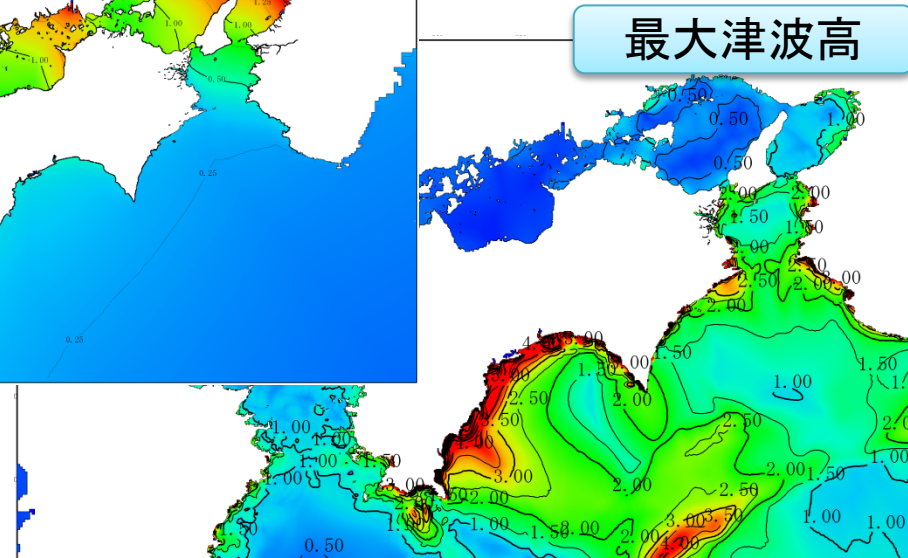
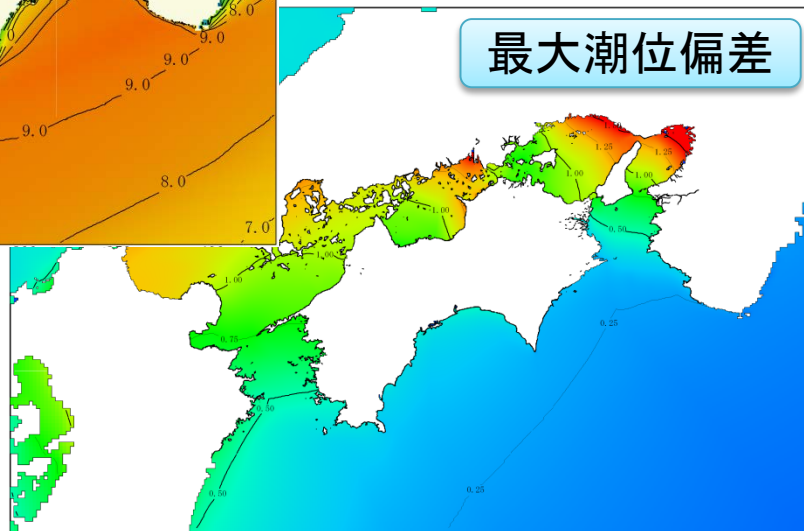
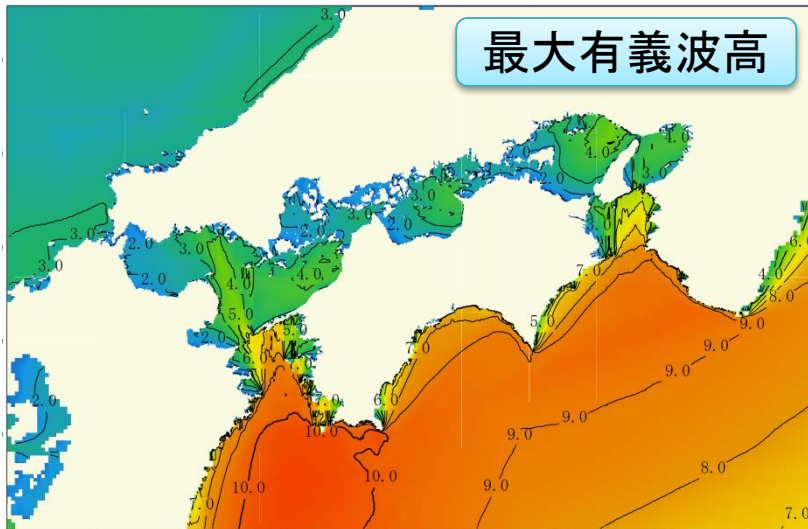


第5回 民間技術交流会 防災総合数値解析システム



株式会社 エコー 防災・水工部

防災総合数値解析システム構築の背景および目的

背景

- 近年、広域にわたる被害を及ぼした高潮・高波や、今後、発生が危惧される東海・東南海・南海地震津波についての防災・減災対策が緊急の課題である。
- 一般的に、波浪推算・高潮推算・津波計算のプログラムは、個々に作動しており、解析に多大なコスト・労力・時間を要するとともに、推算・計算時に作成・収集されたデータが活用されていない。
- 気象・海象情報や推算情報・災害関連情報等、一括管理されたツールがない。

目的

発生する高波・高潮・津波の現象を迅速かつ簡易に解析するとともに、災害等の関連情報を収集・管理できる総合的な数値解析システムの構築を行うことで、従来に比べコスト・労力・時間の軽減を図る。

このシステムを運用・維持・管理することで、沿岸域における防災・減災対策の円滑な推進を図る。

防災総合数値解析システムの利点及び効果 1

広域解析

○高潮・津波の現象は、時空間規模が大きく、影響が広域に及び、**現象の解明は広域を対象**とする。

- ・数値計算の入力条件が、**広域において共通**となる。
(例:津波波源条件、高潮時の台風条件)
- ・数値解析の品質が、広域において同水準で確保され、**相互比較**ができる。
- ・広域災害の解析を同時に行い、**同基準**により被災状況が評価できる。
- ・広域災害の防災計画を**同一の情報(データ)と解析手法**で作成できる。

