

## 2. 7 地震防災基盤シミュレータの構築

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「地震防災基盤シミュレータの構築」

(b) 担当者

| 所属機関              | 役職    | 氏名    |
|-------------------|-------|-------|
| 国立研究開発法人防災科学技術研究所 | 部門長   | 藤原広行  |
|                   | 副部門長  | 中村洋光  |
|                   | 主任研究員 | 前田宜浩  |
|                   | 特別研究員 | 土肥裕史  |
|                   | センター長 | 青井真   |
|                   | 主幹研究員 | 高橋郁夫  |
|                   | 主任研究員 | 河合伸一  |
|                   | 主任研究員 | 森川信之  |
|                   | 主任研究員 | 岩城麻子  |
|                   | 主幹研究員 | 先名重樹  |
|                   | 特別研究員 | 内藤昌平  |
|                   | 特別研究員 | 秋山伸一  |
|                   | 部門長   | 臼田裕一郎 |
|                   | 副部門長  | 田口仁   |
|                   | 特別研究員 | 水井良暢  |
|                   | 特別研究員 | 崔青林   |

(c) 業務の目的

時空間的な地震発生の多様性を持つ南海トラフ地震を対象に、「地震防災情報創成研究」の各課題(d)～(f)の研究で活用可能とする将来を予測する基盤となる情報として、地震や津波のハザードやそれによって引き起こされるリスク情報を創出する。具体的には、「通常と異なる現象」を地震発生の多様性の一例としてとらえ、それが起こった後の時間推移を考慮した条件付きリスク評価手法の開発を行う。また、地震本部の知見を採り入れつつ、地震発生の多様性を表現するために構築された時空間的に膨大な組み合わせからなる断層モデル群に対して、長継続時間・広帯域強震動（長周期地震動を含む）や津波遡上を安定的かつ効率的にシミュレーションできる手法を開発し、上記課題に関連して、事前避難、産業活動、大都市機能維持のそれぞれの地域性の観点から南海トラフの地震像を類型化する手法の開発を行い、類型化毎の代表的な広域災害シナリオを構築する。このように創出したハザード・リスク情報を格納する情報基盤を、防災科研の地震ハザードステーション（J-SHIS）、津波ハザードステーション（J-THIS）、リアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ）と連携できる形で地震防災基盤シミュレータとして構築し、課題(d)～(f)のそれぞれの目的に適した形態で提供可能とするとともにサブ課題3.「創成情報発信研究」と連携して利活用を進めることで防災対策に活かす。

(d) 5 か年の年次実施計画

1) 令和 2 年度：

地震防災基盤シミュレータの構築に着手した。そのために、長継続時間・広帯域強震動への強震動シミュレーション手法の対応検討を行った。津波到達時間が短い地域を対象とした津波遡上の試算を行った。建物被害・人的被害のリスク評価を行うとともに、地震像の類型化のための基礎的検討を行った。システム開発に向け、ハードウェアを導入し、既往ハザード・リスク情報を整理し、共有方法に関する設計を行った。

2) 令和 3 年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプ開発を行った。そのために、地震本部の知見を活用した断層モデル群、地下構造モデルの構築に着手し、強震動の試算を行った。同様の断層モデル群で津波遡上シミュレーションを行った。南海トラフで複数回地震が発生した想定の手帳情報等を利用した類型化手法の基礎的検討を行った。それらの検討結果を地震防災基盤シミュレータに蓄積可能にした。

3) 令和 4 年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプから情報提供可能にする。そのために、最大クラスの断層モデルを含む強震動及び津波遡上のシミュレーションを実施し、その結果を用いた事前避難、産業活動、大都市機能維持の各観点からの南海トラフの地震像の類型化手法の検討を行う。各類型の代表的な広域災害シナリオ作成手法の基礎検討を行う。検討結果を地震防災基盤シミュレータに蓄積し、2 次利用可能な形式で情報提供できるようにする。

4) 令和 5 年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプを高度化する。そのために、シミュレーションデータに基づく観測データの空間補間手法の検討を行う。事前避難、産業活動、大都市機能維持の各観点からの南海トラフの地震像の類型化手法と類型毎の広域災害シナリオ作成手法を高度化する。地震防災基盤シミュレータによる情報の情報発信研究等を通じた自治体や企業等での利活用による課題抽出を行い、改良を図る。

5) 令和 6 年度：

地震防災基盤シミュレータを完成する。そのために、南海トラフの類型結果と各類型の代表的な災害シナリオの検証を行うとともに、情報発信研究等における議論や利活用を踏まえ、システムに搭載するリスク情報や災害情報の改良を図る。

(e) 令和 3 年度業務目的

地震防災基盤シミュレータの構築に着手する。そのために、長継続時間・広帯域強震動への強震動シミュレーション手法の対応検討を行う。津波到達時間が短い地域を対象とした津波遡上の試算を行う。建物被害・人的被害のリスク評価を行うとともに、地震像の類型化のための基礎的検討を行う。システム開発に向け、ハードウェアを導入し、既往ハザード・リスク情報を整理し、共有方法に関する設計を行う。

## (2) 令和 3 年度の成果

### ①長継続時間・広帯域強震動シミュレーション

#### (a) 業務の要約

本業務では、南海トラフ沿いで発生する海溝型地震による長継続時間・広帯域強震動の計算を実現するために、地震本部の知見を活用した断層モデル群、地下構造モデルの構築に着手し、広帯域強震動の試計算を行った。広帯域強震動シミュレーションでは、面的な地震動の計算に多くの実績のあるハイブリッド合成法を用いることとし、長周期地震動は、過年度業務において発散抑制機能を実装した 3 次元差分法による地震動シミュレータ GMS<sup>1)</sup>を用いて計算を行い、短周期地震動は統計的グリーン関数法により計算した。計算結果は地震防災基盤シミュレータに格納するとともに、地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

#### (b) 業務の実施方法

断層モデル群の構築では、地震本部の津波ハザード評価<sup>2)</sup>で設定された南海トラフ地震の多様性モデルを踏まえた強震動計算用震源断層モデルを構築した。過年度業務において発散抑制機能を実装した GMS を用いて、長継続時間地震動計算のための計算パラメータに関する検証作業を行うとともに、構築した強震動計算用震源断層モデルに対して、3 次元差分法により計算した長周期地震動と統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成して得られた長継続時間・広帯域強震動シミュレーションデータを地震防災基盤シミュレータに格納した。次年度の検討に向けて、関東地域の浅部・深部統合地盤モデルを取り込んだ全国 1 次地下構造モデルを基に差分法用地下構造モデルを作成した。

#### (c) 業務の成果

##### 1) 断層モデル群の構築

地震本部の津波ハザード評価<sup>2)</sup>で設定された南海トラフ地震の多様性モデルを踏まえた強震動計算用震源断層モデルを構築した。地震本部の南海トラフ地震の長期評価<sup>3)</sup>では、南海トラフ沿いで想定される最大クラスの地震の震源域をトラフ軸方向に 6 区分、フィリピン海プレートの沈み込み方向に 3 区分した 18 個の区分領域を組み合わせた 15 通りの巨視的断層モデルが例示されている。本検討ではこれに加え、津波ハザード評価の知見をもとに昭和南海地震や昭和東南海地震といったいわゆる「半割れ」に対応する巨視的断層モデルに対して震源域の傾斜方向の広がりに関する多様性を考慮した巨視的断層モデル群を設定し、強震動予測手法「レシピ」<sup>4)</sup>を踏まえて以下に示すパラメータ設定の方針に基づき震源域・破壊開始点・アスペリティ位置が異なる 83 通りの特性化震源モデルを構築した。

○巨視的震源パラメータの設定方針

- ・ 地震の規模については、震源域全体の平均応力降下量を海溝型プレート間地震の平均的な値である 3MPa（例えば、Kanamori and Anderson, 1975<sup>5)</sup>；Allmann and Shearer, 2009<sup>6)</sup>）と仮定して、震源域の面積より算出する。

○微視的震源パラメータの設定方針

- ・ アスペリティは、各区分領域内に 2 個から 3 個配置し、面積と平均すべり量は、各領域の面積と平均すべり量のそれぞれ 20%と 2.2 倍（Murotani et al. 2008<sup>7)</sup>）とする。
- ・ 震源時間関数は、中村・宮武（2000）<sup>8)</sup> によるすべり速度時間関数とする。
- ・  $f_{\max}$  は、「レシピ」における 13.5Hz とする。
- ・ プレートの沈み込み方向に 3 区分したうち浅部領域を有する震源モデルでは、浅部領域の面積の 20%の大きさの 1 個のすべりの大きな領域を持つケースも設定する。

○その他の震源パラメータの設定方針

- ・ 破壊伝播速度は、「レシピ」に従い震源域の S 波速度の 72%(2.7km/s;Geller, 1976<sup>9)</sup>) とする。
- ・ 破壊伝播の様式は破壊開始点から同心円状とするが、各アスペリティ内部での破壊は破壊の到達点から同心円状とする（マルチハイポセンター）。

特性化震源モデルのように震源パラメータがアスペリティサイズより小さな空間スケールの不均質性を持たないモデルでは、アスペリティサイズと破壊伝播特性に規定される卓越周期よりも短周期の地震動が適切量生成されず、特に巨大地震の場合には工学的に重要な周期帯の地震動が過小評価される可能性が指摘されている（例えば、関口・吉見、2006<sup>10)</sup>）。そこで、地震本部の長周期地震動評価 2016 年試作版<sup>11)</sup>で採用された Iwaki et al. (2016)<sup>12)</sup>の方法により、特性化震源モデルの破壊伝播速度、すべり角、すべり量に対してランダムな不均質性を付与した。ランダムな不均質性が付与された震源パラメータの一例を図 2-7-①-1 に示す。

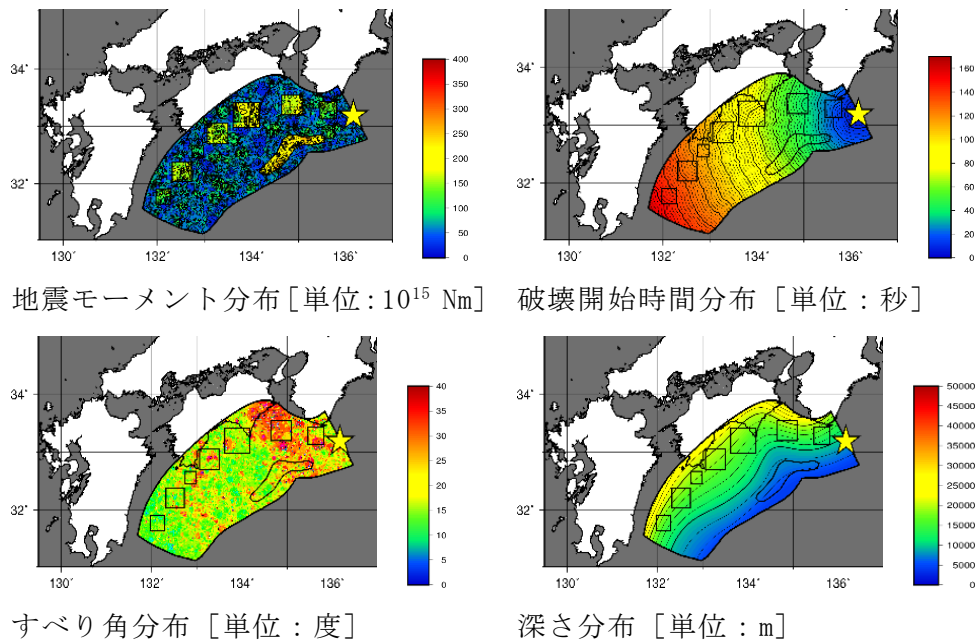


図 2-7-①-1 設定した震源モデルのパラメータの空間分布。

## 2) 発散抑制機能の検証

昨年度、発散抑制を目的として波動場平滑化スキーム (Imai et al., 2018)<sup>13)</sup> を 3次元差分法による地震動シミュレータ GMS<sup>1)</sup> に実装し、大阪湾付近を対象とした計算モデルを用いて波動場平滑化スキームのパラメタ (b 値) の設定に関する検証作業を行った。昨年度の検討からは、波動場平滑化スキームの効果が期待される周期帯域は b 値に依存しており、目的に応じた適切な b 値の設定を試行錯誤的に行う必要があることがわかった。ここでは南海トラフ地震を対象とした計算モデルを対象とし、上記で設定した震源モデルの 1 つを用いて波動場平滑化スキームの有効性と適切な b 値の設定について検討した。図 2-7-①-2 に、b = 0、50、70、80、100、500 とした場合の、東京、大阪、高知の 3 つの都府県庁地点におけるフーリエスペクトルと波形を示す。ここで b = 0 は、波動場平滑化スキームを用いない従来の計算を意味する。これら 3 地点は南海トラフ地震の震源域からの距離や、地盤の条件を考慮して選定した。図 2-7-①-2 の右側に示した b = 0、50 とした場合の波形では、赤丸で囲んだ部分において発散により振幅が指数関数的に増大している様子が認められる。左側のフーリエスペクトルは周期 1 秒のローパスフィルタ (高周波成分を遮断するフィルタ) を施しているが、b = 70 (橙)、80 (青)、100 (灰) の差異は小さく、500 (黄) では他よりも振幅が小さい傾向が明らかである。また、b = 0 (水色) や 50 (緑) のスペクトルは他に比べ著しく大きく、発散により波形の終端付近の振幅値が過大となり、適切にフーリエスペクトルを計算できていないことが考えられる。通常、差分法計算の後処理としてローパスフィルタを適用することで発散の影響を除去できることが経験的にわかっている。本検討モデルの場合、b = 500 としたケースでは波動場平滑化スキームにより発散が生じず、ローパスフィルタを施す必要はなかった。一方、b = 0 と b = 50 の場合は、後処理を施しても発散の影響を取り除くことは出来ていない。b = 70、80、100、500 のフーリエスペクトルを比較すると、b = 500 は周期 1 秒以上

の周期帯域でも減衰の影響が大きく、一方で、 $b = 70$  は発散の影響が取り切れていないと考えられることから、 $b$  として  $80 \sim 100$  を与えるのが妥当だと考えられる。ただし、 $b$  値は、地下構造モデルに依存すると考えられることから、事前に何通りかの  $b$  値での計算を行い、目的に応じた適切な値を求める必要がある。

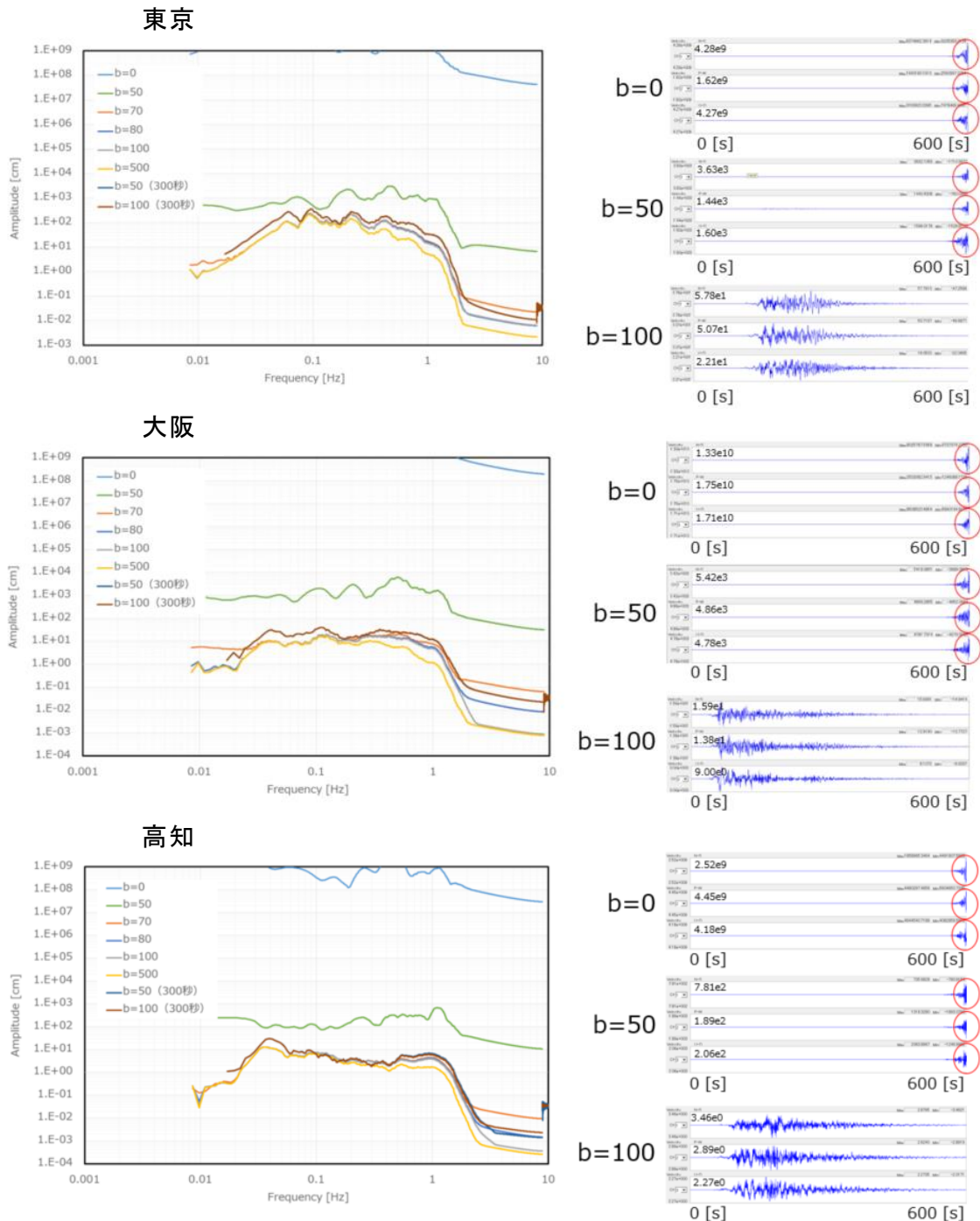


図 2-7-①-2 南海トラフ地震を対象とした地震動シミュレーションによる、東京都庁位置（上段）、大阪府庁位置（中段）、高知県庁位置（下段）でのフーリエスペクトル（左側）と速度波形（右側）。スペクトルには、 $b = 0, 50, 70, 80, 100, 500$  として 600 秒間の計算を行った場合の結果と、参考として  $b = 50, 100$  として 300 秒間の計算による結果も示している。

