把握するため,事前アンケート,事後アンケート,事前・事後に行った防災クイズ,事後感想文,授業中に生徒がとったノートの5種類を対象とした。なお事後アンケートは防災授業後,約2週間程度の間隔をかけ記入してもらった。

3. 結果と考察

前述の中学校で防災学習会を行い,生徒に事前・事後でアンケートを記入してもらった。事前・事後アンケートにおいて,津波災害と土砂災害を比較してどちらがより避難が困難かという設問を提示し,集計結果を確認したところ,事前・事後どちらにおいても最多の回答は“両方”という回答だった。この結果から自然災害自体の危険性については,生徒は把握しているものと考えられる。また“土砂災害”と答えた生徒の割合が全体の約30%であったが,事後アンケートでは,全体の約39%と全体で9%ほどの上昇がみられた。この割合の上昇は土砂災害防災学習において,土砂災害の危険性について学び,土砂災害への認識が変化したためと考えられる。(図1)

また、地域において一番危険だと思う災害は何かという設問を提示し、集計結果を確認したところ、最多の回答は津波であった。これは東日本大震災における被災の教訓および津波災害防災教育により津波の危険性について認知しているからだと考えられる。またがけ崩れ、土石流、地すべりといった土砂災害が一番危険だと感じると答えた。図1 津波災害と土砂災害の避難の認識について



生徒は事前では全体の約 20%だったのに 対し、事後においては全体の約 30%と約 10%の上昇がみられた。この結果は、今回土砂災害防災教育を行ったことにより、自身の住む地域の中にも土砂災害が発生する危険性があることを認知し、学習したためだと考えられる。(図2)

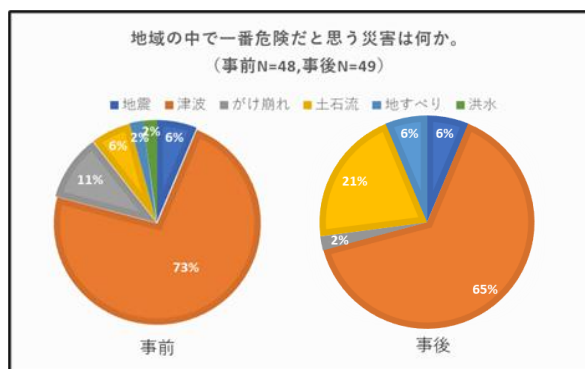


図2 地域内における自然災害の危険度の認識

4. まとめ

防災学習会の実施により、生徒への学習効果については全体として土砂災害への理解や身近に潜む災害への危機感や当事者意識は高まったといえる。最終的に自然災害と自身の生活を深く結びつけること⁽¹⁾により、より確実な避難行動を考えられるようにするためにも、今回の防災教育会だけでなく継続的な土砂災害に対する教育は重要であると考えられる。

謝辞 本調査を行うにあたり、大平中学校の皆様、唐丹中学校の皆様、いのちの教育研修会参加者の皆様にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表す。**参考文献**：(1)河田慈人ら：「地域気象情報」を軸とした、災害を「我がこと」として考える取り組み, 防災教育学研究 1-(1), 141-152, 2020

学校運営体制から見た地域に根差した防災教育の持続化に関する研究*

東北大学大学院 工学研究科 ○加賀谷 碧
東北大学 災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 研究の背景

文部科学省は、現在の防災教育の課題¹⁾の一つとして、取組の継続性の確保を挙げている。金井ら²⁾は、防災教育の実施体制とその継続的な実施の関連性に着目し、防災教育の自校化の程度および担当教員の交代状況が、継続実施において重要な要因となることを示した。

ただし、防災教育は必修化されていないため、その継続性を確保する上では、実施体制の整備と同時に、全体の運営計画において確固たる位置付けを保持することが求められる。

また、今後の防災教育の継続的な実施には、我が国が直面する地方衰退の現状を考慮に入れる必要があると考えられる。防災教育は、災害の脅威だけでなく、資源の供給といった恩恵の側面を含んだ自然の二面性を学ぶことで「脅しの防災教育」から脱却することが可能になる³⁾⁴⁾。しかし、地方衰退に伴って、自然を含む自地域の豊かさが失われた場合、防災教育を継続して実施する意義そのものが失われてしまう危険性がある。

以上のことから、防災教育の継続性の確保に向けて、その運営体制（運営計画と実施体制）を整備するとともに、自地域そのものの豊かさを持続させていくことが今後重要になると考えられる。しかし、防災教育の継続性、および防災教育を通じた地域活性化や地域振興への貢献可能性に着目した研究はまだ少ない。

なお、本研究では、「地域活性化や地域振興に貢献可能な特徴を持つ防災教育を、学校現場において継続させること」を「学校運営体制から見た地域に根差した防災教育の持続化」と呼ぶこととし、以下でもこの表現を利用する。

2. 研究の目的

本研究は、防災教育に取り組む学校をその運営体制に着目して比較し、地域に根差した防災教育の持続化のために重要となる具体的な枠組や規則などを整理することを目的とする。

3. 研究の流れ

本研究では、防災教育に取り組む宮城県石巻市内の小中学校に対して、学校現場の防災教育に関わる学校運営体制、および地域との関係性や連携の様子について尋ねるアンケート調査を実施する。その後、調査結果の比較・分析を通じて、地域に根差した防災教育の持続化のために有効な要素、および残された課題の整理を行う。

4. 宮城県石巻市における防災教育の取組

石巻市教育委員会は、その教育振興基本計画における施策目標の中に「防災教育の充実」および「地域との連携・協働の強化」などを位置付けている。これより、市内の小中学校は、地域に根差した防災教育を実施するための下地を普遍的に有していると言える。

また、表1のように、石巻市内にはコミュニティスクールやセーフティプロモーションスクールといった、学校運営において特別な枠組を有した学校が多数存在している。こうして様々

* Study on the sustainability of community-based education for disaster prevention focusing on school management system by Aoi Kagaya

な学校が独自の運営体制を築いているため、一般校を含めて、運営体制に着目した各校における取組の比較を行うことに適した特徴を持つと言える。

5. アンケート調査

5-1. 指標の作成

石巻市内の小中学校の取組を比較調査するにあたって、学校現場における地域に根差した防災教育の持続性を評価するための指標を作成した。

指標の作成にあたって、石巻市内の特別な枠組を持った学校（コミュニティスクールやセーフティプロモーションスクール）および一般校の両方に勤務経験のある教員にインタビューを実施した。その経験談から、地域に根差した防災教育を持続的な取組とするために大切な要素を抽出することで評価指標を検討し、表2の通りに整理した。

表1：石巻市内の小中学校の分類

		コミュニティスクール	セーフティプロモーションスクール	ユネスコスクール
小学校	内陸	前谷地小学校(R3導入) 鹿又小学校(R3導入)	広瀬小学校(H29)	鮎川小学校
	沿岸	貞山小学校(R2) 湊小学校(R3導入) 釜小学校(R3導入) 稲井小学校(R3導入) 雄勝小学校(R3導入)	鮎川小学校(H29) 万石浦小学校(H30) 渡波小学校(R1) 湊小学校(R2) 石巻小学校(R3申請)	
中学校	内陸	河南東中学校(R3導入) 河南西中学校(R3導入)	河北中学校(R2) 河南東中学校(R3申請) 住吉中学校(H29)	牡鹿中学校
	沿岸	青葉中学校(R2) 雄勝中学校(R3導入)	青葉中学校(H30) 湊中学校(R1)	

表2：地域に根差した防災教育の持続性の評価指標

1. 運営計画	1-1. 運営計画における防災教育に関する方針 1-2. 運営計画における地域連携に関わる取り組みの方針 1-3. 運営計画における防災教育と地域連携の位置付け
2. 組織体制	2-1. 組織における防災教育に関わる役割（防災主任等） 2-2. 組織における地域連携に関わる役割（コーディネーター） 2-3. 組織における地域側の立ち位置・権限 2-4. 組織における防災教育に関わる役割の引継ぎ体制
3. 実施内容	3-1. 自地域を題材とした防災教育の実施 3-2. 自地域の人材、教材、施設等の発見・活用手法 3-3. 双方向に連携した防災教育の実施（×任せきり） 3-4. 地域に根差した防災教育による自地域への還元
4. 共有と発信	4-1. 学校施設の開放および利用状況 4-2. 地域に対する学校の情報の共有状況とその手法 4-3. 防災教育・地域連携に関する取組の認知
5. 地域側の意向	5-1. 地域側にとっての自地域における学校の印象 5-2. 地域側が抱く自地域の防災教育の印象 5-3. 防災教育を通じた地域振興の実感 5-4. 地域に根差した防災教育の意義の共感

5-2. 調査票の作成および配布

作成した評価指標に対応する形で、指標内の小項目の内容を尋ねるための質問を設定し、それらをアンケート調査票としてまとめた。

アンケート調査票は、研究対象校に選定した小中学校へ近日中に配布される予定である。

6. まとめと今後の展望

宮城県石巻市の防災教育に関わる諸計画等を調査してまとめた。その後、市内の小中学校を運営体制の観点から比較するために、現地の教員へインタビュー調査等を通じて評価指標およびアンケート調査票を作成して研究対象校へ配布する計画を立てた。

今後は得られた調査結果の比較・分析を通じて、地域に根差した防災教育の持続化のために重要となる具体的な枠組や規則などの整理、および残された課題の整理を行う。

<参考文献>

- 1) 文部科学省：防災教育支援に関する懇談会中間とりまとめ（案），2007.07
- 2) 金井昌信ほか2名：小中学校における防災教育の継続実施に関する一考察，日本災害情報学会第18回研究発表大会予稿集，190-191，2016
- 3) 片田敏孝：子どもたちを守った「姿勢の防災教育」～大津波から生き抜いた釜石市の児童口生徒の主体的行動に学ぶ～，災害情報，10巻，p. 37-42，2012
- 4) 黒潮町教育委員会：黒潮町津波防災教育プログラム（案），2015.03
- 5) 石巻市教育委員会：石巻市の防災教育の取組み，<https://www.city.ishinomaki.lg.jp/cont/20101000/9001/R1-dai1kaisiryou-gakkoubousainotorikumi.pdf>（2021.11.12最終閲覧）
- 6) 文部科学省：学校において作成する計画（一覧），2017，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/siryo/_icsFiles/afieldfile/2017/10/18/1397079_06.pdf（2021.10.08最終閲覧）
- 7) 佐藤健：持続可能な防災まちづくりと防災人材育成に関する研究～コミュニティ・スクールを核とした防災まちづくり～，自然災害科学総合シンポジウム講演論文集（2020），57-53-58，2020.09.01
- 8) 佐藤健ほか5名：コミュニティ・スクールにおける学校防災の推進モデル～横浜市立北綱島小学校の事例～，自然災害科学，Vol.40，No.2，pp. 175-190，2021

感染症拡大下での安否確認に特化した避難訓練の取り組み

岩手県立大学総合政策学部 講師 杉安 和也

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大下において、災害発生時、とくに水害時の避難方針は大きく転換が図られることとなった。この方針を示した内閣府・消防庁が令和2年度に公布した「新型コロナウイルス感染症が収束しない中における災害時の避難について」では、避難所に向かう以外の選択肢をとること、すなわち「分散避難」に向けた行動の周知が行われている¹⁾。

このような状況下において、地区コミュニティ（いわゆる自治会・自主防災会のカバーする共同体の範囲）としては、地区内の避難所での感染症対策を進めることはもちろんであるが、並行して分散避難を行う地区住民の安否確認を如何にして行うかが課題となっている。そこで筆者は、このような感染症拡大下において、地区レベルでも運用可能な安否確認システムを試作し、これを取り組んだ避難訓練（地震・津波想定）を2021年11月に福島県いわき市平薄磯地区において実施した。本稿では、この取り組みについて報告する。

2. 安否確認をめぐる現状

例えば宮崎(2020)は、熊本地震の際に、要配慮者の安否確認に際して、SNSとしてLINE・メール等を活用し、早急に安否確認が実施できた事例を紹介している²⁾。義務教育課程での保護者連絡網でSNSサービスを活用している場合や、オンライン回覧板といったITサービスをすでに活用している自治会であれば既存のネットワークを活用することで安否確認を行うことも可能といえる。しかし、特定のSNSサービスに基づく安否確認は、該当サービスを利用していないユーザーを締め出してしまいう課題がある。加えて学校や企業のように、その構成員がはっきりとしている組織であれば、安否確認サービスへの事前登録・専用アプリケーションのインストール等も比較的容易といえるが、様々な要因から人員の変動が生じ、高齢者比率が高くなるケースもある地区コミュニティにおいては、そのような対応は難しい。

3. 地区レベルでも運用可能な安否確認システムの試作

上記の観点から、安否情報を登録する立場となる地区住民の負担軽減に重視し、「事前のアプリインストール・登録作業なしでも利用できるシステム」を目指し、アンケート集計・参加者登録サービスであるGoogle Formを使用した安否確認システムを試作した。Google FormへのアクセスURLを2次元バーコード化することで、カメラ付きスマートフォンの大半の所有者であれば、カメラをかざすだけでアクセスURLにたどり着くことが可能となっている。

安否情報登録者（一般の地区住民）システムの挙動としては、安否情報登録者（一般の地区住民）が「安全な場所であり、手助け（救助）が不要」であれば、のちに必要となる救援物資量確定のため情報である「男性数・女性数・要配慮者数」等を入力するようにした。

* The action of evacuation drills specializing in confirming safety under the spread of infectious diseases by Kazuya SUGIYASU

一方で、安否情報登録者が「危険な場所であり、手助け（救助）が必要」であれば、119番通報が困難である場合には、現在位置・緊急連絡先を入力していただくことで、その情報を参考に、地区役員や消防団が救援活動を行う、というように収集する情報の内容に2つの分岐を設定した。なお、Google Formに登録された情報は、Google スプレッドシートという表計算アプリケーションにデータが出力されるため、このシートを加工することで、「男性数・女性数・要配慮者数」といった人数情報に集計可能である。なお、この集計用 Google スプレッドシートへのアクセス URL 自体も2次元バーコード化することで、スマートフォンから入力された安否情報を確認することも可能である。



図1 安否確認システムイメージ

4. 避難訓練当日での試験状況

避難訓練当日は、おおよそ 50 名ほどが訓練に参加されており、その中から 8 名の住民が安否確認システムの試験にご協力いただいた。なお、地区としては地区住民→班長→区長に安否確認後の報告を行う連絡フローがすでに構築済みであり、その体制を確認する通常の訓練対応も行っている。訓練当日に2次元バーコードの読み込みによるトラブルは生じなかったものの、調査協力者数は伸び悩んだ。ただし、調査に協力いただいた方からの感想としては好意的な反応が多かった。

5. 課題点

既存の Web サービスプラットフォームである Google Form を活用することで、「事前のアプリインストール・登録作業なしでも利用できる安否確認システム」のひな形構築は比較的容易に可能であったが、その運用にあたってはいくつか課題・留意点がある。①登録された個人情報を Web サービス上に登録し、救援活動のために第三者に提供する可能性があることへの事前説明と了承が必要である。②画像（現場写真の送付）登録を有効にした場合は、Google アカウントを有していないとアクセスできなくなる。③登録された情報をだれが確認するのかはあらかじめ明確にしておく必要があるといえる。今後も現場の実情を踏まえたシステムの改良に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 内閣府・消防庁(2020), 新型コロナウイルス感染症が収束しない中における災害時の避難について, <http://www.bousai.go.jp/pdf/colonapoint.pdf> (2021年11月11日閲覧)
- 2) 宮崎ひさみ(2020), 熊本地震における多職種連携による支援: Line 活用による情報共有, 看護薬理学カンファレンス, 2020.1(0), S1-2, 公益社団法人 日本薬理学会

自主防災組織の災害暴露可能性とその認識について*

岩手大学地域防災研究センター 熊谷 誠 南 正昭

1. はじめに

岩手県では平成 31 年度に自主防災組織の組織率が 87.7% を達成しており、全国平均を上回る。しかし、平成 29 年度に岩手県が県内の組織を対象に行った調査では「研修や講演の実施」や「備蓄や資機材等の準備」が半数以上の組織で取り組まれていたのに対して「地域の防災マップの作成」や「活動マニュアルの作成」といった具体的災害を想定する取組みは約 4 割に止まっていた。

2. 調査の目的

筆者らは、上記の岩手県の調査結果のうち、具体的災害を想定する取組み率が低いことについて地域の災害リスクの認識と何らかの関連があると考え、まずは岩手県内の自主防災組織の災害暴露の可能性とその認識状況を把握することにした。

3. 調査の方法・概要

災害暴露の可能性をもつ自主防災組織は、岩手県がホームページ上で公開する「いわてデジタルマップ」に登載されている「洪水」、「土砂災害」、「津波」、「噴火災害」の実績・想定範囲と、上記の岩手県の調査に回答のあった自主防災組織の範囲が重なるものを整理した。また、災害暴露の認識は岩手県の調査項目のうち「組織における災害の危険の有無」から読み取った。災害の実績・想定範囲は岩手県より shape データで、岩手県の調査結果は個人情報を除くローデータで提供を受けた。自主防災組織の範囲は組織の名称と行政区資料、回答者住所（提供は町丁目情報まで）などをもとにゼンリン統計地図データの町丁目ポリゴンから組織の代表地として抽出した。なお、自主防災組織の範囲が特定できたのは 1374 件であった。

4. 結果

(1) 自主防災組織の災害暴露状況

自主防災組織が所在する範囲における自然災害の曝露可能性については上記の方法で把握した自主防災組織の代表地の町丁目範囲と想定する災害範囲とが重なる組織を抽出した。

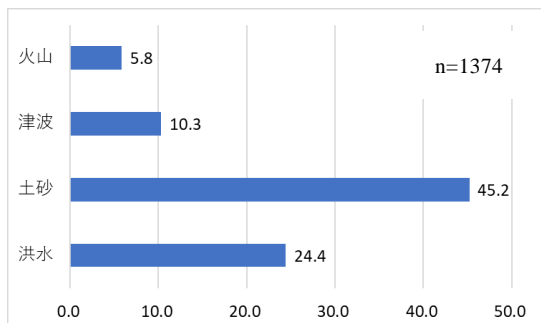


図-1 災害リスク (単一) の曝露状況

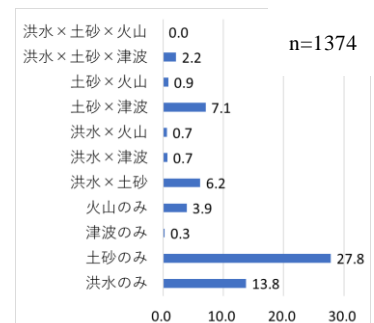


図-2 災害リスク重複曝露状況

岩手県内の自主防災組織の災害リスクの曝露状況を示したものが図 1 である。自主防災組織

* Changes to voluntary disaster prevention activities caused by disaster experience by Makoto Kumagai

の曝露が多かった災害は「土砂災害」で 44.1%が該当した。次いで「洪水」が 23.5%となり、沿岸部や火山周辺に災害の影響が限定される「津波」は 10.3%、「火山」は 5.5%であった。さらに、図 2 では複数の災害リスクの重複状況を示してある。これをみると「土砂のみ」が最も多く 27.8%、次いで「洪水のみ」が 13.8%となっており、「津波のみ」および「火山のみ」と、二つ以上の災害の組合せについてはいずれも一桁に留まっている。

(2) 災害危険の認識

地域の災害危険区域の認識について回答結果を図 3 に示す。「土砂災害警戒区域」が 40.5%と最も多く、次いで「洪水想定浸水地域」の 37.3%、「いずれもない」の 29.6%と続いた。図 1 の災害リスクの曝露状況と比べると「洪水」に関しては「洪水想定浸水地域」の方が 13.8 ポイントも高い値となっていた。

