

沼津市戸田地区における津波避難計画の検討に影響を与える 津波発生条件の不確定性の分析

Analysis of uncertainty of tsunami occurrence conditions affecting the investigation of tsunami evacuation plans in the Heda area

阿部 郁男

ABE Ikuo

1. はじめに

東日本大震災以降、津波ハザードマップや避難計画などの策定の基礎となるデータである被害想定の見直しが行われ、それらに基づいて日本各地で様々な防災対策の検討が行われている。その過程では、津波ハザードマップの作成だけでなく、避難シミュレーションなどの手法も用いられており、東日本大震災を引き起こした数百年に一度発生するような津波の際にも、命を守る避難対策だけは確実に進むように検討が進められている状況である。しかし、それらの検討過程では、津波発生条件および避難行動にかかわる不確定性はほとんど議論されておらず、限定された条件が固定されて検討が進められている状況である。津波発生条件が変化することで、津波の到達時間や規模が変わってくるのが容易に考えられ、例えば、現在、公表されている想定に基づいて避難場所を選択する場合には、上層階に避難することのほうが浸水区域外へ脱出するよりもベターな選択肢と考えられる場所であったとしても、津波発生条件の不確定性を考慮した場合には避難場所の選択が変化してくることも十分に考えられる。本来であれば、これらの不確定性を十分に考慮したうえで避難場所の選択肢を決定すべきである。

そこで、津波発生条件の不確定性を十分に考慮した避難場所の選択肢を検討するケーススタディとして、これまでに提示されている幾つかの津波断層モデルをベースとしつつ、発生条件を変更した津波遡上シミュレーションを実施し、津波発生条件の不確定性を考慮した場合に、津波避難計画などの策定に大きな影響を与える津波到達時間や最大浸水深などのデータがどのように変化するかを分析することとした。

2. 断層の形の不確定性に着目した初期条件の設定

津波発生条件の不確定性による津波到達時間および最大浸水深への影響を分析するために、中央防災会議によって提示されている南海トラフの被害想定モデルの中からケース1を、さらに静岡県第3次被害想定など、これまでに提案されている幾つかの駿河湾内の断層をベースとして、最詳細10mメッ

シュの地形データを用いた津波伝播および遡上シミュレーションを実施した。なお、津波シミュレーションの再現時間は40分とした。今回の検討で初期条件設定の参考としたモデルを表1に示す。

表1. 初期条件設定の参考としたモデルの断層パラメータ

	1976 石橋モデル ¹⁾	1978 中央防災会議モデル ¹⁾	Furumura, et al. モデル ²⁾
断層原点 (N)	35.128	35.150	35.120
断層原点 (E)	138.711	138.700	138.706
断層深さ (km)	2	5	6.4
走向 (°)	198	193	193
傾斜角 (°)	34	20	20
すべり角 (°)	記載なし	記載なし	71
断層長さ (km)	115	120	120
断層幅 (km)	70	50	50

表1の中の石橋モデルおよび1978中央防災会議モデルについては、参考文献中にすべり角に関する明記がなかったために最大限に津波を発生させることが想定される90度を設定した。また、Furumura, et al. モデルは1707年の宝永地震の再現モデルではあるが、この中から駿河湾内に設定された断層パラメータのみを初期条件設定の参考とした。これらのいくつかのパラメータの相違が、断層モデルの形の不確定性と考えると、今回の検討では、これらの初期条件を設定した津波伝播および遡上シミュレーションを実施することとした。

また、南海トラフの被害想定モデルでは、10秒間隔で津波の水位分布のデータが提供されている。津波伝播シミュレーションを行う際には、この水位増減分を10秒ごとに計算水位に加えることになるが、ケース1での津波発生状況は図1に示すように、伊勢湾口付近で津波の発生が始まり、断層破壊の伝播とともに津波発生海域も広がってゆき、40秒で御前崎付近まで津波発生海域が広がり、60秒になると駿河湾内で津波が発生し、その後は津波発生海域が西側に移動してゆく状況である。つまり、この時間差が駿河湾内での津波到達時間に影響があることが考えられ、静岡県第3次地震被害想定などで想定されていたような駿河湾内の地震発生よりは津波の到達時間が1分弱遅くなっていることが予想できる。

