

海溝型地震の長期評価に関する資料

前回の長期評価部会・海溝型分科会（第二期）・長期確率評価手法検討分科会（第二期） 合同会(9/26)を受けた今回の議論のポイント

【時間予測BPTモデルの式】

①データの不確実性を考慮した時間予測BPTモデルの検討

→第4回長期確率評価手法検討分科会（第二期）(11/20)にて検討→**本会議参考資料3**

【歴史史料データ（宝永地震・安政地震）に基づく隆起量データのデータ確率分布】

②橋本ほか(2024)に関連する論文のレビュー

③データ確率分布の提案と確認

文献毎の重み、計測尺の解釈による重みを検討

【昭和南海地震の隆起量データのデータ確率分布】

④データ確率分布の提案と確認

データ種類の重み、補正方法毎の重みを検討

【報告書改訂イメージ】

⑤報告書改訂の方向性の確認

- ・時間予測BPTに関する記載

- ・平均活動間隔BPT確率値の時点更新 (○%→○%)

- ・両論（時間予測BPTと平均活動間隔BPT）併記でよいか？

中田・島崎(2024)

「橋本・小沢・加納論文「久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討」に対する討議」と

橋本ほか(2024b)

「「久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討」(Vol.42 No.4)に対する中田高氏・島崎邦彦氏からのコメントに対して」の主な主張部分の対比表

まとめ	橋本ほか(2024a)	討議：中田・島崎(2024)	討論：橋本ほか(2024b)
1	宝永地震前後の測深データは久保野家文書のオリジナルではなく、村役人(「郷庄や」)の記録の写しあつたこと	港の測深は久保野家の役目ではない。室津港は土佐藩直轄の港であり、土佐藩の役人が常駐する港役所が置かれていた。 村役人の記録の写しあつても計測値は十分に信頼できるものといえる。	どのような管理がなされていたか情報が示されていない以上、水深データとして信頼できるとするのは推測に過ぎない。また、一般論として、写された史料は、原本より信頼性が劣る。
2	このため、測深に関する詳細な情報は残っていないこと	測深に関する詳細な情報は多くは残されていないが、潮位観測を継続的に行っていることから、寸単位の測深結果は信頼できるものであり、その精度は高いと考えられる。	やはり測定方法や測定地点などの情報を示しておらず、推論にすぎない。 誤差評価に関しては、橋本・他(2024)でも詳しく述べており、結果的に尺オーダーの誤差があらわることを示しているが、この点についても中田・島崎(2024)では言及されていない。
3	開港以来宝永地震前後も含め、毎年のように年間数千人規模の人員を調達して、工事を行っていたこと	1685年以降、室津港において年に数千人の人が夫役についていたことが「室津港沿革史」などに記されている。 彼らは入舟水主、漁船水主、定夫などの役務についており、港の工事が主たる役目ではない。夫役の人数は宝永地震直後で急減し、その後も地震前の人数には達しておらず、港の工事のために夫役の多くの人が関わったとする主張は誇張と言える。 夫役の人数の推移から(図3)、宝永地震後の港の掘り下げを伴う大改修が安永年間(1772-1780年)に多く人々を使って藩の直轄で実施されたことがわかる。今村(1930)が「手鏡」の記述を見て「其後(明和西の次に)」とした港の深さは、この大改修後(記録が残る1778年以降)の深さと考えるのが妥当であろう。 港を運用しながら港内の岩盤を深く掘り下げる工事を行うことは考えられない。	『室戸港沿革史』には、1854年安政地震後にも大改修がなされたとあるが、中田・島崎(2024)ではこの時期の夫役は安永年間の大改修とは比較にならない少人数となっている。図1に示すように、1700年代前半には波戸の破損等に伴う修繕工事や浚渫が、かなりの頻度で行なわれてあり、これらが水深測定地点の環境に影響を与えた可能性は否定できない。特に、港口においては、算用バエの除去という大きな作業が行われており、取り扱いに十分な注意が必要である。 『室戸町誌』(室戸町誌編集委員会、1962)によると、安永年間の大改修時の1772年と1778年は、鰯漁が大漁であったとの記載があり、この期間も湊が運用されていた可能性がある。
4	宝永地震前の測深の時期が不明であること	地震前の測深の時期は特定されていないが、土佐藩の役人が継続的に港の深さの計測を行なっていたと考えられる。 元禄13年(1700年)に幕府に献上された元禄土佐国絵図(国立公文書館デジタルアーカイブ)にも室津港の深さが記されていることから、「手鏡」に記された宝永地震前の港の深さが、元禄国絵図献上後の宝永地震に近い時期の測深記録である可能性は高い。	『手鏡』には「先年湊大変以前」と記載されており、明確に「宝永四亥年」とは書かれていません。元禄の幕府へ献上した『土佐国絵図』(オーテビア高知図書館・高知みらい科学館、2021)の水深と調和的である(図1)、橋本・他(2024)も宝永地震以前とした。しかし、橋本・他(2024)で指摘したように、『室戸港沿革史』などには「宝永六丑年」という記載があり、史料の間に齟齬があることから、断定するのは拙速である。
5	安政地震についても測定の時期等の情報が残っていないこと	時期は示されていない。しかし、地震時以外の隆起が含まれているとは考えにくい。	史料として残っていない以上、あくまで推測の域を出ない。
6	長さの基準に問題があること	公的な測量には普請用の竿を使用するのが当然であり、地方之竿を用いて港の広さや深さを測量したとする記述はどの資料にも残っていない。 測深には「丈」が用いられており、「間」を用いる陸上用の竿を敢えて用いたとしても考え難い。	中田・島崎(2024)は普請方の竿を用いて基準としたと考えているが、彼らが指摘しているとおりこれに関する史料は見つかっていない。したがって、水深を議論する上では、あらゆる可能性を考慮して評価する必要があると考える。 単位に注目するならば、元禄の『土佐国絵図』(オーテビア高知図書館・高知みらい科学館、2021)では「尋」を用いているのに、なぜ『手鏡』では「丈」を用いているのだろうか?
7	上記の事項が今村(1930b)では報告されていないこと	今村(1930)は、橋本・他(2024)が吟味した資料を深く検討しなかったと思われるが、引用した資料については間違った解釈はしていない。	今村(1930)は『手鏡』や『室津港手鏡』(久保野家資料9-2、高知城歴史博物館蔵)にある当該の記載を全て引用している訳ではない。 史料の信頼性を評価する上で重要な情報であるにもかかわらず、読者に提供していないことは批判されるべきである。 橋本・他(2024)で紹介したとおり、今村は室戸岬の隆起に関して、1930年に3編、1933年に1編、論文を発表している。久保野家文書が紹介されているのは、1930年の今村の2番目の論文である(今村、1930)。ところが、1933年の論文では、「六尺程度」とされている(今村、1933)。ただし、その理由は述べられていない。
8	他の史料の記載も総合し、宝永地震による室津港の隆起は、1.4~2.4 mの範囲内にあると推定されること	最小の数値は、上述した農村部での竿を測深に使ったと仮定した数値である。大きな数値は、伝聞や噂話程度(柴田、2017)の数値のうち最大値を示したもので、地震前の港の深さを考えると、あり得ないほど大きな数値である。 今村(1930)の宝永地震後の港の深さは、泥土の浚渫の影響を受けた可能性を排除できないことから、この深さを用いて隆起量を推定する方法には再検討が必要である。	現状使用可能な情報から水深の範囲を推定することとした。 「あらゆる可能性を考慮する」とする基本的な方針に沿って、久保野家文書の数値を絶対的な物とせず、他の文献の情報と同等に扱うこととした。