### 3) ハイブリッド合成法による広帯域強震動シミュレーション

1) で設定した震源モデル群に対し、Maeda et al. (2016)<sup>14)</sup> で用いられている南海トラフ地震の長周期地震動シミュレーション用の3次元地下構造モデルを用いた3次元差分法による計算を行った。ここでは波動場平滑化スキームのパラメタ (b 値) を 100 とした。また、同じ震源モデルに対して統計的グリーン関数法により短周期地震動の波形合成を行い、差分法と統計的グリーン関数法による結果を接続周期 1 秒でハイブリッド合成することで広帯域強震動を計算した。統計的グリーン関数法とハイブリッド合成法については、全国地震動予測地図<sup>15)</sup> の「震源断層を特定した地震動予測地図」に準じた手法を用いた。結果の一例として、破壊開始点を変えた場合の工学的基盤上での計測震度分布を図 2-7-①-3 に示す。また、比較のために経験式<sup>16)</sup> による結果も示す。経験式では震源域からの距離により振幅が単純に減衰しているが、ハイブリッド合成法による結果は破壊開始点の違いや、工学的基盤以深の地下構造の影響により複雑な計測震度分布となっており、巨視的断層モデルから算出される経験式に基づく予測では表現することができない地震動分布の多様性が表現されている。また、経験式に比べハイブリッド合成による結果は遠距離において振幅が小さい傾向がみられる。両者を周期毎に比較検討する必要はあるが、遠距離において統計的グリーン関数法による短周期帯の地震動が過小評価となることが経験的に知られており、震源域からやや離れた地域における短周期地震動の評価については経験式との整合性も考慮した評価手法を検討する必要がある。なお、マグニチュード 9 程度の巨大地震については経験式の基となる観測記録が十分ではないことにも留意が必要である。

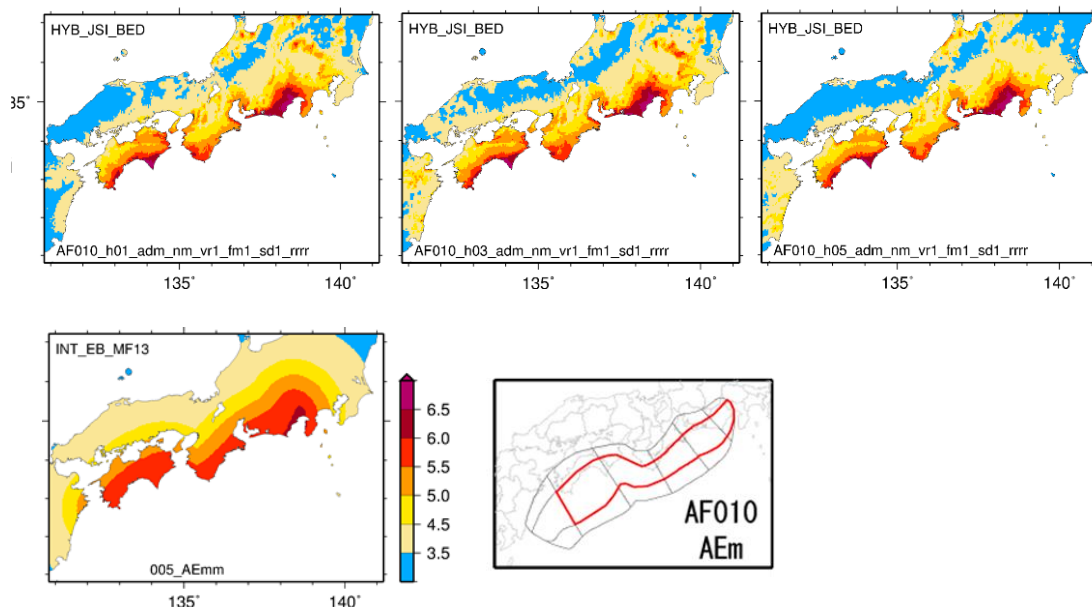


図 2-7-①-3 ハイブリッド合成法による計測震度分布。上段は破壊開始点の異なる 3 ケースの計算結果 (左、中央、右はそれぞれ破壊開始点が震源域の西側、中央、東側に位置する震源モデルに対応)。下段左は経験式による計測震度分布。下段右は計算対象とした震源モデルの巨視的断層モデル (赤線で囲んだ領域が震源域となるモデル)。



#### 4) 長継続時間地震動計算用地下構造モデルの構築

次年度の長継続時間・広帯域強震動シミュレーションに用いる長継続時間計算に対応した差分法用の地下構造モデルを構築した。防災科学技術研究所において本業務とは別に作成された、全国1次地下構造モデル<sup>17)</sup>に関東地域の浅部・深部統合地盤モデル<sup>18)</sup>を取り込んだモデルの提供を受け、これを基にGMS用地下構造モデルを作成した。モデル化の対象とした範囲を図2-7-①-4に、格子サイズと格子数を表2-7-①-1に示す。モデルの作成にあたっては、周期1秒以上を対象周期とし600秒間以上の波形が発散せずに計算できることを確認した。

表2-7-①-1 GMS用地下構造モデルの格子サイズと格子数

|       | 深さ8kmまで       | 8km以深         |
|-------|---------------|---------------|
| 格子サイズ | 水平105m、鉛直100m | 水平315m、鉛直300m |
| 格子数   | 7257×8496×81  | 2419×2832×307 |

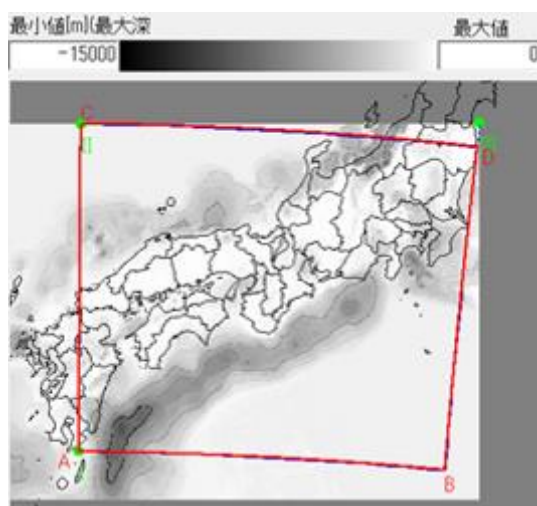


図2-7-①-4 GMS用地下構造モデルの作成対象範囲（赤線で囲んだ領域）。背景はS波速度が2100m/s層の上面深度を表している。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

防災科学技術研究所でこれまで実施してきた長周期地震動ハザード評価を踏まえ、津波ハザード評価の知見を活用した震源断層モデル群を構築した。南海トラフ地震を対象とした計算モデルを用いて、波動場平滑化スキームによる発散抑制を機能させるためのパラメータ設定に関する検討を行った。波動場平滑化スキームを実装した3次元差分法により計算した長継続時間の長周期地震動と、統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成することにより面的に広帯域強震動を作成し、地震防災情報創成研究の他の課題へ提供した。一方で、経験式との比較から、関東地域など南海トラフ地震の震源域からやや離れた地域における短周期地震動がやや過小評価である



可能性が示唆された。リスク評価では同時に発生する面的な地震動分布が必要となることから、経験式と整合的な広帯域強震動シミュレーション結果が得られるように手法の改善を図ることが今後の課題である。

(e) 引用文献

- 1) 青井真, 早川俊彦, 藤原広行: 地震動シミュレータ: GMS, 物理探査, Vol. 57, pp. 651-666, 2004.
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価, 2020, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf) (最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日).
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版), 2013, [https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami\\_evaluation/#nankai\\_t](https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami_evaluation/#nankai_t) (最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日).
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」), 2020, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20\\_yosokuchizu/recipe.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/recipe.pdf) (最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日).
- 5) Kanamori, H. and Anderson, D.: Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 65, pp.1073-1095, 1975.
- 6) Allmann, B. P. and Shearer, P. M.: Global variations of stress drop for moderate to large earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 114, B01310, 2009, doi:10.1029/2008JB005821.
- 7) Murotani, S., Miyake, H. and Koketsu, K.: Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, *Earth Planet Space*, 60, pp.987-991, 2008, doi:10.1186/BF03352855.
- 8) 中村洋光, 宮武隆: 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, *地震* 2, 53, pp.1-9, 2000.
- 9) Geller, R. J.: Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 66, pp.1501-1523, 1976.
- 10) 関口春子, 吉見雅行: 広帯域地震動予測のための海溝型巨大地震アスペリティモデルのマルチスケール不均質化, *月間地球*, 号外 55, pp.103-109, 2006.
- 11) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 長周期地震動評価 2016 年試作版ー相模トラフ巨大地震の検討ー, 2016, [https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/lpshm/16\\_choshuki/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/16_choshuki/) (最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日).
- 12) Iwaki, A., Maeda, T., Morikawa, N., Aoi, S. and Fujiwara, H.: Kinematic source models for long-period ground motion simulations of megathrust earthquakes: validation against ground motion data for the 2003 Tokachi-oki earthquake, *Earth Planets and Space*, pp.1-19, 2016, doi:10.1186/s40623-016-0473-6.

- 13) Imai, R., Takamuku, K. and Fujiwara, H.: A modified wave equation with diffusion effects and its application as a smoothing scheme for seismic wave propagation simulations, Int. J. Comp. Math., 96, pp.935-949, 2018, doi:10.1080/00207160.2018.1463440.
- 14) Maeda, T., Iwaki, A., Morikawa, N., Aoi, S. and Fujiwara, H.: Seismic - Hazard Analysis of Long - Period Ground Motion of Megathrust Earthquakes in the Nankai Trough Based on 3D Finite - Difference Simulation, Seismological Research Letters, pp.1265-1273, 2016, doi:10.1785/0220160093.
- 15) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図，2021，  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/shm\\_report/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/)（最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日）。
- 16) Morikawa, N., and Fujiwara, H.: A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, J. Disaster Res., Vol.8, No.5, pp.878-888, 2013.
- 17) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「長周期地震動予測地図」2012年試作版 データダウンロード，  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/lpshm/12\\_choshuki\\_data/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/12_choshuki_data/)（最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日）
- 18) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデル（2021年版），2021，  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong\\_motion/underground\\_model/integration\\_model\\_kanto\\_2021/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/underground_model/integration_model_kanto_2021/)（最終閲覧日 2022 年 4 月 3 日）

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

| 発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）                | 発表者氏名                            | 発表した場所（学会等名）     | 発表した時期      | 国内・外の別 |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------|--------|
| 南海トラフ巨大地震による長継続時間・広帯域強震動のシミュレーション（ポスター） | 前田宜浩、岩城麻子、青井真、中村洋光、藤原広行、関航佑、今井隆太 | 日本地震学会2021年度秋季大会 | 2021 年 10 月 | 国内     |

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

②津波遡上シミュレーション

(a) 業務の要約

本業務では、津波のハザード・リスク情報の創出を目的として、南海トラフ地震の多様性を表現するために構築された時空間的に膨大な組合せからなる断層モデル群を用いた津波伝播遡上計算を実施する。令和3年度は、南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域を主な対象として、防災科学技術研究所が開発している津波シミュレータ（TNS:TsuNami Simulator）<sup>1)</sup>を用いて津波伝播遡上計算を実施した。計算結果は地震防災基盤シミュレータに格納するとともに、地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

(b) 業務の実施方法

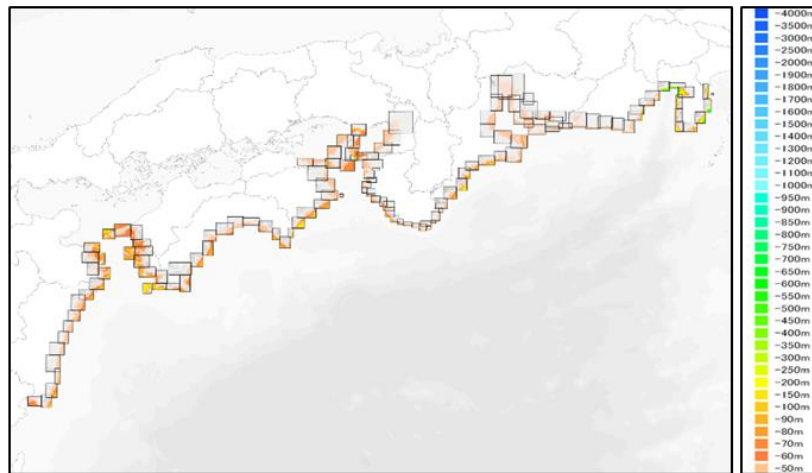
南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域や大阪湾沿岸地域を対象に、最新のデータを反映した最小10m計算格子の詳細地形モデルを構築した。藤原・他（2020）<sup>2)</sup>、地震調査委員会（2020）<sup>3)</sup>による南海トラフ沿いの津波ハザード評価に用いた最大クラスを含む3480通りの波源断層モデルを計算対象とし、課題2(d)やリスク評価等における利活用を目的として、流速分布を出力できるように機能を拡張した津波シミュレータ（TNS）<sup>1)</sup>を用いて津波伝播遡上計算を実施した。

(c) 業務の成果

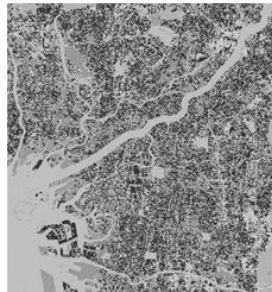
1) 詳細地形モデルの構築

南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域や大阪湾沿岸地域を対象として、内閣府や地方自治体が作成した10mメッシュ分解能の地形データ、堤防データ等を基に、入手可能な最新の測量結果等の情報を反映した10mメッシュ分解能の地形データ、粗度データ、及び陸判定データを構築した。粗度データについては、航空写真等を確認したうえで、国土交通省（2019）<sup>4)</sup>の粗度係数の設定例と整合するように構築した。陸判定データについては、潮位条件として、T.P.+0.0mに対応したデータを構築した。最終的に11府県の計131個の10m格子領域に対して、地形標高データ・粗度係数データ・構造物ラインデータ（堤防データ）・海陸判定データ・汀線メッシュ評価点データを整備した（図2-7-②-1）。

## 地形標高データ



## 粗度係数データ



## 構造物ラインデータ



図 2-7-②-1 構築した 10m メッシュ分解能の計算モデル。上段：10m メッシュの地形標高データを作成した領域、下段左：粗度係数データの一部、下段右：構造物ラインデータの一部。

## 2) 波源断層モデル

藤原・他（2020）<sup>2)</sup>、地震調査委員会（2020）<sup>3)</sup>が設定した南海トラフ沿いで発生すると想定される最大クラスの地震を含む 3480 個の波源断層モデル群を対象とした（図 2-7-②-2）。

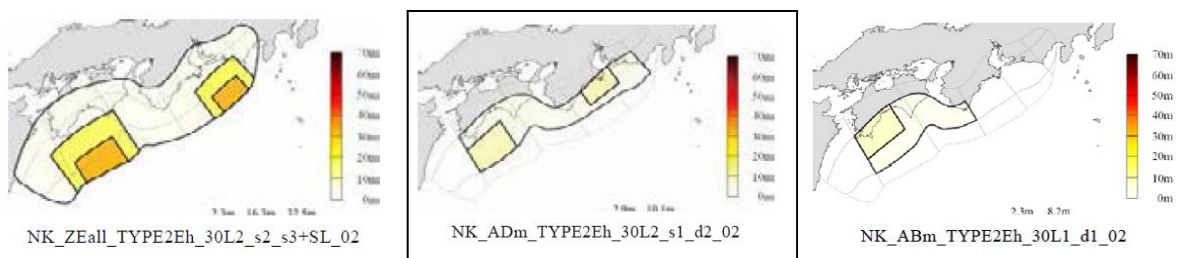


図 2-7-②-2 波源断層モデルの一例（藤原・他（2020）<sup>2)</sup>より抜粋）。図中の凡例はすべり量を示す。左：最大クラス地震、中央：既往最大クラス地震、右：南海地震に対応する巨視的断層モデルを有する波源断層モデル。各波源断層モデルは背景領域と大すべり域、及び超大すべり域から構成される。

### 3) 津波シミュレータの改良

津波シミュレータ (TNS) <sup>1)</sup>を改良し、流速分布の出力機能を追加するとともに、大量の計算を効率的に実施するために初期波源計算、津波伝播遡上計算、ポスト処理を防災科学技術研究所が運用する防災情報イノベーションプラットフォームの GPU 環境で並列して短時間で実行するためのツールを整備した。

### 4) 津波伝播遡上計算

構築した詳細地形モデル、波源断層モデル群、改良した津波シミュレータ (TNS) を用いて津波伝播遡上計算を実施した。計算条件を表 2-7-②-1 にまとめる。計算結果の一例として、同一の波源断層モデルにより各地域で発生する最大浸水深分布を図 2-7-②-3 に示す。また、多数の波源断層モデルを用いたことにより多様な最大浸水深分布が得られていることを、御前崎市周辺を例として図 2-7-②-4 に示す。これらの計算結果は地震防災基盤シミュレータに格納するとともに、地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

表 2-7-②-1 試計算の計算方法・条件

|        |                                                                                                                                             |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 項目     | 計算方法・条件                                                                                                                                     |
| 方程式    | 非線形長波理論                                                                                                                                     |
| 計算時間間隔 | C.F.L (Courant-Friedrichs-Lewy) 条件を満たすように設定                                                                                                 |
| 計算格子間隔 | 810m、270m、90m、30m、10m<br>(海岸域はすべて 10m、各領域を 1 : 3 でネスティング)                                                                                   |
| 計算時間   | 12 時間                                                                                                                                       |
| 境界条件   | 陸側：陸域へ遡上<br>海側：吸収境界                                                                                                                         |
| 施設     | 各種施設（堤防・水門など）を考慮<br>(地震動や津波の越流によって破堤・倒壊しないと仮定)                                                                                              |
| 初期水位   | Okada (1992) <sup>5)</sup> により計算される海底変動量に、水平方向成分の寄与 (Tanioka and Satake, 1996) <sup>6)</sup> を考慮し、梶原フィルター (Kajiura, 1963) <sup>7)</sup> を適用 |
| 動的破壊特性 | ライズタイム：考慮しない<br>破壊伝播過程：考慮しない                                                                                                                |
| 潮位条件   | T.P. ± 0 m                                                                                                                                  |
| 打ち切り水深 | 10 <sup>-2</sup> m                                                                                                                          |
| 粗度係数   | 30m 格子、10m 格子は土地利用条件に応じて設定<br>810m 格子、270m 格子、90m 格子は一律に 0.025 (m <sup>-1/3</sup> s)                                                        |