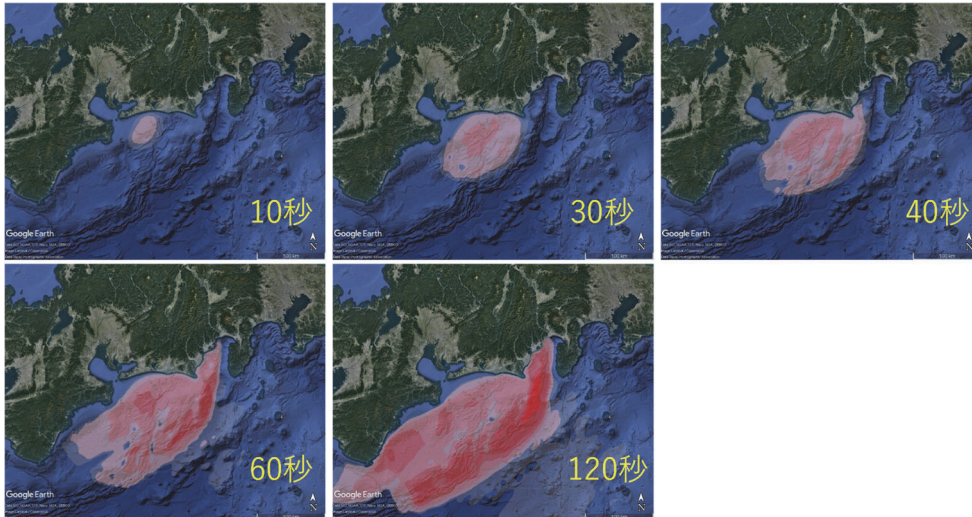


図1. 南海トラフ想定モデル（ケース1）による津波発生状況

表1で示したモデルとの津波到達時間を比較するためには、この時間差を考慮することが必要であり、その方法としては、例えば、戸田地区の津波到達時間から一律60秒を減算することも考えられる。しかし、今回は、単純に一律で減算のではなく、むしろ10秒ごとに与えられた津波初期水位の総和を算出して、表1で示したモデルに合わせて断層破壊が一度に終了するという想定でのシミュレーションを行うこととした。

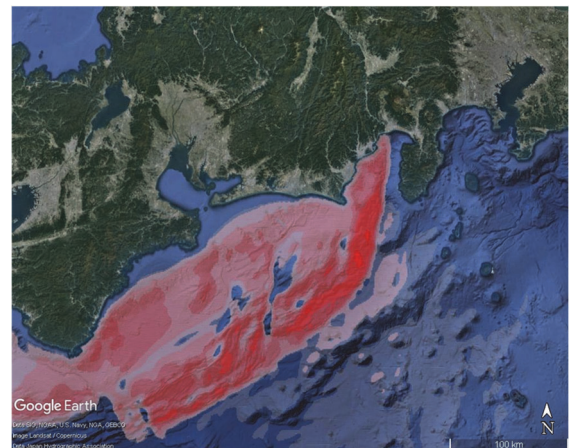


図2. 断層破壊が一度に終了したモデルの津波波源

3. すべり量の不確定性に着目した初期条件の設定

発生する津波の大小に大きな影響を与えるすべり量について、Furumura, et al. モデルでは5.6mを与えている。また、内閣府³⁾では、想定東海地震モデルとしてMw8.0、平均すべり量2.9mが与えられている。一方、すべり量に影響を与えるひずみの蓄積量に着目した場合には、名古屋大学の調査により駿河湾での変位速度ベクトルが年間約4cmの西向きが得られており、このことからプレート間はほぼ完全に固着していると考えられるとされている⁴⁾。この変位速度ベクトルをベースに考えると、100年間で4mのひずみが蓄積しているとも考えられるため、この100年間で4mのひずみ蓄積をすべり量の不確定性を考慮するベースとすることとした。

なお、このような「ひずみ蓄積」をベースに考えた場合には、駿河湾が震源と考えられる前回の地震である1854年の安政東海地震からは166年が経過しており、166年分のひずみの蓄積は6.64mとなる。Furumura, et al モデルは140年分に相当し、南海トラフ想定モデル（ケース1）では、名古屋大学により変位速度ベクトルが観測された場所に最も近い場所についてデータを抽出すると、すべり量1.27m

