

# 21世紀 ひょうご

## 巻頭言

(公財) ひょうご震災記念 21 世紀研究機構副理事長兼  
人と防災未来センター長

河田 恵昭

特集

## 南海トラフ地震等、巨大災害が迫る

- 南海トラフ地震・首都直下地震はどのように国難級なのか  
名古屋大学大学院環境学研究科 研究科長／教授 山岡 耕春
- 南海トラフ巨大地震に伴う災害関連死  
関西大学社会安全学部 教授 奥村与志弘
- 南海トラフ地震の経済被害シミュレーション  
兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授 井上 寛康
- 南海トラフ地震臨時情報と南海トラフ地震連続発生確率  
東北大学災害科学国際研究所 准教授 福島 洋
- 避難訓練再考－「命を守る」に本当につながっているか  
京都大学防災研究所巨大災害研究センター センター長 矢守 克也

## トピックス

- 令和5年度 21 世紀減災社会シンポジウム
- 第 12 回自治体災害対策全国会議

# C CONTENTS

## 巻頭言 ..... 1

(公財) ひょうご震災記念 21 世紀研究機構副理事長兼人と防災未来センター長 河田 恵昭

特集

## 南海トラフ地震等、巨大災害が迫る

- 南海トラフ地震・首都直下地震はどのように国難級なのか ..... 3  
名古屋大学大学院環境学研究科 研究科長／教授 山岡 耕春
  - 南海トラフ巨大地震に伴う災害関連死 ..... 19  
関西大学社会安全学部 教授 奥村 与志弘
  - 南海トラフ地震の経済被害シミュレーション ..... 34  
兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授 井上 寛康
  - 南海トラフ地震臨時情報と南海トラフ地震連続発生の確率 ..... 43  
東北大学災害科学国際研究所 准教授 福島 洋
  - 避難訓練再考－「命を守る」に本当につながっているか ..... 56  
京都大学防災研究所巨大災害研究センター センター長 矢守 克也
- 
- トピックス ● 令和5年度 21 世紀減災社会シンポジウム要旨 ..... 70
- 第 12 回自治体災害対策全国会議要旨 ..... 74

21 世紀  
ひょうご  
2024 vol. 36



(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長・  
人と防災未来センター長

河田 恵昭



かつて、ひょうご21世紀研究機構の理事長だった貝原俊民氏から、南海トラフ巨大地震に関する小説を書いてくれば、それをTVドラマにする努力をしましょう、という提案をいただいたことがあった。でもお断りした。理由は、巨大な地震をテーマにした「日本沈没」の執筆に、著者の小松左京が8年も要したことを知ったからである。文才の有無はさておき、当時そのような長時間を執筆に費やす余裕はなかった。しかし、これは昨年3月に実現できた。NHKスペシャルでドラマ仕立ての「南海トラフ巨大地震」が放映され、大好評をうけてDVDに編集され、市販されている。放送の1年近く前から、NHKの関係者らと話し合う機会を何度も得て、番組の内容に助言できた。NHKスペシャルなどの特別番組で、専門家が解説するという従来の方法から、身近な話題のドラマの方が訴える力は大きい。高視聴率がそれを示している。

さて、昨年は関東大震災100年だった。そして、帝都復興計画を提案した後藤新平を高く評価する流れが定着した感がある。彼が主張したことが完全に実行されておれば、現在の東京はもっと輝いていただろうと思う。しかし、彼に気づいて欲しかったことは、復興という事業には、いつまでに達成しなければならないというような時限がないということだった。たとえ100年以上かけても、実行する価値のある計画であることをもっと強く主

張して欲しかった。復興事業を有限期間に終わると考える当時の官僚や政治家にとって、彼が主張した膨大な予算額はそれだけで実行不可能であり、反対の理由となった。関東大震災からの復興事業は、現在も続いているのである。たとえば、直面している東京一極集中は、大震災からの復興過程に発生した深刻な問題の一つなのである。しかも、防災戦略だけでは大災害に勝てず、防災戦術も必要である。創造的復興には、両者を兼ね備えた防災研究者が必要である。筆者自身も反省するところがある。それは、阪神・淡路大震災直後、災害復旧・復興事業の最終目標は、被災者の生活再建であると思い込んでいたことである。昨年12月に3泊4日の日程で、防災研究者ら21名と東日本大震災の被災地を訪問し、自治体関係者と意見を交わしたが、いずれも新たな復興事業に難渋していた。震災後の新しい課題が山積しているのである。つまり、被災社会は時代とともに変化しているのである。復興はそれを取り込まなければならない。それに対して、有限期間の復興計画などおかしいのである。被災自治体の職員は、“時限のない復興戦略と戦術”の重要性を多くの復興事業を具体化する過程で学習したともいえる。

この教訓は、南海トラフ巨大地震の発生危険性が高まる現在、貴重である。なぜなら事前復興計画の重要性が指摘されているが、そ

の計画が、災害が発生した途端に未来永劫続くというような視点は、残念ながら皆無である。限られた年限で達成しようとするから無理が発生する。そのような観点に立てば、防災研究においてもっとも大切な視点は、「いかにして被害を減らすか」ということである。被害が大きくなればなるほど復興事業が長期化するからだ。しかし、この課題の研究は困難である。多分野の基礎知識が必要であり、共同研究は必須である。とくに防災研究者は、最初の被害が物理過程で起こるから、最低限でも理工学的知識をもっていなければならない。英語のハザードを理解して、被害を伴うディザスターに取り組むのが基本である。日本語はあいまいで、災害という言葉でひとくくりしている。だから、災害のメカニズムに関する素養がない研究者だけで、いきなりディザスターを対象に議論する共同研究は、そもそも噴飯ものであるとってよいだろう。なぜなら、災害に被災することの悲惨さは、日常的な知識だけでは到底、理解不可能だからである。被災現場を訪問すれば、深刻さを理解できると主張する人は多い。素人であればそれは許されるだろう。しかし、防災研究者と名乗りたいのであれば、自らの実践的研究を通してその深刻さを深く理解し、解決に日々苦悩しなければ失格である。

南海トラフ巨大地震の発生が切迫性を高める現在、残された時間は少ない。実効性の高い対策を講じるためにも、「いかにして被害を少なくできるか」という最重要課題に挑戦する研究者が、いま必要なのである。これは3年間も世界を席卷してきたコロナ。パンデミックについても言えることであり、新型ワクチンを開発した研究者がノーベル医学・生理学賞を受賞したのも当然であろう。2000

年初頭から、南海トラフ巨大地震と首都直下地震のような国難災害にどのように対処すればよいかを研究してきた筆者にとって、社会現象としての「相転移」を発見し、これを減災・縮災に応用する方策を最近開発することができ、これに呼応しておよそ10年ぶりに両者の新たな被害想定が実施されることになっている。新しい視点として、被害が大きくなる相転移を事前に見出すことができれば、減災・縮災が実現できる。

この画期的な研究成果に基づいて従来の対処計画が更新されることを切に望みたい。それが確実視される今日、本論文集の出版がその新たな一歩につながることを期待したい。

# 南海トラフ地震・首都直下地震は どのように国難級なのか

名古屋大学大学院環境学研究科  
研究科長／教授

山岡 耕春



## 1. はじめに

日本に住む以上は、どこに住んでいても地震対策は欠かせない。ほぼ毎年のように日本の各地で被害を伴う地震が発生している。この原稿執筆中の2024年1月1日には能登半島の北部沿岸を震源とするマグニチュード(M) 7.6の地震が発生した。この地震を発生させた断層の長さは100km以上にも及び、断層がずれ始めてからずれ終わるまで40秒もの間、強い揺れを発生し続けた。震源断層面の直上にある輪島市や珠洲市の被害は甚大であり、多くの家屋が倒壊などの被害を受けた。また土砂崩れなどで道路が寸断され、救援の遅れを招いた。振り返ってみると、2016年には熊本県を震源とする熊本地震(M6.5)が発生、益城町で2回の震度7を記録した他、阿蘇市では多数の土砂崩れがあり、阿蘇大橋が破壊された。2011年の東日本大震災をもたらした東北地方太平洋沖地震はプレート境界で発生したM9.0となる超巨大地震であり、地震時にずれ動いた断層は岩手県沖から茨城県沖にかけての長さ500km幅200kmに及んだ。津波も発生し東北地方から関東地方の沿岸に大きな被害をもたらした。このように、我が国では大地震が頻繁に発生し、強い揺れや津波によって大きな被害が発生してきた。

ここで話題にする南海トラフ地震と首都直下地震はそれらの中でも特に大きな被害が予想される地震で、日本の経済にも深刻な影響を与えると考えられている。南海トラフ地震は駿河湾から四国沖にかけての南海トラフ沿いで発生する地震であり、過去90～200年おきに繰り返して発生してきた。最後の地震は1944年東南海地震および1946年南海地震であり、すでに80年の時間が経過している。一旦発生すれば、日本の製造業が集中している太平洋ベルト地帯に大きな被害を発生させる可能性が高い。首都直下地震は、1703年の元禄関東地震(M7.9～8.2)や1923年の大正関東地震(M7.9)とは別に発生するM7クラス地震である。首都圏に本当に大きな被害をもたらすのはこの関東地震型の巨大地震であるが、次の地震までには100年程度の時間があることから当面は首都直下地震に対する対策が進められている。

## 2. 地震動予測地図をみると

### 2-1. 地震動予測地図でわかること

地震現象とは、地下の岩盤が突然壊れて断層としてずれ動き、その際に発生した振動が地面の中を伝わっていく現象である。地震と言えどかく活断層が話題になり、地図上に

1 USGS ホームページ Noto Peninsula, Japan Earthquake <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000m0xl/executive>

線で示された活断層からの距離のみを気にする傾向にある。しかし、実際に災害に直接つながるのは活断層ではなく、地震によるゆれである。活断層からの距離が地震の揺れの大小に影響することは間違いないが、逆断層のように断層面が地下で斜めに広がっている場合には、その断層面の直上は強い揺れに見舞われる。また表層地盤の固さの違いも、実際の地震の揺れの大小に影響する。1995年に発生した阪神淡路大震災は、神戸市街地の北側で六甲山の麓を通る六甲・淡路島断層帯が動き、強い揺れによる大災害につながった。その結果、当時、活断層が社会的に大きな話題となり、自分たちの住居近傍における活断層の有無に関心が集まった。この阪神淡路大震災をきっかけとして設立された地震調査研究推進本部（地震本部）は、日本全国の地震ハザードをまとめるにあたり、災害は地震の

揺れにより発生することに着目し、「全国を概観した強震動予測地図」（現在は、確率論的地震動予測地図と呼んでいるので、ここでは地震動予測地図と呼ぶ）を公表した。

図1に地震本部が作成した地震動予測地図の2020年版を示す。最新の地震動予測地図は、WEB上にあるJ-SHIS地震ハザードステーションで詳細に見ることができる。図1は、今後30年間に震度6弱以上に見舞われる確率について、全国の各地点について示し、濃く塗られた場所が強い揺れに見舞われる確率の高い場所である。今後30年の確率というとわかりにくいかもしれないが、例えば、家やマンションを30年ローンで購入したとして、ローンを払い終わるまでに震度6弱以上の揺れに見舞われる確率と考えればよい。地震本部がこのような地図を公表した背景には、阪神淡路大震災によって多くの建物が倒壊して多数の死者を出したため、建物の耐震に関心を持ってもらいたいという願いもある。

この地図を一見してわかることは、関東から四国にかけての太平洋側沿岸で強い揺れに見舞われる確率が高いことである。これは首都直下地震および南海トラフ域で発生する大地震の発生確率が高いとされていることが主要要因である。地震本部の発表によると、首都直下地震である相模トラフ沿いのプレート沈み込みに伴うM7程度の地震の発生確率は今後30年間で70%程度、南海トラフ地震は70-80%としている。これらの数値を用いると関東平野から四国にかけての太平洋岸における強震動確率が高くなる。それ以外に目立つのは北海道東部太平洋側の高い確率である。これは、十勝沖から根室沖にかけての大地震の発生確率が高く見積もられているため

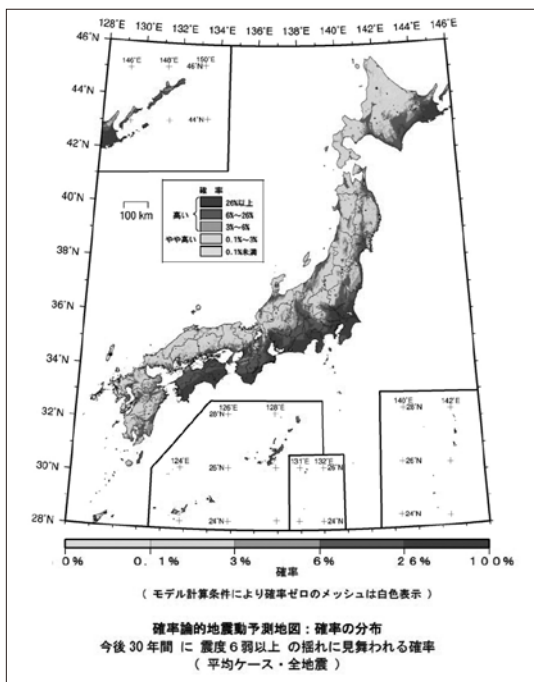


図1：確率論的地震動予測地図の例。日本各地が今後30年以内に震度6弱以上に見舞われる確率を色で表している。

である。さらにこの地域ではM8.8以上となる超巨大地震の発生が懸念され、その発生間隔はおおむね400年弱と考えられている。最後の超巨大地震は17世紀初頭であり、すでにそれから400年程度経過しているため、超巨大地震の発生が切迫している可能性がある。2024年1月1日の地震で大きな被害を受けた能登半島北部が濃く塗られていない一つの理由は、地震を起こした能登半島沖の活断層の評価がされておらず、そのため地震動予測図に表されていないためである。ただこの活断層の地震再来周期が非常に長い場合には、確率評価には影響しにくい。この断層を含め、日本海東縁の海域活断層の評価は現在地震本部で進められている段階であり、今後順次地震動予測図に反映されていくはずである。

## 2-2. 地震動予測地図はどのように作られるか

地震動予測図は、いくつかのステップで作成される。それぞれのステップを理解することで、地震動予測図の特徴と限界がわかる。ここでは、以下の3つのステップとして解説する。(1) 海溝型地震や活断層型地震の震源の評価と地震発生確率、(2) 地下構造、とくに表層付近の地盤の揺れやすさ、(3) 地震動の計算、である。

(1) は、地震の揺れの強さを知るための震源断層の位置・形状、および地震発生の確率を知るための地震の発生履歴の調査である。南海トラフ地震などの海溝型地震は比較的発生頻度が高いため、歴史資料記録から発生時期を、地震の被害分布から地震の震源位置やマグニチュードを推定する事ができる場合が多い。また津波堆積物や海岸の隆起地形を調べることで文書記録のない過去の地震の

発生間隔が推定されている。一方、活断層地震については、地形・地質情報から活断層の位置および長さを明らかにして、震源位置やマグニチュードを推定している。活断層が動いて地震を発生させた時期については歴史資料記録が得られることが少ないため、断層を横断して溝（トレンチ）を掘削し、地層のずれと地層に挟まれた樹木などの年代測定から地震発生時期を推定している。この様にして、日本全国で発生する可能性がある大地震の震源と地震発生履歴に関するデータを得る。またこのデータからは、地震発生のモデルを仮定することで、今後の地震発生確率を計算することができる。

(2) については、様々な調査研究成果を総合して地下構造を推定している。とくに表層付近の地下構造は地震の揺れの大小に大きく影響される。これらの情報はJ-SHIS地震ハザードステーションにより250mメッシュの細かさで調べることができる。自分が住んでいる場所や職場などの地盤の揺れやすさについても一度調べてみると良い。

(3) は実際に地震動を計算し、その確率を計算するプロセスである。(1) で明らかにした一つ一つの地震について、(2) で調べた地下構造を用いて、地表の全ての場所での地震の揺れを計算する。さらに(1) でしらべた地震発生確率を用いて、地表の全ての場所における揺れの確率を計算する。しかしこれだけだと、地表に断層が確認できない場所での地震発生が抜け落ちてしまうため、空間的に地震発生確率を割り当て、活断層や海溝型地震と同様に揺れの確率を計算している。その結果、ある地点で今後一定期間内(例えば30年間)の強震動発生の確率が算出される。その情報を震度という表現も用いてわか

りやすく表現したものが地震動予測地図として用いられ、J-SHIS地震ハザードステーションから簡単に調べることが可能である。ちなみにこのJ-SHIS地震ハザードステーションはたゆまぬ進歩が重ねられ、地震ハザードに関する日本各地点での情報を比較することができる。

### 2-3. 限界

このように莫大な労力をかけて作成された地震動予測地図であるが、その限界についても理解しておく必要がある。まず理解しておくべき事は、あくまで確率として表現されることである。つまり地震によって揺れる可能性の大小を表しているのであり、確率が高いからといって必ずその強さで揺れるわけでもないし、確率が低いからといって揺れないことを保証しているわけでもない。この点が確率の扱いにくさにもつながっている。したがって、地震動予測図によらず、日本に住む以上はどこのどの建物でも耐震を施しておく必要がある。

またその確率も、様々な仮定を用いて計算されたものであることにも注意する必要がある。地震の震源や規模は、活断層の位置や長さから推定し、ほぼ同じ規模の地震が繰り返すことを想定している。また地震発生時期についても、とくに発生間隔の長い内陸活断層の地震については相対的に不確実性が大きい。さらに地震発生の確率モデルも、モデルの使い分けをしている。したがって、地震発生の長期評価として表現された確率にも不確実性が存在する。手法の詳細は、地震本部のwebサイトを参照して欲しい。また、地下構造についても日本列島の地下の全ての場所

における構造がわかっているわけではないので、不確実性が存在する。

このような不確実性をはらんだ地震動ではあるが、比較的確実なのは表層地盤による揺れの増幅の程度である。地震の揺れは、地表付近の地盤の柔らかさの度合いによって大きく増幅されることが知られている。台地などでは比較的増幅度が小さく、河川によって運ばれた新しい堆積物が堆積している平野や谷では、増幅度が大きくなっている。過去の地震でも、数百メートル離れた場所で震度が2段階くらい違い、それに応じた被害も異なっている例も珍しくない。揺れやすい地盤の上に建てる建物は、基準に上積みをした耐震を検討すると良い。

## 3. 南海トラフ地震の脅威と最新知見

### 3-1. 南海トラフ地震の歴史と今後の地震発生

南海トラフ地震について最もよく受ける質問は、「南海トラフ地震はいつ起きますか？」というものである。それに対する回答は、「いつ起きるかはよくわからないが、必ず起きる」である。図2に地震本部がとりまとめた南海トラフで発生した地震の履歴を示した。南海トラフ域の地震発生履歴は文書記録から明らかにされ、西暦684年の白鳳地震以降、発生間隔にばらつきはあるものの1946年に至るまで繰り返し発生していることが知られている。これらの地震は南海トラフから潜り込むプレートの動きによってもたらされており、そのプレートの動きが突然止まるとは考えられない。従って、今後も確実に地震が発生する。

2 地震本部 長期評価 [https://www.jishin.go.jp/evaluation/long\\_term\\_evaluation/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/)

一方で、次の地震の発生時期については不確実性が大きく、確率的な表現に頼らざるを得ない。次の南海トラフ地震の発生確率は地震本部が長期評価として公表している。確率は今後30年間の発生確率のように、期間を限定したものとして公表されている。確率の計算は、最後の地震の時期、次の地震が発生するまでの間隔の期待値およびそのバラツキを表す数値を用いて算出される。最後の地震については、1944年の東南海地震および1946年の南海地震であることは明らかなので、大きな不確実性をもたらすのは主に次の地震までの間隔の期待値である。例えば、西暦684年以降の全ての地震を用いて平均的な地震の繰り返し間隔を計算すると157年となる。この数値をもとに今後30年間の地震発生確率を計算すると3%となる。しかし、古い時代の地震発生については、記録漏れの可能性を考え、1707年宝永地震以降の地震発生間隔の平均を計算すると119年となる。この数値を用いると、今後30年間の地震発生確率は25%となる。さらに時間予測モデルと言って、大きな地震後ほど地震の繰り返し間隔が長くなるモデルを採用し、地震の規模を高知県室津港の隆起量を使うと、次の地震までの期待値は88年となり、今後30年の地震発生確率は80%となる。ただし高知県室津港のデータについては近年疑義が示されており、<sup>3</sup> いずれ再検討が必要となるであろう。それでも、南海トラフ地震の今後30年間の発生確率は高いものとして受け止め、確実な備えを進める必要がある。

### 3-2. 南海トラフ地震の震源域

次の南海トラフ地震がどのような規模に

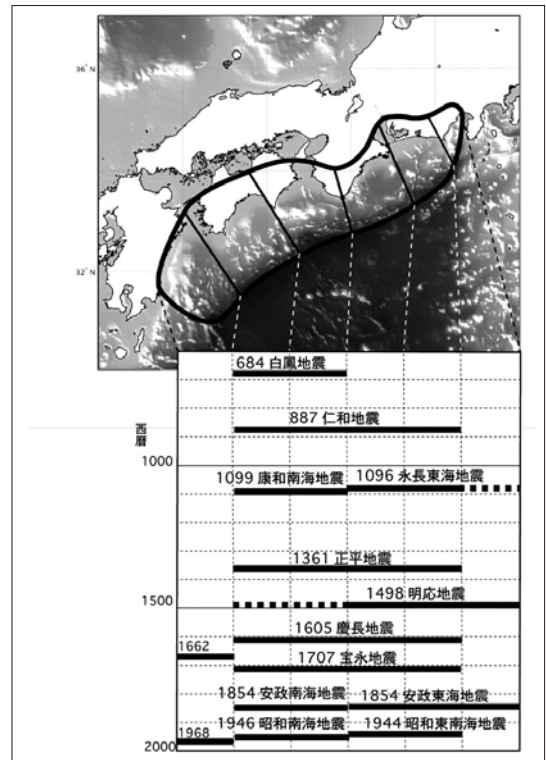


図2：南海トラフで発生した地震の履歴（地震本部）

なるかは、わからない。過去の例を見ると、1707年宝永地震は静岡県沖から四国沖までが一度に破壊した大規模な地震であった。一方で、1944年昭和東南海地震は熊野灘から遠州灘にかけてが震源域となった南海トラフ地震の中では比較的小規模なものであった。1854年の安政東海地震は昭和東南海地震と類似しているといっても、昭和東南海地震の震源域の東側にある駿河湾までが震源域となった。このように一口に南海トラフ地震と言っても、発生するたびに様相を異にする。

そのため、防災上は最大規模の地震を想定したハザード予測を行っている。南海トラフ地震では、東海地震・東南海地震・南海地震の3連動、およびそれを上回る最大クラスの地震の二通りを想定して、ハザードの予測を

3 Hashimoto M.(2022) Seismological Research Letter, 93( 4):2311-2319. <https://doi.org/10.1785/02202010152>.

行っている。図3に改めてその震源分布について示す。3連動の地震と、それを取り囲むように震源域を拡大した最大クラスの震源域である。防災上の観点からは、考え得る限りの大きさの震源域を考え、そのハザードを予測することが重要であるが、ハザードが大きすぎるが故にかえって防災意識を萎えさせる可能性もある。そのため、南海トラフでは2段階の予測とし、想定される津波高についても3連動地震と最大クラスの地震の両方が用いられている。その結果、太平洋外海沿岸では最大クラスの地震の津波は3連動地震と比較して2から3倍となっている。最大クラスの津波については、財産保護は難しくても、命を守ることを最優先とされている<sup>4</sup>。そのため高台や高い建物のない太平洋沿岸各地域では津波避難タワーなどの施設が設置された他、高知県の黒潮町や宮崎県の門川町などの

ように、災害時の対応・復旧・復興の拠点となる役所が津波の影響を免れるために高台移転した例もある。

次の南海トラフ地震の予測や、異常な現象が観測された場合のその後の推移を予測するため、近年では南海トラフ地震を計算機シミュレーションによって再現する研究が進んでいる。また海底地殻変動の観測によってプレート境界の固着状態が明らかにされつつあるなど、研究が進んでいるので、次の地震の規模に関する推定の不確実性も徐々に小さくなっていくものと思われる。

### 3-3. スロースリップ

南海トラフ地震のしくみについては、古典的には次の様に考えられてきた。海のプレートが沈み込む際に陸のプレートを引きずり、それが限界に達すると跳ね返って大地震を起

4 中央防災会議(2021) 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告。

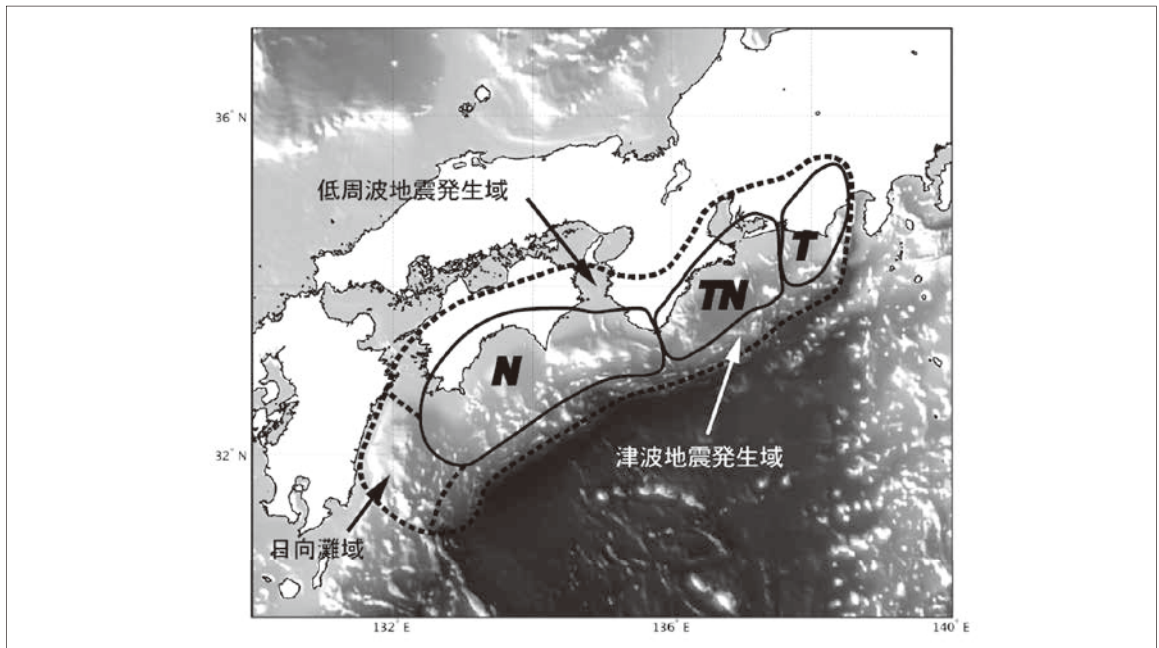


図3：南海トラフ沿いの海溝型地震の想定震源域（T：東海地震、TN：東南海地震、N：南海地震）。津波地震発生域、低周波地震発生域および日向灘地震発生域を合わせたものが最大クラスの南海トラフ地震の想定震源域となる。

こすというものである。しかし、プレート境界の理解が進む中で、図4のような考え方がなされている。海溝やトラフから沈み込むプレートは浅い場所から深い場所までほぼ一定速度で動いていると考えて良い。これはプレート運動が地球規模のマントル対流の一部をなしているからである。それに対し陸側プレートは深さによって振る舞いが異なる。比較的低浅い部分は海側と同じ速度で沈み込んでいる。これは海と陸のプレートが固着していると言い直しても良い。この場所を固着域と呼んでいて、その固着域が突然ずれ動くことで地震が発生する。それよりも深い部分の陸側の動きは海側プレートよりも遅れている。これは海と陸のプレート境界が滑っていると言い換えることができる。さらに深い部分の陸側は止まっている。このように海側のプレートが沈み込むに従って、陸のプレートとの固着状態が変化していく考え方が一般的である。

南海トラフのプレート境界も基本的には図4のようになっているが、最近ではさらに詳しく図5のように考えられている。この図は南海トラフのプレート境界について浅い場所から深い場所までの様子を俯瞰的に描いたものである。図4で説明したように、深い場所ではプレート境界面が定常的にずれ動いている（定常すべりを起こしている）。詳細は説明しないが、このずれ動きはプレートの沈み込みによって解放される位置エネルギーを、歪みエネルギーに変換する働きをしている。つまり、定常すべりが地震の原因となるひずみエネルギーを生産しているのである。

定常すべりの場所よりも少し浅い場所のプレート境界では、間欠的にゆっくりとしたずれ動きが生じている。このような現象は、スロースリップ、ゆっくりすべり、スロー地震などと呼ばれていて、人体に感じない微弱な震動を発生させながらずれ動く現象である。スロースリップには様々なタイプが観測され

