

社会福祉施設における BCP 策定に向けた 群衆シミュレーションの応用可能性に関する検討

久保 栞¹・金井 純子²・磯打 千雅子³

¹正会員 香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 特命講師 (〒760-8521 香川県高松市幸町 1-1)

E-mail: kubo.shiori.a6@kagawa-u.ac.jp (Corresponding Author)

²正会員 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 講師 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島 2-1)

E-mail: junko.kanai@tokushima-u.ac.jp

³正会員 香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 特命准教授 (〒760-8521 香川県高松市幸町 1-1)

E-mail: isouchi.chikako@kagawa-u.ac.jp

社会福祉施設における事業継続計画 (BCP) の策定に際し、職員参集の基準を明確に定めることは、利用者および職員の安全を確保する上で重要である。しかし、従来のハザードマップを使用して、災害時の具体的なシナリオを時系列的に想像し、計画を策定することは困難である。本研究では、河川の氾濫による浸水を想定し、BCP 策定のための群衆シミュレーションを実施した。本シミュレーションにより、各地域に居住する職員が、安全に施設へ移動できる時間帯や経路を把握することが可能となった。これにより、BCP 策定、特に職員参集の最適なタイミングや方法をより具体的に計画するための新たなアプローチとしての可能性が示唆された。今後、社会福祉施設において、本研究成果を活用した BCP 策定に関するワークショップを実施し、その有用性を評価する。

Key Words: Business Continuity Plan (BCP), crowd simulation, flooding of river, emergency gathering, social welfare facilities, multi-agent system.

1. 緒言

頻発する大規模災害に対応するため、多くの企業や団体は、事業の早期復旧および継続を目的として、事業継続計画 (以降、BCP とする。) を策定している。このうち、介護施設・事業所では、感染症や災害が発生した場合であっても、安定したサービスが継続的に提供される体制を構築するため、令和 3 年度介護報酬改定により、介護施設・事業所における BCP の策定が義務付けられた¹⁾。義務化にあたり、令和 2 年には、BCP の作成や継続的な検討・修正のため、厚生労働省より、介護施設・事業所における自然災害発生時の業務継続ガイドライン²⁾が公表され、多くの施設・事業所がガイドラインに沿った BCP の策定を行っている。令和 4 年に公開された感染症対策や業務継続に向けた事業者の取組等に係る調査研究事業報告書³⁾では、訪問介護、通所介護、介護老人福祉施設、介護老人保健施設等、全国の福祉施設を対象に、感染症や自然災害の BCP 策定状況やその他の対策

の実施状況に関するアンケート調査を行っている。この調査により、感染症対策・自然災害対策のための「研修を行っている」と回答した施設は 81.7% に上り、他の取組に比べて顕著に高い割合を示している。また、各対策の実施状況については、「自然災害発生時に事業所・施設全体を統括する意思決定者、各業務の担当者を決めている」が 73.7%、「自然災害発生時に備え、事業所・施設内外の関係者の連絡先を整理し、連絡手順を決めている」が 70.2% と、いずれも高い実施率となっている。しかし、「自然災害発生時に、事業所・施設内における職員確保や業務の優先順位などの対処方法を決めている」は 41.2% と低く、具体的な行動やその内容の詳細まで決められていないことが伺える。また、自然災害 BCP を策定した事業所・施設において、策定時に苦勞した点として、「経験していないことを想像しながら策定すること」が 51.5%、「自然災害や BCP について理解すること」が 29.4%、「自然災害や BCP に関する情報や資料の入手」が 29.1% となっており、災害時の被災状況や、その影響

に関する具体的な情報・資料の不足が、災害による被害の程度や事業の中断時の状況について、詳細に想像することを難しくしていることが示唆される。なお、検討すべき自然災害は、地震や津波、豪雨などと多岐にわたり、それらの資料を入手し、各施設の状況に応じて検討することは困難であることが推測される。災害時には、施設が被災することも想定すべきであるが、入居型施設における入居者対応や、デイスサービス、ショートステイを利用している利用者への安否確認のために職員の参集や各住宅への移動が必要となるため、施設外の状況についても把握する必要がある。上述した介護施設・事業所における自然災害発生時の業務継続ガイドラインや、全国老人福祉施設協議会が公表している BCP のひな形資料においても、職員の参集基準に関する項目が設けられているものの、震度などで行動パターンを区分しているに留まっており、具体性に欠ける。平成 28 年熊本地震において、福祉避難所を開設した特別養護老人ホームでは、職員の自宅が被災したことにより、出勤不可能となり、施設内において人手不足となる事例も多数存在した⁴⁾。また、令和 2 年 7 月豪雨時、同県の特別養護老人ホームにおいても人手不足となり、自宅が被災している中、施設へかけつける職員もいたとの報告がある⁵⁾。金井らによると、国土交通省水管理・国土保全局の「要配慮者利用施設における避難確保計画の作成・活用の手引き」⁶⁾において、職員らの緊急参集の基準に関し、具体的な説明がないことから、「安全が確保できる早い段階」を把握するためには、気象情報や行政が発令する避難情報に加え、河川の水位情報等を活用した独自の基準づくりが重要であるとしている⁷⁾。本研究で対象としている施設においても、自宅から施設までの経路が被災により寸断・閉塞している可能性や、施設までの道中で被災する可能性があることを鑑みると、発災後の職員参集の可否、および応じる場合の行動やそのタイミング、移動経路については、被災状況をふまえ、時系列に沿った、より具体的な検討が必要であると考えられる。

