

安全問題討論会' 24

論文要旨

資料集

公益社団法人 土木学会

安全問題研究委員会

序

土木学会安全問題研究委員会では、定期的に安全問題討論会を開催して、土木ならびに関連分野の安全問題について、分野横断的に自由に意見交換が行える場を提供しています。本資料集は、2024年12月16日（月）に開催される安全問題討論会'24における、論文発表、デザイン部門報告、委員会報告、およびパネルディスカッションで交わされる議論のための資料を取りまとめたものである。

建設現場での事故や労働災害は、直近だけでも

- ・能登半島地震で被災したトンネルの復旧工事中、豪雨に起因する土砂崩れで2名が死亡
- ・ケーブル埋設工事中、路面崩れ下敷きに、作業員2名が死亡
- ・川崎の解体現場で転落、ベトナム人技能実習生が死亡
- ・クレーン作業中、2トンの鉄棒の束とフェンスの間に挟まれ会社員1名が死亡
- ・東京のビル工事現場屋上から鉄筋が落下、直撃の20代男性が死亡
- ・地震で被災した家屋の解体現場で、建設機械のバケットが作業員の頭部に激突し死亡
- ・排水管工事中に石柱が倒壊、ミャンマー国籍技能実習生が死亡

などが報道されている。特に、重量のある鉄筋などの落下による事故、自然災害の復旧工事に関連する事故、外国人労働者の関連する事故などが目についたように思われる。令和6年8月19日に発表された労働災害発生状況の速報値によれば、今年1月から7月末までに報告された労働災害については、全体の死亡者数は366人に達し、前年同期比で6人、約1.7%増加している。これらの統計は、企業の安全対策の見直しや労働環境の改善が求められていることを示している。この中でも、建設業での死亡者数が120人と最も多く、前年同期比で16人増加しており、増加率は15.4%にも及ぶ。これは、現場での安全対策が十分に機能していない可能性を示唆しており、早急な改善が必要とされている。

一方、自然災害に目をやると、

- ・1月1日の能登半島地震により、新潟県で4名、富山県で2名、石川県で456名の死者（重傷者368名、軽症者977名）
- ・4月17日の豊後水道を震源とする地震により、死者はなし、重傷者2名、軽症者14名
- ・5月27日からの大雨により、山梨県で1名、愛媛県で1名の死者（軽症者1名）
- ・7月10日からの大雨により、愛媛県で3名の死者（軽症者2名）
- ・7月25日からの大雨により、秋田県で2名、山形県で3名の死者（軽症者5名）
- ・8月8日の日向灘を震源とする地震により、死者はなし、重傷者3名、軽症者13名
- ・8月27日から台風第10号により、愛知県で3名、徳島県で1名、福岡県で2名、佐賀県で1名、鹿児島県で1名の死者（重傷者11名、軽症者123名）

・9月20日からの大雨により、石川県で15名、熊本県で1名の死者（重傷者2名、軽症者45名）

などの風水害により、多大な被害をもたらされた。特に今年の初めに発生した能登半島地震で、今年はどうな1年になるのか不安なスタートとなり、さらに8月8日の日向灘を震源とする地震の直後に、気象庁から「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」の発表があり、防災対策を改めて意識する機会になったことは記憶に新しい。その一方で台風や線状降水帯による被害も多く、特に、石川では地震による被害からの復旧復興の途上で多くの被害が報告された。被災地域においては一日も早い復旧復興を願うと同時に、防災への取り組みの重要性が改めて問われています。

以上のような状況から、これまでの討論会では、建設工事と危機管理、防災教育、自然災害による被害軽減など幅広いテーマについての発表を通じ、研究者や技術者の方々の意見交換によって、安全問題を多面的に捉え、課題の解決に貢献して参りました。本年も例年通り「防災まちづくり」「地域防災」「復旧復興」「防災対策」「AI/IoT」「安全情報」「事業計画」「リスクアセスメント」「防災情報」「災害時対応」などに関する論文の投稿があり、厳正な査読を通過した16件の論文について、討論会において発表していただく運びとなりました。この16件の論文については土木学会論文集F6の特集号（2024年12月16日発行予定）に掲載されます。また、上記の論文以外にも、安全問題研究委員会に設けている2つの小委員会「土木工事安全小委員会」「地域安全小委員会」の報告もさせていただくこととしました。また、昨年からはスタートしたデザイン部門においても7件の様々な取り組みについて紹介していただきます。さらに、今年は、総務省やJR東日本商事から講師をお招きして「安全力×地域力ー地域活性化の未来ー」というテーマで講演及びパネルディスカッションを開催します。活発な意見交換がなされることを期待しております。

最後に、各論文をご投稿いただきました皆様、そして発表いただきます皆様には、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。この「安全問題討論会'24」が、各分野で安全問題に取り組まれている研究者や実務者の皆様にとって、より有益な情報共有の場となり、発表していただいた論文・報告・作品が土木学会会員および安全問題研究に取り組まれている方々への貴重な資料となることを祈念しつつ、序とさせていただきます。今後とも皆様のご支援とご協力をお願い申し上げます。

2024年12月

土木学会安全問題研究委員会
委員長 広兼 道幸
土木学会安全問題討論会実行小委員会
委員長 山中 憲行

目次

土木学会安全問題討論会' 24 プログラム	1
論文部門(防災まちづくり・防災対策)	5
(1) 「中小工場が集積する地域における都市計画手法を用いた洪水対策の提案」の概説	6
戸塚 夏萌(日本大学大学院)・後藤 浩(日本大学)・前野 賀彦(日本大学)	
(2) 「津波浸水リスクを考慮した市街地集約に関する一考察」の概説	8
櫻井 祥之(和歌山工業高等専門学校)	
(3) 「浸水確率を考慮した水害リスク評価手法に関する研究」の概説	10
高木 蓮(山梨大学大学院)・佐藤 史弥(山梨大学)・秦 康範(日本大学)	
(4) 「福井平野を対象とした大規模地震時の河川堤防被害予測と外水氾濫解析」の概説	12
西出 俊亮(福井工業大学)・西川 隼人(福井工業大学)	
論文部門(AI/IoT・防災情報)	14
(1) 「足底圧力分布による歩行時のバランス状態の分析と識別」の概説	15
陳 俊宇(関西大学大学院)・広兼 道幸(関西大学)	
(2) 「機械学習を用いた防災気象情報とIoTセンサに基づく道路面温度予測」の概説	17
成 基昌(立命館大学大学院)・野村 泰稔(立命館大学)・高田 守康(日本マルチメディア・イクイップメント)・花坂 弘之(日本マルチメディア・イクイップメント)・永井 利幸(日本マルチメディア・イクイップメント)・戸部 浩(沼田土建)・吉田 美由紀(沼田土建)	
(3) 「急傾斜地警戒区域設定のための基礎調査への深層学習の適用」の概説	19
王 天陽(関西大学大学院)・広兼 道幸(関西大学)・谷 麗奈(クラウドエース株式会社)・倉本 和正(中電技術コンサルタント株式会社)	
論文部門(リスクアセスメント・復旧・復興)	21
(1) 「屋外での徒歩避難における群集事故のシミュレーションによるリスレベル推定の試み」の概説	22
中村 栄治(愛知工業大学)・小池 則満(愛知工業大学)	
(2) 「機能共鳴分析手法(FRAM)にSynesis(統合)の概念を用いた建設業におけるリスクアセスメントの提案」の概説	24
友時 照俊(香川大学大学院)・井面 仁志(香川大学)・高橋 亨輔(香川大学)	
(3) 「復興事業の早期完了実現を目的とした工事担当者の意思決定モデルの構築について」の概説	26
福田 勝仁(北陸先端科学技術大学院大学)・郷右近 英臣(北陸先端科学技術大学院大学)・池田 満(北陸先端科学技術大学院大学)	
論文部門(事業継続計画・安全情報)	28
(1) 「災害発生後の認定こども園の保育継続における課題 ―令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号により被災した茨城県取手市の認定こども園の事例から―」の概説	29
西村 実穂(東京未来大学)・中野 晋(徳島大学)	
(2) 「兵庫県内の浄水施設のBCP策定の現状と課題及び自然災害被災リスクの検証」の概説	31
宇野 宏司(神戸市立工業高等専門学校)・山本 亮介(メタウォーター株式会社)	
(3) 「デジタル技術を活用した国土強靱化における安全で円滑な交通流確保に向けた一考察」の概説	33
原田 紹臣(一般財団法人 災害科学研究所)・武井 千雅子(一般財団法人 VR推進協議会)	

- (1) 「木曾川周辺地域における災害伝承と住民意識との関係 ―愛知県一宮市起地区・朝日地区を事例に一」の概説…………… 36
橋本 操(岐阜大学)・小池 則満(愛知工業大学)・佐藤 野々花(名古屋市立稲葉地小学校)
- (2) 「広域避難カルテを活用した意識変容に効果的な要素の検討～大阪府摂津市鳥飼北地区における事例を通じて～」の概説…………… 38
竹之内 健介(香川大学)・亀井 春希(前香川大学)
- (3) 「被災宿泊施設を避難所として活用した令和2年7月豪雨での応急補修関連事業に関する考察」の概説…………… 40
大西 晶(徳島大学大学院)・湯浅 恭史(徳島大学)・上月 康則(徳島大学)・松重 摩耶(徳島大学)・山中 亮一(徳島大学)

土木学会安全問題討論会'24 プログラム

日時:令和6年12月16日(月)

会場:土木学会本部(東京都新宿区四谷一丁目外濠公園内)

参加費:無料

10:00~10:10 開会挨拶

◆ 開会挨拶

安全問題研究委員会委員長 広兼 道幸(関西大学)

◆ 諸注意

安全問題討論会実行小委員長 山中 憲行(前橋工科大学)

10:10~10:20 会場準備

【会場1】

10:20~11:40 論文部門(防災まちづくり・防災対策)

座長:吉川 直孝(独立行政法人労働者健康安全機構)

- (1) 中小工場が集積する地域における都市計画手法を用いた洪水対策の提案
戸塚 夏萌(日本大学大学院)・後藤 浩(日本大学)・前野 賀彦(日本大学)
- (2) 津波浸水リスクを考慮した市街地集約に関する一考察
櫻井 祥之(和歌山工業高等専門学校)
- (3) 浸水確率を考慮した水害リスク評価手法に関する研究
高木 蓮(山梨大学大学院)・佐藤 史弥(山梨大学)・秦 康範(日本大学)
- (4) 福井平野を対象とした大規模地震時の河川堤防被害予測と外水氾濫解析
西出 俊亮(福井工業大学)・西川 隼人(福井工業大学)

13:00~14:30 シンポジウム「安全力×地域力 -地域活性化の未来-」

- (1) 13:00~13:05 主催者説明
- (2) 13:05~13:15 趣旨説明
- (3) 13:15~14:05 講演会
 - ① 講演タイトル:地域活性化に向けた取り組みについて
講演者:橋本 憲次郎(総務省)
 - ② 講演タイトル:JR 東日本グループが取組む地域活性について
講演者:井上 晋一(JR 東日本商事)
- (4) 14:05~14:25 パネルディスカッション
 - ① パネラー:橋本 憲次郎(総務省)
 - ② パネラー:井上 晋一(JR 東日本商事)
 - ③ パネラー:広兼 道幸(関西大学)
 - ④ コーディネーター:山中 憲行(前橋工科大学)
- (5) 14:25~14:30 総括

15:00～16:00 論文部門(AI/IoT・防災情報)

座長:井面 仁志(香川大学)

- (1) 足底圧力分布による歩行時のバランス状態の分析と識別
陳 俊宇(関西大学大学院)・広兼 道幸(関西大学)
- (2) 機械学習を用いた防災気象情報とIoTセンサに基づく道路面温度予測
成 基昌(立命館大学大学院)・野村 泰稔(立命館大学)・高田 守康(日本マルチメディア・イクイップメント)・花坂 弘之(日本マルチメディア・イクイップメント)・永井 利幸(日本マルチメディア・イクイップメント)・戸部 浩(沼田土建)・吉田 美由紀(沼田土建)
- (3) 急傾斜地警戒区域設定のための基礎調査への深層学習の適用
王 天陽(関西大学大学院)・広兼 道幸(関西大学)・谷 麗奈(クラウドエース株式会社)・倉本 和正(中電技術コンサルタント株式会社)

16:10～17:10 論文部門(リスクアセスメント・復旧・復興)

座長:岩原 廣彦(香川防災技術研究事務所)

- (1) 屋外での徒歩避難における群集事故のシミュレーションによるリスクレベル推定の試み
中村 栄治(愛知工業大学)・小池 則満(愛知工業大学)
- (2) 機能共鳴分析手法 (FRAM)に Synesis (統合) の概念を用いた建設業におけるリスクアセスメントの提案
友時 照俊(香川大学大学院)・井面 仁志(香川大学)・高橋 亨輔(香川大学)
- (3) 復興事業の早期完了実現を目的とした工事担当者の意思決定モデルの構築について
福田 勝仁(北陸先端科学技術大学院大学)・郷右近 英臣(北陸先端科学技術大学院大学)・池田 満(北陸先端科学技術大学院大学)

【会場2】

10:20～11:20 論文部門(事業継続計画・安全情報)

座長:須藤 英明(ものづくり大学)

- (1) 災害発生後の認定こども園の保育継続における課題 —令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号により被災した茨城県取手市の認定こども園の事例から—
西村 実穂(東京未来大学)・中野 晋(徳島大学)
- (2) 兵庫県内の浄水施設のBCP策定の現状と課題及び自然災害被災リスクの検証
宇野 宏司(神戸市立工業高等専門学校)・山本 亮介(メタウォーター株式会社)
- (3) デジタル技術を活用した国土強靱化における安全で円滑な交通流確保に向けた一考察
原田 紹臣(一般財団法人 災害科学研究所)・武井 千雅子(一般財団法人 VR推進協議会)

15:00～16:00 論文部門(地域防災)

座長:櫻井 祥之(和歌山工業高等専門学校)

- (1) 木曾川周辺地域における災害伝承と住民意識との関係 —愛知県一宮市起地区・朝日地区を事例に—
橋本 操(岐阜大学)・小池 則満(愛知工業大学)・佐藤 野々花(名古屋市立稲葉地小学校)
- (2) 広域避難カルテを活用した意識変容に効果的な要素の検討～大阪府摂津市鳥飼北地区における事例を通じて～
竹之内 健介(香川大学)・亀井 春希(前香川大学)
- (3) 被災宿泊施設を避難所として活用した令和2年7月豪雨での応急補修関連事業に関する考察

大西 晶(徳島大学大学院)・湯浅 恭史(徳島大学)・上月 康則(徳島大学)・松重 摩耶(徳島大学)・山中 亮一(徳島大学)

16:10~17:10 委員会報告

- (1) 土木工事安全小委員会
須藤 英明(土木工事安全小委員会委員長)
- (2) 地域安全小委員会
長谷川 潤(地域安全小委員会委員長)

【会場3】

10:20~11:40 デザイン部門

座長:中島 徹(前橋工科大学)

- (1) 大学における『災害心理学』の授業計画
富岡 千遥(愛知工業大学)・中村 栄治(愛知工業大学)
- (2) 労働・排球・安全
小森 茉桜(前橋工科大学)・山中 憲行(前橋工科大学)
- (3) 歩行・作業バランス検知システム
高柳 来望(関西大学)・陳 俊宇(関西大学)・広兼 道幸(関西大学)
- (4) なぞかけフォークリフト
宮嶋 莉々菜(前橋工科大学)・・山中 憲行(前橋工科大学)

15:00~16:00 デザイン部門

座長:中島 徹(前橋工科大学)

- (1) 西日本豪雨災害から学ぶ 防災おやこ手帳
榎原 聡美(川辺復興プロジェクトあるく)・松田 美津枝(川辺復興プロジェクトあるく)・磯打 千雅子(香川大学)
- (2) 積乱雲危険度表示システム
宮島 亜希子(I-レジリエンス株式会社)・高木 晴彦(I-レジリエンス株式会社)・佐藤 良太(I-レジリエンス株式会社)・清水 慎吾(国立研究開発法人防災科学技術研究所)・下瀬 健一(国立研究開発法人防災科学技術研究所)・加藤 亮平(国立研究開発法人防災科学技術研究所)・長谷川 晃一(株式会社中電CTI)
- (3) 教育現場における地震・津波災害発生時の二次対応訓練シナリオ
西田 有宇(香川大学大学院)・井面 仁志(香川大学)・高橋 亨輔(香川大学)・山本 健詞(徳島大学)・水科 晴樹(徳島大学)・高橋 真里(香川大学)

17:20~17:40 表彰式・閉会挨拶

◆ 表彰式

論文賞・論文奨励賞・デザイン部門審査員特別賞・入選・貢献賞

◆ 閉会挨拶

安全問題討論会実行小委員会委員長 山中 憲行(前橋工科大学)

※講演時間

論文:1題につき20分(発表15分、質疑5分)

デザイン部門:1題につき15分(発表10分、質疑5分)

論文部門
(防災まちづくり・防災対策)

「中小工場が集積する地域における都市計画手法を用いた洪水対策の提案」の概説

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○戸塚 夏萌
日本大学理工学部 正会員 後藤 浩
日本大学 正会員 前野 賀彦

1. 目的

近年、わが国有数の中小企業が集積地で工場の減少が続いている¹⁾。町工場を中心とした「ものづくりのまち」で著名な東京都大田区もその例外ではない²⁾。ここでは、住宅の需要が高く廃業した工場の跡地では集合住宅の建設²⁾が盛んになっている。無秩序な開発行為は、住環境・生産環境共に質を低下させ、地域が持つ独特の個性をも失わせるまちづくりとなる。一方、この地域は、洪水ハザードマップ³⁾を見れば浸水想定域であり、水災害の危険にさらされているという特性もある。これらの問題を解決できる方策を提案することは、持続可能で安全・安心なまちづくりをする上での一助となると考える。本報では、まず、中小工場の多い東京都大田区六郷地区を例にとり、存続する工場数とまちの特性の変化についてまとめた。次に、廃業により工場が点在してしまった地域に土地区画整理事業を適用して工場を集積させ、工場同士の連携を強くさせることを提案した。同時に、換地と減歩により生まれた公園等の公共スペースに雨水貯留槽を設置し地域の洪水抑制対策も行い、事業に付加価値が付けられること指摘した。

2. 研究方法

本研究では、最初は大田区の工場数のピーク時から現在までの土地利用の変化を調査するため、1985年版と2023年版のゼンリン住宅地図^{4), 5)}を用いて経年変化を調査した。次に、道路が狭隘な区画をモデルエリアとして選択し、土地区画整理事業を適用した。そして、工場集積とその他の土地利用の配置を検討した。換地と減歩によって生まれた公園と駐車場に地下雨水貯留槽を導入した場合の推算貯留量を試算し、その効果を提示した。