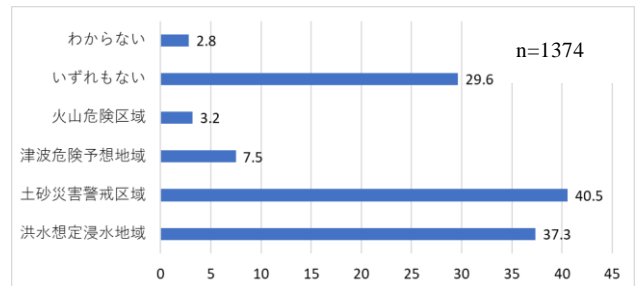


図-3 自主防災組織にある災害危険の認識

5. 考察-災害リスク曝露と危険区域認識の合致状況

1) 災害の重複を考慮しない場合の合致状況

図 4 は自主防災組織の災害危険区域の認識とその合致状況について示したものである。認識の合致状況をみると「洪水」が 66.5%、「土砂災害」が 68.8%、「津波」が 70.2%といずれも 6 割から 7 割を占めた。一方、「火山」で認識が合致したのは約 3 割と、他の 3 つの災害を著しく下回った。これは、実際の災害体験やハザードマップの配布による災害リスク認識

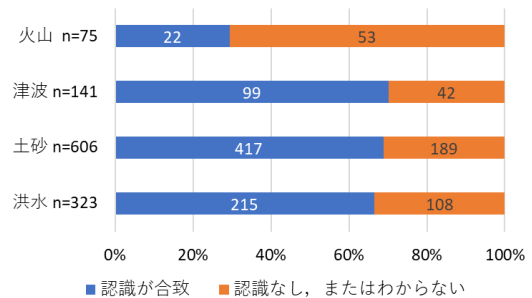


図-4 組織の範囲にある災害危険の認識

の機会の有無、頻度が影響していると考えられる。「洪水」や「土砂災害」、「津波」のマップは更新の度に全戸配布されているため調査時から 5 年以内には住民自身もその内容を目にする機会があったと考えられる。一方、「火山」は、本調査時には岩手山におけるハザードマップが公表されているだけでおよそ 20 年間、更新・配布ともに行われておらず、この間に岩手山の災害危険区域に関する認識が薄らいだ可能性が考えられた。

2) 災害の重複を考えた際の合致率

図-5 は災害リスクの重複状況も考えた危険区域の認識の合致状況である。1 種類の災害のみが該当する組織のうち「洪水」、「土砂」、「津波」は 6 割から 7 割、「火山」が約 3 割の認識率となっており、図 4 とほぼ同様の傾向がみられた。また、「一部は、認識あり」を含めると、「洪水×土砂×火山」の組合せ以外は、いずれも 8 割前後まで達する結果となった。一方、複数の災害リスクが重複する組織では「認識あり(全部一致)」の割合は高くても 4~5 割に止まり、「火山」を含むものでは 0~2 割程度まで下がった。

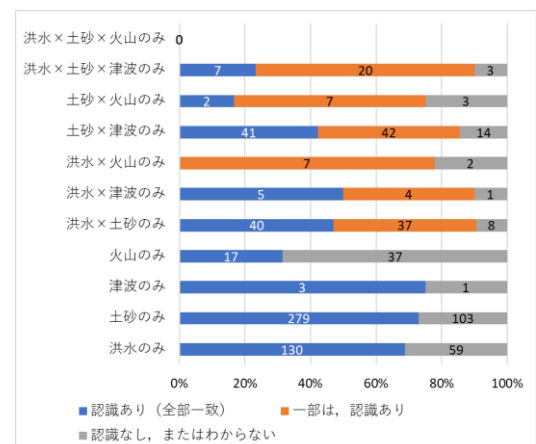


図-5 組織範囲内の災害危険(複数)の認識

仙台市独自のマンション防災における基礎的研究*

東北大学工学部 ○酒井悠里

東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 研究の背景

東日本大震災の時、マンションではエレベーターの停止による物資運搬の困窮や、長周期地震動による室内散乱等、マンション特有の被害による避難者の発生が見受けられた。一方で、日頃からマンション防災に力を入れていたところでは、十分な災害備蓄や居住者同士の支え合いにより乗り切ることができた。これらにより、日頃の防災活動の大切さが確認された¹⁾。

大阪府大阪市は、阪神淡路大震災の教訓から2009年に全国で初めて防災マンション認定制度を導入し、防災性の向上と災害に強い良質なマンションの整備を行なっている²⁾。仙台市においても東日本大震災を経て、2013年に「杜の都防災力向上マンション認定制度」を導入した。さらに、避難所の在り方を見直し、地域の指定避難所運営委員会においてその地域のマンションを「地区避難施設（がんばる避難施設）」として承認している。

村田ら³⁾は、防災マンション認定制度を行なう5つの自治体にヒアリング調査を行い、行政の視点からそれぞれの特徴を明らかにした。大西ら⁴⁾は、管理組合へのアンケート調査を実施し、管理組合の取り組みと防災マンション認定の有無の関連を明らかにした。このように研究が進められている一方で、仙台市独自のマンション防災や、管理組合と居住者の双方に着目した研究は十分になされていない。東日本大震災時、居住者同士の支え合いで乗り切れたという報告があるように、管理組合だけではなく、居住者の災害対策についても調査し、包括的に考察する必要がある。

2. 研究の目的

仙台市独自のマンション防災の実施例を、管理組合・居住者の双方から包括的に分析を行うことで、有効性を明らかにする。そして、仙台市をロールモデルとして知見を見出す。

3. マンション防災の現状

大阪市が全国で初めて防災マンション認定制度を導入し、今日（2021年10月29日）までに全国9つの自治体^{5)~11)}が取り組みを行なっている。それらの多くの自治体では総世帯数に占めるマンション住民の割合が高く、マンション防災に対する意欲が伺える。

仙台市の「杜の都防災力向上マンション認定制度」では、「防災性能」と「防災活動」をそれぞれ星3つで評価し、全ての項目を満たすと星6つとなる。現在（2021年10月29日）、55棟のマンションが認定を受けている¹⁾。

また、仙台市は仙台市地域避難計画で「地区避難施設」を明記している。特徴として、災害時に向け準備や備蓄をすることを前提とし、公的支援として、指定避難所に物資を受け取りに行くことで提供を受ける事ができる点である。

4. 仙台市へのヒアリング調査

*Basic research on unique disaster prevention measures for condominiums in Sendai City by Yuri Sakai

杜の都防災力向上マンション認定制度を行なう仙台市都市整備局、地区避難施設の整備を取りまとめる仙台市危機管理局にヒアリング調査を実施した。調査の結果、表1のような知見を得た。

表1:杜の都防災力向上マンションと地区避難施設(マンションタイプ)の比較

	*杜の都	地区避難施設
認定基準	有	無
申請先	仙台市	避難所運営委員会
主な申請主	デベロッパー、管理組合	管理組合、自治会
地域との関わり	必ずしも求められない	求められる

*杜の都は杜の都防災力向上マンションを指す(以下同様)

杜の都防災力向上マンション認定制度では、仙台市が主導して取り組みをしている一方で、地区避難施設では地域の指定避難所運営委員会で取り決めを行なっている。

5. 仙台市のマンションの類型化

ヒアリングを通し、現在、仙台市では杜の都防災力向上マンション認定制度・地区避難施設の認証を得ているマンション、片方のみを得ているマンション、いずれの認証を得ていないマンションを表2の通りに類型化できる。

表2:仙台市のマンション類型

	管理組合	杜の都	地区避難施設
A群	○	○	○
B群	○	○	-
C群	○	-	○
D群	○	-	-

6. 管理組合と居住者へのアンケート調査

表2での類型化したマンションの管理組合と居住者に対してマンション防災の実態・意欲に関するアンケートを実施することで、それぞれの特性を見出す。

7. まとめと今後の予定

杜の都防災力向上認定マンションと地区避難施設であるマンションのそれぞれの特性が確認できた。また、既往研究では、管理組合の防災実態についての研究は進められているが、管理組合と住民の両面から実態を把握することで、より正確な実態把握ができると考えられる。

今後、類型化したマンションにおいて管理組合と住民の双方からアンケート調査を実施しそれぞれの特徴を見出すことで仙台市のマンション防災の有用性を確認する。そして、これからのマンション防災の一助とする。

<参考文献>

- 1)仙台市：杜の都防災力向上マンション認定制度—震災に強いまちを目指して—, 2021.10.7, <http://www.city.sendai.jp/mansion/krashi/machi/sumai/bunjo/bosai/h2761.html> 最終閲覧(2021.10.29)
- 2)大阪市：大阪市防災力強化マンション認定制度, 2021.7.26, <https://www.city.osaka.lg.jp/toshiseibi/page/0000048313.html>, 最終閲覧(2021.10.29)
- 3)村田明子, 渡壁克好：防災マンション認定制度等の活用状況の実態調査—大地震後の生活継続に着目した集合住宅の防災性能評価手法その1—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2020.9
- 4)大西一嘉, 岡田尚子, 馬致遠：地震防災力強化のための分譲マンション管理組合の防備実態に関する研究, 平成30年度日本建築学会近畿支部研究発表会
- 5)東京都荒川区：災害時地域貢献建築物の認定・助成制度, 2021.4.1, <https://www.city.arakawa.tokyo.jp/a040/machizukuridoboku/kenchikukaihatsu/zyouseidowosousetu.html>, 最終閲覧(2021.10.29)
- 6)神奈川県神奈川市：川崎市高層集合住宅の震災対策に関する施設整備要綱, 2021.4.1, <https://www.city.kawasaki.jp/templates/outline/500/0000029833.html>, 最終閲覧(2021.10.29)
- 7)東京都：東京都LCP住宅情報登録・閲覧制度, 2021.10.29, https://www.juutakuseisaku.metro.tokyo.lg.jp/juutaku_seisaku/lcp_juutakujoho.htm, 最終閲覧(2021.10.29)
- 8)大阪府：大阪府防災力強化マンション認定制度, 2021.4.9, <https://www.pref.osaka.lg.jp/jumachi/bousairyokukyoka/>, 最終閲覧(2021.10.29)
- 9)東京都墨田区：すみだ良質な集合住宅認定制度, https://www.city.sumida.lg.jp/krashi/zyuutaku/ryositu_syugojoyutaku/index.html, 最終閲覧(2021.10.29)
- 10)東京都中央区：防災対策優良マンション認定制度, 2020.4.1, <https://www.city.chuo.lg.jp/bosai/bosai/kosojutakubousai/kousoubosaitaisakuninteiseido.html>, 最終閲覧(2021.10.29)
- 11)兵庫県西宮市：みやっこ防災マンション認定制度, 2019.5.1, https://www.nishi.or.jp/krashi/sumai/sumaizukuri/miyakko_bosai_man.html, 最終閲覧(2021.10.29)

大規模災害時における妊産婦・乳児の支援及び分娩受入 に向けた災害対策に関する研究*

東北大学大学院 工学研究科 ○佐藤 美樹
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

1-1. 背景

災害時に配慮が必要な方を「災害時要配慮者」と呼び、災害対策基本法においては「高齢者、障害者、乳幼児その他の特に配慮を要する者」と定義されている。少子高齢化やバリアフリー化が進み、高齢者や障害者に対する福祉的な支援体制は拡充されてきた。2013年には、避難に支援を要する者の名簿作成が義務化されたが¹⁾、乳幼児やその母親である妊産婦は要配慮者である期間が短いこともあり、具体的な支援体制構築以前に把握すら難しい現状がある。

既往研究には、吉田ら²⁾の妊産婦・乳児を救護及び支援する者の人材育成に関する研究、菅原³⁾の東日本大震災時の分娩取扱状況に関する調査などがある。また、坪井ら⁴⁾や高田⁵⁾は、四国における出生数と分娩施設の分布から災害時に影響を受ける妊婦数の概算を行っている。しかし、医療従事者による研究が主であるため、災害対策の必要性や支援者に求められる事柄には言及するものの、支援や分娩受入を行う個別の施設の安全性や災害対策に関する具体的な内容や目標は示されていない。そこで本研究では、経時的に対象が変化する妊産婦・乳児に対し、より長く存在する「施設」に着目し、工学的観点で調査・分析を行う。

1-2. 目的

宮城県の分娩取扱状況の調査により、災害時に影響を受けることが見込まれる妊婦数を概算すると同時に、妊産婦・乳児のための災害対策の現状を明らかにし、支援及び分娩受入に向けた今後の災害対策の目標を明らかにすることを目的とする。本稿では主に、妊婦数の概算と、妊産婦・乳児のための災害対策の現状調査について述べる。

2. 宮城県の妊産婦・乳児と分娩取扱施設

2-1. 数と分布の推移

自然災害は日常生活を送っている中で発生するため、まず前提として妊産婦・乳児が平時にどのような状況にあるのかを把握する必要がある。

2021年11月、宮城県内には36ヶ所の分娩取扱施設がある⁶⁾。妊産婦・乳児数の推定には、市町村ごとの出生数や0-1歳児人口、母子手帳交付数などを参考にすることがあるが、ここでは、公表されている出生数⁷⁾を用いて、出生数＝妊婦数と仮定して概算する。分娩取扱施設数は、宮城県医療政策課に問い合わせ、データ提供を受けた。

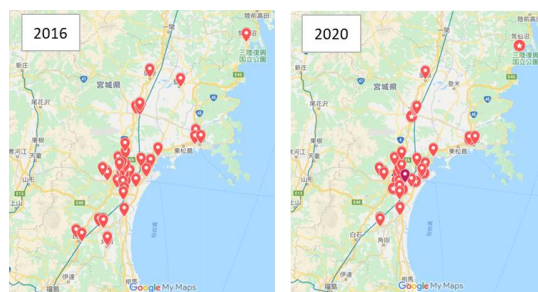


図1. 2016年と2020年分娩取扱施設の分布 (Google マップで作成)

* Study on disaster countermeasures for supporting pregnant women and babies and accepting deliveries in a large-scale disaster by Miki Sato

結果、2016年と2020年の各二次医療圏の（出生数＝妊婦数の**減少率**，分娩施設数の**減少率**）は、仙南医療圏（**26.4%**，**66.7%**），仙台医療圏（14.2%，10.7%），大崎・栗原医療圏（25.9%，0.0%），石巻・登米・気仙沼（21.0%，20.0%）であった。仙南医療圏においては出生数が約3割減なのに対し施設数は約7割減であった。結果から、平時においても、医療圏内の需要（出生数）と供給（分娩取扱施設数）の均衡がとれていないことが明らかとなった。

2-2. 分娩取扱数の推移

施設数が少ないとしても規模が大きく、多くの分娩を取り扱うことも考えられる。そこで、年間分娩取扱数に着目し、公表されている出生数⁷⁾と県から提供を受けた分娩数を比較する。分娩数の最新データが2019年1月～12月の値であったため、出生数も2019年の値を用いた。

結果、2019年の各二次医療圏の（A:出生数＝妊婦数，B:分娩数，差 B-A）の値は、仙南医療圏（855，590，**-265**），仙台医療圏（10,936，10,584，**-352**），大崎・栗原医療圏（1,455，1,858，403），石巻・登米・気仙沼医療圏（1,812，1,649，**-377**）であった。出生数＝妊婦数が分娩数を上回った3つの医療圏に住む妊婦の合計は、年間265+352+377=780人と概算された。

災害時には、交通網の遮断やガソリン不足により分娩取扱施設まで行けないことが想定され、具体的な広域搬送体制や医療圏内での支援及び分娩受入体制の構築が求められると考察する。

3. 国内の妊産婦・乳児支援に向けた災害対策

妊産婦・乳児向け災害対策を文献・HPで調査し、インタビュー等で宮城県の現状を把握する。

(1) 広域搬送体制には、産科版EMISとも呼ばれるPEACE，災害時小児周産期リエゾンがある⁸⁾。県に伺った結果、2021年時点で13名がリエゾンに任命されていることが明らかになった。

(2) 医療圏内の支援については、被災地に入り福祉的支援を行うDWATがある⁸⁾。宮城県のDWATを派遣する災害福祉広域支援ネットワークへのインタビュー調査を実施し、福祉の立場では妊産婦・乳児支援に関する具体的な取り組みはまだ無いことが明らかになった。「要配慮者には福祉的支援を」とひとくくりで考えてしまうと妊産婦・乳児に関する対策には漏れが生じてしまうと考えられ、今後専用の対策や当事者の防災意識向上などが重要になると考える。

(3) 分娩受入に関し、県内36の分娩取扱施設のうち災害拠点病院は8施設であり⁶⁾（県内の災害拠点病院は15施設），災害拠点病院以外における災害対策の必要性が明らかになった。

4. まとめと今後の予定

平時から分娩のために医療圏を越えて移動する、つまり災害時に分娩取扱施設へ行けない場合に影響を受けることが見込まれる妊婦数は宮城県内で年間約780名と概算された。災害対策について、特に医療圏内の分娩受入に関しては、妊婦自身での対応は難しい、かつ、施設毎の対策が必要なため、災害対策実施に向けた実態調査を行う必要性が明らかになった。

今後は、災害拠点病院以外の分娩取扱施設に対し、災害対策の現状を調査するためのアンケートを実施する。調査項目にはハード面とソフト面の質問を含め、東北大学災害科学国際研究所の倫理委員会の承認を得て実施する。結果を踏まえ、今後の災害対策について考察する。

<参考文献>

- 1) 内閣府：災害時要保護者対策。http://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/。最終閲覧：2021.11.5
- 2) 吉田穂波ほか：災害時における妊産婦・乳幼児の救護及び人材育成に関する検討。https://nhlw-grants.niph.go.jp/project/25748。最終閲覧：2021.11.5
- 3) Sugawara J, et al.: Impact of the Great East Japan Earthquake on regional obstetrical care in Miyagi prefecture. Prehosp Disaster Med 31 : 255-258, 2016
- 4) 坪井聖太郎, 高田洋介：災害時の妊産婦・新生児出生を考慮した広域危機管理対応に関する研究-南海トラフ巨大地震想定域-四国を事例として。人と防災未来センター・DR1調査研究レポート。vol.37, p.71-71, 2016
- 5) 高田洋介：防災部局と連携した災害時の健康危機管理システムの構築-出生数・妊婦数を考慮した広域地域分析-。https://www.dri.ne.jp/wp-content/uploads/report_2016_06.pdf。最終閲覧：2021.11.5
- 6) 宮城県：分娩取扱施設について。https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/iryuu/syusanki3.html。最終閲覧：2021.11.5
- 7) e-Stat.政府統計の総合窓口：人口動態調査, 出生。https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450011&tstat=000001028897&cycle=7&month=0&tclass1=000001053058&tclass2=000001053061&tclass3=000001053064&tclass4val=0。最終閲覧：2021.11.5
- 8) 長谷川翔『実践！小児・周産期医療現場の災害対策テキスト』。株式会社メディカ出版, 2021.9

<第2会場>

— 第2部 (6題) —

司会：朝岡 良浩 先生

12月18日(土) 10:00~11:30

会議名 (URL 3)

国内自然災害被害の確率分布に関する一考察*

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

1. 本研究の目的

自然災害からの社会の損失は、直接被害に伴う社会経済活動の一時的な落ち込み(インパクト)を起点として、徐々に復旧して被災前の水準に戻るまでを時間積分したレジリエンスの三角形によって評価でき、当初のインパクトは、ハザード強度×曝露×脆弱性によって説明できる。自然災害の多くは人間がハザードを制御困難であることから、社会の損失を小さくするには、(1)曝露を下げる戦略、(2)脆弱性を下げる戦略、(3)回復力を上げる戦略が考えられる。今後の防災・減災対策を効果的に進めていくために、これらの戦略の効果を見極める必要がある。

ここでは、各種の政策が個々の自然災害イベントの被害量に与える影響ではなく、同種のイベントの被害量に与える影響を、順位規模曲線を用いて概念的に考察する。ついで、都道府県別自然災害被害統計の最近 13 年間のデータを非負値行列因子分解(NMF)により少数の因子得点に集約した上で順位規模曲線を描き、各種の防災対策の影響の考察を試みる。