中田・島崎(2024) 「橋本・小沢・加納論文「久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討」に対する討議」と
橋本ほか(2024b) 「「久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討」(Vol.42 No.4)に対する中田高氏・島崎邦彦氏からのコメントに対して」の主な主張抜粋の対比表（抜粋）

まとめ	橋本ほか(2024a)	討議：中田・島崎(2024)	討論：橋本ほか(2024b)
4	宝永地震前の測深の時期が不明であること	<p>地震前の測深の時期は特定されてはいないが、土佐藩の役人が継続的に港の深さの計測を行なっていたと考えられる。</p> <p>元禄13年（1700年）に幕府に献上された元禄土佐国絵図（国立公文書館デジタルアーカイブ）にも室津港の深さが記されていることから、「手鏡」に記された宝永地震の前の港の深さが、元禄国絵図献上後の宝永地震に近い時期の測深記録である可能性は高い。</p>	<p>『手鏡』には「先年湊大変以前」と記載されており、明確に「宝永四亥年」とは書かれていません。元禄の幕府へ献上した『土佐国絵図』（オーテピア高知図書館・高知みらい科学館, 2021）の水深と調和的である（図1）、橋本・他（2024）も宝永地震以前とした。しかし、橋本・他（2024）で指摘したように、『室戸港沿革史』などには「宝永六丑年」という記載があり、史料の間に齟齬があることから、断定するのは拙速である。</p>
6	長さの基準に問題があること	<p>公的な測量には普請用の竿を使用するのが当然であり、地方之竿を用いて港の広さや深さを測量したとする記述はどの資料にも残っていない。</p> <p>測深には「丈」が用いられており、「間」を用いる陸上用の竿を敢えて用いたとしても考え難い。</p>	<p>中田・島崎（2024）は普請方の竿を用いて基準としたと考えているが、彼らが指摘しているとおりこれに関する史料は見つかっていない。したがって、水深を議論する上では、あらゆる可能性を考慮して評価する必要があると考える。</p> <p>単位に注目するならば、元禄の『土佐国絵図』（オーテピア高知図書館・高知みらい科学館, 2021）では「尋」を用いているのに、なぜ『手鏡』では「丈」を用いているのだろうか？</p>
8	他の史料の記載も総合し、宝永地震による室津港の隆起は、1.4～2.4 mの範囲内にあると推定されること	<p>最小の数値は、上述した農村部での竿を測深に使ったと仮定した数値である。</p> <p>大きな数値は、伝聞や噂話程度（柴田, 2017）の数値のうち最大値を示したもので、地震前の港の深さを考えると、あり得ないほど大きな数値である。</p> <p>今村（1930）の宝永地震後の港の深さは、泥土の浚渫の影響を受けた可能性を排除できないことから、この深さを用いて隆起量を推定する方法には再検討が必要である。</p>	<p>現状使用可能な情報から水深の範囲を推定することとした。</p> <p>「あらゆる可能性を考慮する」とする基本的な方針に沿って、久保野家文書の数値を絶対的な物とせず、他の文献の情報と同等に扱うこととした。</p>

1. 宝永地震ア. 久保野家文書 : $1.4 \sim 1.5m \pm 0.3m$ ① $1.7 \sim 1.9m \pm 0.5m$ ②イ. 万変記 : $2.1 \sim 2.4m$ ③

それぞれのデータ確率分布も参考にして、
どの分布を採用するかを決める

A. 正規分布の場合 : ①→ $1.45m \pm 0.3m$ (1σ : $1.15 \sim 1.75m$)②→ $1.8m \pm 0.5m$ (1σ : $1.3 \sim 2.3m$)③→ $2.25m \pm 0.075m$ (2σ : $2.1 \sim 2.4m$)B. 一様分布 + 正規分布の場合 ①→ $1.4 \sim 1.5m$ は一様分布、 $\pm 0.3m$ を 1σ ($1.1 \sim 1.8m$) とする②→ $1.7 \sim 1.9m$ は一様分布、 $\pm 0.5m$ を 1σ ($1.2 \sim 2.4m$) とする③→ $2.1 \sim 2.4m$ は一様分布

重み ① : ② : ③ = 1 : 2 : 3 (ア : イ = 1 : 1 とする)

σ の設定が妥当か?
※ $2\sigma \rightarrow 1\sigma$ にした場合も表示

2. 安政地震ウ. 手鏡 : $1.0m \pm 0.3m$ ④ (⑤を0.8掛けした場合) $1.2m \pm 0.5m$ ⑤エ. 土佐國 : $0.9 \sim 1.2m$ ⑥

(土佐國大地震并御城下大火事且大汐入之實錄之事)

重みの設定が妥当か?
※1:1:2にした場合も表示

C. 正規分布の場合 : ④→ $1.0m \pm 0.3m$ (1σ : $0.7 \sim 1.3m$)⑤→ $1.2m \pm 0.5m$ (1σ : $0.7 \sim 1.7m$)⑥→ $1.05m \pm 0.075m$ (2σ : $0.9 \sim 1.2m$)

①と同様に「手鏡」の0.8掛けした
データ④を準備したが、必要か?