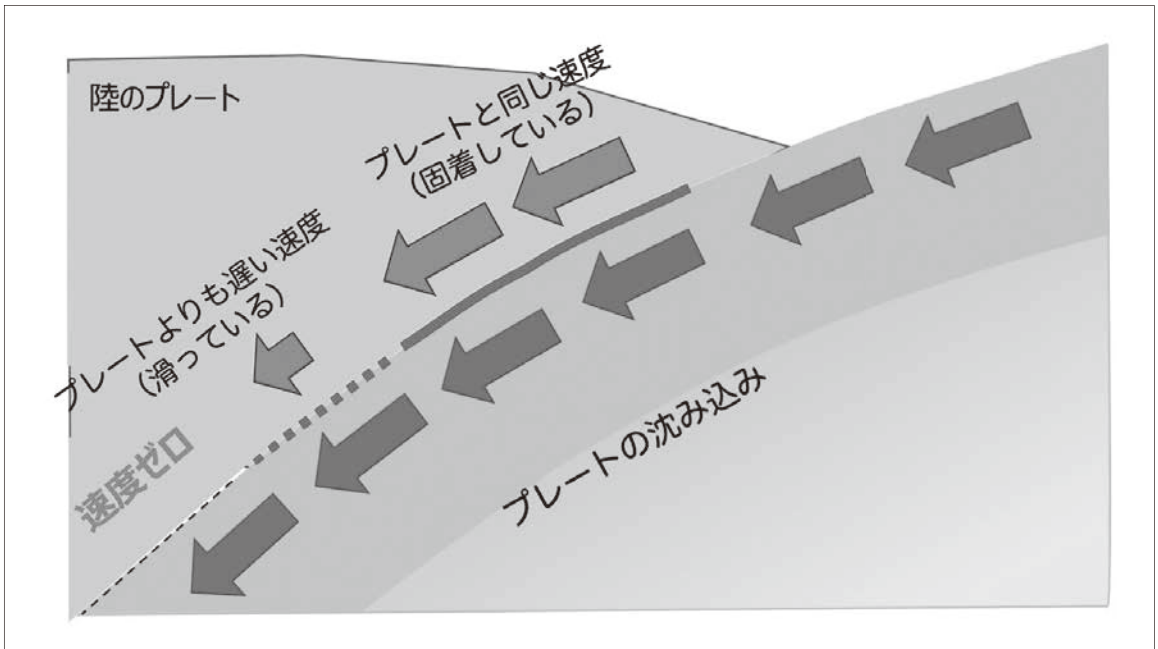


図4：プレート境界の固着と滑りに関する概念図

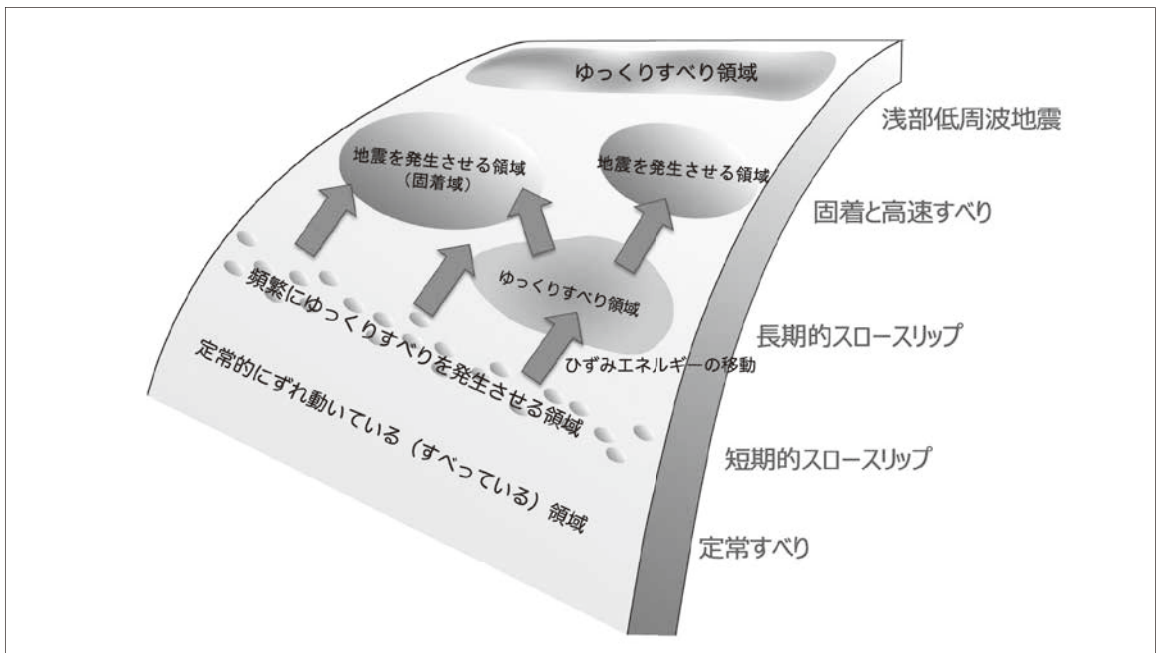


図5：南海トラフから沈み込むフィリピンプレート上面のすべり特性の概念図

ている。南海トラフにおいて定常すべり域に隣接する場所では数日から1週間程度すべりが継続する「短期的スロースリップ」が観測されている。さらに浅い場所では、比較的継続期間の長い「長期的スロースリップ」が観測されている。例えば、静岡県と愛知県の県境付近では、2000年から2005年にかけて長期的スロースリップが観測されていた。また四国と九州との間の豊後水道でもたびたび長期的スロースリップが観測されている。それ以外にも南海トラフ沿いの多くの場所で長期的スロースリップが観測されている。これらスロースリップの発生は、ひずみエネルギーを運ぶ働きがあり、深部の定常滑りで生み出された歪みエネルギーが、地震を発生させる固着域周辺に蓄積されていく。このようなスロースリップは気象庁で開催されている「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」で、ほぼ毎月発生が報告される。

固着域のずれ動きは、他の場所と異なり高速であり、強い揺れを発生させる。したがって、この固着域の場所を知ることは地震の揺れを予測する上で重要である。図6は、海上保安庁が海底地殻変動観測と陸域の地殻変動の結果から推定した固着域の分布図に筆者がスロースリップ域も含めて解釈を加えて加筆したものである。南海トラフ沿いの海域の下には固着域が存在している。各所でスロースリップが発生することで、普段固着している固着域に巨大地震のエネルギーが蓄積する。この固着域の一部または全部がずれ動くとき地震となる。1944年の東南海地震や1946年の東南海地震のような地震は一部の固着域がずれ動いたものであり、1707年の様な宝永地震が全部の固着域がいちどにずれて発生したと考えられる。さらにここで示した固着域以外にも、例えば九州東沖の日向灘などにも小さい固着域が存在していると考えられ、それらも

5 海上保安庁記者発表資料(2016)、および Yokota et al. Nature, 543, 374-377. 2016.

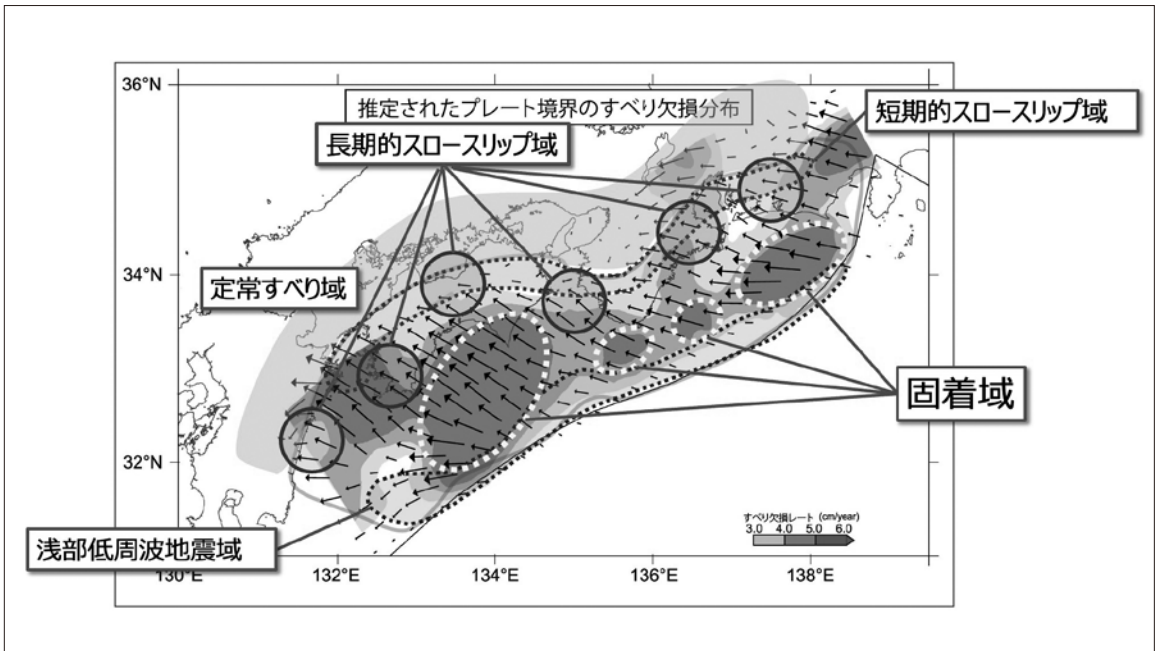


図6：南海トラフ域における、固着とスロースリップ域の分布に関する解釈

含めて一度にずれ動く事があるとすれば、さらに巨大な地震となるかもしれない。いずれにせよ、これらのうちどのような規模の地震が発生するかを事前に正確に予測することは現時点では難しいのが現状である。なお、固着域の海側のトラフ軸近辺には浅部低周波地震域があり、プレート境界の滑りを示す超低周波地震が発生している。

### 3-4. 臨時情報について

南海トラフ地震に関する情報と言えば、東海地震の予知情報を真っ先に思い浮かべる方がいるかもしれない。しかし、今では、東海地震に関する情報は発表されなくなった。それは、予知情報に基づいて警戒宣言を発出し、鉄道や道路交通を遮断するなどの厳しい対策に耐えられるだけの予測精度が見込めないからである。その代わりに、2017年11月1日以降、南海トラフ全域に関する新たな情報が運用されるようになった。

南海トラフ地震において、何らかの異常が観測された場合には「南海トラフ地震臨時情報」およびそれに関わる「南海トラフ地震関連解説情報」が発表される。「南海トラフ地震臨時情報」は、南海トラフ沿いにおいて、過去100-200年間隔で起きてきたような巨大地震が発生する可能性が普段よりも高まったと判断されたときに発表される。情報の種類は①調査中、②巨大地震警戒、③巨大地震注意、④調査終了に分類され、「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）」のような見出しで発表される。4種類のうち①は、気象庁が何らかの異常を観測し、評価検討会を開催することになった場合に発表される。評価検討会による検討の結果、やはり南海トラフ沿いにおける巨大地震の発生の可能性が普段より高まったと判断できる場合には、②の巨大地震警戒または③の巨大地震注意の情報が発表される。いずれでもない場合には④の調査終了が発表される。

「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)」が発表される場合とは、典型的には紀伊半島を境にしてどちらか片側でM8.0程度以上の巨大地震が発生した場合である。南海トラフでは紀伊半島を挟んでM 8クラスの巨大地震が相次いで発生した記録があるため、このような状況では引きつづき巨大地震の発生が強く懸念される。この情報が発表されると、1週間の警戒が呼びかけられる。とは言え、この1週間の間に連動して巨大地震が発生する確率はせいぜい10%程度である。そのためコストのかかる対策ではなく、日頃からの地震への備えを再確認することに加え、地震が発生した場合には直ぐに避難するための準備をすることなどが呼びかけられている。また地震発生後に直ちに避難を開始しても間に合わない場所に住んでいる人々には事前避難が呼びかけられる。一方、1週間の発生確率が10%であっても、昭和の地震のように2年後に地震が発生した例もある。これは、いったん大きな地震が発生すると、地震が発生する可能性が普段よりも高い状態が長期的に継続することを示している。したがって、南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)からの1週間は、地震発生への警戒だけでなく、中長期的な地震対策の追加について検討を始める時期と捉えるべきである。

M 8クラスよりも一回り小さいM 7クラスの地震が南海トラフ沿いで発生した場合にも、それなりに巨大地震発生の可能性が高まるため、「南海トラフ地震注意情報(巨大地震注意)」が発表される。この場合、1週間以内に巨大地震が発生する確率は、おおむね1%程度と考えられている。この情報が発表された場合には、1週間程度の警戒が呼びかけられ、日頃からの地震の備えを再確認する

ことに加え、地震発生後すぐに避難できるような準備が呼びかけられる。

普段と異なったスロースリップが、プレート境界で発生した場合も情報が発表される。スロースリップは固着域にひずみエネルギーを集中させる現象であるものの、普段から頻繁に発生しているスロースリップの発生がそのまま巨大地震につながってはいない。しかし、普段よりも規模が大きなスロースリップが発生したり、固着域に対する影響の大きな場所でスロースリップが発生した場合には、「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)」の発表が検討される。スロースリップ発生による南海トラフ地震臨時情報が発表された場合には、警戒する期間は1週間ではなく、スロースリップが終了してから、そのスロースリップが継続していた期間と同程度の期間が過ぎるまでとされている。この期間は固唾をのんでスロースリップの状況を見守ることになる。

### 3-5. 富士山噴火との連動はあるか

南海トラフ地震が発生した場合の富士山噴火との連動についてもよく質問を受ける。1707年10月28日に発生した宝永地震の発生後、富士山付近で地震活動が活発になり、1707年12月16日に噴火が始まった。富士山の宝永噴火である。富士山は1707年以降すでに400年以上静かな状態が続いている。富士山は日本で最も大きな火山で、活発な噴火を繰り返してきた事を考慮すると、次の南海トラフ地震のあとの富士山で火山活動が活発化することを想定しておく価値は十分にあると思われる。

しかし、その際に、1707年宝永噴火と同じような噴火になるかどうかは、やはりわか

らない。例えば864年の富士山貞観噴火は富士山北西側の山腹から大量の溶岩を噴出する側噴火であった。側噴火とはマグマが上昇する際に、既存の火口ではなく岩盤を割りながら上昇して火口以外の場所から噴火する現象である。富士山のような玄武岩質の噴火では、直前まで前兆現象が出にくい傾向にある。富士山と同じ玄武岩質の火山である三宅島1983年の噴火も噴火2時間前に突然地震活動が始まって側噴火に至った。2000年の三宅島噴火は、地表に出たマグマはごく少量であったものの、三宅島から神津島に向けて大量のマグマが地下を移動した。この時は万全な観測体制で待ち構えていたにもかかわらず、マグマ上昇を示す地震活動と地殻変動が始まるまでは全く何の異常も観測されなかった。1986年伊豆大島の側噴火も、1週間前から始まっていた山頂噴火が減衰していく中で、突然激しい地震と地殻変動が始まり2時間後に噴火した。このような噴火が、富士山登山のピーク時に起きると大混乱になり、場合によっては登山道から噴火して犠牲者が出る可能性もある。

それ以外にも火山ハザードとしては山体崩壊ともよばれる岩屑なだれの発生の可能性がある。これは地震などで山体が強く揺すられた際に、山体の一部が崩壊する現象である。富士山では、2900年前に南東山麓が大崩壊を起こして岩屑なだれを発生させた。現在の御殿場市はその堆積物の上にあるため、御殿場岩屑なだれと呼ばれている。南海トラフ地震そのものの揺れや余震による揺れが富士山崩壊を引き起こす可能性も否定はできないが、対策は困難である。

## 4. 首都直下地震の脅威と最新知見

### 4-1. 首都直下地震とは

南海トラフ地震と並んで、国難級の災害になる可能性がある地震は、首都直下地震である。この地震については、地震本部が今後30年間の発生確率を70%程度としている<sup>6</sup>。しかし、首都直下地震は、南海トラフ地震のようにプレート境界面など特定の断層での発生を想定しているものではなく、東京とその周辺で発生する地震を総称したものである。具体的には1703年の元禄関東地震以降に図8に示された範囲に発生したM7クラスの地震である。なお、地震本部では、相模トラフ沿いの地震活動のうち、プレートの沈み込みに伴うM7程度の地震として定義している。

図7には首都直下地震として9個の地震が示されている。最も古い地震は1782年に発生した天明小田原地震(M7.0)である。それ以降1853年にやはり小田原付近で嘉永小田原地震(M6.7)が発生、1855年に東京直下で安政の江戸地震(M7.0-7.1)、1894年にやはり東京直下で明治東京地震(M7.0)、1894年に霞ヶ浦付近で茨城県南部の地震(M7.2)、1921年に茨城県龍ヶ崎付近で茨城県南部の地震(M7.0)、1922年に浦賀水道付近の地震(M6.8)が発生している。最後の地震は、1987年に発生した千葉県東方沖の地震(M6.7)である。首都直下地震発生の確率は元禄関東地震と大正関東地震の間の220年間で8回の地震が発生していることから地震発生の平均間隔として27.5年という数字を用い、地震が周期性を持たずにランダム発生するとして計算され、30年で70%とされている。9個の首都直下地震のうち東京直下で発

6 地震本部(2014) 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(第二版)

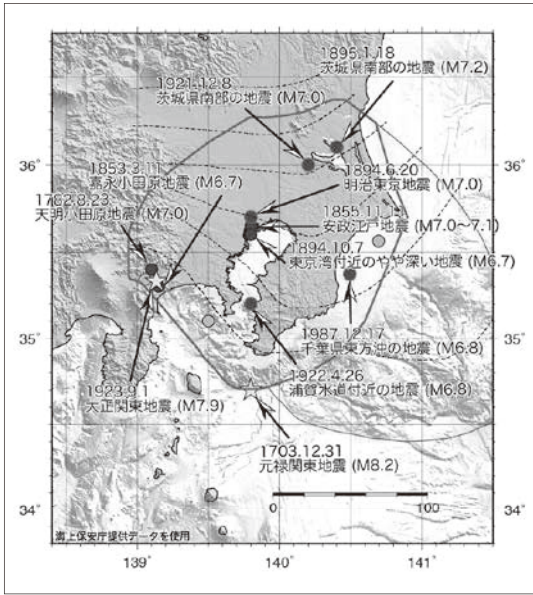


図7：元禄関東地震以降の首都直下地震の震源の位置。  
(地震本部)

生じた地震は2つなので、東京直下の地震発生確率はそれよりも小さい。

図8には1700年以降の相模トラフ沿いの地震活動を示している。古い時代ほど小さな

地震の記録が少なくなっているという傾向はあるものの、元禄関東地震と大正関東地震の間におけるM7程度の地震の頻度は期間の後半に集中しているように見える。大正関東地震以降をみても、1987年に発生した千葉県東方沖の地震(M6.7)のみであり、M8クラスの関東地震が発生するとしばらくは首都直下の地震活動が低下することを示しているかもしれない。したがって、今後の首都直下地震発生の可能性は過去100年間よりもかなり高くなることも考えられる。

ところで日本の中でも首都圏は有感地震が多い場所として知られている。名古屋や大阪から首都圏に引っ越した人は地震の多さや、緊急地震速報の頻度に驚く。逆に首都圏から名古屋・大阪に引っ越すと、日常はほとんど地震を感じないことに気づく。実際に気象庁の震度データベースから震度1以上の有感地震数を調べてみると(図10)、大阪や名古屋に比べ東京(大手町)の有感地震数は10倍以

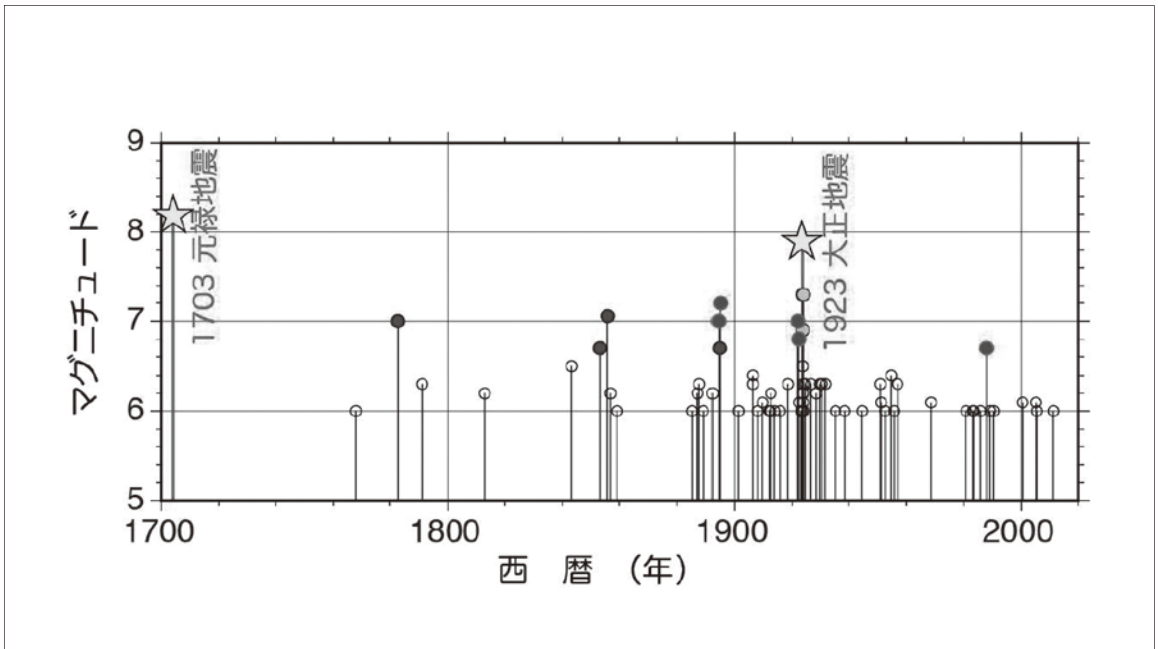


図8：元禄関東地震以降の地震発生履歴(地震本部)。

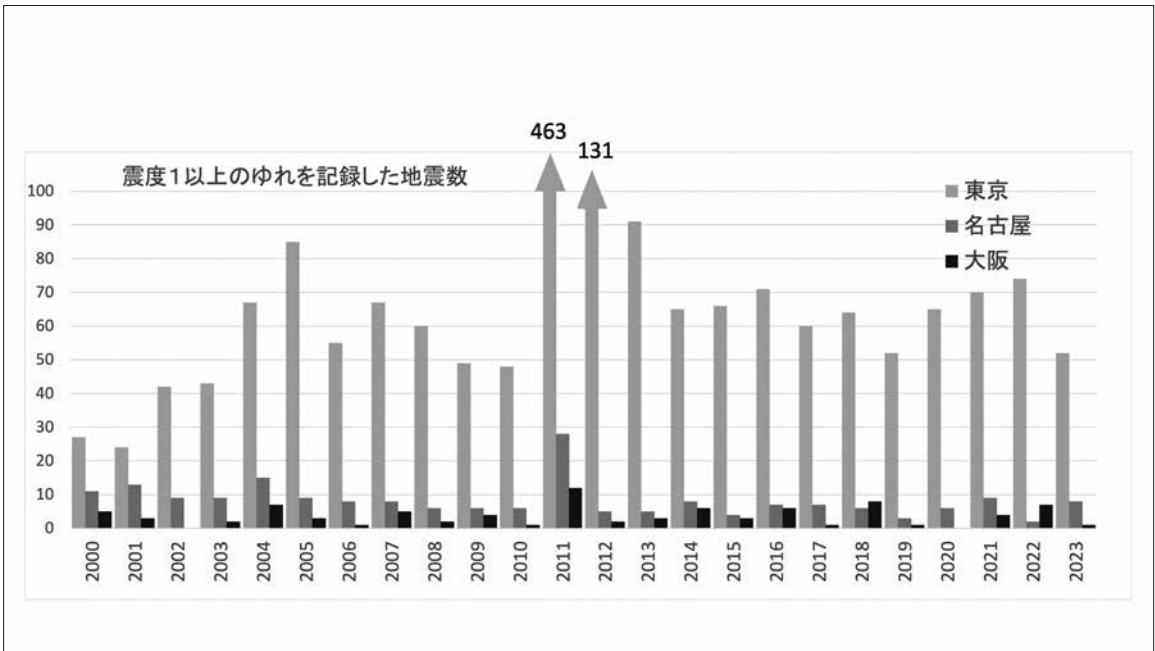


図9：東京・名古屋・大阪で震度1以上を観測する地震数の比較。東京は千代田区大手町、大阪は中央区大手町、名古屋は千種区日和町のデータを用いた。

上多いことがわかる。これは、首都圏の下の構造が大阪や名古屋と異なっていることに起因する。関東地方の地下には駿河トラフからフィリピン海プレートが沈み込み、その下に日本海溝から太平洋プレートが沈み込むという大変複雑な構造をしている。名古屋や大阪の地下はフィリピン海プレートしか沈み込んでいない。このような違いが名古屋・大阪と東京の有感地震数の違いとなって現れている。

#### 4-2. 首都直下地震の被害

この文章では被害について述べるのは趣旨から外れるものの、少しだけ触れておく。2022年5月に東京都が首都直下地震の被害想定を見直した<sup>7</sup>。その資料の中から、都心南部直下で発生するM7.3の地震の想定被害図を示しておく。震度は全体的には震源に近

い東部ほど大きくなっており、その中でも地盤の軟らかい低地で特に強くなっていることがわかる。大正関東地震においても家屋被害から揺れの強さが推定されていて、東京の台地と低地で揺れが大きく異なっていたことがわかっている。地盤の違いによる揺れの違いが震度想定にも反映されている。全壊棟数の分布は建物の種類や耐震化率によっても異なるが、東京23区の北東および南西に多いことがわかる。これらを元に推定された、冬・夕方・風速8m/秒という条件下における家屋焼失棟数には非常に大きな特徴が現れる。山手線の内側などの都心では焼失棟数が少なく、東側および南西側で多くなっている。山手線の内側などが、広い道路の整備や燃えにくい鉄筋コンクリートの建物などにより、すでに火災に強いまちになっているのに対し、焼失棟

7 東京都防災会議(2022) 首都直下地震等による東京の被害想定報告書

8 武村雅之(2003) 関東大地震—大東京圏の揺れを知る 鹿島出版会

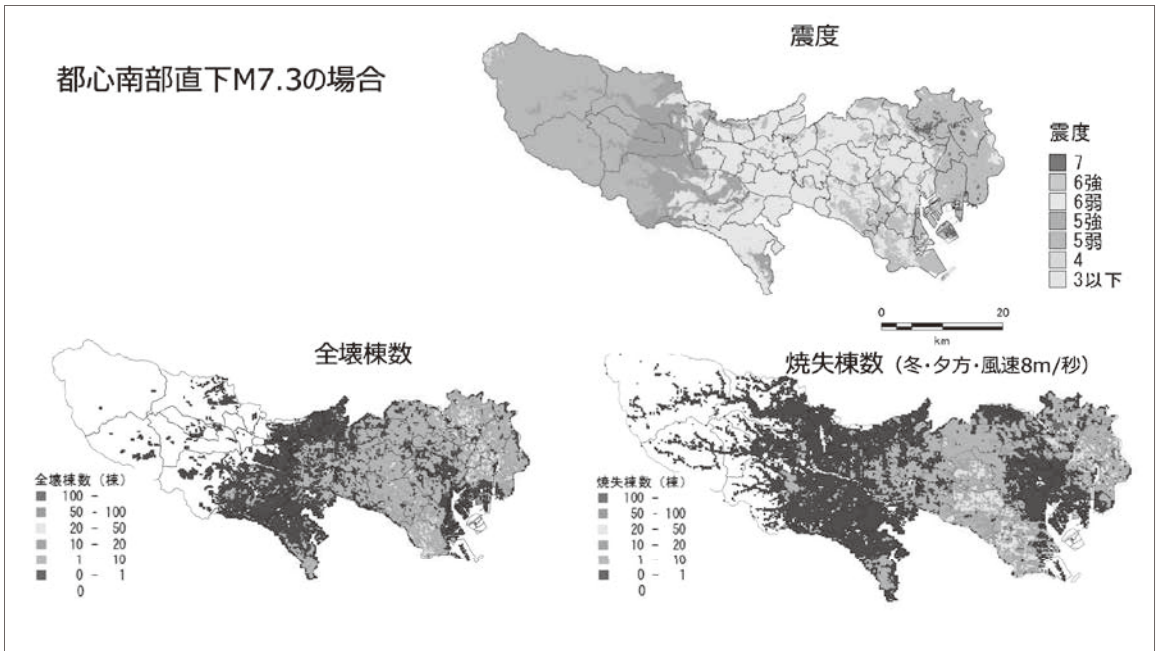


図10：都心南部直下でM7.3の地震が発生した場合の、震度、全壊棟数、焼失棟数の分布。

数の多い地域は木造密集である事に加えてゆれがそれなりに強いことが原因である。湿度や風などの条件が悪いと多くの木造家屋が焼失し、それに伴う犠牲者も増加することを示している。根本的には東京一極集中の是正が必要だと思われ、地方創生などさまざまな施策が行われているものの効果が上がっていないのが現状である。最近の研究によると日本の人口減少は継続しても東京だけは人口が増え続けるという。

