



〇〇〇〇

津波解析業務 報告書



 防災テクノロジー研究所



目次

1. 業務概要	1
1-1. 業務名	1
1-2. 業務の目的	1
1-3. 貸与資料、参考資料	1
2. 津波解析の流れ	2
3. 津波解析の手法	3
3-1. 基本方程式と差分法	3
4. 計算条件の設定	9
4-1. 諸条件の設定	9
5. 計算モデル	10
5-1. 計算モデル範囲	10
5-2. 計算モデルデータ	13
6. 津波再現計算	31
6-1. 再現計算条件	31
6-2. 妥当性検証について	32
6-3. 妥当性の検証	34
7. 詳細データの追加	36
8. 津波予測計算	41
8-1. 分布図(最大水位・最低水位・最大浸水深・最大流速)	43
8-2. 結果の概要(分布図)	50
8-3. 出力点における時刻歴水位及び流速変化	51



1. 業務概要

1-1. 業務名

〇〇〇津波解析業務

1-2. 業務の目的

本検討は内閣府の中央防災会議において検討されている「南海トラフの巨大地震」を対象波源とし、対象地域の防護施設の効果検討および設計に資する外力算定を目的とするものである。

1-3. 貸与資料、参考資料

本検討は内閣府の中央防災会議において検討されている「南海トラフの巨大地震」を対象波源とすることから、内閣府の中央防災会議で公開されている「南海トラフの巨大地震モデル」の資料を収集・整理した。

2. 津波解析の流れ

「南海トラフの巨大地震モデル(以下、既存検討と称する)」の計算データを基に、対象地域における津波数値計算を行った。一般的な津波予測計算の流れを図 - 2-1 に示す。

波源から対象地域周辺までの計算モデルについては、各データ(地形、地盤変動量、粗度、構造物)共に既存検討データを利用するが、対象地域周辺においては新たに格子間隔を細分化し計算モデルの各データを作成し直した。

計算の再現性については、既存検討データの計算結果と比較し確認した。

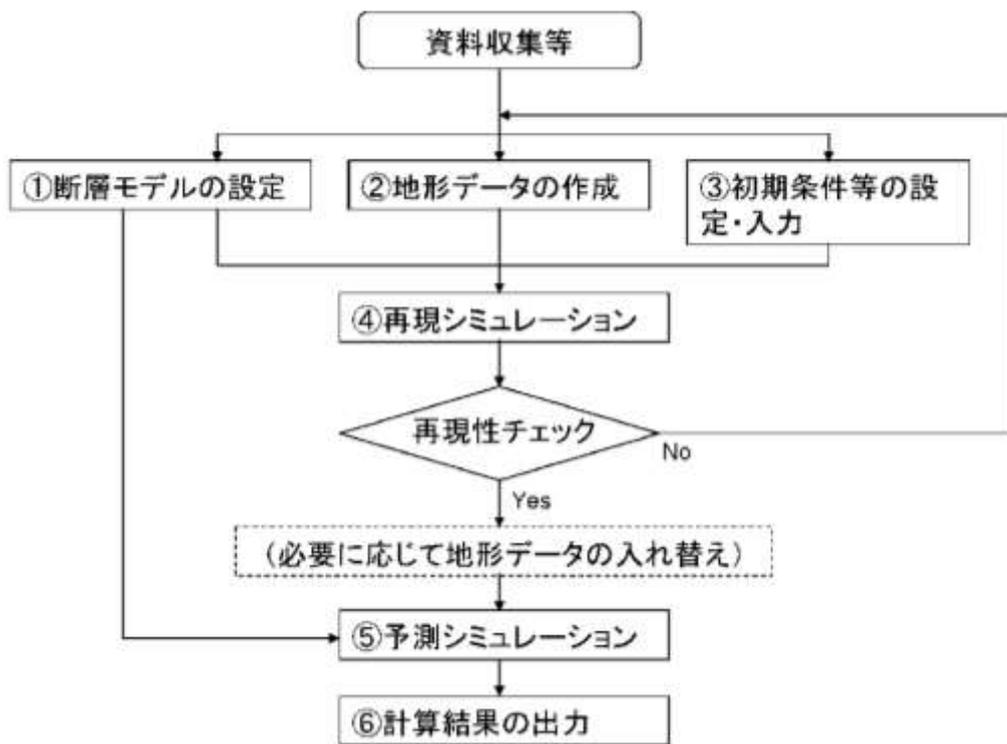


図 - 2-1 津波解析の流れ

3. 津波解析の手法

3-1. 基本方程式と差分法

津波の運動は、連続の式および運動方程式により記述することができる。これらは微分方程式として与えられており、数値計算ではこれらを差分方程式で近似して解く。初期条件には地震断層に伴う海底の隆起、沈降を海面の変位を与え、水の運動の方程式を時間の経過に従って解くことにより、津波の挙動を数値的に表現することができる。

(1) 非線形長波理論（浅水理論）

津波は浅海域や河川域において、波高水深比が深海域に比べて大きくなるため、水深の変化に伴う浅水変形によって波長、波速が減少するとともに津波高が高くなる。浅水変形によって津波高が高くなり、水位の高い部分の水面形と水位の低い部分の水面形との移動速度差が大きくなることで波の峰が前傾化することを非線形効果という。このような現象は浅水理論(非線形長波理論)によって表現することができる。

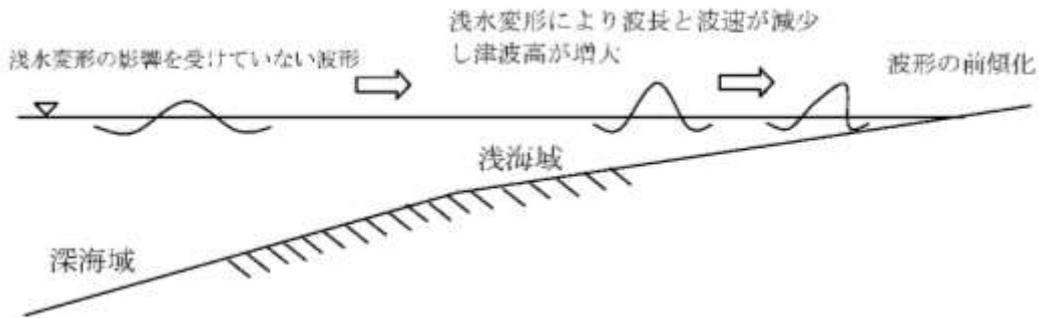


図 - 3-1 非線形長波理論による津波波形の変化



浅水理論は、波高 H と波長 L の比 H/L 、および、水深 h と波長の比 h/L がいずれも小さいものとして導かれる（長波近似）。このとき、圧力は静水圧分布となり、水平流速 (u, v) は鉛直方向には一様に分布する。海底から水面までを鉛直方向に積分した形で浅水理論を表すと次のようになる。

[連続の式]

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} &= 0 \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} &= 0 \end{aligned}$$

ここで、

x, y : 水平座標、 h : 静水深、 g : 重力加速度、 D : 全水深 (= 静水深 + 水位)

η : 静水面からの水位、 n : Manning の粗度係数、 M, N : x, y 方向の全流量フラックス
水底 h から水面 η まで水平流速 u, v を積分して

$$M = u(h + \eta) = uD \quad , \quad N = v(h + \eta) = vD$$

で与えられる。

(2) 線形長波理論

以上の浅水理論は、海岸のごく近くでの津波の挙動を表す際に用いられるものであり、波源域から対象海岸の沖合まではさらに簡単な式で十分に表現できる。水深の波長に対する比が極めて小さい津波のような長波は、波形の曲率が小さく鉛直方向の加速度が無視できるため、長波理論によって表現することができ、深海では線形長波理論が適用できる。

すなわち、長波近似に加えて、波の振幅と水深の比が小さい場合、微小振幅波としての取り扱いが可能となり、浅水理論における非線形項を無視できる。また、海底摩擦についても水深が大きい海域ではそれほど影響しないと考えられる。

[連続の式]

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

[運動方程式]

$$\frac{\partial M}{\partial t} + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad , \quad \frac{\partial N}{\partial t} + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0$$

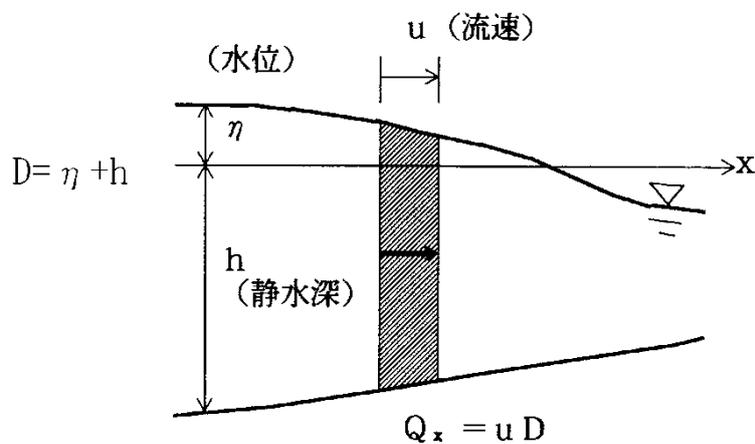


図 - 3-2 記号の説明



(3) 非線形分散長波理論（ソリトン分裂）

ソリトン分裂とは、津波が水深の浅い海域を伝播するのに伴い、波形や水深等の条件によっては、波の峰が前傾化する非線形効果と周期の短い波が波本体から後方に取り残される分散効果の相乗作用により、津波本体が周期の短い複数の波に分裂し波高が増幅するという現象である。

ソリトン分裂は津波の非線形性と分散性が有意に絡んでおり、非線形分散長波理論によって表現することができる。ただし、この効果については観測記録が少ないことや、膨大な計算時間を要するため実用的でないことから、一般的な津波解析では対象にしないことが多い。

[連続の式]

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \\ = \frac{D^2}{3} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial x \partial y} \right) + \nu \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \\ = \frac{D^2}{3} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \nu \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned}$$

ここに

η	: 水位(m)
M, N	: x 及び y 方向の流量フラックス (又は線流量、 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)
h	: 初期状態の水深(m)
D	: 全水深(m)
g	: 重力加速度(= $9.8\text{m}/\text{s}^2$)
n	: マニングの粗度係数($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)
ν	: 渦動粘性係数(m^2/s)



(4) 差分スキーム

前節で述べた基本方程式を津波数値解析に最も多く使われている staggered leap-frog 法のスキームを用いて差分化する。staggered leap-frog 法では、下記差分式に示すように水位 η 、流量 Q_x 、 Q_y の計算点を空間・時間的に 1/2 格子分ずらして配置する。以下の差分式の表示では、座標 (x, y, t) に対応する離散化量を表す添字として (i, j, k) を用いる。 $(\Delta x = \Delta y = \Delta s$: 計算格子間隔, Δt : 計算時間間隔)

連続の式に対して中央差分を用いると、

$$\begin{aligned}\frac{\partial \eta}{\partial t} &= \frac{1}{\Delta t}(\eta_{i,j}^{k+1} - \eta_{i,j}^k) \\ \frac{\partial Q_x}{\partial x} &= \frac{1}{\Delta x}(Q_{x\ i+1/2,j}^{k+1/2} - Q_{x\ i-1/2,j}^{k+1/2}) \\ \frac{\partial Q_y}{\partial y} &= \frac{1}{\Delta y}(Q_{y\ i,j+1/2}^{k+1/2} - Q_{y\ i,j-1/2}^{k+1/2})\end{aligned}$$

となる。k 時点での水位、k+1/2 時点での線流量 Q_x 、 Q_y が既知であるとする、次に求めるべき k+1 時点での水位 η^{k+1} は、次のようになる。

$$\eta_{i,j}^{k+1} = \eta_{i,j}^k - \frac{\Delta t}{\Delta x}(Q_{x\ i+1/2,j}^{k+1/2} - Q_{x\ i-1/2,j}^{k+1/2}) - \frac{\Delta t}{\Delta y}(Q_{y\ i,j+1/2}^{k+1/2} - Q_{y\ i,j-1/2}^{k+1/2})$$

次に、x 方向の線形長波の運動方程式については、点 $(i+1/2, j, k)$ を中心に考えると、k-1/2 時点での線流量 $Q_x^{k-1/2}$ 、k 時点での水位 η^k より、次に求める k+1/2 時点での線流量 $Q_x^{k+1/2}$ は、

$$Q_{x\ i+1/2,j}^{k+1/2} = Q_{x\ i+1/2,j}^{k-1/2} - gD_{i+1/2,j}^k \frac{\Delta t}{\Delta x}(\eta_{i+1,j}^k - \eta_{i,j}^k)$$

となる。ここで、全水深 D は、静水深 h、水位 η より、次のとおりである。

$$D_{i+1/2,j}^k = h_{i+1/2,j} + \frac{1}{2}(\eta_{i+1,j}^k + \eta_{i,j}^k)$$

同様に、y 方向の運動方程式は、次のように差分化できる。

$$Q_{y\ i,j+1/2}^{k+1/2} = Q_{y\ i,j+1/2}^{k-1/2} - gD_{i,j+1/2}^k \frac{\Delta t}{\Delta y}(\eta_{i,j+1}^k - \eta_{i,j}^k), \quad D_{i,j+1/2}^k = h_{i,j+1/2} + \frac{1}{2}(\eta_{i,j+1}^k + \eta_{i,j}^k)$$

以上の式を時間ステップ Δt 毎に順番に解くことにより、線形長波の計算が可能となる。

また、海底摩擦項は、 $k-1/2$ 時点の流量のみを用いた陽的な差分をとると計算不安定となる恐れがあるため、

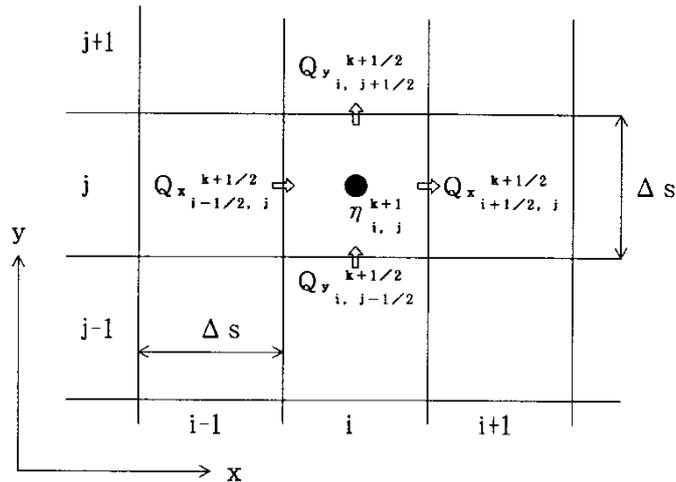
$$\frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$$

$$= \frac{gn^2}{(D_{i+1/2,j}^k)^{7/3}} \frac{1}{2} (Q_{x\ i+1/2,j}^{k+1/2} + Q_{x\ i+1/2,j}^{k-1/2}) \sqrt{(Q_{x\ i+1/2,j}^{k-1/2})^2 + (Q_{y\ i+1/2,j}^{k-1/2})^2}$$

のように、未知量 $Q_x^{k+1/2}$ を用いて陰的な差分で表した。

さらに、非線形項を含むような計算の場合には、 Q_x 、 Q_y の正負により前進差分・後退差分を使い分けて差分化した（風上差分）。差分式は略すが、後藤・小川（1982）と同様のものである。

① 空間配置



② 時間配置

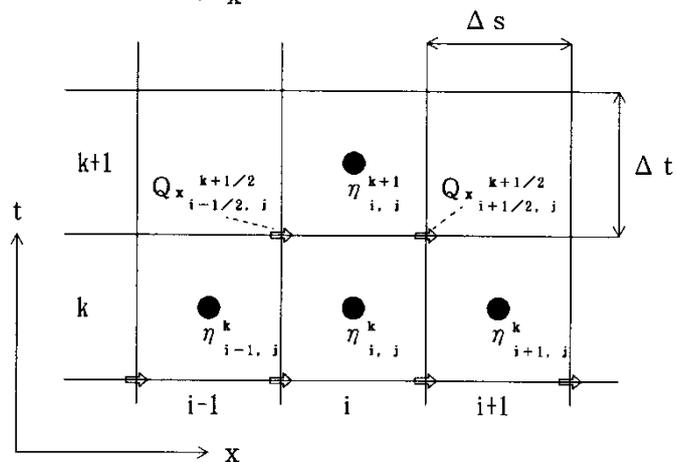


図 - 3-3 leap-frog 法の計算点配置



4. 計算条件の設定

4-1. 諸条件の設定

解析に当たっては、次の諸条件を適切に設定するものとする。

- (1) 潮位
- (2) 計算時間間隔
- (3) 計算時間

(1) 潮位（天文潮）

津波は、沿岸に到達した際、潮位が高いほど陸上へ遡上しやすくなるため、浸水の区域や水深が増大する。津波浸水想定を設定するための津波解析では、浸水の区域や水深を危険側に想定する必要があるため、潮位（天文潮）は H. W. L.（朔望平均満潮位）を基本とする。