2. 政策要因が被害量に与える影響の順位規模曲線を用いた概念的検討

地震の対数規模と対数発生確率の間に見られる直線関係は Gutenberg-Richter 則と呼ばれ、他の多くの自然現象や社会現象にも、両対数表示の順位規模曲線が直線で示されるという「べき乗則」が観察されている。本研究では自然災害ハザードは外生的な係数が 1 の順位規模直線に従うものと仮定し、政策要因の効果によってその形がどのように変化するかを考察する。図 1 は後述する都道府県別災害被害統計の主要な 6 項目に関する両対数表示の順位規模曲線で、傾きは 1.0~1.2 程度である。

まず曝露の影響を考える。地表面での自然ハザードの発生率は一様でなく偏在して分布する。火山地域に都市を作らないというように、ハザードが高い地域ほど曝露量の存在密度が低ければ、被害の順位規模曲線は、ハザードの曲線に比べて傾きが緩くなる。逆に、大河川の氾濫原上に多くの都市が形成されてきたことから、水害被害の順位規模曲線は、ハザードの曲線に比べて急な傾きとなる可能性がある。

脆弱性は、ハザードに対する抵抗力に相当する。高頻度で起こる軽微な外力には十分な抵抗力を持ち被害は発生しないが、規模が大き

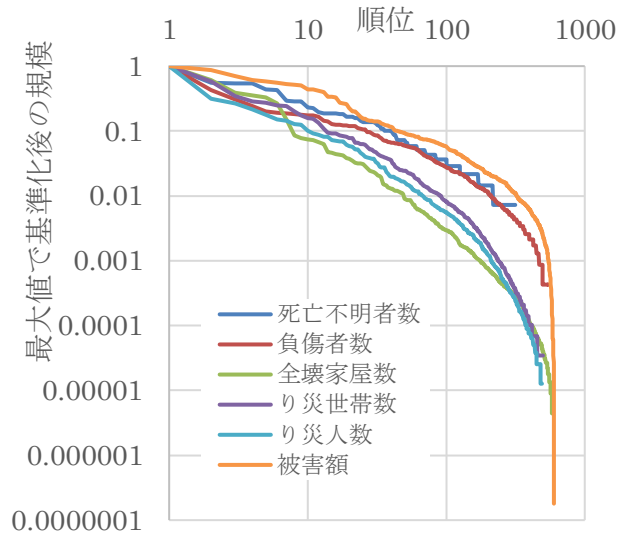


図1 主な被害項目値の順位規模曲線

*Discussion on the probabilistic distribution of Japanese disaster damage statistics by Makoto Okumura

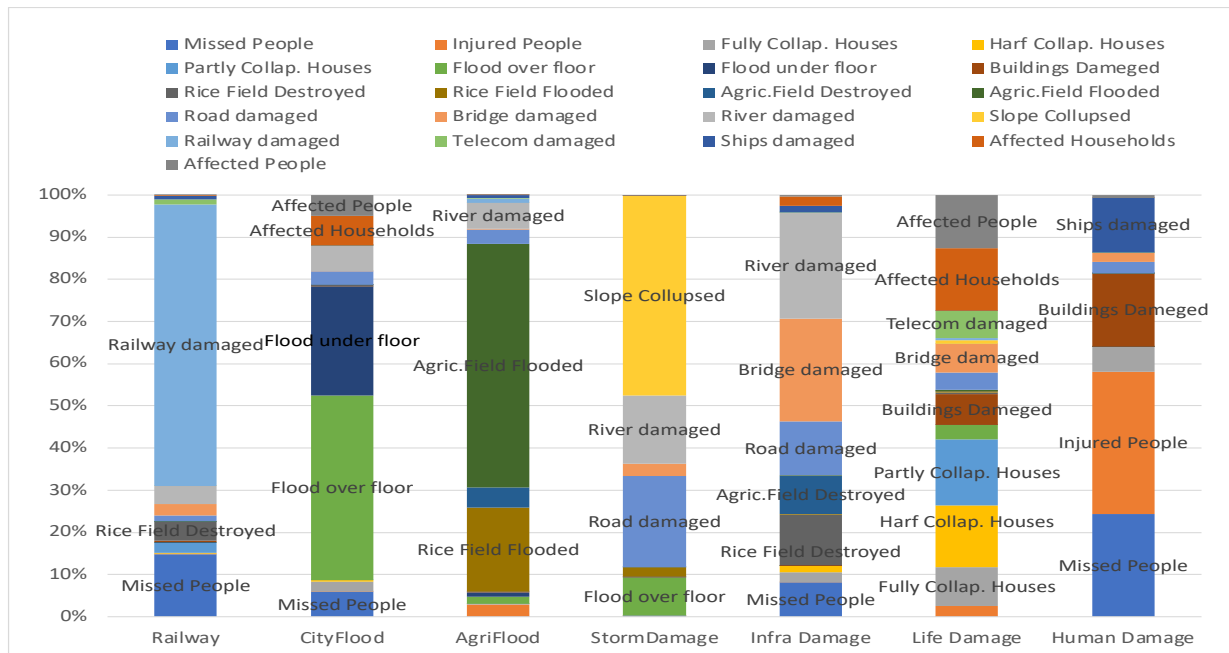


図2 非負値行列因子分解による7つの因子の因子負荷量の構成

い外力では被害に結びつく可能性が高くなる。この機能的フラジリティは、S字状のロジスティック曲線で表現されることが多い。この効果により、小規模なハザードに対する被害は小さくなるから、順位規模曲線の傾きは右方において急になる。さらに外力規模が日常的な変動幅以下になれば被害は観測されなくなり、曲線がある順位で途切れる。逆に、極端に大きなハザードは広域に影響を及ぼすが、被害は地域単位ごとに計測されるため、左方における曲線の傾きは小さくなる可能性がある。

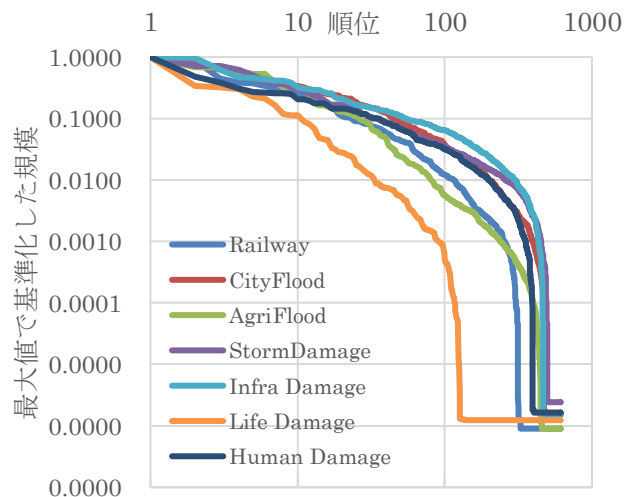


図3 因子得点の順位規模曲線

3. 都道府県別被害統計の非負値行列因子分解(NMF)手法による集約値の順位規模曲線

消防庁が集約し消防白書の付表に公開している都道府県別年間被害統計(23項目)の2007年から2019年までのデータを構造分解する。報告時期までに調査が終了しなかった被害分が計上されないため、2011年と12年の岩手・宮城・福島、2016年の岩手・熊本、2019年の宮城・福島のデータを取り除き、 $47 \times 13 - 10 = 188$ サンプルを対象とした。計算時間とAICを参考に因子数を7個と定めた。因子負荷量を図2に、因子得点の順位規模曲線を図3に示す。

4. おわりに

図3には、2. で考察したような特徴が見られる。詳細な結果と考察は発表時に示す。

数値シミュレーション結果を用いた災害リスク評価*

八戸工業大学 上野 礼慈

八戸工業大学 中村 優真

八戸工業大学 高瀬 慎介

1. はじめに

青森県八戸市の沿岸には地震などの影響で頻繁に津波が来襲するが、防潮堤・堤防を越流すると市街地で甚大な被害をもたらす。東日本大震災では、防潮堤を大きく越える高さの津波が来襲している地域も多い。そのような状況の中、中央防災会議にて最大クラスの津波と発生頻度の高い津波という2つの津波レベルの設定の提言があり、国としては発生頻度の高い津波を整備するという方針であり、今後防護施設の役割として完全に浸水を止めるというものではなく、背後地域のまちづくりにおいても大きく影響すると考えられる。安全なまちづくりには有効な防災計画を立案するため、事前に防災施設(防波堤・防潮堤・堤防等)および市街地の構造物が遡上津波および氾濫流の挙動に及ぼす影響を詳細に検討し、これらが災害時に有効に機能しかつ安全であるかを十分検討することが重要である。

津波の数値解析に関する研究は高度に発展しており、精度の高い評価や予測が可能になってきた。また、災害時には、被害がどの程度まで及ぶのかといった情報をできるだけ早く取得することが避難行動や災害対応を行う上で非常に重要になる。一方で、一般的に高度な数値解析に関しては計算コストが問題となることに加え、災害は不確実性を非常に多く含む事象であることから、災害が起こった直後にその不確実性を考慮して災害シミュレーションを行い、その情報をリアルタイムで被害の予測に活かすというのは現状では難しい。そのため計算コストの高い高度な数値解析と、十分な試行回数を求められる確率論的評価を効率的に利用して、リアルタイムの津波の被害予測を行うことのできる枠組みの構築が求められる。

本研究では、不確実性を考慮した異なる計算条件から得られる数値解析結果を利用して、その空間的な分布の相関の特徴をつかみ、低い計算コストで近似的に数値解析と同等の解を得ることを可能にする枠組みを構築し、津波リスク解析への適用を提案することを目的とする。

2. 固有直交分解によるモード分解と代理モデルの構築

統計的手法の1つである固有直交分解(Proper Orthogonal Decomposition)の理論を数値シミュレーション結果に適用することで、津波のリアルタイムシミュレーションを可能とする枠組みの構築を行う。データに対して固有直交分解を適用するにあたり、データ行列を定義する。あるケースの i のデータをベクトルとして $x_i(i=1, \dots, N)$ とする。そのベクトル x_i が n 次元、すなわち n 個のデータを持つとき、データ行列 X は以下の様に定義する。

* Disaster risk assessment using numerical simulation results by Reiji Uwano

$$X = \begin{pmatrix} | & & | \\ x_1 & \cdots & x_N \\ | & & | \end{pmatrix}$$

列方向にケース，行方向にデータが次元数の数だけ並ぶ行列であり，この行列について固有直交分解を行う。また，データ行列 X はデータベクトルの集合体のため，ベクトルに縦線をつけて表現する。固有直交分解とは，パラメータ空間において分散が最大となるような基底を抽出する技術であり，データの特徴をつかみ，より低次元でデータを表現する手法である。これはデータ行列の共分散行列 C について固有直交分解を行うことで求めることができる。

$$C = XX^T$$

固有値は分散を意味し，分散が小さい固有値に対応する基底は情報量をほとんど持たないため省略し，全体を縮約して表現できる。基底を省略する際には寄与率を考慮する。寄与率は，固有値の全体に対する割合として使用する基底数を決定するのに用いられる指標であり，基底 j の寄与率 d_j は固有値を用いて以下の式で与えられる。

$$d_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{k=1}^n \lambda_k}$$

固有直交分解で得られた基底を用いて代理モデルを作成する。まず，入力パラメータと基底にかかる係数を関連付けることで応答曲面を作成する。基底が分布の特徴を表現し，その特徴の重みが入力パラメータによって決まる。このように各基底にかかる係数部分を入力パラメータの関数として近似することで，任意のケースについて求めたい量を算出することが可能となる。

3. 津波解析

不確実性を考慮するため，モデル化した津波シミュレーション解析を行う。水柱を作成して波を発生させ，防潮堤を越流し構造物へと影響する力を確認する。ここでは，初期の水柱の高さと防潮堤の高さのパラメータについて不確実性を考慮するものとし，これらを変化させて数値解析を複数実施し，データ行列を作成する。その後，固有直交分解して代理モデルを作成し，構造物への影響を評価する。

表-1 解析ケース

		水柱の高さ			
		10m	20m	30m	40m
防潮堤の高さ	5m	a1b1	a1b2	a1b3	a1b4
	7.5m	a2b1	a2b2	a2b3	a2b4
	10m	a3b1	a3b2	a3b3	a3b4



図-1 初期条件(a3b3)

4. 参考文献

1) 外里 健太，小谷 拓磨，波多野 僚，高瀬 慎介，森口 周二，寺田 賢二郎，大竹 雄：数値解析結果の空間モード分解による津波のリスク評価，日本計算工学会論文集(2020) p. 20200003

iPhone, iPad 3D LiDAR 機能を活用した斜面防災への活用

岩手大学農学部 ○白倉誠也 小高敦志 工藤優太 井良沢道也 松嶋秀士

1. はじめに

近年、土砂災害への対策がより求められている。また、携行可能なレーザー計測が、砂防等の現地調査でも利用されつつある¹⁾。2020年に発売された「iPhone 12 Pro」及び「iPad Pro」(Apple) (以下 iPhone, iPad と記載) にも LiDAR が搭載され、多様な分野で活用が望まれている。

そこで、本稿では iPhone, iPad の 3D LiDAR 機能の斜面防災において活用の検討を行った。また UAV に iPhone を搭載することで土砂災害対策の効率化、省力化が可能かの検討も行った。

2. iPhone, iPad 3D LiDAR 機能とデータの処理方法について

iPhone, iPad のアプリ「3d Scanner App」(Laan Labs) の High モードにて計測を行い、得られた点群データを点群処理ソフト「Autodesk ReCap」(ReCap) にて取り込み、処理を行った。本アプリは取得できる点群の距離が 5m までであるため、実際に斜面で利用するには移動しながらの計測が必要である。そのため UAV (機種: PHANTOM 4) に iPhone を搭載し計測を行った。

3. 調査方法

事前調査として、室内で iPhone, iPad のそれぞれで、4つの大きさの木片の計測を行った。続いて試験地に 5m×3m の区画をつくり、その中に木片を配置し、UAV を用いて計測を行った。その後、急斜面において UAV を用いて亀裂の計測を行った。

4. 結果と考察

事前調査として iPhone, iPad で 1m 地点から計測した。(写真1) 木片(大)では過小測定だったが形状は認識できた。木片(中)では大まかな形状は認識できたが丸みを帯びた結果になった。木片(小), (極小) では形状を認識できなかった。2m 地点からは、木片(大)は大まかな形状は認識できたが丸みを帯びた結果になった。他の木片は形状を認識できなかった。この理由として、LiDAR

の照射角度が狭く、木片の角が測定できなかったため過小になったと考えられる。表1は結果をまとめたものであり、△が認識はできたが計測ができなかった、×が認識されなかったことを示している。特に奥行き方向において正しく取れな

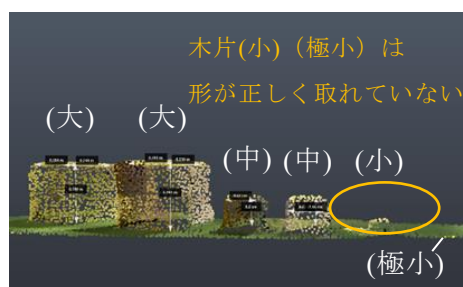


写真1 iPhone 1m 地点点群データ

表1 木片の測定結果 (単位: cm)

測定条件	木片(大)			木片(中)			木片(小)	木片(極小)
	横	縦	奥行き	横	縦	奥行き	1辺	1辺
実測	21.0	21.0	30.0	10.0	10.0	10.0	5.0	3.0
iPhone 1m	18.85	18.85	24.35	8.62	7.68	△	△	×
iPad 1 m	18.85	18.85	22.15	8.58	7.44	△	△	×
iPhone 2m	14.55	△	△	△	△	△	×	×
iPad 2 m	15.35	△	△	△	△	△	×	×

ったが、これは測定のためだと考えられる。以上から iPhone, iPad の精度は同程度であり、10 cm以下の小さな構造の認識は難しいが、2m 以内の距離で測定ができれば十分に構造を把握することができると考えられる。

事前調査を踏まえ、試験地で iPhone を UAV に搭載し計測を行った。試験地は、富山県南砺市の(有)清水建設安居採取場であり、砂を採取している場所である。まず、試験地に 5m×3m の区画をつくり、その中に木片を配置し、UAV を用いて計測を行った。UAV の飛行ルートは、図 1 のとおりであり、1~2m の高さで飛行することを留意し、重点的に測定を行いたい場所では旋回を行った。計測の結果、点群データは少々の抜け落ちがあったものの、地形や木片(大)、(中)はしっかりと認識が可能であった。(写真 2, 3)



写真 2 斜面計測の様子



写真 3 斜面の点群データ

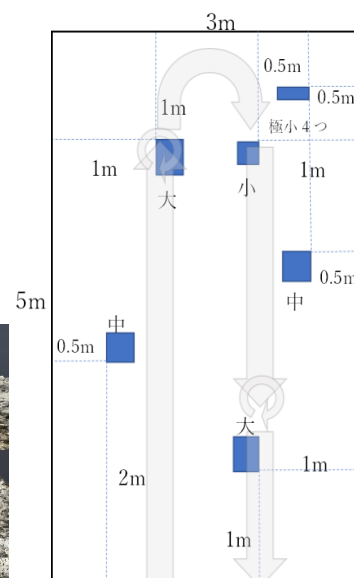


図 1 試験地と飛行ルート

この特性を踏まえ、iPhone, iPad 3D LiDAR 機能は、斜面防災でも十分に活用できると考えられる。得られた点群データは地形や構造物の確認に有用であり、施工時の出来形管理や施工後の維持管理では、作業の効率化ができると考えられる。また災害時など危険を伴う調査を有する場合も、UAV に搭載することで簡単かつ安全に、データの収集が可能であり省力化ができると考えられる。

5. まとめ

iPhone, iPad の 3D LiDAR 機能は、既存のレーザー計測機器に比べ、安価かつ操作が簡単であり、手軽に利用が可能である。一方、取得できる点群の数が少ないため精度が低く、特に小さなものにおいては利用には不向きなため、使い分けが必要であると考えられる。データは地形や構造物が問題なく確認可能であり UAV に搭載し斜面の計測を行うことで斜面防災において効率化や省力化のための活用が見込めると考えられる。

謝辞 本調査を行うに当たり、国際航業(株)の河合貴之氏、アジア航測(株)の落合達也氏、鈴木太郎氏、国土防災技術(株)の佐藤達也氏、プロノハーツ(株)の中村泰敏氏、菅原氏にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献: ¹⁾ 河合貴之ら(2021)「山地溪流の表面侵食・土砂移動調査におけるハンディ・レーザースキャナの活用 ～奈良県池郷川流域を事例として～」, 砂防学会要旨集, p.359-360

斜面防災に向けて iPhone, iPad の 3D LiDAR 機能の精度検証*

岩手大学農学部 ○小高敦志 白倉誠也 工藤優太 井良沢道也 松嶋修士

1. はじめに

近年、土砂災害発生件数が増加かつ激甚化している。令和2年の土砂災害発生件数は1319件で、平均の約1.2倍であり、中でも令和2年7月豪雨は記録に残る主な自然災害の中で、土砂災害の発生が確認された都道府県数は1番多く、発生件数においても3番目であり、過去最大クラスの広域災害であった¹⁾。このような状況の中、土砂災害への対策がより求められている。また近年、携行可能なレーザー計測が、砂防等の現地調査でも利用されつつある²⁾。iPhone 12 Pro 及び iPad Pro (Apple) (以下 iPhone、iPad と記載) にも LiDAR が搭載され、多様な分野で活用が望まれている。

そこで、本稿では iPhone、iPad に搭載されている 3DLiDAR 機能の精度を検証し、土砂災害対策の効率化、省力化が可能かの検討と斜面防災において活用の検討を行った。