時系列的な防災行動を考えるために、これまで避難時の行動を再現したシミュレーションが行われてきた。有川らは、津波シミュレーションの連成可能な避難シミュレータを開発し、効率的な避難が可能な施設整備方針について考察を行っている⁸⁾。また、後藤らは、個別要素法型粒子コードを基に、群衆避難行動シミュレータを構築し、津波避難階段を対象とした検討を実施している⁹⁾。このように、建物内外における群衆の避難シミュレータは多く開発されているものの、BCP 策定・改良時の活用を想定したシミュレーションは行われていない。災害種別ごとに指定されている指定避難場所とは違い、どのような災害が発生した場合であっても、職員は施設へ参集

されることから、災害ごとに施設までの安全な経路や、移動時に要するおおよその時間を各施設職員が把握しておく必要がある。しかし、一般的に行われている任意避難場所までの避難シミュレーションや、ハザードマップ等の公開されている災害情報だけでは把握することが困難であることから、各施設、各災害に応じた群衆シミュレーションの実施が必要であると考えられる。

シミュレーション以外の防災行動を考えるためのツールとしては、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における甚大な被害を受けたことをふまえ、住民一人ひとりのための防災計画である「マイ・タイムライン」が開発されている¹⁰⁾。マイ・タイムラインの活用により、災害リスクの高い地域の住民は、様々な災害状況下での防災行動を時系列的に計画し、整理することが可能となる。マイ・タイムラインは全国各地において展開され、その有効性が評価されており^{11,12)}、現在では、個人の避難行動を整理するためものだけでなく、平成 30 年 7 月豪雨を経験した岡山県倉敷市では、地域連携型の要配慮者マイ・タイムライン^{13,14)}や、企業における BCP 策定にあたって活用できる水害 BCP タイムライン¹⁵⁾など、様々な展開が行われている。元々は、住民の防災行動計画のために開発されたツールであるが、このように BCP 策定に活用されている事例も多く、例えば、金井らは、防災行動を行うにあたり、特に時間や支援が必要とされる要配慮者利用施設におけるタイムラインの必要性を検証している¹⁶⁾。さらに、湯浅らは、災害発生直後から応急復旧活動を実施することが期待される建設会社に対し、BCP をベースとして、タイムラインを活用する災害対応体制構築を実践・検証している¹⁷⁾。このように、BCP とタイムラインを併用することで、より実効性の高い計画を策定することが可能となる。しかし、タイムラインを用いて、災害時の行動を考えるにあたって参考とする資料は、ハザードマップ等、事業者や住民などあらゆる人を対象とした広域情報であることから、BCP 策定時と同様、災害状況を想像しながら自身に当てはめることは困難である。また、タイムラインは時系列で防災行動を検討するために有用なツールであるが、参考とする災害情報が時系列となっていないことも多い。社会福祉施設は、日常生活支援が必要な高齢者や障害者等が主に利用していることから、災害により事業継続が困難となった場合、これら利用者の身体や生命に大きな影響を与えることとなる。災害時においても安定したサービスの提供を行うためには、BCP の策定や、策定後の改良を容易にするための情報提供が必要であると考え、本研究では、社会福祉施設を対象とした河川からの越水による浸水状況を考慮した群衆シミュレーションを行い、職員および施設利用者の安全を考慮した BCP 策定のための応用可能性について

