

第9期津波評価小委員会（2025年度第3回）

議事次第

1. 日 時 : 2025年12月4日（木） 13:00～17:00
2. 場 所 : Webex によるオンライン会議
3. 出席者 : 高橋委員長、今村委員、蛭沢委員、家島委員、加藤委員、金戸委員、川村委員、後藤委員、サッパシー委員、嶋原委員、柴田委員、菅原委員、高川委員、田島委員、田村委員、富田委員、馬場委員、平田委員、福谷委員、松山委員、米山委員、八木委員、川真田常時参加者、重光常時参加者、高橋常時参加者、西坂常時参加者、野瀬常時参加者、野原常時参加者、室田氏（渡辺常時参加者代理）、木原幹事長、石島幹事、石原幹事、稲垣幹事、小川幹事、長田幹事、北門幹事、木村幹事、栗田幹事、木場幹事、佐藤幹事、志方幹事、芝幹事、鈴木幹事、鶴留幹事、東幹事、藤井幹事、保坂幹事、吉井幹事
4. 議 題 :
 - (1) 2025年度第2回津波評価小委員会議事録の確認 資料-1
 - (2) 津波解析手法の高度化に関する検討
 - ・津波水位の確率論的評価手法に関する検討
 - － 計算ケース数の縮減手法に関する検討 －
 - ～機械学習（ディープラーニング）に関する手法の基礎的な調査～ 資料-2
 - (3) 地震を要因とする津波に関する検討
 - － 地震性津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討 －
 - ・津波の再現性指標に関する検討 資料-3-1
 - － 偶然的不確実さに関する検討 －
 - ・データに基づく確率分布の検討
 - ～日本海東縁部・海域活断層～ 資料-3-2
 - (4) 地震以外を要因とする津波に関する検討
 - 1) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討
 - ・地すべり津波実験 資料-4-1-1
 - ・初期波形評価方法の高度化 資料-4-1-2
 - 2) 地すべり津波解析手法の高度化の検討
 - ・富山湾海底地すべり 資料-4-2
 - 3) 地すべり津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討
 - ・南海トラフ沿いの確率論的地震ハザード解析 資料-4-3-1
 - ・地すべり津波試解析 資料-4-3-2
 - (5) その他

5. 議 事 :

(1) 2025 年度第 2 回津波評価小委員会議事録の確認

資料-1

○ 疑義等あれば幹事長および幹事団に連絡のこと。

(2) 津波解析手法の高度化に関する検討

・津波水位の確率論的評価手法に関する検討

－ 計算ケース数の縮減手法に関する検討 －

～機械学習（ディープラーニング）に関する手法の基礎的な調査～

資料-2

- Q p.12 で rate の変化を見るのは分かるが、rate の定義はトレーニングデータとテストデータの比ということか。
- A rate は N に対する割合であるため、例えば、10,000 ケースあり rate が 0.3 であれば 3,000 ケースをトレーニングデータとして使っている。
- Q p.12 のグラフだと、例えば rate が 0.2 だとすると、トレーニングデータの数が減るのは分かるが、テストデータの数字も変わると思う。
- A テストデータの数は増える。
- C p.12 では、トレーニングデータを減らしたときの影響を見たいのと思うが、テストデータが増えると変わってくるため、トレーニングデータの減少とテストデータの増加の両方が入っているように思う。今はトレーニングデータの減少によってどれくらい精度が維持できるのかを見たいのと思うため、rate が 0.2 のときと 0.4 のときで、トレーニングデータの数は減るが、テストデータの数は同じにしないと、テストデータの影響も入ってくるかと思う。
- A そのとおり。
- C AI であれば通常その手法を使うが、今回の目的に関して言えば、テストデータを共通にしないと、毎回 N が同じになると思う。テストデータを同じにしないと、トレーニングデータを減らしたときの効果がグラフでは表すことができないと思う。テストデータは全ての場合で共通にした方が、トレーニングデータを減少させたときの精度の維持がより分かると思う。
テストデータの数よりもトレーニングデータの数の方が敏感に反応するため、比較がおかしいと言っているわけではない。
- A 承知した。検討する。
- Q p.10 のドロップアウト率について、ベイズ最適化で記載の値になったと思うが、ドロップアウト率がかなり低いように見える。MLP は 10^{-4} もしくは 10^{-5} であるが、ほとんどドロップアウトしておらず、それが最適ということか。
- A 画像認識等の一般的なドロップアウト率の値は 0.2 程度であると認識していたが、今回は最適化の検討によりかなり小さくなった。
- Q 過学習等を抑えるためにドロップアウトを行うと思うが、今回のデータは過学習にならないということなのか。どのような構造で今回のような現象が起きるのか。
- A 過学習については、p.12 のグラフを見ても、トレーニングに対してテストが上がってくれば、過学習になると考えていたが、特にそのような傾向もなかったため、過学習自体は起きていない