2. 調査方法

iPhone、iPad のアプリ『3d Scanner App』(Laan Labs)の High モードにて4つの大きさの木片の計測を行った。得られたデータを xyz の様式で点群処理ソフト Autodesk ReCap (ReCap) にて取り込み、処理を行った。距離をそれぞれ1、2、3、4、5m地点から3回ずつ物体を計測した。計測方法は以下に示す。

- 1)木片を一方向から計測
- 2)木片を中心として円周上に測定者が歩き、物体を計測

3. 結果と考察

- 1)木片を一方向から計測

1-1. 木片を正面から計測

いずれの地点からの計測でも過小の結果であった。1m~2m で実際のモデルと一番近い値となった。3m 以降は距離が遠くなるにつれて実際のモデルの値よりも差が大きくなった。(表1)モデルを認識することは可能であるが、3D モデルが不定形な形になってしまうため、計測には難しいモデルとなっていた。(写真1)いずれの距離からもエッジがうまく表現されなくなっていた。

1-2. 木片を45° 斜めから計測
モデルの二面が映るように45° 斜めから計測した。斜めから計測した場合も過少の結果になった。正面から撮影した

表 1 距離による測定結果(単位:m)

モデル計測値	0.34	0.26	モデルとの差	
計測値 1m	0.3	0.228	0.04	0.031
2m	0.315	0.241	0.025	0.018
3m	0.298	0.21	0.041	0.05
4m	0.27	0.194	0.069	0.065
5m	0.245	0.154	0.095	0.105

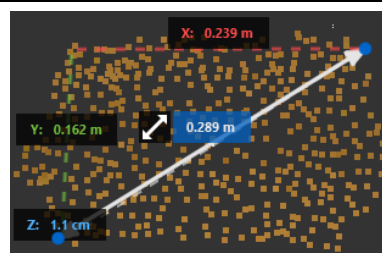


写真 1 5m から計測した時の点群

時と同様に、距離が離れるにつれて実際のモデルとの差は大きくなる。(表 2、3) 正面、45° から撮影した時と同様、距離が離れるにつれてモデルの実際の値との差は大きくなっている。しかし、1m 地点の結果で見ると正面で取った時の計測値よりも精度が高くなっている。これは、正面からとった時は両側のエッジがうまく表現されておらず、消えていたが、斜めから計測した場合は、正面と側面の両方の面を LiDAR が認識できたことにより、撮影した側のエッジが表現できるようになったため、正面のみから撮影した時よりもモデルに近い値になったと考えられる。

2)木片を中心として円周上に測定者が歩き、物体を計測

木片を中心にして円周上に撮影した場合は実際のモデルよりも過少になった。しかし、一方向から撮影した時と比べてモデルとの差は小さくなった。モデル全体を撮影したことで、エッジの表現も一方向からの撮影よりは鮮明になったことで計測値がモデルと近くなったと考えられる。全体的にエッジは丸みを帯びた。実際のモデルよりもエッジの表現は曖昧になってしまうが、計測する構造物がより大きくなれば許容できるものになる。

4. まとめ

iPhone、iPad の 3D LiDAR 機能は、既存のレーザー計測機器に比べ、安価かつ操作が簡単であり、手軽に利用が可能である。1、2m の距離からの計測が有効であり、計測の際には一方向からではなく、物体の周囲を回るように計測する。実際のモデルよりも測定値は過少になってしまうが、大きさが 30 cm 程度であれば、物体の認識、大きさの計測には有効に活用できると考える。斜面における転石の計測、構造物の認識は可能である。3D Walker など高密度に点群データを取れるものを使い分けを行うことで、斜面防災において、効率化や省力化のための活用が見込めると考えられる。

謝辞 本調査を行うに当たり、アジア航測(株)の落合達也氏、鈴木太郎氏、国土防災技術(株)の佐藤達也氏、プロノハーツ(株)中村泰敏氏、菅原基氏にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献：¹⁾ 国土交通省「令和 2 年の土砂災害」< <https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r2dosha/r2doshasaigai.pdf> > ²⁾ 河合貴之ら(2021)「山地溪流の表面侵食・土砂移動調査におけるハンディ・レーザスキャナの活用 ～奈良県池郷川流域を事例として～」, 砂防学会要旨集, p.359-360

表 2 右 45° からの計測結果(単位:m)

モデル計測値	0.34	0.26	モデルとの差	
右1m	0.313	0.235	0.0263	0.025
右2m	0.296	0.239	0.044	0.021
右3m	0.274	0.223	0.066	0.037
右4m	0.28	0.188	0.059	0.071
右5m	0.274	0.171	0.065	0.088

表 3 左 45° からの計測結果(単位:m)

モデル計測値	0.34	0.26	モデルとの差	
左1m	0.324	0.24	0.016	0.02
左2m	0.29	0.246	0.049	0.013
左3m	0.289	0.214	0.05	0.045
左4m	0.232	0.199	0.107	0.061
左5m	0.187	0.15	0.153	0.11

表 4 立体として測定結果(単位:m)

モデル計測値	0.34	0.26	0.3	モデルとの差		
1m	0.33	0.23	0.28	0.0086	0.0273	0.0173
2m	0.33	0.23	0.27	0.0083	0.0273	0.0206

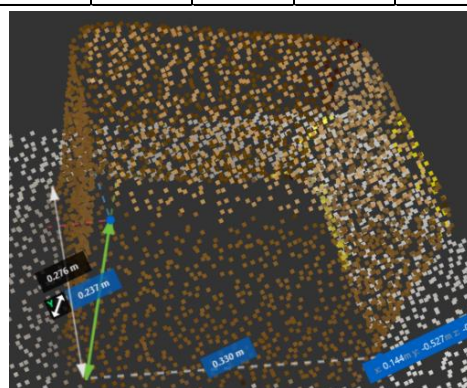


写真 2 1m 地点から計測した時の点群

低平地における流出解析に向けた水文地形データの整備*

日本大学大学院工学研究科 神谷 青佑

日本大学工学部 朝岡 良浩

1. はじめに

気候変動が農業生産に及ぼす影響は大きい。地球温暖化も気候変動の一つであり、農業生産と密接な関係にある。Rosamond et al., (2007) は、インドネシアでは 2050 年の農業生産量が気候変動により変化することを示した。しかし、降雨量や気温が直接、農業生産量に及ぼす影響を示しているものの、豪雨に伴う洪水、氾濫が農業生産に及ぼす影響を評価した研究は少ない。インドネシアの Citarum 川上流域では水田地帯が河川周辺の低平地に広がる。水田地帯浸の水被害を算出するためには降雨流出・氾濫モデルを必要とする。通常、流出解析の河道網は地形データを用いて作成するが、低平地では勾配に関係なく河道が形成されることが多い。本研究では低平部の河川流量を算定するために流域の水文地形データを整備した。これらのデータと流出解析手法を用いて Citarum 川における流出特性の抽出を試みた。

2. 対象地域

対象地域の Citarum 川は全長約 350km、流域面積約 6000km²である。インドネシア、ジャワ島、西ジャワ州に存在しており、南から北へ向かって流れる。また、BojongSoang 地区と呼ばれる地区に大部分の水田があり、緩勾配であるため、洪水、氾濫が起きやすい地区である。この地区の西側は Tegalluar 地区とよばれ、氾濫による浸水被害が発生する(図-1)。



図-1 Citarum 川流域

3. データセット

標高データは MERIT DEM3s(メッシュ分解能, 座標系 WGS 1984)²⁾を取得した。このデータを分解能 9s(270m)にアップスケーリングした際 3×3 の 3s メッシュの最小値を代表値として扱った。また、標高データを用いて流向、累積セル数、流域データをそれぞれ作成した。作成した流向から疑河道網を作成したが、低平地を中心として現実の河道網を再現できなかった。そのため、衛星写真を用いて現実の河道に基づいて疑河道網、流向データを修正した。MODIS の土地被覆データ(MCD12Q1)³⁾のうち International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP : メッシュ分解能 500m, 座標系 Sinusoidal)のデータを使用した。このデータに水理公式集⁴⁾から河川以外の粗度係数を付与し、分解能 9s(270m)に最近隣内挿法を用いてリサンプリングした。河川の粗度係数は疑河川網を元に水理公式集から粗度係数を付与した。これらのデータを投影座標系 UTM_Zone_48S に変換した。

4. 研究手法

*Establishment of hydrogeological terrain dataset for runoff analysis in the lowland areas by Seisuke Kamiya and Yoshihiro Asaoka

本研究は、対象地域の低平地で洪水氾濫を解析するため分布型流出モデルを構築した。対象地域の空間分解能は 270m で、Kinematic Wave 法を用いて計算した。連続の式、運動方程式を(1)、(2)に示す。

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$-ghi + \frac{\tau_0}{p} = 0 \quad (2)$$

q は単位幅流量(m^3/sm)、 t は時間(s)、 h は水深(m)、 x は流下方向距離(m)、 g は重力加速度(m/s^2)、 i は流路勾配である。流出特性を解析するために以下の数値実験をした。最上流端の境界条件としてメッシュの水深を常に 0.3m とし、それ以外のメッシュは初期条件として水深 0m に設定した(図-2)。

5. 結果・考察

計算開始から 1 日後、5 日後の水深を図-3、図-4に示す。また、計算開始から 1 日後に低平地以外のメッシュでは水深が 0.3m に到達する。これは、低平地以外では急勾配で流速が大きいからである。低平地の水田では粗度係数が大きいいため流速が小さく、全てのメッシュで水深が 0.3m に到達するのはおよそ 5 日後である。

6. まとめ

本研究はインドネシア Citarum 川上流域の流出氾濫解析に向けて水文地形データの整備を行い Kinematic Wave 法を用いて流出特性を評価した。今後、実降雨を想定した数値解析を進め、洪水時の氾濫特性を明らかにする。

参考文献

- 1) Naylor, R. L., Battisti, D. S., Vimont, D. J., Falcon, W. P., & Burke, M. B.: Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(19), 7752-7757, 2007.
- 2) YAMAZAKI, Dai, et al.: A high - accuracy map of global terrain elevations. *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5844-5853, 2017.
- 3) Sulla-Menashe, D. Friedl, M.A.: User Guide to Collection 6 Modis Land Cover (mcd12q1 and mcd12c1) Product; USGS: Reston, VA, USA, 2018.
- 5) 土木学会：水理公式集 [平成 11 年度版] ,丸善,pp40, 1999.

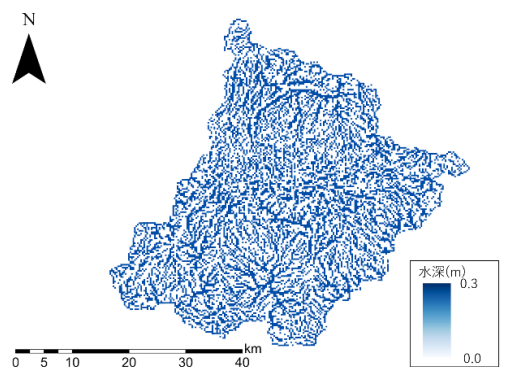


図-2 初期条件水深

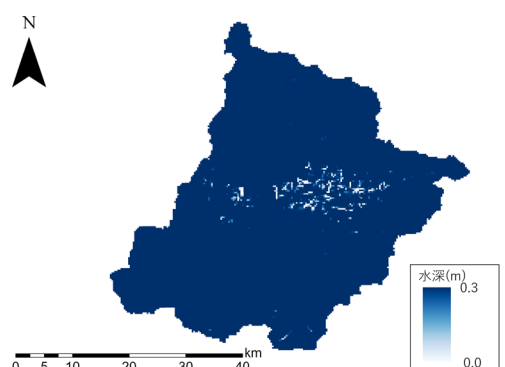


図-3 1 日後の水深

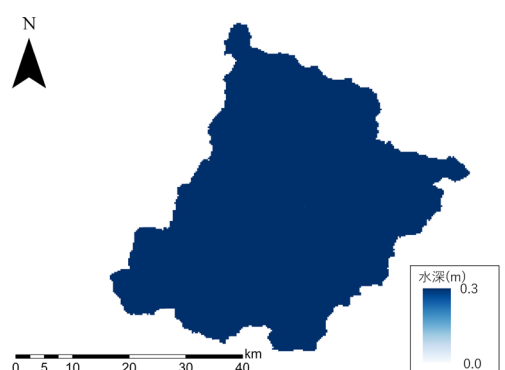


図-4 5 日後の水深

豪雪地帯の河川流域における土砂生産量推定手法の検討*

日本大学大学院 堀江 祐希
日本大学工学部 朝岡 良浩
日本大学工学部研究員 古川 仁志

1. 背景・目的

近年,日本では気候変動に伴う異常気象の影響により水害が頻発しており,今後も大規模な水害の発生が懸念されている。そのため,気候変動に適応した河川管理が必要となる¹⁾。河川管理を行う上で考慮すべき項目の一つに土砂管理がある。土砂は岩石の風化,流水による侵食,崩壊や地滑りなどの土砂移動によって生産される。土砂生産においては雨や雪の降水が大きく寄与しており,豪雪地帯では土壌の凍結・融解により岩石の風化が激しく,洪水期間が長いことから,降雨による土砂生産とは発生機構が異なると考えられる。また,土砂生産が河川に及ぼす影響も大きいと考えられ,今後の気候変動の進行に伴い降水形態が降雪から降雨に移り,降雪量に変化した場合に土砂生産にどのような影響を与えるか検討する必要がある。しかし,降雨を前提とした土砂生産量を推定する研究は数多く行われてきたが,豪雪地帯を対象とした事例は少ない。

本研究は,豪雪地帯で河川の土砂輸送量の観測が行われている伊南川流域を対象とし,積雪・融雪期の土砂生産量を推定するモデルを作成した。

2. 対象地域

伊南川は福島県の南会津地方を流れ,流域面積 1058km²,延長 80.2kmの阿賀野川水系の一级河川である。気候は日本海型気候であり,冬季には山間部で積雪が2~4mを越える豪雪地帯となっている。そのため,融雪期の融雪出水によって流量が豊富になる。伊南川にはダムが無く,土砂生産・輸送量が豊富なため,伊南川が合流する只見川の中流域に位置する滝ダムへの堆砂が問題となっている。

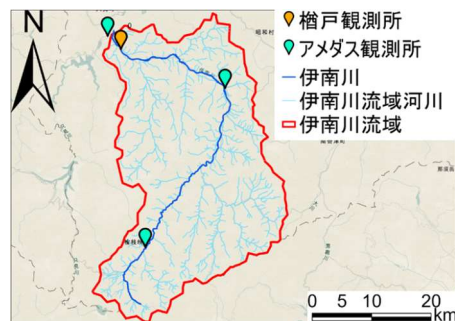


図-1 伊南川流域概要

3. 研究手法

伊南川流域における土砂生産量は,降水と土壌侵食量を関係づけた USLE (Universal Soil Loss Equation, 土壌流亡予測式) モデルを用いて推定する。USLE モデルは降雨特性,土地利用,地形,地質のデータを入力値とし,各データを(1)式に代入することで,セル単位で土壌侵食量を推定する²⁾。本研究は 200m メッシュで各係数を整備した。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

A は単位面積当たり流亡土量(tf/ha), R は降雨係数(tf・m²/ha/h), K は土壌係数(h/m²), LS は地形係

* Study on the estimation method of sediment production in the river basins highly covered by snow by Yuki Horie, Yoshihiro Asaoka and Hitoshi Furukawa.

数(無次元), C は作物係数(無次元), P は保全係数(無次元)である。USLE モデルの変数の内, K,LS,C,P の時間変化はなく, R は月単位で変動する値と仮定し,異なる降雨係数の算定方法で求めた土砂生産量を比較した。降雨係数 R は降雨侵食指数 EI より求められ,降雨強度 I に依存する。降雨強度 I を流域周辺の AMeDAS より取得した 1 時間降水量データと 10 分間降水量データより 2 条件算定した。また,伊南川流域は豪雪地帯に指定されていることから積雪を考慮する必要がある。今回は USLE で定義されている積雪・寒冷地の融解・融雪期の補正方法を用いて根雪月の降水量に 1.06 を乗じて補正した。降水がすべて降雨とした全降雨の条件と補正を行った条件を先の 2 条件に当てはめ,全降雨を条件とした Rr_{10},Rr_{60} ,補正を行った Rs_{10},Rs_{60} の 4 条件より土砂生産を推定した。算定した土砂は質量で算定されるため,道路橋示方書³⁾を参考に,日本全国で自然地盤の密度を $1.8t/m^3$ とし体積に換算した。

4. 結果・考察

本研究は土砂輸送量の現地観測が行われた 2021 年 1 月から 6 月の 6 カ月の期間において月ごとに降雨係数を算定した。1 時間降水量から作成した降雨係数(Rr_{60})と 10 分間降水量から作成した降雨係数(Rr_{10})を比較した結果, Rr_{60} は $15.472tf \cdot m^2/ha/h$, Rr_{10} は $36.961tf \cdot m^2/ha/h$ と Rr_{60} の 2.39 倍となった。融雪補正を行った Rs_{60} と Rs_{10} の場合, Rs_{60} は $15.918tf \cdot m^2/ha/h$, Rs_{10} は $38.756tf \cdot m^2/ha/h$ と 2.43 倍となった。算定した各条件の降雨係数を用いて流域の土砂生産量を計算した結果, Rr_{60} から求めた土砂生産量は $3091.6m^3$, Rr_{10} の場合は $7385.2m^3$, Rs_{60} の場合は $3189.5m^3$, Rs_{10} の場合は $7743.9m^3$ となった。以上より降雨係数 R の求め方により土砂生産量推定に大きく影響することを確認した。

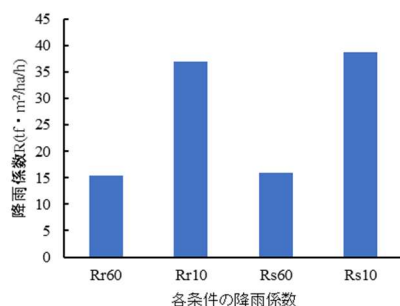


図-2 各条件の降雨係数 R

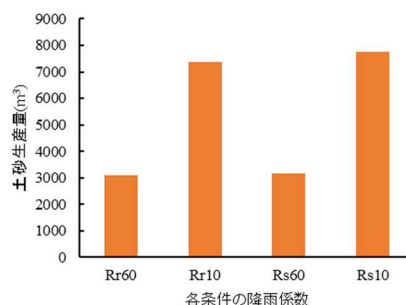


図-3 各条件の土砂生産量

5. 結論と今後の展望

本研究は伊南川流域を対象として,USLE のモデルを構築し,降雨係数設定方法の違いが土砂生産推定に及ぼす影響を評価した。今回は従来の USLE の方法により土砂生産を推定したが,伊南川流域のような豪雪地帯は他の地域と土砂生産の機構が異なると考えられるため,観測データを用いて推定結果を検証し,従来の方法が有効か検討する。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省の気候変動への適応策,平成 27 年 11 月。
- 2) 農林水産省：土地改良事業計画指針,農地開発(改良山成畑工),平成 4 年 5 月。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, I 共通編・II 鋼橋編, 1990。

<第2会場>

— 第3部 (7題) —

司会：高瀬 慎介先生

12月18日(土) 12:30~14:15

会議名 (URL 6)

阿賀野川上流域における多雪年・小雪年の融雪出水解析*

日本大学工学部 石本晃輝

日本大学大学院工学研究科 神戸智志

日本大学工学部 朝岡良浩

1. はじめに

日本は同緯度帯の他の世界の都市と比較しても、豪雪地帯として有名である。政令で定める基準等に基づき指定される豪雪地帯は日本全国の約 50% に指定されている。豪雪地帯とは積雪が特に甚だしいため、産業の発展が停滞的で、住民の生活水準の向上が阻害されている地域のことをいう¹⁾。その一方で生活用水、農業用水、工業用水、水力発電に利用されるなど冬季の積雪とそれに伴う融雪出水はその地域の安定した水資源となっている。また近年では、地球温暖化の影響によって積雪域では降雪量の変化や融雪の早期化が懸念されている。したがって、積雪や融雪出水を水資源として有効に利用するために積雪量や融雪期の河川流量の長期的な傾向あるいは多雪年・小雪年といった極端な年の特性を把握することが重要である。