×6ステップ、つまり7.62mであるので190年分の設定がなされていることとなる。

このすべり量を設定する幅の適正值については、議論が必要などころではあるが、今回の検討にあたり現在の南海トラフ想定モデルにおける「大すべり域」についての分析も行った。今回の検討で使用したケース1のモデルでは、御前崎の南方沖に津波初期水位の最大値(11.87m)となる場所があり、その場所の断層パラメータに設定されているすべり量は10.57m×6ステップ、つまり合計で63.42mである。これは海上保安庁⁵⁾により観測された一年間に5cmのひずみ蓄積の1268年分に相当する。そこで、僅かではあるが想定を超える津波発生も考慮することとして、今回の検討では、静岡県第3次地震被害想定で利用されたモデルおよびFurumura, et al. モデルでは、すべり量を4m(100年分のひずみ蓄積に相当)～12m(300年分のひずみ蓄積に相当)まで2m間隔で設定した条件と、南海トラフ想定モデルで断層破壊が一度に終了するモデルの水位分布に対して0.4倍～2.0倍の間で、0.2間隔で倍率を変更した条件を設定して津波伝播および遡上のシミュレーションを行ったデータを取りまとめた。

なお、例えば2000年間のひずみ蓄積は80mと算出されるため、駿河湾内の断層が毎回の地震で12mのひずみを解消したとすると2000年間に6.67回の地震が発生することとなり、平均活動間隔は約300年となる。これは世間で言われているような「100年～150年に一度」という間隔より長期間になるため、時折、大規模にひずみを解消する地震が発生するという所謂、スーパーサイクル的な考え方も適用して、ひずみ解消4mの地震と12mの地震がセットで発生すると考えた場合には1サイクルのひずみ解消は16mとなるため、2000年間に5セットの地震が発生することとなり、1セットごとの平均活動間隔は400年となり、400年のうちに2回の地震が発生することになる。このように、地震発生シナリオとしては、様々な組み合わせパターンが考えられる。本来であれば確率的な評価を加えるべきであるが、今回の検討では、それらに向けた基礎的なデータの準備として、すべり量2m間隔、南海トラフ想定モデルについても0.2倍間隔での複数条件での解析を行うこととした。

4. 津波発生条件の不確定性による影響の分析

以上のような初期条件を変化させた場合の影響評価に際し、何らかの数値化が必要であると思われるが、まず簡易的に、南海トラフ想定モデルでは浸水しないが、想定に対する掛け率を上げた場合における浸水被害の広がりに着目した。