データベースによる利点

- ・災害現象の解析において、**複数の情報を迅速に抽出**し、解析に活用できる。
- ・情報毎に**共通する書式**によって保管され、効率的な活用ができる。
- ・利用者への情報提供が、**迅速かつ容易**にできる。
- ・情報が最新の状態に更新され、**維持・管理が容易**にできる。

防災総合数値解析システムの利点及び効果 2

システム化による利点

- ・港湾・海岸及びその背後における被災情報の収集・分析と数値解析による**評価が共通**となる。
- ・解析に使用する情報（データ）及び手法は、特徴が同じ沿岸域で**共通**となる。
- ・災害現象の解明や防護水準の現状評価及び対策立案が**迅速に実施**できる。
- ・地域間の災害現象の比較や対策の必要性を**同じ基準で評価**できる。
- ・災害関連情報を提供する場合の**基礎資料の作成が容易**となる。
- ・定期的な**解析情報の更新**や**最新の解析手法の導入**が容易となる。
- ・災害情報に関する共通の管理がなされ、地域の被災危険度を**同基準で評価**できる。
- ・個々の災害現象が高い精度で再現され、**対策立案に必要な情報が提供**できる。
- ・ハード対策を計画するための災害発生時の**外力を確率的に評価**できる。
- ・ソフト対策の前提条件となる想定最大規模の**外力条件を設定**できる。
- ・共通手法による費用効果分析の基礎情報が提供でき、**地域間の比較**ができる。
- ・効率的かつ効果的な**災害対策事業に有効な情報**として提供できる。

防災総合数値解析システムの利点

現状

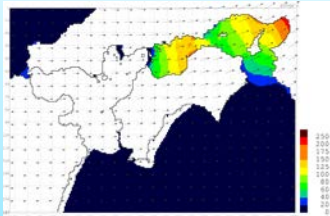
波浪推算システム



入力データ

地形データ
気象観測データ
海象観測データ

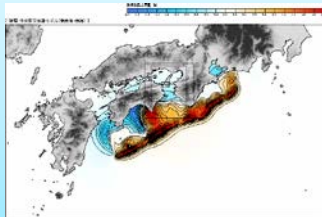
高潮推算システム



入力データ

地形データ
構造物データ
気象観測データ
海象観測データ

津波計算システム



入力データ

地形データ
構造物データ
波源域データ

既存の気象観測情報

気象庁発表気象情報
全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)
etc

総合
管理

システム完成時

総合数値解析システムでは、地形データや観測データを共有し、地形・構造物のデータ更新などメンテナンスを容易にし、各システムが同様の基礎条件で迅速に行えるようにする。

