

公益社団法人 日本地震工学会

津波避難に対する工学的検討手法活用の
環境整備に関する研究

報 告 書

令和4年3月

津波避難に対する工学的検討手法活用の
環境整備に関する研究委員会

公益社団法人 日本地震工学会
津波避難に対する工学的検討手法活用の環境整備に関する研究
報告書 目次

1. 研究委員会の概要.....	1
1.1 研究委員会設置の趣旨と研究項目.....	1
1.2 研究体制.....	2
1.3 活動の概要.....	2
2. 避難シミュレーション部会.....	4
2.1 目的と成果概要.....	4
2.2 システムの概要.....	5
2.3 河川水位予測.....	6
2.4 避難検討.....	7
2.5 実地検討.....	8
3. 内水氾濫避難データベース部会.....	11
3.1 目的と成果概要.....	11
3.2 調査の背景.....	12
3.3 アンケート調査概要.....	13
3.4 アンケート調査結果.....	14
3.5 まとめ.....	16
4. 津波避難データベース部会.....	17
4.1 目的と成果概要.....	17
4.2 対象文献の掲載論文集.....	18
4.3 各文献での調査内容.....	19
4.4 まとめ.....	20
5. まとめと今後の課題.....	27
5.1 まとめ.....	27
5.2 今後の課題.....	28
6. 巻末資料.....	29
6.1 活動報告サマリー.....	29
6.2 活動報告.....	31
6.3 委員会議事録.....	35

1. 研究委員会の概要

1.1 研究委員会設置の趣旨と研究項目

2012年に設けられた「津波などの突発大災害からの避難の課題と対策に関する研究委員会」の成果として、自治体や防災組織にとって有益な多くのデータの公開や対応策の提案を行うことができた。しかしながら、データ収集のアプローチには社会学的な側面が多く含まれ、収集データを工学的なデータとして避難シミュレーションに活用したり、避難シミュレーション結果を工学的なデータとして避難における課題の対応策の検討に活用したりするなどの連携はまだまだ不十分であった。

そこで、先の委員会と同様に、津波避難の実態調査、避難シミュレーション、避難対策などの専門分野にかかわる研究者を総合し、これらを横断する形で避難に対する工学的で合理的な検討を行い、その検討結果の実社会での活用を促すことを目的とした「大規模津波からの避難における諸課題に対する工学的検討手法およびその活用に関する研究委員会注1」が2018年に立ち上げられた。この研究委員会では次の2項目を研究課題として取り上げられている。

- (1) 津波避難に関する調査、津波避難対策の普及（津波避難部会）
- (2) 津波避難シミュレーションの普及に関する調査（シミュレーション普及部会）

この研究委員会の成果として、実際の自治体やその傘下の防災組織と協力し研究に必要なデータの収集を行い、それらを用いた避難シミュレーション解析結果を現地に提示することで、津波避難における課題解決の支援を行うことができた。一方で信頼性のあるシミュレーション解析を確立するためには、そのヴァリデーションに必要な基礎データの整備が必須であることが明らかになってきた。

そこで、避難シミュレーション解析のヴァリデーションに焦点をあて、ヴァリデーションデータの収集を目的とした津波避難の実態調査の在り方やデータのまとめ方、ヴァリデーションデータに基づく避難シミュレーションの解析結果の活用に対する工学的で合理的な検討を行い、その検討結果の実社会での活用を促すことを目的として本研究委員会を設置した。

シミュレーションを用いた津波からの避難に関する研究のアプローチには数多くの側面が含まれ、単独の研究者が全ての分野を網羅することは非常に困難である。しかしながら、本研究委員会に置いて微力ではあるとしても信頼性のあるシミュレーション解析を行うために必要な過去の津波避難における行動記録や津波避難訓練における避難行動のモニタリングなどの基礎データの具体的な収集活動を展開することで、解析手法のヴァリデーションを可能とする基盤を提示することができるようになることを期待できる。

この研究には多くの専門分野が関わる場が必要であり、分野横断的学会である地震工学会に設けられたこの研究委員会がその役割を担う。

注1：「大規模津波からの避難における諸課題に対する工学的検討手法およびその活用に関する研究委員会」は高知工科大学 甲斐芳郎委員長の下で2018年5月から2020年3月まで

活動を行った。避難に関わる文献調査、津波避難の実態調査、避難訓練における避難行動調査、避難シミュレーションを用いた防災活動支援、海外における避難に関するデータ収集などを行った。また、避難シミュレーションの品質保証の活動も継続して行っている。

1.2 研究体制

避難の研究委員会は2020年4月に発足し、2022年3月末をもって活動を終了した。前委員会から継続して5人の委員で活動を開始した。その間に公募などを通じて委員を募集したが残念ながら新たな参加者はいなかった。委員会内に上述の研究項目に対応した3つの部会が設け、研究活動を行った。

委員長 甲斐芳郎（高知工科大学システム工学群元教授（現 J 建築検査センター））

幹事長 佐藤誠一（日本工営）

委員

避難シミュレーション部会長 有川太郎（中央大学）

内水氾濫避難データベース部会長 小山真紀（岐阜大学）

津波避難データベース部会長 仲村成貴（日本大学）

1.3 活動の概要

避難シミュレーション部会、内水氾濫避難データベース部会、津波避難データベース部会の3部会の体制を作成し、委員会立上げの条件として中埜前会長をはじめ理事会に約束していたヴァリデーデータベースの構築と公開に向けての活動を進めることとした。内水氾濫避難を新たに調査対象に含めることで、避難に関するより広範なデータ収集を試みていることが今回の委員会活動の大きな特徴である。

実際の委員会活動は、コロナ禍のなか委員会の会合はリモート開催に限られ、具体的な委員会活動を対外的に広報しての委員募集を十分に行うこともかなわず、極めて限定的な活動を強いられることとなった。その結果、活動成果として構築したデータベースの公開を実現することはかなわなかった。しかしながら、以下に示すように、避難シミュレーションのヴァリデーに必要なデータを現地で実際に収集活動を行い、収集したヴァリデーデータを活用した科学的解析ツールとしての避難シミュレーションの活用方を明確にしたことで一定の成果は得ることができたと考えている。

(1) 避難シミュレーション部会

避難シミュレーションの位置づけを明確するために、津波や洪水避難に対し、現時点において可能なことは何かを検討した。検討手法として、2018年7月豪雨で氾濫した岐阜県関市武儀地区を対象に(図1参照)、河川氾濫からの避難シミュレーション(降雨予測→洪水計算→氾濫計算→避難シミュレーション)を例とした。



図 1-1 対象領域

(2) 内水氾濫避難データベース部会

内水氾濫における避難状況について理解するために、関市武儀地域における平成 30 年 7 月豪雨時の避難状況と、被災後の住民の避難意識について調査した。

(3) 津波避難データベース部会

学会論文集等に掲載された文献調査に基づいて、避難シミュレーションのヴェリフィケーションへの適用可能性について検討した。

(4) 研究委員会報告書の作成

上記各部会における課題を整理し、本報告書を作成した。

(5) 委員会の開催

委員会に置いては運営に関する協議を行うと共に情報交換により各部会の活動状況を共有した。委員会開催の際は、Web 会議システムを使用して遠隔地委員の会議参加をはかった。

表 1-1 委員会活動状況

時期	実施概要
2020 年 5 月	2020 年度 第一回研究委員会
2021 年 6 月	2021 年度 第一回研究委員会
2021 年 9 月	2021 年度 第二回研究委員会
2021 年 12 月	三重県、岐阜県における避難訓練参加及び避難に関する調査
2022 年 3 月	2021 年度 第三回研究委員会

2. 避難シミュレーション部会

2.1 目的と成果概要

避難シミュレーションの位置づけを明確するために、津波や洪水避難に対し、現時点において可能なことは何かを検討した。

検討手法として、2018年7月豪雨で氾濫した岐阜県関市武儀地区を対象に(図 2-1 参照)、河川氾濫からの避難シミュレーション(降雨予測→洪水計算→氾濫計算→避難シミュレーション)を例とした。



図 2-1 対象領域

2.2 システムの概要

計算システムの全体像を図 2-2 に示す。降雨予測のモデルとして WRF¹⁾を用い、WRF で算出した予測降雨を用いて行う河川計算には、山地流出と洪水氾濫計算を一体的に解析できる RRI モデル²⁾を用いる。また、RRI モデルで計算した時系列の浸水深データを元に、避難速度や群衆ポテンシャルなどの属性を個々に設定できるマルチエージェント型避難モデル³⁾を用いて避難シミュレーションを行った。