D. 一様分布 + 正規分布の場合 ④→ $1.0m \pm 0.3m$ (1σ : $0.7 \sim 1.3m$)⑤→ $1.2m \pm 0.5m$ (1σ : $0.7 \sim 1.7m$)⑥→ $0.9 \sim 1.2m$ は一様分布

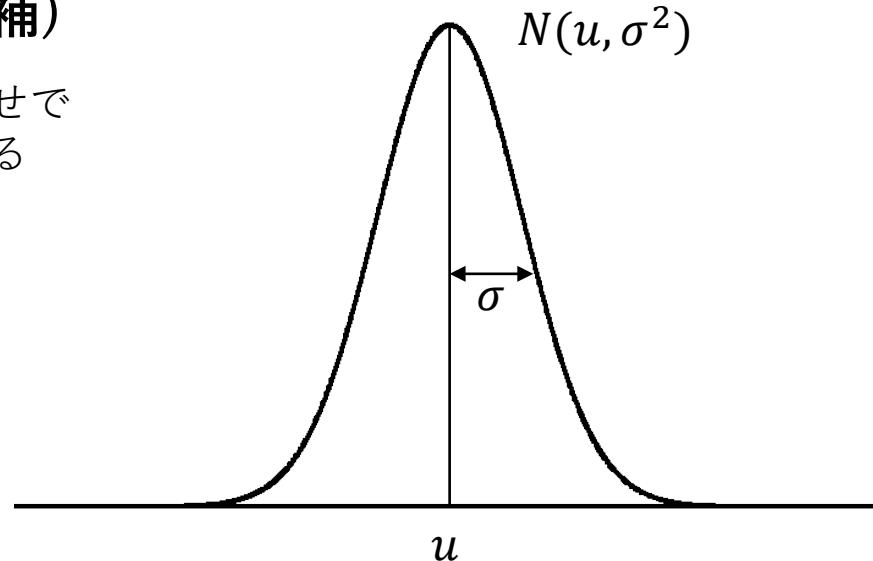
重み ④ : ⑤ : ⑥ = 1 : 1 : 2 (ウ : エ = 1 : 1 とする)

重みの設定が妥当か?
※0:1:1にした場合も表示

データの確率分布の構成要素(候補)

これらの組み合わせで事前分布を設計する

正規分布(1)



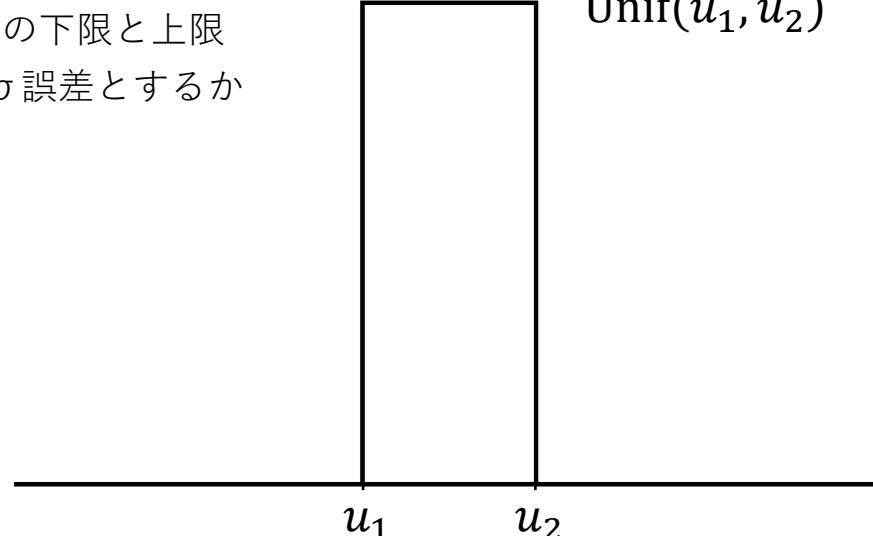
u :データ測定値

σ :データ誤差

u_1, u_2 :データ測定値の下限と上限

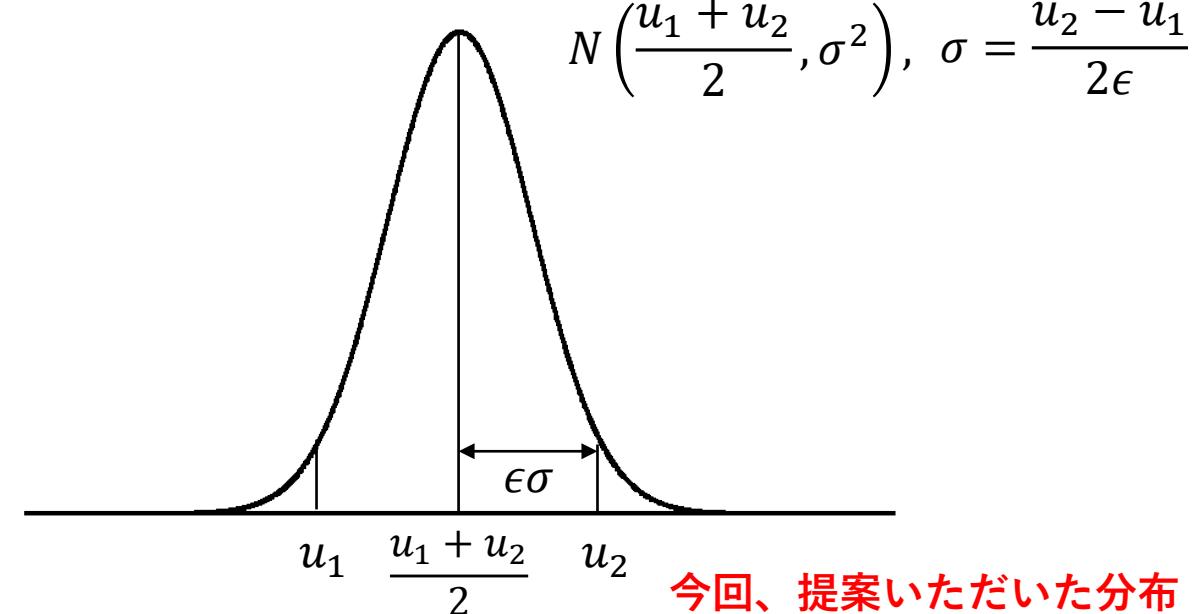
ϵ :データの範囲を何 σ 誤差とするか

Unif(u_1, u_2)