防災総合数値解析システム



入力データ

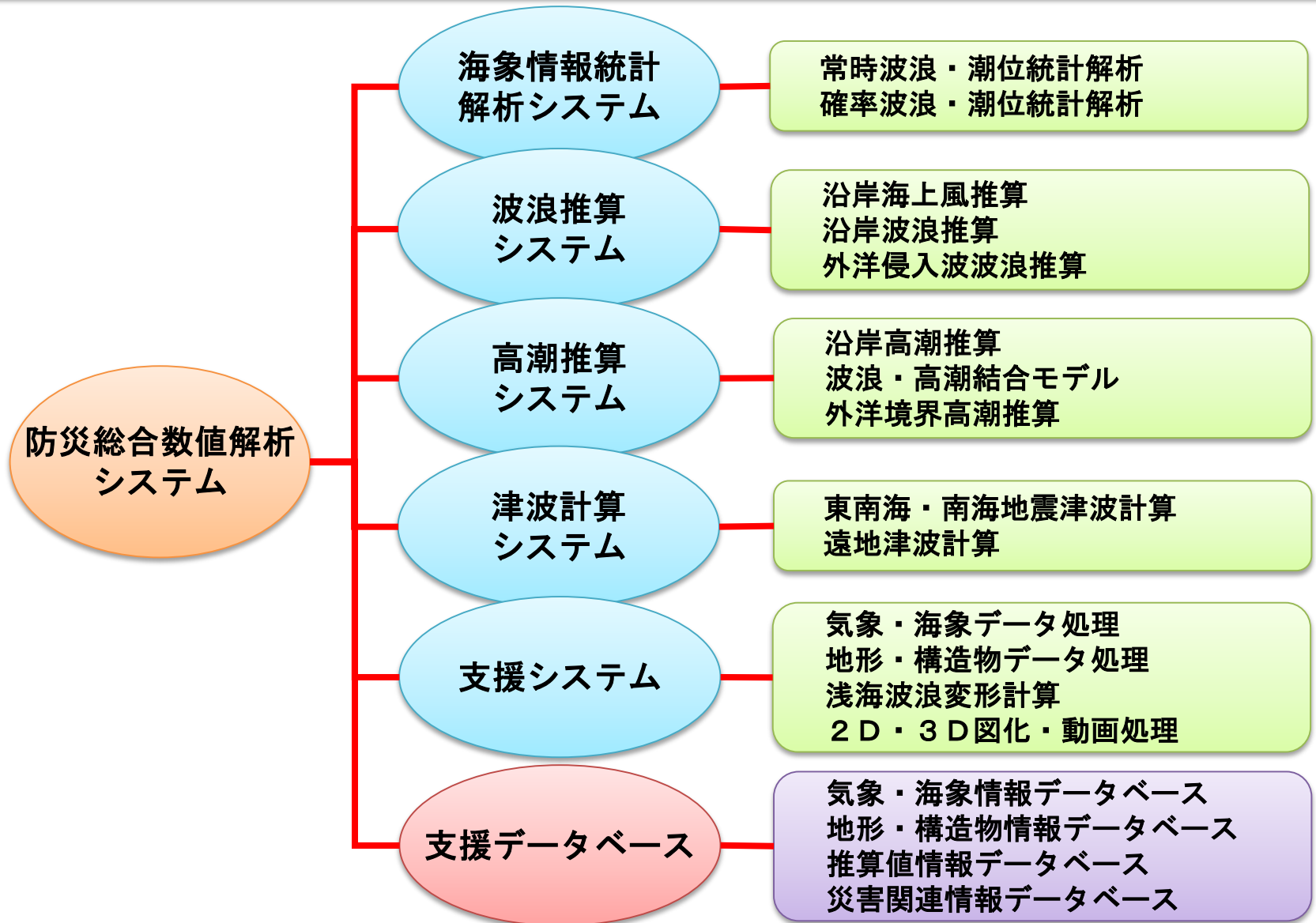
地形データ
構造物データ
気象観測データ
海象観測データ
波源域データ

気象庁発表気象情報
全国港湾海洋波浪情報網
沿岸気象海象情報配信システム
etc

再現シミュレーション結果
解析結果
災害・被災情報

詳細な地形データや蓄積された各種データを活用し、潮流・漂流物新たに行おうとするシミュレーションデータとして安価・迅速に利用できる。
陸域地盤データを追加して、越波による浸水域や高潮による浸水域の計算など機能アップを図る。

防災総合数値解析システムの構成



防災総合数値解析システムの概要

常時波浪・潮位統計解析
確率波浪・潮位統計解析

常時の観測値・推算値の統計解析（波浪・潮位出現頻度等）
年最大値・極大値の極値統計解析（設計波浪・潮位の算定等）

沿岸海上風推算
沿岸波浪推算
外洋侵入波波浪推算

複雑な陸上地形の影響を考慮した海上風の推算
沿岸域を対象とする浅海波浪推算
外洋境界からの侵入波浪を対象とする深海波浪推算

沿岸高潮推算
波浪・高潮結合モデル
外洋境界高潮推算

沿岸域を対象とする陸域浸水を考慮した高潮推算
波浪と高潮を同時に推算
外洋境界で発生する高潮時の偏差を対象とする高潮推算

東海・東南海・南海地震津波計算
遠地津波計算

東海・東南海・南海地震による津波を対象とする津波浸水計算
遠地から伝播する津波を対象とする津波浸水計算

気象・海象データ処理
地形・構造物データ処理
浅海波浪変形計算
2D・3D図化・動画処理

天気図の処理を行うサブシステム
海岸線・水深・地盤高・構造物データの処理を行うサブシステム
海岸までの浅海域の波浪変形計算を行うサブシステム
計算結果の2D・3D図化・動画等の作成処理を行うサブシステム

気象・海象情報データベース
地形・構造物情報データベース
推算値情報データベース
災害関連情報データベース

海岸線・水深・地盤高・構造物情報を保管するデータベース
気象観測値・天気図等を保管するデータベース
波浪・高潮・津波の推算値を保管するデータベース
災害に関する情報を保管するデータベース