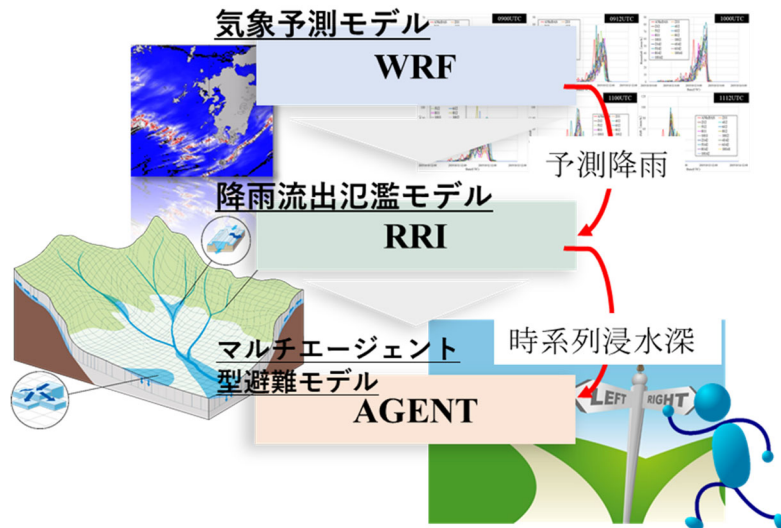


図 2-2 計算システムの全体像

2.3 河川水位予測

WRF の予測雨量を用いて集水域の境界における河川流量を求め河川水位ならびに、浸水計算を実施した。図 2-3 にその例を示す。聞き取り調査を行った「まぶち(51,195)」前では、氾濫開始が 2018/7/5/ 6:50UTC となっており、集水域からのピーク流量と避難対象領域にピーク雨量が重なることで、河川水位の急激な立ち上がりが生じたことが示され、状況は定性的には、聞き取り状況と一致していると思われる。

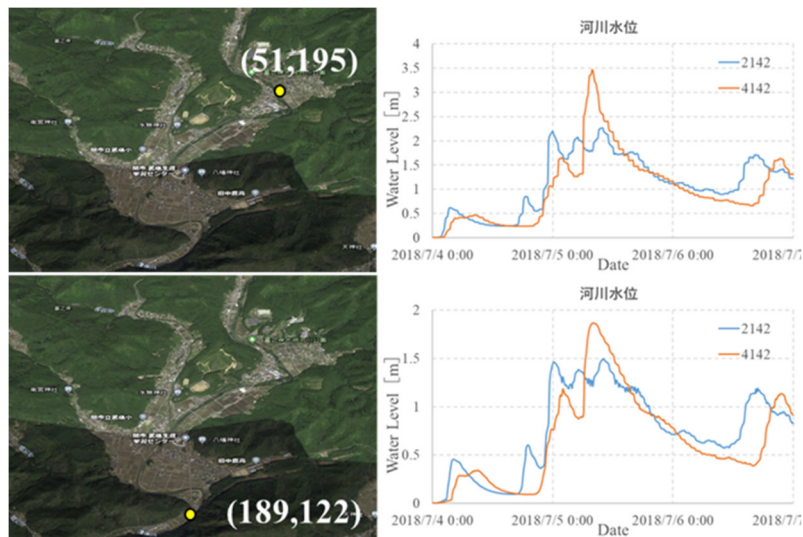


図 2-3 避難対象領域の河川水位の時系列

2.4 避難検討

ランダムに人を 1000 人配置した。避難者の初期歩行速度は、1.0 m/s に設定した。危険水位となる時刻は解析開始から 20 時間後、また氾濫開始水位となる時刻が 30 時間後であるため、危険水位から氾濫開始水位に達する前後で避難開始時間の設定を行なった。

最寄りの避難所まで最短経路を選択して避難した場合、危険水位に達した 20 時間後時点で避難を開始する事で、浸水被害に遭わずに避難する事ができている。一方、氾濫水位に達した 30 時間後時点で避難を開始した場合、2%程度、洪水に遭遇(死亡者と定義)しており、危険な状態であることがわかった。

図 2-4 は、氾濫水位に到達した時点で避難を開始した場合における、解析時間終了後の死亡者の位置について示したものである。赤点線で囲まれた部分は氾濫水位に達した時点で浸水が生じていたため、その付近にいた避難者が最寄りの避難所に向かう途中で浸水被害に遭い死亡していた。そのため、そのような避難者が避難所に向かう際には、予測浸水到達時間を利用して浸水遭遇を回避した避難経路の選択し、避難する事で被害の低減が見込める可能性があることがわかる。本件等から、現時点においては、シミュレーションを用いて、このような脆弱性評価に活用できると考えられる。

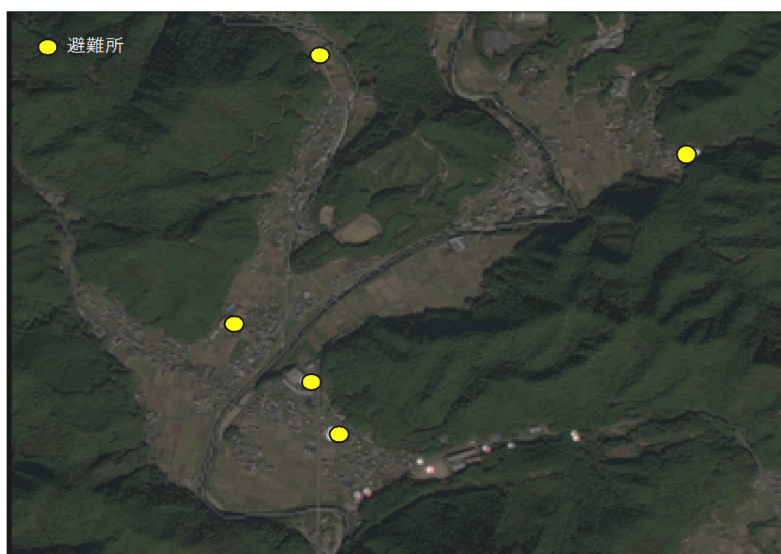


図 2-4 解析終了時における死亡者位置

2.5 実地検討

(1) 岐阜県関市武儀地区

岐阜県関市武儀地区で避難準備に関する現状のヒアリングを行った

○ 2018年7月の被災・避難状況

- ・亡くなった方はいない
- ・平屋で、天井を破って首だけ出して凌いだ人もいた
- ・今までにないほどの早い水位の上昇だったが、水捌けも早い
- ・80世帯のうち、実際に家屋が浸水したのは20世帯程度(避難した世帯も20世帯程度)
- ・集会所まで水位が上昇していないタイミングで避難(車で避難している人)
- ・ギリギリまで避難しない(避難したくない)人が多く、垂直避難(2階への避難)が多かった
- ・避難トリガーは女性だった？

○ 地区防災計画の進捗

- ・今まで3回勉強会を開催した、徐々に人数が減っている
- ・現在はまだ途中、コロナの流行によって停滞
- ・2021年12月末に1回目の会議(あまり議論にはならなかった)、2022年1月26日に2回目の会議がある
- ・避難訓練(年1回)の参加率は住民の16~20%、高齢者がほとんど
- ・自治会ごとの緊急連絡網の整備を始めかけ?ている(電話番号とメールアドレス)
- ・実際に近い避難訓練の実施をした自治会もある
- ・避難所は壺川中学校、東小学校、西小学校の3箇所(集会所は約20箇所)

(行政が指定→避難所, 地域で指定→集会所)

○ 課題

- ・地区防災計画が中々進まない
- ・避難方法の確立ができていない
- ・住民の避難意識が低い(ギリギリまで避難しない)
- ・適切な避難所の指定ができていない(本当に安全か・そこで生活できるのか)
- ・自治会長が1年で変わるのに合わせて防災対策案も1年毎にリセット

(2) 三重県紀宝町

三重県紀宝町では、津波の来襲までの時間(1mの高さの到達時間)が5分程度と短く、そのため、具体的かつ有効な避難計画が必要となる。そこで、避難シミュレーションを実施し、そして、避難訓練に参加し、最適な避難状況と、避難訓練時の状況との差異を検討した。

具体的には、以下の10地点から避難開始する現地の方を対象に避難訓練時の避難訓練参加者の位置情報ログデータを取得した。本手法による津波浸水を避ける避難経路の表示結果と比較した。



図 2-5 紀宝町鶯殿地区における避難訓練時の避難経路に関するログデータの取得場所

結果、概ねの経路は一致している一方で、細かい経路選択部分で差があるケースがある一方で、本手法で提供される、津波浸水を回避するように避難経路を設定した際の向かう避難所と、避難者が向かった避難所が異なるケースもあり、本手法による経路表示によって津波浸水を避ける安全な避難経路及び避難所を選択することができると示された。実際にログデータから取得された避難経路で避難した場合、600秒からの避難においては、津波に遭遇するケースもあり、適切な避難場所と避難経路の選択の重要性が示された。