本研究は阿賀野川上流域の大川ダム集水域を対象とし、過去 20 年間の積雪量と融雪出水の数値解析を行い、長期的な傾向と多雪年・小雪年の特性を定量的に評価する。

2. 対象地域及びデータセット

対象地域は栃木、福島県界の荒海山を源にし、新潟市松浜で日本海へ注がれる阿賀野川流域の上流部に位置する大川ダム集水域(図 1)である。大川ダムは福島県会津若松市にあり集水面積 825.6 km² で、治水・利水を併せ持つ多目的ダムとして、阿賀野川総合開発事業の一環として建設された。

本研究は、積雪量・融雪量の推定と流出解析に使用する気象データとして

AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System)の 1 時間ごとの気温、

降水、風速、積雪深のデータを用いた。また、Degree-hour 法に用いる融雪係数や降雪量の標高補正係数は神戸・朝岡 (2021) の値を用いた。標高データは CGIS Japan から取得し、分解能を 10m から 200m にリサンプリングした。解析対象期間は 2000 年 10 月から 2021 年 5 月の計 20 年間である。

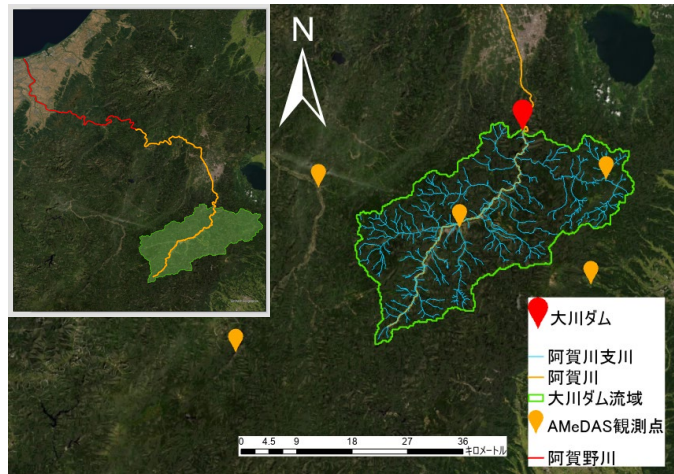


図 1 対象地域

*Snowmelt flood analysis in the upstream area of the Agano River basin for little and heavy snow years by Kouki Ishimoto, Satoshi Godo and Yoshihiro Asaoka

3. 解析方法

本研究は、2000年10月から2021年5月までの計20年間の積雪量・融雪量、河川流量を推定した。対象地域を分解能200mのメッシュで分割し、任意のグリッドに対して最近隣の3地点の気象データと標高データを重み付き距離平均法を用いて空間補完した。また、積雪量をSWEモデル、融雪量をDegree-hour法を用いて推定した。また、分布型流出モデルを用いて、対象地域の河川流量を推定した。

4. 結果及び考察

数値計算から20年間の平均、積雪水量の多い上位3年、少ない下位3年の平均の比較

を図2に示す。それぞれの詳細は以下のとおりである。多雪年は2005年10月から2006年5月、2014年10月から2015年5月、2013年10月から2014年5月に、小雪年は2007年10月から2008年5月、2015年10月から2016年5月、2019年10月から2020年5月とした。多雪年は平均と比較して約2倍、小雪年と比較して約3倍の積雪水量の変化を確認できた。積雪水量のピーク時期について多雪年と平均に明確な違いはみられない。

過去20年を前期の10年と後期の10年に分類し、それらの積雪域面積の変化を図3に示す。後期10年は前期10年の1月から2月のピーク時に約75%に減少する。前期10年より後期10年の方が積雪域面積で著しく減少していることを確認できる。

5. まとめ

本研究では阿賀野川上流の大川ダム流域を対象として、過去20年間において積雪水量を算定した。発表時には融雪出水の解析結果も報告する予定である。今後は対象期間を過去40年間に拡大して、融雪出水の長期的な傾向と多雪・小雪の特性を定量評価する。

参考文献

- 1) 国土交通省：豪雪地帯対策特別措置法，2015.
- 2) 神戸智志，朝岡良浩：衛星画像MODISを用いた積雪・融雪モデルのパラメータ算定，(投稿中).

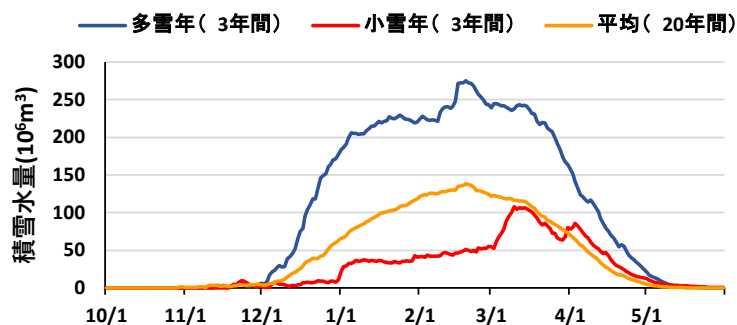


図2 多雪年・小雪年の積雪水量

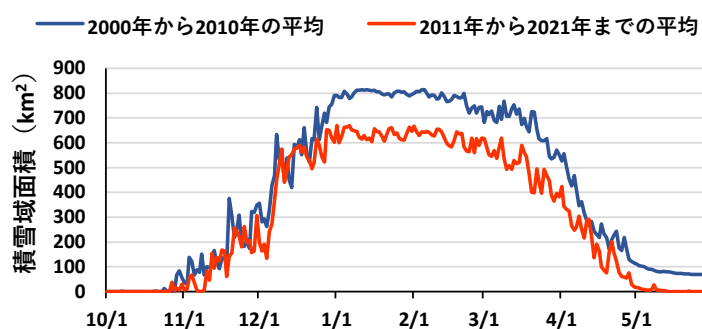


図3 積雪域面積

島根県江の川下流部における令和3年8月の氾濫について*

岡山理科大学理学部 田上直弥・古田大智・岡本佳奈・鎌滝孝信

1. はじめに

江の川は始源を標高 1218m の広島県山県郡北広島町阿佐山とし、島根県江津市で日本海に注ぐ中国地方最長の一級河川である。幹川流路延長約 194km の江の川水系は、馬洗川、西城川、八戸川など総計 293 本の支川が流入している。一般的に阿佐山から三次盆地までの流路を上流部、三次盆地に裾野を広げる尾関山から浜原ダムまでを中流部、浜原ダムから河口までを下流部と表現することが多く、上流部の河床勾配は中流部の 1.5 倍以上、中流部の河床勾配は下流部の 3 倍～20 倍に相当し、上流部の急峻化と下流部の平坦化が顕著な河川となっている（国土交通省河川局，2007）。

以上の特性をもつ江の川流域では現在までに数多くの洪水が発生し、幾度の治水計画が実施されてきた。文献に記録が残る最古の洪水は嘉永 3 年（1850 年）6 月まで遡り、広範囲の住家等の浸水・倒壊被害まで及んだ洪水もみられる（国土交通省，2007）。昭和 20 年（1945 年）9 月の枕崎台風や平成 18 年（2006 年）9 月の台風 13 号といった台風起源の氾濫も確認されているが、多くの事例が前線に伴う大雨起源で、過去最大規模の増水および浸水がみられた昭和 47 年（1972 年）7 月洪水などが該当する。平成以後も周期的に洪水が発生し、本年 8 月も河川からの溢水や堤防の損傷などの被害が報告された。これら江の川流域における水害を踏まえ、洪水発生時の河川水の状況を分析し、浸水被害地域との位置関係を調べることは、今後の災害想定精度向上において重要と考えられる。本研究は、令和 2 年（2020 年）7 月洪水と令和 3 年（2021 年）8 月洪水について現地調査や既報の資料からその規模を推定すると共に、江の川氾濫に起因する気象条件・地理的条件の考察を目的とする。

2. 調査地域および調査方法

江の川下流域で河口からの距離 0～52km の区間を調査対象とする。2021 年 7 月におこなった現地調査では、令和 2 年 7 月洪水の際の浸水発生地点を 5 箇所選定し、浸水の痕跡や表示板を参考に過去を含めた洪水の規模を概略的に推定した。その 5 箇所は上流側から順に、川本町谷・江津市川越・江津市大貫・江津市田津・江津市仁万瀬である。その後 8 月 11 日から中国地方では大雨となり、それに伴う河川水位上昇が 8 月 13 日の上流部での氾濫、同 14 日の下流部での氾濫をもたらした。今年度の浸水害を「令和 3 年 8 月洪水」と呼ぶこととし、国土交通省中国地方整備局の報道資料を参考に浸水発生地点を 9 箇所選定した。この 9 箇所は上流側から順に、美郷町本郷・美郷町港・川本町谷・江津市大貫・江津市田津・江津市榎谷・江津市仁万瀬・江津市上長良・江津市田野で、令和 2 年 7 月洪水時との比較も兼ねて調査した地点も含む。この現地調査は 2021 年 8 月 26、27 日の 2 日間で実施し、浸水の痕跡などを参考に洪水規模を推定するほか、各調査地域における洪水堆積層の厚さを測定した。また、堤外畑地などの砂堆

*The field survey of inundation in August 2021, from Gounokawa River, Shimane Prefecture by Naoya TAGAMI, Daichi FURUTA, Kana OKAMOTO and Takanobu KAMATAKI

上に形成されたベッドフォームを詳しく観察すると共に、カレントリップルやデューンの間隔や波高を計測した。

3. 調査結果および考察

1 回目の現地調査では、住家のガラス戸や壁面の浸水痕跡から令和 2 年 7 月洪水での地域一帯の浸水高を確認し、地盤の標高と当時の江の川の水位との関係を考察した。一部の調査地点では洪水における実績浸水深を示した簡易的な浸水深表示があり、平成 30 年 7 月洪水での浸水位をもとに、現地で観察された水位痕跡の形成時期を検討した。

2 回目の現地調査では、令和 3 年 8 月洪水の規模を昨年度のそれと比較することに加え、1 回目の調査後にまとめた以下の 3 点について現地で検討した。その 3 点は、1) 近年の江の川下流部における氾濫は、短時間での水位上昇に伴う溢水または支川合流部でのバックウォーター現象が大きく関連する。2) 標高の低い場所ほど浸水深は大きく、氾濫規模は直線流路か屈曲流路かの河道形態に依存する。3) 浜原ダム周辺部のように、平均河床高と比較して最深河床高が極端に深い場所では溢水が抑制される、というものである。実際、現地に設置された過去の洪水被害における浸水深表示をみると、2018 年以降の洪水における浸水深は、それ以前よりも低下傾向にあることが確認された。このことは、治水事業に伴う堤防の改修工事、法面掘削等により溢水の被害抑制が働いていることがその要因の 1 つと考えられる。また、現地調査において波長約 60~170cm、波高約 12~18cm のデューンが広範囲に分布している地点もあり、これらの特徴から氾濫水の動きを推察した。

本講演では現地調査における詳細な観察結果を述べ、さらに、江の川流域の水位観測データや、降水量の記録、天気図や気象衛星画像などにに基づき、令和 3 年 8 月洪水の誘因となった気象条件について報告する。

引用文献

国土交通省，第 74 回河川整備基本方針検討小委員会，参考資料 4-2 江の川水系の特徴と課題，2007.

国土交通省河川局，江の川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料(案)，2007.

江津市，江津市国土強靱化地域計画令和 2 年 6 月策定，2020.

国土交通省中国地方整備局，令和 2 年 7 月豪雨による中国地方整備局管内の出水概況【第 3 報】，2020 年 8 月 25 日記者発表資料，2020.

国土交通省中国地方整備局，令和 3 年 8 月 12 日からの前線停滞による大雨 中国地方整備局管内の出水概況【第 1 報】，2021 年 8 月 17 日 12 時記者発表資料，2021.

粒子群の間隙を流れる水の挙動に関する基礎研究

八戸工業大学 柁谷 みなみ

八戸工業大学 上野 礼慈

八戸工業大学 中村 優真

八戸工業大学 高瀬 慎介

1.はじめに

近年、豪雨による災害が続いている。これは地球規模の気候変動によってさらに厳しくなり、今後も豪雨災害は増加していくと考えられる。豪雨災害の中で斜面崩壊、堤防破堤、地盤材料の流失などの現象が発生し災害の被害を拡大する要因となっている。これらのリスクの予測や評価のためには土と水の相互作用力のモデルの精度アップが必須である。粒子群の間隙を流れる水の挙動については、古くから実験、解析の様々な研究がなされている。特に、地盤工学における透水問題については Darcy 則が最も



写真-1 斜面崩壊¹⁾

基礎的なモデルであり、さらに高度な物理となる非 Darcy 流れの効果の導入の必要性も議論されている。しかし非 Darcy 流れについては数値解析の中で扱うための基盤が十分に構築されていない。実際の地盤材料には粒度分布が存在し、大小様々な粒径の粒子群の集合体である。より現実に則した非 Darcy 流れのモデリングの高度化は今後の地盤材料の数値解析のために解消すべき課題の一つである。本研究では直接数値シミュレーションによる浸透流の数値解析を行い、地盤材料の特性をシミュレーションを通して理解することが目的である。数値解析手法は有限要素法を用いて実施する。本研究では、飽和土中の間隙水を密度 ρ 、粘性係数を μ の非圧縮性ニュートン流体と仮定したうえで、時間 t 、速度 $u_i = (u, v, w)$ 、および圧力 p に関する支配方程式である 3 次元ナビエ・ストークス方程式²⁾

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) + f_i$$

および、連続の式

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

を数値計算によって解く。

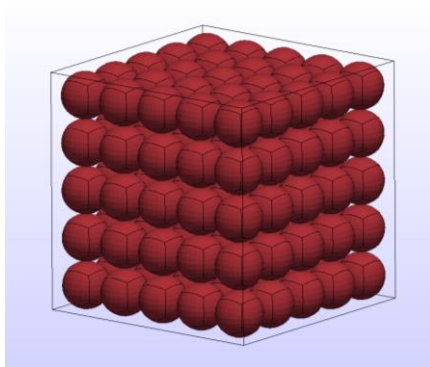
*Study on the behavior of water flowing through the gaps of particle swarms by Minami Masaya, Reiji Uwano, Yuma nakamura, Shinsuke Takase

2.解析概要

規則配置モデルを用いた浸透流のシミュレーションを行う。地盤材料に関するパラメータの変化に合わせて、内部の浸透流が変化していく過程の再現を試みる。規則配置モデルでは粒径の変化や動水勾配の変化に着目して解析を行う。

モデルは図一1のように作成する。線で示した部分が解析対象の空間であり、内部の球体が土粒子を示す。間隙流体のパラメータは $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 、 $\mu = 1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の水を用いる。解析モデルに粒径 $2.0\text{mm} \sim 0.08\text{mm}$ のスケールを用いる。動水勾配は一律で1.0とする。それぞれ定常な流れが得られるまで浸透流のシミュレーションを行う。解析結果から動水勾配一定条件での粒形変化に対する透水係数の変化をみる。また、動水勾配の変化に着目した解析も行う。解析には粒形 0.6mm の規則配置モデルを使用する。動水勾配を $0.05 \sim 2.0$ と与え、定常状態が得られるまでシミュレーションを行う。限界レイノルズ数を用いて解析条件を整理し、解析モデル内部の流れについて深く考察していく。

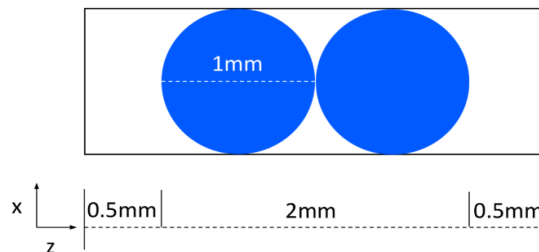
メッシュサイズ決定のために、粒径 1.0mm の球2つ配置したモデル(図一2)の解析を行った。メッシュサイズはそれぞれ 0.1 、 0.05 、 0.025 とし、動水勾配は一律で 0.1 を与えた。メッシュサイズごとの断面流速を表一1に示す。



図一1 規則配置モデル

表一1 断面流速の比較

メッシュサイズ	断面流速[m/s]
0.025	0.02782
0.05	0.02721
0.1	0.02121



図一2 テストモデル

4.終わりに

メッシュサイズのテスト解析によって、断面流速が変化することが分かった。メッシュサイズが 0.05 の時点で収束していることが分かる。今後の規則配置モデルはメッシュサイズを 0.05 で解析をおこなう。

5.参考文献

- 1) 小山内信智 斜面災害の被災地の地形・地質と斜面崩壊の特徴 北海道測量技術講演会 2019.01.31
<https://www.gsi.go.jp/common/000208624.pdf>
- 2) 橋一光 土粒子スケールの微視的流れを考慮した地盤材料の透水特性結果 2016年3月 p7

透明土モデルを用いた浸透流の可視化手法に

関する基礎的研究*

八戸工業大学 中村 優真
八戸工業大学 上野 礼慈
八戸工業大学 高瀬 慎介
八戸工業大学 金子 賢治

1. はじめに

日本は世界でも有数の自然災害大国であり、これまで様々な災害による被害を受けてきた。特に最近では、気候変動により短時間のうちに急に降る大雨が発生する頻度は増加傾向にあり、2018年6月下旬から7月にかけて台風7号および梅雨前線などによって引き起こされた集中豪雨（平成30年7月豪雨）により、西日本を中心に北海道や中部地方など広い範囲で河川の氾濫や堤防の決壊、土砂災害など甚大な被害が発生した。近年上陸する台風が年々大型化かつ低速化していることから、今後も気候変動による自然災害が発生する頻度は増加していくと考えられる。

青森県でも、令和3年8月に集中豪雨による土砂崩れが発生し、大きな被害を受けた。豪雨による堤防の決壊や土砂災害の原因の一つとして浸透による内部浸食が挙げられる。しかし、内部浸食の発生・進行メカニズムについては不明な点が多い。内部浸食の取り扱いが難しい理由としては、直接観測することのできない土中で起こることが挙げられる。そこで、地盤の内部を可視化する研究が多くなされている。

本研究では、屈折率マッチング技術で制作した透明土モデルを用いて浸透破壊試験を行い地盤内部で浸透による内部浸食の様子の観察を目的とする。

2. 透明土モデルの選定

屈折率マッチング技術とは透明粒子と間隙流体の2つの屈折率を一致させることで、直接見えない内部の断面を可視光のもとで観察可能にする実験手法である。透明粒子と間隙流体の種類によってさまざまな地盤を作成することが出来る。代表的なものを表-1に示す。

本実験では土の中の流れを再現するのに最適なアクアビーズを使用し実験を行う。作成した

表-1 代表的な透明土と特性

	アモルファスシリカ	シリカゲル	アクアビーズ
屈折率	1.442	1.442	1.333
最適モデル	粘土	砂	土の中の流れ とても弱い沈殿物
間隙流体	鉱油ブレンド 臭化カルシウム	鉱油ブレンド 臭化カルシウム	水

* A Basic Study on Visualization Method of Seepage Flow Using Transparent Soil Model

透明土モデルを図-1に示す。アクアビーズは間隙流体に水を使っているため、高い透明度を示している。また、アクアビーズは吸水性ポリマーともいい体積の200倍の水を吸収することが出来る。(図-2)

3. 実験概要

浸透破壊実験装置を図-3に示す。使用する資料はアクアビーズ(10mm)とし、動きがわかりやすいように着色したビーズも配置する。ビーズは空中落下法で敷き詰めるものとする。

パイピング現象かボイリング現象が起きた時点で実験を終了とし、撮影した動画から内部浸食の様子を観察する。限界動水勾配などから実験結果が妥当性を検討する。

詳しい実験結果は講演時に示す。

参考文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート 2017
- 2) Magued Iskander：Modelling with Transparent Soils 2010