3. 研究結果

(1) 工場の減少率と跡地利用の現状

大田区の工場数は、1983年をピークに減少傾向に転じている²⁾。調査した結果、六郷地域でも、工場数は1985年には1372箇所、2023年まで同じ工場が存続した数は289箇所と大幅に減少し、その減少率は78.9%であった。一方で、1986年以降に設立された工場の合計数は215箇所と少数に留まるものの工場の新設が一定数あり現在の工場数は504件であった。廃業した工場の跡地利用の形態については、工場跡地を戸建て住宅にした場合が26%、集合住宅（マンション、アパート）にした場合が25%と宅地利用が半数を占め、無計画な住宅化が行われていることが推察された。このような状態が続くことは、工場間のネットワークを衰退させ、産業が途絶え、地域の個性の喪失につながるということが分かった。

(2) 土地区画整理事業の適用の検討

図-1 (a) に、本研究で対象とするモデル区画を赤枠で示した⁶⁾。対象区画の面積は、17017m²であり、私有地、道路、公園の各面積は表-1の通りである。土地区画整理事業における私有地の減歩率を一律20%と設定した。その用地を道路拡張と公園拡張、工場集積用地に利用する計画である。表-1にはあわせて土地区画整理事業後の面積を記載している。その面積のもと区画の再編成を行った一例が、図-1 (b) である。図-1 (b) に示すように、区画左上に当該区域の工場を全て集積させてみた（このエリアを工場集積エリアと呼ぶことにする）。工場集積エリアでは、地域内に点在していた駐車場を1つの駐車場として利用することとしている。

キーワード 住工混在, まちの変化, 中小工場, 大田区, 土地区画整理事業, 洪水対策施設
連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部まちづくり工学科
E-mail: gotou.hiroshi@nihon-u.ac.jp

工場集積エリアで示した「移転予備地」は、対象区画周辺の工場を今後さらに集積することが可能なようにするための余剰地である。また、道路①～③は、緊急車両の円滑な通行も可能なように、幅員をそれぞれ2～3m拡幅した。公園については、385m²拡張するものとし、公園周辺に存在していた集積前の工場の跡地を活用した。

(3) 土地区画整理用地を活用した雨水貯留槽の導入

雨水貯留槽の設置先を公園と工場集積地内の駐車場とした。公園および駐車場の面積は表-2に示す通りである。それぞれに対し、地下雨水貯留槽を導入するもとのし貯留量を試算した。地下雨水貯留槽の貯留量は、自然流下方式が可能で上部は公園、駐車場等として多目的で利用できる既存の製品⁷⁾を用いることとした。表-2に、地下貯留槽による推算貯留量を記す。表-2に示すように、公園と駐車場の合計での貯留量は2156.5m³であった。また、表-2には、その規模の程度を示すために、一般的な25mプールの容量⁸⁾(長さ25m×幅12.4m×深さ1m=310m³)を併記したが、貯留量の合計は25mプール7杯分にも相当することが分かった。

加えて、簡易的に地表面で貯留を行う場合の貯留量を試算した。地表面貯留を行う場合は安全水深が定められている⁹⁾。計算に用いた安全水深に関しては、大田区が提示している雨水流出抑制施設技術指針⁹⁾に記載されている土地利用ごとの値を用いた。つまり、公園利用での安全水深は0.2m、駐車場利用での安全水深は0.1mであり、各面積に対し安全水深を乗じることで貯留量を算出し表-2に整理した。

公園の地下雨水貯留槽では1.41m³/m²の対策量となり大田区で定められている規定⁹⁾以上の対策量が見込めた。また、駐車場は対策不要な面積⁹⁾となっているが分散している駐車場を集約することで、雨水貯留に有効なだけの面積を確保していくことが可能となると考える。

4. まとめ 中小工場が多く存在する大田区では、廃業などにより工場が消失した土地にマンション開発や駐車場設置などの無秩序な開発が行われていることを示

した。そこで、工場の交流の活性化や地域課題の対策として土地区画整理事業を適用し工場を集積させる区画の再編成を提案した。また、もともと調節池を設置する場所すらなかった密集した住工混在地域に公園、駐車場の空間を創出し、その土地の地下空間を活用して雨水貯留槽を設置することで近隣に整備されている調節池に匹敵する貯留量が期待できる治水対策のアイデアを提示した。

参考文献 1) 中小企業庁：中小企業白書, <https://www.chusho.meti.go.jp/> (2023/11/24 閲覧), 2) 大田区：大田区の工業, <https://www.city.ota.tokyo.jp/> (2024/3/14 閲覧), 3) 大田区：大田区防災ハザードマップ, <https://www.city.ota.tokyo.jp/> (2024/3/14 閲覧), 4) 株式会社ゼンリン：ゼンリン住宅地図東京都大田区, 株式会社ゼンリンプリンテックス, 2023, 5) 株式会社ゼンリン：ゼンリン住宅地図東京都大田区, 株式会社ゼンリンプリンテックス, 1985, 6) 国土地理院：白地図, <https://www.gsi.go.jp/> (2023/12/14), 7) 昭和コンクリート工業株式会社：防災カタログ, <https://www.showa-con.co.jp/> (2024/3/14 閲覧), 8) 公社日本水泳連盟：プール公認規則, <https://swim.or.jp/> (2024/3/14 閲覧), 9) 大田区：雨水流出抑制施設技術指針, <https://www.city.ota.tokyo.jp/> (2024/3/14 閲覧)



(a)事業前



(b)事業後 (一例)

図-1 土地区画整理事業適用の一例(対象地:東京都大田区西六郷3丁目付近)⁶⁾

表-1 土地区画整理適用前後の面積計算結果

区画	整理前の面積 (m ²)	整理後面積 (m ²)	増加面積 (m ²)
私有地	14529.0	11623.2	
道路	1530.0	2577.0	1047.0
公園	958.0	1316.0	358.0
保留地	0	1500.8	
合計	17017.0	17017.0	

表-2 貯留方法別推算貯留量

用地	面積 (m ²)	地下雨水貯留槽貯留量 (m ³)	地下貯留量の25mプール換算(杯)	地表面貯留量 (m ³)
公園	1316	1857.7	6	263.2
駐車場	285	298.8	1	28.5
合計		2156.5	7	291.7

「津波浸水リスクを考慮した市街地集約に関する一考察」の概説

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○櫻井 祥之

1. はじめに

居住・都市機能の維持を念頭に、2014年に立地適正化計画制度(以下、立適)が創設され、534都市で将来的に人口密度を確保する範囲に居住誘導区域(以下、居誘区域)が指定されている。近年では防災との連携の必要性が唱えられ、中でも津波災害では、人命はもとより居住・都市機能が喪失し、復旧・復興に多大な時間と費用を費やし、人口流出の加速も想定される。そこで最近では和歌山県内の自治体等において、復興体制やプロセスを被災前から決めておく、事前復興計画の策定が進んでいる。さらに復旧・復興を迅速に行い、人口流出を防ぐためには、被災人口と被災面積を抑え、将来にわたり居住・都市機能の維持が可能で安全な市街地を、被災前に形成する必要がある(以下、市街地集約)。よって本研究は、津波浸水被害リスクを考慮した市街地集約について検証し、事前復興計画や立適における津波対策に示唆を与えるための知見を得ることを目的とする。

2. 研究方法

本研究は和歌山市を対象に、現在の居誘区域から津波浸水想定区域を除いた範囲を新たな居誘区域とし(以下、安全居誘区域)、津波浸水想定区域(L1およびL2)の居住人口を誘導した場合の人口密度について検証する。

3. 津波浸水想定・事前復興計画・立適について

和歌山市では、南海トラフ3連動地震(以下、3連動地震)や南海トラフ巨大地震(以下、巨大地震)により、3連動地震では最大6[m]の津波(L1)が、巨大地震では最大8[m]の津波(L2)の襲来が想定されている。続いて、2018年に策定された和歌山市立地適正化計画と、2023年に策定された和歌山市事前復興計画の関係をみると、立適ではまちなか居住を推進し、市街化調整区域(以下、調整区域)における開発規制を示しているが、事前復興計画では災害時の開発許可基準の緩和を見込み、被災後の調整区域の活用を示している。しかしながら、調整区域はその活用を最小限に抑えることが、都市のコンパクト化や持続性確保の観点から重要である。

さらに立適では計画の必要性・妥当性を定量的に把握するため、目標指標や目標値が設定され、和歌山市の居誘区域の基準年人口密度は54.4[人/ha](2015年)に対し、目標値として55.0[人/ha](2035年)が設定されている。

4. 浸水深による津波浸水想定区域除外の検証

4.1 浸水深と人的・物的被害の関係

東日本大震災の被害による内閣府が分析したデータを参考に、浸水深と被害の関係を整理すると(表-1)、浸水深2.0[m]以上の地域は人的・物的被害の危険が極めて高く、被災後の復旧・復興に時間がかかり、人口流出に拍車がかかる恐れがあると言える。さらに浸水深1.0~2.0[m]以上の地域についても、木造の部分損壊がはじまり、避難が遅れれば生命の危険が高まるため、安全な地域へ居住を誘導することが望ましい。

4.2 検証の概要および結果

本検証では、現在の居誘区域から除外する津波浸水想定区域の基準を設けて被誘導メッシュとし、被誘導メッシュの居住人口を被誘導人口と定義する。検証は被誘導人口誘導後の、安全居誘区域の人口密度(2035年)について行う。検証は最も人的・物的被害を抑えられるケースとして、L1・L2の各津波浸水想定区域全域を被誘導メッシュする場合の検証1と、

表-1 被害の目安と津波浸水メッシュのクロス集計結果

地震の種類 ・ 浸水深[m]	3連動地震(L1)				
	浸水無	0.01~0.3	0.3~1.0	1.0~2.0	2.0~
巨大地震(L2)	357				
0.01~0.3	16	0	1		
0.3~1.0	97	11	15		
1.0~2.0	122	11	84	19	
2.0~	44	5	33	123	140
被害の 目安	安全				
	やや危険				
	危険(0.3[m]以上で死者が発生しはじめる。)				
	非常に危険(1.0[m]で死亡率100%。木造の部分損壊が始まる。)				
	極めて危険(木造家屋は全面破壊。復旧復興に時間を要する。)				

キーワード 事前復興計画, 市街地集約, 立地適正化計画, 津波浸水想定区域, 人口減少

連絡先 〒644-0023 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科

E-mail: sakurai@wakayama-nct.ac.jp

表-2 検証結果

検証1：L1 津波浸水想定区域図参照		L1 津波浸水想定区域		L2 津波浸水想定区域					
	(A)L1 全域	(B)L2 全域	検証	1-(A)	1-(B)	検証	2-(A)	2-(B)	2-(C)
①			被誘導メッシュ数	442	721	被誘導メッシュ数	282	581	345
②	87,503	158,487	面積[ha]	2,762.5	4,506.3	面積[ha]	1,762.5	3,631.5	2,156.5
③	3,584.8	2,374.8							
④	262,729	267,599							
⑤	73.3	112.7							
検証2：L2 津波浸水想定区域図参照		(A)L1 1.0[m]以上	(B)L2 1.0[m]以上	(C)2.0[m]以上					
①									
②	49,492	123,331	63,217						
③	4,229.8	2,933.8	4,004.8						
④	256,755	262,615	259,288						
⑤	60.7	91.2	66.8						
項目	①被誘導メッシュ, ②被誘導人口[人], ③安全居誘区域面積[ha], ④誘導後安全居誘区域人口[人], ⑤誘導後安全居誘区域人口密度[人/ha]								

津波浸水想定区域の中でも特に甚大な被害が想定される、浸水深 1.0[m]以上や 2.0[m]以上を被誘導メッシュとする場合の検証 2 を実施する。各検証, L1・L2 のそれぞれで実施し, L1 を(A), L2 を(B)とした。さらに検証に先立ち、データベースとして基準人口(2015 年)および将来人口(2035 年)を算出し、和歌山県が公表する津波浸水想定区域データと GIS 上で重ねあわせ、浸水深別の人口を 5 次(250m)メッシュごとに算出したものを構築した。L1・L2 の津波浸水想定区域のデータに該当する 5 次メッシュの数を集計した結果、表-1 のようになった。

検証の結果(表-2)、検証 1-(A)の誘導後の安全居誘区域人口密度は 73.3[人/ha]となり、基準年の居誘区域の人口密度よりも上昇する結果となった(2035 年の趨勢人口 175,226[人]に被誘導人口 87,503[人]を加えた人口を、安全居誘区域面積 3,584.8[ha]で除した)。同様に検証 1-(B)では 112.7[人/ha]となった。さらに検証 2-(A)では 60.7[人/ha]、検証 2-(B)では 91.2[人/ha]となったが、検証 2-(B)は巨大地震に備える形で被誘導メッシュを設定したケースであり、人口密度・誘導にかかるコストともに検証 2-(A)に比べて嵩むことが想定される。そのため、被誘導メッシュをさらに絞り、より危険度の高い地域から優先して居住誘導を進めるケースとして、L2 の浸水深 2.0[m]以上を被誘導メッシュとした検証 2-(C)を実施した結果、66.8[人/ha]となった。

以上のことから、L1・L2 の双方で浸水深 1.0[m]以上が想定されるメッシュは最優先で除外されるべきであり、誘導後の安全居誘区域の人口密度で 60.7[人/ha]を確保できる検証 2-(A)や、巨大地震を想定して誘導後の安全居誘区域の人口密度 66.8[人/ha]を確保できる検証 2-(C)を目安とすることで、深刻な被害を極力回避しながら、人口密度の確保により住民が居住・都市機能サービスを楽しむことができる。

5. 調整区域の活用を考慮した追加検証

4.の検証結果を踏まえ、安全居誘区域における人口密度の上昇を緩やかなものにする居住誘導のケースとして、既に宅地となっている一部の調整区域(3411 条例地区)を活用することについて、追加検証を実施する。検証 2-(A)や(C)の安全居誘区域の範囲に、3411 条例地区を追加した場合の、居住誘導後の人口密度を検証した結果、検証 2-(A)+3411 条例地区では 57.2[人/ha]、検証 2-(C)+3411 条例地区圏では 60.9[人/ha]となった。

6. まとめ

検証結果より、検証 2-(A)の被誘導メッシュの地域は、最優先で安全居誘区域への誘導を進めることが必要であり、巨大地震に対する居住誘導を進める場合、L2 のうち浸水深 2.0[m]以上を被誘導メッシュとすることが、適切な人口密度確保の水準であると言える。つまり、検証 2-(A)に沿った市街地集約は進めつつ、可能な限り L2 のうち浸水深 2.0[m]以上の除外も進めたいところである。さらに事前復興計画にも示されている調整区域の活用については、都市の持続性を考慮して、3411 条例地区に限るべきである。

安全確保のみに焦点をあて、将来的な都市の持続性を考慮しないままに津波対策を進めるべきではなく、リスクに応じた検証が必要である。人的・物的被害の危険性が高い地域は、居住誘導により住民の生命を守り都市の持続性を確保し、比較的危険性が低い地域は他の津波対策事業により、住民の安全確保と被害の低減を目指すことが可能となり、リスクに応じた津波対策の選定と、それによる投資コストの効率化を図ることができる。

「浸水確率を考慮した水害リスク評価手法に関する研究」の概説

山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程工学専攻土木環境工学コース

(現, パシフィックコンサルタンツ株式会社) 正会員 ○高木 蓮
山梨大学地域防災・マネジメント研究センター 正会員 佐藤 史弥
日本大学 危機管理学部 正会員 秦 康範

1. はじめに

水害リスクを示すツールとして一般的に用いられている洪水浸水想定区域図は、任意の地点の浸水のしやすさが表現されていないという課題を有している。そのため、発生頻度を表現できていない洪水浸水想定区域図の都市計画分野での利用は困難であるとの指摘があり¹⁾、発生頻度を考慮した水害リスク評価手法の開発が求められている。

そこで、本研究は、浸水頻度を考慮した水害リスク評価として期待値の考え方を用いた水害リスク評価手法を提案することを目的とする。具体的には、洪水災害による家屋の直接被害額（以下、建物被害額）の期待値を水害リスク評価指標として、その計算手法を構築し、山梨県西部を南化する釜無川に適用し、浸水想定区域の水害リスク評価を行う。さらに、建物被害の期待値の経年変化を分析し、対象区域において、いつどこで水害リスクが増加したのかを明らかにする。

2. 分析方法

本研究では、釜無川の国管理区間における計画規模の洪水浸水想定区域図を作成するための、破堤地点毎の氾濫シミュレーションデータを用いて以下の3つの分析を行った。

まず、洪水浸水想定区域図において同じ浸水深で示されている区域の浸水のしやすさの差異を明らかにするために、破堤地点毎の氾濫シミュレーションにより、任意のメッシュが何回浸水するのかを、浸水区分毎（0.5m未満、0.5m以上3.0m未満、3.0m以上）に集計した。

次に、浸水のしやすさを考慮した水害リスク評価手法として、建物被害額の期待値を指標とした評価手法を構築した。破堤地点ごとの氾濫シミュレーションデータから、シミュレーション毎の建物被害額を算出し、任意のメッシュの建物被害額の期待値を求めた。なお、建物被害額は、国土交通省が作成した治水経済調査マニュアル（案）を参考にした。

最後に、構築した評価手法を用いて水害リスクの経年変化を検討した。1995年から2020年までの建物被害額の経年変化とその空間分布を比較した。

3. 分析結果

(1) 浸水区分毎の浸水回数の可視化

図1に浸水区分毎の浸水回数を可視化した結果を示す。図1から同じ浸水区分でも浸水回数が極端に異なるメッシュがあることがわかる。この結果から、釜無川の国管理区間における計画規模の洪水浸水想定区域図は、同じ浸水ランクで表示されている地域に、浸水の起こりやすさが大きい地域と小さい地域が存在していることが示された。

(2) 建物被害額の期待値による水害リスク評価

図2に建物被害額の期待値の空間分布を示す。図2から建物被害額の期待値が高い地域は、釜無川と

キーワード 水害リスク, ハザードマップ, 浸水頻度, 建物被害
連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 防災研究室
E-mail: ren0224summer@gmail.com

笛吹川の合流部の右岸や、釜無川左岸周辺、笛吹川右岸に分布することが分かった

(3) 建物被害額の期待値の推移

図3に、1995年を基準とした建物被害額の期待値と世帯数の比率の推移を示す。図3から、特に2005年建物被害額の期待値の比率が1.3倍と最も高い。しかし、2005年の世帯数の比率は、1.1倍と建物被害額の期待値の比率よりも低い結果であった。