#### 4-3. 南海トラフ地震との連動はあるか

南海トラフ地震と首都直下地震との連動の可能性についても心配されている。その可能性の程度を示す答えは今のところはない。しかし、2011年の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災を引き起こした地震）のあとの関東地方直下の地震活動の変化がヒントになる

だろう。そこで、図11のように、東北地方太平洋沖地震前1年間と地震後1年間の首都圏の地震数を比べることにした。両期間の震源マップを比較すると、地震後1年間のほうが明らかに数が多いことがわかる。それを示すために、地震数の累積図を作った。図の線の傾きが一定の場合には地震活動が一定である事を示している。矢印で示した日時が2011年3月11日であり、その日を境にして傾きが急になっていることがわかる。詳細に調べてみると200個/月であった地震数が1000個/月となっており、単位時間あたりの地震数が5倍程度になった。東北地方太平洋沖地震により首都圏直下の地震の起きやすさが急激に増えたことを示している。この増加を首都直下地震の発生確率である「30年あたりの発生確率70%」と同様に推計すると、1ヶ月間の発生確率が0.3%から1.5%に増えたことに

9 国立社会保障・人口問題研究所（2023）「日本の地域別将来推計人口（令和5年推計）」  
<https://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson23/t-page.asp>

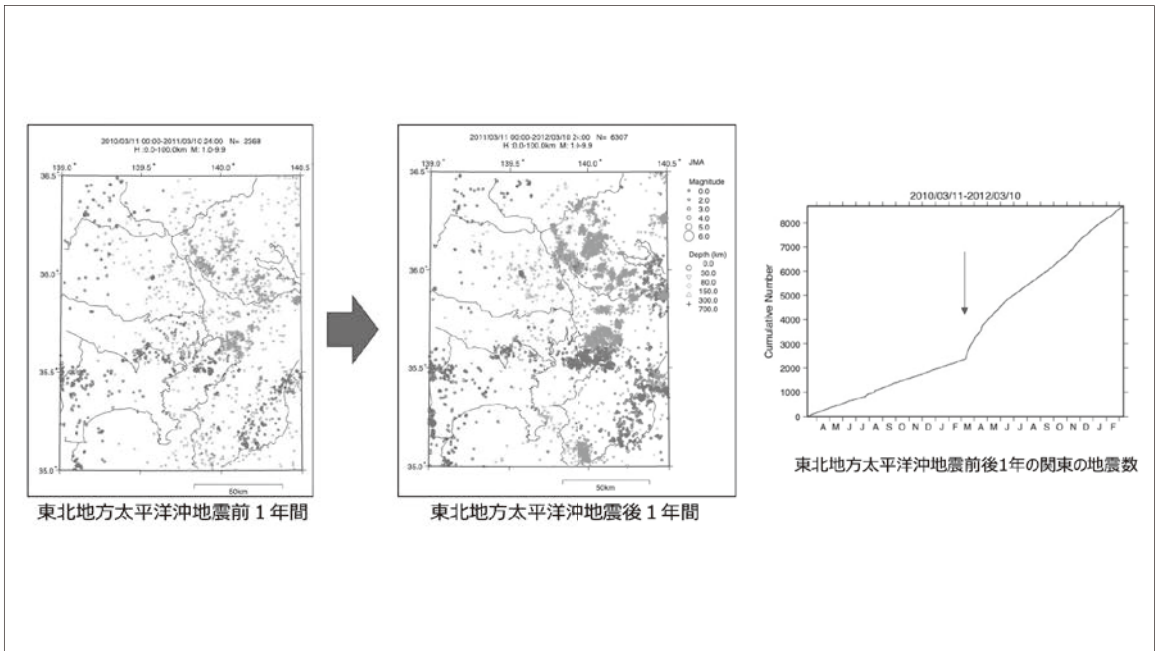


図11：2011年3月11日東北地方太平洋沖地震による地震活動の変化。左から、東北地方太平洋沖地震前1年間と地震後1年間の震源分布図、および図の範囲の地震数の累積図を示す。気象庁一元化震源データをTseis for Web<sup>11</sup>を用いて図示した。

なる。数字としては小さいが、首都圏直下の地震数が増えたことは当時の地震学研究者の間でも話題になり、私も本気で地震発生を心配していた。南海トラフ地震発生後についても、首都直下の地震発生確率が変化する可能性があるため、慎重に監視をしておく必要がある。

## 5. おわりに

国難級の災害をもたらす南海トラフ地震や首都直下地震がクローズアップされることが多いが、大小にかかわらず被害をもたらす地震は、毎年のように全国どこかで起きている。日本とその周辺では、M 7クラスの地震は平均すると1年に1回、M 8クラスは10年に1回の割合で起きている。このように地震の多い日本に住む以上、いつどこで地震災害

に遭遇するかあらかじめ予見することは難しい。そこで、どこに住んでいようとも、地震の備えが重要であり、とくに耐震の重要性は決して忘れてはならない。その上で、人口と産業の集積した地域を襲う南海トラフ地震と、日本で最も人口の集中する中枢である首都を襲う首都直下地震は、被災地のみならずその影響が日本全国に及ぶため、特に重点的な対策を講じる必要がある。

南海トラフ地震については、観測網の整備によってスロースリップについてもリアルタイムのモニターができるようになってきた。このような観測は長期に継続する必要がある。次の南海トラフ地震までの経過や、地震時に断層がどのようにずれ動いたか、また地震後の変動など、連続してできるだけ正確に観測することが必要である。その結果は逐一

11 東京大学地震研究所地震火山情報センター <http://evrssl.eri.u-tokyo.ac.jp/db/index-j.html>

専門家の評価を受けて、国民と共有されるべきである。予測は困難であっても、状況を知ることが人々の心構えと災害の軽減につながる。また観測成果は、その次の南海トラフの予測精度の向上には確実に役立つと考えられる。

首都直下地震については、今後、次の関東地震にむけ活発化する可能性も有ることに留意すべきであろう。南海トラフ地震にくらべて地震規模が小さく震源が深いため、地震発生の予測は困難であり、愚直に首都圏を地震災害に強い町に作り替えていくしか無い。東京都の被害想定を見る限り最大のネックは木造密集であり、その背景にあるのは東京への人口一極集中である。目先の利益を考えると東京に集まることはプラスであるが、国全体の地震防災という深慮遠謀からはマイナスである。それに気づいて、早めに対処しておかないと、首都直下地震だけでなく100年後の次の関東地震の際に大きなしっぺ返しを受けるかもしれない。なにしろ、超高層ビルの建ち並ぶ首都圏の真下で起きるM 8クラスの地震であり、いまだ世界のどの巨大都市も経験したことが無いような揺れが襲うのだから。

# 南海トラフ巨大地震に伴う災害関連死



関西大学社会安全学部教授 奥村 与志弘

## 1.はじめに

平成24（2012）年8月、政府の中央防災会議は南海トラフ巨大地震の死者数が最大で32万3千人に及ぶことを発表した。しかし、ここに災害関連死は含まれていない。災害関連死は定性的な評価に留まっており、その社会的インパクトを把握することは難しいままである。

政府が想定する規模の地震・津波が発生した場合には、西日本の広範囲におよぶ地域で、電気、ガス、水道などのライフラインが長期にわたり停止する。また、食料品や生活必需品を扱う小売店も長期間の営業停止を余儀なくされる。さらに、介護サービスや医療サービスの長期停止あるいはサービスの質の低下も避けられない。頼みの外部からの人的・物的支援に関しても、到底、過去の災害のような水準を期待することはできない。よって、このままでは未曾有の数の災害関連死が発生することは明らかである。

ここで災害関連死とは、災害に伴う劣悪な生活環境や大きな精神的ストレスによって失われる命である。29年前の阪神・淡路大震災で初めてその存在が社会的に認知された。それ以降、我が国では、災害に伴う厳しい避難生活で失われる命があることを念頭に、なんとかそのような命を守ろうとしてきた。万が一、失われた場合には、災害弔意金の支給という形で、政府から遺族に対して弔意が表明

されてきた。

関係者が「災害関連死を防ぐ」という目標を共有して活動できるようになったことの意義は大きい。それは災害後に限定した話ではなく、将来の災害に備える防災・減災の取り組みにおいても同じことがいえる。災害関連死を防ぐための取り組みは、事前対策、事後対応のいずれに対しても、多岐に及ぶ分野からのアプローチが欠かせず、それらが相互に関係し合っているからである。例えば、事前対策については、住宅メーカーや自動車メーカー、家電メーカーなど、関連死対策のプレイヤーは多種多様である。また、事後対応についても、被災者の災害時の生活拠点は避難所だけでなく、高齢者施設や自宅、自家用車などさまざまであり、拠点毎にプレイヤーが異なり、全体像が見えづらい。だからこそ、関係者が共有できる目標は欠かせない。

しかしながら、新潟県中越地震（2004年）や東日本大震災（2011年）、熊本地震（2016年）など、避難者数が10万人を越すような大規模な災害が発生する度に災害関連死による犠牲が繰り返されてきた。令和6年能登半島地震でも、発災から1ヶ月が経過した時点ですでに15名の関連死（疑い）が発表されている。発災1ヶ月以降も関連死が多発した過去の災害を念頭に、これ以上の犠牲を出さないための懸命の被災者支援が続けられている。

本稿では、まず南海トラフ巨大地震による

災害関連死の死者数を試算し、同災害における関連死対策の重要性について述べる。次に、過去の災害における関連死の発生状況を俯瞰し、南海トラフ巨大地震における関連死を減らすための基礎資料としたい。さらに、令和6年能登半島地震における災害関連死の発生状況を分析する。発災から1ヶ月しか経過していない現時点では実態を把握することさえ困難であるものの、限られた情報を頼りに同災害の関連死の特徴を明らかにすることは、同災害のさらなる関連死を防ぐためにも、将来の南海トラフ巨大地震の災害関連死を防ぐためにも意味があると考えた。

## 2. 南海トラフ巨大地震における災害関連死の試算

南海トラフ巨大地震における災害関連死の人数を試算するためには、災害関連死の人数が何によって決まるのかを明らかにしなければならない。被災者の数に対して十分な量の支援があれば、災害関連死の発生を十分に抑制できる。しかし、被災者の数が多くなるにつれて支援が行き届かなくなり、関連死発生率は徐々に増加していく。ただし、外部からの支援がまったく期待できなくても、被災した地域が持っている対応力が機能し、関連死発生率を一定以下に抑えられる。つまり、関連死発生率はいずれかの段階で頭打ちすると予想される。どこで頭打ちするかは、地域の対応力の高低によって、地域毎に異なると考えられる。

過去の災害のデータからも、「支援を要する被災者の数」と「関連死発生率」との間にそのような関係があることが読み取れる。ただし、入手可能なデータとして、「支援を要する被災者の数」としては「最大避難者数」

を、「関連死発生率」としては「避難者1万人あたりの関連死者数」を用いる。避難者数をデータとして利用するのは便宜上の理由であり、関連死は必ずしも行政が把握している避難者から発生する訳ではない点に注意されたい。事実、自宅や自家用車、高齢者施設で生活されている方が関連死で亡くなる被災者の中には、避難者として行政に認識されていないケースが少なくないと考えられる。

表-1は災害関連死が発生した主な災害における直接死、関連死、最大避難者の人数である。同表から分かるように、直接死と関連死の人数に相関は見られない。例えば、新潟県中越地震や熊本地震は、直接死の3倍以上の関連死が発生しているが、阪神・淡路大震災や東日本大震災の関連死は直接死の5分の1以下である。一方で、最大避難者数と関連死の人数の間には相関が見られる。最大避難者数が多くなるほど、関連死の人数も増加する。

図-1は過去の災害における最大避難者数と関連死発生率（避難者1万人あたりの関連死者数）の関係である（本稿では、関連死発生率曲線と呼ぶ）。同図から、関連死発生率は最大避難者数の増加に伴い指数関数的に増加し、ある程度まで大きくなったところで頭打ちする特徴があることが分かる。

ここで、東日本大震災における福島県の関連死発生状況は、岩手県、宮城県とはまったく異なる特徴が見られたため、東日本大震災のデータの解釈について丁寧に見ておきたい。福島県は、県内における最大避難者数は13万人であった。同県だけで関連死発生率を算出すると180人に迫る高さとなる。原発事故が影響し、被災者を取り巻く環境が長年に渡って改善しなかったことが一因であると

考えられる。表-2は復興庁が公表している関連死の死者数を都道府県別、時期別に整理したものである（令和4年3月31日現在）。岩手県、宮城県は発災から半年でほぼ関連死が発生しなくなったのに対して、福島県は発災から半年以降の関連死の数がそれ以前の1.2倍に達している。図-1の「東日本大震災(岩手・宮城)」は岩手、宮城両県のみデータに基づくプロットであり、最大避難者数37万人規模の災害における関連死発生率が40人程度になると解釈できる。また、図-1の「東

日本大震災」のプロットは、関連死発生率が80人程度となっており、これは福島県のデータを含んでいるため、最大避難者数47万人規模の災害における関連死発生率としては高め の値であると考えられる。以上の議論を踏まえると、関連死発生率曲線は最大避難者数40万人を境にして、勾配が徐々に小さくなり、上限値に漸近すると考えられる。

このようにして得られた関連死発生率曲線を用いて、南海トラフ巨大地震の関連死の数を試算する。政府の想定（2012）によると、

表-1 災害関連死が発生した主な災害における直接死、関連死、最大避難者の人数

発災日	災害名	直接死 (人)	関連死 (人)	最大避難者数 (万人)
1995. 1.17	阪神・淡路大震災	5,515	919	32
2004.10.23	中越地震	16	52	10
2007. 7.16	中越沖地震	11	4	1
2011. 3.11	東日本大震災	18,423	3,794	47
2016. 4.14	熊本地震	50	218	18
2018. 7. 6	西日本豪雨	230	83	4
2011. 3.11	東日本大震災(岩手・宮城)	16,542	1,401	37
2011. 3.11	東日本大震災(福島)	1,810	2,337	13
2011. 3.11	東日本大震災(岩手)	5,785	470	5

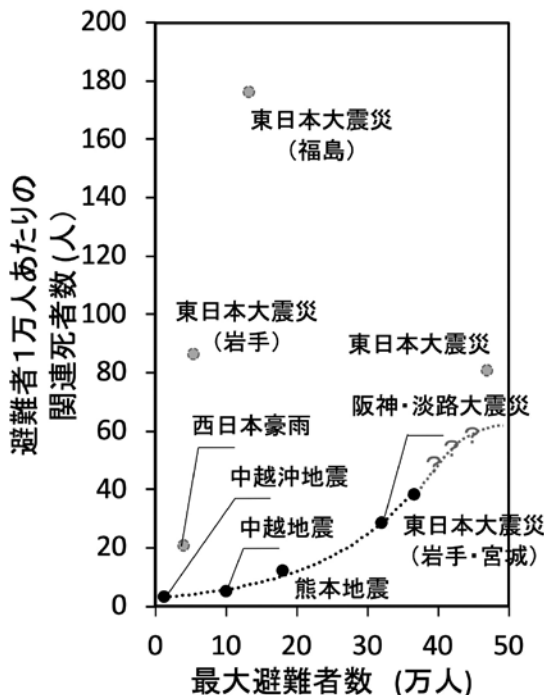


図-1 最大避難者数と関連死発生率（避難者1万人あたりの関連死者数）の関係

南海トラフ巨大地震の最大避難者数は在宅避難者を含めて950万人である。この規模の災害の関連死発生率はデータが存在しない。そこで、現存する最大の関連死発生率38.2人

(最大避難者数37万人規模)を用いて南海トラフ巨大地震の関連死者数を推計すると3万6千人(≒950×38.2)と算出される。これは南海トラフ巨大地震が発生した場合の被災者

表- 2 東日本大震災における震災関連死の死者数(都道府県別・時期別)(令和4年3月31日現在)  
(出典)復興庁より

東日本大震災における震災関連死の死者数(都道府県別・時期別)  
(令和4年3月31日現在)

	計	時期別														
		～H23.3.18 (1週間以内)	H23.3.19～ H23.4.11 (1か月以内)	H23.4.12～ H23.6.11 (3か月以内)	H23.6.12～ H23.9.11 (6か月以内)	H23.9.12～ H24.3.10 (1年以内)	H24.3.11～ H25.3.10 (2年以内)	H25.3.11～ H26.3.10 (3年以内)	H26.3.11～ H27.3.10 (4年以内)	H27.3.11～ H28.3.10 (5年以内)	H28.3.11～ H29.3.10 (6年以内)	H29.3.11～ H30.3.10 (7年以内)	H30.3.11～ H31.3.10 (8年以内)	R1.3.11～ R2.3.10 (9年以内)	R2.3.11～ R3.3.10 (10年以内)	R3.3.11～ R4.3.10 (11年起)
累計	3,789	472	1,218	1,903	2,372	2,808	3,219	3,446	3,547	3,655	3,715	3,755	3,777	3,783	3,789	3,789
全国計		472	746	685	469	436	411	227	101	108	60	40	22	6	6	0
前回調査との差	【+3】	-	-	【+1】	-	-	-	【+1】	-	-	-	-	-	-	【+1】	-
岩手県	470	97	123	121	59	38	22	6	1	1	0	1	0	0	1	0
宮城県	930	234	340	220	82	31	14	5	4	0	0	0	0	0	0	0
山形県	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福島県	2,333	115	266	338	323	366	374	216	96	107	60	39	22	6	5	0
茨城県	42	19	13	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼玉県	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉県	4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東京都	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
神奈川県	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長野県	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

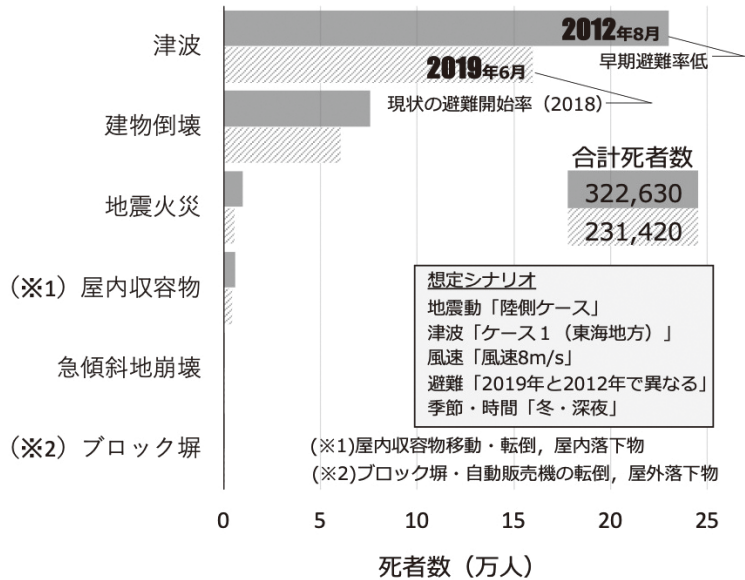


図- 2 政府が想定する南海トラフ巨大地震の人的被害の内訳

を取り巻く生活環境が、東日本大震災の岩手県や宮城県と同程度に厳しいと仮定した場合の関連死者数である。しかし、最大避難者数が950万人の災害における生活環境はもっと厳しくなるはずであり、関連死者数はこれよりも多くなると考えられる。関連死発生率曲線を用いてそれを試算することは困難であるが、参考までに、東日本大震災における福島県のケースを、被災者を取り巻く環境が数年間改善しない場合のシナリオであると解釈した上で、南海トラフ巨大地震も同県のケースと同様のシナリオを辿ると仮定すると、発災から数年後の関連死者数は、3万6千人と試算された半年後の死者数から倍増し7万人超になると推計される。

図-2は想定死者数が最も多いシナリオに関する南海トラフ巨大地震の死者数の内訳である。2012年8月時に32万3千人とされていた想定死者数は2019年6月時には9万2千人減少し、23万1千人となった。東日本大震災後に整備された津波避難ビルの効果が考慮されたことと早期避難者が20%から28.4%に上昇したことで、津波による死者数が7万人減少したことの効果が大きい。それでも津波による死者数16万人という数は、建物倒壊による死者数の2倍以上であり、最も多くの犠牲を出す要因であることに変わりはない。いかに避難しなければならぬ人を減らすことができるか、また、いかに避難しない人や避難できない人を減らすことができるか、引き続き、南海トラフ巨大地震の人的被害軽減のための最重要課題である。そして、次に重要な課題が災害関連死対策と言える。今後、住宅の建て替えが進むにつれて、耐震性を有さない住宅ストックが減少し、建物倒壊による死者数は減少していくのに対して、被災者の高齢化

やライフラインの老朽化が進むなどし、現状では関連死が増加する方向に社会は変化していく。

### 3. 過去の災害における災害関連死

#### 3.1 死亡原因と持病・既往症

図-3、図-4は熊本地震において熊本市で発生した関連死82事例の死亡原因と持病・既往症を国際疾病分類（ICD-10）に基づいて分類したものである<sup>1)</sup>。死亡原因は8種類のカテゴリーに大別される。循環器系疾患と呼吸器系疾患の2種類で全体の6割を占める。同じカテゴリーの疾患による災害関連死であっても具体的な死亡原因は多岐に及ぶ。例えば、循環器系疾患による関連死の場合、急性心筋梗塞や大動脈解離など16種類の死亡原因がある。また、関連死による犠牲者の持病・既往症は9種類のカテゴリーに大別される。循環器系疾患、呼吸器系疾患で全体の4割を占める。死亡原因が同じ被災者であっても、持病や既往症が異なるケースは珍しくない。さらに、図-5は熊本地震における関連死の発生場所である。自宅が全体の4割と最も多く、次いで病院、介護施設、避難所と続く。

このように災害関連死の特徴として、死亡原因が非常に多岐に及ぶことが挙げられる。また、同じ死亡原因でも、そこに至るプロセスは持病や介護の有無、生活環境などによって大変複雑である。この特徴が、関連死対策は色々言われているが結局何をすれば良いのか分からない、という印象を与える原因になっている。

#### 3.2 関連死発生プロセス

関連死発生プロセスは、その複雑さ故に全体像を把握することが対策を前進させる第一

歩となる。そこで、50名以上の災害関連死が発生した過去の4つの災害に注目し、災害毎に関連死発生プロセスをまとめた。これは、

対象とした災害の関連死に関する文献を収集し、その内容を踏まえて発災から関連死発生に至るまでに生じる事象を時系列で整理して

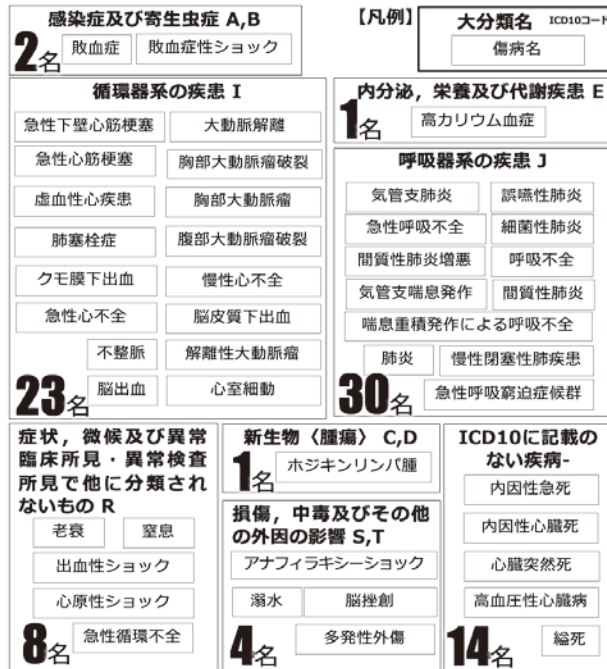


図- 3 関連死の死亡原因の分類(熊本地震における熊本市の事例)<sup>1)</sup>



※1人で複数の持病を抱えている場合がある

図- 4 関連死者の持病・既往症の分類(熊本地震における熊本市の事例)<sup>1)</sup>

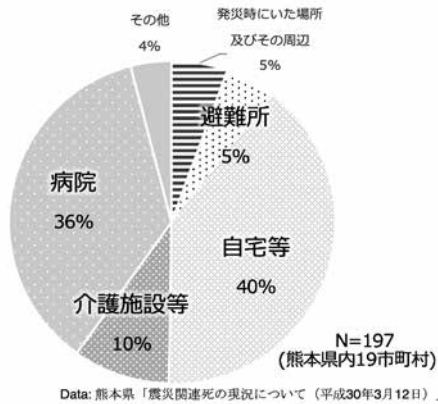


図- 5 関連死の発生場所。熊本地震の事例。



図- 6 災害関連死発生プロセスの可視化作業の流れ

作成したものである。具体的には、収集したすべての文献を読み込んだ作業員2名の協力を得て、関連死に関係して生じるさまざまな事象を付箋に書き出し、それらを類似性の観点からグループ化し、時系列でつなぐ作業を行なった（図- 6）。

図- 7は、災害関連死発生プロセスを災害毎に整理したものである。阪神・淡路大震災では、インフルエンザに伴う肺炎を死亡原因とする関連死が多く発生した。また、水不足により口腔ケアが疎かとなり誤嚥性肺炎を引き起こし、死亡したケースもあった。新潟県中越地震では、地震の揺れによる恐怖やストレスが原因のショック死（心疾患、脳血管疾患など）が多く発生した。また、車中泊などによって長時間同じ姿勢でいることによりエコノミークラス症候群が原因で亡くなるケー

スもあった。東日本大震災では、停電等に伴う医療機関の機能停止等によって転院を繰り返さざるを得なくなった方々が早期に治療を受けられない、あるいは、継続的な治療が困難になるなどし、脳血管疾患や心疾患が原因で犠牲になるケースが多かった。また、低体温症がはじめて関連死として認められた。熊本地震では、震度7の地震が28時間差で連続して発生したことや余震が多かったことが突然死の原因となった。

このように災害関連死の特徴として、災害毎に異なる特徴があることが挙げられる。特定の災害を教訓にするのではなく、すべての経験を踏まえた関連死対策が求められる。図- 8はそれを可能にするために、これらの4つの災害すべてを包含した関連死発生プロセスである。この図を活用すれば、太枠で囲っ

た関連死の手前にある事象のいずれかに手を打つことで関連死の発生を食い止められる。著者は研究協力者と共に、滋賀県草津市の複数の自治会長の協力を得て、地域や個人でどのような関連死対策ができそうかについて、この図を使ってワークショップを開催した。

その結果、11の事象に対して具体的な対策案が示された。

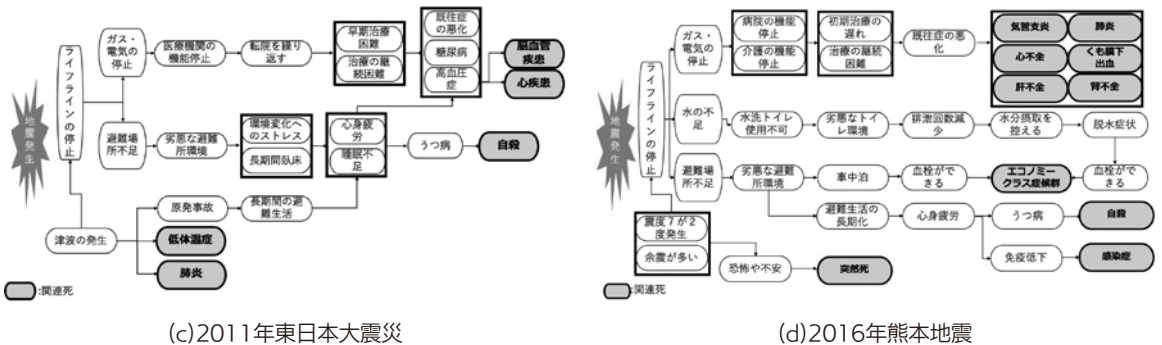
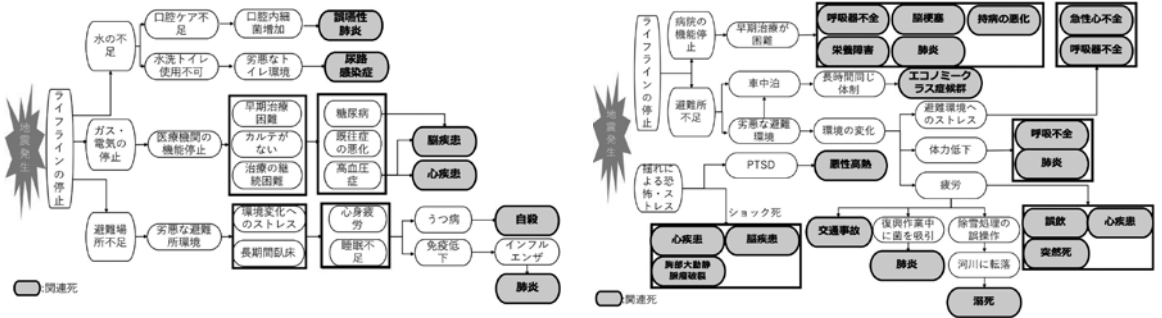