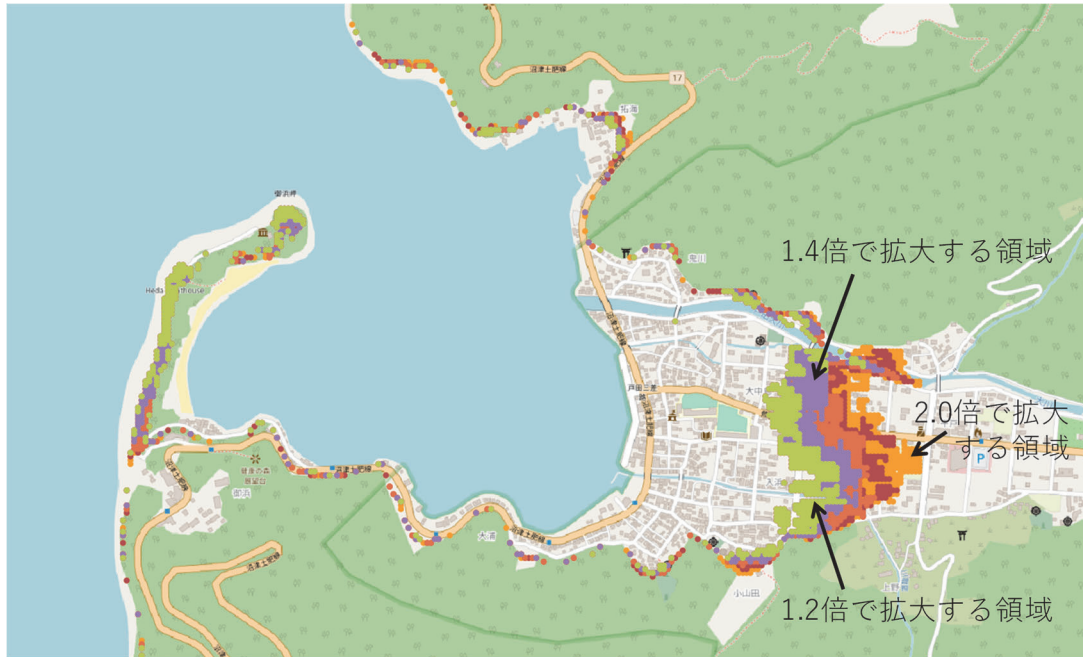


図3. 南海トラフ想定モデルへの掛け率への違いによる浸水域の広がり

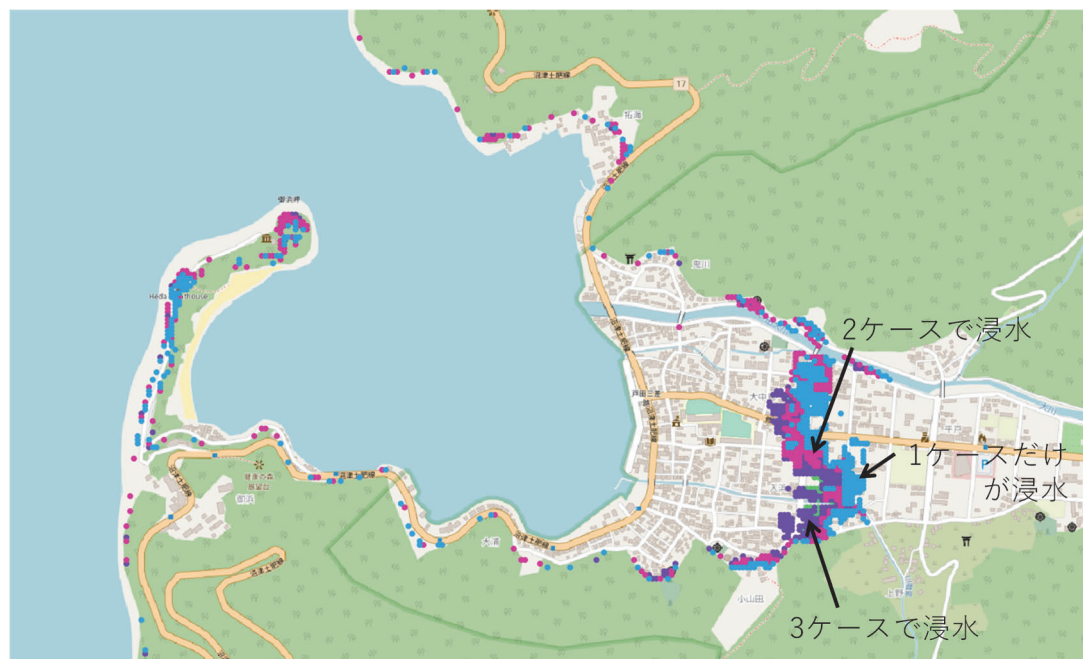


図4. 南海トラフ想定モデルを超えた場合の住宅被害を受ける地域の広がり

図3は、南海トラフ想定モデルへの掛け率を上げた場合に、浸水範囲がどのように広がってゆくのかを作図したものである。山が海岸線に迫っている地域では想定規模を大きくしたことによる浸水域拡大への影響はほとんど見られず、違いがみられるのは湾奥の住宅地のエリアである。

また、図4は、南海トラフ想定モデルでは浸水しないエリアの中で、想定モデルへの掛け率を変更した場合に、住宅被害を受ける可能性が高まる浸水深2mを超える場所について、想定を超える5ケース

(1.2倍～2.0倍)のうちの何ケースが該当するのかを作図したものである。これらのエリアは、想定を超える津波が発生した場合には住宅被害を受ける可能性が出てくると考えられる。