検討する。

2. 災害状況を反映した都市モデルの構築

対象とした社会福祉施設付近において、河川堤防が決壊した際に想定される浸水状況を基に、群衆シミュレーションで活用する都市モデルを構築する。

(1) 対象地域ならびに対象とする災害

本研究では、図-1 内二重丸で示す香川県高松市宮脇町の社会福祉施設を対象とする。対象施設は、特別養護老人ホームやデイサービス、ショートステイなど、様々な福祉事業を展開している施設である。本施設は、石清尾山の山道入口付近に位置し、標高が高いことから、河川堤防の決壊による浸水は想定されておらず、高松市が公開している高松市洪水ハザードマップ¹⁸⁾によると、高潮や津波による浸水も想定されていない。しかし、対象施設の北西部には二級河川があり、また、海岸まで直線距離で約 1.5km しかないため、周辺の浸水リスクは非常に高い。また、施設は山道入口付近に立地していることから、施設へ向かうための道路は限られており、平成 16 年に発生した台風 16 号接近時には、施設へ向かうために使用されている北側道路が浸水したり、さらに過去には、施設南側の斜面における土砂崩れの発生により、通行不可になったりと、災害時には、施設の直接的な被災ではなく、施設周辺の道路寸断が懸念される場所である。そのため、災害が発生した際の職員参集については、十分に検討が必要であるといえる。

対象施設付近における発生頻度や被害規模の大きい災害は、河川の氾濫や高潮・津波による浸水であると考えられる。特に、施設の西側を流れる香東川は、破堤時に最大で約 5.4m、施設へ続く道路においても 1.0~2.0m の浸水が想定されている¹⁸⁾。さらに、香東川流域では、平成 2 年 9 月の台風 9 号や平成 16 年 10 月の台風 23 号などによる出水により浸水被害を受けており、今後、大規模な豪雨や津波等の発生により、再度出水し、周辺地域が浸水する可能性は十分にある。したがって、本研究では、図-1 に示された香東川の×地点において破堤し、想定最大規模の浸水が生じる場合を想定して、対象施設付近が広範囲にわたって浸水する状況を反映した都市モデルの構築を行う。なお、本解析では、豪雨時の破堤を想定していることから、破堤していない箇所からの水位上昇による越水も生じるものとする。

(2) 浸水状況を反映した都市モデルの構築

a) 氾濫解析の概要

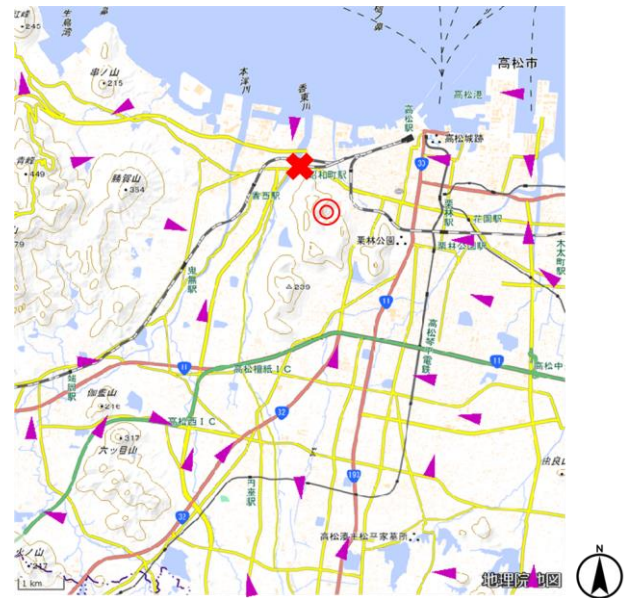


図-1 構築した都市モデル

(×は破堤地点，◎は対象施設をそれぞれ示す。)

本研究では、香川県より提供された浸水想定区域データを基に、浸水状況を反映した都市モデルを作成する。なお、本データは、国土交通省が提供する浸水ナビ¹⁹⁾で公開されているデータであり、1日の総雨量が702mmに達する想定最大規模の浸水を想定した氾濫解析結果である。氾濫解析は、破堤から45時間にわたって行われ、浸水状況は10分間隔で出力される。

b) 香東川における想定最大規模となる浸水状況の反映

対象施設において、職員の大多数が通勤手段として車両を選択しているため、群衆シミュレーションにおいても車両による移動を想定する。一般的に、0.1~0.2mの浸水により、ブレーキが効きにくくなり、0.3mを超えると、マフラーから水が逆流し、エンジンへ水が浸入する可能性があることから²⁰⁾、浸水深が0.3m以上の領域を通行不可とし、0.3m未満の浸水がある浸水域は、通行可能ではあるが浸水のある領域として設定している。また、氾濫解析結果ならびに群衆シミュレーションを用いたBCP策定に関するワークショップの実施を想定していることから、本研究では、国土地理院の標準地図に浸水状況を反映させることにより、建物や道路の位置を視覚的に明確化する。このとき、氾濫解析において得られたすべての浸水状況を都市モデルに反映させ、10分ごとに浸水状況を更新する。