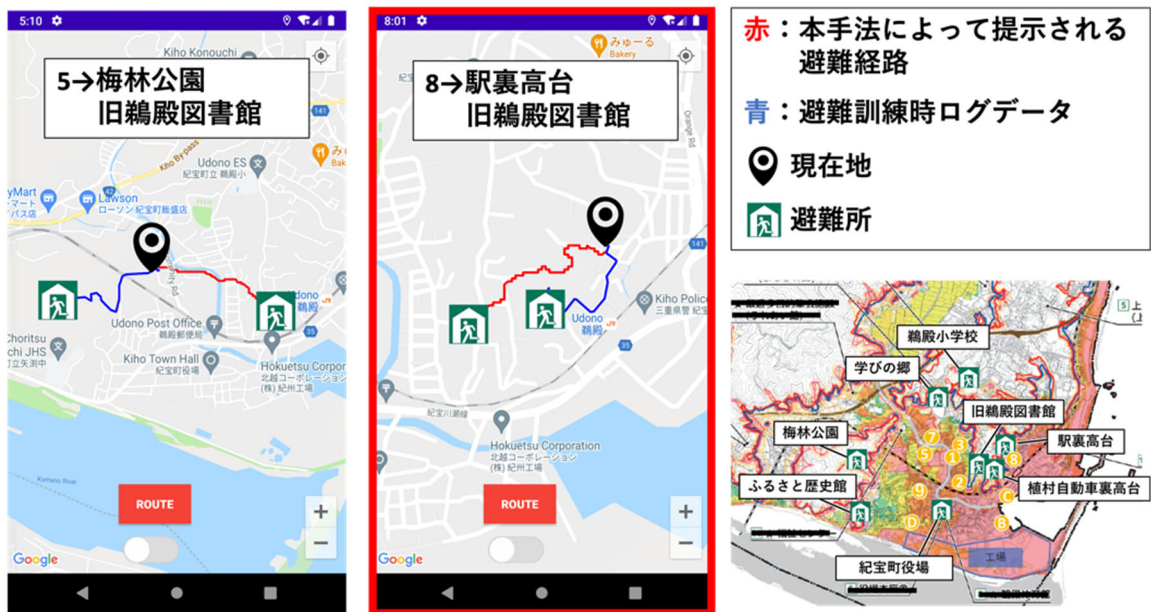


図 2-6 本手法によって示された経路と異なる場所に避難するケース

参考文献

- 1) Skamarock, W. C., and Coauthors : A description of the Advanced Research WRF version 3. , NCAR Tech. Note NCAR/TN-4751STR, 113 pp.,2008.
- 2) 佐山敬洋・岩見洋一, 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料, 56-6, 2014
- 3) 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ション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.

3. 内水氾濫避難データベース部会

3.1 目的と成果概要

内水氾濫における避難状況について理解するために、関市武儀地域における平成30年7月豪雨時の避難状況と、被災後の住民の避難意識について調査した。その結果、被災地域においても次の災害における避難タイミングや避難先に対する考えに大きな違いは見られず、早めの避難行動を促すことの難しさが示唆された。

3.2 調査の背景

平成 30 年（2018 年）7 月豪雨では、岐阜県に大雨特別警報が発令され、津保川上流の氾濫によって武儀地域に甚大な被害をもたらした。住家被害としては、半壊が 87 棟、床上浸水が 3 棟、床下浸水が 81 棟であった¹⁾。岐阜県が実施した、被害の大きかった 4 市の住民を対象としたアンケート調査によると、他地域と比較して、関市では「避難した（自宅の 2 階など、垂直避難）」「避難しなかった」と回答した割合が高く²⁾。安全なうちに安全な場所に移動できている人の割合が低かったことがうかがわれる。

また、世界的な新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行により、これまで以上に感染症対策の必要性が指摘されている。新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止策としては、密集、密接、密閉の 3 つの密を回避することが有効と言われており、従来のように、避難所や避難場所だけに避難を誘導するのではなく、ホテルや知人宅などを避難先とする分散避難を行う事で、安全に避難しつつ、3 つの密の回避を実現しようという呼びかけが行われている。

以上を踏まえ、平成 30 年（2018 年）7 月豪雨で被災した関市の武儀地域をモデル地区として、再度水害が発生した場合の避難行動に関するアンケート調査を実施し、被災を経験することで避難行動に変化があるかどうかということと、分散避難に対する意識がどのようになっているかを明らかにする。

3.3 アンケート調査概要

平成30年(2018年)7月豪雨で被災をした、関市武儀地域の全住民を対象としたアンケート調査を実施した。調査票は2020年10月25日に配布、12月17日までに回収を行った。調査票の回収状況を表3-1に示す。回収率は全体では73.5%であったが、武儀地区の富之保地域では81.1%、中之保地域では74.7%、下之保地域では64.2%であった。

アンケートの質問項目としては、「基本情報」、「避難に関する質問項目」、「平成30年7月豪雨に関する質問項目」の3つで構成されている。実施したアンケートの質問項目を表3-2に示す。

「避難に関する質問項目」では、想定する避難行動によって条件が変化することから、想定する避難行動ごとに4項目を表に記入してもらう形式をとった。また、「避難に関する質問項目」では複数回答ができるようになっているが、「平成30年7月豪雨に関する質問項目」では該当するものを一つ選択、記入するようになっている。「平成30年7月豪雨に関する質問項目」には避難経路についての質問項目が存在するが、「避難に関する質問項目」では存在しない。

表 3-1 回収状況

対象地域	岐阜県関市武儀地区
調査主体	関市自治会連合会武儀支部 岐阜大学小山研究室
アンケート対象	自治会に所属する全世帯
アンケート配布日	10月25日
アンケート回収日	12月17日
配布数(枚)	1054
回収数(枚)	775
回収率(%)	73.5

表 3-2 質問項目

基本情報	・住所 ・同居家族の性別、年齢 ・同居家族の避難行動要支援者、支援者の人数
避難に関する質問項目	・想定する避難先 ・避難するタイミング ・避難手段 ・共に避難する人
平成30年7月豪雨に関する質問項目	・住家被害状況 ・避難方法 ・避難先 ・避難の日時 ・誰と避難したか ・移動手段・避難経路 ・避難の際の困りごと

3.4 アンケート調査結果

図 3-1 に関市武儀地域のハザードマップを示す。図 3-2 に平成 30 年 7 月豪雨の際の避難行動と、次回の災害の時に想定する避難行動の関係を示す。図から分かるとおり、平成 30 年 7 月豪雨の際に立ち退き避難、つまり水平避難をした世帯は、想定する避難行動でも水平避難を考えている割合が 90%と非常に高い値となっている。また、平成 30 年 7 月豪雨の際に垂直行動を行った世帯は、想定する避難行動でも垂直避難を考えている割合が 86%と高い値となっている。このように、実際に平成 30 年 7 月豪雨の際の避難行動をとった世帯は、今後の豪雨災害の際も同じ避難行動を想定していることが分かる。

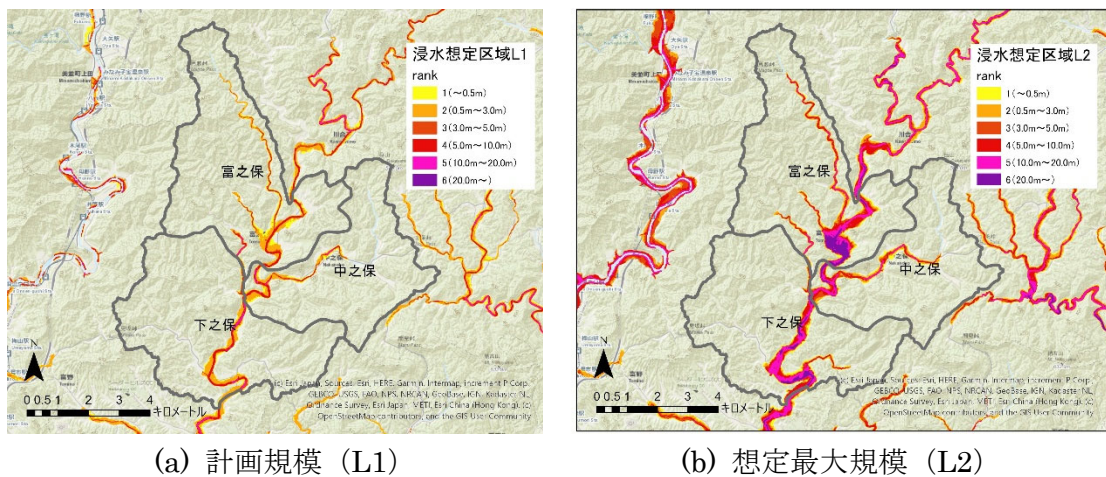


図 3-1 関市武儀地域のハザードマップ

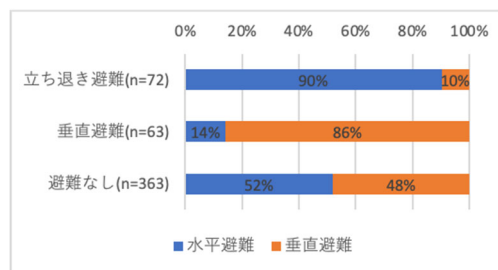


図 3-2 平成 30 年 7 月豪雨と次回災害の避難行動

図 3-3 に次回水害時に想定する避難先を示す。図 3-4 に次回水害時に想定する避難タイミングの結果を示す。図から分かるように、周囲の浸水状況を見て避難行動を行うことを考えている世帯が 54%と最も多く、次に警報類の発令をきっかけに避難行動を行うことを想定している世帯が 27%という結果になった。被災を経験した地域であっても周囲が浸水するまで避難しない人が半数を超えており、被災前の十分な「早めの避難」を行うことがいかに難しいかを示す結果となった。