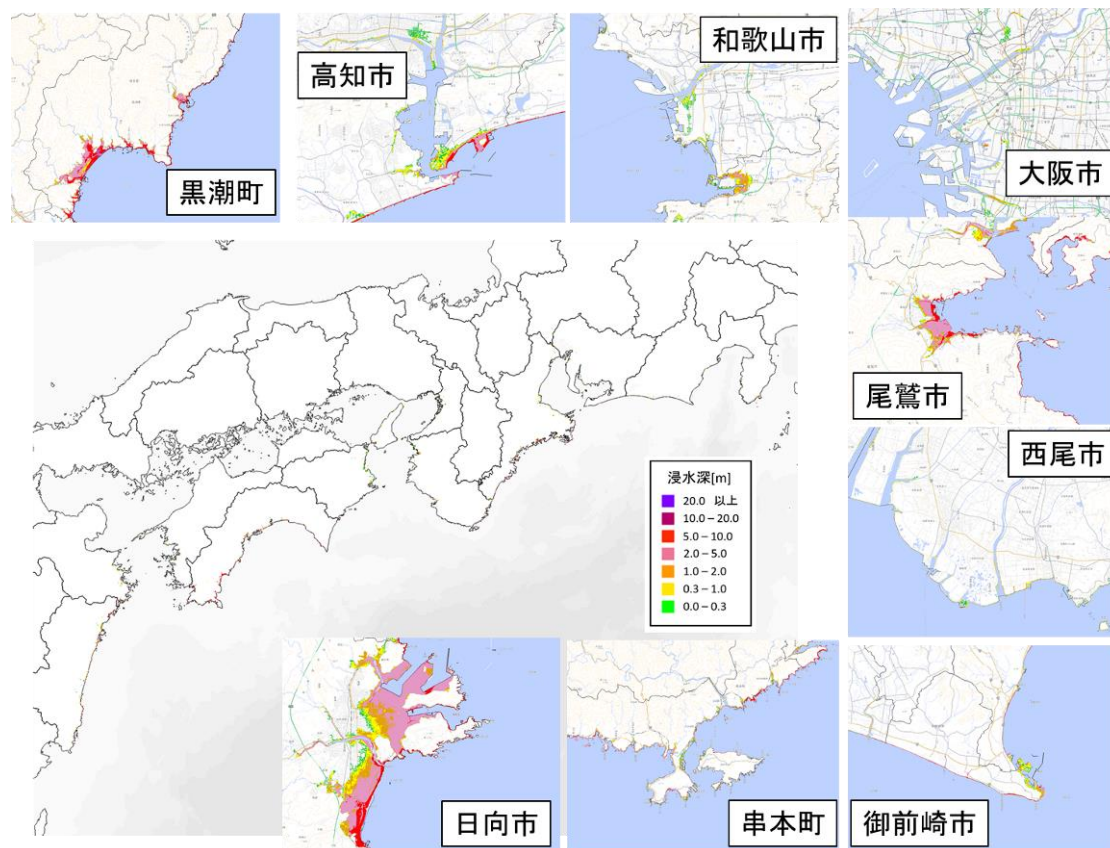


図 2-7-②-3 津波伝播遡上計算による最大浸水深分布の一例。日本列島スケールでの最大浸水深分布図と、各地域を拡大した最大浸水深分布図を示している。

(d) 結論ならびに今後の課題

令和 3 年度の業務のまとめと今後の課題を以下に示す。

- 1) 南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域や大阪湾沿岸地域を対象として、内閣府や地方自治体のデータを収集し、11 府県の 131 個の 10m 格子領域を対象として、地形標高データ等を整備し、藤原・他 (2020)<sup>2)</sup>、地震調査委員会 (2020)<sup>3)</sup>を基に設定した 3480 個の波源断層モデルに対する津波伝播遡上計算を実施した。多様な断層モデル群に対する計算を行ったことで、浸水深分布の多様性を示すことができた。
- 2) 今年度の検討対象地域は、藤原・他 (2020)<sup>2)</sup>、地震調査委員会 (2020)<sup>3)</sup>の津波ハザード評価の対象地域の一部であり、残りの地域の中で津波の影響を受けそうな地域を優先して検討を行う必要がある。また、沿岸施設の破壊の考慮や異なる潮位条件での浸水評価も課題である。



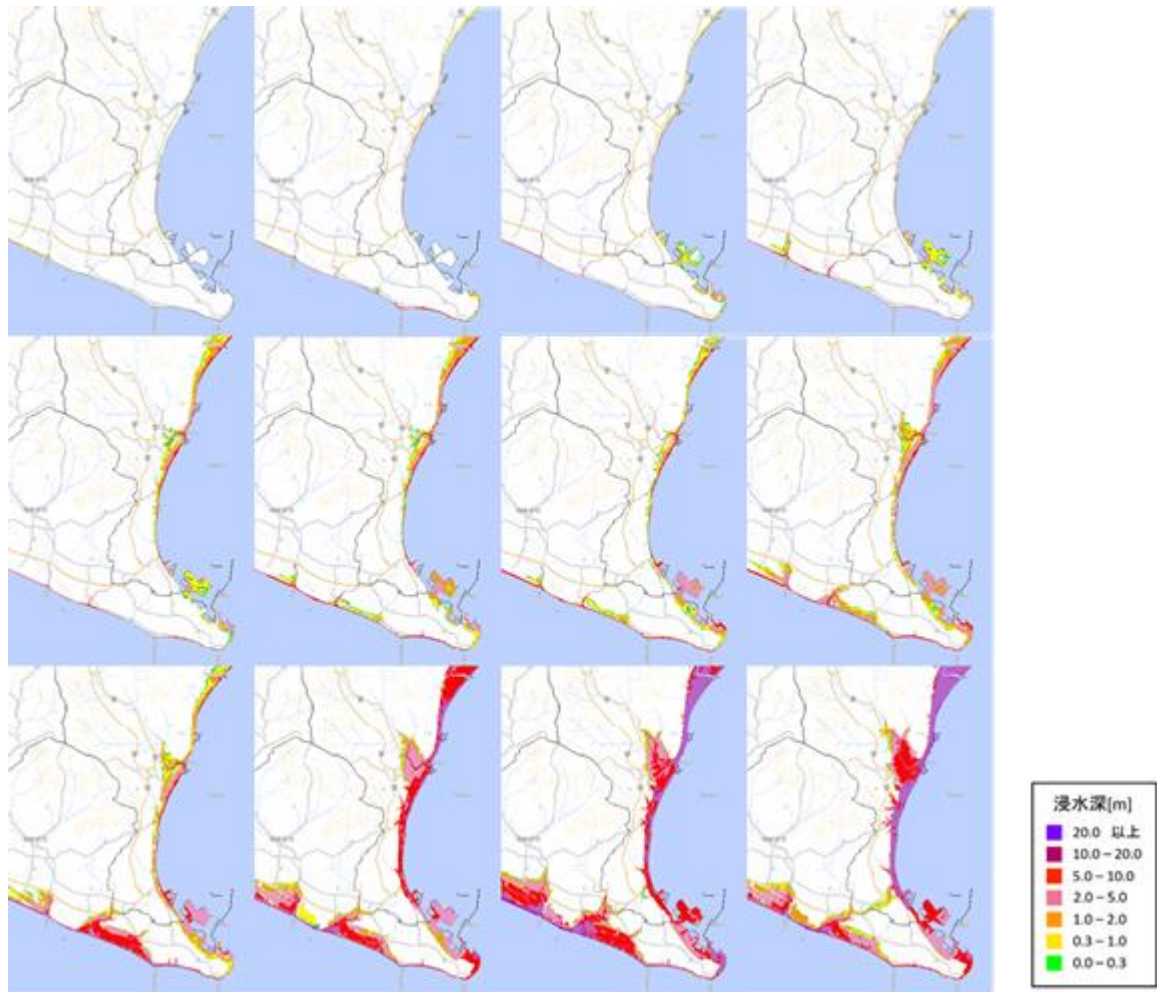


図 2-7-②-4 御前崎市周辺において多様な波源断層モデルにより異なる最大浸水深分布が得られている様子。

(e) 引用文献

- 1) 三好崇之，鈴木亘，近貞直孝，青井真，赤木翔，早川俊彦：津波シミュレータ TNS の開発，防災科学技術研究所研究資料，427，2019.
- 2) 藤原広行，平田賢治，中村洋光，森川信之，河合伸一，前田宜浩，大角恒雄，土肥裕史，松山尚典，遠山信彦，鬼頭直，大嶋健嗣，村田泰洋，齊藤龍，澁木智之，秋山伸一，是永真理子，阿部雄太，橋本紀彦，袴田智哉，大野哲平：南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価－第一部 本編－，防災科学技術研究所研究資料，439，2020.
- 3) 地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価，2020，[https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami\\_evaluation/#nankai\\_t](https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami_evaluation/#nankai_t)（最終閲覧日 2021 年 3 月 30 日）.
- 4) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き Ver2.10，2019，[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kaigan/tsunamishinsui\\_manual1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kaigan/tsunamishinsui_manual1.pdf)（最終閲覧日 2021 年 3 月 30 日）.
- 5) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-



space, Bulletin of the Seismological Society of America, 82, pp.1018-1040, 1992.

- 6) Tanioka, Y. and Satake, K.: Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom, Geophysical Research Letters, 23, pp.861-864, 1996.
- 7) Kajiura K.: The Leading Waves of a Tsunami, Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 41, pp.535-571, 1963.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

| 発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）                                 | 発表者氏名                    | 発表した場所（学会等名）     | 発表した時期   | 国内・外の別 |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|------------------|----------|--------|
| 南海トラフ巨大地震の発生の多様性を考慮した津波遡上計算とその利活用に向けて－概要と利活用事例の紹介－（ポスター） | 土肥裕史、中村洋光、藤原広行、矢守克也、杉山高志 | 日本地震学会2021年度秋季大会 | 2021年10月 | 国内     |

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

③地震発生の多様性を考慮したリスク評価

(a) 業務の要約

本業務では、複数回の地震が発生した場合の条件付きハザード評価を行うとともに、多様な南海トラフ地震のうち臨時情報及び防災対応ガイドラインが定められた半割れケースに着目した条件付きリスク評価を行った。条件付きリスク評価では臨時情報にともなう事前避難を考慮した。さらに、多様性のある南海トラフ地震の地震像の類型化手法を、避難困難者数を特徴量とした類型化の試行により検討した。また、本業務の目的を踏まえた特徴量を検討するとともに、ハザード評価結果を活用して特徴量を試算した。

(b) 業務の実施方法

複数回の地震が発生した場合の条件付きハザード評価及び地震発生後の曝露データの作成やリスク評価は、後述する「半割れケース」に着目して実施した。半割れケースとは南海トラフ沿いで発生するプレート境界型の巨大地震のうち、駿河湾から日向灘沖にかけての南海トラフのうち概ね半分程度が破壊する地震から構成される震源域パターンを示す。南海トラフ沿いで発生する地震は震源域の広がりや発生回数に多様性があると考えられている<sup>1)</sup>が、半割れケースは過去に発生した事例が多く、気象庁により臨時情報<sup>2)</sup>が発表されるとともに、臨時情報発表時の防災対応のガイドライン<sup>3)</sup>が公表されている。このことから、多様な南海トラフ地震のうち半割れケースを対象としたハザード・リスク評価を行った。なお、南海トラフ沿いで発生する地震の多様性を表現する用語は表2-7-③-1のものを使用する。

表2-7-③-1 南海トラフ沿いで発生する地震の多様性を表現する用語の一覧

| 用語      | 定義                                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| 地震      | 南海トラフ沿いで発生する M8 クラス以上のプレート間地震等。                                          |
| 震源域     | 地震の震源となる断層の位置・大きさ・形状のみが指定されたもの。                                          |
| 震源断層モデル | 震源域にすべり分布や破壊開始点等を指定したもの（地震動計算に用いる）。                                      |
| 波源断層モデル | 震源域にすべり分布を指定したもの（津波伝播遡上計算に用いる）。                                          |
| 震源域セット  | 地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の震源域の組み合わせ。<br>（地震の発生順序や発生間隔は考慮しない）                   |
| 地震セット   | 地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の波源断層モデルの組み合わせ、あるいは震源断層モデルの組み合わせ。（地震の発生順序や発生間隔は考慮しない） |
| 震源域パターン | 地震の発生順序や発生間隔を考慮した、地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の震源域の組み合わせ。                         |
| 地震パターン  | 地震の発生順序や発生間隔を考慮した、地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の波源断層モデルの組み合わせ、あるいは震源断層モデルの組み合わせ。   |

半割れケース発生後の条件付きハザード評価は地震動及び沿岸における津波高を対象とした。評価に当たっては、まず半割れケース発生後の後発地震で発生しうる地震セットを地震調査委員会(2020)<sup>1)</sup>による長期評価や、藤原ほか(2020)<sup>4)</sup>による確率論的津波ハザード評価を参考にしてツリーの形で表現するとともに、分岐に重みを付与した。次に、それぞれの分岐毎の条件付きハザードを評価したうえで、上記の重みに従って条件付きハザードを重ね合わせて半割れケース発生後の条件付きハザードとした。

半割れケース発生後の曝露データやリスク評価は、事前避難による影響を考慮するために曝露人口モデルの構築及び人的被害リスク評価を対象とした。まず、半割れケース発生後の曝露人口は新型コロナウイルス感染症に係る自粛要請にともなう行動変容を参考として事前避難率を設定したうえで、津波ハザード評価結果を活用して設定した事前避難が必要となる地域内の人口に上記の事前避難率を乗じて作成した。次に、半割れケースが二回発生する地震パターンを想定して、地震と津波による人的被害を、事前避難有り・無しそれぞれについて評価した。

地震像の類型化手法は、可視化技術を用いて多次元量である特徴量を事前削減したうえで教師なし分類のアルゴリズムを用いた類型化の試行を行って検討した。検討にあた

っては地震発生後の津波避難が困難となる避難者数を特徴量とした。

(c) 業務の成果

1) 半割れケースが発生した後の条件付きハザード評価

a) 半割れケース発生後の地震セットの構築

半割れケース発生後の条件付きハザード評価のために、半割れケースが発生した後に南海トラフ沿いで起こりうる地震セットを構築した。地震セットの構築にあたってはまず、先行する半割れ地震で破壊した領域を含まない、いわゆる割れ残り領域のみから構築される震源域セット(グループA)と、半割れで破壊した領域も含む南海トラフの全領域から構成される震源域セット(グループB)の2グループに大分した。グループAとグループBの重みは、全国地震動予測地図<sup>5)</sup>で過去に発生した事の無いような最大ケース等の重みが1/50となっていることを参考として、グループAの重みを49/50、グループBの重みを1/50とした(図2-7-③-1)。なお、地震セットの構築にあたっては最大ケースを含む確率論的津波ハザード評価(藤原ほか(2020)<sup>4)</sup>)による180震源域(3480波源断層モデル)に基づいた。

グループAの震源域セットは潮岬沖を境界として、西側と東側それぞれの半割れケース発生後を対象とした。潮岬沖を境界としたのは、過去に発生した複数回の地震からなる南海トラフ地震の震源域がいずれも潮岬沖を境界としているためである(地震調査委員会(2020)<sup>1)</sup>)。また、グループAの震源域セットの構築にあたっては、藤原ほか(2020)<sup>4)</sup>を参考に、日向灘沖単独及び駿河湾の浅部単独それぞれの震源域を含む震源域セットを除外した。上記により構築した震源域セットを、震源域セットに含まれる波源断層モデル数とともに、西側半割れケース発生後のものを図2-7-③-2に、東側半割れケース発生後のものを図2-7-③-3にそれぞれ示した。一方で、グループBの震源域セットは藤原ほか(2020)<sup>4)</sup>の設定を用いた。

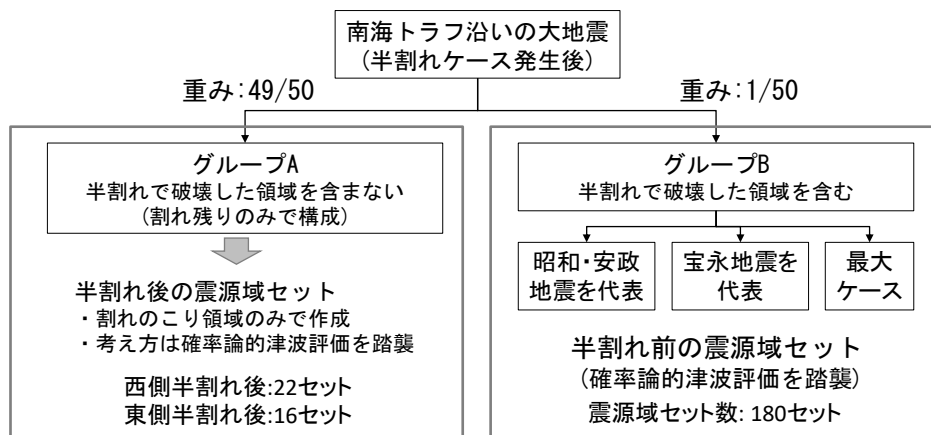


図2-7-③-1 半割れケース発生後の震源域セットの構築

|     | 深さ | 西側半割れ後 |   |   |   |   |   | 重み<br>(震源域) | 地震<br>セット数 |
|-----|----|--------|---|---|---|---|---|-------------|------------|
|     |    | Z      | A | B | C | D | E |             |            |
| W1  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.320000    | 12         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W2  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.040000    | 72         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W3  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.040000    | 108        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W4  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.040000    | 324        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W5  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.026667    | 16         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W6  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004000    | 150        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W7  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004000    | 165        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W8  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004000    | 1,100      |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W9  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.026667    | 4          |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W10 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004000    | 18         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| W11 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004000    | 36         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| 合計  |    |        |   |   |   |   |   | 1.000000    | 2,382      |