図-7 過去の主な災害における関連死発生プロセス

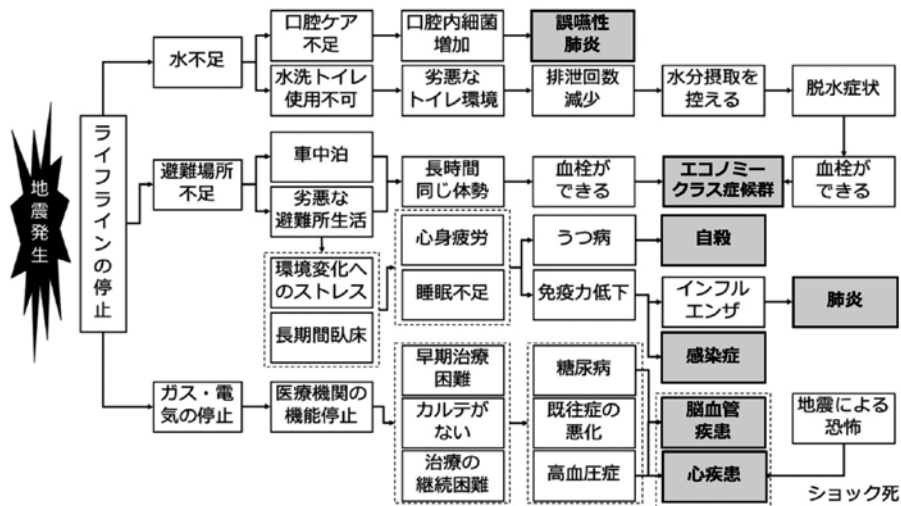


図-8 過去の主な災害における関連死発生プロセス

### 3.3 夏の災害の関連死

災害関連死が多数発生した過去の災害はいずれも夏の災害ではない。そこで、2018年西日本豪雨（7月）と2019年台風15号（9月）に注目し、夏に発生する関連死の特徴について検討する。朝日新聞の新聞記事データベース「聞蔵Ⅱ」を用いて関連記事を抽出し、個々の関連死や関連死と疑われる犠牲の発生経緯を調査した。その結果、2018年西日本豪雨（7月）は1名、2019年台風15号（9月）は4名が熱中症（あるいはその疑い）に伴う関連死であることが判明した。5名中3名は停電により自宅の空調が停止していた。熱中症による関連死拡大シナリオは未経験である。しかし、これらの事例は、夏の災害では長期停電による空調の停止が関連死拡大要因となり得ることを示唆している。

また、2018年西日本豪雨は、最大避難者数が4万人の災害としては関連死発生率が高

い（図-1）。その原因を明らかにするため、2023年6月中旬に、読売新聞社と共同で関連死が発生した19市町を対象にしたアンケート調査を実施した。6月下旬までに全自治体から回答があり、死因や年代、死亡時期、被災後の主な生活拠点などを集計した。調査の結果、関連死全83名のうち38名の死亡原因が判明した。半数に当たる19名は循環器系の疾患で、急性大動脈解離や虚血性心疾患などで亡くなっていた。国際疾病分類に記載のない急性心臓死2名と心臓病1名を加えると循環器系疾患による犠牲が全体の6割を占めた。82名中23名（28%）が循環器系疾患であった熊本地震における熊本市とはまったく異なる様相であったと言える。風水害で自宅が床上浸水すると、家具・家電から畳・襖まであらゆるものが使用できなくなる。そのため、地震の揺れで自宅が全壊するよりも、片付け作業が膨大になる。不衛生な中で過酷な作業

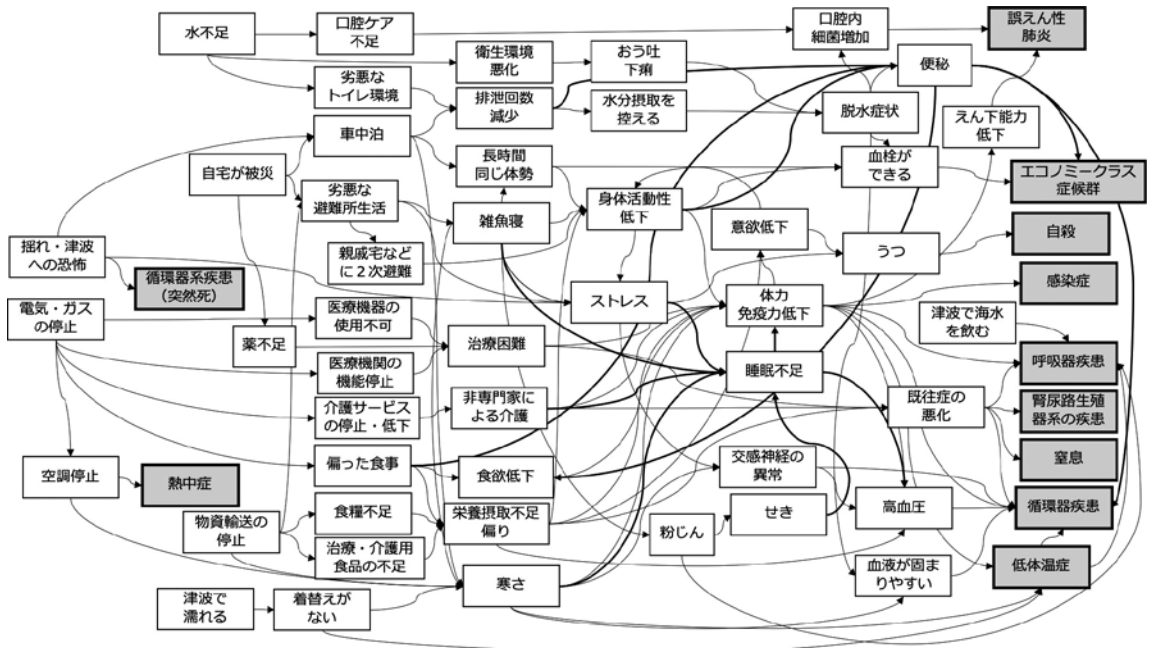


図-9 過去の主な災害を踏まえた関連死発生プロセス。気仙沼市から入手した東日本大震災の「関連死等の申立書」109件分を用いて発展。

を強いられ体調や持病が悪化するケースが多くなったのではないかと考えられる。

### 3.4 まとめ

図-9は、気仙沼市から入手した東日本大震災の「関連死等の申立書」109件分を活用し、各事例に記載されている死亡に至る経過に関する申立人の記述内容を踏まえて図-8を発展させ、関連死発生プロセスの解像度を高めたものである。関連死は死亡原因が多様であることに加え、同じ死亡原因でもそこに至る経緯も多様である。この図からそのことがよりはっきりと理解できる。特定の災害や市町で教訓を得るだけでは、全体像を把握できず、将来の南海トラフ巨大地震で関連死を減らすことは難しい。遺族への配慮を大切にしながら、引き続き、このような資料の入手と分析を進めなければならない。

内閣府は、平成31(2019)年4月、災害関連死の定義を「当該災害による負傷の悪化又は避難生活等における身体的負担による疾病により死亡し、災害弔慰金の支給等に関する法律(昭和48年法律第82号)に基づき災害が原因で死亡したものと認められたもの(実際には災害弔慰金が支給されていないものも含めるが、当該災害が原因で所在が不明なものを除く。)」とし、自治体に周知した。このような動きの背景には、阪神・淡路大震災から20年以上の間、災害関連死の数は、直接死と区別せされずに災害による死者数として自治体から国に報告されており、災害関連死の数や内容を把握することを難しくしていたということがあった。

市町村単位では、個人情報伏せたととしても個人が特定されるリスクがある。今後、災害関連死に関する情報(例えば、審査会等で

利用された資料など)が内閣府に集約され、個人特定のリスクを回避しつつ、多様な関係者によってアクセス可能な仕組みが構築されれば、多様なアプローチから関連死対策が加速することが期待される。

## 4. 令和6年能登半島地震における災害関連死

令和6(2024)年能登半島地震の発生から1ヶ月が経過した。石川県の災害対策本部会議資料によると、現在までに発表されている災害関連死は15名(2024年2月2日現在)である(表-3)。これは被災市町村が設置する災害弔意金支給審査委員会によって関連死と認定された人数ではない。死亡の経緯を確認した市町村が関連死の可能性が高いと認識した死亡事例のうち、県と共有されたもののみがカウントされ、県によって発表されていると考えられる。

この点については、平成28(2016)年熊本地震の事例が参考になる。熊本地震では地震発生から1ヶ月後に19名の関連死が県から発表されていた。いずれも市町村による認定を受けたものではない。市町村認定による関連死の人数が県から発表され始めたのは地震発生から約3ヶ月後のことである。そして、地震発生から1年が経過した時点の人数で、漸く最終的な人数の76.6%にあたる167名であった。このことから、地震発生から1ヶ月経過時点で石川県から発表されている災害関連死の人数は、同災害の関連死の最終的な人数と大きな乖離がある可能性がある。

また表-4は、報道機関がこれまでに報じた関連死の疑いがある死亡事例である。死亡の経緯は記事をもとに著者が要約したものである。県発表の15名の災害関連死との関係は不明である。12事例中6事例が避難所を生活

拠点としていた。図-5で示した通り、避難所での関連死が全体に占める割合は低く、実際には高齢者施設や自宅などで多くの関連死が発生している可能性がある。

以上を踏まえると、実際にはすでに15名以上の災害関連死が発生している可能性がある

る。今回の規模の災害（最大避難者5万人）の場合、関連死発生率は避難者1万人あたり4人程度であるが、実際にはそれよりも高くなっている可能性がある。被災者を取り巻く生活環境の深刻さは連続的に変化しない。発災初期においては、電気、ガス、水道などのライフラインが停止するだけでなく道路網の

表-3 県が発表する災害関連死者数の推移。データは災害対策本部会議資料に基づく。

(a) 能登半島地震		(b) 熊本地震			(続き)		
日付	関連死 (人)	日付	関連死 (人)	関連死 市町村認定 (人)	日付	関連死 (人)	関連死 市町村認定 (人)
2024.1.1	-	2016.4.14	-	-	2016.7.4	20	-
2024.1.2	-	2016.4.15	-	-	2016.7.5	26	-
2024.1.3	-	2016.4.16	-	-	2016.7.6	26	6
2024.1.4	-	2016.4.17	-	-	2016.7.7	26	6
2024.1.5	-	2016.4.18	1	-			
2024.1.6	-	2016.4.19	1	-	2017.4.3	169	166
2024.1.7	-	2016.4.20	11	-	2017.4.10	170	167
2024.1.8	-	2016.4.21	10	-	2017.4.13	170	167
2024.1.9	6	2016.4.22	11	-	2017.4.14	170	167
2024.1.10	8	2016.4.23	12	-	2017.4.18	170	167
2024.1.11	8	2016.4.24	12	-			
2024.1.12	14	2016.4.25	12	-	2020.3.13	-	217
2024.1.13	13	2016.4.26	14	-	2020.4.13	-	217
2024.1.14	13	2016.4.27	16	-	2020.5.13	-	217
2024.1.15	14	2016.4.28	16	-	2020.6.12	-	217
2024.1.16	14	2016.4.29	17	-	2020.9.11	-	218
2024.1.17	14	2016.4.30	17	-			
2024.1.18	14	2016.5.1	17	-			
2024.1.19	14	2016.5.2	17	-			
2024.1.20	14	2016.5.3	17	-			
2024.1.21	14	2016.5.4	17	-			
2024.1.22	15	2016.5.5	17	-			
2024.1.23	15	2016.5.6	18	-			
2024.1.24	15	2016.5.7	18	-			
2024.1.25	15	2016.5.8	18	-			
2024.1.26	15	2016.5.9	18	-			
2024.1.27	15	2016.5.10	19	-			
2024.1.28	15	2016.5.11	19	-			
2024.1.29	15	2016.5.12	19	-			
2024.1.30	15	2016.5.13	19	-			
2024.1.31	15	2016.5.14	19	-			
2024.2.1	15	2016.5.15	19	-			
2024.2.2	15	2016.5.16	20	-			

寸断も深刻であるため、社会機能が著しく低下する。そのため、外部から支援を投入しようとしても関連死発生率を下げることは難しく、被災者を被災地外に一時的に退避させなければならない状況が生まれる場合があり、その見極めが重要であった。

しかしながら、被災地外に退避する場合には、住み慣れた土地を離れることに不安が伴う。離れても故郷の状況や生活再建に向けた情報が伝わること、復興に向けた住民同士の話し合いに参加できること、さらにどの程度の期間で戻れるのか見通しを示すことなどが求められる。

他方で、外部から支援を充実させて死亡率を下げられる状況の地域に関しては、被災者を取り巻く環境を改善するためにあらゆる手立てを講じる必要がある。災害関連死は、呼吸器系や循環器系の疾患などさまざまな要因があるが、どのような死亡原因で亡くなるかを亡くなる前に知ることはできない。また、死亡に至るプロセスも非常に複雑である。しかし、トイレ環境の改善、温かい食事の提供、寒さ対策など高度な医療技術がなくてもできることがたくさんある。避難所や自宅、高齢者施設など被災者のあらゆる生活拠点で、それらの対策を充実させなければならない。

電気が復旧し始めると、自宅が全壊していなければ、避難所から自宅に戻る方が増える。本災害では、発災後2週間から1ヶ月の時期にあたる。しかし、過去の災害では、自宅に戻って安堵した時に、緊張の糸が切れるように体調を崩されるケースもあった。体調の変化に注意が必要である。また、自宅に戻ると、壊れた家具などを一日も早く片付けたいと思われるかもしれないが、決して無理をしては

いけない。西日本豪雨の教訓である。特に、70歳以上の高齢者は、ボランティアの助けが得られるまで、あまり慌てずに少しずつ作業を進めるべきである。

また、避難所から自宅に戻ると、住民同士で顔を合わせる時間が減る。住民同士で体調の変化に気づき、声を掛け合えなくなることが問題になる。過去の災害では、避難所よりも自宅の方が関連死で亡くなっている。自宅に戻っても、誰かとコミュニケーションを取る時間を大切にしてもらいたい。

一方で、自宅が全壊していると、仮設住宅などの住まいの目処が立つまでは、電気が復旧しても避難所生活が続く。炊き出しによって温かい食事が提供され、自衛隊の風呂が用意されるなど、災害発生初期と比べれば、避難所の生活環境も大きく改善されている。しかし、生活が不活発になっている日々が続くと、体調悪化につながる恐れがある。インフルエンザなどの感染症対策にも警戒が必要である。2週間以上に及ぶ厳しい生活の疲れを回復させるために、動ける方は旅館やホテルへの短期の避難を利用することも有効であろう。

また、被災地外への退避が必要な高齢者施設や集落の見落としの心配がなくなると、二次避難の意味合いが変わる。関連死リスクが高まった被災者が、自宅や高齢者施設、避難所などにおられたら、個別に被災地外に退避させるという個別対応での二次避難が求められる。これは初期の集団での二次避難とは異なる。二次避難によって生活環境が改善するかどうかを判断するときは、ライフラインなどの物理的な環境だけではなく、人間関係などの社会的な環境も含めて判断する必要がある。

表-4 報道機関による関連死の疑いがある死亡事例。経緯はWEBニュースからの要約。県発表の15事例との関係は不明。

死亡日	年齢・性別・市町村	生活拠点・死因	経緯	出典
2024.1.2	・76歳 ・女性 ・能登町	・自家用車 ・大動脈解離	自宅で被災。家族7人にけがはなかったものの、家の中は危険と判断し、皆で1台の車で車中泊。翌日の2日に胸の痛みを訴えて病院に搬送されたが死亡。女性には高血圧の持病があった。	NHK 1.12
2024.1.3	・70代 ・女性 ・能登町	・避難所(集会所) ・不明	町内の集会所に自主避難していた。3日、心肺停止で発見。同町は親族から連絡を受けた。	北國新聞 1.11
2024.1.3	・97歳 ・男性 ・能登町	・自宅 ・低体温症(?)	地震のあと、電話が繋がらなかったため、2日、金沢市在住の男性の息子が珠洲市の実家に駆けつけた。津波で浸水した1階で、布団も体も濡れた状態で寒がる男性を発見。救急車には来てもらえず、近所の避難所にも助けってもらえなかった。足腰が弱く、男性を連れ出せなかったため、濡れていない布団をかけ、励まし続けたが、3日死亡。	NHK 2.10
2024.1.4	・81歳 ・女性 ・輪島市	・自宅、避難所 ・低体温症(?)	3日、自衛隊員が自宅で1人で過ごす女性を見つけて避難所まで運んだ。女性に持病はなく、1人で暮らしていた。避難所で一夜を過ごした後の4日、スタッフが異変に気付き、病院に搬送されたが入院できなかった。痛みを訴え続けたため、病院内のロビーのソファで一夜を明かした。その後、親戚の家に戻ったが、3日、41度の高熱とめまい、吐き気が出たため、別の医療機関を受診。症状は改善せず、4日に再び内灘町の病院へ。診察を待つ間に男児は呼吸停止、集中治療室で治療を受けたものの翌日、死亡。	東京新聞 1.11
2024.1.5	・5歳 ・男性 ・志賀町	・自宅、病院 ・火傷(?)	志賀町に住む5歳男児が、ストーブの上のやかんが揺れて倒れ、熱湯がかかってやけどを負った。救急車で内灘町の病院に搬送されたが入院できなかった。痛みを訴え続けたため、病院内のロビーのソファで一夜を明かした。その後、親戚の家に戻ったが、3日、41度の高熱とめまい、吐き気が出たため、別の医療機関を受診。症状は改善せず、4日に再び内灘町の病院へ。診察を待つ間に男児は呼吸停止、集中治療室で治療を受けたものの翌日、死亡。	NHK 1.9
2024.1.5	・100歳 ・女性 ・能登町	・避難所、長女宅 ・不明	足腰が弱く車椅子で生活していたが、持病はなく食欲も旺盛。地震のあと、一晩を明かした避難所では、敷布団を用意してもらったものの雑魚寝状態で周囲の人の話し声もあって眠れず。長女宅に移ったあとも、食事を取ることができず、次第に衰弱。5日昼ごろ、布団の中で亡くなっていた。	NHK 1.20
2024.1.7	・80代 ・男性 ・珠洲市	・不明 ・不明	呼吸器の持病で在宅診療を受けていた80代の男性は、地震発生から7日後に誤えん性肺炎で死亡。いつも食べていた流動食を摂取できず、誤えん性肺炎を発症したとみられる。	NHK 1.12
2024.1.1 -1/12	・90代 ・女性 ・珠洲市	・避難所 ・脳卒中	もともと脳の血管に病気があり血圧を下げる薬を服用していたが、避難所で生活していた際に薬が服用できなかったとみられ、ストレスも重なったのではないかとみられる。	NHK 1.12
2024.1.9	・86歳 ・男性 ・能登町	・避難所 ・急性心不全	地震のあと、避難所となっていた中学校の体育館に妻と娘の3人で避難していた。9日体調を悪化させて病院に搬送されたが死亡。心臓や肺に持病があった。ストーブなどの暖房機器はあったが、男性がいた場所では暖が取れなかった。体育の授業用マットの上で、寒さで寝付けない日々が続いていた。慣れない避難所生活で食事もとれず持病が悪化したとみられる。	北陸放送 1.12
2024.1.11	・98歳 ・女性 ・能登町	・自家用車、避難所 ・誤飲	11日、避難所で朝食の粥をのどに詰まらせた98歳女性が病院で死亡。元旦は朝食を全て平らげるほど元気だった。1日は同居する息子と車中泊をし、2日以降は避難所で生活していた。亡くなる前夜は暖房に「暑い」と、布団をかけずに眠っていた。	中日新聞 1.15
2024.1.13 -1.17	・不明 ・不明 ・能登町	・高齢者施設 ・低体温症	低体温症で高齢者施設から救急搬送された患者が亡くなった。施設では一部エアコンが壊れており、徘徊する人がいるためストーブをつければなしにもできない状況だった。	高知新聞 1.19
2024.1.19	・86歳 ・女性 ・能登町	・避難所 ・エコノミークラス症候群	女性(86)は要介護4のほぼ寝たきりの状態だったため、1日の地震の直後は近所の人の力を借りて、車いすごと持ち上げるなどして高台に避難した。その後、女性は家族やほかの避難者と役場内の1室で過ごしていたが、段ボールベッドが支給されるまでのおよそ1週間、車いすのリクライニングを倒して寝ることを余儀なくされ、たびたび体の痛みを訴えていた。食欲はあったが、糖尿病を患っていたため、家族が配られた菓子パンの甘い部分を取り除いて食べてさせるなどしていた。19日、女性は昼食を終えたあと、体調の異変を訴え、トイレに連れて行こうと、次女が段ボールベッドから体を抱き上げた際、突然、意識を失った。救急車で搬送された病院で治療が続けられましたが、意識は戻らず、亡くなった。	NHK 1.27

## 5. 南海トラフ巨大地震における災害関連死を減らすために

最後に、南海トラフ巨大地震における災害関連死を減らすために重要だと考えられることを以下に列挙する。

- (1) 現存する最大の関連死発生率38.2人（最大避難者数37万人規模）を用いて南海トラフ巨大地震の関連死者数を推計すると3万6千人（ $\approx 950 \times 38.2$ ）と算出される。これは南海トラフ巨大地震が発生した場合の被災者を取り巻く生活環境が、東日本大震災の岩手県や宮城県と同程度に厳しいと仮定した場合の関連死者数である。しかし、最大避難者数が950万人の災害における生活環境はもっと厳しくなるはずであり、関連死者数はこれよりも多くなると考えられる。また、被災者を取り巻く環境が数年間改善しない場合は、発災から数年後の関連死者数は7万人超になる可能性がある。引き続き、南海トラフ巨大地震の人的被害軽減のための最重要課題は津波による死者数を減らすことであるが、災害関連死による死者数を減らすことはその次に重要な課題である。
- (2) 50名以上の災害関連死が発生した災害が過去に4例あり、それぞれに異なる特徴がある。特定の災害を教訓にするのではなく、すべての経験を踏まえた関連死対策が求められる。そのため、災害発生直後から関連死発生までの間に生じるさまざまな事象を時系列で繋ぎ、一連のプロセスを可視化したフロー図が有用である。過去に経験したタイプの関連死を発生させないために、多様な分野の多様なプレーヤーの参画をどこまで拡げていけ

るかが重要である。

- (3) 夏に多くの避難者が発生する災害が起きていないため、夏に発生する巨大災害でどのような関連死が問題になるのかを経験的に知ることはできない。しかし、真夏に発生した2018年西日本豪雨と2018年台風15号で、それぞれ1名、4名が熱中症（あるいはその疑い）に伴う関連死であることが判明し、その5名のうち3名は停電により自宅の空調が停止した状態であったことが分かった。これは南海トラフ巨大地震が夏に発生すると、停電による空調の停止が関連死拡大要因となり得ることを示唆している。
- (4) 熊本地震や東日本大震災では、避難所よりも自宅で発生した関連死の方が多かった。また、介護施設や医療施設でも多くの関連死が発生した。南海トラフ巨大地震が夏に発生した場合には、長期停電によって空調が機能せず、熱中症による関連死の発生が懸念される。そのような中で頼りにしたい非常用発電装置も、揺れや津波に伴う故障、燃料不足、メンテナンス不足によって稼働しないものが少なくないと考えられ、関連死の増大を招く可能性が高い。近年、SDGsのローガンの下で電気自動車の普及や水素エネルギーの活用などの議論が活発化しているが、今後は南海トラフ巨大地震や首都直下地震などの巨大災害を見据え、防災・減災の観点からもこれらのエネルギー政策がどうあるべきかを検討するべきである。
- (5) 令和6年能登半島地震では、関連死発生率が避難者1万人あたり4人以上になる可能性がある。その場合、この規模（最

大避難者5万人)の災害としては高い水準であるといえる。被災地の高齢化率の高さや建物の全壊率の高さ、支援者の活動の困難さなどが影響している可能性があり、今後犠牲者が増えないように予防策の徹底が求められる。南海トラフ巨大地震でも、発災から1ヶ月が経過した時点で関連死の人数を正確に把握することは不可能である。断片的な情報から、いかに死亡率の高低を見極め、関連死予防に努めることができるかが試される。また、言うまでもなく事後対応への依存度を極力下げられるように事前対策を充実させなければならない。

**謝辞：**本稿は、著者の指導の下で修士研究、卒業研究として実施した成果が多数使用されている。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 山崎健司, 奥村与志弘, 国際疾病分類を用いた災害関連死と持病・既往症の関係分析, 地域安全学会論文集, No. 41, pp.43-50, 2022.

## 南海トラフ地震の 経済被害シミュレーション



兵庫県立大学大学院情報科学研究科教授 井上 寛康

### ・はじめに

2011年の東日本大震災は、グローバル経済の脆弱性を露呈した出来事の一例である。被災地の企業の生産減少がサプライチェーンの途絶を引き起こし、その影響は国内を超えて世界に広がった。この事態は、単なる災害の範疇を超え、COVID-19パンデミックや国際的な紛争、政治的対立など、地域限定の出来事でさえもグローバルな混乱を生じさせる可能性があることを示唆している。

その原因は、サプライチェーンの国際化と産業の高度化にある。これにより、関連する企業や産業の数が飛躍的に増加し、結果として混乱のリスクは拡大している。混乱が発生するたびに、どのように国際協力を行うべきかという問題となり、議論の的となっている。

日本は先進国でありながら、災害が頻発する国でもあるため、リスクは特に高い。このため、サプライチェーンを通じたショックの波及効果を予測し、経済被害を最小限に抑えるための戦略を立てることが重要である。サプライチェーンのリスクマネジメントや災害対策、国際的な協調行動の強化が、これらの問題に対処する上で不可欠であると言える。

ネットワーク科学の分野では、ネットワーク構造とその上でのショック伝播に関して多くの研究が行われている(1,2,3,4,5,6)。しかし、サプライチェーンに関する研究は、

データ入手の困難さから十分に進んでいない(7)。サプライチェーンネットワークでは多くの取引先を持つハブが多数存在する。このようなネットワーク構造は、ほとんどの企業が数ステップでつながっているため、負のショックが迅速に伝播する可能性がある。しかし、このネットワークの性質を考慮しないと、ショックの伝播に関して誤った見通しを持つことになる。

先行研究では、産業連関表を用いた産業レベルの分析や、企業の取引に複雑ネットワークを仮定しない一般均衡モデルを用いた分析、計量経済学的なアプローチが行われている(8,9,10,11)。また、仮想的なネットワークを用いた分析も存在する。しかし、実際のサプライチェーン上での負のショックの伝播に関する研究はまだ限られている。このような状況は、サプライチェーンの複雑さとデータ入手の困難さに起因しているが、これらの課題を克服し、より現実に近いモデルを構築することが研究における重要な課題となる。

本稿の焦点は、日本の実際のサプライチェーンネットワークデータを用いたエージェントシミュレーションによる研究である。この研究では、100万を超える企業を含むサプライチェーンネットワークの複雑性を保持しつつ、負のショックが引き起こす被害の予測を行っている。特に、東日本大震災や南海トラフ地震による被害の推計に焦点を当

てる。

この研究の重要な点は、実際のサプライチェーンデータに基づいているため、経済活動の複雑なダイナミクスを反映していることである。すなわち、エージェントシミュレーションを用いることで、個々の企業の行動や相互作用が全体のネットワークにどのように影響を与えるかを明らかにし、災害の外部ショックがサプライチェーンに与える実際の影響を詳細に分析している。

本稿では、これらの推計結果とそれらがサプライチェーン管理や危機対応戦略に与える意味合いについて詳しく紹介し、今後の災害や危機に対するより効果的な準備と対応策の開発に向けた知見を提供する。

### ・日本のサプライチェーンデータ

紹介する研究では、東京商工リサーチ社が提供する企業情報データベースと企業関連データベースの2011年、2016年、2020年のデータを活用している。企業情報データベースは企業の属性データを、企業関連データベースはそれぞれの企業のサプライヤーとクライアントの情報を含んでいる。各企業には最大24社のサプライヤーとクライアントの情報が含まれているが、これは必ずしも企業の取引先が24社に限られるわけではない。例えば、多くの取引先を持つ大企業は、多数の小規模企業からサプライヤーやクライアントとして指定されることが一因である。

このデータは日本で活動している企業の大部分をカバーしており、サプライチェーンについても同様に広範囲をカバーしていると考えられる。2011年のデータでは、サプライチェーンネットワークのノード数（企業数）は1,109,549社、リンク数（サプライチェー

ンの関係性）は5,106,081である。このネットワークは有向であり、その流れは財（製品やサービス）である。また、企業は本社の住所情報を持ち、これは緯度経度に変換されている。これはシミュレーションにおいて、最初のショックを受ける企業の特定に用いられる。さらに、政府統計の経済センサスデータを統合することで、事業所の位置まで把握している(17)。

サプライチェーンネットワークにおいてノードが持つリンクの数はべき分布をしている。べき分布は、正規分布などと異なり、非常に大きな確率でリンク数の大きなノードが存在することになる。その結果、さまざまな特徴が現れるが、例えば平均パス長（任意のノード間をたどるのに必要な平均ステップ数）は最大連結成分で4.8と非常に短い。これはノード数を考慮すると驚くほど短い。この分布の形は、サプライチェーンが毎年変化しているにも関わらず、ほとんど変わらないという点で注目に値する。