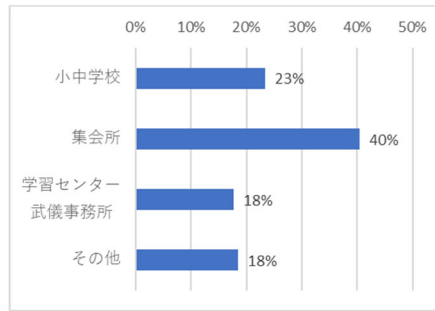


図 3-3 次回災害の避難先

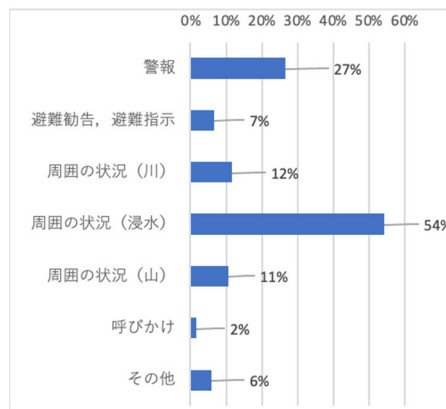


図 3-4 次回災害の避難タイミング

3.5 まとめ

平成 30 年 (2018 年) 7 月豪雨で被災した関市武儀地域を対象としたアンケート調査から、新型コロナウイルス感染症の感染拡大状況を踏まえた、次回災害時の避難行動について明らかにした。その結果、平成 30 年 7 月豪雨の時と大きな違いは見られず、次回災害でも、当時と同様の避難行動を行おうとする傾向が見られた。当該地域では、これまで、早めの避難行動や分散避難を促す呼びかけが行われてきているが、実際の避難行動に関する意識を変えるまでには至っていないことが明らかとなり、実際に避難行動を変えるためには、これまでの取り組みとは別の取り組みが必要である事が示唆された。

参考文献

- 1) 関市：平成 30 年 7 月豪雨 被害状況 (2018.9.7 現在), 2019.7.8, (2020.9.15 参照)
<https://www.city.seki.lg.jp/cmsfiles/contents/0000012/12971/higaijyokyo0907.pdf>
- 2) 岐阜県, 岐阜大学：平成 30 年 7 月豪雨災害に係る住民避難行動の要因分析, (2020.9.17 参照)
<https://www.pref.gifu.lg.jp/kurashi/bosai/bosai-taisaku/11115/jisyokenkyu.data/kyoudoukenkyu2018-02.pdf>

4. 津波避難データベース部会

4.1 目的と成果概要

前委員会（津波等の突発大災害からの避難における諸課題に対する工学的検討手法およびその活用に関する研究委員会）で収集した文献に記載されたデータや知見等について、避難シミュレーションのヴェリフィケーションへの適用可能性について検討した。その結果、文献記載データを直接ヴェリフィケーションへ適用することは、現状では困難であることが示唆された。

4.2 対象文献の掲載論文集

災害発生時の住民避難に関する主に国内論文 115 編を対象とした。掲載論文集の内訳を図 4-1 に示す。土木学会関連では、土木学会論文集 (A1 (構造・地震工学), B1 (水工学), B2 (海岸工学), B3 (海洋開発), D3 (土木計画学), F5 (土木技術者実践), F6 (安全問題)), 地震工学研究発表会論文集, 海岸工学論文集, 土木計画学研究, 水工学論文集と様々な部門が含まれる。他学会では, 日本建築学会計画系論文集, 都市計画論文集 (都市計画学会), 自然災害科学 (自然災害学会), 災害情報 (災害情報学会), 地域安全学会論文集, 日本地震工学会論文集, 国土技術政策総合研究所資料, 生産研究 (東京大学), 地震研究所彙報 (東京大学) が含まれる。

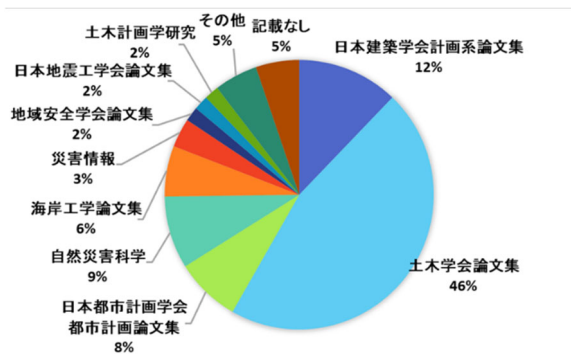


図 4-1 掲載論文集

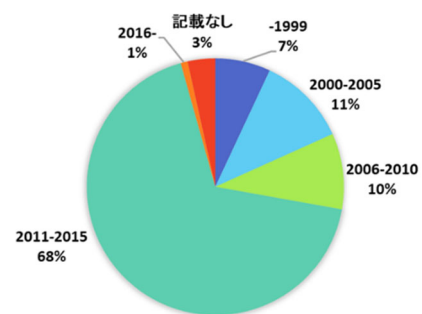


図 4-2 論文集発行年

4.3 各文献での調査内容

図 4-3 に調査方法別の分類結果を示す。実態調査・アンケート調査・ヒアリング調査・ポスティング調査を合わせた現地調査は 60%，避難シミュレーション等の解析をベースとした論文は 39%，文献調査は 1%であった。

図 4-4 に調査内容の分類結果を示す。津波発生のメカニズムや津波防御などに関する論文が 41%，人に関わる論文が 59%であった。そのうち、避難行動に関する論文は 33 編，避難行動に着目したものは 28%であった。

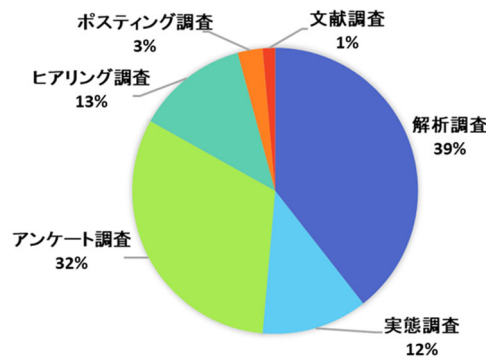


図 4-3 調査方法

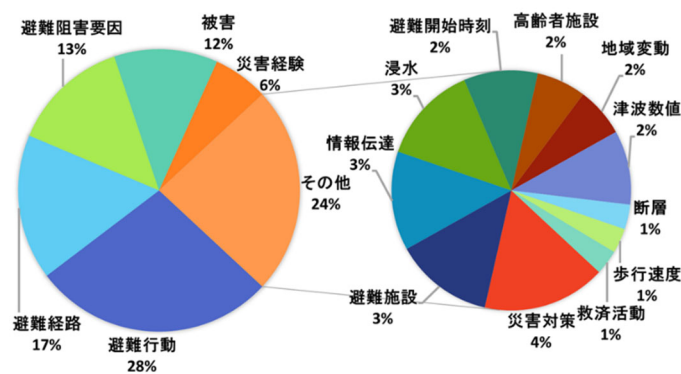


図 4-4 調査内容

4.4 まとめ

前委員会（津波等の突発大災害からの避難における諸課題に対する工学的検討手法およびその活用に関する研究委員会）で収集した文献に記載されたデータや知見等に着目した結果、いずれも貴重なデータや事例が多数掲載されているものの、他の地域でそのまま適用できるか否かといった点において言及されているものはほとんどなく、そのような観点からみると記載されたデータを直接ヴェリフィケーションへ適用することは、現状では困難であることが示唆された。今後も発表される様々な研究事例を収集し、データに基づいて津波避難の実態を継続して整理していくことが重要と考えられる。