青い着色部は半割れケース発生後の後発地震で活動しうる領域を、黒い太線は震源域の境界を示す。

図 2 - 7 - ③ - 2 西側半割れケース発生後の震源域セットと地震セット数

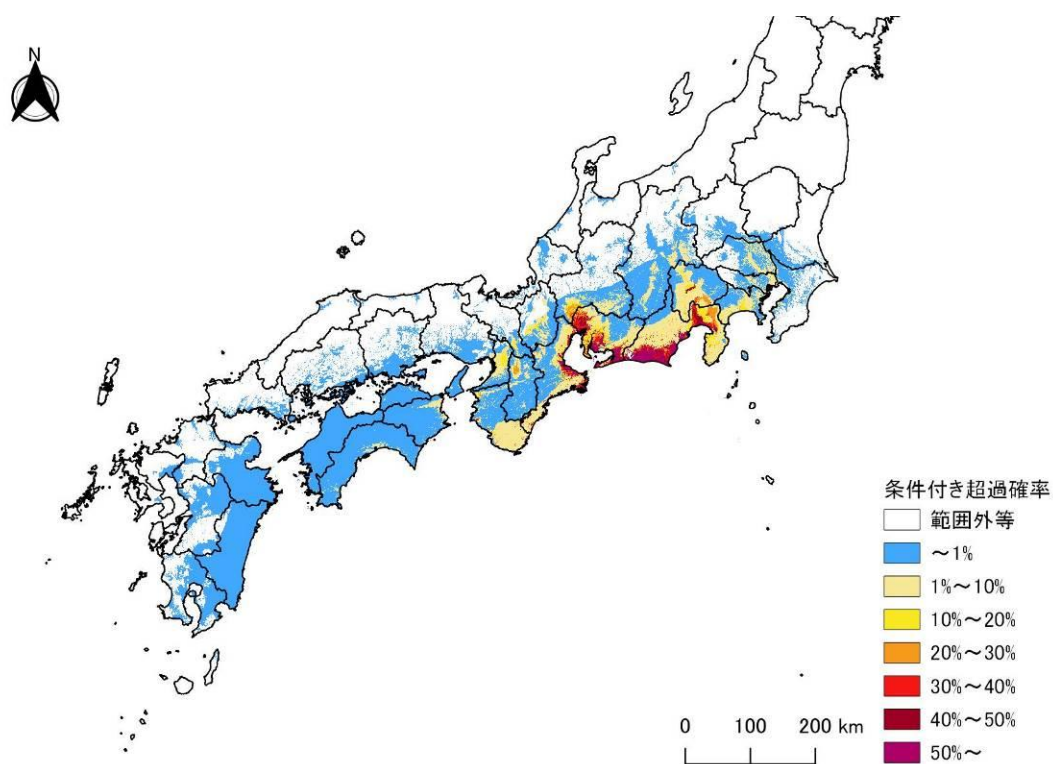
|     | 深さ | 東側半割れ後 |   |   |   |   |   | 重み<br>(震源域) | 地震<br>セット数 |
|-----|----|--------|---|---|---|---|---|-------------|------------|
|     |    | Z      | A | B | C | D | E |             |            |
| E1  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 12         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E2  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 108        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E3  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 16         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E4  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 150        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E5  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 4          |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E6  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 54         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E7  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 6          |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E8  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 24         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E9  | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.640000    | 12         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E10 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 54         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E11 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 15         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E12 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 100        |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E13 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 9          |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E14 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 36         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E15 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.053333    | 6          |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| E16 | 浅部 |        |   |   |   |   |   | 0.004444    | 16         |
|     | 中部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
|     | 深部 |        |   |   |   |   |   |             |            |
| 合計  |    |        |   |   |   |   |   | 1.000000    | 622        |

青い着色部は半割れケース発生後の後発地震で活動しうる領域を、黒い太線は震源域の境界を示す。

図 2 - 7 - ③ - 3 東側半割れケース発生後の震源域セットと地震セット数

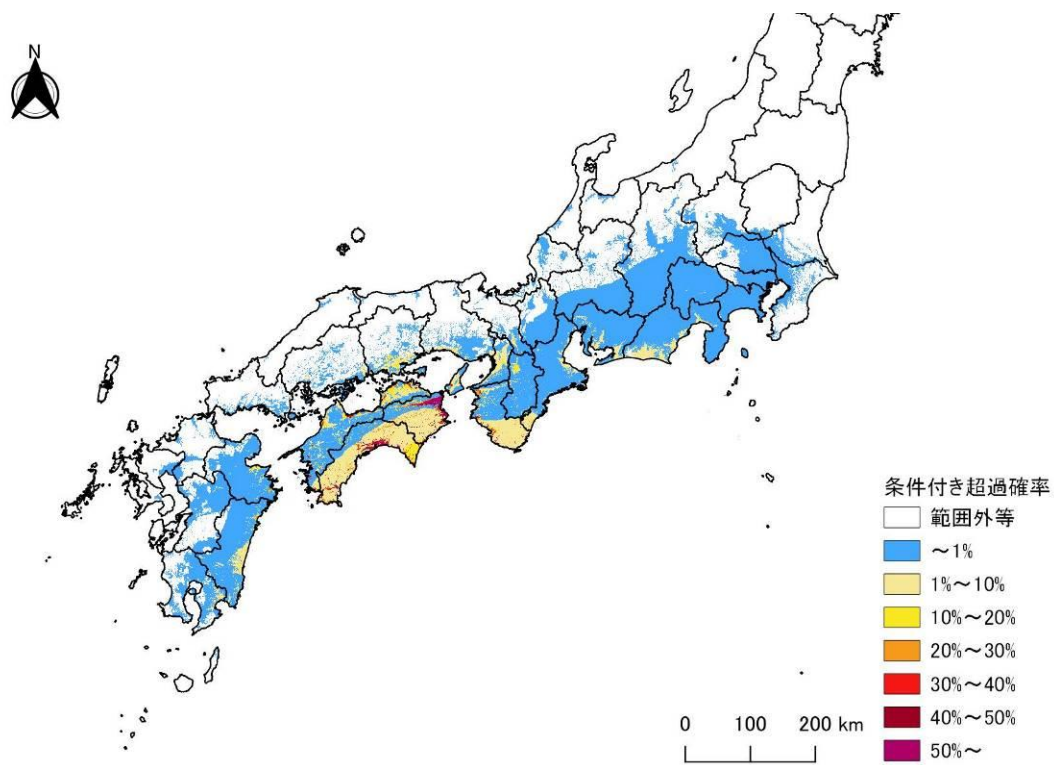
## b) 地震ハザード評価結果

前項で構築した震源域セットに基づいた半割れケース発生後の地震ハザード評価結果として、西側半割れケース発生後の計測震度 6.0(震度 6 強以上)の条件付き超過確率を図 2-7-③-4 に、東側半割れケース発生後を図 2-7-③-5 にそれぞれ示した。地震ハザードは地震調査委員会(2009)<sup>6)</sup>による確率論的地震動予測地図の手法により評価した。西側半割れケース発生後の条件付き超過確率を、地震前の条件付き超過確率(図 2-7-③-6)と比較すると、先行した半割れケースの震源域の前面に位置する紀伊半島西部以西でハザードが低下している。これは、東側の割れ残り領域のみからなる地震セットに全体の 49/50 の重みが割り振られているためである。一方で、東側半割れケース発生後では先行する半割れケースの震源域に面した静岡県などの紀伊半島東部以東でハザードが低下している。代表地点におけるハザードカーブ(図 2-7-③-7)を見ても、南海トラフの東部に位置する静岡県庁では東側半割れケース発生後のハザードが低減している一方で、西部に位置する高知県庁では西側半割れケース発生後のハザードが低減している。



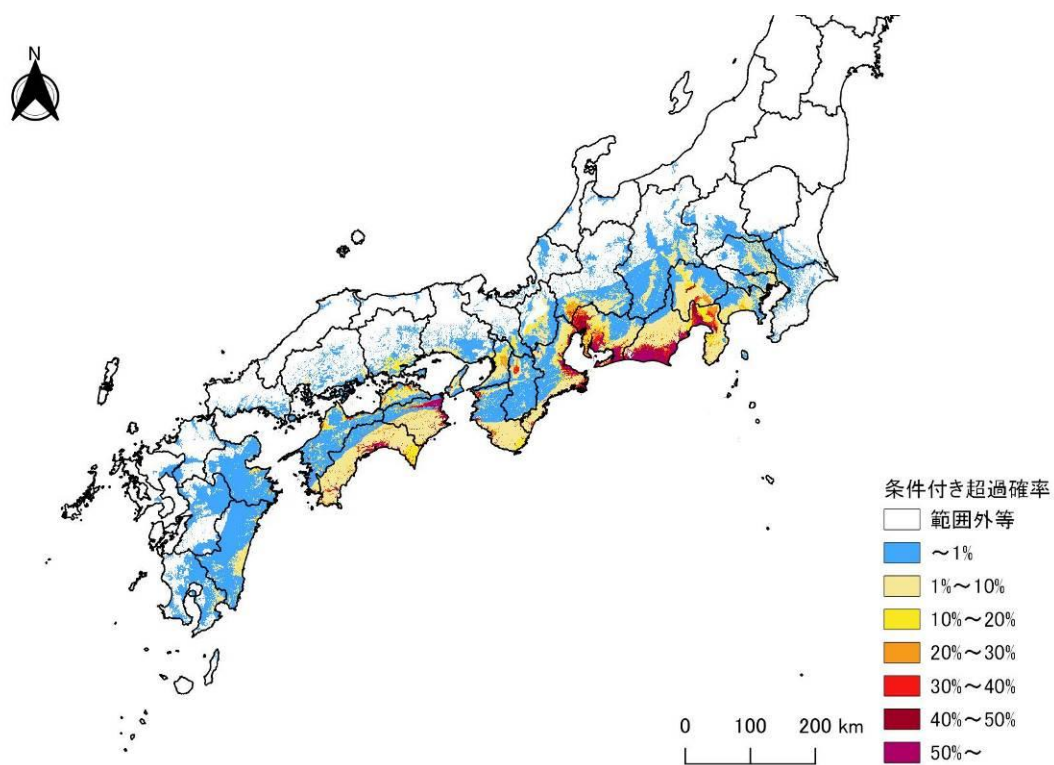
(計測震度 6.0 の条件付き超過確率)

図 2-7-③-4 西側半割れケース発生後を想定した条件付きハザード



(計測震度 6.0 の条件付き超過確率)

図 2-7-③-5 東側半割れケース発生後を想定した条件付きハザード



(計測震度 6.0 の条件付き超過確率)

図 2-7-③-6 南海トラフ地震全体の条件付きハザード



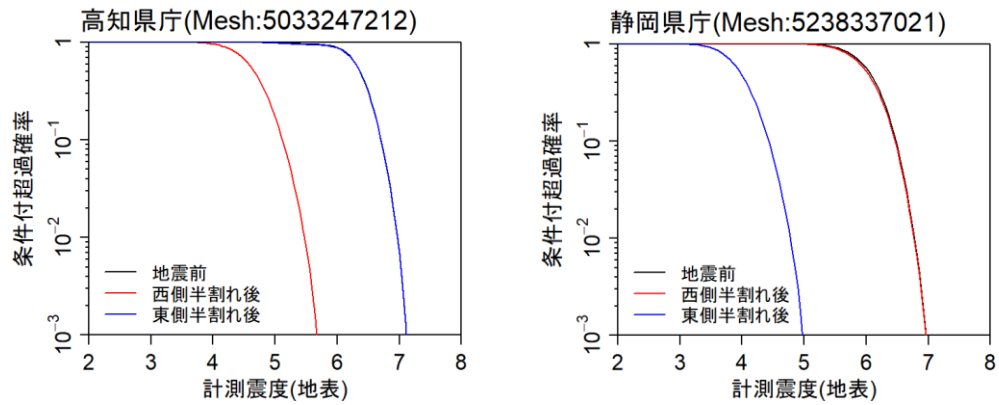


図 2-7-③-7 代表地点におけるハザードカーブの比較

c) 津波ハザード評価結果

南海トラフ沿いの海岸線に設定された約 35 万地点の条件付きハザード評価結果として、西側半割れケース発生後の最大水位上昇量 3.0m の条件付き超過確率の分布図を図 2-7-③-9 に、東側半割れケース発生後を図 2-7-③-10 にそれぞれ示した。全波源断層モデルを対象とした地震前のハザード(図 2-7-③-11)と比較すると、西側半割れケース発生後では四国など南海トラフの西部で、東側半割れケース発生後では東海地方など南海トラフの東部で、それぞれ条件付き超過確率が低下している。代表地点のハザードカーブ(図 2-7-③-8)をみても、南海トラフの西部に位置する高知市では西側半割れケース発生後のハザードが、東部に位置する焼津市では東側半割れケース発生後のハザードがそれぞれ大幅に低下している。

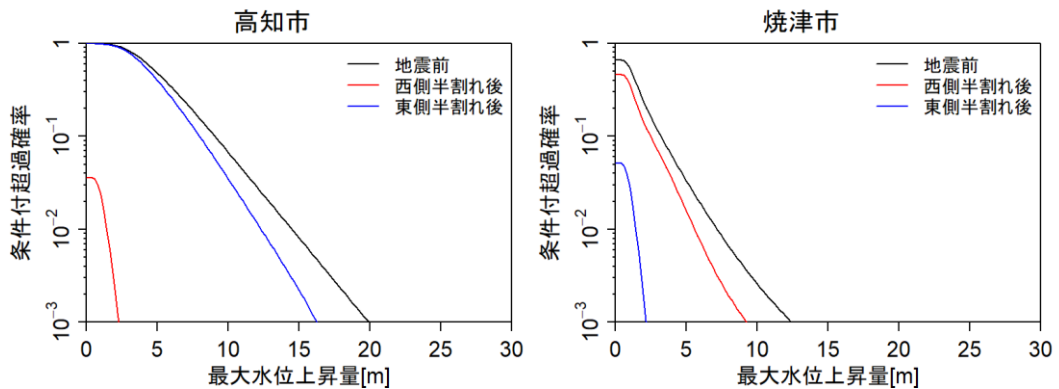
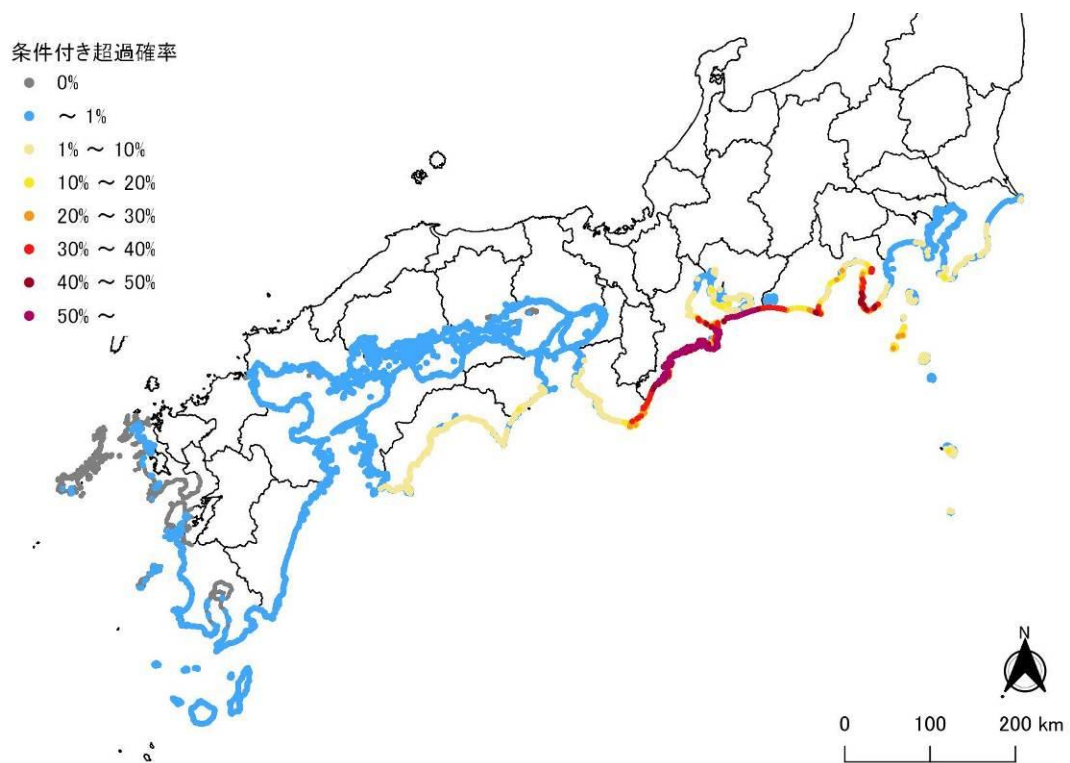
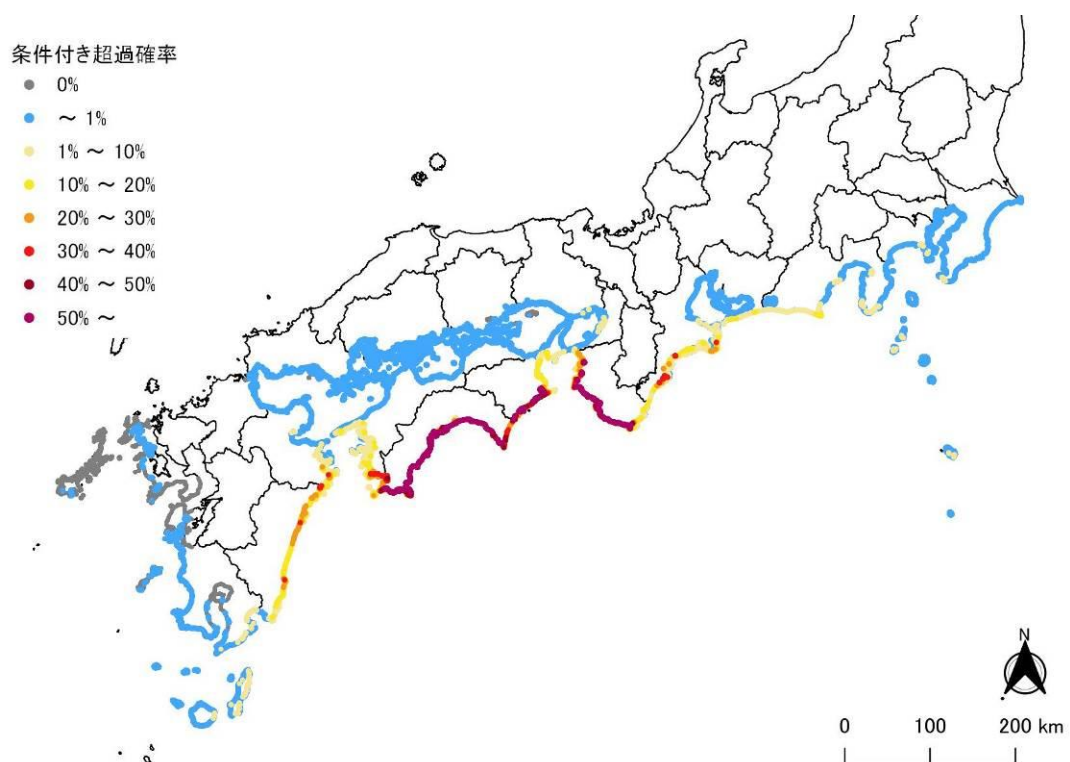