ただし引き波時に対象施設前面の水位が大きく下がることで安定性が危険となる場合があるように、安定性が最も低くなる状態は、必ずしも水位が最高の時点とは限らないことに留意する。

(2) 計算時間間隔(CFL 条件)

津波解析で用いる Staggered Leap-frog 法では、計算の安定条件として、次の C. F. L. 条件 [Courant-Friedrichs-Lewy の条件]

$$\Delta t \leq \frac{\Delta s}{\sqrt{2gh_{\max}}}$$

を満たす必要がある。計算格子間隔 Δs とその領域の最大水深 h_{\max} より、全領域でこの条件を満たすように Δt を設定する。

(3) 計算時間(再現時間および予測時間)

津波は第一波が最大とは限らず、津波の初期水位や沿岸での挙動によっては、第二波以降に浸水の区域や水深が最大になることも考えられる。よって、最大の浸水の区域及び水位が得られるように、十分な計算時間を設定するものとする。



5. 計算モデル

5-1. 計算モデル範囲

津波数値計算ではまず整合性を確認するため、既存検討データを基に既存検討と同様の基本モデルにおいて、再現計算を実施することで再現性を評価する。予測計算においては再現性が確認された基本モデルに予測しようとする条件を反映した予測モデルによって計算を実施する。作成した計算モデルの条件を表 - 5.1 に範囲図を図 - 5-1 に示した。

表 - 5.1 モデル条件表

項目	内容						
領域 No	第 1 領域	第 2 領域	第 3 領域	第 4 領域	第 5 領域	第 6 領域	第 7 領域
格子 間隔(m)	2430	810	270	90	30	10	5
格子数 (X×Y)	600 × 510	1440 × 1230	750 × 930	930 × 480	1050 × 900	1440 × 1470	700 × 580
モデル	基本モデル(再現計算)						
	予測モデル(予測計算)						

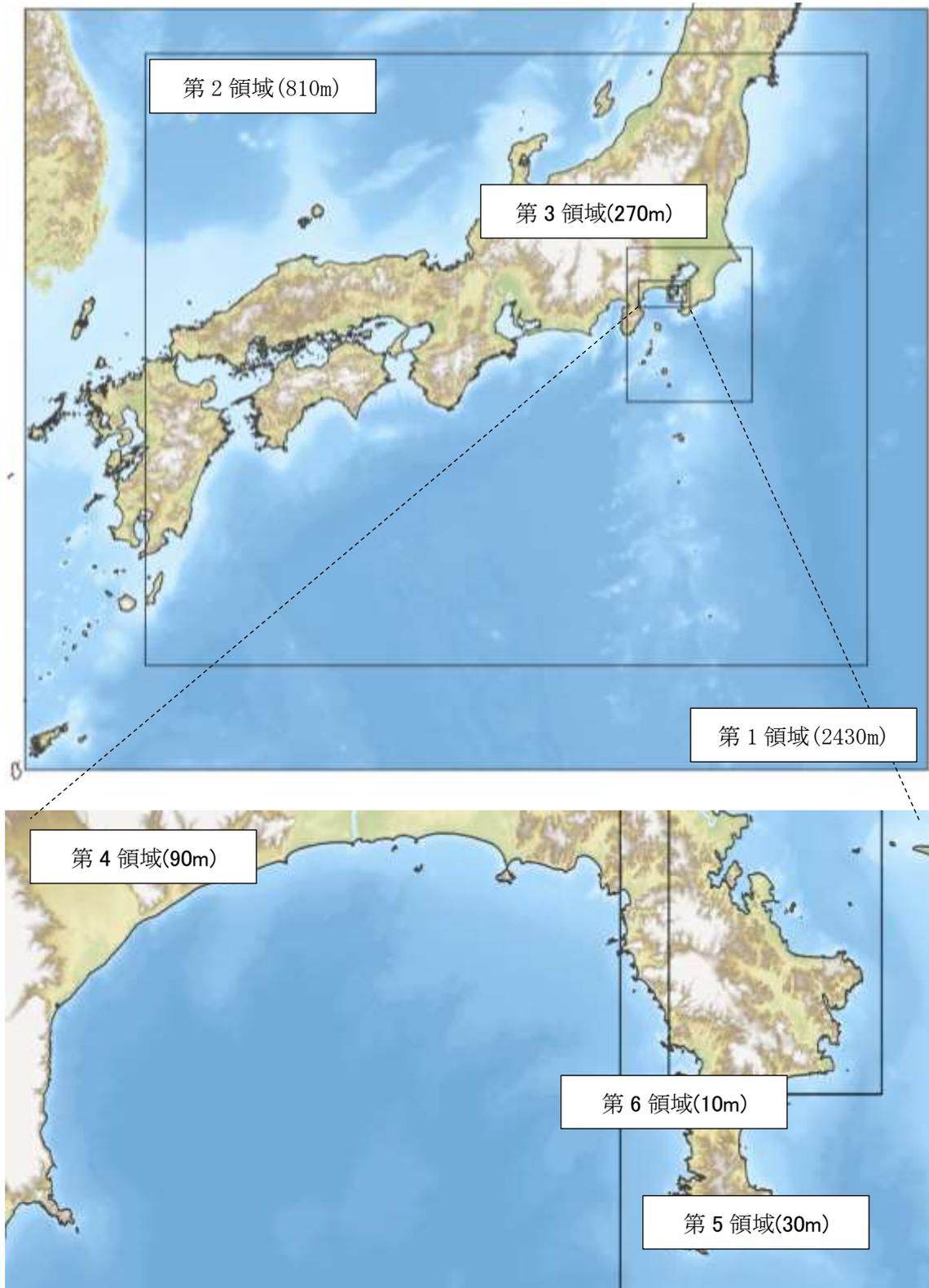


図 - 5-1 津波数値計算範囲図(平面直角座標 9 系)

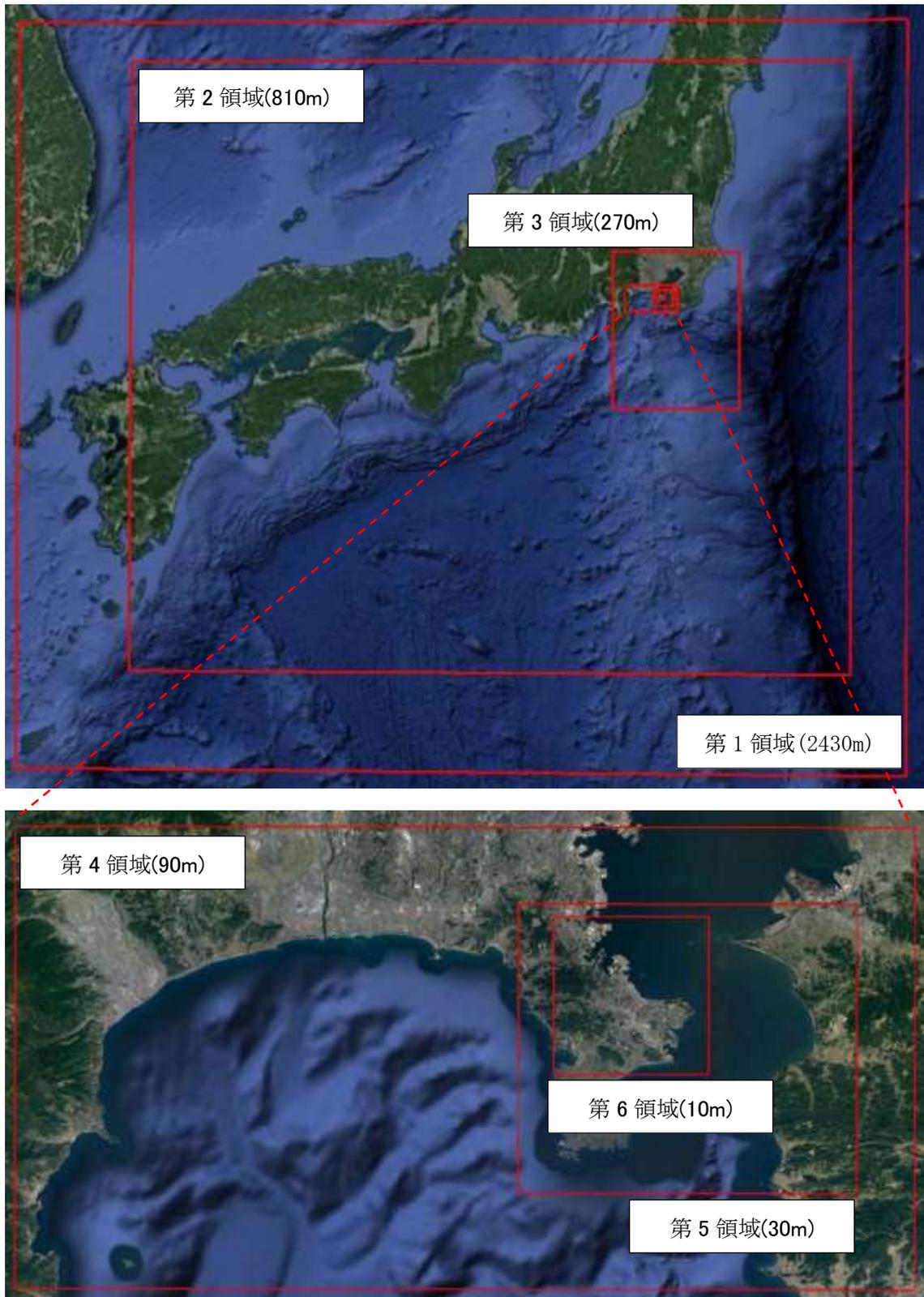


図 - 5-2 津波数値計算範囲図(航空写真、緯度経度)



5-2. 計算モデルデータ

津波数値計算は表 - 5.2 に示すデータを用いて解析を実施する。

表 - 5.2 計算モデルデータの種類

	概要
地形	海域や陸域の地形は津波の伝播や遡上に大きく影響を与える。格子(メッシュ)データでTP基準で作成される。
地盤変動量	波源となるデータであり、断層の向きや傾きなどを表した「断層パラメータ」もしくは地形データと同様の格子データとなる「地盤変動量」のどちらかで与える。
粗度	陸域に遡上する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、摩擦項を考慮することになる。海域には一定値を設定した格子データを用いる。
線構造物	計算格子間隔より幅が狭いものは越流条件を適用する格子境界として整理する。防護施設はその規模を考慮して地形データ・線構造物データを組み合わせて表現する。



(1) 地形データ

地形データは T.P. 基準値に統一して作成した。以下に作成した地形データを示した。



地形データ（第1領域）



図 - 5-3 地形データ (第2領域)

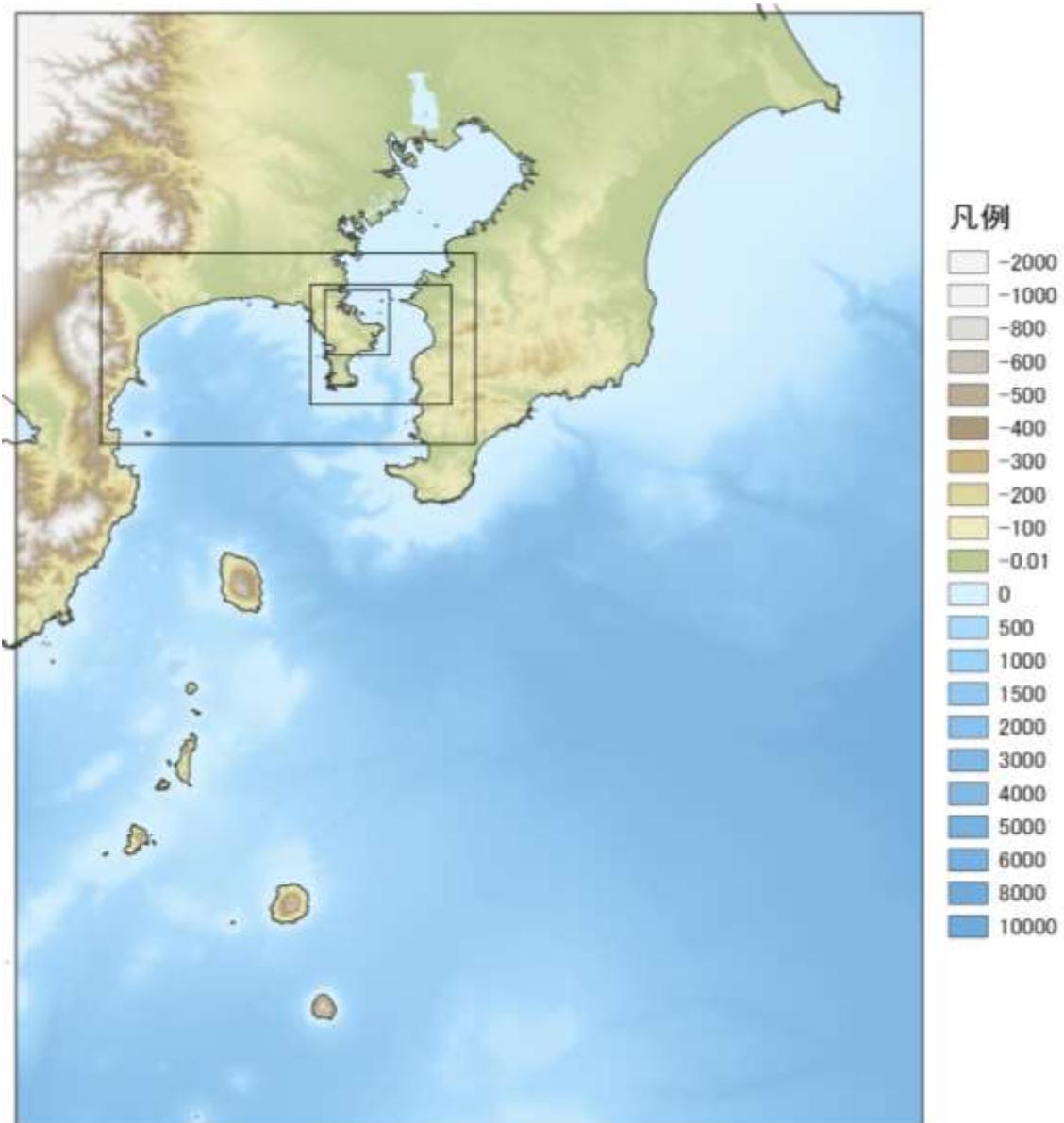


図 - 5-4 地形データ (第3領域)



図 - 5-5 地形データ (第4領域)



図 - 5-6 地形データ (第5領域)

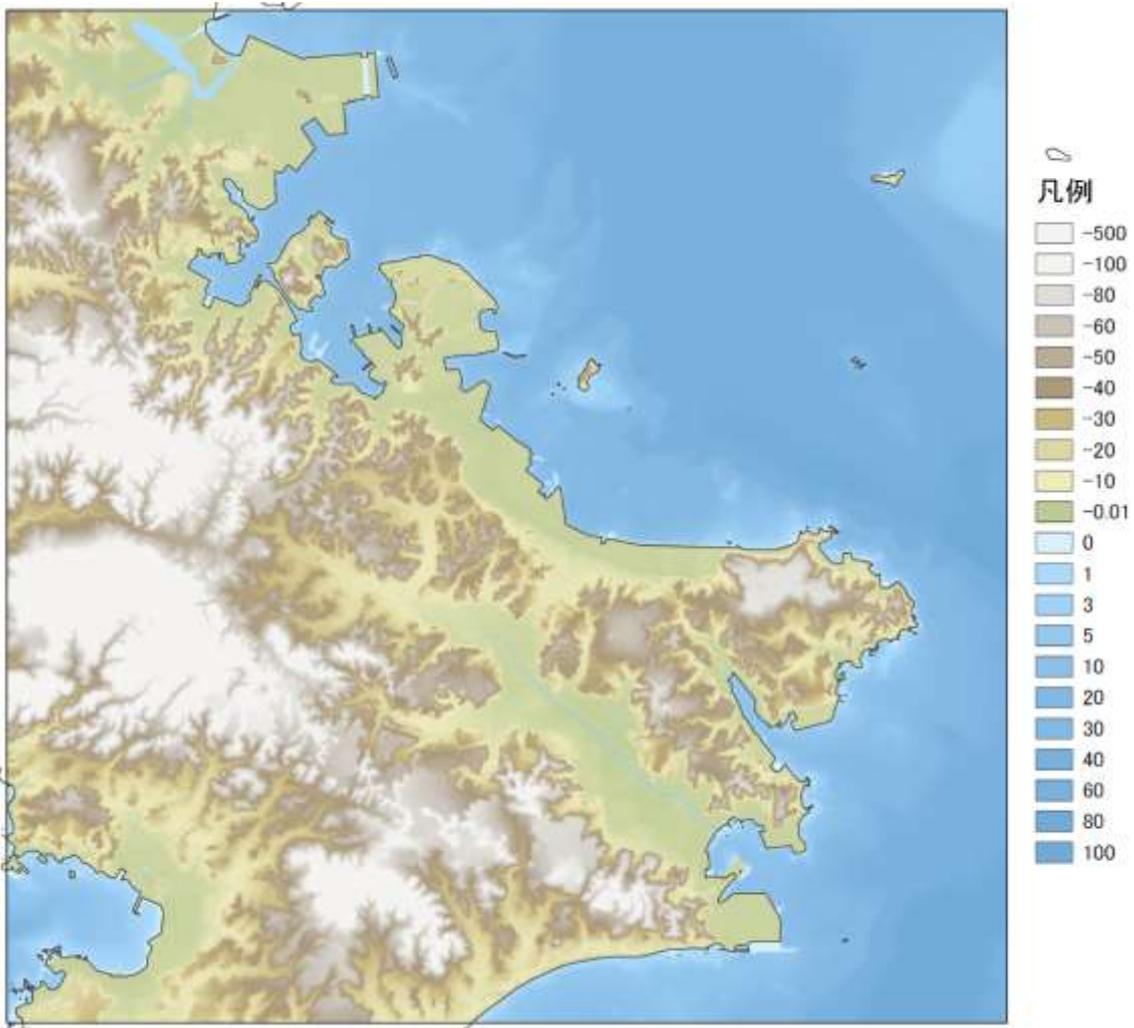


図 - 5-7 地形データ(第6領域)