有向ネットワークにおいて、相互に繋がっている部分ネットワークを連結成分と呼ぶ。このサプライチェーンデータの最大の連結成分には、約47.5%の企業、つまり約40万社が含まれている。この最大連結成分には無数のサイクルが含まれており、例えば半導体を生産する企業が、その半導体を使用して機械を生産する企業から生産機械を購入するようなケースがそれに当たる。この47.5%というカバー率は非常に高く、例えば2億ページからなるWWWの有向ネットワークでは、最大連結成分に含まれるのは27.6%に過ぎない(18)。さらに、サプライチェーンにおいて最大連結成分に含まれなかった企業のほとんどは、1ステップで最大連結成分に接続さ

れている。これは、中心に種子を持ち、殻に包まれたクルミのような構造に喩えられる(19,20)。この、サプライチェーンにループが存在するという事実は、一般的な認識とは異なる。通常は、原材料が加工され消費者に届く一方向のサプライチェーンのみが考慮されるが、実際にはループの存在により非常に不安定な挙動が発生することがある。例えば、ブルウィップ効果を考慮すると、サプライチェーンの川下側が消費者需要に合わせて生産量を日々変動させると、川上側は欠品を避けるために多めに生産を行う。この変動は川上に向かうほど大きくなる。もしサプライチェーンにループがあれば、川上の企業を無限にたどることができ、変動が極めて大きくなる可能性がある。このような特性は、サプライチェーンの分析や管理において重要な意味を持つ。

### ・サプライチェーンシミュレータ

開発したサプライチェーンシミュレータでは、エージェントベースモデルを採用している。元々提案されたモデルを、その後現実的な振る舞いを再現するために拡張したものである。このモデルでは、各企業が他の企業から購入した中間財を使用して財を生産し、それを他の企業や消費者に販売すると仮定している。同じ産業に属する企業は同じ生産物を生産するとされている。

このモデルの特徴として、サプライチェーンは事前に決定されており、時間とともに変化しない。これには2つの意味があり、一つ目は、各企業が特定の間接財のセットを使用し、これが時間とともに変更されないこと。二つ目は、各企業が固定されたサプライヤーとクライアントとリンクしており、混乱発生後

も新しい企業とのリンクを形成しないことである。したがって、このシミュレータでは生産量の短期的な変化に焦点を当てているといえる。また、各企業が各入力の前在庫をポアソン分布からランダムに決定された水準で保持すると仮定している。

企業の生産に制限が課せられると、その影響は上流と下流の両方に及ぶ。上流へは、サプライヤーへの中間財の需要が減少するため、サプライヤーは生産を縮小せざるを得ない。これにより制限の悪影響が上流に伝播する。同時に、制限を受けた企業から顧客企業への中間財供給が減少するため、顧客企業は在庫を使用するか、関係があった同じ産業の他のサプライヤーから中間財を調達することになる。しかし、これらのサプライヤーに追加の生産能力がなければ、顧客は生産を縮小する必要がある。したがって、制限の影響はサプライチェーンを通じて下流に伝播する。下流への伝播は、在庫や中間財の代替により、上流への伝播よりも遅くなる可能性がある。

### ・東日本大震災と南海トラフのシミュレーション

2011年の東日本大震災のデータを使用して、モデルのパラメータを調整することから先に行った。この調整されたモデルを用いて、南海トラフ沖地震の被害予測を行った(24)。これらシミュレーションの時間的・空間的視覚化は動画で閲覧できる(25,26)。

東日本大震災において、個別企業の実際の被害データは存在しないため、中小企業庁などのデータに基づき直接的なショックを決定した(27)。すなわち、被災地域における被害企業の割合に基づいて、直接被害を受けた企業をランダムに選定している。被災地域は

二つのタイプに分けられる：(i) 地震による津波の影響を受けた沿岸地域と(ii) 地震そのものによって影響を受けた内陸地域である。ある自治体が日本の震度階級で「震度6強」以上の地震に見舞われた場合、その自治体は地震による被害があったとされる。また、5メートル以上の津波があった自治体は、津波による被害があったとされ、津波による被害の割り当てが地震によるものを上回る。各被災地域における被害企業の割合を使用し、地震によって直接被害を受けた企業を0日目にランダムに決定する。報告書に記載されている完全、部分、一部の破壊を、それぞれ100%、50%、20%の生産能力損失（損失率はそれぞれ1.0、0.5、0.2）に変換した。

このアプローチにより、実際の被害企業のデータがなくとも、地震や津波の影響を受けた可能性のある企業をモデル化することができ、シミュレーションを通じて被害の全体的な影響を推定することが可能になる。これは、災害発生時の経済的影響を評価し、緊急時の対応策を計画する上で重要な方法である。

この直接的なショックを30セット作成したところ、1年間で平均0.1兆円分の付加価値が損なわれたと推定された。モデルは、このショックとパラメータを用いて、総付加価値額を計算する。初期ショックは確率的であるが、モデルは決定的である。

国内総生産（GDP）データは四半期ごとししか入手できないため、鉱工業指数（生産）を月ごとのデータとして用い、震災前後の実際の経済動向として使用した。さらに、8,400通りのパラメータ設定で各30回のシミュレーションを実施し、結果を得た。そのうち現実の国内総生産の動きと最も一致したパラメータを用いることとした。

得られたパラメータを用い、かつ確率的に決められた初期ショックを用いて30回のシミュレーションを実施した（図1）。国内で生産される総付加価値額を、ショックが起きる前の初期状態と比べた日ごとの減少額から計算する。ショックの伝播による間接的な総付加価値額の減少は、1年間で11.3兆円、GDPの2.3%に相当する。一方で、震災により引き起こされた直接的な付加価値額の損失は0.1兆円であり、間接的な経済的損失はこれの100倍以上になる。この直接と間接の莫大な比は、災害が経済に与える影響を理解する上で重大である。

調整されたパラメータを用いて、南海トラフ地震の被害をシミュレータで予測した。東日本大震災のシミュレーションと同様に、初期の被害を受ける企業とその被害の大きさは確率的に決定される。被害には多くのシナリオが想定されているが、そのうちの海側、標準、全割れ（一度に起きる）ケースを用いる（28）。

このシミュレーションによると、南海トラフ地震のマグニチュードは東日本大震災と同程度と推測されているものの、生産量の被害はより大きいことが分かった。これは、東京、名古屋、大阪などの主要な産業集積地が地震や津波の影響を受けるためと考えられる。直接および間接的な総付加価値額の減少は、1年間で54.3兆円、GDPの11%に達すると推測される。また、この地震においても間接的な被害は直接的な被害を大きく上回っている。

また30回のシミュレーションを詳しく見てみると、東日本大震災のシミュレーションでも見られたが、一度生産の減少が底を打った後に、二次的な生産量の減少が起きる場合があることが観察される（図1）。二次的な減

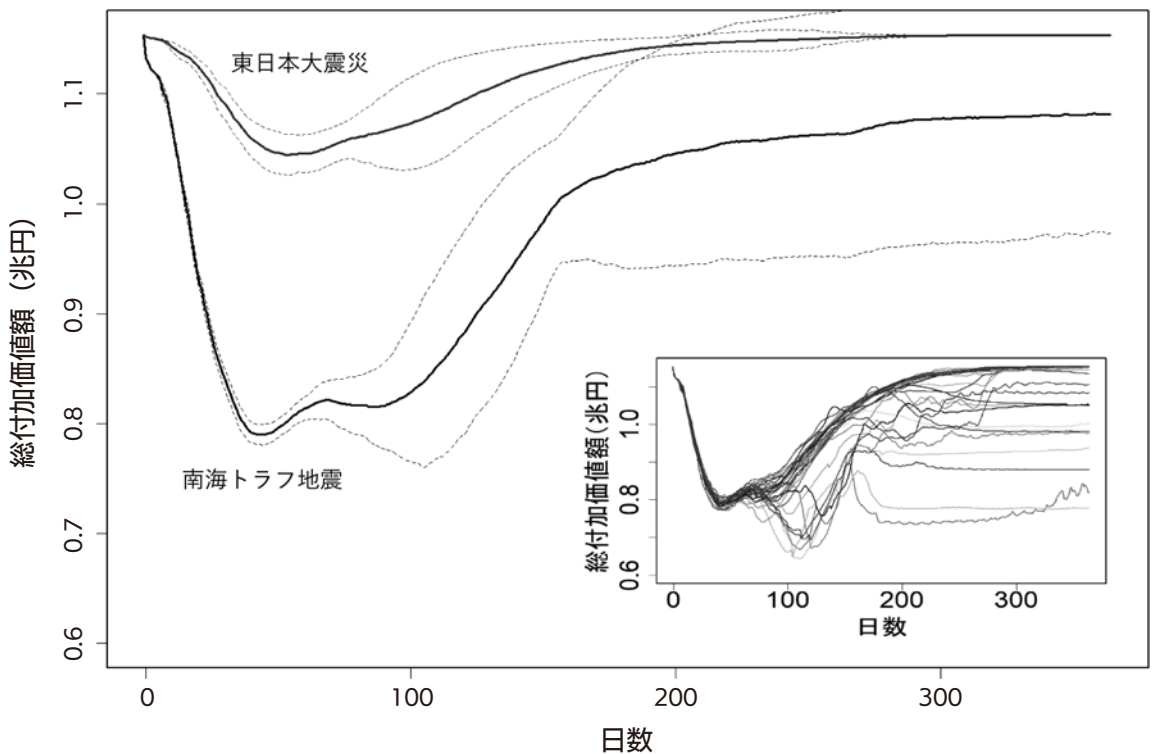


図1：東日本大震災および南海トラフ地震の推測した付加価値額の比較。2つの実線はそれぞれ東日本大震災、南海トラフ地震である。変化に注目するため縦軸は0から示されていないことに注意されたい。いずれの推測結果も30回のシミュレーションの結果である。実線が平均、点線が標準偏差を表している。挿入図は南海トラフ地震の異なる初期ショック30回それぞれの様子である。

少が起きると、最終的な被害額、すなわち震災前の生産量と比較した場合の減少量の総和が大きくなることを示している。これらの結果は、災害対応策や緊急時の経済政策立案において重要な洞察を提供する。すなわち、初期のショックがどの企業に及ぶかという細かな違いが、日本経済全体への損失に大きな違いを生み出すということである。

次に、内閣府から提供された資料を基に、南海トラフ地震の半割れケースを初期ショックとしたシミュレーションを行った。この半割れは、東西で震源域が一度に発生するのではなく、片方ずつ時間を空けて生じるケースであり、直近300年では5回のうち4回がこのケースに相当している (29)。筆者はNHKか

らの要請を受け、この半割れケースについて、特に間隔を変えたさまざまなシミュレーションを実施した。東日本大震災や南海トラフの全割れと同様に算出した結果によると、たとえば西の半割れから東の半割れに、180日間の空いたケースでは、東の半割れ発生から一年間の総損失額は120.1兆円、全割れケースの2.2倍となることがわかった (図2)。

この半割れケースにおける、2回の半割れ時の直接的な被害の和は、半割れの直接の被害地に若干の重複があり半割れの和の方が全割れに比べてわずかに大きいですが、全割れとほとんど変わらない。にも拘わらず、これほどの差が出たことが大きな驚きである。この原因は、最初のショックで経済が回復しきらな

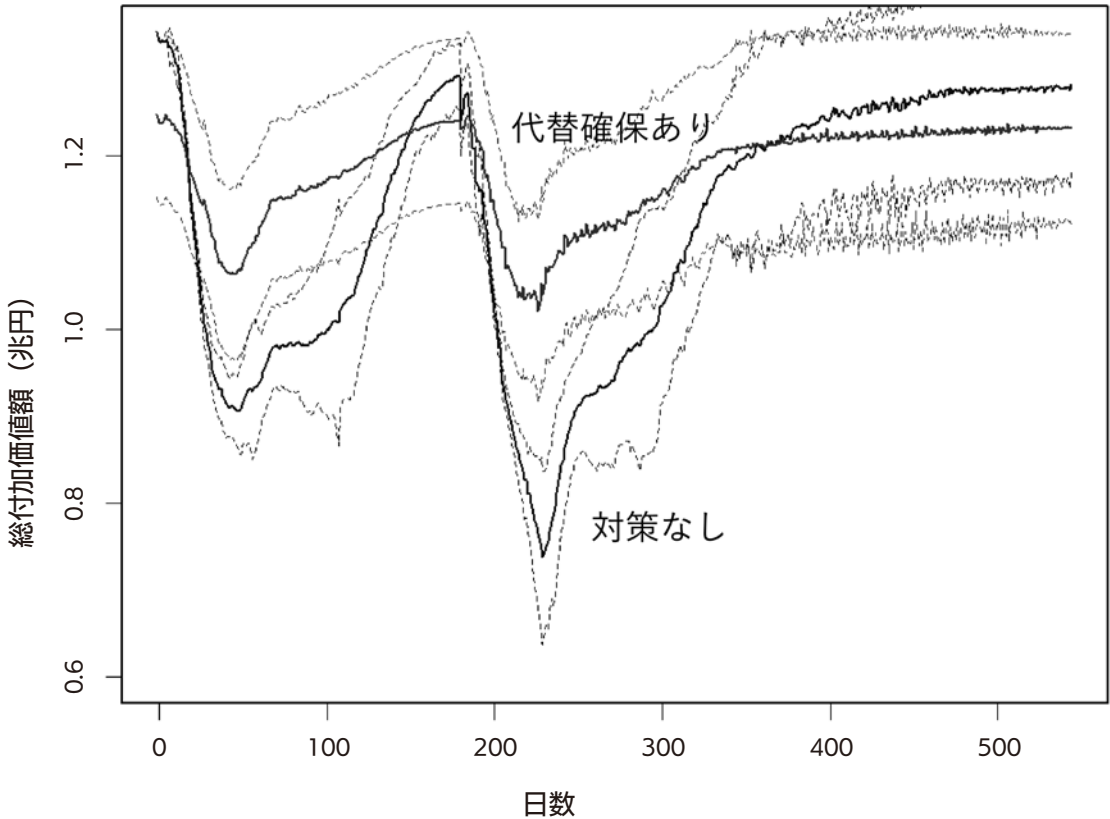


図2：南海トラフ地震の半割れが180日で前後して起きる場合。西の半割れののちに東の半割れが発生したケース。上が代替先を確保する対策をした場合、下が対策なしの場合である。変化に注目するため縦軸は0 から示されていないことに注意されたい。いずれの推測結果も30回のシミュレーションの結果である。実線が平均、点線が標準偏差を表している。

いところに、再度のショックが与えられるためである。具体的には、国内における在庫が枯渇している等、被害を吸収できない状態で与えられるショックのためである。このようなシミュレーションは他で行われたことはなく、非常に重要であり、また示唆に富むものであると言える。

ここまで、東日本大震災・南海トラフ地震の全割れ・半割れのシミュレーションを紹介してきたが、重要なのは防災へどのようにこのシミュレーションが活かせるのかという点である。シミュレーションはいかなる仮定・データも反映するその柔軟性に価値があると

いえる。筆者はさまざまな対策について検討してきたが、ここでは1つの対策として、企業が代替可能性を担保している場合にどのような効果があるか、さきほどのNHKの半割れのケースで実施した。具体的には、ある企業が中間財の供給を受け取れなくなった場合、その企業はその企業と競合している企業のサプライヤを利用することができる、という簡単な仮定を導入した。これは、平常時は自由な競争・事業を競合会社間では行っているが、非常時には部品の供給を融通しあうような取り決めに想定している。このようなサプライヤを共有する事業者の協力の事例は数

多く存在しており、たとえば、2008年フォードのCEOは、ライバル会社であるゼネラルモーターズとクライスラーの支援を政府に訴えた。その理由は彼ら企業のサプライヤの多くが重複しているためである。

このような代替性を導入したシミュレーションをさきほどの半割れケースに導入したところ劇的な効果を示し、総損失額は25.2兆円、この対策を導入しなかった場合と比べて被害は約33.6%まで減少している（図2）。ただし、この仮定はすべての企業がこの対策を実施できたという比較的強い仮定に基づくことに留意されたい。

### ・社会・経済シミュレーションと防災対策

本稿では、企業の経済活動に焦点を当て、災害によるショックが経済に広がり収束する様子をシミュレーションを用いて分析する研究を紹介した。このアプローチは、災害の影響を企業レベルで詳細に理解するのに有効である。

しかし、経済全体を考えると、個人の行動や経済活動も重要な要素である。被災地の復興策を立案する際には、単にインフラストラクチャを再建するだけでなく、人々や企業の振る舞いも考慮する必要がある。これは、世界がネットワーク化している現代においては避けられない課題である。エージェントシミュレーションは、このようなより複雑な社会システムを扱うのに有用なツールであり、ビッグデータと組み合わせることで、今後さらに研究が進展することが期待される。

そのような発展を遂げることで、災害対応策や緊急時の経済政策の策定において、より効果的で包括的なアプローチが可能になるであろう。また、個人や企業の行動パターンの

変化を反映したより現実に近いモデルの構築に寄与し、災害リスク管理や経済復興戦略の策定における重要なツールとなることが期待される。

### ・まとめ

災害のショックが地域限定の事象であっても現代の高度に接続された経済において大きな混乱を引き起こす可能性がある。また被害予測はサプライチェーンの複雑さにより困難であることを指摘した。本稿では、日本の100万を超える企業を含む実際のサプライチェーンネットワークデータを用いたエージェントシミュレーションにより、東日本大震災および南海トラフ地震の被害推計を中心に議論した。

この研究は国内のサプライチェーンに焦点を当てたが、国際サプライチェーンのようなさらに複雑な状況も存在する。例えば、輸入と輸出のデータを組み込んだ国際的ショックに対する国内サプライチェーンの応答を調査する研究もあるが、その結果は本稿の国内サプライチェーンのシミュレーションとまた異なる示唆に富んでいる。さらに、商品の価格、市場の取り扱い、代替性、輸送、企業の参入・退出・成長など、サプライチェーンと密接に関わる多くの未着手の課題が存在する。

シミュレーションの魅力は、多様なデータを投入し、モデルの効果を試すことの自由度にある。しかし、モデルの正確性の検証は事実上不可能に近い。このような場合の方策として、長期的なデータに合致するモデルを見つけ、そのモデルを公開し、継続的なコミュニティでの議論を行うことが重要である。本稿が社会・経済シミュレーションと災害との接点に関心を持つ研究者や実務者の議論の

きっかけとなれば筆者としてうれしい限りである。

### ・参考文献

- (1) Watts, D. J. and Strogatz, S. H.: Collective dynamics of ‘small-world’ networks, *Nature*, Vol. 393, pp. 440–442 (1998)
- (2) Watts, D. J.: A simple model of global cascades on random networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 99, No. 9, pp. 5766–5771 (2002)
- (3) Centola, D.: The Spread of Behavior in an Online Social Network Experiment, *Science*, Vol. 329, No. 5996, pp. 1194–1197 (2010)
- (4) Burt, R.: Structural Holes and Good Ideas, *American Journal of Sociology*, Vol. 110, No. 2, pp. 349–399 (2004)
- (5) Newman, M.: *Networks: an introduction*, Oxford University Press Inc., New York (2010)
- (6) Barabási, A.-L.: *Network science*, Cambridge University Press (2016)
- (7) Fujiwara, Y. and Aoyama, H.: Large-scale structure of a nation-wide production network, *The European Physical Journal B*, Vol. 77, No. 4, pp. 565–580 (2010)
- (8) Haimes, Y. and Jiang, P.: Leontief-based model of risk in complex interconnected infrastructures, *Journal of Infrastructure systems*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–12 (2001)
- (9) Santos, J. and Haimes, Y.: Modeling the Demand Reduction Input-Output (I-O) Inoperability Due to Terrorism of Interconnected Infrastructures, *Risk Analysis*, Vol. 24, No. 6, pp. 1437–1451 (2004)
- (10) Okuyama, Y., Hewings, G. J., and Sonis, M.: Measuring economic impacts of disasters: interregional input-output analysis using sequential interindustry model, in *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*, pp. 77–101, Springer (2004)
- (11) Acemoglu, D., Carvalho, V., Ozdaglar, A., and Alireza, T.: The network origins of aggregate fluctuations, *Econometrica*, Vol. 80, No. 5, pp. 1977–2016 (2012)
- (12) Bak, P., Chen, K., Scheinkman, J., and Woodford, M.: Aggregate fluctuations from independent sectoral shocks: selforganized criticality in a model of production and inventory dynamics, *Ricerche Economiche*, Vol. 47, No. 1, pp. 3–30 (1993)
- (13) Delli Gatti, D., Guilmi, C. D., Gaffeo, E., Giulioni, G., Gallegati, M., and Palestrini, A.: A new approach to business fluctuations: heterogeneous interacting agents, scaling laws and financial fragility, *Journal of Economic behavior & organization*, Vol. 56, No. 4, pp. 489–512 (2005)
- (14) Hallegatte, S.: An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina, *Risk analysis*, Vol. 28, No. 3, pp. 779–799 (2008)
- (15) Hallegatte, S.: Modeling the roles of heterogeneity, substitution, and inventories in the assessment of natural disaster economic costs, *The World Bank* (2012)
- (16) Henriot, F., Hallegatte, S., and Tabourier, L.: Firm-Network Characteristics and Economic Robustness to Natural Disasters, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 36, No. 1, pp. 150–167 (2012)
- (17) H.Inoue, Y.Okumura, T.Torayashiki, and Y.Todo, “Simulation of supply chain disruptions considering establishments and power outages”, *PLOS ONE*, 2023.
- (18) Broder, A., Kumar, R., Maghoul, F., Raghavan, P., Rajagopalan, S., Stata, R., Tomkins, A., and Wiener, J.: Graph structure in the web, *Computer networks*, Vol. 33, No. 1-6, pp. 309–320 (2000)
- (19) Chakraborty, A., Kichikawa, Y., Iino, T., Iyetomi, H., Inoue, H., Fujiwara, Y., and Aoyama, H.: Hierarchical communities in the walnut structure of the Japanese

- production network, PLoS one, Vol. 13, No. 8 (2018)
- (20) Kichikawa, Y., Iyetomi, H., Iino, T., and Inoue, H.: Community structure based on circular flow in a large-scale transaction network, Applied Network Science, Vol. 4, No. 1, p. 92 (2019)
- (21) Henriët, F., Hallegatte, S., and Tabourier, L.: Firmnetwork characteristics and economic robustness to natural disasters, Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 36, No. 1, pp. 150–167 (2012)
- (22) Inoue, H. and Todo, Y.: Firm-level propagation of shocks through supply-chain networks, Nature Sustainability, Vol. 2, pp. 841–847 (2019)
- (23) Inoue, H. and Todo, Y.: Propagation of Negative Shocks through Firm Networks: Evidence from Simulation on Comprehensive Supply-Chain Data, PLoS ONE, Vol. 14, No. 3 (2019)
- (24) Inoue, H. and Todo, Y.: Firm-level propagation of shocks through supply-chain networks, Nature Sustainability, Vol. 2, pp. 841–847 (2019)
- (25) <https://www.youtube.com/watch?v=IB5a2Ec6iD0>
- (26) <https://www.youtube.com/watch?v=tUzK280BBIw>
- (27) The Small and Medium Enterprise Agency. White paper on small and medium enterprises in Japan, 2011.
- (28) White Paper on Disaster Management (Cabinet Office in Japan, 2014)
- (29) [https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/natural-disaster/natural-disaster\\_26.html](https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/natural-disaster/natural-disaster_26.html) (Access: 23/12/25)

# 南海トラフ地震臨時情報と 南海トラフ地震連続発生確率



東北大学災害科学国際研究所准教授 福島 洋

## 1. はじめに

2019年5月より、「南海トラフ地震臨時情報」（以下、「臨時情報」）が気象庁から発表される仕組みが運用されている。その一年半前の2017年11月から、「南海トラフ地震に関連する情報」が同じ枠組みのもとで発表される仕組みが運用されていたので、実質的には、この臨時情報発表の仕組みの運用が開始したのは2017年11月である。本稿執筆時点において、臨時情報の実質運用開始から6年が経過したことになるが、この間、同情報を活用して災害軽減を図るための準備・整備ができたかと言えば、まだまだ課題のほうが多く見当たる状況である。元より、筆者は、この臨時情報の仕組みがすぐにうまく使いこなせるようになるとは考えていなかった。社会全体で中長期的に継続的に取り組んでいくことが重要であろう。

本稿では、これまでの臨時発表が生まれるまでの道のりや情報発表の仕組みを改めて振り返ったうえで、今後の臨時情報の仕組みを活用した災害軽減へ向けた取り組みの参考になるような視点・論点・知見を提示することを試みたい。

筆者は、国の会議体における臨時情報の背景の科学的知見の整理や情報発表の仕組みの検討には関わっていないが、整理・検討が行われていた当時、筆者が所属する東北大学災害科学国際研究所において、「不確実性は大

きいが巨大地震発生が懸念されるような地殻活動の変化が捉えられたときに、どのような情報の出し方・どのような対応の取り方をすると災害軽減につなげることができるのか」という、まさに臨時情報の背景にある課題と同一のテーマを掲げた勉強会を行っていた。また、その勉強会をベースとして、2019年1月からは、セコム科学技術振興財団の助成のもと、臨時情報への実効的な対応計画作成に資する知見を提供することを目的とした学際研究プロジェクトを実施していた。並行して、2017年11月から、臨時情報に関する研究者とメディア関係者による研究会にも参加していた。これらの勉強会や研究会等の活動のなかで、国での検討に関わる方々との意見交換等も行っていたし、地震学会における臨時情報関係の説明会やシンポジウムに参加したり、企画運営の立場で関わったりもした。以下の解説は、上述のような立ち位置にいた筆者の理解や解釈に基づくものである。なお、上述の勉強会の報告レポート集<sup>1)</sup>や、研究会の成果として発表された論文<sup>2-4)</sup>からは、臨時情報の仕組みが検討されていた当時の研究者・メディア関係者・自治体関係者等が持っていた問題意識や雰囲気などを感じ取ることができる。興味を持たれる読者には、ご一読いただきたい。

本稿で最後に解説する南海トラフ地震が連続発生する確率の研究成果については、

2023年1月に発表された論文の内容<sup>5)</sup>に基づき、研究の動機や社会に対するメッセージも含めて解説したい。なお、本研究は上で説明した学際研究プロジェクトの一環として実施したものであり、同プロジェクトの成果物である「南海トラフ地震臨時情報発表時における組織の対応計画作成支援パッケージ」<sup>6)</sup> (2023年1月公開) で述べられている内容と一部重複している。同パッケージには、組織が臨時情報発表時の対応計画を検討するうえで参考になる科学的知見や必要な検討事項等がまとめられているので、こちらも、興味を持たれる読者にはご一読いただきたい。

## 2. 南海トラフ地震臨時情報が生まれた経緯

本章では、臨時情報が生まれた経緯を概観する。歴史的背景の詳細については、大塚<sup>7)</sup>を参照いただきたい。

国(内閣府中央防災会議)による南海トラフ沿いの大規模地震、すなわち「南海トラフ地震」<sup>1)</sup>の本格的な対策は、まず東海地震を対象として、1978年の「大規模地震対策特別措置法」(いわゆる大震法)に始まった。2003年には、東海地震対策大綱および東南海・南海地震対策大綱が発表された。特に東南海・南海地震対策大綱には「今後10年程度経過した段階で東海地震が発生していない場合には、東海地震対策と合わせて本大綱を見直すものとする」と記載された。その後、2011年3月に東北地方太平洋沖地震が発生した。この翌月4月に中央防災会議に「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」が設置され、その専門調査会の方針のもと、南海トラフの巨大地

震モデル(想定破壊域、地震動・津波想定)<sup>8-10)</sup>および被害想定<sup>11), 12)</sup>がその後2年間の間に相次いで発表された。この地震モデルおよび被害想定は、あらゆる可能性を考慮した最大クラスを想定するという方針のもと出されたものであり、結果として、最悪ケースで死者32万人超という想像を絶する甚大な被害想定であった。

このような巨大災害に対応するためのワーキンググループが2012年に中央防災会議に設置され、同ワーキンググループ下の「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会」が2013年に発表した報告書において、

- 現在の科学的知見からは、確度の高い地震の予測は難しいこと、
- ただし、ゆっくりすべり等のプレート間の固着の変化を示唆する現象が検知された場合、不確実ではあるものの地震発生の可能性が相対的に高まっていることは言えるであろうこと

が指摘された<sup>13)</sup>。その後、継続的な検討がなされ、中央防災会議防災対策実行会議の「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」において、2017年9月に「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について(報告)」がとりまとめられ、南海トラフ沿いにおける異常な現象の四つの典型ケースに対する防災対応の基本的な考え方が整理された<sup>14)</sup>。このワーキンググループ報告を受け、南海トラフ地震に対する新たな防災対応が定められるまでの当面の間、気象庁は「南海トラフ地震に関連する情報」を発表することとし、