図-2~7において、破堤1時間後から6時間後までの浸水状況を反映した都市モデルを、1時間ごとにそれぞれ示す。図-2より、破堤から1時間が経過すると、破堤地点から北東側へ浸水が広がっており、施設北西部からの施設への移動は危険な状況であるといえる。また、浸水域の大半において、浸水深が0.3m以上となっている



図-2 破堤から1時間後の浸水状況



図-3 破堤から2時間後の浸水状況

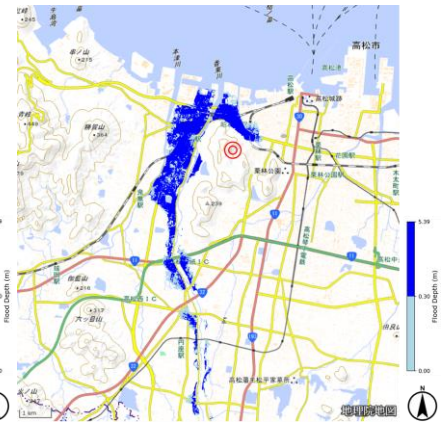


図-4 破堤から3時間後の浸水状況



図-5 破堤から4時間後の浸水状況



図-6 破堤から5時間後の浸水状況

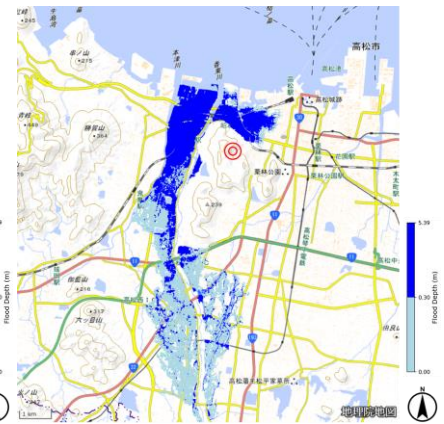


図-7 破堤から6時間後の浸水状況

ことから、車両による移動も困難であることが予想される。続いて、破堤から2時間が経過すると、施設のすぐ北側まで水が迫っている様子がわかる(図-3)。しかし、施設は標高の高い位置にあることから、施設自体が浸水する可能性は極めて低い。しかし、香東川東側だけでなく、西側からも徐々に浸水がみられることから、香東川より西側からの移動は慎重になる必要がある。そして、破堤から3時間が経過すると、施設へ向かうための道の多くが浸水しており(図-4)、施設へは、東側あるいは南側からしか向かうことができない状況である。さらに、香東川の西側は、施設から8.3kmほど南下した地点まで浸水が広がっており、この時間からの西側からの移動は浸水に巻き込まれる可能性が高い。破堤から4時間が経過すると、浸水範囲はさらに広がり、また、浸水深が0.3mを超える範囲も増えている(図-5)。そして、破堤から5.6時間が経過すると、浸水域は特に南部において広がっているものの、浸水深が0.3mを超える領域は徐々に減っている(図-6,7)。しかし、香川県において甚大な浸水被害が発生した平成16年台風16号接近時に浸水した対象施設北部では、水が引かず、むしろ浸水深が0.3m以上となる浸水域が拡大している(図-5~7)。

本氾濫解析において、対象施設において浸水すること

はなかったが、施設へ向かうための北側道路の多くが早期に浸水し、また、破堤地点だけでなく、香東川全域に浸水が広がることを考慮し、香東川より西側から施設へ移動する場合は、浸水情報を細かく確認し、安全を最優先にする必要がある。

3. 群衆シミュレーション

(1) シミュレーションモデルの概要

前章で構築された都市モデルを基に、群衆シミュレーションを実施する。群衆シミュレーションには、堀らによって開発された避難行動シミュレータ^{21,22)}を使用する。本シミュレータは、マルチエージェントシステムを採用しており、移動するエージェントの個々の動きを再現することが可能である。なお、本シミュレータの詳細については、過去の研究²³⁾を参照されたい。