図 2-7-③-8 代表地点におけるハザードカーブの比較



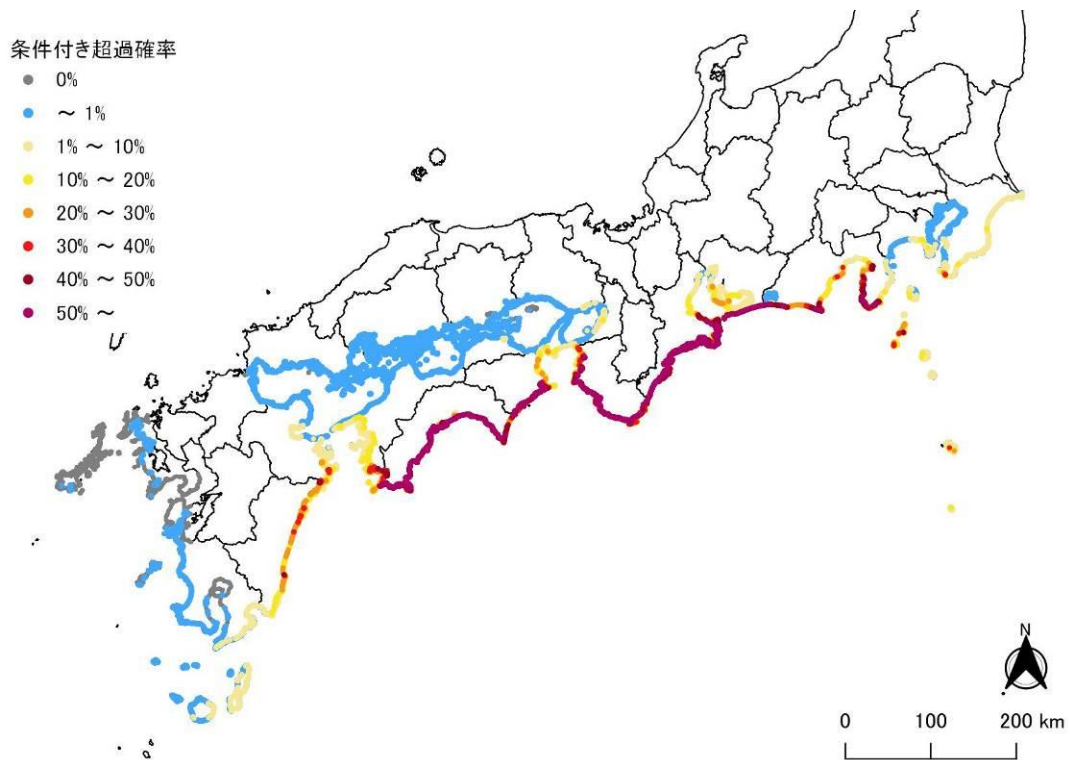
(最大水位上昇量 3.0m の条件付き超過確率)

図 2-7-③-9 西側半割れケース発生後を想定した条件付きハザード



(最大水位上昇量 3.0m の条件付き超過確率)

図 2-7-③-10 東側半割れケース発生後を想定した条件付きハザード



(最大水位上昇量 3.0m の条件付き超過確率)

図 2-7-③-11 南海トラフ地震全体の条件付きハザード

## 2) 南海トラフ地震(半割れケース)発生後を想定したリスクの試算

### a) 半割れケース発生後の事前避難を考慮した曝露人口モデルの構築

事前避難を考慮した曝露人口モデルの構築に先立って、半割れケースの地震が発生してから事前避難を呼びかける臨時情報までに発表される情報等について整理する。海域で巨大地震が発生した場合には概ね 2～3 分以内<sup>7)</sup>に津波警報が発表され、浸水の恐れがある市町村では避難指示が発令される。震源が南海トラフ沿いの場合には、地震から 30 分程度<sup>3)</sup>で発生した地震が南海トラフ沿いの大規模な地震と関連するかの調査開始を公表する臨時情報が発表され、地震発生から 2 時間後程度<sup>3)</sup>で大規模地震(後発地震)発生の可能性が相対的に高まっていることを公表する 2 回目の臨時情報が発表される。この 2 回目の臨時情報を受けて、事前避難の対象地域で事前避難が呼びかけられる。東北地方太平洋沖地震の際には津波警報が解除されるまでに 1 日以上を要していることを踏まえると、一回目の地震(津波)による避難者が帰宅等をする前に臨時情報を踏まえた事前避難が呼びかけられると考えられる。

次に、呼びかけに応じて事前避難を実施する割合である事前避難率の設定について記載する。事前避難率の設定にあたっては国が発表する情報に基づいて自治体等が呼びかけるという観点で共通点のある(表 2-7-③-1)新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言<sup>8)</sup>に伴う行動変容を参考にした。この行動変容の例としてとして、国土交通省が公表するデータ<sup>9)</sup>に基づいて、一回目の緊急事態宣言が発出された 2020 年 2 月から 6 月にかけての鉄道駅の利用状況を図 2-7-③-12 に示した。これによると、この期間の利用率は概ね 6～7 割程度減少している。

表 2-7-③-1 事前避難の呼びかけと新型コロナウイルス感染症の自粛要請の比較

| 項 目     | 南海トラフ地震           | 新型コロナウイルス感染症      |
|---------|-------------------|-------------------|
| 根拠法     | 災害対策基本法           | 特措法(2020年3月14日以降) |
| 働きかけの種別 | 立ち退きの指示(避難指示:60条) | 要請(従わない事業者へは命令)   |
| 罰則の有無   | なし                | あり(令和3年の改正以降)     |
| 期 間     | 1週間(ガイドライン)       | 2年以下(特措法32条2項)    |

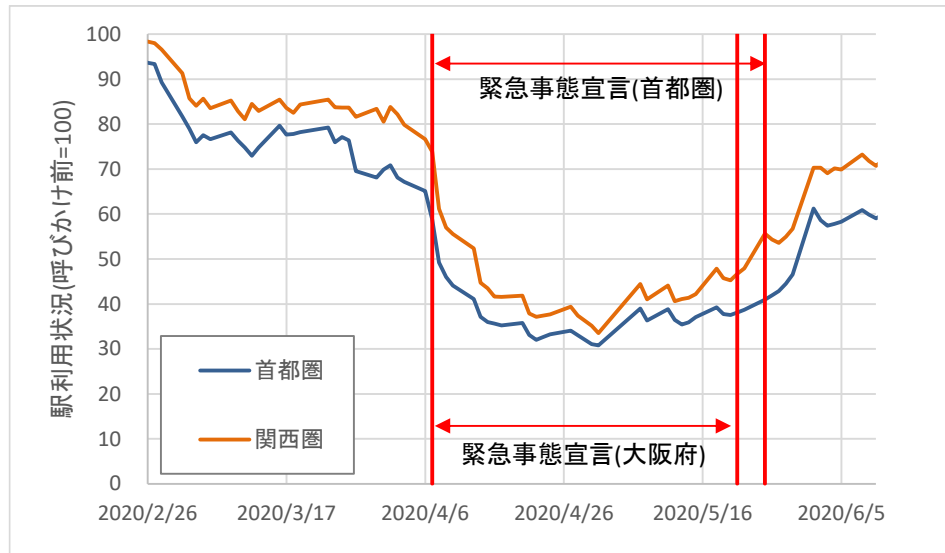


図 2-7-③-12 新型コロナウイルス感染症に係る緊急事態宣言発令中の駅利用状況

上記のように新型コロナウイルス感染症の緊急事態宣言と自粛要請等を受けて概ね7割程度の人が行動を変容したと考えられることから、この割合を基本的な事前避難率として設定した。また、避難の不確実性を考慮して低避難ケースと高避難ケースの2ケースを設定し、それぞれ事前避難率50%及び90%と設定(表2-7-③-2)した。また、事前避難は最初の地震からの時間経過によって変わると考えられる。ここでは、事前避難が呼びかけられる1週間は事前避難を継続し、高齢者以外(64歳以下)は初回の地震から1ヶ月程度で全員が避難を終了し、高齢者では事前避難者の半分が初回の地震から2ヶ月程度で避難を終了すると設定した(図2-7-③-13)。

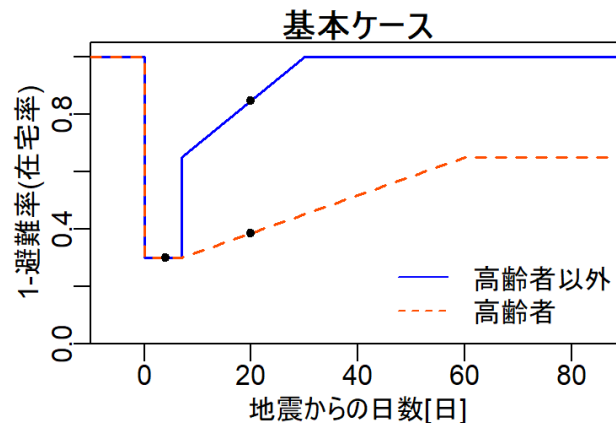


図 2-7-③-13 設定した事前避難率(避難率基本ケース)

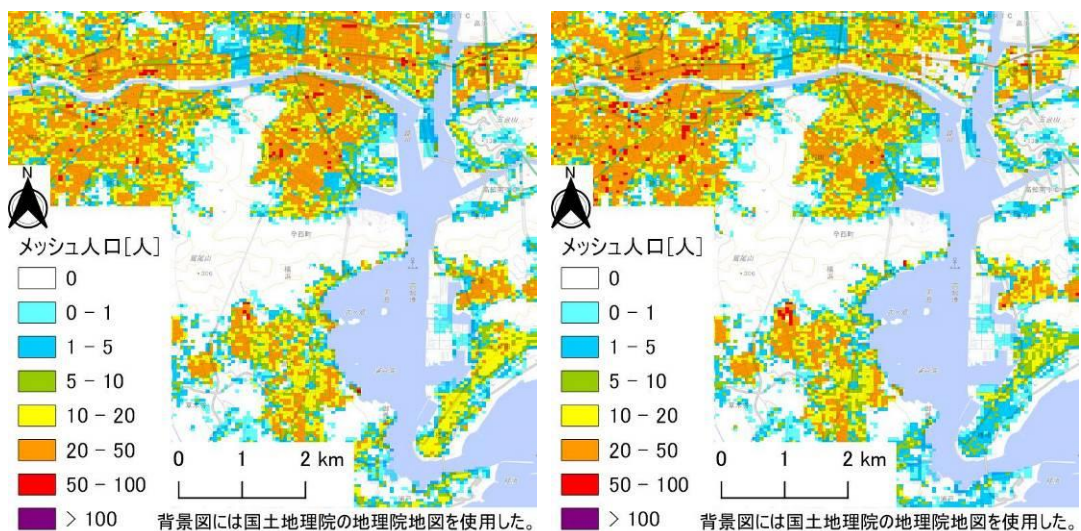


表 2-7-③-2 ケース別の事前避難率

| ケース    | 事前避難率 |
|--------|-------|
| 基本ケース  | 70%   |
| 低避難ケース | 50%   |
| 高避難ケース | 90%   |

最後に事前避難の対象となる地域を設定して、上記の地域内の人口に前述の事前避難率を乗じて事前避難を考慮した曝露人口モデルを構築した。事前避難の対象範囲は、市区町村等による事前避難対象地域の設定が途上であることや、南海トラフ沿いの全域を一律の基準でリスク評価する観点で、藤原ほか(2020)<sup>4)</sup>による津波ハザードを用いて設定した。具体的には、先発地震による津波の浸水域では全員が避難済みと仮定した後に、後発地震による津波浸水深が 30cm 以上に 30 分以内に到達する範囲では全人口が、30 分以上の範囲では 65 歳以上の人口がそれぞれ避難するものとした。なお、上記の避難者は同一市町村内の津波浸水しない地域に避難すると仮定して、浸水しない約 50m 四方のメッシュの人口に応じてランダムに配分した。また、西側半割れケース発生後と東側半割れケース発生後それぞれの曝露人口モデルを作成した。

上記による曝露人口モデルの例として、高知市南部の浦戸湾周辺の人口分布を事前避難なしの人口分布とともに示した(図 2-7-③-14)。東側半割れケース発生後の事前避難を想定した人口分布では、後発地震の津波による浸水が想定される浦戸湾口付近を中心とする地域で、事前避難により人口が減少している様子が確認できる。



左:事前避難無し、右:東側半割れケース発生後の事前避難有り(基本ケース)

図 2-7-③-14 曝露人口モデルの例(高知市浦戸湾沿岸)

b) 半割れケースにおける事前避難を考慮した人的被害リスクの試算

前項で作成した事前避難を考慮した曝露人口モデルを用いた半割れケースのリスクを試算した。過去に発生した半割れケースがいずれも東側が先行<sup>1)</sup>している事を参考にして、先発地震では震源域 CEm が、後発地震では震源域 ABm がそれぞれ破壊する震源域パターン（表 2-7-③-3・図 2-7-③-15）を試算の対象とした。地震動による人的被害リスクは藤原ほか（2018）<sup>10)</sup>による手法により震源域 CEm を震源とする地震動による死者数の条件付き期待値により評価し、津波による人的被害は高橋ほか（2018）<sup>11)</sup>により震源域を構成する波源断層モデルによる死者数の平均値により評価した。また、本試算は 2 回の地震それぞれの地震動と津波による人的被害リスクを評価するものであり、それぞれを単純に加算した場合には重複した死者数を計上することとなる。従って、2 回の地震による地震もしくは津波により少なくとも 1 回死亡する確率を死者率として評価し、曝露人口を乗ずることにより死者数を評価した（図 2-7-③-15）。

表 2-7-③-3 対象とする半割れケースと震源域を構成する波源断層モデル数

| 地震 | 震源域 | 波源断層モデル数 |
|----|-----|----------|
| 先発 | CEm | 12       |
| 後発 | ABm | 12       |

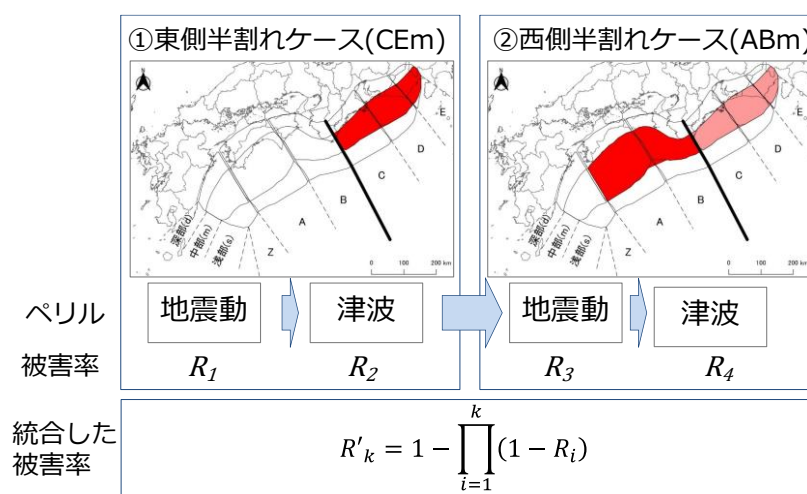


図 2-7-③-15 対象とした半割れケースとリスクの統合方法

上記による 2 地震のリスク評価結果と、事前避難による死者数の減少率を表 2-7-③-4 に示した。このうち、先発地震では事前避難が不可能であるため全てのケースで地震前(事前避難なし)の人口分布に基づいて人的被害リスクを評価した。地震前の人口分布による 2 地震それぞれの地震及び津波の死者数を比較すると、先発地震の地震動による死者数が最も多く、次いで後発地震の地震動による死者数が多い。一方で、津波による死者数は、2 地震合わせても全体の死者数の 2 割から 3 割に留まっている。次に、事前避難による全体の死者数の減少率をみると最大で 12.8% に留まっている。これは、事前避難を考慮できない先発地震の死者数が全体の死者数の多数を占めているためである。先発地震とした震源域 CEm は人口が比較的多い静

岡県の直下に震源域が広がっているため、半割れケースの中では地震動及び津波双方の被害が出やすい震源域である。従って、西側半割れケースを想定した場合には事前避難による死者数の減少効果は本試算よりも大きくなると考えられる。

表 2-7-③-4 半割れケースの人的被害リスクの試算結果

| 時刻   | 地震後人口分布 |       | 死者数[人] |            |       |       |       | 減少率<br>(事前避難) |
|------|---------|-------|--------|------------|-------|-------|-------|---------------|
|      | 経過後日数   | 避難率   | 統合     | 統合前(重複補正前) |       |       |       |               |
|      |         |       |        | 先発・地震      | 先発・津波 | 後発・地震 | 後発・津波 |               |
| 5時   | (地震前)   | なし    | 14,517 | 9,344      | 1,801 | 2,156 | 1,222 | 0.0%          |
|      | 4日後     | 低避難   | 13,526 | 9,344      | 1,801 | 1,937 | 453   | -6.8%         |
|      |         | 基本    | 13,322 | 9,344      | 1,801 | 1,867 | 316   | -8.2%         |
|      |         | 高避難   | 13,117 | 9,344      | 1,801 | 1,798 | 180   | -9.6%         |
|      | 20日後    | 低避難   | 13,725 | 9,344      | 1,801 | 1,974 | 615   | -5.5%         |
|      |         | 基本    | 13,600 | 9,344      | 1,801 | 1,920 | 544   | -6.3%         |
|      |         | 高避難   | 13,475 | 9,344      | 1,801 | 1,865 | 472   | -7.2%         |
|      | 12時     | (地震前) | なし     | 11,186     | 6,300 | 1,889 | 1,659 | 1,345         |
| 4日後  |         | 低避難   | 10,144 | 6,300      | 1,889 | 1,480 | 492   | -9.3%         |
|      |         | 基本    | 9,949  | 6,300      | 1,889 | 1,426 | 349   | -11.1%        |
|      |         | 高避難   | 9,754  | 6,300      | 1,889 | 1,372 | 206   | -12.8%        |
| 20日後 |         | 低避難   | 10,343 | 6,300      | 1,889 | 1,510 | 663   | -7.5%         |
|      |         | 基本    | 10,228 | 6,300      | 1,889 | 1,469 | 589   | -8.6%         |
|      |         | 高避難   | 10,112 | 6,300      | 1,889 | 1,427 | 514   | -9.6%         |

※先発地震(CEm)発生時の人口分布はすべて地震前(事前避難無し)のため死者数は同一である

### 3) 地震像の類型化手法の検討

南海トラフ地震の地震発生の多様性を表現するため膨大な量の地震パターンから構成する必要がある一方で、防災対応を考える際には膨大な地震パターンの中から代表的なシナリオを抽出できることが望ましい。そこで、リスク評価の観点から地震後の被害の様相などを特徴量として、地震像を類型化した上で、類型から代表的なシナリオを抽出する方法を検討する。本項ではモデル地域として高知県を抽出した類型化の試行により類型化手法を検討すると共に、本業務の目的に応じた特徴量について検討する。