と考えている。

Q MLPとCNNの入力について、初めにどれぐらいのデータを入れているのか。

A MLPであれば、p.6にある7つのパラメータを7次元のベクトルとして入れている。

C ドロップアウト率が一般的な画像認識等と比較するとかなり低く気になったため、理由が分かれば良いと思う。

A 承知した。検討する。

(3) 地震を要因とする津波に関する検討

－地震性津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討－

・津波の再現性指標に関する検討

資料-3-1

Q 波源の再現性で、波形を使うなど空間的なデータもあるので、これまでレビューされた文献の中で、再現の確認などの知見があれば教えていただきたい。

A インバージョンで断層のすべり分布を求める際、痕跡点と波形の記録の両方がある場合、それぞれの残差を取り、それらの重み付けということを行っている。波形に対してはRMSEを取ることが多いが、それ自体が本当に良いのかということは問題としては考えられるので、検討していきたい。

C 高さと波形で合わせた場合など、バージョンアップも提案できればと思う。また、委員会だけでなく国内外の学会でこの検討を知っていただければ。

Q 今回、凝集度で評価しているが、データそのものの信頼度や同じ地点でのデータのばらつきなどはどのように考えているのか。

A そこまでは本題のスコープには入っていないが、津波の痕跡高調査などであれば、最近は信頼度そのものの区分の調査もあるので、信頼できるものを取り出して使うというのは普通の手法であると考えている。

Q ある閾値以上のものを対象としているということか。

A 津波記録の場合、信頼度はA, B, C…といったランク分けになっている場合が多いため、ランクの選択による選別が一般的である。

Q 測定値の粗密について。粗密を補正するために重みを付けるのは理解したが、それにより、高い痕跡を重視することに対しては重み付けによりまらめてしまうような効果があるのではないか。

A p.10の※2にあるように偏在を補正すると、平均化した値をそのまま持っていくとおっしゃる通りのことが起きるかもしれない。

Q データの信頼性を考慮して、ということもあるとは思いますが、信頼度が高くて値として大きなものが下がってしまうのでは。

A 痕跡そのものというよりK, kを出すときに重みを下げているので消えてしまうわけではないが、p.7に示すGを使うときに、平均化したO, Cを使うのか、偏在は解決したとしてそのまま使うのかという問題が残る。ご指摘をいただいて認識したので考え直したい。

－ 偶然的な不確実さに関する検討 －

・データに基づく確率分布の検討

～日本海東縁部・海域活断層～

資料-3-2

- Q 日本海での重要なポイントは連動性であると思う。p.14 にスケーリング則があるが、連動性について今後の展望はあるか。
- A 連動に関するスケーリングを検討することもあるかと思う。また、いくつかのセグメントに分けた場合にどのように破壊が進むかについての検討もあるかと思うため、文献を追加して検討したいと思う。今回はスケーリングに関して報告した。
- C 連動性に関してはおそらく文献はないと思う。今回の知見や、日本海中部や南西沖なども丁寧に見て、活断層が場合によっては複数一緒に動く可能性をどのように捉えるのかについて重要かと思う。
- Q Mw を求めるときの剛性率は全てのモデルで同じとしているか。
- A 同じものを採用している。
- C 連動性について逆断層は確かにはないが、横ずれ断層については活断層によりどれぐらいの確率で連動するかなどを示した論文（Wesnousky）があるため、参考になればと思う。
- A 承知した。