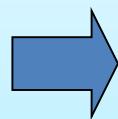
防災総合数値解析システム活用例

災害分析機能

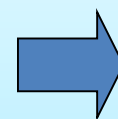
- 港湾・海岸の被災要因を分析し、原因特定を迅速に行い対策の基礎資料を得る。



被災要因の特定
を行うためシミュ
レーションの実施



被災施設の
設計条件との
比較



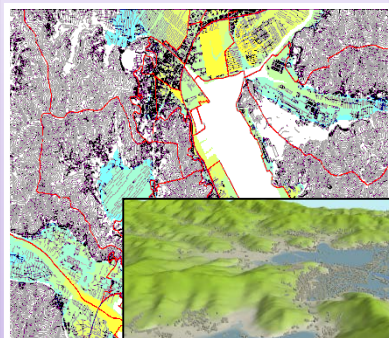
復旧対策の
基礎資料とし
て活用

被災時の気象・海象情報を速やかに入手入力し、施設被災の原因特定や再発防止対策など必要な情報について技術的支援を迅速に行う。

防災総合数値解析システムの「波浪推算システム」、「高潮推算システム」、「津波計算システム」により、高波、高潮、津波の**再現計算**が可能。

防災対策機能

- 各災害における防護施設の評価を行い、対策の基礎資料を得る。



気象擾乱の状況や津波波源域の変更、施設の整備水準等のシミュレーション条件を多数変化させた計算ができる。

（区間毎の整備条件、水門の開閉状況等の条件変化、最悪ケースの想定等）

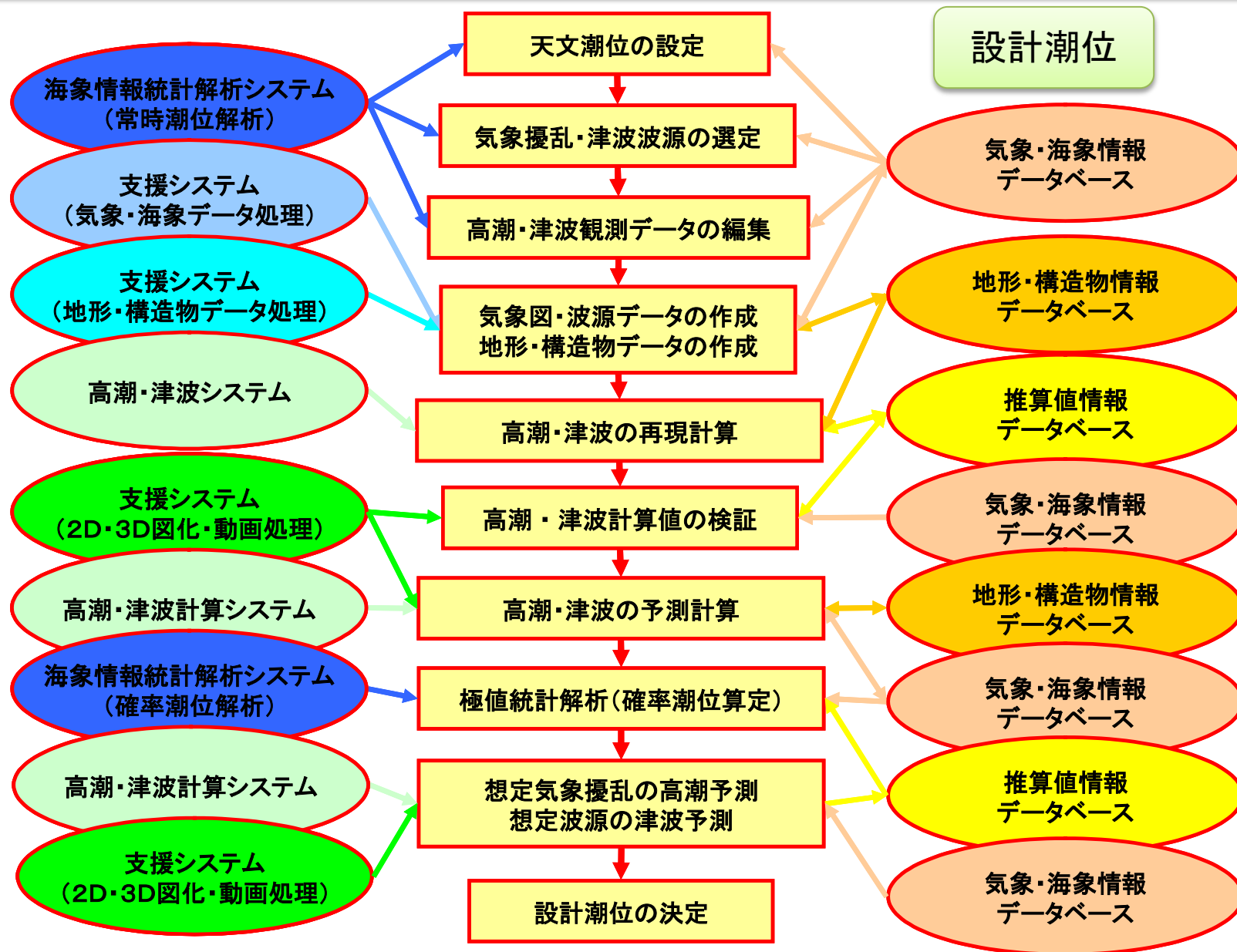


防護施設の弱点を把握

よりきめ細やかな防災対策の検討に必要な基礎資料となる。
効果的な整備手順の検討、施設整備水準の効果検証 等

防災総合数値解析システムの「波浪推算システム」、「高潮推算システム」、「津波計算システム」により、高波、高潮、津波の**予測計算**が可能。

防災対策機能(施設の危険度評価)運用時のフローとシステムの関係例



システム機能説明

入力データ

○津波計算（計算格子間隔:1,350m, 450m, 150m, **50m, 10m(浸水計算)**）

- | | | |
|--------------|----------------------------|----------|
| ①地形境界データ | : 海域・陸域を判別する格子データ | (MAGデータ) |
| ②計算格子データ | : 計算, 非計算点を判別する格子データ | (MAPデータ) |
| ③水深・地盤高データ | : 水深・地盤高を表現する格子点数値データ | (DEPデータ) |
| ④構造物天端高基準データ | : 防護施設の高さ基準を表現するデータ | (REGデータ) |
| ⑤構造物天端高データ | : 防護施設を表現する線境界数値データ | (BDHデータ) |
| ⑥土地利用データ | : 陸上の土地利用状況を表現する格子データ | (TCHデータ) |
| ⑦初期波源データ | : 中央防災会議津波初期水位データ | (INIデータ) |
| ⑧地震断層パラメータ | : 安政南海地震など津波初期波源を設定するパラメータ | |

