

第V章 津波浸水の簡易予測シミュレーション手法の 検討

本章では、予測精度をできるだけ確保した簡易浸水予測手法を検討するため、過去の津波浸水事例の調査、既往の簡易予測手法の調査、複数の簡易浸水予測手法の比較・検討を行った。

1. 過去の津波浸水事例の調査

羽鳥ほか(1981, 1982, 1983)では、過去に津波浸水被害があった地域を調査し、その浸水深分布等をまとめている。1944年東南海地震および1960年チリ津波における尾鷲市街の遡上例を図V-1に、1960年チリ津波における大船渡市街の遡上例を図V-2に示す。その中の津波遡上の空間断面の図を見ると、多くの断面で水位は海岸で最も高く、遡上するにつれて水位が低下する形状となっている。これは、津波が遡上する際に建物等による抵抗や地面との底面摩擦により、遡上が抑えられるためと考えられる。一方、地形勾配が比較的急な場合(図V-2のA-A'断面)では、遡上距離が短いために抵抗や摩擦によるエネルギー損失が小さく、水位は遡上先端付近の方が海岸よりもやや高くなっている。

また、2004年スマトラ島沖地震におけるバンダ・アチェ(Banda Aceh)市の遡上例を図V-3に示す(Tsuji et al. (2006)より作成)。バンダ・アチェ市はインドネシア・スマトラ島北端に位置するが、津波により約7万人の死者を出した最大の被災地である。津波遡上の空間断面の図を見ると、津波の水位は海岸で最も高く、遡上するにつれて水位が低下する形状となっている。遡上距離3000m付近では、地盤の標高がやや高くなっており、そこを境に水位が低下し浸水深が小さくなっている。これは地盤が高くなることにより遡上が妨げられたものと考えられる。

以上の事例から、津波の遡上を左右する要因としては、浸水地域の地形勾配と建物や植生等による抵抗力(摩擦力)の2つが重要であることが分かる。

調査地域の位置

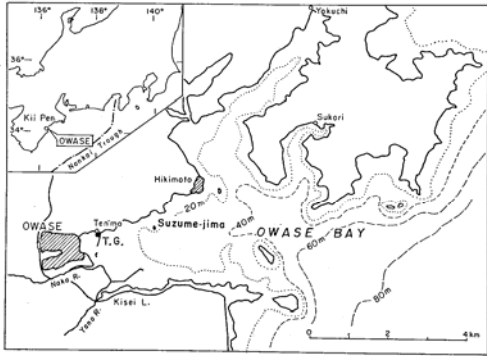


Fig. 1. Map showing the location of Owase and the bathymetric lines in Owase Bay (depth in meters).

空間断面

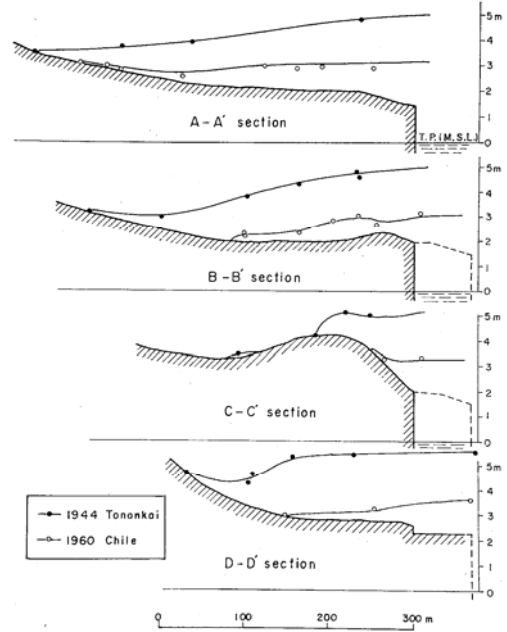


Fig. 9. Profiles of inundation heights of the 1944 Tonankai and the 1960 Chile tsunamis in Owase. Cross sectional lines are shown in Figs. 7 and 12.

1944年東南海地震の浸水深分布

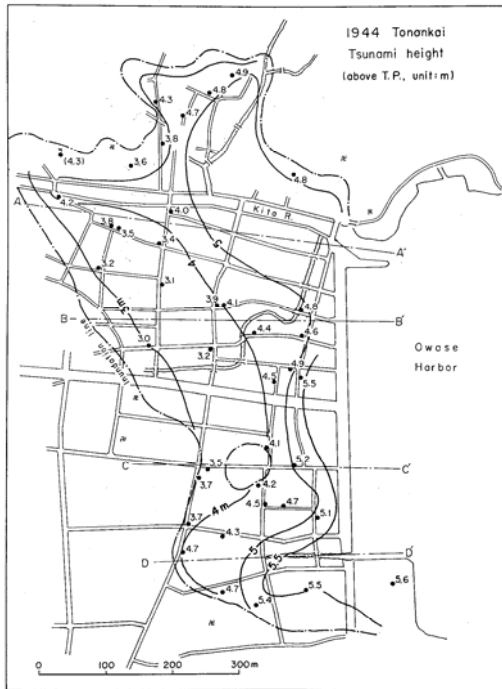


Fig. 7. Distribution of inundation heights of the 1944 Tonankai tsunami in Owase. Tsunami heights are in meters above T.P. (Tokyo Point nearly equals to M.S.L.).

1960年チリ津波の浸水深分布

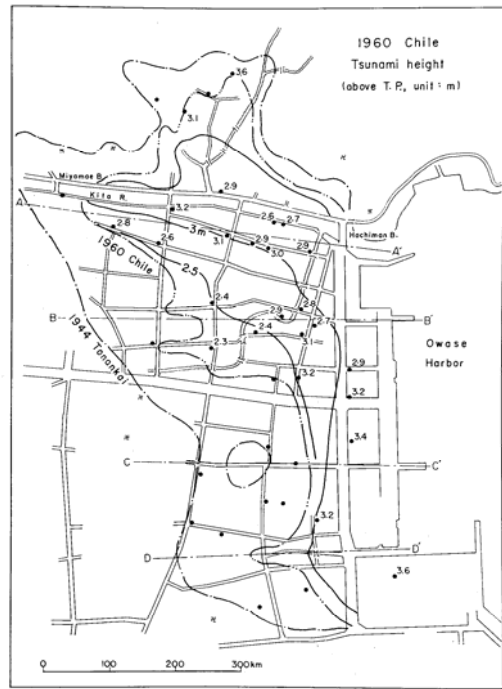


Fig. 12. Distribution of inundation heights of the 1960 Chile tsunami in Owase. Tsunami heights are in meters above T.P. (Tokyo Point nearly equals to M.S.L.).

図 V-1 1944年東南海地震・1960年チリ津波 尾鷲市街の遡上例

調査地域の位置

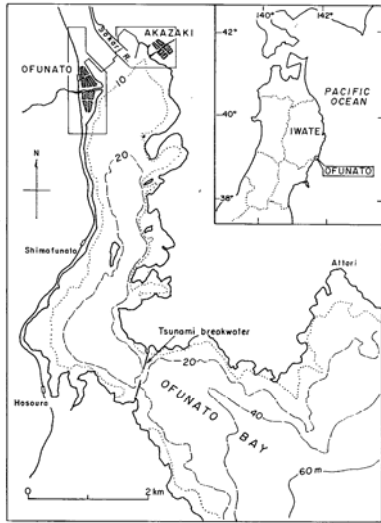


Fig. 1. Map showing the investigated fields and the bathymetric lines in Ofunato Bay (depth in meters).

空間断面

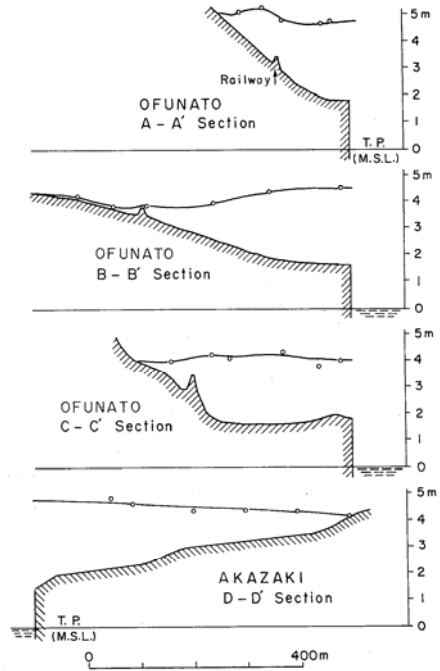


Fig. 13. Various profiles of inundation heights of the 1960 Chile tsunami in Ofunato. Cross sectional lines are as shown in Fig. 10.

浸水深分布

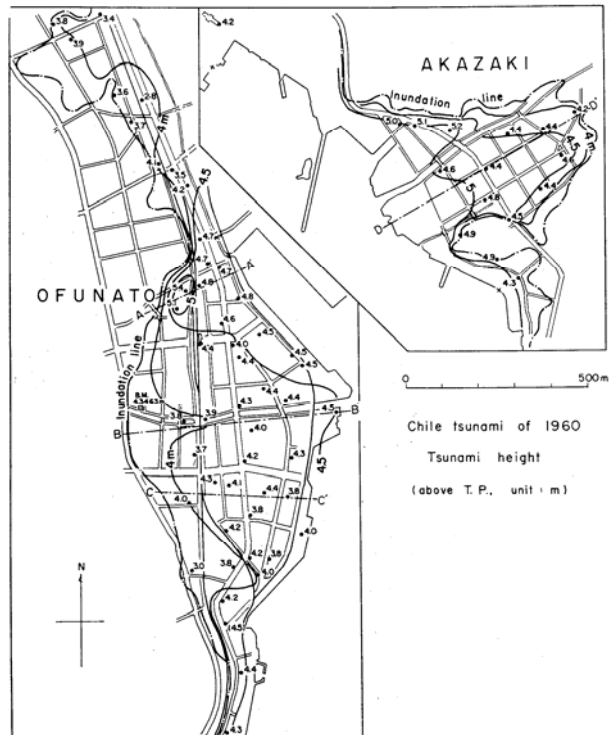
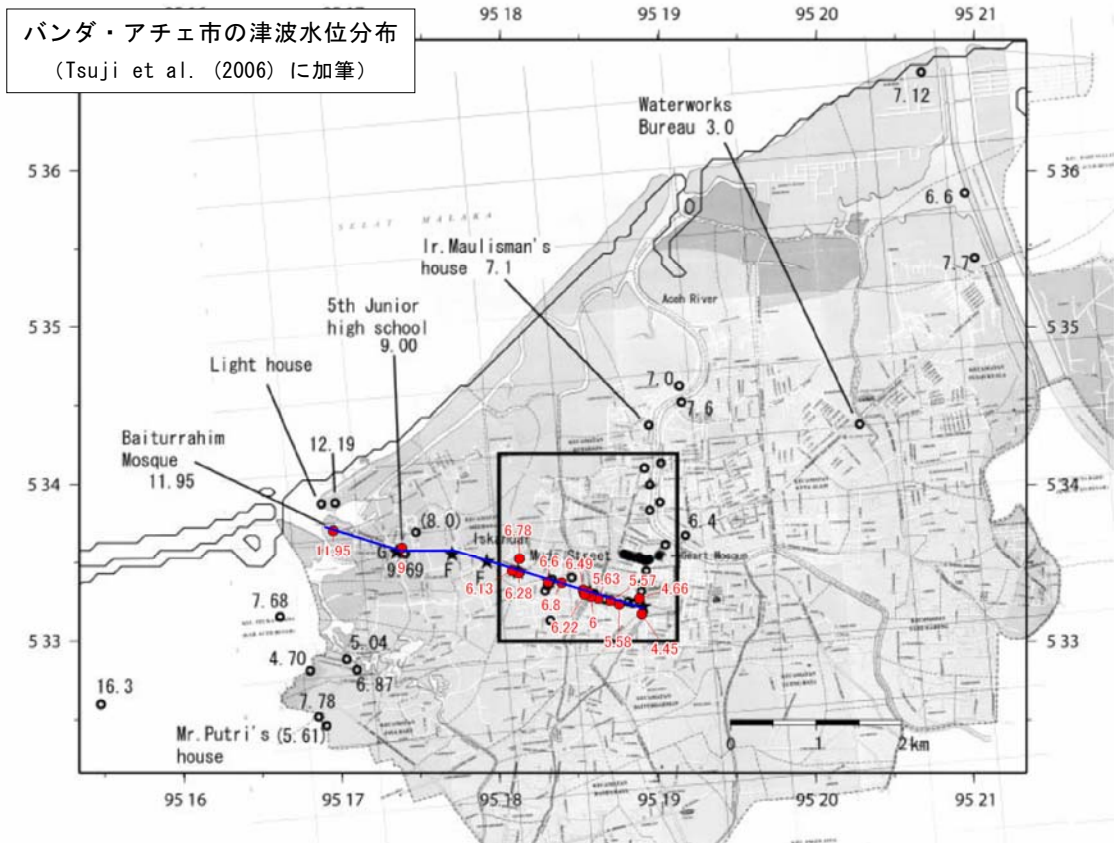


Fig. 10. Distribution of inundation heights of the 1960 Chile tsunami in Ofunato. Tsunami heights are in meters above T.P. (Tokyo Point is roughly equal to M.S.L.).

図 V-2 1960年チリ津波 大船渡市街の遡上例



上図の青線に沿った水位空間断面
(Tsuji et al. (2006) 所載のデータから作図)

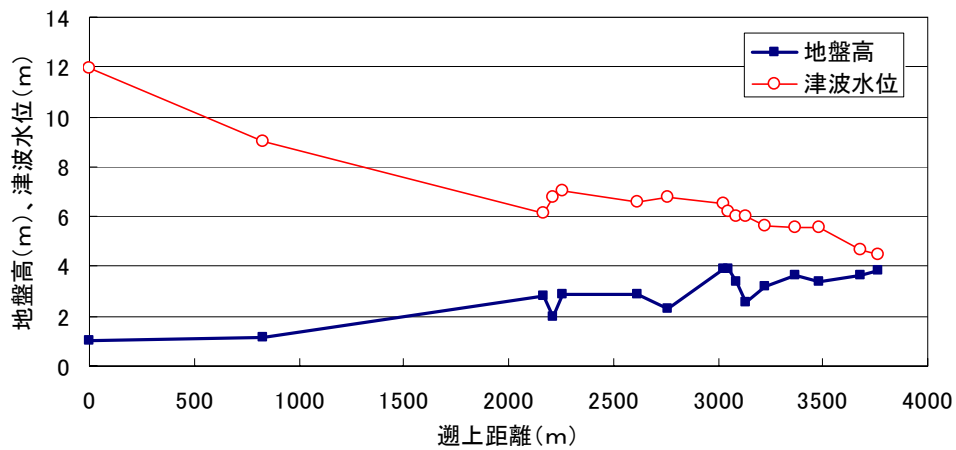


図 V-3 2004年スマトラ島沖地震 バンダ・アチェ市の遡上例

2. 既往の簡易予測手法の調査

本節では、既往の簡易予測手法について調査を行い、その概要や特徴等についてまとめるとともに、本研究の目的の観点から検討を行う。

2-1. 既往の簡易予測手法

津波による浸水を予測するための既往の簡易予測手法は、その予測項目に着目して大きく2つに分けられている。海岸の津波高さを求めるものと、海岸の津波高さ（または津波波形）をもとに陸域の浸水範囲や水位分布を予測するものである。主な簡易予測手法を表V-1に示す。

表V-1 津波に関する既往の主な簡易予測手法

予測項目	方法の名称	予測に必要な情報	備考
海岸の津波高さ	気象庁の津波予報 (旧津波予報)	<ul style="list-style-type: none"> 震央距離 M_{JMA} 	
	気象庁の津波予報 (現行津波予報)	<ul style="list-style-type: none"> 震央距離 M_{JMA} 	量的津波予報と呼ばれる
	阿部(1989)の予測式	<ul style="list-style-type: none"> 震央距離 M_W 	
陸域の浸水 (浸水範囲, 水位分布)	レベル湛水法	<ul style="list-style-type: none"> 対象地海岸における津波の水位時刻歴波形 堤防 堤内地の地盤高 	浸水範囲のみ予測
	加藤ら(2007)の方法	<ul style="list-style-type: none"> 対象地海岸における津波の最高水位および周期 堤防 堤内地の地盤高 	浸水範囲と最大水位分布を予測
	The Tsunami Risks Project (2000)の方法	<ul style="list-style-type: none"> 対象地海岸における津波の最高水位 堤内地の地盤高 	浸水範囲(浸水の最大遡上距離)を予測

2-2. 海岸の津波高さを求める簡易予測手法

海岸の津波高さを簡易予測手法のうち、「気象庁の旧津波予報」と「阿部の予測式」は、発生した地震の情報（震央距離、マグニチュード）をもとに、既成のダイヤグラムや関係式を使って簡便にある地点の海岸津波高さを求める方法である。しかし、統計的・経験的な予測手法であるため、その予測結果は震源特性や地形形状を考慮することができないため、任意の震源断層に対する予測に用いることは適切ではないと考えられる。

一方、「気象庁の現行津波予報（量的津波予報）」は、約10万通りの想定地震について津波高さの数値シミュレーション結果を予めデータベース化しておき、実際に地震が発生した際には、そのデータベースから地震規模（マグニチュード）と震源位置をもとに計算結果を検索・抽出して津波予報を行うものである。これは数値シミュレーションを行っているため、地形形状を考慮しており、パラメータに制限はあるものの震源特性も考慮している。計算時間という観点からは、実際に数値シミュレーションを実施している点で簡易的な手法とは言えない。

したがって、本研究における海岸の津波高さの予測は、震源特性・地形形状を反映するため、数値シミュレーションを行う方法を採用する必要があると考えられる。

2-3. 陸域の浸水を求める簡易予測手法

陸域の浸水の簡易予測手法のうち、「レベル湛水法」と「The Tsunami Risks Project (2000)の方法」は、海岸における津波の水位情報から浸水範囲の予測が可能な方法である。両者の比較では、「レベル湛水法」は堤防の効果を考慮できる点で優れているが、「The Tsunami Risks Project (2000)の方法」は津波高さのみから浸水範囲を予測できる点、土地利用状況の違いによる遡上のし易さを考慮できる点が優れている。「加藤ほか(2007)の方法」については、「レベル湛水法」を併用して水位分布の予測を行う方法であり、「レベル湛水法」の改良手法と言える。

以下に、これらの3手法の概要をまとめる。

(1) レベル湛水法

① 手法の概要

レベル湛水法は、成瀬・北原(1998)が高潮時における後背地の浸水域を簡易的に求める方法として提案したものであり、その後、津波の浸水域の推定にも用いられるようになった(戸引ら, 2000)。この方法は、津波の時刻歴波形を用いて単位幅あたりの津波の越流量を見積もり、越流量の合計に相当する水量が堤内側（陸域）に流入した場合の浸水範囲を算出する方法である(図V-4)。

津波の越流量については、以下の本間(1941)の越流公式から求められる(図V-5)。

$$Q = 0.35 \times H \times \sqrt{2gH}$$

Q : 単位時間・単位幅あたりの津波の越流量 (m^2/s)
 H : その時の津波水位－堤防高 (m)
 g : 重力加速度 (m/s^2)

堤内側の水位については一定値となる。堤内側への流入水量が多い場合は、堤内側の水位が海岸の津波高さを超えてしまうことがあるが、その場合は海岸の津波高さを上限としている。

この方法では、海岸における津波の時刻歴波形が必要となるが、任意の津波について時刻歴波形を得るためには、津波の伝播計算が必要となる。戸引ほか(2000)では、津波の最大水位と継続時間から時刻歴波形を設定して計算するより簡便手法を提案している。

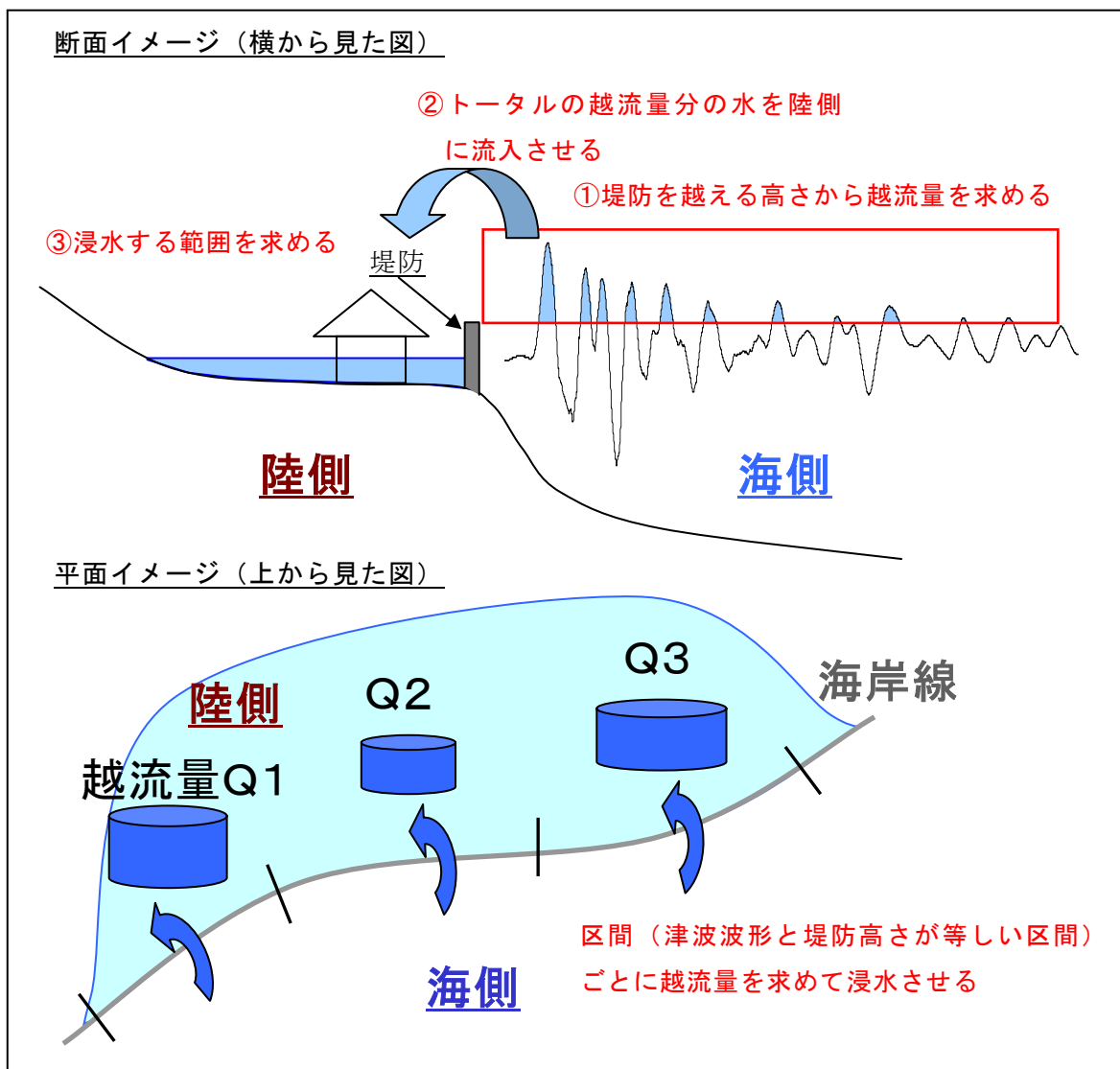


図 V-4 レベル湛水法における浸水域推定イメージ

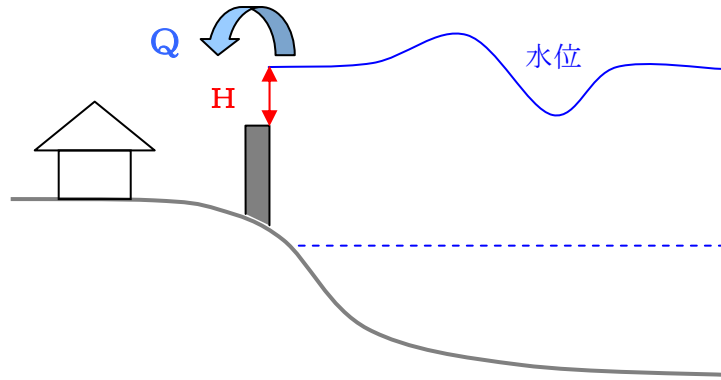


図 V-5 本間の越流公式の説明

② 手法の利点

レベル湛水法では、海岸の時刻歴波形と陸域の地形データが必要となる。海岸の時刻歴波形は細かいメッシュの計算結果でなくともよく、精度がある程度確保されていれば粗いメッシュの計算結果を使用することができる。また、数値シミュレーションの計算モデルで陸域への浸水を考慮しなくてもよいから、通常の浸水予測計算に比べて簡便に計算を行うことができる。その一方で、浸水域の地形データは細かいメッシュのものをそのまま使用できるため、地形的特徴を反映できる。したがって、粗いメッシュや簡便な予測手法による（海域の）津波計算からでも、細かいメッシュの（陸域の）浸水結果が得られることになる。

③ 手法の限界

レベル湛水法はもともと浸水域の推定を目的とした方法であり、水位分布や浸水深分布の推定を目的とした方法ではない。レベル湛水法で得られる浸水範囲の水位は一定となるが、実際の津波浸水では通常は海岸に近いほど水位が高くなるため、両者の浸水深分布は大きく異なる場合がある（図 V-6）。また、地形の凸凹や土地利用条件による浸水のしやすさも水位分布には反映されない。一般的な建物被害予測手法では、津波の最大浸水深をパラメータとして被害を算出しているため、浸水深が正しく推定できないと、被害数も正しい値を得ることができない場合がある。

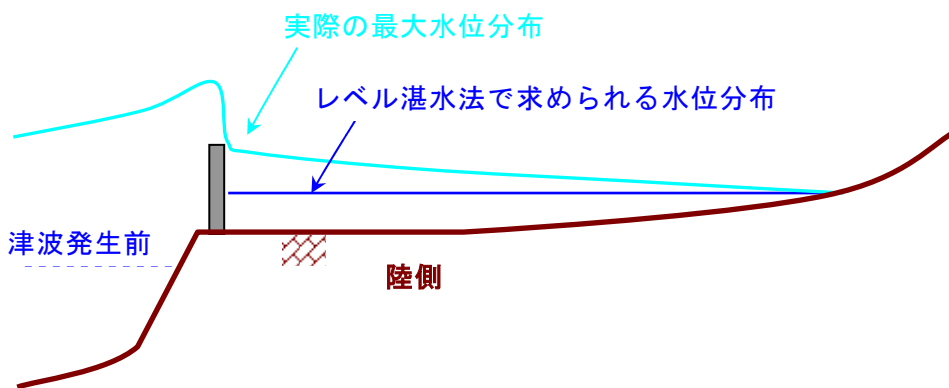


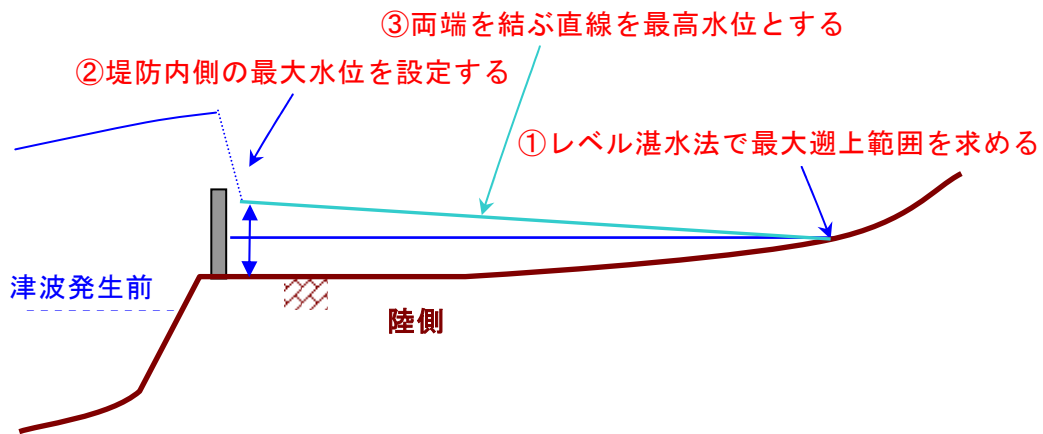
図 V-6 レベル湛水法による水位分布と実際の水位分布が異なる場合 (模式図)

(2) 加藤ら(2007)の方法

① 手法の概要

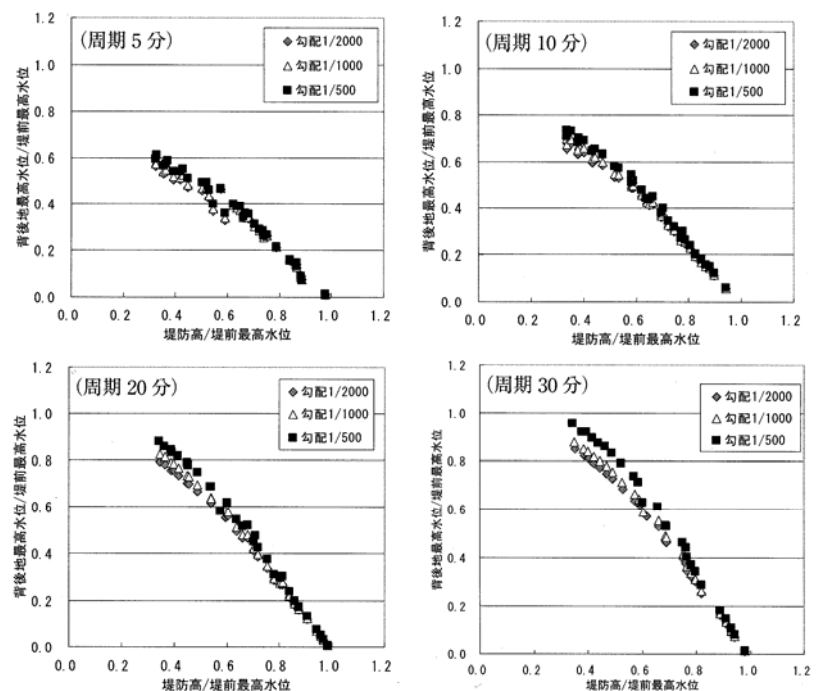
この方法では、次の手順で津波の最大水位分布を推定する。図V-7に概要を示す。

- 1) レベル湛水法で津波の最大遡上範囲を求める。
- 2) 堤防外側の最高水位と堤防の高さから、数値実験から得られた実験式に基づいて堤防内側の最高水位を設定する。
- 3) 堤防内側の最高水位と遡上先端を直線で結ぶ線を最高水位分布とする。



図V-7 加藤ら(2007)による水位分布の予測方法(模式図)

この方法では、堤防内側の最高水位を、数値実験の結果に基づいて設定している点が特徴的である。数値実験の結果は図V-8のようになっており、堤防外側の最高水位（堤前最高水位）が同じであっても、津波の周期が長くなるにつれて堤防内側の最高水位（背後地最高水位）が高くなる傾向が示されている。



図V-8 堤防内外の
最高水位の関係
(加藤ら, 2007)

② 手法の利点

堤防内側の最高水位を予測するため、レベル湛水法のように水位分布が一定になるといふ欠点を克服でき、より現実的な水位分布が得られると考えられる。これにより浸水深分布も適切な値として予測でき、被害予測結果も妥当な数値となることが期待される。

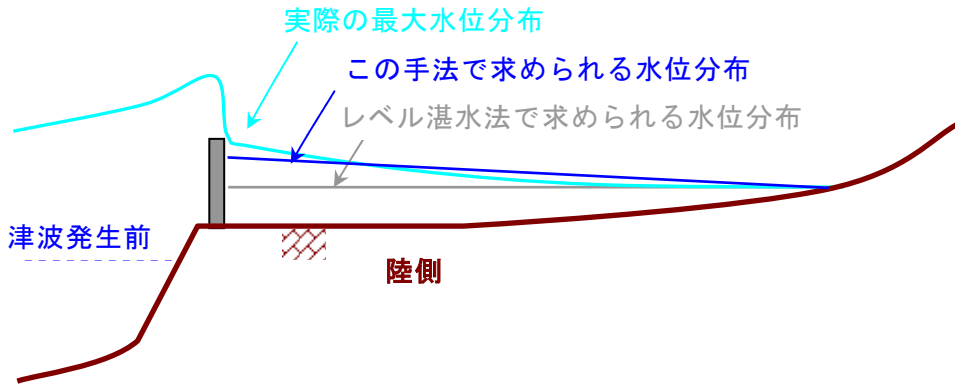


図 V-9 加藤ら (2007) による水位分布と実際の水位分布 (模式図)

③ 手法の限界

加藤ら (2007) に掲載されている浸水予測結果を右図に示す。加藤らの方法 (下図) は遡上計算 (上図) と比べて浸水深が全体的に大きくなっていることが分かる。さらに、浸水域北側では浸水分布がライン上に分布しており不自然な形になっている。これは、加藤らの方法では堤防内側と遡上先端の間の水位分布を直線と与えており、その間の地形標高の凹凸が十分に考慮できていないためと考えられる。

また、土地利用条件による浸水のしやすさなどについても、レベル湛水法と同様に考慮されない。

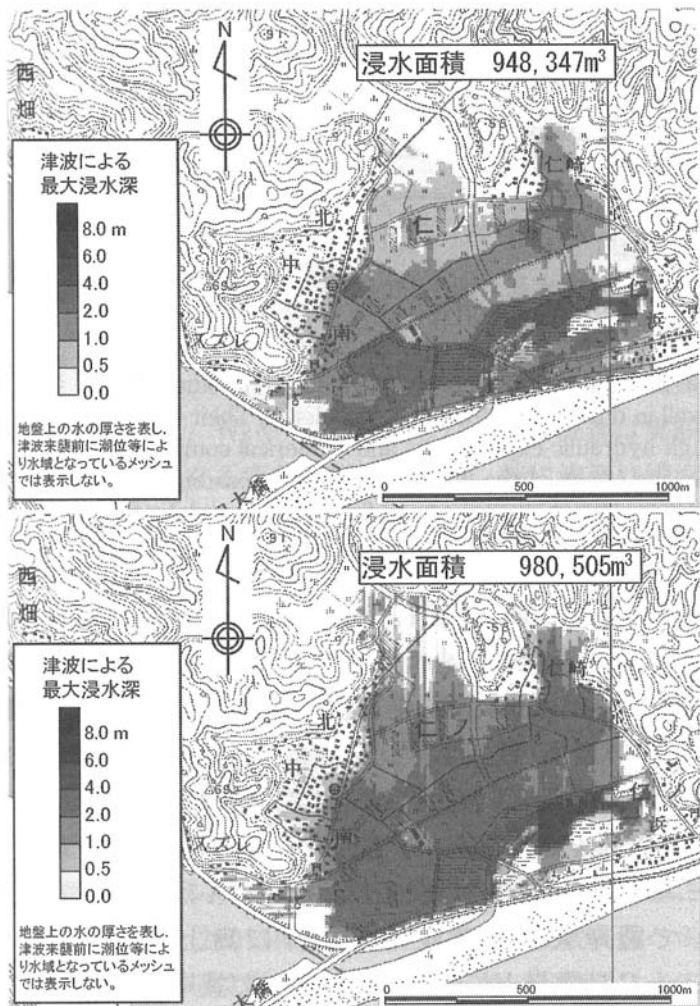


図 V-10 浸水予測結果

上図：遡上計算

下図：加藤ら (2007) の方法

(3) The Tsunami Risks Project (2000)の方法

① 手法の概要

The Tsunami Risks Project (2000)では、海岸の最大水位から陸側の最大遡上距離を以下の式で求め、最大遡上距離ないしは地形標高が海岸の津波水位に達するまでの範囲を遡上範囲の予測結果としている。

$$X_{\max} = \frac{(H_s)^{4/3} k}{n^2} \dots\dots\dots (1)$$

- X_{\max} : 最大遡上距離 (フラットな地形に対する遡上距離)
- H_s : 海岸における津波の高さ
- k : 係数 (0.06)
- n : 粗度係数 (田畑で0.02程度, 住宅地で0.04~0.08程度)

例えば、粗度係数 n を0.03とすると、津波高さ H_s に対する最大遡上距離 X_{\max} (フラットな地形に対しての遡上距離) は次のようになる。

- $H_s = 2 \text{ m} \rightarrow X_{\max} = 168 \text{ m}$
- $H_s = 4 \text{ m} \rightarrow X_{\max} = 423 \text{ m}$
- $H_s = 10 \text{ m} \rightarrow X_{\max} = 1436 \text{ m}$

【参考】

この手法の最大遡上距離の予測式は、水理学における公式から求められる。

今、傾きが一定で水深が変化しない河川の流を考えた場合に、河川底面での摩擦損失は次のように与えられる。

$$h_r = f \frac{l v^2}{d 2g} \dots\dots\dots (2) \text{ (Weisbachの式)}$$

- h_r : 距離 l 流れる間の摩擦損失のポテンシャルエネルギー
- f : 抵抗係数
- d : 水深
- l : 距離
- v : 流速

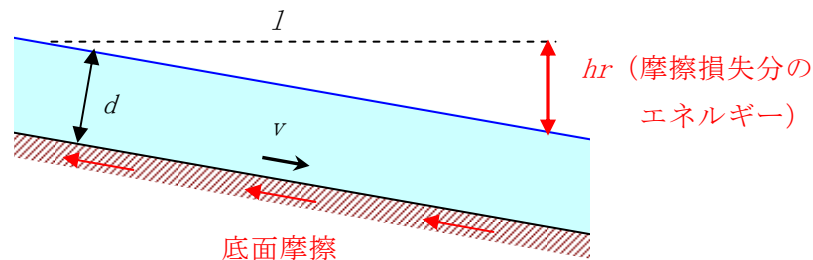


図 V-11 底面摩擦損失の説明図

抵抗係数 f は、粗度係数と次の関係にある。

$$f = \frac{2gn^2}{d^{1/3}} \dots\dots\dots (3) \quad (\text{マニングの公式})$$

(2) (3)式より、(1)式と同様の式が得られる。

$$h_r = \frac{2gn^2}{d^{1/3}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{n^2 v^2}{d^{4/3}} l = \frac{n^2 g d}{d^{4/3}} l = \frac{n^2 g}{d^{1/3}} l \quad \dots\dots\dots (4)$$

$h_r = d$ と置くと、(1)式と同形となる。

$$l = \frac{d^{4/3}}{n^2} \frac{1}{g} \dots\dots\dots (5)$$

② 手法の利点

レベル湛水法では、津波の越流量を求めるために水位の時系列データが必要であったが、この方法では津波の最大水位のみで求めることができる。また、土地利用状況の違いによる遡上のし易さを粗度係数として考慮することができる。

③ 手法の限界

遡上範囲を求める方法であるため、水位分布は予測の対象としていない。そのため、このままでは浸水深分布を得ることができず、被害予測に用いることはできない。

2-4. 陸域の浸水を求める簡易予測手法の提案：エネルギー保存法

ここでは、2-3(3)で概要を紹介した The Tsunami Risks Project(2000)の方法をもとに、任意の地形に対して適用可能な簡易浸水予測手法（以下「エネルギー保存法」と呼ぶ）を提案する。

1. でも触れたように、津波が遡上する時には建物等による抵抗力や地面との間の摩擦力が働くため、津波の持つエネルギーは徐々に失われ、浸水深は遡上するにつれて小さくなっていく。遡上先端では津波の持つエネルギーはゼロとなるので、海岸（遡上の開始位置）から遡上先端までのエネルギー損失量の合計は、海岸での津波のエネルギーと等しいと見なすことが出来る。The Tsunami Risks Project(2000)の方法では、このような考えで平坦な地形に対する遡上距離を求める式を与えている。

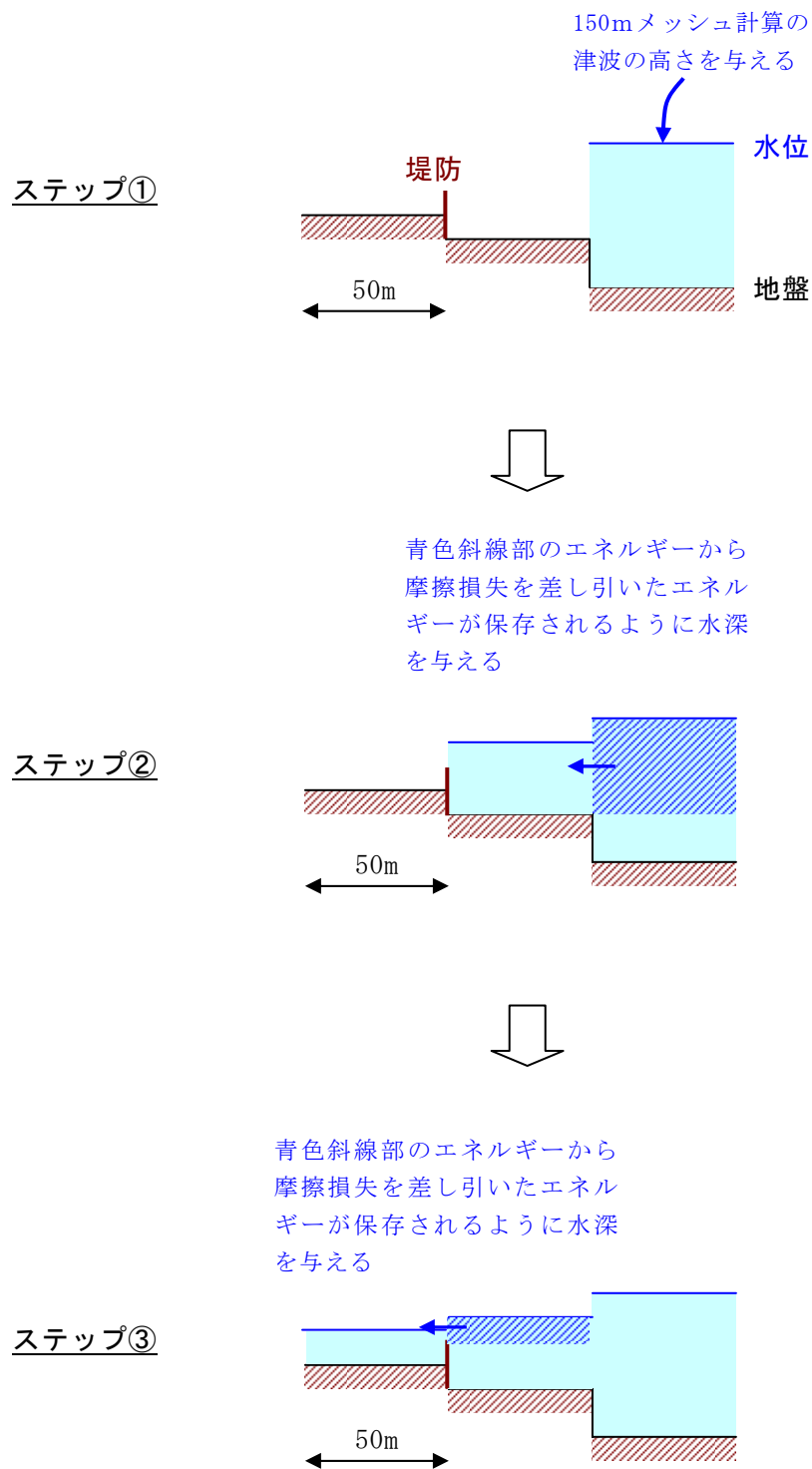
ここで提案するエネルギー保存法は、The Tsunami Risks Project(2000)の考え方を任意の地形に適用することを考えて、以下①～③の手順で各メッシュに水深を与える方法とする。

- ①50mメッシュデータの海岸のメッシュに、海岸の簡易予測結果（150mメッシュあるいは450mメッシュ計算）で得られた津波の高さを与える。
- ②海岸より一つ陸側のメッシュに、隣接するメッシュの水のエネルギーから遡上に伴うエネルギー損失を差引いたエネルギー量となるように津波の水位（=遡上高）を与える。ここで、エネルギーとして、水的位置エネルギー・圧力エネルギー・運動エネルギーを考える。エネルギー損失は、土地利用に応じた粗度係数を用いて計算する。
- ③さらに一つ陸側のメッシュに対して、②と同様の処理を行う。以降、同様に浸水させる。

ここで、各メッシュのエネルギーは以下のように与えるものとする。

- a) 水位を隣接のメッシュに与える際には、地形および堤防の影響を考慮する意味で、メッシュ境界の地形または堤防よりも上部の水塊のエネルギーのみを考慮するものとする（図V-12の青色斜線部分）。
- b) 単位幅あたりの波の運動エネルギーは、流速を v として $\rho v^2/2$ で与えられるものとし、流速 v は、浸水深 d 、重力加速度 g より、 \sqrt{gd} で与えられるものとする。

この方法は、既往の簡易浸水予測手法では十分に考慮されない地形の凹凸や堤防の効果、土地利用の違いによる遡上のし易さを考慮できるという利点がある。また、外力の設定は海岸の津波高さのみであるため、海域の計算結果として450mメッシュ程度のやや粗い計算結果を使うことが出来る。



図V-12 エネルギー保存法による浸水深の予測方法
 (簡易予測計算の海岸における津波高さを用いて予測)

【参考：エネルギー保存法の解法】

下図（図V-13）において、右側のメッシュから左側のメッシュに水が流入する状況を考える。いま、右側の最大水位 Z_1 を既知量とすると、左側の最大水位 Z_2 はエネルギーの保存を考えることで求められる。

$$\bullet E_1 = \alpha E_2 + E_\tau \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

E_1 : 右側のメッシュの水のうち、堤防より高い部分の水のエネルギー（単位幅あたり）

E_2 : 左側のメッシュの水のエネルギー（単位幅あたり）

α : エネルギー伝達の減衰を調節するパラメータ（通常は1.0）

E_τ : 底面摩擦エネルギー（マニングの公式から与える）

$$\bullet E_1 = (\text{位置エネルギー}) + (\text{圧力エネルギー}) + (\text{運動エネルギー})$$

$$= \int_{H_w}^{Z_1} (\rho g z) dz + \int_{H_w}^{Z_1} (\rho g (Z_1 - z)) dz + \int_{H_w}^{Z_1} \frac{(\rho v_1^2)}{2} dz \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

$$= \frac{\rho g}{2} (Z_1 - H_1)(Z_1 - H_w) + \rho g Z_1 (Z_1 - H_w)$$

$$\bullet E_2 = (\text{位置エネルギー}) + (\text{圧力エネルギー}) + (\text{運動エネルギー})$$

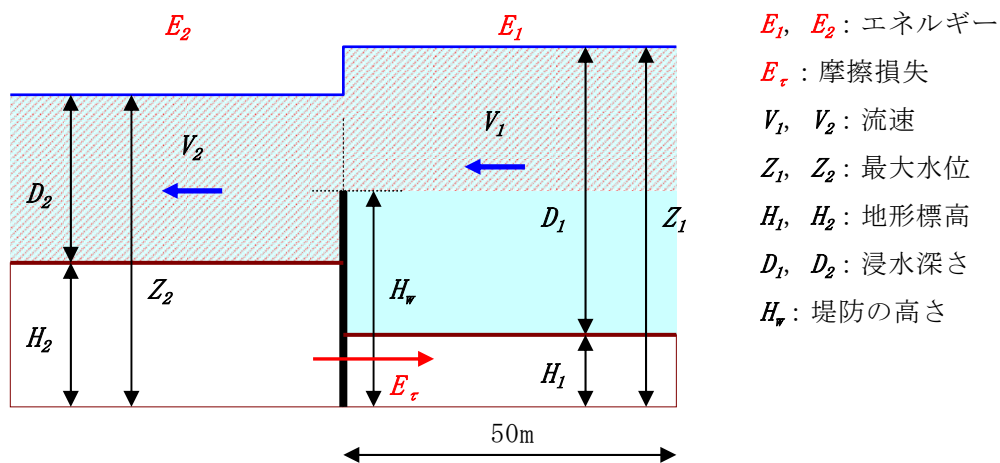
$$= \int_{H_2}^{Z_2} (\rho g z) dz + \int_{H_2}^{Z_2} (\rho g (Z_2 - z)) dz + \int_{H_2}^{Z_2} \frac{(\rho v_2^2)}{2} dz \quad \dots\dots\dots (4-3)$$

$$= \frac{\rho g}{2} (Z_2 - H_2)^2 + \rho g Z_2 (Z_2 - H_2)$$

$$\bullet E_\tau = (\text{底面摩擦エネルギー})$$

$$= \frac{\rho n^2 g^2}{(Z_1 - H_1)^{1/3}} \times 50 \quad \dots\dots\dots (4-4)$$

(4-1) ~ (4-4) 式より、 z_2 に関する2次方程式が得られるので、その式を解くことで z_2 が求められる。



図V-13 計算式中の各パラメータの説明（メッシュの断面図）

2-5. 既往の簡易予測手法のまとめ

津波浸水に関する既往の簡易予測手法は、海岸の津波高さを求めるものと、海岸の津波高さ（または津波波形）をもとに陸域の浸水範囲や水位分布を予測するものの2種類に大別される。このうち、海岸の津波高さについては、簡易予測手法では震源特性・地形形状を十分に反映することができない。したがって、本研究における海岸の津波高さの予測は、数値シミュレーションを行う方法を採用する必要があると考えられる。一方、陸域の浸水については、簡易予測手法でも、海岸の津波水位情報や陸域の地形形状・土地利用分布などをある程度考慮した予測が可能である。

そこで、次節以降では、計算精度（予測精度）の観点から簡易予測手法について検討していく。

3. 簡易浸水予測手法の比較・検討

3-1. 本節における検討概要

(1) これまでの検討内容

第IV章の2節で検討したように、広域を対象に詳細な津波浸水予測シミュレーションを実施する場合の最大の課題は計算時間の長さである。パソコンレベルで行う現実的なシミュレーションとしては、予測精度を損なわない範囲でメッシュサイズを粗くすることにより計算時間を短縮することが望まれる。2節の計算例では、最小メッシュサイズを50mから150m、450m、1350mに変更することにより、計算所要時間が10分の1、100分の1、1000分の1のレベルに短縮されることが分かった。したがって、最小メッシュサイズの変更によりパソコンレベルでの現実的な津波浸水予測シミュレーションが可能になると考えられる。

また、本章の2節では、既往の簡易予測手法について調査・検討を行った。その結果、以下の2点が分かった。

- ・海岸の津波高さについては、簡易予測手法では震源特性・地形形状を十分に反映することができない。したがって、本研究における海岸の津波高さの予測は、数値シミュレーションを行う方法を採用する必要がある。
- ・陸域の浸水については、簡易予測手法でも、海岸の津波水位情報や陸域の地形形状・土地利用分布などをある程度考慮した予測が可能である。

(2) 本節における検討

(1)にまとめたこれまでの検討内容を踏まえ、本節では以下の3つ検討を行い、津波浸水の簡易予測手法について評価を行う。

①メッシュサイズの違いによる海域の計算精度の検討

簡易予測として粗いメッシュ(150m, 450m, 1350m)で計算した場合に、震源から海岸までの海域の計算精度が50mメッシュ計算と比較してどの程度保たれるのか検討を行う。

②簡易浸水予測手法による陸域の浸水予測精度の予備的検討

陸域の浸水を遡上計算により求めた場合と簡易浸水予測手法により求めた場合について比較するため、4種類の方法(50mメッシュ遡上計算, 150mメッシュ遡上計算, レベル湛水法, エネルギー保存法)で1次元断面モデル計算による遡上距離の予測を行う。

③簡易浸水予測手法の比較・検討

複数種類の簡易浸水予測手法について、各方法で求めた浸水範囲・浸水面積の比較を行い、簡易手法としての適用可能性について検討を行う。

3-2. メッシュサイズの違いによる海域の計算精度の検討

本節では、簡易予測として粗いメッシュ（辺長サイズが大きいメッシュ）で計算した場合に、震源から海岸までの海域の計算精度がどの程度保たれるのか検討を行った。具体的には、メッシュサイズを50m, 150m, 450m, 1350mとした場合について、2地震を対象に津波シミュレーションを行い、特定の地域における最大水位、時刻歴波形の計算結果を50mメッシュを基準として比較・検討した。

(1) 計算対象地域

計算対象地域は次の4地域とした。

- a) 仙台
- b) 釜石
- c) 宮古
- d) 八戸

仙台と八戸は地形が隆起することにより形成された海岸であり遠浅な地形である。一方、釜石と宮古は地形が沈降することにより形成されたリアス式海岸であり沿岸でも比較的水深が大きい。

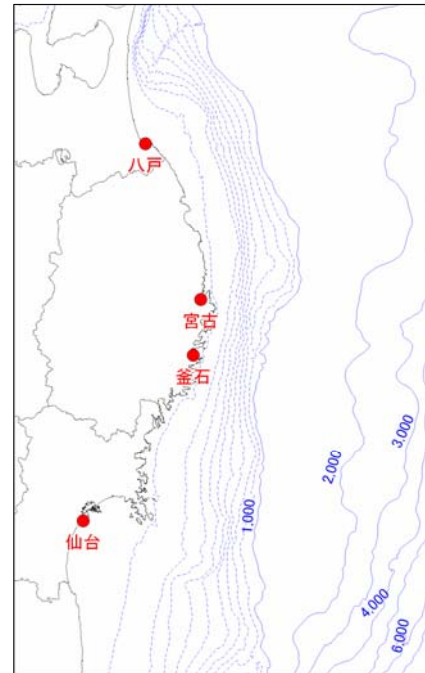


図 V-14 比較計算を実施した4地域

(2) 計算対象地震

計算対象地震は、中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」の想定地震のうち次の2地震とした。

- a) 三陸沖北部の地震
- b) 明治三陸タイプ地震

三陸沖北部の地震は比較的長波長の津波であり、明治三陸タイプ地震は比較的短波長の津波である。波長特性は初期水位分布に依存しており、初期水位分布は断層モデルから計算される地殻変動量分布から与えられる。各地震の震源域を右図に、各地震の地殻変動量分布（＝津波計算の初期水位分布）を図 V-16に示す。

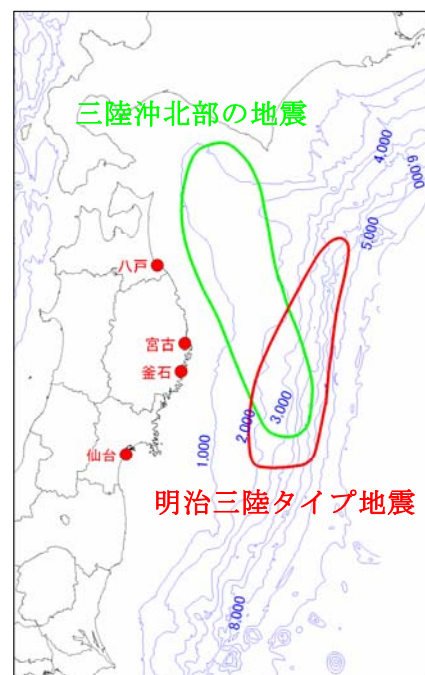


図 V-15 計算対象地震の震源域

地殻変動量は、震源断層の幾何学的形状を表す断層パラメータから弾性体理論に基づく計算により求められる。計算方法としては、Mansinha and Smylie(1971)やOkada(1985, 1992)の方法がよく用いられるが、ここでは前者の方法で計算した。

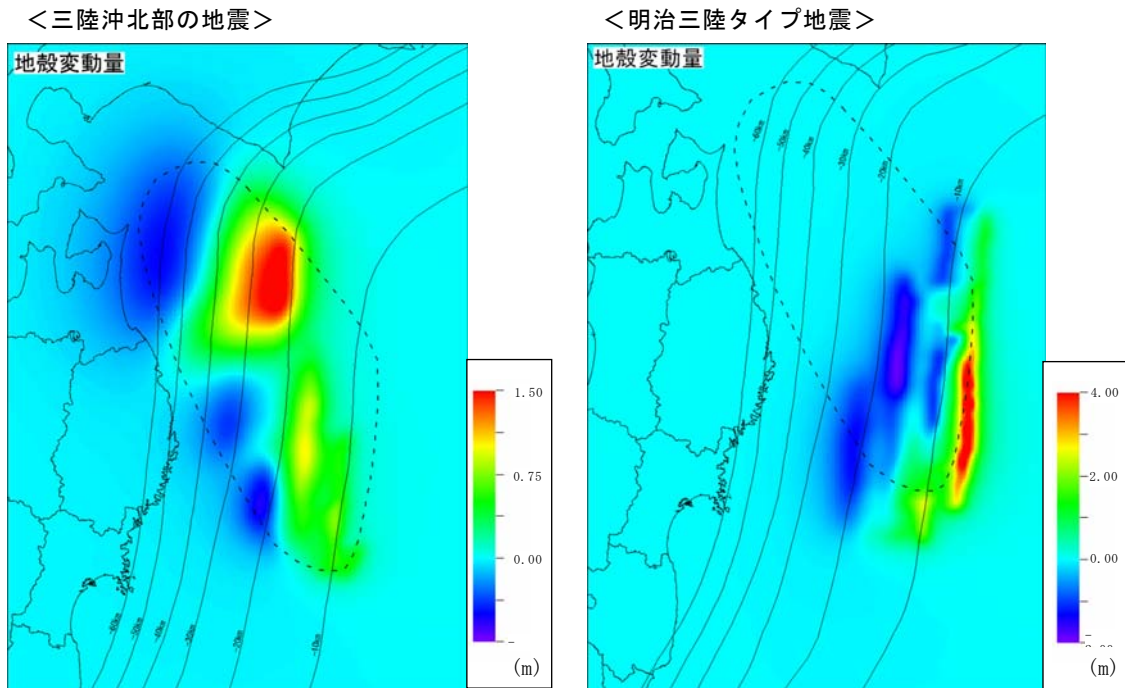


図 V-16 計算対象地震の地殻変動量分布

(3) 計算方法とメッシュサイズ

津波の計算では、計算格子を入れ子状に配置し、沖側を粗いメッシュで計算して、順次接続しながら沿岸側を細かいメッシュで計算する（これをネステイングと言う）。本節でも最小メッシュサイズ50mの場合は、最も沖側を1350mメッシュで計算し、沿岸に近づくにつれて、1350m→450m→150m→50m、と順次小さいメッシュに接続して計算を行っている（右図）。各計算のメッシュサイズの組み合わせを表V-2に示す。