(2) 地盤変動量データ

一般的な津波数値計算の初期条件としては、表 - 5.3、図 - 5-8 に示すような地震断層モデルを用いて計算される海底地盤変動の鉛直成分を海面上に与える。本検討においては既存検討データにおいて地盤変動量データが存在するため、これを用いて津波数値計算を実施した。南海トラフの巨大地震モデルは 10 秒毎に地盤変動量を与える時間差モデルであるため、本検討においても同様の設定で地盤変動量を与えた。地盤変動量の合計を図 - 5-9 に、時間毎の地盤変動量を図 - 5-10～図 - 5-14 に示した。

表 - 5.3 断層モデルのパラメータ

	概要
基準点位置：緯度 N、経度 E	断層面の位置を示す。断層面の位置を手前に傾き下がるように置いた場合、左上に位置する端点を断層基準点と定め、その緯度 N、経度 E、深さ d を示す。
断層面上縁深さ：d	
断層長さ：L	断層面の大きさを示す。
断層幅：W	
すべり量：D	
走向： θ 断層が水平方向でどの方角（北から時計周りに測った角度）に伸びているかを示す	断層面の向きを示す。
傾斜角： δ 断層面が水平面からどれだけ傾いているかを示す	
すべり角： λ 断層がどの方向に動いたかを示す	

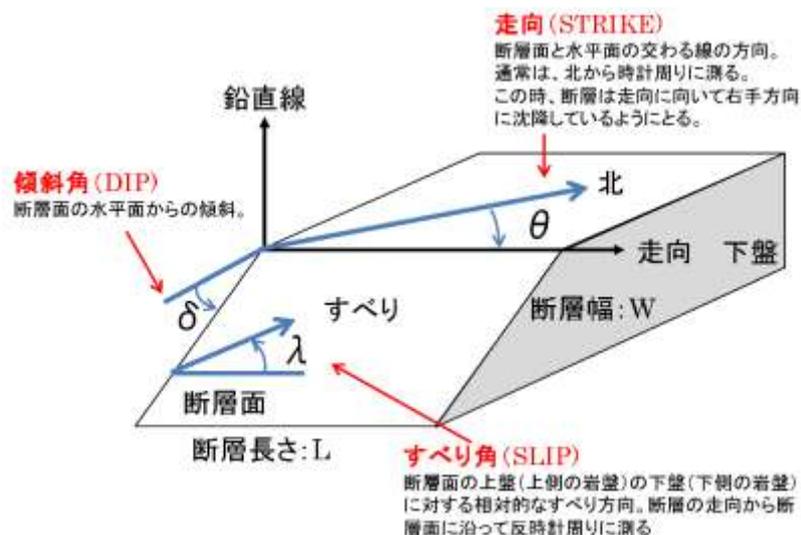


図 - 5-8 断層モデルのパラメータ概念図

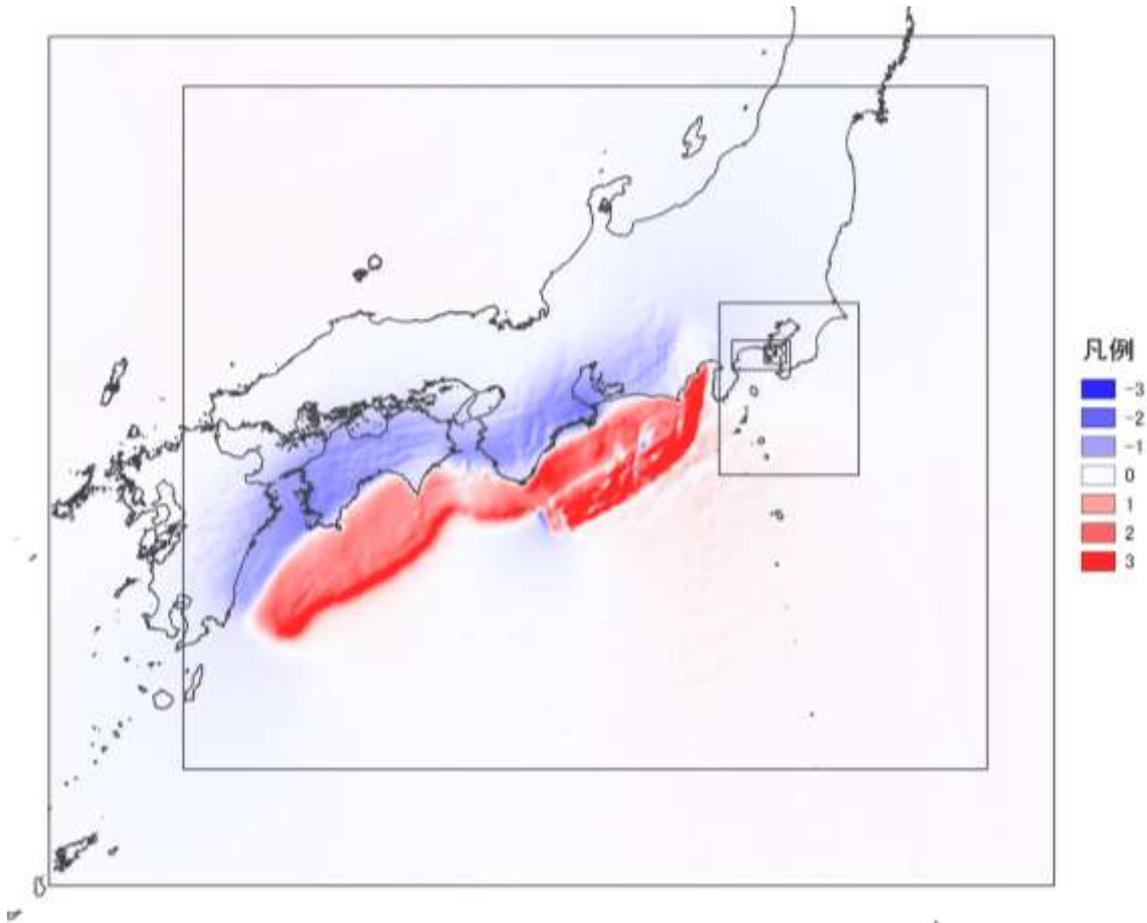


図 - 5-9 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (0~300 秒の合計)

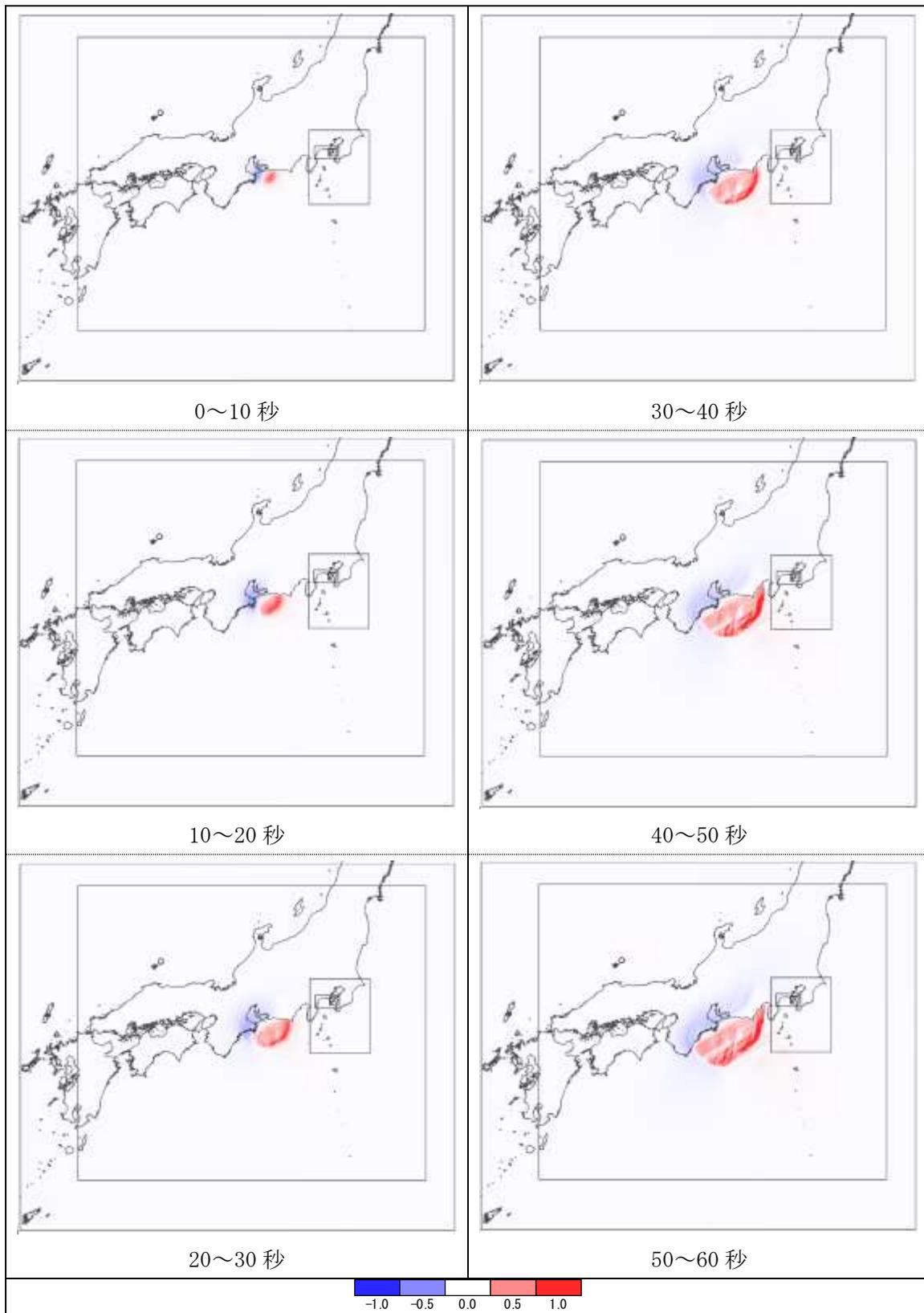


図 - 5-10 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (0~60 秒)

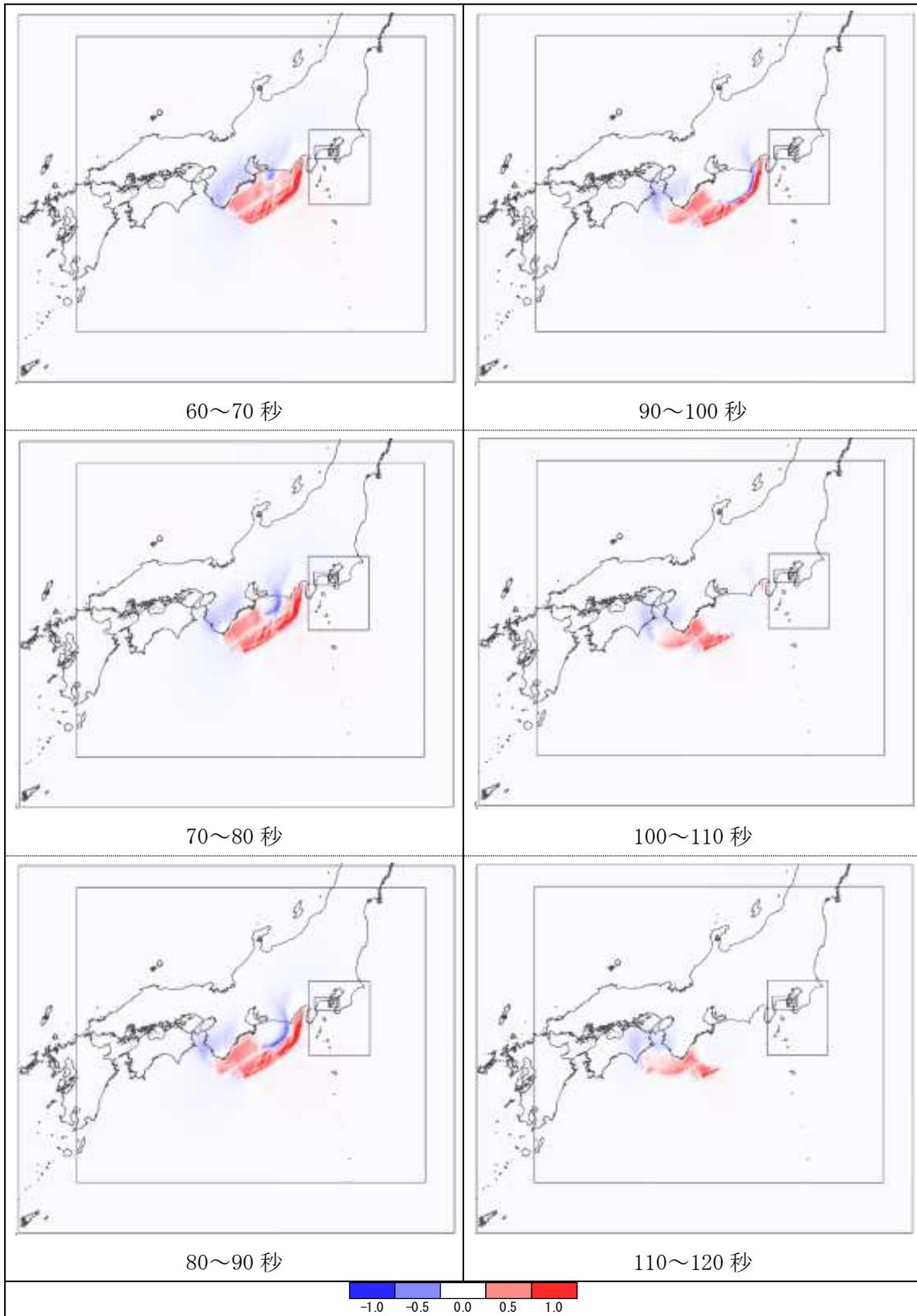


図 - 5-11 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (60~120 秒)