(4) 地震以外を要因とする津波に関する検討

1) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討

・地すべり津波実験

資料-4-1-1

- C Slide と Slump について言葉と実現象に乖離があるため、外部での発表の際などは丁寧に説明していただくと成果がより広く理解され、議論の対象となると思う。
- A 以前もご意見いただいていた点なので、気を付けていきたい。
- Q H4, H5, H6 あたりで取られた水位のデータを使って Watts 式のアップデートなども可能か。
- A そこも大きな目的であるので、今後確認予定である。
- Q 緩勾配なので水位が数ミリのオーダーである。その場合、実験結果のばらつきはあるのか。また、何回か計測した平均を用いているのか。
- A 実験は 2 回行っている。ただし、重ね描くと大きな差はないので、それ以上行う必要はないと考えている。また、今は平均もしておらず、もし差があればやり直すなどの対応を考えている。コントロールされている実験条件なのでばらつきは少ない。
- C 陸上地すべりの実験なら差は出やすいと思うが、今回は違うので想像通りではある。

- Q どれを使ったら良いのかについては難しいと思うが、地すべり材料が粒状体と固定形状と 2 種類あり、この違いで予測の違いが出てくるかと思ったが、その比較はしているのか。
- A p.26 の G が粒状体で S が固定形状である。これらによる比較は実施していない。
- C 2 種類で分類して、2 種類で比較することは可能かと思う。例えば、Huber and Hager (1997)は粒状体であり、Huang et al. (2014)は固定形状であると思う。剛体の方がまともにはありそうという印象だった。また、パラメータの数で比較もできるかと思った。その辺りについても検討した方が良いかと思う。
- A 承知した。明確ではないが、粒状体と固定形状の水面に突入した時の水の運動に対するエネルギー伝達効率を分析したのがあり、粒状体の方が 3 割減になるというものがあったと思う。これも踏まえながら、検討する。
- Q 一連の検討として、最終的には初期波形を与えるということであると思うが、周期として求めるとそこから波長が求まり、 $T=0$ の段階で 1 波長分の波を与えるということを行っているという理解で良いか。
- A そのとおり。p.6 の図で下降波の部分が斜面にかかっている場合と沖合にある場合で、初期の波のエネルギーが変わってくるため、どのような考えで設定すべきかについて整理したいと思う。
- C p.6 で式としては ac が求まるが、 ac の 2 倍にするのかなど、波高としてどのように与えるのか気になった。
- A p.7 の Watts 式を応用すると、 κ' が上向きの波と下向きの波の振幅の比率になる。 $\kappa'=1$ 程度として大体同じにする場合が多い。p.8 の研究で言うと、突入速度が大きく非線形性が高くなると、上昇振幅に対して下降振幅が小さくなる。 Fr 数が大きいと、下側が小さくなり上側しかないような波に近づいていくということが示されており、p.8 の研究の中でそのような比率の式も示されていたかと思うので、そのようなことも踏まえて検討する。
- C 水深によって孤立波のように水位がほとんど出ない場合もあるし、水位がある程度大きくなれば海底地すべりのように負の方が大きくなる場合もあるかと思っており、複雑になるかと思う。その辺りについても分かると良いと思う。
- A 承知した。
- Q 今回の検討状況は分かるが、基本的に地すべりは複雑であるため、このような理論式で与えることがどのような位置づけになるのか。役割が分からない。
- A 物理を反映した二層流等で解く方がより精度が高いと思うが、確率論でかなり多量の計算をやる必要がある場合にこのようなものを使い、それらが合わない部分については κ のようなもので見るという体系もあると考えている。
- C 地すべりは複雑であり、元々 3 次元であるため、簡単にしすぎるのは課題である。