なお、以後の文中で「50mメッシュの計算」と言う場合は、最小メッシュサイズが50mメッシュの計算を意味する（50mメッシュのみで全域の計算を行うという意味ではない）。

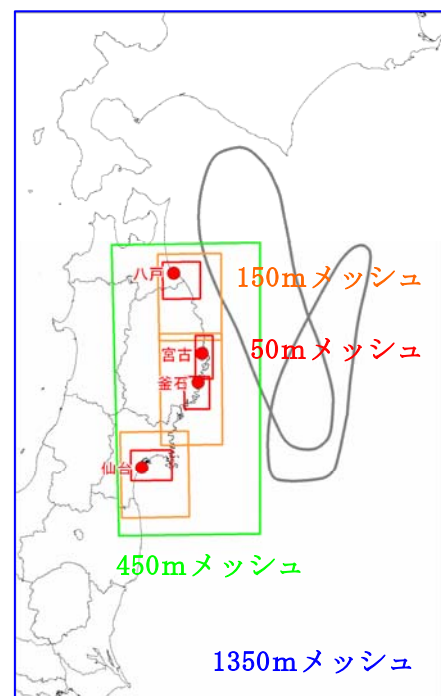


図 V-17 メッシュ接続の説明

表V-2 各計算のメッシュサイズの組み合わせ

	計算方法の名称 (最小メッシュサイズ)	計算メッシュサイズ	
		沖側	沿岸側
詳細計算	50mメッシュの計算	1350m → 450m → 150m → 50m	
簡易計算	150mメッシュの計算	1350m → 450m → 150m	
	450mメッシュの計算	1350m → 450m	
	1350mメッシュの計算	1350m	

(4) 各検討結果

4地域×2地震の比較結果を表V-3に示す。なお、以降の詳細な結果比較においては、図が多いため図番号は省略した。

表V-3 4地域×2地震の比較結果(その1)

	地域	地震	比較結果の掲載ページ/主な結果
比較結果1	仙台	三陸沖北部	[比較結果の掲載ページ] 最大水位分布の比較結果 : 66p 時刻歴波形の比較結果 : 67, 68p 最大水位, 波形の相関係数 : 69p [主な結果] ・最大水位: 150m, 450m, 1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する。 ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高いが, 1350mメッシュ計算は低い。
比較結果2	仙台	明治三陸タイプ	[比較結果の掲載ページ] 最大水位分布の比較結果 : 70p 時刻歴波形の比較結果 : 71, 72p 最大水位, 波形の相関係数 : 73p [主な結果] ・最大水位: 150mメッシュ計算は50mメッシュ計算と比較的一致する。450m, 1350mメッシュ計算はあまり一致しない。 ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150mメッシュ計算は高いが, 450m, 1350mメッシュ計算は低い。
比較結果3	釜石	三陸沖北部	[比較結果の掲載ページ] 最大水位分布の比較結果 : 74p 時刻歴波形の比較結果 : 75, 76p 最大水位, 波形の相関係数 : 77p [主な結果] ・最大水位: 150m, 450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する。1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い。 ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高い。

表 V-3 4 地域 × 2 地震の比較結果 (その 2)

	地域	地震	比較結果の掲載ページ/主な結果
比較結果 4	釜石	明治三陸タイプ	<p>[比較結果の掲載ページ]</p> <p>最大水位分布の比較結果 : 78p 時刻歴波形の比較結果 : 79, 80p 最大水位, 波形の相関係数 : 81p</p> <p>[主な結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大水位: 150m, 450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する。1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い。 波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150mメッシュ計算は高いが, 450mメッシュ計算は高いとはいえない。
比較結果 5	宮古	三陸沖北部	<p>[比較結果の掲載ページ]</p> <p>最大水位分布の比較結果 : 82p 時刻歴波形の比較結果 : 83, 84p 最大水位, 波形の相関係数 : 85p</p> <p>[主な結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大水位: 150m, 450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する。1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い。 波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高い。
比較結果 6	宮古	明治三陸タイプ	<p>[比較結果の掲載ページ]</p> <p>最大水位分布の比較結果 : 86p 時刻歴波形の比較結果 : 87, 88p 最大水位, 波形の相関係数 : 89p</p> <p>[主な結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大水位: 150m, 450m, 1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する。 波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高いが, 1350mメッシュ計算は低い。
比較結果 7	八戸	三陸沖北部	<p>[比較結果の掲載ページ]</p> <p>最大水位分布の比較結果 : 90p 時刻歴波形の比較結果 : 91, 92p 最大水位, 波形の相関係数 : 93p</p> <p>[主な結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大水位: 150m, 450m, 1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する。 波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高いが, 1350mメッシュ計算でも比較的高い。
比較結果 8	八戸	明治三陸タイプ	<p>[比較結果の掲載ページ]</p> <p>最大水位分布の比較結果 : 94p 時刻歴波形の比較結果 : 95, 96p 最大水位, 波形の相関係数 : 97p</p> <p>[主な結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大水位: 150m, 450m, 1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する。 波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高いが, 1350mメッシュ計算は低い。

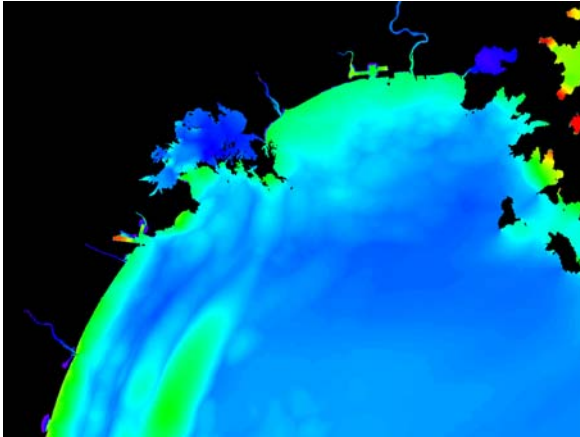
比較結果 1 (1)

最大水位分布

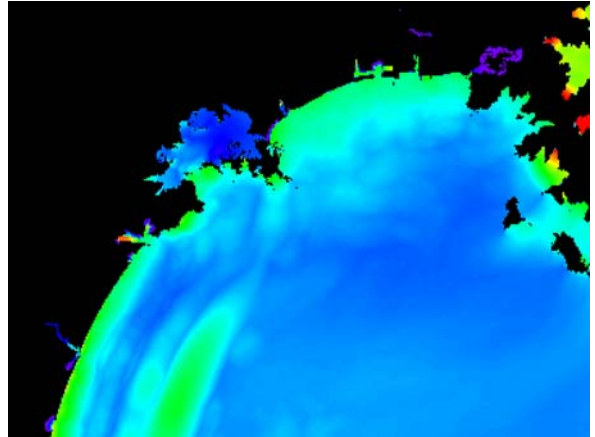
範囲：仙台

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

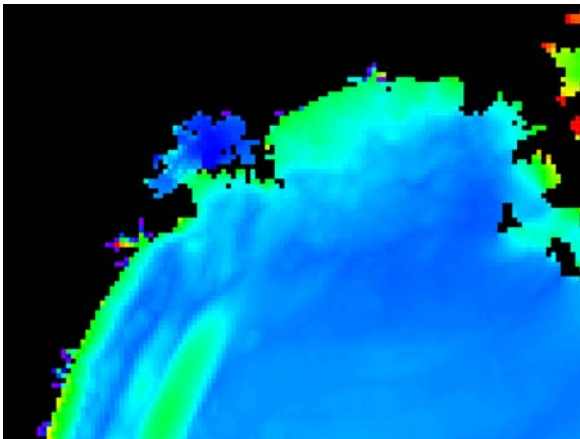
50mメッシュ計算



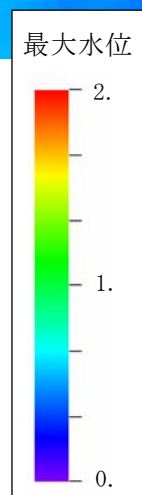
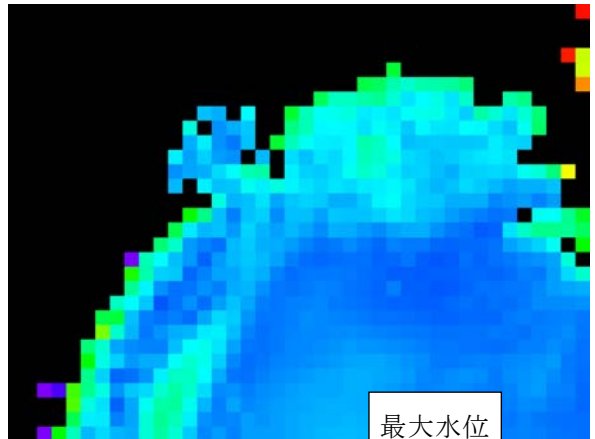
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

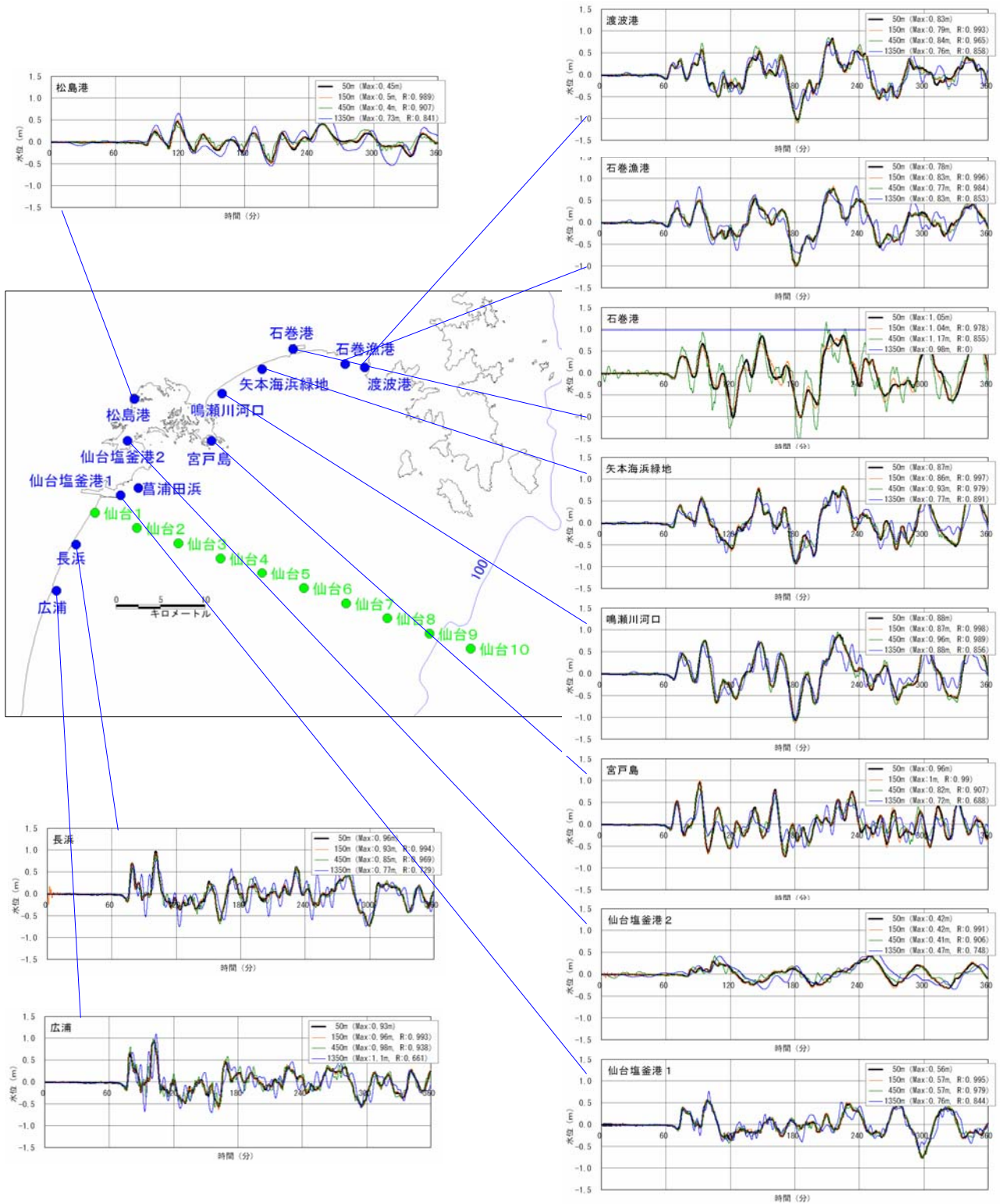


比較結果 1 (2)

時刻歴波形

範囲：仙台付近

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

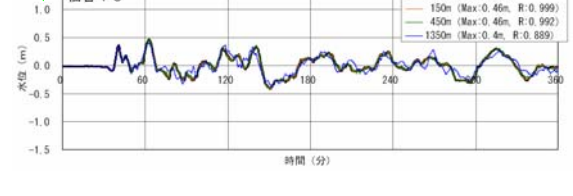
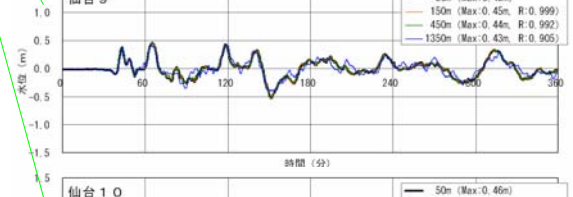
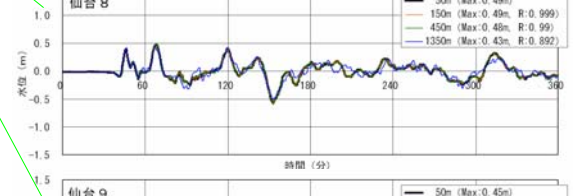
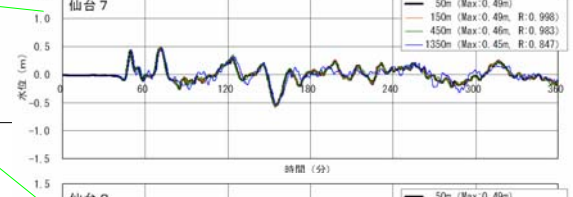
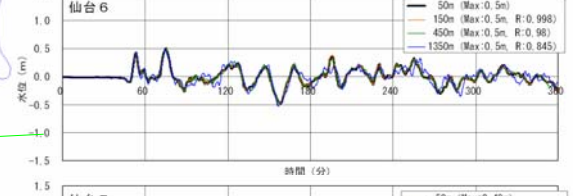
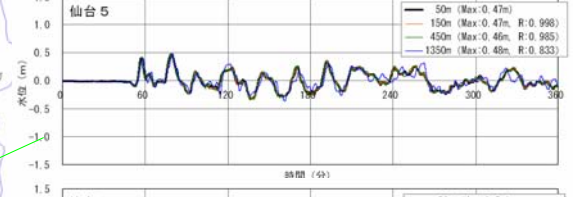
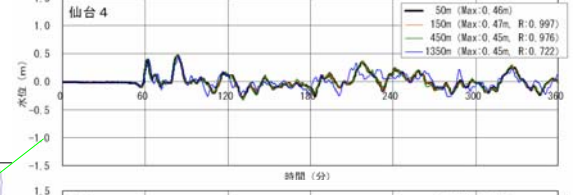
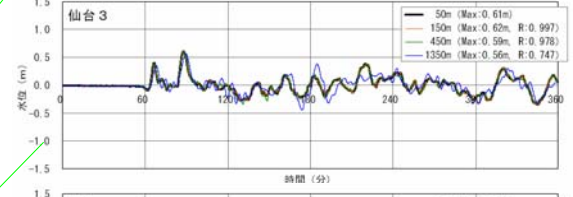
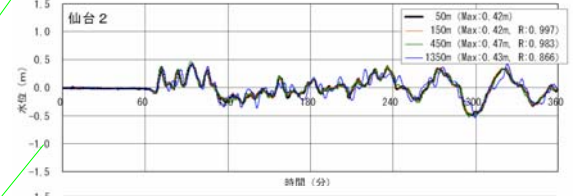
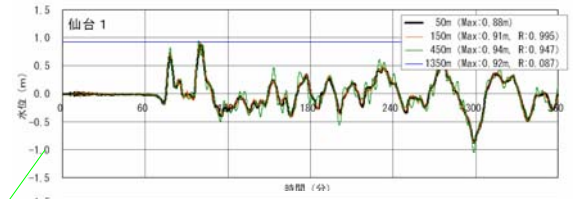
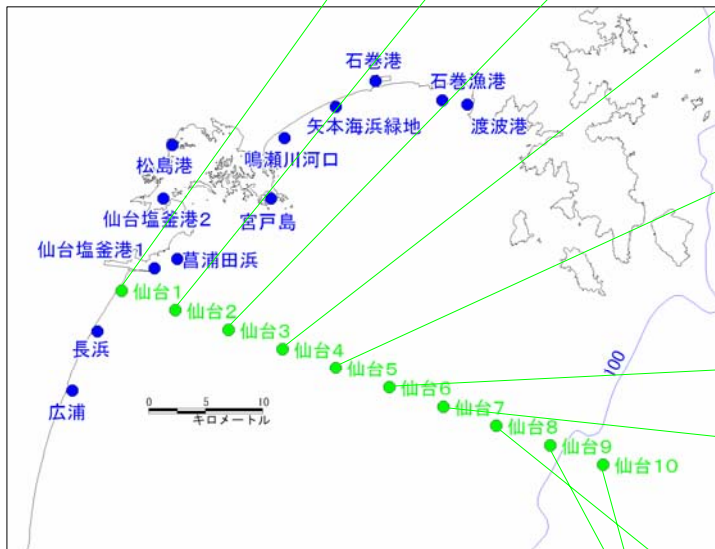


比較結果 1 (3)

時刻歴波形

範囲：仙台（沿岸～沖合）

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）



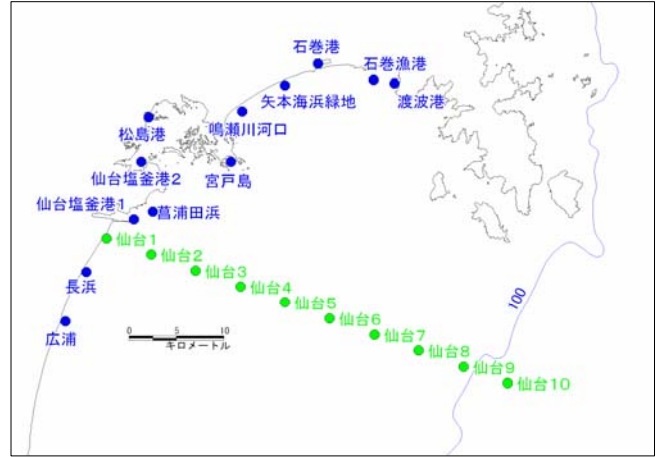
比較結果 1 (4)

最大水位，波形の相関係数

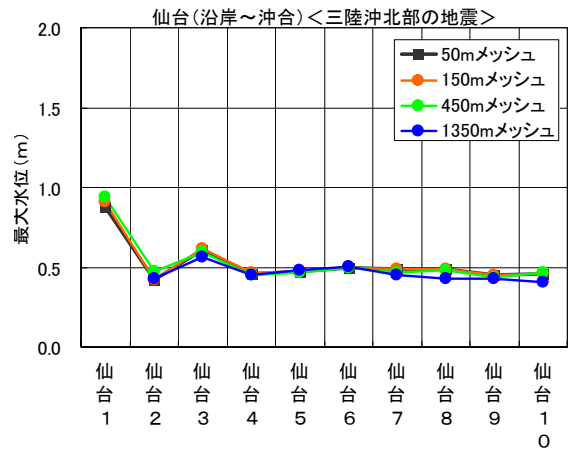
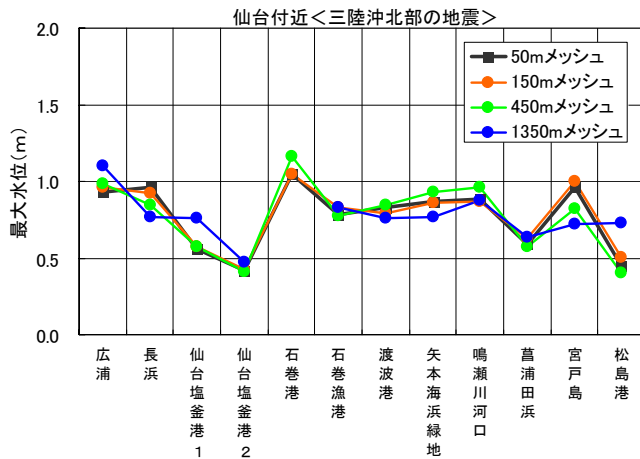
範囲：仙台

地震：三陸沖北部の地震

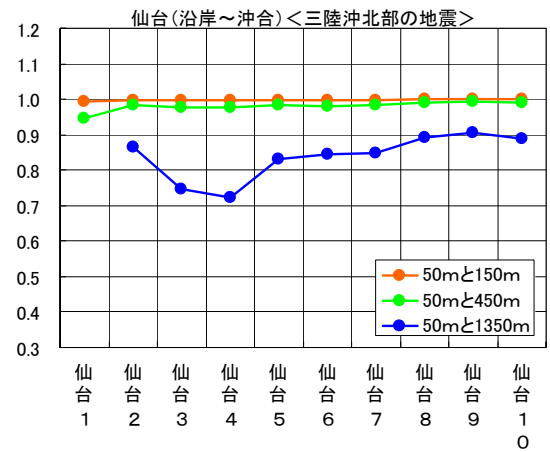
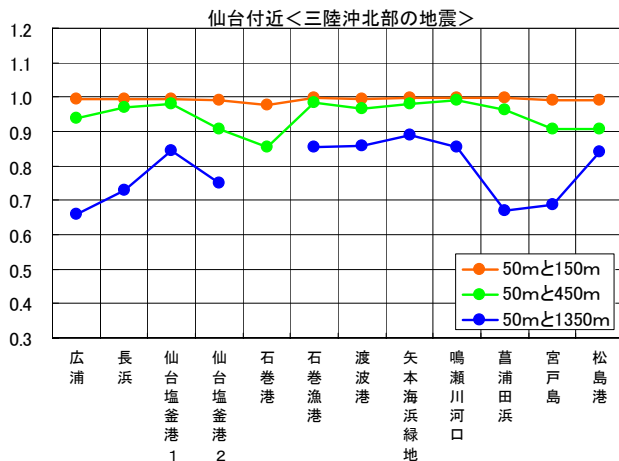
- ・最大水位：150m，450m，1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する。
- ・波形形状：50mメッシュ計算に対する相関係数は，150m，450mメッシュ計算は高いが，1350mメッシュ計算は低い。



最大水位



波形の相関係数



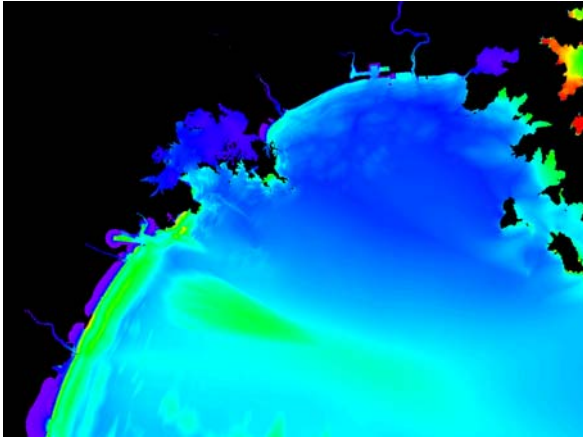
比較結果 2 (1)

最大水位分布

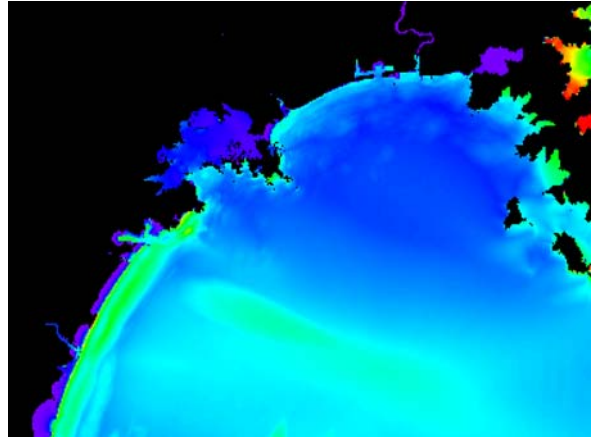
範囲：仙台

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

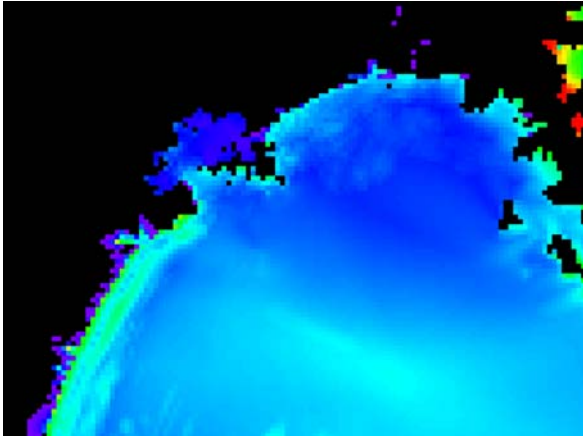
50mメッシュ計算



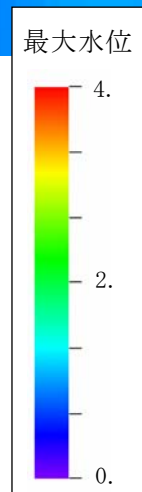
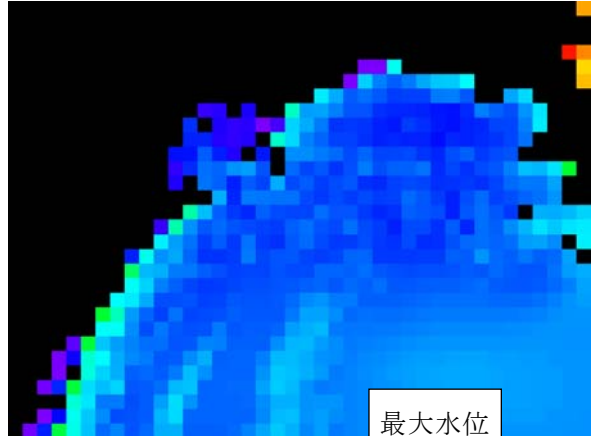
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

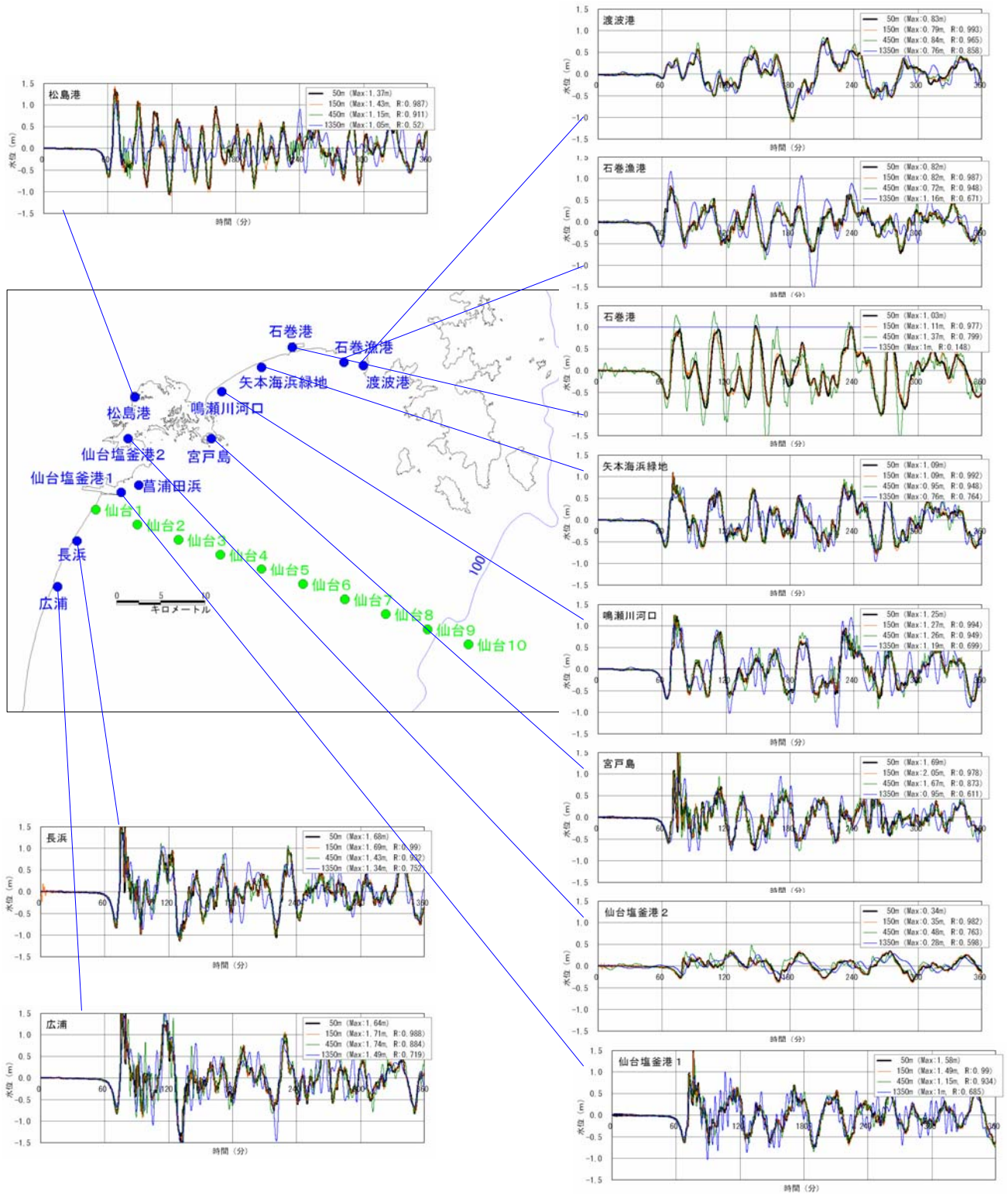


比較結果 2 (2)

時刻歴波形

範囲：仙台付近

地震：明治三陸タイプの地震（堤防なし）

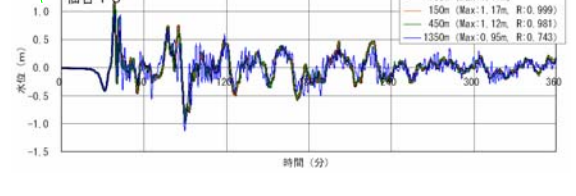
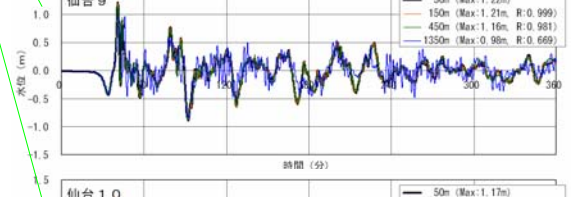
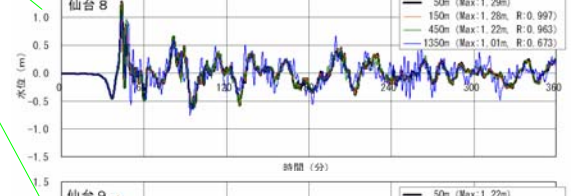
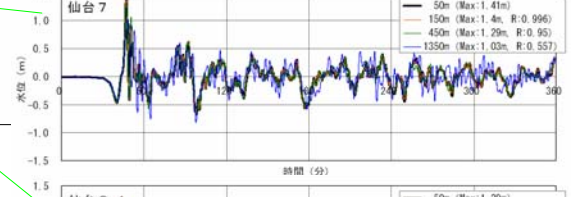
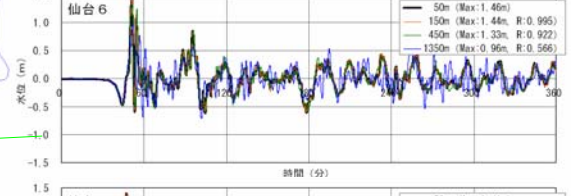
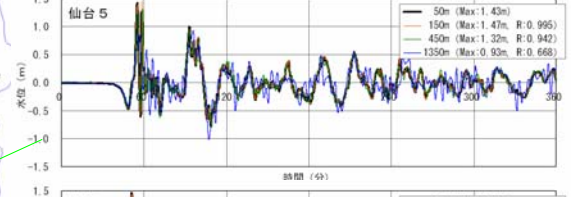
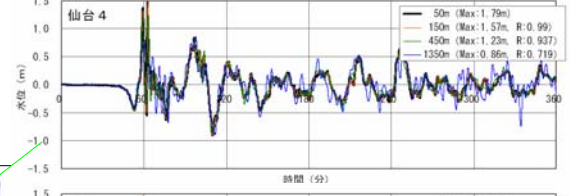
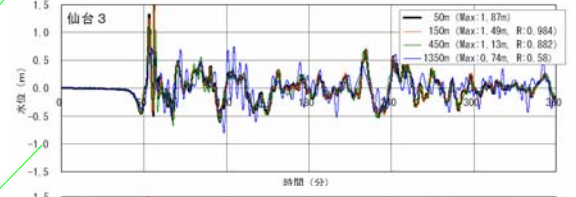
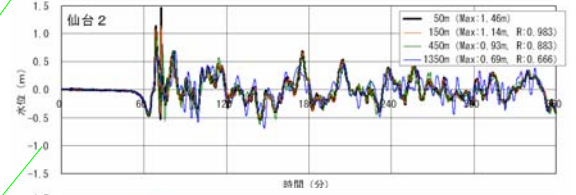
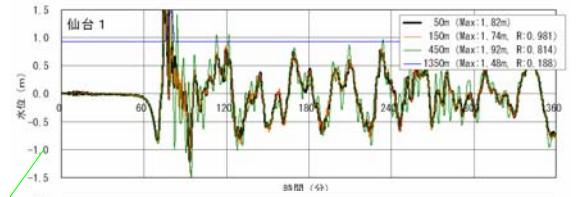
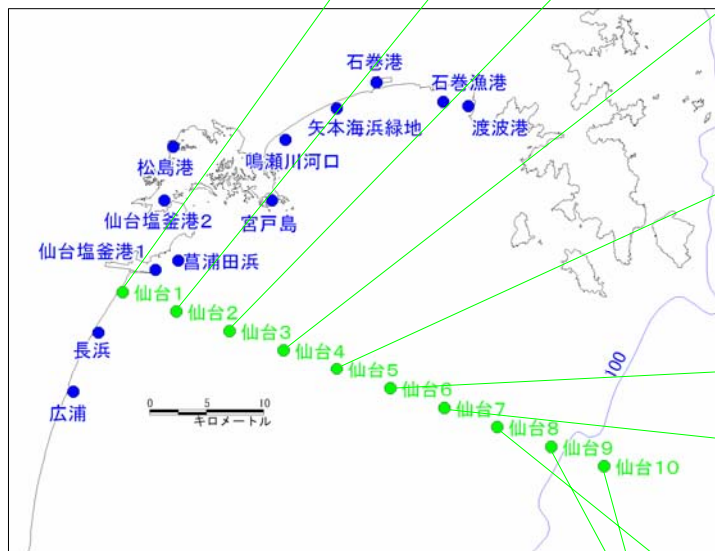


比較結果 2 (3)

時刻歴波形

範囲：仙台（沿岸～沖合）

地震：明治三陸タイプの地震（堤防なし）



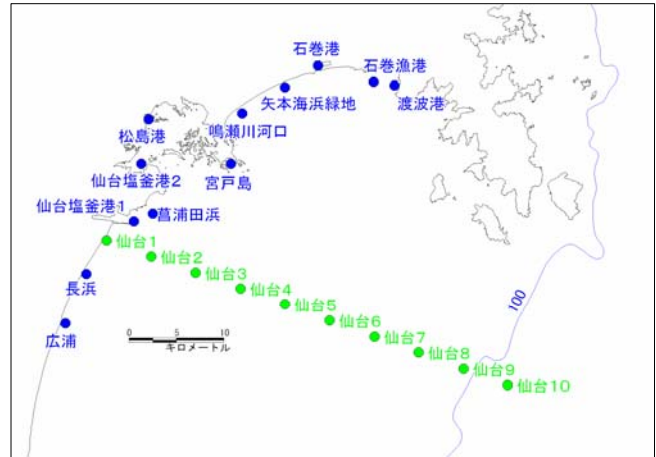
比較結果 2 (4)

最大水位，波形の相関係数

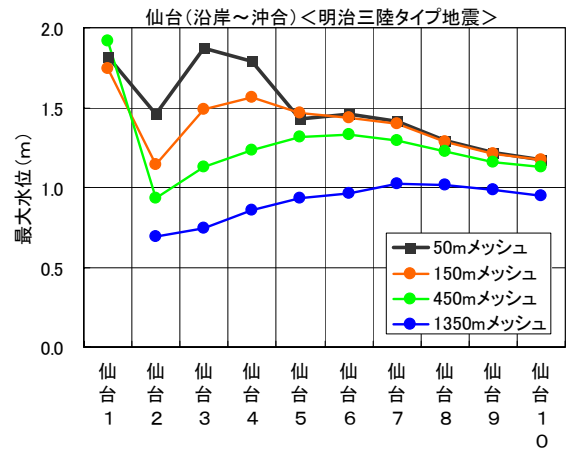
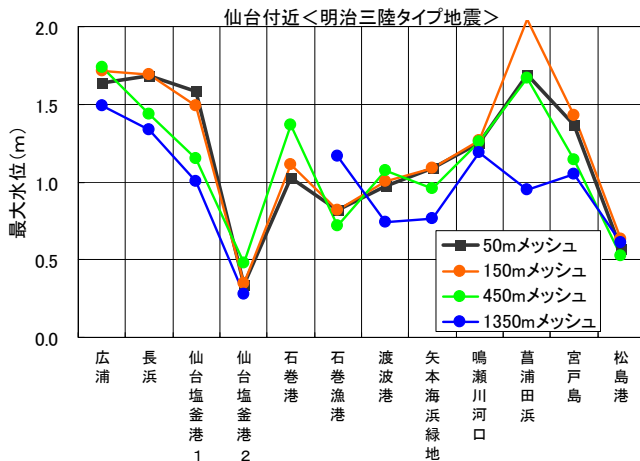
範囲：仙台

地震：明治三陸タイプ地震

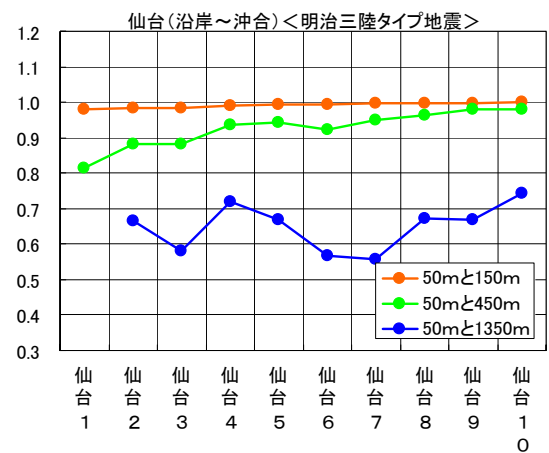
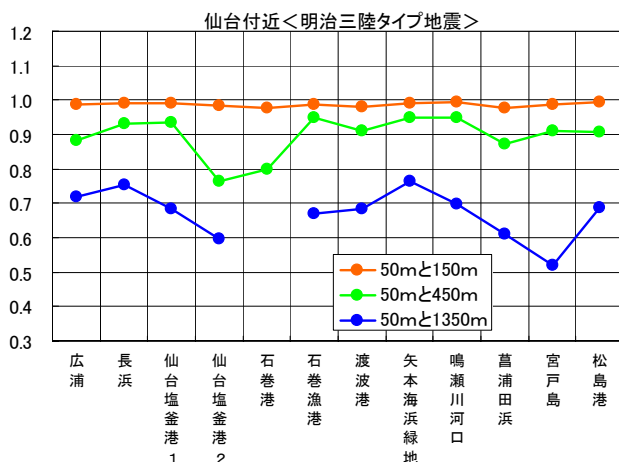
- ・最大水位：150mメッシュ計算は50mメッシュ計算と比較的一致する，450m，1350mメッシュ計算はあまり一致しない。
- ・波形形状：50mメッシュ計算に対する相関係数は，150mメッシュ計算は高いが，450m，1350mメッシュ計算は低い。



最大水位



波形の相関係数



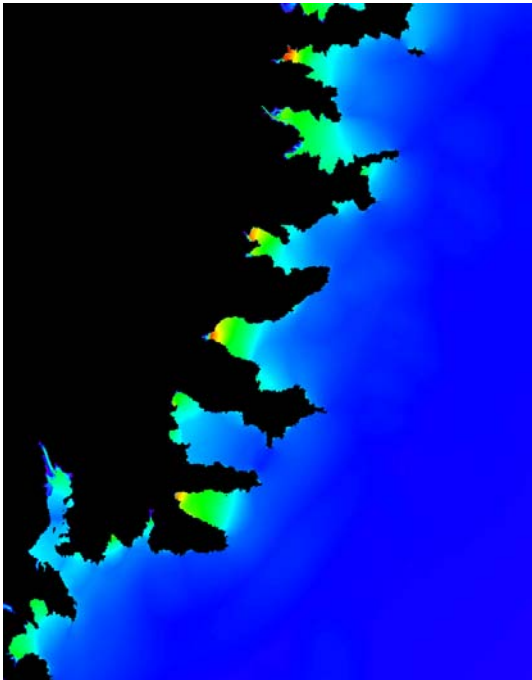
比較結果 3 (1)

最大水位分布

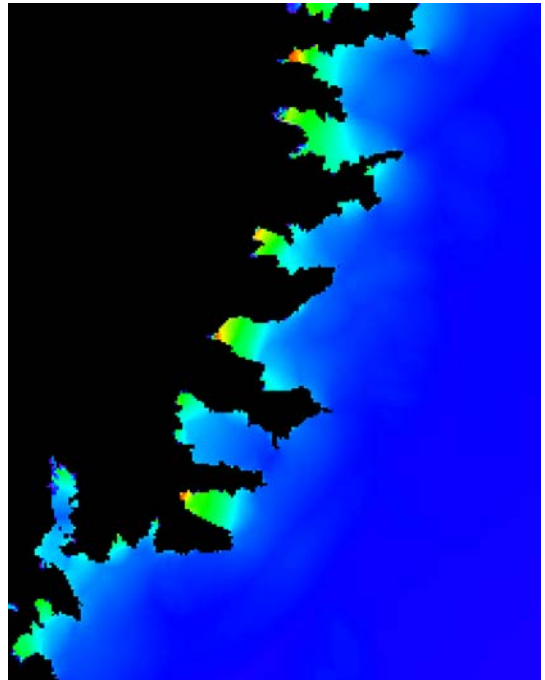
範囲：釜石

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

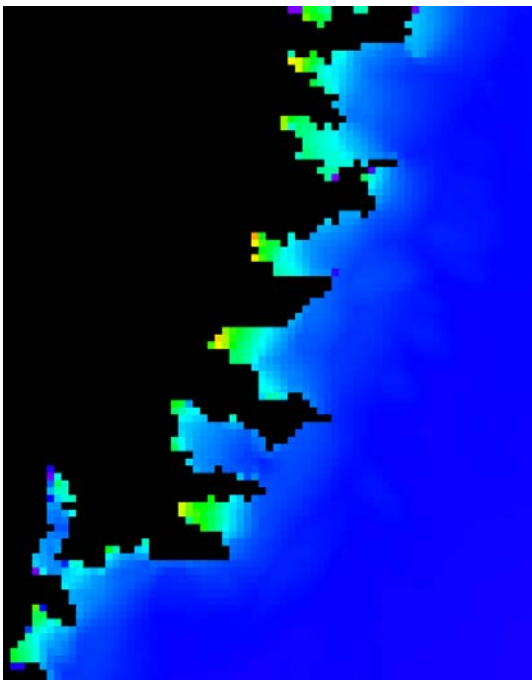
50mメッシュ計算



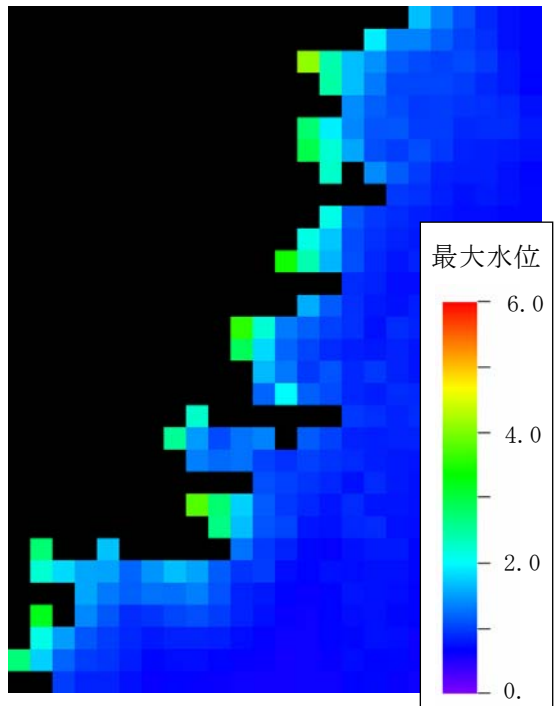
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

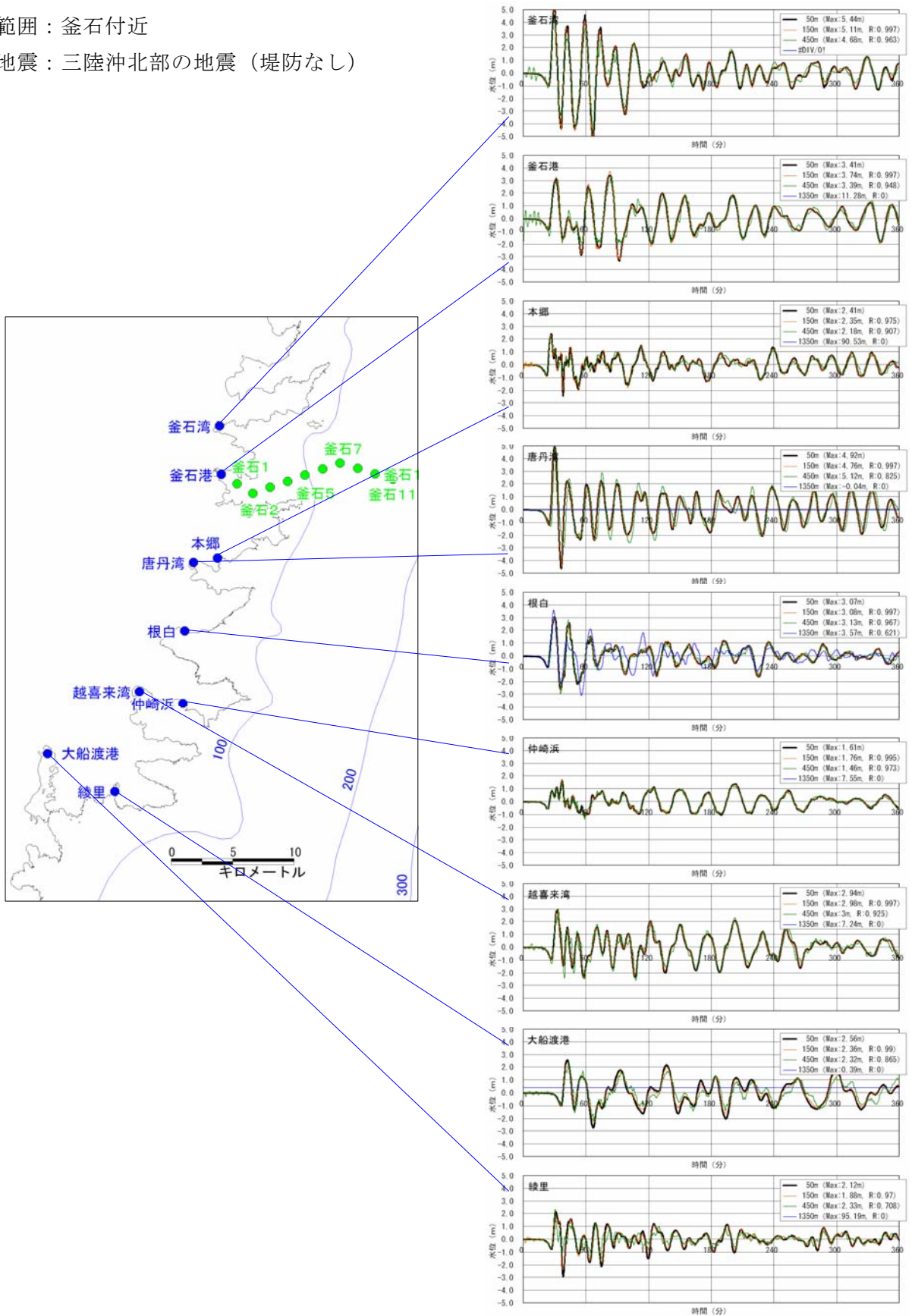


比較結果 3 (2)

時刻歴波形

範囲：釜石付近

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

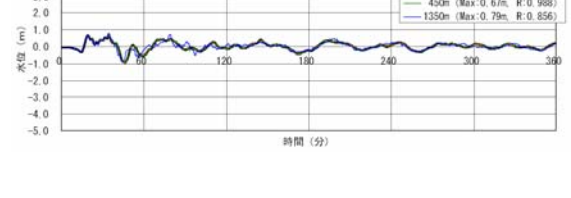
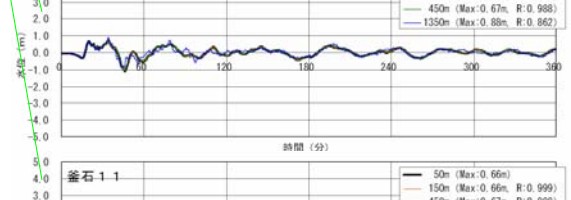
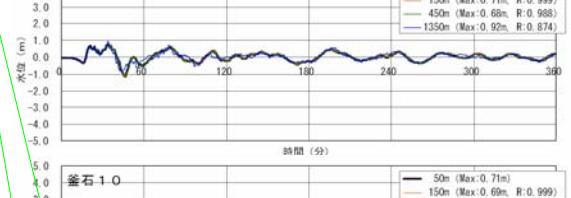
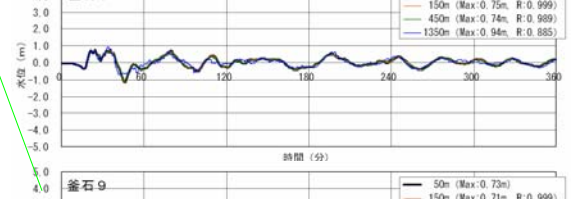
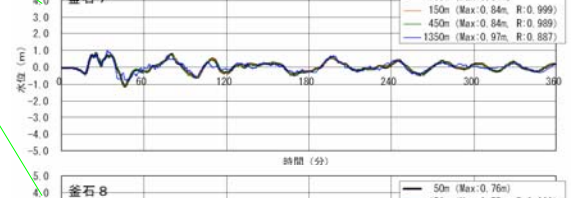
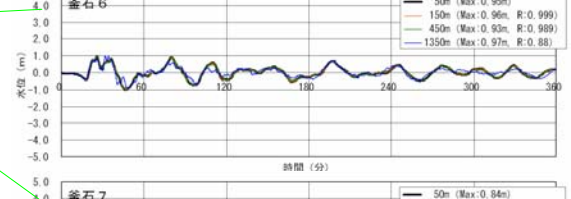
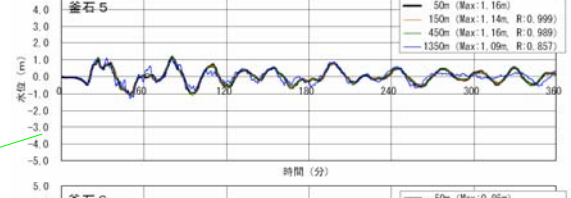
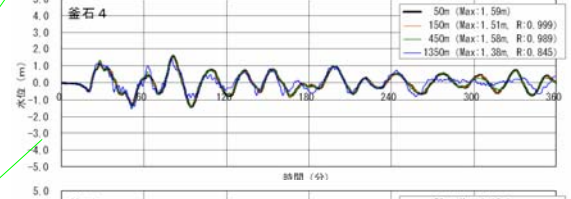
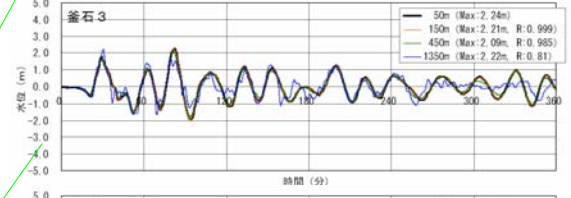
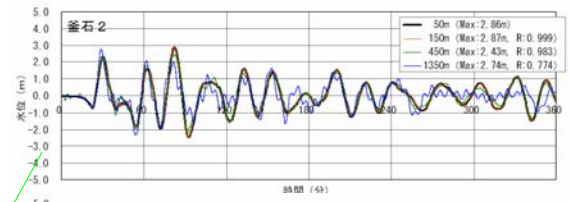
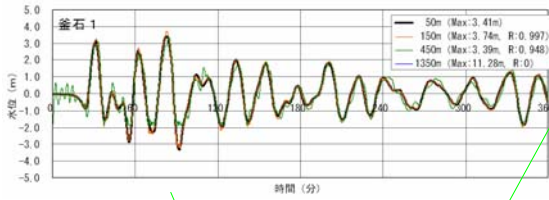


比較結果 3 (3)

時刻歴波形

範囲：釜石（沿岸～沖合）

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）



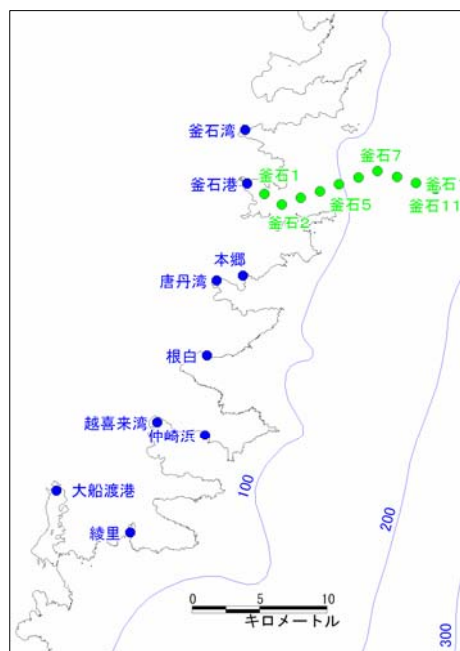
比較結果 3 (4)

最大水位, 波形の相関係数

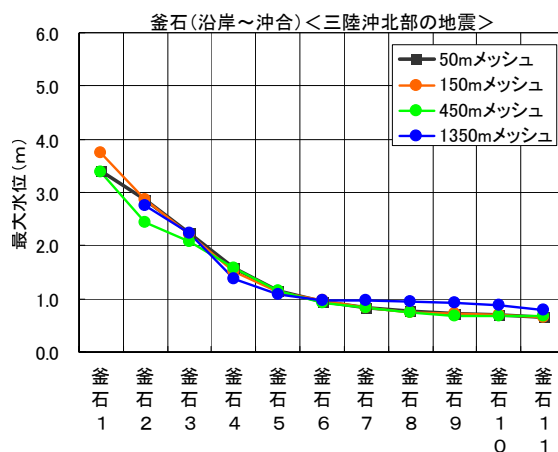
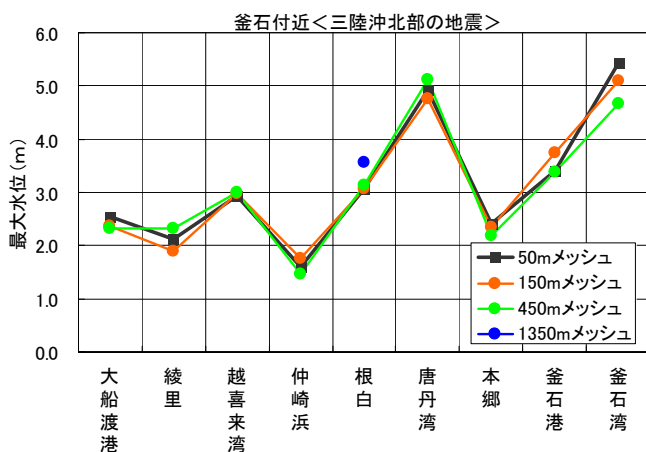
範囲: 釜石

地震: 三陸沖北部の地震

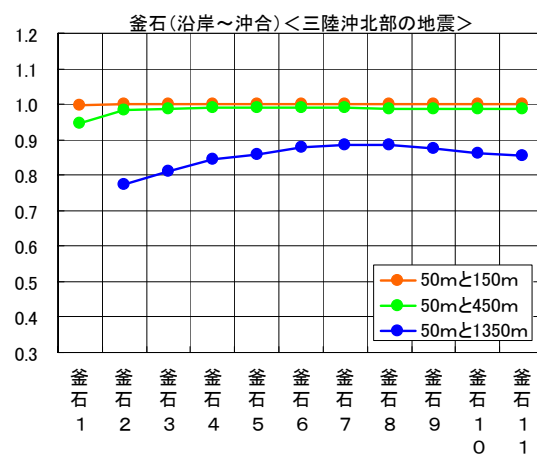
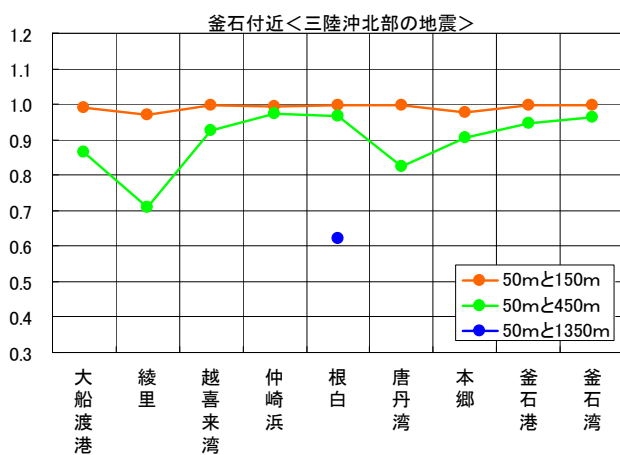
- ・最大水位: 150m, 450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する. 1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い.
- ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150m, 450mメッシュ計算は高い.