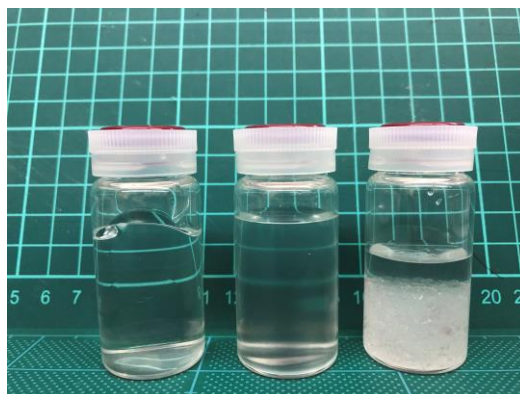


図-1 作成した透明土モデル
左：アクアビーズ (10mm)
中：アクアビーズ (0.5mm)
右：シリカゲル (1mm)



図-3 浸透破壊実験装置



図-2 アクアビーズ
上：給水前
下：給水後

令和元年東日本台風による阿武隈川支川の洪水氾濫解析*

日本大学工学部土木工学科 北村諒馬
日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩
株式会社シビルソフト開発 山下三男
株式会社シビルソフト開発 岡田健司

1. はじめに

令和元年 10 月 12 日から 13 日にかけて大型で猛烈な台風が東北地方を通過した。それに伴い、阿武隈川水系を中心とする多くの河川で氾濫による浸水被害が発生した。氾濫の原因の一つとしてあげられるのが背水である。背水とは、洪水時に本川の水位が高い状態になると、支川との合流部では支川の水位に影響を及ぼし流れが停滞するため、支川から本川への通水が困難になる現象である。また、治水対策で河川整備が進むと通水性が向上し、本川の水位がさらに上昇することによって支川への背水の影響がより強くなり、氾濫による浸水域の拡大が懸念され、超過降雨に対して洪水・浸水計算を行い、避難や河川管理施設・運用の備えが急務であると考えられている¹⁾。したがって、本川の河川整備が氾濫域に及ぼす影響を把握することは重要である。このような背水に伴う浸水被害の対策を検討するうえで、河川流れと氾濫を一体的に扱う数値シミュレーションが有益である。

本研究は令和元年東日本台風で本川の背水を受けた阿武隈川水系の逢瀬川を対象として河川モデルと氾濫モデルを結合した浸水解析を行い、背水に伴う氾濫シミュレーションの再現性を評価する。

2. 対象地域及びデータセット

対象河川は、阿武隈川水系の一級河川の一つで、福島・宮城・山形を流れる阿武隈河川支川の逢瀬川（図 1）である。郡山市逢瀬町多田野の大谷溪谷を源とし、東に流れて郡山市中心部にある JR 東日本郡山駅北側を通過して阿武隈川に合流する。流域面積は 82.2km²、流路延長は 21.6km、計画高水量は 520m³/s、計画日雨量は 167.6mm である²⁾。対象地域は、郡山市富田に位置する富田観測所から郡山市富久山町に位置する逢瀬橋を中間地点とし、逢瀬川と阿武隈川の合流地点の阿久津観測所までとする。

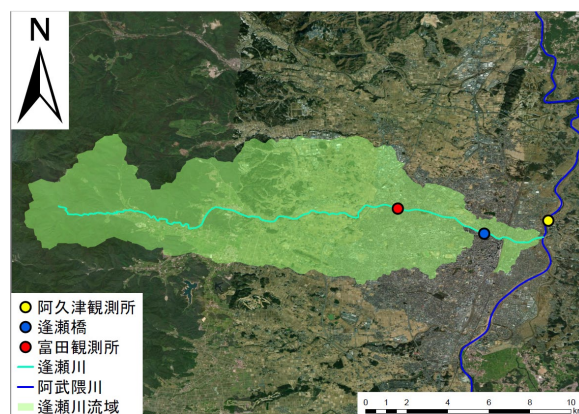


図 1 逢瀬川流域の概要

*Flood and inundation analysis in the tribute of the Abukuma River during Typhoon Hagibis, 2019 by Ryouma Kitamura, Yoshihiro Asaoka, Mitsuo Yamashita and Kenji Okada

本研究で使用した標高データは国土地理院から逢瀬川付近を空間分解能 5m で抜粋したものである。上流端の流量データは、当初「 $3\text{m}^3/\text{s}$ 」の流量を与え、これを1時間かけて「 $0.147\text{m}^3/\text{s}$ 」まで直線的に減少させ、その後一定とした。下流端の水位データは、水文水質データベースより阿久津観測所の時間水深データを入手し2019年10月12日6時の水位を与え一定とした。河川の横断面、構造物のデータは福島県健中建設事務所が河川整備事業で作成したデータを用いた。逢瀬川の集水域は、国土地理院の数値標高データをラスター化し、落水線解析によって作成した。

3. 解析方法

河道の流れの計算に関しては1次元の浅水流方程式、河道からの氾濫水の流れは、2次元の浅水流方程式を用いた。流下方向については TIN 地形モデルに沿って流れるものとした。下水道モデルは、郡山市から提供を受けた管路網データをもとに作成した。上流端の境界条件は集中型流出モデルの計算結果、下流端の境界条件は阿久津地点の水位観測値とした。

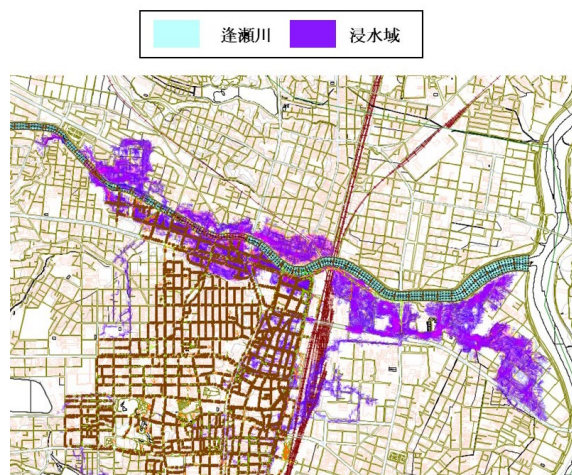


図2 最大浸水域

4. 結果

計算結果から得られた逢瀬川の最大浸水域を図2に示す。令和元年東日本台風により逢瀬川で2箇所での氾濫とそれに伴った氾濫を再現でき、これは実際の浸水域とも概ね一致する。図3に逢瀬川と阿武隈川の合流地点から1km,2km,3km,4km地点の水位の変化を示す。時間経過とともに水位が上昇し、各地点の水位が等しくなっていることから背水の影響を13日3時から17時まで時間帯は確認できた。

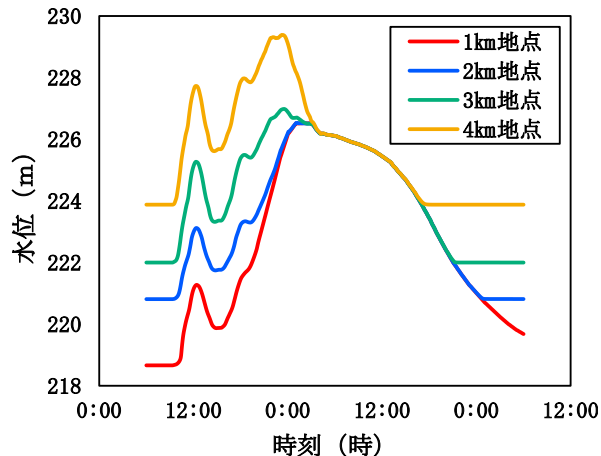


図3 各地点の水位の変化

5. まとめ

本研究では、令和元年東日本台風により氾濫が発生した逢瀬川を対象に、氾濫解析を行い氾濫域と背水の発生を確認した。今後、さらに詳細なデータを収集し、氾濫解析の精度を高める。

参考文献

- 1) 沖岳大, 中津川誠: 低平地を対象とした内水・外水を一体化した氾濫解析手法の提案, 土木学会論文集 G(環境). Vol72, No5, pp.I_271-I_276, 2016.
- 2) 福島県: 一級河川阿武隈川水系 郡山圏域河川整備計画 平成18年4月, 2006.

UAV 写真測量による中小河川管理コストに関する研究：

東北地方を事例として

橋本雅和¹，市川健²，天谷香織²，佐藤翔輔¹

1 東北大学災害科学国際研究所

2 株式会社復建技術コンサルタント

1. はじめに

近年の水害を振り返ると、中小河川の河道沿川における高齢者の人的被害が多数報告されている。平成30年7月豪雨の岡山県倉敷市真備町での被害や、令和元年台風19号での宮城県丸森町でその様子が顕著であり、高齢者の避難は現在も災害対策上の課題となっている。

こうした課題がある一方で、河川管理は全域に渡って一様の管理レベルで行うことが一般的である。しかし、昨今の水害頻発化の状況を考慮すると、河道沿川人口や家屋数等の背後地条件に応じて効率良く河川管理を進めることが重要であり¹⁾、近年活用を広げている UAV（ドローン）を活用することで低コストかつ高効率で河川管理を行うことができる。

よって、本研究の目的は 1) 東北地方における中小河川の河道沿川人口の特徴を定量的に示すこと、2) 河道沿川人口に応じて UAV 写真測量による管理レベルを変えた場合の管理コストの低減率を示すことである。

2. 手法

本研究では東北地方の県管理河川を対象とする。国土数値情報ダウンロードサービスの河川ライン、総務省 HP の平成27年の5次メッシュ人口データを用いた。

まず、河道沿川人口の算定については、河川ラインに100ピッチで点を発生させ、その点から半径250mの範囲に入る人口メッシュの人口を総和することで河道沿川人口とした。河道沿川の定義に関わる距離250mは過去の水害から中小河川で起こった水害を選び、被災領域をカバーできる範囲として設定した。

次に、UAV 写真測量の管理コスト低減率については、非居住区間が1km以上連続した区間のみを抽出して、管理レベル1（90m飛行、オルソ画像のみ出力）とし、それ以外の居住区間を管理レベル2（50m飛行、オルソ画像+点群発生）とした。紙面の都合上、具体的な管理コストは記載せず、管理レベル1と2でそれぞれに必要なコストの比を2:3として検討を行った。管理レベル毎の比率は、実際に行われた過去の測量から算定した。UAVの運用上、非居住が連続していないと管理レベルを下げられないため、居住と非居住が交互に現れる様な区間ではコストは下がらず、非居住区間がまとまって現れるような地域でコストが下がる評価方法になっている。

*Research on observation cost of UAV photogrammetry at medium and small sized rivers: case study of Tohoku region, Japan by Masakazu Hashimoto, Ken Ichikawa, Kaori Amaya and Shosuke Satoh

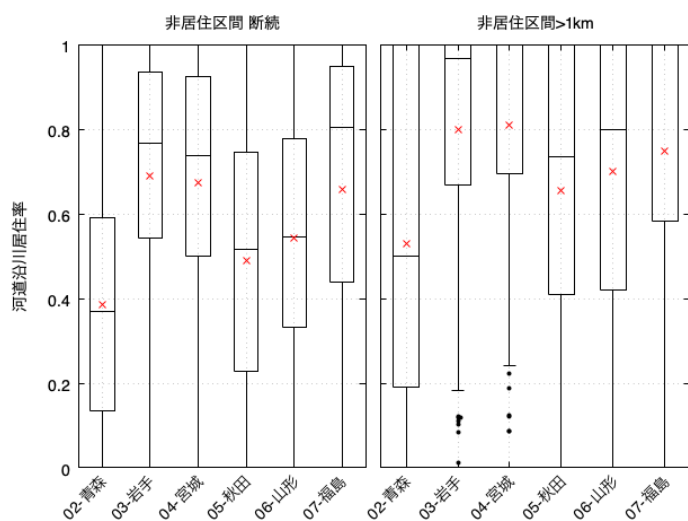


Figure 1 東北六県の県管理河川における河道沿川居住率（×印は平均値を示す）。

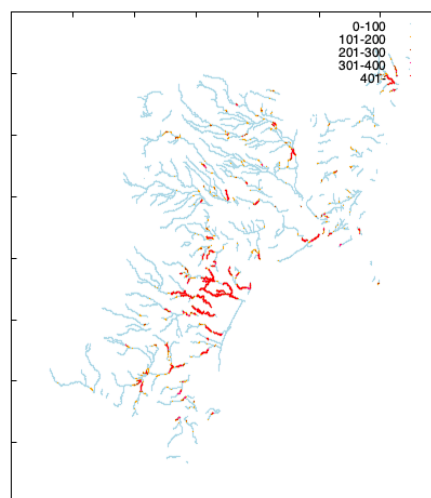


Figure 2 河道沿川人口の空間分布（宮城県の例）。

3. 結果

河道沿川居住率を県毎に比較したところ、岩手、宮城、福島が比較的高く、青森、秋田、山形で低い傾向が見られた (Figure1 左)。特に青森県は東北地方の中でも居住率が低いことが示された。例として宮城県の河道沿川人口分布を Figure2 に示す。ほとんどの区間で 100 人以下に該当するが、図中央の名取川流域広瀬川や七北川水系の中下流分で特に人口が集中していることがわかる。

管理コスト算定のために非居住区間の条件を 1 km 連続した場合とすると (Figure1 右), 岩手, 宮城, 福島は平均居住率が 0.8 近くに達する。また, 秋田, 山形で平均値が上昇するのに比べて, 青森や福島は上昇率が小さく, 河道沿川の集落が比較的まとまって存在していることが推察される。青森は非居住地域を 1km 連続した部分に限っても平均値が 0.54 となるため, 非居住区間を 2/3 のコストで管理することができ, 県全体で約 16%のコスト低減が期待できる県であることが示された。

4. おわりに

東北地方の県管理河川における河道沿川人口を算定し, 六県それぞれの特徴を定量的に示した。河道沿川居住区間は各県によって特徴が異なるため, 本研究の手法で背後地条件を考慮した河川管理計画が立てられることを示した。今回は居住・非居住で検討を行ったが, 今後は高齢化率や沿川家屋でも検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 武藤裕花, 渡部哲史, 山田真史, 知花武佳: 人口動態と地形に着目した水害常襲地の社会的特徴の考察, 土木学会論文集 B1 (水工学), 75 巻, 2 号, p. I_49-I_54, 2019.

雄物川における出水後の河口砂州回復と波浪エネルギーの影響評価*

秋田大学大学院理工学研究科 谷口隼也, 齋藤憲寿, 渡辺一也

1. はじめに

雄物川河口には砂州が存在し、河川流や波浪の影響を受けて常に変動している。砂州は河川環境等に影響を与えるため、今後の河川管理のためにも砂州の変動を把握することは必要である。既往研究¹⁾より、砂州面積や開口幅に関する検討が行われており、季節的な変化について明らかにされている。しかし、出水後の砂州面積の回復については検討が行われていない。

そこで本研究では、出水後の砂州の回復と波浪の関係を検討するために、雄物川河口砂州の形状と砂州面積についてモニタリングを行い、波浪エネルギーとの比較を行った。

2. 対象河川・データセット

対象河川は秋田県を流れる一級河川の雄物川である。観測データの所在を図1に示す。河川流量 Q は椿川観測所、有義波高 $H_{1/3}$ や波向等の波浪データは秋田港で観測されたものを用いた。河川流量は1時間毎、波浪データは20分毎に観測されている。波浪データから、式(1)、式(2)のように、岸沖方向および沿岸方向の沖波エネルギーフラックスを算出した²⁾。

$$E_{fC} = \frac{1}{16} \rho g (H_{1/3})_0^2 C_{g0} \cos \theta \quad (1)$$

$$E_{fL} = \frac{1}{16} \rho g (H_{1/3})_0^2 C_{g0} \cos \theta \quad (2)$$

ここで、 E_{fC} は岸沖方向の沖波エネルギーフラックス、 E_{fL} は沿岸方向の沖波エネルギーフラックス、 ρ は海水密度、 g は重力加速度、 C_{g0} は群速度、 θ は入射角である。

3. 研究手法

まず、既往研究¹⁾のように UAV を用いて河口砂州の観測を行い、SfM 技術を用いて河口砂州を復元した。復元後の砂州を図2に示す。次に、砂州面積 A を算出して河川流量 Q が大きく増加した日以降の砂州面積の変化について、岸沖方向・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスとの関係を検討した。

4. 検討結果

2017年4月～2018年3月における砂州面積、河川流量、岸沖方向・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスを図3に、2017年7月～2018年3月の砂州形状の変化を図4に示す。

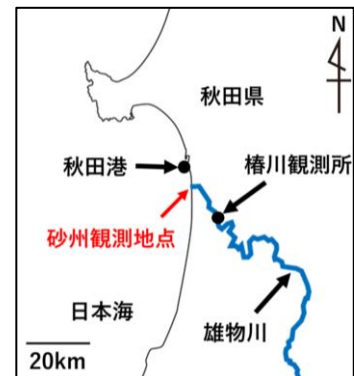


図1 観測データの所在

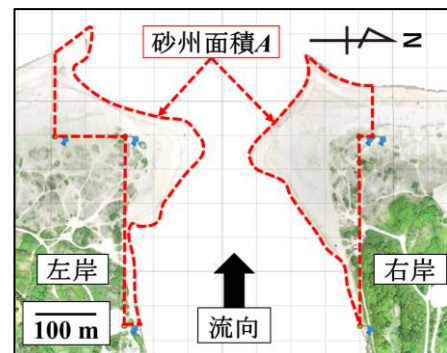


図2 復元した砂州

*Evaluation of Wave Energy Influence for Recovery of River Mouth Sandbar at Omono River by Junya Taniguchi, Noritoshi Saito and Kazuya Watanabe

まず、7月下旬に大きな出水があり、砂州面積は約40000 m²であった。直後の砂州を見ると、河川中心方向の砂州は消失していた。8月上旬に砂州面積は僅かに増加したが、この時の沖波エネルギーフラックスは非常に小さいことが分かる。ここで河川流量を見ると、出水後、8月上旬まで減少していることが分かる。このことから、河川流量が減少し水位が低下したことで、砂州面積が増加したように見えたと考えられる。その後、8月下旬に再度出水があったが、砂州はあまり縮小しなかった。

9月以降は、河川流量が大きく増加することではなく、砂州面積は10月頃まで緩やかに増加した。砂州は両岸から徐々に河川中心方向に発達し、右岸から沖方向に突起が形成されることがあった。

そして、砂州面積は11月から2月の間に急激に増加し、7・8月の約2倍まで達した。砂州は、2月上旬に両岸から河川内方向に発達し、右岸には南向きに突起が形成された。岸沖方向の沖波エネルギーフラックスを見ると、11月から2月にかけて非常に強くなっていることが分かる。このことから、7・8月の出水により沖に流出した大量の土砂が、11月から2月にかけて来襲した、発達した波浪によって河口に輸送・堆積させられて、砂州面積が急激に増加したと考えられる。

5. おわりに

本研究では、雄物川河口砂州における出水後の砂州形状および砂州面積と波浪エネルギーの関係について検討を行い、関係性を明らかに出来た。今後は、別の出水後の砂州変化と波浪エネルギーの関係や、形状の変化についても検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 谷口隼也, 渡辺一也, 齋藤憲寿: 雄物川における河口砂州の動態と流量・波浪との関係, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 77, No. 2, I_529-I_534, 2021.
- 2) 鈴木崇之, 栗山善昭: 汀線位置の長周期変動特性および汀線位置変動の変化量に及ぼす沖波エネルギーフラックスと沿岸流速の影響, 港湾空港技術研究所報告, 第47巻, 第3号, pp. 3-31, 2008.