参考文献

- 1) ピニエイロアベウタイチコンノ：市街地避難訓練時の歩道及び歩道橋階段における引率下の保育園児年齢別歩行速度，日本建築学会計画系論文集，第 79 巻，第 697 号，pp.583-588，2014
 - 2) 井原毅：東北地方太平洋沖地震における三陸地方の高地移転地域の調査報告，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.68，No.4 (地震工学論文集第 31-b 巻)，pp.1239-1249，2012
 - 3) 羽鳥徳太郎：津波による家具の破壊率，地震研究所業報，Vol.59，pp.433-439，1984
 - 4) 臼井真人：防災力向上を目的とした地域間の住民連携に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 79 巻，第 696 号，pp.571-578，2014
 - 5) 浦田淳司：津波避難時の避難開始時刻に与える事前行動の影響分析，公益社団法人日本都市計画学会，都市計画論文集，Vol.48，No.3，pp.807-812，2013
 - 6) 越村俊一：津波による人的被害軽減のための避難戦略の評価手法に関する研究，海岸工学論文集，第 50 巻，pp.1336-1340，2003
 - 7) 越村俊一：津波被害関数の構築，土木学会論文集 B，Vol.65，No.4，pp.320-331，2009
 - 8) 越村俊一：2011 年東北地方太平洋沖地震津波災害における建物脆弱性と津波被害関連，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.68，No.2，pp.336-340，2012
 - 9) 奥村与志弘：想定を超える津波からの避難の特徴と対策-宮城県志津川地区の事例分析-，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.69，No.2，pp.1366-1370，2013
 - 10) 岡部慶三：秋田県における津波警報の伝達と住民の対応，pp.355-364
 - 11) 加藤史訓：2006 年千島列島沖地震における津波からの避難の意思決定，水工学論文集，第 53 巻，pp.865-870，2009
 - 12) 河田恵昭：津波常襲地域における住民の防災意識に関するアンケート調査，海岸工学論文集，第 46 巻，pp.1291-1295，1999
 - 13) 関谷直也：東日本大震災における「避難」の諸問題にみる日本の防災対策の陥穽，土木学会論文集 F6(安全問題)，Vol.68，No.2，pp.1-11，2012
 - 14) 関谷直也：避難の意思決定構造—日本海沿岸住民に対する津波意識調査より—，自然災害科学 J.JSNDS，35 特別号，pp.91-103，2016
 - 15) 宮森保紀：釧路市における既存構造物への津波避難に関する基礎的検討，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69，No.4，pp.919-931，2013
 - 16) 宮野道雄：1993 年北海道南西沖地震による奥尻島の被害に関する検討，pp.13-21
 - 17) 牛山素行：防災情報による津波災害の人的被害軽減に関する実証的研究，自然災害科学 J.JSNDS，pp.433-442，2004
 - 18) 牛山素行：津波避難場所の観察にもとづく地域防災ワークショップ効果検証の試み，自然災害科学 J.JSNDS，pp.241-248，2009
 - 19) 近藤誠司：東日本大震災の津波襲来時における社会的なリアリティの構築家庭に関する一考察～NHK の緊急報道を題材とした内容分析～，災害情報，No.10，pp.77-89，2012
 - 20) 金井昌信：津波常襲地域における災害文化の世代間伝承の実態とその再生への提案，土木計画学研究，Vol.24，No.2，pp.251-261，2007
 - 21) 金井昌信：2011 年東北地方太平洋沖地震津波襲来時における津波避難意思決定構造の把握，災害情報，No.10，pp.91-102，2012
-

-
- 22) 金井昌信：“津波から命を守るための教訓”の検証～岩手県釜石市を対象とした東日本大震災における津波被害実態調査から～，災害情報，No.11，pp.114-124，2013
 - 23) 金井純子：徳島県内の社会福祉施設の立地特性と津波防災対策の現状，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.69，No.2，pp.1336-1340，2013
 - 24) 熊谷兼太郎：2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動への津波避難シミュレーションの適応性，国土技術政策総合研究所資料，No.742，2013
 - 25) 熊谷兼太郎：2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動への津波避難シミュレーションによる再現性の検証，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.70，No.5，pp.187-196，2014
 - 26) 桑沢敬行：津波避難の意思決定構造を考慮した防災教育効果の検討，土木計画学研究，No.23，No.2，pp.345-354，2006
 - 27) 源貴志：津波避難シミュレーションシステムの開発と地区の避難安全性評価への適応，第30回土木学会地震工学研究発表会論文集
 - 28) 後藤仁志：津波氾濫時の市街地内群衆非難の個体ベースシミュレーション，海岸工学論文集，第52巻，pp.1251-1255，2005
 - 29) 後藤洋三：スマトラ北部西方沖地震で生じたバンダアチエ住民の大規模避難行動の調査と分析，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69，No.4，pp.182-194，2013
 - 30) 後藤洋三：東日本大震災津波避難合同調査団の形成と山田町・石巻担当チームによる調査結果－データ特性分析－，日本地震工学会論文集，第15巻，第5号(特別号)，pp.118-143，2015
 - 31) 後藤洋三：東日本大震災津波避難合同調査団の形成と山田町・石巻担当チームによる調査結果－調査概要－，日本地震工学会論文集，第15巻，第5号(特別号)，pp.97-117，2015
 - 32) 高田和幸：東北地方太平洋沖地震時の自転車による津波避難の状況再現手段に関する研究－宮城県気仙沼市街地を対象として－，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69，No.4，pp.973-979，2013
 - 33) 今村文彦：津波避難数値シミュレーション法の開発と北海道奥尻島青苗地区への適用，自然災害科学 J.JSNDS，2-20，pp.183-195，2001
 - 34) 佐々木麻衣：南海トラフ巨大地震を想定した津波避難における自動車利用意向とその動機及び抑制可能性，都市計画論文集，Vol.49，No.3，pp.861-866，2014
 - 35) 佐藤太一：心理的作用を考慮した津波避難回避開始における意思決定モデルの開発，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.69，No.2，pp.64-80，2013
 - 36) 佐藤翔輔：避難先を指定しない新しい津波避難訓練手法の提案－宮城県石巻市における実践と検証－，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.69，No.2，pp.1361-1365，2013
 - 37) 佐藤翔輔：徒歩と自動車を組み合わせた津波避難計画の策定－宮城県亶理町における実践－，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.70，No.2，pp.1371-1375，2014
 - 38) 佐藤翔輔：学校・地域・行政の連携による全町一斉学校避難訓練手法の設計・実践－宮城県亶理町における試み－，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71，No.2，pp.1633-1638，2015
 - 39) 佐藤翔輔：来街者の津波避難誘導をねらいにした避難行動・誘導実験とその分析－石巻市中心市街地における事例－，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71，No.2，pp.1639-1644，2015
 - 40) 佐藤太一：認知的不協和を考慮した津波避難行動モデルの開発－避難シミュレーションへの心理的要素の導入－，地域安全学会論文集，No.10，pp.393-400，2008
 - 41) 笹圭樹：道路容量制約下での避難場所割当の変更による津波避難時間短縮効果，都市計画論文集，Vol.49，
-

No.3, pp.543-548, 2014

- 42) 三上卓：東日本大震災の津波犠牲者に関する調査分析～山田町・石巻市～，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.70, No.4 (地震工学論文集第 33 卷)，pp.908-915, 2014
- 43) 山口健太郎：東日本大震災における高齢者施設の被災と事業継続の実態に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 78 巻，第 690 号，pp.1733-1742, 2013
- 44) 山田崇史：海水浴場における津波避難施設の選択行動モデル化－神奈川県藤沢市をケーススタディとして－，都市計画論文集，Vol.49, No.3, pp.549-554, 2014
- 45) 氏原岳人：津波に対する“備え”特性の類型化と避難行動への影響－津波日常襲地域の住居者を対象として－，都市計画論文集，Vol.49, No.1, pp.120-127, 2014
- 46) 首藤伸夫：津波と防災，土木学会論文集，第 369 号，II-5, pp.1-11, 1986
- 47) 小笠原敏記：2011 年東北地方太平洋沖地震における住民避難行動に関する現地調査－和歌山県串本町を対象として－，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.69, No.2, pp.37-42, 2013
- 48) 小山真紀：東北太平洋沖地震における浸水状況を考慮した市町村別・年齢階級別死者発生状況，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69, No.4, pp.161-170, 2013
- 49) 小川雅人：津波避難ビルの建築的特徴と地域的傾向に関する研究－南海トラフ巨大地震に伴う被害想定地域を対象として－，日本建築学会計画系論文集，第 80 巻，第 707 号，pp.221-230, 2015
- 50) 松林由里子：2011 年東北地方太平洋沖地震にともなう岩手県における小・中学校の津波避難行動，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.68, No.2, pp.1321-1325, 2012
- 51) 松林由里子：岩手県沿岸における漁船の津波避難について，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.70, No.2, pp.1376-1380, 2014
- 52) 松林由里子：東北地方太平洋沖地震津波時とその後の岩手県の小中学校での津波避難行動，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.70, No.2, pp.1341-1345, 2014
- 53) 松林由里子：東日本大震災における岩手県野田村での徒歩と自動車による避難行動について，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71, No.2, pp.1627-1632, 2015
- 54) 照本清峰：実践的津波避難訓練の計画と試行，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.68, No.5, pp.63-74, 2012
- 55) 照本清峰：防災まちづくりと防災教育の連携による実践的津波避難訓練の効果と課題，都市計画論文集，Vol.47, No.3, pp.871-876, 2012
- 56) 照本清峰：観光地における津波避難体制の課題とあり方に関する一考察－白浜町・白良浜地域における津波避難訓練をもとにした検討－，都市計画論文集，Vol.48, No.3, pp.795-800, 2013
- 57) 照本清峰：津波避難行動と親水危険性に関する地域住民の認識と津波避難対策の課題－和歌山県海南市を事例として－，自然災害科学 J.JSNDS, pp.261-278, 2013
- 58) 照本清峰：自動車利用を含めた津波避難ルール(案)に関する地域モデルの形成－和歌山県みなべ町を事例とした実践に基づく検討－，都市計画論文集，Vol.50, No.3, pp.423-430, 2015
- 59) 森伸一郎：新聞記事分析による東北地方太平洋沖地震時の住民の津波避難行動，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，pp.942-957, 2013
- 60) 神吉優美：悉皆アンケート調査からみた東日本大震災における高齢者施設の被災実態および復旧状況に関する考察，日本建築学会計画系論文集，第 78 巻，第 691 号，pp.1891-1900, 2013
- 61) 神原康介：東日本大震災時における高齢者の緊急避難行動の実態と集落環境による影響－リアス式海岸沿い集