1 東海地震、東南海地震、南海地震と呼ばれるものを含め、南海トラフから沈み込みプレートの境界で起こる巨大地震。

2017年11月1日から運用が開始された。この「南海トラフ地震に関連する情報」のスキームは、現行の臨時情報発表の仕組みとほとんど変わらないものであるが、微細な差異については大塚<sup>7)</sup>による報告を参照されたい。

その後、2018年には中央防災会議防災対策実行会議下に「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応検討ワーキンググループ」が設置され、同ワーキンググループの報告書にて、現在の臨時情報発表の対象となる異常現象3ケースや、具体的な防災対応の内容および最も警戒する期間が整理された<sup>15)</sup>。この内容をもとに、地方公共団体、企業等が南海トラフ地震の発生可能性が相対的に高まったと評価された場合取るべき防災対応計画を立てるための参考資料として「南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン（第1版）」（以下、「ガイドライン」）が2019年3月に策定された<sup>16)</sup>。2019年5月31日には、南海トラフ地震の発生可能性が相対的に高まったと評価された場合の防災対応が「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」に追記され、同時に、南海トラフ地震の発生可能性が相対的に高まったと評価された場合などに出される情報の名称として「南海トラフ地震臨時情報」が使われることとなった。なお、本稿ではわかりやすさを優先して柔軟な説明方法を採用しているが、気象庁では情報名および情報発表の条件を厳密に定めている。正確な情報名の使い分けやそれらの発表条件については、気象庁のウェブサイトを参照いただきたい<sup>17)</sup>。

以上が、内閣府中央防災会議における臨時情報が生まれた経緯の説明となる。一部繰り返しになるが、筆者が臨時情報発表の仕組みの誕生につながったと考える科学的、および、

防災施策上のまたは社会的な背景要因は以下の通りである。

科学的要因：

- 過去、時間差を置いて南海トラフ地震が連発した事例が複数あること。
- 地震には「地震が地震を誘発する」という性質があり、先発の地震の直後ほど・近いほど・普段の活動度が高いほど誘発の可能性が高いという統計的地震活動モデル（時空間ETASモデル<sup>18)</sup>、<sup>19)</sup>など）が確立されていること。また、世界の地震統計データから、巨大地震が近傍で連発するケースがあることも明らかにされていること。
- ゆっくりすべりが巨大地震に先行して発生していた事例が複数知られていること。

防災施策上のまたは社会的な背景要因：

- 2003年当時の「（東海地震、東南海地震、南海地震の対策について）10年後程度に見直す」から実際に10年が経ち、見直しが具体化したこと。また、その見直しのなかで、科学的知見に基づく仕組みの重要性が認知されたこと。
- 東日本大震災を受けて、ハード対策とソフト対策を重層的に組み合わせた減災の取組が必要である<sup>20)</sup>との考えが明確化されたこと。
- 南海トラフ地震の「国難」とも形容される甚大な被害を少しでも減らすために、不確実な情報であっても積極的に利用するということが社会的にも受容しやすい考え方であったこと。

### 3. 南海トラフ地震臨時情報の発表の仕組み

臨時情報<sup>2)</sup>は、「南海トラフ地震の発生可能性が相対的に高まったと評価されたときに発表される情報」であり、以下の3つのケースで発表されることになっている(図1)。

- ケース1(半割れケース): 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合
  - ケース2(一部割れケース): 南海トラフの想定震源域及びその周辺においてM7.0以上の地震が発生した場合(半割れケースの場合を除く)
  - ケース3(ゆっくりすべりケース): ひずみ計等で有意な変化として捉えられる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合
- ケース1の「半割れケース」は、過去の1854年安政東海地震や1944年昭和東南海地震のように、南海トラフ想定震源域全体の半分程度を破壊するような巨大地震が発生した場合に相当する。安政の時には約30時間後に、昭和の時には約2年後に、いずれも先に発生した地震の震源域の西隣側を破壊するような別の巨大地震が発生した(1854年安政南海地震、1946年昭和南海地震)。世界の地震統計データからも、M8クラスの地震後に近傍で一週間以内に別のM8クラスの地震が発生する確率は7%程度であることがわかっており、これは通常の100倍程度に相当する(図1)。先に発生した巨大地震による被害や混乱があるなかで臨時情報が発表されるため、最も対応が難しいケースでもある。

ケース2の「一部割れケース」は、M8クラスには満たないものの、やや大きな規模の地震が発生した場合に相当する。過去には、南海トラフにおいて(おそらく歴史の浅さから)M7クラスの地震のあとにM8クラス以上の巨大地震が発生した事例は知られていないが、地震の誘発性に関する知見や、世界の他地域における過去の事例が根拠となっている。ただし、このような連発の確率は、M8クラスの連発の確率に比べて一桁小さい(図1)。

ケース3の「ゆっくりすべりケース」は、東海地震の判定で想定されていたような、プレート境界面上のゆっくりとした断層すべりが加速していく場合や、明らかに規模が大きいような異常なゆっくりすべりが発生した場合に相当する。ただ、南海トラフ想定震源域の周囲ではゆっくりすべりは普段から起こっており、異常の判断の線引きが難しいため、このケース3の判定基準は明確に定義されていない。また、これまで、ゆっくりすべりが大地震前に発生していた事例は複数報告されているものの(例えば2011年東北地方太平洋沖地震<sup>21)</sup>)、ゆっくりすべりが加速して大地震を誘発するなどの明確な誘発事例は知られていない。そのため、このケース3に基づいて臨時情報が発表される場合、現時点の地震学の知見ではどの程度発生確率が高まっているのかは不明である。この「ゆっくりすべりが大地震を誘発する確率」の問題は、地震学で今後取り組んでいくべき課題のひとつである。

2 正確には、南海トラフ地震臨時情報と呼ばれる情報のうち、「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)」「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)」と、括弧書きで「(巨大地震警戒)」または「(巨大地震注意)」が付加される場合。

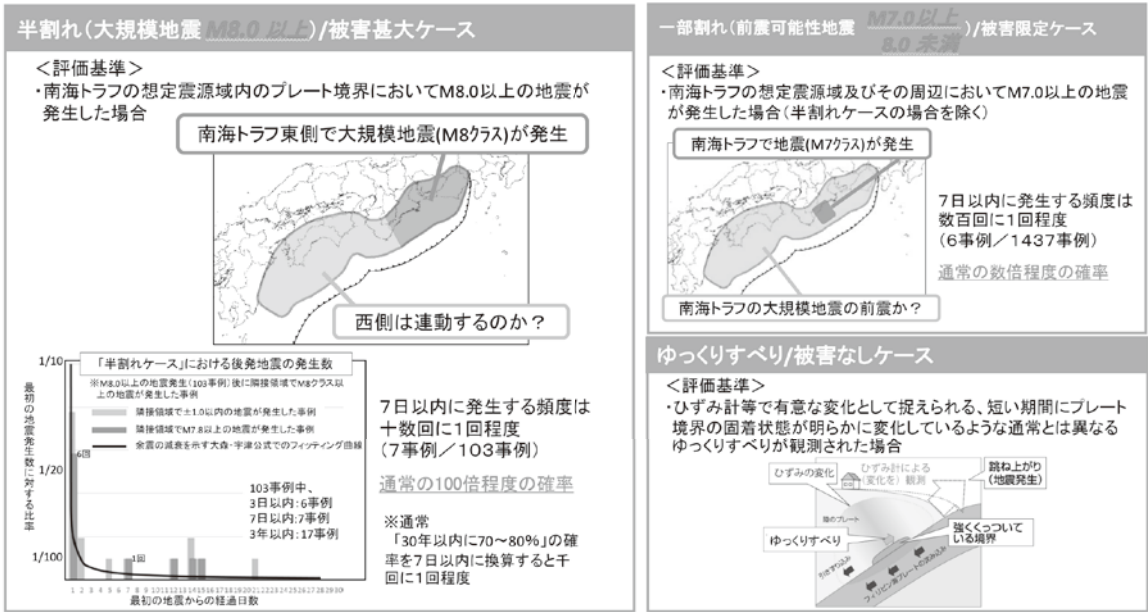


図1：臨時情報が発表される3つのケース。(内閣府「南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン(第1版)」概要より)

臨時情報の発表までの流れは、以下の通りである。まず、地震や地殻変動のデータにおいて臨時情報発表の基準に達している可能性のある異常な現象が観測されると、気象庁から「南海トラフ地震情報(調査中)」が発表され、「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」が開催される。この評価検討会において、確かに臨時情報の発表基準に相当する現象が起こったと判断された場合に、「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)」(半割れケースの場合)または「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)」(一部割れケース、または、ゆっくりすべりケースの場合)が発表される。基準を満たさないと評価された場合、「南海トラフ地震臨時情報(調査終了)」が発表され、調査は終了となる。

#### 4. 南海トラフ地震臨時情報への対応の考え方

- ガイドラインには、基本的考え方として、
- 地震発生時期等の確度の高い予測は困難であり、完全に安全な防災対応を実施することは現実的に困難であることを踏まえ、地震発生可能性と防災対応の実施による日常生活・企業活動への影響のバランスを考慮しつつ、「より安全な防災行動を選択」という考え方が重要である
  - 日常生活等への影響を減らし、より安全性を高めるためには、平時から突発地震に備えた事前対策を進めることが重要である

と記されている。これはつまり、臨時情報は「巨大地震が起こるかもしれない(起こらないかもしれない)」という不確実性のある情報であるし、臨時情報が発表されずに突然南海

トラフ地震が発生することもあり得るので、「過度な負担のかからない範囲で必要な対応を取るようにする」ことと、「普段からしっかりと備えておく」ことの重要性を述べていると解釈できる。

ガイドラインにはさらに、この基本的考え方を踏まえた上で、臨時情報に対応すべき期間や対応内容が記されている。図2は、ガイドラインに掲載されている図ではないが、対応期間や対応内容の重要ポイントの説明のために内閣府のホームページに掲載されている図である。「臨時情報（巨大地震警戒）」または「臨時情報（巨大地震注意）」は、地震発生から最短で2時間後に発表されるが、その時点から1週間以内に、それぞれに対応した防災行動を取るようになる<sup>3</sup>。「臨時情報（巨大地震警戒）」の場合はまた、1週間が経過してから2週間までの間も、「臨時情報（巨大地震注意）」と同等の対応を取るようになる。この「1週間」という対応の単位は、後発の地震の発生確率が時間とともに減少していくという一般的性質を踏まえた上で、住民避難の継続期間に対する社会的な受忍限度をもとに決められたものである。

ガイドラインに記されている対応の考え方の特徴としては、

- 1) 突発的に（臨時情報の発表無しに）起こる地震も十分に考慮することを強調していること
- 2) 普段からの準備の重要性を強調していること
- 3) 「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）」が発表される場合において、

津波による災害リスクが明らかに高い地域（事前避難の対象となる）と、そうでない地域の対応を明確に分けていること

- 4) 過度な防災対応行動を控え、日常生活とのバランスの取れた対応を求めていること
- 5) 個々の状況に応じた検討・行動を求めていること

が挙げられる。

1点目については、そもそも地震は突発的に起こるという前提で備えるのが基本であるので、いくら強調してもしすぎるということはない。2点目の「準備」には、臨時情報に関係なく防災対策として準備しておくべきことと、臨時情報が発表される状況に備えて準備しておくべきことの両方が含まれる。3点目は、津波からの避難という重要課題に対し、情報の種類や地域を明確に切り分けることによって、個々の住民が迷いなく行動できるようにする意図がある。

4点目は、あまり他の防災情報への対応では考慮されていないような、ユニークかつ対応が難しい特徴である。過度な防災対応行動とは、地震発生後でも避難に十分な時間的余裕がある地域の居住者が事前避難をすとか、大して地震の発生確率が高まっているわけではないのに会社を休業したりする、といったことを意味する。臨時情報は「空振り」も前提とした仕組みであるため、防災対応の実施による日常生活や企業活動への必要以上の影響を避ける意図がある。5点目の「個々の状況に応じた検討・行動」については、例

3 ただし、ここでの説明では簡単のためゆっくりすべりケースの場合は除外している。ゆっくりすべりケースの対応期間については図2の脚注参照のこと。





えば、耐震性が十分でない建物の居住者が事前避難対象地域でなくても事前避難するといったことが該当する。必ずしもガイドライン等を書いていないことであっても、自らの判断で最適な行動を取ることが求められているので、特に4点目（「過度な対応」とのバランス）と組み合わせると、かなり難しい場合がある。

### 5. 臨時情報を有効に活用するために

臨時情報はわかりにくく、そのため社会に浸透していない、ということは、メディアや自治体関係者等からよく聞く声であるが、上で一通りの説明にそれなりの文字数や図を要

したことからわかるように、確かにわかりやすいとは言えない。しかし、少なくとも最低限の部分については極力わかりやすくなるような工夫はされている。また、筆者は、一般公開セミナー講師などを担当した経験から、時間をかけて説明をすれば理解はしてもらえるとこの感触を持っている。簡単ではないが、時間をかけながら社会で浸透を図っていくことは可能であると考えている。

指定行政機関、関係地方公共団体、指定公共機関、関係事業者は、国の南海トラフ地震防災対策推進基本計画に基づき、それぞれ南海トラフ地震防災対策推進計画、南海トラフ地震防災対策計画に臨時情報への対応を定め

地震発生から最短2時間後	南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）	南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）	南海トラフ地震臨時情報（調査終了）
（最短） 2時間程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>日頃からの地震への備えの再確認に加え、地震が発生したらすぐに避難するための準備</li> <li>地震発生後の避難では間に合わない可能性のある住民は<b>事前避難</b></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>日頃からの地震への備えの再確認に加え、地震が発生したらすぐに避難するための準備</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う。</li> </ul> 
1週間（※）	<ul style="list-style-type: none"> <li>日頃からの地震への備えの再確認に加え、地震が発生したらすぐに避難するための準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う。</li> </ul> 	
2週間	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う。</li> </ul>		

※ 通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合は、すべりの変化が収まってから変化していた期間と同程度の期間が経過したときまで

図2：臨時情報が発表された場合の特に警戒した防災行動を取るべき期間と行動内容。（内閣府ホームページ<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/rinji/index4.html>より）

ることになっている。どこまで実効的な計画が整備されており、それに基づいた推進がされているかということは大変重要な問題であり、様々な課題があると思われるが、以下では主として個々の住民や民間事業者レベルでの臨時情報の活用に視点を当てる。

筆者は、典型的な防災情報と臨時情報の違いについて、図3のようなイメージで捉えている。典型的な防災情報では、基本的に、情報の内容とその情報が出たときの防災行動の対応付けが比較的容易になるように考えられている（ただし、それが必ずしも実際の行動につながらないことは課題である）。一方、臨時情報の場合、情報の内容は比較的複雑でわかりやすいとは言えないし、防災行動との対応付けについてもわかりやすさに濃淡がある。津波からの事前避難や備えの再確認等の誰しもが考えるべきことについては比較的明確である一方、過度な防災対応行動を取らないようにするとか、個々の状況に応じて考え

るという点は難しい部分である。なお、実際に情報が発表されたときの的確な行動ができるかについては、まだそのような状況が発生していないため未知数の部分があるが、よく理解されていない情報、かつ、未経験の状況で対応することになるので、相当に難しいことが推察される。

では、臨時情報を何とかうまく活用していくために、どのようにすればよいだろうか。筆者は、「最低限の対応」と「高度な対応」の二段階に分けて整理するのがよいと考えている（図4）。臨時情報について最低限理解しておくべきことは、「臨時情報は普段よりも地震が起こりやすくなった状況で発表される情報であり、その程度によって二種類ある」ということと、「自らが津波からの事前避難対象地域・対象者に含まれているかどうか」ということである。また、最低限の対応は、「津波からの事前避難（対象者の場合）」と、「備えの再確認・避難準備」に絞られる（図2も

### 典型的な防災情報

### 南海トラフ地震臨時情報

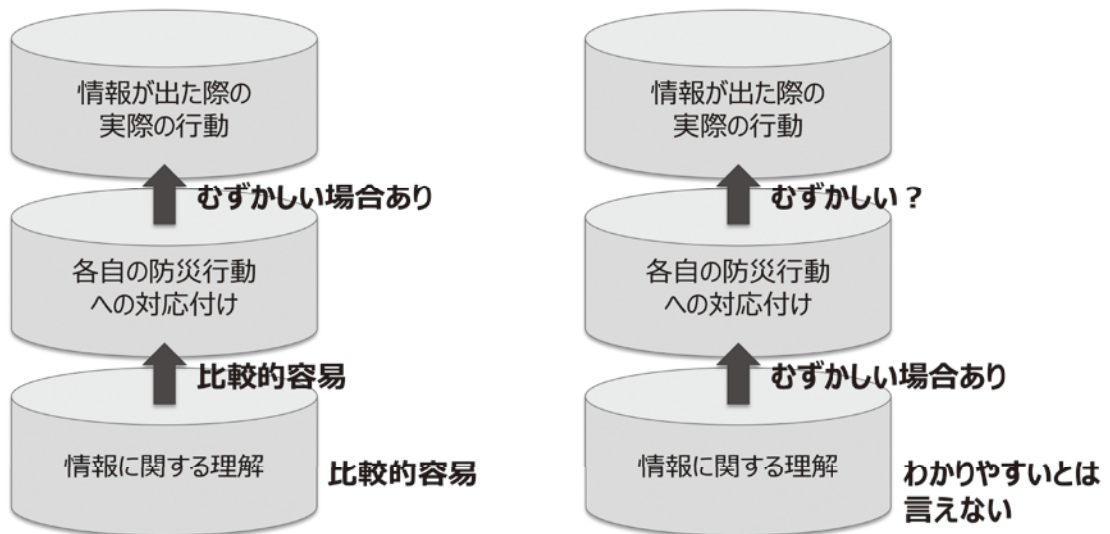


図3：典型的な防災情報と臨時情報の比較

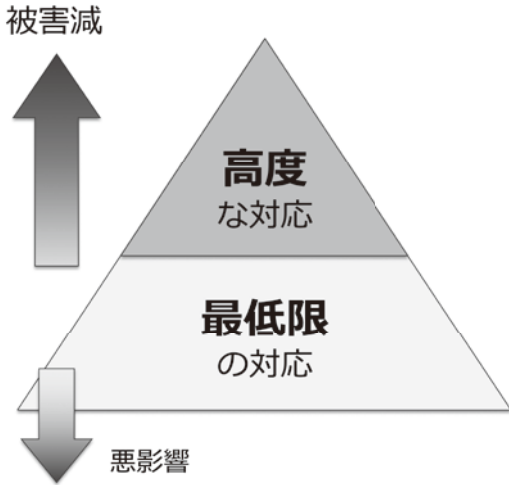


図4：臨時情報を活用するための二段階の考え方。

高度な理解：仕組みの詳細や科学的な背景等  
 高度な対応：個々の状況に応じた判断・行動など

最低限の理解：

• 臨時情報（巨大地震警戒）	臨時情報（巨大地震注意）
普段よりもずっと地震が起こりやすくなっている	普段よりもちょっと地震が起こりやすくなっている

- 事前避難対象か？対象なら、臨時情報（巨大地震警戒）が出たら避難

最低限の対応：

- 事前避難（対象者のみ）
- 備えの再確認・避難準備

参照)。この最低限の理解・対応を確かなものにできたら、的確に個々の状況に応じた判断・行動を取ることを目指せばよい。社会全体として高度な対応が取れるほど被害は減らせるし、逆に、最低限の対応さえまもらなければ、被害を減らすどころか、社会の混乱などによる悪影響が発生する危険もある。

## 6. 南海トラフ地震連続発生確率について

最後に、筆者らが実施した南海トラフ地震が連続発生する確率の研究<sup>5)</sup>について、その背景・結果・意味合いについて解説する。前章で述べた通り、臨時情報は個々の状況に応じた判断・行動により高度な対応ができるという、活用しうる範囲が広い情報である。従って、例えば沿岸に拠点を持つ企業等が、起こりうるシナリオの不確実性まで考慮に入れながら、高度な戦略的判断のために臨時情報を使いたいというニーズはあると考えられる。また、そこまでの高度な活用を想定しなくても、起こりうるシナリオについてだいたいの相場観的な確率が頭に入っていれば、過度に

安全面に偏った判断や、逆に情報を軽視した判断が自ずと抑制されることが期待される。

臨時情報自体に、その後に発生しうる地震の発生確率に関する情報は含まれない。ただ、その目安については、おそらく臨時情報発表時に言及されることになると思われる。ガイドラインには、前述の通り、世界の地震統計データに基づいて、7日以内に発生する頻度は半割れケースで十数回に一回程度、一部割れケースで数百回に一回程度、と記載されている（図1）。また、ガイドラインには半割れケースの過去事例の説明もあり、具体的には「南海トラフ沿いの大規模地震のうち直近2事例は、それぞれ約2年、約32時間の時間差をもって連続してM8以上の地震が発生」「8事例の大規模地震のうち、少なくとも5事例は東側・西側の両領域がほぼ同時若しくは時間差をもって破壊」と記載されている。この過去事例の説明によって、南海トラフでM8クラスの地震が連発する可能性は世界の地震統計データから推測される確率よりも高いということがほのめかされている。た

だし、科学的エビデンスとして言えることはこれ以上ないので、結局のところ後発の地震の発生確率をどう考えるかということについては、ガイドラインの読み手側の解釈に委ねられている。

わが国の地震学者の多くは、上述の科学的な事実関係から一歩進めて、「南海トラフ地震には時間差を置いて連発しやすい性質があり、世界的な平均と比べて連発の確率は高い」と考えていると思われる<sup>4</sup>。それと同時に、それがどこまで確からしいかということについても、意識的・無意識的に考えている。臨時情報が発表されたときの防災対応行動を検討するうえで、このような相場観的な把握ができてきていることは、本章の冒頭で書いたような理由で有益であると思われる。その「相場観」を社会と共有するにはどうしたらよいかと考えた時に、筆者は、科学的エビデンスとして数字で提示する必要があると考えた。

以上の背景のもと、筆者は、西川友章氏（京都大学防災研究所）、加納靖之氏（東京大学地震研究所）とともに、南海トラフ地域で半割れケースの状況（M8.0以上の地震が発生し、臨時情報（巨大地震警戒）が発表される状況）で後発のM8.0以上の地震が発生する確率、すなわち、M8.0以上の地震が連発する確率についての研究を実施した<sup>5</sup>。以下がその概要である。

まず、世界の地震統計データから、ガイドラインの数字（図1）の検証と確率の信頼区間推定等を行った。これには、ガイドラインの試算でも使われたISC-GEMカタログと、アメリカ地質調査所のANSSカタログを使用した。沈み込みプレートの境界で起きる地震

と内陸で起きる地震の性質の違いの可能性を考慮して、沈み込み帯地域に限定した解析も行った。結果的に、カタログの種類や沈み込み帯地域への限定の有無による実質的な違いはなかった。

M8.0以上の地震が発生したあと、一週間以内に別のM8.0以上の地震が近傍で発生する確率は、0.59 - 8.1%（95%信頼区間）と算出された。この解析はガイドラインの方法とやや異なる条件設定で行ったが、ガイドラインに掲載されている図1の数字（103事例中7事例なので、約7%）が我々が算出した信頼区間に含まれることから、その妥当性が示された。なお、一部割れケースに相当する、M7.0以上8.0未満の地震が発生した後にM8.0以上の地震が発生する確率も計算したが、ガイドラインに記載されているのと同様に、半割れケースよりも後発地震の発生確率は一桁小さいことが確認された。

次に、後発の地震が発生するタイミングのデータを用い、確率の時間的推移をしらべた。図1のガイドラインの図にも示されているが、先発の地震からの経過日数が増えるごとに後発の地震の発生数は減少していくこと、および、その減少は余震発生数の経験則である大森・宇津則でよく表現できることが確かめられた。

続いて、既往の南海トラフ地震の発生履歴に関する歴史資料研究や津波堆積物などの地質学的研究の成果を再検討した。この結果、漏れがないとされる1361年の地震（康安地震）以降の6回の事例のうち、3年以内の時間差を置いて巨大地震が連発した事例は、少なくとも2回、多くて4回と評価した。この

4 地震学者にアンケート調査を取ったわけではないので、これは筆者が知る範囲からの推測である。

6回中2回から4回というのは、33%（6回中2回）から67%（6回中4回）の確率に相当するが、真の確率が存在する幅（95%信頼区間）は、統計学の理論から、それぞれ4.3 - 77%、22 - 96%となる。これらを総合し、南海トラフ地域でM8.0以上の地震が発生してから3年以内に別のM8.0以上が発生する確率を4.3 - 96%と評価した。一方、世界の統計から同様の手法で求めた3年以内の連発確率は5.3 - 18%であったので、南海トラフ地域での連発確率は、他地域と変わらないという可能性もわずかにあるものの<sup>5</sup>、世界の他地域と比べて大きい可能性が高いということが数字で示された。最終的に、世界の他地域と同様に南海トラフ地域でも後発の地震の発生率が大森・宇津則に従うと仮定し、あらゆる時間枠での後発地震の発生確率および確率利得を算出した（表1）。

本研究の結果において、筆者がポイントと考える事項は以下の通りである。

- ・南海トラフの後発地震発生確率は、国のガ

イドラインに目安として示されている数字よりも大きい可能性が高いと言える。ガイドラインには、1週間以内の後発地震の発生確率については「十数回に1回程度の頻度」で起こると記載されている（約7%に相当）が、本研究の結果では2.1 - 77%となった。

- ・後発地震の発生確率は、時間枠が広がってもその増加量はあまり大きくない。例えば、6時間以内の後発地震発生確率は1.0 - 53%だが、これが1日以内だと1.4 - 64%、1週間以内となっても2.1 - 77%である。これは、「もし後発地震が起こるとすると、先発地震の直後（例えば1日以内）に発生する可能性がかなり高い」といったことを意味する。後発地震に最も警戒すべきは先発地震発生直後であるということを認識のうえ、いざという時に迅速な対応ができるよう平常時から準備しておくことが重要である。
- ・確率および確率利得の推定の幅がかなり広

	6時間以内	12時間以内	1日以内	3日以内
確率	1.0 - 53%	1.3 - 60%	1.4 - 64%	1.8 - 72%
確率利得	1,300倍 - 70,000倍	860倍 - 40,000倍	460倍 - 21,000倍	200倍 - 7,900倍

	1週間以内	2週間以内	1ヶ月以内	3年以内
確率	2.1 - 77%	2.3 - 81%	2.6 - 85%	4.3 - 96%
確率利得	99倍 - 3,600倍	54倍 - 2,000倍	28倍 - 910倍	1.3倍 - 29倍

表1：南海トラフ地域における先発地震からの経過時間ごとの後発地震発生確率および確率利得（平時に比べてどのくらい確率が上昇しているかを示す）。

<sup>5</sup> 5.3 - 18% が、4.3 - 96% に含まれるため。

くなっているが、これは、6事例というわずかしかない標本数から、客観的な評価を試みたことによる不可避な帰結である。筆者らとは異なるアプローチにより、より確度の高い推定をすることは可能かもしれないが、相場観的には大きく変わらないと思われる。

地震学の研究者としては、今後、推定の不確実性をせばめていく努力をしていく必要があるが、社会にはこれが現状であると理解いただき、この大きな不確実性を前提として防災対応行動を考えてもらうより他はないと考えている。

## 7. おわりに

本稿では、南海トラフ地震臨時情報が生まれた経緯、発表の仕組み、基本的考え方、有効に活用するための考えを述べた上で、南海トラフ地震の連続発生確率についての研究成果について紹介した。その中で、臨時情報は典型的な防災情報と比べ、わかりにくく対応が難しい要素が含まれていること、しかし、高度な対応にも活用できる可能性があることも述べた。本稿が、臨時情報を有効活用した災害リスク軽減の実現へ向けて、少しでも役立つことを願いたい。

## 参考文献

- 1) 東北大学災害科学国際研究所南海トラフ地震予測情報対応勉強会:「南海トラフ沿い大規模地震に関する予測的情報に基づく社会対応のあり方」勉強会 成果・報告レポート集, 東北大学災害科学国際研究所, 2018年4月.
- 2) 大谷竜, 林能成, 橋本学, 堀高峰, 川端信正, 隈本邦彦, 岩田孝仁, 横田崇, 谷原和憲, 福島洋, 兵藤守, 入江さやか:「南海トラフ地震情報」の社会的影響の評価に関する学際研究プロジェクトの取り組み—どのように「理科」の情報を「社会」に活

かすか?—, GJSJ地質ニュース, Vol. 7, 2018年8月.