○波浪推算, 高潮推算

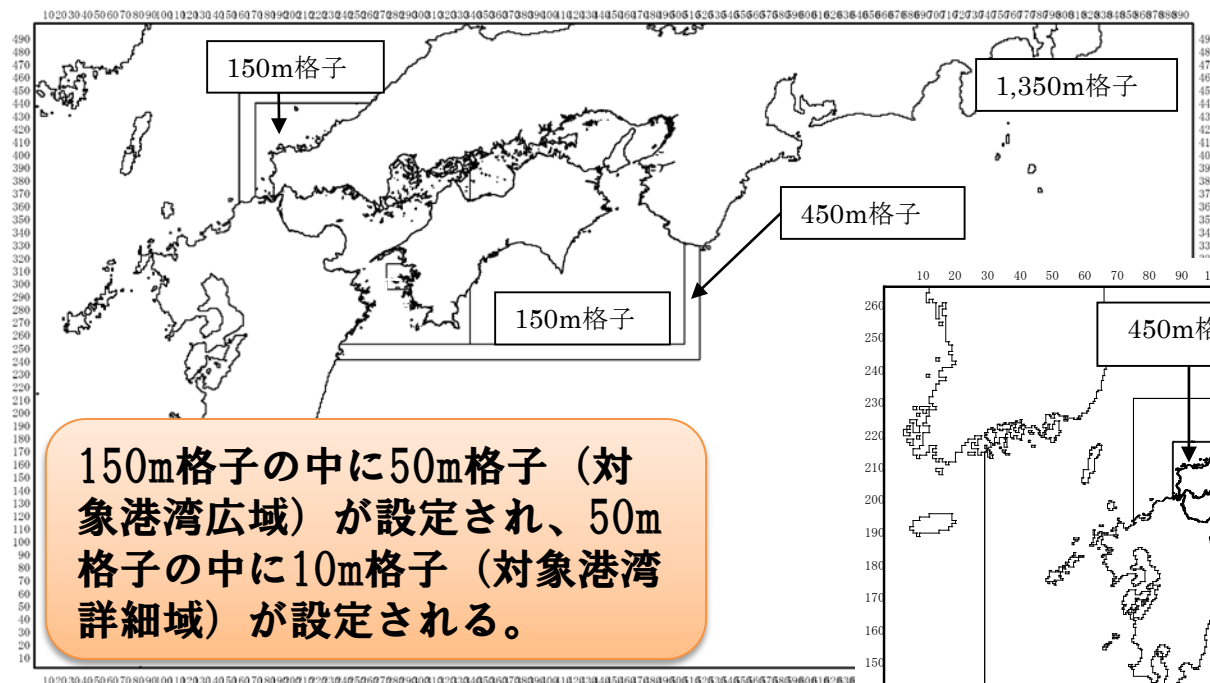
（計算格子間隔:5,400m, 2,700m, 1,350m, 450m, **150m, 50m(浸水計算)**）

- | | | |
|--------------|------------------------|----------|
| ①地形境界データ | : 海域・陸域を判別する格子データ | (MAGデータ) |
| ②計算格子データ | : 計算, 非計算点を判別する格子データ | (MAPデータ) |
| ③水深・地盤高データ | : 水深・地盤高を表現する格子点数値データ | (DEPデータ) |
| ④構造物天端高基準データ | : 防護施設の高さ基準を表現するデータ | (REGデータ) |
| ⑤構造物天端高データ | : 防護施設を表現する線境界数値データ | (BDHデータ) |
| ⑥土地利用データ | : 陸上の土地利用状況を表現する格子データ | (TCHデータ) |
| ⑦台風パラメータ | : 気圧, 海上風を推算するためのパラメータ | |

※波浪推算単独であれば青字のデータは不要

システムの計算領域

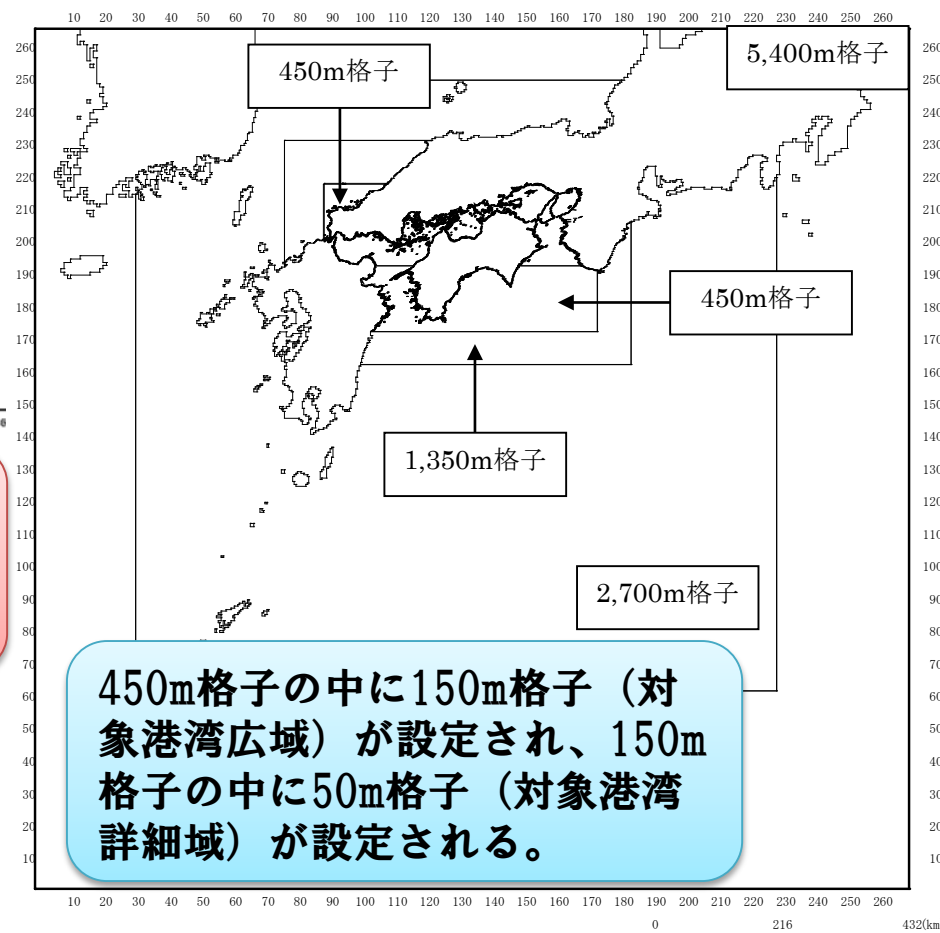
津波計算領域構成



150m格子の中に50m格子（対象港湾広域）が設定され、50m格子の中に10m格子（対象港湾詳細域）が設定される。

津波計算は、150m格子領域まで、波浪・高潮推算は、450m格子領域までは、固定である。

波浪推算，高潮推算領域構成



450m格子の中に150m格子（対象港湾広域）が設定され、150m格子の中に50m格子（対象港湾詳細域）が設定される。



津波計算システムの概要

防災総合数値解析システムにおける津波の数値計算法は、現在、最も適用例の多い鉛直方向に積分した非線形長波方程式を、通常型の数値計算法として採用する。

連続式:

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

運動方程式(x方向):

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) \\ = +fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho} \frac{\partial \rho_0}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) + Ah \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned}$$

運動方程式(y方向):

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) \\ = -fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho} \frac{\partial \rho_0}{\partial y} + \frac{1}{\rho} (\tau_{sy} - \tau_{by}) + Ah \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned}$$

η : 水位変動量, M : x方向流量フラックス, N : y方向流量フラックス, D : 全水深, h : 静水深,
 f : コリオリ係数, g : 重力加速度, ρ : 密度, τ : セン断力 (s : 海面, b : 海底), A : 渦動粘性係数

波浪・高潮推算結合モデルの概要（構成）

高潮推算（単独）
設計潮位算定

高潮推算（外洋高潮）
○非線形長波モデル
（港湾局モデル）

高潮推算（沿岸高潮）
○非線形長波モデル
（港湾局モデル）
・Wave Setup

高潮推算（港湾高潮）
○非線形長波モデル
（三大湾モデル）
・Wave Setup
・越流，越波
・陸域浸水

外洋

沿岸

港湾

波浪推算（単独）
設計沖波算定

波浪推算（沖波）
○WAMモデル
（港湾局モデル）

波浪推算（浅海波浪）
○MRIモデル
・地形性砕波

波浪変形計算
○エネルギー平衡方程式
（間瀬ら（1999）のモデル）
・回折
・地形性砕波

計算領域の構成

外洋領域：～450m

沿岸領域：150m

港湾領域：50m

○MRIモデルより得られる波浪諸元，Radiation Stressを用い，高潮推算にてWave Setupの効果，越波を算定
○高潮推算により得られる潮位偏差をMRIモデルの水深に加え，台風来襲による水位の変化を考慮

波浪・高潮推算結合モデル

津波計算システムメイン画面

<処理機能>

○画面对話形式

○入力条件の選択形式

・港湾及び海岸

・想定外力条件

・地形条件

・潮位条件 等

○「OK」でプログラムの作成、計算の実施

○計算終了後、所定のフォルダに保存

入出力ファイル設定

概要 | 領域 | 時間・粘性等 | 断層 | 入力ファイル | 出力 | 内容説明 | データベース

Mapファイル名 参照

計算方法
☒ 津波計算
☐ 高潮計算

計算層
層数
層厚(m)(編集可) 第1層: -1 m

計算基準点経緯度
東経 ° ' " 北緯 ° ' "

地形・水深データの画面出力の判定

代表時刻の水位平面分布の画面出力の判定

陸上浸水計算の判定

OK キャンセル 適用(A)

2D・3D図化・動画処理(サブシステム要素)(例:津波計算)

<処理機能>

- 画面对話形式
- 出力条件の選択形式
 - ・港湾及び海岸
 - ・想定外力条件
 - ・地形条件
 - ・潮位条件 等
- 画面・紙面出力対応
- 拡大・縮小可能
- ファイル形式の出力
- 資料への取込み

表示設定

港湾: smnt, 日和佐港, askw, imbr, kmtj

ケース名: HWL_g_001, HWL_g_002, HWL_g_003, HWL_g_004

計算条件

想定地震: 中央防災会議(東南海・南海), 高知県モデル(CASE3), 高知県モデル(CASE4)