一様分布

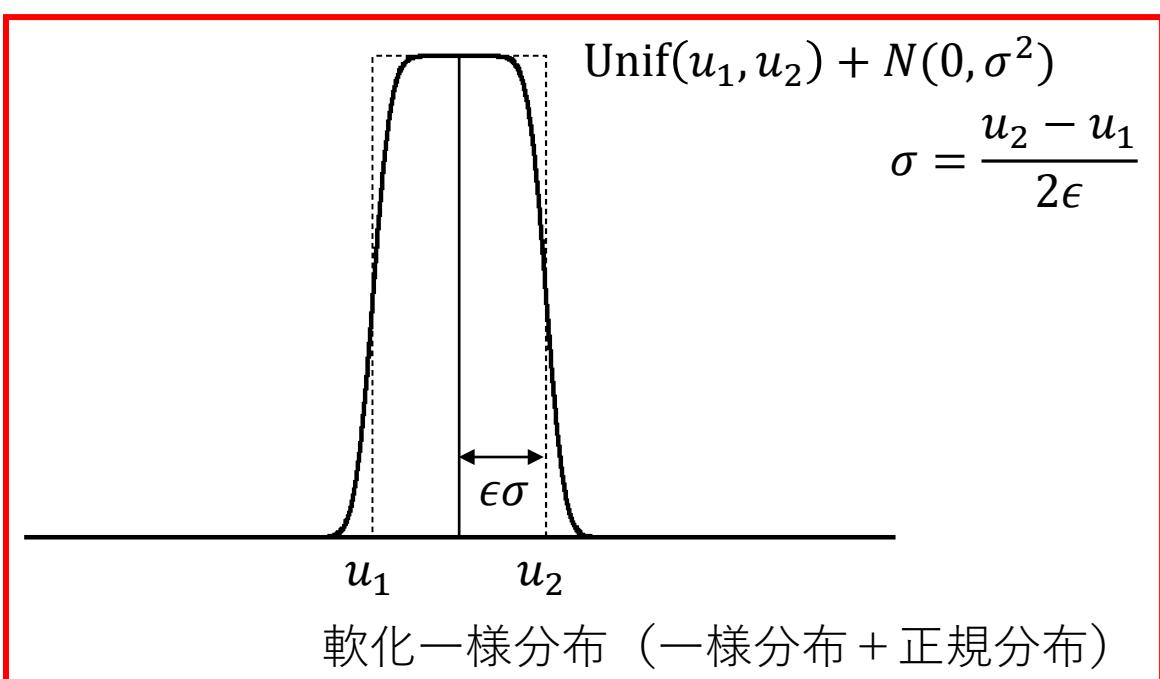
正規分布(2)



今回、提案いただいた分布

Unif(u_1, u_2) + $N(0, \sigma^2)$

$$\sigma = \frac{u_2 - u_1}{2\epsilon}$$

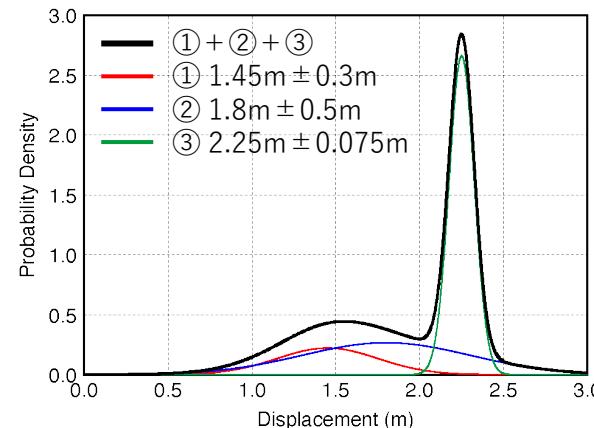


軟化一様分布 (一様分布 + 正規分布)

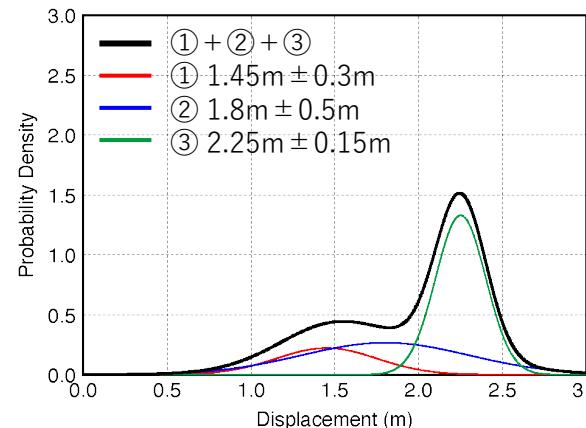
宝永地震の隆起量

①久保野家($\times 0.8$) : ②久保野家 : ③万変記 = 1 : 2 : 3

正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)

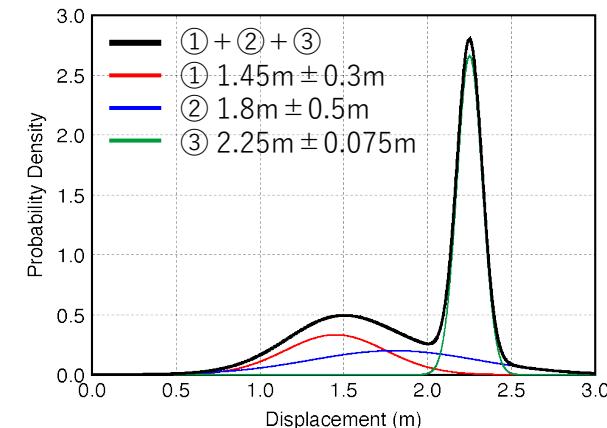


正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

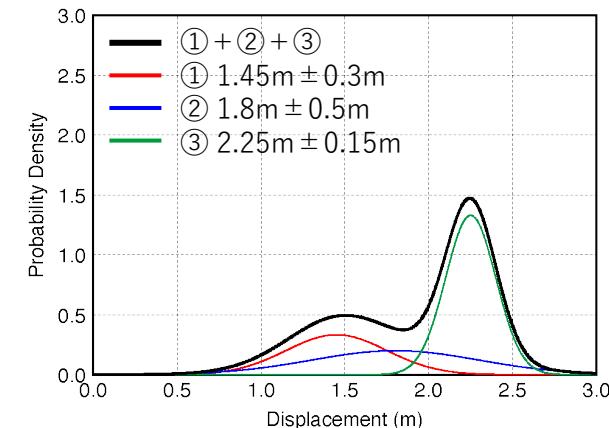


①久保野家($\times 0.8$) : ②久保野家 : ③万変記 = 1 : 1 : 2

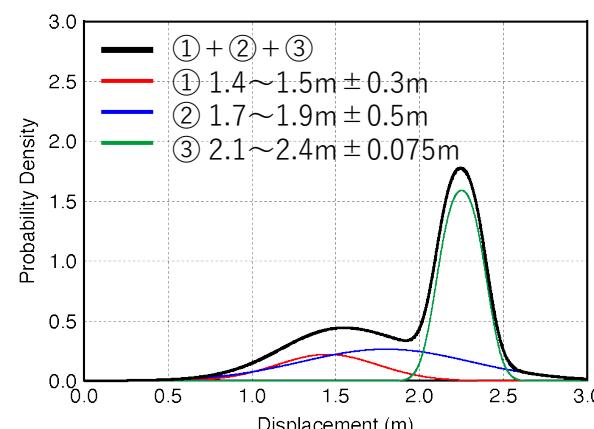
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