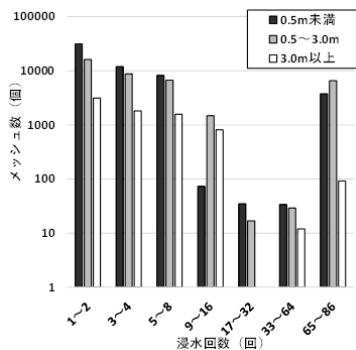


図1 浸水区分・浸水回数毎のメッシュ数の集計結果

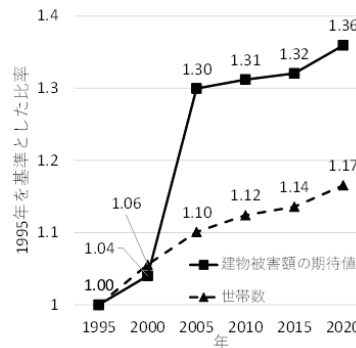


図3 1995年を基準とした建物被害額の期待値と世帯数の比率の推移

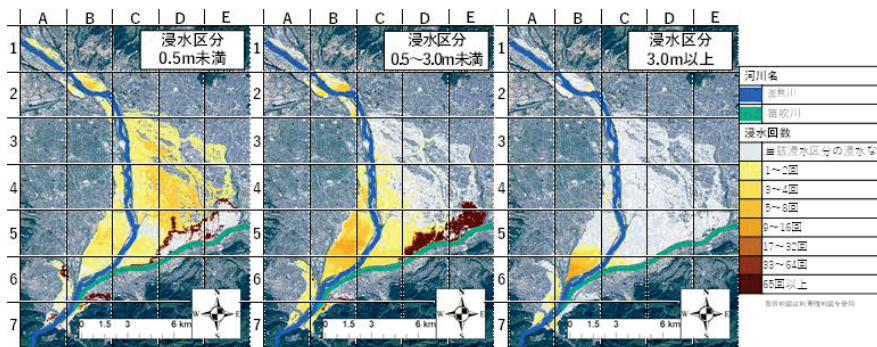


図2 浸水区分毎の浸水回数の空間分布

4. 考察

以上の分析結果より、地域ごとの建物被害額の期待値の差は浸水頻度の違いにより生じていると考えられ、建物被害額の期待値は、浸水回数を考慮した水害リスク評価手法として機能していることが確認できた。また、建物被害額の期待値の比率が世帯数の比率よりも高くなったと要因として、浸水回数の多い地域で世帯数が集中的に増加したことが考えられる。

5. おわりに

本研究で、洪水浸水想定区域図において同じ浸水区分でも場所によって浸水回数が大きく異なることを明らかにした。次に、建物被害額の期待値の考え方をを用いることで同じ浸水区分においても、浸水頻度によるリスクの違いを表現できることを確認した。最後に、構築した水害リスク評価手法を用いて、水害リスクの経年変化を分析した結果、浸水頻度の高い地域で開発がおこなわれた可能性が示唆された。本研究で提案された手法は、現状の洪水浸水想定区域図の情報を補完するリスク評価手法であると考えられ、今後、土地利用のあり方について検討するための基礎資料としての活用が期待される。

参考文献

- 1) 中野卓, 木内望: 水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想定区域図の活用可能性と課題, 公益社団法人 日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol.55 No.3, p.888-895, 2020年10月。

「福井平野を対象とした大規模地震時の河川堤防被害予測と外水氾濫解析」の概説

福井県建設技術公社（福井工業大学大学院） 学生会員 ○西出 俊亮
福井工業大学 工学部建築土木工学科 正会員 西川 隼人

1. 目的

1948年に発生した福井地震では、強震動によって深刻な建物被害が出ただけでなく、福井平野の広範囲で液状化現象による河川堤防の沈下が生じたことで、地震発生1か月後の豪雨被害が拡大した。このような地震と水害の複合災害の事例として、2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震が報告されており、直近では、2024年9月能登半島豪雨災害が、2024年能登半島地震との複合災害であることが指摘されている。今後、気候変動による水害の増加、激甚化が予想されており、また、近い将来の南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生が懸念されていることから、大規模地震によるインフラ被害などを考慮した水害予測が喫緊の研究課題であると考えられる。そこで、本研究では、福井平野を流れる九頭竜川、日野川を例に、福井平野東縁断層帯に起因する大規模地震の想定結果に基づいて、液状化による河川堤防の沈下量を予測するとともに、この堤防沈下が外水氾濫の浸水範囲や氾濫発生時間、浸水深の時系列変化に及ぼした影響を調べた。

2. 想定地震における河川堤防被害の予測

九頭竜川と日野川を対象とした外水氾濫解析を行うにあたり、まず、想定地震における両河川周辺地域の地震動データを収集した。想定地震は、長さ約45kmの福井平野東縁断層帯主部に起因する地震であり、地震の規模は気象庁マグニチュード7.6である。地震ハザードステーションにおいて、福井平野東縁断層帯主部に起因する地震に対し、4ケースの地震動予測が行われており、本研究ではケース1の予測結果を用いた。図-1に予測結果に基づき作成した震度分布と氾濫解析範囲（青い四角形）、断層の地表への投影線（黒い破線）を示す。氾濫解析範囲の大半が、震度7と震度6強となった。堤防沈下量の計算に必要な地震動は最大加速度であるため、経験式により計測震度を最大加速度に変換した。続いて、河川堤防とその周辺地域のボーリングデータを収集し、液状化堤防沈下量簡易推定プログラムと最大加速度の予測結果をもとに、河川堤防の沈下量を計算した。なお、ボーリングデータがない地点の沈下量は、逆距離荷重法を用いて、補間した。図-2に計算した河川堤防の沈下量分布を示す。九頭竜川と日野川の合流地点より西側で、沈下量の大きい箇所が多く、沈下量は最大で3.68mであった。

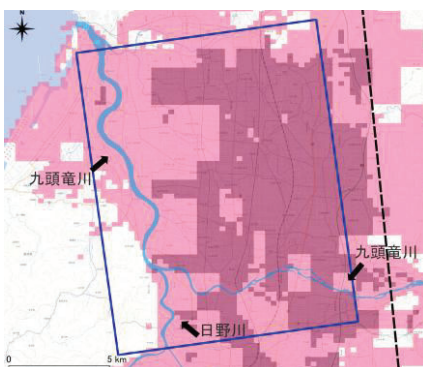


図-1 想定地震の震度分布
(■震度7, ■震度6強)

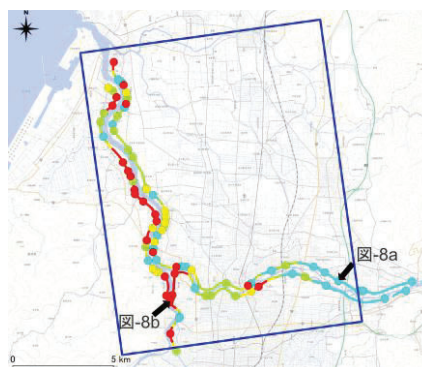


図-2 堤防の予測沈下量の分布 (●0.5m未満, ●0.5~1m, ●1~1.5m, ●1.5m以上)

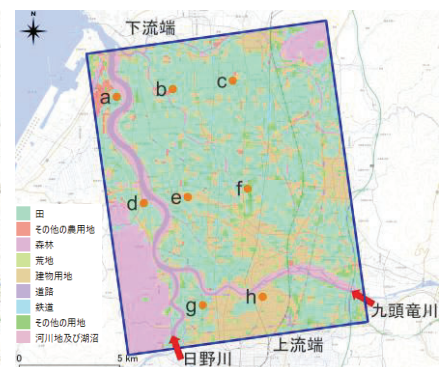


図-3 氾濫解析範囲と土地利用種別

キーワード 福井平野, 大規模地震, 外水氾濫, 河川堤防, 複合災害
連絡先 〒910-0003 福井県福井市松本3丁目16-10
E-mail: nishide@fk-kosha.or.jp

3. 外水氾濫解析

外水氾濫解析には、汎用二次元氾濫計算ソフトの iRIC Nays2D Flood v5.0 を用いた。図-3 に氾濫解析範囲と範囲内の土地利用種別、および浸水深の時系列変化を調べた地点、氾濫解析用流量の流入箇所を矢印で示す。解析範囲は、九頭竜川の流下方向 14.5km、横断方向 12km である。日野川と九頭竜川への流入流量は、九頭竜川水系河川整備基本方針をもとに設定した流量ハイドログラフであり、解析範囲の上流端と東側の側方から与えた。氾濫解析に必要な地形データは、河道部、氾濫域ともに、基盤地図情報の数値標高モデルを用い、粗度係数は、既往研究の値を参考に一律に 0.035 とした。堤防沈下を考慮して氾濫解析を行う際は、数値標高モデルの提体に対応する地点の標高から、沈下量を差し引き、解析を行った。解析の計算タイムステップは 0.4 秒、移流項の差分方法は風上差分法を用い、計算格子幅は流下方向、横断方向ともに 10m とした。

4. 解析結果

図-4 に氾濫解析で得られた浸水範囲の例として、解析開始 12 時間後の結果を示す。赤い×の箇所が越水地点、a～h が浸水深の時系列変化着目地点である。堤防沈下の有無によらず、複数地点で越水が発生しているが、沈下ありの方が、浸水範囲が広い。浸水範囲の時系列変化を調べるために、解析経過時間と浸水面積の関係を調べたところ、図-5 に示すように、堤防沈下の有無にかかわらず、6 時間後から浸水面積が上昇し始めるが、上昇の程度は大きく異なっている。10 時間以降は沈下なしでも、越水地点が増えることで面積の上昇は同じ程度になり、22 時間後以降は浸水面積の変化が殆ど見られない。また、浸水面積は全ての時間帯で沈下ありの方が大きくなった。続いて、a 地点に着目して、浸水深の時系列変化を調べると（図-6）、沈下ありの水深の増加が沈下なしに比べて、4 時間ほど早く、また、浸水深の最大値に 3 倍程度の違いが見られた。地点によっては、堤防が沈下しない場合の方が、氾濫発生や浸水深の上昇開始が早くなったものの、全体としては、a 地点のように、堤防の沈下が生じる場合の方が、氾濫発生や浸水深の上昇が早くなり、また、全浸水域や浸水深が 0.5m 以上の浸水面積が大きくなった。

5. まとめ

本研究では、大規模地震による河川堤防被害が、外水氾濫による浸水範囲、浸水深の時系列変化などに及ぼす影響を調べるために、福井平野を流れる九頭竜川、日野川を例に検討を行った。検討の結果、地点によっては、堤防の沈下の影響で、氾濫発生時間が 4 時間程度早くなり、また、屋外への避難に支障をきたす浸水深 0.5m 以上の浸水範囲が広がったことから、大規模地震発生後は、堤防の復旧が十分に行われていない場合が想定されるため、豪雨時においては早期に避難を始める必要があると考える。

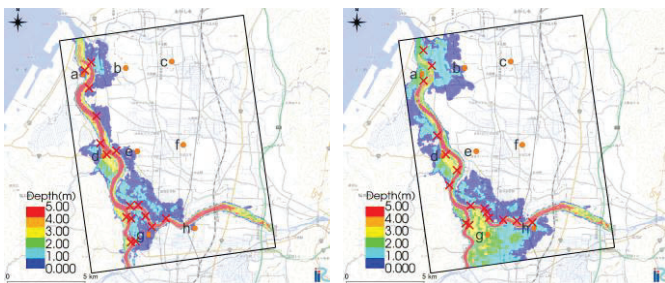


図-4 12 時間後の浸水範囲（左：沈下なし、右：あり）

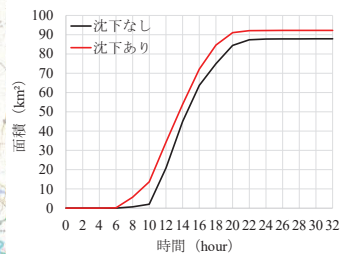


図-5 浸水面積の時系列変化

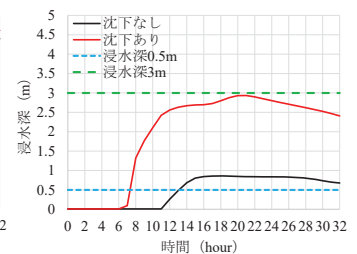


図-6 a 点の浸水深の時系列変化

謝辞：本研究では、国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室の土質試験結果情報、Geo-Station, Kunijiban の土質実験データを使用させて頂きました。沈下量計算では、国立研究開発法人 土木研究所が配布している、液状化堤防沈下量簡易推定プログラムを使用させて頂きました。ボーリングデータに関する処理作業には、国立研究開発法人 防災科学技術研究所で開発されたボーリングデータ品質確認システムを使用しました。一部の図の作成において、国土地理院の地理院タイル、QGIS3.34.5 を利用させて頂きました。査読者と編集委員の方々から貴重な御意見を頂きました。記して御礼申し上げます。

論文部門
(AI/IoT・防災情報)

「足底圧力分布による歩行時のバランス状態の分析と識別」の概説

関西大学 非会員 ○陳 俊宇
関西大学 正会員 広兼 道幸

1. はじめに

建設工事においては、様々な形で事故が発生しており、中でも高所からの墜落や転落事故が最も多くを占めている。その発生原因の一つとして、作業時や歩行時にバランスを崩すことが挙げられる。このため、客観的にバランスを崩しやすい状態であると評価された場合には、墜落・転落や転倒のリスクが低い作業を担当してもらうなどの対策を講じることで、労働災害を未然に防止することが可能であると考えられる。

そこで本研究では、足底圧力センサを用いて、バランスのとれた歩行状態とアンバランスな歩行状態の足底圧力変化を計測し、足底圧力データから歩行時のバランス状態を識別する方法を提案する。具体的には、収集した足底圧力データを歩行周期ごとに分割・定量化し、K近傍(KNN)モデルを用いて定量化データを左足負荷、右足負荷、通常状態の3種類に識別する。その識別率を用いて識別結果の精度を評価した。

2. 実証実験

この実験では、左足に1kgの重りをつけた歩行、右足に重りをつけた歩行、そして通常の歩行の3種類歩行条件で足底圧力データを収集した。重りは高齢者の足の負傷や疲労を模擬するために使用した。被験者は20代の健康な男性大学生3人であり、各条件で約3分30秒の直線歩行を3回行い、その際の足底圧力変化を動画で記録した。実験に使用した足底圧力センサは、各足の4つの領域(つま先、小趾球・外側縦アーチ、母趾球・内側縦アーチ、踵)の圧力データをリアルタイムで取得・表示できる。ただし、被験者はつま先に重心をあまりかけなかったため、つま先のデータは除外し、残り6つの領域の圧力データを用いて歩行時のバランス状態を分類した。

3. データ処理

足底圧力の強度を、足底圧力分布画像の特定位置からRGB値で判定した。圧力が強くなると色が黒から緑、黄色、オレンジ、赤へと変化し、各色に応じて圧力レベルを6段階(0~5)で定量化した。画像の特定位置のRGB値を比較し、ユークリッド距離で最も近い圧力レベルを決定する。こうして、6つの領域の圧力強度を表す6次元の特徴ベクトルに変換した。さらに、歩行データを歩行周期に分割し、各周期ごとの特徴ベクトルを作成した。被験者の歩行周期は1.0~1.3秒間だったため、1周期を13フレームに分け、78次元の特徴ベクトルを生成した。不足する場合は0で補足した。3つの歩行条件データにはラベルを付与し、データを8:2に分割して8割のデータを用いてKNNモデルで学習し、残り2割のデータを識別精度を評価した。

4. 実験結果

本実験における識別結果を表1に示す。

被験者Aについて、「通常」ラベルのF値は1.00となり、すべての場合で実際のラベルを予測できていることがわかった。「左足」ラベルと「右足」ラベルに対するF値は、それぞれ0.76と0.61となり、これらの2つのラベルについての識別率は60-80%でかなりの確率で識別できることが分かった。さらに、この分類モデルを用いれば、この実験では、バランスの取れた(通常)歩行とアンバランス(左足+右足)な歩行は、100%の精度で識別できることがわかった。

被験者Bについて、「通常」ラベルのF値は0.74となり、「左足」ラベルと「右足」ラベルに対するF値は、同じ0.70となり、これらの3つのラベルについての識別率は70%ぐらいでかなりの確率で識別できることが

キーワード 労働安全, 足底圧力, 歩行バランス, k近傍法, AI/IOT

連絡先 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号 総合情報学部および大学院総合情報学研究科

E-mail: k356363@kansai-u.ac.jp

分かった。識別率を少し下げている理由は、被験者 B と他の被験者の足底圧力データを比較したところ、被験者 B はかかと重心の歩き方をしていることが分かった。一方で、今回使用した足圧センサーの精度はそれほど高くないため、より小さい圧力変化を検出することができない。したがって、被験者 B の足裏部分のデータのほとんどが変化しなかったためだと考えられる。

被験者 C について、「通常」ラベルの F 値は 1.00 となり、すべての場合で実際のラベルを予測できていることがわかった。「左足」ラベルと「右足」ラベルに対する F 値は、それぞれ 0.81 と 0.61 となり、これらの 2 つのラベルについての識別率は 60-80% でかなりの確率で識別できることが分かった。さらに、この分類モデルを用いれば、この実験では、バランスの取れた（通常）歩行とアンバランス（左足+右足）な歩行は、100%の精度で識別できることがわかった。

3 人の被験者データセット「被験者 A+被験者 B+被験者 C」について、「通常」ラベルの F 値は 0.91 となり、「左足」ラベルと「右足」ラベルに対する F 値は、同じ 0.71 となり、これらの 3 つのラベルについての識別率は 78%程度となり、かなりの確率で識別できることが分かった。識別率を少し下げている理由は 3 人の身長と体重、歩き方の習慣が異なることが、影響しているものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、直線歩行時の足底圧力の変化を計測して、計測した足底圧力を 78 次元の特徴ベクトルに変換して、KNN モデルを利用して、3 ラベル（「左足」に重り、「右足」に重り、「通常」）の識別を行い、その識別率を用いて識別結果の精度を評価した。識別実験は 3 名の被験者に対して実施して、各被験者での識別率を検証するとともに、3 名のデータを一緒にした場合の識別率も検証した。

本研究を通して得られた知見は以下の通りである。

- ・本研究における歩行の特徴量は 1 周期の足底圧力強度として 78 次元の特徴ベクトルで表現した。KNN モデルではパラメータ K の値が 10 を少し超えると精度が向上する傾向が確認された。
- ・被験者 A と被験者 C については、バランスの取れた歩行（通常）とアンバランスな歩行（左足+右足）の F 値が 1.00 となり、高い精度で識別可能であることがわかった。
- ・被験者 A と被験者 C については、バランスの取れた歩行（通常）とアンバランスな歩行（左足+右足）の F 値が 1.00 となり、高い精度で識別可能であることがわかった。
- ・左右の足の違いについての識別率は全員で 60~80%で、「通常」歩行の識別率よりも低くなった。これは右足基準での周期計測が原因と考えられる。

参考文献

- ・国土交通省：建設工事事故データベースのデータ公開について、https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001048.html (2024.5.1 現在)
- ・厚生労働省：令和 4 年の労働災害発生状況を公表、https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_33256.html (2024.5.1 現在)