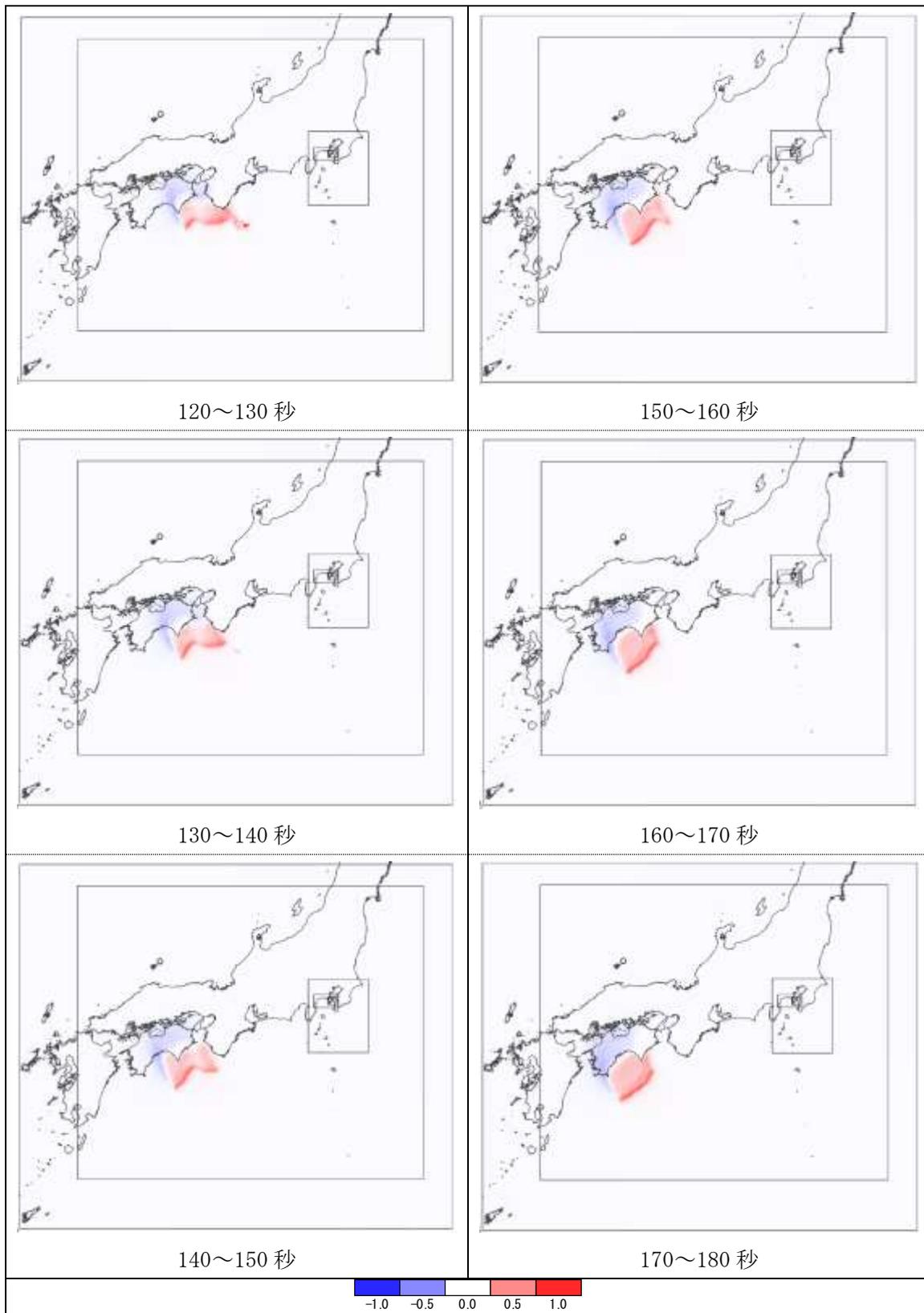


図 - 5-12 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (120~180 秒)

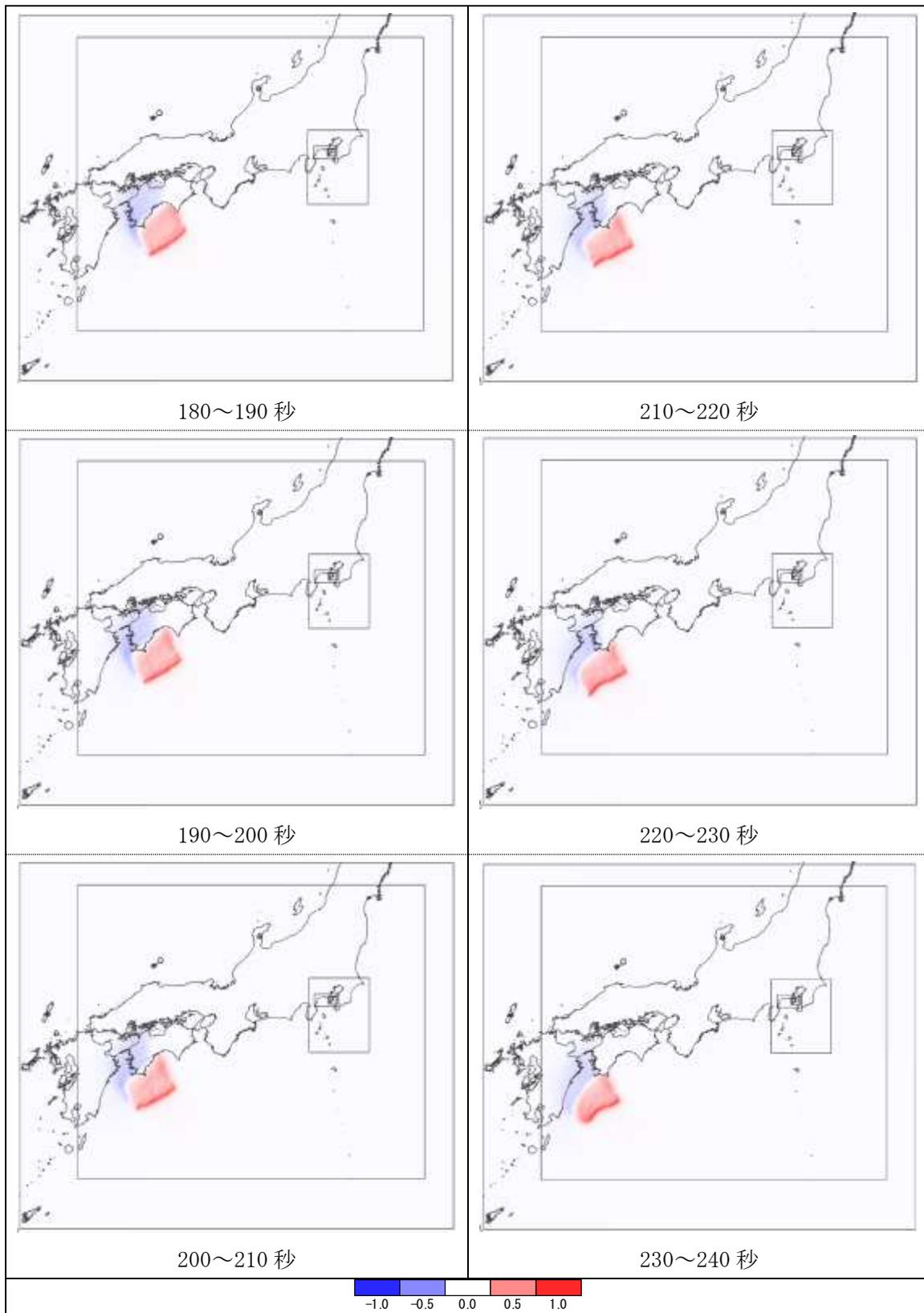


図 - 5-13 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (180~240 秒)

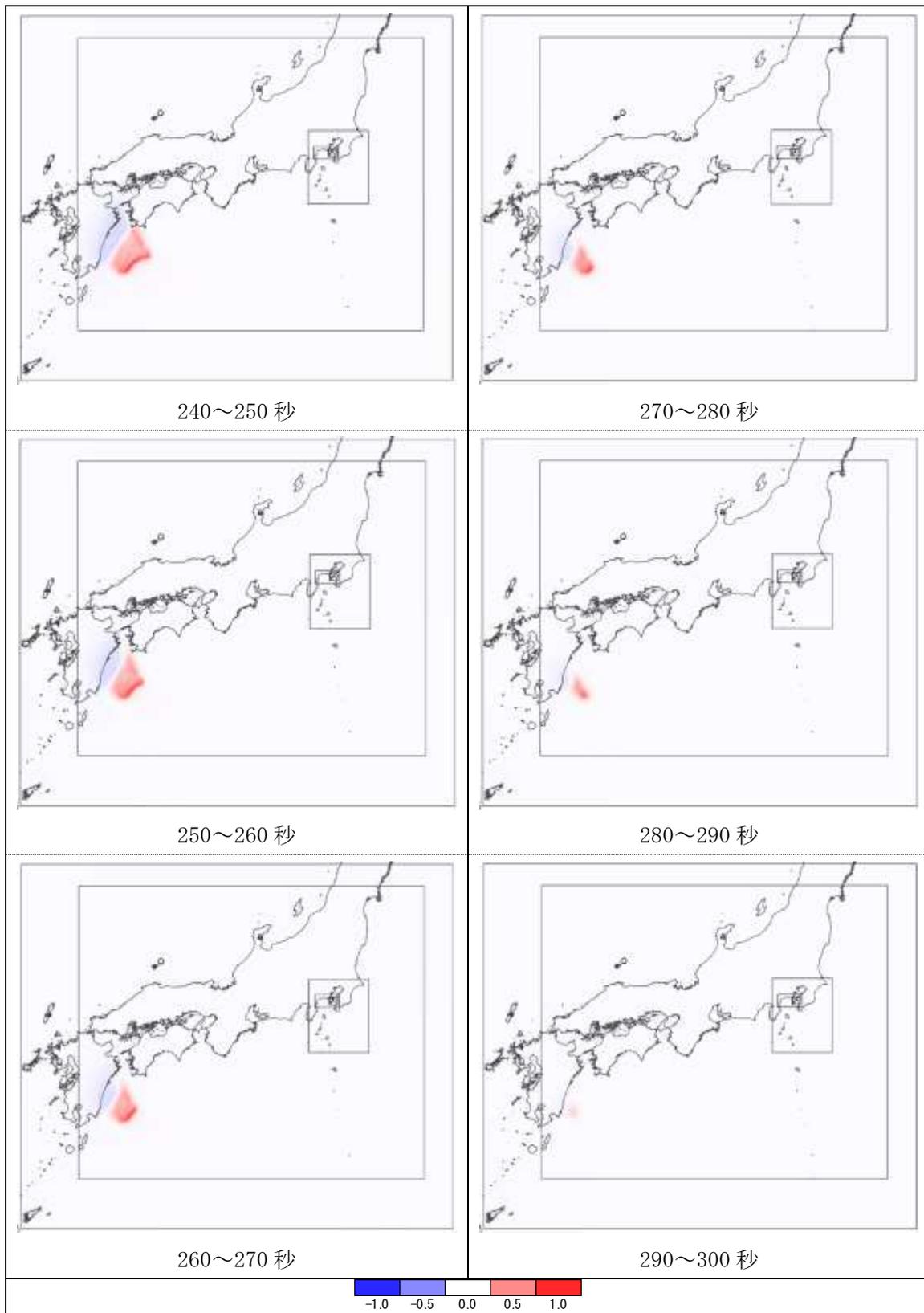


図 - 5-14 地盤変動量データ 南海トラフ Case01 (240~300 秒)



(3) 粗度データ

津波が沿岸域に到達し、陸域に遡上する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、津波浸水シミュレーションに用いる運動方程式において、以下のような摩擦項を考慮することになる。

$$\frac{gn^2M}{D^{7/3}}\sqrt{M^2+N^2}, \quad \frac{gn^2N}{D^{7/3}}\sqrt{M^2+N^2}$$

ここでは、 n はマンニングの粗度係数であり、海域では 0.025 程度の値が一般的には用いられるが、陸域では遡上した津波が市街地の建築物等によって受ける抵抗など土地利用状況に応じて数段階に分けて値を設定する方法を採用する場合が多い。

本検討では小谷（1998）の方法により、土地利用条件に従って粗度係数を設定した。設定した粗度係数を表 - 5.4 に、粗度データを図 - 5-15～図 - 5-16 に示した。

表 - 5.4 小谷ら（1998）による土地利用に応じた粗度係数の設定値

土地利用	粗度
住宅地（高密度）	0.080
住宅地（中密度）	0.060
住宅地（低密度）	0.040
工業地等	0.040
農地	0.020
林地	0.030
水域	0.025
その他(空地、緑地)	0.025

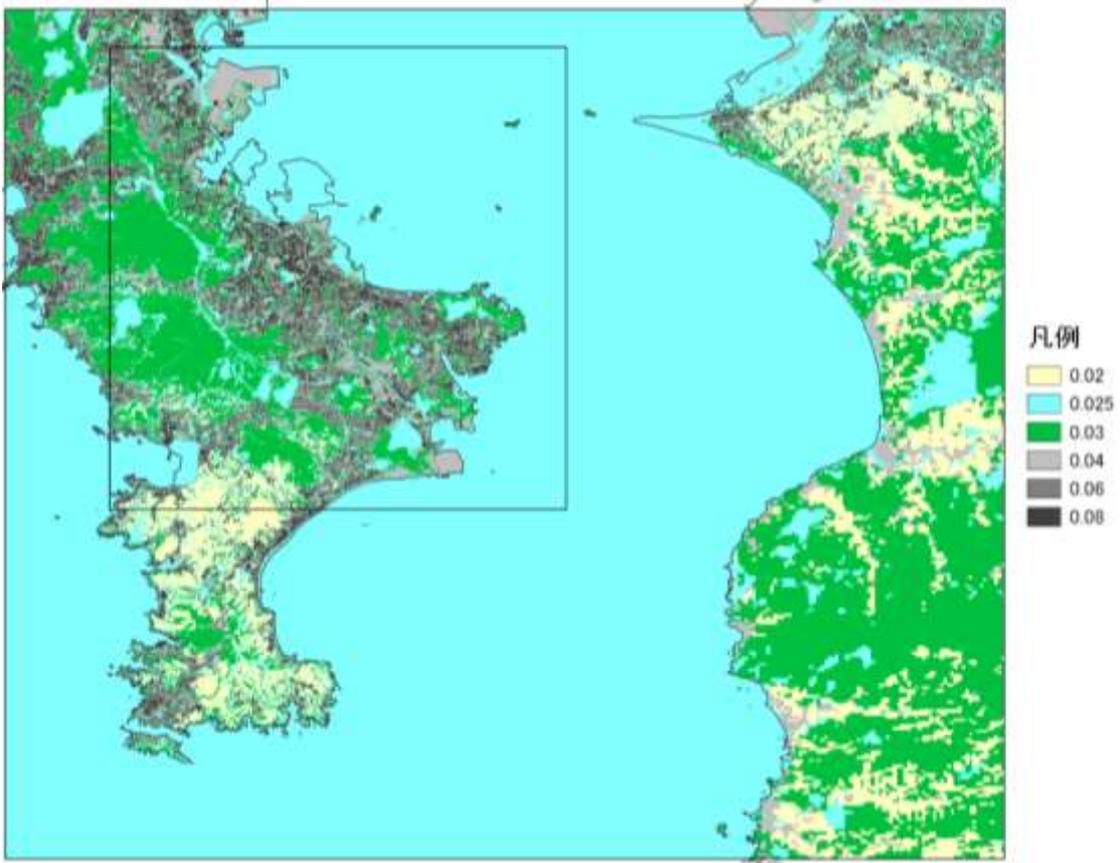


図 - 5-15 粗度データ(第5領域)

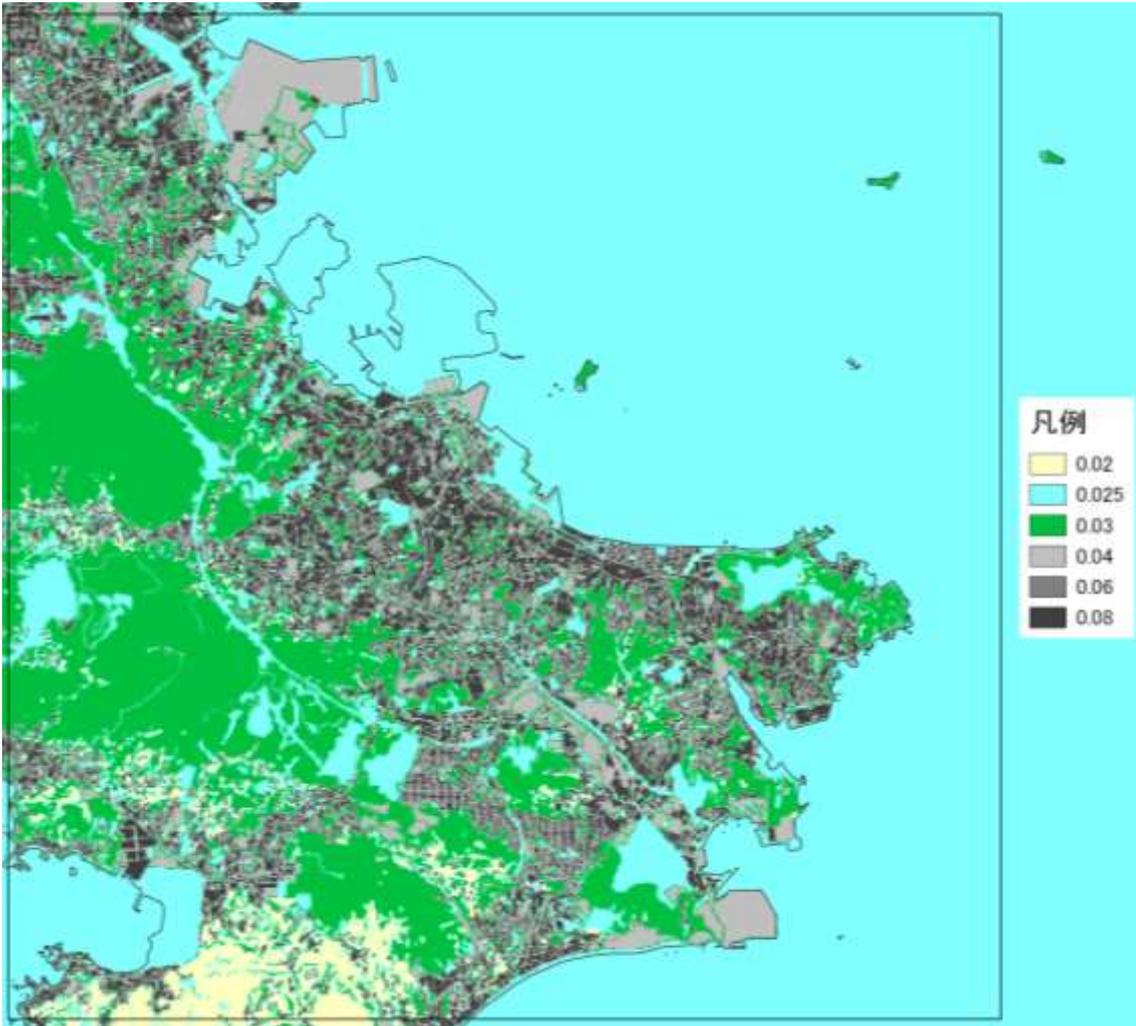


図 - 5-16 粗度データ(第6領域)