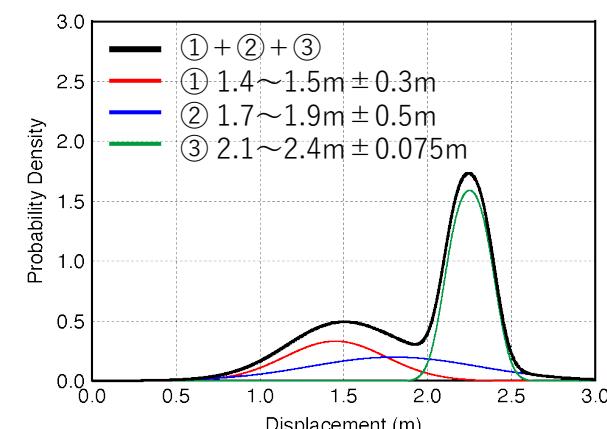
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



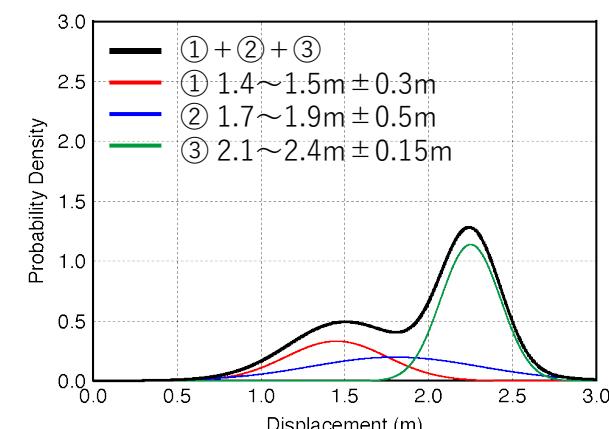
軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



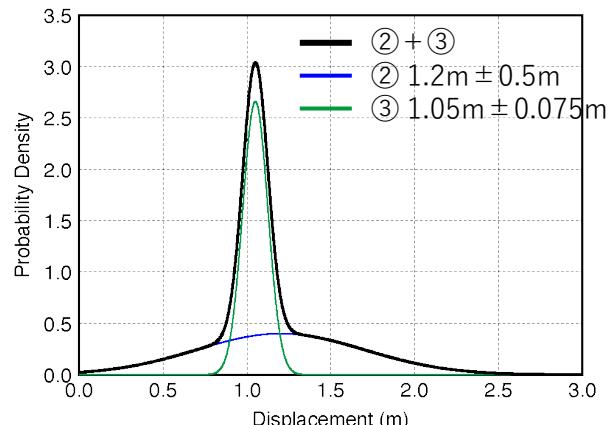
軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

安政地震の隆起量

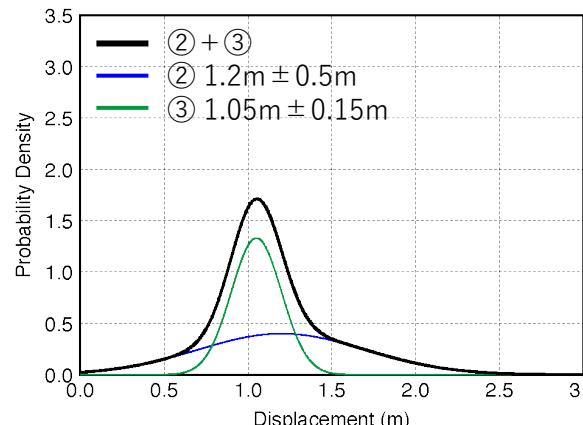
×0.8なし

①手鏡(×0.8) : ②手鏡 : ③土佐國 = 0 : 1 : 1

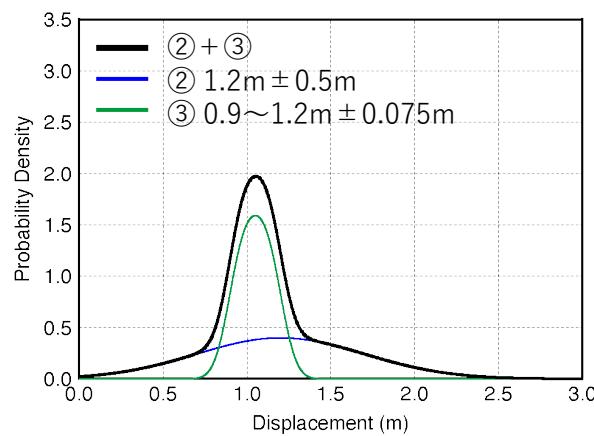
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



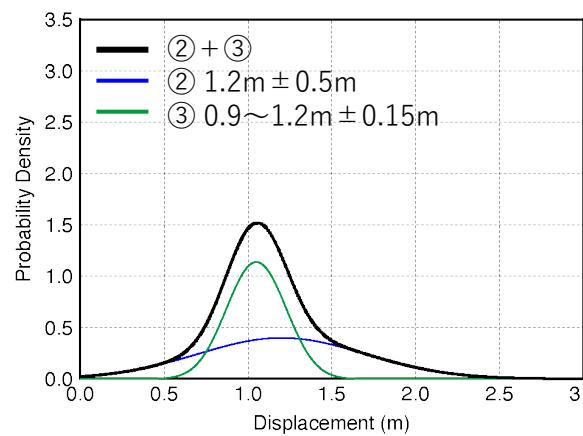
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