最大水位



波形の相関係数



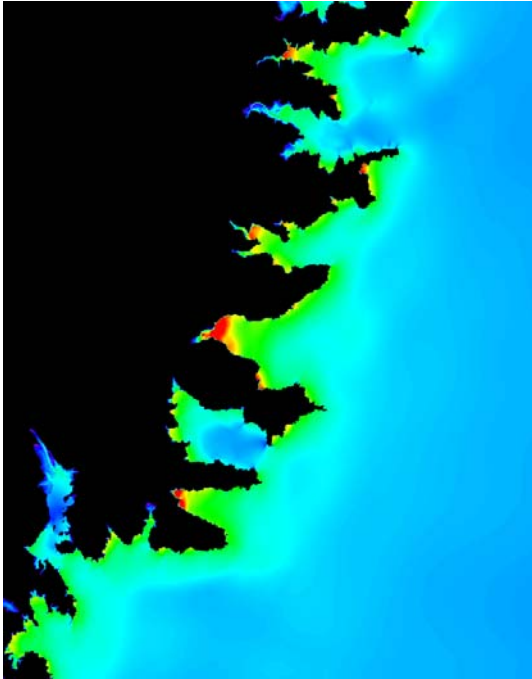
比較結果 4 (1)

最大水位分布

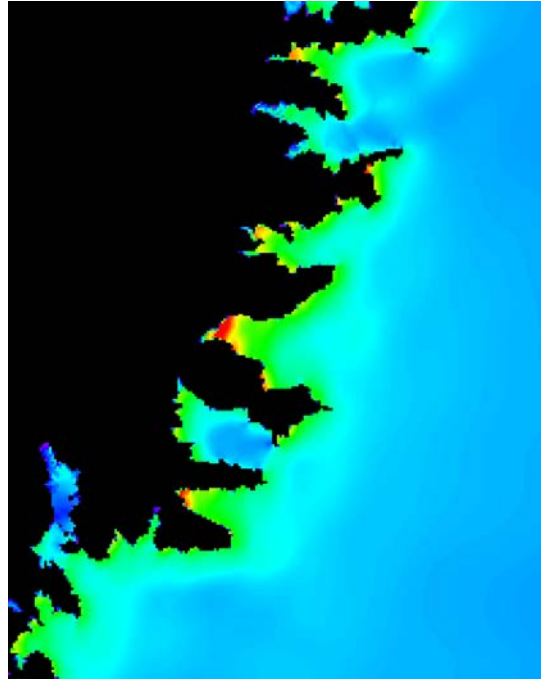
範囲：釜石

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

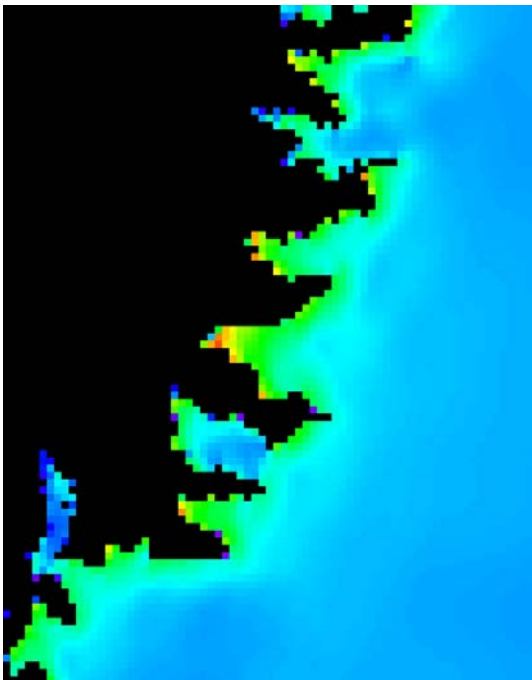
50mメッシュ計算



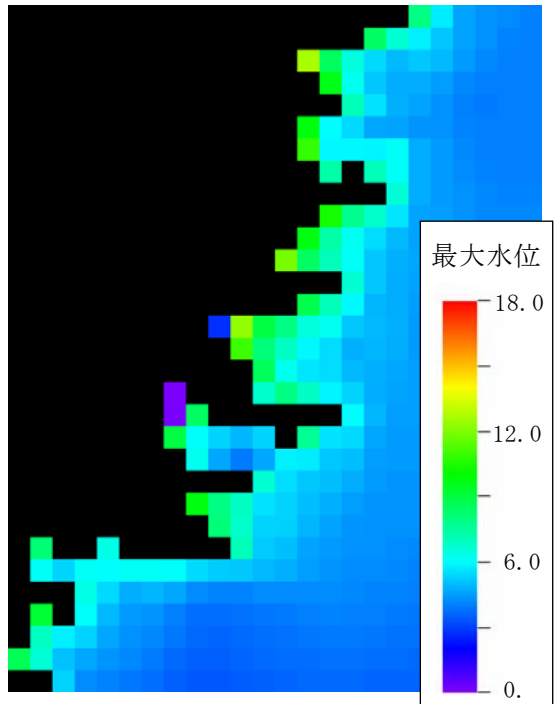
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

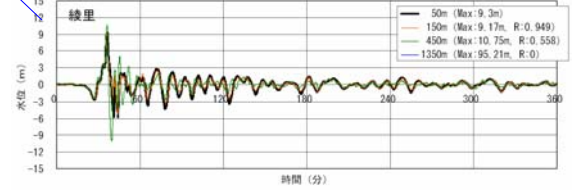
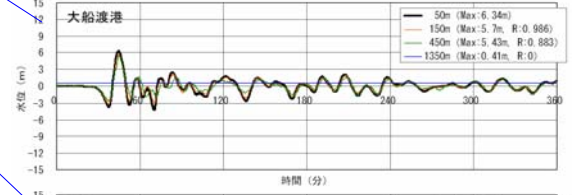
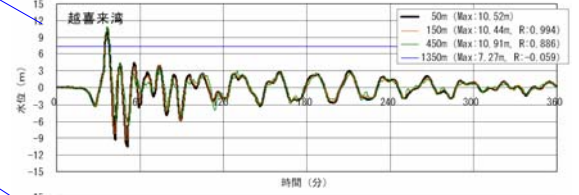
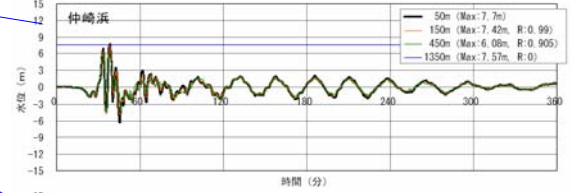
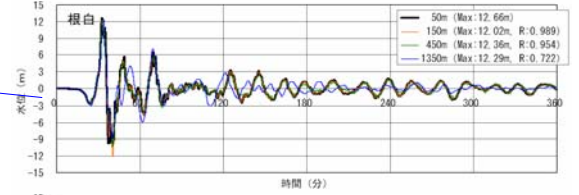
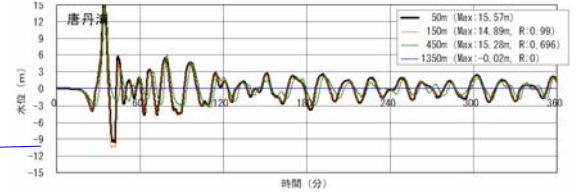
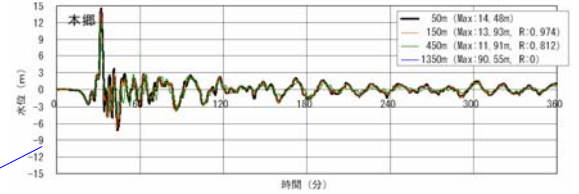
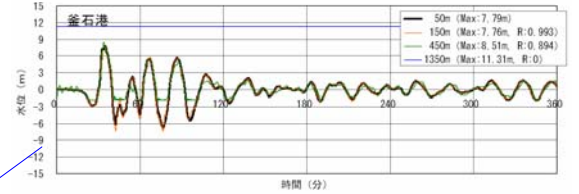
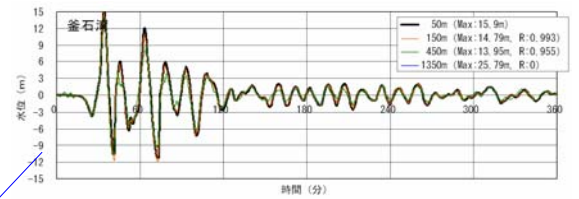


比較結果 4 (2)

時刻歴波形

範囲：釜石付近

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

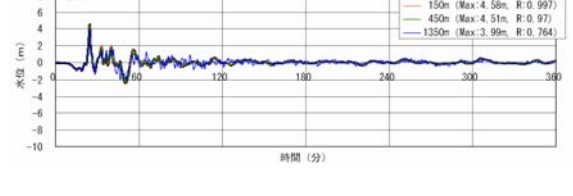
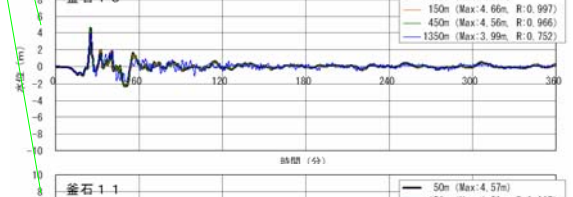
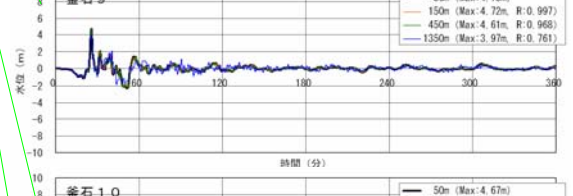
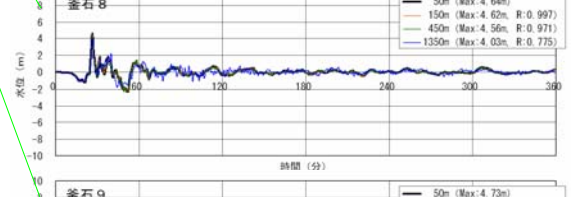
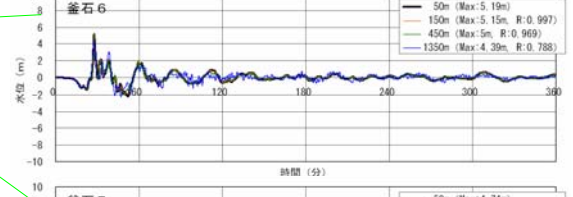
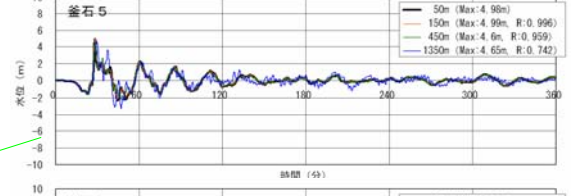
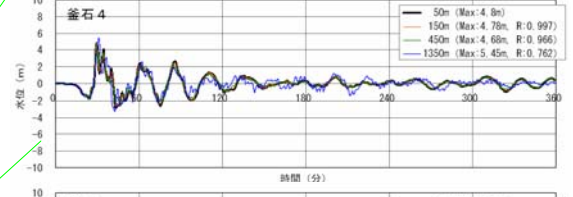
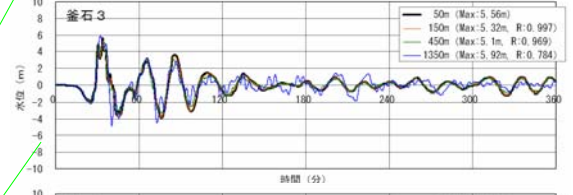
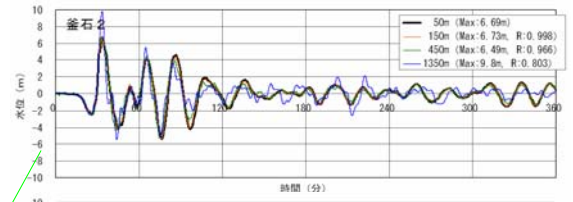
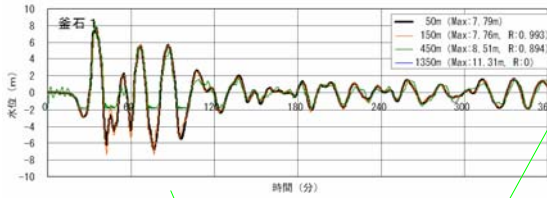


比較結果 4 (3)

時刻歴波形

範囲：釜石（沿岸～沖合）

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）



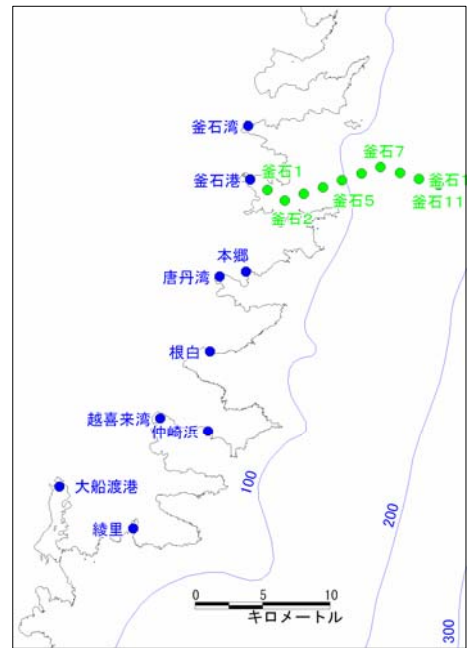
比較結果 4 (4)

最大水位, 波形の相関係数

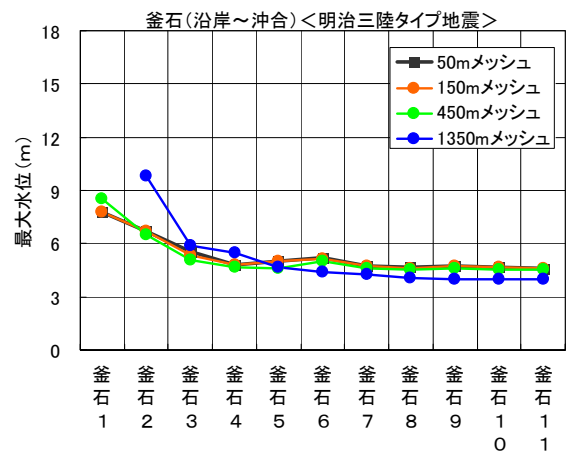
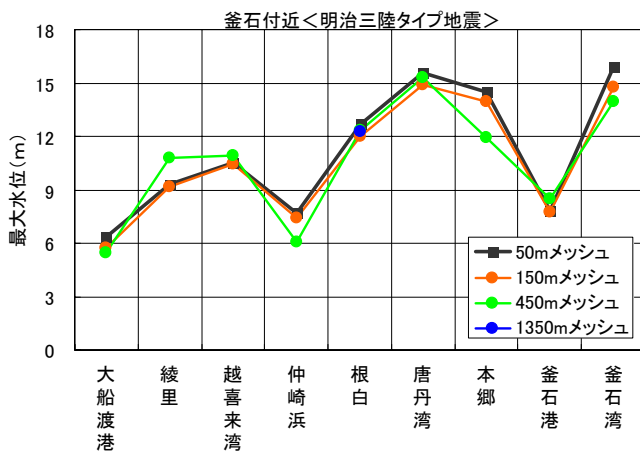
範囲: 釜石

地震: 明治三陸タイプ地震

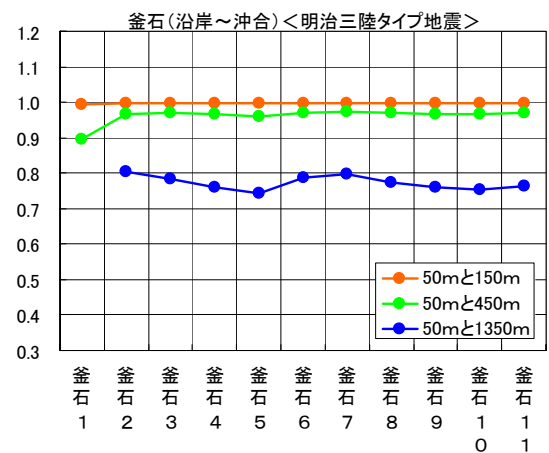
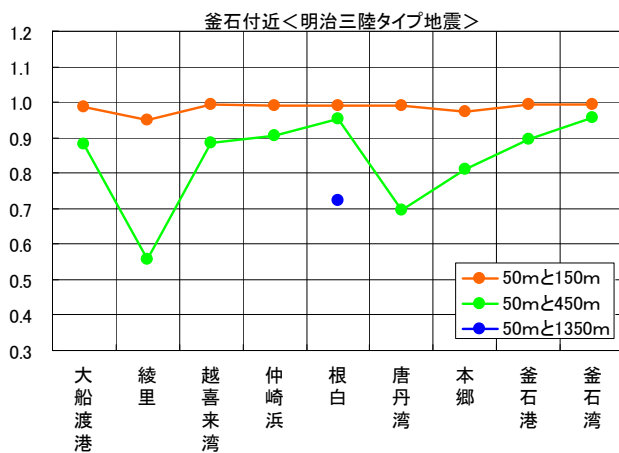
- ・最大水位: 150m, 450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する. 1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い.
- ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は, 150mメッシュ計算は高いが, 450mメッシュ計算は高いとはいえない.



最大水位



波形の相関係数



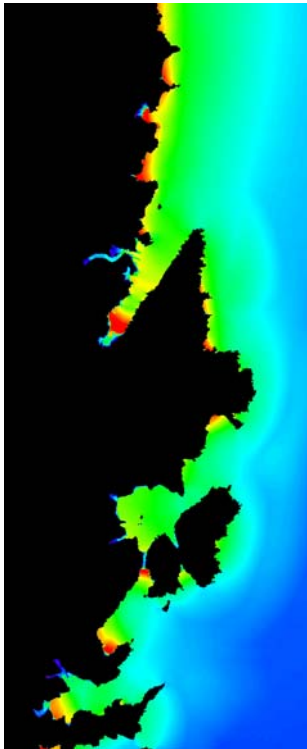
比較結果 5 (1)

最大水位分布

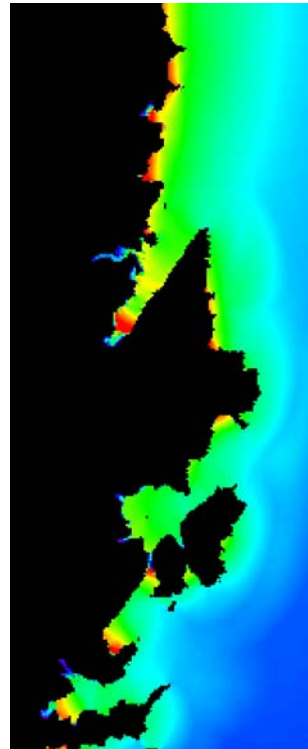
範囲：宮古

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

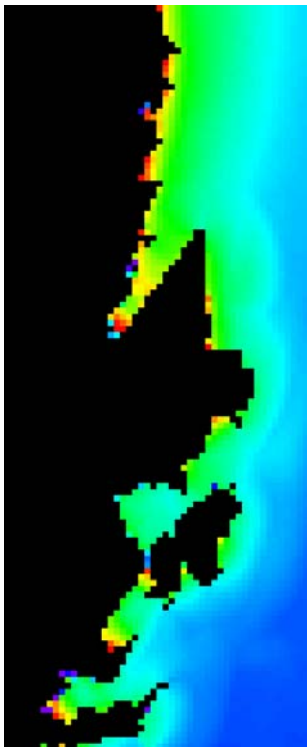
50mメッシュ計算



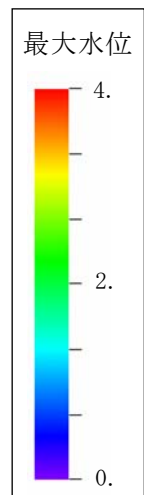
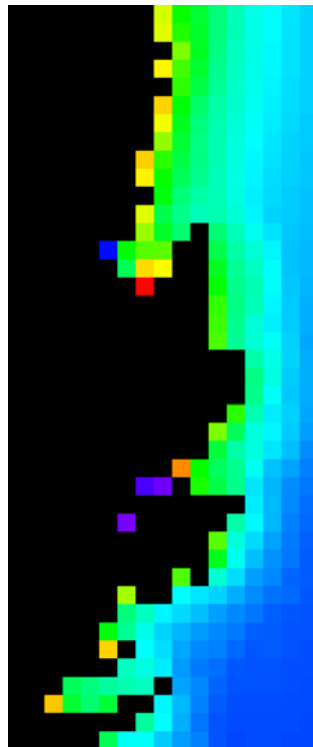
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

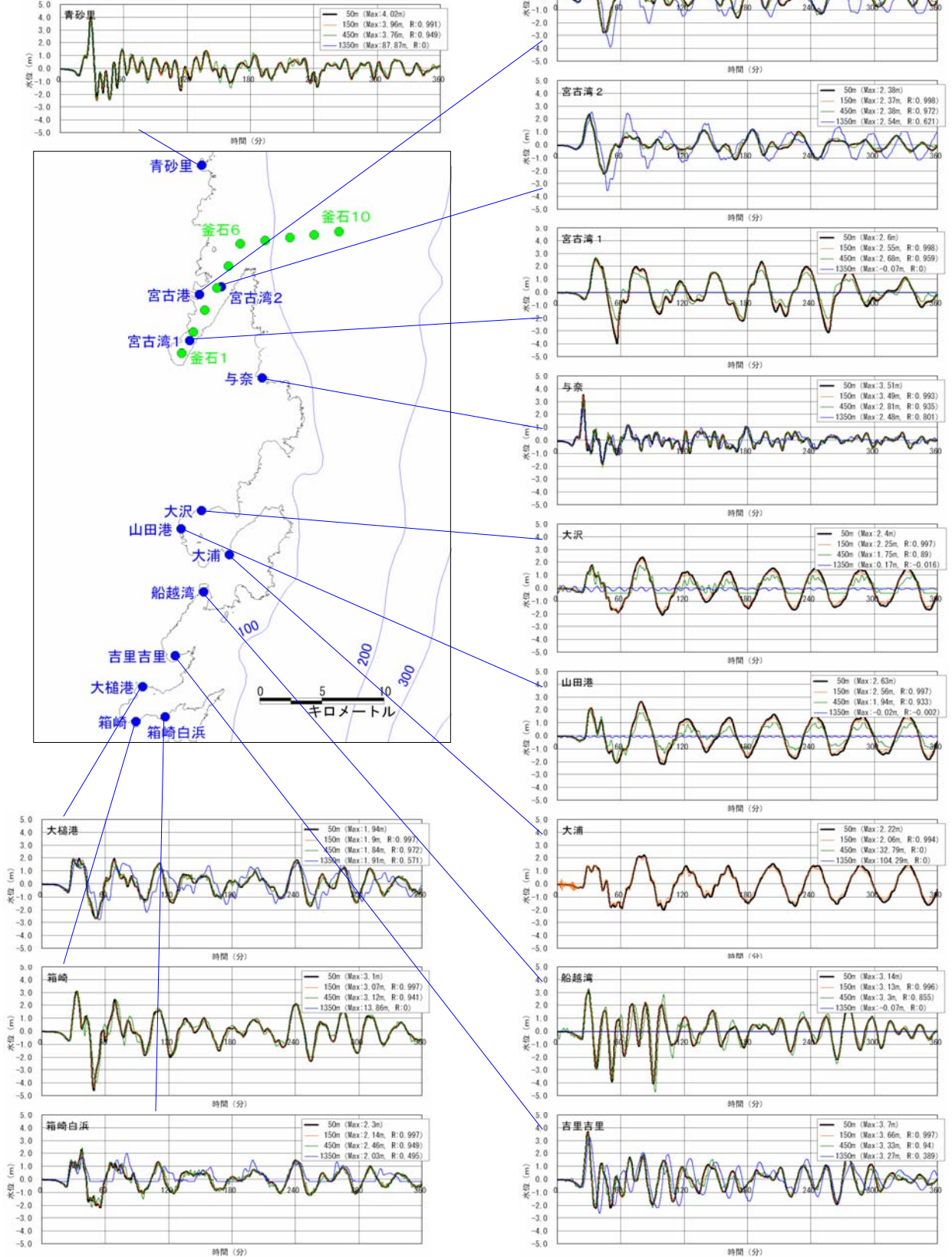


比較結果 5 (2)

時刻歴波形

範囲：宮古付近

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

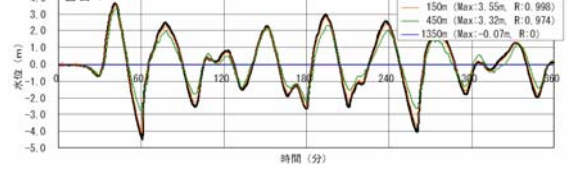
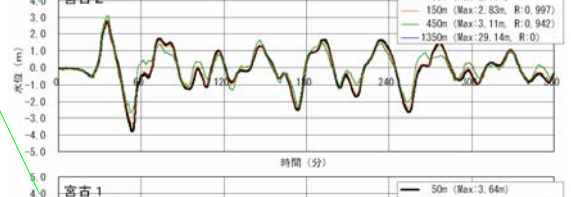
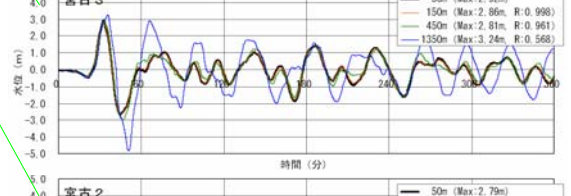
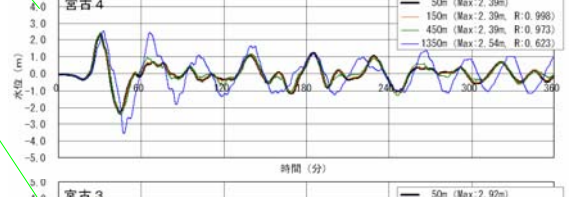
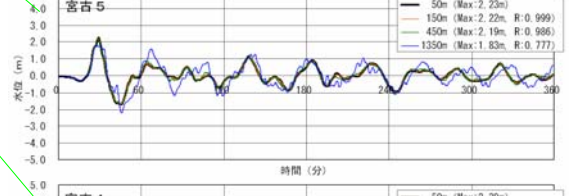
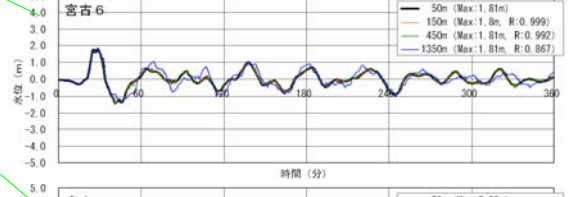
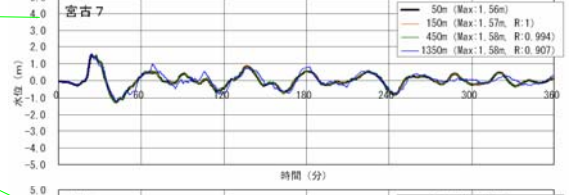
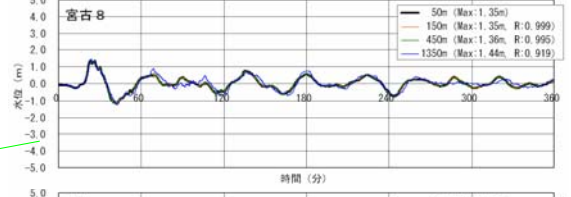
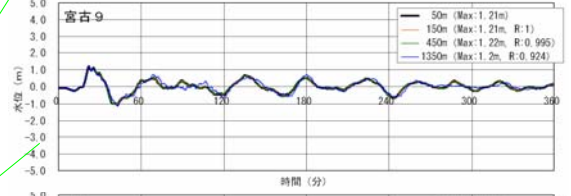
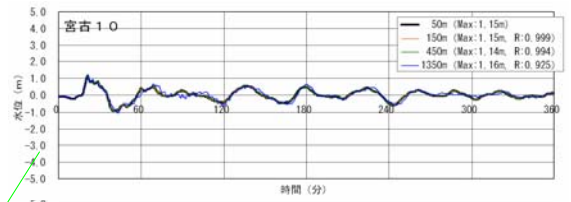
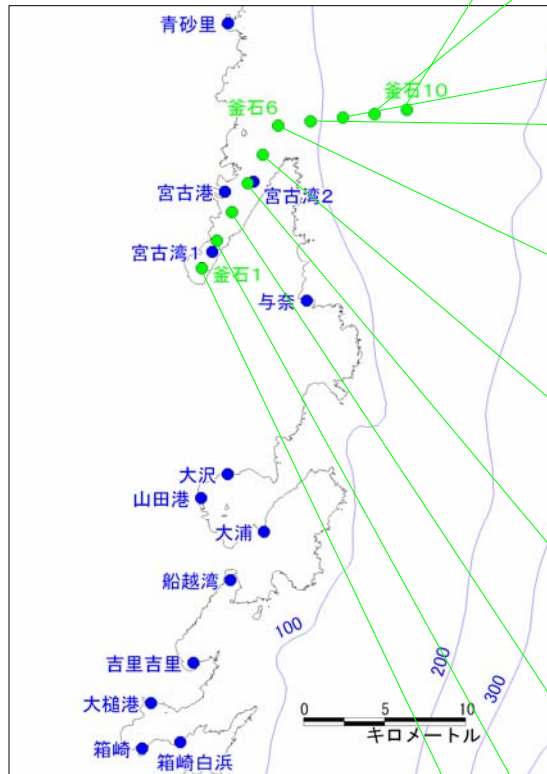


比較結果5 (3)

時刻歴波形

範囲：宮古（沿岸～沖合）

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）



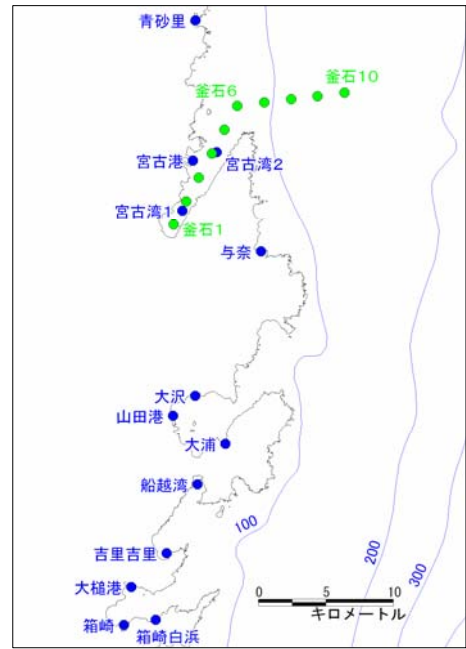
比較結果5 (4)

最大水位，波形の相関係数

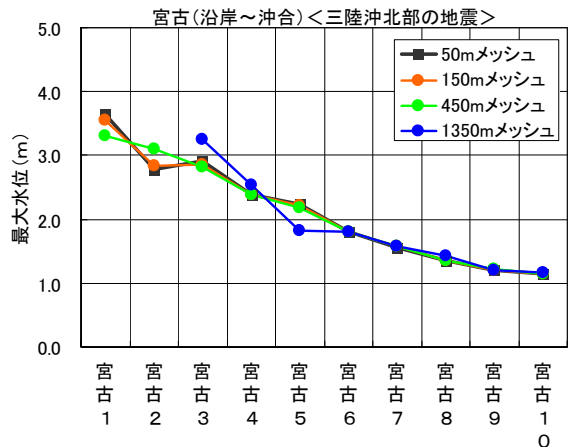
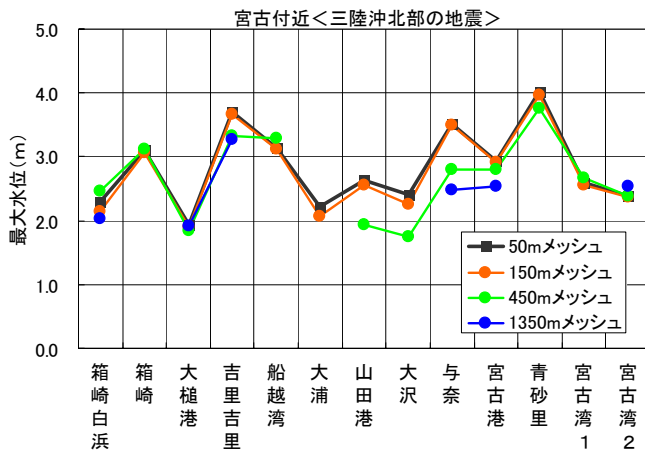
範囲：宮古

地震：三陸沖北部の地震

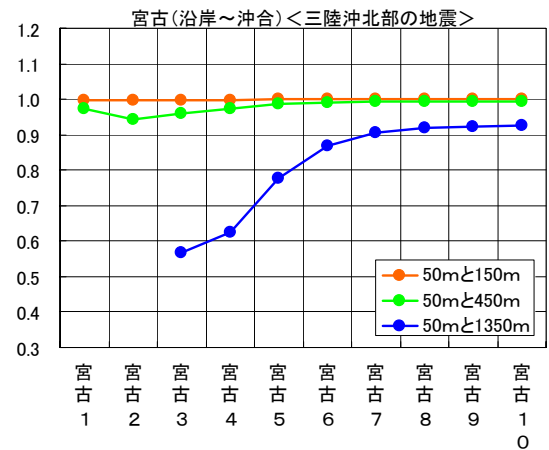
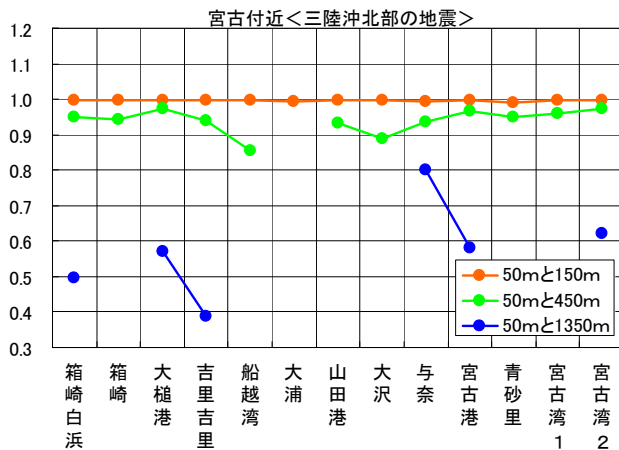
- ・最大水位：150m，450mメッシュ計算は50mメッシュ計算とよく一致する．1350mメッシュ計算は同一地点での比較ができない地点が多い．
- ・波形形状：50mメッシュ計算に対する相関係数は，150m，450mメッシュ計算は高い．



最大水位



波形の相関係数



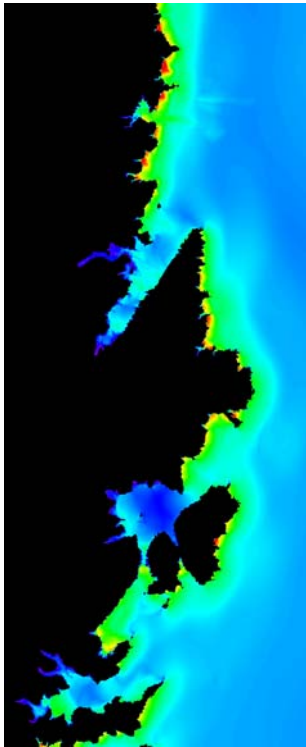
比較結果 6 (1)

最大水位分布

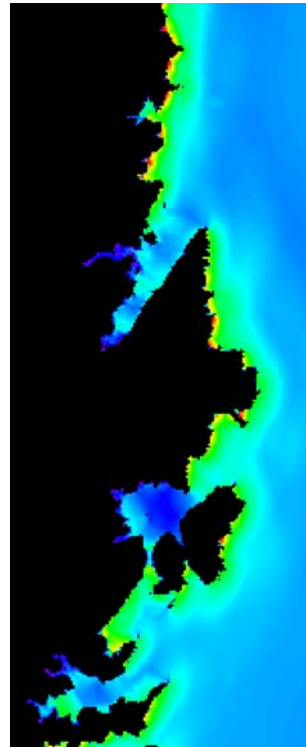
範囲：宮古

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

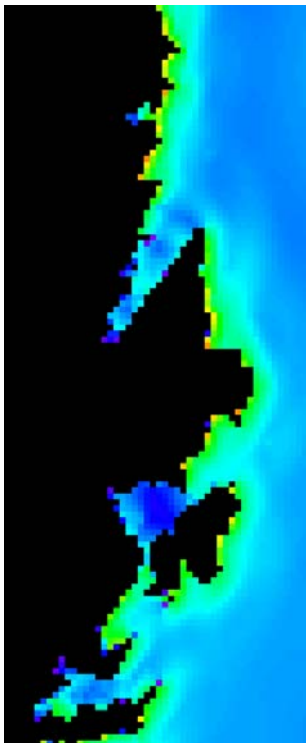
50mメッシュ計算



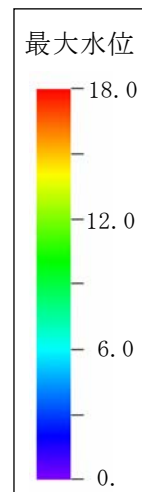
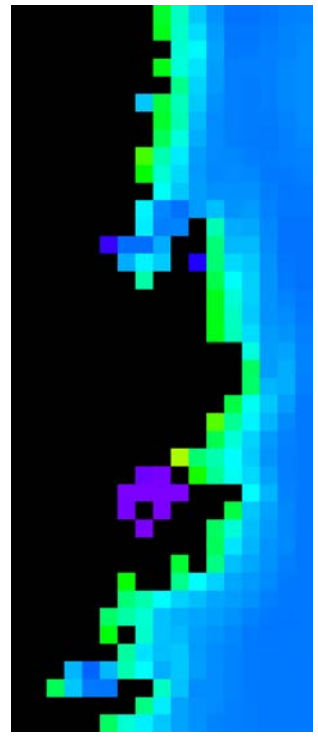
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

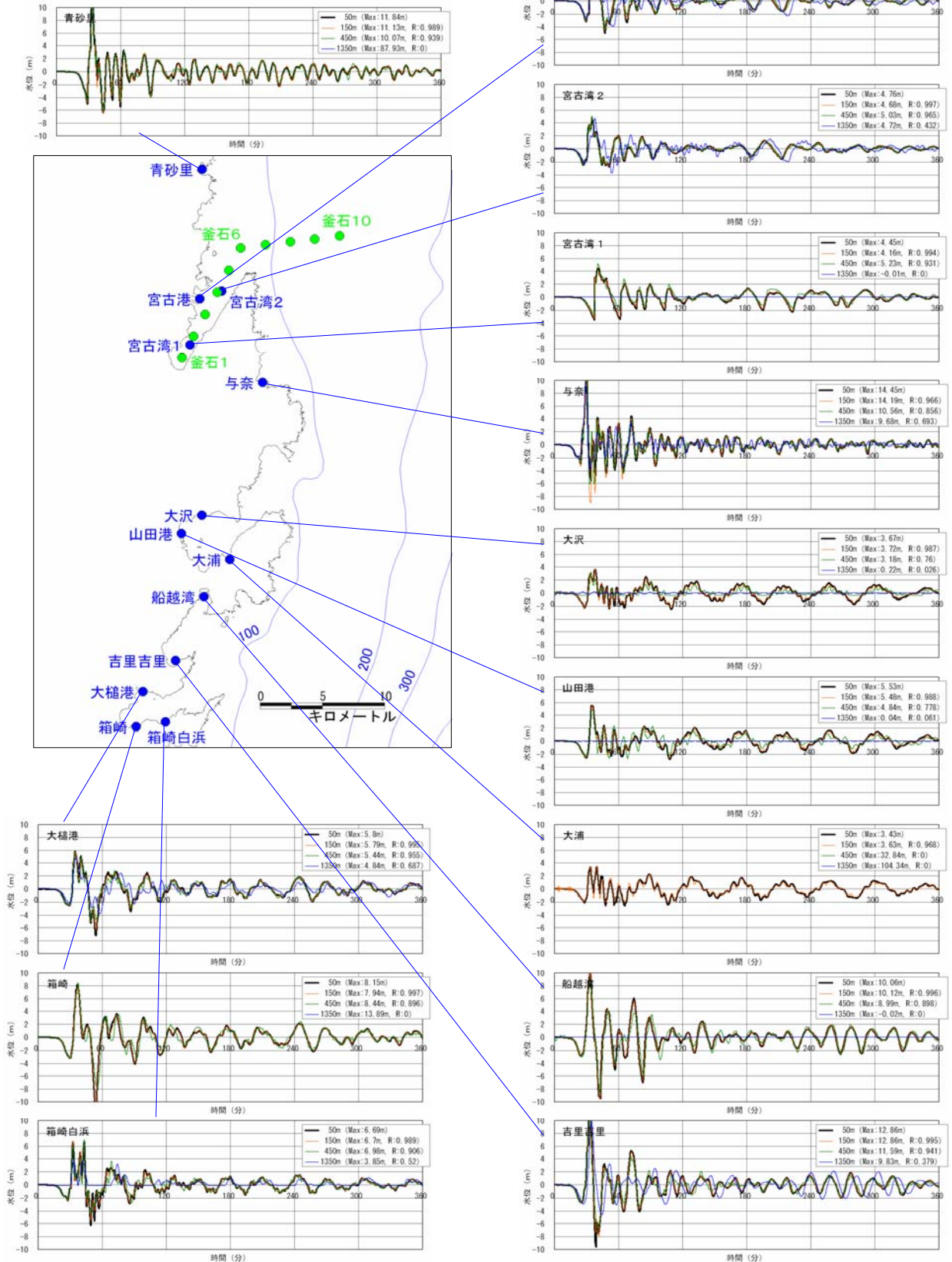


比較結果 6 (2)

時刻歴波形

範囲：宮古付近

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

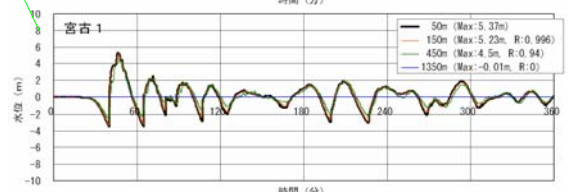
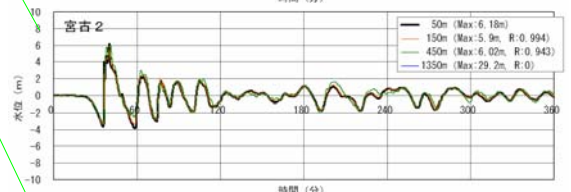
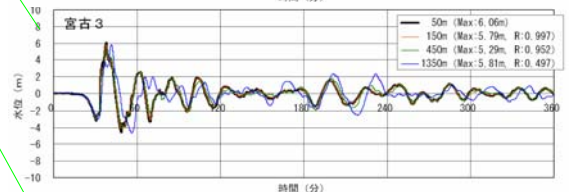
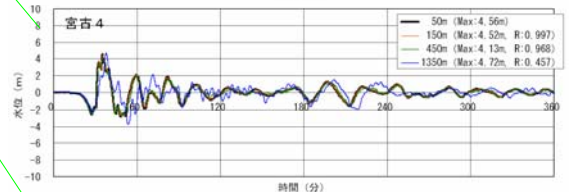
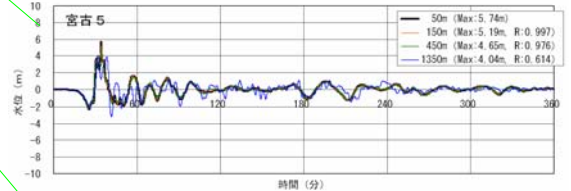
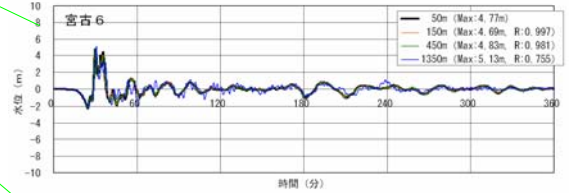
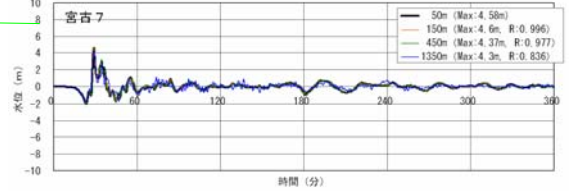
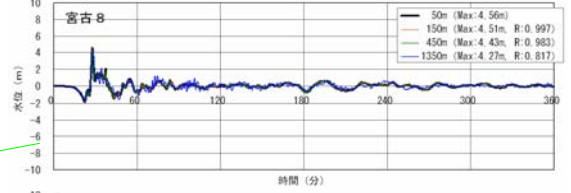
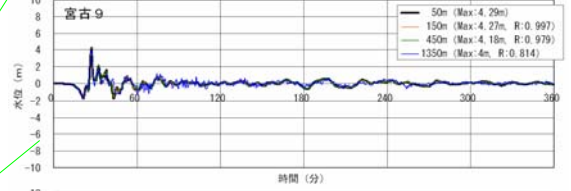
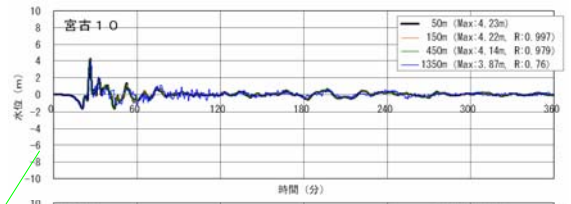
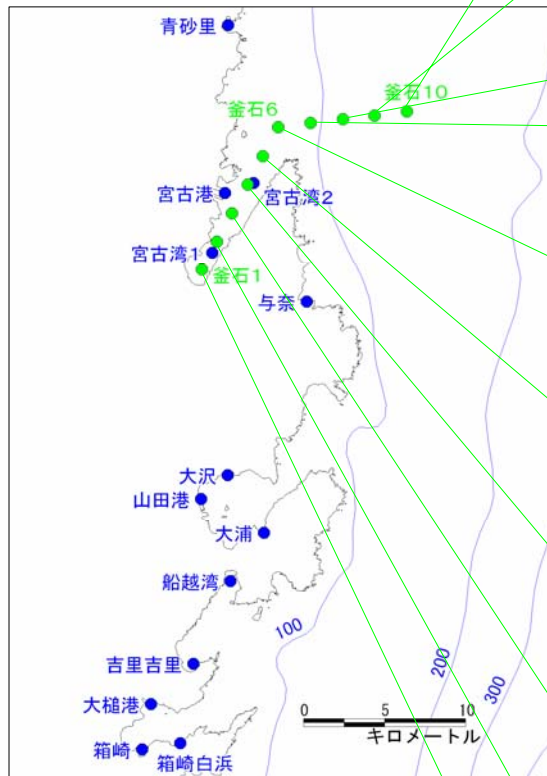


比較結果 6 (3)

時刻歴波形

範囲：宮古（沿岸～沖合）

地震：明治三陸タイプ（堤防なし）



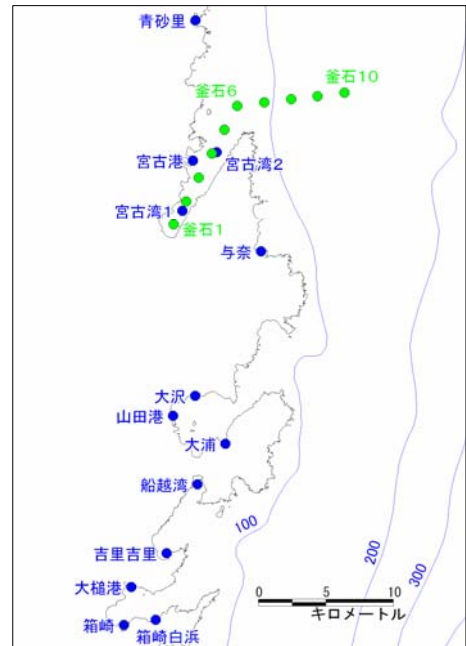
比較結果6 (4)

最大水位，波形の相関係数

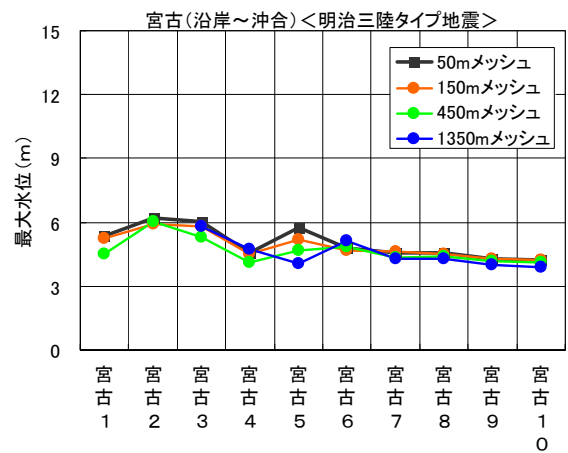
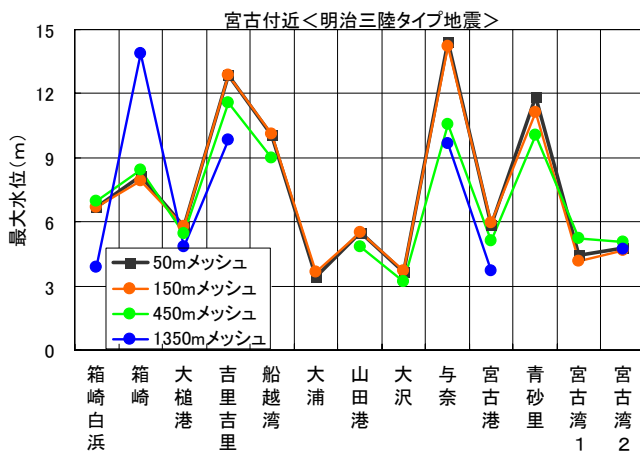
範囲：宮古

地震：明治三陸タイプ地震

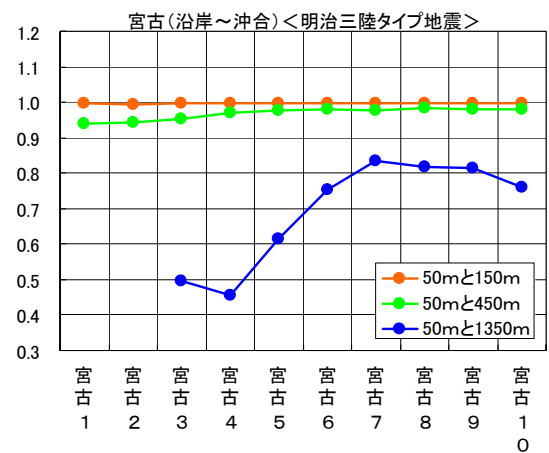
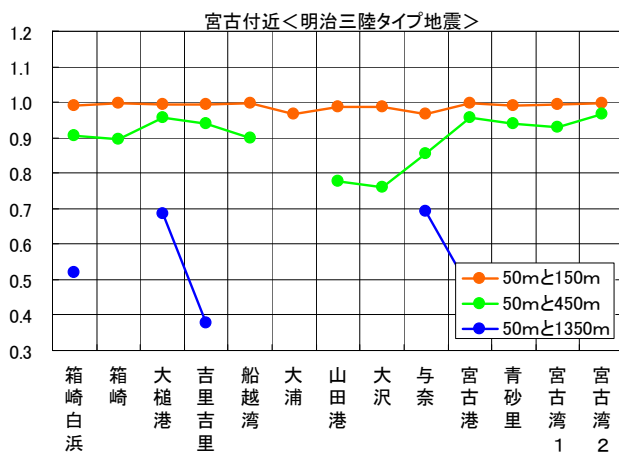
- ・最大水位：150m，450m，1350mメッシュ計算はいずれも50mメッシュ計算とよく一致する．
- ・波形形状：50mメッシュ計算に対する相関係数は，150m，450mメッシュ計算は高いが，1350mメッシュ計算は低い．



最大水位



波形の相関係数



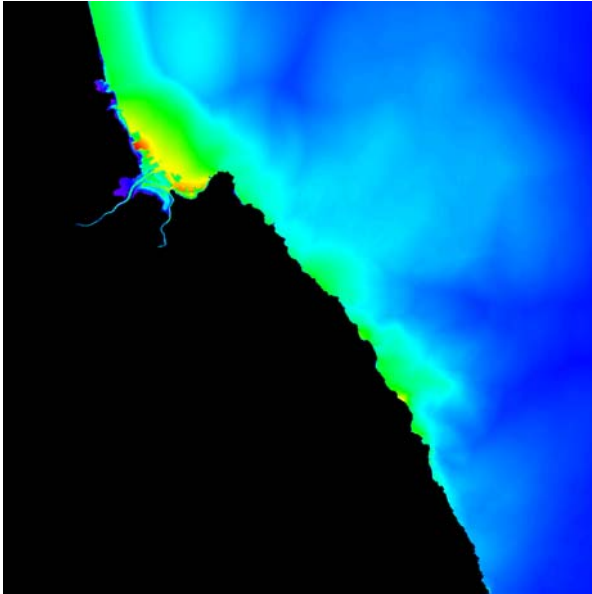
比較結果7 (1)

最大水位分布

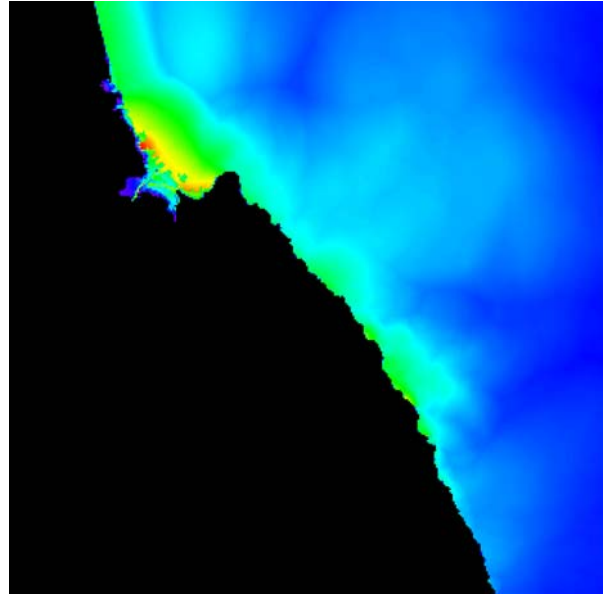
範囲：八戸

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

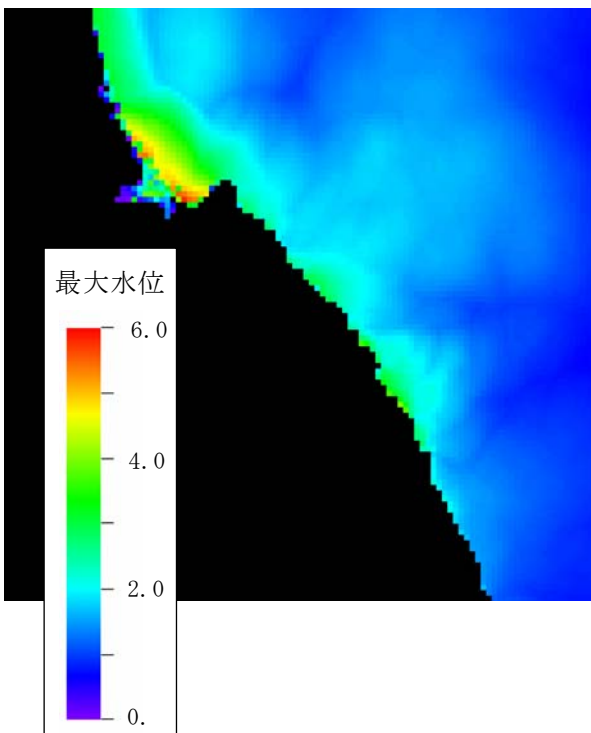
50mメッシュ計算



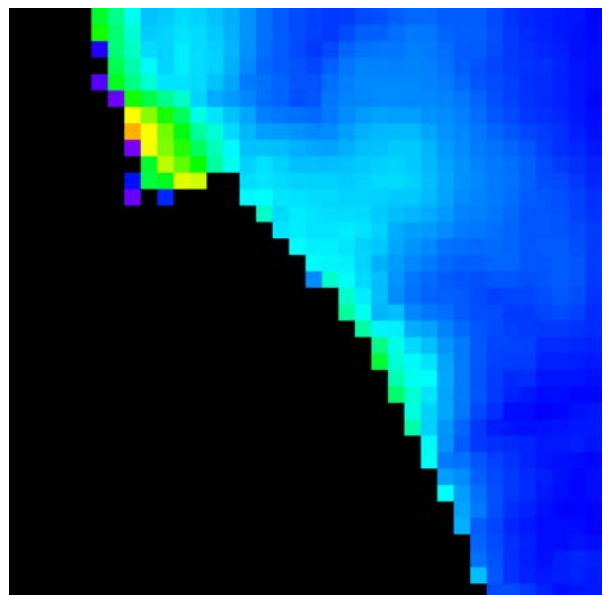
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