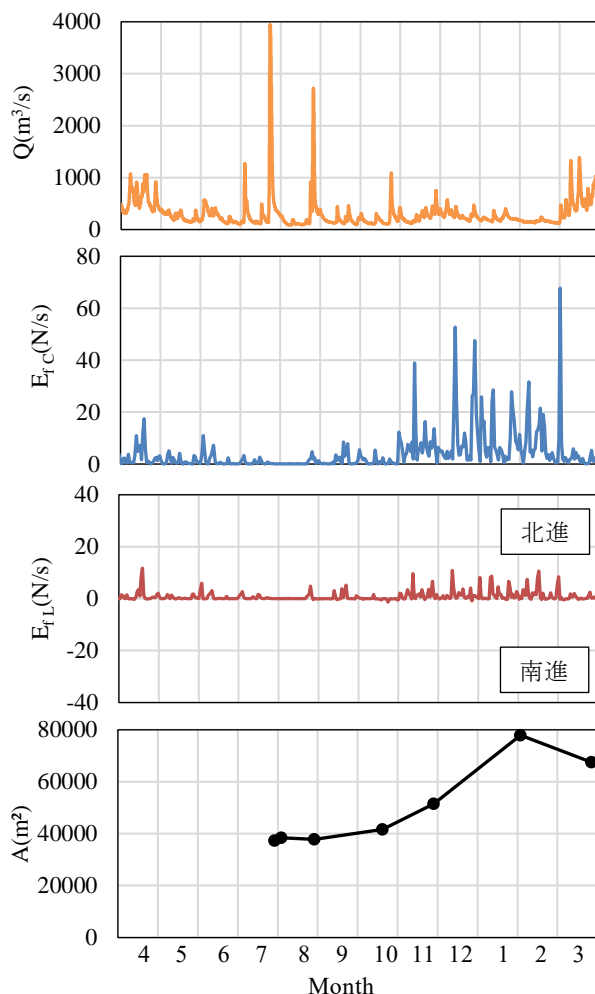


図3 河川流量, 岸沖・沿岸方向の沖波エネルギーフラックス, 砂州面積の変化

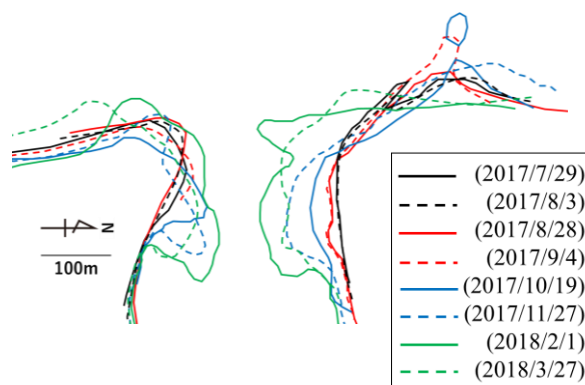


図4 砂州形状の変化

<第2会場>

— 第4部 (5題) —

司会：渡辺 一也先生

12月18日(土) 14:30~15:45

会議名 (URL 6)

数値シミュレーションを用いた雄物川河口域における塩水遡上の研究*

秋田大学理工学部 神田智洋

秋田大学大学院理工学研究科 谷口隼也・齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

河口部は河川や海岸からの外力による影響を大きく受けており、特に淡水と塩水の接触によりきわめて複雑な様相を呈している。また、弱混合型河川で生じる塩水くさびは河川水の塩水化を引き起こし水資源利用の障害となっており、この性質を解明することは重要である。しかし、令和元年の潟水被害に伴い塩水遡上が確認された秋田県の雄物川において、遡上の条件は明らかとなっていない。

そこで本研究では、雄物川河口域を対象に塩分遡上の数値シミュレーションを行い、実際の塩分観測の結果と比較することで、雄物川の塩水遡上に影響をもたらす要因を検討した。

2. 研究対象

本研究では雄物川河口域を対象に、現地での塩分観測と仮想地形による数値計算を行った。図1に観測地点及び計算領域を示す。観測地点においては、地点間ABの距離は約50mとなっている。計算領域は、令和元年度の国土交通省実施の塩分遡上調査において、塩分が認められなかった河口から1400m地点までを計算の範囲とした²⁾。また、仮想地形を作成するにあたり、国土交通省の測量データより川幅は300m、水深は6mとした²⁾。



図1 観測地点・計算領域(google map より引用)

3. 塩分観測

2021/8/4に、図1の観測地点A及びB(河口から約800m地点)にて塩分観測を実施した。塩分観測には多項目水質計(クロロテック)を用いて、塩分の垂直分布を測定した。塩分観測の結果を図2に示す。計測結果より、水深約2.5m地点から塩分が分布していたことが分かった。

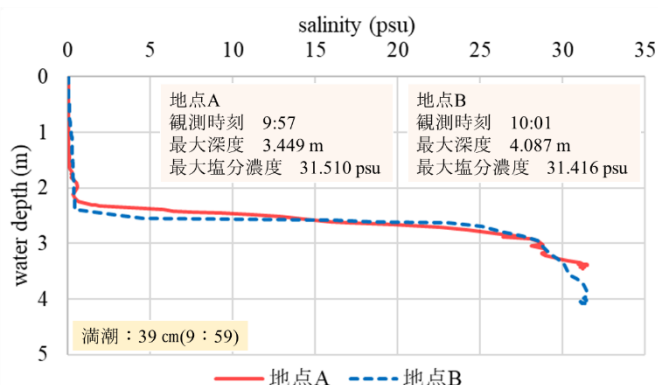


図2 2021/8/4 雄物大橋地点塩分観測結果

*Study on Saline Water Run-up at Omono River Mouth using Numerical Simulation by Tomohiro KANDA, Junya TANIGUCHI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

4. 数値計算

数値計算には、iRIC(International River Interface Cooperative)を使用した。今回の計算では初期濃度分布として、河口から 300 m 地点までの全ての範囲に 35 psu の塩水を配置した。使用した計算条件を表 1 に示す。そして、周期を固定して波高 H および河川流量 Q を変化させ、300 m 地点から塩水が遡上する最大の塩水遡上距離を計算した。

5. 結果

波高と塩水遡上距離の関係を図 3 に示す。流量に関わらず、波高が大きいほど遡上距離が長くなっている。一方で、流量による差は最大 30 m 程度であったため、塩水遡上における流量の影響は比較的小さいと考えられる。

流量 100 m³/s、波高 1 m での、0 s 時点と 950 s 時点での仮想水路の様子を図 4 に示す。ここで 950 s は、上記の条件での最大の塩水遡上距離が確認された計算時間である。また、実際の仮想水路は 1400 m に設定しているが、図 4 は遡上を確認された位置までを拡大、強調するものとした。表示した濃度分布は 30 psu である。0 s 時点では 300 m まで矩形形状に、950 s 時点では河口から 788 m 地点まで河床を這うように濃度分布が伸びていることが確認できる。950 s 時点の様子から、弱混合河川に見られる塩水くさびが生じていると考えられる。

6. 終わりに

計算結果から、波高が高いほど塩水の遡上距離は長くなること、流量の影響は比較的小さいことが確認できた。一方で、今回のシミュレーションで塩水くさびと考えられる現象が確認できたが、仮想水路の水深を一律 6m に設定したため、川幅に一樣に這う形で確認されている。今後は河口幅や河床高を計算条件に組み込んだシミュレーションを行い、詳細な条件を明らかにしていく。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 福嶋祐介, 守屋祥一, 新庄高久: 河口密度流の流動機構と塩水くさびの河口条件, 木学会論文報告集, 第 327 号, pp.61-71, 1982.
- 2) 有限会社大曲設計事務所: 雄物川下流水文観測等業務(雄物川水系)塩水遡上調査報告書, pp.1-33, 2020.

表 1 計算パラメータ

名称	パラメータ
流路方向	1400 m
川幅	300 m
水深	6 m
主流路部勾配	1/5000
計算格子	20 m × 20 m × 1 m
流量	0, 100 m ³ /s
初期配置濃度	35 psu
初期濃度分布	300 m × 300 m × 6 m
下流端波高	0.22, 1, 2, 3, 5 m
下流端周期	6 s

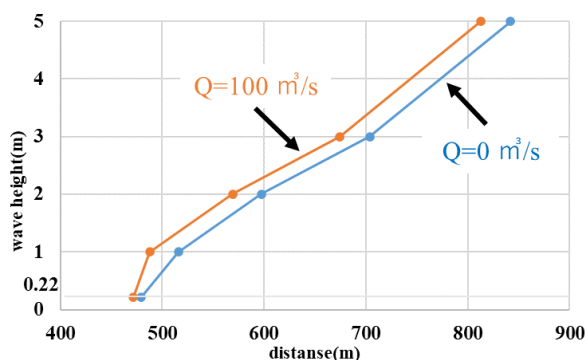


図 3 波高と塩水遡上距離の関係

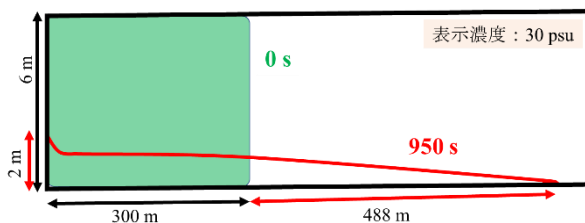


図 4 $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$, $H=1 \text{ m}$ 時の濃度分布の様子

平面・鉛直方向における河床材料の粒度分布に関する検討*

秋田大学理工学部 自見寿孝

秋田大学大学院理工学研究科 谷口隼也・齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

近年全国で台風などの大雨に伴い、河川流量が増加することで洪水被害が多発している。そのため、河道における河床材料の粒度分布は河川計画や土砂流出予測の重要な要素となっているが、数値計算などで考慮される粒径は表層のものが多く、深い地点での考慮はあまり行われていない。また、既往研究¹⁾では深さ方向の粒度分布について検討したが、土砂の採取場所が1箇所であったため、粒径の考慮が十分ではなかった。

そこで本研究では、馬場目川中流域を対象とし、砂州上の複数の箇所からの土砂採取を行い、粒度分析を行った。

2. 研究方法

図1に示す左岸の砂州上から土砂の採取を行った。図2に調査した地点①～⑥及び2020年度¹⁾の採取場所を示す。表層、深さ30cm、50cm、70cmの土砂を、各6000g採取した。採取した土砂はJIS A1204に則りふるい分け試験を行った。尚、本研究では地点①及び②について粒径加積曲線と占有率を算出し、2020年度の結果と比較した。

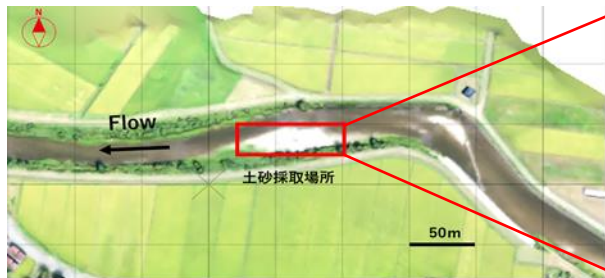


図1 馬場目川中流域平の下地区



図2 採取場所(拡大図)

3. 結果

表1に地点①、②及び2020年度の中央粒径D50を示す。階層ごとに比較すると、地点②の方が地点①より全体的に細かい粒径を示した。2020年度においては地点①、②よりも全体的に大きい粒径を示しており、粒径にばらつきが生じた。

地点①、②及び2020年度の粒径加積曲線を図3に示す。各階層の粒径加積曲線を比較すると、地点①では深さによる傾向は見られなかったが、地点②では深さ30~70cmの粒径加積曲線が概ね一致しており、2020年度の分析結果と同様の傾向であることから、交換層は30cm未満であると考えられる。ここで、交換層の厚さは礫床河川においてD90の3倍程度と考えられているが²⁾、地点②のD90は約25mmであり交換層は7.5cmとなるため、粒度分析から考えられる条

*Study on Grain Size Distribution of Riverbed Materials in the Horizontal and Vertical Direction by Yoshitaka JIKEN, Junya TANIGUCHI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

表 1 D50(mm)

	surface	30cm	50cm	70cm
地点①	10.2	11.0	6.3	13.6
地点②	9.1	7.0	6.1	7.5
2020年	19.0	11.0	12.0	11.9

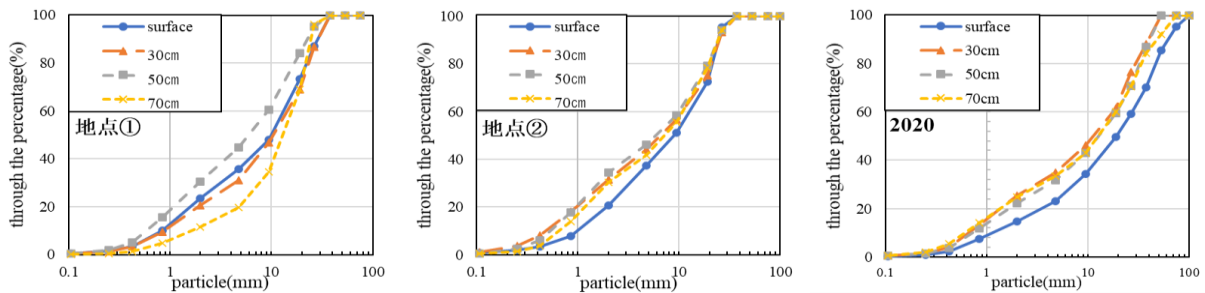


図 3 粒径加積曲線

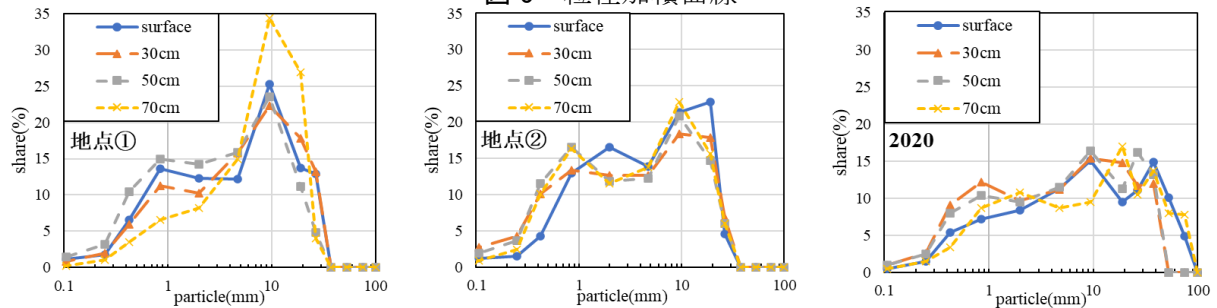


図 4 占有率

件と一致していた。地点①、②及び 2020 年度の占有率を図 4 に示す。占有率のピーク値は地点①で 9.5 mm、地点②で 9.5~19 mm であり、どちらも階層による違いは見られなかった。また 2020 年度の分析結果を比較すると、占有率のピーク値は 9.5~26.5 mm であり、地点①及び②とほとんど同様の傾向であった。したがって、各階層の粒径加積曲線は採取時期や位置によって大きく異なるため、数値計算で考慮する粒径については比較的安定した値が得られる占有率を適用するべきではないかと考えられる。

4. おわりに

本研究では、馬場目川中流域の砂州上の複数の箇所について土砂を採取し、粒度分析を行った。その結果、地点②の粒径加積曲線から交換層は 30 cm 未満であることから、D90 の 3 倍という考え方²⁾と一致していた。また、各階層の粒径加積曲線は採取時期や位置によって大きく異なるため、数値計算で考慮する粒径については比較的安定した値が得られる占有率を適用するべきではないかと考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり科学研究費補助金 (20H00256, 代表: 風間聡) の助成を受けた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 中川遥, 谷口隼也, 齋藤憲寿, 渡辺一也 : 鉛直方向粒度分布と河床変動に関する検討, 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会, II -41, 2020(CD-ROM).
- 2) 関根正人: 移動床流れの水理学, 共立出版株式会社, p.161, 2005.

1804年象潟地震による津波堆積物の堆積構造

弘前大学理工学部 長尾優樹・岡田里奈・梅田浩司

岡山理科大学理学部 鎌滝孝信

新潟県から北海道西方までの日本海沿岸及びその沖合いの大陸斜面には第四紀に多くの逆断層が形成され、全体として長さ約1000km、幅100km以上に達する短縮変動帯（日本海東縁変動帯）がある。ここでは、1983年の日本海中部地震や1993年の北海道南西沖地震などが発生している。さらに過去の歴史時代に遡ると、1704年の岩館地震、1793年の西津軽地震等が発生し沿岸地域に大きな被害をもたらした。1804年（文化元年）に発生した象潟地震（M=7.3）もこれらの地震の一つであり、景勝地“象潟”をはじめ、広い範囲で海岸隆起が生じたほか、秋田県能代から山形県三瀬の沿岸域には津波が到来した。津波の高さは象潟付近が最大で、4~5mと推定されている（羽鳥，1986）。しかしながら、この津波に関連するイベント堆積物については、これまで詳細な報告はなされていない。筆者らのグループでは、昨年より象潟の水田において津波堆積物の調査を行っているが、ここではその概要について紹介する。

調査地点は、にかほ市象潟町の海岸から約800m離れた水田から海岸線にほぼ直交する約500m測線を設定し、全長2mのハンディジオスライサーと全長1mのハンドコアラーを用いて約40m間隔でコアの掘削を行った。また、日本海地震・津波調査プロジェクト (https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/gaiyou.html) で掘削された深度8mのボーリングコア2本(KK1, KK2 コア)も使用した。コア試料については、層相観察・記載、碎屑粒子の顕微鏡観察、粒度分析を行うとともに、堆積物中に含まれる火山ガラスについてはEPMA(電子線プローブマイクロアナライザ)により主成分元素組成を測定した。

層相観察によると、耕作土の直下に砂層若しくはシルト混じりの砂層が存在し、これが貝殻混じりの砂およびシルトを主体する象潟層を覆っている。砂層と象潟層の境界には明瞭な侵食面が認められること、砂層には象潟層の偽礫も含まれる。砂層の層厚は最大で35cmであり、海側から内陸側に向かって薄層化していき、海岸から約1300m付近で砂層はせん滅する。これらのことから、この砂層は突発的な海水の侵入によって運搬・堆積したイベント堆積物であると考えられる。

ボーリングコアKK2の砂層（イベント堆積物）について、粒度分析を1cm毎に3回ずつ行い、粒径加積曲線とその中央値(D50)を用いて測定した。砂層の上部(深度22cm~28cm)でのD50は290 μ m前後で変化は無かったが、砂層の下部(深度28cm~37cm)では逆級化構造をしており、D50は290 μ mから230 μ m台後半にまで小さくなっていった。この砂層の実体顕微鏡観察を行った結果、碎屑粒子は斜長石、石英、火山ガラスを主体とする。

加速度センサを用いた漂流物の挙動に関する実験*

秋田大学工学部 望月良純
秋田大学大学院理工学研究科 齋藤憲寿
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺一也

1. はじめに

津波発生時において、浮体式津波避難シェルターなどの漂流物を用いた避難方法が有効であることが示されており、浮体式津波避難シェルターの安全性の検討を行うため、漂流物の模型を用いた実験が行われている。シェルター模型を固定した状態で波力を計測した実験²⁾や、漂流物に圧力センサを取り付けて移動可能な状態で波圧の計測をした実験³⁾が行われてきたが、漂流物の動揺に伴う傾斜によって水面と圧力センサとの距離が変化し、正確に波圧を測定する事は出来なかった。

そこで本研究は、漂流物の傾斜による波圧の変化を補正するため、加速度センサを用いることで漂流物の角度を測定した。

2. 実験方法

幅 0.30 m, 高さ 0.50 m, 全長 11.0 m のうち、海側の貯水槽が 5.0 m, 陸側に斜面勾配 1/26 の斜面がある鋼製矩形水路を使用した。水位の計測は超音波式水位計を用い、圧力センサの先端から 0.05 m 前方に設置した。本研究では、津波の第二波目以降を対象として、浸水深 $h_s=0.15$ m, 貯水深 $h=0.3$ m とし、ゲートを急開することにより模擬段波を 3 回発生させた。実験水路の概略と測定機器の配置を図-1 に示す。なお、浸水深は止水板を水路下端に設置することで表現している。