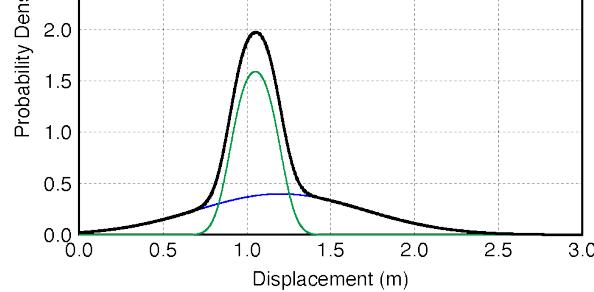
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



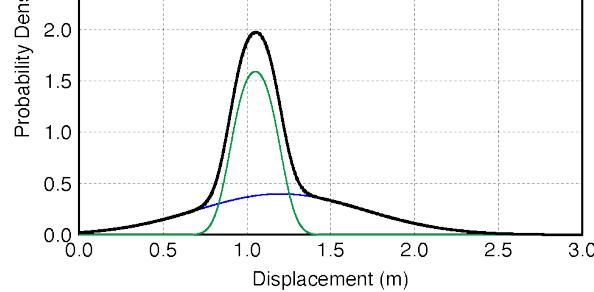
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)

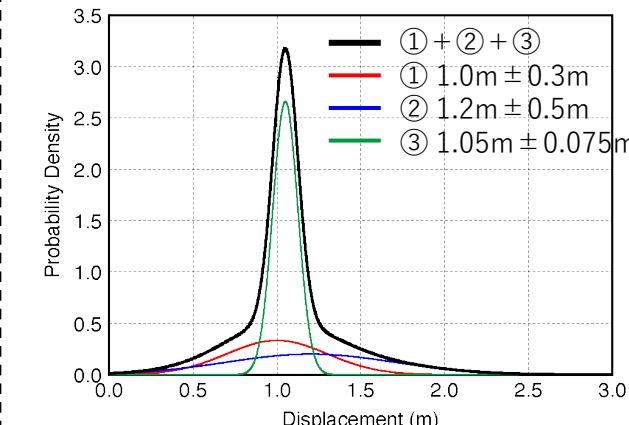


軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

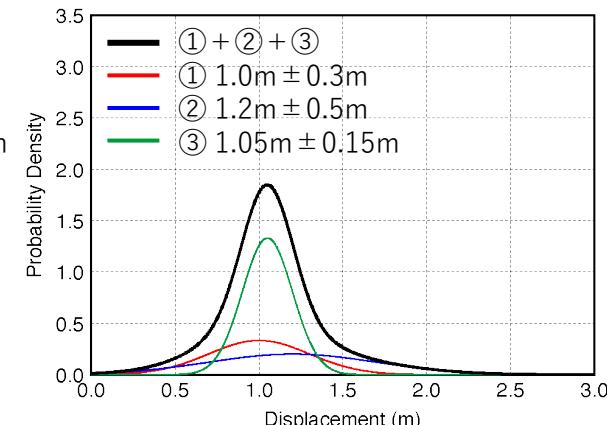


①手鏡(×0.8) : ②手鏡 : ③土佐國 = 1 : 1 : 2

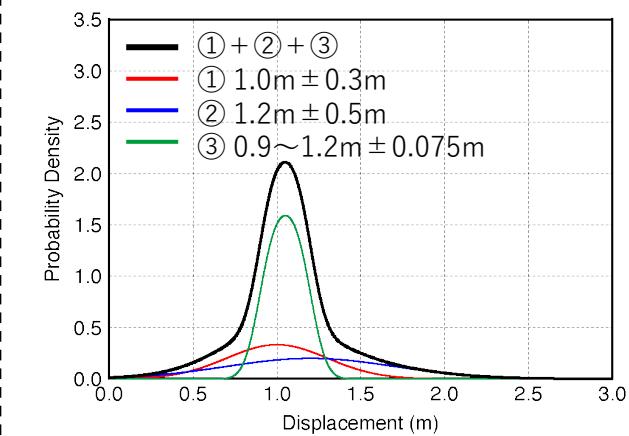
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



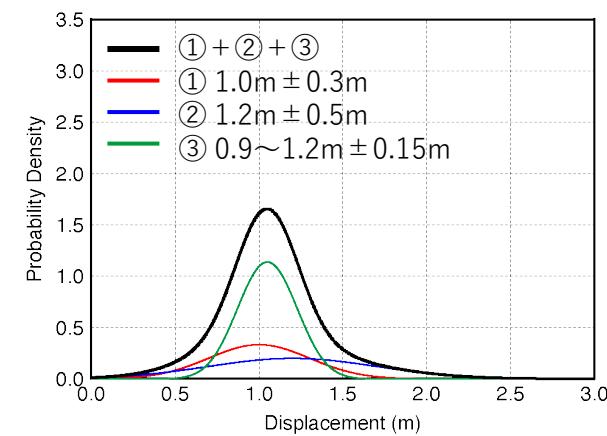
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



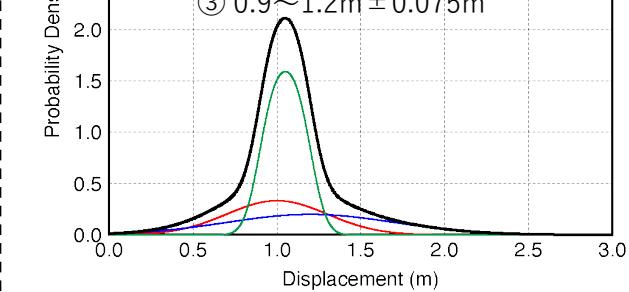
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 2\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

★最終的な誤差の見積もり

昭和南海地震（沢村1953）の誤差 = 位置の誤差 + 余効変動の誤差 + 測定方法の誤差

昭和南海地震（水準測量データ）の誤差 = 位置の誤差 + 余効 + 地震間の変動の誤差

○沢村(1953)の津呂港の隆起量：115cm①

位置による補正と誤差 1 : $-39.2\text{mm} \pm 5.0\text{mm}$ ② ~ $-93.8\text{mm} \pm 7.1\text{mm}$ ③位置による補正と誤差 2 : $-66.5\text{mm} \pm 27.8\text{mm}$ ②'

余効変動による誤差 1 : 2.7mm④

余効変動による誤差 2 : -4.8mm④'

測定方法の誤差 : -10cm程度⑤ (Hashimoto,2022)