-
- 落・赤浜のケーススタディー, 日本建築学会計画系論文集, 第 79 巻, 第 701 号, pp.1593-1602, 2014
- 62) 杉本晃洋: 避難意思決定に及ぼす東日本大震災の影響, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, pp.132-137, 2012
- 63) 西畑剛: 気仙沼地点における津波シミュレーション, 海岸工学論文集, 第 21 巻, pp.163-168, 2005
- 64) 西畑剛: 沿岸防災施設による津波時の人的被害軽減効果について, 海岸工学論文集, 第 22 巻, pp.565-570, 2006
- 65) 西畑剛: 津波からの避難車両のモデル化と渋滞等の評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.1316-1320, 2012
- 66) 石原凌河: 津波常襲地域における生活防災意識の構造に関する研究—徳島県阿南市を事例として—, 都市計画論文集, Vol.47, No3, pp.1069-1074, 2012
- 67) 石原凌河: 津波常襲地域における災害伝承の実態とその効果に関する研究—生活防災に着目して—, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5, pp.101-114, 2013
- 68) 早川哲史: 津波発生時における避難行動開始モデルの提案とその適応, 自然災害科学 J.JSNDS, pp.51-66, 2002
- 69) 増本憲司: 観光地海岸利用医者の津波に対する避難行動と避難意思決定に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.1316-1320, 2010
- 70) 孫英英: 南海トラフの巨大地震・津波を想定した防災意識と避難行動に関する住民意識調査, 災害情報, No.11, pp.68-79, 2013
- 71) 村尾修: 岩手県沿岸部津波常襲地域における住宅立地の変遷—明治および昭和の三陸大津波被災地を対象として—, 日本建築学会計画系論文集, 第 77 巻, 第 671 号, pp.57-65, 2012
- 72) 大原美保: 南海トラフ沿岸域における将来的な人口変動を考慮した津波減災戦略に関する検討, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp.710-717, 2014
- 73) 大塚久哲: 立地条件を考慮した東北地方太平洋沿岸地域の津波避難支援, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4, pp.1081-1090, 2012
- 74) 大野沙知子: 新聞記事を用いた東日本大震災における津波避難行動に関する考察, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5, pp.75-89, 2013
- 75) 谷下雅義: 東北地方太平洋沖地震津波による南三陸町行政区別犠牲者率の影響要因, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp.66-70, 2014
- 76) 中野晋: 災害時アクションガードを活用した学校の津波防災管理の高度化, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.1331-1335, 2013
- 77) 田村保: 街路閉塞を考慮した津波浸水時の避難シミュレーション手法の適用, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1286-1290, 2005
- 78) 田中重好: 津波からの避難行動の問題点と警報伝達システムの限界, 自然災害科学 J.JSNDS, pp.183-195, 2006
- 79) 田中岳: 2011 年東北地方太平洋沖地震津波に対する北海道沿岸域住民の避難行動調査, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.1, pp.48-63, 2013
- 80) 渡辺公次郎: 津波防災まちづくり計画支援のための津波避難シミュレーションモデルの開発, 日本建築学会計画系論文集, 第 74 巻, 第 637 号, pp.627-634, 2009
- 81) 土肥裕史: コミュニティにおける津波避難初期過程のシミュレーションモデルの開発, 土木学会論文集 B2(海
-

-
- 岸工学), Vol.70, No.2, pp.1356-1360, 2014
- 82) 島田富美男: 津波による人的被害予測に関する一考察, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.361-365, 1999
- 83) 島田広昭: 避難訓練データを援用したマルチエージェントモデルによる海水浴場利用者の安全避難に関する検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.1346-1350, 2014
- 84) 東京大学社会情報研究所「災害と情報」研究会: 1993年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達—巨大津波と避難行動—, 1994
- 85) 東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班: 1983年5月日本海中部地震における災害情報の伝達と住民の対応—秋田県の場合—, 1985
- 86) 東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班: 1982年浦河沖地震と住民の対応, 1982
- 87) 東野誠: ヘドニック・アプローチを用いた津波災害リスクに対する住民意識の評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.1381-1386, 2015
- 88) 藤岡正樹: 津波避難対策のマルチエージェントモデルによる評価, 日本建築学会計画系論文集, 第562号, pp.231-236, 2002
- 89) 藤生慎: 言語解析を用いた東北地方太平洋沖地震による津波からの避難実態分析—宮城県気仙沼市の被災者を対象として—, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.798-806, 2013
- 90) 藤本一雄: 千葉県北東部沿岸地域の津波避難に関する考察—主に2011年東北地方太平洋沖地震と2010年チリ地震における千葉県銚子沿岸住民の津波避難行動の比較から—, 自然災害科学 J.JSNDS, pp.23-33, 2012
- 91) 二神透: 津波避難地域を対象とした要援護者支援システムの開発, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.69, No.2, pp.1-6, 2013
- 92) 梅本通孝: 住民アンケートに基づく避難行動特性を考慮した津波避難リスク評価の試み—茨城県神栖市におけるL2津波想定を対象として—, 都市計画論文集, Vol.49, No.3, pp.327-332, 2014
- 93) 富田孝史: 東北地方太平洋沖地震時における防波堤による浸水低減効果検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.156-160, 2012
- 94) 福田崇紀: 地方都市における津波避難計画策定のための自動車利用避難シミュレーションの適応, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, No.5, pp.85-92, 2014
- 95) 米山望: 2011年東北地方太平洋沖地震津波の釜石湾における挙動の数値解析, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.161-165, 2012
- 96) 片田敏孝: 住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から—, 土木学会論文集, No.789, II-71, pp.93-104, 2005
- 97) 片田敏孝: 希望者参加型の防災実践の限界—津波避難個別相談会の実施を通じて—, 土木学会論文集 F5(土木技術者実践), Vol.67, No.1, pp.1-13, 2011
- 98) 北原武嗣: 高低差を考慮した津波災害時の群衆非難における経路選択に関する一検討, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.1067-1075, 2013
- 99) 牧野秀成: 船舶ビッグデータを用いた津波の動向把握に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.1421-1425, 2014
- 100) 牧野嶋文泰: 歩者混在を考慮した津波避難シミュレーションの開発—2011年東日本大震災での気仙沼市での検証—, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, pp.1645-1650, 2015
- 101) 本内洋平: 津波被害を想定した自動車避難シミュレーションについて, pp.1-5
- 102) 木村圭佑: マルチエージェントシミュレーションによる西宮広域津波避難訓練の再現と考察, 土木学会論文
-

-
- 集 B1(水工学), Vol.71, No.4, pp.1375-1380, 2015
- 103) 目黒公郎：津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発, 生産研究, 研究速報, 54 巻 4 号, pp.155-159, 2005
- 104) 野村尚樹：輪島市臨港地域における地震津波災害に対する住民意識と地域防災力向上に関するアンケート調査, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.1002-1012, 2013
- 105) 矢代晴実：地域ごとの津波避難計画策定に関する事例紹介, 日本建築学会技術報告集, 第 19 号, P359-364, 2004
- 106) 柳原純夫：東日本大震災における石巻市内での避難行動－移動パターン・移動距離からの分析－, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.1013-1020, 2013
- 107) 柳澤英明：東北地方太平洋沖地震津波による家屋被害路 fragility 関数, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.1401-1405, 2012
- 108) 鈴木介：住民意識・行動を考慮した津波避難シミュレーションモデル, 自然災害科学 J.JSNDS, pp.521-538, 2005
- 109) 鈴木進吾：東北地方太平洋沖地震津波の人的被害に関する地域間比較による主要原因分析, 地域安全学会論文集, No.15, pp.179-188, 2011
- 110) 鷺見浩一：千葉県旭市における 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波被害調査, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.1411-1415, 2012
- 111) 斎藤徳美：1989 年三陸沖地震の津波に関する住民の意識・行動解析, 自然災害科学, pp.49-63, 1990
- 112) 斎藤崇：マルチエージェントシミュレーションの津波避難問題への適応－奥尻島青苗地区をモデルとして－, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No.77, pp.119-122, 2004
- 113) 諫川輝之：津波避難に対する住民の意識および避難行動の移行についての空間的考察－千葉県御宿町を対象として－, 日本建築学会計画系論文集, 第 75 巻, 第 648 号, pp.395-402, 2010
- 114) 諫川輝之：津波発生時における沿岸地域住民の行動－千葉県御宿町における東北地方太平洋沖地震前後のアンケート調査から－, 日本建築学会計画系論文集, 第 77 巻, 第 681 号, pp.2525-2532, 2012
- 115) 諫川輝之：住民の地域環境に対する認知が津波避難行動に及ぼす影響－千葉県御宿町の事例から－, 日本建築学会計画系論文集, 第 79 巻, 第 705 号, pp.2405-2413, 2014
-