(2) シミュレーション条件

前述のように、本シミュレーションでは、車両を用いた移動を想定しており、移動速度は数日間にわたる豪雨によって生じた破堤直後の移動を想定し、混雑を考慮し

て、文献²⁴⁾に基づき 8.3m/sec と設定した。また、本誌では、図-1 に示す通り、30名のエージェントを都市モデル内にランダムに配置し、その初期配置地点から最短ルートを通って施設へ移動することで、施設の南側と北側、香東川の東側と西側におけるエージェントの行動をそれぞれ把握することとしている。なお、ワークショップ実施時には、職員の居住地域に応じたエージェントの配置を行う予定である。エージェントが施設へ向かう途中で浸水域に遭遇した場合、迂回して浸水していないルートを探査する。そして、浸水に巻き込まれた場合には、その場で停止し、移動不可となる。なお、本シミュレーションでは、浸水深が 0.3m 以上の領域を通行不可としているため、わずかな浸水がある道路においては、浸水していない場合と同様、迂回せず通行するものとする。シミュレーションケースとして、浸水していない場合と破堤により浸水している場合の2ケースに加え、破堤より1時間前と、破堤から1, 2, 5時間後に移動を開始した場合、そして、ハザードマップにおいて用いられることの多い、最大浸水深（最大包絡）を事前に把握している場合の計7ケースを実施する。詳細は、表-1 に示す通りである。なお、ケース4において、事前に把握しているとする最大浸水域・浸水深は、図-8 に示す通りである。

(3) シミュレーション結果

本研究では前述した計7ケースを実施しているが、紙面の都合により、本誌では、ケース1, 2, 3, 4のみを図-9~11, 図-12~16, 図-17~21 にそれぞれ示す。なお、施設到着率は全ケース分を図-22 に示す。

浸水していない場合を想定したケース1のシミュレーション結果（図-9~11）より、施設は山中にあることから、エージェントは、北側・南側の2方向からのみ施設へ入ろうとしている。移動開始から1時間が経過すると、半数のエージェントが到達、あるいは到達目前となっており（図-10）、その後さらに30分が経過すると、移動開始時に、対象エリア南西部の施設から最も遠い位置にいた1名のエージェントを除いて、すべてのエージェントが施設へ到達、あるいは到達目前となっている（図-11）。この1名のエージェントの移動に時間を要しているものの、施設到着率（図-22）より、約2時間で全エージェントが移動を終えていることがわかる。

浸水している場合を想定し、破堤開始と同時に移動を開始したケース2のシミュレーション結果（図-12~16）のうち、移動開始から30分後においては、浸水がわずかなではあるが、広がっているため、破堤箇所付近では、浸水域を避けて移動しているエージェントが4名いる（図-12）。さらに、その後も破堤箇所付近を通るエージェントは、浸水域を避けながら移動しなければならず（図

表-1 群衆シミュレーションの概要

	Flood status	Movement Start Time
Case 1	without flooding	Simultaneous with the levee breach
Case 2		
Case 3-1	with flooding	1 hour before the levee breach
Case 3-2		1 hour after the levee breach
Case 3-3		2 hours after the levee breach
Case 3-4		5 hours after the levee breach
Case 4	with flooding (Understanding the maximum flood depth at each location)	Simultaneous with the levee breach

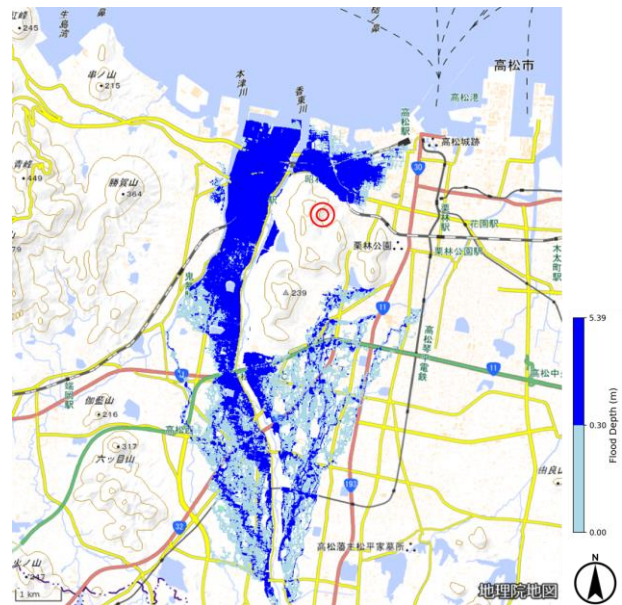


図-8 浸水深の最大包絡

-13, 14), ケース1と比べて移動時間を要している（図-22）。本ケースでは、破堤と同時に移動を開始している点と、図-15より破堤開始から2時間後では、それほど浸水域が広がっていない点を考慮すると、大半のエージェントが浸水に巻き込まれず移動できていることがわかる。しかし、施設南西部から移動したエージェントは、移動距離が他のエージェントより長いいため、移動開始から15時間程度経過した時点で、破堤付近において浸水に巻き込まれ、動けない状態となっている（図-16）。なお、破堤より1時間前に移動を開始した場合（ケース3-1）、1, 2時間後に移動を開始した場合（ケース3-2, 3-3）のいずれも、ケース2のように浸水に巻き込まれたり、浸水域に直面し、迂回することとなったりしたエージェントが数名いたが、施設到着率（図-22）より、いずれも大きな差は見られなかった。