室津港の隆起量 1 → $95.9\text{cm} \pm 7.1\text{mm}$ (① + ③ + ④ + ⑤) ~ $111.4\text{cm} \pm 5.0\text{mm}$ (① + ② + ④)室津港の隆起量 2 → $98.6\text{cm} \pm 27.8\text{mm}$ (① + ②' + ④ + ⑤) ~ $108.6\text{cm} \pm 27.8\text{mm}$ (① + ②' + ④)室津港の隆起量 3 → $95.1\text{cm} \pm 7.1\text{mm}$ (① + ③ + ④' + ⑤) ~ $110.6\text{cm} \pm 5.0\text{mm}$ (① + ② + ④')室津港の隆起量 4 → $97.9\text{cm} \pm 27.8\text{mm}$ (① + ②' + ④' + ⑤) ~ $107.9\text{cm} \pm 27.8\text{mm}$ (① + ②' + ④')

○Satake(1993)の水準点5145の隆起量：800.2mm±36.8mm⑥

位置による補正と誤差 1 : $50.1\text{mm} \pm 5.1\text{mm}$ ⑦ ~ $104.7\text{mm} \pm 7.2\text{mm}$ ⑧位置による補正と誤差 2 : $77.4\text{mm} \pm 27.8\text{mm}$ ⑦'

余効 + 地震間の変動の誤差 1 : 74.0mm⑨ ~ 148.0mm⑩

余効 + 地震間の変動の誤差 2 : 132.2mm⑨'

室津港の隆起量 1 → $92.4\text{cm} \pm 37.2\text{mm}$ (⑥ + ⑦ + ⑨) ~ $105.3\text{cm} \pm 37.5\text{mm}$ (⑥ + ⑧ + ⑩)室津港の隆起量 2 → $95.2\text{cm} \pm 46.1\text{mm}$ (⑥ + ⑦' + ⑨) ~ $102.6\text{cm} \pm 46.1\text{mm}$ (⑥ + ⑦' + ⑩)室津港の隆起量 3 → $98.3\text{cm} \pm 37.2\text{mm}$ (⑥ + ⑦ + ⑨') ~ $103.7\text{cm} \pm 37.5\text{mm}$ (⑥ + ⑧ + ⑨')室津港の隆起量 4 → $101.0\text{cm} \pm 46.1\text{mm}$ (⑥ + ⑦' + ⑨')

1946年昭和南海地震の室津港の隆起量の誤差の見積もり（修正）

★最終的な誤差の見積もり

$$\begin{aligned}\text{昭和南海地震 (沢村1953) の誤差} &= (\text{位置による補正と誤差}) + (\text{余効変動の補正}) + (\text{海面変動による補正と誤差}) \\ \text{昭和南海地震 (水準測量データ) の誤差} &= (\text{位置による補正と誤差}) + (\text{余効} + \text{地震間の変動の補正})\end{aligned}$$

○沢村(1953)の津呂港の隆起量：115cm ①

位置による補正と誤差 1 : $-93.8\text{mm} \pm 7.1\text{mm}$ ②～ $-39.2\text{mm} \pm 5.0\text{mm}$ ②'

位置による補正と誤差 2 : $-66.5\text{mm} \pm 27.8\text{mm}$ ③

余効変動による補正 1 : 2.7mm ④

余効変動による補正 2 : -4.8mm ⑤

海面変動による補正と誤差 : $-50\text{mm} \pm 50\text{mm}$ ⑥ ※最大-10cm程度の海面変動 (Hashimoto,2022) を考慮

室津港の隆起量 1 → $100.9\text{cm} \pm 5.1\text{cm}$ (①+②+④+⑥) ~ $106.3\text{cm} \pm 5.0\text{cm}$ (①+②'+④+⑥)

室津港の隆起量 2 → $100.1\text{cm} \pm 5.1\text{cm}$ (①+②+⑤+⑥) ~ $105.6\text{cm} \pm 5.0\text{cm}$ (①+②'+⑤+⑥)

室津港の隆起量 3 → $103.6\text{cm} \pm 5.7\text{cm}$ (①+③+④+⑥)

室津港の隆起量 4 → $102.9\text{cm} \pm 5.7\text{cm}$ (①+③+⑤+⑥)

○Satake(1993)の水準点5145の隆起量：800.2mm±36.8mm ⑦

位置による補正と誤差 1 : $50.1\text{mm} \pm 5.1\text{mm}$ ⑧～ $104.7\text{mm} \pm 7.2\text{mm}$ ⑧'

位置による補正と誤差 2 : $77.4\text{mm} \pm 27.8\text{mm}$ ⑨

余効+地震間の変動の補正 1 : 74.0mm ⑩～ 148.0mm ⑩'

余効+地震間の変動の補正 2 : 132.2mm ⑪

室津港の隆起量 1 → $92.4\text{cm} \pm 3.7\text{cm}$ (⑦+⑧+⑩) ~ $105.3\text{cm} \pm 3.8\text{cm}$ (⑦+⑧'+⑩')

室津港の隆起量 2 → $98.3\text{cm} \pm 3.7\text{cm}$ (⑦+⑧+⑪) ~ $103.7\text{cm} \pm 3.8\text{cm}$ (⑦+⑧'+⑪)

室津港の隆起量 3 → $95.2\text{cm} \pm 4.6\text{cm}$ (⑦+⑨+⑩) ~ $102.6\text{cm} \pm 4.6\text{cm}$ (⑦+⑨+⑩')

室津港の隆起量 4 → $101.0\text{cm} \pm 4.6\text{cm}$ (⑦+⑨+⑪)

昭和南海地震の隆起量

★昭和南海地震における室津港の隆起量データまとめ

○港の測深データ

室津港の隆起量 1 → $100.9\text{cm} \pm 5.1\text{cm} \sim 106.3\text{cm} \pm 5.0\text{cm}$

室津港の隆起量 2 → $100.1\text{cm} \pm 5.1\text{cm} \sim 105.6\text{cm} \pm 5.0\text{cm}$

室津港の隆起量 3 → $103.6\text{cm} \pm 5.7\text{cm}$

室津港の隆起量 4 → $102.9\text{cm} \pm 5.7\text{cm}$

○水準測量データ

室津港の隆起量 1 → $92.4\text{cm} \pm 3.7\text{cm} \sim 105.3\text{cm} \pm 3.8\text{cm}$