- 3) 大谷竜, 兵藤守, 林能成, 橋本学, 堀高峰, 川端信正, 隈本邦彦, 岩田孝仁, 横田崇, 谷原和憲, 入江さやか, 福島洋: 南海トラフ地震情報を使った防災対応上の潜在的課題群の抽出法の開発, 日本地震工学会論文集, Vol. 21, 34-56, 2021.
- 4) 大谷竜, 入江さやか, 中鉢奈津子, 福島洋, 横田崇, 堀高峰, 橋本徹夫, 林能成, 隈本邦彦, 岩田孝仁, 谷原和憲, 兵藤守, 橋本学: 南海トラフ地震情報の報道における論点の抽出を目的としたワークショップの試み—「西半割れ」ケース—, 日本地震工学会論文集, Vol. 22, 88-108, 2022.
- 5) Fukushima, Y., Nishikawa, T. and Kano, Y.: High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes, Sci Rep, Vol. 13, 63, 2023.
- 6) 東北大学災害科学国際研究所南海トラフ地震臨時情報プロジェクト: 南海トラフ地震臨時情報発表時における組織の対応計画作成支援パッケージ, 2023年1月.
- 7) 大塚路子: 南海トラフ地震対策をめぐる経緯, 調査と情報-Issue Brief-, 1096, 2020.
- 8) 南海トラフの巨大地震モデル検討会: 南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ, 2011年12月.
- 9) 南海トラフの巨大地震モデル検討会: 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告), 2012年3月.
- 10) 南海トラフの巨大地震モデル検討会: 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 2012年8月.
- 11) 内閣府 中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第一次報告), 2012年8月.
- 12) 内閣府 中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第二次報告) ~ 施設等の被害 ~, 2013年3月.
- 13) 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会: 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について, 2013年5月.
- 14) 内閣府 中央防災会議 防災対策実行会議 南海トラフ沿いの

地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ：  
南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方  
について（報告），2017年9月．

15)中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ沿いの異常な現象  
への防災対応検討ワーキンググループ：南海トラフ沿いの異  
常な現象への防災対応のあり方について（報告），2018年12月．

16)内閣府（防災担当）：南海トラフ地震の多様な発生形態に備  
えた防災対応検討ガイドライン【第1版】，2019年5月（一部  
改訂）．

17)気象庁：南海トラフ地震に関連する情報の種類と発表条件．

18)Ogata, Y. and Zhuang, J.: Space-time ETAS models and an  
improved extension, *Tectonophysics*, Vol. 413, 13–23, 2006.

19)中央防災会議 防災対策実行会議 防災対応のための南海トラ  
フ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会：第4回資料2  
「時空間ETASによる計算について」，2018年11月22日．

20)内閣府：平成23年版 防災白書，2011年7月．

21)Ito, Y., Hino, R., Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Inazu,  
D., Ohta, Y., Iinuma, T., Ohzono, M., Miura, S., Mishina, M.,  
Suzuki, K., Tsuji, T. and Ashi, J.: Episodic slow slip events  
in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki  
earthquake, *Tectonophysics*, Vol. 600, 14–26, 2013.

# 避難訓練再考 －「命を守る」に本当につながっているか



京都大学防災研究所巨大災害研究センター  
センター長

矢守 克也

## 1 避難訓練が抱える5つの問題

本稿の執筆にあたって、筆者が依頼を受けた内容は「巨大地震・津波から命を守るための備えと行動」という課題であった。この点に関して、最も初歩的でありつつ、しかし結局のところ、最も重要な対策の一つが避難訓練であることは疑いがない。特に、巨大地震が引き起こす津波から「命を守る」ためには、避難行動は不可欠の対応であり、またそのための準備活動に相当する避難訓練が必須の対策であることは、政府、地方自治体、学会等、防災・減災に関するあらゆる機関・組織が強調するところである。実際、全国津々浦々、あらゆる自治体、地域で、地震・津波を想定した避難訓練はこれまでも繰り返し実施されてきた。

しかし、避難訓練については、課題が指摘されて久しい。「マンネリ化していて、参加者が少ない」、「リアルな感じが全然しない」といった課題である。筆者の見立てでは、こうしたしばしば耳にする課題の根幹には、次の5つの問題点がある。

- (問題1) 避難の成否に関するフィードバックがないこと
- (問題2) 実際に避難する当事者が主体的に考え判断する機会がないこと
- (問題3) 訓練の前提となるシナリオ(想定)の多様性が足りないこと

(問題4) 「肝心な人たち」(特に避難行動要支援者)が参加しにくいこと

(問題5) 実際には起こりそうな難事を見て見ぬふりしがちであること

これら5つの問題の意味については、上記の看板フレーズだけでほぼ明らかだと思われるが、それぞれ少しずつ補足説明しておこう。

まず、問題1は、たとえば、津波を想定して自宅から高台の避難場所まで駆け足で、あるいは、同居している車椅子の高齢者と共に避難したとして、無事に逃げ切れたのか、あるいはそうではなかったのか。この最も重要な問いに対する回答が従来の訓練からはほとんど得られないという問題である。言い換えれば、従来の訓練は「逃げてみただけ」に終始しがちで、避難の成否について、どちらの可能性が高いのか、その目安がフィードバックされない。下世話な比喻をあえて使えば、これでは、せっかく本番の入学試験(実際の災害に対応)に備えて模擬試験(避難訓練に相当)を受験したのに、「A判定、B判定」といった合格可能性(避難成否の可能性に対応)に関する情報が提供されないのと同じことである。

問題2は、避難の成否を現実決定づけることになる重要な要因(パラメータ)の多くが、実際に避難することになる当事者(代表的には、地域住民や児童・生徒)ではなくて、訓練の企画者(代表的には、行政や教職員)

によって予め決められているという問題である。津波避難について言えば、地震発生後、何分後に避難を開始したか、まっすぐ高台に向かったか、それともだれかを救援しようとしたか、歩いたか走ったか、どの避難場所はどこを通過して向かったか…など、無数の、当事者がその場で決定するほかない——言いかえれば、主体的に決定することができる——要因の微細な違いの積み重なりが、最終的には文字通り生死を分けることになる。ところが、現状、多くの避難訓練で、「地震発生を知らせる緊急地震速報が鳴ったら3分間は身を守って、その後、予め知らせておいた避難経路を使って学校の裏山にある××公園に避難します」のように、訓練参加者には主体的に判断する余地がほとんど残されていない。

問題3は、地震・津波の規模に関する想定を含む訓練シナリオの多様性が不足しているという問題である。これについては、典型的には、南海トラフ地震対策のほとんどすべてが、政府が公表している「最大クラス」の地震と津波を前提に組み立てられていることを考えればよい。避難訓練も例外ではなく、一部の自治体で緊急避難場所をその安全度（どの程度の地震・津波に対して安全性が担保されるか）に応じて「レベル分け」する施策が実施されているケースを除けば、「最大クラス」の地震・津波が発生したというシナリオ1本の「決め打ち」で訓練が行われているのが現状である。ここには、陰に陽に、「大は小を兼ねる」（より大きな地震・津波における避難は、より小さな地震・津波における避難を兼ねる）という理屈が働いている。しかし、避難については、「大は小を兼ねない」ことも多い（詳細は、矢守（印刷中）を参照されたい）。大小さまざまな規模の地震・津

波を前提にした多様なシナリオで訓練を行う必要がある。

問題4は、訓練をもっとも切実に必要としている肝心な人びと、典型的には、高齢者、障害者、外国人など一般に避難行動要支援者と呼ばれる人びとが、しばしば訓練に参加していないという問題である。この問題の本質は、避難行動要支援者、つまり避難困難者は、そうである以前に避難訓練参加困難者であるという事実尽きている。現実の災害時に支援が必要な人びとは、そもそも訓練に参加することが——少なくとも、標準的な訓練スタイルを前提にする限り——困難だという、考えてみればあたりまえの事実が見逃されてきたのだ。訓練参加が困難な理由は実に単純である。訓練で要求されていることが、要支援者にとってはあまりに過大だからである。

問題5は、現実には避難の妨げとなるだろう各種の悪条件を十分に考慮しない訓練が多いという問題である。地震・津波が誘発する火災、建物倒壊や土砂災害による道路閉塞、地面の液状化など、複合事象による悪影響といった難題ももちろん重要である。が、それ以前に、夜間、降雨・降雪、酷暑・厳寒など、冷静に考えてみれば、相当高い確率で生じるはずの付帯状況についてすら等閑視し、「気候のよい時期を選んで、みなに参加しやすい午前中に、晴天を期待して訓練を実施しましょう（雨天なら中止）」という姿勢が常態化している。

では、以上5つの問題について、どう取り組むのか。本稿では、筆者たちがこれまでチャレンジしてきた試みについて、順にいくつか紹介しておきたい。まず、問題1～3に対する筆者なりの「答案」として、ここ10年近くにわたって継続してきた津波避難訓練

支援アプリ「逃げトレ」の開発と社会実装の取り組みについて紹介する(2、3節)。この点について詳しくは、杉山・矢守(2019)、Yamori & Sugiyama(2020)など、既刊の論文、報告なども参照されたい。次に、問題4～5に対する筆者なりの「答案」として、こちらでも数年筆者の研究室をあげて提唱してきた考え方、すなわち、避難訓練の「ハードルを上げ下げ」する実践について紹介する(4、5節)。この点についても、詳しくは、Sugiyama and Yamori(2020)、矢守・中野・杉山・岡田(2023)など、既刊の論文、報告も参照されたい。

## 2 津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の概要と特徴

「逃げトレ」は、スマートフォンのGPS機能を利用することによって、スマートフォンを携帯して実空間を避難する訓練参加者が、自らの現実の空間移動の状況と、そのエリアで想定される津波浸水の時空間変化の状況を示した動画、この両方をスマートフォンの画面で、同時に、しかも訓練中リアルタイムに見ることができ、かつ事後的にもその様子を確認できるアプリである。その概要は、図1の通りである。

まず、「逃げトレ」について、上で示した3つの問題を念頭に置いたときに重要となる特徴を予め結論的に3点指摘しておく。第1に、

**津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」**

スマートフォンさえもっていれば、「いつでもどこでも、だれでも、だれとでも、すぐに津波避難訓練が可能！最新の津波浸水想定からあなたは逃げ切れるか？」

最新の津波想定と自分の避難行動を同時にライブで可視化！

使用中のスマホ画面

結果集約画面に避難の成否、所要時間、移動距離など表示

【目標1】：避難成功か失敗か「判定」できない、従来の訓練を変えたい  
【目標2】：いつ、どこに、どこを通過して、だれと逃げるか、当事者が決める。  
すべて第三者(行政)が決めていた従来の訓練を変えたい

「津波到達まであと5分！」=カラーで切迫度表示

2018年 GOOD DESIGN AWARD 受賞！

無料！アプリストアから楽々ダウンロード、ビデオマニュアルで簡単操作、サポートHPも充実！ <https://nigetore.jp/>

開発：京大・防災研 矢守研究室

開発：「逃げトレ」制作チーム・福岡工業大学・特許第5737683号を使用

図1 津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の概要

「逃げトレ」は自然現象（津波の動き）と人間行動（避難行動）の両方を「見える化」（可視化）することができるため、避難が成功したのか失敗したのかに関する「判定」が訓練参加者に直ちにフィードバックされる（問題1に対応）。第2に、「逃げトレ」にはナビゲーションの機能をもたせておらず、いつどこへ、どこを通過して、だれと逃げるかは、すべて訓練参加者が自ら主体的に決めることが要請される（問題2に対応）。第3に、「逃げトレ」には複数の津波想定が実装されており、人間の側が同じ避難行動をとったとしても、まったく異なる結果が生じる可能性があることを実

感することができる（問題3に対応）。

次に、「逃げトレ」のシステム構成と主な機能について、スマートフォンに実際に表示される画面遷移をたどりながら紹介する。「逃げトレ」を起動した地点（スマートフォンが取得するGPS位置情報）に応じて、当該地域の地図が自動的に画面に表示される（図2）。画面には、アプリを立ち上げた当事者の現在位置（矢印で指示した丸印）、当該地域で予想される津波最大浸水域、および、高台や避難ビルなど自治体が指定した避難場所（点線で囲んだ丸印）が示されている。この画面は、津波ハザードマップ（津波防災マッ



図2 「逃げトレ」のサンプル画面①（訓練参加者の現在位置、避難場所、津波浸水エリアを示した画面、大阪府堺市（図3、4とも））



図3 「逃げトレ」のサンプル画面②（画面左が海、参加者は左から右へ向かって移動中）

プ)と等価である。つまり、「逃げトレ」は、通常、地域住民にのみ配付されることが多いこうしたマップ情報を、観光客などの一時来訪者に対しても、その場所で即時に提示する機能を有している。

「訓練開始」ボタンがおされると、図3のような画面があらわれる。ここでは、矢印のように、画面左から右へと訓練参加者が避難してきたことが示されている。この移動記録は、訓練参加者の移動に従って連続した点の軌跡として表示される。このとき、点の色が、訓練参加者の現在位置まで津波が到達するまでの余裕時間に応じて、緑(浸水域外)、黄緑(30

分以上)、黄(15分以上30分未満)、橙(5分以上15分未満)、赤(5分未満)、黒(津波に追いつかれた状態)と変化する。加えて、画面には、その場所に津波が来るまでの余裕時間(3分24秒)、地震が発生してからの経過時間(1時間51分36秒)、および、その場所での予想津波浸水深(3メートル)も表示されている。同時に、その時点で津波浸水している領域が表示されており(この画面では、画面左側の海岸沿いと上側の河川沿岸から浸水が始まっている)、この領域は動画として徐々に拡大していく。

さらに避難を継続して、安全な領域(浸水想定域外)に出た段階における様子が図4である。ここでは、訓練者は、矢印で示したように、画面左上から右下の方向へ避難しており、各時点での現在位置を示す点の色が、当初の赤や橙から黄や黄緑を経て緑へと変化している。以上の仕組みにより、訓練参加者は、訓練中、常に、自分の現在位置(避難行動)と浸水しつつある津波との関係をモニタリングすることができる。なお、いったん避難失敗の状態(黒色表示)になっても、訓練そのものは継続可能で、アプリもそのまま稼働する。この間、「逃げトレ」は、いっさいナビゲーションは行わないし、地元自治体や地域社会から避難に関する指示が与えられるわけではないため、訓練参加者は自らの判断で主体的に自分の避難行動を組み立て実践しなければならない(問題2と関連)。

訓練後には、判定とふりかえりを行うことができる。まず、当該のトライアルが、最終的に「成功」したのか「失敗」したのかについてフィードバックされる。訓練の成否が具体的に示されないことが多いという従来の訓練における最大の弱点(問題1と関連)を補



図4 「逃げトレ」のサンプル画面③(参加者は左上から右下に移動し、浸水域外へ脱出中)

うことを意図した仕組みである。次に、当該訓練の時間経過の全貌、すなわち、開始時点から完了時点までの参加者の移動軌跡と津波浸水状況の時間変化とを重ねた様子を一つの動画として見ることができる。すなわち、図3や図4を一部として含む一連の状況を動画として見るができる。これにより、訓練参加者は、自身の避難行動と津波浸水の状況との関係性を地図上で、しかも時間を追って理解することができる。

さらに、この同じ動画を、避難開始のタイミングが実際に設定した時間よりも早かった場合、遅かった場合——「早期避難を実践してあと10分早くスタートしていたら」とか、「夜間で避難準備に手間取ったり要支援者を助けたりして、さらに15分を費やしてから逃げていたら」とか——を仮想的に設定して、その状況をシミュレーション表示することも可能である（これは、問題5と関連する）。あるいは、訓練時に2台のスマートフォンを用

意して別々の津波想定を動かして、その結果を比較することもできる（問題3に関連）。図5は、そのサンプルであり、高知県黒潮町での訓練の様である。右側の画面（スマートフォン）では、南海トラフ地震について「最大クラス」の津波が、左側の画面（スマートフォン）では、いわゆる「半割れ」シナリオの一つ（詳しくは、文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構（2023）を参照）で想定される津波が設定されている。左側では、この後安全地帯まで逃げ切ることができたとの結果となったが、右側では数秒後に津波の第一波に追いつかれるという結果となった。想定のもろ性を体感できるわけである。

なお、アプリで表示される以上の情報はすべて、スマートフォン内に「訓練アルバム」として保存されるので、訓練結果を踏まえて、新たに訓練を実施する場合も多い。たとえば、「今は高台まで逃げようとして『失敗』とい



図5 「逃げトレ」を用いて2つの津波想定による状況の違いを体感する訓練（高知県黒潮町）

う判定だったので、次は避難タワーに行ってみよう」、あるいは、「今回、一人で逃げて『成功』だったが、実際には近所に暮らす老親と一緒に逃げることになるので、次はそのケースを試したい」といった活用法である。これらが、上述した問題2や問題5に対する処方箋になっていることも理解しやすいだろう。

### 3 「主体的であれ」だけでは人は主体的にはならない

前節で強調したように、「逃げトレ」の最大の特徴は、どのように逃げるのかについて、万一津波が発生した場合に実際に避難することになる当事者（訓練参加者）が、自ら考え、自分で試し、主体的に検証するためのツールになっている点である。自分の逃げ方を自分で考えるのは一見至極当然のこのように思えるが、問題2として明示した通り、従来の訓練ではこの当たり前が実現できていなかった。

この点に関連して、近年、「主体的な避難が大切、能動的な避難を」といったかけ声をしばしば耳にするようになった。筆者も賛同である。避難については、当事者が主体的に取り組むことが大切（他者の助けを主体的に呼び込むことなども含めて）という主張については、まったく異存ない。ただし、「主体的であれ、主体的に考えなさい」と命じれば、直ちにそうなるくらいなら苦労はない。そもそも、「主体的であれ」という他者（行政や専門家）からの指示によって「主体的」になった人は、「主体的」なのだろうか。この意味で、行政や専門家に求められているのは、「主体性」が人びとの内側から自発的に湧き上がってくるのを助けること、また、それを支える仕組みやツールを提供することであろう。「逃げトレ」は、そのためのツールの一つである。

このねらいがある程度は達成されていることを示すエビデンスもいくつかある。たとえば、高知県黒潮町では、児童施設の管理者と



図6 「逃げトレ」を用いて2つの避難タワーへの避難行動を比較する訓練（高知県黒潮町）

子どもたちが、近所に複数ある避難タワーのどちらを利用するのがよいか、「逃げトレ」を用いて比較検証し（図6）、その結果をもとに避難マニュアルを作った。さらに、地域社会で実施した「逃げトレ」の訓練結果を持ち寄って、避難計画や要支援者に対する支援計画を住民自らが見直す作業も行われた（図7）。あるいは、高知県須崎市では、スマートフォンを使うのが苦手な高齢者を地元の高校生がアシストする形で「逃げトレ」を活用し、一人ひとりに最適な避難方法を模索し、それを世帯ごとの個別避難マップとして地域住民に提供した。千葉県いすみ市では、小学生が「逃げトレ」を活用して複数の逃げ方を比べた結果を夏休みの自由研究課題としてレポート提出した。

なお、現在、筆者らは、「逃げトレ」をベースにした津波避難戦略検討のための新たなWEBシステム「逃げトレView」の開発と社会実装のための研究を進めている。アプリ「逃げトレ」とWEBシステム「逃げトレView」の2つの柱から成る「逃げトレサービスプラットフォーム」を構築する構想である（図8）（矢守，2023）。ここで、津波避難戦略検討システム「逃げトレView」は、アプリ「逃げトレ」を使って実施された多くの避難訓練データを集積・分析し、その結果をもとに地域全体の津波避難戦略について検討することができるシステムである。

言いかえれば、「逃げトレ」は、基本的には、一人一人の避難訓練の改善に貢献するためのアプリだが、そのみならず、地域社会の避難行動全体の改善にも役立てようというわけだ。それが可能となるのは、「逃げトレ」を使った訓練が実施されるたびに、参加者の同意を得た上で、移動データがサーバーにビッ

グデータとして保存される仕組みとなっているからである。「逃げトレView」はこうして集積された膨大なデータを活用して、避難行動の分析や改善の焦点を、これまでの「点」（個人）から「面」（地域）へと移行させようとするものである。「逃げトレView」の詳細とその機能については、近い将来、別途報告したい。

#### 4 「ハードルを下げた」避難訓練

多くの避難訓練が抱える5つの問題のうち、4番目の課題は、訓練を最も切実に必要としている肝心な人びと（避難行動要支援者など）が、しばしば訓練に参加していないという問題であった。近年、災害が発生するたびに、避難行動要支援者の被害が顕著であることが課題視され、対策が強く求められてきた。2021年度からは、要支援者を対象とした「個別避難計画」の作成が市町村の努力義務化され、国としても、要支援者対策に本腰を入れた恰好にはなっている。

しかし、依然として課題は山積している。そして、この課題の本質は、先述の通り、避難行動要支援者、つまり避難困難者はそうである以前に訓練参加困難者であるという事実にある。訓練参加が困難なのは、訓練で要求されていることが要支援者にとってはあまりに過大だからである。あくまでも一例であるが、転倒しないことを日々の目標として、手すりなどを整えた自宅で何とか平素の生活を送り、滅多に外出しない足腰の弱った高齢者が、自宅から数100メートル歩いてさらに数10段の階段を上って避難タワー上へ移動する訓練に参加できるだろうか。

要支援者にとってはハードルが高すぎる訓



図7 「逃げトレ」を用いた訓練結果を持ち寄って開催された住民ワークショップ（高知県黒潮町）

## 逃げトレ サービス全体像



図8 アプリ「逃げトレ」とWEBシステム「逃げトレView」から成る「逃げトレサービスプラットフォーム」の全体像

練しか提供されていないために、少なからざる要支援者が、避難訓練、ひいては地域の防災活動からトータルに疎外されてしまっている。現行の訓練スタイルの多くが、もっとも肝心な人びとをして、「もうあきらめてる」、「どうせだめだ」、「わしのような者が出ると迷惑をかける」と言わせてしまっているわけだ。訓練参加へのハードルが高すぎるのならば、訓練の難易度を下げて、要支援者が訓練に参加しやすくすればよい。あるいは、訓練そのものは従前通りとしても、要支援者が取り組みやすくなるよう支援するという手法もある。避難困難者が訓練参加困難者であるのと同様に、災害時要支援者は訓練時要支援者でもあるのだから。

こうした視点に立って、筆者らはいくつかの取り組みを重ねてきた。数例紹介しておこう。最初は、「玄関まで訓練」(Sugiyama & Yamori, 2020)である(図9)。これは、主に津波リスクを抱える地域に暮らす要支援者、とりわけ、これまで通常の避難訓練への参加を、身体状況などを理由にあきらめていた要支援者を対象にした訓練である。この訓練では、いきなり高台や避難タワーまでやって来ることを求めるのではなく、「せめて(居間や寝室から)玄関先まで出てきてください」と求める。ほとんどの場合、玄関先まで出てきただけでは該当者の生命を守りきることは難しいと予想される。それでも、この試みには実施するだけの価値がいくつもある。まず、文字通り「最初の一步」を踏み出してもらうことで、こうした人びとが地域の防災活動の舞台上にはじめて現れ、たとえば翌年の訓練では自宅周辺の交差点まで逃げてみるなど、次へ向けたきっかけとなることも多い。また、現実の災害時に、要支援者が寝室などに閉じ

こもらず玄関先まで出てくることが、支援のオペレーションにも多大なメリットをもたらすことは、東日本大震災で立証済みでもある。

次の事例は、「2階まで訓練」(Sugiyama & Yamori, 2020)である(図10)。これは、主に洪水リスクを抱える地域に暮らす要支援者、上の事例と同様、それまで通常の避難訓練への参加を躊躇っていた要支援者を対象にした訓練である。この訓練では、いきなり高台にある地域の避難所までやって来ることを求めるのではなく、「せめて自宅の2階(あるいは、近隣宅の2階)までは上がってください、上がったなら区長さんに電話で連絡を」などと求める。この場合も、たしかに、2階までの避難(垂直避難)では生命を守りきれない場合もありうる。それでも、この取り組みにもいくつもメリットがある。まず、ひとまずこうした形で訓練に参加することで、あるいは、図10に示したように、家族や近隣住民が2階への移動を手助けする方式をとることで、要支援者の防災活動への関心を高めるとともに、共助の意識を活性化することができる。実際、この訓練方式の導入によって、集落内の訓練参加率が90パーセントになったところもある。

ハードルを下げて、玄関先や2階までなど、最善(ベスト)ではないにしても、次善すなわち「セカンドベスト」(矢守, 2021)の場所までの移動を求める避難訓練、あるいは、——本稿では紹介できなかったが——本番で必ず得られるとは限らない支援(たとえば、車での送迎)に依拠した避難訓練において、要支援者は模範解答を提出しているとは言えない。だから、「それではダメな場合もあるのではないか」と批判することは容易である。しかし、要支援者に、ベスト(完璧)を要求



図9 「玄関まで訓練」の様子（高知県黒潮町）



図10 「2階まで訓練」の様子（高知県黒潮町）

し続けてきたことで、避難対策上もっとも肝心な人びとを避難訓練の場から事実上疎外(締め出)し続けてきたことのマイナスはきわめて大きいと言わねばならない。その意味で、

ハードルを下げた避難訓練は、もっとも肝心な人びとが訓練に参加できず、そのことが要支援者の被害につながるという負のスパイラルを断ち切るための一助にはなると考える。

## 5 ハードルを上げた避難訓練

避難訓練が抱えている5つめの大きな問題は、実際には十分起こりそうな難事を見て見ぬふりしがちであることだった。言いかえれば、過度に楽観的で非現実的な想定のもとでの訓練が多いという問題である。多くの訓練は、「予定通り」、つつがなく完了するために、言いかえれば、絶対に失敗しないように、非常に楽観的で非現実的な想定で実施されている。夜は危険だから昼しか訓練しない、降雨時は思わぬ事故を招くので雨天の場合は訓練を中止する、すべての避難先と避難経路が利用可能との前提で訓練を行う、巨大地震発生直後との設定なのにけが人がゼロとの想定で避難が開始されるなど――。こういった問題に、4節で取り上げたように、多くの要支援者が訓練の場にはいないことを特に疑問視しないという事実を追加してもよいであろう。

本来は、避難の成否を大きく左右することになる難題群を「なかったこと」ないし「言わないこと」にして行われる訓練は、現実的な有効性が高い訓練とはとても言えない。この問題に対する取り組みの方向性は、第4の問題に対する向き合い方とは、当然対照的なものとなる。非現実的に楽観的で安易な条件のもとではなく、一気に最難関の条件に挑戦することは別の意味で非現実的としても、従来よりもハードルを上げて、実際の災害時に生じると予想される課題や困難にしっかり直面することを意図して、より現実に近い条件で訓練を行うという方向性である。

この意味でハードルを上げた避難訓練も、すでにいくつか試みている。最初は、「夜間訓練」である。高知県四万十町興津地区や同県黒潮町では、数年前から継続的に、年1回、

夜間の避難訓練を実施している。興津地区のものは約700人の全住民を対象に、黒潮町のものは全町民約1万1千人を対象にした夜間訓練である。しかも、両方とも、訓練参加率は、ここ数年間30-35パーセント程度をキープしている。筆者らは、これらの夜間訓練に企画時から関与している。当初は、予想通り、「危険だ、事故があったらどうする」といった消極論も存在した。しかし、伊予灘地震（2014年）、熊本地震（2016年）など、上記2地域を含む高知県西部地域で夜間に揺れを感じる地震が相次いで発生したことも契機となって、また、「どんな危険があるかを知るためにも実施する必要がある」との正論が消極論を押し切る形で実行に移された。

この他にも、冬季や夜間時の避難タワー滞在訓練も、ハードルを上げた訓練の一つとして数えることができる。直近では、筆者自身、2023年12月下旬（偶然にも能登半島地震が発生する10日前）、地上十数メートルの屋外タワー上で夜間数時間を過ごす訓練に参加した。夜間の冷え込み、北風の体感温度への予想以上の影響などを実感できた。また、参加者が思い思いに準備した対策グッズの使い勝手を検討する作業も有益だった。たとえば、木材で出来たトーチは、熱源としてだけでなく灯りとしても、また、それを囲んで人びとが集い会話するのを助けるケアや交流のためのグッズとしても有用だとわかった。あるいは、各種の高機能のマット材が避難タワーの居住性の向上に有益であることも体感できた（図11）。