 図-9 30分後の移動状況
(ケース1)

 図-10 1時間後の移動状況
(ケース1)

 図-11 1時間30分後の移動状況
(ケース1)

 図-12 30分後の移動状況
(ケース2)

 図-13 40分後の移動状況
(ケース2)

 図-14 50分後の移動状況
(ケース2)


図-15 1時間後の移動状況 (ケース2)



図-16 1時間30分後の移動状況 (ケース2)

そして、破堤から5時間が経過した時点で移動を開始したケース34(図-17~21)においては、移動開始時点から既に施設北西部における浸水深が0.3m以上となっている。そのため、上述したケース2とは異なり、香東川の西側のエージェントの多くは、北側からではなく、南側から施設へ入ることを試みている(図-17, 18)。移動開始から30分が経過した時点で、香東川の西側にいたエージェントは、比較的浸水の少ない対象エリア南部ま

で移動し、香東川をわたって施設へ向かおうとしている(図-19)。そのため、施設から東に5km程度の地域に住むエージェントは、直線距離にして最大で10km程度南下した後に、施設へ向けて北上している。移動開始から1時間が経過した時点でも、なお、南下し続けているエージェントが6名ほどおり、他のケースと比べると、1時間経過時点における施設到着率も低い(図-20)。そして、そこからさらに30分が経過した時点であっても、

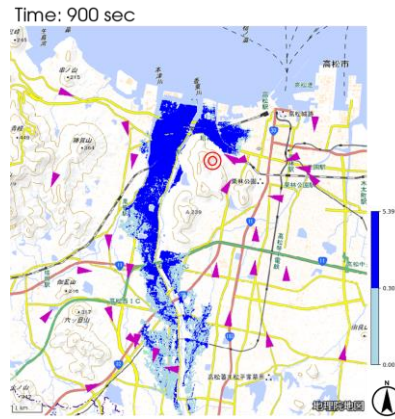
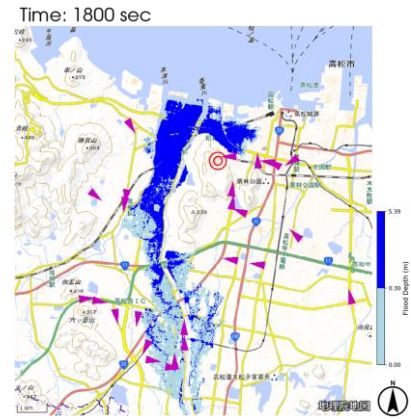
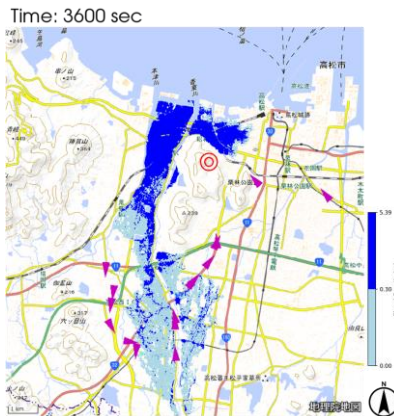

 図-17 0分後の移動状況
(ケース 3-2)

 図-18 15分後の移動状況
(ケース 3-2)

 図-19 30分後の移動状況
(ケース 3-2)


図-20 1時間後の移動状況 (ケース 3-2)

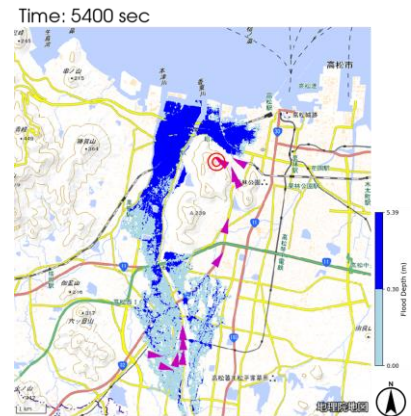


図-21 1時間30分後の移動状況 (ケース 3-2)