表-1 KNN の識別結果

		適合率	再現率	F 値
被験者 A	左足	0.67	0.88	0.76
	右足	0.78	0.50	0.61
	通常	1.00	1.00	1.00
	精度			0.83
被験者 B	左足	0.73	0.68	0.70
	右足	0.76	0.64	0.70
	通常	0.66	0.85	0.74
	精度			0.71
被験者 C	左足	0.71	0.93	0.81
	右足	0.82	0.48	0.61
	通常	1.00	1.00	1.00
	精度			0.82
被験者 A+B+C	左足	0.68	0.73	0.71
	右足	0.74	0.69	0.71
	通常	0.91	0.91	0.91
	精度			0.78

「機械学習を用いた防災気象情報と IoT センサに基づく道路路面温度予測」の概説

立命館大学大学院 非会員 ○成 基昌
立命館大学 正会員 野村 泰稔
日本マルチメディア・イクイップメント 非会員 高田 守康
日本マルチメディア・イクイップメント 非会員 花坂 弘之
日本マルチメディア・イクイップメント 非会員 永井 利幸
沼田土建 非会員 戸部 浩
沼田土建 非会員 吉田 美由紀

1. 緒言

近年、大雪による被害が各地で見受けられる。除雪作業等の道路維持管理業務は現状、熟練技術者の経験則に基づき計画を策定しているため時間を要する。国土交通省から発表される防災気象情報は広域かつ、あくまで予報であるため、熟練技術者の経験則を以ってしても路面温度の予測は困難である。路面温度を高精度で予測可能になると路面凍結防止剤の最適な散布時間が明らかになり、スリップ事故等の防止に繋がる。本研究では、IoT センサを用いてピンポイントで計測した路面温度の情報から、翌日の IoT センサ設置場所の路面温度を推定する Neural Network システムの精度向上を目指す。

2. Neural Network (NN) を利用した路面温度の予測

2.1 使用データと説明変数

2021年12月1日から2022年2月4日の期間にIoT センサによって計測された路面温度のデータを使用し、NN を用いて予測を行った。群馬県利根郡みなかみ町の月夜野大橋に設置されたIoT センサから得られたデータを使用した。なお、予測モデルでの目的変数はIoT センサ設置場所の予測する日の19時から、翌日20時までの路面温度(26時間分)である。説明変数は路面温度・気温・風速・湿度を組み合わせる。各データは路面に埋設したIoT センサにより、10分に1回のペースで計測されている。予測に使用するにあたり、1時間毎に平均したものを使用した。予測する日の前日の19時から、予測する日の16時までの22時間分のデータを説明変数とした。また、国土交通省が毎日16時に公表する防災気象情報の予報路面温度、予報気温も用いて最適な説明変数の組み合わせを探索する。

2.2 学習モデル

本研究では大きく分けて2種類の学習モデルを用いた。1つが全結合型 Neural Network (FNN) である。入力層と3つの中間層と出力層の5つの層からなる。出力層は26次元固定とし、入力層と中間層は入力する説明変数の数に応じて調整している。

もう1つの学習モデルが再帰型 Neural Network である。内部に閉路を持ち時系列データに強い特徴がある。基本的な再帰型 NN である RNN, RNN には無い忘却機能を有した LSTM, LSTM の改良型で処理が速い GRU の3種類を用いた。

3. 予測結果

説明変数の組み合わせを変更した FNN モデルと再帰型モデルによる路面温度予測結果を表-1 に整理する。説明変数に路面温度のみを用いた場合でも概ね予測はできていた。一方で実測値と大きく離れた予測をしている時間帯も見受けられた。続いて、路面温度・気温・風速・湿度の4つの項目を入力した予測は、説明変数が4倍に増えたにもかかわらずかえって誤差は大きくなってしまった。この4つの説明変数の中から気温・風

キーワード 路面温度, IoT センサ, 全結合型ニューラルネットワーク, 再帰型ニューラルネットワーク
連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部環境都市工学科
E-mail: y-nomura@fc.ritsumei.ac.jp

表-1 モデル別平均二乗誤差

モデル番号	方法論	説明変数					平均二乗誤差
		路面温度	気温	湿度	風速	防災気象情報	
1	全結合型	○					6.22
2	全結合型	○	○	○	○		7.48
3	全結合型	○		○	○		7.81
4	全結合型	○	○	○			8.41
5	全結合型	○	○		○		5.90
6	全結合型	○	○		○	○	5.70
7	RNN	○					6.54
8	LSTM	○					11.63
9	GRU	○					5.74

表-2 アンサンブル前後の予測精度比較

方法論	平均二乗誤差
全結合型 (モデル 6)	2.45
GRU (モデル 9)	2.41
アンサンブル	2.03

速・湿度をそれぞれ抜いて、どのような結果が得られるのか確認した。表-1 に示すように、湿度を抜いたときのみ精度が向上した。このことから気温と風速は路面温度に影響するが、湿度は影響しないと判断できる。さらに防災気象情報を説明変数に追加すると、さらに良い結果が得られた。

再帰型モデルでの予測は、時系列データに強い性質上、説明変数の時間的つながりを切らないために、説明変数は IoT データの路面温度のみを用いる。RNN での予測は、FNN と比べて昼間の高温帯でもある程度実測値に近い温度を予測できていた。LSTM では大幅に予測精度が下がった。GRU を用いた時が再帰型モデルの中で最も精度が高かった。

最後に、FNN で最も誤差の小さかった路面温度・気温・風速・防災気象情報の組み合わせと、路面温度のみを使用した GRU の予測結果を重み付きで平均する(アンサンブル)。これまで使用していた一週間の検証期間の直後の3日間で改めて検証を行った。結果を表-2 および図-1 に示す。平均二乗誤差はアンサンブル前の両方のモデルの値より小さくなった。このことは、互いのモデルの予測精度の悪かった部分を他のモデルが補った結果と考えられる。

4. 結言

本研究では、IoT センサを用いてピンポイントで計測した路面温度の情報から、翌日の IoT センサ設置場所の路面温度を推定する Neural Network システムの構築および精度向上を試みた。得られた知見は以下の通りである。

- ・ 全結合型 NN では、路面温度・気温・風速・防災気象情報の組み合わせが最も高精度な予測を行え、再帰型 NN では、GRU を用いた時に最も高精度な予測を行えた。
- ・ 両モデルの出力を平均化することで、予測精度が向上した。

現在、複数の重点監視道路上に IoT センサを設置している。今後、これらの重点監視道路に対して予測モデルを構築し、道路ごとに説明変数を変更する必要があるか、あるいは、今回のモデルが汎用的かどうか等確認する予定である。

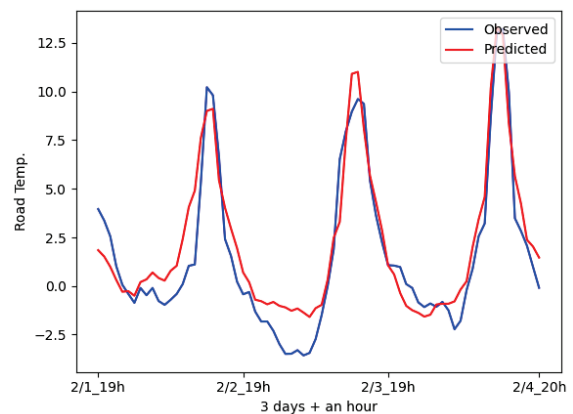


図-1 アンサンブル結果 (平均二乗誤差: 2.03)

「急傾斜地警戒区域設定のための基礎調査への深層学習の適用」の概説

関西大学	非会員	○王	天陽
関西大学	正会員	広兼	道幸
クラウドエース株式会社	非会員	谷	麗奈
中電技術コンサルタント株式会社	非会員	倉本	和正

1. はじめに

近年、気候変動による集中豪雨が増え、土砂災害が増加している。国土交通省によると、急傾斜地崩壊や土石流、地滑りが発生する可能性がある区域は全国で約 687, 000 箇所になり、その中で約 453,000 箇所が急傾斜地の崩壊のおそれがある箇所であり、特に急傾斜地警戒区域の効率的な抽出が課題である。本研究では、経験豊富な技術者が行う急傾斜地警戒区域の基礎調査における抽出作業を自動化するため、U-Net モデルを用いた深層学習によるセマンティックセグメンテーションを試みた。最適な画像サイズ、損失関数、Dropout 層の有無による精度の比較を行い、学習モデルの汎化性能の向上を目指した。

2. 学習データ

本研究では、国土地理院が提供する 5m メッシュの高精度な数値標高モデル (DEM) と、「土砂災害ポータルひろしま」の急傾斜地警戒区域データを使用し、U-Net を用いたセマンティックセグメンテーションの教師データを作成した。DEM は、地表を格子状に区切り、各セルに標高値を割り当てて地形を表現するものであり、各地域 (おおよそ 828×986 グリッド) を 256×256, 128×128, 64×64 の区画サイズに分割した。警戒区域の有無を示す画像の差分から急傾斜地のマスク画像を作成し、学習精度向上のために、マスク画像に生じたノイズをメディアンフィルタやガウシアンフィルタ、モルフォロジーフィルタで除去した。また、DEM データを各区画内の最低標高に基づき標準化する前処理を施した。

3. 学習モデルと評価指標

本研究では、学習モデルとして U-Net を使い、過学習対策として Dropout を導入した。U-Net は医用画像のセグメンテーションで高精度を誇り、スキップ接続によって正確な領域抽出が可能である。また、Dropout は学習時に出力の一部を無効化することで過学習を抑え、モデルの汎化性能を向上させる。評価指標には再現率、適合率、Dice 係数を用い、それぞれの評価を通じてモデルの精度を比較した。

4. 実験結果

U-Net を用いて各区画サイズで Dropout なし・Dropout ありのモデルで学習し、急傾斜地警戒区域を抽出した。Dropout ありにおける Dropout 率は 0.5 で設定し、損失関数を変更した 3 ケースで結果を比較した。学習回数 500 回、バッチサイズ 4、最適化アルゴリズムには Adam を使用した。

Case 1 では Dice Loss (1 - F 値) を損失関数として使用した。Case1 の評価結果を表 1 にまとめた。表 1 より、Dropout なしではサイズ 128 で最高 F 値 0.8008 が得られたが、Dropout 追加により特にサイズ 128 と 256 でテスト F 値がやや向上し、最大 0.7950 に達した。Dropout により過学習が緩和され、検証損失も安定した。さらに精度の向上を目指すためには、学習に用いるデータの選別方法などを検討していく必要がある。

Case2 では損失関数として Dice 係数と再現率の比率を 5:5 の割合で組み合わせる値を 1 から引いた値を使用した。Case2 の評価結果を表 2 にまとめた。表 2 より、区画サイズ 256 の Dropout ありモデルで最高 F 値 0.8027 が得られ、再現率も Dropout なしと比べ約 4% 高くなった。損失関数の変更により再現率が影響を受け、検証データの Loss 収束には Dropout の有無で差が確認できなかった。学習初期には再現率が高く、学習が進むにつれ適合率が上回る傾向が見られ、抽出範囲が徐々に限定される傾向が見られた。

Case 3 では、損失関数として Dice 係数と再現率の比率を 1:9 から 4:6 まで検証し、最も精度が高かった 3:7

の割合で組み合わせた値を1から引いた式を使用した。Case3の評価結果を表3にまとめた。表3より、最も高いF値は区画サイズ256のDropoutありモデルで0.8095であった。Case2のDropoutありのモデルの結果と比較すると、全ての区画サイズでCase3のDropoutありにおいて、再現率が高くなった。

表-1 Case1の評価結果

学習サイズ	Dropout なし				Dropout あり			
	データ	適合率	再現率	F 値	データ	適合率	再現率	F 値
256	Train	0.9799	0.9080	0.9405	Train	0.9459	0.8927	0.9166
	Test	0.9086	0.6780	0.7697	Test	0.9234	0.6892	0.7824
128	Train	0.9856	0.9208	0.9489	Train	0.9238	0.8790	0.8980
	Test	0.9225	0.6899	0.7805	Test	0.8574	0.7537	0.7950
64	Train	0.9752	0.9211	0.9434	Train	0.8739	0.8489	0.8567
	Test	0.8209	0.6457	0.7097	Test	0.7531	0.6580	0.6886

表-2 Case2の評価結果

学習サイズ	Dropout なし				Dropout あり			
	データ	適合率	再現率	F 値	データ	適合率	再現率	F 値
256	Train	0.9469	0.8927	0.9168	Train	0.9419	0.8885	0.9126
	Test	0.9234	0.6892	0.7830	Test	0.9078	0.7281	0.8027
128	Train	0.9857	0.9223	0.9499	Train	0.9319	0.8841	0.9043
	Test	0.9018	0.6968	0.7772	Test	0.8929	0.7203	0.7892
64	Train	0.9743	0.9218	0.9436	Train	0.8555	0.8360	0.8409
	Test	0.7994	0.6653	0.7140	Test	0.7464	0.6737	0.6954

表-3 Case3の評価結果

学習サイズ	Dropout なし				Dropout あり			
	データ	適合率	再現率	F 値	データ	適合率	再現率	F 値
256	Train	0.9867	0.9150	0.9475	Train	0.9455	0.8960	0.9185
	Test	0.9193	0.6486	0.7527	Test	0.9091	0.7371	0.8095
128	Train	0.9873	0.9194	0.9484	Train	0.9159	0.8709	0.8908
	Test	0.8968	0.7373	0.8008	Test	0.8429	0.7461	0.7866
64	Train	0.9804	0.9226	0.9466	Train	0.8477	0.8281	0.8366
	Test	0.7456	0.5541	0.6193	Test	0.7161	0.6887	0.6958

7. おわりに

本研究は、急傾斜地警戒区域の自動抽出を目的とし、U-Netを用いた画像セグメンテーションを検討した。以下が本研究によって得られた知見である。

- 区画サイズ64で作成するとデータ数は多くなるものの、他の区画サイズに比べて精度が低くなる傾向が見られた。データの作成時においては、特徴を把握するための適切な範囲を検討することが重要であることがわかった。
- 区画サイズ128、256で作成したデータにおいてDropout層を追加した学習モデルでの精度が高くなる傾向が見られた。このことより、Dropout層は精度向上に有効な手段であることがわかった。
- 損失関数に再現率の値の影響を付加することにより、再現率が高くなる傾向が見られた。このことより、リスクのある箇所を不足なく抽出するためには、損失関数に再現率の値の影響を付加することが有効であることがわかった。

参考文献

- 国土交通省白書2022, 2 気候変動によるリスクの高まり,
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r03/hakusho/r04/html/nj020100.html>
- Ronneberger O., Fischer P., Brox T.: U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, MICCAI 2015, LNCS, 9351, pp.234-241, 2015

論文部門
(リスクアセスメント・復旧・復興)

「屋外での徒歩避難における群集事故のシミュレーションによるリスクレベル推定の試み」の概説

愛知工業大学 正会員 ○中村 栄治
愛知工業大学 正会員 小池 則満

1. 研究の目的

本研究では、都市中心部の交差点周辺といった限定された小さな範囲を扱うミクロな視点に立ち、徒歩避難における群集事故のリスクを考える。このようなミクロな視点に立つ理由は、群集事故は局所的に発生する事象であり、群集の特性や流動形態と歩行経路の物理的環境条件が様々に組み合わされて起きる事象であるからである。

本研究では、群集事故を考えるうえで特徴的な組み合わせを選択してシミュレーションを行い、Fruinによる群集の移動状態を評価するサービスレベル(表-1)に基づいて群集事故のリスクレベルを算出する。本研究の目的は、従来の離散的リスクレベルに基づきながらも、連続値である新しい指標を提案することである。

表-1 FruinによるLOS分類

LOS	密度 [人/m ²]	具体例
A	0.00 - 0.31	早朝の駅, 住宅街
B	0.31 - 0.43	オフピーク時の駅, 休日のオフィス街
C	0.43 - 0.72	利用者が絶え間なく移動する駅
D	0.72 - 1.08	最も混雑した時間帯の繁華街
E	1.08 - 2.15	大量の乗客が短時間に電車から降りた駅
F	2.15 -	大規模な群集が停留した駅

2. 群集事故のリスク評価

リスクマネジメントの考え方によれば、事象の生起確率と事象が発生した場合の深刻度の組み合わせを考慮することにより、リスクを評価することができる。表-2は群集密度を表-1に示したLOSレベルをもと

表-2 密度と群集事故の深刻度の関係

区分	密度 [人/m ²]	群集事故の深刻度	LOS
d ₁	0.00 - 0.43	最小	AとB
d ₂	0.43 - 0.72	小	C
d ₃	0.72 - 1.08	中	D
d ₄	1.08 - 2.15	大	E
d ₅	2.15 -	壊滅的	F

表-3 群集事故の起こり易さの分類

区分	確率	群集事故の起こりやすさ
p ₁	0.0 - 0.2	まれにしか起きない
p ₂	0.2 - 0.4	あまり起きない
p ₃	0.4 - 0.6	起きる可能性あり
p ₄	0.6 - 0.8	起こりやすい
p ₅	0.8 - 1.0	確実に起きる

にして、各密度区分において群集事故が発生した場合の深刻度をまとめた表である。

群集の密度は時間経過に対しては、決して一定であることはなくダイナミックに変化する。表-2に示した各密度区分(d₁~d₅)に相当する密度が計測される時間の割合を確率として算出する。表-3に示すように、0.2刻みで刻んで確率を5つの区分(p₁~p₅)に分ける。

図-1に示すように、リスクマトリックスの全領域を4分割することで4レベル(レベル1:L₁, 小リスク~レベル4:L₄, 重大リスク)のリスクレベルを定義する。レベルの数字が大きいほどリスクレベルが高いことを意味する。表-2と表-3に示したとおり、密度と確率は共に5区分に分けられており、全部で25の組み合わせが考えられる。これらの組み合わせを再編して4つのリスクレベルにまとめる作業を行う。

決められた期間に渡り群集の密度を計測することにより、各密度区分(d₁~d₅)に相当する密度となる群集流が生起する確率

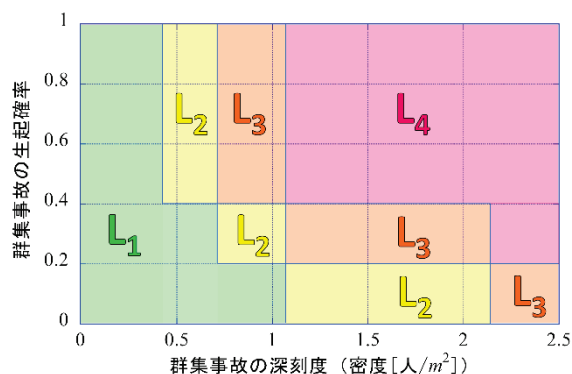


図-1 リスクレベルの定義

が算出され、リスクレベルが得られる。単一のリスクレベルだけに事象が収まる場合もあるが、実際には複数のリスクレベルに該当する事象が多いことに着目し、本研究では得られるリスクレベルが単一か複数かによらず統一的にリスクレベルを評価する目的で、式-1 に示されるリスクレベルに関する新しい指標として「リスクレベルインデックス」（略して RLI : Risk Level Index, シンボル表記は I_{RL} ）を提案する。

$$I_{RL} = \sum_{k=1}^4 P(L_k)N(L_k) \tag{1}$$

3. シミュレーション結果

群集が一方向流の場合であり、歩道の一部が液状化により波打ったりタイルが剥がれたりといった何らかのダメージを受けて減速して通行せざるを得ない領域を設定し、東京都の年齢区別の割合の人口を反映した群集に対してシミュレーションを行った結果を図-2 に示す。RLI を近似する回帰直線に注目すると、減速割合が大きくなるに従い回帰直線の傾きがより急になっていくことから、わずかでも減速が強いられるような歩道環境になればリスクレベルが急に高まることがわかる。