#### a) 避難困難者数を特徴量とした類型化の試行

高知県を対象に推定した避難困難者数を特徴量とした類型化を試行して、類型化手法を検討するとともに類型化の試行結果について考察した。ここでの避難困難者数とは、地震発生から5分以内に避難を開始しても津波が到達するまでに高台等の安全な場所までに避難できない人口を示すものである。避難困難者数は全波源断層モデル(3480 波源)を対象として、避難距離等の地域特性から簡便に避難時間を推定する高橋ほか(2018)<sup>11)</sup>の手法を用いて、50m メッシュ分解能で推定した後に市町村単位で集計した(図 2-7-③-16)。高知県内で避難困難者が発生すると推定されたのは19市町村である。上記により推定した避難困難者数を、波源断層モデル数(3480 行)×市町村数(19 列)の行列として整理した。



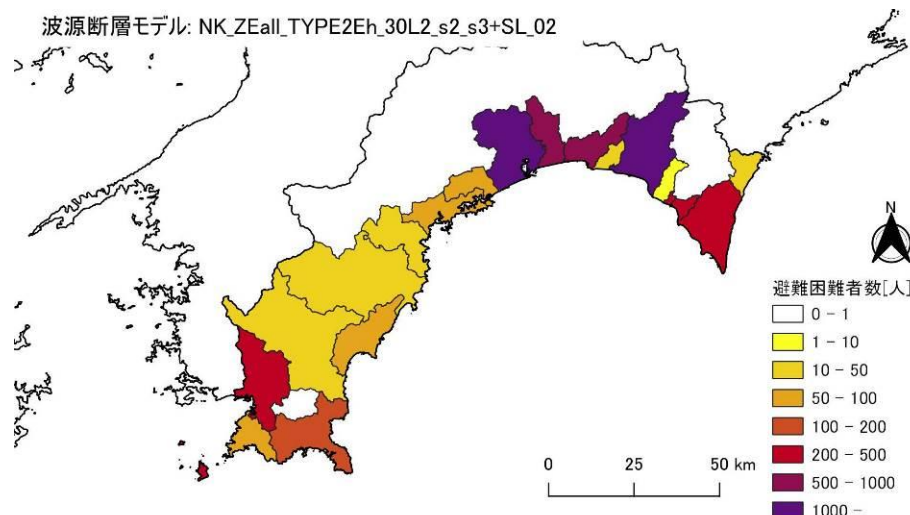


図 2 - 7 - ③ - 16 市区町村別の避難困難者数の例

類型化に用いるクラスタリングなど、距離の概念を用いる機械学習のアルゴリズムを用いる際の注意点として次元の呪いが挙げられる。これは、多次元空間での距離の組み合わせでは、表現できる組み合わせ数が飛躍的に多くなってしまうため、十分な学習ができなくなってしまうものである。従って、多次元のデータをクラスタリング等の機械学習に用いる際には、データの次元数を削減することが望ましい。

従って、近年に開発された可視化のアルゴリズムである UMAP<sup>12)</sup>を用いて 19 次元のデータを 3 次元まで削減した後に、階層クラスタリングにより類型 1～類型 4 の 4 つの類型に分類した。階層クラスタリングによる類型数は、クラスタリングに用いた樹形図の形状を踏まえて決定した。上記による次元削減及びクラスタリングの結果を、地震規模及び高知県の前面に位置する震源域（土佐海盆）の破壊有無とともに図 2 - 7 - ③ - 17 に示した。クラスタリング結果を地震規模や土佐海盆の破壊有無と比較すると、類型 1 や類型 2 は規模が比較的小さく土佐海盆が破壊しない地震が多い一方で、類型 3 や類型 4 は規模が大きく土佐海盆が破壊する地震が多い。高知県東部の室戸市（図 2 - 7 - ③ - 18）及び西部の黒潮町（図 2 - 7 - ③ - 19）のヒストグラムを見ると、類型 1 及び類型 2 は両市ともに避難困難者数が少なく、津波避難の観点では影響が少ない類型といえる。類型 3 は室戸市及び黒潮町ともに避難困難者数が多く、高知県全域での影響が大きい類型と言える。類型 4 は室戸市の避難困難者数が多い一方で、黒潮町の避難困難者数は少ないため、高知県東部での影響が大きい類型といえる。

本項では市区町村別の避難困難者数を次元削減したうえで、教師なし分類のアルゴリズムを用いて地震像を類型化した。類型と震源域や地震規模には一定の関係があるとともに、影響の大小や対象地域内での影響の分布も踏まえた類型化を行うことができた。

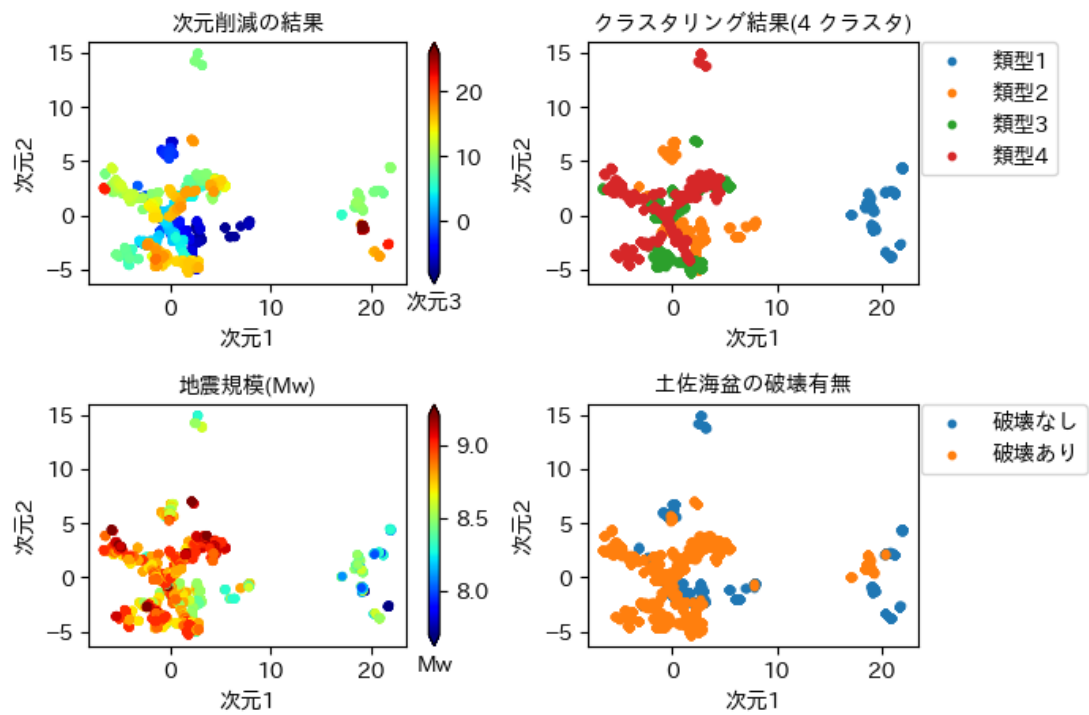
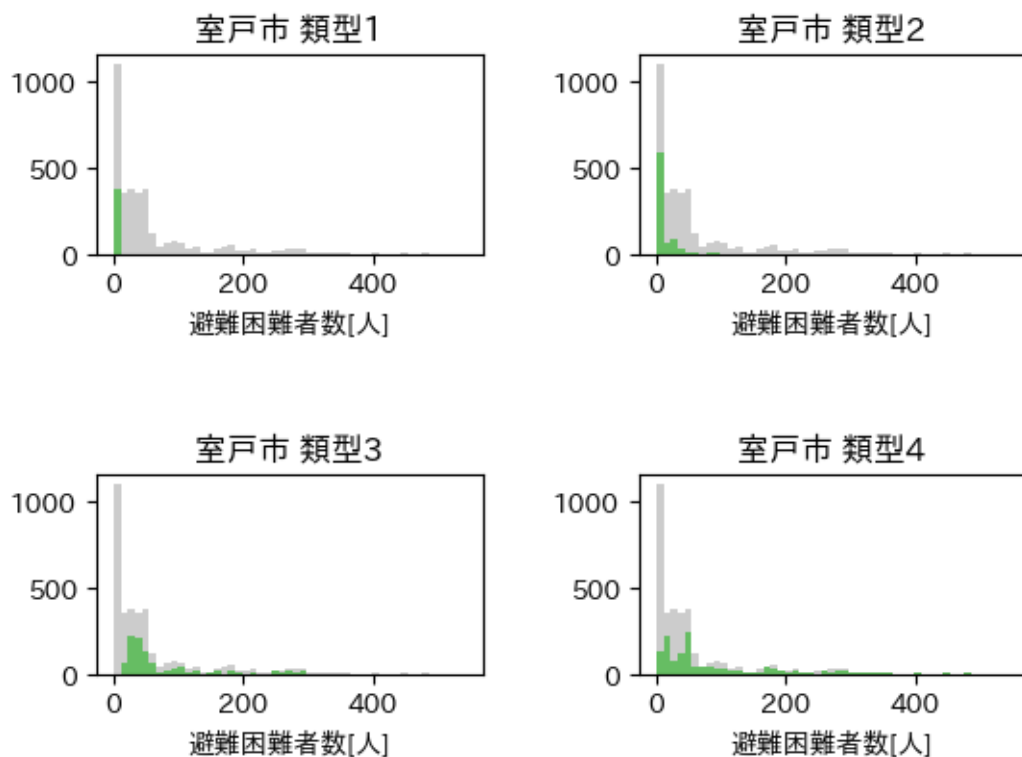
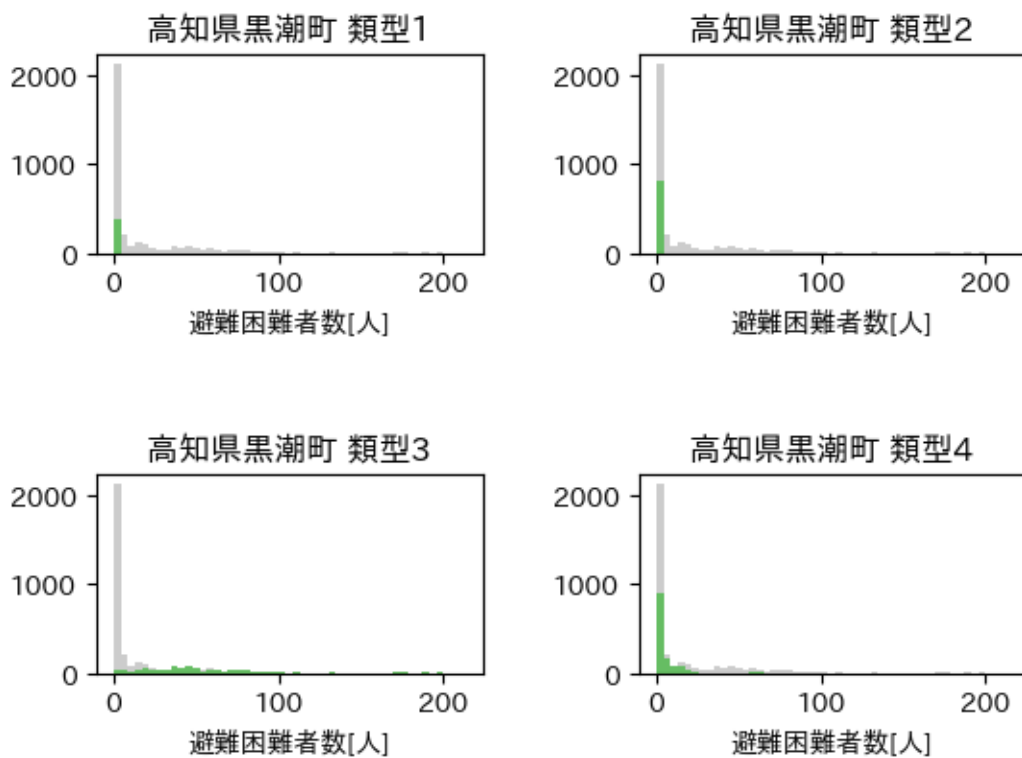


図 2 - 7 - ③ - 17 高知県の市区町村別避難困難者数の次元削減及びクラスタリング結果



(灰色:全 3,480 波源断層モデル、緑:クラスタに該当する波源断層モデル)

図 2-7-③-18 高知県室戸市の類型別ヒストグラム



(灰色:全 3,480 波源断層モデル、緑:クラスタに該当する波源断層モデル)

図 2-7-③-19 高知県黒潮町の類型別ヒストグラム

b) 類型化に用いる特徴量の検討

多様な南海トラフ地震の地震像の類型化を、命を守る、地域産業活動を守る、及び大都市機能を守る3つの目的<sup>13)</sup>に応じた特徴量に基づいて行う。ここでは類型化に用いる特徴量を、上記3つの目的それぞれについて検討した(表2-7-③-5)。命を守る観点では、地震発生から5分以内に避難を開始しても安全な場所に避難を完了しない被災者を避難困難者として、この人数を類型化の特徴量とする。また、住宅の被害やライフラインの途絶等の原因により地震発生以降に発生する避難者数についても類型化の特徴量とする。地域産業活動を守る観点での特徴量は、地震により生産施設等の資産の破損等による直接被害と、施設被害やライフラインの途絶による生産能力の低下により生ずるフローの被害を特徴量とする。大都市機能を守る観点では、大都市圏での移動手段に着目して鉄道運休率と帰宅困難者数を特徴量とする。

表2-7-③-5 類型化の目的と特徴量

| 目的        | 特徴量(指標)      |
|-----------|--------------|
| 命を守る      | 避難困難者数・避難者数  |
| 地域産業活動を守る | 直接被害・フローの被害  |
| 大都市機能を守る  | 鉄道運休率・帰宅困難者数 |

c) 類型化に用いる特徴量の試算

i) 直接被害の試算

直接被害額の評価は半割れケースのABm、CEm(図2-7-③-15)と、南海トラフの全体が破壊するZEallの3つの震源域を対象とした。また、曝露データには佐藤ほか(2021)<sup>14)</sup>で作成された市区町村単位のストック量のデータを、崔ほか(2021)<sup>15)</sup>による建築物面積に基づく方法により250mメッシュ単位に按分したストック量データを用いた。地震動指標から直接被害額を算出する推計モデルは、豊田ほか(2021)<sup>16)</sup>の推定モデルを用いた。この推計モデルは、市区町村レベルの物的ストック残高「ストック量」と観測された震度情報「最大震度」から直接被害額を過去の被害地震のデータを用いて構築したものである。ただし、このモデルは、地震の連続発生を想定していない。今回の試算では、大規模地震の連続発生を想定した解析シナリオを新たに検討した。震度6弱を超えた地震が時間差の連続発生として、ABm⇒CEm、CEm⇒ABmの2つのシナリオを想定した。最初に発生する地震について、社会統計データであるストック量データを用いた地震による直接被害額(個別評価)を推計する。次に、250mメッシュのストック量データから1回目に発生した地震による直接被害額を引き算し、2回目に発生する地震で用いる残ストック量データを作成する。2回目の地震発生では、残ストック量データを用いて地震による直接被害額を推計する。上記の解析処理は、事前に想定した2つの連続発生のシナリオに合わせて行う。その際に、1回目、2回目で別々に推計した直接被害額(個別評価)と、それぞれの推計結果を足し合わせた累積値(累積評価)を示す。

直接被害額の評価結果として、まず単独発生の試算結果(250mメッシュ)を示す。

南海トラフの全体が破壊する ZEl1 の試算結果は図 2-7-③-20 のとおりで直接被害額の推計結果が、合計 167.8 兆円である。また、半割れケースの ABm の試算結果は合計 32.5 兆円（図 2-7-③-21）、CEm の試算結果は合計 125.5 兆円（図 2-7-③-22）である。

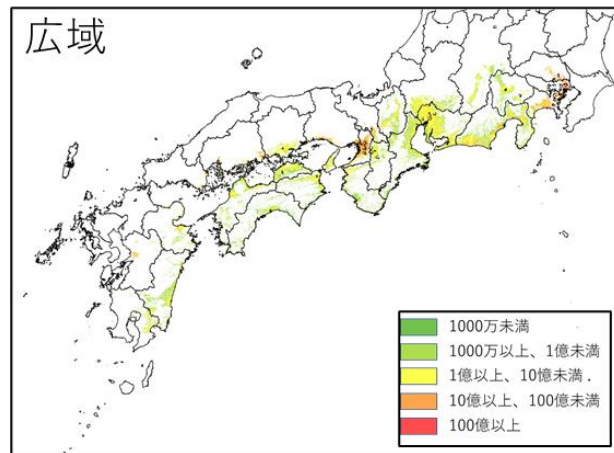


図 2-7-③-20 単独発生の試算結果 (ZEl1)

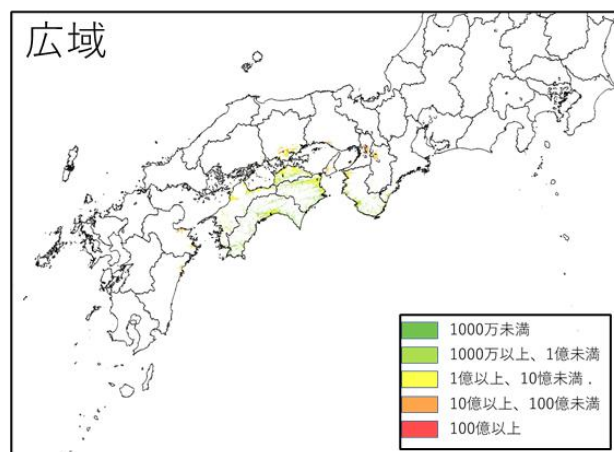


図 2-7-③-21 単独発生の試算結果 (ABm 単独)

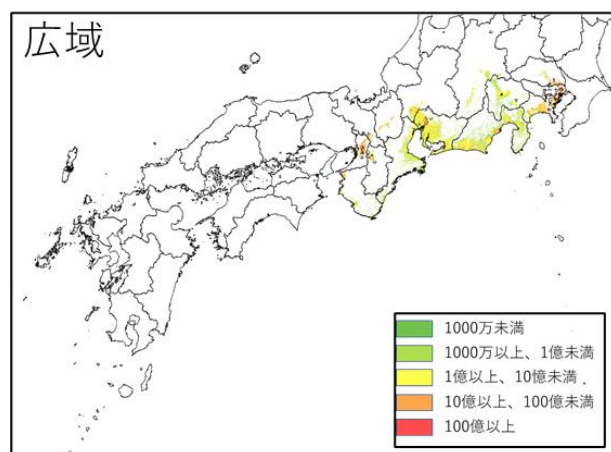


図 2-7-③-22 単独発生の試算結果 (CEm 単独)

連続発生シナリオを想定した場合、1回目の地震の試算結果は、それぞれ ABm、CEm の単独発生と同じなので、単独発生の結果を参照されたい。直接被害額の評価結果として、残ストック量の試算結果（250mメッシュ）を示すとともに、連続発生の累積評価（250mメッシュ）を示した。まず、ABm ⇒ CEm の連続発生シナリオの結果（ABm+CEm'）は図2-7-③-23のとおりで、被害額の合計は156.9兆円である。また、CEm ⇒ ABm の連続発生シナリオの結果（CEm +ABm'）は、図2-7-③-24に示したとおりで、推計結果の合計は156.6兆円である。