(4) 線構造物データ

津波の伝播過程や遡上過程にあって地盤より高い構造物については、計算格子間隔より幅が広いものは地形データとして、計算格子間隔より幅が狭いものは越流条件を適用する線構造物データとして整理することを基本とする。

施設の反映方法においては作成するデータの格子幅を考慮して、地形データと構造物データを組み合わせて設定するが、その際の設定基準は国土交通省の「津波浸水想定の設定の手引き」を参考にする。図 - 5-18 に第 6 領域(10m)の線構造物データを示した。

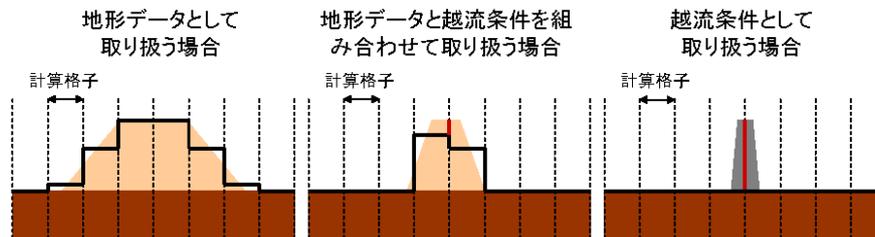


図 - 5-17 施設の設定例

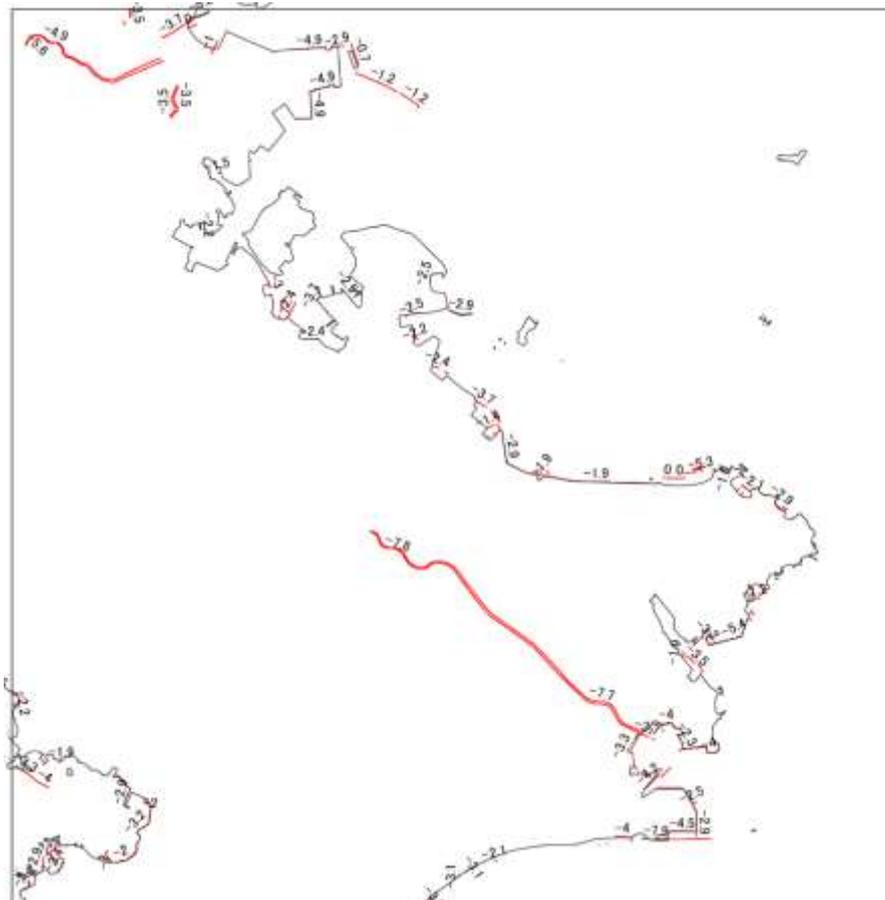


図 - 5-18 構造物設定図



6. 津波再現計算

6-1. 再現計算条件

本検討において作成した津波数値計算モデルの整合性を確認するため、再現計算を実施し再現計算結果と既存検討結果を比較検証した。再現計算の計算条件は表 - 6.1 に示す条件において計算を行った。

表 - 6.1 再現計算条件表

項目	設定条件
解析領域	●太平洋(波源) ～ 対象地域沿岸
計算格子間隔	●2430m～10m (「計算範囲図」参照)
基礎式と解法	●平面2次元モデル ・非線形長波方程式 ・staggered leap-frog法
計算時間	●津波の最大波を十分含む時間帯として地震発生後6時間 ●時間解像度:0.1 sec
初期条件	●南海トラフの巨大地震モデル Case01 ・初期水位分布として設定
境界条件	●沖側:自由透過境界 ●陸側:遡上境界
潮位	●TP +0.80(既存検討と同条件)
粗度係数	●土地利用状況による設定
構造物	●既存検討と同条件(越波による破堤有り)



6-2. 妥当性検証について

妥当性の検証においては、相田（1977）による幾何平均 K および幾何標準偏差 κ により適合度を評価する。この指標は津波痕跡高と計算値の空間的な適合度を表すものとして用いられるが、本検討においては既存検討と再現計算を対象に、対象地域周辺沿岸域の検証地点数を多く設定することで適合度を判断する。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$
$$\log \kappa = \left[\frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - n(\log K)^2 \right\} \right]^{1/2}$$

ここで、 n :地点数、 $K_i=R_i/H_i$ 、 R_i : i 番目の地点での既存計算値、 H_i : i 番目の地点での再現計算値である。

幾何平均 K は痕跡高と計算値の平均的な対応関係を示しており、1 に近いほど再現計算値が既存計算値とよく対応していることを表す。一方、幾何標準偏差 κ は既存計算値と再現計算値との対応関係のばらつきを示しており、小さいほどよく対応していることを表す。

K , κ 値の算出結果から、再現計算値の整合性が十分でないと判断された場合、すべり量を修正することが考えられる。

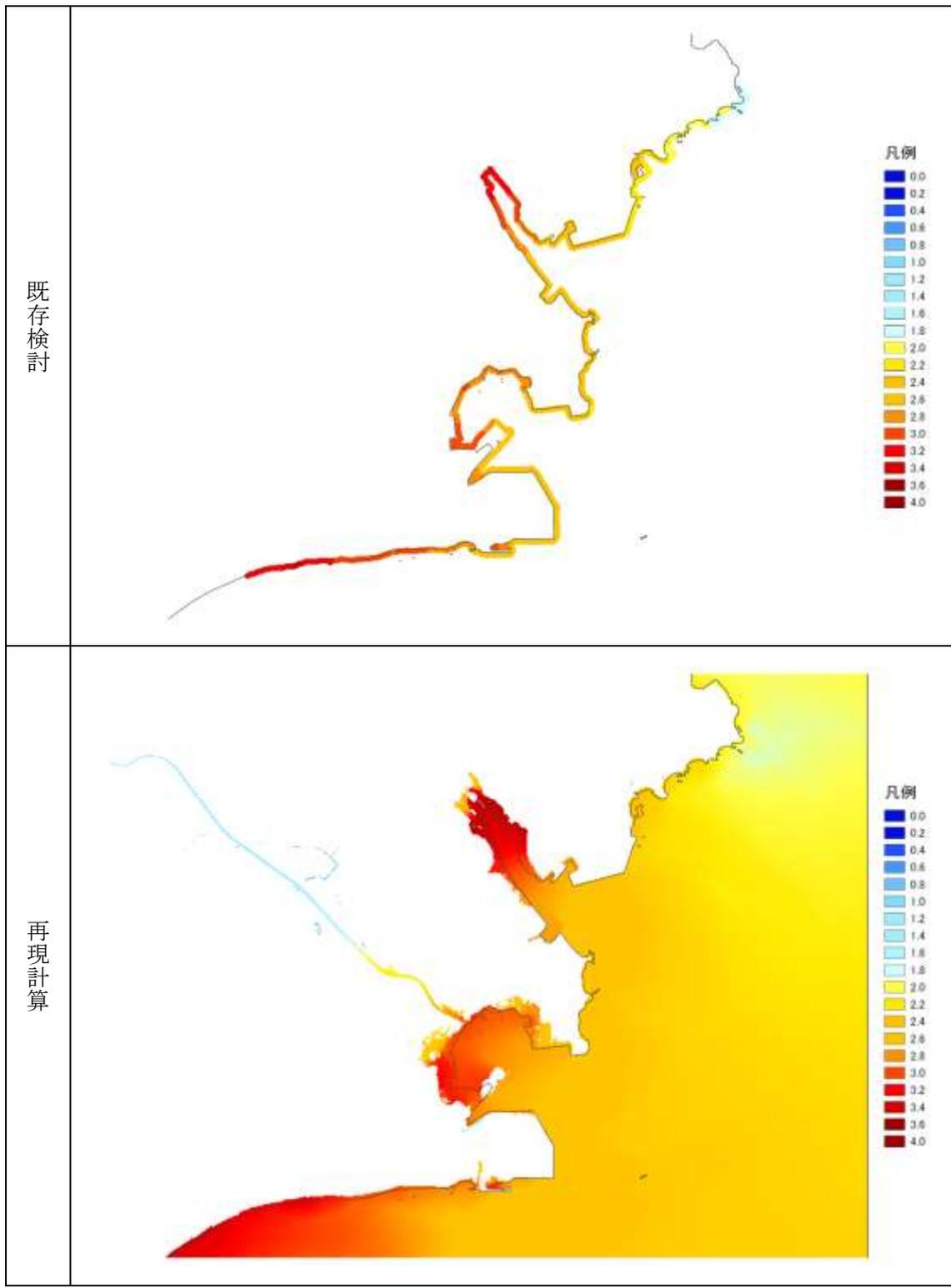


図 - 6-1 最大水位分布比較



6-3. 妥当性の検証

計算結果を量的に検証するために、相田(1977)により提案されている指標であるK, κ 値を算出する。K, κ は、次のように定義されている。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_i \log K_i \quad , \quad \log \kappa = \left[\frac{1}{n} \sum_i (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

ここで、

n : 地点数

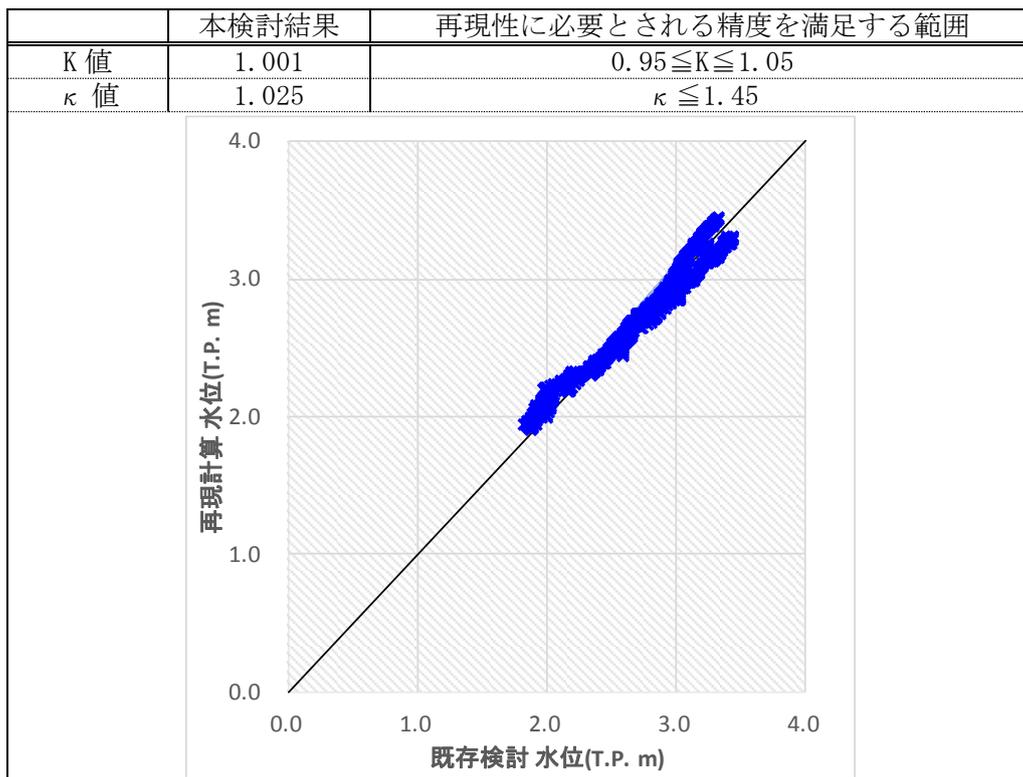
$K_i = R_i / H_i$

R_i : i 番目の地点での痕跡高(ここでは既存検討計算値)

H_i : i 番目の地点での再現計算値

既存検討計算値と、再現計算により得られた同地点の最大水位について、上式で定義されている適合度の指標であるK, κ 値を算出した結果を表 - 6.2 に示す。

表 - 6.2 相田 (1977) によるK, κ 値の算出結果



結果より、本検討におけるK, κ 値はそれぞれ再現性に必要とされる精度 ($0.95 \leq K \leq 1.05$, $\kappa \leq 1.45$) を満足する結果となる。従って、本検討の再現計算結果は対象地震を良好に再現していることから、津波解析モデルの妥当性が確認出来る。

また本検討の対象波源である南海トラフの巨大地震モデルは、図 - 6-2 に示す位置において時刻歴波形も計算されていることから、同位置において時刻歴波形も比較する。



図 - 6-2 時刻歴波形の比較地点

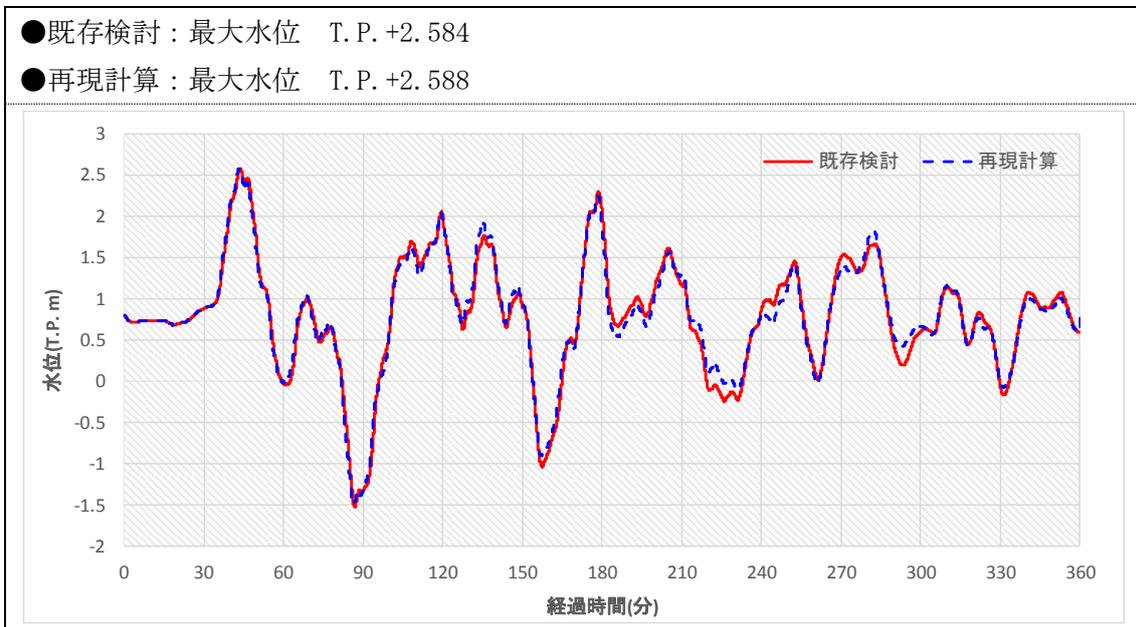


図 - 6-3 時刻歴波形の比較

7. 詳細データの追加

本検討では第1領域～第6領域においては既存検討データを使用することとし、予測計算では対象地域周辺を第7領域として5m格子の詳細データとして作成・追加して計算を実施する。第7領域は対象地域を中心に3～5km四方程度の図-7-3に示す範囲で作成した。