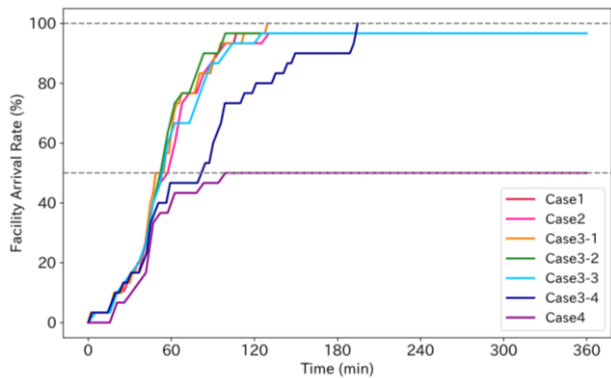


図-22 時間経過にともなう施設到着率

まだ全員が香東川を渡り切れておらず、浸水深が 0.3m 程度ある香東川付近を移動していることがわかる (図-21)。シミュレーション上では、浸水していない、あるいは、浸水していても浸水深が 0.3m 未満のエリアをすべて通行可能としているため、最終的に、3 時間かけて全エージェントが施設へ到着しているものの (図-22)、このように長時間かけ、わずかでも浸水しているエリアを移動することは大変危険である。

最後に、最大浸水域・浸水深を事前に把握した上で、破堤と同時に移動を行ったケース 4 では、香東川より西

側のエージェントが全員移動できず、香東川の東側に位置する半数のエージェントのみが移動を行った。そのため、図-22 に示すケース 4 の施設到着率は、50%で横ばいとなっている。これは、香東川を渡るためのすべての道路が、任意時刻において 0.3m 以上浸水していること (図-8) を事前にエージェントが把握していたためである。なお、施設へ移動した香東川より東側に位置するエージェントは、浸水域に直面しないよう他ケースと比べて遠回りをして施設へ移動していることから、移動開始から早い段階での施設到着率が低くなっている。したがって、実際の災害発生時に職員参集が必要となった場合、災害の規模に応じて、西側にいる職員らの安全を考慮し、東側にいる職員のみで対応することが望ましい場合もあると考えられる。

4. 結言

香川県高松市にある社会福祉施設を対象に、河川の氾濫にともなう浸水を反映した群衆シミュレーションを実施した。シミュレーションでは、浸水域に遭遇し、迂回することにより移動時間が延長されたり、浸水に巻き込

まれて移動できなくなったりといった状況を再現するだけでなく、どの地域に住む職員に対して、いつ参集を要請すべきか示すことが可能となった。また、シミュレーション上では被災していないが、通行する上で注意を払うべき時間・エリアを時系列的に把握することも可能であることから、タイムラインを活用した BCP 策定時に有用であると考えられる。今後、本研究で対象とした社会福祉施設における BCP 策定のためのワークショップを実施し、本シミュレーション結果を活用することにより、その有効性について評価する。また、検討すべき自然災害は多岐にわたることから、例えば地震発生時であれば、土砂災害区域の通行止めや、津波による浸水を、本研究同様、都市モデル内に時系列的に反映させ、シミュレーションを実施することにより、様々なケースを想定した BCP 策定の一助となる情報の提供が可能になると考える。

謝辞：本研究は、令和 5 年度文部科学省科学技術人材育成費補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ（牽引型）」（研究代表者：香川大学 久保栞，共同研究者：香川大学 磯打千雅子，徳島大学 金井純子）の助成を受け実施した。また、香東川における氾濫解析に関するデータを、香川県土木部河川砂防課より提供いただいた。さらに、国立研究開発法人海洋研究開発機構 堀宗朗教授，ならびに東京大学地震研究所 市村強教授，MLL.Wijerathne 准教授には、本研究で使用したシミュレータを開発・提供いただいた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献