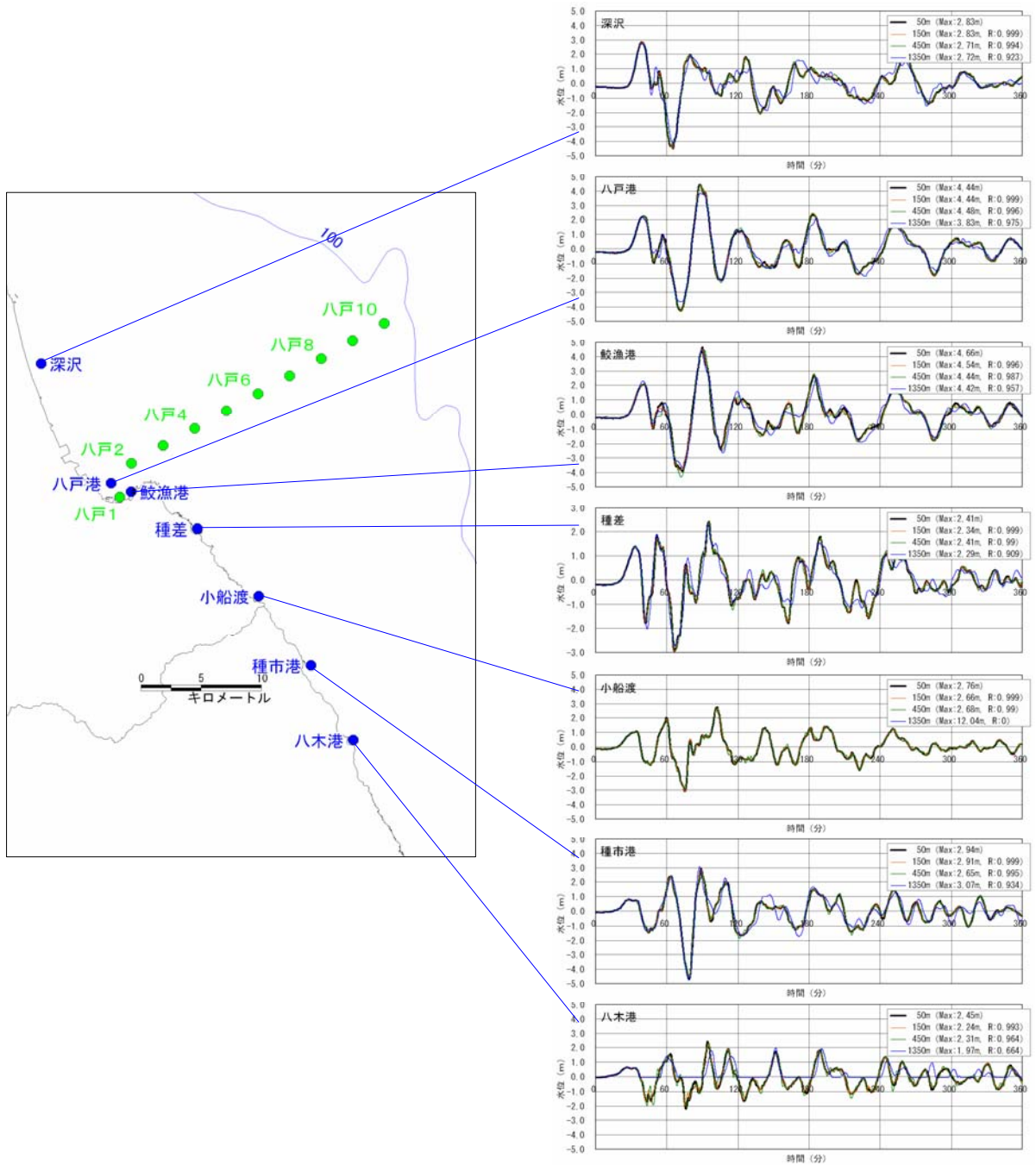


比較結果 7 (2)

時刻歴波形

範囲：八戸付近

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）

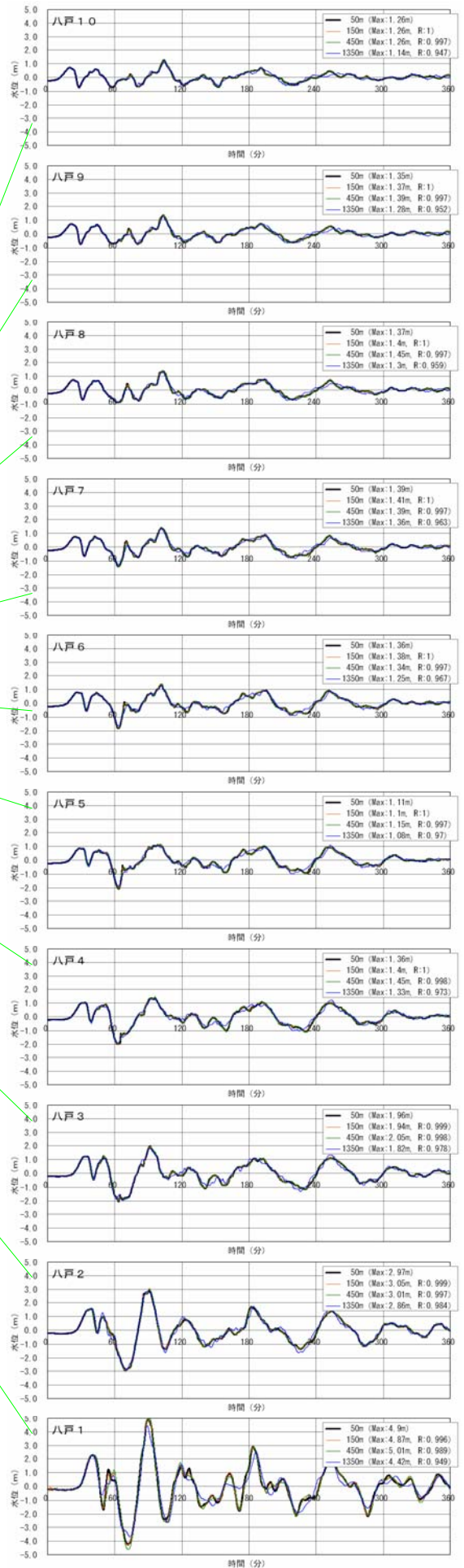
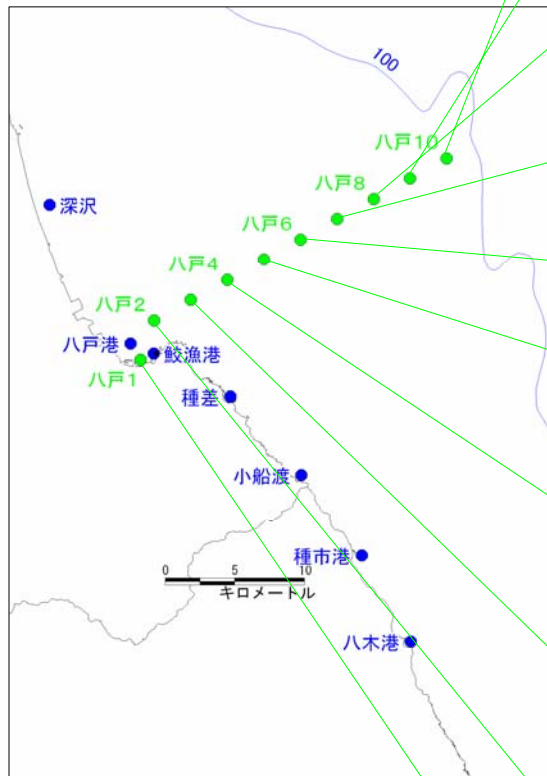


比較結果 7 (3)

時刻歴波形

範囲：八戸（沿岸～沖合）

地震：三陸沖北部の地震（堤防なし）



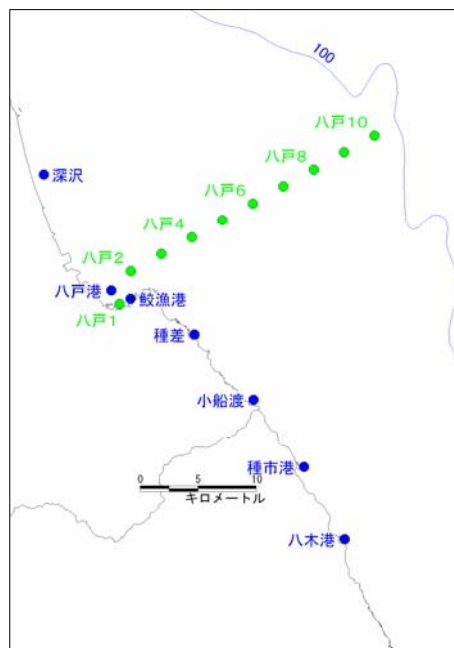
比較結果7(4)

最大水位，波形の相関係数

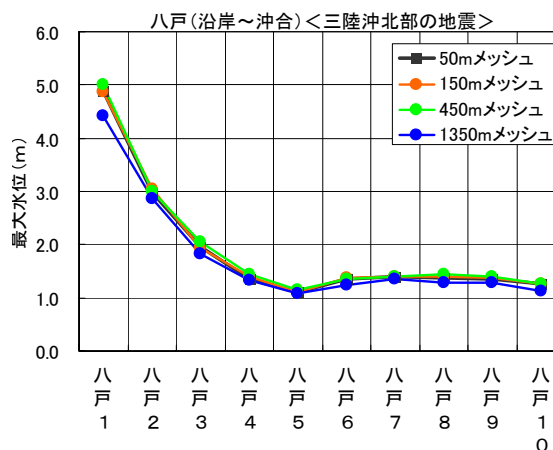
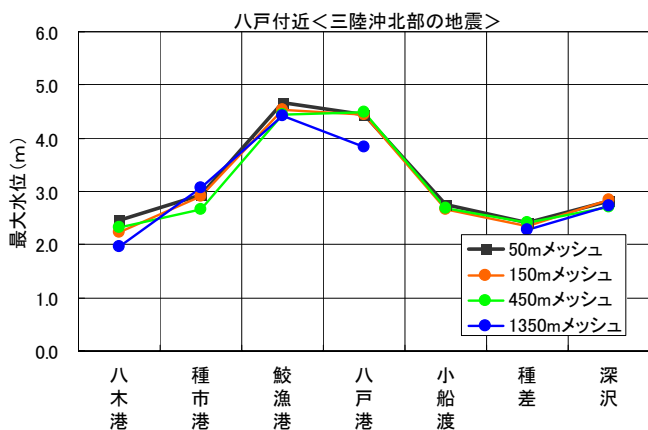
範囲：八戸

地震：三陸沖北部の地震

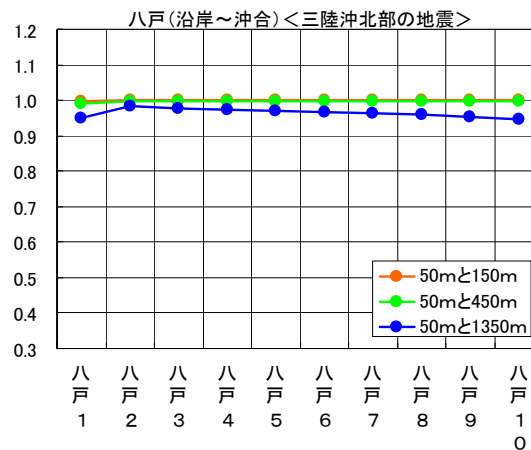
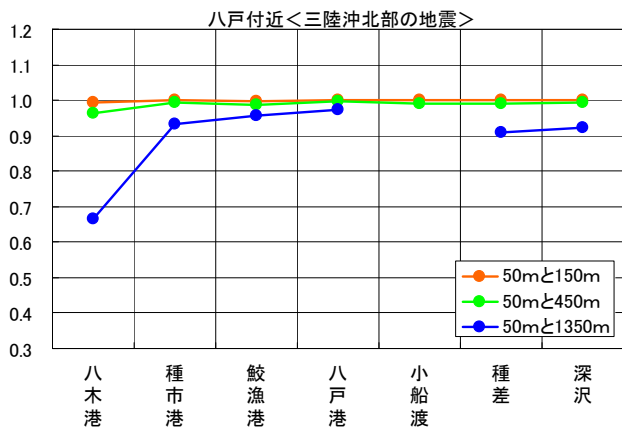
- ・最大水位：150m，450m，1350mメッシュ計算は
いずれも50mメッシュ計算とよく一致する．
- ・波形形状：50mメッシュ計算に対する相関係数は，
150m，450mメッシュ計算は高いが，1350m
メッシュ計算でも比較的高い．



最大水位



波形の相関係数



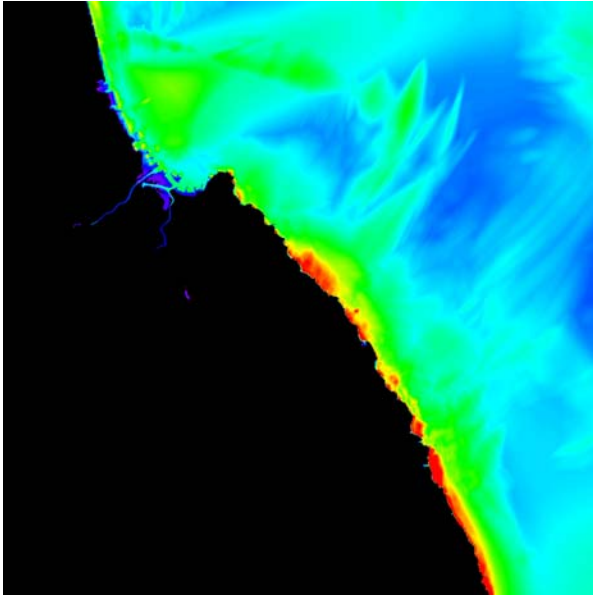
比較結果 8 (1)

最大水位分布

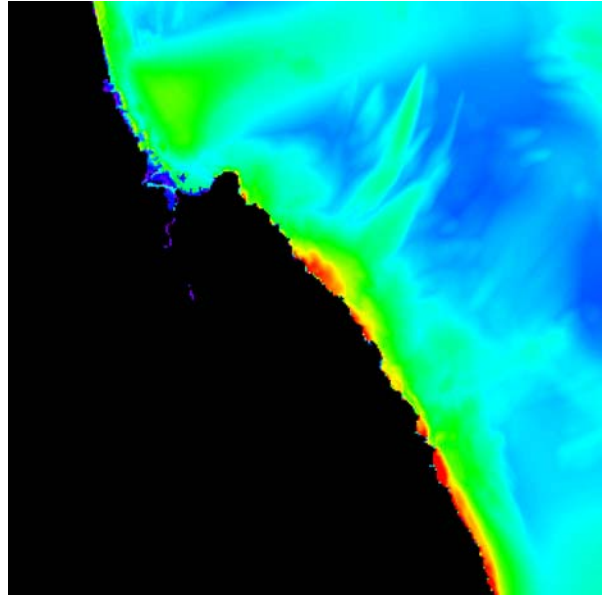
範囲：八戸

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

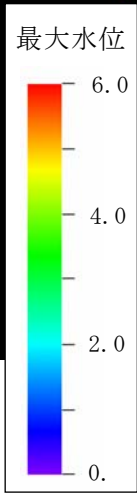
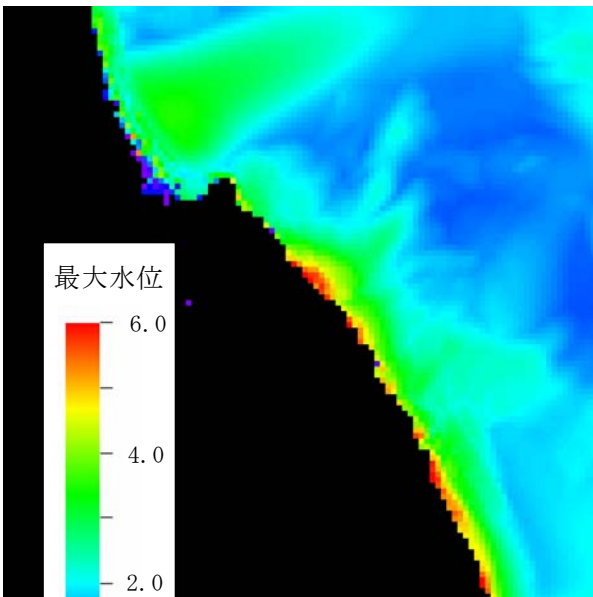
50mメッシュ計算



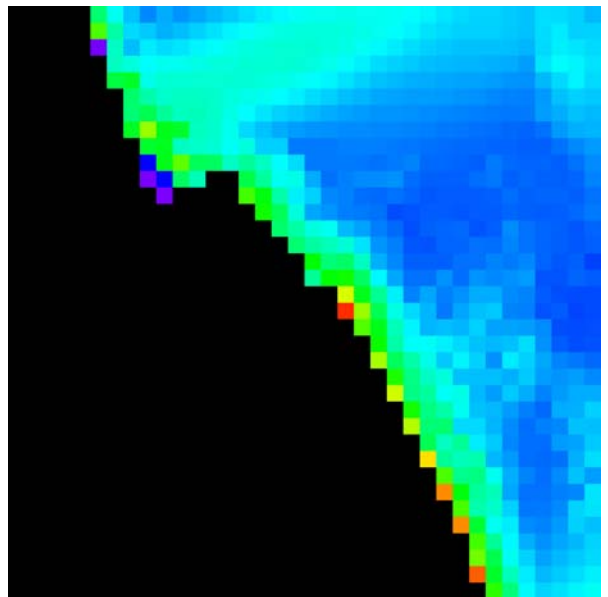
150mメッシュ計算



450mメッシュ計算



1350mメッシュ計算

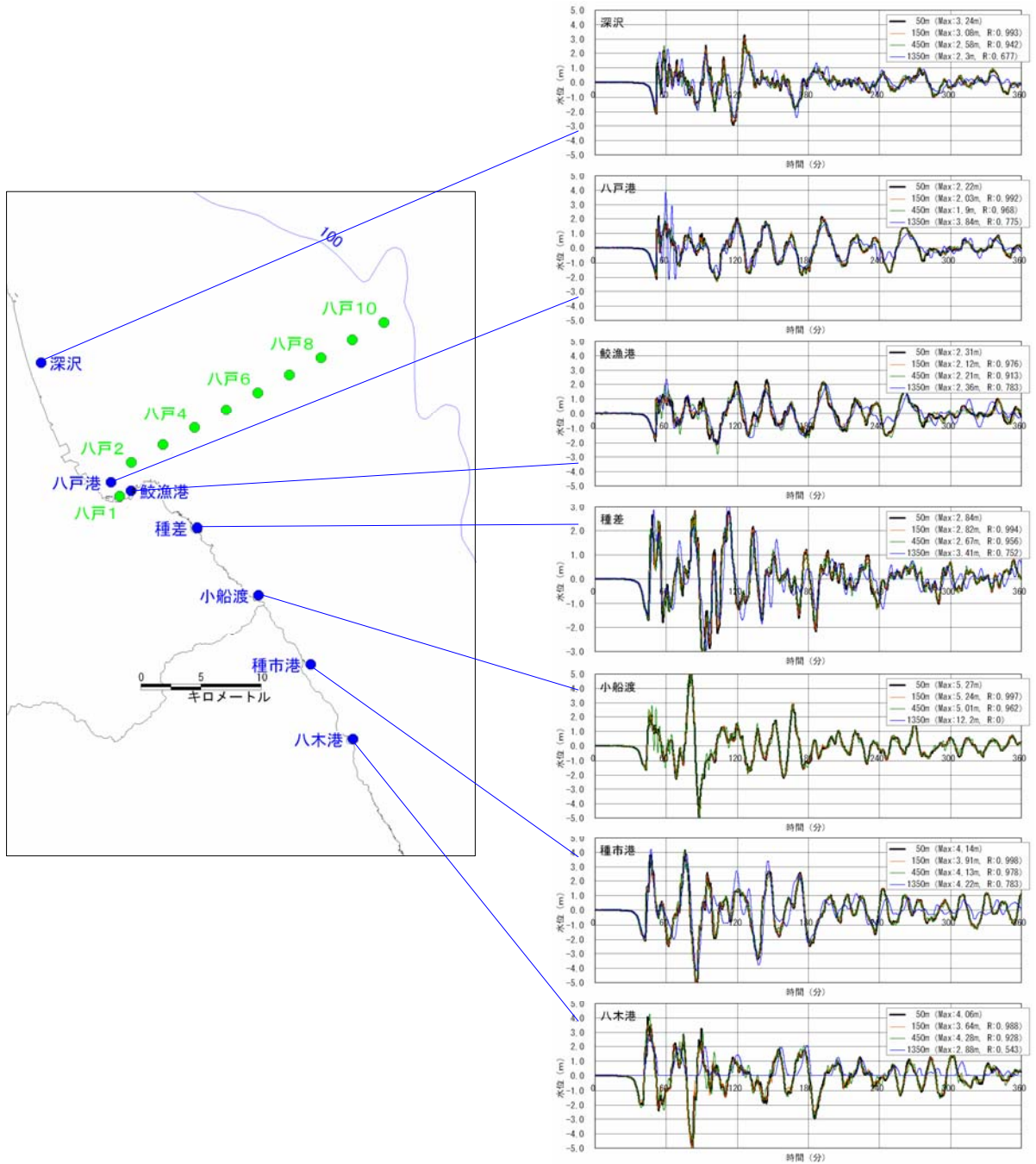


比較結果 8 (2)

時刻歴波形

範囲：八戸付近

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）

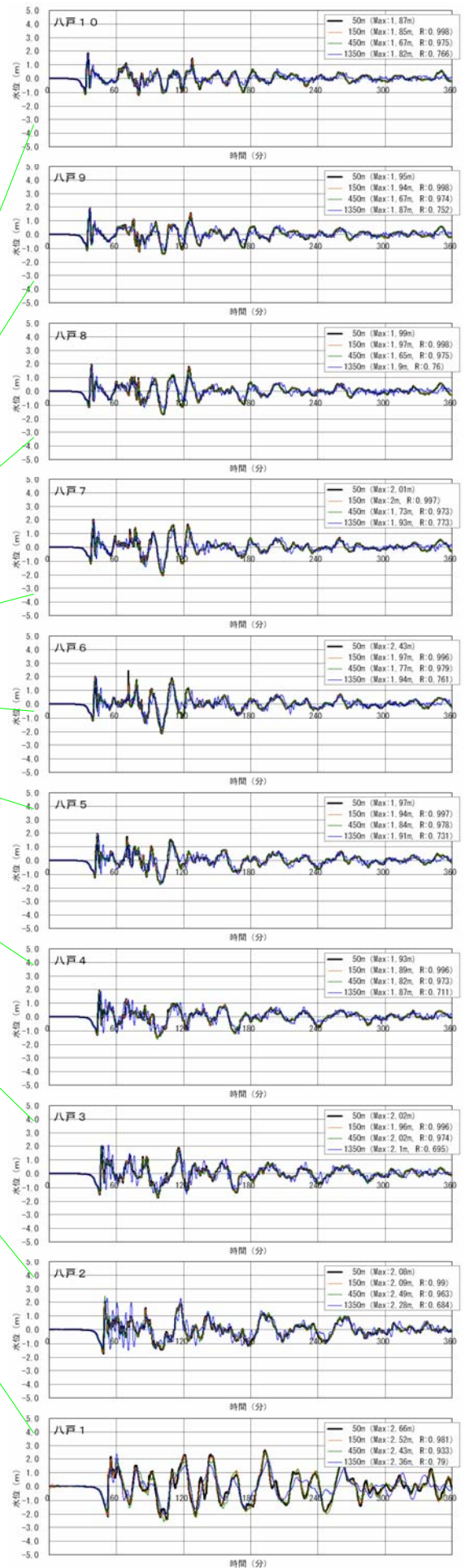
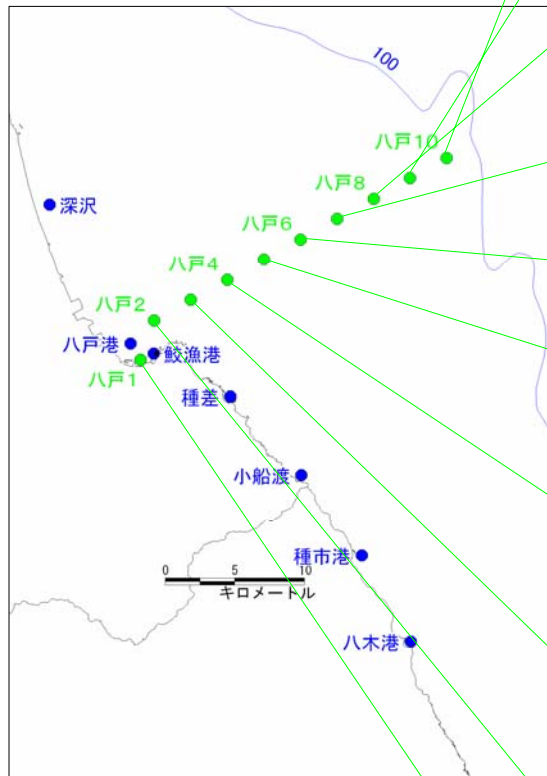


比較結果 8 (3)

時刻歴波形

範囲：八戸（沿岸～沖合）

地震：明治三陸タイプ地震（堤防なし）



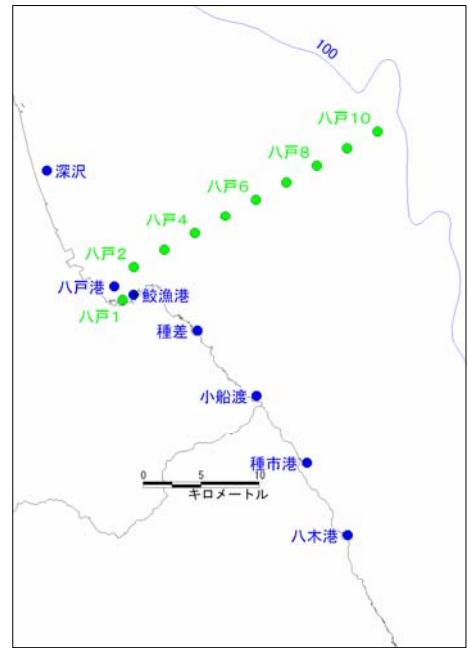
比較結果 8 (4)

最大水位, 波形の相関係数

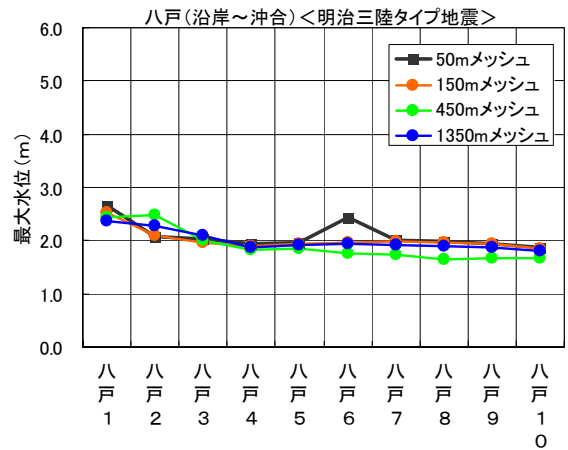
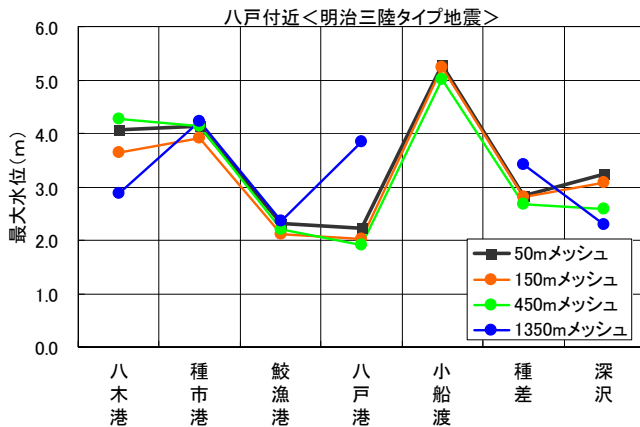
範囲: 八戸

地震: 明治三陸タイプ地震

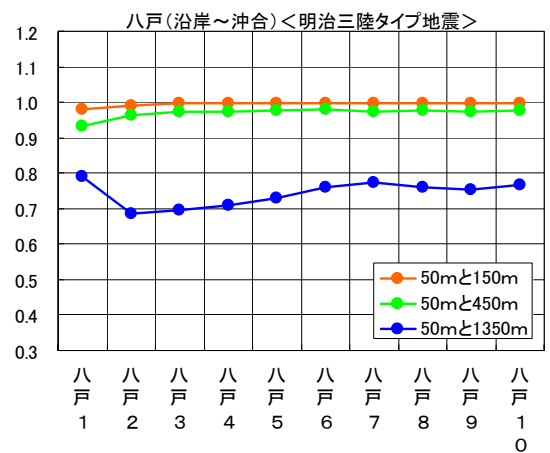
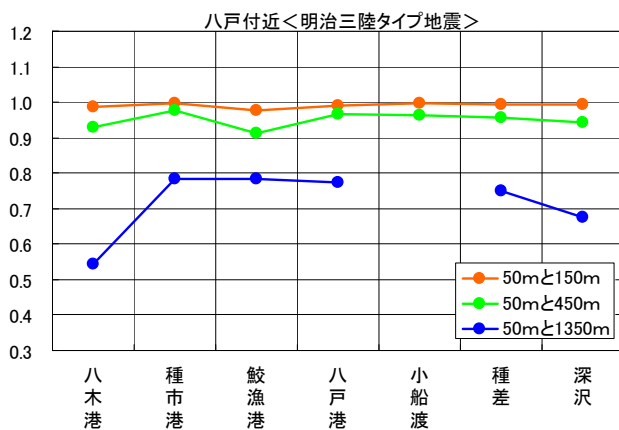
- ・最大水位: 150m, 450m, 1350mメッシュ計算は
いずれも50mメッシュ計算とよく一致する.
- ・波形形状: 50mメッシュ計算に対する相関係数は,
150m, 450mメッシュ計算は高いが, 1350m
メッシュ計算は低い.



最大水位



波形の相関係数



(5) 検討結果のまとめ

本節では、簡易予測として粗いメッシュ（辺長サイズが大きいメッシュ）で計算した場合に、震源から海岸までの海域の計算精度がどの程度保たれるのか検討を行った。具体的には、メッシュサイズを50m、150m、450m、1350mとした場合について、2地震を対象に津波シミュレーションを行い、特定の4地域（仙台、釜石、宮古、八戸）における最大水位、時刻歴波形の計算結果を50mメッシュを基準として比較・検討した。その結果、次のことが分かった。

- ・150mメッシュの計算は、いずれの地域および地震でも50mメッシュ計算とよく一致する。
- ・450mメッシュの計算は、50mメッシュ計算と一致する場合と一致しない場合があり、地形条件および地震によって一致度合いが変わる。
- ・1350mメッシュの計算は、50mメッシュ計算と多くの場合で一致しない。最大水位は一致する場合であっても、時刻歴波形の相関係数は低い。
- ・450m、1350mメッシュの計算では、沿岸で時刻歴波形の相関係数が低い場合でも、沖側では比較的良好に一致する。これは、水深が大きいため津波の浅水変形が小さいこと、沿岸の詳細な地形の影響を受けないこと、という2つの理由によると考えられる。

(6) 検討結果の考察

メッシュサイズが大きくなると震源から海岸までの海域の計算精度が落ちる（50mメッシュ計算の結果と乖離する）場合がある主な理由としては、「メッシュサイズが大きいと短周期の波が計算できない」「メッシュサイズが大きいと詳細な地形の効果を反映できない」という2点が考えられる。以下では、上記2点について考察する。

①メッシュサイズが大きいと短周期の波が計算できない

差分法による数値シミュレーションでは、1波長に対するメッシュ数が30メッシュより多くないと計算の精度が保たれないと言われている(国土庁ら,1997)。それに従い、各メッシュサイズに30を掛けた場合の正しく計算できる波長（の下限）は以下のようなになる。

$$50\text{m} \times 30\text{メッシュ} = 1500\text{m}$$

$$150\text{m} \times 30\text{メッシュ} = 4500\text{m}$$

$$450\text{m} \times 30\text{メッシュ} = 13500\text{m}$$

$$1350\text{m} \times 30\text{メッシュ} = 40500\text{m}$$

ここで、沿岸における水深を10mとすると、波速は $c = \sqrt{g h} \approx 10\text{m/秒}$ なので、波長を周期に変換すれば、正しく計算できる周期は次のようになる。

$$50\text{m} \rightarrow \text{周期} : 1500\text{m} \div 10\text{m/秒} = 150\text{秒} (2.5\text{分})$$

$$150\text{m} \rightarrow \text{周期} : 4500\text{m} \div 10\text{m/秒} = 450\text{秒} (7.5\text{分})$$

450m → 周期：13500m ÷ 10m/秒 = 1350秒 (22.5分)

1350m → 周期：40500m ÷ 10m/秒 = 4050秒 (67.5分)

したがって、「三陸沖北部の地震」のような周期の長い津波は450mメッシュ計算でもよいが、「明治三陸タイプ地震」のような周期の短い地震では450mメッシュ計算では短周期成分の計算精度が保たれず、正しい計算結果が得られないことが考えられる。

②メッシュサイズが大きいと詳細な地形の効果を反映できない

メッシュサイズが大きくなると、詳細な地形を反映することができず、局所的な地形の影響による津波の高まりや、反射波による津波の高まりなどを十分に考慮できない。そのために、計算が一致しなくなると考えられる。

(7) 海域の簡易予測手法で採用可能な最小メッシュサイズ

以上の震源から海岸までの海域の計算精度に関する検討から、海域の簡易予測手法で採用する最小メッシュサイズとしては、150mメッシュが計算精度の観点から最も望ましく、次いで450mメッシュもある程度の計算精度が期待できる。1350mメッシュは50mメッシュ計算と最大水位の予測結果が一致しない場合が多いため、海域の簡易予測手法で用いるのは適当でないと考えられる。

3-3. 簡易浸水予測手法による陸域の浸水予測精度の予備的検討

陸域の浸水を遡上計算により求めた場合と簡易浸水予測手法により求めた場合について比較するため、4種類の方法（50mメッシュ遡上計算、150mメッシュ遡上計算、レベル湛水法、エネルギー保存法）で1次元断面モデル計算による遡上距離予測を行った。

(1) 計算条件

4種類の方法による浸水分布予測の計算条件を以下に示す。

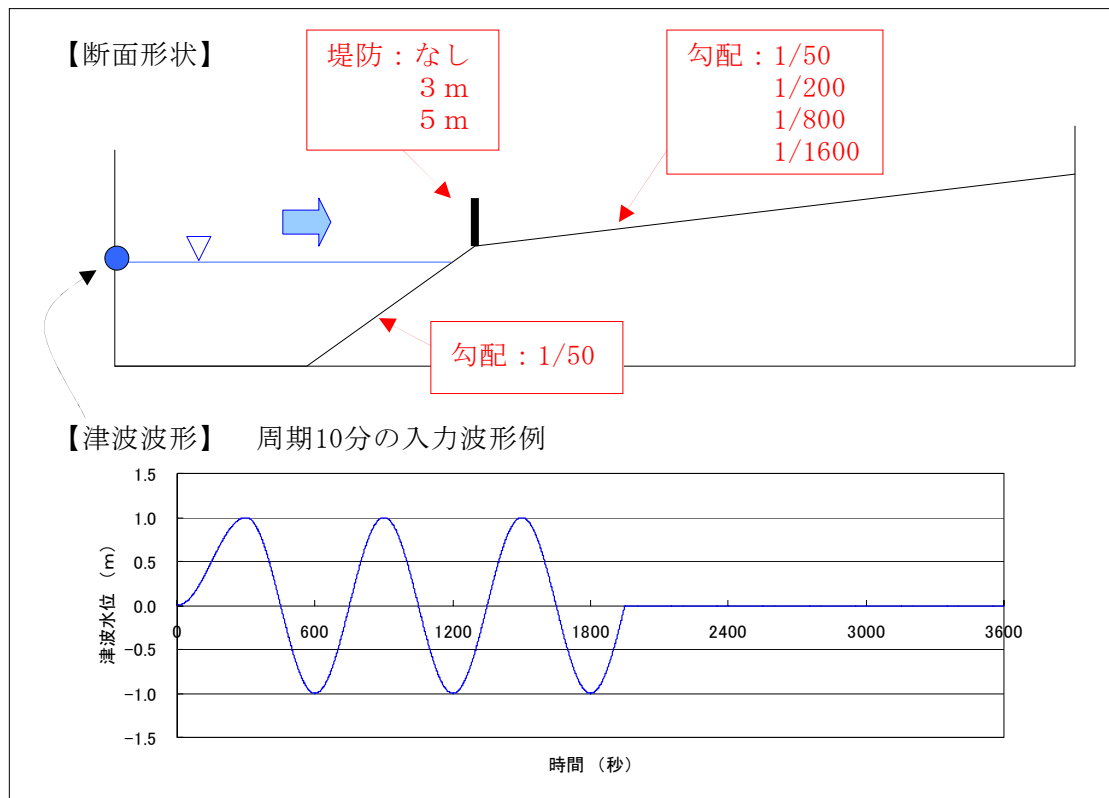
① 1次元断面モデル

1次元断面モデルの形状は以下のように設定した。図V-18にモデル概要を示す。

- ・海底地形勾配：1/50
- ・陸域地形勾配：1/1600, 1/800, 1/200, 1/50（4ケース）
- ・堤防の高さ：なし, 3m, 5m（3ケース）

② 50m・150mメッシュ計算の入力波

50mメッシュ計算および150mメッシュ計算では、沖側でsin波を発生させて入力波とした。沖側の入力波形の周期は5分と10分の2ケースとし、入力波の継続時間は30分、計算時間は60分とした。



図V-18 1次元断面モデルの設定

③ レベル湛水法

レベル湛水法の解析は、50mメッシュ計算で得られた堤防前面における時刻歴波形から越流量を計算し、総越流量と湛水レベルが等しくなるよう水位を求めた。

④ エネルギー保存法

エネルギー保存法の解析は、50mメッシュ計算で得られた堤防前面における最大水位をもとに、2-4に示した解法により、海側から順次隣接するメッシュに水位を設定した。

(2) 検討ケース

地形勾配、堤防高さ、津波周期の組み合わせによる検討ケースを以下に示す。なお、堤防高さ5m、津波周期5分の組み合わせについても検討したが、浸水が生じなかった。

<u>地形勾配</u>	<u>堤防高さ、津波周期</u>
地形勾配 1/ 50 地形勾配 1/ 200 地形勾配 1/ 800 地形勾配 1/1600	$\left. \begin{array}{l} \text{堤防なし, 周期 5分} \\ \text{堤防 3 m, 周期 5分} \\ \text{堤防なし, 周期10分} \\ \text{堤防 3 m, 周期10分} \\ \text{堤防 5 m, 周期10分} \end{array} \right\} \times$

(3) 計算結果

計算結果を、下表の該当ページに示す（図が多いため、図番号は省略した）。なお、50mメッシュ計算と150mメッシュ計算については、どのように最大水位分布が形成されているのかを示すため、300秒（5分）間隔の水位分布を示した。

表V-4 検討ケースと計算結果の掲載ページ

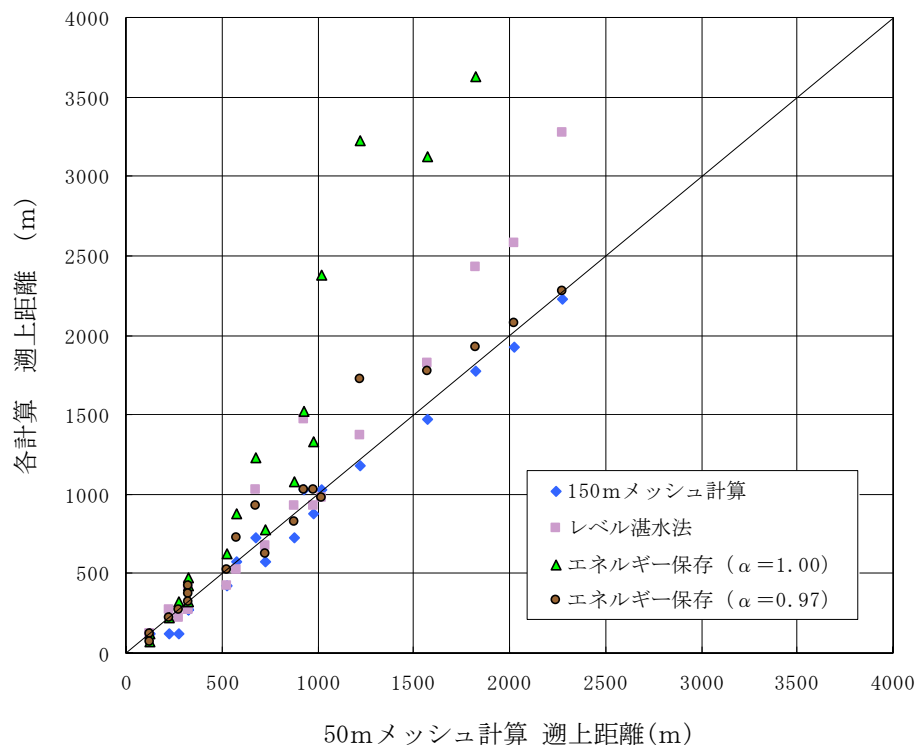
地形勾配	堤防高さ	津波周期	結果ページ	地形勾配	堤防高さ	津波周期	結果ページ
1/50	なし	5分	103	1/50	なし	10分	111
1/200	"	"	104	1/200	"	"	112
1/800	"	"	105	1/800	"	"	113
1/1600	"	"	106	1/1600	"	"	114
1/50	3m	"	107	1/50	3m	"	115
1/200	"	"	108	1/200	"	"	116
1/800	"	"	109	1/800	"	"	117
1/1600	"	"	110	1/1600	"	"	118
				1/50	5m	"	119
				1/200	"	"	120
				1/800	"	"	121
				1/1600	"	"	122

(4) 検討のまとめ

陸域の浸水を遡上計算により求めた場合と簡易浸水予測手法により求めた場合について比較するため、4種類の方法（50mメッシュ遡上計算、150mメッシュ遡上計算、レベル湛水法、エネルギー保存法）で1次元断面モデル計算による浸水分布予測を行った。

(3)の計算結果および50mメッシュ計算の遡上距離（正しい結果と考えられる計算結果）とその他の計算方法による遡上距離の比較図（図V-19）を見ると、以下の傾向が分かる。

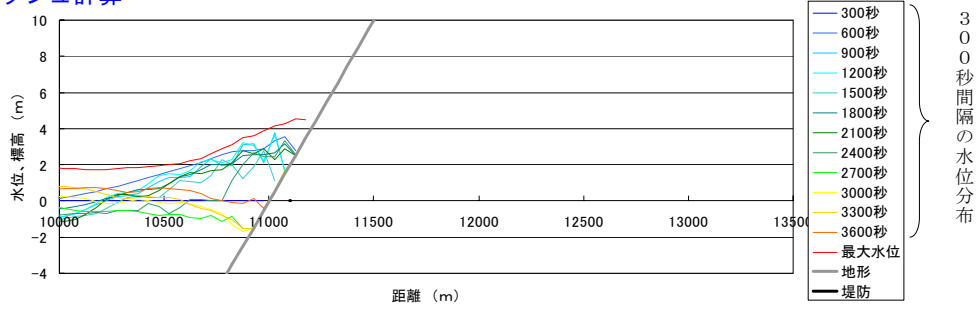
- ・150mメッシュ計算の結果は、遡上距離・水位分布形状ともに50mメッシュ計算とほぼ同様の結果が得られている。
- ・レベル湛水法は、水位が一定となるため水位分布形状（堤防付近の水位の高まりや、遡上先端の水位の低下や上昇）が再現できていない。遡上距離は大きく求められる傾向がある。
- ・エネルギー保存法は、水位分布形状はある程度再現するものの、遡上距離は大きめに求められる傾向がある。なお、エネルギー保存法で、減衰パラメータ $\alpha=0.97$ とすると、遡上距離と水位分布形状をおおむね妥当に再現できることが分かった。ただし、 $\alpha=0.97$ は試行錯誤的に設定した値であり、そのように設定する理論的根拠はない。



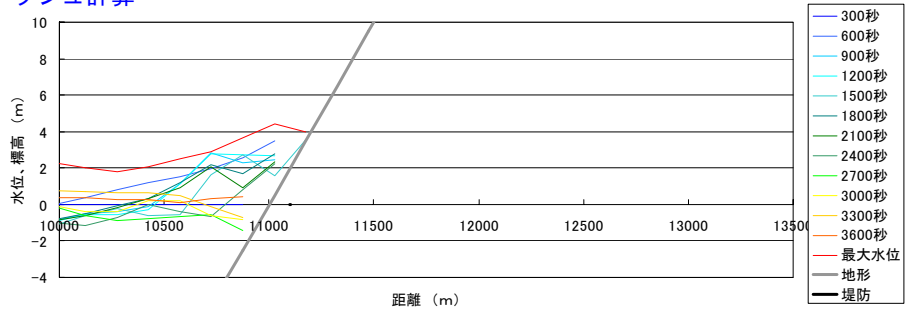
図V-19 50mメッシュ計算とその他計算方法の遡上距離の比較

地形勾配1/50, 堤防なし, 周期5分

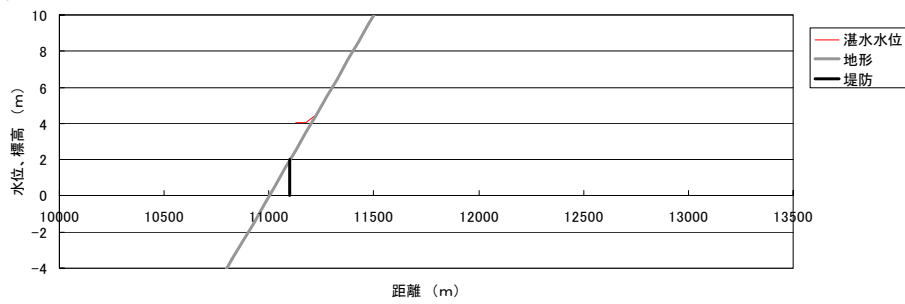
・50mメッシュ計算



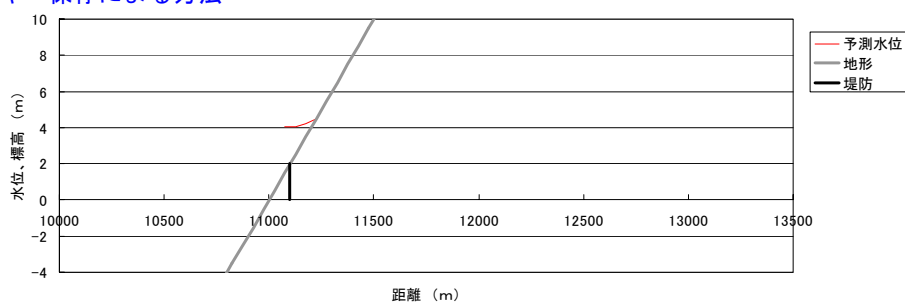
・150mメッシュ計算



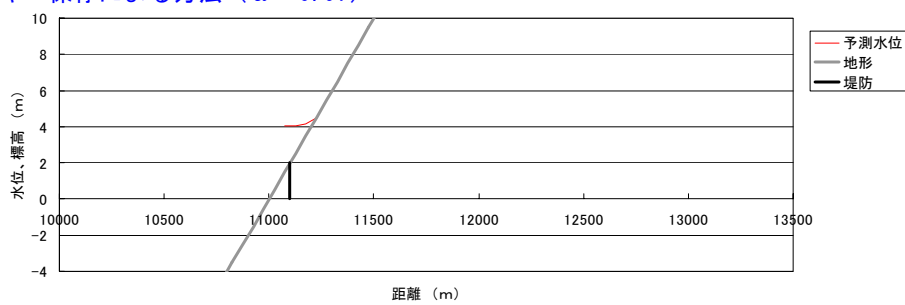
・レベル湛水法



・エネルギー保存による方法

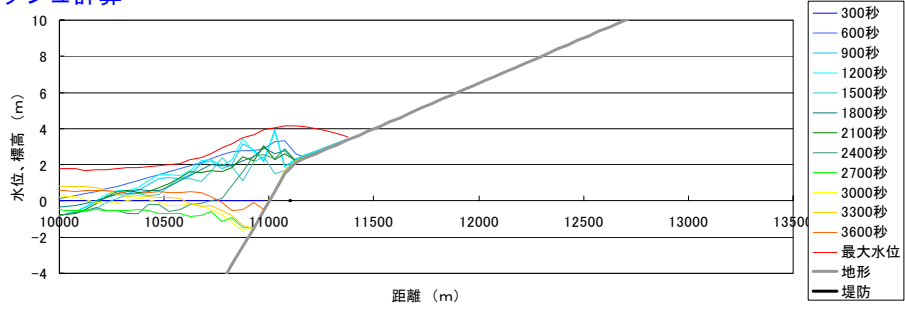


・エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

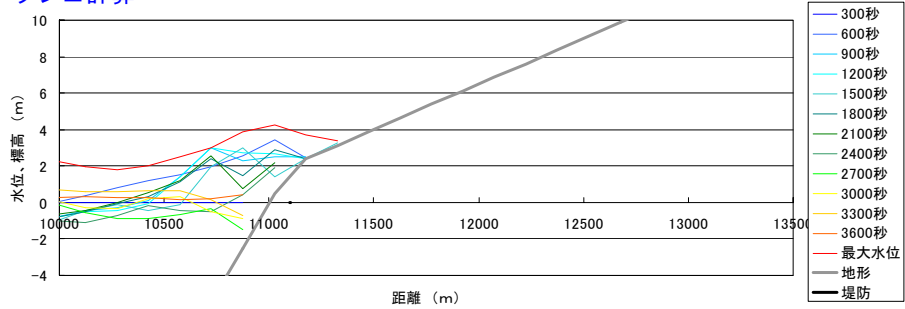


地形勾配1/200, 堤防なし, 周期5分

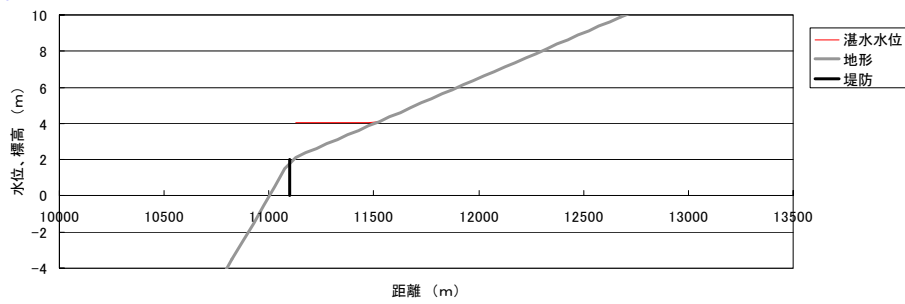
・ 50mメッシュ計算



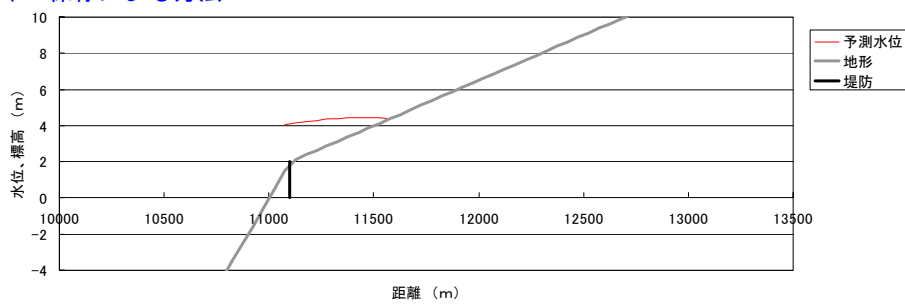
・ 150mメッシュ計算



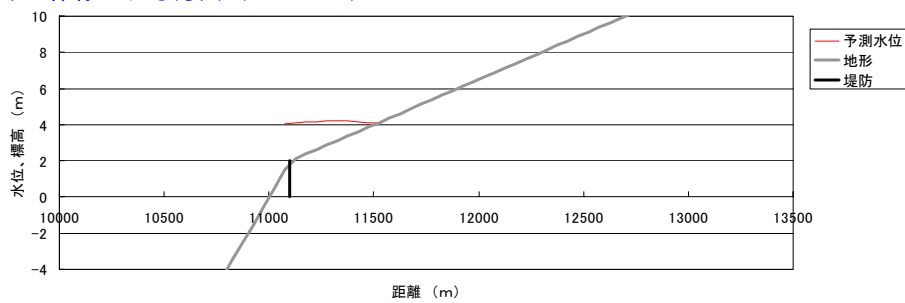
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

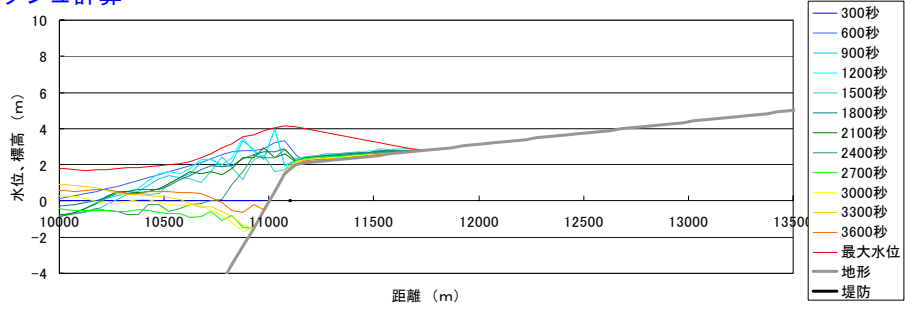


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

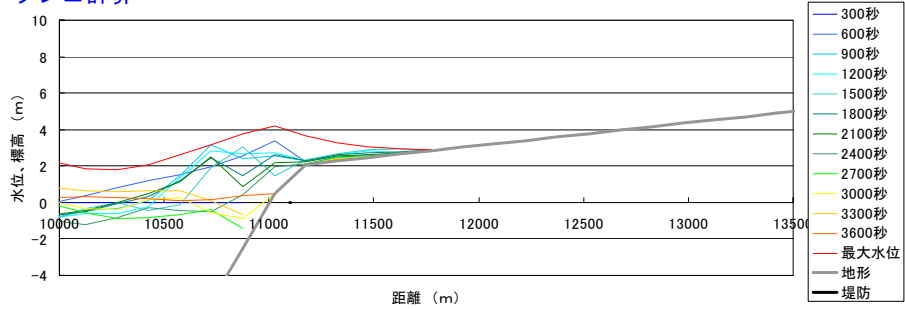


地形勾配1/800, 堤防なし, 周期5分

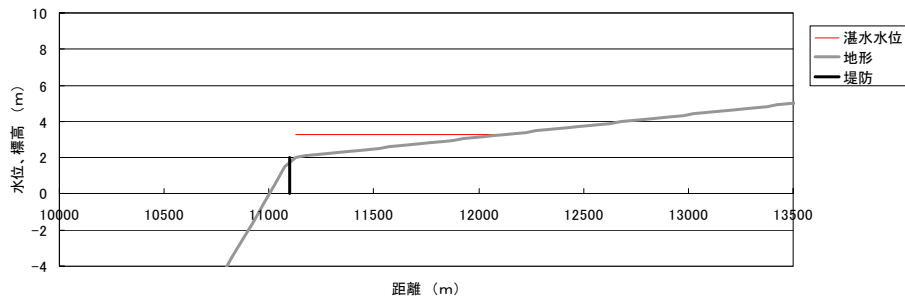
・ 50mメッシュ計算



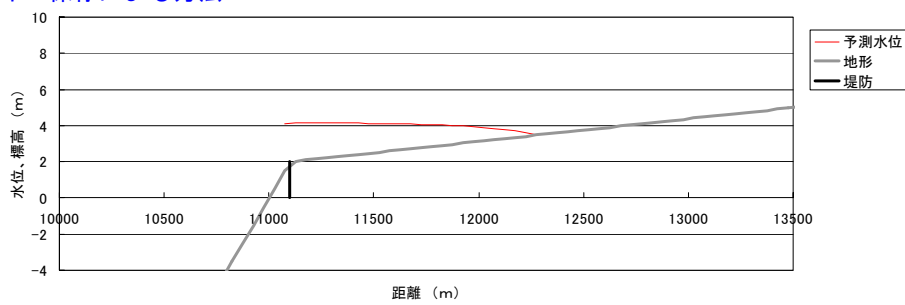
・ 150mメッシュ計算



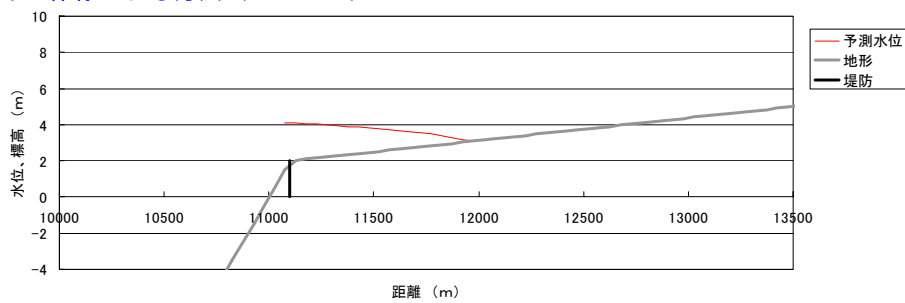
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