防護施設においては計算格子間隔に応じて図-7-1の基準で作成することとし、本検討における設定は図-7-2、図-7-4～図-7-6に示す内容で作成した。

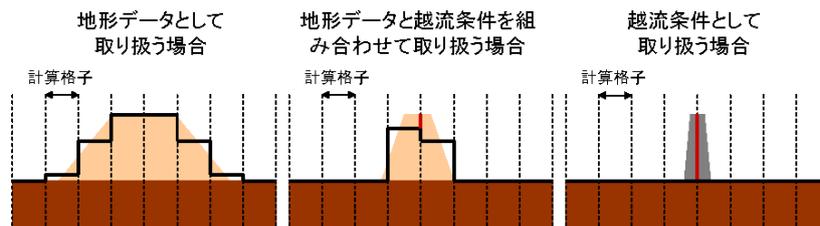


図 - 7-1 施設の設定例

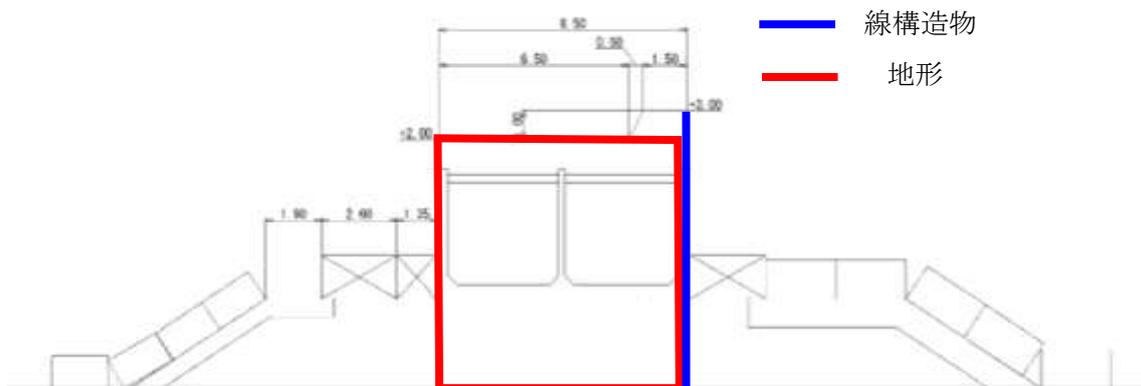


図 - 7-2 防護施設の設定概要(イメージ)



図 - 7-3 詳細データ作成範囲



図 - 7-4 詳細データ(第7領域)の作成方法(地形)

表 - 7.1 詳細データ(第7領域)の作成方法(粗度)

参照資料	作成概要
<ul style="list-style-type: none"> 既存検討データ 計画図面等 	<ul style="list-style-type: none"> 親領域から内挿法により 5m メッシュデータを作成 港口部に防波堤(仮)を設定

図 - 7-5 詳細データ(第7領域)の作成方法(粗度)

表 - 7.2 詳細データ(第7領域)の作成方法(線構造物)

参照資料	作成概要
<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存検討データ ・ 計画図面等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 親領域と同様の5mメッシュデータを作成 ・ 港口部に防波堤(仮)を設定



The figure is a topographic map of a coastal region. The land is depicted with brown and green contour lines, while the water is shown in various shades of blue. A red circle highlights a specific breakwater structure within a harbor. To the right of the map is a legend titled '凡例' (Legend) with two columns. The first column shows elevation contours from -500 to 0, and the second column shows depth contours from 0 to 100.

図 - 7-6 詳細データ(第7領域)の作成方法(線構造物)



8. 津波予測計算

詳細データを追加した予測計算モデルにおいて、現況と対策の2ケースで津波予測計算を行い、対象地域において防護施設の効果を検証する。また防護施設の設計に資する外力として図 - 8-1 に対応する外力を整理する。

表 - 8.1 予測計算条件表

項目	設定条件
解析領域	●太平洋(波源) ～ 対象地域沿岸
計算格子間隔	●2430m～5m (「計算範囲図」参照)
基礎式と解法	●平面2次元モデル ・非線形長波方程式 ・staggered leap-frog法
計算時間	●津波の最大波を十分含む時間帯として地震発生後6時間 ●時間解像度: 0.1 ～0.1/3 sec
初期条件	●南海トラフの巨大地震モデル Case01 ・初期水位分布として設定
境界条件	●沖側: 自由透過境界 ●陸側: 遡上境界
潮位	●TP +0.80 (既存検討と同条件)
粗度係数	●土地利用状況による設定
構造物	●現況(越波による破堤有り) ●対策: 防波堤を追加、その他は現況と同条件(越波による破堤有り)

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">防波堤</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 堤体の安定検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大水位分布 ・ 最低水位分布 ・ 時刻歴波形 ● 根固・被覆ブロックの安定検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大流速分布 	
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">岸壁</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 堤体の安定検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 最低水位分布 ● 根固・被覆ブロックの安定検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大流速分布 	

図 - 8-1 設計に用いる外力と津波解析結果の対応(イメージ図)

8-1. 分布図(最大水位・最低水位・最大浸水深・最大流速)

(1) 最大水位分布

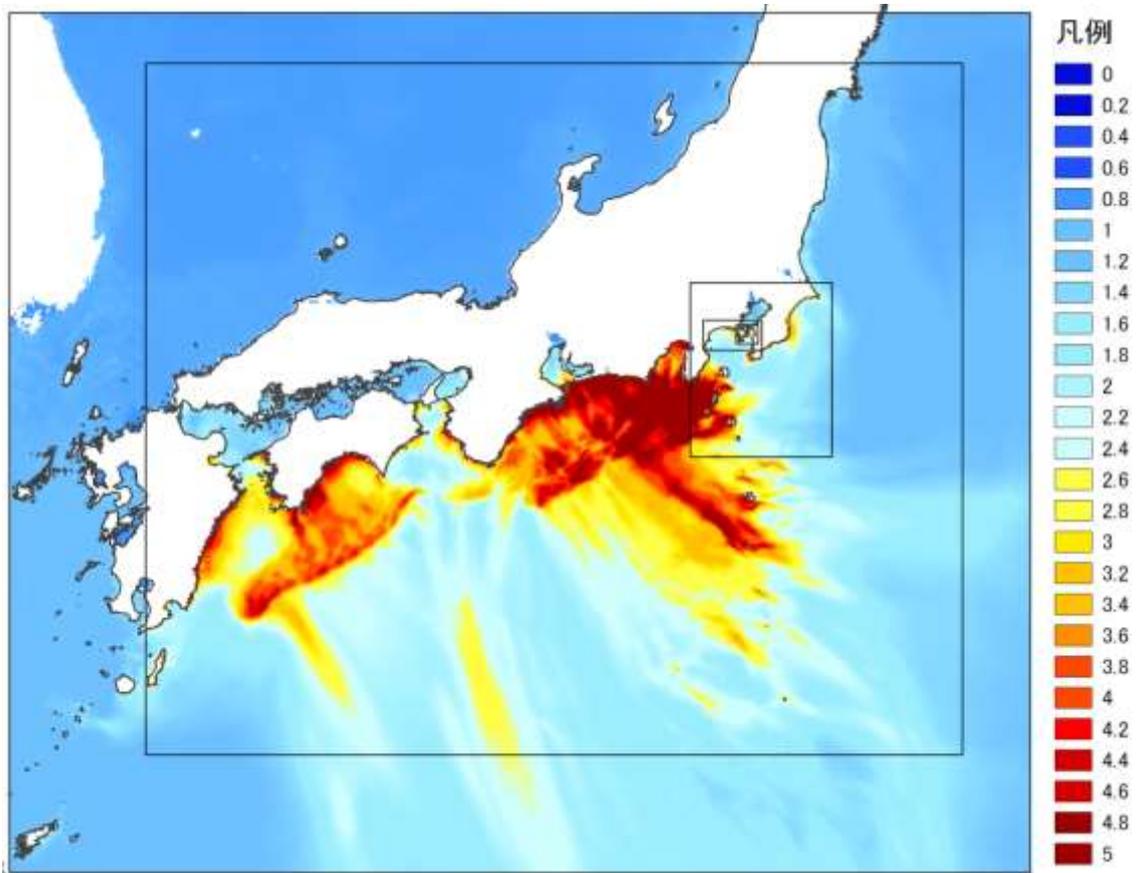


図 - 8-2 最大水位分布 第1領域(H.W.L時)

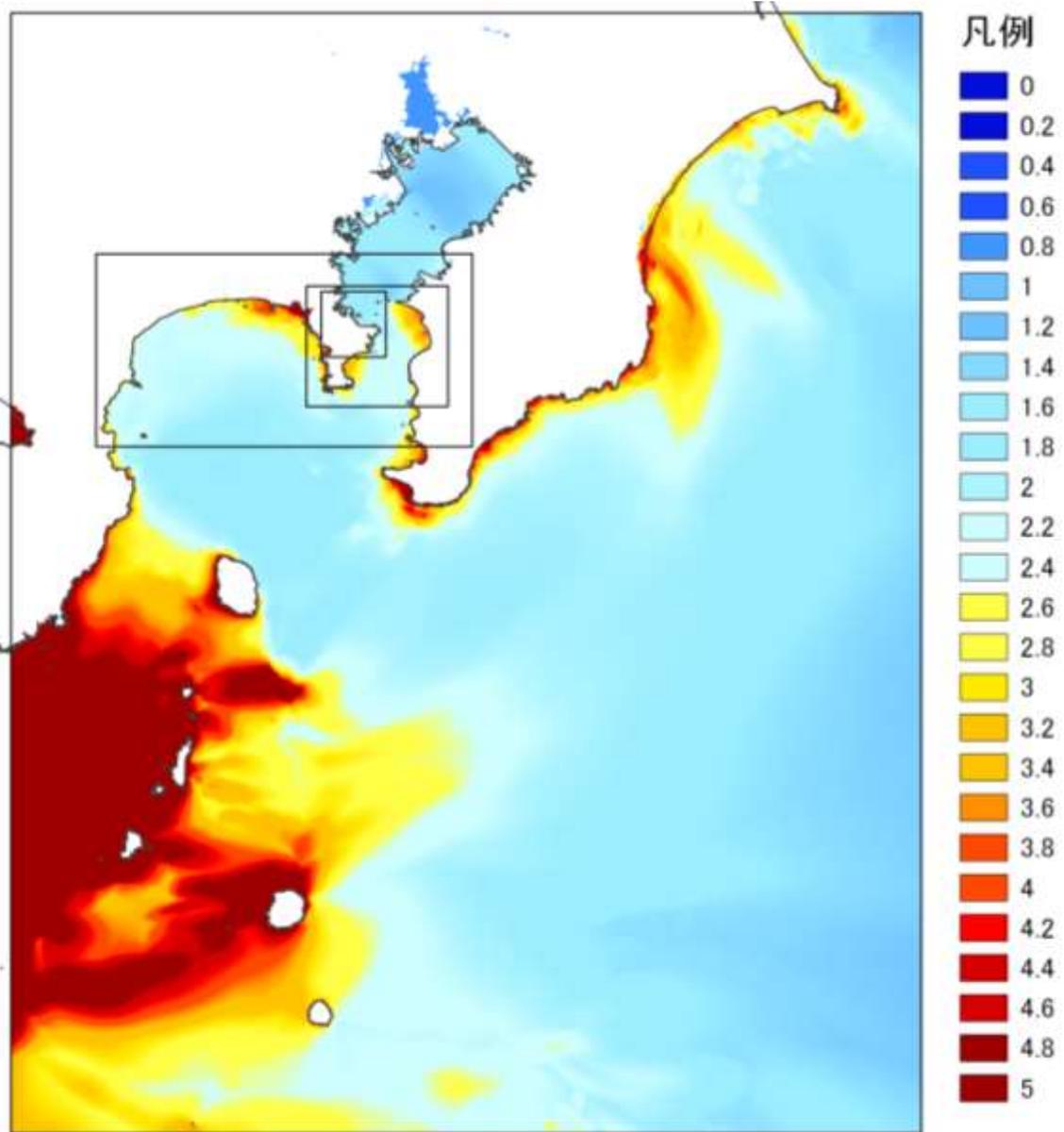


図 - 8-3 最大水位分布 第3領域(H.W.L時)

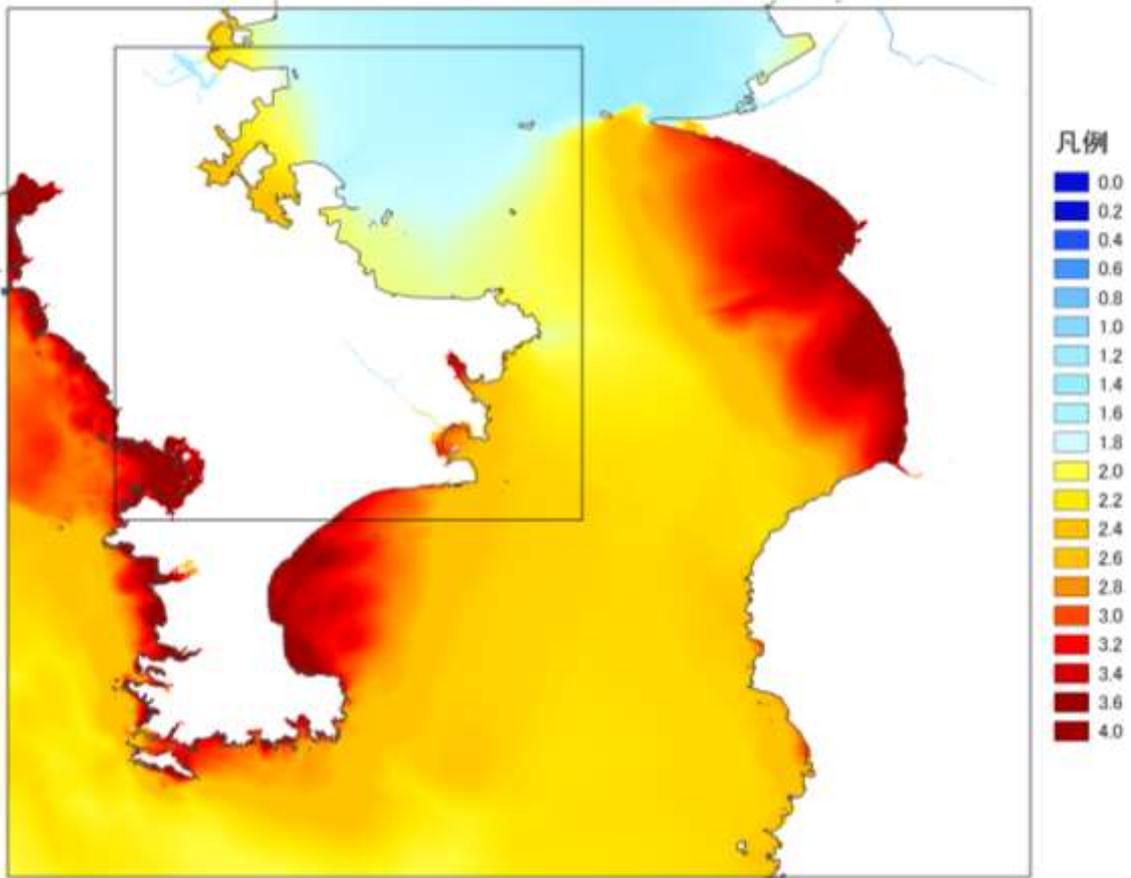


図 - 8-4 最大水位分布 第3領域 (H. W. L 時)