地形: 構造物あり, 構造物なし

潮位: 設定潮位T.P.+1.15m, 設定潮位T.P.+1.27m

その他の条件

表示内容: 最大浸水深, 最大津波水位, 浸水開始時刻, 最大津波流速, 代表時刻流速

差分対象: HWL_g_001, HWL_g_002

市街地建物: ☐ 表示する, ☒ 表示しない

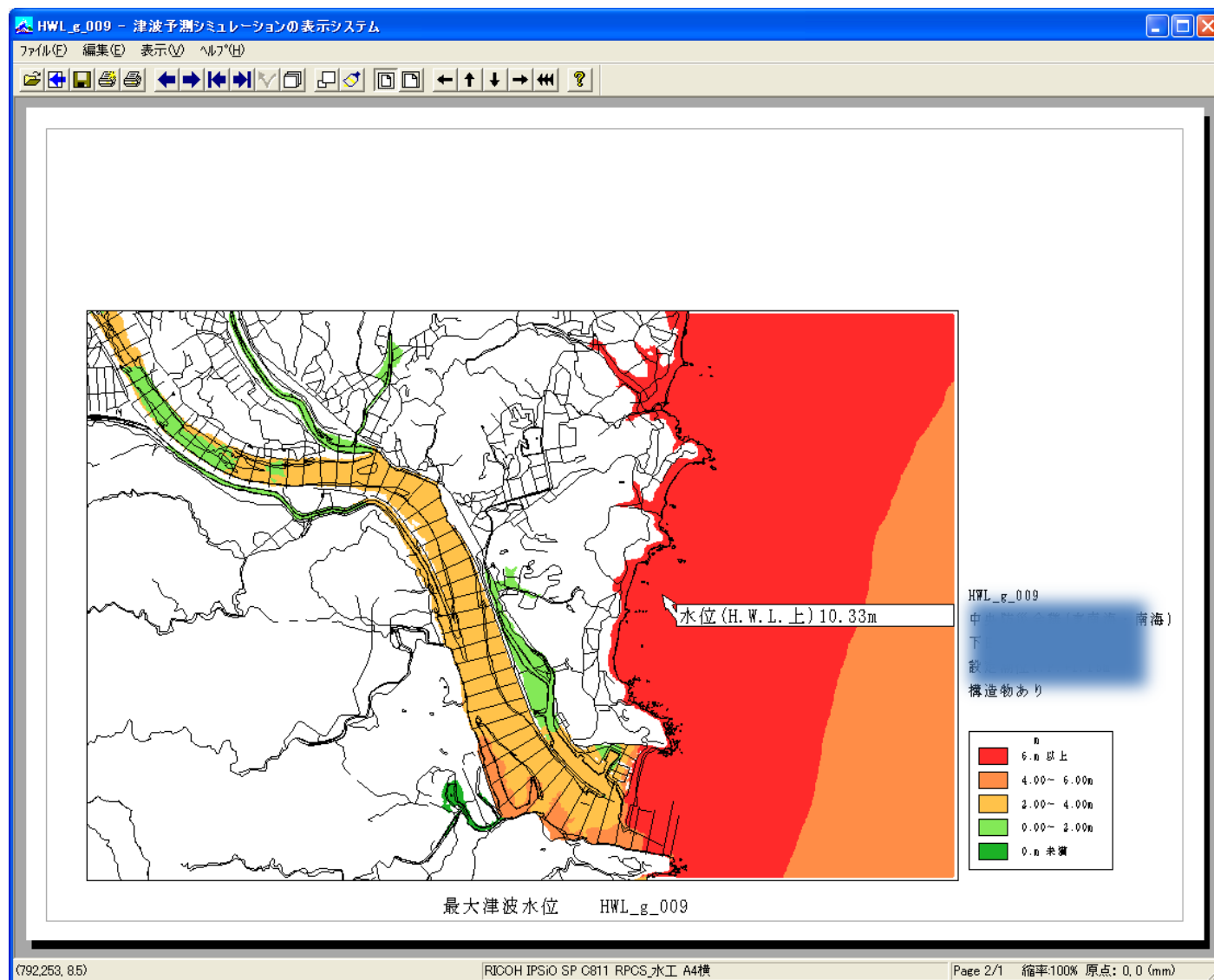
建物名称(拡大時): ☒ 表示する, ☐ 表示しない

OK キャンセル

2D・3D図化・動画処理(サブシステム要素) 津波計算結果の出力表示例

出力表示内容

- 最大浸水深
- 最大津波高
- 最大津波流速
- 代表時刻津波高
- 代表時刻流速
- 最大津波高差図
- 水位，流速時系列
- 動画