さらに、今回の検討では南海トラフ想定モデルにおける津波の初期水位の倍率に対して、最大浸水深および到達時間の変化率を比較した数値を用いることで発生条件の不確定性の影響が大きい地域を識別することが可能か否かを試行したいと考えた。例えば、津波の初期水位を2.0倍とした場合、最大浸水深が2倍以上の増加、あるいは到達時間が半分以下への短縮となるメッシュは発生条件の不確定性が大きい地域であると考えられる。そこで、今回の検討では、津波到達時間の短縮率を算出して、その分布状況を図5のようにまとめた。

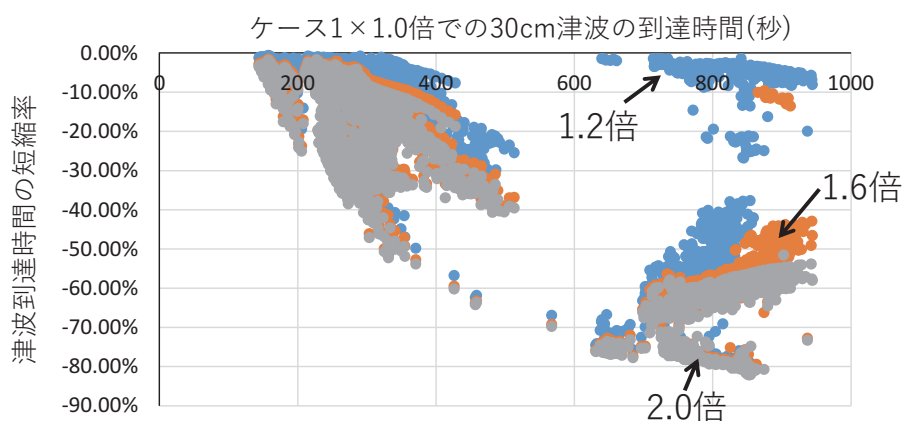


図5. 南海トラフ想定モデルの掛け率による津波到達時間の短縮率の分布

まず、大きな傾向として津波到達時間が500秒程度までのグループと600秒以降のグループに大別できることが分かる。500秒までのグループには岬部分や海岸線間際のエリアが含まれ、600秒以降のグループには湾奥の住宅地が含まれるのではないかと推察される。500秒程度までのグループの中では大きな分布の傾向は掛け率による相違は見られないが、グループの中には津波到達時間400秒前後で、短縮率が50%程度のポイントがあることが分かる。また、600秒以降のグループについては、掛け率の上昇とともに短縮率も高まる傾向であることが明らかである。このような場所については、津波避難の検討の際には津波発生条件の不確定性による到達時間の影響についてさらに検討を進める可能性があると思われる。

5. まとめ

今回は、沼津市戸田地区を対象として津波発生条件の違いによる津波到達時間や浸水状況がどのように変化するのかを分析し、それらを可視化する方法について試行した結果を報告した。まず、これまでに発表されているモデルをベースとして、津波発生条件の不確定性を考慮した津波伝播・遡上シミュレーションを実施し、今後の避難対策の検討のための基礎データの作成を行った。また、一部のデータについては、増加率や短縮率を算出し、設定条件の変化によって影響が大きくなるエリアを可視化することを試みた。なお、津波発生条件による津波到達時間や浸水状況の不確定性を、津波避難の検討にどのように活用してゆくのかは、今後、さらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究は、2019年度科学研究費助成事業「海底地すべり等による局所的津波発生過程の解明と津波対策への影響分析に関する研究（課題番号：19K04970）」および2019年度科学研究費助成事業「低未利用地の暫定利用による津波避難安全性向上手法のモデル構築に関する研究（課題番号：19K04955）」の一部として実施させて頂いた。ここに記して深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 静岡県：第3次地震被害想定結果，416p.，2001
- 2) T. Furumura, K. Imai and T. Maeda: A revised tsunami source model for the 1707 Hiei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan, *Journal of Geophysical Research*, Vol.116, pp.B02308 1-17, 2011.
- 3) 内閣府：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）修正箇所，http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report_shuusei02.pdf，参照 2020-09-12.
- 4) 日本測地学会：Web テキスト測地学，http://www.geod.jpn.org/web-text/part3_2014/sato/index.html，参照 2020-09-12.
- 5) 海上保安庁：南海トラフ想定震源域のひずみの分布状態が初めて明らかに，<https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h28/k20160524/k160524-1.pdf>，参照 2020-09-12.