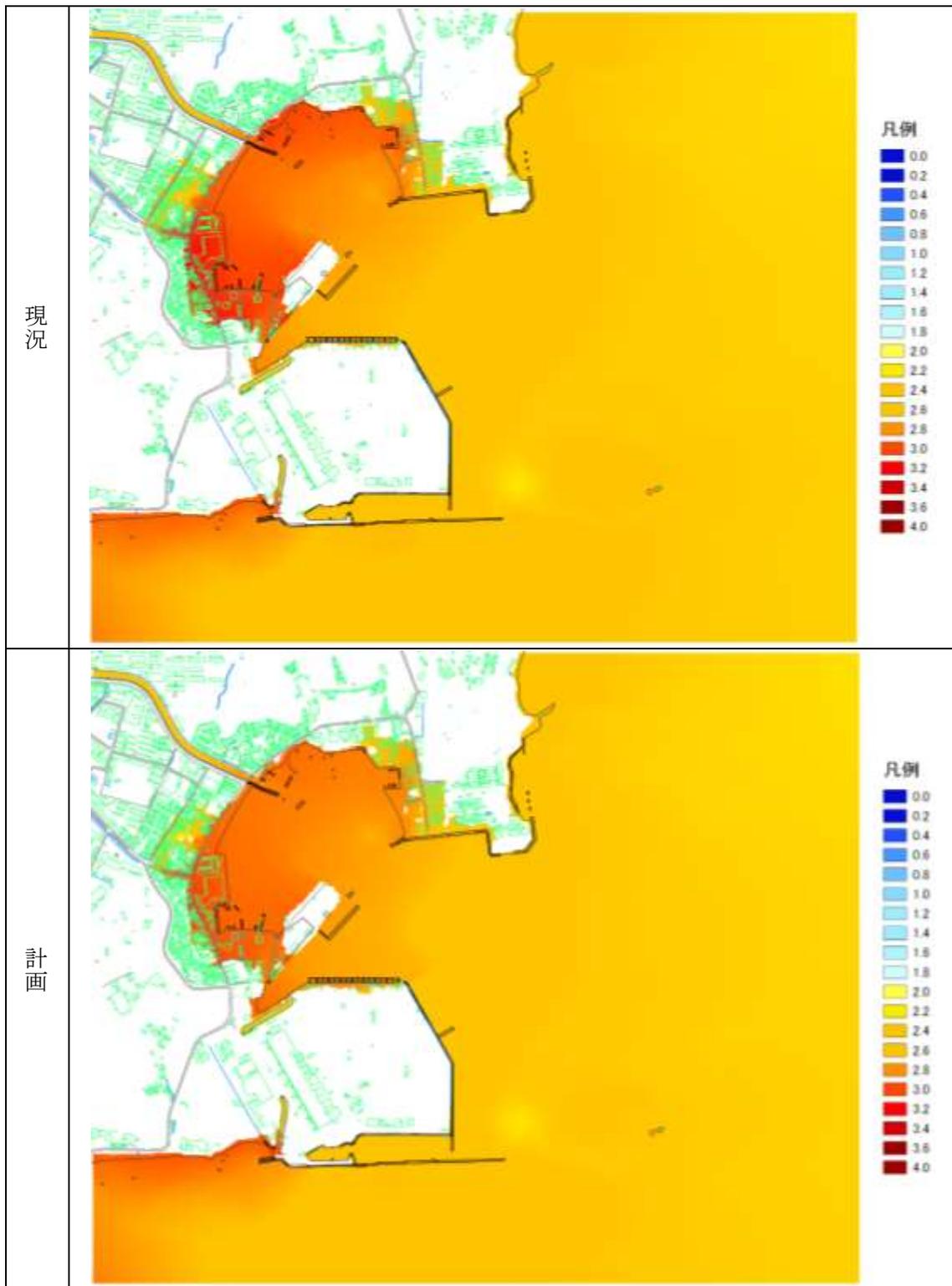


図 - 8-5 最大水位分布 第7領域 (H.W.L 時)

(2) 最低水位分布

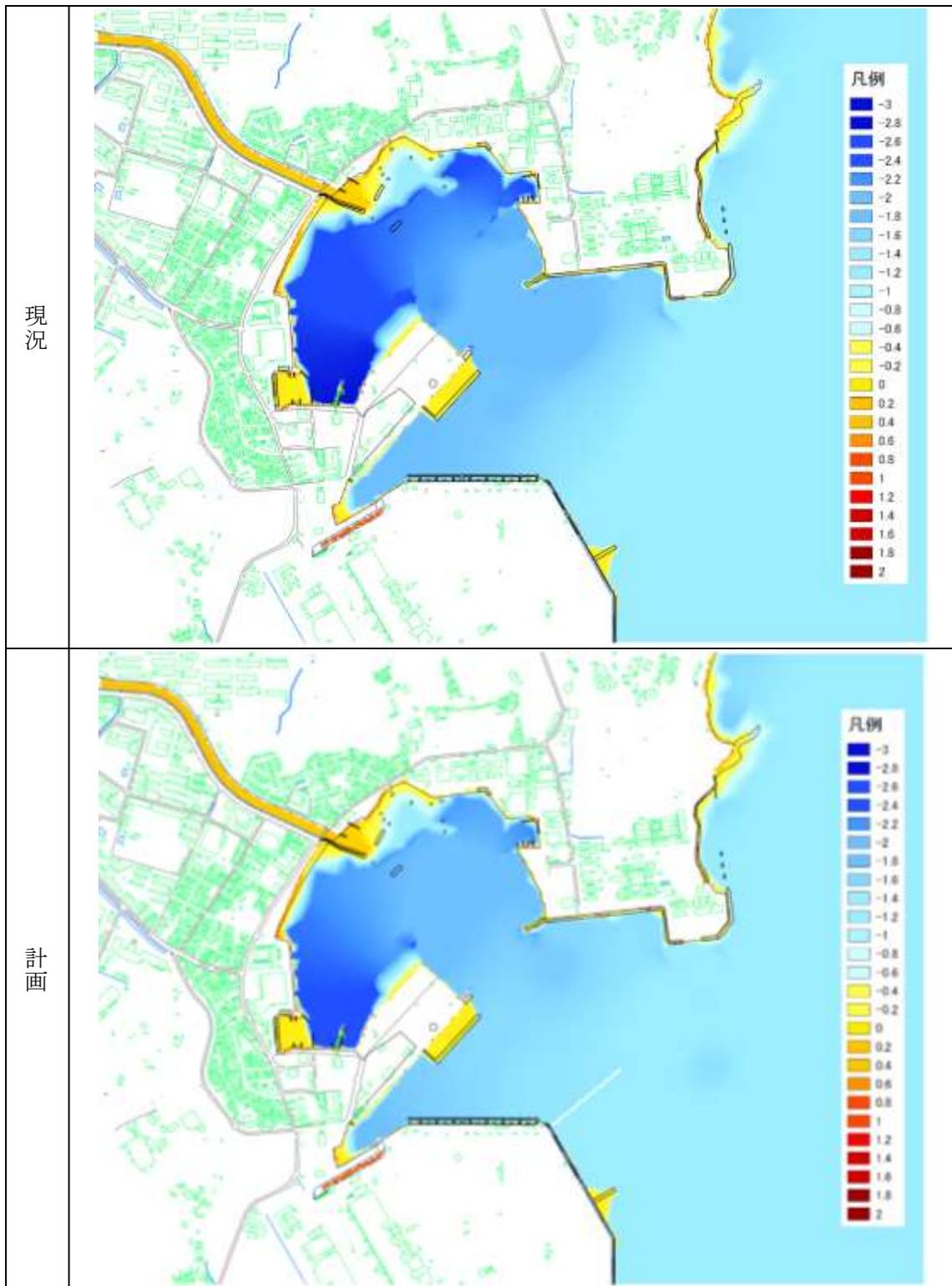


図 - 8-6 最低水位分布 第7領域(H.W.L時)

(3) 最大浸水深分布

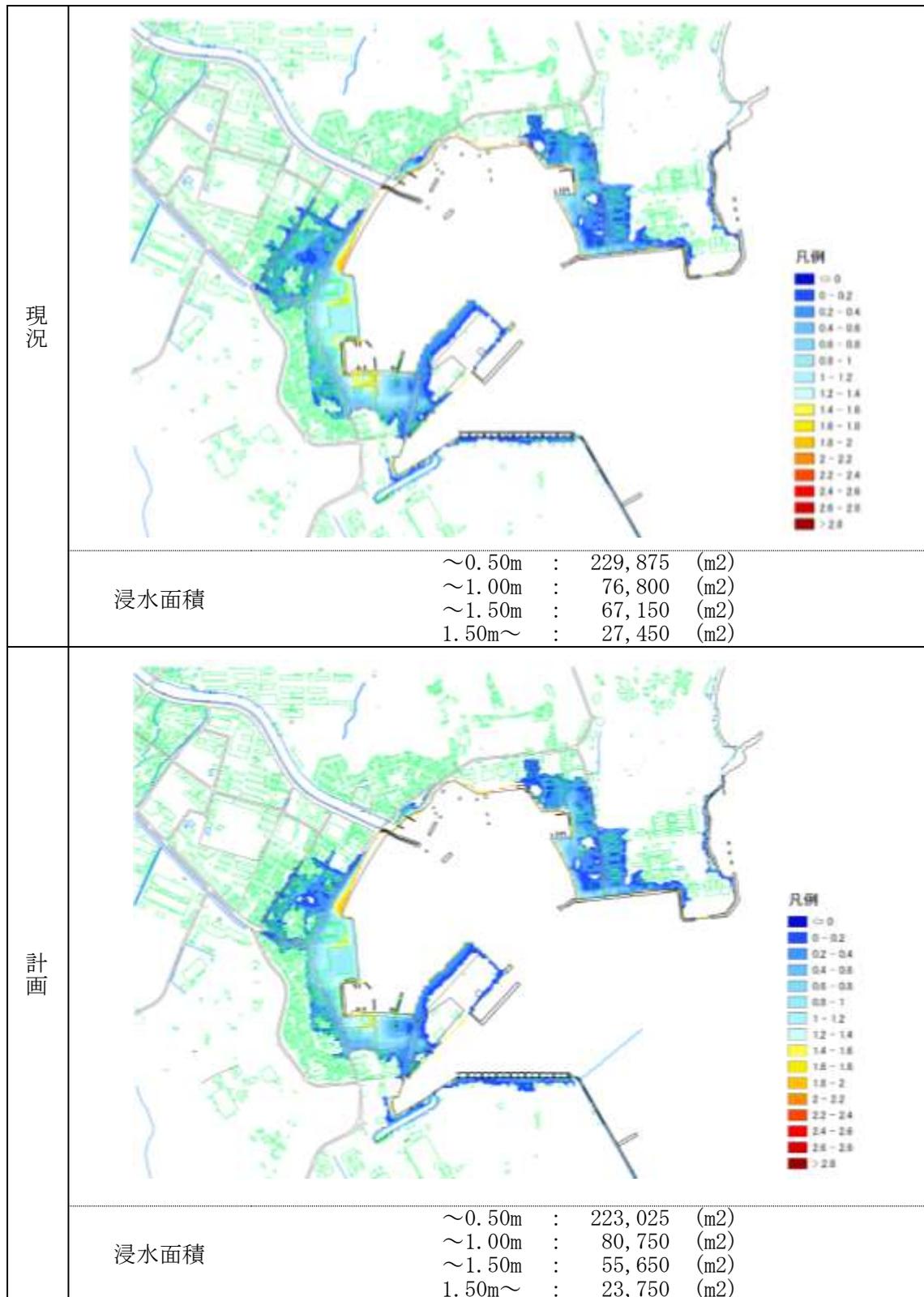


図 - 8-7 最大浸水深分布 第7領域(H.W.L時)

(4) 最大流速分布

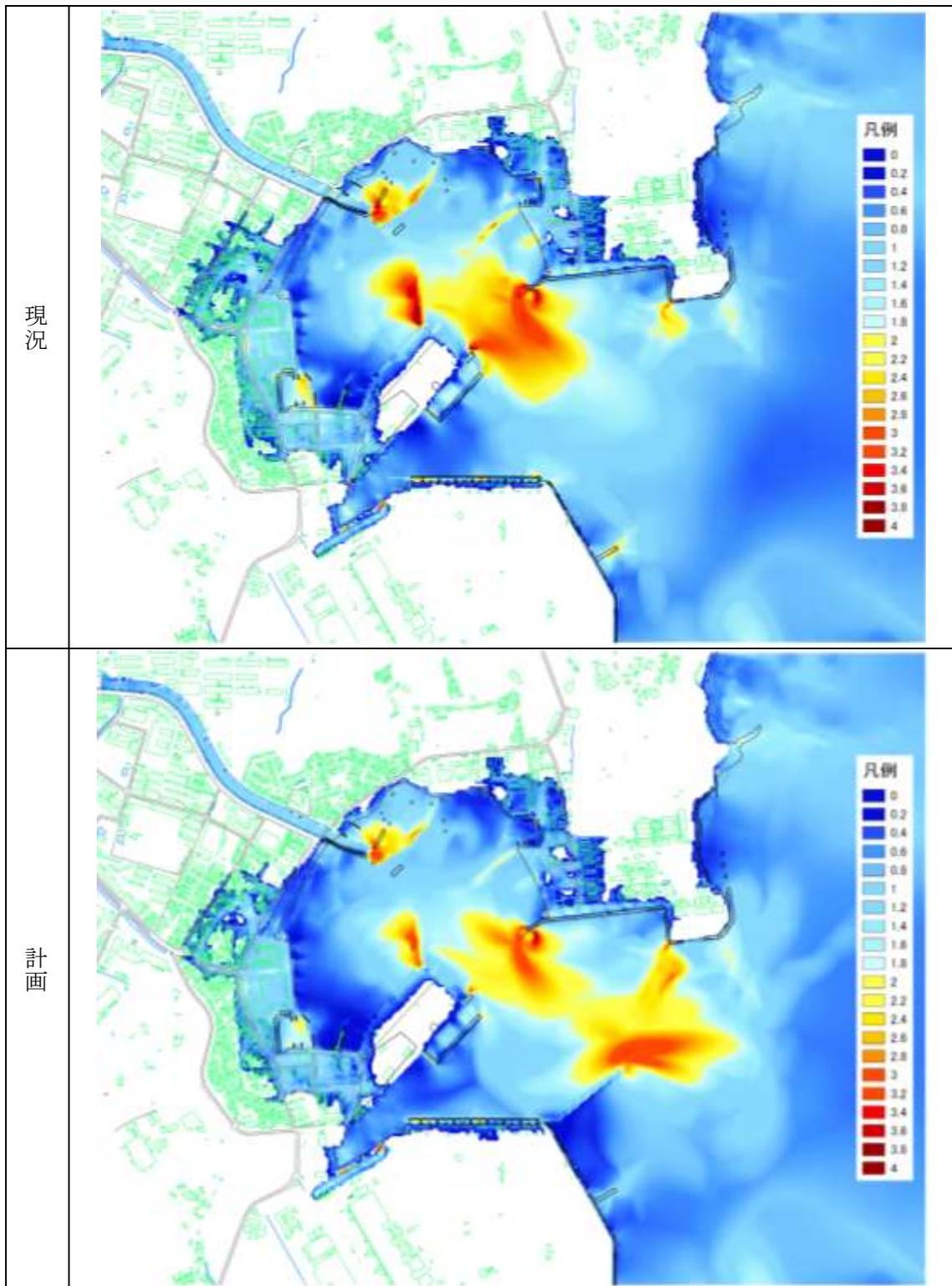


図 - 8-8 最大流速分布 第7領域(H.W.L時)

8-2. 結果の概要(分布図)

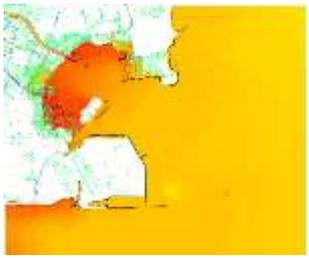
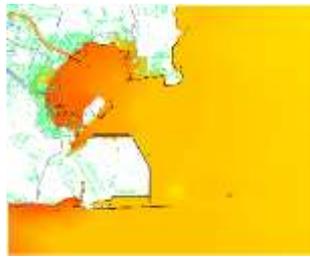
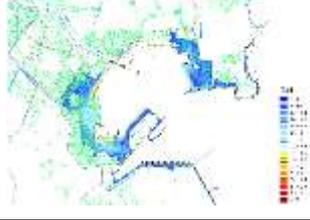
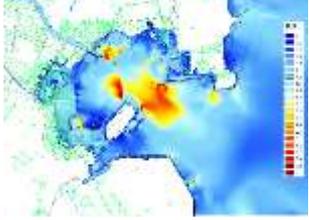
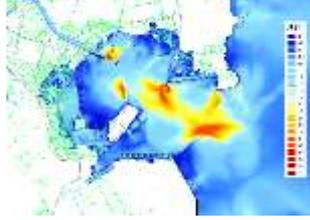
概要	現況	対策
<ul style="list-style-type: none"> ・最大水位は陸域の遡上している箇所 所で0.10m~0.15m程度、対策により 水位が低くなる。 	最大水位	
<ul style="list-style-type: none"> ・防護施設の背面西側では0.02m程 度対策により水位が高くなる箇所が ある。これは防護施設により港内に 侵入した津波が引き難くなったこと が影響していると考えられる。 		
<ul style="list-style-type: none"> ・最低水位は防護施設により侵入し た津波が逃げにくくなる現象より、 現況の方が最低水位が低くなる傾向 にある。 	最低水位	
<ul style="list-style-type: none"> ・最大浸水深は浸水面積を見ると、 対策により浸水面積が20,000(m²) 程度減少していることがわかる。浸 水深別では「0.50m~1.00m」のラン クは対策の方が増えているが、これ は現況で1.00m以上の浸水深だった 箇所と考えられる。 		
<ul style="list-style-type: none"> ・最大流速は現況では港口部で大き な流速が発生していたが、対策では 対策施設先端部に大きな流速が生 じ、港口部ではやや流速が低くなっ た。 	最大流速	
		