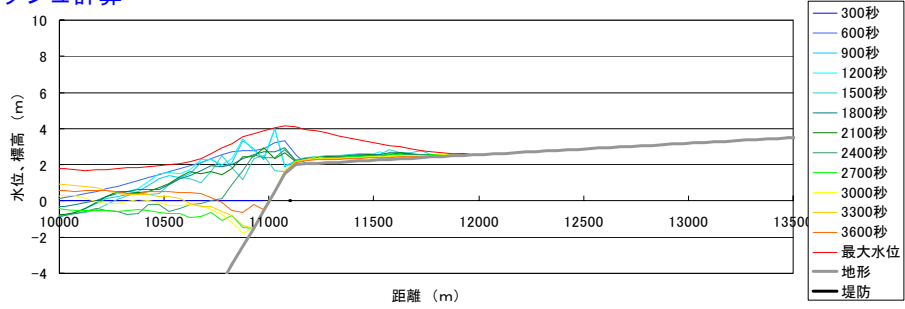


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

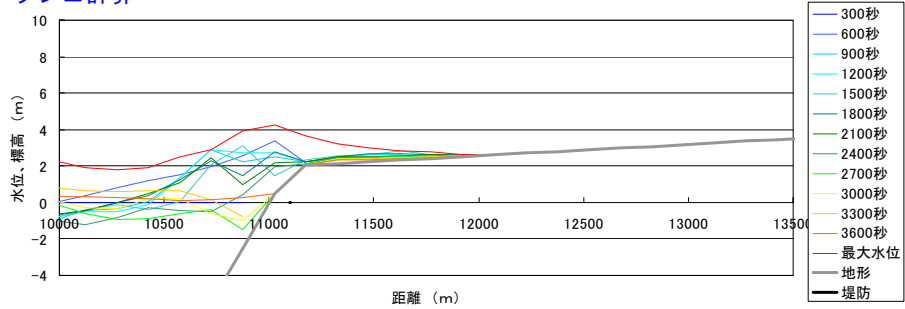


地形勾配1/1600, 堤防なし, 周期5分

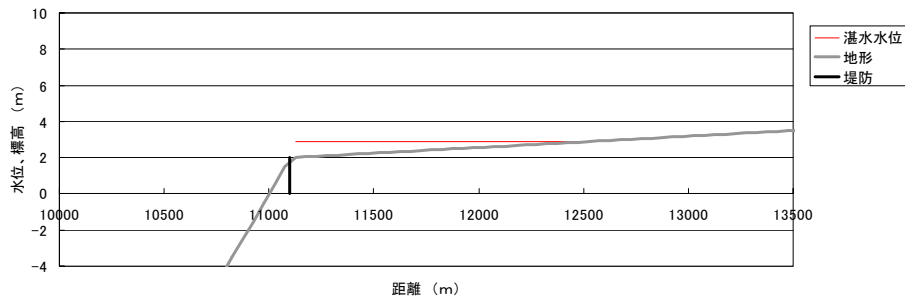
・ 50mメッシュ計算



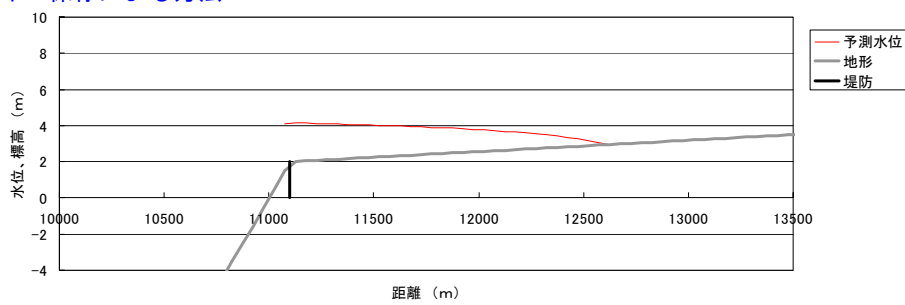
・ 150mメッシュ計算



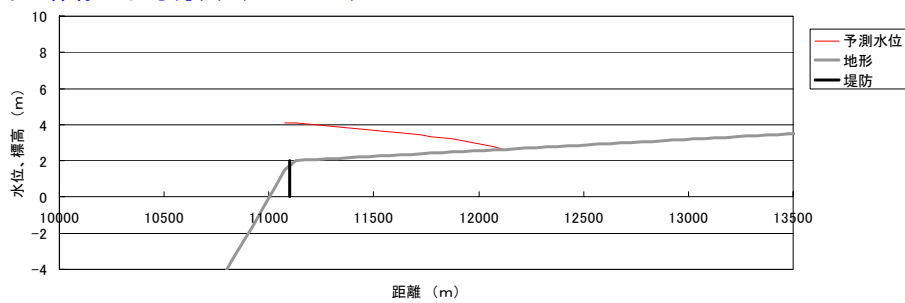
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

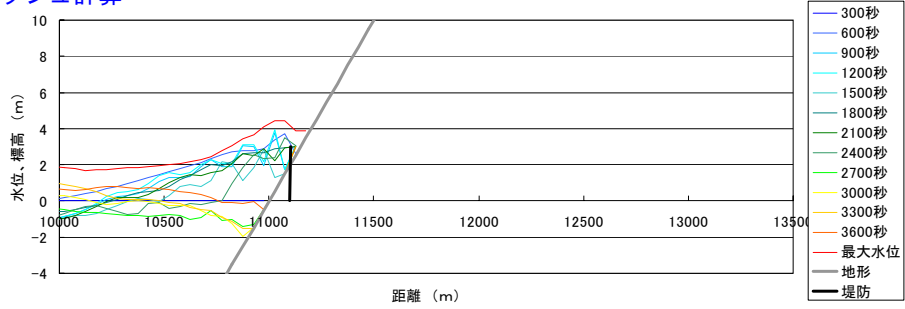


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

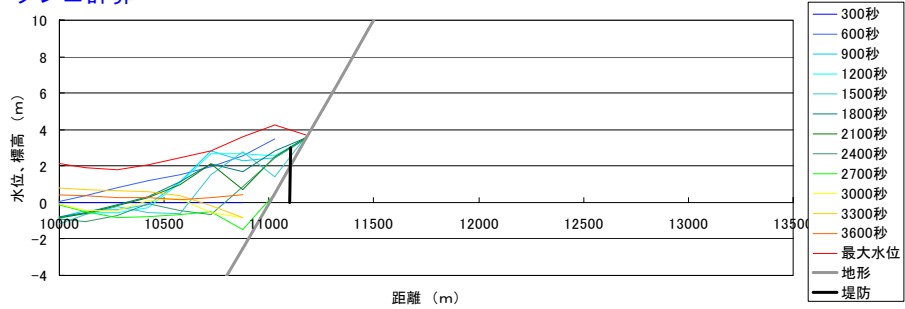


地形勾配1/50, 堤防3 m, 周期5分

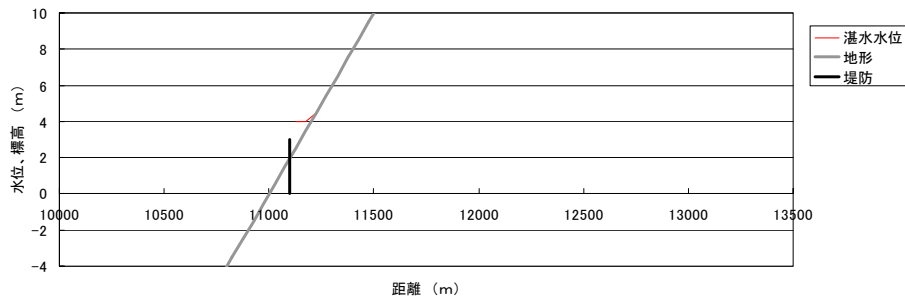
・ 50mメッシュ計算



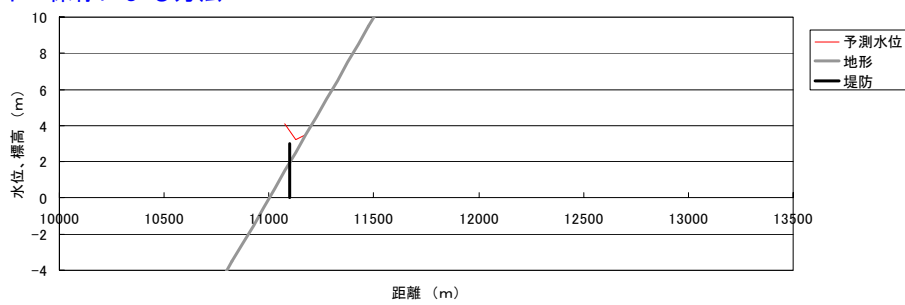
・ 150mメッシュ計算



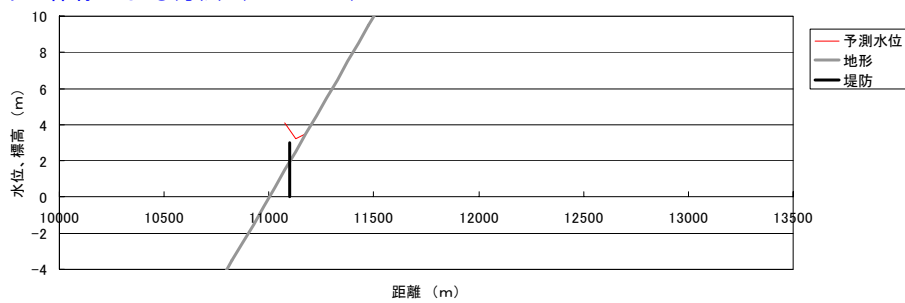
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

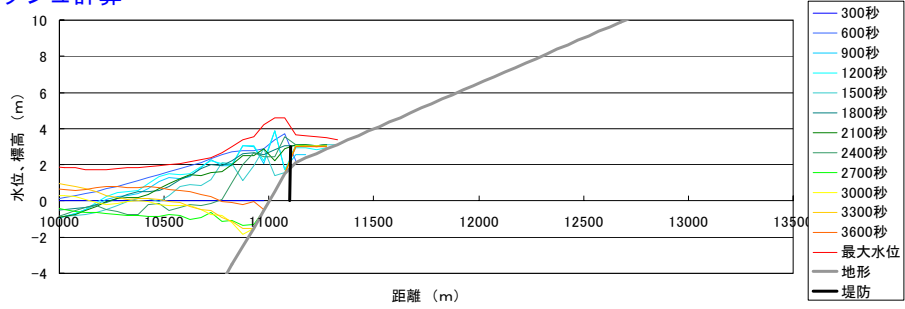


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

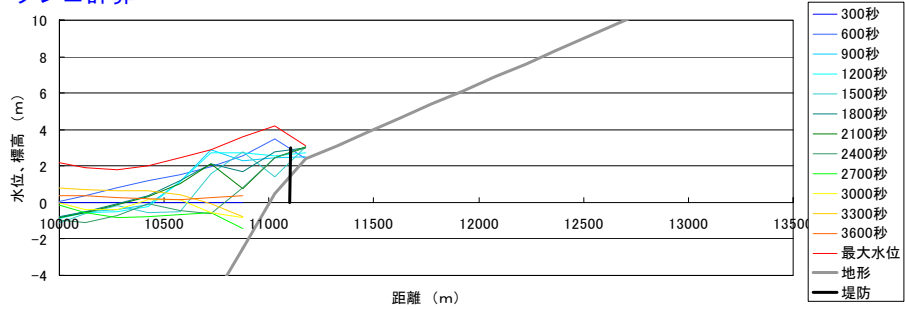


地形勾配1/200, 堤防 3 m, 周期 5 分

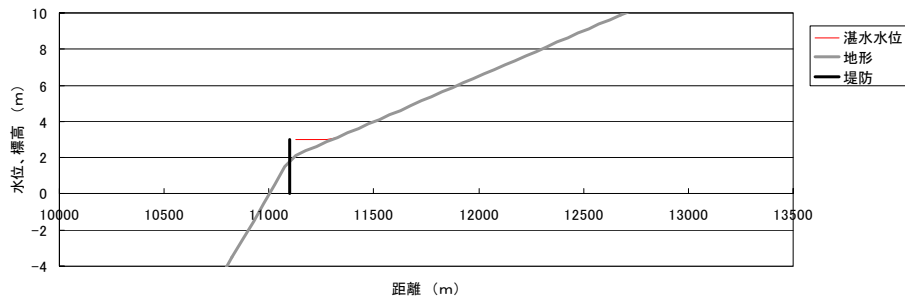
・ 50mメッシュ計算



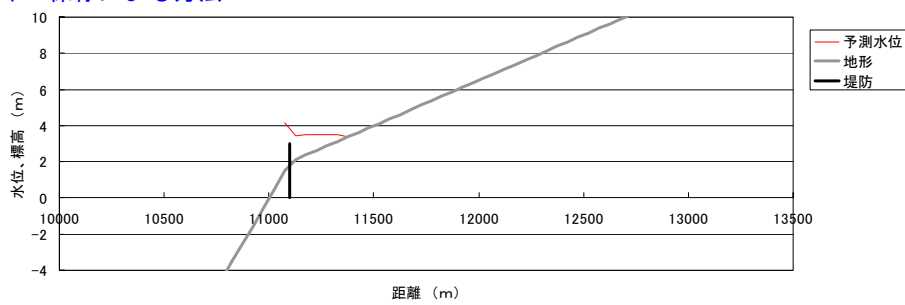
・ 150mメッシュ計算



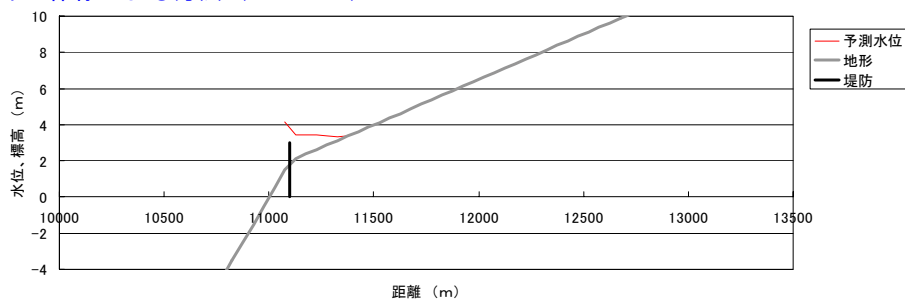
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

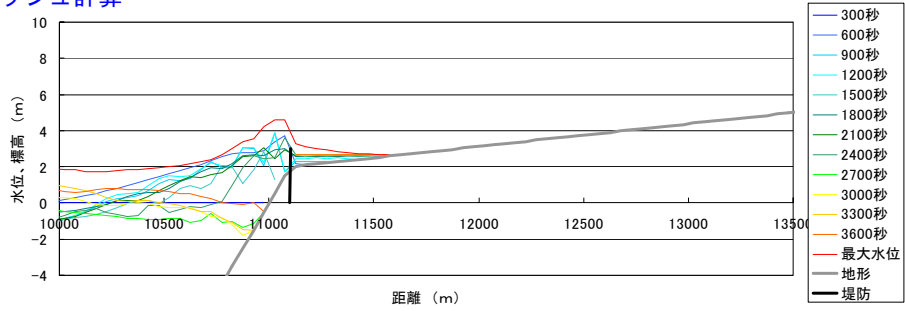


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

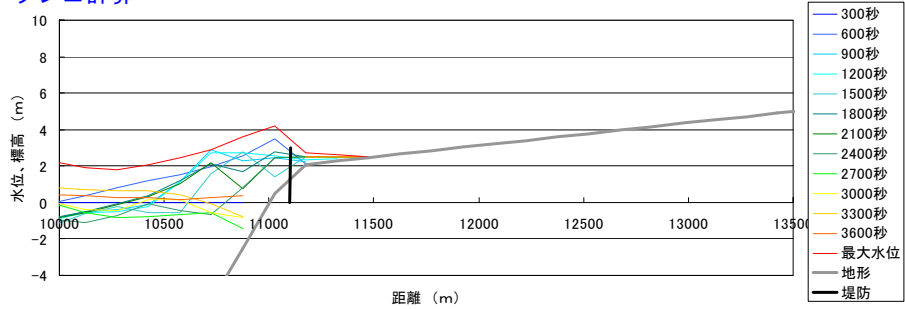


地形勾配1/800, 堤防 3 m, 周期 5 分

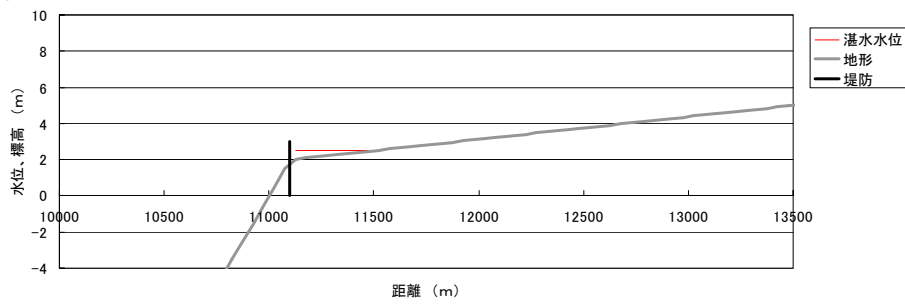
・ 50mメッシュ計算



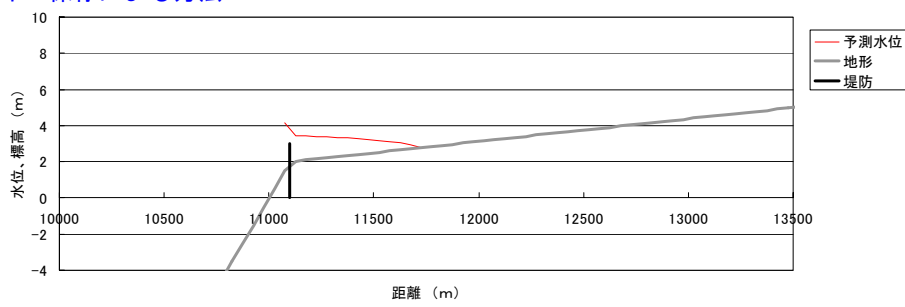
・ 150mメッシュ計算



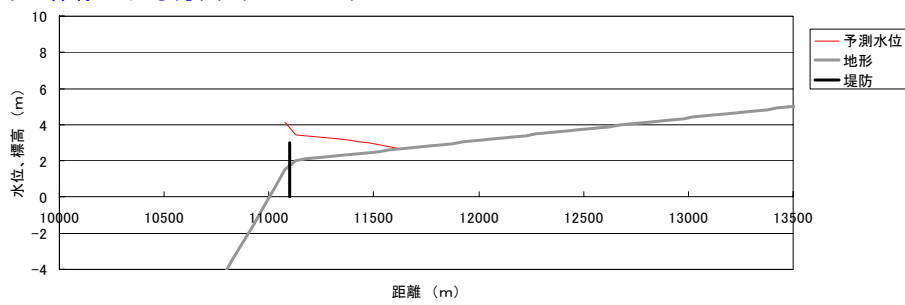
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

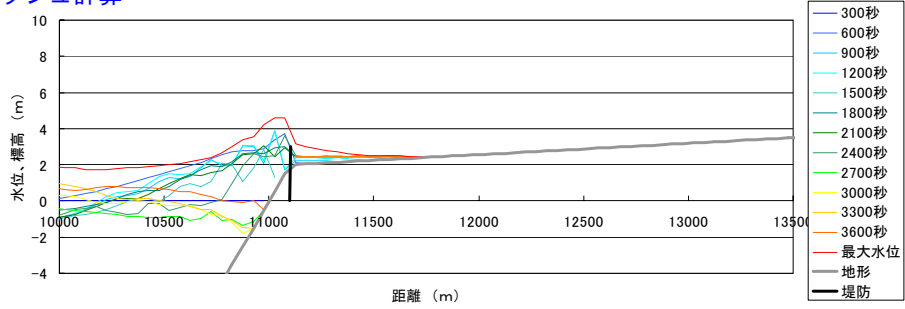


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

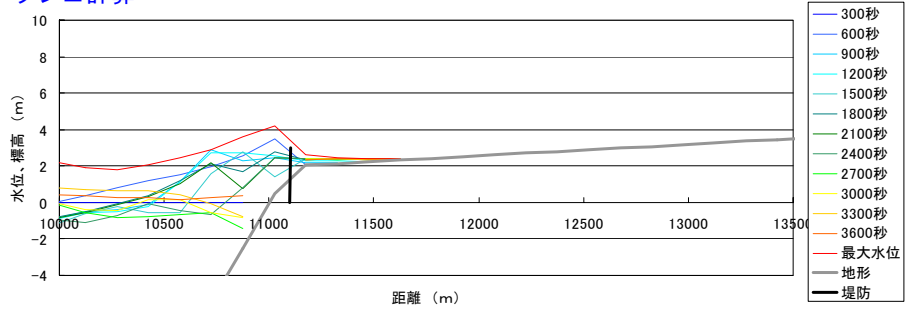


地形勾配1/1600, 堤防3 m, 周期5分

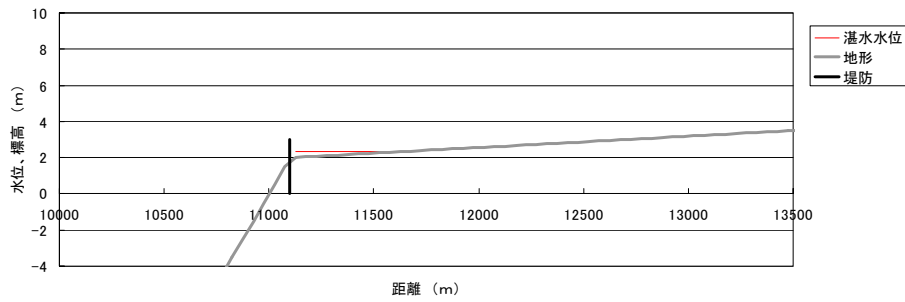
・ 50mメッシュ計算



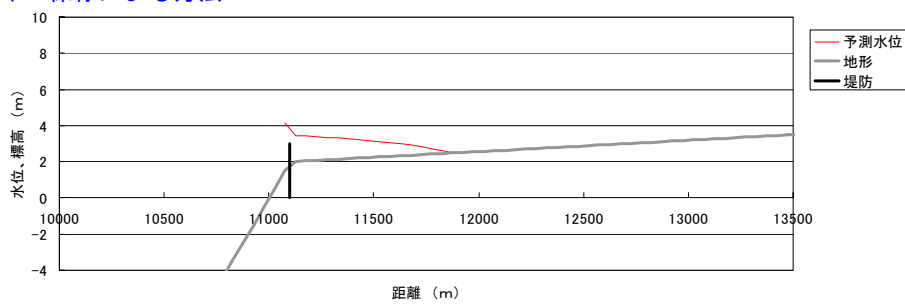
・ 150mメッシュ計算



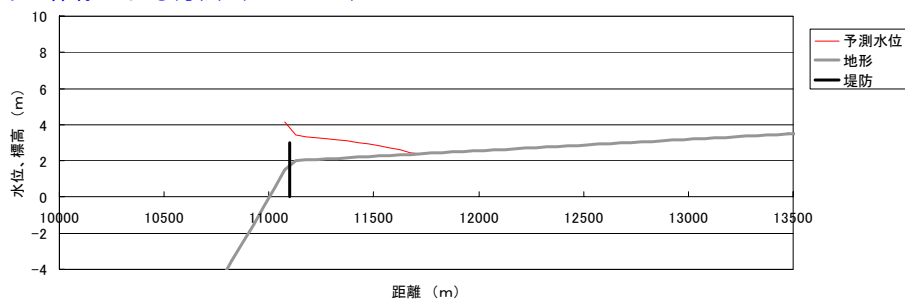
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

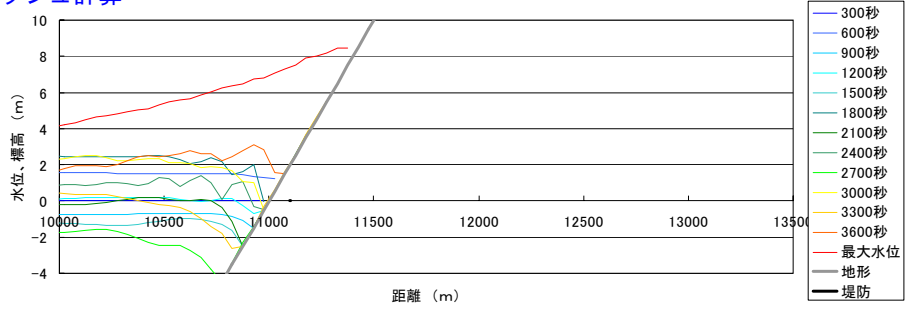


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

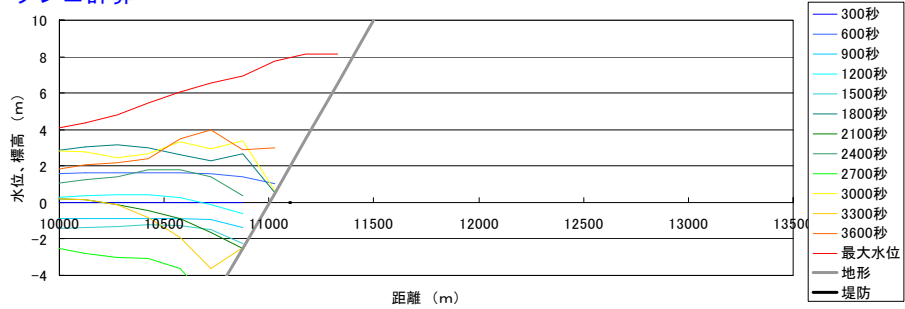


地形勾配1/50, 堤防なし, 周期10分

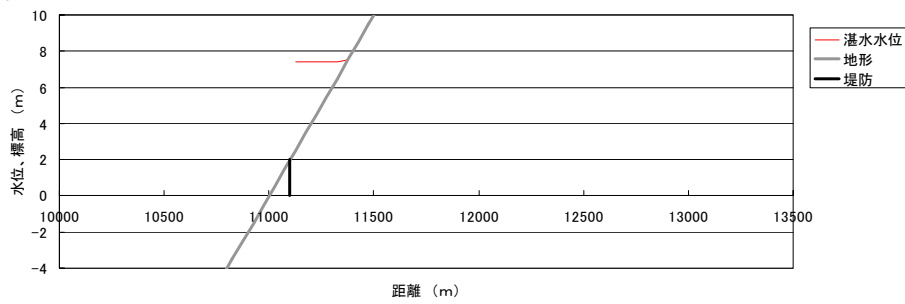
・ 50mメッシュ計算



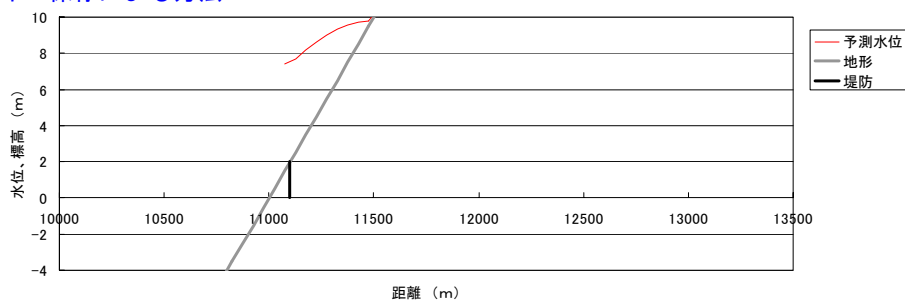
・ 150mメッシュ計算



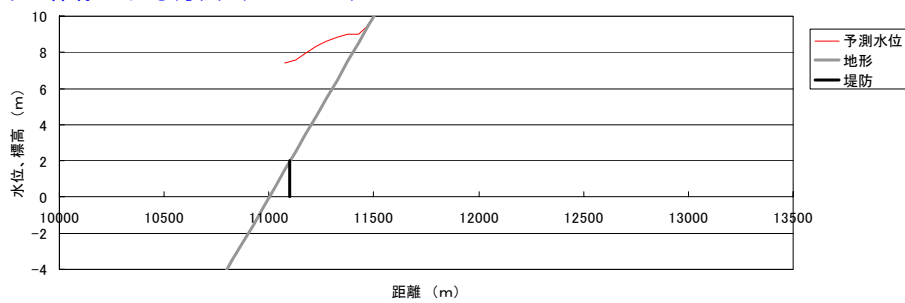
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

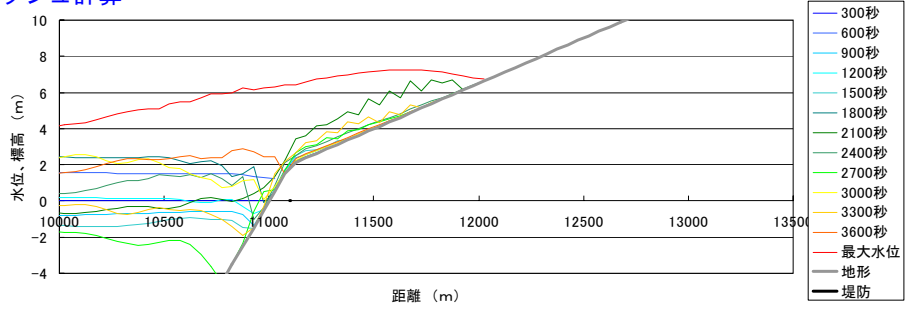


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

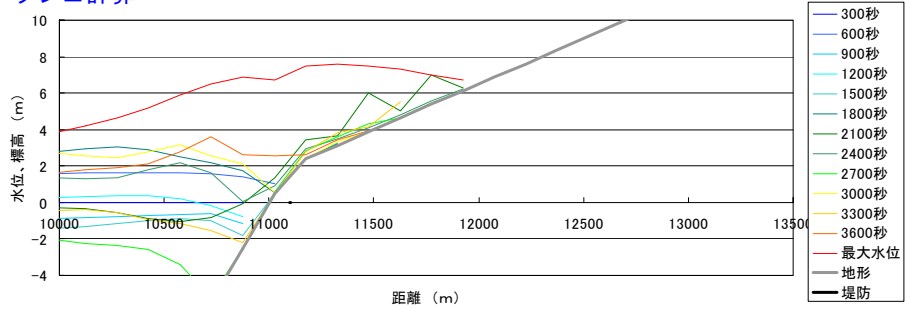


地形勾配1/200, 堤防なし, 周期10分

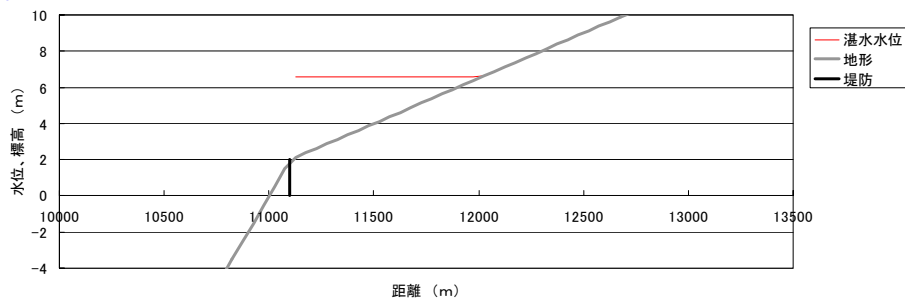
・ 50mメッシュ計算



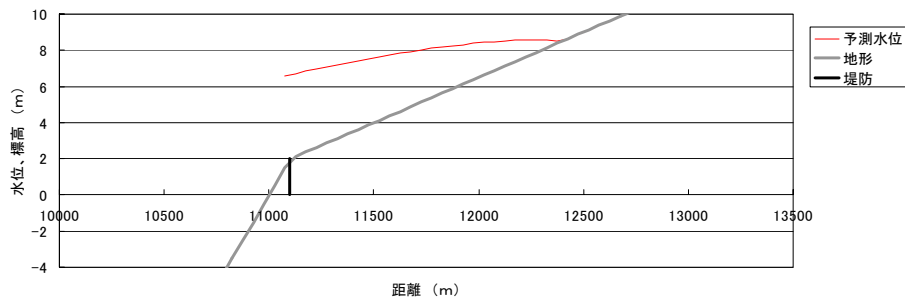
・ 150mメッシュ計算



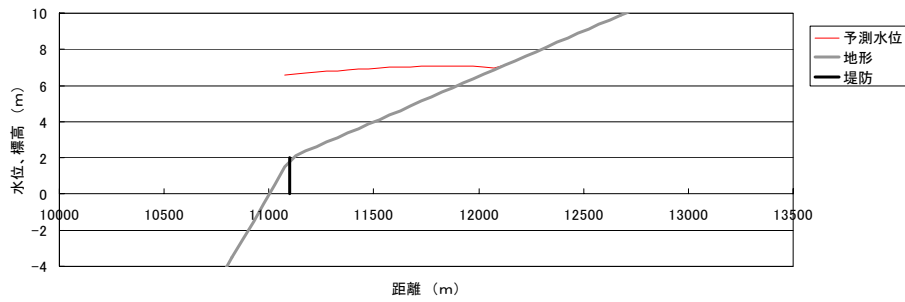
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

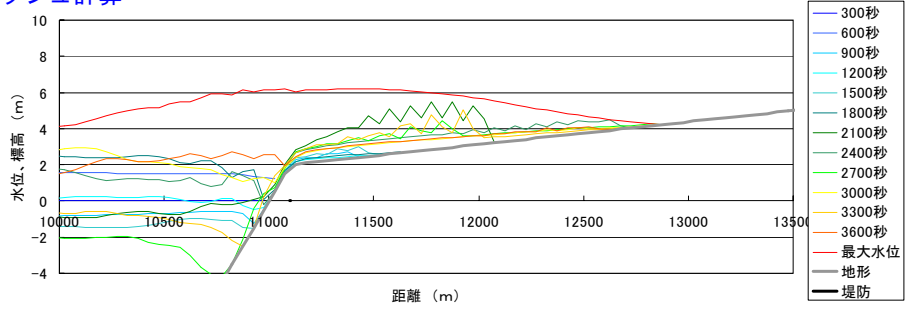


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

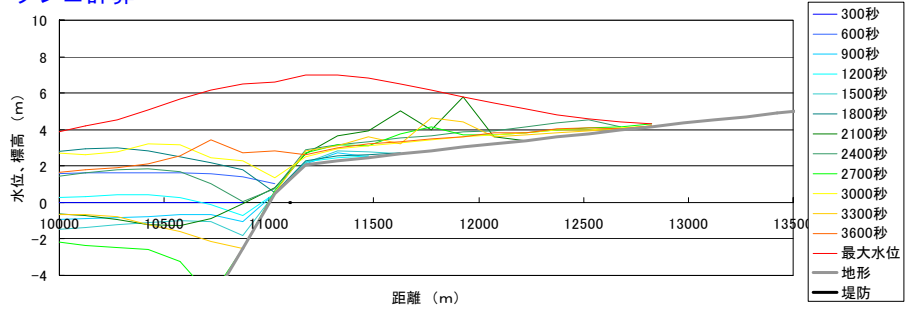


地形勾配1/800, 堤防なし, 周期10分

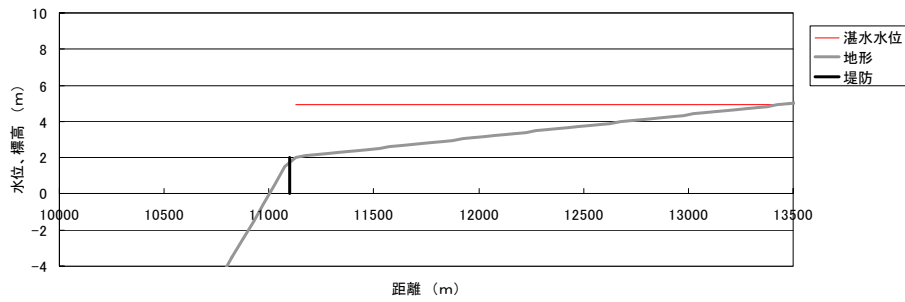
・ 50mメッシュ計算



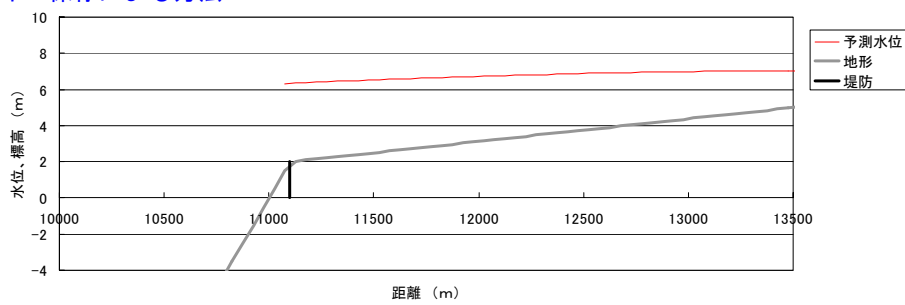
・ 150mメッシュ計算



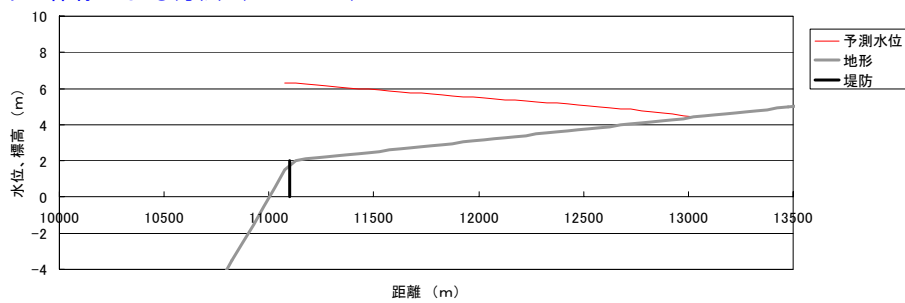
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

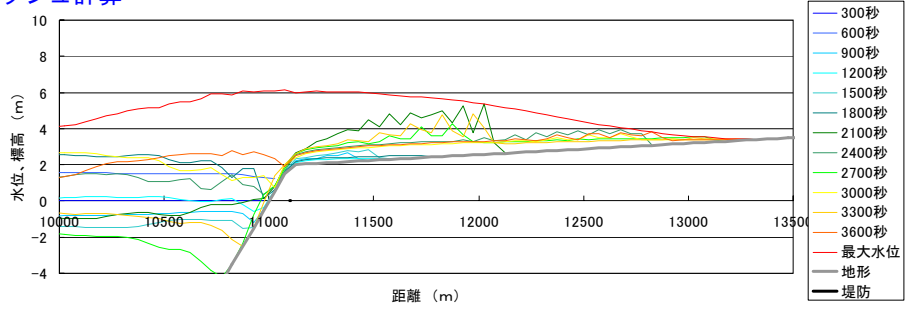


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

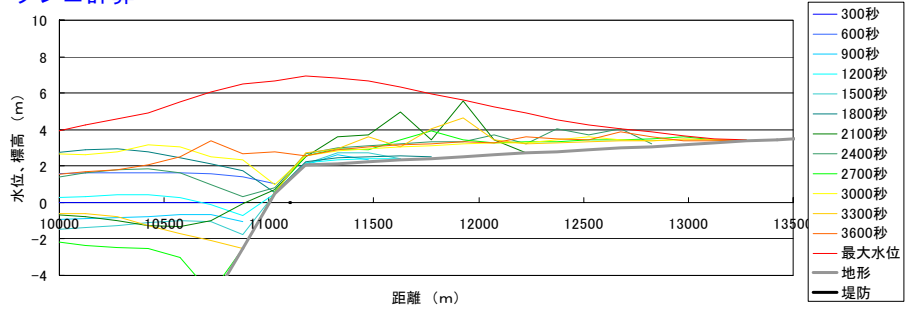


地形勾配1/1600, 堤防なし, 周期10分

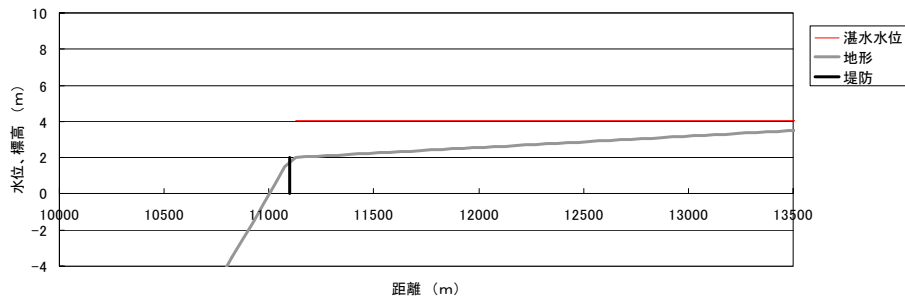
・ 50mメッシュ計算



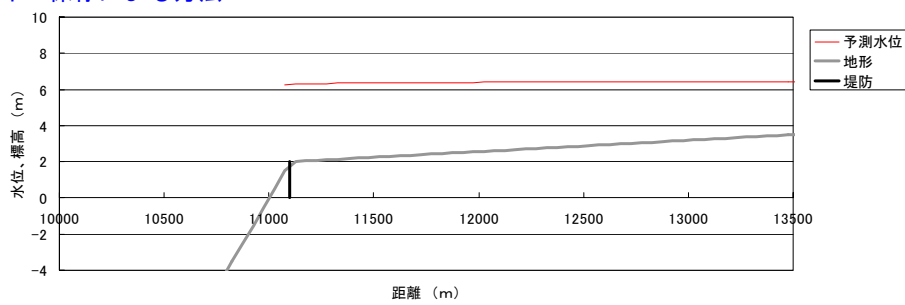
・ 150mメッシュ計算



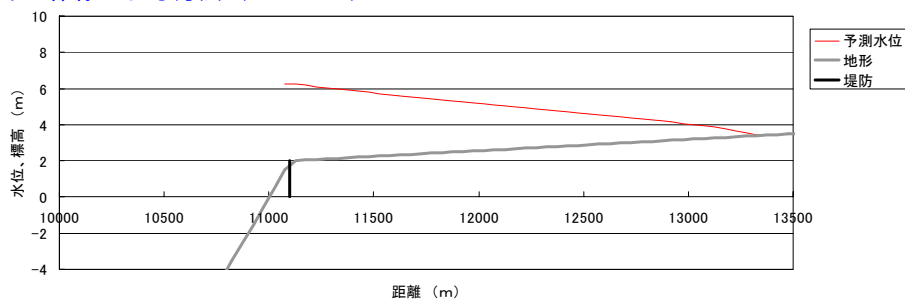
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

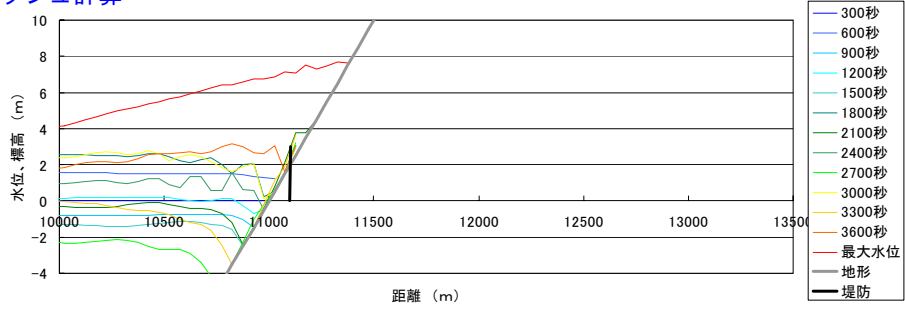


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

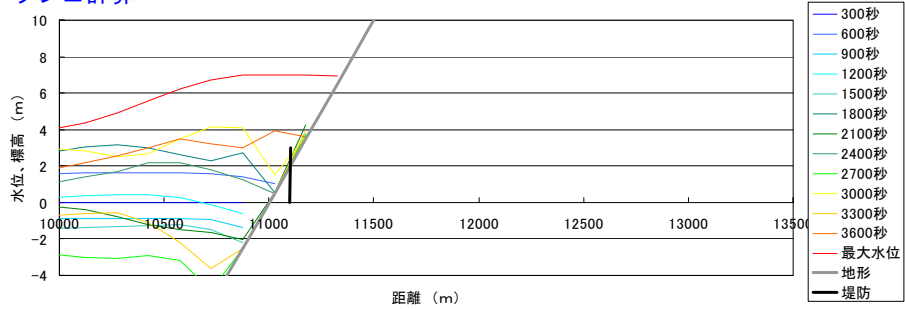


地形勾配1/50, 堤防3 m, 周期10分

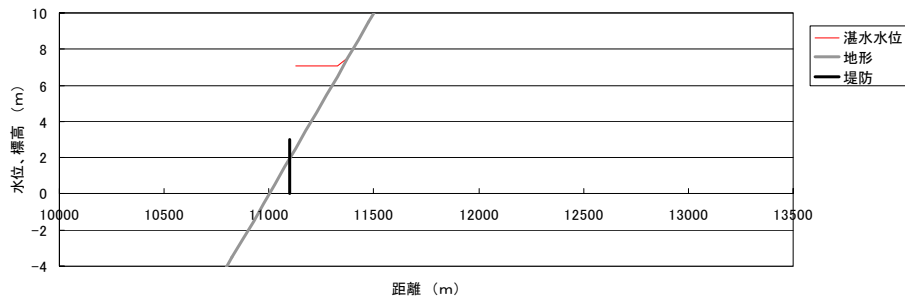
・ 50mメッシュ計算



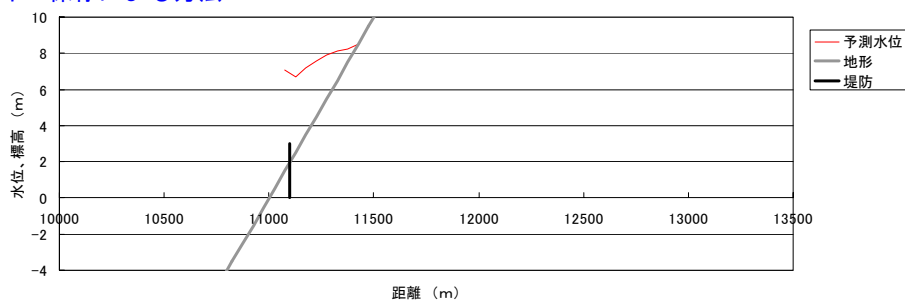
・ 150mメッシュ計算



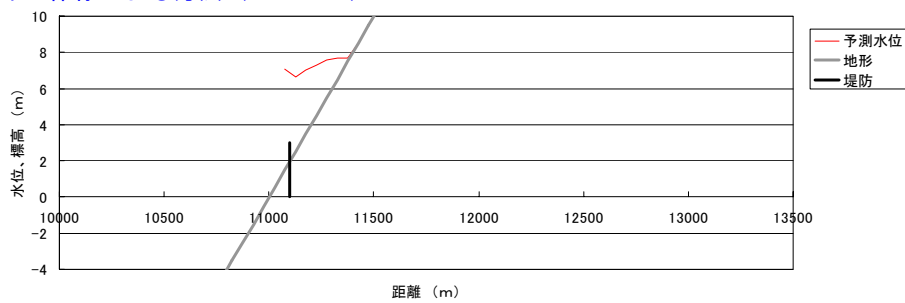
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

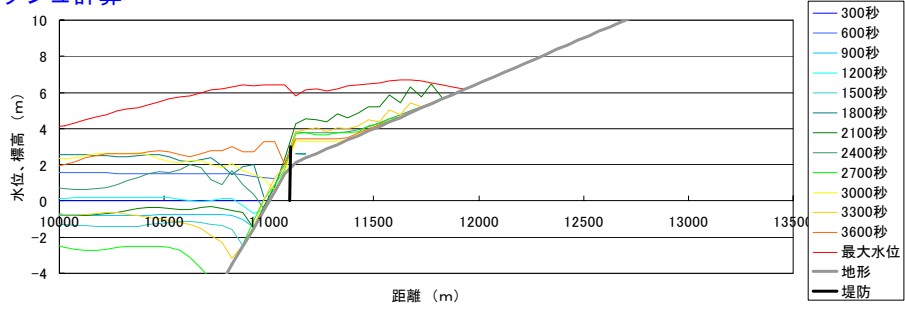


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

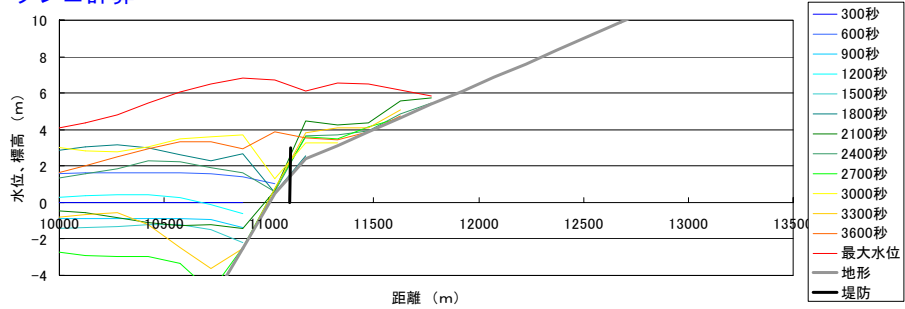


地形勾配1/200, 堤防3 m, 周期10分

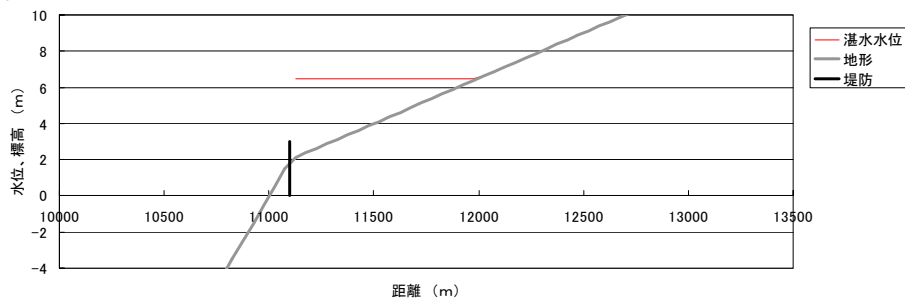
・ 50mメッシュ計算



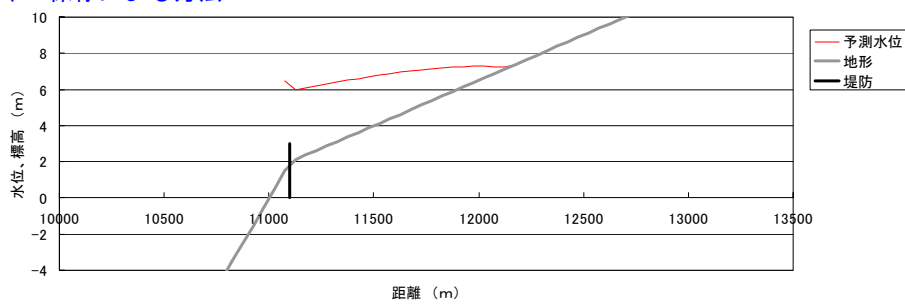
・ 150mメッシュ計算



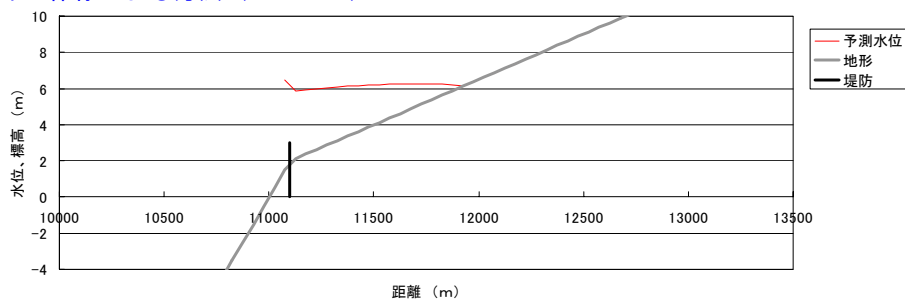
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

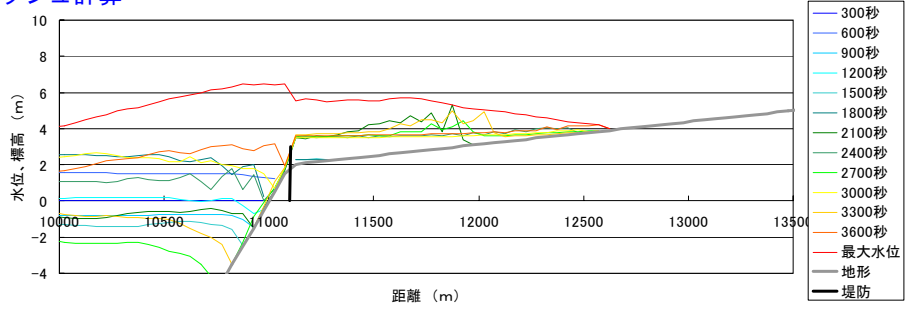


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

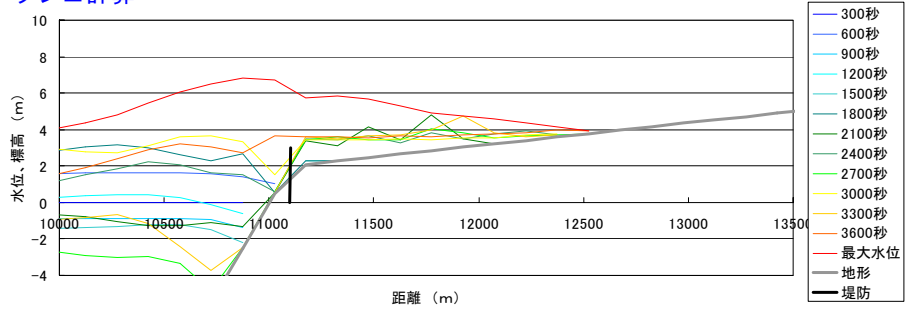


地形勾配1/800, 堤防3 m, 周期10分

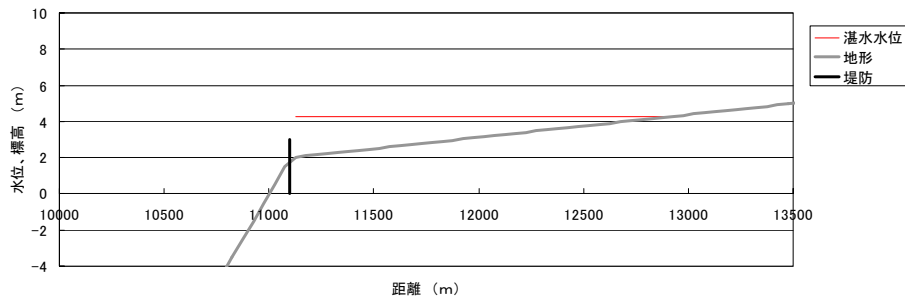
・ 50mメッシュ計算



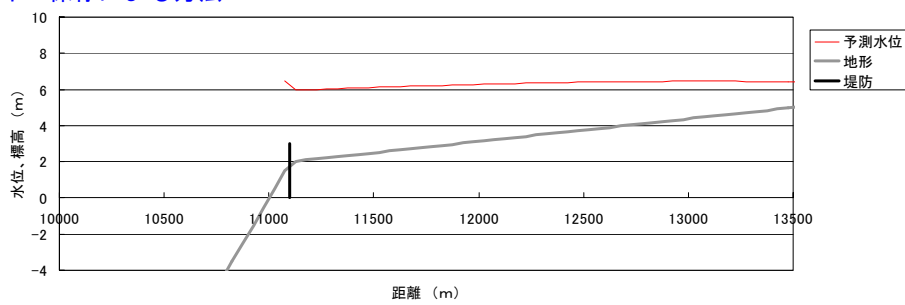
・ 150mメッシュ計算



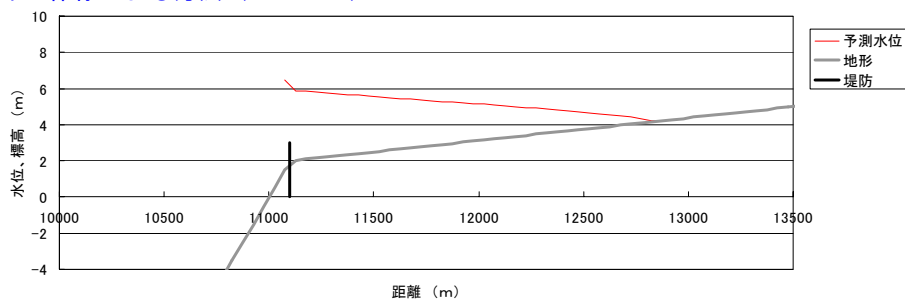
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