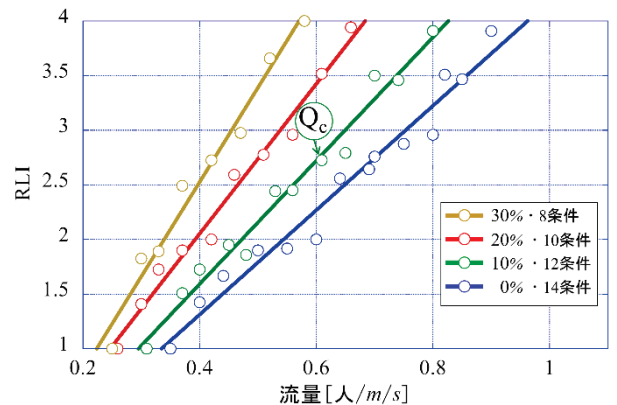


図-2 一方向流での減速の影響

図-3 は人流が向かう方向が相対する対向流の場合の結果である。ラベル $Q_d \sim Q_g$ で示した流量をある程度超えると、いずれの場合においても、対向する群集の一部が互いの行先を防ぐ形で立ち止まりが発生して滞留が形成され、後続の群集がこのエリアを通過することができなくなった（通行の停止）。つまり、人流速さが漸近的にゼロになっていき、流量もほぼゼロになる。一方、人流密度は急激に増加し、RLI が最大値の 4 に達する。つまり、ラベル $Q_d \sim Q_g$ の時点を超えて、通行が可能な状態から不能な状態になり、回帰分析の対象から除外することになった。

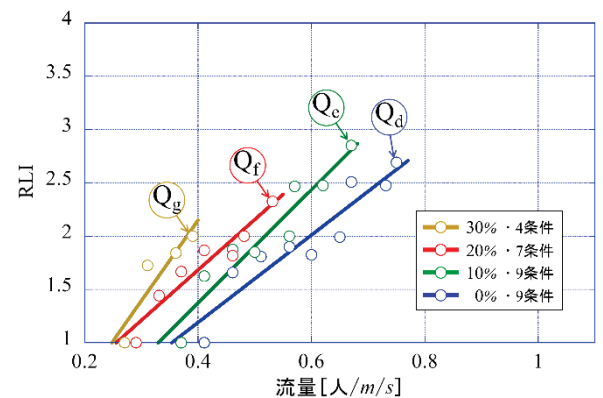


図-3 対向流での減速の影響

4. まとめ

本研究においては、離散値であるリスクレベルを改善することで連続値の指標であるリスクレベルインデックス (RLI) を提案した。この指標により、異なる複数のリスクレベルに該当する事象を統一的に扱うことが可能になった。異なる流動状態と物理環境状態にある群集のリスクレベルを、「点」としてではなく RLI の回帰直線を使って比較して評価することができた。

歩道が何らかの物理的ダメージを受けて群集が減速して歩行せざるを得ない場合には、群集の流動状態の種類によらず、減速の必要がない平時と比べると、RLI の値が上昇することを明らかにした。また、減速の割合に応じて RLI の値も高くなることがわかった。群集の流動状態に着目すると、一方向流と他の 3 つの流動形態（対向流、交差流、交錯流）を、人流流量に対する RLI の関係を回帰分析で比べた場合、違いがあることがわかった。それら 3 つの流動形態においては、RLI の値が 2.5~3 前後になると、衝突する人流同志が互いに進路先を塞ぐことにより急激に滞留が発生して、群集の通行ができなくなる状態に陥ることがわかった。通行停止状況になると、ごく短時間に人流密度が上昇して極めて危険な状況になり、深刻な群集事故が発生すると考えられる。このことを踏まえると、大規模地震時での徒歩避難者対策として、できる限り人流の衝突を避けるような人流の制御が望まれる。例えば、歩道幅の狭い場所では人流の一方通行化が考えられる。

「機能共鳴分析手法 (FRAM) に Synesis (統合) の概念を用いた 建設業におけるリスクアセスメントの提案」の概説

香川大学 学生会員 ○友時 照俊
香川大学 正会員 井面 仁志
香川大学 正会員 高橋 亨輔

1. はじめに

本研究では、人と組織による行動だけではリスクが見えにくい、生産体制における安全の管理の分析手法として、Synesisの4要素を基に、安全・品質・原価・工程を統合した安全分析によりリスクを検出する手法を提案する。

2. FRAM および Synesis の概念

FRAMはHollnagelが2012年に提案した安全の分析手法である。社会技術システムにおける人と組織のパフォーマンスの変動を観察し、変動が共鳴して事故・災害になる予兆を捉えることで、安全の分析とリスクの予測を行い、災害を防止する対処法を明らかにする手法である。

Synesis(統合)は産業の生産管理において、これまで分断化された品質(Quality)・安全(Safety)・生産性(Productivity)・信頼性(Reliability)の統合により、分断化された安全管理だけでは安全が守れなくなった事態から安全の確保を回復する概念である。

3. Synesis を用いた FRAM による リスクアセスメント

従来のFRAMによるリスクアセスメント¹⁾では、変動の同定に、人間と組織におけるパフォーマンスに影響を与える共通行動条件(CPC)を用いてきた。本研究で提案するSynesisを用いたFRAMによるリスクアセスメントでは、変動の同定にCPCに代わり、品質・原価・工程・安全の影響を用いる。それらの管理のバランスが崩れたとき、その影響による弱点をカバーするために他の管理要素がストレスを受けることで変動が発生することが考えられる。従来の分析は、特定の作業を対象にした分析であり、建設工事における個別工事のリスクアセスメントに適している。今回の品質・原価・工程・安全を用いた分析は、建設工事の生産システム全体を対象とする安全分析に適している。

4. Synesis を用いた FRAM による リスクアセスメント

分析モデル

表-1の上部の分析表では、ステップごとの分析内容と評価の記号及び数値の表(I~VII)を示す。

[I:機能と側面の色分け]:Synesisを用いたFRAM分析で用いる $Q_U \cdot C_S \cdot D_E \cdot S_A \cdot P_D \cdot R_L$ の色分け示す。

[II:機能の変動の可能性]:機能の種類による変動の大きさの指標化を示す表である。

[III: $Q_U \cdot C_S \cdot D_E \cdot S_A$ による変動への影響]: $Q_U \cdot C_S \cdot D_E \cdot S_A$ による変動の大きさの指標化を示す表である。

[IV:潜在的な変動の大きさ]:潜在的な変動の大きさの指標化を示す表である。潜在的な変動の大きさは、ステップ2の評価表のII・IIIの積により求まる。

[V:機能の結合による変動の大きさ]:時間と正確さにより、変動の大きさを示す表である。

[VI:想定外の変動の大きさ]:想定外の変動の大きさの指標化を示す表である。

[VII:制御・対処・対応策]:ステップ4の対応策及びその内容の項目を示す表である。

図-1はFRAMの出力図に、安全・品質・原価・工程による、潜在的変動・想定外の変動・対策の実施内容と必要なレジリエンス能力を吹き出しで表示した。

5. Synesis を用いた FRAM による リスクアセスメント の結果の考察

Synesisを用いたFRAMにより、安全上のリスクは安全管理以外の品質・原価・工程における管理の影響によっても発生することがFRAM分析表及びFRAM図によって可視化された。従来のFRAMは安全管理が主な目的であるが、Synesisを用いたFRAMは建設業の現場の生産管理全体の安全を対象にした手法であるといえる。

参考文献

- 1) 友時, 他3名:建設工事の安全管理に用いられるリスクアセスメントに関するFRAMにおける半定量化手法の提案, 土木学会論文集, Vol.79, No.24, 2023.

表-1 Synesis を用いた FRAM によるリスクアセスメント分析モデル

ステップ1: 機能の同定		ステップ2: 変動の同定										ステップ3: 変動の集約					ステップ4: 制御・対処													
(正常な状態を表す) 6つの側面		3つの機能			Q _U ・C _S ・D _E ・S _A による変動に与える影響					潜在的な変動		機能の結合による変動		想定外の変動		変更管理														
機能 (F)	Q _U C _S D _E S _A P _D R _L 分類	Q _U ・C _S ・D _E ・S _A 分類 (色付け)						(選択)	①	a	②	b	③	c	④	d	⑤	⑥	⑦	e	f	⑧	g	⑨	⑩	⑪	h	i		
		入力 (I)	前提条件 (P)	資源 (R)	制御 (C)	時間 (T)	出力 (O)	技術的	人間的	組織的	機能の変動の可能性	品質の観点	aによる影響	コスト・原価の観点	bによる影響	工程・時間の観点	cによる影響	安全の観点	dによる影響	②*③*④*⑤	①*⑥	起こる可能性のある変動 変動の大きさの指標	時間の観点	fによる影響	正確さの観点	gによる影響	⑧*⑨	⑦*⑩	機能の結合により共鳴し 増幅された変動の予測 変動の大きさの指標	対応策の型
表符号		I						II														V						VI		VII

[I : 機能と側面の色分け]

Synesisの項目	色付け
Q _U Quality 品質	青色
C _S Cost コスト, 原価	赤色
D _E Delivery 工程	灰色
S _A Safety 安全	緑色
P _D Productivity 生産性	黄色
R _L Reliability 信頼性	紫色

[II : 機能の変動の可能性①]

3つの機能	変動の要因の頻度	変動の可能性		
技術的機能	(内的)殆どない, 既知	低い	小	1.0
	(外的)保守, 誤用	低い	大	2.0
人間的機能	非常に多い	周波数大 振幅大	大	2.0
組織的機能	多い	周波数小 振幅大	中	1.5

[VI : 想定外の変動の大きさ⑩ h]

⑧	⑨	⑩	⑪	⑩の範囲	h
時間	正確さ	⑧*⑨	⑦*⑩	⑩ < 4.0	変動の大きさ
0.5	0.5	0.25	0.02	⑩ < 4.0	微小
1.0	1.0	1.0	1.0	4.0 ≤ ⑩ < 8.0	小
1.0	1.0	1.0	7.6	8.0 ≤ ⑩ < 16.0	中
2.0	2.0	4.0	128	16.0 ≤ ⑩	大

[III : QCDSによる変動への影響②③④⑤]

機能の出力の変動に与える影響の指標				変動の大きさの変化	
Q _U :品質	C _S :コスト, 原価	D _E :工程, 時間	S _A :安全	○ 減少する	0.5
正確	予算内	早すぎる	安全	○ 減少する	0.5
受容可能	受容可能	オンタイム	受容可能	○ 変化なし	1.0
不正確	予算オーバー	遅すぎる	不安全	▲ 増大する	1.5
欠落	欠落	欠落	危険	× 異常に大になる	2.0
該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	— 該当なし	—

[V : 機能の結合による変動の大きさ⑥⑨]

上流の出力の変動	符合	下流機能の側面への影響		
		I:入力	T:時間	R:資源
早すぎる	TE (too early)	[V1] 2.0	[V1] 2.0	[V0] 1.0
	OT (on time)	[V1] 0.5	[V1] 0.5	[V1] 0.5
遅すぎる	TL (too late)	[V1] 2.0	[V1] 2.0	[V1] 2.0
	OM (omission)	[V1] 2.0	[V1] 2.0	[V1] 2.0
不正確	IP (imprecise)	[V1] 2.0	[V1] 2.0	[V1] 2.0
	AC (acceptable)	[V0] 1.0	[V0] 1.0	[V0] 1.0
正確	PR (precise)	[V1] 0.5	[V1] 0.5	[V1] 0.5

[VII : 制御・対処・対応策 i]

対応策	詳細	考えられる方策の例
1 除去	排除	作業の停止、指示に従わない作業者の入場禁止措置
2	人間	訓練、教育、適正配置
3 再設計	技術	施工方法の変更 (無足場工法)
4	組織	安全文化、コミュニケーション
5	物理的バリア	施工方法の変更 (ブロック解体、手すり先行工法)
6 防止	機能的バリア	作業主任者による監視
7	シンボルによるバリア	警告、警報装置、サイン、シンボル
8	無形のバリア	ルール、安全方針
9 監視	オンライン (直観)	安全帯使用の監視
10	オフライン (非直観)	試験、検査、事象報告
11	自動的	安全ネットの設置
12 防備	管理的	業者の選別

[IV : 潜在的な変動の大きさ⑦ e]

項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑦の範囲	e
指標値	3機能	品質	安全	原価	工程	②*③ ④*⑤ ⑥*⑦	①*⑥	⑦ < 3.0	小
最小値	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	⑦ < 3.0	小
中間値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0 ≤ ⑦ < 6.0	中
最大値	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	16.0	32.0	6.0 ≤ ⑦ < 10.0	大

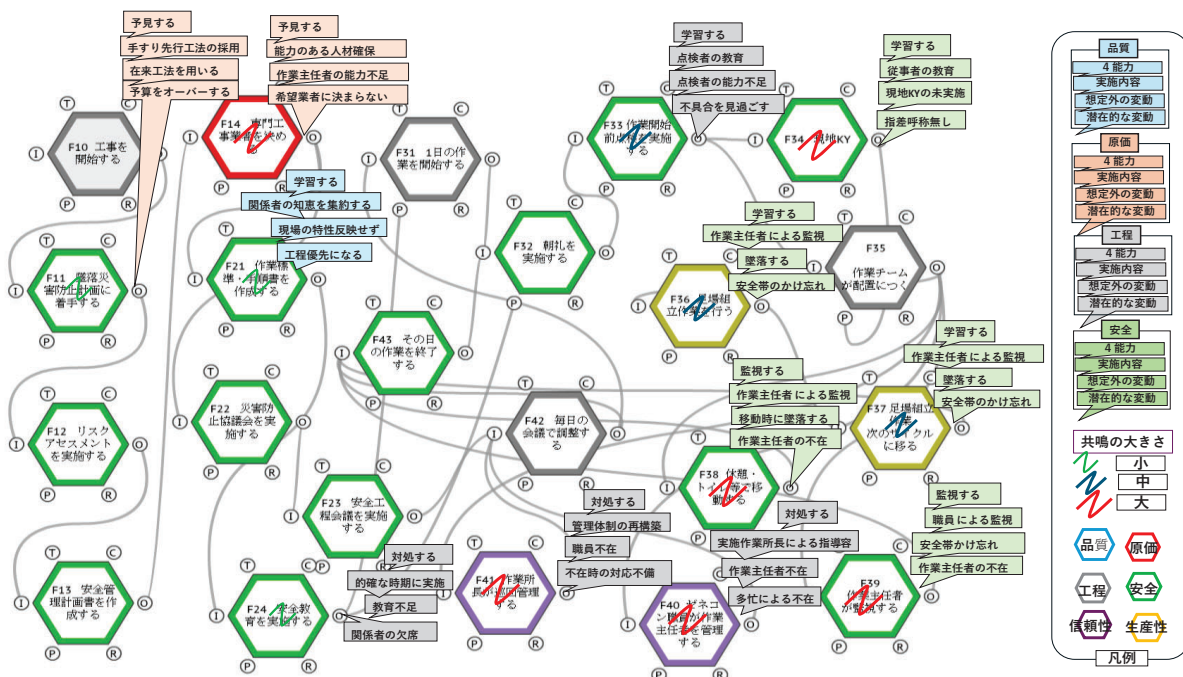


図-1 事例分析: Synesis を用いた FRAM による足場組立におけるリスクアセスメント分析図

「復興事業の早期完了実現を目的とした工事担当者の意思決定モデルの構築について」の概説

北陸先端科学技術大学院大学 正会員 ○福田 勝仁
北陸先端科学技術大学院大学 正会員 郷右近 英臣
北陸先端科学技術大学院大学 池田 満

1. はじめに

東北地方沿岸部は、東日本大震災の津波により大規模な被害を受け、居住地を高台移転する大規模な事業となった。しかし、この事業においては多くの人的資源を必要とする。また、同時期に他地域でも同規模の事業が計画されていた。そのため、人的資源不足、工事の長期化、それに伴う人口流出が懸念された。この状況下で、宮城県女川町の震災復興事業では他地域に比べて早期に復旧完了を実現している。この事業の工事担当者がどのような意思決定を行い、早期完了を実現したのかを知ることは、今後の復旧・復興には重要な知見である。本研究では復旧工事に従事した工事担当者へのインタビュー調査を行い、帰納的アプローチに基づいて調査結果をカテゴリに分類し、ツリー構造とすることで意思決定プロセスを可視化し、新たな意思決定支援モデルを開発した。

2. 研究の目的

これまでの災害事例研究では、災害復旧工事・真摯復興事業を早期に完了するための課題やそれに対応するハード・ソフトにおける対策等の研究がなされているが、津波で甚大な被害を受けた災害復旧工事や震災復興事業は一般の建設工事と異なり、不確定要素が多いことと、長期間にわたる事業のため常に状況が変化することから不確実性も高い。

本研究では、不確定要素が多い災害復旧工事や震災復興事業に従事する工事担当者が、マイルストーンを決められた期日で達成するために解決しなければならない課題を抽出し、それらに直面したときに、どのようにして乗り越えてきたのかについて明らかにする。

3. 本研究対象の震災復興事業の概要

本研究の対象事業である女川町震災復興事業は210haの中心市街地と南北に30km離れる14地区の漁村集落を、高台に移転させる防災集団移転促進事業に該当する大規模な事業であり、被災した住民の生活や経済活動を1日でも早く再建することが切望されており、事業の早期完了が求められていた。そのため、事業を早期に着手して、早期に「まちびらき」を実現することに向けて、事業全体の工程を短縮することが必須であった。

4. 調査・分析手法

本研究では、工事に従事した担当者にインタビュー調査を実施して調査結果を分析する質的データ分析手法を採用している。この手法は一般的に社会科学分野で用いられている手法であり、インタビュー調査結果(質的データ)を体系的に分析することを目的としている。図-1に調査・分析フローを示す。