圧力センサ (Measurement Specialties 製, MS5837-02BA) を漂流物の底面から 2.5 cm の高さに設置し、加速度センサ (Inven Sense 製, MPU-6050) を漂流物の内部に設置した。また、水位の計測間隔は 0.01 s, 波圧および角度は 0.05 s とした。

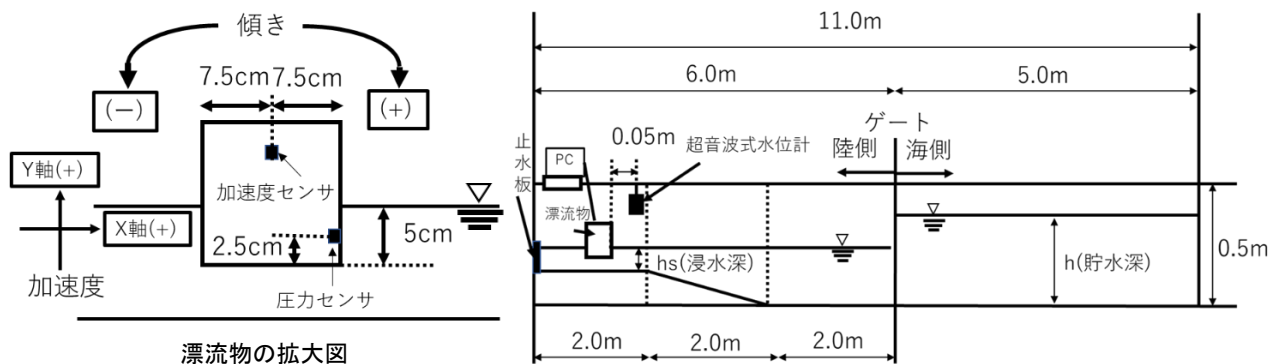


図-1 実験概要

*Experimental of the Behavior of Drifting Objects using an Acceleration Sensor by Yoshizumi MOCHIZUKI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

3. 実験結果

水位の経時変化を図-2、波圧の経時変化を図-3に示す。図-2において水位は津波衝突直後上昇した後、緩やかに上下しながら一定となっている。次に図-3において、波圧は衝突直後上昇し、マイナスの値が測定された。その後再び波圧は上昇しプラスの値で上下を繰り返した。波圧がマイナスである理由として、漂流物が陸側へ傾く事によって圧力センサの位置が波高よりも高くなったことが要因と考えられる。それとは逆に、海側に傾くと水深が上昇し、波圧が大きく測定された。

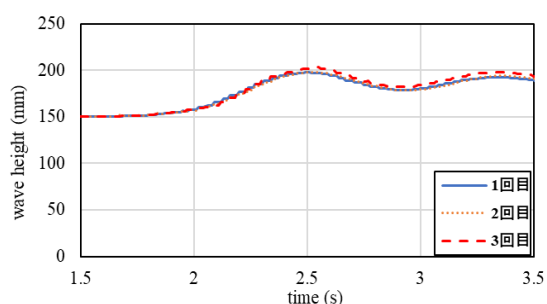


図-2 水位の経時変化

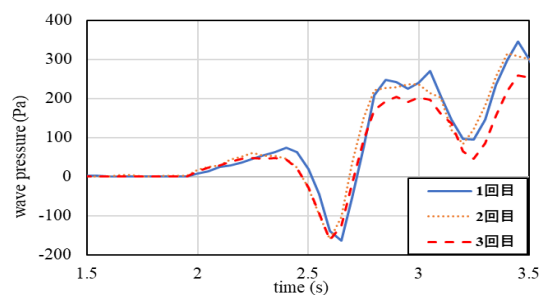


図-3 波圧の経時変化

次に、角度の経時変化を図-4に示す。グラフの山と谷の計測時間について図-3の波圧と比較すると、傾向は概ね一致しており、これは図-5の漂流物の画像からも確認できる。しかし、波圧と角度のピークの測定時間にずれが生じている。これは漂流物の上下運動が影響しているのではないかと考えられる。

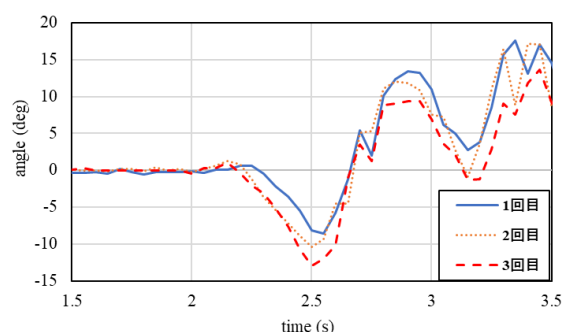


図-4 角度の経時変化

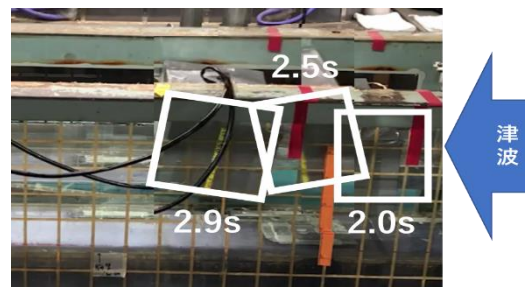


図-5 漂流物の最大角度時の写真

4. おわりに

本研究では、加速度センサを用いることで、漂流物の角度の計測が可能であることを確認した。今後は、貯水深や浸水深の条件を変え実験を行うとともに、上下運動の影響を検討することで波圧の補正に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) 重松孝昌, 明知顕三, 小池敏也: 浮体式津波避難シェルターに関する基礎的実験, 海洋開発論文集, 第24巻, pp.105-110, 2008.
- 2) 蒔苗純, 齋藤憲寿, 渡辺一也: ロードセルを用いた浮体式津波避難シェルターの波力に関する検討, 東北地域災害科学研究, 第55巻, No56, pp.101-106, 2020.
- 3) 齋藤憲寿, 渡辺一也, 石塚大智: 圧力センサを用いた漂流物の波力に関する検討, 海洋開発論文集, 第77巻, pp.103-108, 2021.

氾濫水密度の時間変化を考慮した津波遡上*

中央大学研究開発機構 松富英夫

1. 研究の背景と目的

松富ら(2015-2019)は津波氾濫水密度 ρ の入射フルード数 F_{ri} や底質土砂粒径(中央粒径 d_{50})への依存性を小規模移動床実験に基づいて検討している。松富(2019)は移動床下の津波氾濫流の抵抗則を上記実験のデータを用いて検討している。松富・有川(2020)は氾濫水密度の津波遡上への影響を理論的に検討している。前二者は実験データ量が少ない状況下での、後者は氾濫水密度として遡上過程平均を想定した時間的に不変な条件下での検討である。

以上を背景に、本研究は氾濫水密度実験と土砂を含む氾濫流の遡上実験を新たに行なって実験データ量(範囲)を増やし(拡張)、既報の氾濫流の摩擦損失係数 K や氾濫水密度の評価実験式(2019)を検証するとともに、摩擦損失係数だけでなく、氾濫水密度の時間変化をも考慮することで、既報の津波遡上理論(2020)の高度化を図る。

2. 氾濫水密度実験と氾濫流遡上実験

図-1に示す実験水路を用いて氾濫水密度実験と氾濫流遡上実験を新たに行い、実験データを蓄積した。図中、 h_D は水平部底面からすべり台上端に設置した貯水槽底面までの高さ、 h_U は貯水深、 L_U は貯水長、 S_1 はすべり台斜面の勾配、 L_S は水平部の初期土砂層域長、 h_T は初期土砂層厚、 h_S と S_2 は上り斜面の水平部底面からの上端高さ勾配である。津波氾濫流はゲート急開流れで模擬した。

氾濫水密度は4個の水槽(辺長30 cm, 水槽板厚0.3 cm, 秤量 $29.4 \times 29.4 \times 29.7 \approx 2.57 \times 10^4 \text{ cm}^3$ のものを流れ方向に2個, 水路横断方向に2個。図-1参照)を用いて評価した。遡上距離 L_{R1} は初期土砂層域下流端を起点とした。

実験条件を表-1に示す。表中、 M_{SD} は氾濫水密度実験(Case 1~6)と氾濫流遡上実験(Case 7~9)で用いた土砂の全質量である。土砂は乾燥したものをを用いた。

3. 摩擦損失係数と氾濫水密度の評価実験式

松富(2019)は移動床下の氾濫流による氾濫水密度 ρ と入射フルード数 F_{ri} の関係として次式を導出した。

$$\frac{\rho}{\rho_w} = 1 / \left(1 - \frac{f_M}{8} F_{ri}^2 \right) = 1 / \left(1 - r_1 \frac{f}{8} F_{ri}^2 \right) = 1 / (1 - K F_{ri}^2) \quad (1)$$

ここで、 ρ_w は清水の密度、 f_M と f は移動床下の氾濫流と定常流の摩擦損失係数、 r_1 は移動床下の氾濫流と定常流の摩擦損失係数比 f_M/f 、 K ($=f_M/8=f/8$)は別定義(2020)の移動床下の氾濫流の摩擦損失係数である。

松富(2019)は r_1 として次の暫定実験式を提示している。

$$r_1 = 0.234 F_{ri}^{-1.05} \left(\frac{h_i}{3d_{50}} \right)^{0.94} = 0.083 F_{ri}^{-1.05} \left(\frac{h_i}{d_{50}} \right)^{0.94} \quad (2)$$

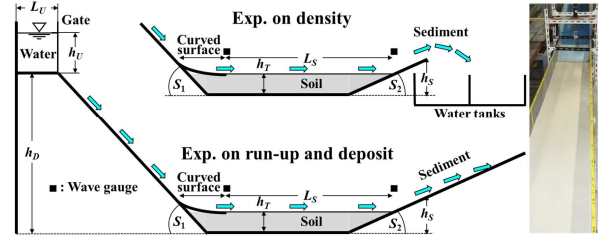


図-1 実験水路の概略(水路側壁は省略)、水路写真(右端)、測定器具などの配置と諸記号の定義。曲面で水平流を確保

表-1 実験条件

実験ケース	h_D (m)	h_U (m)	S_1 (°)	L_S (m)	h_T (m)	h_S (m)	S_2 (°)	M_{SD} (kg)	備考
Case 1	0.34	0.25	5.1	3.01	0.06	0.11	7.4	828	珪砂
Case 2								888	
Case 3								848	
Case 4								355	天然砂
Case 5								852	
Case 6							824		
Case 7	0.34	0.25	5.1	3.01	0.06	0.11	7.4	828	珪砂
Case 8								852	天然砂
Case 9								824	
Case 10	0.34	0.25	5.1	3.01	0	0.11	7.4	0	清水
Case 11									
Case 12									

式(2)に本研究実験データ(Exp. 2)を含めた場合の実験範囲($2.18 < F_{ri} < 6.29$, $54 < h_i/d_{50} < 321$)の上・下限値を代入して全実験データ(Exp. 1+2)と比較したもの(破線)を図-2に示す。図中には次章の理論解析に適用可能かつ式(2)と同程度の一致度を持つ次式によるもの(実線)も示されている。

$$r_1 = 0.327 F_{ri}^{-1} \left(\frac{h_i}{3d_{50}} \right)^{0.807} = 0.135 F_{ri}^{-1} \left(\frac{h_i}{d_{50}} \right)^{0.807} \quad (3)$$

図から、両式は比較的良好な同程度の r_1 の評価式と言える。

式(3)を採用する場合、移動床下の氾濫流の摩擦損失係数 K は次式となる。

$$K = f_M/8 = r_1 f/8 \approx 0.00255 F_{ri}^{-1} \left(\frac{h_i}{d_{50}} \right)^{0.5} \quad (4)$$

式(1)と(4)から ρ の簡易評価実験式として次式を得る。

$$\frac{\rho_w}{\rho} = 1 - 0.00255 F_{ri} \left(\frac{h_i}{d_{50}} \right)^{0.5} \quad (5)$$

式(1)、(2)と式(4)の導出で用いた関係式から次式を得る。

$$\frac{\rho_w}{\rho} = 1 - 0.00158 F_{ri}^{0.95} \left(\frac{h_i}{d_{50}} \right)^{0.633} \quad (6)$$

図-3に両式の比較を実験値とともに示す。図-2と同様に各パラメータの値として実験範囲の上・下限値を採用している。両式は比較的良好な氾濫水密度評価式と言える。

* Tsunami run-up considering time variation of density of inundation water by Hideo MATSUTOMI

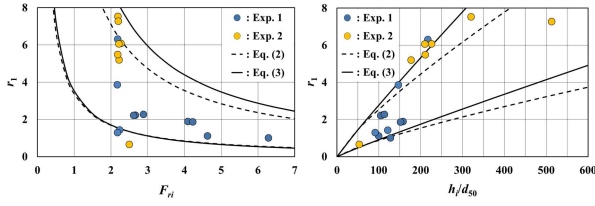


図-2 摩擦損失係数比 $\gamma_1 (=fMf)$ の実験値と各式の比較

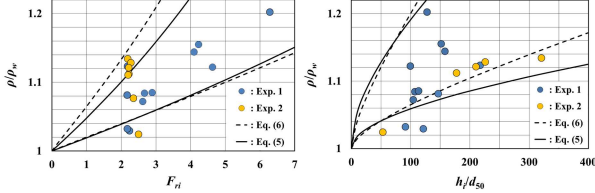


図-3 氾濫水密度 ρ の実験値と各式の比較

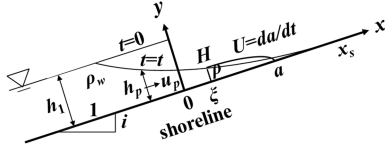


図-4 遡上する津波氾濫流の初期条件と諸記号の定義(2020)

4. 氾濫水密度の時間変化を考慮した遡上理論

図-4に遡上モデルや諸記号の定義を示す。基礎式は

$$\left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right)^3 t \frac{d^2 a}{dt^2} - \frac{1}{2} \frac{\rho_w}{\rho} \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right)^4 + ig \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right)^3 t + Kg \left\{ a - \left(\frac{3}{2} \frac{da}{dt} - c_1 + igt \right) t \right\} \left(\frac{da}{dt} \right)^2 = 0 \quad (7)$$

ここで、 $c_1 = \sqrt{gh_1}$ 、 h_1 は初期貯水深(=汀線での入射段波高)、 $a(t)$ は氾濫流先端位置、 t は時間、 i は斜面勾配である。

式(7)中の ρ_w/ρ や K を式(5)や(4)を用いて書き直せば、

$$\left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right) \frac{d^2 a}{dt^2} - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{0.00255 da}{\sqrt{gd_{50}} dt^*}\right) \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right)^2 + ig \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt\right) t + \frac{0.00255 g}{\sqrt{gd_{50}}} \left\{ a - \left(\frac{3}{2} \frac{da}{dt} - c_1 + igt \right) t \right\} \frac{da}{dt} = 0 \quad (8)$$

式(8)は d_{50} に依存する形式の基礎式で、添字*が付いた項は $\rho/\rho_w=1$ の清水では0で、これは以下の式でも同じである。

式(8)において $0.00255\sqrt{h_1/d_{50}} = \beta$ と置き、変数変換を行えば、式(8)は次の $f(p)$ に関する常微分方程式となる。

$$-pf' - \frac{1}{4} p^2 f'' + \frac{\beta}{4} (p^2 + 8f + 4fp)(2 - if' - p)f'' = 0 \quad (9)$$

式(10)のように f を p の級数と仮定して式(9)を解けば、

$$f(p) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n p^n \quad (10)$$

恒等式を得て、初期条件から $b_0 = b_1 = 0$ となり、係数 $b_2 \sim b_6$ は

$$b_2 = \frac{5-2\beta_*}{32\beta} \quad (11), \quad b_3 = \frac{\beta(1_* + 16b_2)(1 + 2ib_2)b_2}{2\beta(3_* + 68b_2) - 9} \quad (12)$$

$$b_4 = \frac{\beta(3(1_* + 16b_2)(1 + 3ib_2) - 20(6b_3 - b_2 - 2ib_2^2))b_3}{12\beta(1_* + 20b_2) - 14} \quad (13)$$

$$b_5 = \frac{\beta \left((1_* + 16b_2)(6b_4 + 16ib_2b_4 + 9ib_2^2) + 60(1 + 3ib_2)b_3^2 + 24(1 + 2ib_2)b_2b_4 - 384b_3b_4 \right)}{4\beta(5_* + 94b_2) - 20} \quad (14)$$

$$b_6 = \frac{\left(5(1_* + 16b_2)(2b_5 + 5ib_2b_5 + 6ib_3b_4) + 20(6b_4 + 16ib_2b_4 + 9ib_2^2)b_3 - 24(12b_4 - 3b_3 - 9ib_2b_3)b_4 + 28(1 + 2ib_2)b_2b_5 - 568b_3b_5 \right)}{2\beta(15_* + 272b_2) - 27} \quad (15)$$

以上から、任意の一定な h_1 、 i 、 d_{50} に対する氾濫流先端位置 $a(t)$ の級数解として式(16)と(17)が得られる。

$$a = 2c_1 t - \frac{1}{2} igt^2 - h_1 (b_2 p^2 + 2b_3 p^3 + 3b_4 p^4 + 4b_5 p^5 + 5b_6 p^6 + \dots) \quad (16)$$

$$t = \sqrt{\frac{h_1}{g}} (2b_2 p + 3b_3 p^2 + 4b_4 p^3 + 5b_5 p^4 + 6b_6 p^5 + \dots) \quad (17)$$

図-5に氾濫流先端位置 $a(t)$ 、摩擦損失係数 K 、氾濫水密度 ρ の経時変化例、図-6に遡上距離 L_R を同じとした場合の本理論(級数解)と既報理論(解析解と級数解)による氾濫流先端位置 $a(t)$ の比較例、図-7に本理論の検証例を示す。検証例では初期水深 h_1 を初期土砂層域下流端での入射氾濫水深に速度水頭を加えたもの、中央粒径 d_{50} を遡上斜面に貼り付けた砂の代表粒径1.0mmとしている。

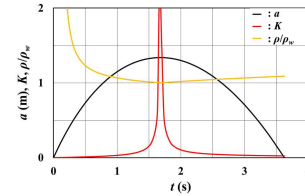


図-5 $a(t)$ 、 K 、 ρ の経時変化例 ($h_1=0.09\text{m}$ 、 $i=0.05$ 、 $h_1/d_{50}=300$)

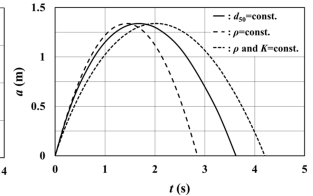


図-6 各理論による $a(t)$ の比較例 ($h_1=0.09\text{m}$ 、 $i=0.05$ 、 $h_1/d_{50}=300$ 、 $\rho/\rho_w=1.055$ 、 $K=0.0034$)

5. 主要な結論

- 新たに氾濫水密度実験と氾濫流遡上実験を行って実験データ量(範囲)を増やし(拡げ)、移動床下の氾濫流の摩擦損失係数 K と氾濫水密度 ρ に関する既報の評価実験式の妥当性を検証するとともに津波遡上理論の検証データを提供した。
- 底質土砂粒径(中央粒径 d_{50})に依存し、摩擦損失係数と氾濫水密度が時間変化するより普遍性の高い津波遡上の理論解を提示した(式(16)、(17))。
- 固定床下の清水の場合を含めて、実験値との比較・検討を通して津波遡上の理論解の有用性を確認した(図-7)。

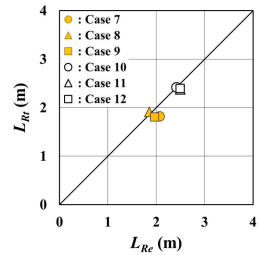


図-7 遡上距離 L_R の実験値 L_{Re} と理論値 L_{Rt} の比較例