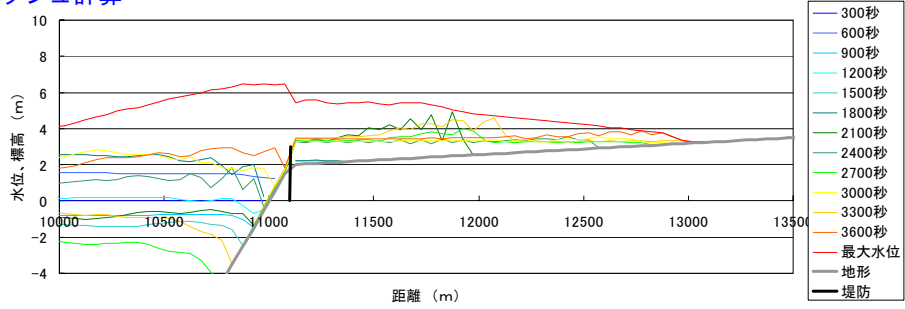


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

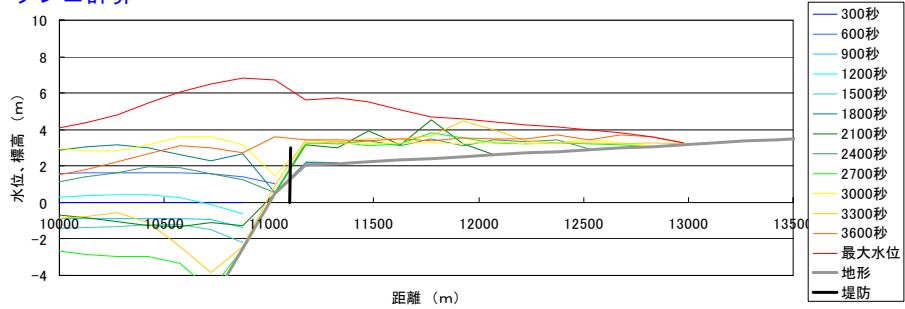


地形勾配1/1600, 堤防3 m, 周期10分

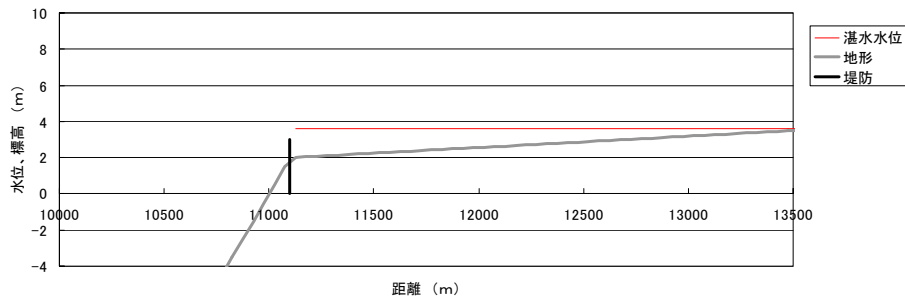
・ 50mメッシュ計算



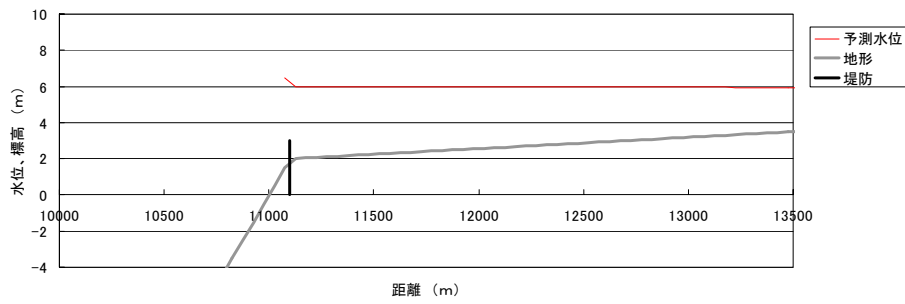
・ 150mメッシュ計算



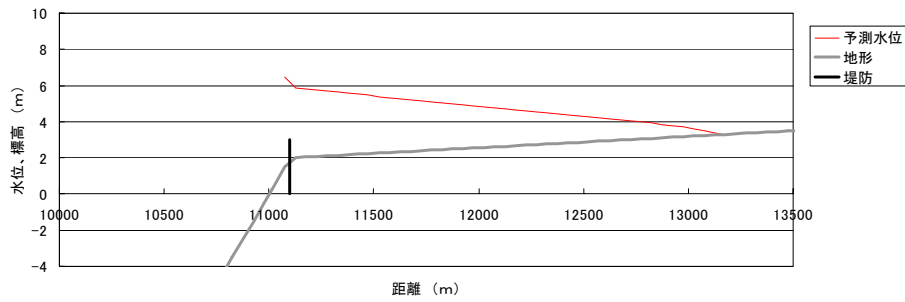
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

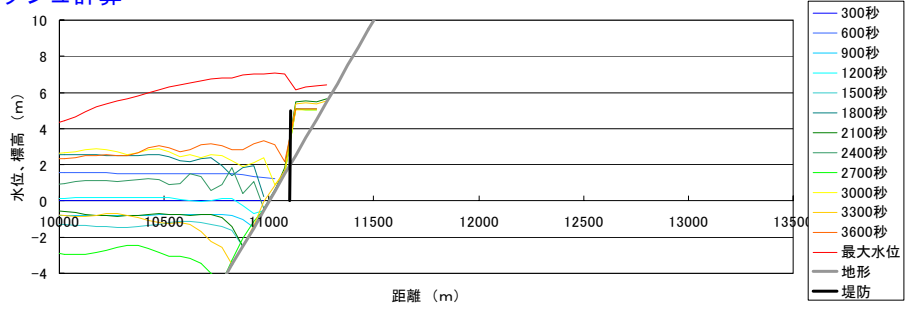


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

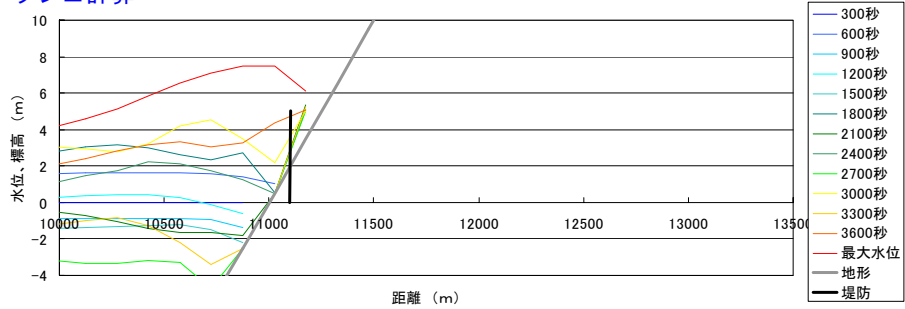


地形勾配1/50, 堤防5m, 周期10分

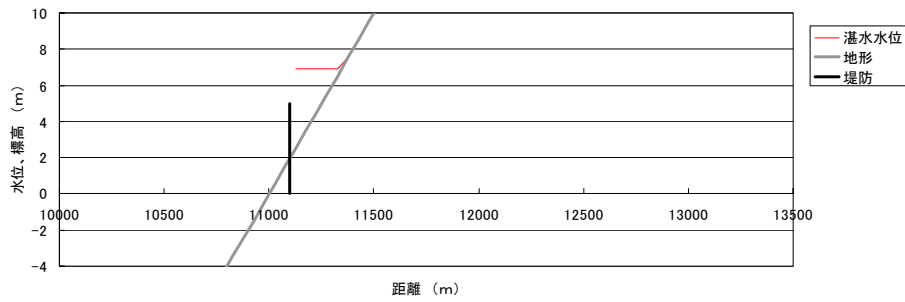
・ 50mメッシュ計算



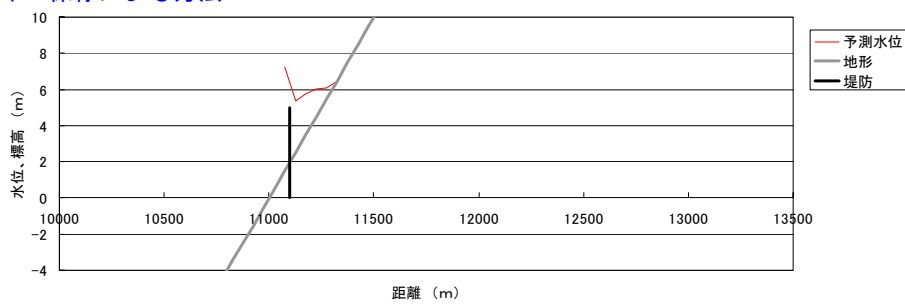
・ 150mメッシュ計算



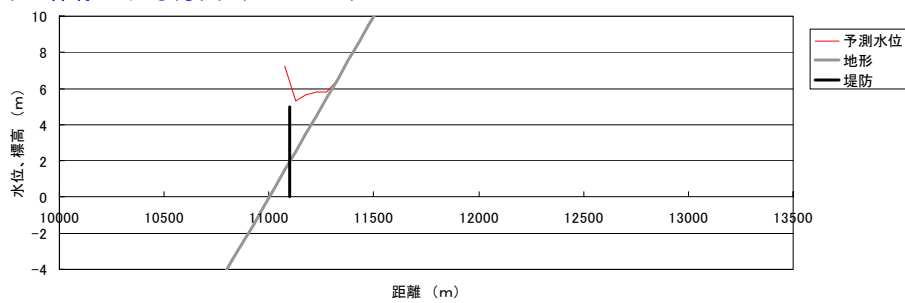
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

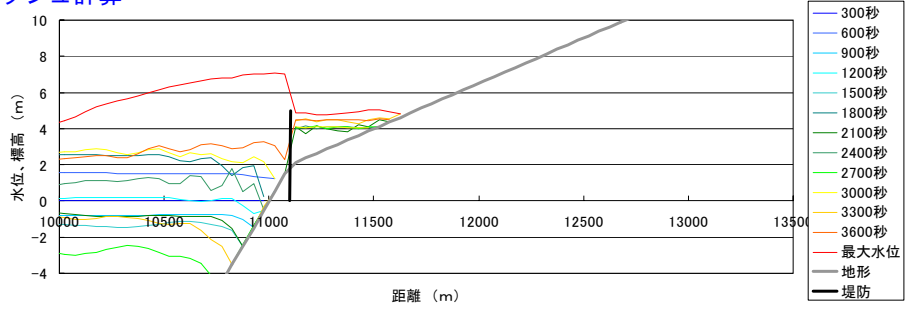


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

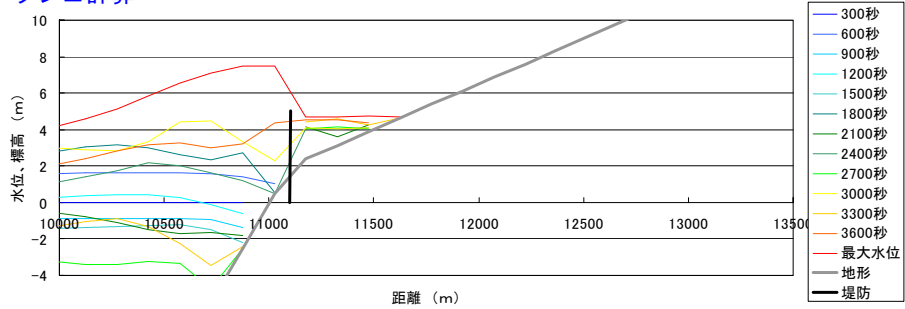


地形勾配1/200, 堤防5 m, 周期10分

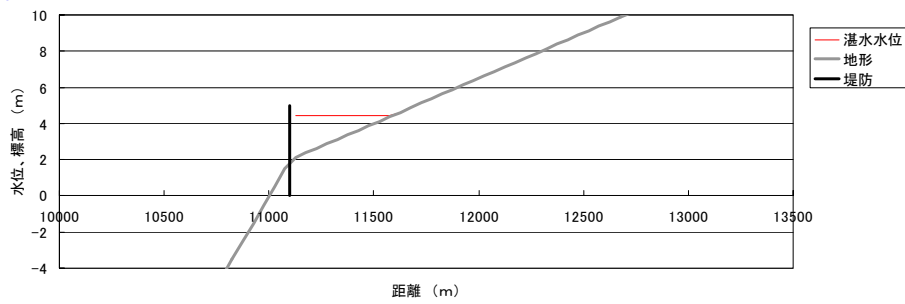
・ 50mメッシュ計算



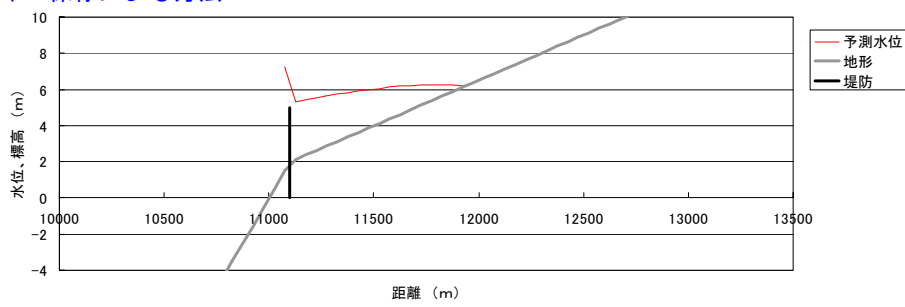
・ 150mメッシュ計算



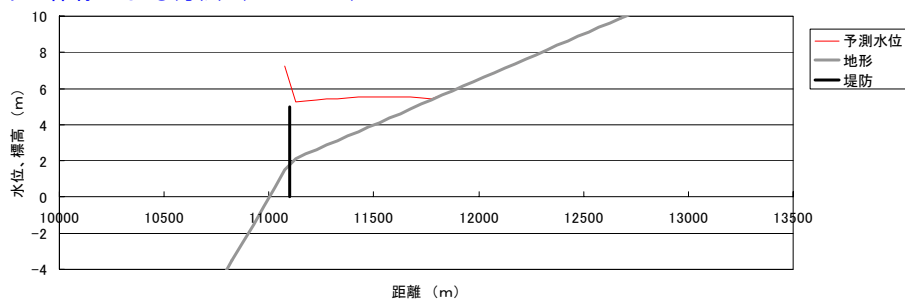
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

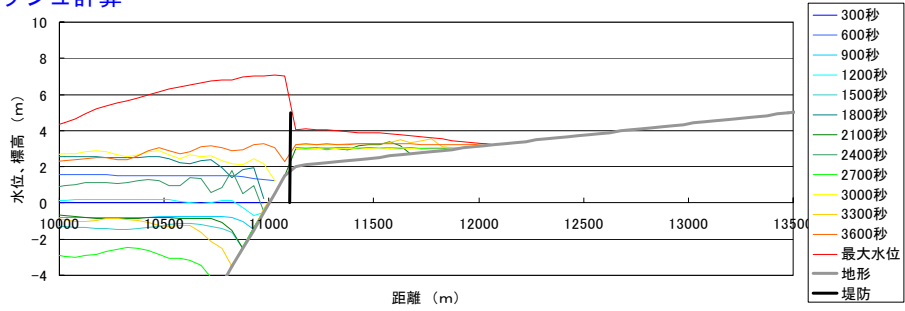


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

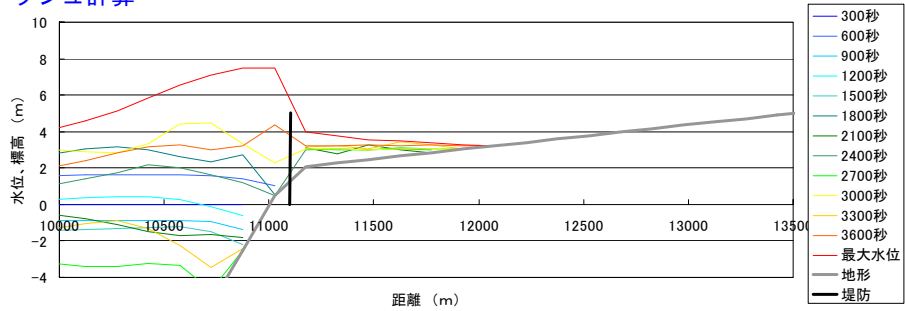


地形勾配1/800, 堤防5 m, 周期10分

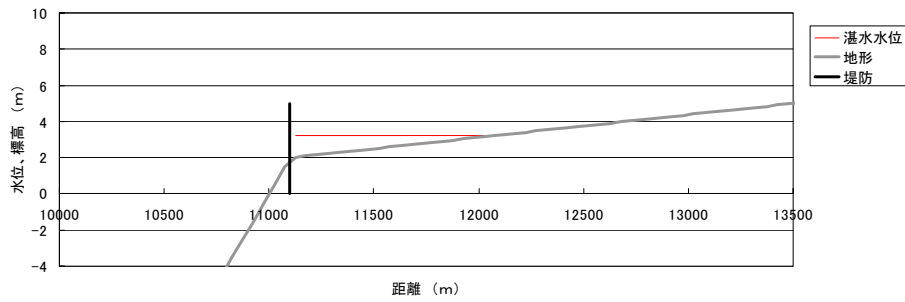
・ 50mメッシュ計算



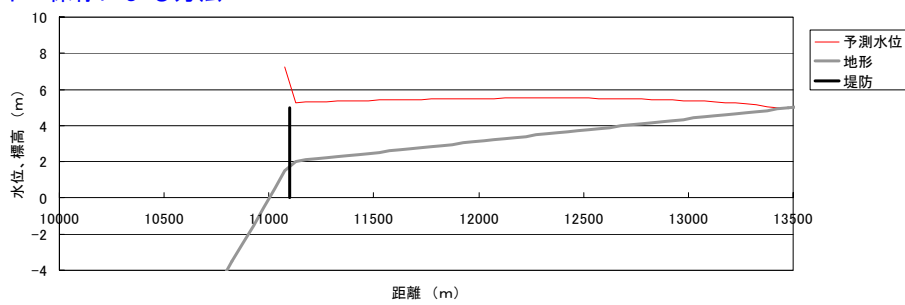
・ 150mメッシュ計算



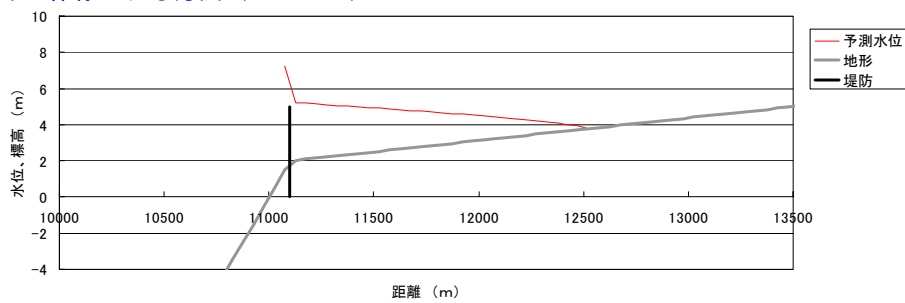
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法

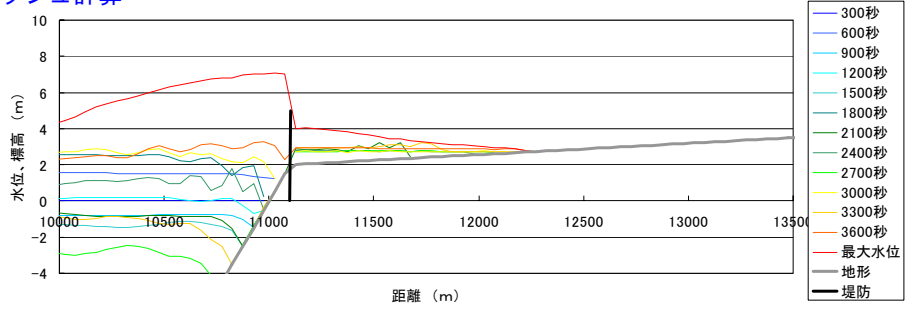


・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)

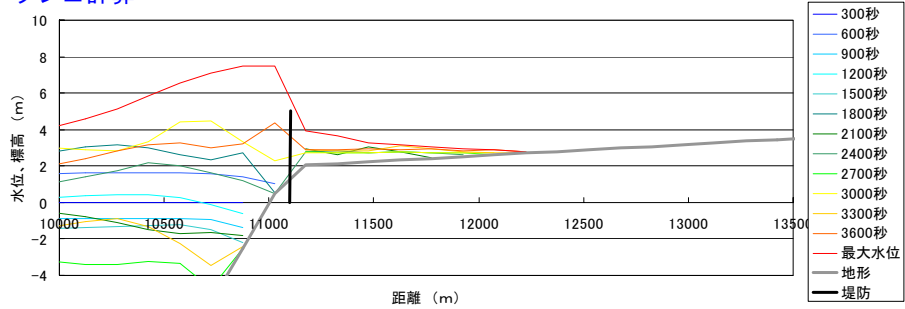


地形勾配1/1600, 堤防5m, 周期10分

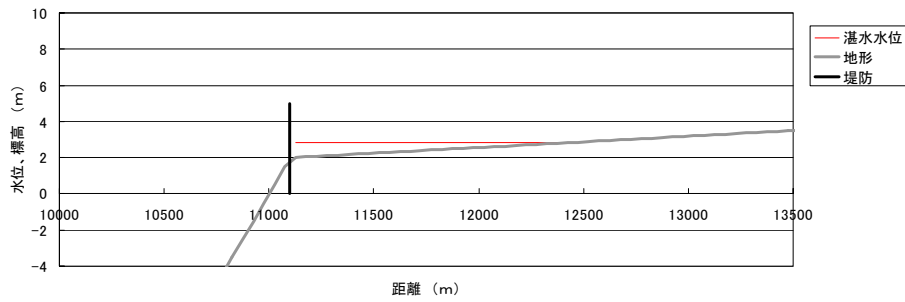
・ 50mメッシュ計算



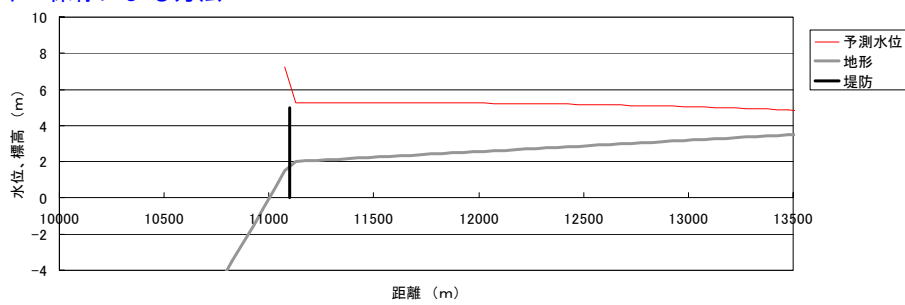
・ 150mメッシュ計算



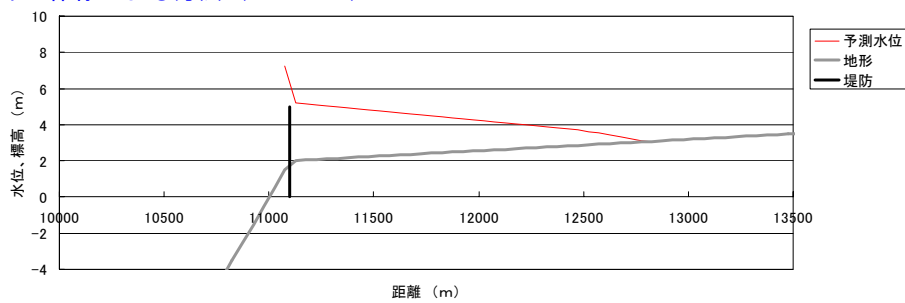
・ レベル湛水法



・ エネルギー保存による方法



・ エネルギー保存による方法 ($\alpha = 0.97$)



3-4. 簡易浸水予測手法の比較・検討（その1）浸水範囲の比較

(1) 検討内容

津波の簡易浸水予測手法の平野部における適用性を調べることを目的として、以下の4種類の方法で求めた浸水範囲の比較・検討を行う。

- 1) 50mメッシュ計算（この計算結果を基準とする）
- 2) 150mメッシュ計算結果の最大水位をそのまま50mメッシュの地形データに与えて浸水深を求める方法（以下「150mメッシュ計算内挿法」と呼ぶ）
- 3) エネルギー保存法（海岸の最大水位は150mメッシュの計算結果を使用．パラメータ $\alpha = 1.00$ とした）
- 4) レベル湛水法（海岸の時刻歴波形は150mメッシュの計算結果を使用）

検討対象地震は東南海・南海地震とし、浸水予測は堤防がある場合とない場合の2パターンを行った。検討対象とする平野は、高知平野、大阪平野、濃尾平野とし、また比較のため、リアス式海岸である三重県南部も検討対象地域とした（下図）。

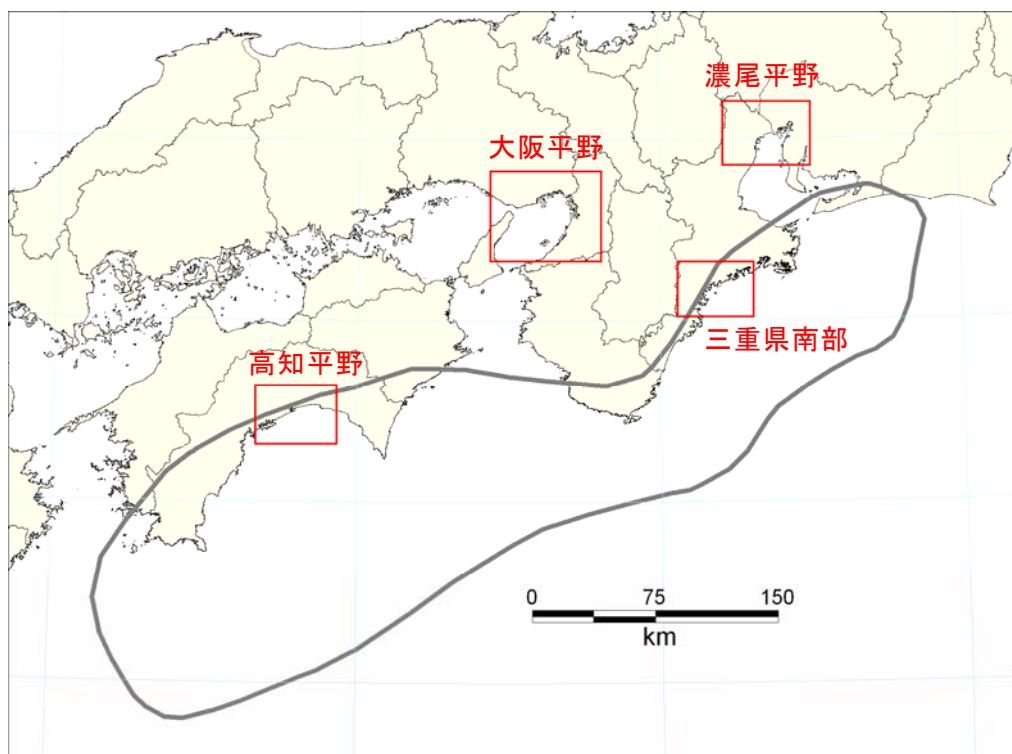


図 V-20 検討対象 4 地域（图中赤枠の地域）

(2) 計算結果

計算結果を、下表の該当ページに示す（図が多いため、図番号は省略した）。

表V-5 検討ケースと計算結果の掲載ページ

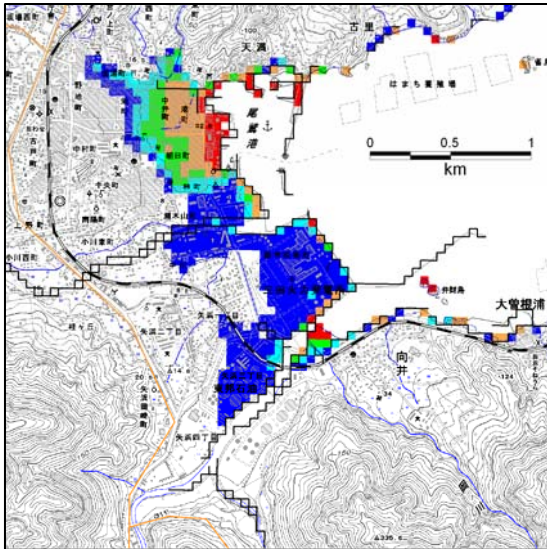
地域	堤防	結果ページ
高知平野	あり	126, 127
〃	なし	128, 129
大阪平野	あり	130, 131
〃	なし	132, 133
三重県南部	あり	134, 135
〃	なし	136, 137
濃尾平野	あり	138, 139
〃	なし	140, 141

(3) 検討のまとめ

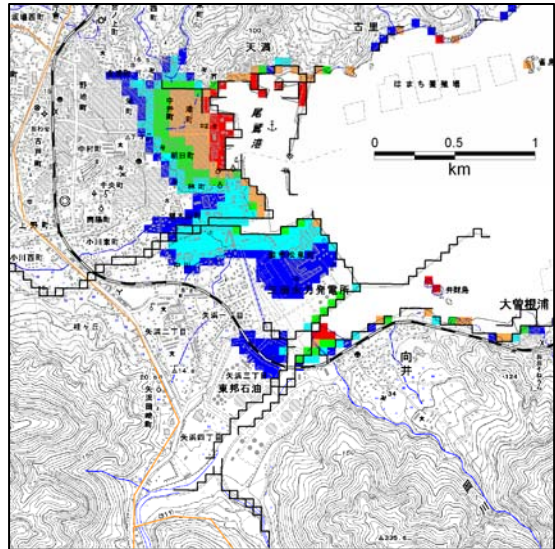
(2) の計算結果を見ると、以下の傾向が分かる。

- ・150mメッシュ計算内挿法は、50mメッシュ計算の結果と比較的よく一致する。
- ・エネルギー保存法の予測結果は、50mメッシュ計算の結果とあまりよく一致しない。浸水範囲は、高知平野では大きく求められ、大阪平野や濃尾平野では過小な浸水範囲となっている。浸水深はいずれも過大に求められる傾向がある。ただし、リアス式海岸である三重県沿岸では、比較的よく一致している。一例として、図V-21に尾鷲市市街の浸水分布の比較図を示す。
- ・レベル湛水法の予測結果は、50mメッシュ計算の結果とあまりよく一致しない。浸水範囲は、いずれのケースでも過大となっている。浸水深も過大に求められている。

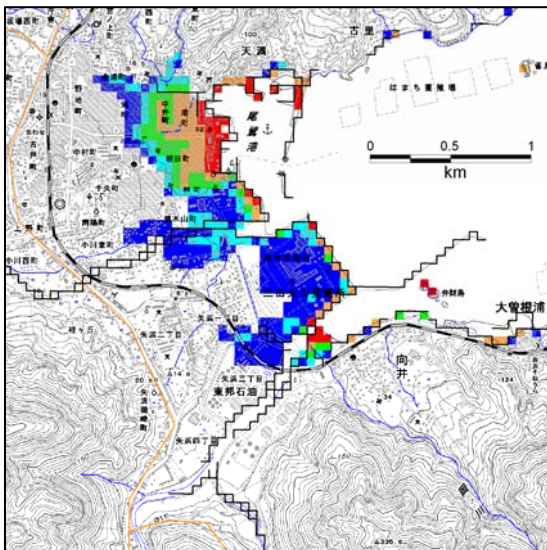
(1) 50mメッシュ計算



(3) エネルギー保存法



(2) 150mメッシュ計算内挿法



(4) レベル湛水法

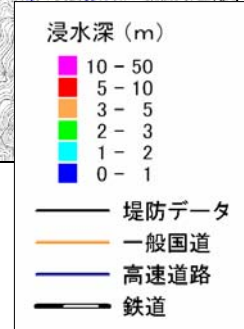
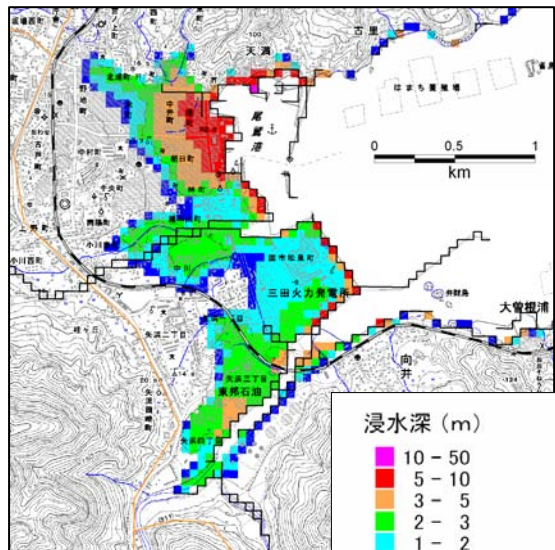
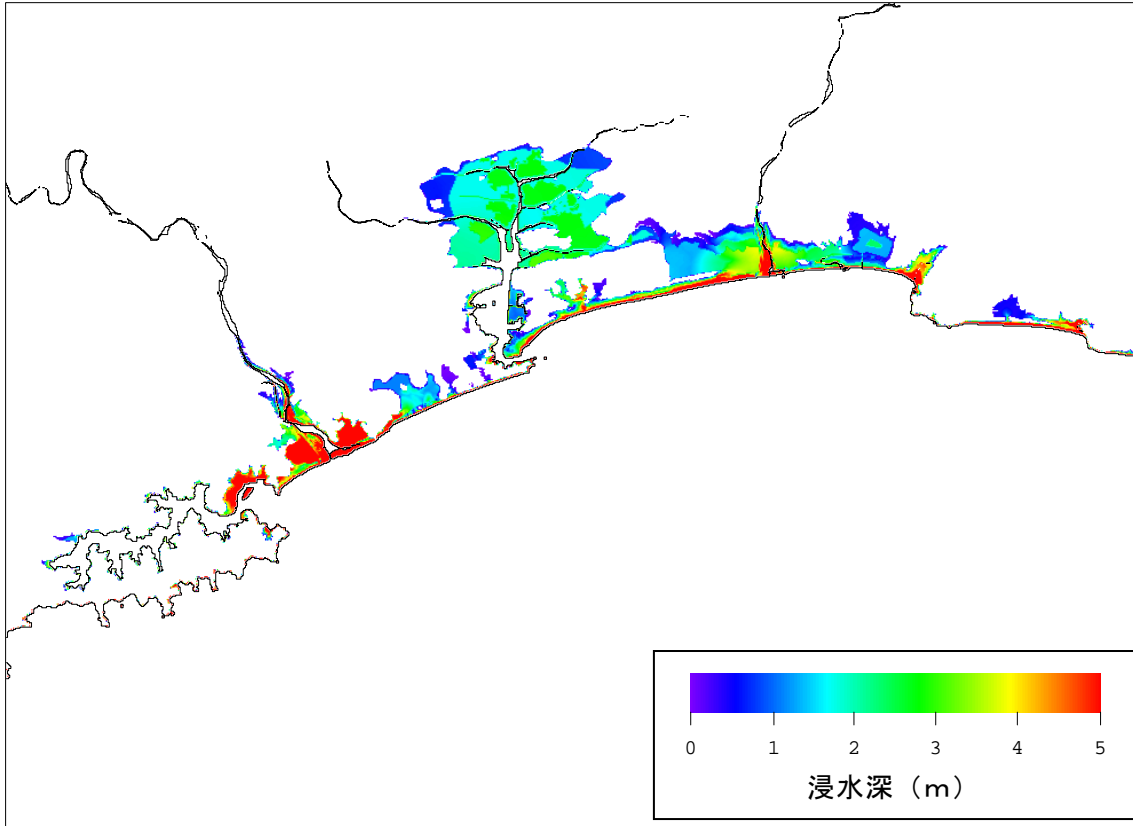


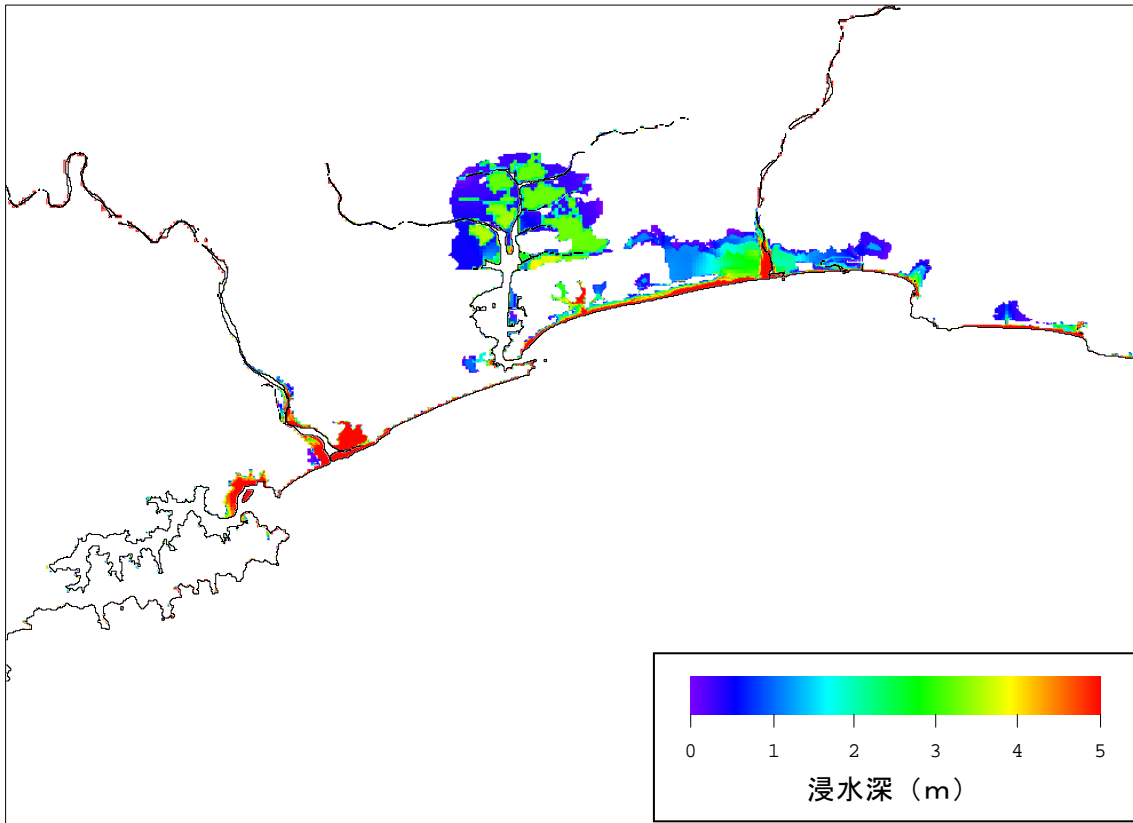
図 V-21 尾鷲市市街の浸水予測結果の比較
(東南海・南海地震, 堤防あり)

東南海・南海地震 堤防あり【高知平野】

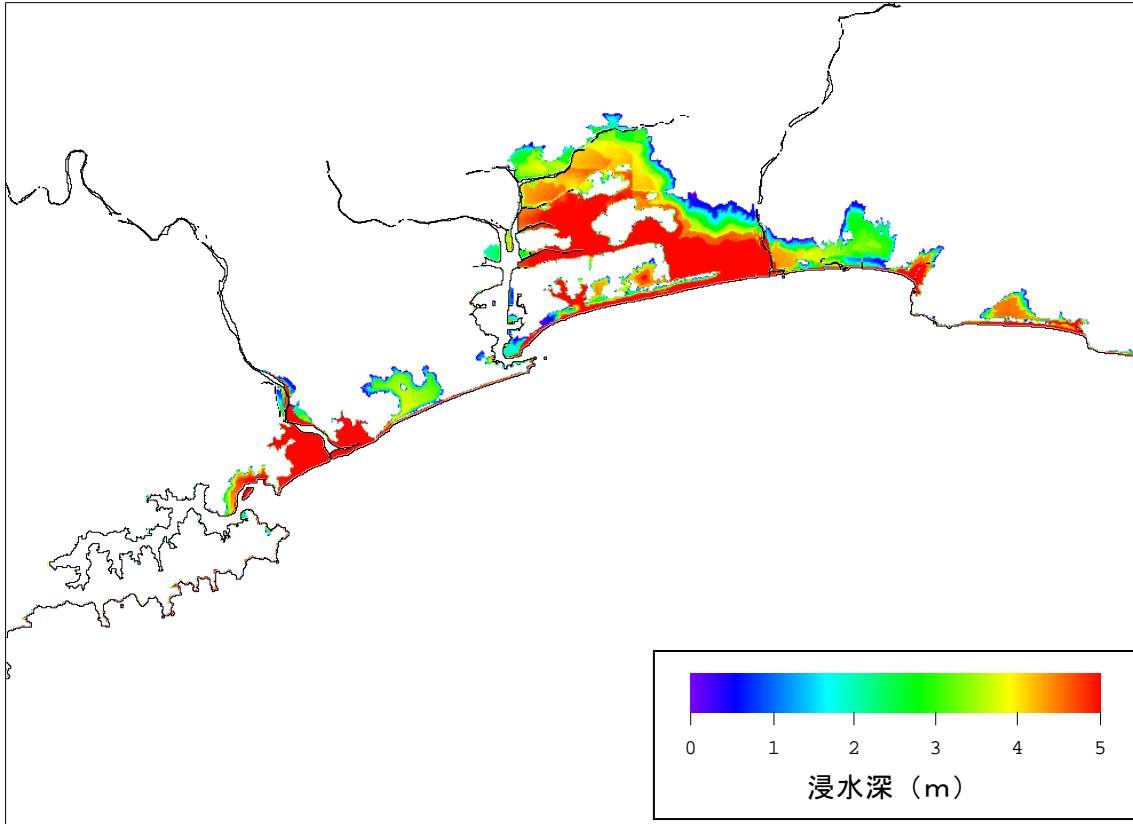
50mメッシュ計算



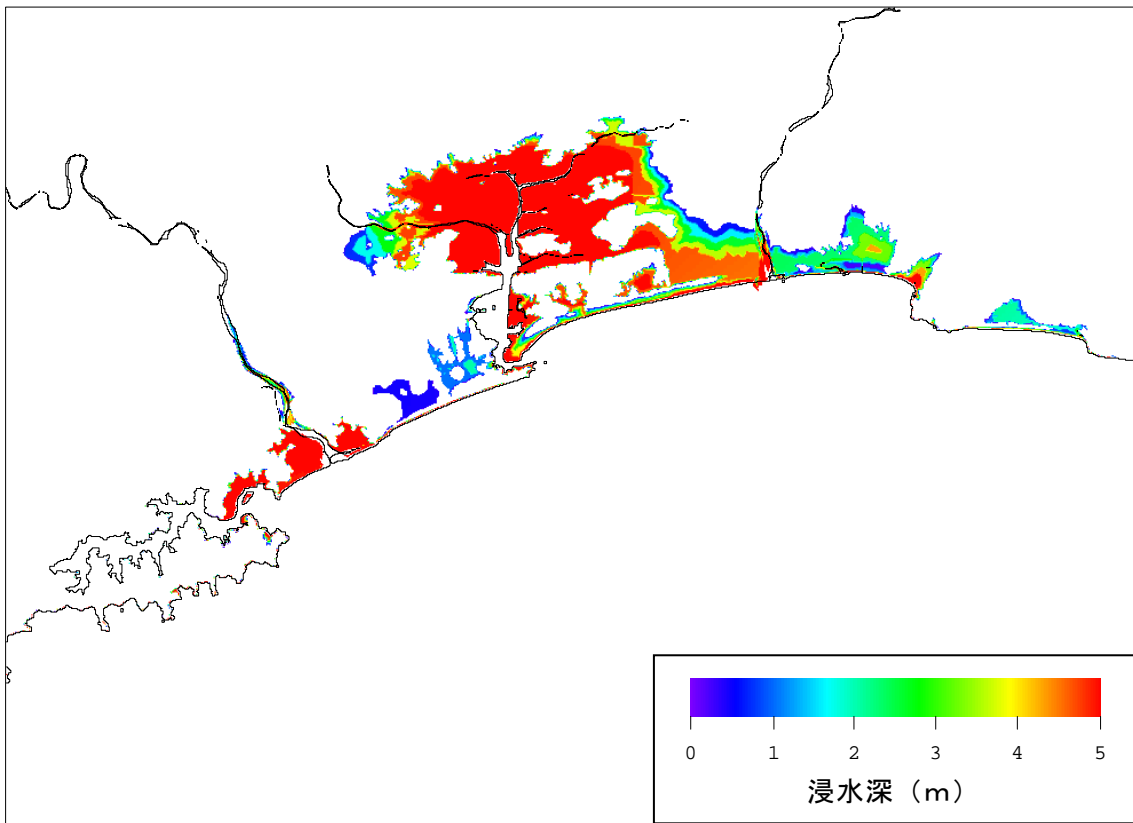
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

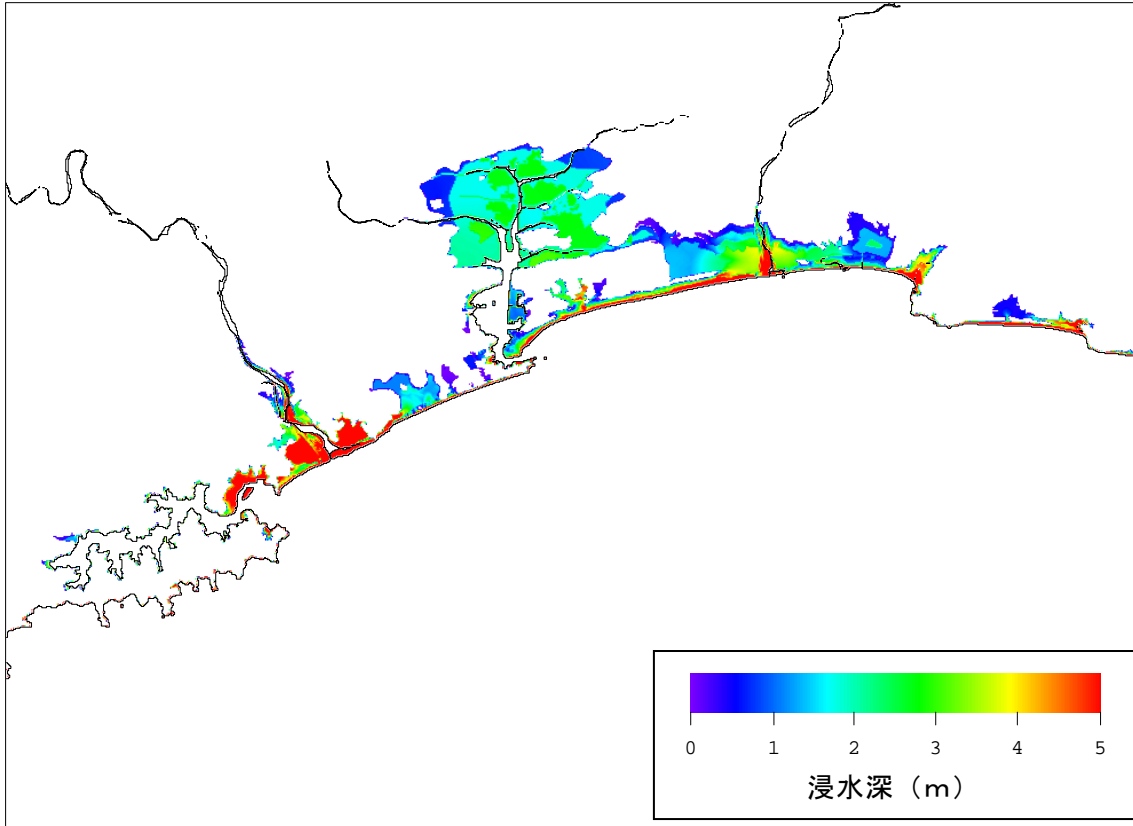


レベル湛水法

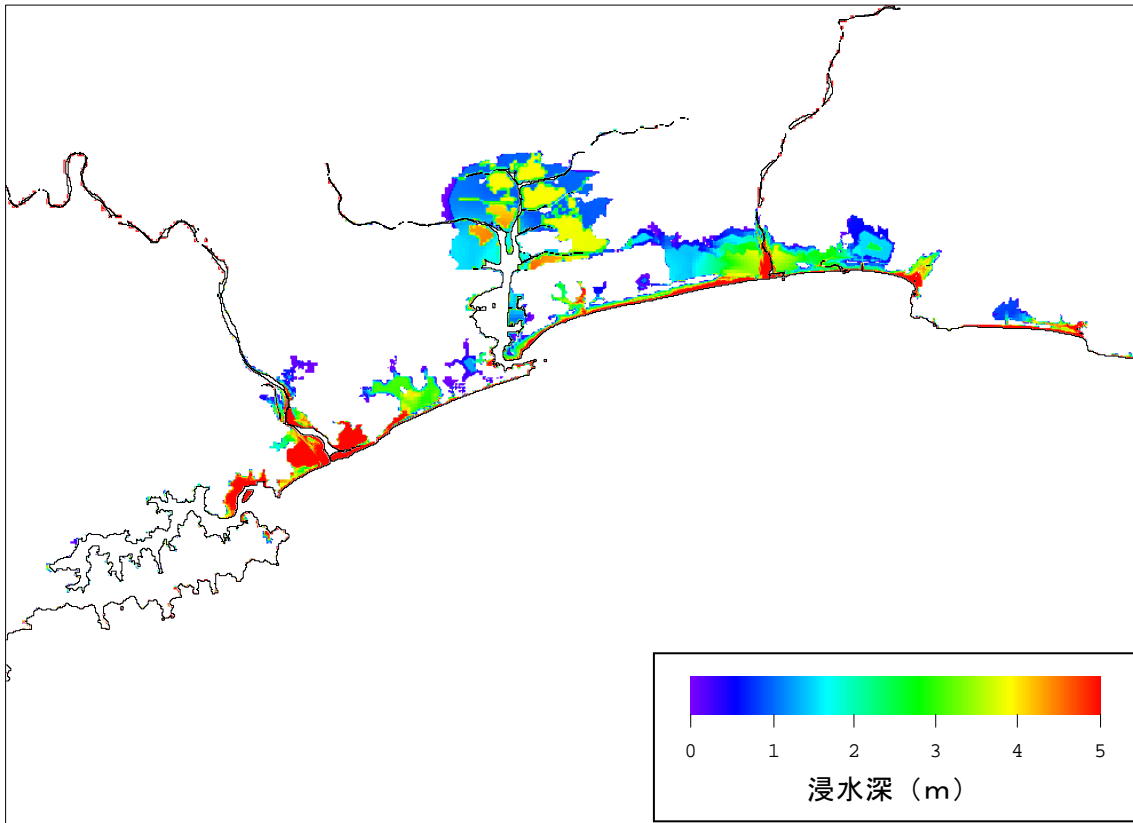


東南海・南海地震 堤防なし【高知平野】

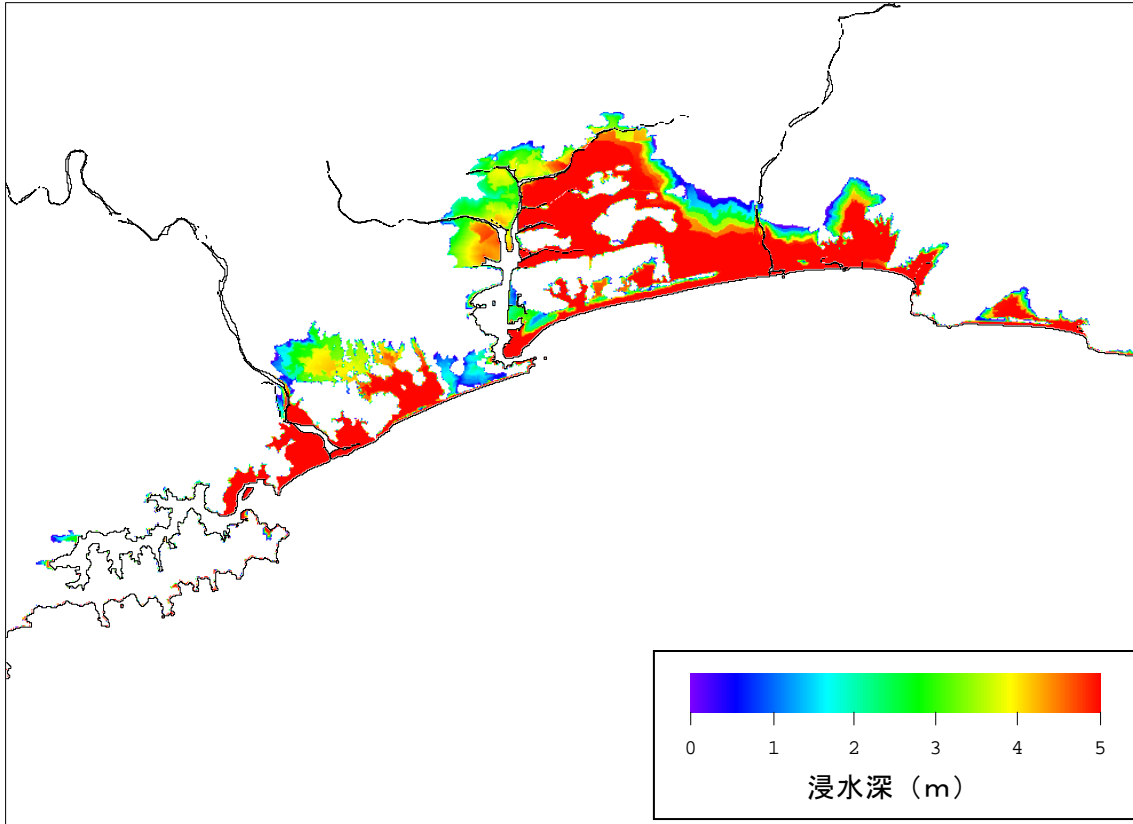
50mメッシュ計算



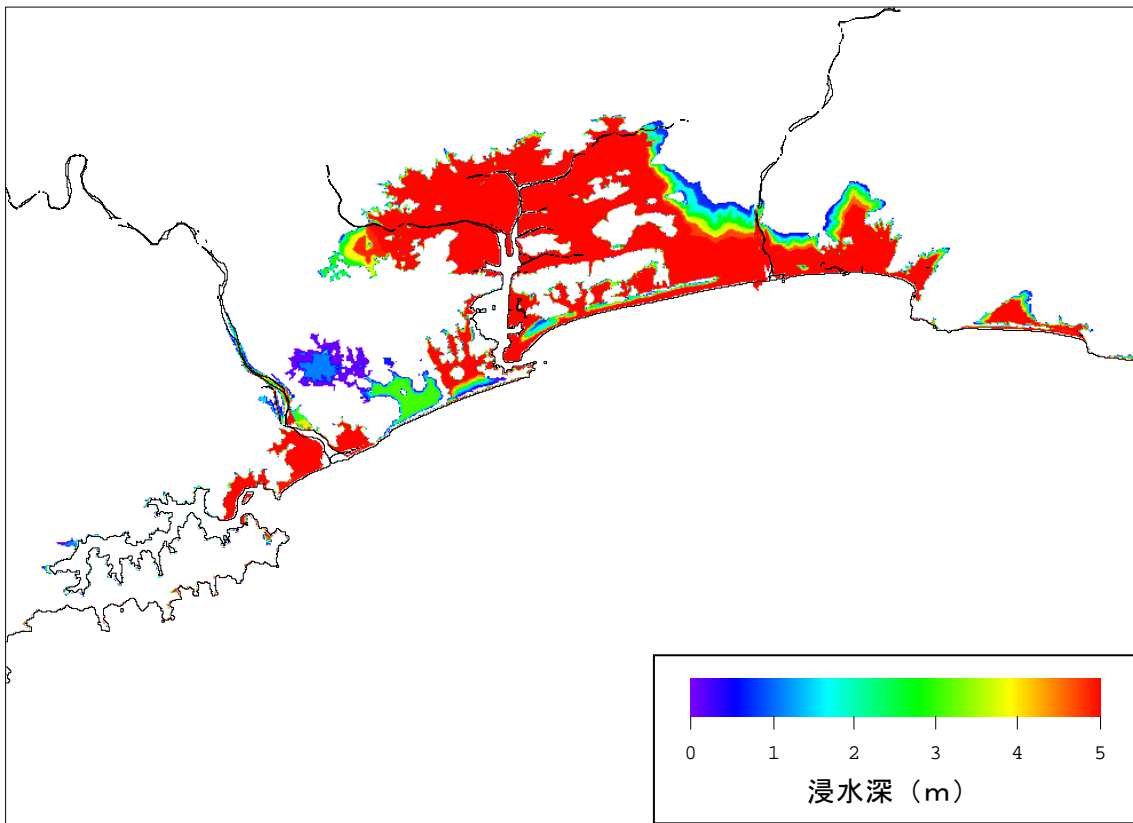
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