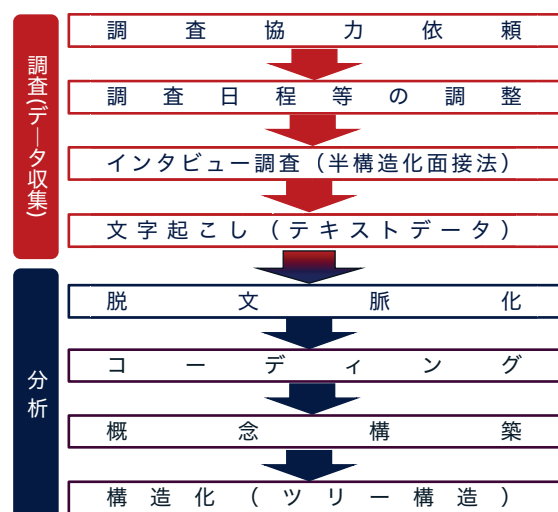


図-1 調査・分析フロー図

キーワード 意思決定, 震災復興事業, 早期完了, 質的データ分析, 社会科学的アプローチ, 定性的評価
連絡先 〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1 先端科学技術研究科
E-mail: katsuhito.fukuta@jaist.ac.jp

5. インタビュー調査

インタビュー調査手法は通常のあらかじめ設定した質問の回答を求めるアンケートや設定した質問のみの回答を求める構造化面接法ではなく、インタビュー中に必要に応じてドローアップの質問や1つの質問をきっかけにして、新たな興味や疑問によって柔軟に質問を加えて深掘りしてすすめることができる「半構造化面接法」を採用した。

6. 分析手法

本研究では、インタビュー調査結果によって得られたデータから、各々の工事担当者が経験した事例や、事実等から共通事項を探索して、包括的な概念の形で表し、結論を導き出すことに最適である「帰納法」で分析した。具体的には、脱文脈化（切片化）された複数の物事や事実のデータのうち、共通する情報をコーディングし、話題となるテーマごとに分類する。それらのなかから、本対象事業を早期完了の実

現の原因となった工事担当者の意思決定プロセスに関するデータを抽出・結合し、ツリー構造の概念モデルを構築した。図-2 に工事担当者の意思決定支援モデルを示す。

7. 考察

本研究で構築した意思決定支援モデルは、意思決定を行う場面で、妨げる要因・原因を列挙し、具体的な要因や原因に至るまでのノウハウを構造化している。この構造化したモデルから得られる新しい知見は、復興事業において工事担当者が迅速な意思決定を求められる場面に直面した際に、蓄積されたノウハウが意思決定支援を促進できる点に特徴がある。

8. おわりに

本研究の成果が、今後の災害復旧工事・震災復興事業の早期完了の一助となれば幸いである。

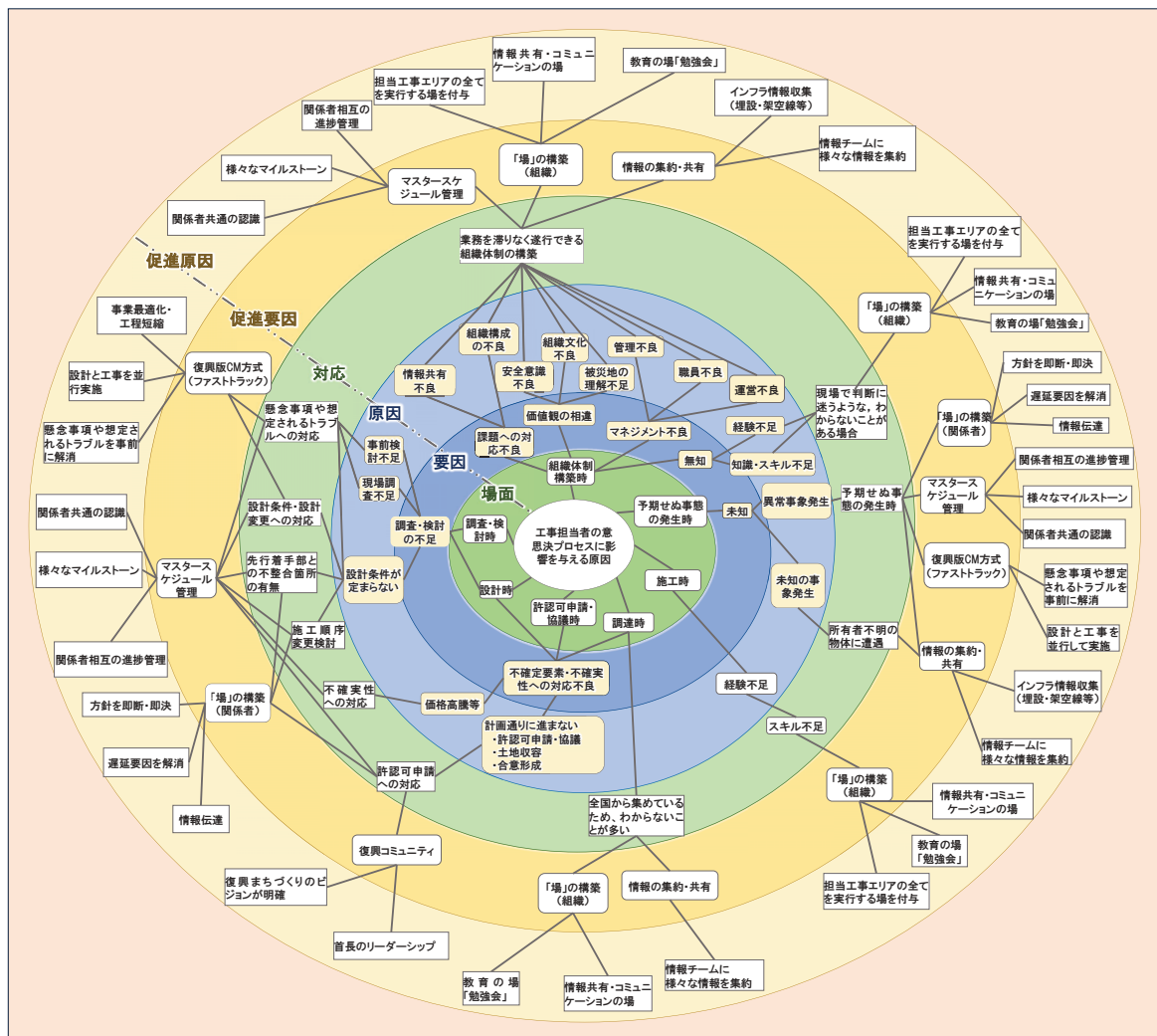


図-2 工事担当者の意思決定支援モデル

論文部門
(事業継続計画・安全情報)

「災害発生後の認定こども園の保育継続における課題—令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号により被災した茨城県取手市の認定こども園の事例から—」の概説

東京未来大学 非会員 ○西村実穂
徳島大学 正会員 中野 晋

1. はじめに

台風・豪雨による災害が頻発する昨今において、毎年多くの保育施設が被災している。保育施設が災害から復旧するためには、保育施設周辺の災害リスクの把握とそれに対応した保育継続計画の策定が重要である。本稿では、令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号により被災した茨城県取手市の認定こども園を事例として、内外水氾濫解析により保育施設周辺の浸水状況を把握する。加えて、被災した認定こども園および被災施設の応急保育に協力した施設に対するインタビュー調査を通して、保育継続時の課題を明らかにすることを目的とする。

2. 令和5年梅雨前線による大雨について

令和5年6月1日から3日午前中にかけて本州付近に停滞した梅雨前線により生じた豪雨災害である。この豪雨の影響により、茨城県取手市では、局所的な内水氾濫が起り、560件以上の床上・床下浸水被害が発生した^{注1)}。その被害の9割は取手市内の双葉地区に集中しており、今回の調査対象である認定こども園(I-1園)も双葉地区に位置している。

3. 内外水氾濫解析

保育施設における避難を想定した場合、施設周辺の浸水過程を把握することは施設の避難確保計画作成の

ために極めて有用である。そこで、内外水氾濫シミュレーションを実施し、園周辺の浸水過程について考察した。その結果、最大浸水深は、I-1園で0.80~0.95mとなった(図-1)。後述するインタビュー調査では、認定こども園内は床上0.5m(園舎の床高0.4m)、認定こども園裏の倉庫は1.0m程度の浸水があったとの証言があり、インタビュー結果と概ね一致する解析結果となっている。計算結果および住民の証言から小貝川、谷田川からの氾濫による浸水は発生していないことが確認され、双葉地区の浸水は2つの排水路からの溢水と水田側から大量に流入したことが主な原因と考えられる。

4. インタビュー調査

令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号により床上浸水以上の被害を受けたのは、茨城県取手市内の認定こども園1園(I-1園)のみであった。そこで、I-1園及び代替保育施設となった保育所2ヶ所(I-2園、I-3園)、幼稚園1ヶ所(I-4園)に対して調査協力の依頼を行い、各施設の施設長に対してインタビュー調査を行った。子どもの受け入れ先となる施設の使用に際しては自治体保育担当課の助力が大きかったため、自治体保育担当課についてもインタビュー調査を行った。保育施設の位置を図-3、

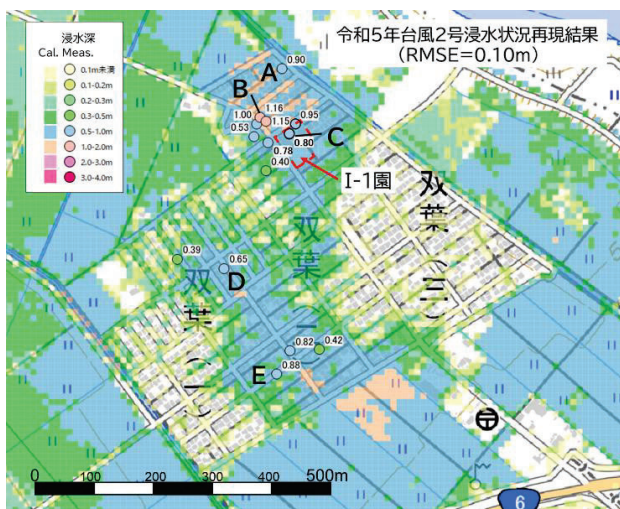


図-1 浸水痕跡値と最大浸水深(計算値)との比較



図-3 被災園と受け入れ園の位置

キーワード heavy rain disaster, nursery school, certified child centers, childcare continuity
連絡先 〒120-0023 東京都足立区千住曙町 34-12 東京未来大学こども心理学部
E-mail: nishimura-miho@tokyomirai.jp

表-1 被災施設と受け入れ施設の概要

施設名	I-1園 (被災した園)	I-2園 (受け入れ園)	I-3園 (受け入れ園)	I-4園 (受け入れ園)
施設種別	私立認定こども園	公立保育所	公立保育所	公立幼稚園
園児数	110名	81名	108名	18名
1号認定	53名	-	-	18名
2, 3号認定	57名	81名	108名	-
職員数	24名	26名	60名	8名
利用児の 保育の必要性	1, 2, 3号認定	2, 3号認定	2, 3号認定	1号認定
施設の被害	あり	なし	なし	なし
職員の被害	なし	なし	1名	なし
I-1園との距離	-	車で5分	車で3分	車で5分
受け入れ期間	-	6/6-6/30	6/6-9/30	6/8-6/23

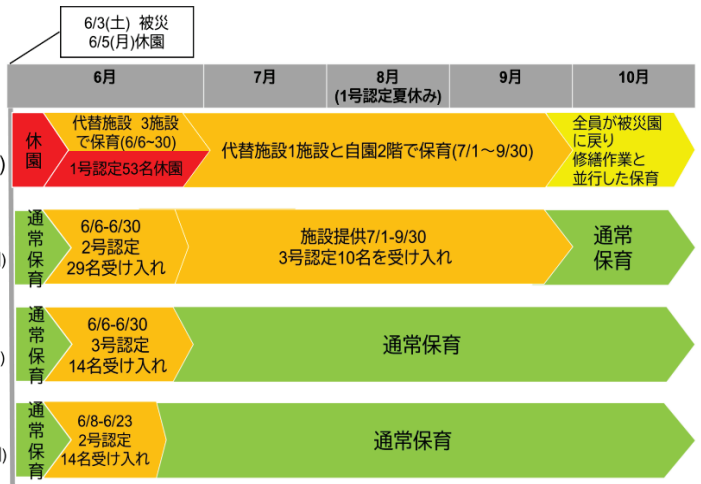


図-4 被災園と受け入れ園の対応

保育施設の概要を表-1に示す。

I-1 園では2023年6月3日0時ごろから園舎内への浸水が始まり、園庭、園舎、園外の倉庫全てが浸水した。園舎内は最も高いところで床上0.5m、園外の倉庫は床上1mの浸水があった。園舎1階の保育室すべてと保育室にあった教材、エアコンや床暖房の設備、パソコン(中にあったデータ含む)が浸水し使用できなくなった。I-2園、I-3園、I-4園の3園には被害がなかった。

被災から2日後の6月5日には3施設に分散して保育を行うことを決定し、自治体保育担当課からI-2園、I-3園の園長に園児の受け入れ準備をしてもらうように依頼し、約4ヶ月にわたり、分散保育が行われた(図-4)。受け入れ先となった3園ともが、I-1園の子ども専用の部屋を用意したこと、利用児数が3ヶ所に分散したことから、狭さを感じることはなかったが、トイレや体育館をゆずりあって使用するというように、配慮が必要となった。

保護者が就労している2号認定、3号認定の子どもの受け入れを優先し、1号認定の子ども53名は保育環境が整うまで一旦休園してもらった。結果的に、1号認定の子どもは6月30日までと約1ヶ月間休園が続いた。

受け入れ側の施設に対するインタビューからは、ケガや病気発生時の対応、給食提供の負担、施設の使用に関する制限が生じたこと、保護者への対応に関する戸惑いがあったと考えられた。

5. まとめ

氾濫解析の結果から、I-1園北西側の水田地帯から浸水が始まると、2~3時間程度で園外への避難が困難となる可能性があることが確かめられた。保育中に浸水する可能性がある場合には、早期に園外への避難を決定すること、避難のタイミングを逸してしまった場合にも対応できるように、園に留まることを想定した物

資の備えをすることが必要である。

被災園は、代替施設を確保して3ヶ所での分散保育を4ヶ月にわたって行っていた。周辺地域の被害が大きく、系列施設を持たないI-1園にとっては代替施設の確保が最大の課題となった。全園児を収容できる施設がなく、3ヶ所に分散することになったが、復旧作業と並行して保育を行ったことにより、保育者の人手不足が生じていた。さらに、保育ニーズの高い子どもは優先的に登園できたが、保護者が就労していない子どもは1ヶ月間登園できない状況が続き、同じ施設に通う子どものなかでも差が生じていた。また、受け入れ側の施設の視点からは、ケガや病気発生時の対応についての懸念や、給食提供、施設の使用に関する制限が生じるなど、保育に影響が生じていた様子が見えてきた。

保育継続における課題として、被災後の保育再開のための代替施設を確保する想定で保育継続計画を策定することや代替施設となりうる園と協体制づくりを行うことが必要である。また、その際には代替施設利用時に想定される問題について、被災園と受け入れ側の施設の間で、保育開始前にあらかじめ対応方針を共有しておくことが望ましい。

NOTES

注1) 取手市: 令和5年梅雨前線による大雨及び台風2号による災害の検証結果報告, (2024年6月16日閲覧)。

付記: 本研究は JSPS 科研費 23K02267 の助成を受けたものです。

謝辞: ご多忙の中、調査にご協力いただきました幼稚園、保育所の先生方、茨城県取手市子育て支援課のみなさま、また被災地域の状況を詳しくご教示くださいました「双葉水害減災を目指す会」の皆様にも厚く御礼申し上げます。

「兵庫県内の浄水施設の BCP 策定の現状と課題及び自然災害被災リスクの検証」の概説

神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 ○宇野 宏司
メタウォーター株式会社 山本 亮介

1. はじめに

水道事業は生活に欠かせないライフライン事業であり、安全な水の安定供給を維持していく持続性が確保されなければならない。そのためには災害時の早期復旧が必要であり、BCP（事業継続計画）等の事前対策の推進が不可欠である。本研究では、兵庫県における水道事業に着目し、特に安全な水を日々供給している浄水場に焦点を当て、アンケート調査や GIS による空間情報解析の結果から今後の自然災害が浄水場にもたらす影響と課題や水道事業の BCP の必要性、自然災害の被災リスクについて検討した。

2. 研究方法

本研究では、兵庫県内の 41 市町のうち、32 市町と 2 社の水道企業団が保有・管轄する 268 箇所の浄水場を調査対象とし、事業継続計画 (BCP) に関するアンケート調査と各種自然災害被災リスク検証の空間情報解析を行った。同県は日本海側と太平洋側で異なる地域性を有することが知られており、こうした地域性による違いを見るために、旧五国（摂津・播磨・丹波・但馬・淡路）地域ごとに集計することとした。各地域の浄水場の空間分布を図-1 に示す。

事業継続計画 (BCP) に関するアンケート調査は、2023 年 9 月下旬、12 月下旬の 2 回にわたり各浄水場及び各水道事業体に対し実施した。なお、無人運営の浄水場等の住所が不明な浄水場については、各自治体の担当窓口宛てに調査票を郵送し、浄水場ごとに回答頂いた。回答は質問票に記入の上返送していただくか、QR コードから直接入力いただくかの 2 択によった。質問項目を表-1 に示す。本稿では、このうち施設の老朽化具合、想定される自然災害リスク、BCP の策定状況、管轄浄水場間や他機関との協力関係等について整理した。

一方、兵庫県の浄水場の各種自然災害被災リスクを検証するため、フリーソフト QGIS (ver3.32.3) を用いて、空間情報解析を行った。本解析では、まず、アンケート調査で回答が得られた浄水場の住所リストから、ジオコーディングによって緯度経度情報を取得し、ポイントデータとして GIS 上に表示した。この際、廃止・運営休止となっている浄水場や位置情報が不明な浄水場については除外したため、空間情報解析の対象浄水場の数は 160 箇所となった。その上に、国土数値情報の各種災害防災情報データ（土砂災害警戒区域、洪水浸水想定区域、津波浸水想定区域、高潮浸水想定区域）や地形分類図等を重ね合わせ、QGIS の交差機能を用いて、各種災害ハザードや地形区分等を抽出した。また地形分類図を用いて、浄水場の立地特性を把握した。本解析では浄水場が各種ハザードと重なったときを被災リスク「あり」、重ならなかったときを被災リス