図 - 8-9 結果の概要

8-3. 出力点における時刻歴水位及び流速変化

(1) 評価点設定位置

本検討において設定した防護施設において時刻歴波形の出力点を設定した。設定箇所は施設の両端及び100m間隔で前背面を考慮し、図 - 8-10 に示す位置に設けた。



図 - 8-10 評価点位置図

(2) 出力点における最大水位・最大流速とその時刻

出力点の水位及び流速において最大値及び最大値を記録した時刻を表 - 8.2 に示した。また各出力点の時刻歴波形グラフを図 - 8-11～図 - 8-14 に示した。

表 - 8.2 評価点における水位・流速の最大値及びその時刻(HWL 時)

番号	水位				流速	
	最大値 (T.P. m)	記録した時刻 (経過分)	最低値 (T.P. m)	記録した時刻 (経過分)	最大値 (m/s)	記録した時刻 (経過分)
1	2.47	46.22	-1.37	88.77	0.10	91.88
2	2.68	43.77	-	-	0.14	100.48
3	2.47	46.18	-1.36	88.85	0.17	136.17
4	2.65	43.83	-1.47	90.17	0.71	181.07
5	2.47	44.00	-1.36	88.85	0.47	93.07
6	2.57	43.83	-1.45	90.07	0.95	182.17
7	2.49	43.75	-1.50	90.68	2.00	93.30
8	2.51	43.73	-1.43	90.40	1.70	182.33

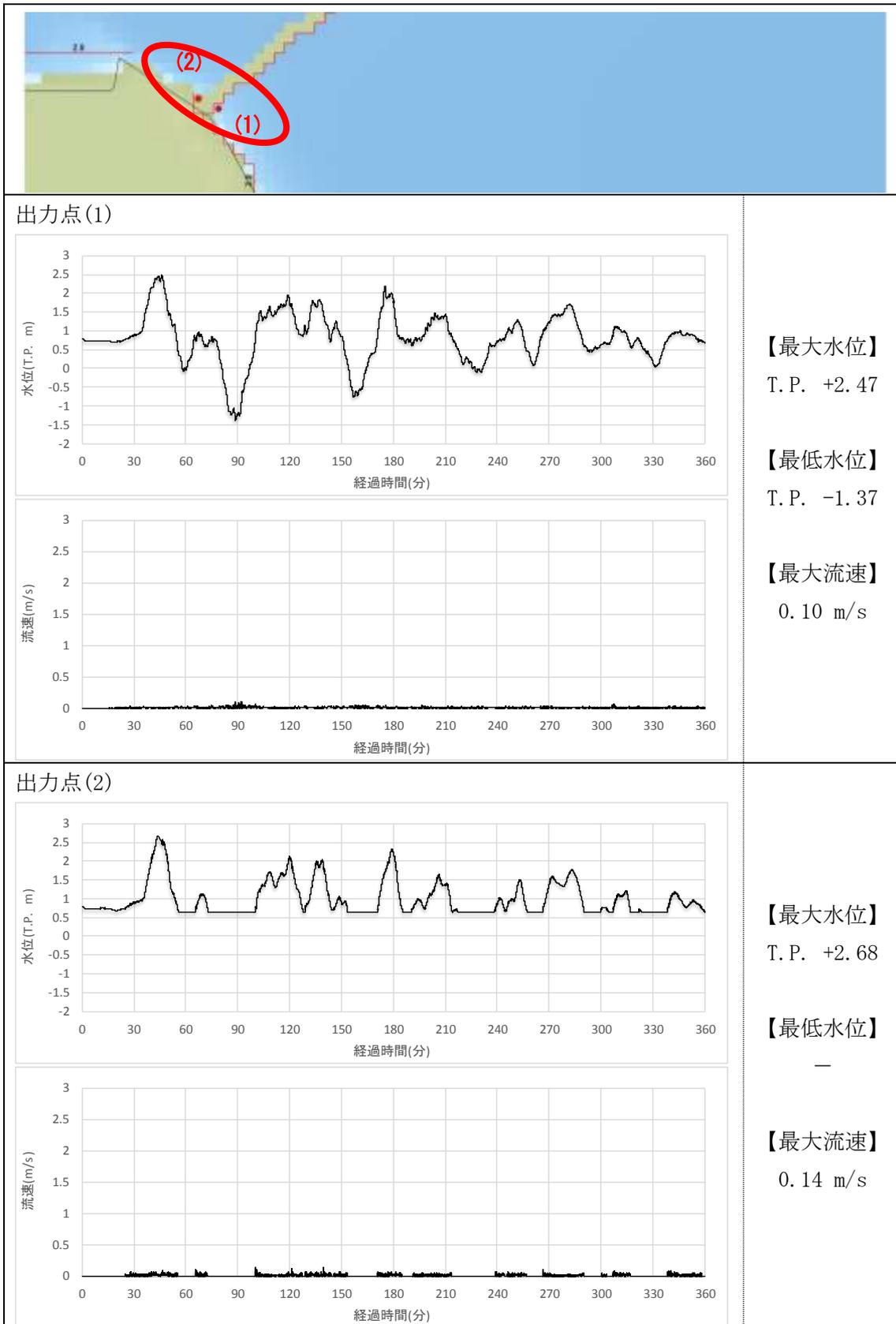


図 - 8-11 時刻歴水位・流速(出力点1・2)

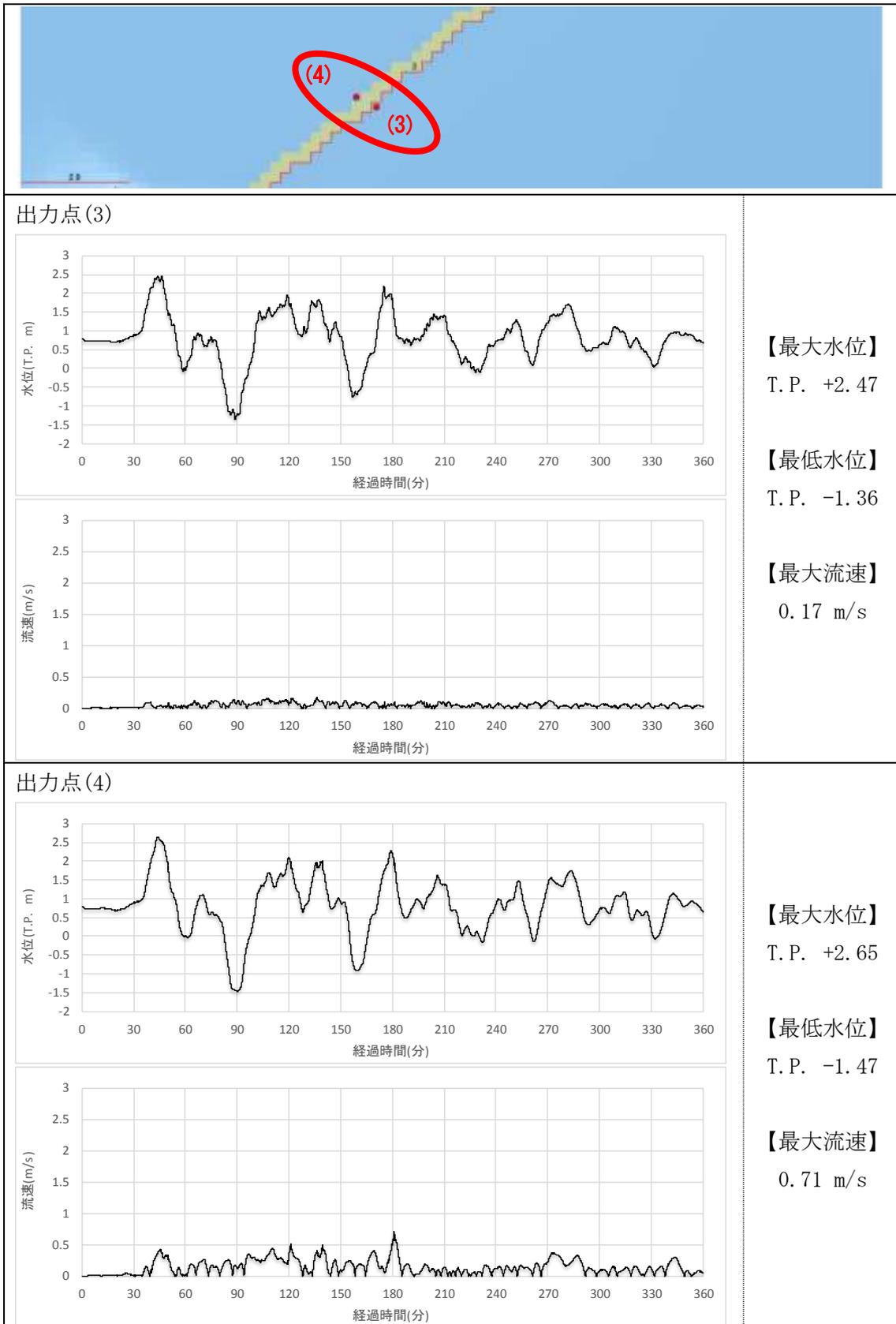


図 - 8-12 時刻歴水位・流速(出力点3・4)

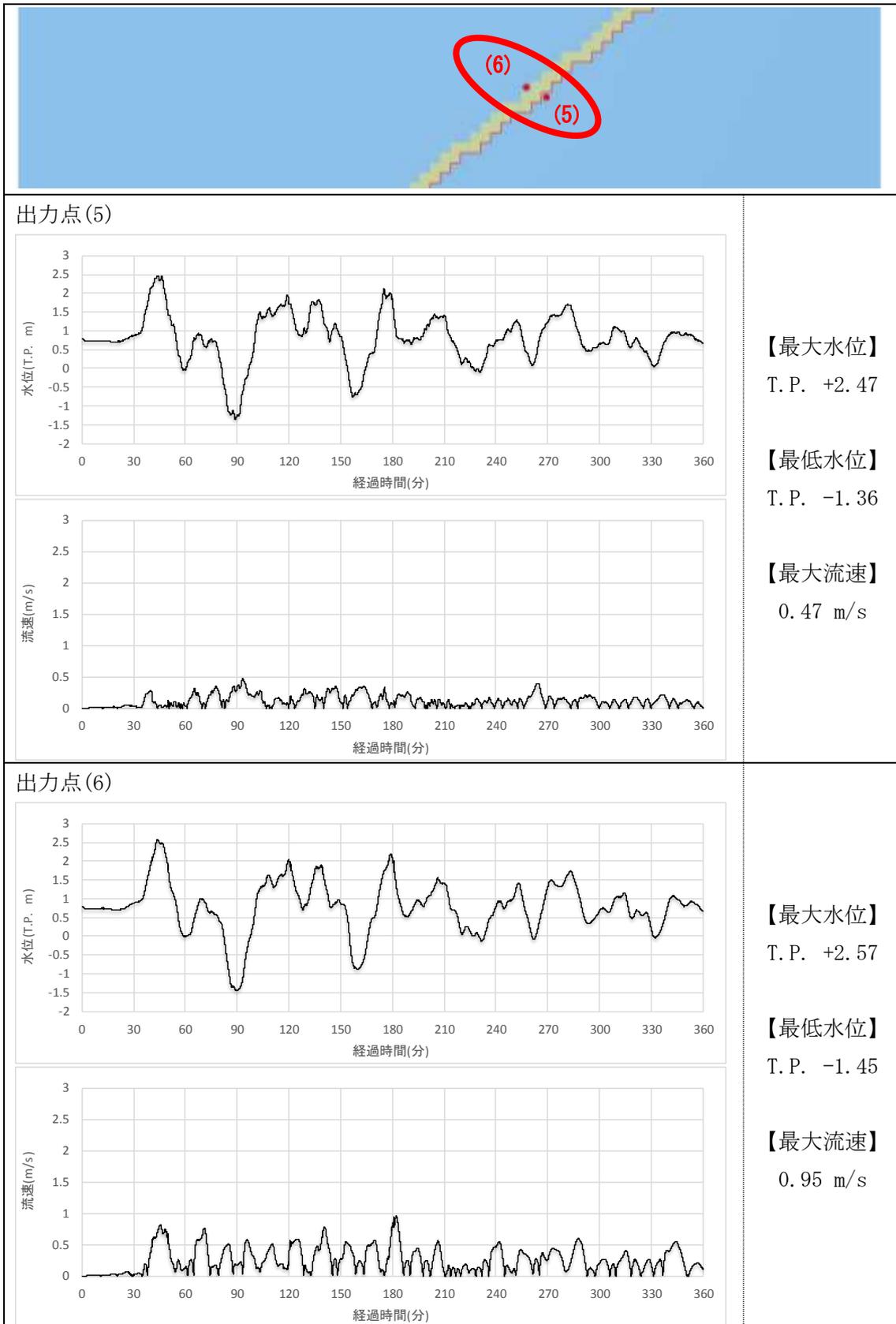


図 - 8-13 時刻歴水位・流速(出力点5・6)

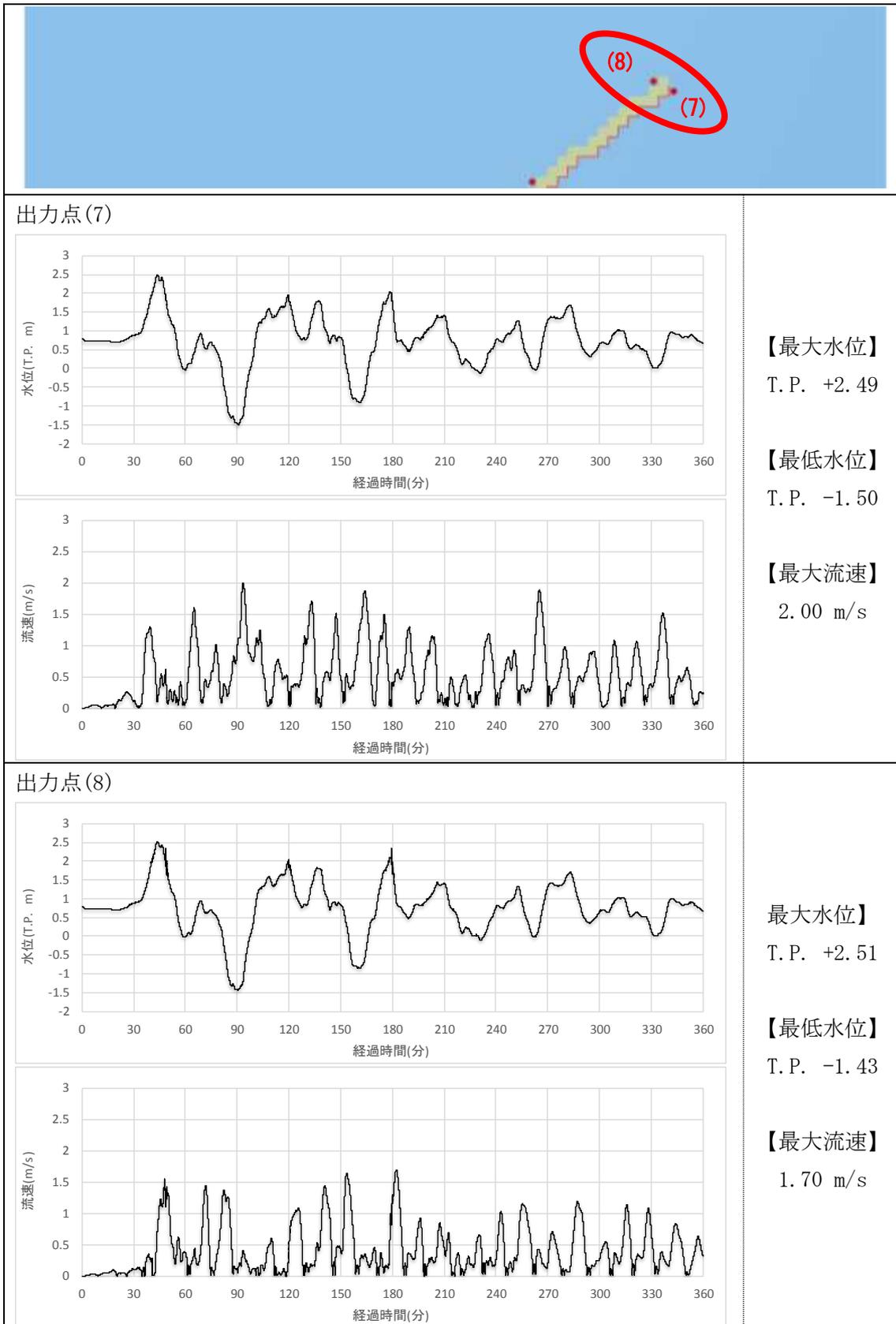


図 - 8-14 時刻歴水位・流速(出力点7・8)