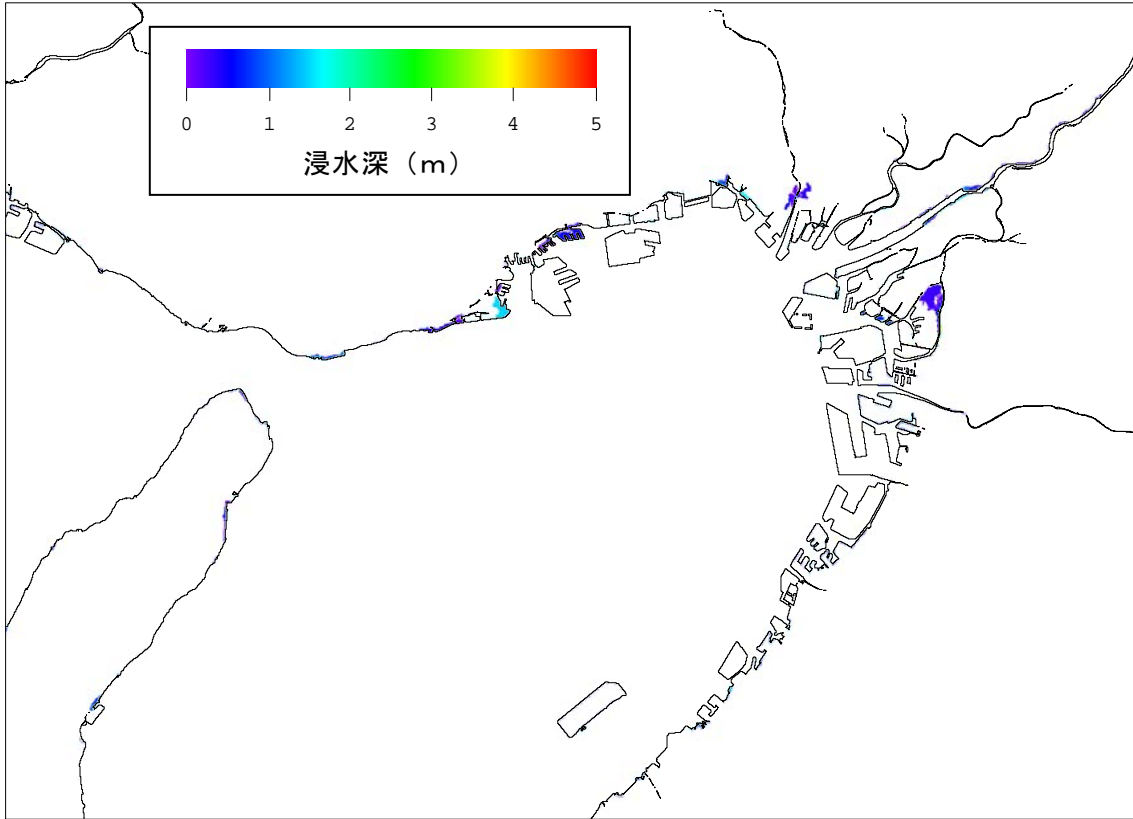


レベル湛水法

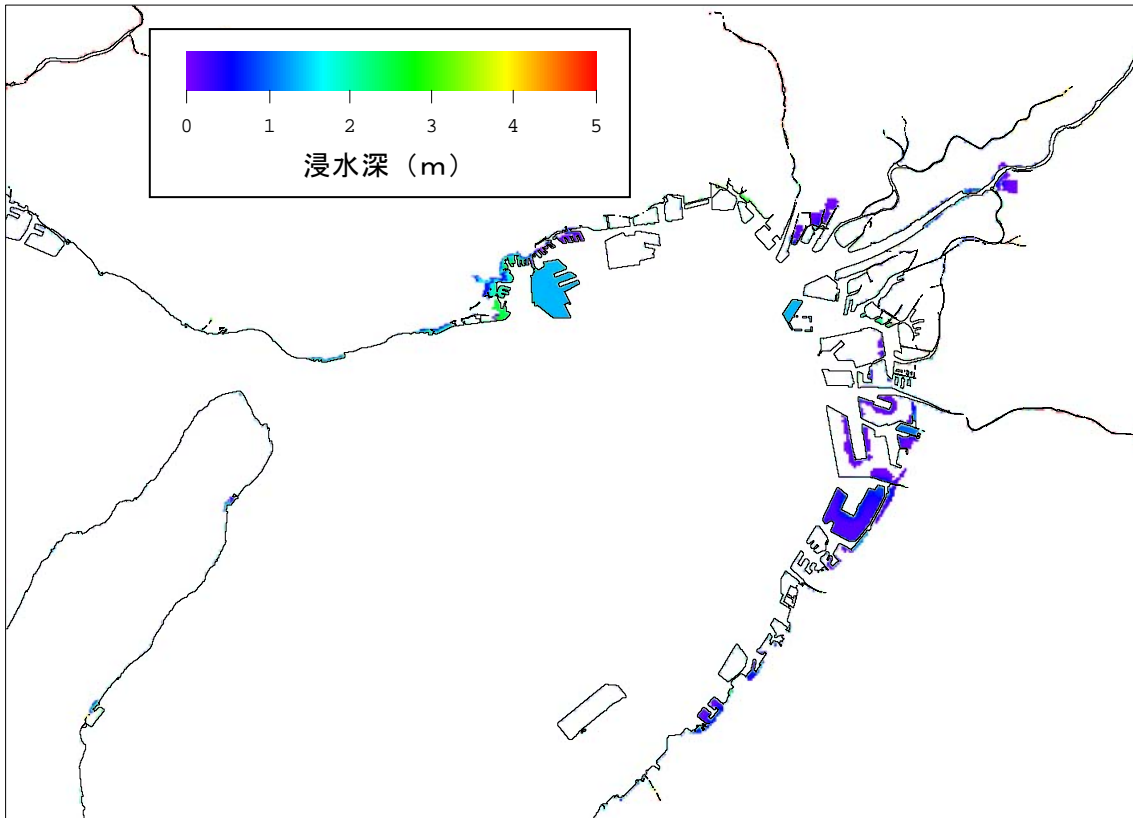


東南海・南海地震 堤防あり【大阪平野】

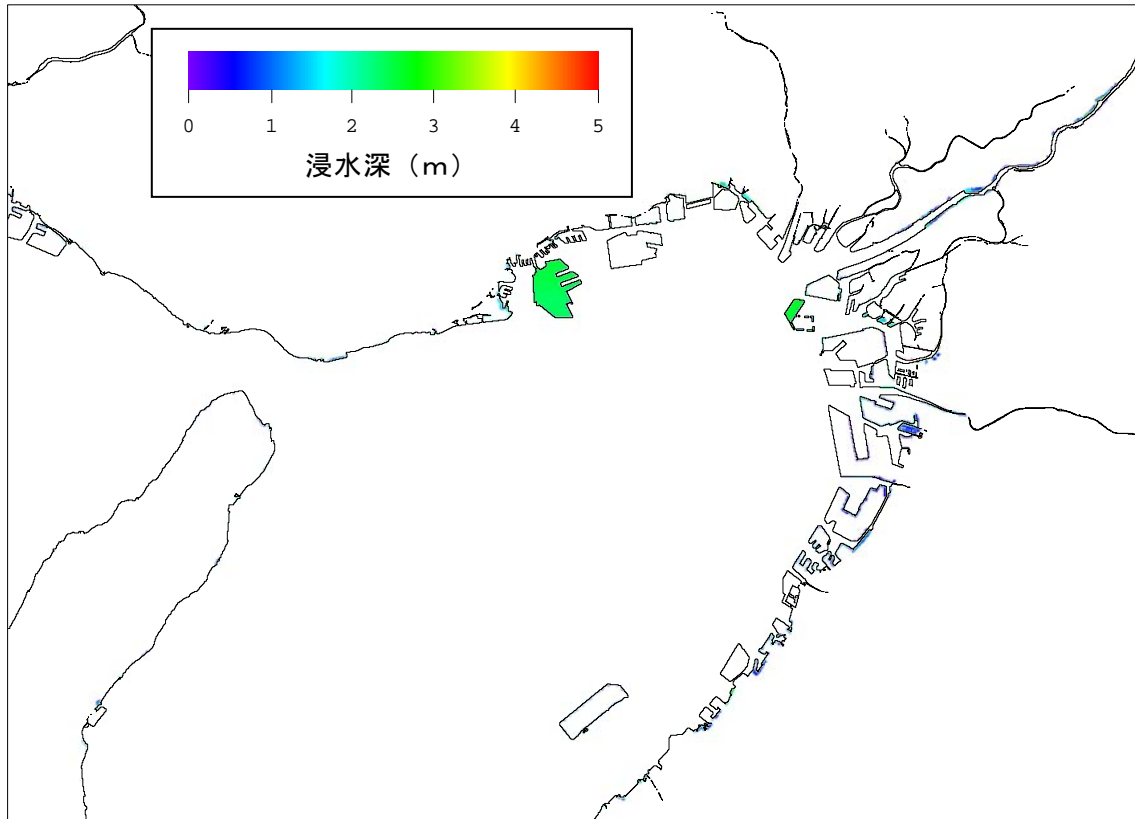
50mメッシュ計算



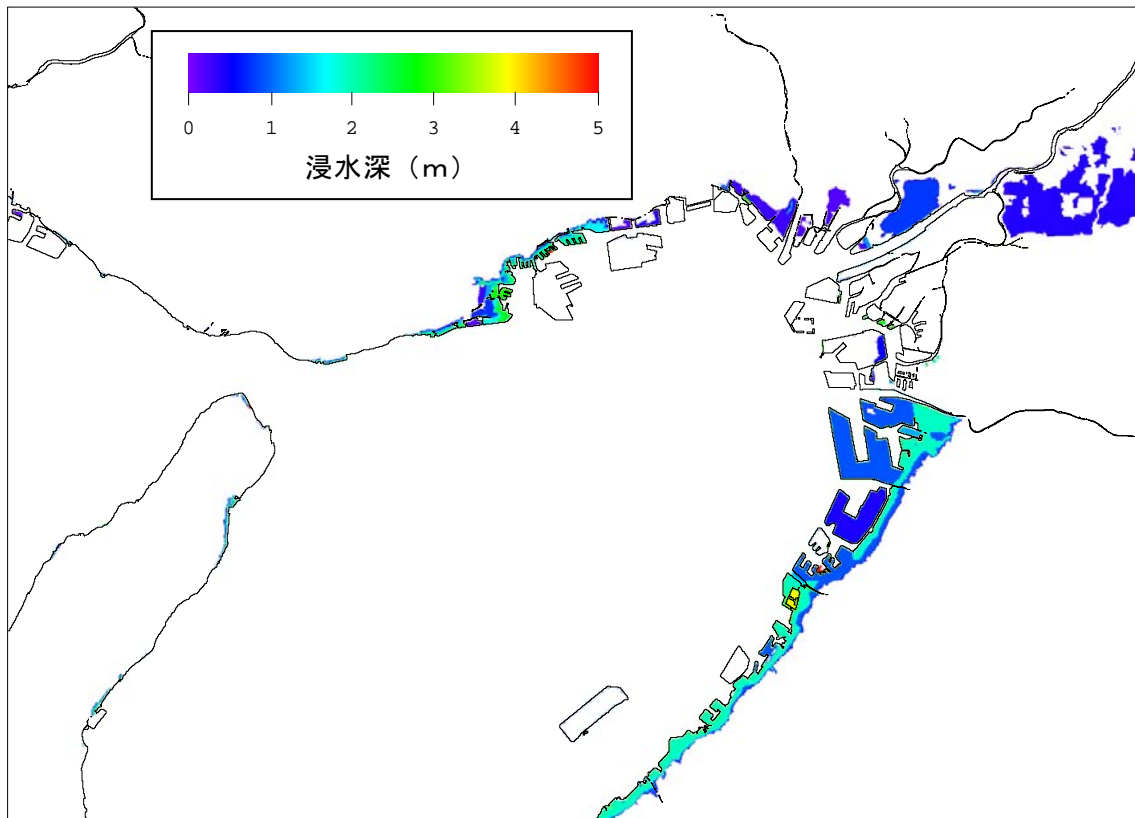
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

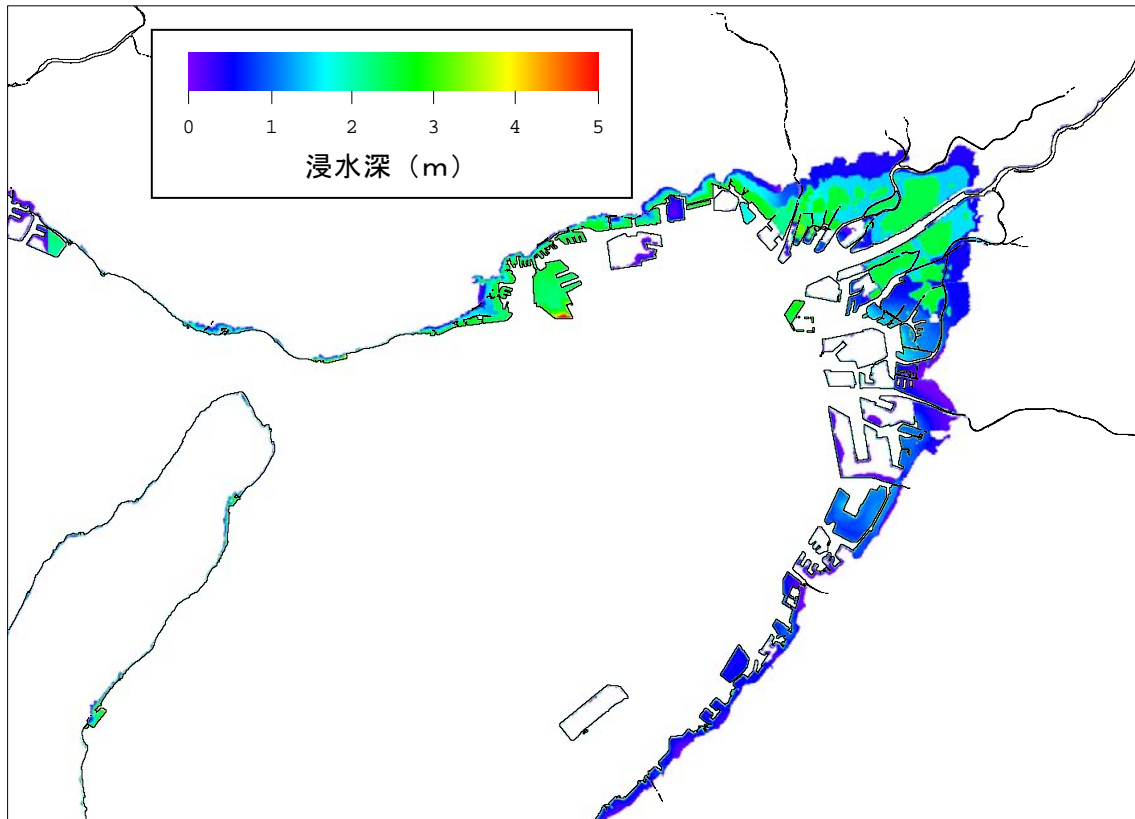


レベル湛水法

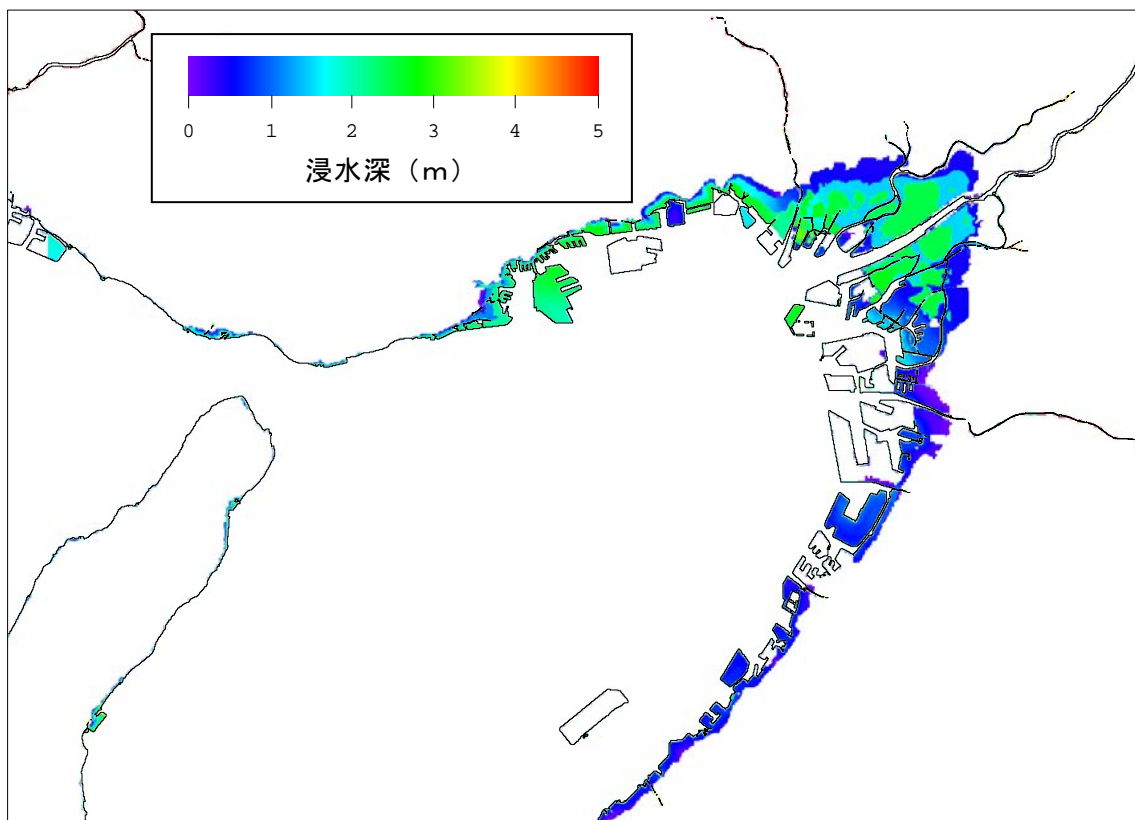


東南海・南海地震 堤防なし【大阪平野】

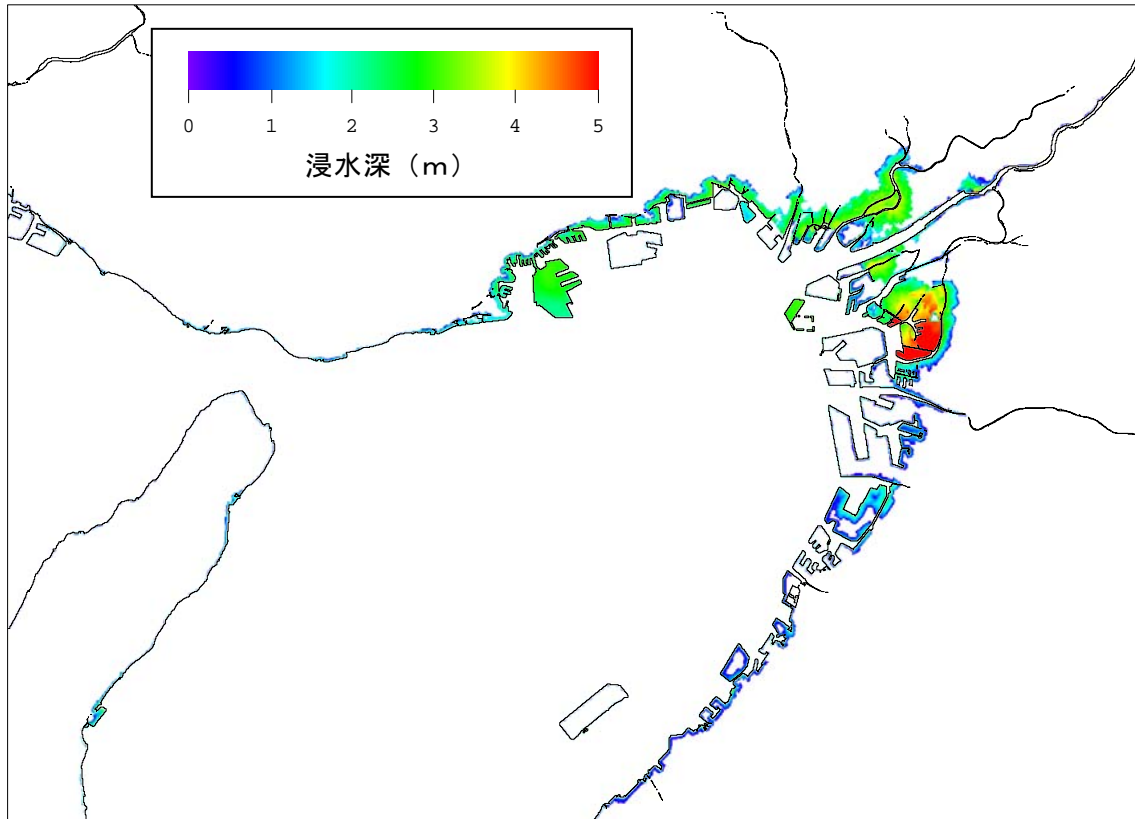
50mメッシュ計算



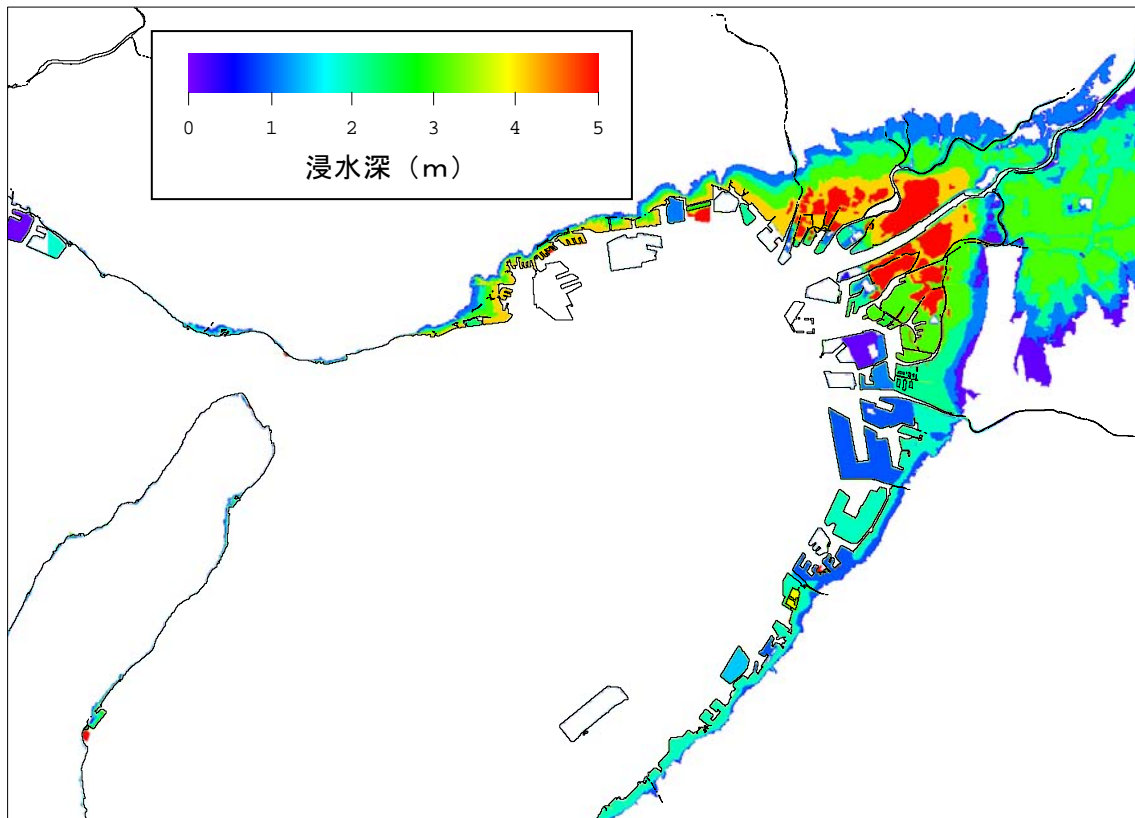
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

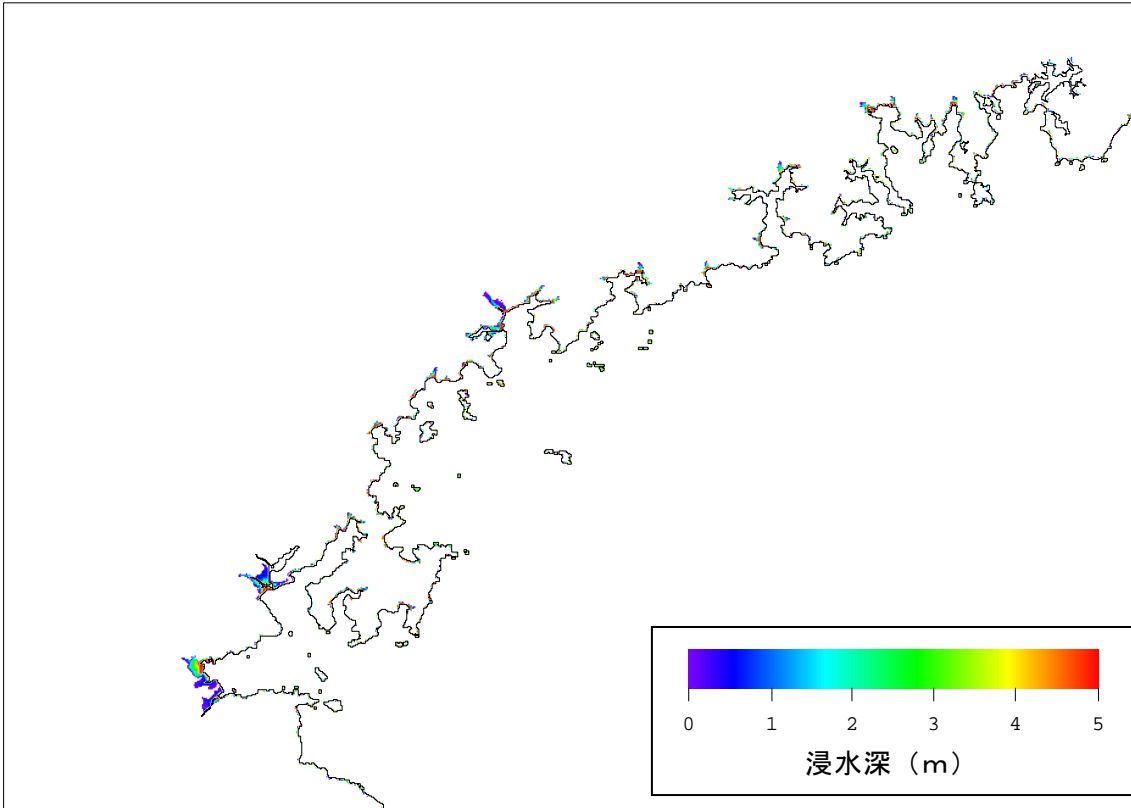


レベル湛水法

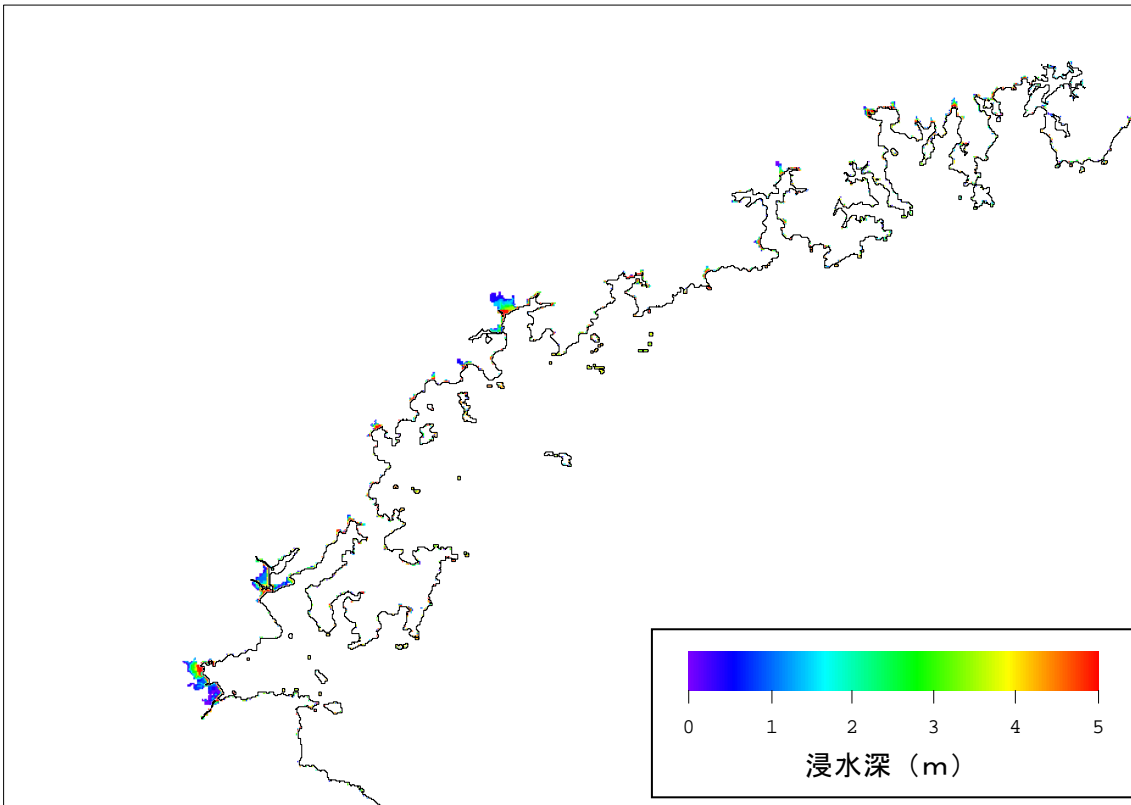


東南海・南海地震 堤防あり【三重県南部】

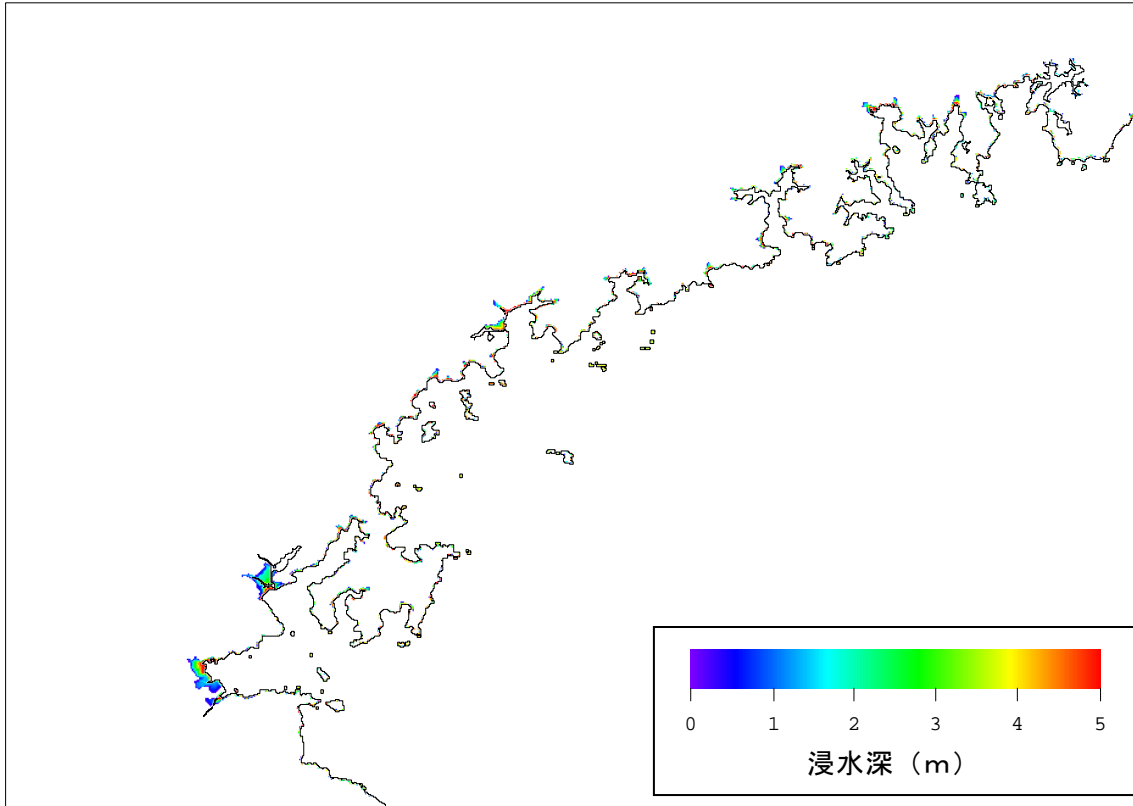
50mメッシュ計算



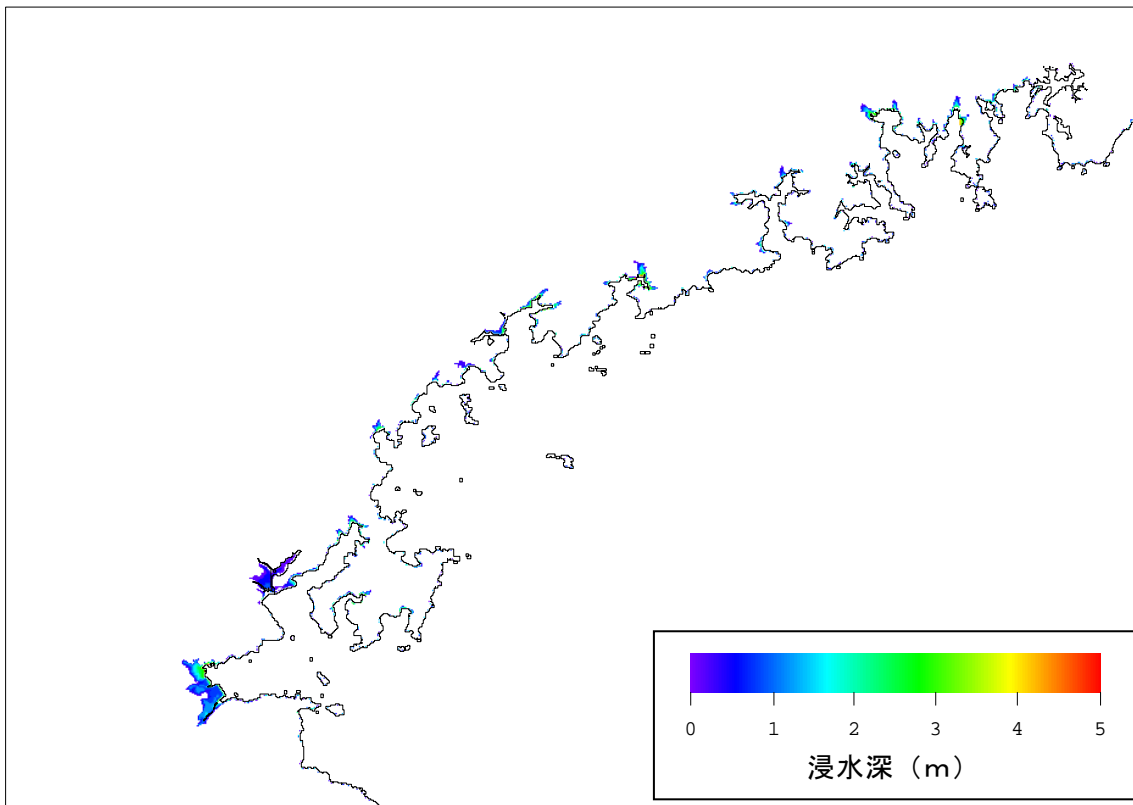
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

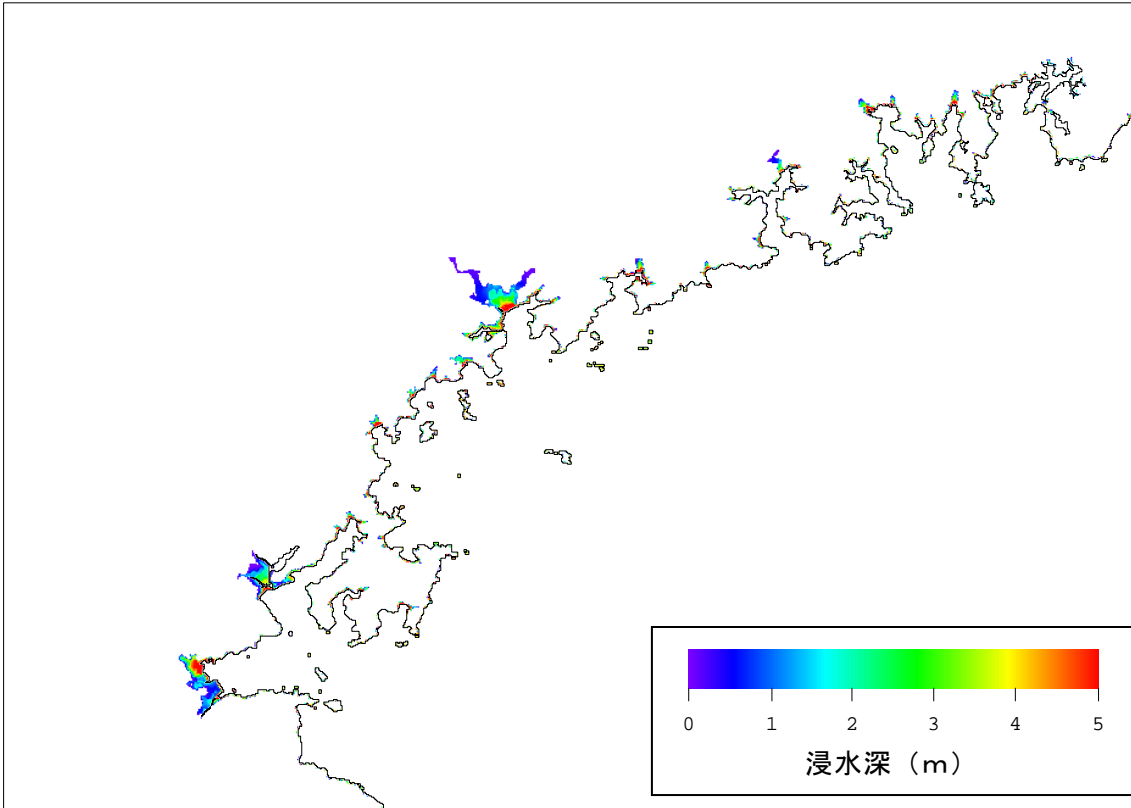


レベル湛水法

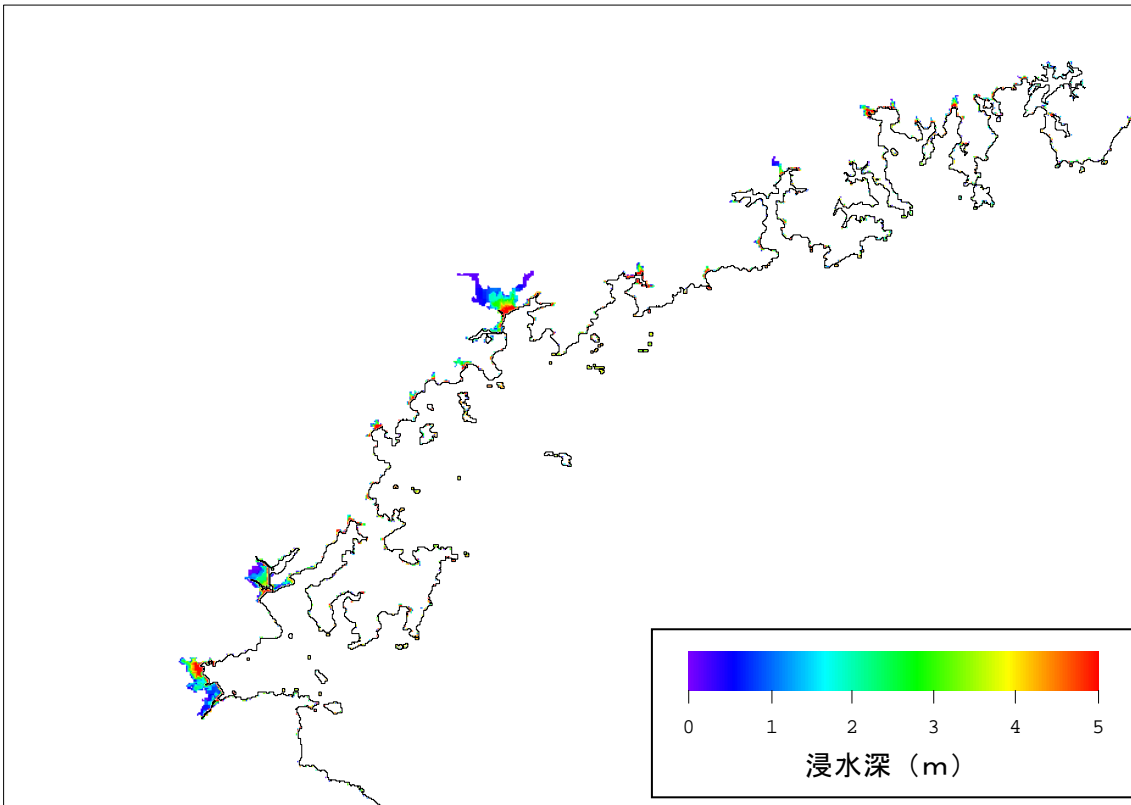


東南海・南海地震 堤防なし【三重県南部】

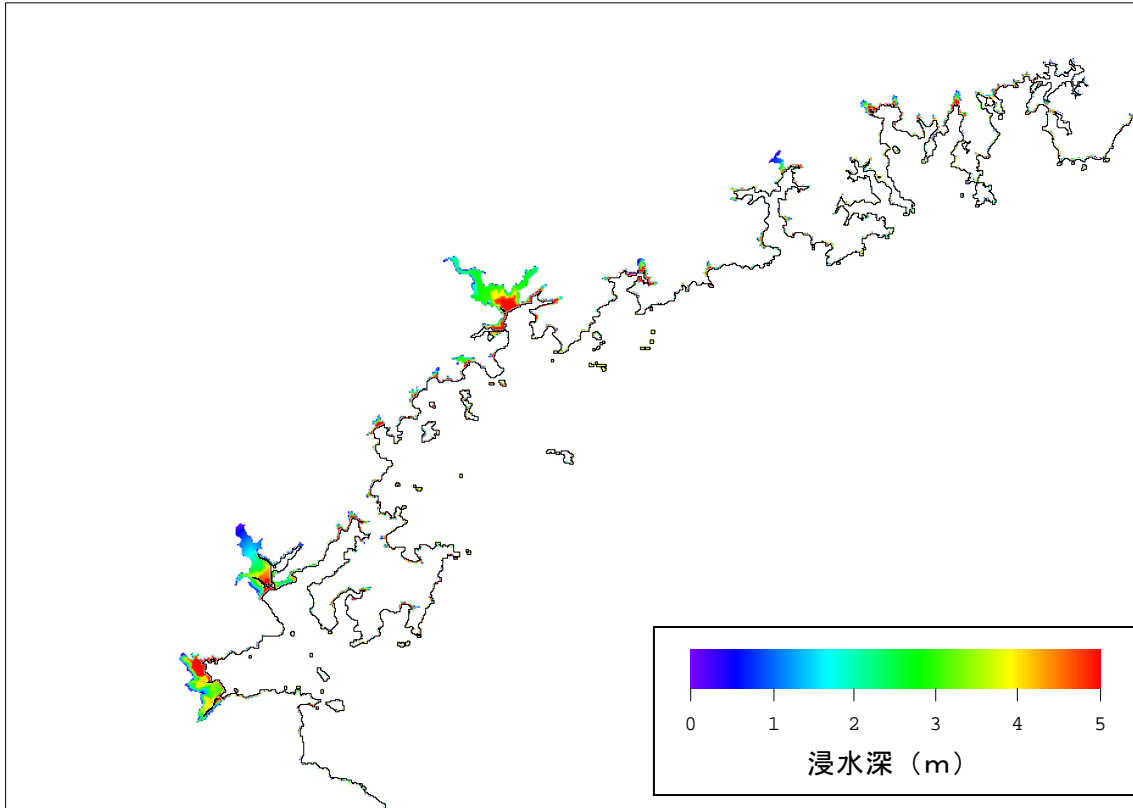
50mメッシュ計算



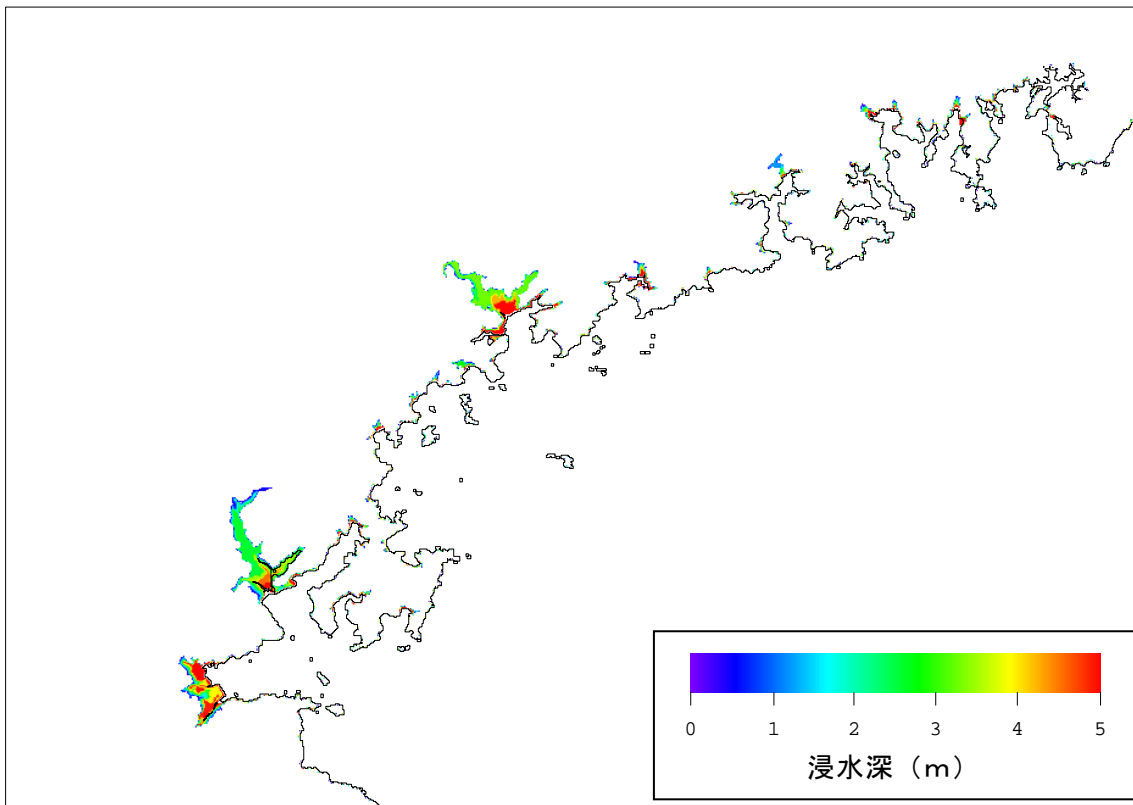
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

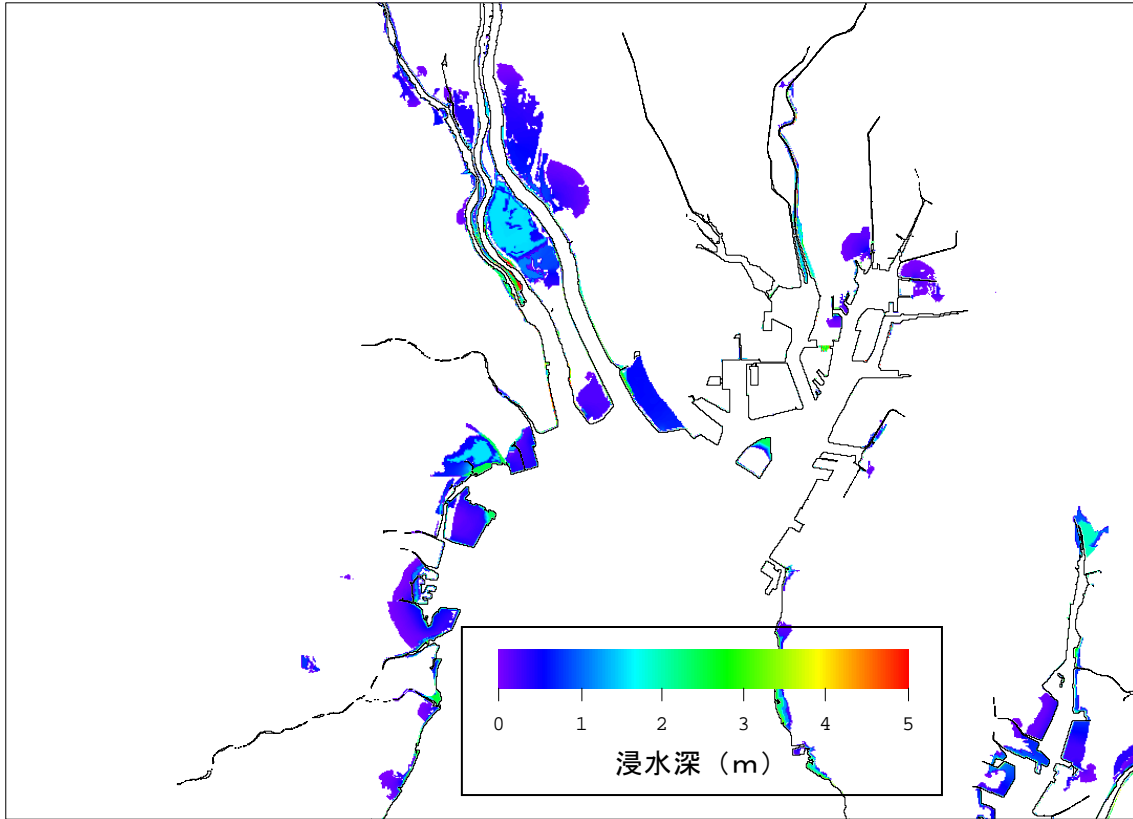


レベル湛水法

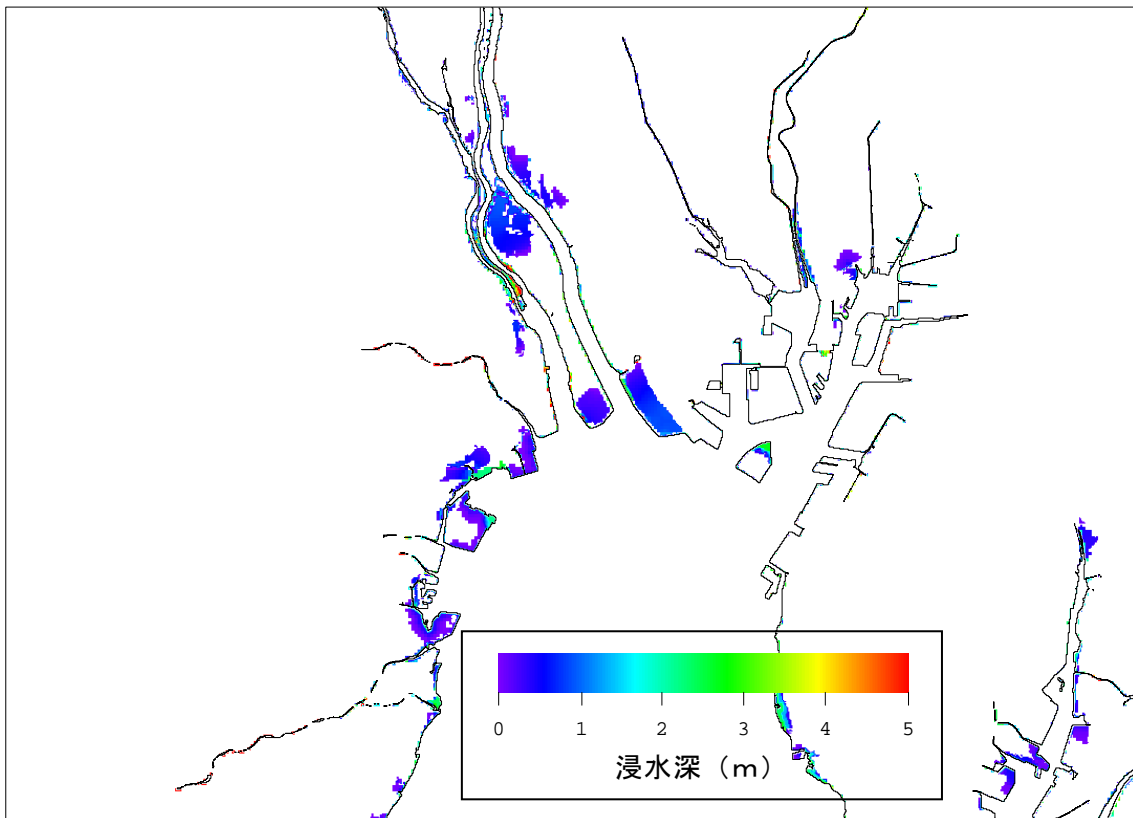


東南海・南海地震 堤防あり【濃尾平野】

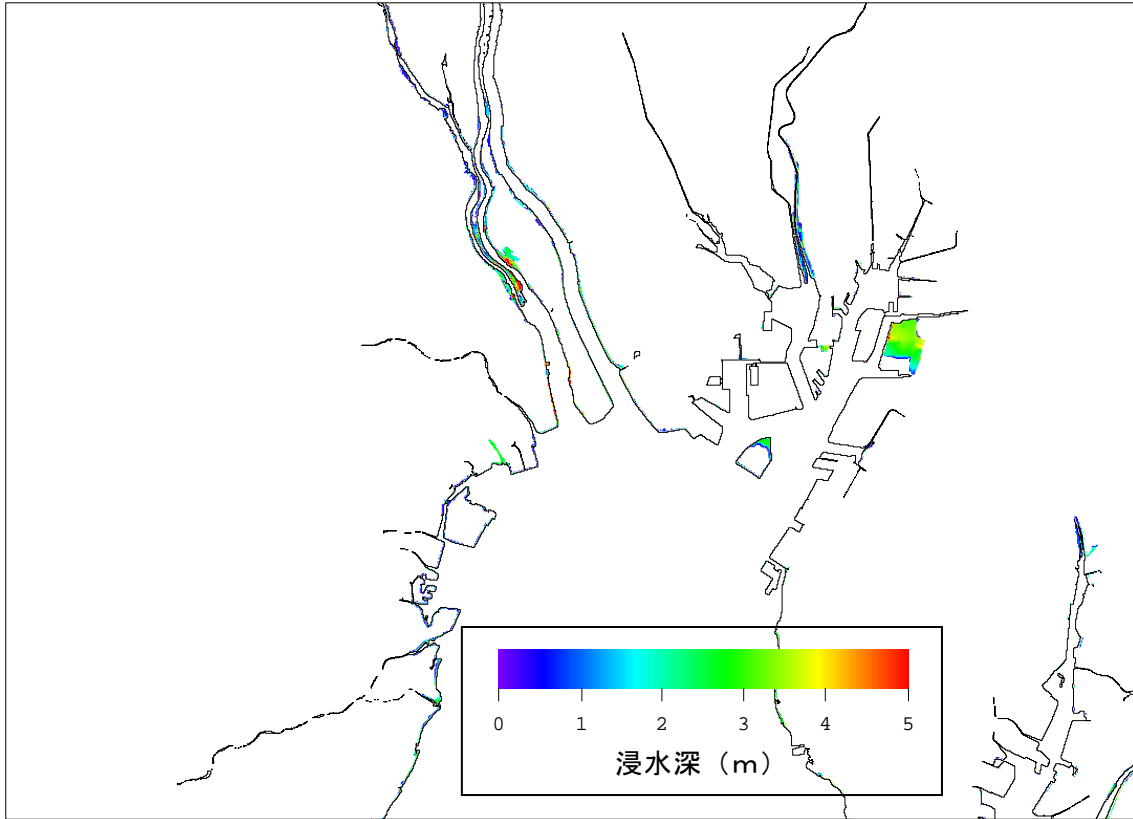
50mメッシュ計算



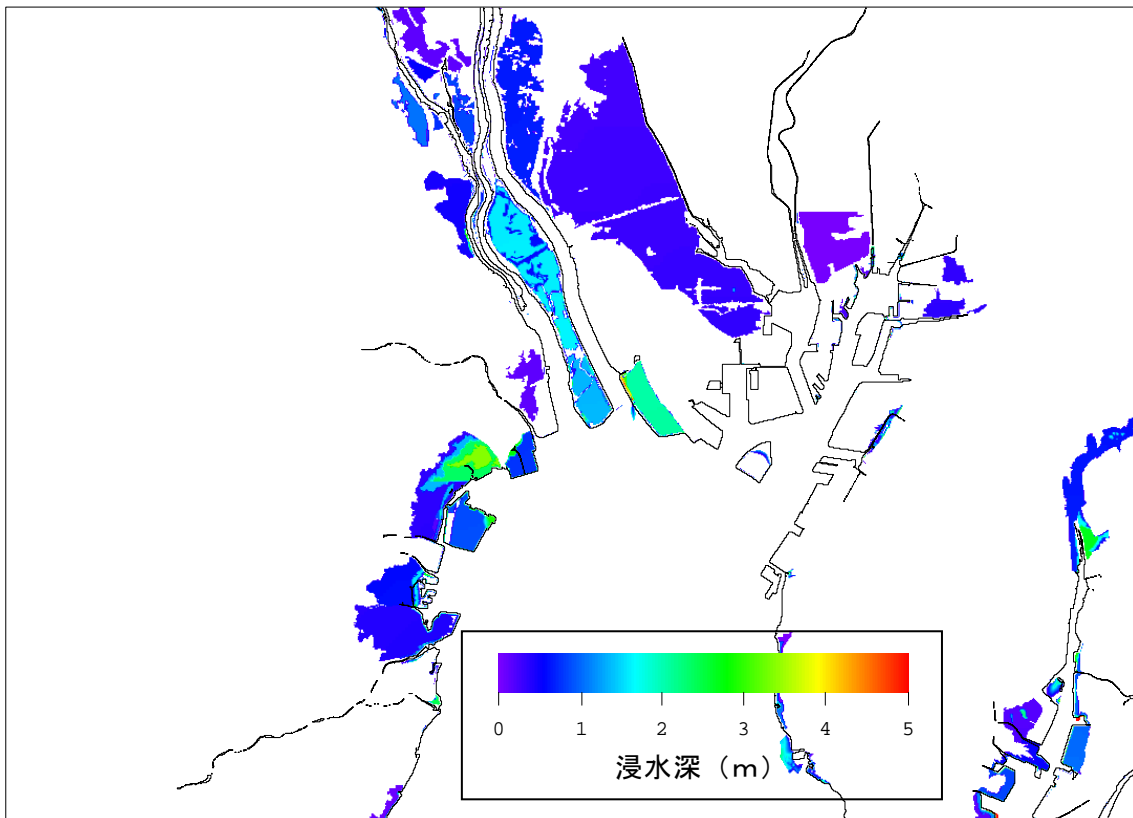
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法