5. まとめと今後の課題

5.1 まとめ

ヴァリデーシオンデータベースの構築と公開をまだ達成していない状況ではあるが、データの収集とそのデータの内容からヴァリデーシオンを行ったのちの避難シミュレーションの位置づけについて考えてみたい。人間の避難行動には心理的側面が大きく影響する為か、避難シミュレーションについては懐疑的な見方をする研究者も少なくない。確かに、個々人がいつ避難行動を始めるのか、そもそも避難行動を開始してくれるのかはシミュレートは範疇とはしていない。しかしながら避難行動も物理行動である限り、人間行動において物理的側面に支配される部分が多くを占めることは間違いない。ヴァリデーシオンデータとして収集を行っている避難に関わるデータは、災害時や避難訓練における個々の人間の行動であり、どのような状況でも個々人が普遍的に同一の行動を行うとは考えにくい。集団全体の行動として全く異なる現象が起こるとも考えにくい。このようにヴァリデーシオンデータに裏付けられた避難シミュレーションをその特性を適切に踏まえてどのように社会で活用していくのかを考える時期に来ているのではないだろうか。

防災計画の策定においても、策定した計画の有効性の検証に役立てることは重要な役割となるだろう。検証で明らかにしたい項目を見極め、その目的に相応しいヴァリデーシオンデータの構築にも努める必要もあるだろう。

義務化された防災教育に対しても、有効なツールとなる必要があるだろう。ボードゲームの要素を取り込んだDIGのような防災教育ツールが既に開発されているが、今後は避難シミュレーションの技術を取り入れたよりインターアクティブなツールを作り出していくことができるだろう。

5.2 今後の課題

避難シミュレーションのヴァリデーシオンデータベースの構築を目標として、研究委員会活動を開始したが、残念ながら目標を達成することが出来なかった。しかしながら、工学的に有用なツールとしての避難シミュレーションの解析技術のあるべき姿の具体化に多少なりとも寄与できたと信じている。

現状で、ヴァリデーシオンに裏付けされた解析による避難シミュレーションを行うことはまだまだ難しいことを確認する研究委員会活動となってしまったが、その可能性に関しては、上述の活動報告から十分に感じ取ることが出来ると思う。今後も、

1. 調査データの裏付けを意識したシミュレーション解析の実施
2. シミュレーションでの活用を意識した避難に関する調査活動の継続

が避難シミュレーション解析のヴァリデーシオンデータの構築に向けた基本的な研究活動となることだろう。

この分野でのデータの蓄積を待つて、一旦、避難に関する研究委員会活動の幕を降ろそうと思う。

6. 巻末資料

6.1 活動報告サマリー

津波避難に対する工学的検討手法活用の環境整備に関する

研究委員会

株式会社J建築検査センター 甲斐芳郎

1. 委員会設立目的

2018年に設けられた「大規模津波からの避難における諸課題に対する工学的検討手法およびその活用に関する研究委員会」の成果として、実際の自治体やその傘下の防災組織と協力し研究に必要なデータの収集を行い、それらを用いた避難シミュレーション解析結果を現地に提示することで、津波避難における課題解決の支援を行うことができた。一方で信頼性のあるシミュレーション解析を確立するためには、そのヴァリデーシオンに必要な基礎データの整備が必須であることが明らかになってきた。

そこで、先の委員会と同様に、津波避難の実態調査、避難シミュレーション、避難対策などの専門分野にかかわる研究者を総合し、これらを横断する形で避難に対する工学的で合理的な検討を行い、その検討結果の実社会での活用を促すことを目的に2020年に本委員会を設立した。

2. 活動概要

上記目的を達成するために避難シミュレーション部会、内水氾濫避難データベース部会、津波避難データベース部会の3部会の体制を作成し、委員会立上げの条件として中経前会長をはじめ理事会に約束していたヴァリデーシオンデータベースの構築と公開に向けての活動を進めることとした。

実際の委員会活動は、コロナ禍のなか委員会の会合はリモート開催に限られ、具体的な委員会活動を対外的に広報しての委員募集も十分に行うこともかなわず、極めて限定的な活動を強いられることとなった。その結果、の活動成果として構築したデータベースの公開を実現することはかなわなかった。しかしながら、以下に示すように、避難シミュレーションのヴァリデーシオンに必要なデータを具体的に収集する方策を具体化し、ヴァリデーシオンデータに基づく科学的解析ツールとしての避難シミュレーションの位置づけを明確にしたことで一定の成果は得ることができたと考えている。

3. 避難シミュレーションの活用方策の検討

2. で検討した通り、避難シミュレーションの位置づけを明確するために、津波や洪水避難に対し、現時点において可能なことは何かを検討した。

検討手法として、2018年7月豪雨で氾濫した岐阜県関市武儀地区を対象に(図-1参照)、河川氾濫からの避難シミュレーション(降雨予測→洪水計算→氾濫計算→避難シミュレーション)を例とした。



図-1 対象領域

3. 1 システムの概要

計算システムの全体像を図-2に示す。降雨予測のモデルとしてWRF¹⁾を用い、WRFで算出した予測降雨を用いて行う河川計算には、山地流出と洪水氾濫計算を一体的に解析できるRRIモデル²⁾を用いる。また、RRIモデルで計算した時系列の浸水深データを元に、避難速度や群衆ポテンシャルなどの属性を個々に設定できるマルチエージェント型避難モデル³⁾を用いて避難シミュレーションを行った。

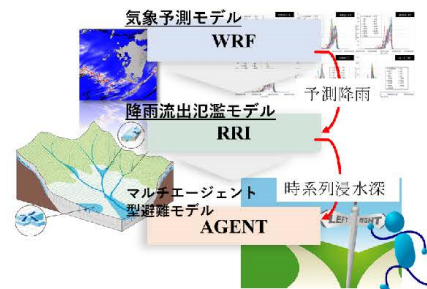


図-2 計算システムの全体像

3. 2 河川水位予測

WRFの予測雨量を用いて集水域の境界における河川流量を求め河川水位ならびに、浸水計算を実施した。図-3にその例を示す。聞き取り調査を行った「まぶち(51,195)前では、氾濫開始が2018/7/5/ 6:50UTCとな

っており、集水域からのピーク流量と避難対象領域にピーク雨量が重なることで、河川水位の急激な立ち上がりが生じたことが示され、状況は定性的には、聞き取り状況と一致していると思われる。

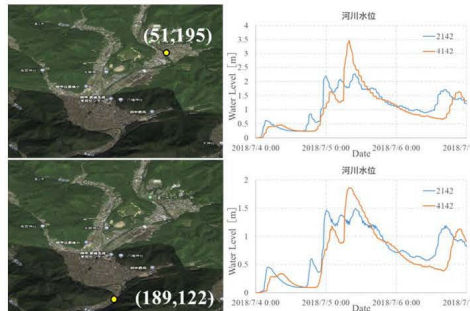


図-3 避難対象領域の河川水位の時系列

3.3 避難検討

ランダムに人を 1000 人配置した。避難者の初期歩行速度は、1.0 m/s に設定した。危険水位となる時刻は解析開始から 20 時間後、また氾濫開始水位となる時刻が 30 時間後であるため、危険水位から氾濫開始水位に達する前後で避難開始時間の設定を行なった。

最寄りの避難所まで最短経路を選択して避難した場合、危険水位に達した 20 時間後時点で避難を開始する事で、浸水被害に遭わずに避難する事ができている。一方、氾濫水位に達した 30 時間後時点で避難を開始した場合、2%程度、洪水に遭遇(死亡者と定義)しており、危険な状態であることがわかった。

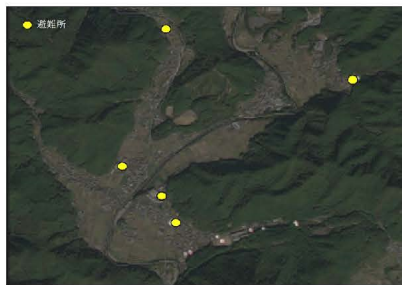


図-4 解析終了時における死亡者位置

図-4 は、氾濫水位に到達した時点で避難を開始した場合における、解析時間終了後の死亡者の位置について示したものである。赤点線で囲まれた部分は氾濫水位に達した時点で浸水が生じていたため、その付近にいた避難者が最寄りの避難所に向かう途中で浸水被害に遭い死亡していた。そのため、そのような避難者が避難所に向かう際には、予測浸水到達時間を活用して浸