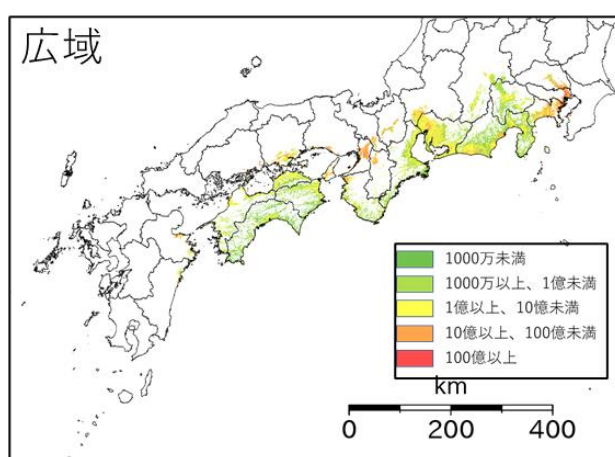


図2-7-③-23 連続発生の試算結果（ABm⇒CEm'）

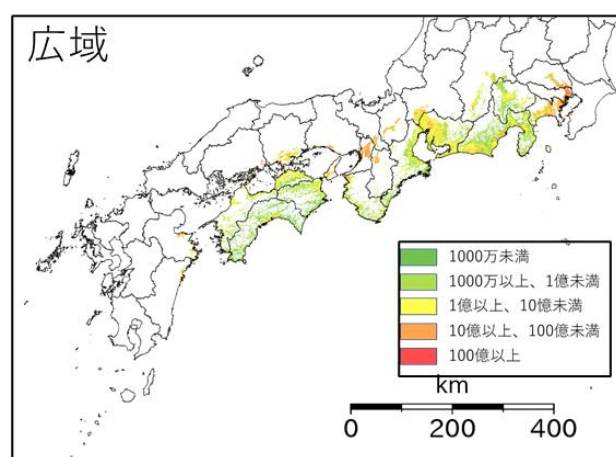


図2-7-③-24 連続発生の試算結果（CEm⇒ABm'）

## ii) フローの被害の試算

前項での検討で地域産業活動を守る観点での特徴量としたフローの経済被害について、2つの半割れケースが20日の時間差をおいて発生する地震パターン（表2-7-③-6）を想定して試算した。



表 2-7-③-6 対象とする半割れケース

| 地震 | 震源域       | 波源断層モデル                   | 備考       |
|----|-----------|---------------------------|----------|
| 先発 | CEm(駿河湾)  | NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d4_02 |          |
| 後発 | ABm(土佐海盆) | NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d1_02 | 20 日後に発生 |

ここで算出するフローの経済被害は地震による生産能力の低下だけでなく、施設等の復旧による生産能力の回復の時系列変化を評価する必要がある。また、南海トラフ地震の多様性を考慮すると簡便な手法による推計が必要である。上記を踏まえて本項では梶谷ほか(2013)<sup>17)</sup>の手法を採用した。また、時間差をおいて発生する2地震の生産能力への影響を適切に考慮する必要がある。ここでは、2つの地震による非停止率(稼働率)を乗じる事により簡便に2地震による生産能力の低下を評価した。更に、事前避難者は生産活動に関与しないという仮定を設定して、事前避難の有無による生産能力の違いについても評価した。上記による生産能力の試算結果として、高知県須崎市における生産能力の変動を図2-7-③-25に示した。先行地震は須崎市から離れた地域を震源とするため生産能力への影響は比較的小さいものの、事前避難を考慮した場合には大幅に生産能力が低下している。その後、先行地震から20日後に須崎市に近接する土佐海盆を震源域に含む後発地震が発生して生産能力が大幅に低下した後に、再び回復に向かう様子が表現されている。

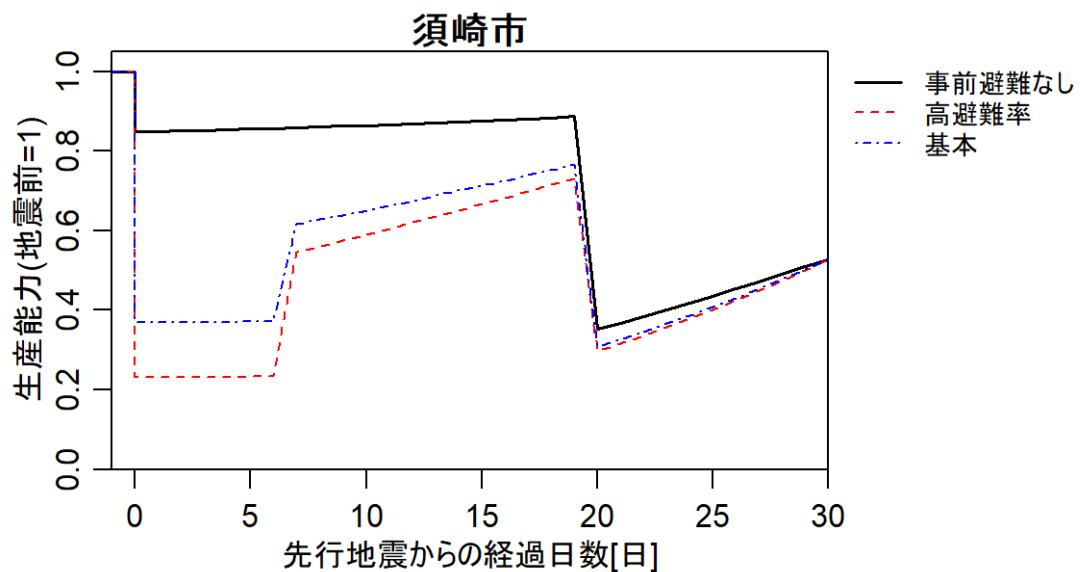


図 2-7-③-25 高知県須崎市の生産能力の時系列変化

#### (d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめと今後の課題を以下に示す。

- 1) 南海トラフ地震のうち半割れケースが発生した場合の条件付きハザードを評価した。ハザード評価にあたっては半割れケース発生後に起こりうる地震セットをツリーの形で表現するとともに、確率論的地震・津波ハザード評価の考え方に基づく重みを配分した。ハザード評価結果を地震前の条件付きハザードと比較する

と、西側半割れケース発生後では四国など南海トラフの西部で、東側半割れケース発生後では東海地方など東部でそれぞれハザードが低下している。今後の課題としては、構築した半割れケース発生後の地震セットが起こりうる地震の全体像を把握できているかの検証が挙げられる。今後の震源に関する理学的な知見の集積により上記の検証が可能になると期待される。

- 2) 半割れケース発生後の事前避難を考慮した曝露人口モデルを構築するとともに、構築した曝露人口モデルを用いた人的被害リスクを評価した。曝露人口モデルの構築に当たっては、政府や地方公共団体が行動変容を呼びかけたという観点で共通点のある新型コロナウイルス感染症の緊急事態宣言に伴う行動変容を調査して事前避難率を設定した。上記の事前避難率を、津波ハザード情報を活用して設定した事前避難対象者数を乗じる事により曝露人口モデルを構築した。今後の課題としては、避難先の設定方法が挙げられる。今回は市町村内での避難を想定したが、市町村の避難計画や実務者のヒアリング等により事前避難を考慮した曝露人口モデルの妥当性が向上できると考えられる。
- 3) 半割れケース発生後の曝露人口モデルを活用して、東側半割れケースが発生した後に時間差をおいて西側半割れケースが発生する地震パターンを対象とした人的被害を評価した。人的被害は二地震それぞれの地震動及び津波を対象とし、それぞれの人的被害の重複を除外した。上記によると先発地震である東側半割れケースの人的被害が多数を占めるため、事前避難による人的被害の低減分は概ね10%程度に留まると評価された。しかしながら、半割れケースの発生順が逆となった場合には事前避難の効果は大きくなると考えられる。
- 4) 高知県をモデル地域として抽出したうえで、避難困難者数を特徴量とした類型化の試行により、地震像の類型化手法を検討した。試行にあたっては19次元の特徴量を可視化技術であるUMAPにより3次元に削減したのちに、階層クラスタリングにより4類型に分類した。類型化の結果をみると被害の総量だけでなく、地域的な偏りも反映できていた。今後は、類型化に用いる特徴量の算出を進めるとともに、上記の手法と算出結果に基づいた類型化を進める必要がある。

#### (e) 引用文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価，  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf),  
2020.1(2022.3.19 確認)
- 2) 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，  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/info\\_criterion.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/info_criterion.html)  
(2022.3.19 確認)
- 3) 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】，  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>, 2021.5(2022.3.19 確認)
- 4) 藤原広行，平田賢治，中村洋光，森川信之，河合伸一，前田宜浩，大角恒雄，土

- 肥裕史, 松山尚典, 遠山信彦, 鬼頭直, 大嶋健嗣, 村田泰洋, 齊藤龍, 澁木智之, 秋山伸一, 是永真理子, 阿部雄太, 橋本紀彦, 袴田智哉, 大野哲平: 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価 ―第一部 本編―, 防災科学技術研究所研究資料, 439, 2020.
- 5) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会: 全国地震動予測地図 2020 年版作成条件・計算結果編,  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20\\_yosokuchizu/yosokuchizu2020\\_jk.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/yosokuchizu2020_jk.pdf), 2021.3(2022.3.29 確認)
  - 6) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会: 全国地震動予測地図 技術報告書,  
[https://jishin.go.jp/main/chousa/09\\_yosokuchizu/g\\_hyoshi.pdf](https://jishin.go.jp/main/chousa/09_yosokuchizu/g_hyoshi.pdf), 2009.12(2022.3.29 確認)
  - 7) 気象庁: 津波警報・注意報, 津波情報, 津波予報について,  
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/joho/tsunamiinfo.html> (2022.3.29 確認)
  - 8) 内閣官房: 所管法令 (新型インフルエンザ等対策特別措置法等),  
<https://www.cas.go.jp/jp/influenza/120511houritu.html> (2021.8.18 確認)
  - 9) 国土交通省: 鉄道利用者の皆様へ (新型コロナウイルス感染症対策の利用者向け情報), [https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_fr1\\_000062.html](https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr1_000062.html) (2022.3.28 確認)
  - 10) 藤原広行, 佐伯琢磨, 中村洋光, 河合伸一, 森川信之, 前田宜浩, はお憲生, 内藤昌平, 東宏樹, 岩城麻子, 清水智, 小丸安史, 若浦雅嗣, 時実良典, 早川譲: 全国を対象とした地震リスク評価手法の検討、防災科学技術研究所研究資料, Vol.415, 2018.
  - 11) 高橋郁夫, 中村洋光, 藤原広行, 時実良典, 小丸安史, 若浦雅嗣, 清水智: 地域特性を考慮した簡便な津波人的被害推定手法の開発, 第 15 回 日本地震工学シンポジウム, PS1-01-34、2018.12
  - 12) McInnes, L., Healy, J. and Melville, J.: UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction ver.3,  
<https://arxiv.org/abs/1802.03426>, 2020.2(2021.10.14 確認)
  - 13) 防災対策に資する南海トラフ地震調査プロジェクト パンフレット,  
[https://www.jamstec.go.jp/bosai-nankai/j/doc/JAMSTEC\\_BosainankaiPamphlet.pdf](https://www.jamstec.go.jp/bosai-nankai/j/doc/JAMSTEC_BosainankaiPamphlet.pdf) (2022.3.30 確認)
  - 14) 佐藤純恵, 豊田利久, 崔青林, 池田真幸, 堀江進也, 中村洋光, 藤原広行: 市区町村別ストック・データの推計方法-地震による直接被害額のリアルタイム推計方法の検討 その 2-, 研究資料 No.460, pp.5-52, 2021.
  - 15) 崔青林, 池田真幸, 豊田利久, 中村洋光, 藤原広行: 解析データの 250mメッシュ按分-地震による直接被害額のリアルタイム推計方法の検討 その 4-, 研究資料 No.460, pp.69-78, 2021.
  - 16) 豊田利久, 崔青林, 池田真幸, 佐藤純恵, 堀江進也, 中村洋光, 藤原広行: 直接被害額推計モデルの提案-地震による直接被害額のリアルタイム推計方法の検討

その 3-, 研究資料 No. 460, pp. 53-68, 2021.

- 17) 梶谷義雄, 多々納裕一, 吉村勇祐: 大規模災害時における産業部門の生産能力の推計 - 東日本大震災を対象として, 自然災害科学, 31, pp. 283-304, 2013.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

| 発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）              | 発表者氏名                   | 発表した場所（学会等名）     | 発表した時期      | 国内・外の別 |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------|--------|
| 南海トラフ巨大地震の多様性を踏まえた条件付きハザード評価の試行（ポスター） | 中村洋光、時実良典、藤原広行、清水智、麻生未季 | 日本地震学会2021年度秋季大会 | 2021 年 10 月 | 国内     |

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

④地震防災基盤シミュレータシステム

(a) 業務の要約

本業務では、地震防災基盤シミュレータシステムに、強震動シミュレーションや津波シミュレーションに必要な震源断層モデル及び波源断層モデル群、地下構造モデル、地形標高モデルの構築結果データを蓄積した断層・地下構造・地形モデルバンクの構築を行った。さらに、それらのシミュレーションの計算設定データ及び計算結果データ、リスク評価データを蓄積した地震像・シナリオバンクの構築を行った。

(b) 業務の実施方法

断層・地下構造・地形モデルバンクの構築については、設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、強震動シミュレーションや津波シミュレーションに必要な震源断層モデル群及び波源断層モデル群、地下構造モデル、地形標高モデルの構築結果データを、地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した。

地震像・シナリオバンクの構築については、設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積の断層・地下構造・地形モ

デルを使用して計算された、強震動シミュレーション、津波遡上シミュレーションの計算設定データ及び計算結果データやリスク評価データを、地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した。

(c) 業務の成果

1) 地震防災基盤シミュレータシステムの概要とシステムの環境整備

地震防災基盤シミュレータシステムの概要を図2-7-④-1に示す。システムは、断層・地下構造・地形モデルバンク、地震像・シナリオバンク、地震像・シナリオ検索機能で主に構成されている。断層・地下構造・地形モデルバンクでは、強震動シミュレーションで用いる震源断層モデルと地下構造モデルを蓄積し、津波遡上シミュレーションで用いる波源断層モデルと地形標高モデルを蓄積する。地震像・シナリオバンクでは、断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積のデータを用いた強震動シミュレーション結果、津波遡上シミュレーション結果を蓄積することに加え、それらに基づくリスク評価結果、リスク情報の類型化手法に基づく南海トラフ地震の地震像や広域での災害シナリオを蓄積する。地震像・シナリオ検索機能では、利用目的に応じてシミュレーション結果や災害シナリオ等を適切に検索、活用できるようにすることで他課題と連携を可能にする。地震防災基盤シミュレータシステムを稼働させるために必要なミドルウェアをインストールし、環境を整備した(図2-7-④-2)。

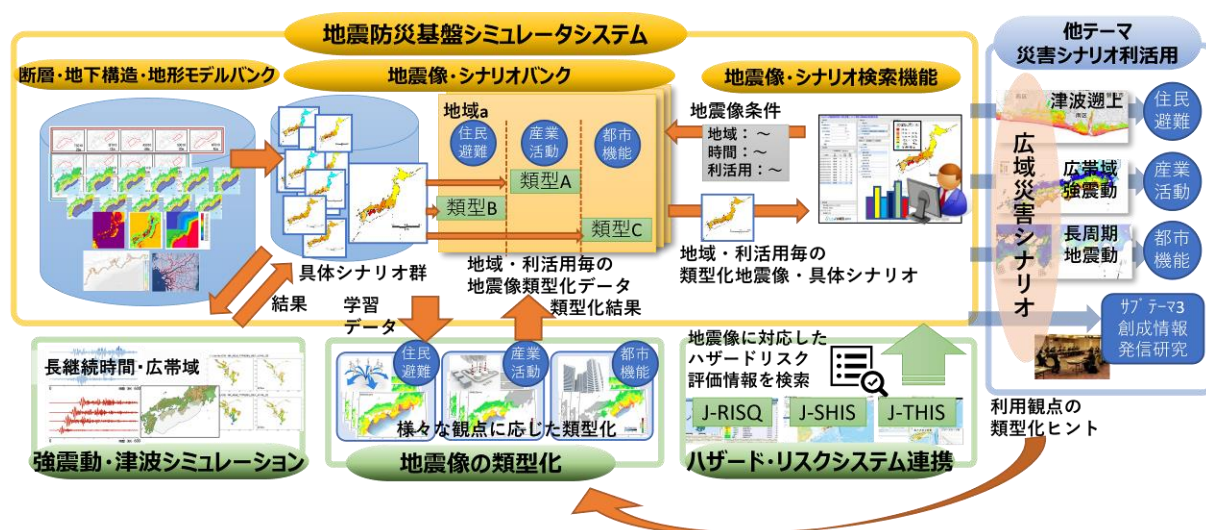


図2-7-④-1 地震防災基盤シミュレータシステムのシステム概要

## 地震防災基盤シミュレータシステムサーバ

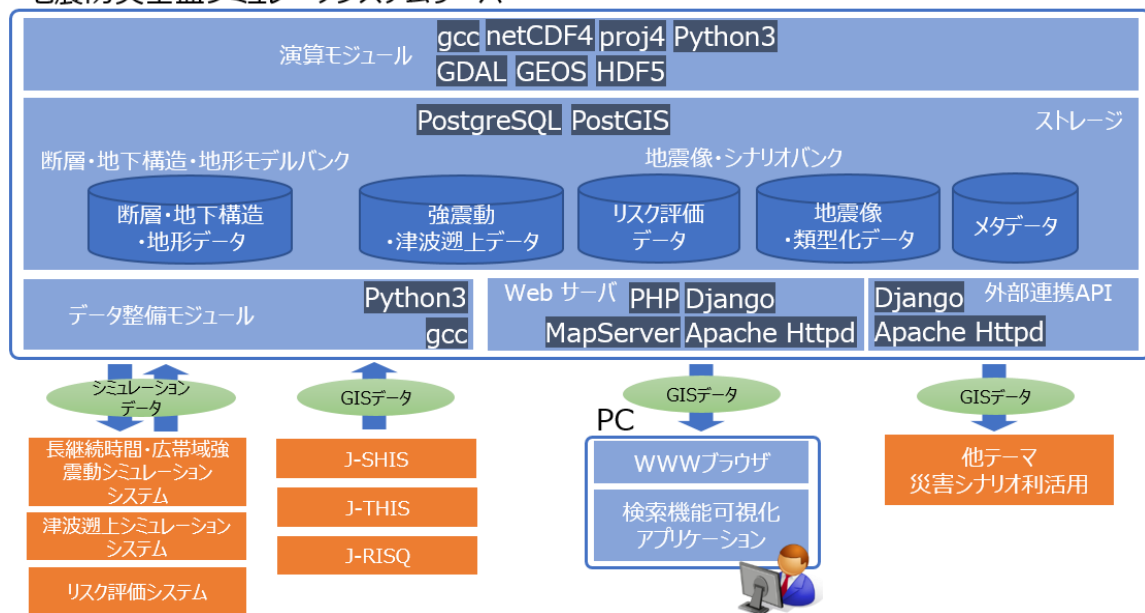


図 2 - 7 - ④ - 2 地震防災基盤シミュレータシステムのアーキテクチャ概要

### 2) 断層・地下構造・地形モデルバンクの構築

断層・地下構造・地形モデルバンクの構築では、設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、シミュレーションに必要な震源断層モデル群及び波源断層モデル群、地下構造モデル、地形標高モデルの構築結果データを、地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した。蓄積したモデルのデータ一覧を表 2 - 7 - ④ - 1 に示す。また、設計したディレクトリ構成に従い、震源断層モデル、地下構造モデル、波源断層モデル、地形標高モデルデータを配置した（表 2 - 7 - ④ - 2）。