- 厚生労働省：令和 3 年度介護報酬改定について，https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000188411_00034.html (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)。
- 厚生労働省 老健局：介護施設・事業所における自然災害発生時の業務継続ガイドライン，35p，2020。
- 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所：令和 3 年度老人保健事業推進費等補助金 老人保健健康増進等事業 感染症対策や業務継続に向けた事業者の取組等に係る調査研究事業報告書，137p，2022。
- 金井純子，中野晋：熊本地震における福祉避難所の実態調査，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 74, No. 2, pp. I_131-I_136, 2018。
- 一般財団法人 日本総合研究所：令和 3 年度老人保健事業推進費等補助金 (老人保健健康増進等事業) 「介護施設等の防災・減災の在り方に関する調査研究事業」報告書，p57，2022。
- 国土交通省 水管理・国土保全局：要配慮者利用施設における避難確保計画の作成・活用の手引き (洪水，雨水出水，高潮，土砂災害，津波)，<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/jouhou/jjeisuibou/pdf/tebiki.pdf> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)
- 金井純子，中野晋，北村晃寿，樫本誠一，西村実穂：令和 4 年台風第 15 号による静岡市清水区の高齢者施設における浸水被害と夜間の緊急参集の課題，河川技術論文集，Vol. 29, pp.581-586, 2023。
- 後藤仁志，原田英治，久保有希，酒井哲郎：個別要素法型群衆行動モデルによる津波時の避難シミュレーション，海岸工学論文集，Vol. 51, pp. 1261-1264, 2004。
- 有川 太郎，大家隆行：数値波動水槽と連成した避難シミュレータによる避難行動特性についての検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 71, No. 2, pp. I_319-I_324, 2015。
- 国土交通省：マイ・タイムライン，<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaite/mytime-line/index.html> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)
- 佐藤英治，井面仁志，白木渡，磯打千雅子，岩原廣彦，澤田俊明，高橋亨輔：大規模水災害を想定した住民タイムライン作成，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 73, No. 1, pp. I_159-I_169, 2017。
- 里村真吾，須藤純一，伊藤克雄，平出亮輔，神達岳志，溝上博，小林弘，川島宏一，白川直樹，伊藤哲司，富岡秀顯，鮎川一史：住民の水防災意識の向上に向けたマイ・タイムライン開発のための社会実験，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 74, No. 3, pp. 83-94, 2018。
- 倉敷市：地域連携型 要配慮者マイ・タイムライン，<https://www.city.kurashiki.okayama.jp/36774.htm> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)。
- 国土交通省 中国地方整備局 高梁川・小田川緊急治水対策河川事務所，要配慮者マイ・タイムライン，<https://www.cgr.mlit.go.jp/takaoda/mytimeline/youhairyo-sya.html> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)。
- 国土交通省 中国地方整備局 高梁川・小田川緊急治水対策河川事務所，水災害 BCP タイムライン，<https://www.cgr.mlit.go.jp/takaoda/suigai/> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)
- 金井純子，湯浅恭史，中野晋，渡辺一也：要配慮者利用施設の初動対応・事業継続におけるタイムラインの必要性，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 71, No. 2, pp. I_47-I_54, 2015。
- 湯浅恭史，中野晋，西原正彦，西本日出世，新居勇，丸山泰秀：建設業 BCP とタイムラインを活用した地域災害対応体制の構築，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 72, No. 2, pp. I_53-I_58, 2016。
- 高松市：高松市洪水ハザードマップ，https://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/ku-rashi/shobo/bosai_map/takamatsu_map/kouzui_sinsui/index.html (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)
- 国土交通省：浸水ナビ，<https://suiboumap.gsi.go.jp/> (2024 年 1 月 15 日現在閲覧可)
- 内閣府：参考資料 1 自動車で安全かつ確実に避難できる方策 (参考資料)，防災対策推進検討会議 津波避難対策検討ワーキンググループ (第 5 回)，2012。
- 堀宗朗，犬飼洋平，小国健二，市村強：地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究，社会技術研究論文集，Vol. 3, pp. 138-145, 2005。
- Leonel Enrique Aguilar Melgar, Wijerathne Madgededara Lalith Lakshman, Muneo Hori, Tsuyoshi Ichimura and

- Seizo Tanaka, On the Development of an MAS Based Evacuation Simulation System: Autonomous Navigation and Collision Avoidance, PRIMA 2013: Principles and Practice of Multi-Agent Systems. PRIMA 2013. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8291, pp. 388–395, https://doi.org/10.1007/978-3-642-44927-7_26.
- 23) Shiori Kubo, Hidenori Yoshida, Tsuyoshi Ichimura, M. L. L. Wijerathne, Muneo Hori, Study on influence of prior recognition of flooding state on evacuation behavior, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 63, 21p, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102437>.
- 24) 花島健吾, 堀智晴, 野原大督, 道路上の信号制御を考慮した水害避難行動モデル, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 4, pp. I_1573-I_1578, 2013.

(Received January 15, 2024)
(Accepted February 29, 2024)

Exploring the potential application of crowd simulation for BCP formulation support in social welfare facilities

Shiori KUBO, Junko KANAI and Chikako ISOUCHI

In the development of Business Continuity Plans (BCPs) for social welfare facilities, establishing clear criteria for emergency staff gathering is crucial in ensuring the safety of both users and staff members. However, it is difficult to utilize traditional hazard maps for imagining specific disaster scenarios on a time-series basis and formulating corresponding plans. In this study, crowd simulations were conducted for BCP formulation, assuming flooding due to river overflow. These simulations enabled us to understand the times and routes that allow staff residing in each area to safely access the facility. This suggests the possibility of a new approach to BCP formulation, especially for more concrete planning of the optimal timing and methods for the emergency staff gathering. In the future, we will conduct workshops on BCP formulation at social welfare facilities using the results of this study and evaluate their usefulness.