水遭遇を回避した避難経路の選択し、避難する事で被害の低減が見込める可能性があることがわかる。本件等から、現時点においては、シミュレーションを用いて、このような脆弱性評価に活用できると考えられる。

4. おわりに

ヴァリデーシオンデータベースの構築と公開がまだ実現していない状況ではあるが、データの収集とそのデータの内容からヴァリデーシオンを行ったのちの避難シミュレーションの位置づけについて考えてみたい。

人間の避難行動には心理的側面が大きく影響する為か、避難シミュレーションについては懐疑的な見方をする研究者も少なくない。確かに、個々人がいつ避難行動を始めるのか。そもそも避難行動を開始してくれるのかはシミュレートする範疇とはしていない。しかしながら避難行動も物理行動である限り、人間行動において物理的側面に支配される部分が多くを占めることは間違いない。ヴァリデーシオンデータとして収集を行っている避難に関わるデータは、災害時や避難訓練における個々の人間の行動であり、どのような状況でも個々人が普遍的に同一の行動を行うとは考えにくい。集団全体の行動として全く異なる現象が起こるとも考えにくい。今後はこのようなヴァリデーシオンデータに裏付けられた避難シミュレーションをその特性を適切に踏まえてどのように社会で活用していくのかを考える時期に来ているのではないだろうか。

防災計画の策定においても、策定した計画の有効性の検証に役立てることは重要な役割となるだろう。検証で明らかとしたい項目を見極め、その目的に相応しいヴァリデーシオンデータの構築にも努める必要もあるだろう。

義務化された防災教育に対しても、有効なツールとなる必要があるだろう。ボードゲームの要素を取り込んだ DIG のような防災教育ツールが既に開発されているが今後は避難シミュレーションの技術を取り入れたよりインターアクティブなツールを生み出していくことができるだろう。

参考文献

- 1) Skamarock, W. C., and Coauthors : A description of the Advanced Research WRF version 3., NCAR Tech. Note NCAR/TN-4751STR, 113 pp.,2008.
- 2) 佐山敬洋・岩見洋一, 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料, 56-6, 2014
- 3) 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ション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.

6.2 活動報告

003-3 津波避難の工学的検討手法研究委員会 2020年度活動報告

(2021年2月1日作成)

1. 委員会／部会の概要

委員会／部会名	津波避難に対する工学的検討手法活用の環境整備に関する研究委員会 (委員長：甲斐芳郎)	記入者：甲斐 芳郎
所管委員会／部会	研究統括委員会	担当理事：秋山副会長
設置期間	2020年 4月1日～2022年 3月31日	
設置目的	津波避難シミュレーションにおけるヴァリデーションを可能とする環境整備	
今年度委員構成 (委員名(所属))	委員長 甲斐芳郎 (J建築検査センター) 幹事長 佐藤誠一 (日本工営) 幹事兼部会長 有川太郎 (中央大学), 仲村成貴 (日本大学), 小山真紀 (京都大学) 委員	
委員数	5名	

2. 2020年度活動報告

項目	内 容
2020年度活動報告 (200字程度)	年度初めに当たり、ヴァリデーションデータベース構築に向けての具体的なアクションプランを定め、その実行に必要な組織づくりとして避難シミュレーション部会(部会長 有川)、内水氾濫避難データベース部会(部会長 小山)、津波避難データベース部会(部会長 仲村)の体制とすることにした。この方針に従い、8月を目途に活動計画を公表し、広く新規委員を募集する予定としていたが、新型コロナの影響で自重することとなった。3月に報告会を開催することを計画しており、それを契機に活動を再開する予定である。
委員会開催回数	委員会 1回/その他WG等 回(オンライン会議、メール審議を含む)
講習会・セミナー等の開催実績 (シンポジウム・研究会・見学会等)	■ (名称) 参加者 名 (資料名) 部
次年度への 申し送り事項	

3. 年間活動の記録

実施月	当初計画	実施結果
2020年 4月		
5月	・2020年度 第一回研究委員会開催	・2020年度 第一回研究委員会開催
6月		
7月		
8月	・2020年度 第二回研究委員会開催	
9月		
10月		
11月	・2020年度 第三回研究委員会開催 ・高知県自治体津波避難訓練への参加	
12月		
2021年 1月		
2月	・2020年度 第四回研究委員会開催	
3月		
4月		
5月		
6月		
7月		
8月		
9月		

003-3 津波避難の工学的検討手法研究委員会 2021年度活動報告

(2022年1月5日作成)

1. 委員会／部会の概要

委員会／部会名	津波避難に対する工学的検討手法活用の環境整備に関する研究委員会 (委員長：甲斐芳郎)	記入者： 甲斐芳郎
所管委員会／部会	研究統括委員会	担当理事： 松岡副会長
設置期間	2020年 4月1日～2022年 3月31日	
設置目的	津波避難シミュレーションにおけるヴァリデーションを可能とする環境整備	
今年度委員構成 (委員名(所属))	委員長 甲斐芳郎 (J建築検査センター) 幹事長 佐藤誠一 (日本工営) 幹事兼部会長 有川太郎 (中央大学), 仲村成貴 (日本大学), 小山真紀 (岐阜大学) 委員 別途	
委員数	5名	

2. 2021年度活動報告

項目	内 容		
2021年度活動報告 (200字程度)	避難シミュレーション部会(部会長 有川)、内水氾濫避難データベース部会(部会長 小山)、津波避難データベース部会(部会長 仲村)の体制でヴァリデーションデータベース構築に向けての活動を進める予定であったが、コロナ禍中で十分な活動ができなかったため、避難シミュレーションの活用に関する社会実装に焦点を当てた取り組みを行っている。具体的には、平成30年7月豪雨被災地域である岐阜県関市の津保川周辺におけるシミュレーションと地区防災計画策定をリンクさせた取り組みを行っている。		
委員会開催回数	委員会 2回/その他WG等 1回(オンライン会議、メール審議を含む)		
講習会・セミナー等の開催実績 (シンポジウム・研究会・見学会等)	■(名称) (資料名)	参加者	名 部
次年度への 申し送り事項			

3. 年間活動の記録

実施月	当初計画	実施結果
2021年 4月		
5月	・2021年度 第一回研究委員会開催	
6月		・2021年度 第一回研究委員会開催
7月		
8月	・2021年度 第二回研究委員会開催	
9月		・2021年度 第二回研究委員会開催
10月		
11月	・2021年度 第三回研究委員会開催 ・高知県自治体津波避難訓練への参加	
12月		・三重県、岐阜県における避難訓練参加及び 避難に関する調査
2022年 1月		
2月	・2021年度 第四回研究委員会開催	
3月	・成果報告会	・2021年度 第三回研究委員会開催
4月		
5月		
6月		
7月		
8月		
9月		

6.3 委員会議事録

実施した委員会会合（4回）の議事録を以下に示す。

実施日	参加者	開催方式	論点と主な結論
2020/5/8	甲斐, 有川, 佐藤	WEB	<p>■新規委員会の到達目標と進め方</p> <ul style="list-style-type: none"> ・津波避難に加え内水に対する避難を対象事象とする ・避難行動（人間行動）シミュレーションのヴァリエーションに必要なデータベース構築を到達点とする
2021/6/7	甲斐, 有川, 小山, 仲村, 佐藤	WEB	<p>■昨年度の振り返りと本年度の研究方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2020年度はコロナ禍の影響もあり、予定していた避難訓練への参加等もできなかったため、机上検討が主となった。机上検討としては2018年豪雨で氾濫した岐阜県関市を対象とした河川氾濫からの避難シミュレーションを例とした避難検討を実施した。 ・2021年度は徐々に世の防災活動も再開されてくる中、積極的な研究活動を行っていくことを確認。 ・避難訓練の参加と本研究へのフィードバックは、津波避難だけでなく内水氾濫もターゲットとする等多面的な研究活動を行う。
2021/9/3	甲斐, 有川, 小山, 仲村, 佐藤	WEB	<p>■実地調査方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三重県紀宝町（津波）、岐阜県関市（内水氾濫）を対象とし、有川委員主体にて行う（具体日程は今後調整するが、年内に実施）。 ・岐阜県関市については、アンケート調査も小山委員主体にて行う。
2022/3/15	甲斐, 有川, 佐藤	WEB	<p>■委員会成果取りまとめ方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本委員会2年間の成果として、有川先生、小山先生で実施した岐阜と三重のシミュレーション結果を1, 2枚でまとめる。 <p>■次期委員会の継続について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・次期委員会の方向性について甲斐先生がたたき台を作成し、議論を進める

以上