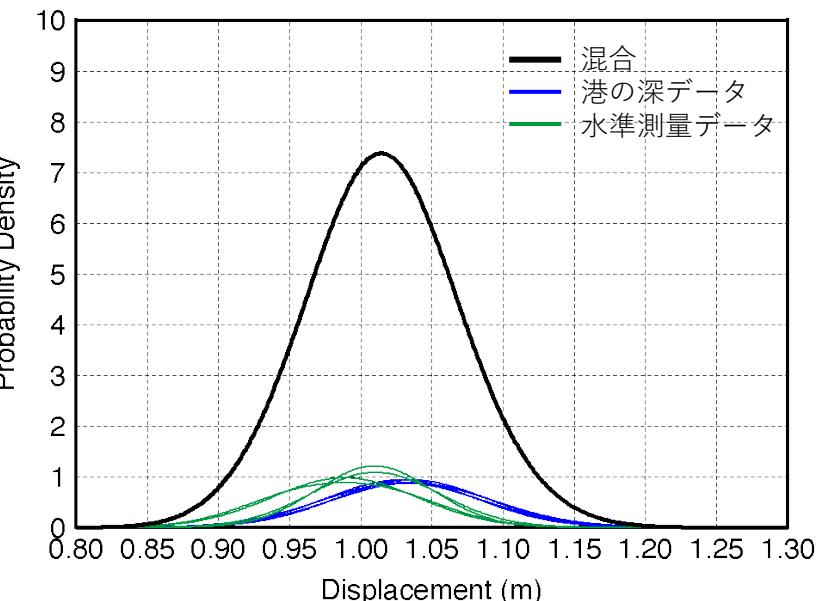
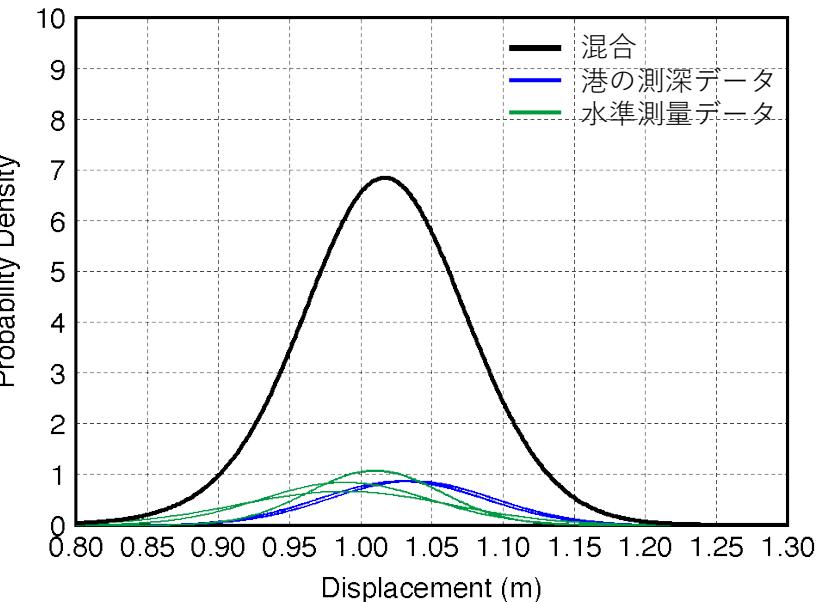
室津港の隆起量 2 → $98.3\text{cm} \pm 3.7\text{cm} \sim 103.7\text{cm} \pm 3.8\text{cm}$

室津港の隆起量 3 → $95.2\text{cm} \pm 4.6\text{cm} \sim 102.6\text{cm} \pm 4.6\text{cm}$

室津港の隆起量 4 → $101.0\text{cm} \pm 4.6\text{cm}$

昭和・宝永と同様、正規分布のみと軟化一様分布を採用した分布を検討。

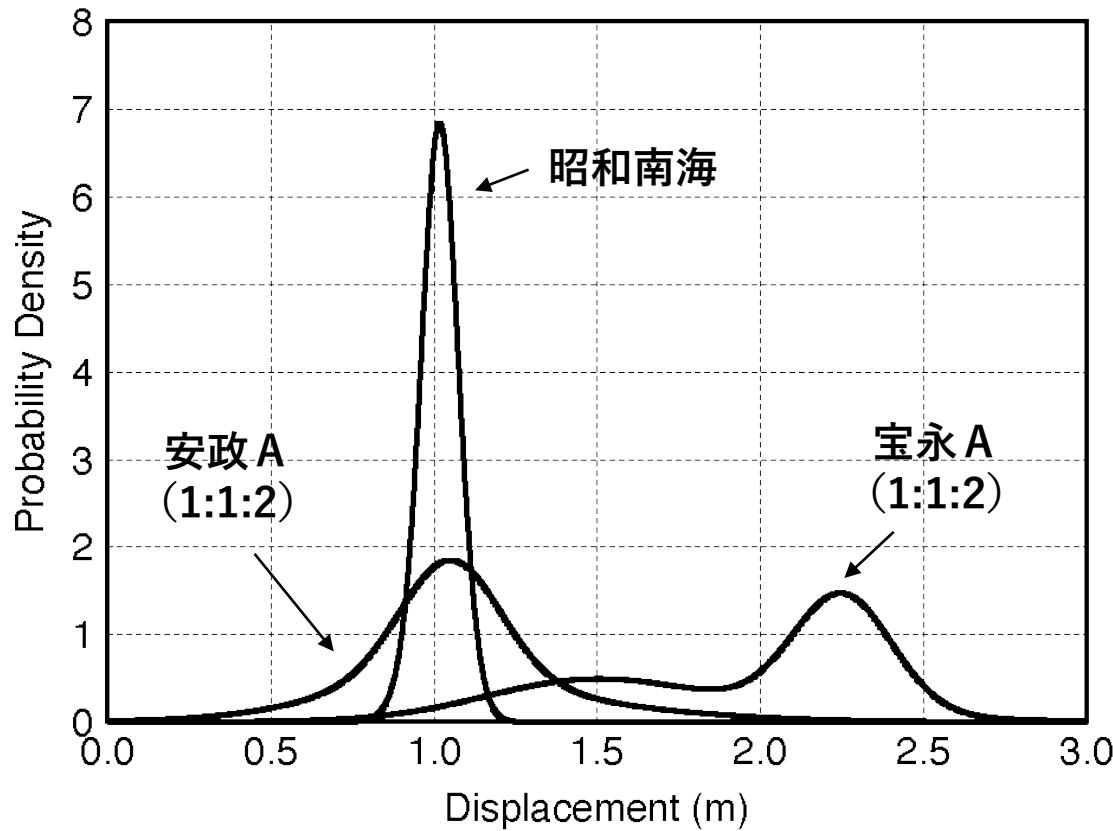
正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

宝永地震・安政地震・昭和南海地震の隆起量

正規分布のみ ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)



軟化一様分布 ($\epsilon\sigma = 1\sigma$)