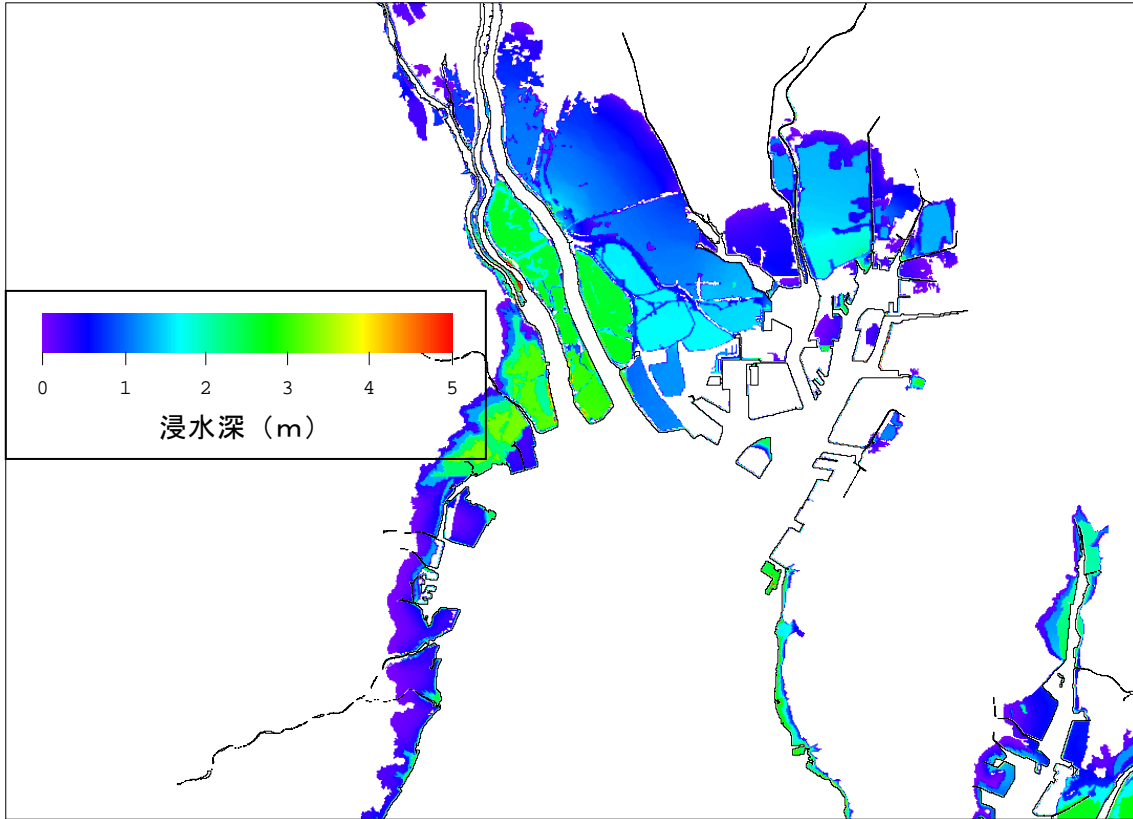


レベル湛水法

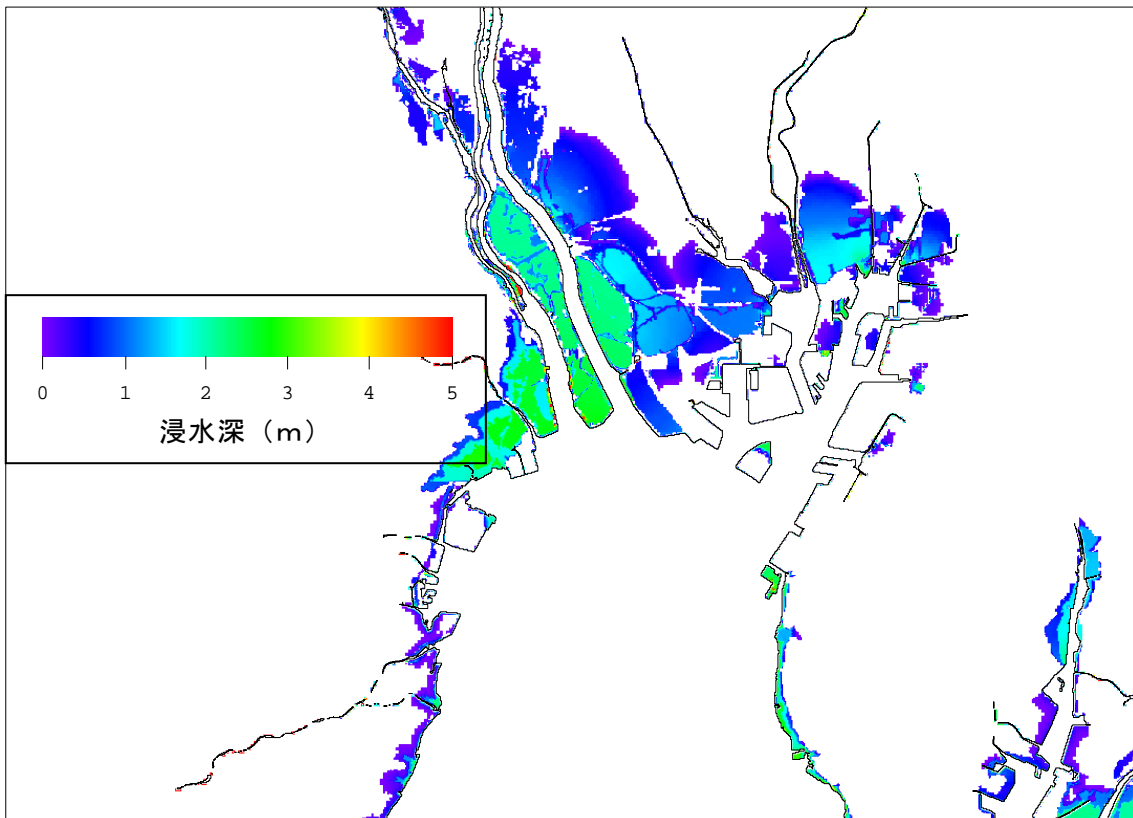


東南海・南海地震 堤防なし【濃尾平野】

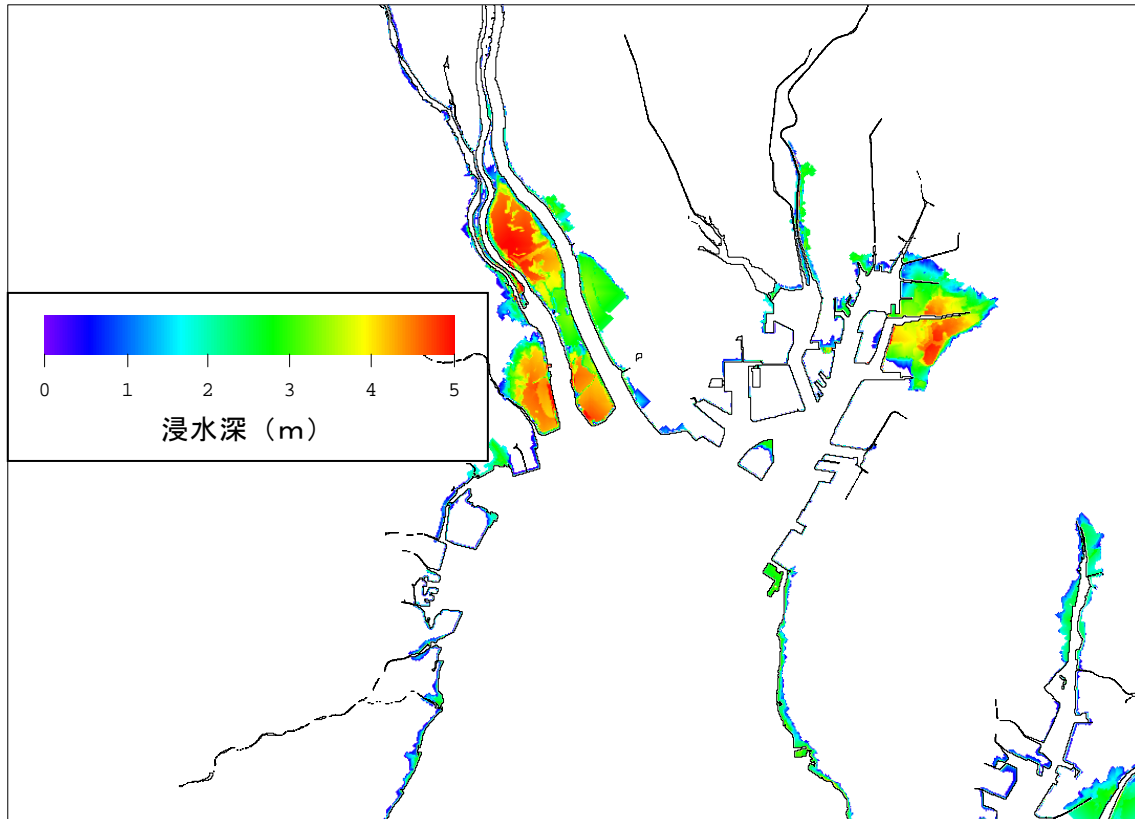
50mメッシュ計算



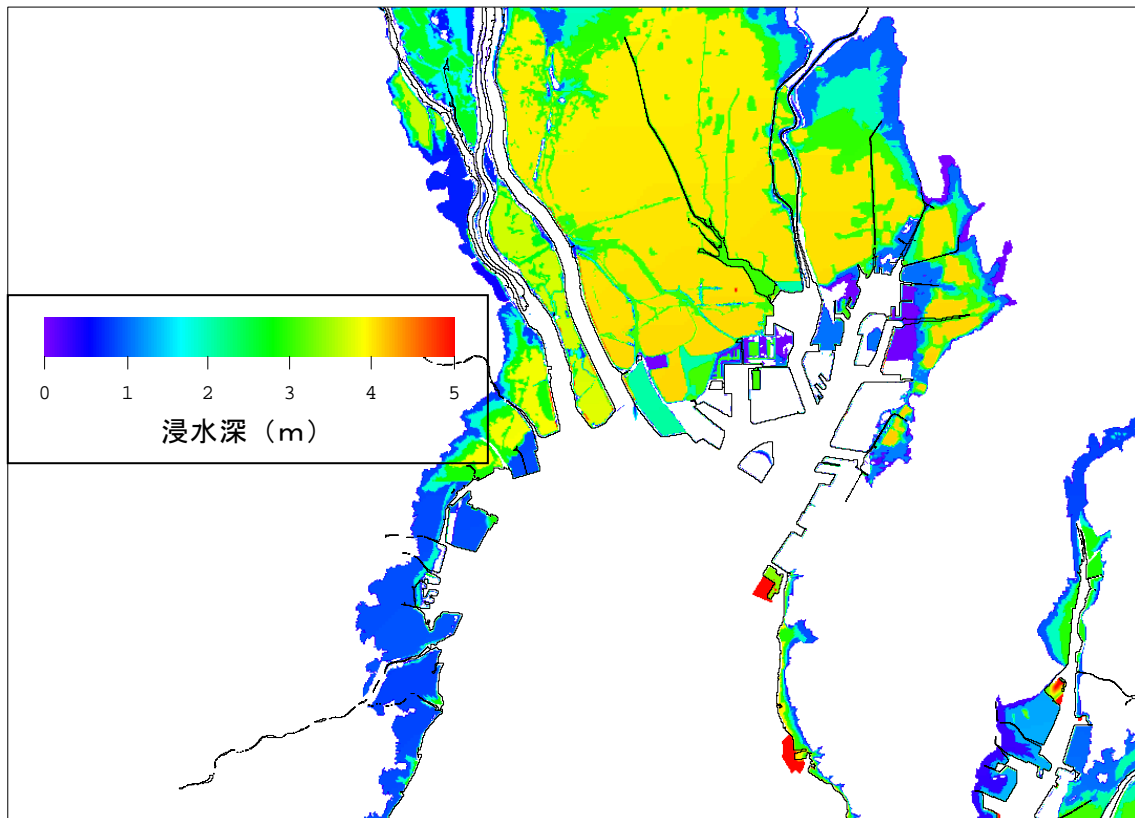
150mメッシュ計算内挿法



エネルギー保存法



レベル湛水法



3-5. 簡易浸水予測手法の比較・検討（その2）浸水面積の比較

(1) 検討内容

海域・陸域全体に対する簡易浸水予測手法の適用性を調べることを目的として、下表に示す7種類の方法で浸水予測を行い、求めた浸水面積の比較・検討を行う。

表 V-6 浸水面積の比較を行う簡易浸水予測手法

	海域	陸域
手法1	50mメッシュ計算	50mメッシュ遡上計算
手法2	150mメッシュ計算	150mメッシュ遡上計算+内挿法
手法3	150mメッシュ計算	レベル湛水法
手法4	150mメッシュ計算	エネルギー保存法
手法5	450mメッシュ計算	450mメッシュ遡上計算+内挿法
手法6	450mメッシュ計算	レベル湛水法
手法7	450mメッシュ計算	エネルギー保存法

(注1)陸域欄に遡上計算とある場合は、海域と陸域を連続的に計算して浸水を予測している

(注2)内挿法とは大きなメッシュサイズ計算で求めた最大水位をそのまま50mメッシュの地形データに与えて浸水深を求める方法

(注3)エネルギー保存法は、パラメータ $\alpha=1.00$ と $\alpha=0.97$ の2パターンを計算する

検討対象地震は、東南海・南海地震、明治三陸タイプ地震、500年間隔地震の3地震とした（下図）。

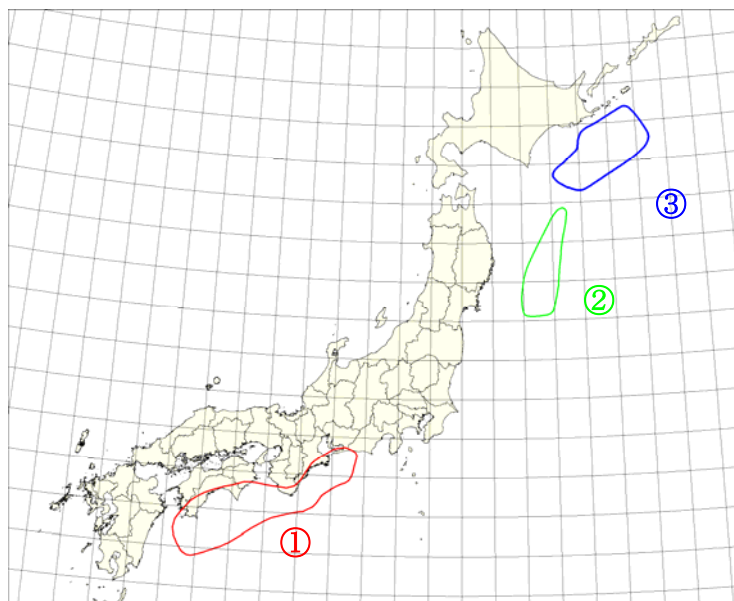


図 V-22 検討対象3地震の震源位置

(2) 計算結果（浸水面積の比較結果）

7種類の方法（表V-6）で予測した浸水面積の比較結果を、下表の該当ページに示す。なお、浸水面積の比較は、全浸水メッシュと建物が存在する浸水メッシュの2パターンで行った。

表V-7 浸水面積の比較結果の掲載ページ

地震	比較対象とする浸水メッシュ	結果ページ
東南海・南海地震	全メッシュ	145
〃	建物が存在するメッシュ	146
明治三陸タイプ地震	全メッシュ	147
〃	建物が存在するメッシュ	148
500年間隔地震	全メッシュ	149
〃	建物が存在するメッシュ	150

(注)建物が存在するメッシュは、50mメッシュ地形データとダイケイ社Telemap（全国的に建物ポリゴンデータが整備されている）をGIS上で重ね合わせて判定した

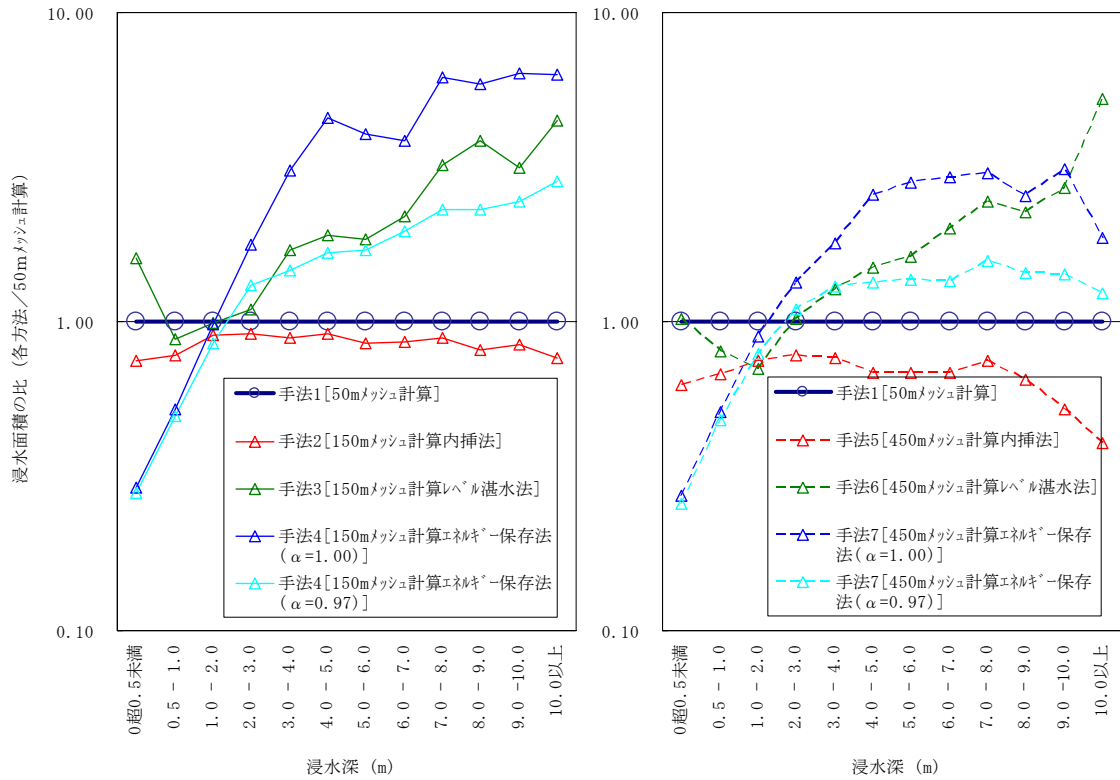
また、各方法による浸水面積と50mメッシュ計算による浸水面積との比（3地震の平均値）を図V-23に示す。

(3) 検討のまとめ

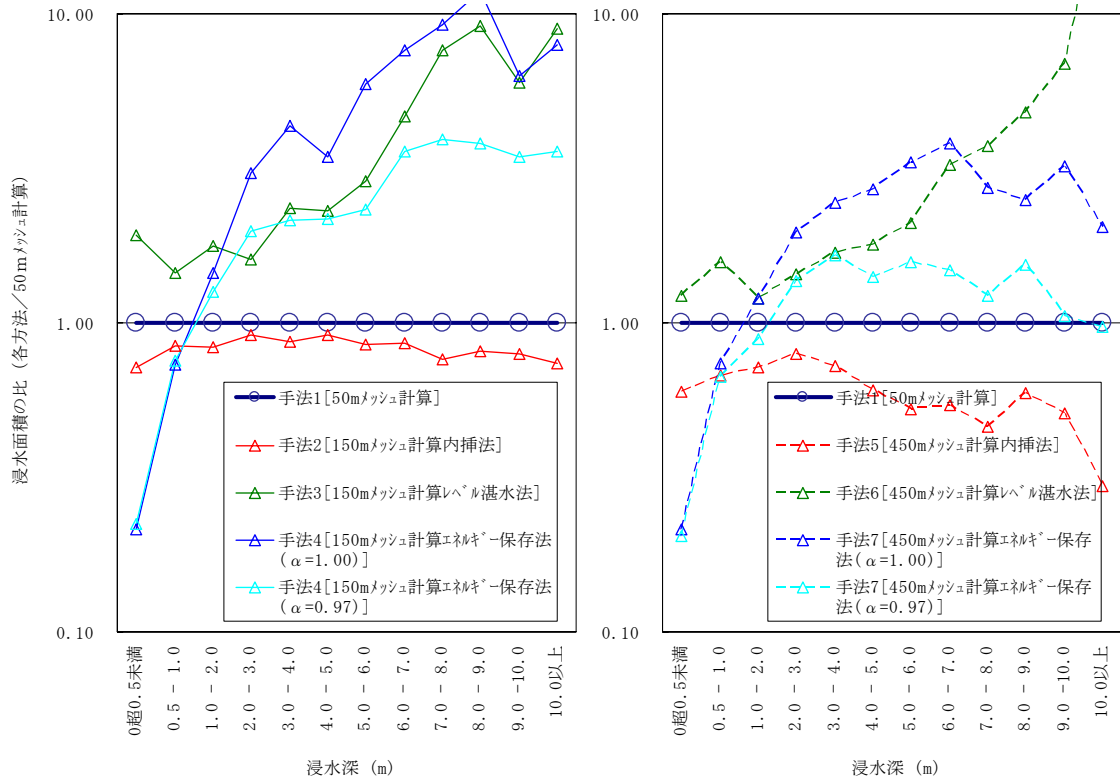
(2) の浸水面積の比較結果を見ると、以下の傾向が分かる。

- ・ 50mメッシュ計算の浸水面積に最も近いのは150mメッシュ計算内挿法であり、次いで450mメッシュ計算内挿法がよい。
- ・ レベル湛水法およびエネルギー保存法は、浸水深が大きい範囲で過大な浸水面積となっている。αを0.97に調整したエネルギー保存法は、比較的よく一致している。
- ・ 浸水深が0～2mの範囲を見ると、内挿法およびレベル湛水法では50mメッシュ計算に近い浸水面積となっているが、エネルギー保存法では過小評価となっている。

[全浸水メッシュ]



[建物が存在する浸水メッシュ]



図V-23 各方法による浸水面積と50mメッシュ計算による浸水面積との比 (3地震平均)

比較結果 1) 東南海・南海地震 全浸水メッシュ

表 V-8 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法 1	手法 2	手法 3	手法 4 $\alpha=1.00$	手法 4 $\alpha=0.97$	手法 5	手法 6	手法 7 $\alpha=1.00$	手法 7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	374.55	282.53	518.71	47.58	45.48	231.47	305.34	43.55	40.63
0.5 - 1.0	206.84	179.29	303.61	77.61	75.16	151.82	260.48	78.96	72.34
1.0 - 2.0	216.94	197.63	270.62	149.26	132.89	174.04	184.90	169.48	134.24
2.0 - 3.0	95.36	86.78	117.07	124.55	100.92	83.39	87.42	122.79	88.98
3.0 - 4.0	40.53	35.41	72.19	89.25	48.36	33.46	46.14	72.29	46.78
4.0 - 5.0	20.02	17.57	43.87	45.13	26.79	13.85	27.79	50.57	26.71
5.0 - 6.0	14.14	11.56	25.02	33.82	17.53	9.13	28.13	33.77	17.26
6.0 - 7.0	7.83	7.47	16.87	27.77	11.19	6.56	27.52	14.87	8.30
7.0 - 8.0	4.42	3.78	22.46	17.90	7.05	3.40	19.17	6.89	5.35
8.0 - 9.0	2.58	2.31	17.35	10.21	5.21	2.08	10.25	4.92	3.56
9.0 -10.0	1.56	1.31	4.45	5.95	3.59	0.99	10.10	5.62	1.95
10.0以上	2.13	1.85	11.21	13.45	5.72	1.50	29.80	5.60	3.24
合計	986.89	827.48	1423.41	642.45	479.88	711.69	1037.03	609.29	449.33

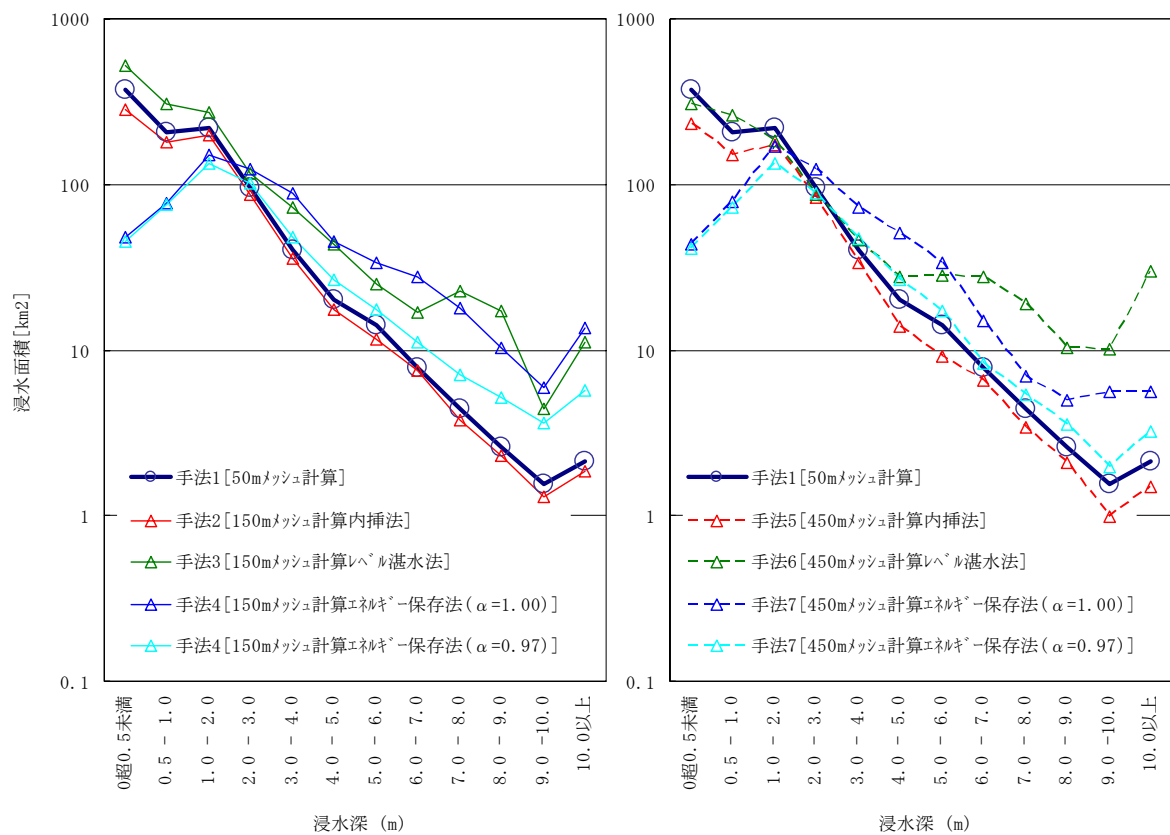


図 V-24 各予測手法による浸水面積の比較

比較結果 2) 東南海・南海地震 建物が存在する浸水メッシュ

表 V-9 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法 1	手法 2	手法 3	手法 4 $\alpha=1.00$	手法 4 $\alpha=0.97$	手法 5	手法 6	手法 7 $\alpha=1.00$	手法 7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	153.73	113.97	229.43	13.47	12.33	98.63	121.30	12.84	11.37
0.5 - 1.0	77.10	68.30	116.39	24.76	23.12	50.91	105.17	25.51	23.39
1.0 - 2.0	58.45	50.86	101.37	40.83	33.14	45.44	69.37	47.44	33.10
2.0 - 3.0	21.35	19.70	38.11	35.10	23.43	19.24	32.17	35.82	22.35
3.0 - 4.0	8.12	7.34	26.84	26.94	12.54	7.48	15.75	20.97	12.51
4.0 - 5.0	5.23	4.63	14.46	14.33	7.51	3.63	10.19	18.62	7.79
5.0 - 6.0	3.46	2.87	9.09	12.35	5.03	2.37	11.67	12.69	4.43
6.0 - 7.0	1.49	1.52	6.77	8.51	3.33	1.24	9.93	5.05	1.92
7.0 - 8.0	0.86	0.79	12.26	5.18	1.80	0.60	6.63	1.57	1.17
8.0 - 9.0	0.31	0.32	5.45	2.89	1.22	0.41	3.54	1.08	0.55
9.0 - 10.0	0.19	0.17	1.05	1.21	0.77	0.17	3.63	1.40	0.26
10.0以上	0.20	0.16	3.31	3.00	0.88	0.11	14.44	0.78	0.27
合計	330.47	270.61	564.52	188.57	125.08	230.21	403.76	183.75	119.12

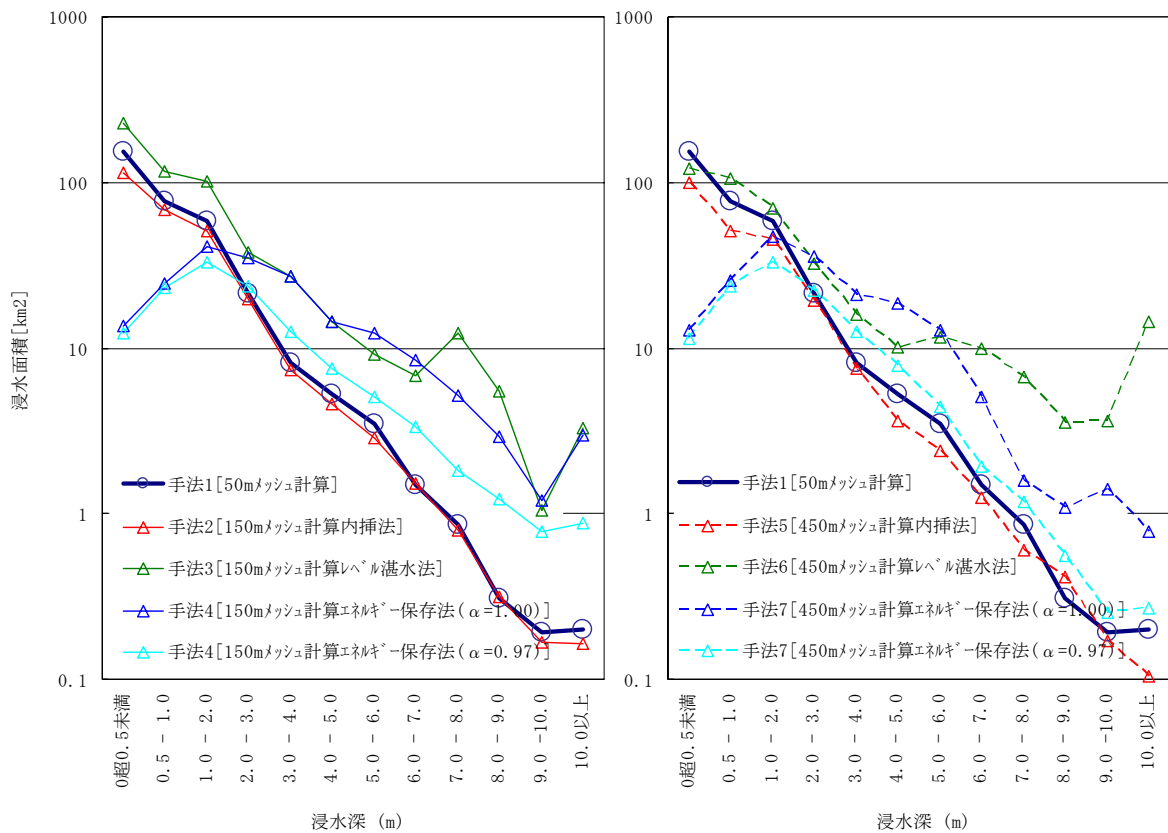


図 V-25 各予測手法による浸水面積の比較

比較結果 3) 明治三陸タイプ地震 全浸水メッシュ

表 V-10 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法 1	手法 2	手法 3	手法 4 $\alpha=1.00$	手法 4 $\alpha=0.97$	手法 5	手法 6	手法 7 $\alpha=1.00$	手法 7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	111.69	85.36	248.40	40.61	37.94	67.06	158.82	36.71	35.41
0.5 - 1.0	99.69	72.93	67.23	60.04	54.25	55.46	37.37	56.17	53.89
1.0 - 2.0	72.49	64.84	51.67	90.88	73.95	53.28	26.76	72.58	67.18
2.0 - 3.0	22.17	19.97	27.49	39.85	31.16	15.83	22.24	28.39	25.15
3.0 - 4.0	11.50	9.71	23.10	25.74	19.41	7.90	18.31	18.43	15.17
4.0 - 5.0	6.75	6.02	17.35	19.40	12.75	4.51	14.04	11.84	8.49
5.0 - 6.0	5.38	4.49	13.70	13.21	9.43	3.14	7.17	10.56	6.69
6.0 - 7.0	4.12	3.15	7.85	11.77	6.99	2.06	3.30	7.58	4.36
7.0 - 8.0	2.83	2.19	5.71	10.20	5.39	1.68	2.98	6.10	3.20
8.0 - 9.0	2.17	1.53	4.08	6.99	3.70	1.35	1.38	3.16	2.48
9.0 - 10.0	1.78	1.61	3.75	3.64	3.00	1.32	1.18	2.72	2.23
10.0以上	6.57	5.49	10.69	14.24	11.34	2.81	3.88	7.76	6.65
合計	347.15	277.28	481.01	336.56	269.29	216.38	297.44	261.98	230.88

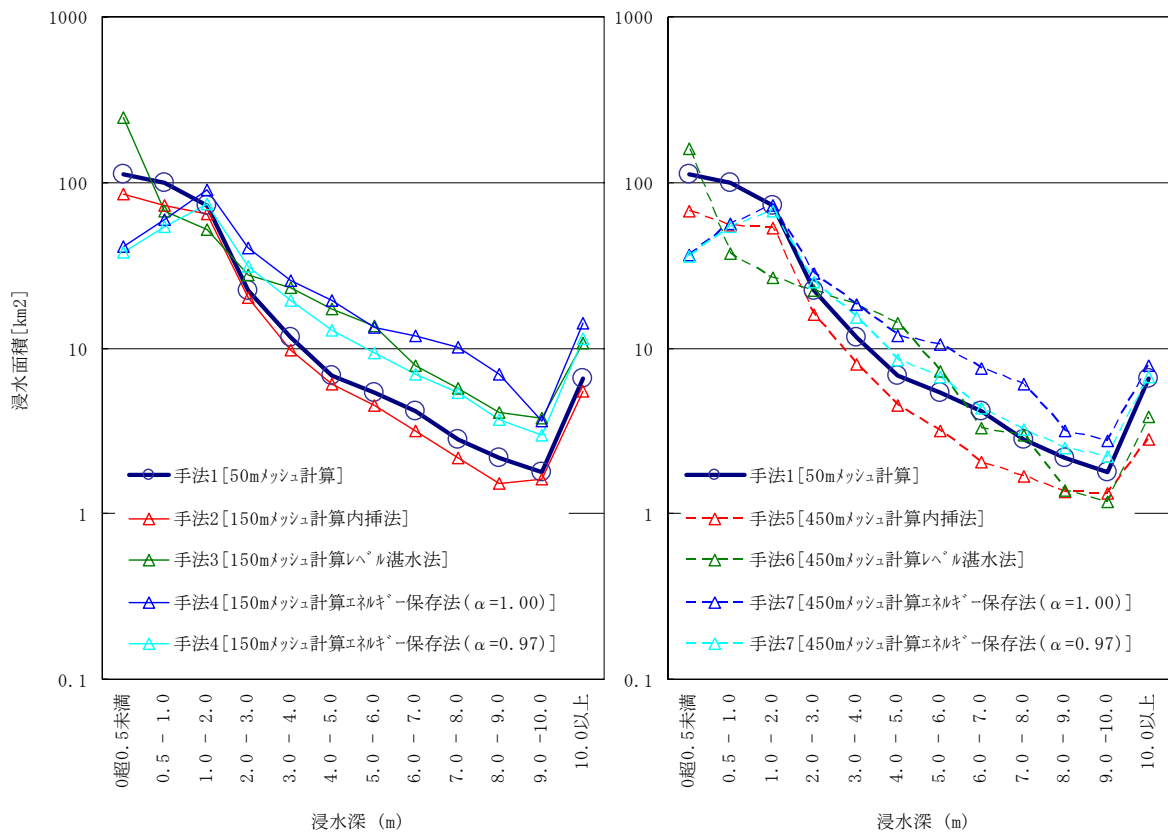
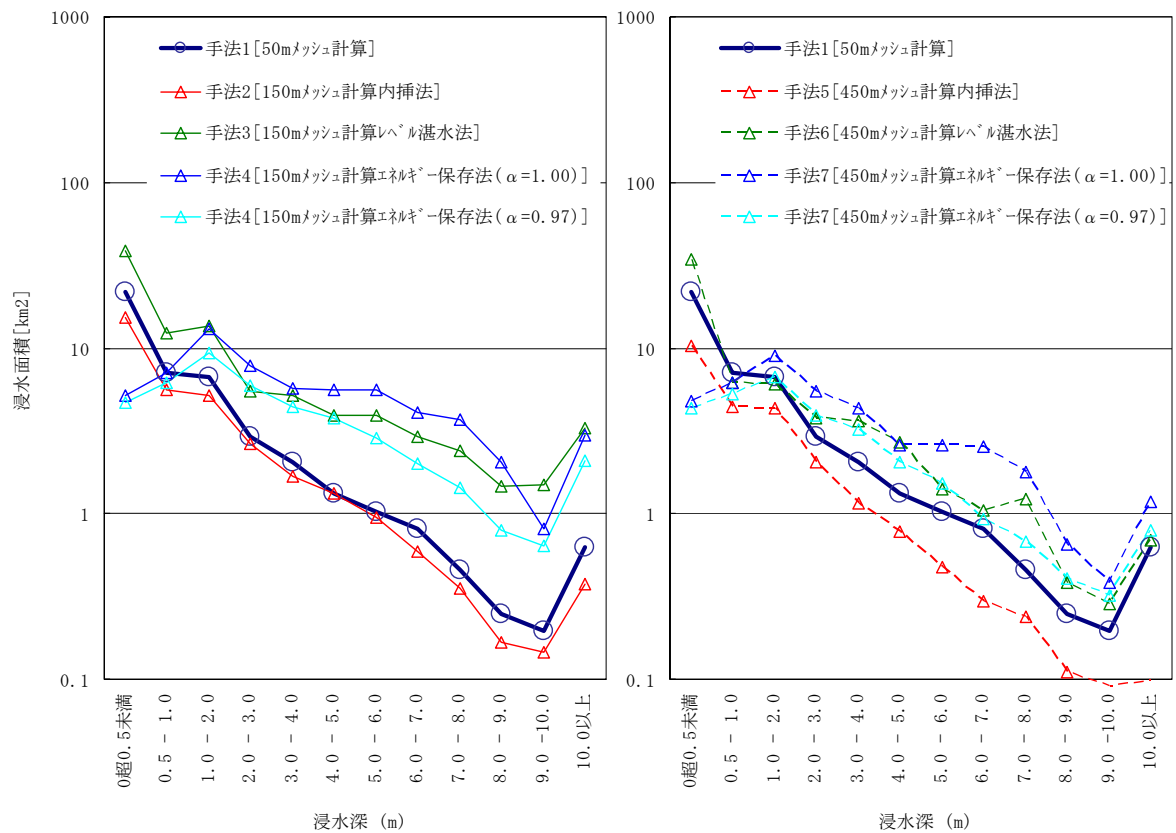


図 V-26 各予測手法による浸水面積の比較

比較結果 4) 明治三陸タイプ地震 建物が存在する浸水メッシュ

表V-11 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法1	手法2	手法3	手法4 $\alpha=1.00$	手法4 $\alpha=0.97$	手法5	手法6	手法7 $\alpha=1.00$	手法7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	21.67	15.38	38.52	5.14	4.70	10.31	34.58	4.80	4.35
0.5 - 1.0	7.09	5.62	12.29	7.12	6.13	4.45	6.16	6.19	5.30
1.0 - 2.0	6.68	5.13	13.55	13.05	9.36	4.36	6.06	8.97	6.72
2.0 - 3.0	2.92	2.64	5.47	7.89	5.98	2.03	3.77	5.48	3.90
3.0 - 4.0	2.03	1.66	5.16	5.75	4.42	1.14	3.63	4.31	3.23
4.0 - 5.0	1.32	1.32	3.89	5.55	3.74	0.78	2.70	2.60	2.06
5.0 - 6.0	1.04	0.94	3.96	5.57	2.86	0.48	1.42	2.59	1.53
6.0 - 7.0	0.81	0.59	2.90	4.10	1.99	0.30	1.05	2.52	0.92
7.0 - 8.0	0.46	0.35	2.39	3.73	1.44	0.24	1.22	1.77	0.68
8.0 - 9.0	0.25	0.17	1.45	2.06	0.80	0.11	0.38	0.65	0.40
9.0 -10.0	0.20	0.15	1.50	0.80	0.64	0.09	0.28	0.38	0.32
10.0以上	0.63	0.38	3.28	2.97	2.10	0.10	0.70	1.18	0.79
合計	45.08	34.31	94.35	63.72	44.14	24.39	61.94	41.42	30.19



図V-27 各予測手法による浸水面積の比較

比較結果 5) 500年間隔地震 全浸水メッシュ

表 V-12 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法 1	手法 2	手法 3	手法 4 $\alpha=1.00$	手法 4 $\alpha=0.97$	手法 5	手法 6	手法 7 $\alpha=1.00$	手法 7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	104.78	75.38	124.05	39.97	39.78	67.65	87.03	39.45	36.37
0.5 - 1.0	103.36	76.80	49.88	59.61	58.92	75.37	80.21	60.79	56.15
1.0 - 2.0	107.27	96.07	106.78	106.54	97.77	76.63	95.31	97.47	85.81
2.0 - 3.0	32.18	30.05	26.37	71.23	48.01	24.22	36.28	46.75	39.26
3.0 - 4.0	16.61	15.49	21.58	80.39	25.51	12.70	18.37	33.34	23.36
4.0 - 5.0	10.23	9.96	9.70	87.72	17.99	7.05	10.62	34.92	14.53
5.0 - 6.0	6.19	5.67	7.58	45.40	12.97	5.03	9.60	25.18	10.09
6.0 - 7.0	3.40	2.93	8.58	17.49	9.45	2.45	5.79	17.12	6.59
7.0 - 8.0	1.97	2.04	4.95	21.47	6.70	1.73	3.84	10.45	4.66
8.0 - 9.0	1.55	1.27	4.51	16.11	4.97	0.80	3.31	6.63	2.77
9.0 - 10.0	0.86	0.68	3.89	11.38	2.90	0.16	0.84	3.62	1.53
10.0以上	0.79	0.47	5.18	8.21	3.26	0.07	1.01	1.40	0.92
合計	389.19	316.80	373.03	565.50	328.22	273.85	352.21	377.10	282.02

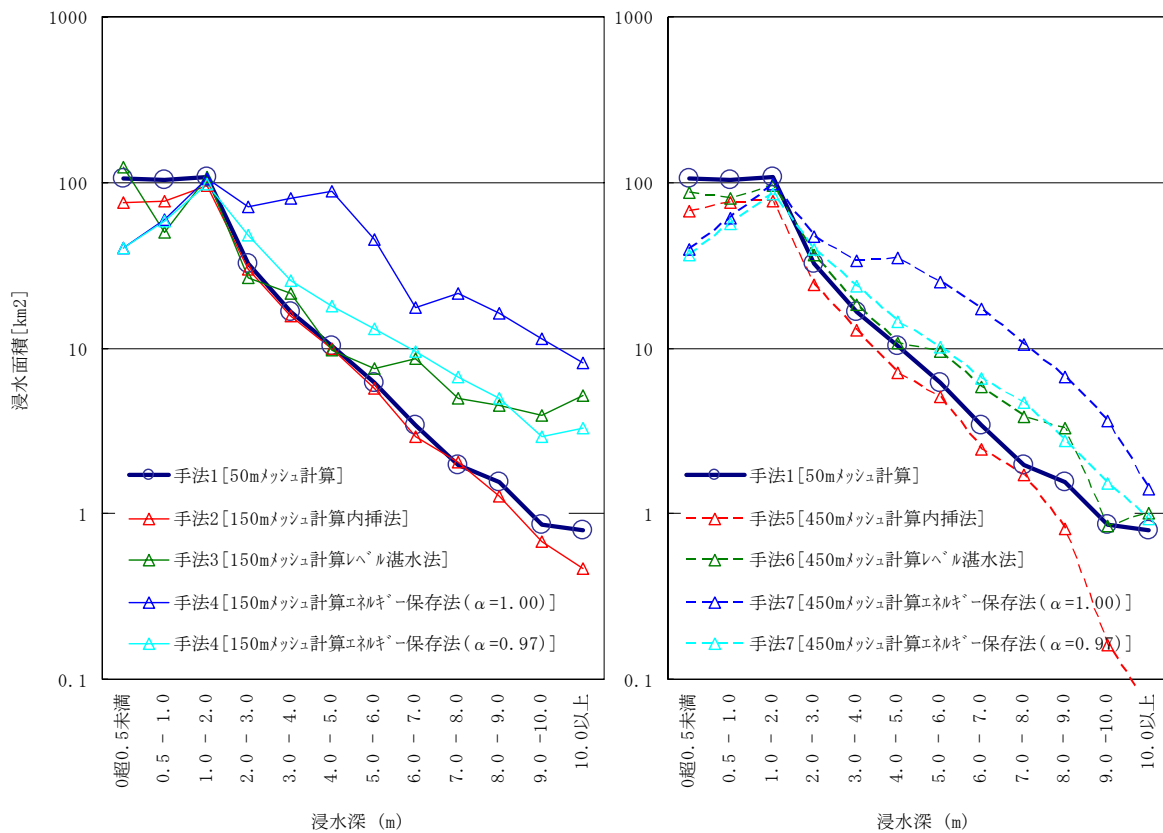


図 V-28 各予測手法による浸水面積の比較

比較結果 6) 500年間隔地震 建物が存在する浸水メッシュ

表 V-13 各予測手法による浸水面積の比較 [km²]

浸水深 (m)	手法 1	手法 2	手法 3	手法 4 $\alpha=1.00$	手法 4 $\alpha=0.97$	手法 5	手法 6	手法 7 $\alpha=1.00$	手法 7 $\alpha=0.97$
0超0.5未満	11.34	8.01	28.40	3.63	4.24	7.80	14.39	3.84	3.84
0.5 - 1.0	5.22	4.45	5.88	4.55	5.75	3.82	13.01	5.32	4.95
1.0 - 2.0	5.51	4.71	8.62	9.33	9.97	3.94	8.26	7.89	6.00
2.0 - 3.0	2.21	2.01	2.56	10.65	6.12	1.71	3.33	5.20	3.79
3.0 - 4.0	1.34	1.17	1.57	9.29	3.66	0.91	1.81	3.56	2.43
4.0 - 5.0	1.01	0.87	1.21	3.40	2.24	0.52	1.37	2.61	1.18
5.0 - 6.0	0.36	0.29	0.78	3.15	0.99	0.15	0.55	1.34	0.70
6.0 - 7.0	0.12	0.10	0.69	1.43	0.71	0.05	0.21	0.58	0.24
7.0 - 8.0	0.08	0.05	0.25	1.01	0.49	0.01	0.06	0.19	0.06
8.0 - 9.0	0.04	0.03	0.15	0.67	0.16	0.00	0.05	0.05	0.05
9.0 - 10.0	0.03	0.02	0.14	0.25	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01
10.0以上	0.03	0.02	0.12	0.10	0.07	0.01	0.00	0.01	0.01
合計	27.25	21.71	50.37	47.45	34.48	18.92	43.05	30.59	23.24

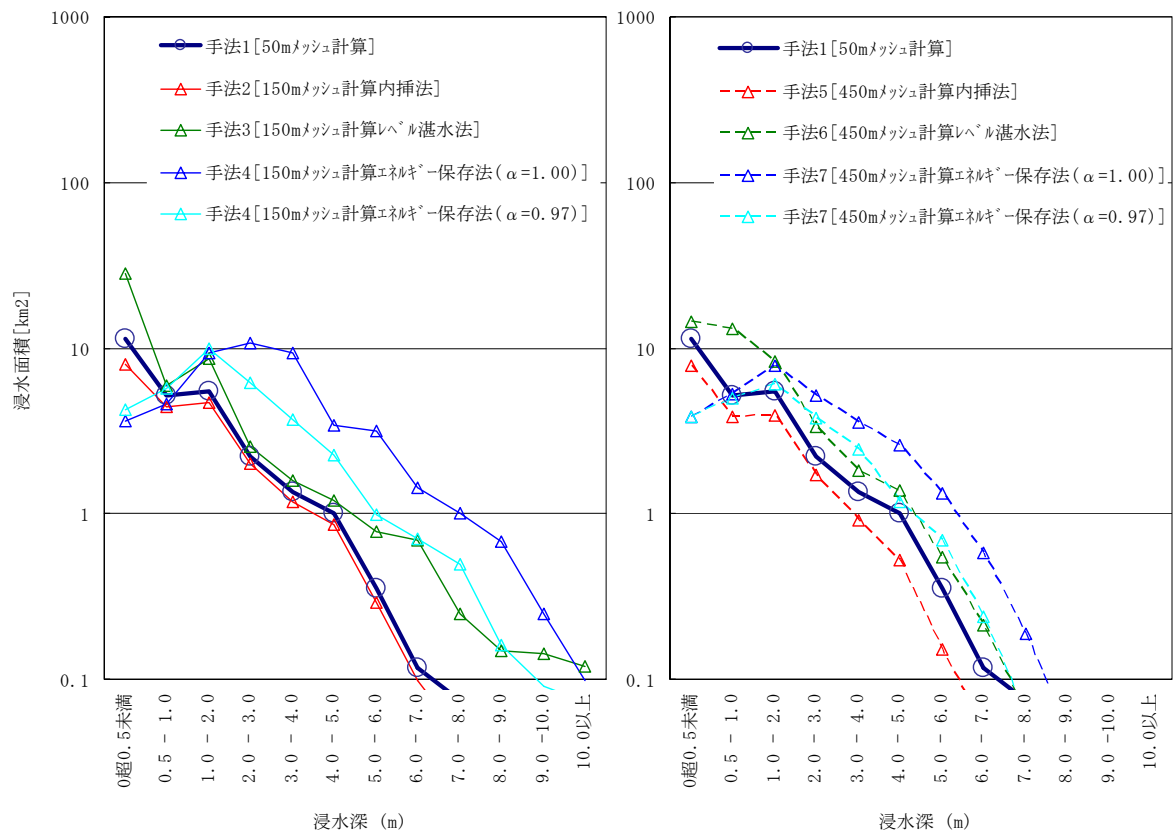


図 V-29 各予測手法による浸水面積の比較

4. 簡易浸水予測手法のまとめ

本章では、予測精度をできるだけ確保した簡易浸水予測手法を検討するため、過去の津波浸水事例の調査、既往の簡易予測手法の調査、複数の簡易浸水予測手法の比較・検討を行った。

(1) 過去の津波浸水事例の調査

過去の津波浸水事例として、既往研究の中から、1944年東南海地震および1960年チリ津波における尾鷲市街、1960年チリ津波における大船渡市街、2004年スマトラ島沖地震におけるバンダ・アチェ市の遡上状況に関する調査結果を検討した。その結果、津波の遡上を左右する要因としては、浸水地域の地形勾配と建物や植生等による抵抗力（摩擦力）の2つが重要であることが分かった。

(2) 既往の簡易予測手法の調査

津波浸水に関する既往の簡易予測手法について調査を行い、その概要や特徴等についてまとめた。その結果、以下の3点が分かった。

- ・既往の簡易予測手法は、海岸の津波高さを求めるものと、海岸の津波高さ（または津波波形）をもとに陸域の浸水範囲や水位分布を予測するものに大別される。
- ・海岸の津波高さについては、簡易予測手法では震源特性・地形形状を十分に反映することができない。したがって、本研究における海岸の津波高さの予測は、数値シミュレーションを行う方法を採用する必要がある。
- ・陸域の浸水については、簡易予測手法でも、海岸の津波水位情報や陸域の地形形状・土地利用分布などをある程度考慮した予測が可能である。

(3) 複数の簡易浸水予測手法の比較・検討

4種類のメッシュサイズデータ（50m, 150m, 450m, 1350m）と3種類の簡易浸水予測手法（内挿法、レベル湛水法、エネルギー保存法）を組み合わせて予測計算を行い、50mメッシュ計算（海域の津波伝播計算と陸域の遡上計算を連続的に計算）の結果と比較を行った。具体的には、以下の3つの検討をさまざまな地震や地域を対象に行った。

- ①メッシュサイズの違いによる海域の計算精度の検討（海域の最大水位分布、時刻歴波形）
- ②簡易浸水予測手法による陸域の浸水予測精度の予備的検討（1次元断面モデル計算）
- ③簡易浸水予測手法の比較・検討（浸水範囲、浸水面積）

各々の検討結果のまとめは以下のようにになっている。

- ①メッシュサイズの違いによる海域の計算精度の検討（海域の最大水位分布、時刻歴波形）
 - ・150mメッシュ計算は、いずれの地域および地震でも50mメッシュ計算とよく一致する。

- ・450mメッシュ計算は、50mメッシュ計算と一致する場合と一致しない場合があり、地形条件および地震によって一致度合いが変わる。
- ・1350mメッシュ計算は、50mメッシュ計算と多くの場合で一致しない。最大水位は一致する場合であっても、時刻歴波形の相関係数は低い。

②簡易浸水予測手法による陸域の浸水予測精度の予備的検討（1次元断面モデル計算）

- ・150mメッシュ計算は、50mメッシュ計算と、遡上距離・水位分布形状ともによく一致する。
- ・レベル湛水法は、水位が一定となるため水位分布形状（堤防付近の水位の高まりや、遡上先端の水位の低下や上昇）が再現できていない。遡上距離は大きく求められる傾向がある。
- ・エネルギー保存法は、水位分布形状はある程度再現するものの、遡上距離は大きめに求められる傾向がある。

③簡易浸水予測手法の比較・検討（浸水範囲，浸水面積）

- ・150mメッシュ計算内挿法の浸水範囲は、50mメッシュ計算と比較的よく一致する。浸水面積については、50mメッシュ計算に複数の手法の中で最も近い。450mメッシュ計算内挿法の浸水面積も、50mメッシュ計算とある程度よく一致する。
- ・エネルギー保存法の浸水範囲は、50mメッシュ計算とあまりよく一致しない。高知平野では大きく求められ、大阪平野と濃尾平野では小さく求められている。浸水面積については、浸水深が大きい範囲で50mメッシュ計算より面積が大きく評価されている。浸水深が0～2mの範囲では50mメッシュ計算より面積が小さい。
- ・レベル湛水法の浸水範囲は、50mメッシュ計算よりも大きく求められている。浸水面積については、浸水深が大きい範囲で50mメッシュ計算より面積が大きく評価されている。

（4）簡易浸水予測手法に関する検討のまとめ

上記の検討から、予測精度をできるだけ確保した簡易浸水予測手法という課題に対しては、150mメッシュ計算内挿法を採用するのが最もよいと考えられる。ただし、150mメッシュの計算時間は、450mメッシュの10倍程度かかるため、計算時間を重視する場合には、450mメッシュ計算内挿法を採用することが考えられる。1350mメッシュについては、予測精度の点で問題があるため、簡易予測手法として用いることは適当でないと考えられる。

なお、150mメッシュ計算内挿法についても50mメッシュ計算の結果を十分に再現できない場合もあるため、時間や費用、パソコンの計算環境に余裕がある場合や高い予測精度が必要な場合などは、最小メッシュサイズ50mの詳細な津波浸水予測シミュレーションを行うのがよいと考えられる。