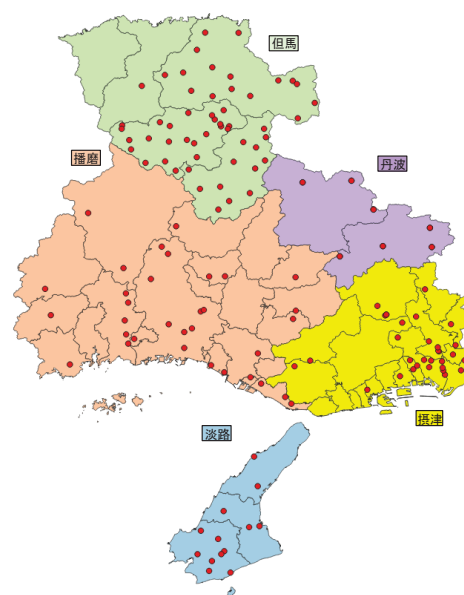


図-1 空間解析対象の浄水場の空間分布

表-1 アンケート調査の質問項目

質問項目	内容
浄水場の基本情報	所在地・管轄水道事業体
	給水区域
	運営方法
浄水場の老朽化	建設年・施設内の老朽箇所
災害リスク	懸念される災害・被災履歴
自然災害に対する事前対策	BCP等の緊急時対策マニュアルの有無・その内管轄浄水場間や他機関との協力関係

キーワード 浄水施設, BCP, アンケート調査, 空間情報解析

連絡先 〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町 8-3 神戸市立工業高等専門学校都市工学科

E-mail: uno@kobe-kosen.ac.jp

ク「なし」と評価した。なお、地震については、防災科学技術研究所の地震ハザードステーションが提供する確率論的地震動予測地図（今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率）から、地震に対する浄水場の危険性を把握した。

3. 結果と考察

図-2に各浄水場のBCP策定の状況についての回答結果を示す。最も多かったのは「(理由は不明だが)取り入れていない」であり、次いで「必要なので取り入れている」であった。「取り入れていない」と回答した浄水場の約半数は、事前対策が「必要」とあるという認識にも関わらず、対策の導入に至っていない。地域別にみると、阪神地域で8割、淡路地域で10割の策定率を誇っている。両地域は1995年の兵庫県南部地震でライフラインが壊滅的な被害を受けたこともあり、水道の事業継続計画にいち早く取り組んできたことがあらわれているものと思われる。

事前対策が「必要」とあるという認識にも関わらず、対策の導入に至っていない理由としては図-3に示すとおり、「コスト面」や「職員不足」が挙げられた。

図-4に各種自然災害の被災リスクの有無について示す。兵庫県内30箇所の浄水場で何らかの自然災害に被災するリスクがあると判定された。この数は県全体の浄水場の約2割に相当し、被災リスクの低い場所に立地されていることがわかる。地域別にみると、摂津地域での被災リスクが高く、地域内の半数以上の浄水場が被災リスクを有する結果となった。

4. まとめ

アンケート調査から、約半数の浄水場で対策が進められていない現状が明らかになり、対策が進まないボトルネックとなる主な事項は、職員不足とコスト面の予算確保であることがわかった。一方、空間情報解析の結果からは、各種自然災害で被災する危険性のある浄水場は兵庫県全域の約2割にとどまることが明らかとなった。本研究は、兵庫県の浄水施設を対象に検証を進めたが、一つの県内においても地域によって事業の進捗に差が見られ、地域スケールで検証することの意味を示すことができた。また、空間情報解析の結果から明らかなように、地形区分を把握することがある程度のリスク認識につながることから、他の自治体のハザードマップ未整備地域にも適用することで簡便にリスクを把握することができると考えている。

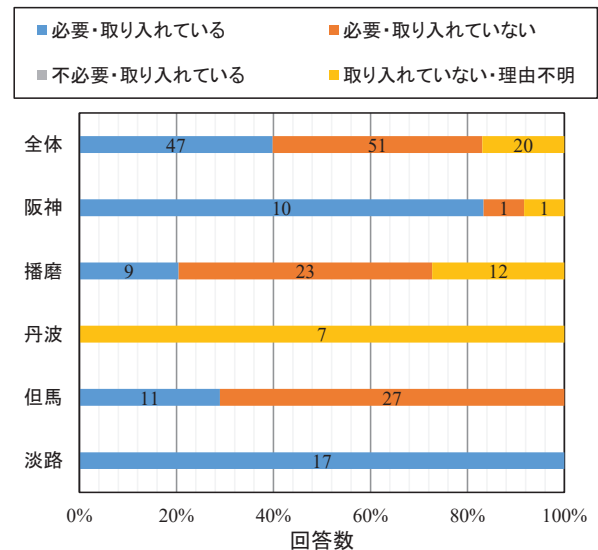


図-2 各浄水場のBCP策定の状況

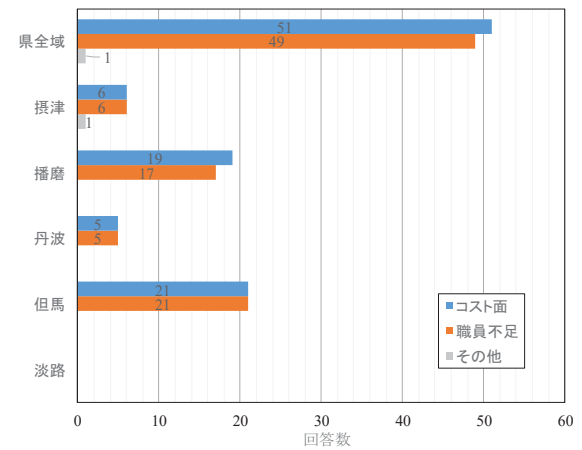


図-3 BCP策定のボトルネックとなる事項

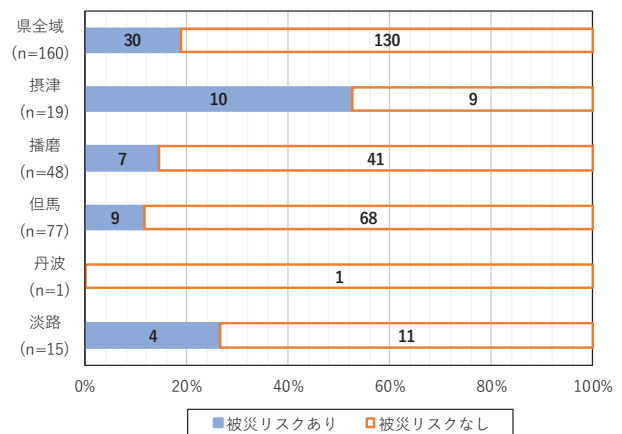


図-4 各種自然災害の被災リスクの有無

「デジタル技術を活用した国土強靱化における安全で円滑な交通流確保に向けた一考察」の概説

一般財団法人 災害科学研究所 正会員 ○原田 紹臣
一般財団法人 VR 推進協議会 正会員 武井 千雅子

1. はじめに

我が国では、令和5年6月に「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」（平成25年法律第95号）の一部が改訂され、各強靱化に向けた様々な取組が予定されている。その際、新たに「デジタル等新技術の活用による国土強靱化施策の高度化」が求められており、既存データやメタバースなどを有効に活用した更なるデジタル技術を用いた強靱化が期待されている。また、「災害時における事業継続性確保を始めとした官民連携強化」において、安全で円滑な交通流の確保は重要な課題であると考えられる。

本研究では、デジタル技術を活用したソフト対策としての交通分野における国土強靱化に向けて、先ず、各降雨強度の定義に対する理解に関して、仮想空間（VR）を用いた被験者に対するアンケートヒアリングにより新たに検証する。次に、防災体験施設に設置された降雨実験装置を用いて、被験者に対して、降雨とともに新たに風速の変化を考慮した体験を踏まえたアンケートヒアリングにより、これらの複合的な影響について検証する。さらに、BIM/CIMとして構築された道路三次元モデルを用いた走行シミュレーションにより、降雨強度やその他環境条件の違いが運転速度に与える影響について検証し、降雨時における運転速度のあり方等に関して考察する。以降に、検討結果の一部について示す。

2. 降雨等の条件の違いが運転に与える影響検討

安全で円滑な高規格道路等における交通流確保に向けて、詳細な環境条件の変化を考慮し、これらの環境条件の違いが車両運転者に与える影響について新たに把握するため、実験時における被験者の安全性や実験条件の再現性を考慮して、本研究では、BIM/CIMとして道路設計時に構築された道路三次元



図-1 VRによる降雨等が運転に与える影響検討例

（仮想空間）モデルを活用して、被験者を対象にした走行シミュレーションにより検証した。なお、運転者の視覚的検討としての被験者の視認性に着眼している。その際、被験者については、任意に抽出された第一種運転免許証の保有者（3名、30～70歳、運転経験者）とする。また、汎用性のある走行シミュレーション装置（運転装置：ハンドル、アクセル、ブレーキ）^{1),2)}と、視認性を高めるためのメタバース・ゴーグル（360度全方位：可視化）³⁾を用いて、図-1に示す仮想空間内で表現した内部景観（運転席からの景観）を視認した走行実験（約3分/条件）を通じて、被験者（運転者）が走行時にアクセルやブレーキにより制御された走行速度情報（ログ）の記録保存により、それぞれの条件における運転（走行）可能速度 V_{min} （最小速度；平均）を分析している。

対象とした高規格道路（国道自動車専用道路、高速自動車国道の2路線）の道路規格条件等の路線概要を表-1に示す。なお、道路線形や交通流に影響を与えると想定される設計速度については、それぞれ、60 km/hと120 km/hと顕著に異なる条件としている。なお、これらの路線（ただし、1種）の対象区間においては、平面および縦断曲線の変化、側道からの合流部、橋梁や法面を有する一般的な中山間地における高規格道路とした。また、環境条件の違いが運転に与える影響として、本検討においては、気象条件と走行条件の違いについて着眼している（表-2）。そこで、

表-1 道路規格条件

	Road 1	Road 2
道路規格	第1種, 第4級 国道自動車専用道路	第1種, 第1級 高速自動車国道
設計速度 V_0	60 km/h	120 km/h
最高速度 $V_{0\max}$	60 km/h	100 km/h
車線数	4車線	6車線

表-2 検討条件

項目	範囲	
気象条件	降雨強度 R	約0, 20, 50 mm/h
	日照(時刻) B	13:00, 21:00(9月, 関西)
	風速 v	0, 25 m/s(向かい風)
	運転速度	-(変化:計測)
走行条件	車種(車高) h	普通自動車(1.7 m) トラック(3.2 m)
	他車両混入 N	無, 有(単独運転, 1000台/h)

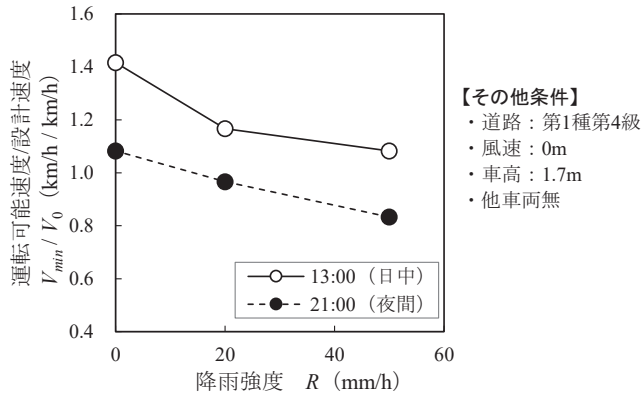


図-2 降雨及び日照条件の違いが運転可能速度に与える影響

表-3 因子分析結果

	α	β	γ	δ	ϵ	ϵ
数値	-0.005	-0.0065	0.084	0.0025	-0.0015	1.02

表-2に示すとおり, それぞれ, 日照, 風速有無, 他車両の混入有無(単独通行, 他車両混入有: ただし, 1000 台/h)としている。

検討結果の一例として, 日照(運転時刻)条件の違いが, 降雨強度と運転可能速度との関係に与える影響を図-2に示す。なお, 運転可能速度については, 得られた運転可能速度(最低速度) V_{min} を設計速度 V_0 で除して無次元化として表現している。また, その他の条件として, Road 1(表-1)を対象に, 風速(0 m/s: 無し), 普通自動車(車高: 1.7m), 他車両混入無(単独通行)としている。図-2に示すとおり, 日中(13:00)の無降雨の場合, 設計速度 V_0 の1.4倍(84 km/h)程度で走行しており, 豪雨時(20mm/h: どしゃ降り)

の場合においても, 設計速度 V_0 に対して, 1.1倍程度の速度で走行が可能である結果であった。一方, 夜間(21:00: ただし, 夜間照明有り)の場合, 運転可能速度 V_{min}/V_0 が1を下回る危険な状態であることが示唆された。この要因の一つとして, 平面曲線部において, 特に顕著な速度低下の変化が見られたことにより, 線形条件の違いが夜間運転時の視認性に影響を与えたものと考えられる。

さらに, これらの結果等を用いた因子分析により得られた環境条件(気象条件や走行条件: 表-2)を考慮した降雨時における車両運転の規制速度 V_L は,

$$V_L = (R \cdot \alpha + v \cdot \beta + h \cdot \gamma + B \cdot \delta + V_0 \cdot \epsilon + \epsilon) \cdot V_0 \quad (1)$$

である。ここに, R は降雨強度(mm/h), v は風速(m/s), h は車高(m), B は照度(ただし, 日中: 100, 夜間: 0), $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \epsilon$ は係数(表-3)である。ここで, 式(1)の再現性(相関係数 r)は0.95である。今後, 更なる検証が望まれる。

3. おわりに

本研究では, 降雨時における道路通行における安全運転の確保及び高度化に向けて, BIM/CIMモデルを活用した走行シミュレーションを用いた降雨等の環境条件の違いが運転速度に与える影響について検証した。走行シミュレーションでの検証によると, 降雨強度や風速, 車高, 日照等の違いが走行(運転可能速度)に影響を与えることが示唆された。今後, 更なる検証が望まれる。

参考文献

- 1) 原田紹臣, 武井千雅子: 風力発電事業の推進に向けたBIM/CIMの有効活用, 土木学会論文集, Vol. 80, No. 22, ID: 23-22021, 2024
- 2) 葉 誠, 原口哲之理, 青木宏文, 田中貴紘: 大型5面立体視ドライビングシミュレータによる人間自動車系の研究, 自動車技術会論文集, pp. 789-794, 2015.
- 3) 古瀬弘康: Oculus VR社開発者会議「Oculus Connect 2」参加報告, 映像情報メディア学会誌, Vol. 70, No. 3, pp. 298-306, 2016.

論文部門
(地域防災)

「木曾川周辺地域における災害伝承と住民意識との関係

—愛知県一宮市起地区・朝日地区を事例に—の概説

岐阜大学 非会員 ○橋本 操
愛知工業大学 正会員 小池 則満
名古屋市長稲葉地小学校 非会員 佐藤 野々花

1. はじめに

近年の自然災害に対し、過去の自然災害による経験から被災を免れた事例が多々見られることから、2021年6月より国土地理院では自然災害伝承碑の地図記号が新しく地形図等に標記されるようになった。

自然災害伝承碑を扱った先行研究には、災害と関連する水神などの神社等の祭神や伝承碑の立地特性や地域の災害との関連性について調べた研究、災害伝承や災害文化を教材として用いた防災教育に関する研究、津波に関する災害伝承碑の役割と地域住民の防災意識への影響に関する研究等がある。こうした先行研究ではすでに登録されている自然災害伝承碑が扱われているが、全国にはまだ登録されていない過去の自然災害に関する碑がたくさんあり、現在登録が進められている。そのため、本稿では、現在自然災害伝承碑に登録されたものも、これから登録されるものも含めて「自然災害伝承碑(以下、伝承碑)」として扱うこととする。

また、災害伝承には、伝承碑に見られるような過去に実際にあった自然災害の記録や経験だけでなく、地域に残された災害に対する教訓や言い伝え、災害を蛇や龍などに例えた民話(昔話や伝説)など様々なものが含まれる。これらは①当該地域において起こりうる自然災害を示唆したハザードとしての役割を有しているもの、②自然災害から免れるセーフティ(安全装置)を示す役割を担っているものに大別することができる¹⁾。先行研究には、民話から当時の人々の防災意識を読み解こうとする試み²⁾や、全国の洪水常襲地域に残る言い伝えや災害伝承を分類し、それらの特徴について地域特性との関連性や構成要素から整理した研究³⁾などがある。こうした民話等

の災害伝承は、地域の災害へのハザードやセーフティとしての役割を担っているものの、これらの民話が残る地域の高齢化や世代交代により、それらが継承されなくなっており、その意味が伝わらなくなっていることが考えられる。とりわけ、民話のような災害伝承が口伝で継承されている地域と伝承碑として見える形で継承されている地域では、地域の災害のハザードやセーフティとしての民話の継承方法が異なっており、地域住民の防災意識に与える影響に差が生じる可能性がある。

以上を踏まえ、本研究は、木曾川周辺地域である愛知県一宮市起地区および朝日地区を事例に、地域に残る民話としての災害伝承が地域住民の災害に対する意識や災害への備えに与える影響や課題について明らかにすることを目的とする。

2. 対象地域と研究方法

愛知県一宮市起地区(10町内会310世帯)、朝日地区(4町内会341世帯)を対象地域として選定した(図-1)。

まず一宮市総合政策部危機管理課、一宮市博物館の学芸員、尾西歴史資料館の学芸員へハザードマップや災害の歴史等に関する資料収集や聞き取り調査を実施した。次いで、一宮市役所の資料より、起地区(310世帯)、朝日地区(341世帯)に洪水災害への意識と災害伝承に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査票と返信封筒は、ポスティング形式で配布し、郵送により回収した(アンケート調査期間:2021年10月18日~10月31日)。起地区は310世帯に配布し、107世帯から回収(回収率34.5%)、朝日地区は341世帯に配布し、98世帯から回収(回収率28.7%)した。そして、アンケート調査結果より、

キーワード 災害伝承, 自然災害伝承碑, 住民意識, 洪水, 木曾川
連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学教育学部
E-mail: hashimoto.misao.h5@f.gifu-u.ac.jp

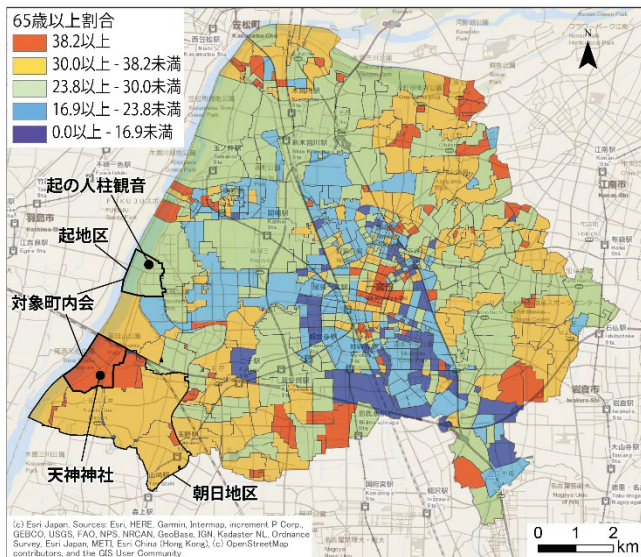


図-1 一宮市の65歳以上人口割合と対象地域

(2020年国勢調査より作成)