2) 地すべり津波解析手法の高度化の検討

・富山湾海底地すべり

資料-4-2

- C 2点ある。1点目は、p.17の波形の比較について。15分くらいの過少評価について、海上保安庁の調査でより西側の高岡市などでの地形変化が確認され、水深の差という画像もある。<https://www.jishin.go.jp/main/suihon/erc408/erc408-10.pdf> 2つ目は、p.14のような方法について。このようなデータがあれば良いなとは思っていたが、イベント後の調査によるものなので、良い結果は得られる。しかし、高度化という目的に立ち返って、このような結果が無くても高度化できると思う。p.8のBとCの領域について、我々も計算したが、隆起を仮定しないと短周期の波や関係の無い波も出てきてしまい、変な結果となってしまった。p.17の波形の比較についても、高岡市や氷見市から来るのではないかと思うので試してみたい。
- A 承知した。
- Q 地すべりの運動像について教えていただきたい。面積に比べて厚さが薄そうな気がする。面積で示されている領域が、一回で動くのか細切れで動くのか、また、それは解析に影響を及ぼすのかが気になる。
- A 二層流モデルの中で水の層と土砂の層の相互作用と摩擦が起こり、そこにパラメータを設定している。底面との摩擦を小さくすると、土砂が一気にすべるような様子となる。実際の崩壊の様相については、崩壊後の物質は観測できるが崩壊の様子をとらえるのは難しい。あくまでモデルの再現の中の話としているが、摩擦が少なくなると水位が高くなることは考えられる。その点では、先行研究を参照して二層流モデルのパラメータを一つに設定しているが、摩擦が少なくガツとすべるようなパラメータも設定していくのも、検討の一つかと思う。
- C 運動像の解釈は難しいが、残ったものやすべり落ちたものの形はヒントになる。おそらく、下に何も残っていないなら、一体に動いているのではなく、細切れにすべったのではないか。土砂災害で道路のきわが切れて、大規模な地すべりに発展することもあり得る。そのため、いろいろなパターンのシミュレーションを試してみたいのではないか。
- A 承知した。
- Q p.17について、時間差を考慮しているが地すべりが起きていない場合の計算はしているのか。
- A 計算していない。地すべり単体の計算をずらして重ねている。
- C 最終的にはしないといけないと思う。20分くらいから到達すると書いてあるが、そのあたりが妙にスムーズであり、観測波形を疑っても仕方ない、あまりイメージできない。地すべりが起きていない場合と観測波形を比べてみてから、地すべりを入れたほうが観測波形に合うから取り入れる、という流れが良いと思う。
- C p.7のYanagisawa et al.(2024)である程度見えないか。断層のみとSL1を加えた結果が記載されており、その差分が地すべり単体である。
- Q これをさっきの絵と重ねればいいのか。

- A 今回の結果と Yanagisawa et al.(2024)の結果では、地すべりのところがどのようになっているかは分からないが、重畳計算をすると、津波が重なってくる時間はこのようになってくると思う。
- Q 最終的には、地すべり単体の計算はしないということか。
- A 検討の趣旨として、近い場所の地形について層厚を再現する形で崩した場合に、最初に到達した水位変動のタイミングが合うのか、というところに着目しているので行わない予定である。
- C 趣旨については理解しているが、最終的には重なっている計算結果を見てみたいのでご検討いただきたい。

3) 地すべり津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討

・南海トラフ沿いの確率論的地震ハザード解析

資料-4-3-1

- Q p.6 で、3 つのサイトにおける主な差異とあるが、ここで差異をあげたのは今後の重要要因となり得るからあげたのか。
- A そのような意図はない。ただ 3 地点で差がでたというだけである。
- C 主な差異としてあげている部分は、 $\pm 3\sigma$ でトランケートしていることが影響しており、サイト A, B, C のトランケートにおける規模の大きさが違うということである。物理的に意味はないため、敢えてここで書く必要はないと思う。
- 主な差異が次の津波のシミュレーションに影響するようなものであれば明確にする必要があるが、津波のシミュレーションに影響がなければ、超過確率が異なるということを示す必要はなく、ここで考察しない方が良いと思う。
- A 承知した。

・地すべり津波試解析

資料-4-3-2

- Q 界面抵抗力的について、0 と 0.2 の 2 種類としているが、界面抵抗というのは普通に考えてあるべきもののなのか、無くてもいいのか。
- A 過去に再現計算をしている論文の中では 0.2 が一番大きい。先ほどの能登半島地震の再現計算でも 0.2 が用いられている。今回の SlideA での地すべりで検討すると、0 と 0.2 では結果に大きな差があったが、実験の再現計算では界面抵抗力的についての比較をしてみてもいいかもしれない。
- Q 物理的に考えて存在しているべきもののなのか。
- A 下の土砂が動くときに上の水もせん断力で引っ張られるものなので存在していると考え。
- Q 0 より値があったほうが良いように思うが、もっと大きいということはないのか。
- A 文献の中で一番大きいのが 0.2 である。

(5) その他

- 特段の議論なし。

以 上