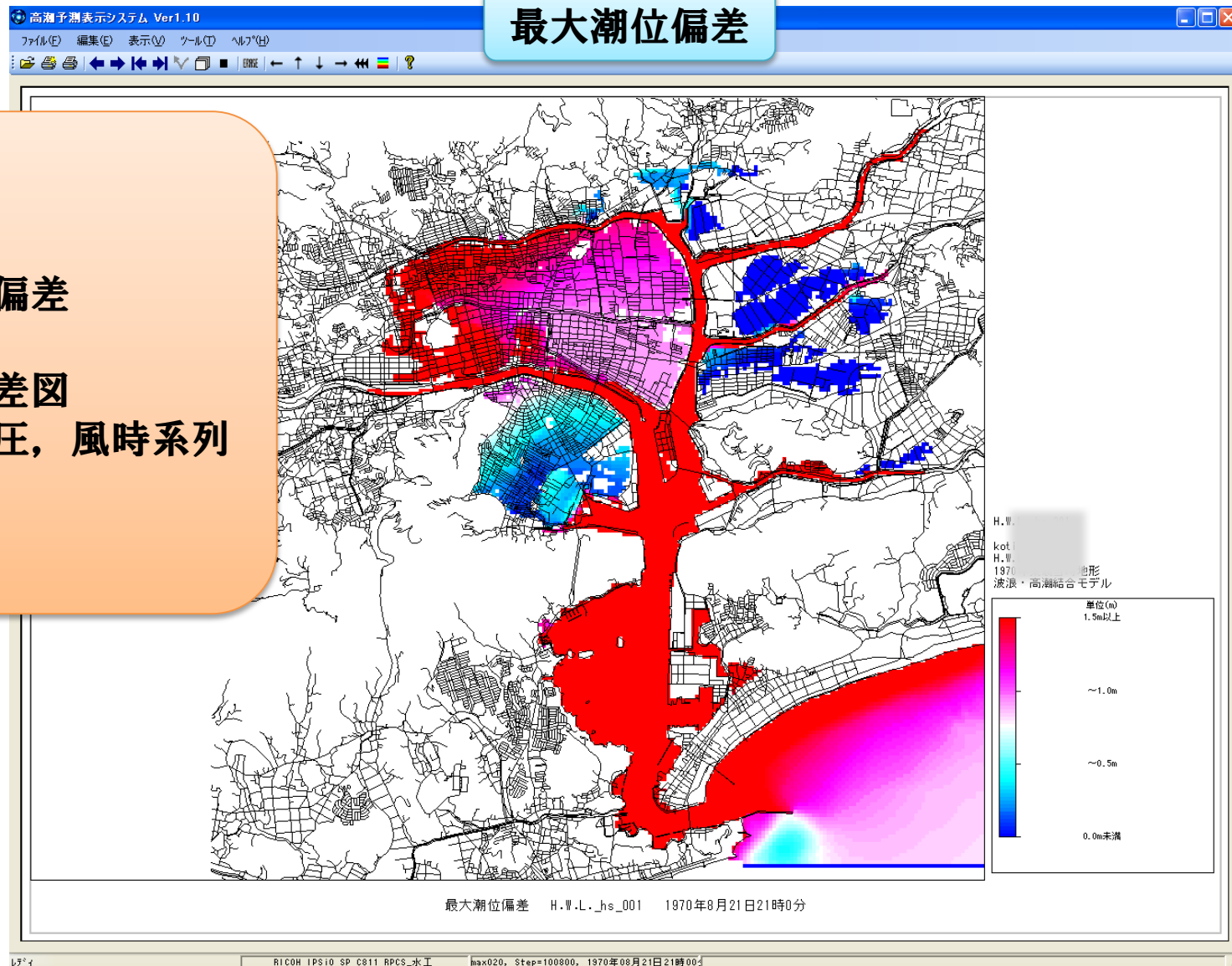


高潮推算結果の出力表示例

最大潮位偏差

出力表示内容

- 最大潮位偏差
- 最大流速
- 代表時刻潮位偏差
- 代表時刻流速
- 最大潮位偏差差図
- 潮位偏差, 気圧, 風時系列
- 代表時刻気圧
- 代表時刻風速
- 動画

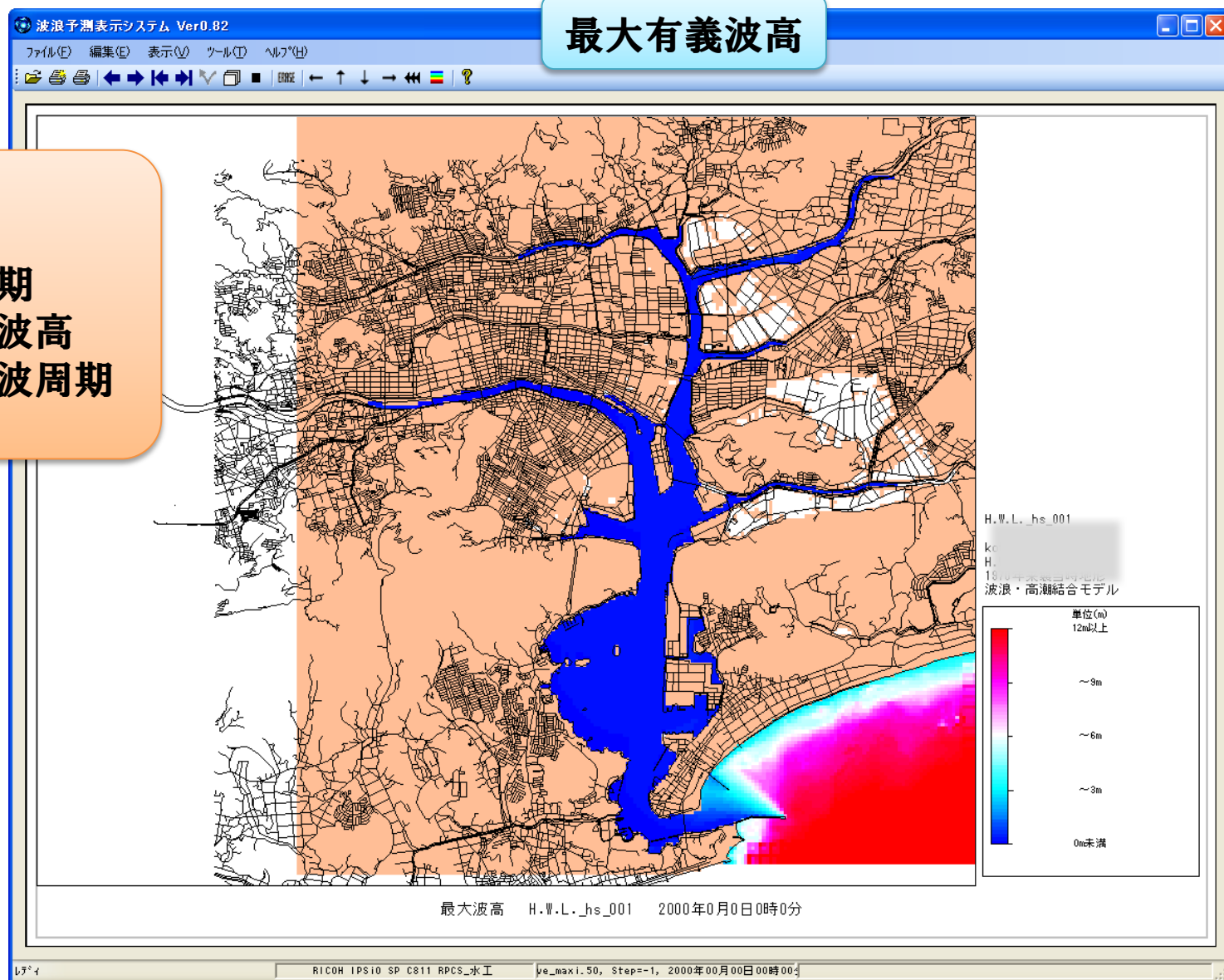


波浪推算結果の出力表示例

出力表示内容

- 最大有義波高
- 最大有義波周期
- 代表時刻有義波高
- 代表時刻有義波周期
- 時系列

最大有義波高



統計解析サブシステムの出力表示例

過去の気象擾乱時の波浪推算結果をデータベース化し、対象海域の任意地点の極値統計解析を行うシステムである。