各地区の洪水に関する災害伝承と防災意識との関係について分析することで、地域防災の現状と災害伝承が地域住民の災害意識へ与える影響や課題を考察した。

3. 結果および考察

本研究より、災害伝承が地域住民の災害意識や災害への備えに与える影響や課題について、以下の点が明らかとなった。

(a) 本稿の対象地域である民話が伝承碑のように形として見られる起地区とそうではない朝日地区において、被災経験の有無に関わらず、居住地域に対し洪水災害の危険があると考える住民は半数を満たしていなかった。このことから、民話の有形、無形に関わらず、災害に対する意識には差がなく、洪水災害の対策はあまり実施されていないことが示された。これは、大きな洪水災害から60年経過しており、堤防が整備されているため、洪水に対し意識が薄れていることが考えられる。

(b) 朝日地区のように水害に関する民話といった伝承のみが残っている地域に比べ、起地区のように災害伝承に関わる伝承碑が残っている地域の方が、地域住民に災害伝承が認知されていた。さらには、地域住民だけでなくその周辺地域にも災害伝承が伝わっていることがわかった。また、災害伝承への興味が高いの方が、災害に対する意識も高くなることがアンケートのクロス集計から示された。これは、災害伝承があった場合、伝承碑のように見える形になっている方が地域住民に認知されやすく、ハザードと

してのメッセージが強くなるためと考えられる。ただし、災害伝承が伝承碑のように形で表されている地域でも、地域住民の災害への備えは十分とは言えなかった。具体的な教訓を地域住民の災害への備えに結び付けるには、別のアプローチが必要であることが指摘できる。

(c) 地域の災害伝承の継承は、学校での防災教育での期待が高い。防災教育では、災害伝承を導入として使用し、災害のメカニズムや災害の歴史、災害対策、と併用した活用が重要である。また、災害伝承は、地域学習や地域の災害の歴史を知る動機付けとして意義があると言える。

4. おわりに

本研究では、木曾川周辺地域である愛知県一宮市起地区および朝日地区を事例に、地域に残る民話としての災害伝承が地域住民の災害に対する意識や災害への備えに与える影響や課題について明らかにした。

全国的に地域が高齢化や世代交代をしていく中、民話のような災害伝承を知る人が減少していくため、いかにハザードとしての役割を担う民話のような災害伝承を継承していくか、その方法が求められているといえよう。この点において、本研究は、民話のような災害伝承を伝承碑のように何らかの形に「見える化」することも災害伝承を継承するための一つの工夫であることを示すことができたと考えられる。しかしながら、民話のような災害伝承が伝承碑のように形で表れている地域であっても、そのハザードとしての意味が実際の災害への備えと結び付かなければ意味がない。民話に見られる具体的な教訓を地域住民の災害への備えに結び付けるには、別のアプローチが必要であることが指摘できる。

5. 文献

- 1) 小川日南, 藤井基貴: 災害伝承と防災教育 (1) —静岡市における民話「沼のばあさん」を事例として—, 静岡大学教育実践総合センター紀要, 34 巻, pp.56-64, 2024.
- 2) 野本寛一: 自然災害と民俗, pp.1-272, 森話社, 2013.
- 3) 飯塚智哉, 畔柳昭雄, 菅原遼: 洪水常襲地域に見られる災害文化としての言い伝え・災害伝承に関する調査研究, 都市計画論文集 53 巻 2 号, pp.108-115, 2018.

「広域避難カルテを活用した意識変容に効果的な要素の検討～大阪府摂津市鳥飼北小校区における事例を通じて～」の概説

香川大学 正会員 ○竹之内 健介
前香川大学 非会員 亀井 春希

1. 背景および目的

気候変動による影響により、全国的に大雨や短時間強雨の発生頻度も増加している。そのような中で、一市町村の中で住民の避難を完結することが困難となる場合を想定した浸水しない市町村等への行政界を越えた避難（以下、広域避難）の議論が必要とされている。しかし、低頻度かつ行政界を越えた広域避難の議論や事例はまだ十分ではなく、行政だけでなく、住民も参加した議論が求められている。

本研究では、後述の「広域避難カルテ」を作成し、広域避難が必要とされる大阪府摂津市鳥飼北小校区の住民を対象に、広域避難の理解や議論の促進を目的として、広域避難カルテを利用したワークショップを実施した。その中で広域避難に対する考え方の変化に関するアンケート調査を行い、住民の意識変容に効果的な要素を検討し、広域避難の現状と住民の広域避難に対する意識変容を図る上で広域避難カルテがどのような役割を果たしうるか整理した。

2. 研究方法

広域避難カルテは、広域避難の具体的な方法を検討するために作成したものであり、図-1に示すように、(1)事前意識（情報確認前）、(2)リスク情報（情報内容確認）、(3)事後意識（情報確認後）の3つのステップで構成される。この3つのステップを通して自分に合った広域避難を考えることを目的としている。本研究では、広域避難カルテの各項目について、大阪府摂津市の鳥飼北小校区（2024年4月末時点：人口7,836名、3,885世帯）を対象にワークショップを実施し（2023年12月9日9～11時、鳥飼北小校区の住民26名が参加）、これらのステップ間での違いやその要因について分析を行った。また併せて、設問A「住民のリスクと認識」、設問B「広域避難カルテの項目評価」、設問C「今後の取り組み」の3つの設問で構成されるアンケート調査を実施した。

あなたの広域避難カルテ

- (1) まずあなたがこれまで考えていた淀川や安威川があふれたときの周りの様子や避難方法を、(1)に書いてください。
- (2) 書き終えたら、実際にどうなるのか、水害に関する情報を確かめて、(2)に書いてください。
- (3) 最後に、確かめた結果を踏まえて、もう一度自分にあった避難方法を考え、(3)および⑦に書いてください。

	(1)	(2)	(3)
①家の周りの浸水深・浸水継続時間	日 m 時間	日 m 時間	
②避難する（具体的な避難先）・しない ※「しない」と答えた方は、(2)に進んでください。	する（避難先:） しない		する（避難先:） しない
③避難先の浸水深・浸水継続時間	日 m 時間	日 m 時間	日 m 時間
④避難先までの交通手段 ※利用するものすべてを選択	車・バス・電車・徒歩 その他（ ）		車・バス・電車・徒歩 その他（ ）
⑤避難先までに要する時間	時間	時間	（想定） 時間
⑥避難のタイミング（いつ避難するか具体的に）			
⑦おねがい会員は「いつ何をお願いしたいか」、まかせて会員は「いつまでなら、どんな支援ができるか」、他の方は「広域避難時のわが家の注意点」を書いてください。			

図-1 広域避難カルテの記入用紙

キーワード 広域避難，避難カルテ，住民意識，効果的要因
連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20 香川大学創造工学部防災危機管理コース
E-mail: takenouchi.kensuke@kagawa-u.ac.jp

3. 結果

まず広域避難カルテの結果について、確認する。家の周りの浸水深について、(1)事前意識と(2)リスク情報を比較すると、洪水リスクが高い地域にもかかわらず、リスク認識に大きな差が確認され、差の平均は約+2.5mとなった。同様に、家の周りの浸水継続時間についても、差の平均値は、約+9.5日となった。避難意向については、(1)事前意識において「避難しない」と回答した割合も19%であったが、(3)事後意識においては、回答者全員が避難する意向に変化していた。また避難先については、(1)事前意識と(3)事後意識の間で「変化あり」(52%)、「変化なし」(48%)という結果となり、避難先に変化があった参加者のうち、80%が市内から市外へと変化していた。その際の交通手段は、(1)事前意識と(3)事後意識で、徒歩が減少し、自動車や電車が増加するなど、参加者の57%に交通手段の変化が見られた。

次にアンケート調査の結果について、確認する。設問 A-1「これまで広域避難について考えたことがありましたか？」という設問に対して、81%の参加者が広域避難を知っている状況である一方、具体的に広域避難について考えている人は31%に留まった。また設問 A-2「これまで、もし巨大台風が大阪に接近するとしたら、あなたやご家族はいつの段階で避難(家の上階も含む)しようと考えていましたか？」という設問については、直前に避難する参加者が半数を占めた。一方で、設問 A-3「今日のワークショップに参加して、広域避難をしなければいけないと思いましたが？」という設問に対して、96%の参加者が肯定的な回答し、設問 A-4「今後、もし巨大台風が大阪に接近するとしたら、あなたやご家族はいつの段階で避難(家の上階も含む)しようと考えますか？」においても、早期避難に変化した割合が58%、変化なしが42%であり、1日以上前と回答した割合も20%増加した。設問 B-1「広域避難カルテの項目で、自分の考えと実際との間に最も違いを感じたものはどれですか？」という設問に対し、「避難先までに要する時間」(46%)、「家の周りの浸水継続時間」(31%)と、時間に関する印象が大きく異なっていたことが確認された。設問 B-2「広域避難カルテの項目で、広域避難をしなければいけないと最も考えさせられたものはどれですか？」という設問においても、「家の周りの浸水継続時間」(46%)、「避難先までの交通手段」(19%)と、設問 B-1 同様、時間に関する要因が大きな影響を与えていた。設問 B-4「広域避難カルテの項目以外で広域避難をしなければいけないと思うとしたら、どのようなことが考えられますか？」という設問については、「家に備えている食糧、備蓄品の量」(32%)、「電気や水道などの停止」(25%)、「公共交通機関の運休や道路の通行止め」(18%)など、食糧やライフラインの事など日常生活への影響から広域避難の必要性を感じている参加者が多かった。また設問 C-1「広域避難を地域で進める上で、どのような人が関わる必要がありますか？」という設問に対する結果からは、幅広いさまざまなステークホルダーが参加することが求められていることが確認された。

これらの結果から広域避難カルテにおける「避難の有無」、「避難先」、「避難先までの交通手段」ならびに「広域避難に関する意識」、「避難タイミング」の変化を示す傾向の特徴が整理された。

4. 考察

広域避難においては、洪水リスクに対して、浸水深や浸水継続時間などによる自然科学要因に加え、避難先までに要する時間や避難体制などによる社会的要因による影響も大きく受ける。リスクや対応に対する意識や認知・行動の部分について、広域避難の特徴に着目した上で分析結果を整理し、広域避難の意識と行動のモデル化を行った。広域避難カルテが特に時間に関する要因が影響し、災害リスクや広域避難への意識における現状の矛盾を解消し、広域避難の意識変容のための役割を果たしうることを示した。

5. まとめ

広域避難カルテのように、自身のこれまでの広域避難に対する考えと適切な知識や情報を比較しながら広域避難について検討することは、住民の広域避難に対する意識変容につながる可能性が確認された。特に、時間に関する要素は意識変容に効果的であると考えられる。今後、実効性のある広域避難を目指す意味でも、住民や事業者など多様な主体の参加や意見を踏まえた広域避難のあり方や展開を引き続き模索していきたい。

「被災宿泊施設を避難所として活用した令和2年7月豪雨での応急補修関連事業に関する考察」の概説

徳島大学大学院 学生会員 ○大西 晶

徳島大学環境防災研究センター 正会員 湯浅 恭史

徳島大学環境防災研究センター 正会員 上月 康則

徳島大学環境防災研究センター 正会員 松重 摩耶

徳島大学環境防災研究センター 正会員 山中 亮一

1. 緒論

2016年の熊本地震では、災害関連死が直接死の約4倍に上り、避難環境の改善が課題となった。首都直下型地震や南海トラフ地震などの大規模災害時には想定以上の避難所が必要となることや感染症対策も含めて避難所の有り様の変化について指摘される中、2023年の「災害救助事務取扱要領」では、長期避難や避難所不足に備えてホテルや旅館を避難所として活用する方針が示され、事業者や自治体との事前調整が推奨されるに至っている。2020年7月に発生した令和2年7月豪雨では、熊本県人吉市で多くの住民が被災し、コロナ禍のため3密を避けることが求められた。そこで熊本県は、2014年に宿泊施設の属する団体（以下、団体と示す）との間で締結した「災害時における要配慮者等への宿泊施設提供事業」に基づき、宿泊施設を避難所として活用することを試みた。しかし、多くの施設が被災により利用できず、熊本県と人吉市は、営業停止中の宿泊施設に公費で応急補修を施し、避難所として借り上げて被災者を受入れた。本研究では、応急補修を行った宿泊施設の避難所利用事例について全体像を把握し、行政、宿泊施設、被災者の視点から課題と利点や宿泊施設が避難所として災害復興にどのように貢献できるか、また今後必要な対策等について考察を行った。

2. 調査方法

本調査では、「令和2年7月豪雨」や「応急補修」、「避難所」等をキーワードとしてGoogleでのweb検索を行った。行政機関への調査では、熊本県土木部建築住宅局、健康福祉部、人吉市福祉課を対象とし、電話やメールで応急補修事業の詳細を確認した。宿泊施設に対するヒアリングでは、応急補修を受けた4施設のうち3施設に対して現地調査を実施し、防災準備や被災者受入れの状況を把握した。また、避難者1名へのヒアリングも行い、当時の避難環境について確認したが、その他の被災者に関しては、個人情報保護のため調査対象者の協力は限定的となり、文献や宿泊施設からのヒアリング情報等により補完した。

3. 結果調査

(1) 応急補修関連事業の全体像

熊本県では、災害後に内閣府の提案に基づき、被災した宿泊施設の応急補修後に避難所として活用する取り組みを開始した。熊本県と関係団体が協力して宿泊施設の被災状況と受け入れ意向の調査を

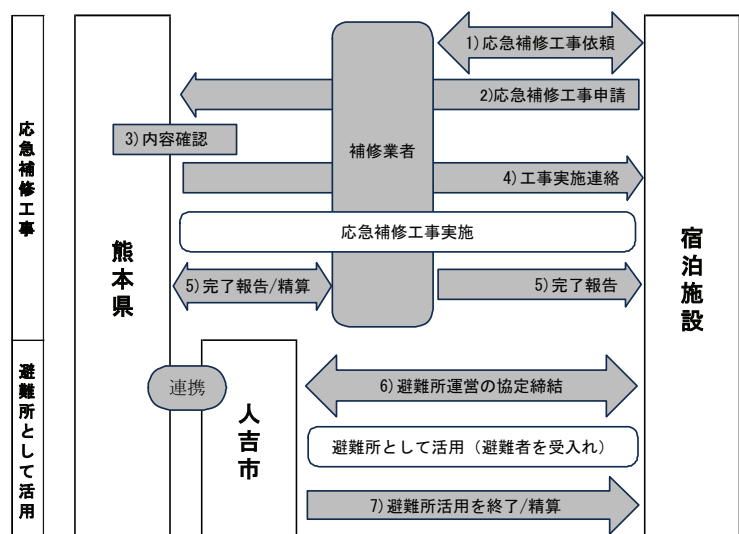


図-1 宿泊施設の避難所活用のための全体スキーム

キーワード 令和2年7月豪雨、宿泊避難所、応急補修、協定
 連絡先 〒770-8502 徳島県南常三島1丁目1番地 徳島大学大学院
 E-mail: akira.oonishi@puebloamigo.jp

実施し、4施設が応急補修と被災者受け入れに合意した。被災者の受け入れについては、人吉市が避難所の要配慮者等を対象に一定期間内に住まいの再建が見込まれるなどの条件に基づき選定を実施した（図-1）。その結果、約1ヶ月半の応急補修工事を経て、約4ヶ月間で延べ2,289世帯、4,356人の避難者が利用していた。

(2) 各視点からの評価

行政機関は、公費による支援や複数の行政機関による連携、快適な環境を提供できたことを評価したが、団体の非加盟施設は応急補修の対象外となったことや受け入れまでの手続きの煩雑さ、受け入れまでの時間経過等が課題として指摘された。宿泊施設からは、応急補修が宿泊事業の早期再建に貢献したと評価されたが、被災者に対する3食の食事提供や24時間対応などの人的負担に関する意見が出された。また利用被災者は、個室利用によるプライバシー確保や食事提供を評価する一方で、高齢者にとっては個室化による孤立やバリアフリーではないことへの課題等が示された。

4. 考察

(1) 協力宿泊施設の確保

被災地域内で宿泊施設を活用することは、被災者が元の職場や学校に通えるなど利点が多く、地域経済や観光復興にも貢献できる。しかし、災害時の協定に関する認知度が宿泊業界において低く、行政や団体は勉強会を定期的に行うなど協定の認知度を高めて主体的に支援活動に向き合っていく必要がある。

(2) 支援体制の整備と手続きの簡略化

応急補修や受け入れ準備には複数の行政機関が関わり、手続きが煩雑で時間を要する現状がある。当事例では受け入れまでに3ヶ月の期間を要したが、意向調査など事前に手続きを簡素化することは可能と思われる。

(3) 宿泊施設と被災者ニーズとの適切なマッチング

個室利用により配慮を要する高齢者に活用されにくいといった事態が起こっていたことから、被災者のニーズに合わせた施設の確保や協定内容の見直しが必要と思われる。

(4) 宿泊施設への物的・人的支援の充実

当事例では、補修対象となった施設が小規模の家族経営であったため、受け入れ側の人的な負担が大きく、今後は最低限の物品支援や食事提供の外部委託などが検討されるべきである。能登半島地震での避難所対応のように、外部支援を活用することで宿泊施設の負担を軽減し、より寄り添った支援体制の整備が必要とされる。

5. 結論

当事例は、公費による応急補修後に被災者を宿泊施設で受け入れた全国初の事例であり、文献・資料調査やヒアリングを通じて行政機関、宿泊施設、被災者の視点による利点と課題を整理することができた。長期化した避難生活の支援という目的において利用率は想定より低い結果となったが、避難者に対して良好な避難環境の提供や宿泊施設の早期事業再建に寄与したことが明らかとなった。今後の宿泊施設の避難所としての活用においては、災害救助法の適用により公費により行政が広域に連携することが被災地支援において必須であり、被災者受け入れの選定や宿泊施設との調整など具体的な支援の仕組みづくりや手続きの簡略化など、事前準備の重要性が示された。特に、宿泊施設が応急補修関連事業を利用し、被災者を受け入れ、宿泊施設としての事業を再建・継続できることは、長期的な視点からも地域の早期復興につながるため有効な施策であると考えられることから、行政や団体はこれらの活動や効果について広く周知することが重要である。

参考文献

1) 松川杏寧, 高岡誠子, 木作尚子, 柴野将行, 有吉恭子: 避難生活の質の向上に関する基礎研究-避難所運営経験者へのインタビュー調査から-, 地域安全学会論文集, No.41, pp.107-117, 2022.

安全問題討論会' 24 論文要旨 資料集

発行日:2024 年 12 月 2 日

編集者:公益社団法人 土木学会 安全問題討論会 実行小委員会

委員長 山中憲行

幹事長 高橋亨輔

発行所:公益社団法人 土木学会

〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目 外濠公園内

電話 03-3355-3559 FAX03-5379-0125

©土木学会 2024