## 6 おわりに

「たかが避難訓練、されど避難訓練」であ

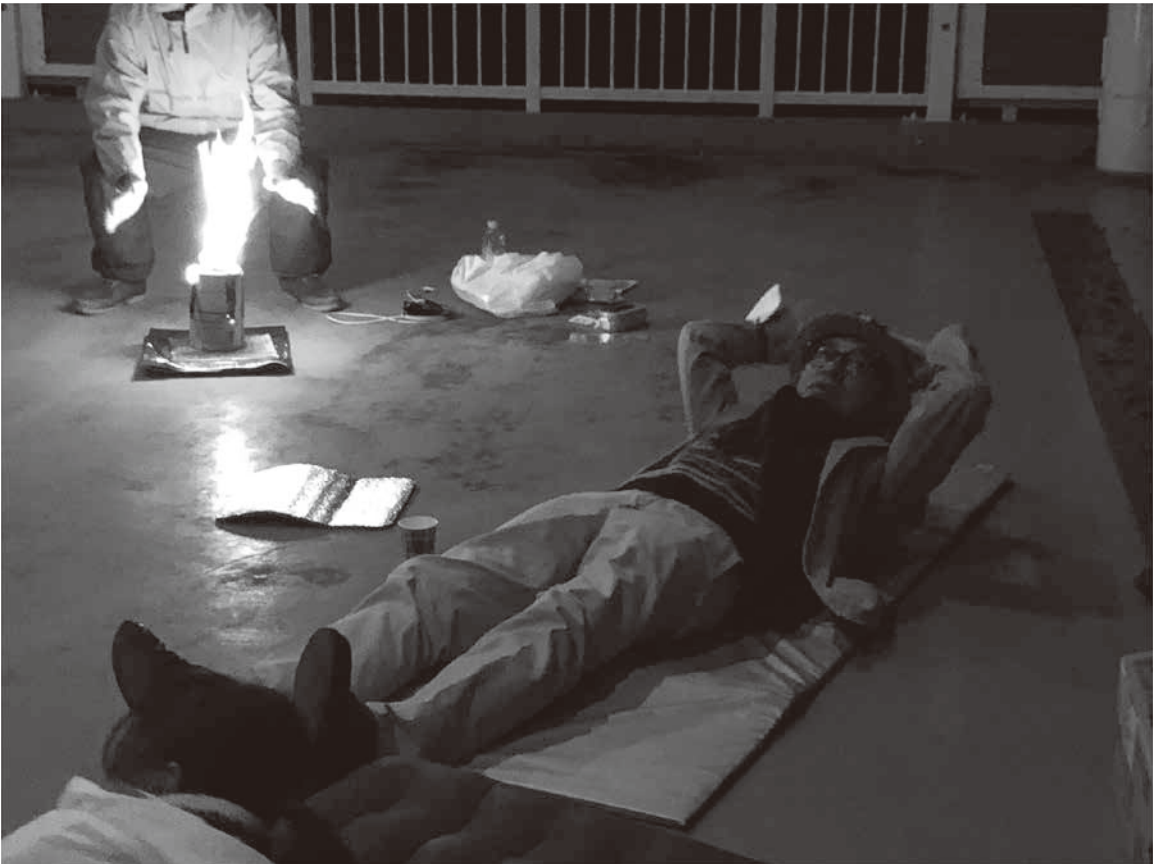


図11 冬季夜間における避難タワー滞在訓練の様子（横たわっているのは筆者、高知県黒潮町）

る。「基本にして奥義なり」という言葉もある。避難訓練は、災害から命を守るための活動・対策としては「イロハのイ」ではあるが、それだけに、実は奥が深い。避難訓練は、大人数が参加して盛大に実施されているようで、「命を守る」という観点に立ったときには、実はほとんど何の役割も果たしていない儀礼にも等しいものに劣化している場合もある。しかし他方で、もともと身近な防災対策である避難訓練は、4節で紹介した事例に見られるように、ほとんど経費もかからず、時間も要さず、ただちょっとした知恵と工夫を施すことで大いに改善することもできる。

要は、「しっかり見る」ことである。これまで実施されたきた訓練、そして今日の前で

行われている訓練を、虚心坦懐、「しっかり見る」ことである。「激震に見舞われた直後に、あるいは暴風雨が吹きすさぶ中で、本当にこんなことができるか」、「一番必死に考えるべき人が考えているか」、「そもそもここにいるべき人がいないのではないか」など、ある意味で子どもが発するような単純素朴な疑問を手放すことなく、目の前で実施されている、一見立派に完成され何の滞りもなく進んでいく避難訓練を「しっかり見る」ことが肝心である。この観察の眼を曇らすことさえなければ、命を守るための取り組みとしての避難訓練には、まだまだ伸び代がある。

## (引用文献)

- 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構  
(2023)「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」令和4年度成果報告書 <https://www.jamstec.go.jp/bosai-nankai/j/documents.html>
- 杉山高志・矢守克也(2019) 津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の開発と社会実装——コミットメントとコンティンジェンシーの相乗作用—— 実験社会心理学研究, 58, 135-146.
- Sugiyama, T. & Yamori, K. (2020) Consideration of evacuation drills utilizing the capabilities of people with special needs. *Journal of Disaster Research*, 16, 794-801.
- 杉山高志・矢守克也・卜部兼慎・西野隆博・中村洋光・土肥裕史・前田宜浩(2023) 訓練行動データを用いた津波避難戦略ツールの開発と検証 災害情報学会第27回学会大会予稿集
- 矢守克也(2021) 防災心理学入門——豪雨・地震・津波に備える ナカニシヤ出版
- 矢守克也(2023) 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構(2023)「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」令和4年度成果報告書 pp.105-124.
- 矢守克也(印刷中) 地震・津波ハザード情報とリスク・コミュニケーション 日本地震学会モノグラフ(第7号)「等身大の地震学をどう社会に役立てるか」
- 矢守克也・中野元太・杉山高志・岡田夏美(2023) ハードルを下げた／上げた避難訓練 地区防災計画学会誌, 27, 34-43.
- Yamori, K. & Sugiyama, T. (2020). Development and social implementation of smartphone app Nige-Tore for improving tsunami evacuation drills: Synergistic effects between commitment and contingency. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11, 751-761.

## 21世紀減災社会シンポジウム

## 「気候変動時代の豪雨災害に備える

## ～西日本豪雨5年の歩みから学ぶ」

公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構 研究戦略センター

ひょうご震災記念21世紀研究機構と朝日新聞社は、岡山県の地域報道を担う山陽新聞社に共催いただき、1月27日（土）、山陽新聞社さん太ホール（岡山市北区）で「21世紀減災社会シンポジウム」を開催しました。今回のテーマは、平成30（2018）年7月の西日本豪雨発生から5年を経過した節目に、被害が大きかった岡山県倉敷市真備町を事例に、今後の豪雨災害への備えを注意喚起すること。150人が来場し、425人がオンライン配信を視聴しました。

## 1. 開催概要

**開催日時：**令和6（2024）年1月27日（土）

13時30分～17時

**会場：**山陽新聞社さん太ホール

（岡山市北区柳町2-1-1）

**主催：**ひょうご震災記念21世紀研究機構、朝日新聞社

**共催：**山陽新聞社

**後援：**内閣府政策統括官（防災担当）、総務省消防庁、岡山県、兵庫県、関西広域連合

## プログラム：

**開会挨拶** 宮田 喜好（朝日新聞社

執行役員編集担当）

松田 正己（山陽新聞社

代表取締役社長）

## 基調講演

テーマ「気候変動と災害のメカニズムから、減災を考える」

講師 中北 英一

（京都大学防災研究所 所長・教授）

## パネルディスカッション

テーマ「教訓を将来の災害にどう生かすか～避難行動からまちづくりまで」

## パネリスト

木村 玲欧

（兵庫県立大学環境人間学部教授／岡山県防災アドバイザー）

伊東 香織（岡山県倉敷市長）

津田 由起子

（市民防災グループ「チームサツキ」代表）

古川 和宏（山陽新聞社報道部副部長）

## コーディネーター

御厨 貴

（ひょうご震災記念21世紀研究機構研究戦略センター長／東京大学名誉教授）

## 総括

佐々木 英輔（朝日新聞社編集委員）

五百旗頭 真

（ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長）



## 2. 基調講演

中北 英一

(京都大学防災研究所 所長・教授)

「気候変動と災害のメカニズムから、減災を考える」

豪雨、土砂災害が毎年のように発生するのは、地球温暖化が影響しています。海水温が上昇し、大気が多くの水蒸気を蓄えるため、大雨の頻度・総雨量等が増え、過去に豪雨災害がなかった場所でも災害が起りやすくなっています。スーパーコンピューターを使った将来の気象予測では、梅雨による豪雨発生はより東へ、より北へと変わっていき、スーパー台風、局地的なゲリラ豪雨が増えます。地球の平均気温は、産業革命以降、2050年には2℃、21世紀末には4℃上昇すると言われています。一刻も早く気候変動に対応しなければなりません。

そこで必要になるのは「流域治水」の考え方です。上流から下流まで、できるだけ川に水を流さない、一時的に田んぼ等大地に水をためる、迅速に避難するなど、行政・企業・住民協働で対応していく必要があります。



西日本豪雨時、岡山市街地は、江戸時代に造られた放水路「百間川」や、岡山城近くに整備された水路により水害から守られました。今後、岡山県南部に広がる干拓地で、気候変動による海面上昇の恐れがあり、かんがい排水等の対応が必要になるでしょう。

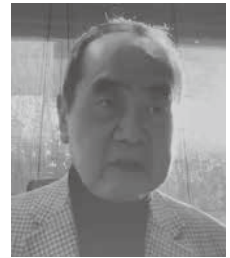
気候変動が科学的根拠に基づいた予測となった今、将来の気象予測を治水計画に生かし、適応策を講じることを、地域の皆さんで真剣に考えていただきたいと思います。

## 3. パネルディスカッション

「教訓を将来の災害にどう生かすか  
～避難行動からまちづくりまで」

### 御厨コーディネーターからの問いかけ

- ・西日本豪雨時の避難行動をふり返った上で、どうすれば一人ひとりが速やかに避難できるようになるか。
- ・被害を減らし、復興を早める「災害に強いまちづくり」をいかに進めるか
- ・「令和6年能登半島地震」で生じた課題－孤立集落の発生、住民の分断、避難所の備蓄－への対応・提言
- ・持続可能な減災社会を構築するための提言



木村 岡山県の災害検証メンバーとして倉敷市真備町地区に入りました。

地区内で災害関連死を除き51人が亡くなったのは、地域を挙げての安否確認や避難誘導ができなかったことが背景にあります。一方、「声かけ」が避難を促



す効果的な要素だと分かりました。ハザードマップで水害の危険を知り、「わがこと意識」を持って避難、声かけすることが大事です。

今後、人口減等で孤立の危険がある地域は増えるでしょう。事前に交通経路や連絡体制を整備し、被災地に残る人には、丁寧な合意形成により、集落を維持するための機能を長期的な目線で考える必要があります。

災害は、頻繁に発生して私たちの命や生活を脅かすものになりました。社会や私たちも変わらなければいけません。防災を考える中核的な存在を地域ごとに育てることも大切です。

**伊東** 西日本豪雨を踏まえ、国は「事前防災」に大きく舵を切りました。

倉敷市は、災害に強い地域をつくるため、個別避難行動の実行、地区防災計画の策定、防災教育の推進、要支援者の避難サポート、災害対応型のまちづくりという5つの方針を打ち出しています。避難を呼びかける防災ポータルサイトや緊急告知ラジオを普及し、公的建築物に避難場所や備蓄品を整備しています。水田に一時的に水をためる「田んぼダム」や高梁川水系の他自治体との連携など、「流域治水」にも取り組んでいます。

また、災害廃棄物を分別する15種類の大型看板を能登半島に届けるなど、被災経験を生かして他の被災地を支援しています。

**津田** 真備町地区で運営する小規模多機能ホームが被災し、利用者の方も亡くなりました。その後、避難機能付き共同住宅の整備、「老

いと防災」をテーマにした演劇ワークショップ、被災家屋の再生等に取り組んでいます。

避難を呼びかけられても、なじみのない場所には行きにくいので、日頃から行き慣れ、見知った顔がある場所を、小さくともたくさんつくっておくことが安心につながります。地域の人と人をつなぐ存在が重要で、そうした人材の育成に支援をいただきたいです。つらく悲しい経験から、地域で「一緒に避難訓練しよう」という関係ができてきました。これからも「普段使いの防災」を推進していきます。



**古川** 真備町地区の自宅と実家が2階まで浸水しました。父や祖父から「小田川は決壊したことがある」「家の2階まで水が来る」と聞いていましたが、本当に決壊・浸水するとは思っていませんでした。

全てを失った気持ちになりましたが、山陽新聞の記者として、被災地の風景と自らの心情をつづる連載「まび日誌」を随時執筆しています。変化する心情と一貫して変わらない心情があり、時々思いを書き残すことの大切さを認識しています。

災害報道では、記者一人一人が「わがこと」として被災地に寄り添った報道を心がけたい。同じ記者が継続して取材することで、何年後に初めて心情や体験を聞かせることもあります。地方新聞社として、地域の人と人、コミュニティとコミュニティをつなぐ役割も担っていきたいです。



#### 4. 総括

**佐々木** 気候変動と人口減が進む中で、より安全な場所に住むという議論が起っています。一方、培われたコミュニティや文化を尊重し、水害に強い住宅やまちにしていく動きも広がっています。いずれにしろ、リスクを認識して備えることが欠かせません。



昔よりハザードマップなどの情報に触れやすくなっていますが、被害を事前に想像することは困難です。報道機関として、いかにリスクやリスクを知る手段を伝え、「わがこと」としてもらうかを考えていきたいと思えます。

**五百旗頭** 中北先生の科学的・包括的な講演から、気候変動、地球温暖化は今や明白であること、海水温が上昇し、猛烈な台風、線状降水帯などが各地を襲うことが示されました。「晴れの国」岡山ですらこのような水害を受けたことが、それを物語ります。



パネルディスカッションでは、「わがこと意識」による事前の備え、いわば「普段使いの防災」が大切だと強調されました。倉敷市が進める「災害に強いまちづくり」の5つの方針は、全国共通で必要なことですが、印象的なのは、被災経験があるからこそ、他の被災地へ支援に赴いていること。兵庫県は、東日本大震災時、阪神・淡路大震災の経験を生かし、プッシュ型の支援を行いました。「大災害の時代」に、こうしたつながりが続いて

いることは、とても感慨深いです。

被災地の風景・被災者の心情を地元記者が記録し続け、地域の人たちがみんなで助かろうと事前に避難計画を作る。現場の味わい深い話を聞いたことに感謝します。

#### 5. シンポジウムの情報発信

2月4日付けの山陽新聞朝刊及び2月10日付けの朝日新聞朝刊にシンポジウムの詳細が掲載された。

また、今後、報告書をまとめて当機構のホームページ (<https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/academic-exchange/a-e-intellectual-exchange/#no01>) に掲載することになっている。

## 第12回自治体災害対策全国会議を開催

11月8日（水）、9日（木）に第12回自治体災害対策全国会議を開催しました。この会議はその都度異なる形で襲ってくる大災害に対処するため、全国の自治体職員等が知見を共有し、備えを高めようと平成23年度から毎年開催しています。今回は「災害対応力の強化 ～教訓から学び伝え、先端技術を活用する～」をテーマに、神戸市で開催し、自治体職員など全国から約340人が参加しました。

初日は、服部洋平・兵庫県副知事による主催者あいさつ、柴田岳・読売新聞大阪本社代表取締役社長の共催者代表あいさつに続き、白田裕一郎・国立研究開発法人防災科学技術研究所総合防災情報センター長が「防災DXの現状と展望」と題して基調講演を行いました。災害対応には情報が不可欠。同時並行で

異なる活動を行う時は異なる組織同士が情報を共有することで効果を最大化できる。だが、異なるシステムを使う組織同士が情報共有しようとする、システム同士を接続しなければならず、非常に効率が悪い。そこで、各システムをつなぐ「パイプライン」を設けることで、効率的に情報共有できる仕組みを紹介しました。

続いて、高嶺研一・内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官（インフラ・防災担当）が「SIP第3期『スマート防災ネットワークの構築』の今後の展望」と題して、国の取組状況について特別報告を行いました。線状降水帯の予測精度の向上や自治体の避難情報の発令判断を支援するシステムなどの研究成果を挙げた上で、デジタル技術活用への期待は高まっており継続的な研究開発が必要であると語りました。

初日の最後は、蒲島郁夫・熊本県知事が「逆境の中にこそ夢がある ～『不可能を可能に』決断・目標・対応の政治～」をテーマに、2016年の熊本地震や2020年の九州豪雨に触れながら、「逆境の中にこそ夢がある。単に元の姿に戻すだけでなく創造的な復興を目指



し更なる発展につなげることが原則だ」として、会場にサプライズ登場した熊本県のマスコットキャラクター「くまモン」の活躍ぶりも交え、基調報告を行いました。特に熊本地震発生後、いち早く五百旗頭真・ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長、河田恵昭・人と防災未来センター長ら7人をメンバーとする「くまもと復旧・復興有識者会議」を立ち上げ、その提言を受けて、地震発生から3か月半後には復興プランを策定したことなどを熱っぽく語りました。

2日目は、最初に、根本深・デジタル庁国民向けサービスグループ企画官（防災担当）が「防災分野におけるデジタル庁の取組みについて」と題して、マイナンバーカードに関する災害対応の実証実験について報告。カードを使った場合、避難所に入る際に個人情報を入力する時間が手書きと比べて10分の1に短縮出来たり、巡回する医師が避難者の薬剤情報を把握しやすかったりする効果が確認されており、避難所を運営する自治体職員の負担軽減が期待できるとのことでした。

続いて、廣井慧・京都大学防災研究所附属巨大災害研究センター准教授を座長として、「先端技術活用による災害への備え」の事例報告が行われました。

和歌山県すさみ町の岩田省吾・防災対策室長は、すさみ町では、過去の災害を教訓に自主防災組織に毎年50万円程度の補助金を交付し、備蓄物資や避難誘導器具等の整備を続けていること、すさみインターチェンジ付近に高台を造

成し、学校給食センター、防災センター、保育所、交番といった重要公共施設を移転させたことを挙げました。

また、スピーカードローンによって、防災行政無線が届かないエリアにどのように情報を届けて避難誘導するか検証を行っていること、年に数回の台風接近時だけではなく平時の課題も解決するようなドローンの活用・導入に向けて取り組んでいることを報告しました。

LINEヤフー株式会社の栗栖典夫三・災害2チームリーダーは、LINEヤフー株式会社が今年10月、メッセージングアプリを運営するLINE株式会社とポータルサイトを運営するヤフー株式会社が合併してできた会社であることから、両者の特徴を活かした防災における自治体との取組みを紹介しました。

まず、LINEの取組としては、2019年の台風15号、19号の際、千葉県等の被災自治体に、被災者の問い合わせにAI（人工知能）が回答する被災者支援チャットボットを提供し、必要な情報をいつでも提供可能にした事例のほか、神戸市における防災チャットボットによる被災情報の収集等の事例を紹介しまし



た。また、ヤフーの取組としては、自治体から提供を受けたデータを元にした避難施設の情報掲載、発災時に自治体ホームページの情報をヤフーサーバー上のキャッシュサイト上で表示することによる自治体サーバーの負荷軽減等の事例を挙げました。

引き続き、室崎益輝・神戸大学名誉教授・兵庫県立大学名誉教授を座長とする「災害の教訓から進める防災・減災活動」の事例報告が行われ、かつて佐用町企画防災課長も務めた久保正彦氏から、町内の廃校跡にドローンスクールができたことで「防災対策にドローンは有効」と実感し、自らドローン測量士補やドローン測量管理士の資格を取ったこと。ペーパードライバーのような自分であってもドローンをちょっと飛ばすだけで写真測量をし、3D画像や、三角形の集合で表示したTIN（不規則三角網）画像、3次元データも作成することができると、ドローンの有効性と防災分野以外の活用方法とその可能性について具体例を挙げての解説がありました。

福知山市の松本美規夫・危機管理監からは、住民に早めに避難してもらうことの重要性と、その難しさについて過去の水害の経験から報告がありました。福知山市ではアプリなどを通じてハイテクを活用した情報をどんどん提供しているものの、実際には「お母ちゃん、逃げなあかんで」「一緒に逃げよう」と声をかけたアナログ的な行動が住民の命を救った側面があることから、市としてハイテクの充実とともに、ローテク(アナログ)充実にもしっかり取り組み、避難行動につなげ

ていきたい旨の報告がありました。

東日本大震災被災地である宮城県石巻市の公益社団法人3.11メモリアルネットワークの中川政治・専務理事からは、オンライン語り部を行っている中で「語り部さんの話を聞いて家族と〇〇しようと思った」「避難バッグを用意しようと思った」という言葉をよく聞のだが、本当に家族と話し合ったのか調べてみたところ、1200人の子どもたちのうち実際に話した子は65%もいたことから、語り部は防災の大きな力になるのではないかと、若者が語り部を職業にできるような仕組みが考えられないかという報告がありました。

そして、事例報告の廣井慧、室崎益輝・両座長と五百旗頭真・公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長が、2日間の会議を振り返って総括しました。

廣井座長からは、この2日間の議論の中で「先端技術の活用」「デジタルの活用」といった言葉に違和感を持った。「活用」というと、システムを作り、AI(人工知能)を使うイメージが先行しがちである。しかし、先端技術・デジタル技術はあくまで手段の一つであり、



最終的な目的ではない。良い技術を使うことは問題ないが、活用から話が始めると、そこで止まってしまう気がするという話がありました。

室崎座長からは、昔は激甚災害に指定されるような洪水は年に1回あるかどうかだったが、今では4回も5回も起きており、地震もこの10年間で震度6以上が10回以上発生している。まさに全国至るところに被災地が生まれ、各被災地でいろいろな取組がされているが、それぞれの被災地の教訓がきちんと集約されていないとの言葉がありました。

最後に五百旗頭理事長が、本日の会議は、自治体職員が半分、あとの半分は民間企業職員や防災に関心のある個人の方が集まってくださった。この官民連携が防災において非常に大事である。警察・消防・自衛隊等第一線の方々と異なり、普段デスクワークをしている行政職員は、避難所の世話ぐらいはするが、自ら現場に行くわけではない。しかし、東日本大震災では国土交通省職員が道路啓開のために民間の建設会社の協力を得て、1日のうちに東北道を通し、2～3日のうちに海岸までの横串の道路を復旧させた。そういう意味で官民協力は重要であり、今回の会議は大きな一里塚になったのではないかと締めくくりました。

## 《開催概要》

**参加人数**：自治体職員ほか340名

**主催**：自治体災害対策全国会議実行委員会

**共催**：(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構、阪神・淡路大震災記念人と防災未来センター、読売新聞社

**後援**：全国知事会、全国市長会、全国町村会、指定都市市長会、内閣府政策統括官（防災担当）、デジタル庁、消防庁、兵庫県、関西広域連合

## プログラム：

1日目：11月8日（水）

○基調講演：「防災DXの現状と展望」

白田 裕一郎

国立研究開発法人防災科学技術研究所  
総合防災情報センター長

○特別報告Ⅰ：「SIP第3期『スマート防災ネットワークの構築』の今後の展望」

高嶺 研一

内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官（インフラ・防災担当）

○基調報告：「逆境の中にこそ夢がある～『不可能を可能に』決断・目標・対応の政治～」

蒲島 郁夫 熊本県知事

2日目：11月9日（木）

○特別報告Ⅱ：「防災分野におけるデジタル庁の取組みについて」

根本 深

デジタル庁国民向けサービスグループ  
企画官（防災担当）

○事例報告

第1部「先端技術活用による災害への備え」

座長：廣井 慧

京都大学防災研究所附属巨大災害  
研究センター准教授

報告①：「ドローンを用いた防災・減災体制の構築に向けて」

岩田 省吾

すさみ町総務課防災対策室長

報告②：「LINE ヤフーの防災DXと自治体での活用」

栗栖 典夫三

LINE ヤフー株式会社 サステナビリティ推進統括本部 CSR本部 災害支援推進部 災害2チームリーダー

第2部「災害の教訓から進める防災・減災活動」

座長：室崎 益輝

神戸大学名誉教授・兵庫県立大学名誉教授

報告③：「佐用町水害の経験と防災・減災へのドローン活用について」

久保 正彦

(一社)ドローン減災士協会前代表理事、元佐用町企画防災課長

報告④：「災害の経験を踏まえた福知山市の避難のあり方について」

松本 美規夫

福知山市危機管理監

報告⑤：「人がつくり、人がつなぐ自助・共助の防災 ～地域目線のICT活用、ネットワーク形成～」

中川 政治

((公社)3.11メモリアルネットワーク専務理事(宮城県石巻市)

室崎 益輝 事例報告第2部座長  
(自治体災害対策全国会議実行委員会企画部会長)

廣井 慧 事例報告第1部座長

#### ○総括討議

五百旗頭 真

(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長

(自治体災害対策全国会議実行委員会事務総長)

## ひょうご震災記念21世紀研究機構の研究調査報告書等一覧

※本号の特集「脱炭素社会を創る－気候変動への対応－」に関連するもの（平成23年度以降のもの）

タイトル：地域コミュニティの防災力向上～インクルーシブな地域防災へ～  
発表日：平成31年3月

タイトル：地域コミュニティの防災力向上～インクルーシブな地域防災～（中間報告書）  
発表日：平成30年3月

タイトル：南海トラフ地震に対する復興ランドデザインと事前復興計画のあり方  
発表日：平成30年3月

タイトル：南海トラフ地震に対する復興のランドデザインと事前復興のあり方（中間報告）  
発表日：平成29年3月

タイトル：人口減少、少子・高齢化社会におけるライフスタイルと社会保障のあり方について  
発表日：平成29年3月

タイトル：災害時の生活復興に関する研究－生活復興のための12講  
発表日：平成27年3月

タイトル：国際防災協力体制構築の検討～アジアを中心に～（中間報告）

発表日：平成25年3月

タイトル：東アジアの災害対策協力のあり方  
発表日：平成24年3月

掲載先：<https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/research-investigation/r-d-reaserch-result/>

### ■「21世紀ひょうご」第34号発行以降のもの

○研究戦略センター

タイトル：南海トラフ地震に備える政策研究  
発表日：令和4年3月

掲載先：<https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/research-investigation/r-d-reaserch-result/>

○人と防災未来センター

タイトル：DRI調査研究レポート【vol.54】巨大災害の縮災現実に向けた体制の創出手法－中核的研究プロジェクト〔2018-2022〕最終報告書－

発表日：令和5年9月

掲載先：<https://www.dri.ne.jp/research/reports/investigation/list/>

○こころのケアセンター

タイトル：令和4年度版 兵庫県こころのケ  
アセンター研究報告書

発表日：令和5年3月

タイトル：兵庫県こころのケアセンター 令  
和4年度事業報告書

発表日：令和5年5月

掲載先：<https://www.j-hits.org/report/>

## バックナンバー

詳細は、ホームページ (<https://www.hemri21.jp/research/research-the21-hyogo/>) をご覧ください。

vol.	発行年月	特 集
35	2023.11	脱炭素社会を創る－気候変動への対応－
34	2023.3	激甚化・頻発化する災害に備える
33	2022.12	コロナで変わる社会
32	2022.3	気候変動と防災・危機管理
31	2021.12	ポストコロナ社会の課題と展望
30	2021.3	東日本大震災10年－防災・復興の課題と展望
29	2020.11	パンデミックと新たな社会
28	2020.3	阪神・淡路大震災25年－防災・減災の課題と展望
27	2019.12	広域経済圏の活性化戦略
26	2019.3	頻発する災害の教訓と備え
25	2018.12	ソサエティ5.0に向けて～人口減少・高齢社会における意識改革と制度設計～
24	2018.3	地域コミュニティの防災力向上に向けて
23	2018.2	地域創生
特別号	2017.9	東日本大震災の復興検証（復興庁委託事業）
22	2017.3	事前復興
21	2017.1	地域創生の理論と実践
20	2016.3	アジアの中での高齢化
19	2015.11	人口減少社会と地域創生
18	2015.3	阪神淡路20年 超巨大災害に備える
17	2015.2	阪神淡路20年 創造的復興の今
16	2014.3	グローバル化と多文化共生～異文化コミュニケーションと地域づくり～
15	2013.12	食と農の未来～消費者の目線で日本の食と農を考える～
14	2013.3	新しい家族像と共生社会
13	2012.12	震災復興と共生社会

vol.	発行年月	特 集
12	2012.3	東日本大震災からの復興を考える2～東北の風土・特性を踏まえたソフト面での課題と対応～
11	2011.12	東日本大震災からの復興を考える
10	2011.3	生物多様性
9	2010.12	21世紀型の社会保障のあり方
8	2010.3	阪神・淡路大震災15周年 ～震災関連国際会議の知見～
7	2009.12	再生可能エネルギー
6	2009.3	ワーク・ライフ・バランス
5	2008.11	食の安全安心
4	2008.3	地域資源を活用した都市再生・地域再生
3	2007.12	グローバル化と地域の展望 - 共生社会の視点から
2	2007.3	「公共」を考える
創刊号	2006.12	ひょうご新シンクタンクの発足にあたって

### ★購入方法★

ご希望の号数、氏名・住所・電話番号を電子メール等でご連絡ください。

定価800円（税込） 発送にかかる送料はご負担をお願いします。

ただし、年間定期購読（1,600円（税込））いただく場合には、当機構が送料を負担いたします。


### ■お問い合わせ先・お申し込み先■

ひょうご震災記念21世紀研究機構 研究戦略センター交流推進課

住所：〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2

TEL：078-262-5713 FAX：078-262-5122

E-mail：gakujuitsu@dri.ne.jp



---

## 21世紀ひょうご 第36号

令和6年3月発行

■編集発行

公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構

研究戦略センター学術交流部交流推進課

〒651-0073

神戸市中央区脇浜海岸通1丁目5番2号

人と防災未来センター 東館6階

TEL：078-262-5713 FAX：078-262-5122

■定価

800円（本体価格728円）

---

ISSN 1345-9368



21世紀ひょうご  
21st Century