表 2 - 7 - ④ - 1 震源断層、波源断層・地下構造・地形標高モデルデータ一覧

| データ     | 個数   | 内容                                                                                          |
|---------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 震源断層モデル | 83   | 地震本部(2020)の津波ハザード評価で設定された南海トラフ地震の多様性モデルを踏まえて構築した強震動計算用震源断層モデル                               |
| 地下構造モデル | 1    | 関東地域の浅部・深部統合地盤モデルを取り込んだ広域の地下構造モデルを基に構築した差分法用の地下構造モデル                                        |
| 波源断層モデル | 4172 | 地震本部(2020)の津波ハザード評価で設定された南海トラフ地震の多様性モデルの波源断層モデル                                             |
| 地形標高モデル | 1    | 南海トラフ沿いの評価領域の11府県を対象に各府県が整備した最新のモデルを取得し、津波シミュレータ（TNS）に入力可能なデータ形式(計131個の10m格子領域)に変換した地形標高モデル |



表 2-7-④-2 断層・地下構造・地形モデルバンクのディレクトリ構造

| No. | ディレクトリ・ファイルパス                             | 内容                        |
|-----|-------------------------------------------|---------------------------|
| 1   | /NT/                                      | 地震防災基盤シミュレータシステムルートディレクトリ |
| 2   | Data/                                     | データディレクトリ                 |
| 3   | GroundMotion/                             | 強震動シミュレーションルートディレクトリ      |
| 4   | Analysis/                                 | 解析関連データディレクトリ             |
| 5   | Boundary/                                 | 境界面定義ファイルディレクトリ           |
| 6   | [バージョンコード]                                | バージョンコードディレクトリ            |
| 7   | [バージョンコード]-[地下構造モデルコード]_[境界面番号]_boundary. | 境界面定義ファイル（地下構造モデルデータ）     |
| 8   | PhysicalProperty/                         | 物性値定義ファイルディレクトリ           |
| 9   | [バージョンコード]                                | バージョンコードディレクトリ            |
| 10  | [バージョンコード]_[地下構造モデルコード]_phy.csv           | 物性値定義ファイル（地下構造モデルデータ）     |
| 11  | [震源断層モデルコード]/                             | 震源断層モデルコードディレクトリ          |
| 12  | ExternalForce/                            | 震源断層モデル外力データディレクトリ        |
| 13  | FDM/                                      | 差分法計算入力ファイルディレクトリ         |
| 14  | Material/                                 | FDMake入力ファイルディレクトリ        |
| 15  | Source/                                   | 震源定義ファイルディレクトリ            |
| 16  | [震源断層モデルコード]_source_[座標系コード].csv          | 震源断層モデルファイル               |
| 17  | Tsunami/                                  | 津波遡上シミュレーションルートディレクトリ     |
| 18  | Base/                                     | 基礎データディレクトリ               |
| 19  | Fault/                                    | 断層データファイルディレクトリ           |
| 20  | [波源断層モデルコード]/                             | 波源断層モデルコードディレクトリ          |
| 21  | Param/                                    | 断層パラメータファイルディレクトリ         |
| 22  | [EPSCGコード]/                               | EPSCGコードディレクトリ            |
| 23  | [波源断層モデルコード]-Param-[EPSCGコード].dat         | 波源断層モデルデータファイル            |
| 24  | Topo/                                     | 地形標高分布データファイルディレクトリ       |
| 25  | [基礎データ系コード]/                              | 基礎データ系コードディレクトリ           |
| 26  | M[格子間隔]/                                  | 格子間隔ディレクトリ                |
| 27  | Topo-[基礎データ系コード]-M[格子間隔]-R[領域ID].bin      | 地形標高モデルデータファイル            |

### 3) 地震像・シナリオバンクの構築

地震像・シナリオバンクの構築では、設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積の断層・地下構造・地形モデルを使用して計算された、強震動シミュレーション、津波遡上シミュレーションの計算設定データ及び計算結果データやリスク評価データを、地震防災基盤シミュレータシステムのストレージへ蓄積した。蓄積したモデルのデータ一覧を表 2-7-④-3 に示す。また、設計したディレクトリ構成に従い、これらの強震動シミュレーション結果データ、津波遡上シミュレーション結果データ、リスク評価結果データを配置した（表 2-7-④-4、表 2-7-④-5、表 2-7-④-6）。

表 2-7-④-3 震源断層・波源断層・地下構造・地形標高モデルデータ一覧

| データ          | 個数   | 内容                                                                        |
|--------------|------|---------------------------------------------------------------------------|
| 強震動シミュレーション  | 83   | 断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積した、震源断層モデルと地下構造モデルを用いて計算された強震動シミュレーション結果               |
| 津波遡上シミュレーション | 3480 | 断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積した、波源断層モデルと地形標高モデルを用いて計算された津波遡上シミュレーション結果              |
| 地震動によるリスク評価  | 151  | 南海トラフ地震の多様性を構成する 151 の震源域に基づく地震動を対象とした条件付きリスク評価として建物被害、建物損失額、及び人的評価結果     |
| 津波によるリスク評価   | 4220 | 南海トラフ地震の多様性を構成する 4220 の波源断層モデルに基づく津波を対象とした条件付きリスク評価として建物被害、建物損失額、及び人的評価結果 |

表 2-7-④-4 地震像・シナリオバンクのディレクトリ構造  
(強震動シミュレーション結果データ)

| No | ディレクトリ・ファイル名                | 内容                          |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| 1  | /NT/                        | 地震防災基盤シミュレーションシステムルートディレクトリ |
| 2  | Data/                       | データディレクトリ                   |
| 3  | GroundMotion/               | 強震動シミュレーションルートディレクトリ        |
| 4  | Analysis/                   | 解析結果データディレクトリ               |
| 5  | Detailed/                   | 詳細法ディレクトリ                   |
| 6  | [震源断層モデル外カコード]/             | 震源断層モデル外カコードディレクトリ          |
| 7  | ExternalForce/              | 震源断層モデル外カデータディレクトリ          |
| 8  | HYB/                        | ハイブリッド合成速度波形(S波)ファイルディレクトリ  |
| 9  | [震源断層モデル外カコード]_HYB_DUMP.dat | ハイブリッド合成速度波形水平動計算結果ファイル     |
| 10 | HYB_ud/                     | ハイブリッド合成速度波形(P波)ファイルディレクトリ  |
| 11 | [震源断層モデル外カコー                | ハイブリッド合成速度波形上下動計算結果ファイル     |

表 2-7-④-5 地震像・シナリオバンクのディレクトリ構造  
(津波遡上シミュレーション結果データ)

| No. | ディレクトリ・ファイルパス                                                  | 内容                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | /NT/                                                           | 地震防災基盤シミュレーションシステムルートディレクトリ             |
| 2   | Data/                                                          | データディレクトリ                               |
| 3   | Tsunami/                                                       | 津波遡上シミュレーションルートディレクトリ                   |
| 4   | Analysis/                                                      | 解析結果データディレクトリ                           |
| 5   | [波源断層モデル外カコード]/                                                | 波源断層モデル外カコードディレクトリ                      |
| 6   | ExternalForce/                                                 | 波源断層モデル外カデータディレクトリ                      |
| 7   | Offshore/                                                      | 沖合データファイルディレクトリ                         |
| 8   | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-TotalDepth.dat                         | 沖合全水深時系列ファイル                            |
| 9   | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-Height.dat                             | 沖合水位時系列ファイル                             |
| 10  | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-ArrivalTimeHeight.csv                  | 沖合水位到達時間データファイル                         |
| 11  | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-ArrivalTimeTsunami.csv                 | 沖合相対水位到達時間データファイル                       |
| 12  | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-MaxAbsHeight.csv                       | 沖合最大水位データファイル                           |
| 13  | [波源断層モデル外カコード]-Offshore-MaxRelativeHeight.csv                  | 沖合最大相対水位データファイル                         |
| 14  | Coastal/                                                       | 沿岸データファイルディレクトリ                         |
| 15  | M[格子間隔]/                                                       | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 16  | [波源断層モデル外カコード]-Coastal-ArrivalTimeHeight-M[格子間隔]-R[領域ID].csv   | 沿岸水位抽出点水位到達時間データファイル                    |
| 17  | [波源断層モデル外カコード]-Coastal-ArrivalTimeTsunami-M[格子間隔]-R[領域ID].csv  | 沿岸水位抽出点相対水位到達時間データファイル                  |
| 18  | [波源断層モデル外カコード]-Coastal-MaxAbsHeight-M[格子間隔]-R[領域ID].csv        | 沿岸水位抽出点最大水位データファイル                      |
| 19  | [波源断層モデル外カコード]-Coastal-MaxRelativeHeight-M[格子間隔]-R[領域ID].csv   | 沿岸水位抽出点最大相対水位データファイル                    |
| 20  | WaterHeight/                                                   | 水位分布データファイルディレクトリ                       |
| 21  | M[格子間隔]/                                                       | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 22  | [波源断層モデル外カコード]-WaterHeight-M[格子間隔]-R[領域ID]_t[出力時間].nc          | [出力時間]における水位分布データnetCDF形式ファイル           |
| 23  | [波源断層モデル外カコード]-WaterHeight-M[格子間隔]-R[領域ID]_tMAX.nc             | 最大水位分布データnetCDF形式ファイル                   |
| 24  | Land/                                                          | 浸水深分布データファイルディレクトリ                      |
| 25  | ArrivalTime/                                                   | 浸水深到達時間分布データファイルディレクトリ                  |
| 26  | M[格子間隔]/                                                       | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 27  | [波源断層モデル外カコード]-Land-ArrivalTime-M[格子間隔]-R[領域ID]_H[出力浸水深].nc    | 浸水深到達時間分布データnetCDF形式ファイル                |
| 28  | InundationDepth/                                               | 浸水深分布データファイルディレクトリ                      |
| 29  | M[格子間隔]-R[領域ID]-[自由な文字列]/                                      | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 30  | R[領域ID]                                                        | 領域IDディレクトリ                              |
| 31  | [波源断層モデル外カコード]-Land-InundationDepth-M[格子間隔]-R[領域ID]_t[出力時間].nc | [出力時間]における浸水深分布データnetCDF形式ファイル          |
| 32  | [波源断層モデル外カコード]-Land-InundationDepth-M[格子間隔]-R[領域ID]_tMAX.nc    | 最大浸水深分布データnetCDF形式ファイル                  |
| 33  | FlowVelocity/                                                  | 流速分布データファイルディレクトリ                       |
| 34  | M[格子間隔]/                                                       | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 35  | [波源断層モデル外カコード]-FlowVelocity-W-M[格子間隔]-R[領域ID]_tWMAX.nc         | 2成分合成値最大流速分布データnetCDF形式ファイル             |
| 36  | [波源断層モデル外カコード]-FlowVelocity-[X/Y]-M[格子間隔]-R[領域ID]_tWMAX.nc     | 2成分合成値最大ステップ時[X/Y]方向流速分布データnetCDF形式ファイル |
| 37  | DragForce/                                                     | 抗力分布データファイルディレクトリ                       |
| 38  | M[格子間隔]/                                                       | 格子間隔ディレクトリ                              |
| 39  | [波源断層モデル外カコード]-DragForce-W-M[格子間隔]-R[領域ID]_tWMAX.nc            | 2成分合成値最大抗力分布データnetCDF形式ファイル             |
| 40  | [波源断層モデル外カコード]-DragForce-[X/Y]-M[格子間隔]-R[領域ID]_tWMAX.nc        | 2成分合成値最大ステップ時[X/Y]方向抗力分布データnetCDF形式ファイル |

表 2-7-④-6 地震像・シナリオバンクのディレクトリ構造  
(リスク評価結果データ)

| No. | ディレクトリ・ファイル名                                                  | 内容                                                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | /NT/                                                          | 地震防災基盤シミュレータシステムルートディレクトリ                                                                  |
| 2   | Data/                                                         | データディレクトリ                                                                                  |
| 3   | GroundMotion/                                                 | 強震動シミュレーションルートディレクトリ                                                                       |
| 4   | Analysis/                                                     | 解析結果データディレクトリ                                                                              |
| 5   | Conventional/                                                 | 簡便法ディレクトリ                                                                                  |
| 6   | [震源域コード]/                                                     | 震源域コードディレクトリ                                                                               |
| 7   | Risk/                                                         | リスク評価データディレクトリ                                                                             |
| 8   | Building/                                                     | 建物被害分布データディレクトリ                                                                            |
| 9   | Houses/                                                       | 棟数ベース被害分布データディレクトリ                                                                         |
| 10  | [AL/HL]/                                                      | 建物[全壊/全半壊]分布データファイルディレクトリ                                                                  |
| 11  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-[距離減衰式種類].csv                           | 建物[全壊/全半壊][棟数/率]リスクデータファイル<br>[距離減衰式種類]は、以下の2種類<br>・ MF13：森川・藤原(2013)<br>・ SM99：司・翠川(1999) |
| 12  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-Hazard-[距離減衰式種類].nc                     | 建物[全壊/全半壊][棟数/率]分布データファイル                                                                  |
| 13  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-Exposure-[距離減衰式種類].nc                   | 建物[全壊/全半壊][棟数/率]曝露量分布データファイル                                                               |
| 14  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-Avr-[距離減衰式種類].nc                        | 建物[全壊/全半壊][棟数/率]平均値対応全壊[棟数/率]分布データファイル                                                     |
| 15  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-Exp-[距離減衰式種類].nc                        | 建物[全壊/全半壊][棟数/率]条件付き期待値分布データファイル                                                           |
| 16  | [震源域コード]-[AL/HL][B/R]-EP-[条件付き超過確率(x)]-[距離減衰式種類].nc           | 条件付き超過確率(x)対応建物[全壊/全半壊][棟数/率]条件付き超過確率分布データファイル                                             |
| 17  | Money/                                                        | 金額ベース被害分布データディレクトリ                                                                         |
| 18  | [震源域コード]-BM[A/R]-[距離減衰式種類].csv                                | 損失[額/率]分布データファイル (金額ベースの建物被害)                                                              |
| 19  | [震源域コード]-BM[A/R]-Hazard-[距離減衰式種類].nc                          | 損失[額/率]分布データファイル                                                                           |
| 20  | [震源域コード]-BM[A/R]-Exposure-[距離減衰式種類].nc                        | 損失[額/率]曝露量分布データファイル                                                                        |
| 21  | [震源域コード]-BM[A/R]-Avr-[距離減衰式種類].nc                             | 損失[額/率]平均値対応損失[額/率]分布データファイル                                                               |
| 22  | [震源域コード]-BM[A/R]-Exp-[距離減衰式種類].nc                             | 損失[額/率]条件付き期待値分布データファイル                                                                    |
| 23  | [震源域コード]-BM[A/R]-EP-[条件付き超過確率(x)]-[距離減衰式種類].nc                | 条件付き超過確率(x)対応損失[額/率]条件付き超過確率分布データファイル                                                      |
| 24  | Population/                                                   | 人的被害分布データディレクトリ                                                                            |
| 25  | [DEAD/AINJ]/                                                  | [死者/重傷者]数分布データファイルディレクトリ                                                                   |
| 26  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-[距離減衰式種類].nc                  | 時刻別[死者/重傷者][数/率]リスクデータファイル                                                                 |
| 27  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-Hazard-[距離減衰式種類].nc           | 時刻別[死者/重傷者][数/率]分布データファイル                                                                  |
| 28  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-Exposure-[距離減衰式種類].nc         | 時刻別[死者/重傷者][数/率]曝露量分布データファイル                                                               |
| 29  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-Avr-[距離減衰式種類].nc              | 時刻別[死者/重傷者][数/率]平均値対応時刻別[死者/重傷者][数/率]分布データファイル                                             |
| 30  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-Exp-[距離減衰式種類].nc              | 時刻別[死者/重傷者][数/率]条件付き期待値分布データファイル                                                           |
| 31  | [震源域コード]-[D/A][A/R]-OCL[人口分布時刻]-EP-[条件付き超過確率(x)]-[距離減衰式種類].nc | 条件付き超過確率(x)対応時刻別[死者/重傷者][数/率]条件付き超過確率分布データファイル                                             |

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめを以下に示す。

- 1) 地震防災基盤シミュレータシステムを稼働させるために必要なミドルウェアをインストールし、環境を整備した。
- 2) 設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、シミュレーションに必要な震源断層モデル群及び波源断層モデル群、地下構造モデル、地形標高モデルの構築結果データを、地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積する断層・地下構造・地形モデルバンクの構築を行った。
- 3) 設計したディレクトリ構成やファイル命名規則に則して、断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積の断層・地下構造・地形モデルを使用して計算された、強震動シミュレーション、津波遡上シミュレーションの計算設定データ及び計算結果データやリスク評価データを、地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積する地震像・シナリオバンクの構築を行った。

(e) 引用文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価,  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf),  
2020.1(2022.3.19 確認)

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

| 発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）                   | 発表者氏名                         | 発表した場所（学会等名）     | 発表した時期      | 国内・外の別 |
|--------------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|--------|
| 南海トラフ巨大地震の発生の多様性を考慮した地震防災基盤シミュレータの構想（ポスター） | 中村洋光、藤原広行、前田宜浩、土肥裕史、時実良典、石丸晴海 | 日本地震学会2021年度秋季大会 | 2021 年 10 月 | 国内     |

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし