高潮・高波・浸水リアルタイム予測システム 技術仕様書

令和5年2月

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム VI. 国家レジリエンス(防災・減災)の強化 Sub 1. 高潮・高波ハザード予測システム開発

改訂履歴

No.	改訂年月日	対象項目	改訂内容	備考
1	令和5年2月28日	技術仕様書全体	新規作成	

高潮・高波・浸水リアルタイム予測システム技術仕様書

はじ	じめに		1
1.	. 本	書の利用にあたって	1
2.	,用	語説明	3
3.	. SII	P 第 2 期における開発内容及び仕様変更履歴	6
第1	編	要求仕様書(外部仕様書)	9
1.	全	体概要	9
2.	気	象場作成	10
3.	高	潮・高波	
4.	越	波越流・うちあげ高	
5.	浸	水	
6.	外	部との連携	12
	6.1.	自治体への予測情報提供	12
	6.2.	荒川水系におけるテーマ内連携	13
7.	ア	ンサンブル予測情報の解釈と今後の課題	14
	7.1.	アンサンブル予測情報の説明	14
	7.2.	アンサンブル予測情報の解釈	
	7.3.	今後の課題	
第 2	編	機能仕様書(内部仕様書)	
1.	気	象場作成	
	1.1.	週間アンサンブル	
	1.2.	メソアンサンブル	
2.	高	潮・高波	
	2.1.	潮汐	
	2.2.	高潮	40
	2.3.	高波	
	2.4.	データ同化	61
3.	越	波越流・うちあげ高	73
	3.1.	越波越流量	73
	3.2.	うちあげ高	
4.	浸	水	
	4.1.	機能説明	
	4.2.	システムフロー	
	4.3.	入出力データ	
	4.4.	制限事項と利用上の留意点	
5.	外	部との連携	
	5.1.	自治体への予測情報提供	85

目次

5.2.	荒川水系におけるテーマ内連携	
6. シ	/ステム構成	
6.1.	最終年度におけるシステム構成	
6.2.	将来のシステム構成(案)	96
第3編	技術仕様書	
1. 気	〔象場作成	
1.1.	空間内挿方法	
1.2.	時間内挿方法	
1.3.	台風中心の追跡	
1.4.	台風中心の推定	
1.5.	台風が複数存在する場合の処理	
2. 直	所潮・高波	
2.1.	潮汐	
2.2.	高潮	
2.3.	高波	
2.4.	データ同化	
2.5.	利用上の留意点のまとめ	
3. 赵	越波越流・うちあげ高	
3.1.	越波越流量	
3.2.	うちあげ高	
4. 浸	と水	
4.1.	計算手法と各種条件	
4.2.	浸水予測機能の動作確認	
4.3.	リアルタイム予測への適用	143
4.4.	利用上の留意点と今後の課題	147
5. 大	t外発表論文	

資料編 対外発表論文

はじめに

1. 本書の利用にあたって

高潮・高波・浸水リアルタイム予測システムの社会実装成果として技術仕様書(フェーズ I:技術確立段階)を策定し、SIP 第2期後のシステム暫定運用(フェーズII:フォローアッ プ段階)を促進する。最終的には国交省システム運用と情報提供(フェーズ III:社会実装 段階)を目指す。

本書は、SIP 第2期の期間内のシステム構築プロセスから将来の国交省へのシステム移管 も見据えた形で、ユーザニーズと機能要件、活用実績やシステムレビューに基づくシステム 要件、将来的な拡張可能性(国交省システム構成イメージ)を記述したものである。

第1編は、「見逃しゼロ」を達成するための基本的要求事項、川崎市図上訓練等を通じた ユーザニーズを踏まえた要求事項、システムレビューの要求事項、を要求仕様書(外部仕様 書)としてまとめた。なお、アンサンブル予測情報の解釈と今後の課題も整理して記載した。

第2編は、要求仕様(外部仕様)を達成するための具体的な機能、表示方法、情報提供方法を機能仕様書(内部仕様書)としてまとめた。なお、当初から最終年度におけるシステム 構成及び将来の国交省システムに移管した時点の構成案も記載した。

第3編は、機能を実現するための主要な技術情報を技術仕様書としてまとめた。

本書が、SIP 第2期後のシステム暫定運用(フェーズII:フォローアップ段階)、最終的に は国交省システム運用と情報提供(フェーズIII:社会実装段階)に資すれば幸いである。

令和5年2月

一般財団法人 国土技術研究センター

国立大学法人 東北大学災害科学国際研究所

一般財団法人 沿岸技術研究センター

一般財団法人 日本気象協会

第1編 要求仕様書(外部仕様書) (p.9~)
「見逃しゼロ」を達成するための基本的要求事項
1 全体概要 6 外部との連携
2 気象場作成 7 アンサンブル予測情報の解釈と今後の課題
3 高潮・高波
4 越波越流・うちあげ高
5 浸水

第2編 機能仕様書(内部仕様書) (p.25~)
第1編の要求仕様を達成するための具体的な機能
1気象場作成 5外部との連携
2高潮・高波 6システム構成
3越波越流・うちあげ高
4浸水

第3編 技術仕様書 (p.99~)
第2編の機能を実現するための主要な技術情報
1気象場作成 5対外発表論文
2高潮・高波
3越波越流・うちあげ高
4浸水

資料編【高潮・高波】 対外発表論文 外部参照マニュアル類【浸水】

- 高潮浸水予測システム ユーザーガイド
- 高潮浸水予測システム リファレンス・マニュアル
- 高潮浸水予測システム 理論マニュアル

【参照先】<u>https://www.jice.or.jp/sip</u>

本書の構成

2. 用語説明

用語	説明
アンサンブル予報	数値予報結果の誤差の原因は大きく2つに分けら
	れ、一つは初期値に含まれる誤差が拡大すること、
	もうひとつは数値予報モデルが完全ではないことで
	す。
	数値予報では、わずかに異なる2つの初期値から
	予報した2つの予報結果は、初めのうち互いによく
	似ていますが、その差は時間の経過とともに拡大し
	ます。これは、大気の運動にある特徴的な性質「初
	期値の小さな差が将来大きく増大する」というカオ
	ス(混沌)的な振る舞いのひとつです。実際の数値
	予報では、観測データの誤差や解析手法の限界から、
	初期値に含まれる誤差をゼロにすることはできず、
	時間とともに誤差が拡大することを避けることはで
	きません。
	また、数値予報では、計算機の性能の限界により、
	ある大きさの格子を用いた近似式で気温や風等の予
	測計算を行います。このように近似式を使っている
	ことからも、予報結果に誤差が生じます。
	このような誤差の拡大を事前に把握するため、「ア
	ンサンブル(集団)予報」という数値予報の手法を
	利用しています。この手法では、ある時刻に少しず
	つ異なる初期値を多数用意するなどして多数の予報
	を行い、平均やばらつきの程度といった統計的な情
	報を用いて気象現象の発生を確率的に捉えることが
	可能となります。
	(気象庁 HP より引用)
アンサンブルメンバー	アンサンブル予報では、予報の初期値などに意図
	的に小さな摂動(揺らぎ)を与えることで初期値な
	どの不確実性を表現し、摂動を加えた複数の数値予
	報の集団(アンサンブル)を得る。それぞれの数値
	予報モデルの予測をアンサンブルメンバー(または
	単にメンバー)と呼ぶ。
コントロールラン	摂動を加えていないアンサンブルメンバーをコン
	トロールランと呼ぶ。
MEPS (Meso-scale Ensemble	気象庁配信のメソアンサンブル気象予報データ。
Prediction System)	

EPSJ (Ensemble Prediction System in	気象庁配信の全球アンサンブル気象予報データの
Japan)	うち日本域のみを抽出したデータ。週間アンサンブ
	ル日本域高解像度、本システムでは台風アンサンブ
	ルも含む。
HANA (Hourly ANAlysis)	毎時大気解析 GPV:大気の実況監視を目的に、1
	時間毎に風と気温の客観解析(データ同化)を行っ
	たGPV。
MSM (Meso Scale Model)	メソ数値予報モデルは、気象庁が集中豪雨をはじ
	めとした防災気象情報を作成する資料として導入し
	ている気象モデル。2001 年 3 月から本運用開始。
LFM (Local Forecast Model)	局地モデル(LFM)は、日本領域の大気を対象と
	した気象庁の数値予報モデル。格子点間隔は2kmと
	数値予報モデルの中で最も間隔が狭く、地形による
	強制上昇に伴う雲や地形性降水の精度が向上し、地
	形の影響を直接受ける地上風についても計算精度が
	向上した。
GPV (Grid Point Value)	格子点値。 格子点上の要素(風の UV 成分、気圧
	等)の値。
WRF	WRF は気象モデルのひとつ。米国の NCAR
(Weather Research and Forecasting)	(National Center for Atmospheric Research)などで開発
	された、非静力学・完全圧縮の気象シミュレーショ
	ンシステム。メソスケール(中規模)の気象シミュ
	レーションシステムとして、全世界で使用されてい
	る。
NAO.99Jb	NAO.99Jb モデルは、TOPEX/POSEIDON 衛星が観
	測した海面高度データの調和分解で得られた短周期
	の16分潮の情報を用いて潮位の予報を行うモデル。
	日本周辺(20°N-65°N, 110°E-165°E)の範囲
	では緯度方向・経度方向ともに5分の解像度で各分
	潮の振幅と遅角が与えられており、任意の時刻にお
	ける潮位を算出することができる。
WW3	WAVEWATCH III の略称。NOAA(米国海洋大気
(WAVEWATCH III)	庁)及びNCEP(米国環境予測センター)で開発され
	た第三世代波浪モデル
SWAN	SWAN。オランダの Deflt 工科大学で開発された第
(Simulating WAves Nearshore)	三世代波浪モデル。
NOAA	合衆国商務省の1機関で、海洋・大気・宇宙・太
(National Oceanic and Atmospheric	陽についての研究およびデータの収集を行う機関。
Administration;米国海洋大気庁)	

ECMWF (European Centre for	ヨーロッパ中期予報センターは 1975 年に設立さ
Medium-Range Weather Forecasts;	れた国際組織で、イギリスのレディングにある。
ヨーロッパ中期予報センター)	ECMWFの目的は次の通りである。
	・中期気象予報のための数値解析手法を開発するこ
	と
	・中期気象予報を作成し、加盟国に配信すること
	・これらの予報を向上させるための科学的・技術的
	研究を行うこと
	 ・適切な気象データを収集し保管すること
台風の表記	2022 年の台風第 14 号の場合、「T2022-14」と表記
	する。T は Typhoon、2022 は西暦年、14 は台風番号
	である。ただし、図表中等に簡略表示する場合、
	「T2214」の様に、西暦年の下2桁+台風番号で表記
	する場合もある。

3. SIP 第2期における開発内容及び仕様変更履歴

本技術仕様書は、高潮・高波・浸水リアルタイム予測システムの社会実装成果としてとり まとめたものであり、最終年次における仕様である(フェーズ I:技術確立段階)。ここで は、SIP 第2期の期間における各年次の開発内容及び仕様の変更を表 3-1~表 3-3 に記録し た。

表 3-1 開発内容及び仕様(気象場作成・高潮予測・高波予測)

開発年度	開発内容及び仕様		
平成 30 年度 2018 年度 (初年次)	全体計画を作成するとともに、2018年台風第21号(以降、T2018-21 と記載)の大阪湾の再現計算を実施し、使用する高潮モデル及び波浪モ デルの妥当性を確認。 当初は、経験式による簡易予測で潮位最大メンバー及び波高最大メ ンバーを特定し、特定3メンバー(コントロールラン、潮位最大メン バー及び波高最大メンバー)を物理モデルで詳細計算するものであっ た。		
平成 31 年度 (令和元年度) 2019 年度 (2 年次)	メソアンサンブルの配信開始(2019年6月27日から)を受け、気象 アンサンブルGPVに基づく高潮・高波のアンサンブル予測構築に着手。 T2019-19 が東京湾を直撃したことを受け、台風通過後にアンサンブ ル予測の事後予測を実施。 経験式による簡易計算ではなく、物理モデルによる簡易計算に仕様 変更。		
令和 2 年度 2020 年度 (3 年次)	T2020-10、T2020-12 及び T2020-14 の大阪湾あるいは東京湾のリアル タイム予測を試行(台風のコースによりどちらかの1湾を選択)。 当初は1回/日の予測であったが、2回/日の予測更新を実現。 週間アンサンブルは簡易計算のみ実施し、メソアンサンブルは特定3 メンバー(コントロールラン、潮位最大メンバー及び波高最大メンバ ー)の詳細計算まで実施した。 予測結果の PDF を、社会実装先へメールで送信(手動)。		
令和3年度 2021年度 (4年次)	 追加予算により、伊勢湾の追加、広領域の拡大、アンサンブルメンバー数の増加(27→51)を行いながら、2021年の8台風についてリアルタイム予測の試行を実施。 4回/日の予測更新を実現するとともに、週間アンサンブルについても、特定3メンバー(コントロールラン、潮位最大メンバー及び波高最大メンバー)の詳細計算まで実施する仕様に変更。 高潮予測に関しては、三大湾を同時に予測することを実現。 予測結果のPDFを表示する公開Webを作成し、社会実装先から閲覧可能とした。 		
令和4年度 2022年度 (最終年次)	2022年の台風について、リアルタイム予測を試行。 AWSの構築により、高波予測も三大湾を同時に予測することを実現。 荒川水系におけるデータ連携のため、高潮予測はメソアンサンブル の全メンバー(21メンバー)の詳細計算を実現。 予測情報の表示を改良するとともに、公開Webを再構築し、社会実 装先への情報提供を改善した。		

開発年度	開発内容及び仕様
平成 30 年度	
2018 年度	
(初年次)	
平成 31 年度	国土技術政策総合研究所により開発され、試行運用中の波浪うちあ
(令和元年度)	げ高予測システムの予測精度向上に資する基本資料を収集・整理した。
2019 年度	
(2年次)	
令和2年度	兵庫県の尼崎・西宮・芦屋港に対して、越波越流量予測システムを構
2020 年度	築し、沿岸アラート表示システムを構築した。
(3年次)	
令和3年度	川崎市の川崎港を対象に、越波越流量予測システムを構築し、沿岸ア
2021 年度	ラート表示システムを構築した。
(4 年次)	
令和4年度	愛知県の三河湾を対象に、越波越流量予測システムを構築し、沿岸ア
2022 年度	ラート表示システムを構築した。
(最終年次)	

表 3-2 開発内容及び仕様(越波越流量予測・うちあげ高予測)

開発年度	開発内容及び仕様
平成 30 年度 2018 年度 (初年次)	既往のリアルタイム氾濫解析手法の技術・現場適用の現状と課題の 整理、河川と海岸の両方を考慮した氾濫解析手法の技術・現場適用の現 状と課題の整理、システム開発の仕様要件、基本方針の策定を実施し た。詳細な地形に基づく浸水予測モデルの他、広域の浸水予測モデルを 構築することとした。また、詳細浸水予測モデル、広域浸水予測モデル とも、少なくとも1時間未満で浸水深等の予測結果を示すこととした。
平成 31 年度 (令和元年度) 2019 年度 (2 年次)	レビューやヒアリング結果による課題整理に基づいて氾濫解析手法・技術を選定して開発体制を構築し、システム開発の方針を定めた。 津波浸水のリアルタイム計算に実績のある計算コード(並列版 TUNAMI)に基づき高潮高波浸水予測システム(TUNAMI-surge)のプ ロトタイプを構築するとともに、川崎市を対象に高精細地形データを 整備した。
令和2年度 2020年度 (3年次)	高潮高波による越波越流量を境界条件とする陸域浸水計算を高速・ 高効率に実施可能とするため、TUNAMI-surge を前年度から引き続き継 続開発した。浸水計算に最適化した領域分割アルゴリズムを実装し、川 崎市を例に動作検証を実施した。また、TUNAMI-surge と高潮・高波・ 越波量予測システムとの接続インタフェースの足掛かりとなるプロト タイプを構築し、浸水計算開始から可視化までを自動制御できるよう にした。
令和3年度 2021年度 (4年次)	TUNAMI-surge に河川を遡上する高潮と河川を流下する洪水を考慮 する境界処理を開発・実装し、河道内の水位の予測精度を評価した。ま た、越波量アンサンブルを用いた確率的浸水予測の手法を実装・動作検 証し、予測精度を評価した。社会実装にむけた開発としては、クラウド コンピューティングサービス及び小規模クラスタを対象とした最適化 を実施しリアルタイム性能の評価を行うとともに、データインターフ

表 3-3 開発内容及び仕様(浸水予測)

	ーエースとテクニカルマニュアルの整備に着手した。
	社会実装に向けた開発として、TUNAMI-surgeの完全自動化・パッケ
会和4年度	ーシ化を実施し、システムの可用性・頑健性を同上させた。また、スパ
2022 年 在	コン、クラウドコンピューティングサービス、ワークスステーションで
2022 午反 (县效左)(4)	高速化・最適化を進め、リアルタイム性能を評価した。 ユーザーニーズ
(取於午伏)	を把握しシステム仕様に反映させるため、川崎市の防災担当部局にイ
	ンタビューを実施した。

(余白)

第1編 要求仕様書(外部仕様書)

ここでは、「見逃しゼロ」を達成するための基本的要求事項、川崎市図上訓練等を通じた ユーザニーズを踏まえた要求事項、システムレビューの要求事項、を要求仕様書(外部仕様 書)としてまとめた。なお、アンサンブル予測情報の解釈と意思決定における課題も整理し て記載した。

1. 全体概要

長時間予測の不確実性を考慮した、アンサンブル気象予測によるリアルタイム高潮・高 波・浸水予測情報の提供を行う。以下に技術目標を列挙するとともに、高潮・高波・浸水予 測システムの全体像を図 1-1 に示す。

技術目標1:アンサンブル予報51メンバーによる見逃しゼロ

技術目標2:1日4回の予測情報更新によるリードタイムの確保

技術目標3:高分解能(3.3m)の浸水予測によるピンポイント情報の提供・高速化



図 1-1 高潮・高波・浸水予測システムの全体像

2. 気象場作成

気象庁から配信される気象アンサンブル GPV の概要を表 2-1 に示す。表中にも記載して いるが、アンサンブルメンバー数及び格子間隔は年々高精度化されているため、最新の配信 情報を使用することが望ましい。

また、配信される気象情報は、高潮及び高波計算の入力気象場としては時空間的に粗い情報であるため、時間内挿及び空間内挿を工夫する必要がある。WRF等の局地気象モデルを用いたダウンスケーリングも有用な手法であるが、計算時間の短縮(リードタイムの確保)から工学的内挿手法で時空間内挿を行うものとする。

- 最新の気象アンサンブル GPV の使用
- 時間内挿技術の開発(3時間 → 30分)
- 空間内挿技術の開発(約40 km → 270 m、約5 km → 270 m)

百日	週間アンサンブル数値予報モデルGPV		台風アンサンブル	メソアンサンブル
	高分解能全球域*1	高分解能日本域 ^{*2}	数値予報モデルGPV ^{*3}	数値予報モデルGPV ^{*4}
初期値	00, 12 UTC	00, 12 UTC	06, 18 UTC	00, 06, 12, 18 UTC
予報時間	264時間予報	264時間予報	132時間予報	39時間予報
(時間間隔)	(6時間間隔)	(3時間間隔)	(3時間間隔)	(3時間間隔)
メンバー数	27メンバー	2021年3月以前:27メンバー		21 2 2 2 3 -
		2021年3月以降:51メンバー	问乙	21/2//-
按了眼间	1.25°×1.25°	2022年3月以前: 0.5625°×0.5625°		緯度:0.05°
俗丁间隔		2022年3月以降: 0.375°×0.375°	问乙	経度:0.0625°
領域	合动	N 19.6875°~50.0625°	同七	N 22.4°~47.6°
	土坏	E 119.8125°~150.1875°	四左	E 120.0°~150.0°
送信完了	06 UTC 20 UTC	06 UTC 20 UTC	12 UTC, 00 UTC	初期時刻+35時間

表 2-1 気象庁から配信される気象アンサンブル GPV の概要

*1 2018年6月26日00UTC初期値より配信開始 *2 2017年5月17日00UTC初期値より配信開始

*3 2019年11月13日06 UTC初期値より台風時のみ配信開始 *4 2019年6月27日00 UTC初期値より配信開始



左図:複数の台風が同時に存在(T2021-09、T2021-10)、右図:2022年の台風第14号(T2022-14) 図 2-1 SIP 第2期における台風経路図と従来の台風予報円との比較例

3. 高潮·高波

江東五区の「逃げ遅れゼロ」を達成するためには、72 時間前からの避難が必要である。 また、気象業務法関連によって、5 日先までの高潮予報も可能になった。そのため、高潮・ 高波は72 時間以上のリードタイム確保及び「見逃しゼロ」を要求仕様とする。

- 「見逃しゼロ」
- 72 時間以上のリードタイム確保
- 4. 越波越流・うちあげ高

江東五区の「逃げ遅れゼロ」を達成するためには、72 時間前からの避難が必要である。 そのため、72 時間以上のリードタイム確保及び「見逃しゼロ」を要求仕様とする。

- 「見逃しゼロ」
- 72 時間以上のリードタイム確保
- 5. 浸水

高潮・高波予測の仕様を踏まえ、12 時間以上のリードタイム確保を要求仕様とする。気 象アンサンブル GPV が6時間毎に更新され、これに基づき高潮・高波の詳細計算でコント ロールランを含む3メンバーが出力されることから、リアルタイム浸水予測システムは計 算開始から可視化までの1ケース(12時間先まで予測)を1時間以内で完了できるものと する。また、建物分布を考慮し数メートル程度の空間格子間隔で作成した高精細表層モデル を用い、局所的な浸水も含めて詳細な予測結果を提供できるものとする。



図 5-1 詳細沿岸域浸水予測システムの開発

6. 外部との連携

6.1. 自治体への予測情報提供

表 6-1 及び図 6-1 に示す自治体に対し、ピンポイントの予測情報(高潮、高波)を提供する。

自治体等	情報提供地点
兵庫県	(大阪湾)神戸、西宮、尼崎、洲本
大阪府	(大阪湾)大阪、淡輪
愛知県	(伊勢湾・三河湾)三河港
川崎市	(東京湾)川崎
江戸川区	(東京湾)葛西沖(荒川沖)
加古川市	(播磨灘)加古川沖
その他関係者	(大阪湾)神戸、西宮、尼崎、洲本、大阪、淡輪
 ■ 国交省 水管理・国土保全局 	(伊勢湾・三河湾)三河港、名古屋、鬼崎
● 国交省 港湾局	(東京湾)川崎、葛西沖(荒川沖)、東京
● SIP 関係者	(播磨灘) 加古川沖
	(広島湾) 廿日市
	(周防灘)徳山、宇部、苅田

表 6-1 予測情報提供地点



図 6-1 ピンポイント予測情報出力地点

6.2. 荒川水系におけるテーマ内連携

テーマ内の「統合ダム防災支援システム」、「長時間洪水予測システム」及び「高潮・高波 ハザード予測システム」を、荒川水系において連携させる(図 6-2 参照)。具体的には、荒 川河口部の潮位予測を共有させ、洪水モデルの河口出発水位として連携させる。



7. アンサンブル予測情報の解釈と今後の課題

ここでは、アンサンブル予測情報の説明を行い、アンサンブル予測情報の解釈及び今後の 課題について記載する。

7.1. アンサンブル予測情報の説明

7.1.1. 台風経路図

従来からの台風進路予報は、図 7-1 に示す ように、台風中心位置及び予報円(70%の確 率)で表されており、予報円のどこを通るか は定かではない。SIP 第2期では、アンサン ブル気象予報の3時間毎の気圧及び風向・風 速の格子点値(GPV)から台風の中心位置を 推定し、51本(MEPSの場合は21本)の台 風経路を表示ししている。

図 7-2 は、2022 年の台風第 14 号について 台風中心位置を追跡したもので、上段は、週 間アンサンブル (EPSJ) 51 メンバー、132 時 間先までの図であり、下段は、メソアンサン ブル (MEPS) 21 メンバー、39 時間先までの 図である。



図 7-1 従来の台風経路図の一例



7.1.2. 平面分布図

図 7-3 は、週間アンサンブル (EPSJ) のコントロールラン (メンバー01) を用いて格子間 隔 2,430 m の広領域を計算した潮位偏差の最大値の平面分布図である。同様に、三大湾につ いて格子間隔 270 m までネスティング計算した結果が図 7-4 である。さらに、全 51 メンバーの最大値が図 7-5 であり、実際には図 7-6 のような情報として提供を行った。



図 7-3 広領域(格子間隔: 2,430 m)の最大潮位偏差分布図(コントロールラン)





図 7-5 広領域(格子間隔: 2,430 m)の最大潮位偏差平面分布図(全メンバーの最大)



図 7-6 平面分布図の一例(上図:最大潮位偏差、下図:最大波高)メソアンサンブル

7.1.3. 経時変化図(全要素)

事前に登録したピンポイント予測地点(表 6-1 及び図 6-1)の経時変化図の例を図 7-7 に 示す。この図は SIP 第 2 期の当初から提供していた図であり、EPSJ の場合は 51 本、MEPS の場合は 21 本の経時変化図が重ね書きされている。また、高潮・高波予測計算の入力とな る気圧や風向・風速も図示しており、自治体担当者向けというより、予測情報提供者の予測 情報の妥当性確認に重きを置いた経時変化図である。各自治体の担当者にとって必要な情 報は、潮位・波高・越波流量と思われる。なお、風向及び波向の図示は、川崎市図上訓練に おいて川崎市担当者から出てきた要望である。



7.1.4. 経時変化図(個別要素)

川崎市の図上訓練を受け、前項の 51本(MEPS の場合は 21本)の経時変化図だけではな く、ピーク値が基準値をどの程度超えたかという情報を付加するため、ピーク値の頻度分布 図(横棒グラフ)及び箱ひげ図とヴァイオリン図(頻度分布図をカーネル密度関数で近似さ せた確率密度分布図) も令和4年度から提供開始した(図 7-8 及び図 7-9 参照)。

この情報によって、51 メンバー(MEPS の場合は 21 メンバー)中、何メンバーが閾値を 超えたかが明確になり、情報の信頼性がアップした。



予測初期時刻: 2022/09/15 21:00 [EPSJ]

波浪警報(3.00m):0/51



7.1.5. 新たな経時変化図

前項の経時変化図にはピーク値の頻度分布や箱ひげ図を付加していたが、ピーク値出現の時間差という情報は含まれていない。そこで、51本(MEPSの場合は21本)の1分毎の 折線グラフではなく、前1時間の最大値を箱ひげ図にした経時変化図を新たに作成した(図 7-10参照)。また、一定の閾値を超える確率(超過確率)も色別棒グラフで付加した。これ らの図によって、超過確率の時間変化も視覚的にとらえることができるようになった。





図 7-10 新たな経時変化図の一例【潮位及び潮位偏差】

7.2. アンサンブル予測情報の解釈

本システムでは、台風最接近時の高潮・高波が発生する5日前から、気象学的に起こり得 る可能性のある気象場(アンサンブル気象予報)に基づいて、起こり得る可能性のある高潮・ 高波の予測情報を提供している。この予測は、最新の情報を基に1日4回の更新を行うと ともに、台風最接近の39時間前からは、空間的により高精度なメソアンサンブル(格子間 隔約5km)に基づく高潮・高波の予測を行っている。さらに、越波・越流や陸域浸水の可 能性がある場合は、越波・越流及び陸域の浸水予測も行っている。

図 7-11 は、タイムライン(防災行動計画)における SIP 予測情報の活用をイメージした もので、5日前から「我が事に感じるリスク情報」として活用が期待される。図 7-12 は 2022 年の台風第 14 号の大阪の事例である。9月 19日(月:祝日)の早朝に高潮注意報が発令さ れたが、3連休前の9月 16日(金)には高潮注意報レベルの高潮の可能性を予測しており、 連休前に連休中の防災体制を検討する際の有用な情報であると思われる。



図 7-11 タイムライン(防災行動計画)における SIP 予測情報の活用



図 7-12 タイムライン(防災行動計画)における SIP 予測情報の活用事例

7.3. 今後の課題

図 7-13 は SIP 第 2 期開始時の状況・課題と達成目標である。気象庁では、注意報・警報 基準以上の高潮や高波の発生が予想される場合、発生時刻の数時間前に注意報・警報を発令 している。適切な事前行動を開始する場合、数時間前ではなく可能な限り早い段階から行動 を開始(リードタイムの確保)することが「逃げ遅れゼロ」、「社会経済被害最小化」の実現 に欠かせない。このような状況のもと、3 つの技術目標を掲げ、SIP 第 2 期最終年度には、

「最悪リスクも考慮したアンサンブル予測情報」や「我が事に感じるピンポイント予測」の 試提供を実現した。

しかし、SIP 第 2 期の期間中、大きな高潮・高波が発生したのは 2019 年の台風第 19 号 (高波は台風第 15 号も含む)のみであり、期間中大規模な洪水が頻発している河川に比べ て熟度が不足していると思われる。本格的に社会実装する場合、海岸(高潮・高波)と河川 (洪水)の熟度をまとめたのが図 7-14 である。

そこで、本格的な社会実装の前に、図 7-15 に示す「社会実験プロジェクト」を実施し、 「予測精度の検証」、「予測情報の活用リテラシー」及び「法制度の検証」を継続し、熟度を 高めた後に本格的に社会実装することが望ましい。社会実装までのロードマップを図 7-16 に示す。



図 7-13 SIP 第2期開始時の状況・課題と達成目標

■海岸(高潮・高波)と河川(洪水)の3つの視点





〇社会実験プロジェクト実施の背景

- 国土交通省の「流域治水」の施策推進において、テーマVI&VIIのコア技術は、水害の発災前後の 避難や各種流域対策(防災・減災行動)の実施支援に有効と考える(避難も含めたコア技術の多 面的活用展開)
- テーマVI&VIのリスク予測情報は、地域防災力向上に資する、これまで実務での適用実績のない ものであり、活用・普及(社会実装)に向けては、リスク予測情報の有用性(活用場面)の検証や使いこなし方・留意点の把握を行う必要がある

〇社会実験プロジェクト実施の目的

- ・ポストSIP(R5年以降)にて、洪水・高潮予測システム・IDR4Mの継続運用を、国交省や都道 府県、市町村のユーザーと共同社会実験として行い、これまで実務での適用実績のないリスク予 測情報の有用性(活用場面)の検証や使いこなし方・留意点の把握を行う
- 社会実験(実績づくり)により、リスク予測情報を実装するための法制度の検討及び情報提供体制の整備を加速させる



図 7-15 社会実装を実現するための今後のプロジェクト

取り組み				202	2年度		2023	2024	2025	2026	2027	災実
		国	国交省シス	マテムの構築/	運用体制検討- R5以降の社 計画に係る	→協議 社会実験 協議開始	活用リテラ	シー向				害現時に
	体制構築	自治体等	川崎市/予測システムの活用リテラシーの検討 リアルタイム予測 活用後の意見交換 活用普及展開検討		▲ 国交省による社会 実験プログラム実 施 ・川崎市		国によ るシス テム暫 定賃報	国によ るシス		on S o c i		
社会実		民間(鉄道・道路)	兵庫県·芦	屋市/大阪府·	大阪市/江戸川	III	 ・荒川/江東 国土交通省 自治体の連 長時間/広却 	五区 と地方 携活用 或洪水予	提供	テム本 格運用 と情報 提供		e エ t ン y ス
装	予 ・算 生化	高潮・高波・越波量・浸 水予測システム		荒川水系》 携調整	荒川水系洪水予測システムとの連 携調整			との連	H			5.0 0強 の化
	角 化 事 業 化	高潮・高波ハザード予 測による施設管理支援 システム		水門一元監 連携活用	視との	システ ム構築						
	制度	水防法・気象業務法の 改正	水防法	·気象業務法a	改正等の必要性	Eの検討	水防法·気象 法制度検討	業務法の	水防法・気 象業務法 の改正	改正法の 施行		

図 7-16 社会実装ロードマップ

第2編 機能仕様書(内部仕様書)

ここでは、「第1編 要求仕様書(外部仕様書)」を達成するための具体的な機能、表示方法、情報提供方法を機能仕様書(内部仕様書)としてまとめた。なお、最終年度におけるシステム構成及び将来の国交省システムに移管した時点の構成案も記載した。項目を以下に示す。

- 1. 気象場作成
- 2. 高潮・高波
- 3.

 越波越流・うちあげ高
- 4. 浸水
- 5. 外部との連携
- 6. システム構成
- 1. 気象場作成

気象場作成機能は、気象庁から配信される GPV を入力とし、高潮モデルや波浪モデルで 使用する気象データ(気圧、風)を作成するものである。作成対象は、大きく分けて週間ア ンサンブルとメソアンサンブルの気象場である。本システムでは、台風時のみ配信される台 風アンサンブル¹も含め、週間アンサンブルと称する。

以下では各アンサンブルの気象場作成について概説する。

1.1. 週間アンサンブル

1.1.1. 機能説明

気象庁から配信される週間アンサンブル GPV を展開し、時空間内挿及び座標変換を行う とともに、高潮モデルや波浪モデルで利用可能な形式に変換する。作成するデータは、132 時間先までの予測に用いる予測用と、高潮や波浪の初期場を作成するための初期値作成用 の2種類である。なお、週間アンサンブルの時間間隔は3時間であり台風のピークを捉え るには粗いため、時間内挿においては、台風中心の移動を考慮して内挿する特殊内挿を行う (第3編 技術仕様書の1.2参照)。

¹ 台風アンサンブル 予測時間が 132 時間先までであることを除き、週間アンサンブルと 同じ仕様のデータである。台風時のみ週間アンサンブルが配信されない初期時刻(06Z、 18Z)を補うために配信される。

1.1.2. システムフロー

気象場作成機能のうち週間アンサンブル気象場作成の本システム上の位置づけを図 1-1 に示す。

また、気象場作成のフローを予測用データについて図 1-2、初期値作成用データの気圧デ ータについて図 1-3、風データについて図 1-4 に示す。



図 1-1 システムにおける週間アンサンブル気象場作成の位置づけ





図 1-3 気象場作成のフロー(初期値作成用気圧データ)



図 1-4 気象場作成のフロー(初期値作成用風データ)

1.1.3. 入出力データ

(1) 入力データ

週間アンサンブル気象場データ作成に必要な入力データの一覧を表 1-1 に、そのファイル名を表 1-2 に示す。

番号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	GPV データ(grib2 形式)	気象庁配信のデータ(週間アンサンブル、毎時
				入 风 畔 忉 恒 、 MISM)
2	テキスト	-	GPVリスト	使用する GPV の仕様定義
3	テキスト	-	出力要素リスト	使用する要素を各 GPV ごとに指定
4	テキスト	-	特殊内挿範囲指定パラメータ	特殊内挿を適用する範囲を指定
5	テキスト	-	アンサンブルメンバー名リスト	grib2 上のメンバー名と本システムのメンバー
				名の対応を定義
6	テキスト	-	座標変換領域の指定	極座標から平面直角座標系に変換する際に使
				用し、変換範囲を指定するパラメータ
7	テキスト	-	優先台風パラメータ	台風が複数ある場合に台風の優先順位を指定
				するパラメータ

表 1-1 週間アンサンブル気象場作成の入力ファイル一覧

表 1-2 入力ファイル名一覧

番 号	内容	ファイル名
1	GPV データ(grib2 形式)	/data/product/data/\$prod1/\$inidate/\$prod2/\$prod3/\$prod1-
		\$prpd2-\$prod3-\$inidate.bin(毎時大気解析のみ拡張子は
		dat)
2	GPV リスト	\$ensdir/gpv.lst
3	出力要素リスト	\$ensdir/outelement. \$kind
4	特殊内挿範囲指定パラメータ	\$ensdir/tyintparea.lst
5	アンサンブルメンバー名リスト	\$ensdir/\$kind.lst
6	座標変換領域の指定	<pre>\$ensdir/convxyALL.\$kind</pre>
7	優先台風パラメータ	Sensdir/tvintparea.lst

ensdir : /work/master/ens/PARM

kind : GPV の種類

(GPV リスト内で定義する。週間アンサンブル=EPSJ、メソアンサンブル=MEPS 等) prod1(2,3): プロダクト番号 (表 1-3 参照)

			-	
GPV の種類	内容	prod1	prod2	prod3
EPSJ	週間アンサンブル	112957	010512	00HH
			011100	
MSMI	MSM	112631	FH0015	00HH
HANA	毎時大気解析値	112600	000000	0000
	GPV の種類 EPSJ MSMI HANA	GPVの種類 内容 EPSJ 週間アンサンブル MSMI MSM HANA 毎時大気解析値	GPV の種類 内容 prod1 EPSJ 週間アンサンブル 112957 MSMI MSM 112631 HANA 毎時大気解析値 112600	GPV の種類内容prod1prod2EPSJ週間アンサンブル112957010512 011100MSMIMSM112631FH0015HANA毎時大気解析値112600000000

表 1-3 プロダクト番号一覧

HH:時刻

(2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 1-4 に示す。またその詳細を表 1-5 に示す。

番号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	簡易・詳細予測用気象場データ	週間アンサンブルを用いて作成した簡易予測
				及び詳細予測用の予測データ
2	バイナリ	2D	初期値作成用気圧データ	MSM を使用して作成した初期値作成用気圧デ
				ータ(GPV の種類は MSMI とする)
3	バイナリ	2D	初期値作成用風データ	毎時大気解析値を利用して作成した初期値作
				成用風データ

表 1-4 週間アンサンブル用の気象場出力データ一覧

衣 1-3 F成/ ニクの詳細 (週間/ イリイノル) / 側	表 1-5	; 作成テータの詳細 (週)	間アンサンフル予測用
-----------------------------------	-------	----------------	------------

		1	気象庁	配信デー	- タ					高潮	・高波]	予測用:	気象場データ	!			
	GPV種類	メンバ	配信	時間				気象場	対象領域		メンバ	配信	予测時間	時間			
		一数	回数	間隔	格子間隔	格子数	対象湾	領域 番号	波浪	高潮	一数	回数	(時)	間隔	格子間隔	格子数	座標系
						83 × 83	共通	02_01	第1-3領域	-	51	4	0-132	30分	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
			2		0. 375度 × 0. 375度			04_04	-	第1領域	51	4	0-132	30分	2430m	395 × 160	Ⅴ系
	调間アン	51	2 (台風 時は	3時間			大阪湾	05_01	第4領域	第2領域	51	4	0-132	30分	810m	181×184	Ⅴ系
詳細予測用	^用 サンブル						八败泻	06_01	第5領域	第3領域	51	4	0-132	30分	270m	247×229	V 系
			4)				宙宣濟	05_02	第4領域	第2領域	51	4	0-132	30分	810m	229 × 202	区系
								06_02	第5領域	第3領域	51	4	0-132	30分	270m	277 × 355	区系
							伊勢湾	05_03	第4領域	第2領域	51	4	0-132	30分	810m	222 × 202	紅系
							三河湾	06_03	第5領域	第3領域	51	4	0-132	30分	270m	358 × 301	211系
			MSMI	1 時間	0.0625度 ×	481 × 505	共通	02_01	第1-3領域	-	1	8	0-4	1時間	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
	HOUT							04_04	-	第1領域	1	8	0-4	1時間	2430m	395×160	Ⅴ系
	MSMI (ケロン)						十匹亦	05_01	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	181 × 184	V 系
初期値計算用		1	HANA				入败泻	06_01	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	247×229	V 系
	(風)		(24)		0.05度		古古迹	05_02	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	229×202	区系
	()		(2.17				宋 示湾	06_02	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	277 × 355	区系
							伊勢湾	05_03	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	222 × 202	₩系
							三河湾	06_03	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	358 × 301	₩ 系
簡易予測用	簡易予測用 詳細予測用のデータを利用(波浪は02_01、高潮は04_04)																

*ファイル名 (kind=GPV 種類、area=気象場領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー (MSMI と HANA のメンバーは 01 とする))

風:/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/uv\$inidate_\$ens.bin

気圧:/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/p\$inidate_\$ens.bin

*MSMIは、MSMの初期時刻とその次の予測の初期時刻のデータを特殊内挿(技術仕様書1.2参照)して、初期時刻から3時間先までのデータを作成する。

1.1.4. 制限事項と利用上の留意点

本機能では、複数の台風が存在する場合、台風の優先度パラメータに基づき、優先度の高 い台風の分布をより反映するように処理が行われる。優先度パラメータが設定されていな い場合は、対象海域に影響が小さい台風の移動方向や強風域が対象海域の分布に影響を与 える可能性があるので注意する。 1.2. メソアンサンブル

1.2.1. 機能説明

気象庁から配信されたメソアンサンブル GPV を展開し、時間内挿及び座標変換を行うと ともに、高潮モデルや波浪モデルで利用可能な形式に変換する。作成するデータは、39 時 間先までの予測に用いる予測用と、高潮や波浪の初期場を作成するための初期値作成用の2 種類である。なお、メソアンサンブルの時間間隔は3時間であり、台風のピークを捉えるに は粗いため、時間内挿においては、台風中心の移動を考慮して内挿する特殊内挿を行う(第 3編 技術仕様書の1.2参照)。

1.2.2. システムフロー

気象場作成機能のうちメソアンサンブル気象場作成の本システム上の位置づけを図 1-5 に示す。

また、気象場作成のフローを予測用データについて図 1-6 に示す。初期値作成用データの作成フローは、週間アンサンブルのフロー(図 1-3、図 1-4)と同様である。



図 1-5 システムにおけるメソアンサンブル気象場作成の位置づけ


図 1-6 気象場作成のフロー(予測用データ、メソアンサンブル)

1.2.3. 入出力データ

(1) 入力データ

メソアンサンブル気象場データ作成に必要な入力データの一覧を表 1-6 に、そのファイル名を表 1-7 に示す。

番号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	GPV データ(grib2 形式)	気象庁配信のデータ (メソアンサンブル(地上、
				気圧面)、毎時大気解析値、MSM)
2	テキスト	1	GPVリスト	使用する GPV の仕様定義
3	テキスト	1	出力要素リスト	使用する要素を各 GPV ごとに指定
4	テキスト	1	特殊内挿範囲指定パラメータ	特殊内挿を適用する範囲を指定
5	テキスト	-	アンサンブルメンバー名リスト	grib2 上のメンバー名と本システムのメンバー
				名の対応を定義
6	テキスト	-	座標変換領域の指定	極座標から平面直角座標系に変換する際に使
				用し、変換範囲を指定するパラメータ
7	テキスト	-	優先台風パラメータ	台風が複数ある場合に台風の優先順位を指定
				するパラメータ

表 1-6 メソアンサンブル気象場作成の入力ファイル一覧

表 1-7 入力ファイル名一覧

番 号	内容	ファイル名
1	GPV データ(grib2 形式)	/data/product/data/\$prod1/\$inidate/\$prod2/\$prod3/\$prod1-
		\$prpd2-\$prod3-\$inidate.bin(毎時大気解析のみ拡張子は
		dat)
2	GPV リスト	\$ensdir/gpv.lst
3	出力要素リスト	\$ensdir/outelement. \$kind
4	特殊内挿範囲指定パラメータ	\$ensdir/tyintparea.lst
5	アンサンブルメンバー名リスト	\$ensdir/\$kind.lst
6	座標変換領域の指定	<pre>\$ensdir/convxyALL.\$kind</pre>
7	優先台風パラメータ	\$ensdir/tyintparea.lst

ensdir : /work/master/ens/PARM

kind : GPV の種類

(GPV リスト内で定義する。週間アンサンブル=EPSJ、メソアンサンブル=MEPS 等)
 prod1(2,3): プロダクト番号 (表 1-8 参照)
 inidate:初期時刻(年月日時(UTC))

1 MEPS メソアンサンブル地上 112633 FH0015 00H	HH
FH0033	
FH0039	
2 MEPP メソアンサンブル気圧面 112634 FH0015 00H	HH
FH0033	
FH0039	
3 MSMI MSM 112631 FH0015 00H	HH
4 HANA 每時大気解析値 112600 000000 0000	000

表 1-8 プロダクト番号一覧

HH:時刻

(2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 1-9 に示す。またその詳細を表 1-10 に示す。

番号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	簡易・詳細予測用気象場データ	メソアンサンブルを用いて作成した簡易予測
				及び詳細予測用の予測データ
2	バイナリ	2D	初期値作成用気圧データ	MSM を使用して作成した初期値作成用気圧デ
				ータ(GPV の種類は MSMI とする)
3	バイナリ	2D	初期値作成用風データ	毎時大気解析値を利用して作成した初期値作
				成用風データ

表 1-9 メソアンサンブル用の気象場出力データ一覧

表 1-10 作成データの詳細	(メソアンサンブル予測用)
-----------------	---------------

		気象庁配信データ					高潮・高波予測用気象場データ										
		メンバ	配信	時間	松フ眼唇	** 7 **	よん法	気象場	対象	領域	メン	配信	予測時間	時間	地フ眼唇	** 7 **	広振 ズ
GPV積 GPV積	urv悝覢	一数	回数	間隔	恰士间网	格子数	刈家湾	領域 番号	波浪	高潮	一数	回数	(時)	間隔	恰士间兩	恰于剱	座標希
							共通	02_01	第1-3領域	-	21	4	0-39	30分	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
								04_04	-	第1領域	21	4	0-39	30分	2430m	395×160	Ⅴ系
	4.5177.5				0.0625度		十匹亦	05_01	第4領域	第2領域	21	4	0-39	30分	810m	181 × 184	Ⅴ系
詳細予測用	メリアン	21	4	3時間	×	481 × 505	入败泻	06_01	第5領域	第3領域	21	4	0-39	30分	270m	247 × 229	Ⅴ系
	リンフル				0.05度		由古迹	05_02	第4領域	第2領域	21	4	0-39	30分	810m	229 × 202	区系
							果 示 /高	06_02	第5領域	第3領域	21	4	0-39	30分	270m	277 × 355	区系
							伊勢湾	05_03	第4領域	第2領域	21	4	0-39	30分	810m	222 × 202	₩₩系
							三河湾	06_03	第5領域	第3領域	21	4	0-39	30分	270m	358×301	₩系
			MSMI (8)				共通	02_01	第1-3領域	-	1	8	0-4	1時間	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
								04_04	-	第1領域	1	8	0-4	1時間	2430m	395×160	Ⅴ系
	MSM1			1時間	0.0625度		士际迹	05_01	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	181 × 184	V 系
初期値計算用	(気圧) HANA	1			×	481 × 505	八阪/弓	06_01	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	247 × 229	V 系
	(周)		(24)		0.05度		市古迹	05_02	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	229×202	区系
	()=4,)		(24)				木水/5	06_02	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	277 × 355	区系
							伊勢湾	05_03	第4領域	第2領域	1	8	0-4	1時間	810m	222 × 202	₩系
							三河湾	06_03	第5領域	第3領域	1	8	0-4	1時間	270m	358×301	₩系
簡易予測用		詳細予測用のデータを利用(波浪は02_01、高潮は04_04)															

*ファイル名 (kind=GPV 種類、area=気象場領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー (MSMI と HANA のメンバーは 01 とする))

風:/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/uv\$inidate_\$ens.bin 気圧:/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/p\$inidate_\$ens.bin

*MSMI については、MSM の当該初期時刻とその次の初期時刻の初期値を用いて特殊内挿(第3編 技術仕様書の1.2参照)し、初期時刻から3時間先までのデータを作成する。

1.2.1. 制限事項と利用上の留意点

本機能では、複数の台風が存在する場合、台風の優先度パラメータに基づき、優先度の高 い台風の分布をより反映するように処理が行われる。優先度パラメータが設定されていな い場合は、対象海域に影響が小さい台風の移動方向や強風域が対象海域の分布に影響を与 えてしまう可能性があるので注意する。

2. 高潮·高波

2.1. 潮汐

2.1.1. 機能説明

潮汐計算機能は、NAO.99Jb (Matsumoto ら², 2000) により推算された潮汐の値を入力と して計算領域の開境界に与え、非線形長波モデルを用いて潮汐推算計算を行い、対象海域の メッシュ情報(平均海面上の潮汐の値)を出力するものである。潮汐推算は、台風期前に1 年分の推算を行い、2.4 に記載する同化処理を行うことで、あらかじめメッシュ情報として 準備しておく。準備したメッシュ情報から必要な地点のデータを適宜抽出して使用する。潮 汐計算の概要を表 2-1 にまとめる。また、本機能の対象海域を図 2-1 に示す。

表 2-1 潮汐計算の機能概要

計算モデル	格子間隔	計算期間	備考
非線形長波モデル	270 m	1年間	台風期前に計算を完了する。
			本機能による計算結果は平均海水面上の
			値だが、同化処理により T.P.値となる。



² Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe, Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, Journal of Oceanography, 56, 567-581, 2000.

2.1.2. システムフロー

潮汐計算の本システム上の位置づけを図 2-2 に、計算のフローを図 2-3 に示す。







2.1.3. 入出力データ

(1) 入力データ

Matsumoto ら²(2000)によって開発された日本周辺の海洋潮汐予測プログラム(NAO.99Jb) を使用して、1 分毎の潮汐データを作成する。

番号	形式	内容	備考
1	テキスト	NAO.99Jb (Matsumoto ら ² , 2000)	開境界上の1分毎の潮汐データ
		で推算した開境界上の潮汐データ	
2	テキスト	計算パラメータおよび出力地点設	計算時間間隔、格子間隔等の計算パ
		定ファイル	ラメータと、時系列データの出力地
			点を設定
3	テキスト	海陸判定ファイル	海域を特定するための海陸分布
4	テキスト	水深データ	計算が発散しないよう、平滑処理を
			10回行い、さらに 10m を最も浅い
			水深とした水深データ

表 2-2 潮汐計算の入力ファイル一覧

表 2-3 入力ファイル名一覧

番号	内容	ファイル名
1	NAO.99Jb (Matsumoto ら ² , 2000) にて推算した開	\$workdir/data/bound.tid
	境界上の潮汐データ	
2	計算パラメータおよび出力地点設定ファイル	\$workdir/parm/para_l_srg_grid.dat
3	海陸判定ファイル	\$workdir/data/land_sea.map
4	水深データ	<pre>\$workdir/data/depth.map_10</pre>

workdir : /work/master/astide/\$seanum

seanum:海域番号(大阪:01, 東京:02, 伊勢:03)

(2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 2-4 に、またその詳細を表 2-5 に示す。

表	2-4	潮汐	計算	の出え	カデー	-タ-	一覧
					• •		~-

番号	形式	内容	備考
1	テキスト	指定した地点の潮汐の時系列データ	時間間隔:1分毎
2	バイナリ	指定した範囲の潮汐の面データ	時間間隔:1時間毎

番号	内容	ファイル名	備考
1	指定した地点の潮汐の時系列データ	\$datadir/sgl.out	【時間間隔】1分毎
			【計算期間】1年分
2	指定した範囲の潮汐の面データ	\$datadir/sgl.ans	【時間間隔】1時間毎
			【計算期間】1年分
			【格子間隔】270 m
			【座標系】
			大阪湾:V系
			東京湾:IX 系
			伊勢湾:VII 系

表 2-5 作成データの詳細(潮汐計算)

datadir : /data/astide/\$seanum

seanum:海域番号(大阪:01, 東京:02, 伊勢:03)

2.2. 高潮

2.2.1. 機能説明

高潮機能は、2章の気象場作成機能により作成された気圧場および海上風を入力とし、非 線形長波モデルを用いて高潮の予測計算を行い、対象海域のメッシュ情報(全格子の潮位偏 差)、予測対象ポイントの予測情報を出力するものである。高潮予測は、全アンサンブルメ ンバーからリスクが高いメンバーを抽出するために、まず全メンバーについて簡易予測計 算を実施し、このうちコントロールラン、簡易計算の潮位最大メンバー、高波予測機能から 提供される波高最大メンバーの3メンバーを対象に詳細計算を行う。高潮の予測計算の概 要を表 2-6 にまとめる。また、本機能の対象海域を図 2-4 に示す。

計算の 種別	高潮モデル	格子間隔	計算対象	予測期間 /予測頻度				
簡易予測	非線形	2,430 m	週間アンサンブル	週間アンサンブル				
計算	長波モデル		:全51メンバー、	: 5.5 日先まで				
			<u>メソアンサンブル</u>	/1 日 4 回				
			: 全 21 メンバー					
詳細予測		810 m, 270 m	コントロールラン、	メソアンサンブル				
計算		2段階のネス	波高最大メンバー、	: 39 時間先まで				
		ティング	潮位最大メンバー	/1 日 4 回				
			の計3メンバー					

表 2-6 高潮予測計算の機能概要



図 2-4 高潮の計算領域図

2.2.2. システムフロー

高潮予測計算のうち、簡易計算と詳細計算の本システム上の位置づけを図 2-5 に、また 高潮予測計算のフローを図 2-6~図 2-8 に示す。



図 2-5 システムにおける高潮予測計算の位置づけ





※ 3メンバー:コントロールラン、潮位が最大となるメンバー、波高が最大となるメンバー
 図 2-7 週間(台風)アンサンブルを用いた高潮計算フロー図



※ 3メンバー:コントロールラン、潮位が最大となるメンバー、波高が最大となるメンバー 図 2-8 メソアンサンブルを用いた高潮計算フロー図

2.2.3. 入出力データ

(1) 入力データ

前述の気象場(風・気圧)を入力値として計算を実施する。また、詳細計算では広領域で 計算した狭領域の開境界上のデータを渡してネスティング計算を実施する。

番 形式 内容 備考 号 テキスト 気象データ(風場,気圧場) 1 【気象場領域番号】 広領域計算:04 04 中領域計算:大阪湾 05_01 東京湾 05 02 伊勢湾 05 03 狭領域計算:大阪湾 06 01 東京湾 06 02 伊勢湾 06 03 テキスト 計算パラメータおよび出 計算時間間隔、格子間隔等の計算パラメー 2 力地点設定ファイル タと、時系列データの出力地点を設定 海陸判定ファイル テキスト 海域を特定するための海陸分布 3 水深データ 4 テキスト 計算が発散しないよう、平滑処理を10回行 い、さらに10mを最も浅い水深とした水深 データ ネスティング計算をする際、一つ上の計算 テキスト 開境界値データ 5 結果から開境界上のデータを抽出し与える ※詳細計算のみ バイナリ 初期値データ 計算開始時に与える、気圧場に MSM、風場 6 に毎時大気解析値を用いて計算した、最も 再現性が高いと思われる初動場データ

表 2-7 高潮計算の入力ファイル一覧

番	中公	ファイルタ
号	P1谷	ノナイル石
1	気象データ	/data/\$data/METEO/気象場領域番号/初期時刻/
	(風場,気圧場)	uv 初期時刻_メンバー.bin (風場)
		p 初期時刻_メンバー.bin (気圧場)
2	計算パラメータお	【広領域】\$d1dir/parm/ para_1_srg_grid.dat
	よび出力地点設定	【中領域】\$d2dir/parm/ para_l_srg_grid.dat
	ファイル	【狭領域】\$d3dir/parm/ para_l_srg_grid.dat
3	海陸判定ファイル	【広領域】\$d1dir/parm/ land_sea.map
		【中領域】\$d2dir/parm/ land_sea.map
		【狭領域】\$d3dir/parm/ land_sea.map
4	水深データ	【広領域】\$d1dir/parm/depth.map_10
		【中領域】\$d2dir/parm/depth.map_10
		【狭領域】\$d3dir/parm/depth.map_10
5	開境界値データ	/data/\$data/SURGE/BOUND/D2(D3)/\$seanum/bound_メンバー.srg
	※詳細計算のみ	
6	初期値データ	簡易計算:
		/data/MSMI/SURGE/RESTART/D1/00/ MSMI_00_計算初期時刻
		_01.res
		詳細計算:
		/data/MSMI/SURGE/RESTART/D2(,D3)/\$seanum/ MSMI_01_計算
		初期時刻_01.res

表 2-8 入力ファイル名一覧

d1dir : /work/master/surge/ \$data/D1

d2dir : /work/master/surge/\$data/detail/\$seanum/D2

d3dir : /work/master/surge/\$data/detail/\$seanum/D3

data : EPSJ, MEPS

seanum:海域番号(大阪:01,東京:02,伊勢:03)

(2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 2-9 に示す。また、その詳細を表 2-10 に示す。

番 号	形式	内容	備考
1	バイナリ	簡易・詳細予測、	【時間間隔】5分毎
		潮位偏差の平面分布データ	【格子間隔】広領域:2,430 m
			中領域: 810 m
			狭領域: 270 m
2	テキスト	簡易・詳細予測、経時データ	全指定地点の1分毎の潮位偏差の経
			時データ
3	テキスト	簡易・詳細予測、経時データ	指定地点毎の 1 分毎の潮位、潮位偏
		(地点毎)	差、天文潮位の経時データ

表 2-9 高潮計算の出力データ一覧

表	2-10	作成デー	ータの詳細	(高潮計算)
~	<u>_</u>		/ */HT/H	

番 号	内容	ファイル名	備考
1	簡易・詳細予測、	簡易計算:	【時間間隔】1 分毎
	潮位偏差の平面	\$datadir/ MESH/D1/00/計算初期時刻/	【計算期間】1年分
	分布データ	\$data_00_計算初期時刻_メンバー.ans	
		詳細計算:	
		\$datadir/ MESH/D2(D3)/\$seanum/計算	
		初期時刻/ \$data_\$seanum_計算初期時	
		刻_メンバー.ans	
2	簡易・詳細予測、	簡易計算:	【時間間隔】1時間毎
	経時データ	\$datadir/OUT/D1/00/計算初期時刻/	【計算期間】1年分
		\$data_00_計算初期時刻_メンバー.out	【格子間隔】270 m
			【座標系】
		詳細計算:	大阪湾:V系
		\$datadir/OUT/ D2(D3)/\$seanum/計算初	東京湾:IX系
		期時刻/ \$data_\$seanum_計算初期時刻	伊勢湾:VII系
		_メンバー.out	
3	簡易・詳細予測、	\$datadir/ POINT/D1(D3)/計算初期時刻	1ファイル1地点毎に潮
	経時データ	/\$data_\$seanum_計算初期時刻_メンバ	位、潮位偏差、天文潮位
	(地点毎)	一_地点番号.pnt	をまとめたファイル

datadir : /data/\$data/SURGE/

data : EPSJ, MEPS

seanum:海域番号(大阪:01, 東京:02, 伊勢:03)

2.3. 高波

2.3.1. 機能説明

高波予測機能は、2章の気象場作成機能により作成された海上風を入力とし、波浪モデル(WAVEWATCH III(以下、WW3)、SWAN)を用いて波浪の予測計算を行い、対象海域のメッシュ情報(全格子の波浪諸元)、予測対象ポイントの予測情報を出力するものである。高波予測は、全アンサンブルメンバーからリスクが高いメンバーを抽出するために、まず全メンバーについて簡易予測計算を実施し、このうち、コントロールラン、簡易計算の波高最大メンバー、高潮予測機能から提供される潮位最大メンバーの3メンバーを対象に詳細計算を行う。波浪の予測計算の概要を表 2-11 にまとめる。また、本機能の対象海域を図 2-9 及び図 2-10 に示す。

計算の 種別	波浪 モデル	格子間隔	計算対象	予測期間 /予測頻度
簡易予測	WW3	12 分(約 20 km)	週間アンサンブル	週間アンサンブル
計算		\downarrow	: 全 51 メンバー、	: 5.5 日先まで
		1.5 分(約 2.5 km)	メソアンサンブル	/1 日 4 回
			: 全 21 メンバー	メソアンサンブル
				: 39 時間先まで
				/1 日 4 回
詳細予測	<u>外洋域</u>	外洋域	メソアンサンブル	メソアンサンブル
計算	: WW3	:12 分(約 20 km)	: コントロールラ	: 39 時間先まで
	<u> 内湾域</u>	→6 分(約 10 km)	ン、波高最大メンバ	/1 日 4 回
	: SWAN	→2 分(約 3.5 km)	<u> </u>	
		内湾域	潮位最大メンバーの	
		: 810 m→270 m	3メンバー	

表 2-11 波浪予測計算の機能概要







図 2-10 予測対象海域(詳細予測)

2.3.2. システムフロー

高波予測機能の本システム上の位置づけを図 2-11、簡易波浪予測のフローを図 2-12、詳細波浪予測のフローを図 2-13 に示す。また、アンサンブル波浪予測に入力する初期値データの作成の流れを、簡易波浪予測について図 2-14、詳細波浪予測について図 2-15 に示す。



図 2-11 システムにおける高波予測システムの位置づけ



図 2-12 高波予測システムのフロー(簡易波浪予測)



^{※ 3}メンバー:コントロールラン、潮位が最大となるメンバー、波高が最大となるメンバー



2.3.3. 入出力データ

(1) 入力データ

波浪予測機能の入力データの一覧を表 2-12 に示す。また、週間アンサンブル予測の入力 データの詳細を表 2-13、表 2-14、メソアンサンブル予測の入力データの詳細を表 2-15、表 2-16 に示す。

表 2-12 高波予測の入力データ一覧

番 号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	風場データ (U,V)	気象庁アンサンブル GPV に時空間内挿、座標 変換等の処理を加えたデータ
2	バイナリ	-	格子・計算条件定義ファイル	WW3 用の水深データ、マスクデータ(海陸定 義)、計算条件等。外部データを利用して作成
3	テキスト	2D	水深データ	SWAN 用。外部データを利用して作成
4	テキスト	-	実行時パラメータ	WW3、SWAN 用
5	バイナリ	2D	初期値データ	計算開始時の初期場(成分波(方向、周波数ご と)のエネルギー)、テンポラリーファイル
6	バイナリ	1D	境界データ	WW3、SWAN 用 前領域から当該領域の境界 に入力するデータ、テンポラリーファイル
7	テキスト	-	堤前波高換算テーブル	堤前波高算出ポイントの沖波波高に対する波 高比

表 2-13 使用する風場データ一覧(週間アンサンブル)

	GPV種類	気象場 領域番号	予測時間 (時)	時間 間隔	格子間隔	範囲	格子数	座標系
簡易予測用	EPSJ	02_01	0-132	30分	0.0625度 ×0.05度	北緯22.4°-47.6° 東経120°-150°	481 × 505	極
初期値計算用	HANA	02_01	0-4	1時間	0.0625度 ×0.05度	北緯22.4°-47.6° 東経120°-150°	481 × 505	極

*ファイル名 (kind=GPV 種類、area=気象場領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー、HANA のメンバーは 01 とする)

/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/uv\$inidate_\$ens.bin

	衣 2-14 行俚	ハノノーク 見	(週间) イリイノル
項目	用途	使用領域	ファイル名
格子・計算条件	波浪計算	第1領域	mod_def.TMC1_1000000000
定義ファイル		第2領域	mod_def.TMC2_1100000000
	風場作成	第1領域	mod_def_wind.TMC1_100000000
		第2領域	mod_def_wind.TMC2_1100000000
実行時パラメー	初期値作成	共通	ww3_strt.org
4	風場作成	共通	wind_prep.inp.02_01
	波浪計算	第1領域	ww3_shel.inp.TMC1_1000000000
		第2領域	ww3_shel.inp.TMC2_1100000000
堤前波高換算テ	堤前波高計	尼西芦谷	TMF7_1111111000.csv
ーブル	算	川崎南	TMF7_1111211000.csv
		川崎北	TMF7_1111212000.csv

表 2-14	各種パラ	メーター覧	(调間アンサンブル)
2 2-14	ロゴモイ・ノ	/ / <u>F</u>	

	GPV種類	対象湾	気象場 領域番号	対象領域	メンバ 一数	配信 回数	予測時間 (時)	時間 間隔	格子間隔	格子数	座標系
簡易予測用		共通	02_01	第1-2領域	21	4	0-39	30分	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
		共通	02_01	第1-3領域	3	4	0-39	30分	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
	мпре	十匹亦	05_01	第4領域	3	4	0-39	30分	810m	181 × 184	Ⅴ系
学领文测田	MEP3	入败泻	06_01	第5領域	3	4	0-39	30分	270m	247 × 229	Ⅴ系
計袖了測用		東京湾	05_02	第4領域	3	4	0-39	30分	810m	229 × 202	区系
			06_02	第5領域	3	4	0-39	30分	270m	277 × 355	区系
		伊勢湾	05_03	第4領域	3	4	0-39	30分	810m	222 × 202	Ⅷ系
		三河湾	06_03	第5領域	3	4	0-39	30分	270m	358 × 301	Ⅷ系
		共通	02_01	第1-3領域	1	8	0-4	1時間	0.0625度 ×0.05度	481 × 505	極
		十匹亦	05_01	第4領域	1	8	0-4	1時間	810m	181 × 184	Ⅴ系
···· 박미/: 古 대		入败泻	06_01	第5領域	1	8	0-4	1時間	270m	247 × 229	V 系
创 期 1 但 用	HANA	古古亦	05_02	第4領域	1	8	0-4	1時間	810m	229 × 202	区系
		宋乐湾	06_02	第5領域	1	8	0-4	1時間	270m	277 × 355	区系
		伊勢湾	05_03	第4領域	1	8	0-4	1時間	810m	222 × 202	図系
		三河湾	06_03	第5領域	1	8	0-4	1時間	270m	358×301	₩系

表 2-15 使用する風場データ一覧(メソアンサンブル)

*ファイル名 (kind=GPV 種類、area=気象場領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー、HANA のメンバーは 01 とする)

 $/data/\$kind/METEO/\$area/\$inidate/uv\$inidate_\$ens.bin$

項目	用途		使用領域	ファイル名
		飾日	第1領域	mod_def.TMC1_100000000
		間	第2領域	mod_def.TMC2_110000000
			第1領域	mod_def.TMF2_110000000
	波浪計算		第2領域	mod_def.TMF3_1110000000
格子・計算		詳細	第3領域	mod_def.TMF4_1111000000
条件			第4領域	TMF5_1111?00000.swn(?=大阪湾∶1,東京湾∶2,伊勢湾∶3)
定義ファイ			第5領域	TMF6_1111?10000.swn(?=大阪湾:1,東京湾:2,伊勢湾:3)
ル		飾日	第1領域	mod_def_wind.TMC1_100000000
		間勿	第2領域	mod_def_wind.TMC2_1100000000
	風場作成		第1領域	mod_def_wind.TMF2_1100000000
		詳細	第2領域	mod_def_wind.TMF3_1110000000
			第3領域	mod_def_wind.TMF4_1111000000
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	举约斗夺	=关 公田	第4領域	swan_@kei_0810.dep(@=大阪湾:5,伊勢湾:7,東京湾:9)
水床ナータ	<b>計</b> 和訂昇	<b>古干</b> 不田	第5領域	swan_@kei_0270.dep(@=大阪湾:5,伊勢湾:7,東京湾:9)
	初期値作成		共通	ww3_strt.org
	風場作成		共通	wind_prep.inp.02_01
		笛旦	第1領域	ww3_shel.inp.TMC1_100000000
中仁味いニ		间勿	第2領域	ww3_shel.inp.TMC2_1100000000
夫打時ハフ			第1領域	ww3_shel.inp.TMF2_1100000000
~ ,	波浪計算		第2領域	ww3_shel.inp.TMF3_1110000000
		詳細	第3領域	ww3_shel.inp.TMF4_1111000000
			第4領域	TMF5_1111?00000.swn(?=大阪湾:1,東京湾:2,伊勢湾:3)
			第5領域	TMF6_1111?10000.swn(?=大阪湾∶1,東京湾∶2,伊勢湾∶3)
担前法宣告			尼西芦谷	TMF7_1111111000.csv
「 近 則	堤前波高言	†算	川崎南	TMF7_1111211000. csv
昇テーノル			川崎北	TMF7_1111212000.csv

表 2-16 各種パラメータ一覧 (メソアンサンブル)

#### (2) 出力データ

波浪予測機能で出力されるデータの一覧を表 2-17 に示す。

また、週間アンサンブル予測の出力データの詳細について表 2-18、出力ファイル名につ いて表 2-19、メソアンサンブル予測の詳細について表 2-22、出力ファイル名について表 2-23 に示す。

表 2-17 高波予測の出力データ一覧

番 号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	メッシュ予測データ	波浪予測結果の全格子点データ(波高、周期、 波向、風の U,V 成分)
2	テキスト	1D	特定地点予測データ	特定地点のデータ波高、周期、波向、風向、風 速
3	テキスト	1D	堤前波高データ	区間代表点の波高
4	バイナリ	2D	初期値データ	計算開始時の初期場(成分波(方向、周波数ご と)のエネルギー)、テンポラリーファイル
5	バイナリ	1D	境界データ	WW3、SWAN 用 前領域から当該領域の境界 に入力するデータ、テンポラリーファイル

計算種別	モデル	領域番号	対象領域	メンバ 一数	計算 回数	予測時間 (時)	出力時間 間隔	格子 間隔	座標系	出力
	1404/2	WFC1_1000000000	第1領域	51	4	0-132	5分	12分	極	メッシュ・ 特定地点データ
	VVVV3	WFC2_1100000000	第2領域	51	4	0-132	5分	1.5分	極	(波高、周期、 波向)
予測		WFC3_1110000000	川崎南	51	4	0-132	5分	特定地点	区系	
	エネ法*	WFC3_1120000000	川崎北	51	4	0-132	5分	特定地点	区系	堤前波高
		WFC3_111_112	川崎合成	51	4	0-132	5分	特定地点	区系	
初期値	1404/2	WIC1_1000000000	第1領域	1	8	0-3	1時間	12分	極	リスタートファイル
	WW3	WIC2_1100000000	第2領域	1	8	0-3	1時間	1.5分	極	(成 方 波 ( 万 向 、 同 波 致 こ と) の エ 不 ルギー)

表 2-18 出力データの詳細(週間アンサンブル予測)

*エネ法 ここでは、エネルギー平衡方程式により予め作成しておいた沖と堤前の波高比テーブルを用い て、沖の波浪情報から堤前の波高を求める方法とする。

表 2-19 出力ファイル名 (週間アンサンブル予測)

出力要素	ファイル名
予測 WW3(メッシュ)	/data/EPSJ/WAVE/MESH/\$area/\$inidate/out_grd.\$inidate_\$ens_00
予測(特定地点)	/data/EPSJ/WAVE/POINT/\$area/\$ inidate /EPSJ_湾コード
	_\$inidate_\$ens_地点コード.pnt
初期值 WW3	/data/EPSJ/WAVE/RESTART/\$area. \$ inidate(年月日). \$ inidate(時)0000
エネ法	/data/EPSJ/WAVE/MESH/\$area/\$ inidate/地区コード_\$ inidate_\$ens.csv

* area=領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー、各コードは表 2-20、表 2-21 を参 照。

海域 湾コード		地点コード	地点名
		5001	大阪
		5002	神戸港
		5003	加古川
		5004	淡輪
大阪湾	01	5005	尼西芦谷
		5006	西宮
		5007	尼崎
		5008	洲本
		5009	苅田
		5001	川崎南
		5002	川崎北
東京湾	02	5003	葛飾沖
		5004	東京港
		5005	第二海堡
伊勢湾・	03	5001	伊勢湾
三河湾	03	5002	三河

表 2-20 湾コード、地点コード一覧

表 2-21 地区コード一覧

进区	**区(コード)	施設	抽出	座標 终占		<b>本区(コード)</b>	協和	抽出	座標 终占
150		NEBR	和点 緯度 経度	緯度 経度	港区	きた(リーマ)	加西部	20 点 緯度 経度	** 緯度 経度
		A -1 -1 A -2 -1	35.53024 139.76101 35.52194 139.76559	35.52194 139.76559 35.52057 139.76641			A -1 -1	34.71318 135.30623	34.71047 135.30651
		A -3 -1	35.52057 139.76641	35.51323 139.77102	1		A -1 -3	34.70911 135.30666	34.70841 135.30673
		A -4 -1 A -5 -1	35.51232 139.77239	35.50959 139.77625			A -1 -4 A -2 -1	34.70841 135.30673 34.70620 135.30699	34.70620 135.30699 34.70611 135.30807
		A -6 -1 A -7 -1	35.50959 139.77625 35.51323 139.78019	35.51323 139.78019 35.50923 139.78788		芦屋沖地区(A)	A -3 -1	34.70611 135.30807	34.70585 135.31072
		A -8 -1	35.50923 139.78788	35.50708 139.79196			A -5 -1	34.70570 135.31182	34.70533 135.31753
	浮島町地区(A)	A -8 -3	35.50660 139.79653	35.51215 139.80141			A -5 -2 A -6 -1	34.70533 135.31753 34.70504 135.32073	34.70504 135.32073 34.70599 135.32194
		A -8 -4 A -9 -1	35.51215 139.80141 35.51640 139.79429	35.51640 139.79429 35.51857 139.79621	「市民港区		A -7 -1	34.70599 135.32194	34.70790 135.32196
		A -9 -2 A -9 -3	35.51857 139.79621 35.51922 139.79518	35.51922 139.79518 35.52117 139.78856			A -9 -1	34.70852 135.32198	34.71628 135.32193
		A -10 -1	35.52117 139.78856	35.52185 139.78921			A -10 -1 B -1 -1	34.71628 135.32198 34.71910 135.30339	34.71318 135.30623 34.71866 135.30560
		A -11 -1 A -12 -1	35.52451 139.78765	35.53615 139.76780			B -2 -1 B -2 -2	34.71866 135.30560	34.71683 135.30577
		A -13 -1 B -1 -1	35.53615 139.76780 35.51834 139.74854	35.53024 139.76101 35.50948 139.75180		*	B -3 -1	34.71464 135.30614	34.71672 135.31665
		B -2 -1 B -3 -1	35.50948 139.75180	35.50856 139.75388		戶座浜地区(B)	B -3 -2 B -3 -3	34.71672 135.31665 34.71768 135.32148	34.71768 135.32148 34.71814 135.32376
		B -3 -2	35.50962 139.75793	35.51160 139.76500			B -4 -1 B -4 -9	34.71814 135.32376 34.71913 135 32378	34.71913 135.32378 34.72580 135 32237
	千鳥町地区(B)	B -5 -1	35.51358 139.76604	35.52639 139.75895			B -4 -3	34.72580 135.32237	34.72593 135.32439
		<u>в -6 -1</u> <u>в -7 -1</u>	35.52639 139.75895 35.52666 139.75699	35.52666 139.75699 35.52354 139.75315			C -1 -2	34.71216 135.32502	34.71053 135.32493
		B -7 -2 B -8 -1	35.52354 139.75315	35.51997 139.74894			C -2 -1 C -2 -2	34.71053 135.32499 34.71069 135.33453	34.71069 135.33453 34.71091 135.33883
		C -1 -1	35.51239 139.73309	35.50990 139.73237	ł	西宮地区(C)	C -3 -1	34.71091 135.33883	34.71579 135.34115
		C -3 -1	35.50060 139.73382	35.50445 139.74345			C -5 -1	34.71810 135.34074	34.72135 135.33460
	水江町地区(C)	C -3 -2 C -4 -1	35.50445 139.74345 35.50684 139.74877	35.50684 139.74877 35.50834 139.74923	t		C -6 -1 C -7 -1	34.72135 135.33460 34.72151 135.33024	34.72151 135.33024 34.71688 135.32502
		C -5 -1 C -6 -1	35.50834 139.74923	35.51554 139.74649			D -1 -1	34.71364 135.34243	34.70478 135.34502
		C -7 -1	35.51605 139.74513	35.51239 139.73309			D -3 -1	34.70301 135.34719	34.70373 135.34819
		D -1 -1 D -2 -1	35.50296 139.71392 35.49412 139.71997	35.49412139.71997 35.49556139.72328		田乙周州(四/15)	D -3 -2 D -3 -3	34.70373 135.34819 34.70672 135.35224	34.70672 135.35224 34.70729 135.35293
	扇町地区(D)	D -2 -2 D -2 -3	35.49556 139.72328 35.49779 139.72857	35.49779 139.72857 35.49909 139.73140		平于困地区(D)	D -4 -1	34.70729 135.35293	34.71217 135.34717
		D -3 -1	35.49909 139.73140	35.51130 139.72999			D -6 -1	34.71371 135.34779	34.71411 135.34751
		E -1 -1	35.49446 139.73633	35.48814 139.74052	ł		D -7 -1 D -8 -1	34./1411 135.34751 34.71537 135.34325	34./1537 135.34325 34.71364 135.34243
川崎港		<u>Е -2 -1</u> Е -3 -1	35.48814 139.74052 35.48496 139.74560	35.48496 139.74560 35.48765 139.75212		前浜地区(E)	E -1 -1 E -2 -1	34.72593 135.32439 34.72171 135 33455	34.72171 135.33455 34.72574 135 33583
		E -3 -2 E -3 -3	35.48765 139.75212 35.48956 139.75633	35.48956 139.75633 35.49059 139.75824	ļ		F -1 -1	34.72574 135.33583	34.72519 135.33673
	東扇鳥地区(F)	E -3 -4	35.49059 139.75824	35.49191 139.76159		浜町地区(F)	F -2 -1	34.72519 135.33673 34.72458 135.33779	34.72401 135.33888
	東扇島地区(E)	E -4 -1	35.49953 139.77873	35.50344 139.77611	西宮港区		F -3 -2 F -3 -3	34.72401 135.33888 34.72231 135.33897	34.72231 135.33897 34.71969 135.34327
		E -4 -2 E -5 -1	35.50447 139.77841	35.50607 139.77122			F -4 -1	34.71969 135.34327	34.72131 135.34496
		E -6 -1 E -7 -1	35.50607 139.77122 35.50575 139.76119	35.50575 139.76119 35.50299 139.75499			G -2 -1	34.71925 135.34496	34.71856 135.34369
		E -7 -2	35.50299 139.75499	35,49446 139,73633		甲子園浜地区(G)	G -3 -1 G -4 -1	34.71856 135.34369 34.71465 135.34895	34.71465 135.34895 34.70583 135.36147
		F -2 -1	35.47703 139.74187	35.47882 139.74127			G -5 -1 G -5 -2	34.70583 135.36147 34.70644 135.36372	34.70644 135.36372
		F -2 -2 F -2 -3	35.48356 139.73815	35.48592 139.73627	ļ		H -1 -1	34.71152 135.37004	34.70530 135.36382
	扇島地区(F)	F -2 -4 F -3 -1	35.48592 139.73627 35.48734 139.73509	35.48734 139.73509 35.48906 139.73894			H -1 -2 H -1 -3	34.70357 135.36382 34.70357 135.36225	34.70286 135.36225 34.70286 135.36173
		F -4 -1 F -4 -2	35.48906 139.73894	35,49414 139,73567			H -2 -1 H -2 -9	34.70286 135.36173 34.70118 135.35975	34.70118 135.35975 34.70021 135.35844
		F -5 -1	35.49476 139.73450	35.48602 139.71421	ł		H -2 -3	34.70021 135.35844	34.69771 135.35509
	小島町地区(G)	G -1 -1 G -2 -1	35.53032 139.75637	35.53032 139.75637 35.53089 139.76023			H -3 -1	34.69682 135.35391	34.69509 135.35581
		G -3 -1 H -1 -1	35.53089 139.76023 35.51475 139.73796	35.53670 139.76687 35.51881 139.74534		鳴尾地区(H)	H -3 -2 H -3 -3	34.69509 135.35581 34.69355 135.35750	34.69355 135.35750 34.69156 135.35976
		H -2 -1 H -3 -1	35.51881 139.74534	35.51900 139.74607			H -3 -4	34.69156 135.35976	34.68848 135.36299
	夜光地区(H)	H -3 -2	35.52346 139.75192	35.52404 139.75259			H -4 -2	34.68979 135.36501	34.69122 135.36692
		н -3 -3 Н -4 -1	35.52404 139.75259 35.52777 139.75587	35.52986 139.75587			H -4 -3 H -5 -1	34.69122 135.36692 34.69267 135.36885	34.69267 135.36885 34.69310 135.36948
		H -5 -1 I -1 -1	35.52986 139.75584 35.51702 139.72489	35.53304 139.75191 35.51532 139.73039			H -6 -1 H -7 -1	34.69310 135.36948 34.69431 135.37111	34.69431 135.37111
	池上町地区(1)	I -2 -1	35.51532 139.73039	35.51550 139.73178			H -7 -2	34.69640 135.37245	34.69986 135.37393
		<u>I -4 -1</u>	35.51337 139.73202	35.51306 139.73260	l		<u>I -1 -1</u> <u>I -1 -2</u>	34.69955 135.37609 34.69777 135.37565	34.69442 135.37435
	10 mm - 11	J -5 -1 J -1 -1	35.50919 139.72290	35.51226 139.73035			I -1 -3 I -1 -4	34.69442 135.37435 34.68973 135.37231	34.68973 135.37231 34.68412 135.36909
	浅野町地区(J)	J -2 -1 J -3 -1	35.51226 139.73035 35.51487 139.73033	35.51487 139.73033 35.51675 139.72463	ł		I -1 -5	34.68412 135.36909	34.68320 135.36857
	南渡田町地区(K)	K -1 -1 L -1 -1	35.50397 139.71125	35.50877 139.72275 35.49739 139.70777	ļ	丸島地区(I)	I -2 -1 I -3 -1	34.68088 135.37129	34.68217 135.37272
	白石町地区(L)	L -2 -1	35.49739 139.70777	35.49992 139.71366			<u>I -3 -2</u> <u>I -3 -</u> 3	34.68217 135.37272 34.68424 135.37509	34.68424 135.37509 34.68574 135.37674
		M -1 -1	35.49659 139.70807	35.49078 139.71204			I -4 -1	34.68574 135.37674	34.68726 135.37534
	ズ川町地区(M)	M -2 -1 M -3 -1	35.49078 139.71204 35.49363 139.71800	35.49363 139.71800 35.49930 139.71426			I -6 -1	34.69268 135.37754	34.69227 135.37891
_							J -1 -1 J -2 -1	34.6922/135.37891 34.69176 135.37877	34.691/6 135.37877 34.69117 135.38100
						扇町地区(J)	J -3 -1 J -4 -1	34.69117 135.38100	34.69363 135.38254 34.69649 135 38514
							J -5 -1	34.69649 135.38514	34.69584 135.38671
							к -1 -1 К -1 -2	34.69584 135.38671 34.69447 135.38627	34.69281 135.38531
					ł	末広地区(K)	K -2 -1 K -3 -1	34.69281 135.38531 34.69190 135.38932	34.69190 135.38932 34.69334 135.39069
					尼崎港区		K -3 -2	34.69334 135.39069	34.69472 135.39209
							κ -3 -3 Κ -4 -1	34.69700 135.39387	34.69880 135.39475
					ł	鶴町地区(L)	L -1 -1 M -1 -1	34.69880 135.39475 34.69920 135.40122	34.69920 135.40122 34.69759 135.40017
							M -1 -2	34.69759 135.40017	34.69585 135.39878
							M -1 -3	34.69453 135.39743	34.69172 135.39522
							M -1 -5 M -2 -1	34.69172 135.39522 34.68824 135.39271	34.68824 135.39271 34.68348 135.38418
							M -2 -2 M -3 -1	34.68348 135.38418	34.67985 135.37577
						東海岸町沖地区	M -4 -1	34.67863 135.37408	34.67674 135.37627
						(111)	M -5 -1 M -5 -2	34.67751 135.37627 34.67751 135.37990	34.67814 135.37990 34.67814 135.38286
							M -5 -3	34.67814 135.38286 34.67863 135 38514	34.67863 135.38514
							M -6 1	34.68009 135.39197	34.68229 135.39375
					ţ		M -6 2 M -6 3	34.08229 135.39375 34.68476 135.39578	34.68816 135.39876
				50	r		M -6 4 M -7 1	34.68816 135.39876 34.69820 135.40680	34.69820 135.40680 34.70474 135.41775
					·				

計算種別		モデル	対象湾	領域番号	対象領域	メンバ 一数	計算 回数	予測時間 (時)	出力時間 間隔	格子 間隔	座標系	出力	
	笛旦	14/14/2	+ 潘	MFC1_1000000000	第1領域	21	4	0-39	5分	12分	極		
	间勿	11113	六通	MFC2_1100000000	第2領域	21	4	0-39	5分	1.5分	極		
				MFF1_100000000	第1領域	3	4	0-39	5分	12分	極		
		WW3	共通	MFF2_1100000000	第2領域	3	4	0-39	5分	6分	極		
				MFF3_1110000000	第3領域	3	4	0-39	5分	2分	極	ア川値メツシュ・	
			十匹迹	MFF4_1111000000	第4領域	3	4	0-39	5分	810m	V系	(法室 国期 法	
			八败/弓	MFF5_1111100000	第5領域	3	4	0-39	5分	270m	V系	(波向、向旁、波	
予測		CWAN	市古亦	MFF4_1112000000	第4領域	3	4	0-39	5分	810m	区系	1-17	
	詳細	SWAN	朱尔/弓	MFF5_1112100000	第5領域	3	4	0-39	5分	270m	区系		
			伊勢湾	MFF4_1113000000	第4領域	3	4	0-39	5分	810m	₩系		
			三河湾	MFF5_1113100000	第5領域	3	4	0-39	5分	270m	₩系		
			尼西芦谷	MFF6_1111110000		3	4	0-39	5分	特定地点	V系		
		+ *	川崎南	MFF6_1112110000		3	4	0-39	5分	特定地点	区系	堤前波高	
		エイズ	川崎北	MFF6_1112120000		3	4	0-39	5分	特定地点	区系		
			川崎合成	MFF6_111211_111212		3	4	0-39	5分	特定地点	区系	1	
	協日		#:3	MIC1_100000000	第1領域	1	8	0-3	1時間	12分	極		
	間勿		六通	MIC2_1100000000	第2領域	1	8	0-3	1時間	1.5分	極		
		WW3		MIF1_100000000	第1領域	1	8	0-3	1時間	12分	極		
			共通	MIF2_110000000	第2領域	1	8	0-3	1時間	6分	極		
				MIF3_1110000000	第3領域	1	8	0-3	1時間	2分	極	リスタートノアイル	
初期値			十匹迹	MIF4_1111000000	第4領域	1	8	0-3	1時間	810m	V系	(成万波(万円、向	
	詳細		八败/弓	MIF5_1111100000	第5領域	1	8	0-3	1時間	270m	V系	波致こと)のエネル	
		SWAN	市古迹	MIF4_1112000000	第4領域	1	8	0-3	1時間	810m	区系	, ,	
		SWAN	****	MIF5_1112100000	第5領域	1	8	0-3	1時間	270m	区系		
			伊勢湾	MIF4_1113000000	第4領域	1	8	0-3	1時間	810m	₩系		
			三河湾	MIF5 1113100000	第5領域	1	8	0-3	1時間	270m	「紅系		

表 2-22 出力データの詳細(メソアンサンブル予測)

*エネ法 ここでは、エネルギー平衡方程式により予め作成しておいた沖と堤前の波高比 テーブルを用いて、沖の波浪情報から堤前の波高を求める方法とする。

出力要素	ファイル名
予測 WW3(メッシュ)	/data/MEPS/WAVE/MESH/\$area/\$inidate/out_grd.\$inidate_\$ens_00
予測 SWAN (メッシュ)	/data/MEPS/WAVE/MESH/\$area_\$ens/\$inidate/@.dat
	@は、波高:HSIGN、周期:TMM10、波向:DIR
予測(特定地点)	/data/MEPS/WAVE/POINT/\$area/\$inidate/MEPS_湾コード_\$inidate_\$ens_地
	点コード.pnt
初期值 WW3	/data/MEPS/WAVE/RESTART/\$area.\$inidate(年月日).\$inidate(時)0000
初期值 SWAN	/data/MEPS/WAVE/RESTART/ restart. \$area. \$inidate(年月日).
	\$inidate(時)0000-使用コア番号
エネ法	/data/MEPS/WAVE/MESH/\$area/\$inidate/地区コード_\$inidate_\$ens.csv

# 表 2-23 出力ファイル名 (メソアンサンブル予測)

* area=領域番号、inidate=初期時刻(年月日時、UTC)、ens=メンバー、各コードは表 2-20、表 2-21 を参照。

:

:

59

#### 2.3.4. 制限事項と利用上の留意点

本機能は波浪計算に必要な水深データ作成や諸定義ファイルを作成する機能を有してい ないため、海域の追加や計算条件の変更を行う際は、本機能外で諸入力ファイルの作成、調 整を行う必要がある。

また、利用上の留意点は、以下のとおりである(第3編 技術仕様書の2.3.3を参照)。

- ・ 週間アンサンブル予測では、コンパクトな台風の場合に過小予測の可能性がある。
- 両アンサンブルともに台風経路の振れ幅が小さくなる直近の予測については、ピーク を捕捉できない可能性がある。

2.4. データ同化

2.4.1. 機能説明

データ同化機能は、潮位や波浪の観測値によって高潮・高波の予測値を高精度化するもの である。本システムでは、データ同化に必要な観測値を取得するとともに、最適内挿法及び カルマンフィルタを用いて天文潮位と高潮の高精度化を図る。データ同化の機能概要を表 2-24、各対象海域に対して適用する手法の一覧を表 2-25 に示す。波浪については、予測対 象海域での観測地点が不足していること、台風ピーク時の観測値の信頼性が低いことから、 データ同化は実施しない。

データ同化に使用する観測地点の位置を、天文潮位について図 2-16、高潮について図 2-17 に示す。

	天文潮位	高潮
	潮汐モデルにより作	メソアンサンブル高潮
	成した天文潮位	詳細予測結果
対象データ	(1年分)	・メッシュ情報
		・対象地点のポイント
		情報
日小毛汁	最適内挿法	海域、地点によって異
问化于伝		なる(表 2-25 参照)
格子間隔	270 m	270 m
		コントロールラン
計算対象メンバー	-	潮位最大メンバー
		波高最大メンバー
適用期間	1 年間	各予測 39 時間先まで
	天文潮位は、台風期	高潮予測終了後
適用タイミング	前にあらかじめ1年	(4 回/1 日)
	分を作成しておく	

表 2-24 データ同化の機能概要

寿	2-25	高潮の	同化にず	商用する	ろ方法―	-暫
11	4-43	IFJ1111		回ノロ ア な	J J 14	見

対象海域	適用手法
大阪湾	最適内挿法
	カルマンフィルタ*
東京湾	最適内挿法
伊勢・三河湾	最適内挿法
	カルマンフィルタ*

*観測地点における予測についてのみ適用。

また、現段階でカルマン係数の精度が十分ではないため

(第3編 技術仕様書2.4.3 参照)、当面はカルマン係数の更新と 検証を目的として実施し、予測値の補正結果は利用しない。



図 2-16 データ同化に使用する観測地点(天文潮位)



図 2-17 データ同化に使用する観測地点(高潮)

2.4.2. システムフロー

データ同化機能の本システム上の位置づけを図 2-18、天文潮位のデータ同化のフローを 図 2-19、高潮のデータ同化のフローを図 2-20 及び図 2-21 に示す。



図 2-18 システムにおけるデータ同化の位置づけ



^{※ 3}メンバー:コントロールラン、潮位が最大となるメンバー、波高が最大となるメンバー



図 2-21 高潮データ同化のフロー(カルマンフィルタを用いる場合)

※ 3メンバー:コントロールラン、潮位が最大となるメンバー、波高が最大となるメンバー

### 2.4.3. 入出力データ

(1) 入力データ

データ同化機能の入力データの一覧を表 2-26 に示す。

番 号	形式	次元	内容	備考
1	テキスト	1D	観測地点の天文潮位	観測潮位を用いて推定した観測地点の天文潮 位、あるいは気象庁公開の潮位表
2	バイナリ	2D	天文潮位の計算値	NAO.99Jb を境界値として潮汐モデルで計算し た天文潮位のメッシュデータ
3	テキスト	2D	最適内挿法の重み係数(天文潮位 用)	各格子に対する観測地点の重み係数(全格子 分)
4	テキスト	1D	リアルタイム観測潮位偏差	リアルタイム観測潮位とデータ同化後天文潮 位との差
5	バイナリ	2D	高潮予測メッシュデータ	全格子の高潮予測データ
6	テキスト	1D	高潮予測特定地点データ	特定地点の高潮予測データ
7	テキスト	-	最適内挿法の重み係数(高潮用)	各格子に対する観測地点の重み係数(全格子 分)
8	テキスト	-	カルマン係数	各観測地点ごとに最適化されたカルマン係数
9	テキスト	-	観測地点リスト	観測地点の地点番号、適用する同化手法等を登 録したデータ

表 2-26 データ同化機能の入力データー覧

① 天文潮位

a) 観測地点の天文潮位(観測潮位を用いて推算した天文潮位) 使用した観測地点の一覧を表 2-27 に示す。

湾名 (コード)	地点名	観測機関	コード	天文潮位の出典	湾名 (コード)	地点名	観測機関	コード	天文潮位の出典
	神戸	気象庁	KB	気象庁潮位表		名古屋	気象庁	NG	気象庁潮位表
	大阪	気象庁	OS	気象庁潮位表	伊勢・	鬼崎	国土地理院	ZD	気象庁潮位表
大阪湾	洲本	気象庁	ST	気象庁潮位表		鳥羽	気象庁	TB	気象庁潮位表
(01)	淡輪	気象庁	ΤN	気象庁潮位表		日光川	愛知県	NK	調和定数算定
	柴谷	大阪府	SB	調和定数算定	三河湾	天白川	愛知県	TH	調和定数算定
	泉北	大阪府	SH	調和定数算定	(03)	三河港	港湾局	MK	調和定数算定
	東京	気象庁	TK	気象庁潮位表		衣浦港	愛知県	KU	調和定数算定
	横浜	海上保安庁	QS	気象庁潮位表		碧南	豊橋河川	HE	調和定数算定
	千葉	海上保安庁	QL	気象庁潮位表		前芝	豊橋河川	MS	調和定数算定
市古迹	横須賀	海上保安庁	QN	気象庁潮位表			-	-	
果示高 (02)	鶴見川河口	京浜河川	TR	調和定数算定					
(02)	妙典	江戸川河川	MY	調和定数算定					
	川崎港	川崎市	KW	調和定数算定					
	京浜港	港湾局	YK	調和定数算定					
	第二海堡	港湾局	D2	調和定数算定					

表 2-27 観測值地点一覧 (天文潮位、最適内挿法)

*コードが黒字の地点は気象庁公開の潮位表に記載されている天文潮位を用いた。 青字の地点は過去の観測潮位から求めた調和定数をもとに天文潮位を推算して用いた。 b) 天文潮位の計算値

```
    NAO.99Jb を境界値として潮汐モデルで計算した天文潮位のメッシュデータ
/work/master/ast_tide/$area/ ${year}/data/sgl.ans
area : Osaka,Tokyo,Ise
```

c) 各種パラメータ

・最適内挿法の重み係数 www/www\$ft.par \$ft=予測時間

② 潮位偏差

a) リアルタイム観測潮位偏差 使用するリアルタイム観測地点の一覧を表 2-28 に示す。

湾名	地点名	観測機関	地点	観測コード	T.P.との	時間	時間間隔
$( \exists -  F)$			コード		関係(cm)	基準	(分)
大阪湾 (01)	神戸	気象庁	0002	156331	0.0	UTC	10
	大阪	気象庁	0001	156232	0.0	UTC	10
	洲本	気象庁	0005	156332	0.0	UTC	10
	淡輪	気象庁	0006	156231	0.0	UTC	10
	柴谷	大阪府	0013	9106	0.0	UTC	10
	泉北	大阪府	0014	9108	0.0	UTC	10
東京湾 (02)	東京	気象庁	0001	124431	0.0	UTC	10
	鶴見川河口	京浜河川	0005	9202	0.0	UTC	10
	妙典	江戸川河川	0011	9209	0.0	UTC	10
	京浜港	港湾局	0014	keihinko	109.0	JST	5
	第二海堡	港湾局	0015	dainikaiho	103.2	JST	5
伊勢・ 三河湾 (03)	名古屋	気象庁	0001	135131	0.0	UTC	10
	三河港	港湾局	0002	mikawako	123.9	JST	5
	鬼崎	愛知県	0003	9310	0.0	UTC	10
	鳥羽	気象庁	0004	135331	0.0	UTC	10

#### 表 2-28 リアルタイム観測地点一覧(潮位偏差)

*ファイル名

港湾局以外:/data/obs/tide/観測機関/年月日/観測コード-年月日時.txt

港湾局:/data/obs/tide/観測機関/年月日/観測コード-年月日時 00-0000.csv

観測機関は、気象庁 : jma、河川事務所・地方自治体 : frics、

港湾局:nowphas である。

b) 高潮予測データ (srgdir=/data/MEPS/SURGE、nidate:初期時刻、ens:メンバー)

・同化前ポイント高潮予測データ
\$srgdir/POINT/D3/\$inidate/ MEPS_湾コード_\$inidate_\$ens_地点コード.pnt

・同化前メッシュ高潮予測データ

\$srgdir/MESH/D3/湾コード/\$inidate/ MEPS_湾コード_\$inidate_\$ens.ans

- c) 各種パラメータ
  - ・最適内挿法の重み係数 /work/master/assm/oi/www/www\$ft.par \$ft=予測時間
  - ・カルマン係数 /work/master/assm/kalman/coef/\$code.srg \$code=観測コード(表 2-27)
  - ・観測地点リスト /work/master/assm/PARM/point_surg.lst
- (2) 出力データ

データ同化機能で出力されるデータの一覧を表 2-29 に示す。

番 号	形式	次元	内容	備考
1	バイナリ	2D	補正後天文潮位メッシュデータ	最適内挿法を用いて補正した天文潮位メッシ ュデータ
2	テキスト	1D	補正後天文潮位特定地点データ	最適内挿法を用いて補正した天文潮位メッシ ュデータから抽出した特定地点の補正後天文 潮位データ
3	バイナリ	2D	補正後高潮予測メッシュデータ	最適内挿法を用いて補正した高潮予測メッシ ュデータ
4	テキスト	1D	補正後高潮予測特定地点データ	最適内挿法を用いて補正した高潮メッシュデ ータから抽出した特定地点の補正後高潮予測 データ

表 2-29 データ同化機能の出力データ一覧

① 天文潮位

データ同化機能で出力されるデータの詳細をメッシュデータについて表 2-30、特定地 点データについて表 2-31 に示す。

計算種別	対象湾	湾番号	対象領域	出力時間 間隔	格子 間隔	座標系	出力
最適内挿法	大阪湾	01	狭領域	1時間	270m	V系	全格子の補正後 天文潮位
	東京湾	02				区系	
	伊勢湾 三河湾	03				껲系	

表 2-30 補正後天文潮位メッシュデータの詳細

ファイル名:

/data/ASTR/MESH/ASTR_湾番号_データスタート時刻_00_ASSM.ast *データスタート時刻は、潮汐計算時の設定による。

表 2-31 補正後天文潮位特定地点データの詳細

対象湾	湾番号	地点 番号	対象地点	出力時間 間隔	出力	
		0001	大阪			
大阪湾	01	0006	淡輪		対象地占の補正	
		0501	加古川			
市古迹	00	02	0002	川崎	5分	後天文潮位
東京湾	02	0003	葛西沖			
伊勢湾 三河湾	03	0002	三河港			

ファイル名:

/data/ASTR/POINT/ASTR_湾番号_データスタート時刻_00_地点番号_ASSM.pnt *データスタート時刻は、潮汐計算時の設定による。

② 潮位偏差

データ同化機能で出力されるデータの詳細をメッシュデータについて表 2-32、ポイント データについて表 2-33 に示す。

計算種別	対象湾	湾番号	対象領域	メンバ 一数	計算 回数	予測時 間 (時)	出力時間 間隔	格子 間隔	座標系	出力
最適内挿法	大阪湾	01	狭領域	3	4	0-39	5分	270m	V系	全格子の補正後 高潮予測値
	東京湾	02							区系	
	伊勢湾 三河湾	03							呱系	

表 2-32 補正後高潮予測メッシュデータの詳細

ファイル名:srgdir=/data/MEPS/SURGE、inidate=初期時刻(UTC)、ens=メンバー \$srgdir/MESH/D3/湾番号/\$inidate/ MEPS_湾番号_\$inidate_\$ens_ASSM.ans

同化手法	対象湾	湾番号	地点 番号	対象地点	メンバー数	計算 回数	予測時間 (時)	出力時間 間隔	出力
			0001	大阪		4	0-39	5分	対象地点の補正 後高潮予測値
	大阪湾	01	0006	淡輪					
			0501	加古川	3				
最適内挿法	東京湾	湾 02	0002	川崎					
			0003	葛西沖					
	伊勢湾 三河湾	03	0002	三河港					
カルマン フィルタ	十匹亦	01	0001	大阪					
	入阦焪	01	0006	淡輪					
	伊勢湾 三河湾	03	0002	三河港					

表 2-33 ポイントデータに対する補正結果の詳細

・ファイル名:srgdir=/data/MEPS/SURGE、inidate=初期時刻(UTC)、ens=メンバー \$srgdir/MESH/D3/\$inidate/ MEPS_湾番号_\$inidate_\$ens_地点番号_ASSM(KALM).pnt

#### 2.4.4. 制限事項と利用上の留意点

本機能は最適内挿法に必要な重み係数やカルマンフィルタに必要なカルマン係数を作成 する機能を有していないため、海域や地点の追加を行う際は、本機能外で諸係数の作成を行 う必要がある。また、高潮モデルや潮汐モデルの変更などにより、予測傾向が変わった場合 にも諸係数の見直しを行う必要がある。

また、利用上の留意点は、以下のとおりである(第3編 技術仕様書の2.4.3を参照)。

- ピーク前の誤差傾向とピーク時の誤差傾向が異なる場合などには同化処理により精度 が低くなることがあることから、参考情報としての利用に留めることが望ましい。
- 潮位偏差を小さくするなど危険側への補正は、目標とする「高潮リスクの見逃しゼロ」
   に悪影響を与える可能性があるため、補正前後の予測値を比較し安全側に補正された
   場合のみ参考とすることが望ましい。

- 3. 越波越流・うちあげ高
- 3.1. 越波越流量
- 3.1.1. 機能説明

越波越流量予測機能は、2章の高潮予測機能及び高波予測機能により作成された潮位及び 波浪を入力とし、海岸線の区間上の代表地点における越波越流量の予測情報を出力するも のである。また、越波越流量の予測結果を基に、各区間における危険度を判定し、結果を出 力するものである。高潮及び波浪の詳細計算結果を入力して計算するため、計算対象は、コ ントロールラン、簡易計算の潮位最大メンバー及び波高最大メンバーの3メンバーである。 越波越流量の予測計算の概要を表 3-1 にまとめる。

算定モデル	対象地点	計算対象	予測期間 /予測頻度
田中らの式	海岸線の区間ごとの 代表地点	コントロールラン、 波高最大メンバー、 潮位最大メンバー の計3メンバー	<u>週間アンサンブル</u> : 5.5 日先まで /1 日 4 回 <u>メソアンサンブル</u>
			1日4回

表 3-1 越波越流量予測計算の機能概要

## 3.1.2. システムフロー

越波越流量計算機能の本システム上の位置づけを図 3-1 に、越波越流量計算及び危険度 判定のフローを図 3-2 に示す。



図 3-1 システムにおける越波越流量予測計算の位置づけ



図 3-2 越波越流量計算及び危険度判定フロー図

## 3.1.3. 入出力データ

(1) 入力データ

越波越流量予測機能の入力データの一覧を表 3-2 に示す。また、その詳細を表 3-3 に示 す。

表 3-2 越波越流量計算及び危険度判定の入力データ一覧

番号	形式	次元	内容	備考
1	テキスト	1D	潮位経時データ	区間の潮位
2	テキスト	1D	堤前波高経時データ	区間代表点の波高
3	テキスト	-	天端高・堤脚水深データ	区間の代表的な天端高と堤脚水深
4	テキスト	-	許容越波流量データ	区間の許容越波流量

表 3-3 入力ファイル名一覧(越波越流量計算及び危険度判定)

番号	内容	ファイル名
1	潮位経時デー タ	/data/\$data/surge/Point/csv/地区符号_計算初期時刻_メンバー.csv
2	堤前波高 経時データ	/data/wave/enet/領域番号/地区符号_計算初期時刻_メンバー.csv
3	天端高・堤脚 水深データ	/work/master/overtop/data/geo/海域/section/cross_section.csv
4	許容越波流量 データ	/work/master/overtop/eppa/parm/prmssbl_ovtp_海域.csv

\$data : EPSJ, MEPS

## (2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 3-4 に示す。また、その詳細を表 3-5 に示す。

表 3-4 越波越流量計算及び危険度判定の出力データ一覧

番号	形式	次元	内容	備考
1	テキスト	1D	越波流量経時データ	区間の越波流量
2	テキスト	1D	越波危険度データ	区間の越波危険度

表 3-5	出力ファイル名一覧	(越波越流量計算及び危険度判定)
-------	-----------	------------------

番号	内容	ファイル名	備考
1	越波流量経時 データ	/data/overtop/\$data/海域/ovtp_地区符号_計算 初期時刻_メンバー.csv	【時間間隔】5分
2	越波危険度デ ータ	/data/overtop/\$data/海域/alertmap/alert_計算 初期時刻_メンバー.txt	予測時間内の最大値

\$data : EPSJ, MEPS

3.2. うちあげ高

3.2.1. 機能説明

越波越流量機能は、2章の高潮作成機能及び高波作成機能により作成された潮位及び波浪 を入力とし、対象地点におけるうちあげ高の予測情報を出力するものである。高潮及び波浪 の詳細計算結果を入力して計算するため、計算対象は、コントロールラン、簡易計算の潮位 最大メンバー及び波高最大メンバーの3メンバーである。

公 3-0 检认检证量 1 例目并 2 饭胎队女								
笛空エデル	计在地占	計位計在	予測期間					
昇 足 て ノ ル	刈豕地尽	<b>訂</b> 昇刈家	/予測頻度					
中村らの改良仮想勾		コントロールラン、	週間アンサンブル					
配法等6種類の算定	川崎港 1ヶ所	波高最大メンバー、	: 5.5 日先まで					
式より1つを選択		潮位最大メンバー	/1 日 4 回					
		の計3メンバー						
			メソアンサンブル					
			: 39 時間先まで					
			/1 日 4 回					

表 3-6 越波越流量予測計算の機能概要

3.2.2. システムフロー

うちあげ高予測機能の本システム上の位置づけは、越波越流量予測機能と同様である。うちあげ高計算のフローを図 3-3 に示す。



図 3-3 うちあげ高計算フロー図

## 3.2.3. 入出力データ

(1) 入力データ

うちあげ高予測機能の入力データの一覧を表 3-7 に示す。また、その詳細を表 3-8 に示 す。

番号 次 内容 備考 形式 元 テキスト 1D 潮位経時データ 予測地点を含む区間の潮位 1 特定地点の波高、周期、波向 2 テキスト 1D 波浪経時データ 3 バイナリ 2D 波浪変形テーブル 予測地点周辺の波浪変形係数 波浪変形計算設定データ 4 テキスト -波浪変形計算の領域等の設定 5 テキスト 施設・海底断面データ 予測地点の断面データ -テキスト 地点番号テーブル 予測地点のリスト 6 -

表 3-7 うちあげ高計算の入力データ一覧

## 表 3-8 入力ファイル名一覧(うちあげ高計算)

番 号	内容	ファイル名
1	潮位経時データ	/data/\$data/surge/Point/csv/地区符号_初期時刻_メンバー.csv
2	波浪経時データ	/data/\$data/WAVE/POINT/領域番号/初期時刻/\$data_湾コード_初期時刻_メ ンバー_地点コード.pnt
3	<ul><li>波浪変形テーブ</li><li>ル</li></ul>	/work/master/overtop/ebed/ebed_table/変形計算領域番号/波高_周期 _波向_deg.tbl
4	波浪変形計算設 定テーブル	/work/master/overtop/ebed/table/変形計算領域番号.tbl
5	施設・海底断面 データ	/work/master/overtop/utiage/topo/地点番号.csv
6	地点番号テーブ ル	/work/master/overtop/table/point.tbl

\$data : EPSJ, MEPS

(2) 出力データ

出力されるデータの一覧を表 3-9 に示す。また、その詳細を表 3-10 に示す。

表 3-9 うちあげ高計算の出力データ一覧

番号	形式	次元	内容	備考
1	テキスト	1D	うちあげ高経時データ	対象地点のうちあげ高

		表 3-10 出力ファイル名一覧(うちあげ高)	
番号	内容	ファイル名	備考
1	うちあげ高経 時データ	/data/overtop/\$data/海域/utiage/初期時刻/初 期時刻_メンバー.地点番号	【時間間隔】5分

\$data : EPSJ, MEPS

#### 4. 浸水

4.1. 機能説明

浸水予測機能は、日本気象協会および沿岸技術研究センターが配信する潮位・波高・越波 量データを入力として高潮・高波による陸域の浸水を計算し、浸水深などのハザード情報を 作成する。計算では、高潮・高波の河川遡上と河川上流からの洪水を考慮できる。また、実 行時のオプションとして、越波越流量の予測値の不確かさを考慮して作成される越波量ア ンサンブルデータに基づく浸水深の確率マップを作成できる。出力データは、最大浸水深等 のマップ、浸水深等のスナップショット、浸水域と浸水深の確率マップ、任意に設定した予 測地点の時系列である。

浸水予測機能の運用は完全に自動化されている。待機状態においては入力データの配信 状況を常時監視している。更新を検知すると自動で計算を開始し、終了後は計算結果をマッ プ等として可視化し、ファイルを防災科学技術研究所が運用する SIP4D (Shared Information Platform for Disaster Management;基盤的防災情報流通ネットワーク)にアップロードして待 機状態に戻る。

## 4.2. システムフロー

浸水予測機能の本システムにおける位置づけを図 4-1 に示す。また、浸水予測のフロー を図 4-2 に示す。



図 4-1 システムにおける浸水予測の位置づけ



図 4-2 浸水予測のフロー

# 4.3. 入出力データ

# (1) 入力データ

浸水予測機能の実行に必要な入力ファイルの一覧を表 4-1 に示す。

番 号	形式	次元	内容	格納ディレクトリ	備考
1	テキスト	2D	地形(水深・標高)データ	(ケース名) /input2/bathymetry	外部より入手
2	テキスト	2D	陸海データ (陸海判定用・施設入力用)	(ケース名) /input2/roughness	地形データを元に作成 後、外部より入手した 堤防データ・施設デー タをマージする
3	テキスト	2D	天端高データ	(ケース名) /input2/bdl	地形データから生成可 能。外部から入手した データがあればマージ する
4	テキスト	2D	海底勾配データ	(ケース名)/input2/dls	外部より入手(地形デ ータから簡易的に算出 することも可能)
5	テキスト	2D	土地利用データ	(ケース名) /input2/roughness	外部より入手
6	テキスト	1D	潮位時系列データ	(ケース名) /input2/levee	外部より入手
7	テキスト	1D	波高時系列データ	(ケース名) /input2/levee	外部より入手
8	テキスト	1D	越波(越流)量データ	(ケース名) /input2/levee	外部より入手
9	バイナリ	2D	リスタートデータ	(ケース名) /input2/restart	ソルバー計算結果をそ のまま使用可能
10	テキスト	-	時系列観測点指定データ	(ケース名) /input2/time_series	時系列を採取する地点 を指定
11	テキスト	-	波源指定データ	(ケース名) /input2/wgs	河口部の波源位置を指 定するために必要
12	テキスト	1D	目標水位時系列データ	(ケース名) /input2/wgs	河口部波源に設定する 水位データ
13	テキスト	-	上流入力指定データ	(ケース名) /input2/wgs	上流からの洪水流量入 力位置を指定するため に必要
14	テキスト	1D	上流入力流量時系列データ	(ケース名) /input2/wgs	上流からの洪水流量デ ータ
15	テキスト	-	破堤テーブルデータ	(ケース名) /input2/levee_breach	破堤位置・破堤時刻・ 破堤後の標高を指定
16	テキスト	-	越波量アンサンブル出力指 定 データ	(ケース名) /input2/ensemble_calc	越波量アンサンブルを 確認する際に使用(任 意)
17	テキスト	-	部分領域指定データ	(ケース名)	計算領域縮小機能にお いて使用
18	テキスト	-	隣接 TBL・変位 TBL	(ケース名) /input2/levee/adjTBL	前処理ツールにより生 成(→最適領域分割)
19	テキスト	-	堤防リストデータ(接続 TBL)	(ケース名) /input2/levee	前処理ツールにより生 成

表 4-1 入力ファイルの一覧

#### (2) 出力データ

浸水予測機能が出力するファイルの一覧を表 4-2 に示す。

番号	形式	次 元	内容	出力ディレクトリ
1	バイナリ	2D	最大水位マップ	(ケース名)/output[m]/elevation
2	バイナリ	2D	最大流速マップ	(ケース名)/output[m]/velocity
3	バイナリ	2D	最大摩擦速度マップ	(ケース名)/output[m]/friction
4	バイナリ	2D	最大浸水深マップ	(ケース名)/output[m]/totaldepth
5	バイナリ	2D	水位スナップショット	(ケース名)/output[m]/snapz/region5
6	バイナリ	2D	浸水深スナップショット	(ケース名)/output[m]/snapd/region5
7	バイナリ	2D	流速成分スナップショット	(ケース名)/output[m]/snapuv/region5
8	バイナリ	2D	流量成分スナップショット	(ケース名)/output[m]/snamn/region5
9	バイナリ	2D	確率マップ	(ケース名)/output/statistics
10	テキスト	1D	時系列データ	(ケース名)/output[m]/ts_flow
11	テキスト	I	進捗ログ	(ケース名)/log.txt

表 4-2 出力ファイルの一覧

4.4. 制限事項と利用上の留意点

(1) 制限事項

本機能は浸水予測の実行に必要な地形データ等(表 4-1の1番~8番のファイル)の作成 や諸定義ファイル(表 4-1の10番~19番のファイル)を作成する機能を有していないた め、解析領域や計算条件の設定を行う際は、本機能外でそれぞれ作成、調整を行う必要があ る。

(2) 利用上の留意点

本機能では、単精度と倍精度のいずれかの形式を選択できる。単精度は約7桁、倍精度は約15桁の有効桁数を持つ。通常の浸水計算では、以下の理由により単精度の選択を推奨する。

- 倍精度版ソルバーは単精度版と比較し低速(計算時間約1.5倍)となる。
- 倍精度版ソルバーの出力データ容量は単精度版ソルバーの2倍となる。
- ・ 倍精度計算の出力データに可視化ツールを使用する際、エンジンである GMT (Generic Mapping Tools)の設定を変更する必要がある。

(3) その他

浸水に関しては以下のマニュアル類を参照のこと。

- 高潮浸水予測システム ユーザーガイド
- 高潮浸水予測システム リファレンス・マニュアル
- 高潮浸水予測システム 理論マニュアル

【参照先】<u>https://www.jice.or.jp/sip</u>

5. 外部との連携

5.1. 自治体への予測情報提供

5.1.1. 機能説明

表 5-1 に示す自治体に対し、Web で PDF ファイルを閲覧するシステムを構築し(図 5-1)、 試運用を行った(http://micos-sc.jwa.or.jp/sip2coast/)。提供した情報のサムネイルを、図 5-3 及び図 5-4 に示す。提供した予測情報は、平面分布図、ピンポイントの経時変化図、ピーク 値の頻度分布図(箱ひげ図、バイオリン図)、であるが、詳細は、第1編の「アンサンブル 予測情報の説明」(p.14)のとおりである。

自治体等	情報提供地点
兵庫県	(大阪湾)神戸、西宮、尼崎、洲本
大阪府	(大阪湾)大阪、淡輪
愛知県	(伊勢湾・三河湾)三河港
川崎市	(東京湾)川崎
江戸川区	(東京湾)葛西沖(荒川沖)
加古川市	(播磨灘)加古川沖
その他関係者	(大阪湾)神戸、西宮、尼崎、洲本、大阪、淡輪
● 国交省 水管理・国土保全局	(伊勢湾・三河湾)三河港、名古屋、鬼崎
● 国交省 港湾局	(東京湾)川崎、葛西沖(荒川沖)、東京
● SIP 関係者	(播磨灘)加古川沖
	(広島湾)廿日市
	(周防灘)徳山、宇部、苅田

表 5-1 予測情報提供地点(再揭)



図 5-1 Web 閲覧システム(http://micos-sc.jwa.or.jp/sip2coast/)の表示例

## 5.1.2. システムフロー

予測情報作成のフローを図 5-2 に示す。

図には明示していないが、平面分布図や統合図には、気象場の作成で作図された台風経路 図も利用している。また、単体の図は JPEG 画像で作成しているが、紙に印刷した際に見易 いように複数の図を配置し、A3版・A4版の PDF として公開している。



図 5-2 予測情報作成のフロー図

## 5.1.3. 入出力データ

(1) 入力データ

入力データを表 5-2 に示す。

番号	内容	ファイル名	備考
1	台風経路図	\$datadir/METEO/TYPH/	JPEG 画像
2	高潮の	\$datadir/SURGE/MESH/D1(D3)/\$seanum/ 計算初	表 2-10 の番号1
	平面分布デー	期時刻/\$data_\$seanum_計算初期時刻_メンバ	
	タ	—.ans	
3	高潮の地点毎	\$datadir/SURGE/POINT/D1(D3)/計算初期時刻	表 2-10 の番号3
	の	/\$data_\$seanum_計算初期時刻_メンバー_地点番	
	時系列データ	号.pnt	
4	高波の	簡易予測: \$datadir/WAVE/MESH/\$area/計算初期	表 2-19、表 2-23
	平面分布デー	時刻/ out_grd.初期時刻_メンバー_00	要素は表 2-23
	タ	詳細予測: \$datadir/WAVE/MESH/\$area_メンバー/	参照
		計算初期時刻/要素.dat	
5	高波の地点毎	\$datadir/WAVE/POINT/\$area/ 計算初期時刻	地点番号は <b>表</b>
	の	/\$data_\$seanum_計算初期時刻_メンバー_地点番	2-20 参照
	時系列データ	号.pnt	
6	越波流量の	/data/overtop/\$data/海域/ovtp 地区符号 計算初期	表 3-5 の番号1
	時系列データ	時刻_メンバー.csv	

表 5-2 荒川水系連携の入力データ

datadir : /data/\$data/ data : EPSJ、MEPS

seanum:01 (大阪湾)、02 (東京湾)、03 (伊勢湾・三河湾)

area:表 2-18、表 2-22の領域番号

(2) 出力データ

出力データ格納場所を表 5-3 に示す。また、出力例を図 5-3 及び図 5-4 に示す。

番号	内容	格納場所	備考
1	統合図	/work/master/plot2/fig/	地点図、台風経路図、 経時変化図、平面分 布図
2	平面分布図(高潮)	/work/master/plot2/fig/	台風経路図、平面分 布図
3	平面分布図(波高)	/work/master/wave/PLT/maxmesh/fig/	台風経路図、平面分 布図
4	箱ひげ図(高潮)	/work/master/plot3/fig/	地点図、経時変化図、 頻度分布図、箱ひげ 図、ヴァイオリン図
5	箱ひげ図(波高)	/work/master/wave/PLT/stat/fig/	地点図、経時変化図、 頻度分布図、箱ひげ 図、ヴァイオリン図

表 5-3 荒川水系連携の出力データ





征

(m) T.P. 10000 10000

型 40 栗 -45

料 10 第 05 第 05 第 -05

CE) MM

【簡易計算】潮位·潮位偏差

12

18 12

- 04

OT MEPS 1

12

【簡易計算】波高

年台周第14号 (T2022-14)

18

予测初期時刻:2022/08

09110

-

2022年9月18日09時初期値の提供データ(PDF)



図 5-4 メソアンサンブルの予測情報提供例

- 5.1.4. 制限事項と利用上の留意点
- (1) 制限事項
  - 公開 Web (http://micos-sc.jwa.or.jp/sip2coast/) 閲覧には、予め ID とパスワードの設 定が必要である。
  - 本システムは、予め設計した PDF を閲覧するものである。
- (2) 使用上の留意点
  - システムフロー(図 5-2 参照)に示したように、各計算処理が終了した時点で作成 を行っている。そのため、情報によって更新される時刻が異なるので注意が必要で ある。
  - 本システムは、最新の情報のみを表示・閲覧できるようにしているため、過去の情報は閲覧できない。情報を閲覧した際にダウンロードすることをお勧めする。
  - 台風通過(消滅)後、一定時間を経過すると閲覧できないことにも注意する必要がある。

5.2. 荒川水系におけるテーマ内連携

テーマ内の「統合ダム防災支援システム」、「長時間洪水予測システム」及び「高潮・高波 ハザード予測システム」を、荒川水系において連携させる。具体的には、荒川河口部(図 5-6 参照)の潮位予測結果を FRICS に送信(図 5-7 参照)し、洪水モデルの河口出発水位とし て連携させる。なお、送信している潮位の基準面は東京湾平均海面(T.P.)である。

また、送信している計算結果は下記の通りである。この連携の為、東京湾の高潮のみメソ アンサンブル詳細計算を21メンバー全てで実施する(他の湾の詳細計算は、コントロール ラン、潮位が最大となるメンバー及び波高が最大となるメンバーの3メンバーのみ実施)。

- 週間アンサンブル詳細計算結果(132時間先まで1分毎):コントロールランのみ
- メソアンサンブル詳細計算結果(39時間先まで1分毎):21メンバー

#### 5.2.1. システムフロー

システムフローを図 5-5 に示す。

本システムは、全メンバーの簡易計算(格子間隔 2,430 m の広領域だけの計算)を行った 後、コントロールラン、潮位が最大となるメンバー及び波高が最大となるメンバーの計3メ ンバーのみ詳細計算(格子間隔 810 m の中領域及び格子間隔 270 m の狭領域の計算)を行 うものであるが、荒川水系連携のため、東京湾のメソアンサンブルの高潮計算のみ、全(21) メンバーの計算を行った。



### 5.2.2. 入出力データ

(1) 入力データ

入力データを表 5-4 に示す。抽出する地点は図 5-6 に示す荒川河口部である。

番号	内容	ファイル名	備考
1	高潮詳細予測の	\$datadir/POINT/D3/ 計算初期時刻	表 2-10 の番号 3
	経時データ	/\$data_02_計算初期時刻_メンバー	
	(葛西沖)	0003.pnt	

表 5-4 荒川水系連携の入力データ

datadir : /data/\$data/\$URGE/

data : EPSJ, MEPS

海域番号:02(東京湾)、地点番号:0003(葛西沖)



(2) 出力データ

出力データを表 5-5 及び下記に示す。また、送信しているサンプルを図 5-7 に示す。

1行目 : ヘッダー (各列の説明)
2行目以降 : 1分毎のデータ
<2行目以降の各列の説明>
1列目:年月日時分 (2022-08-12T09:01:00 2022年8月12日9時1分)
2列目:天文潮位 (cm:T.P.上)
3列目:メンバー01の予測潮位 (cm:T.P.上) ←コントロールラン
4列目:メンバー02の予測潮位 (cm:T.P.上)
5列目:メンバー03の予測潮位 (cm:T.P.上)
: :
: :
22列目:メンバー20の予測潮位 (cm:T.P.上)
※週間アンサンブルは3列目まで

番号	内容	ファイル名	備考
1	<ol> <li>1 分毎の潮位データ (荒川河口部)</li> </ol>	\$datadir/ARAKAWA/D3/\$data_計算 初期時刻.csv	<ul> <li>荒川河口部の天文潮位</li> <li>と各メンバーの潮位を</li> <li>まとめたファイル</li> <li>(csv 形式)</li> </ul>

#### 表 5-5 荒川水系連携の出力データ

datadir : /data/\$data/SURGE

data : EPSJ, MEPS



- 5.2.3. 制限事項と利用上の留意点
- (1) 制限事項
  - リアルタイムでの送受信は、各所のセキュリティ担当者間において、入念な準備及び試験が必要である。
- (2) 利用上の留意点
  - 初期時刻の1分後からのデータである。
  - 潮位の基準は東京湾平均海面(T.P.)である。

#### 6. システム構成

ここでは、最終年度におけるシステム構成及び将来の国交省システムに移管した時点の 構成案を示す。

6.1. 最終年度におけるシステム構成

最終年度における高潮・高波予測システムの計算フローを図 6-1 に示す。左図は週間ア ンサンブル (132 時間先まで、51 メンバー)、右図はメソアンサンブル (39 時間先まで、21 メンバー)による高潮・高波の計算であり、各1日4回の計算を行っている。このような多 量の計算を短時間で実施するためのシステムを次項に示す。



図 6-1 高潮・高波予測システムの計算フロー

6.1.1. SIP 第2期におけるシステム(物理マシンで構築)

物理マシン4台(sipdev1~4)で構築したシステムを図 6-2 に示す。主な役割は下記の通りである。

- sipdev1 高潮計算、越波越流計算
- sipdev2 気象場作成、波浪計算
- sipdev3 波浪計算
- sipdev4 波浪計算

なお、高潮・高波計算の入力となる気象庁 GPV 等は、JWA の基幹システム(MICOS)から入手し、高潮・高波の計算結果は JWA の VM を使用して FTP による提供及び Web 画面の公開を行っている。



図 6-2 物理マシンで構築したシステム

6.1.2. ポスト SIP を見据えたシステムの検討(クラウドマシン)

台風襲来時のみ高潮・高波計算を行うポスト SIP においては、必要な時だけ使用できるク ラウドマシンの利用が効率的である。そのため、図 6-3 に示すシステムを構築し、試運用を 行った。しかし、台風襲来時だけ起動させ終了させることが手動であり、さらに、起動させ たマシンの 10 台中 2~3 台で異常が発生する等、安定した運用ができないことが判明した。 今後、図 6-4 に示す改善案を基に、安定運用に適したシステムを再検討する必要がある。



図 6-3 クラウドマシン (AWS) で構築したシステム



図 6-4 クラウドマシン (AWS) で構築したシステムの改善案

#### 6.2. 将来のシステム構成(案)

国土交通省内にシステムを構築する場合、可用性を確保するため関東と近畿で同じもの を稼働させ、冗長構成とする。また、今後改修が発生することを想定し、改修の総合試験を 行う環境を別途用意する。ただし、計算の元データである気象庁数値予報計算 GPV は関東 の計算基盤からのみ配信されているので、大阪に拠点があってもディザスターリカバリに はならない可能性が高いことに注意する必要がある。また、気象庁及び統一河川情報システ ム、ナウファスから観測値を得るため、それらのシステムからのデータ配信を受ける。

以下に、要件及び具体的な構成例を示すが、ハードウェア機器メーカやクラウド業者の提供する機器のスペックは日々向上しているので、今後構築する際に改めて検討する必要が あることに留意されたい。

6.2.1. 要件

これまでの試運用の結果より、各計算に必要なマシンスペックを表 6-1 に示す。

-	
計算内容	必要スペック
気象場作成	1コア・2GBメモリ
潮汐	1コア・2GBメモリ
高潮・簡易	1 コア・2GB メモリ/海域
高潮・詳細	1 コア・2GB メモリ/メンバー/海域
高波・簡易	1コア・2GBメモリ/海域
高波・詳細	32 コア・64GB メモリ/メンバー/海域

表 6-1 計算に必要なスペック

高波・詳細計算用として、32 コア×3 メンバー×3 海域=288 コア (ハイパースレッド無し)、メモリは 64×3 メンバー×3 海域=576 GB 以上を確保したシステムが必要となる。

1 台で288 コアを賄うことは難しいので、管理ノードと複数の計算ノード、ファイルサー バによって構成されるクラスターシステムを構築する(**表 6-2**参照)。データの取得及び提 供は別のサーバで行い、アクセス権限をそれぞれで制限する。

表 6-2 計算クラスターの構成

種類	役割
管理ノード	必要データの抽出
	簡易計算とアンサンブルの選択
	波浪・高潮計算の起動制御
	実測補正
計算ノード	潮汐計算
	高潮計算
	波浪計算
ファイルサーバ	システムにかかるファイル類全てをおく場所
	ディスク・RAID コントローラ等冗長構成
データ提供サーバ	データ送信、Web 表示
データ受信サーバ	気象庁数値予測 GPV や各機関の観測値の取得

6.2.2. ハードウェアを調達する場合(物理マシン)

ハードウェアを調達して構成する場合、計算クラスター1 セットの令和5年1月時点での 構成案を表 6-3 に示す。なお計算ノードの消費電力は1台で1400 Wを越えるので、200 V 電源が利用できるデータセンターに設置する必要がある。

表 6-3 ハードウェア調達による高波・高潮計算システムのマシンスペック

項目	スペック
管理ノード	台数:1
	CPU:AMD EPYC 72782 (16 コア 2.8 GHz)×1 台
	メモリ:32 GB
	ディスク:2 TB
計算ノード	台数:3
	CPU:AMD EPYC 9654 (96 コア 2.4 GHz)×2 台
	メモリ:384 GB
	ディスク:500 GB
ファイルサーバ	台数:1
	CPU : Intel Pentium G6405 (2 $\exists \mathcal{T}$ 3.5 GHz)
	メモリ:16 GB 以上
	ディスク:20 TB 以上
データ提供サーバ	台数:1
	CPU : Intel Pentium G6405 (2 コア 3.5 GHz)
	メモリ:4GB以上
	ディスク:50 GB 以上
データ受信サーバ	台数:1
	CPU : Intel Pentium G6405 (2 コア 3.5 GHz)
	メモリ:4GB以上
	ディスク : 50 GB 以上

## 6.2.3. クラウドマシンを使用する場合 (AWS)

クラウド環境に構築する案として AWS 上に構築する案を表 6-4 に示す。令和5年1月時 点では、この構成を東京リージョンと米国のいずれかのリージョンの両方に構築してそれ ぞれ同じものを稼働させる。AWS は大阪リージョンがあるが c6 及び c6a タイプが稼働しな いので、大阪リージョンで数値計算を高速に実行するのは難しい状態である。

表 6-4 クラウドマシン (AWS) による高波・高潮計算システムのマシンスペック

項目	スペック
管理ノード	台数:1
	インスタンスタイプ:c6a.8xlarge(32vCPU, 64 GB)
	契約:オンデマンド
	ディスク:50 GB
計算ノード	台数:3
	インスタンスタイプ : c6a.48xlarge(192vCPU, 384 GB)
	契約:オンデマンド
	ディスク:50 GB
ファイルサーバ	タイプ:FSx for Lustre (SSD タイプ)
	ディスクサイズ:~20 TB(自動拡張;従量課金)
データ提供	S3、lambda などを組み合わせたサーバレスな提供システムを別途構築
	する
データ受信サーバ	台数:1
	インスタンスタイプ:t3a.small
	契約:リザーブド
	ディスク:100 GB

注: AWS の vCPU 数は実際の1コアを仮想的に2コアとして用いる技術(ハイパースレッ ディング)を使う前提でカウントしている。しかし、この機能は高潮や波浪の数値計算 には悪影響を及ぼすので、計算に用いる場合は無効にしている。このため、実際には vCPU 数の半分が計算に使えるコア数である。

## 第3編 技術仕様書

ここでは、「第2編 機能仕様書(内部仕様書)」を実現するための主要な技術情報を技術 仕様書としてまとめた。

#### 1. 気象場作成

1.1. 空間内挿方法

週間アンサンブルの格子間隔は0.375度×0.375度、メソアンサンブルの格子間隔は0.0625 度×0.05度であり、両アンサンブルの空間解像度は大きく異なる。このため、処理を統一化 することを目的として、週間アンサンブルの格子間隔がメソアンサンブルと同じになるよ う週間アンサンブルの空間内挿を行う。内挿方法は、風速や気圧等を緯度経度方向にそれぞ れ線形補間を行うバイリニア補間を用いた。

#### 1.2. 時間内挿方法

採用した簡易な時間内挿の考え方を図 1-1に示す。図 1-1の最上段が時刻t,最下段が時刻 t+3時間、その間が時間内挿である。また、左列は単純内挿結果、中列が台風中心位置を原 点とした相対座標での時間内挿結果、右列が相対座標を時間内挿した台風中心位置に展開 した結果となっている。左列の単純時間内挿では台風の移動が全く考慮されていない。その ため、台風の中心位置を原点とする相対座標系に変換した後に時間内挿を行い(中列)、そ の相対座標系を別途時間内挿した台風中心位置に展開(右列)した。また、相対座標系の気 象場を時間内挿した台風中心位置に展開する際には、台風中心から強風半径である風速15 m/sから風速10 m/sの範囲で周辺の気象場と接続させることとした。

図 1-1の「(a)単純内挿」と「(c)移動を考慮」の内挿方法を用いて2019年の台風第19号上陸時の気圧を内挿した結果を図 1-2に示す。「(a)単純内挿」では、台風中心の形がくずれt+2hでは中心気圧が高くなっているが、「(c)移動を考慮」では、台風の形と低い中心気圧を保ったまま台風が移動する合理的な結果となっている。そこで本システムでは、「(c)移動を考慮」の方法を採用し、この方法を「特殊内挿」と呼ぶ。



なお、台風の移動分の座標をずらして内挿するため、台風の経路と陸地の位置関係によっ ては、陸域の風を海域の内挿に用いることになる。陸域の風は地面の摩擦の影響を受けるた め海域よりかなり弱く、このような場合は、内挿結果の海域に陸地の影ができることになる (図 1-3)。そこで、陸域の風を地上の影響を受けにくい 850 hPa 面(高度約 1500 m)の風 速を地上風に換算した値で置換した上で特殊内挿を行う。850 hPa 面の風速を利用した場合 について図 1-3 と同時刻の分布図を図 1-4 に示す。図 1-3 と比較して陸地の影響が軽減し ていることがわかる。

850 hPa 面の風速の地上風換算は以下の手順で行う。

①陸地の各格子の 850 hPa 面の気温と海面気圧から、以下の測高公式を変形した式を用いて各格子の 850 hPa の高度を求める。下式は国際民間航空機関が定めた国際標準大気による定義を用い、気温減率 0.0065 K/m を前提としている。

$$Z_{850hPa} = \frac{\left(\left(\frac{P_0}{850}\right)^{\frac{1}{5\cdot257}} - 1\right) * (T+273.15)}{0.0065}$$

Z_{850hPa}: 850 hPa 高度(m)、P₀: 海面更正気圧(hPa)、T: 850 hPa 高度の気温(度)

②850 hPa の高度と風速から、下式のべき乗則(n=10)を用いて、地上10mの風速を求める。
1/n

 $V_{10} = V_{850hPa} (10/Z_{850hPa})^{1/n}$ 

V₁₀:10m高度の風速(m/s)、V_{850hPa}:850hPa高度の風速(m/s)、Z_{850hPa}:850hPaの高度(m) n:べき指数

③②で換算した地上風は、地域や事例によって換算の精度が異なる。このため、近傍の nmax 個の海格子の 850 hPa 面風速換算値と地上風速の比の平均を使って補正を行う。ここ で、nmax は現在は 10 としている。

WS= WSps  $(\sum_{n=1}^{nmax} cor_n)/nmax$ cor_n=WSs_n/WSps_n

WS:対象陸格子の補正後海上風速

WSps:対象陸格子の海上風速(②で計算した風速)

WSpsn:対象陸格子に最寄りの海格子nの 850 hPa 面風速地上風換算値

WSsn:対象陸格子に最寄りの海格子nの地上風速(MEPS そのままの値)





図 1-4 850hPa 面風速を利用した場合の分布

### 1.3. 台風中心の追跡

台風中心の追跡は基本的に最低気圧の追跡により行うが、台風とは無関係な低圧部を台 風中心とすることを避けるため、追跡範囲は前時刻の台風の移動距離や方向を参考にして 決定する。

週間アンサンブルの追跡のフローを図 1-5 に、メソアンサンブルの追跡フローを図 1-6 に示す。週間アンサンブルは格子間隔が粗いため、次節で説明する推定方法を用いて、最低 気圧格子とその周囲の格子の気圧の関係からより詳細な台風中心の位置を推定する。





図 1-6 台風中心追跡の流れ(メソアンサンブル)
## 1.4. 台風中心の推定

週間アンサンブル(高解像度日本域)の格子間隔は約40kmであり、格子点の気圧値をそのまま使用して3時間毎の台風中心位置を求めると、台風経路がジグザグした不自然な経路となる。そこで、より正確な台風中心の位置を求めるため、本システムでは図1-7に示す幾何学的な簡易な手法で格子間の台風中心位置を推定した。台風中心位置を格子点そのままの値の極小値で求めた場合の経路を図1-8、図1-7の方法を用いて求めた経路を図1-9に示す。両経路を見比べると、図1-8の方はジグザクした不自然な経路で、かつ異なる複数のメンバーが同じ経路に重なり経路の数が少ない結果になっているのに対し、簡易な台風中心推定法を用いた図1-9の方はそれらの不具合が改善されている。





## 1.5. 台風が複数存在する場合の処理

台風が複数存在する場合は、それぞれの台風について特殊内挿を行い作成されたメッシ ュデータを合成する。合成の模式図を図 1-10 に示す。風速 10~15 m/s の風域同士が重なる 風域はスカラー平均とし、10~15 m/s の風域と 15 m/s 以上の風域が重なるところは 15 m/s 以上の風域を優先する。15 m/s 以上の風域同士が重なる風域は、優先順位パラメータが設定 されていれば優先順位の高い台風の風を使い、設定されていなければスカラー平均を用い る。3 個以上台風がある場合も同様の考え方で処理を行う。





2. 高潮·高波

## 2.1. 潮汐

潮汐計算は、計算領域(図 2-1)の開境界(図 2-1中、赤線)へNAO.99Jb (Matsumotoら ², 2000)で推算した潮汐を入力することで、海域毎に1年間分の潮汐の値を推算する。計 算格子間隔は推算精度を勘案して 270 m とし、計算量が大きくなりやすいことから計算領 域は海域毎に設定している。また、NAO.99Jb による計算に使用されるのは主要 16 分潮の みであるのに対し、気象庁が所管となっている地点は、最大で 60 分潮が考慮されたデータ が公開されていることから、最適内挿法によってデータ同化を行っている。詳細は 2.4 にて 記載する。潮汐推算時は平均海水面上の値として算出されるが、データ同化に伴い潮汐のメ ッシュ情報は T.P.値に換算される。その他、主な計算条件を表 2-1 に示す。また、本計算に よる潮汐の推算値の西宮における経時変化での精度確認を図 2-2 に示す。図中赤線が気象 庁で公開されているデータであり、黒線が本計算による推算値であるが、潮汐の値・周期と もに赤線をよく再現できているといえる。



図 2-1 潮汐計算領域

	••			
計算モデル	入力値	平面座標系	格子間隔	計算時間間隔
非線形長波モデル	NAO.99Jb によっ	東京湾:IX系	270 m	東京湾:1.0秒
	て推算した値	伊勢湾:VII系		伊勢湾:1.0 秒
		大阪湾:V系		大阪湾:0.5 秒

表 2-1 主な計算条件



#### 2.2. 高潮

はじめに、本予測システムによる台風最接近約24時間前を初期値とした、メソアンサン ブルによる最大潮位偏差の予測結果まとめを表2-2に示す。表中の見逃しゼロは予測の最 大潮位偏差と観測値の比較ではなく、実際に最大潮位偏差が観測された時刻の予測値と観 測値を比較して見逃しゼロかどうかを判断した。表やこれまでの試運用により、本高潮予測 システムについては以下のことがわかっている。

- 十分な勢力を有した台風が対象海域に接近してきた際には、高潮を精度良く予測できる(表 2-2 中、T2019-19 及び T2020-10)。
- 中心気圧が 980 hPa 以上と台風の勢力が弱い場合、最大潮位の見逃しが発生することが ある(表 2-2 中、T2021-09)。
- 異常潮位といった海況要因を本システムでは考慮していないため、そうした事象が発生した際には、最大潮位の見逃しが発生する可能性がある(**表 2-2** 中、T2022-14)。

스토	바무	最大潮位偏差	最大潮位偏差(観測値)	同時刻の	見逃し
百風	地尽	(観測値)	の発生時刻	予測潮位偏差	ゼロ
T2019-19	東京	1.59 m	2019/10/12 21:28	0.78~2.27 m	0
T2020-10	宇部	1.33 m	2020/09/07 05:03	0.68~1.52 m	0
T2021-09	川崎	0.69 m	2021/08/09 21:00	0.38~0.48 m	×
T2022-14	苅田	1.55 m	2022/09/19 01:58	0.72~1.50 m	$\bigtriangleup$

表 2-2 最大潮位偏差の予測結果まとめ

次節より、システムで使用している計算条件や計算モデルの推算精度、さらに実際の台風 への適用事例をより詳細に示し、本システムのリアルタイム予測への適用性と課題等につ いて取りまとめる。

## 2.2.1. 計算条件

計算条件を表 2-3 に、計算領域を図 2-3 に示す。計算モデルには非線形長波モデルを用 いた。非線形長波モデルは、運動方程式であるナビエストークスの式と非圧縮性流体の連続 の式をそれぞれ鉛直方向に積分した 2 次元の浅水長波方程式を用いたモデルである。気圧 低下による海面の吸い上げ効果や、海上風による吹き寄せ効果等、海水に及ぼす力学的応力 を考慮することができる一方、比較的計算負荷を小さく抑えられるという特徴がある。簡易 計算は図 2-3 に示す格子間隔 2,430 m の広領域でアンサンブル全メンバーについて計算を 行い、詳細計算は三大湾について二段階のネスティングを行い、最終的に越波越流量計算も 可能な 270 m 格子間隔のメッシュ情報を計算している。

項目	簡易計算 詳細計算		
計算モデル			
平面直角座標系	V系	東京湾:IX 系	
		伊勢湾:VII系	
		大阪湾:V系	
格子間隔	2,430 m	810 m, 270 m	
計算時間間隔	広領域:1.0秒	中領域:1.0秒	
		狭領域:0.5秒	

表 2-3 高潮予測の計算条件

【高潮の計算領域】



## 2.2.2. 高潮推算精度の確認

本高潮予測システムを開発するにあたり、まずは計算モデルの高潮推算精度を確認した。 追算対象とした台風と、使用した気象データを表 2-4 にまとめる。追算を行ったのは、近年 の高潮被害として記憶に新しい、関西国際空港に高潮で甚大な被害を与えた 2018 年 21 号 台風(T2018-21)である。入力値には、簡易に利用できる既存の GPV の中で時空間解像度 が最も高く、1 時間毎に気象庁から配信される LFM(局地気象モデル)の初期値及び 30 分 予測値を計算期間分つなぎ合わせたデータを利用した。

対象台風	2018年21号台風(T2018-21)
	この台風による高潮で関西国際空港の滑走路が浸水した。
使用した	LFM(局地気象モデル)の初期値及び30分予測値を計算期間分
気象データ	結合させたデータ
	格子間隔:約2km
	時間間隔:30分
気象データの観測値	気圧:神戸
との比較地点	風向風速:神戸、関空島
	高潮:神戸、西宮、尼崎、大阪

表 2-4 追算に使用した台風と気象データ及び観測値との比較地点

神戸での気圧と風向風速の観測値と LFM の比較、及び関空島での風向風速の観測値と LFM の比較を図 2-4 左に示す。図より、神戸における LFM の気圧は観測値とよく一致し、 再現性が良いことがわかる。風速は神戸では LFM がピーク付近でやや過大評価となり、観 測値よりも強い風が吹き続けているのに対し、関空島では LFM はピーク付近で過小評価と なっていた。ただし、関空島において LFM の時間解像度が 30 分であるのに対し、赤色実線 は 10 分間隔、さらに赤丸は 30 分間隔で図示している。観測値の風速のピークは 30 分間隔 にプロットしている赤丸の間に位置していることから、赤丸と LFM の黒線を比較すると LFM は観測値の傾向をよくつかめていたといえる。

この入力値を使用して計算を行った高潮追算の結果と観測値との比較を図 2-4右に示す。 なお、図中"Cal"として比較している追算値は、それぞれ別で計算した潮位偏差と潮汐の結 果を足し合わせた潮位の結果である。図 2-4 より、高潮浸水に対応した第1ピークの再現 結果は観測の平滑値に関しては比較的良好であったが、瞬間値に対しては西宮及び尼崎と いった大阪湾奥部において誤差がやや大きくなる傾向があった。ただし、いずれの地点にお いても高潮の発達の仕方やピーク時刻は再現できていた。

以上より、本計算モデルでは再現性の高い気象場を与えれば妥当な計算結果が得られる ことを確認できた。



※関空島は風向風速のみ

#### 2.2.3. リアルタイム予測への適用

アンサンブル情報が配信されて以降、計算領域内で比較的高潮位を観測したのは、表 2-5 に示す4台風である。なお、週間アンサンブルの配信メンバー数が51になったのは2021年 3月からであるため、検証対象の4台風のうち、T2019-19とT2020-10は27メンバー、T2021-09とT2022-14が51メンバーである。

検証対象台風	高潮位を観測した海域	備考
2019年19号台風(T2019-19)	東京湾	ENSJ : 27 メンバー
2020年10号台風(T2020-10)	周防灘	ENSJ : 27 メンバー
2021年09号台風(T2021-09)	東京湾	ENSJ : 51 メンバー
2022年14号台風(T2022-14)	周防灘	ENSJ : 51 メンバー

表 2-5 高潮予測結果の精度検証対象台風

この中でも特に、本予測システムを使用する上での注意事項が判明した台風の一つである T2020-10 について、宇部と徳山での予測結果に関する検証を示す。台風経路予測と高潮の観測値との比較を図 2-5 に、周防灘周辺域の最大潮位偏差分布の時間変化を図 2-6 に示す。T2020-10 は、一時は特別警報級と警戒されるほど勢力が強い台風であったが、前週に同様の経路をたどった T2020-09(2020 年 9 号台風)の影響で海水温が下がったことで勢力が減衰したものの、中心気圧 945 hPa 程度で九州の西側を北上した。T2020-10 による高潮予測の結果は以下のとおりである。

(1) 120 時間及び 96 時間前予測(ENSJ)

台風経路に東西幅があり、高潮の第1ピークを捕捉できていた。

(2) 72 時間前予測(ENSJ)

前時刻と比較して格段に台風経路の東西幅が小さくなり、また予測された台風経路が全体的に西に振れたことで潮位偏差が全体的に低くなった。その結果、ピーク時刻はカバーできていたが宇部と徳山の両地点で第1ピークを見逃した。72時間前予測が唯一どのアンサンブルメンバーも九州に上陸しないような西に大きく振れた予測であり、その結果、ベストトラックが全メンバーの最東端と最も危険な経路になっていたことから最大潮位 偏差を予測できていなかったと考えられる。また図 2-6をみると、図中白点線より72時間前では唯一周防灘のみと高潮リスクが高い海域が大幅に狭まり、72時間前予測は全期間を通して唯一、平面分布予測の傾向が異なっていた。

(3) 48 時間前予測 (ENSJ)

48 時間前予測では両地点ともに高潮の第1ピークがやや過小であるものの、高潮の発達 過程を明確に再現できていたメンバーがあり、それは最も早い時間にピークを予測して いたメンバーであった。台風経路の予測幅は72時間前予測と大差なかったが、ベストト ラックは台風経路の予測幅内に位置しており、台風接近に伴って台風経路の予測の確度 があがってきた結果、再び捕捉するに至ったと考えられる。

(4) 24 時間前予測(MEPS)

MEPS を使用した 24 時間前予測については、宇部と徳山の両地点で高潮予測の幅が最も 小さくなったが、高潮の第1ピークを明瞭に予測できていた。 以上より、台風経路予測の確度が十分ではない時刻の EPSJ による予測では、前時刻の 予測から大きく傾向が変わった場合、注意が必要であることがわかった。



図 2-5 T2020-10による高潮のリアルタイム予測結果(宇部・徳山)



図 2-6 T2020-10 による最大潮位偏差分布図

#### 2.2.4. 利用上の留意点

予測情報を利用する際には、以下に留意する必要がある。

- ・アンサンブルによる台風経路予測は、必ずしも気象庁から配信される台風の予報円内に入っているとは限らず、ベストトラックをアンサンブルの振れ幅内に捉えられていない場合がある。特に、台風接近の5日前や4日前といった台風が近づいてくるまでに時間がある場合に多く、適宜気象庁から配信される予報円情報とアンサンブルの経路情報を見比べつつ高潮予測結果を参照する必要がある。
- ・高潮予測の傾向が前時刻分から大きく変わることがある。そうした場合には次時刻の予測 情報も注視する必要がある。
- ・台風の中心気圧が980hPa以上と勢力が弱い場合、高潮予測は過小評価となる可能性があり、予測潮位以上の潮位が発生する可能性があることに留意する必要がある。
- ・週間アンサンブルとメソアンサンブルでは異なる高潮予測傾向を示すことがあるが、メソ アンサンブルの方が予測確度は高い。台風最接近の約39時間前からは週間アンサンブル ではなくメソアンサンブルによる予測情報を主に参照する。
- ・台風の接近にともないアンサンブルによる台風経路の振れ幅が小さくなるにつれ、高潮の 予測値も一定の値に収束してくるが、そうした際には高潮のピークを捕捉できない可能 性も高まる。そのため、気象庁による高潮予測も同時に参照する必要がある。
- ・異常潮位等、海況要因を本システムでは考慮できていないため、実況潮位を適宜参照し、 台風接近前の潮位予測と実況潮位の間に差がないかを確認する必要がある。

#### 2.3. 高波

ここでは、高波予測システムで使用している計算条件と推算精度の確認結果について記載する。また、実際の台風への適用例を示し、本システムのリアルタイム予測への適用性について検討し利用上の留意点をまとめる。

#### 2.3.1. 計算条件

高波予測の計算条件について以下にまとめる。

(1) 簡易予測

計算条件を表 2-6、計算領域を図 2-7に示す。波浪モデルはWAVEWATCH III(以下、WW3) を用い、風から波へのエネルギー輸送項と減衰項の組み合わせSin & SdsはNOAAなど世界 の多くの波浪予報機関で採用されているST4を用いた。簡易計算は全メンバーに対して実行 するため、計算負荷が小さいことが重要な条件となる。そこで、最小格子間隔は内湾での予 測精度がある程度確保でき、かつ週間アンサンブルの計算時間を1時間以内に抑えることが できる格子間隔(1.5分)とした。また、本システムではスーパー台風襲来時を対象としてい るため、周波数の下限値は波浪推算でよく用いられる0.04より小さい0.03とし、より周期が 長い波浪を考慮できるように設定している。

項目	第1領域	第2領域
波浪モデル	WAVEWATCH III (ver.6.07)	
座標系	極凶	<b>E標系</b>
格子間隔	12 分(約 20 km)	1.5 分(約 2.5 km)
周波数範囲	0.03~1.02 Hz(38 分割)	
方向分割	10 度	
Sin&Sds	ST4	
波浪変形	浅水変形, 屈	折,地形性砕波

表 2-6 簡易波浪予測の計算条件



## (2) 詳細予測

計算条件を表 2-7、計算領域を図 2-8 に示す。外洋域はうねりの推算精度が高い WW3、 内湾域は、浅海域向けに開発された波浪モデルである SWAN を用いた。WW3 の Sin & Sds はうねりの推算精度が高く、代表諸元の推算精度は ST4 と同等であるが計算速度が速いと 報告されている ST6 とした。SWAN の Sin & Sds はデフォルトの Komen を用いた。最終領 域(図 2-8 の赤枠内)は、本システムの社会実装海域である。

	か 洋村:			中述社	
百日	外洋坝			PJi	<b>鸤</b>
- K H	第1領域	第2領域	第3領域	第4領域	第5領域
波浪モデル	WAVEWATCH III(ver.6.07)			SWAN(v	er. 41.20A)
座標系	極座標系		平面直	角座標系	
按了即同	12 分	6分	2分	010	270
俗丁间牌	(約 20 km)	(約10km)	(約 3.5 km)	810 m	270 m
周波数範囲	0.03~0.39 Hz(28 分割)			0.03~1.02 H	Iz(38 分割)
方向分割	10 度				
Sin & Sds	ST6			Ko	men
波浪変形	なし			浅水変形,屈:	折,地形性砕波

表 2-7 詳細波浪予測の計算条件







外枠内:第4領域(810m格子) 赤枠内:第5領域(270m格子)

(m)



50 100 150 200

図 2-8 予測対象海域 (詳細予測)

#### 2.3.2. 波浪推算精度の確認

本システムはスーパー台風襲来時を予測対象としており、強大な台風について波浪推算の精度を確認しておく必要がある。そこで、社会実装対象海域近傍のナウファス観測地点である神戸港、伊勢湾、第二海堡の既往最大事例(表 2-8)について、追算により波浪モデルの推算精度を確認した。

追算では、入力風として1時間ごとに気象庁から配信される LFM(局地気象モデル、格子間隔約2km、時間間隔30分)の初期値及び30分予測値を計算期間分つなぎ合わせたデータを利用した。LFMは、簡易に利用できる既存のGPVの中で時空間解像度が最も高く、 内湾における波浪推算での利用に適していると考えられる。

簡易予測の計算条件を用いた波浪追算結果を図 2-9、詳細予測の計算条件を用いた結果を 図 2-10 に示す。また、ピーク値の差を表 2-8 にまとめた。簡易追算では、神戸港と第二海 堡で推算値の波高が観測値より 50 cm 以上低い結果であるが、格子間隔が粗く湾口地形の 表現が十分でないこと、第 1 領域の範囲が狭く外洋でのうねりの発達が十分ではないこと から、うねりが過小評価されていることが原因として挙げられる。内湾ではうねりより風波 が卓越することから適切な最大波高メンバー抽出への影響は小さいと考えられる。詳細追 算では、いずれの海域においてもピーク差は 10 数 cm 未満であり良好な推算結果が得られ ている。

計算 一曲占		重個	推算値一観測値	
種別	也示	ניא דר	時間差	波高差(m)
	神戸港	T2018-21	0:00	-0.69
簡易	伊勢湾	T2018-21	-0:20	0.24
	第二海堡	T2019-15	-0:20	-0.77
	神戸港	T2018-21	0:20	-0.18
詳細	伊勢湾	T2018-21	0:00	-0.08
	第二海堡	T2019-15	-0:20	0.16

表 2-8 精度検証結果(追算)



図 2-9 簡易波浪追算の推算結果



図 2-10 詳細波浪追算の推算結果

## 2.3.3. リアルタイム予測への適用

メソアンサンブルの配信は 2019 年 6 月に開始され、これ以降に内湾に襲来した強い台風 は東京湾近傍を通過した T2019-15、T2019-19 のみである。そこで、高波予測システムを用 いて、この 2 台風を対象に予測計算を行いその適用性について検討した。なお、週間アンサ ンブルの配信メンバー数が 51 になったのは 2021 年 3 月からであり、これらの台風襲来時 の週間アンサンブルは 27 メンバーの配信であった。このため、週間アンサンブルの予測計 算は 27 メンバーを対象としている。

観測波高ピーク時間帯の約72、36、12時間前の初期時刻について、図 2-11、図 2-12 に 第二海堡地点(ナウファス)の簡易予測結果と台風経路図を示す。T2019-15 では、週間アン サンブルではいずれのメンバーでも高波高は予測されず、メソアンサンブルが利用可能と なる36時間前になって観測値同等の高波となる可能性が把握できた。T2019-19 では、週間 アンサンブルを用いた予測により72時間前から高波となる可能性が把握できた。このよう に、両台風で週間アンサンブルの結果に差がみられたのは、T2019-15 は上陸時の暴風半径 が80 km 程度の非常にコンパクトな台風であり、週間アンサンブルの解像度(約 60 km 格 子)ではT2019-15 に伴う強風を十分に表現できなかったためであると推察される。一方、 T2019-19 は暴風半径約 295 km の大型の台風であった。

メソアンサンブルでは、どちらの台風も 36 時間前以降、観測値に近い波高が計算されて いるメンバーがあり、高波となるリスクが把握できた。

台風経路図をみると、72 時間前は両台風ともに経路の振れ幅が大きく、実際の通過経路 であるベストトラック(緑線)は東京湾付近ではほぼ東端ではあるものの振れ幅内である。 36 時間前には、両台風ともにベストトラックとコントロールランは近い経路をとり、この 初期時刻でもベストトラックは振れ幅内である。12 時間前になると両台風ともに振れ幅は 小さくなり、第二海堡の計算結果に大きく影響する関東南岸付近のベストトラックは全メ ンバーの経路のほぼ東端に位置し振れ幅内に収まっているとは言えない。これは、メソアン サンブルの12時間前の予測において、最大波高メンバーの波高が観測値を若干下回った原 因のひとつであると考えられる。メソアンサンブルでは、ベストトラックに最も近い経路は 観測値に最も近い波高を予測した最大波高のメンバーの経路(赤線)であり、これらの結果 は、アンサンブルを利用することによって予想進路が外れた場合の見逃しリスクを軽減で きることを示している。



図 2-12 簡易予測結果 (T2019-19, 第二海堡) と台風経路図

## 2.3.4. 利用上の留意点

予測情報を利用する際には、以下に留意する必要がある。

・空間解像度が粗い週間アンサンブルの予測では、コンパクトな T2019-15 のピークが過小 予測であった。週間アンサンブル予測では、小さい台風(暴風半径 100 km 未満程度)の 場合は過小予測の可能性があることに留意する。

・両台風、両アンサンブルともに、台風経路の振れ幅が小さくなる12時間前予測において は、関東南岸付近の実際の経路は振れ幅の範囲外となる傾向があった。直近の予測について は、ピークを捕捉できない可能性があることに留意し、気象庁の台風情報や他機関(ECMWF 等)の情報も併せて参考とすることが望ましい。 2.4. データ同化

データ同化の手法について概説するとともに具体的な適用例を示し、利用上の留意点を 取りまとめる。

2.4.1. データ同化手法の概要

データ同化の方法については、一般によく用いられるカルマンフィルタ³、回帰分析、最 適内挿法^{4,5}について検討し、対象海域および対象要素(潮位偏差、天文潮位)に最も適し ている方法を選択した。なお、カルマンフィルタは、例えば潮位偏差の予測については潮位 偏差の観測値のみを用いて補正する1次元のカルマンフィルタを用いている。

各手法の概要と長・短所について、表 2-9 にまとめた。また、表 2-10 は、各手法の機能 性、利便性の観点からまとめたものである。対象海域や要素により、観測地点の配置状況や 特性が異なるため、それぞれの海域、要素について検討し適切な方法を選定する必要がある。

波浪については、予測対象海域に波浪観測所が不足していること、また、台風時(強風時) の速報観測値の信頼性が低いことから、データ同化は実施しない。

³ 国次雅司(1997): カルマンフィルターを用いた天気予報ガイダンス,天気,44巻6号,p.37-41

⁴ 江ロー平・松浦邦明・松藤絵理子・本橋昌志・三嶋宜明・岡田弘三(2009): NOWPHAS 沿岸波浪観測値の沿岸波浪予報へのリアルタイム同化による予報精度の向上,海洋開発論文 集,第 25 巻,p.885-890.

⁵田中英雄・岡田弘三・松浦邦明・本橋昌志(2008):次世代カムインズの沖波予測手法の 高度化,沿岸技術研究センター論文集 No.8,p.69-72.

方法	概要	長所	短所
カルマン	学習機能を持つ関	・予測時の誤差傾	・観測地点の予測値のみ補正可能
フィルタ	係式を用いて、よ	向を反映すること	<ul> <li>・急激に予測傾向が変わるときに</li> </ul>
	り観測値に対応し	ができる	は追随できないことがある
	た予測値を求める		
	方法		
回帰分析	事前に長期間のデ	・長期的なバイア	・観測地点の予測値のみ補正可能
	ータを用いて観測	スを補正すること	<ul> <li>・予測モデルが更新され予測傾向</li> </ul>
	値と予測値の回帰	ができる	が変わる場合は係数を再検討す
	分析を行い、得ら		る必要がある
	れた回帰係数を補		・予測時の誤差傾向は反映するこ
	正係数として予測		とができない
	値を補正する方法		
最適内挿法	事前に長期間のデ	・面的な補正が可	・予測モデルが更新され予測傾向
	ータにより統計的	能である	が変わる場合は係数を再検討す
	に求めた予報誤差	・予測時の誤差傾	る必要がある
	の空間構造を用い	向を反映すること	・急激に予測傾向が変わるときに
	て重み付き平均を	ができる	は追随できないことがある
	行い、最適な予測		・複数の観測地点のデータが必要
	値を求める方法		

表 2-9 同化手法の概要と長・短所

*潮位は、天文潮位と潮位偏差に分離して補正する。

*回帰分析と最適内挿法は、予め長期間の予測値と観測値を用意する必要がある。

項目	カルマンフィルタ	回帰分析	最適内挿法
予測時の誤差傾向の反映	0	×	0
面的補正の可否	×	×	0
新規地点追加の負荷 (事前解析の作業量)	小	大	大
予測モデル変更時の負荷 (事前解析の作業量)	小	大	大

表 2-10 同化手法の機能・利便性比較

## 2.4.2. データ同化適用例

(1) 天文潮位

観測地点における天文潮位は、過去の潮位観測値から調和定数を求めることにより事前 に計算可能であるため、観測地点にのみ適用可能な回帰分析とカルマンフィルタは用いず 観測地点以外でも面的に適用可能な最適内挿法を用いる。適用例を図 2-13 に示す。補正後 予測値(青線)は、調和定数から求めた観測値相当の値(赤線)にほぼ一致しており、デー タ同化の効果が認められる。



【凡例】

赤線:観測値相当(2014~2018年の観測値の調和解析(60分潮)により計算した天文潮位) 緑線:補正前予測値、青線:補正後予測値 (2) 潮位偏差(高潮)

潮位偏差(高潮)について、データ同化を適用した例を図 2-14 及び図 2-15 に示す。

図 2-14 の事例のように、予測値が観測値に近くなるように補正され同化により精度が向上した事例がみられる一方で、図 2-15 のように予測値が危険側に補正される事例もみられる。ピーク前の誤差傾向を利用して補正する最適内挿法とカルマンフィルタを利用する場合には、ピーク前の誤差傾向とピーク時の誤差傾向が異なる場合にピーク時の補正の効果が得られにくいため、この点への留意が必要である。



## 2.4.3. データ同化のリアルタイム予測への適用

前項のデータ適用例の結果に基づき、天文潮位については最適内挿法を、潮位偏差につい ては**表 2-11** に示す方法をリアルタイム予測システムに実装した。東京湾は、予測地点に観 測所が存在しないため、最適内挿法のみとする。また、回帰分析は、新規地点を追加する際 に事前解析による回帰係数の作成が必須であるのに対し、カルマンフィルタは自動で誤差 傾向を随時更新可能であるため、観測地点の補正はカルマンフィルタを採用する。ただし、 現時点ではカルマン係数の精度が十分ではないため、当面はカルマン係数の更新と検証を 目的とした運用を行う。

対象海域	適用手法
大阪湾	メッシュ : 最適内挿法
	観測地点:カルマンフィルタ
東京湾	メッシュ:最適内挿法
伊勢・三河湾	メッシュ:最適内挿法
	観測地点:カルマンフィルタ

表 2-11 潮位偏差(高潮)の同化に適用する方法一覧

## 2.4.4. 利用上の留意点

利用上の留意点としては以下が挙げられる。

・ピーク前の誤差傾向とピーク時の誤差傾向が異なる場合などには同化処理により精度が 低くなることがあることから、参考情報としての利用に留めることが望ましい。

・潮位偏差を小さくするなど危険側への補正は、目標とする「高潮リスクの見逃しゼロ」に 悪影響を与える可能性があるため、補正前後の予測値を比較し安全側に補正された場合の み参考とすることが望ましい。

# 2.5. 利用上の留意点のまとめ

本高潮・高波予測システムを用いる上での留意点を表 2-12 に示す。

項目	留意点	対応
	アンサンブルによる台風経路が予報円内に 入っておらず、ベストトラックをアンサンブ ルの振れ幅内に捉えられていない場合、過小 評価の可能性がある。	適宜アンサンブルによる台風経路と気象庁 から配信される予報円情報を見比べつつ、 高潮予測結果を確認する。
	高潮の予測が前時刻から大きく予測傾向が変 わる場合がある。	大きく予測傾向が変わった場合は、次時刻 の予測情報も注視する。
高潮予測	中心気圧が980hPa以上と勢力が弱い台風の場 合、過小評価の可能性がある。	台風の勢力が弱い(中心気圧980hPa以上) 場合、予測潮位以上の潮位が発生する可能 性があることに留意する。
	週間アンサンブルとメソアンサンブルでは異 なる高潮予測傾向を示す場合がある。	台風最接近約39時間前からは、週間アンサ ンブルではなくメソアンサンブルによる予 測情報を主に参照する。
	アンサンブルの振れ幅が小さくなる直近の予 測については、ピークを捕捉できない可能性 がある。	気象庁による高潮予測も同時に参照する。
潮汐予測	異常潮位等、海況要因を考慮できていない。	実況潮位を適宜参照し、台風接近前の潮位 予測と実況の間に差がないかを確認する。
高波予測	週間アンサンブル予測では、小さい台風の場 合は過小予測の可能性がある。	小さい台風(暴風半径100km未満程度)の場合は 週間アンサンブルの結果のみを用いた判断は避 け、気象庁台風情報等から得られる台風の予想勢 力情報を参考にする。
	アンサンブルの振れ幅が小さくなる直近の予 測については、ピークを捕捉できない可能性 がある。	気象庁台風情報の予想経路や他機関 (ECMWF等)のアンサンブル経路情報も併 せて参考とする。
データ同化 (高潮)	高潮のデータ同化においては、ピーク前の誤 差傾向とピーク時の誤差傾向が異なる場合に はデータ同化処理により精度が低くなること がある。	現時点の手法においては参考情報としての 利用に留める。また、補正前後の予測値を 比較し安全側に補正された場合のみ参考と する。

表 2-12 高潮・高波予測システムを使用する上での留意点

- 3. 越波越流・うちあげ高
- 3.1. 越波越流量
- 3.1.1. 越波流量の算定法

 
 越波流量の算定法は、田中ら⁰によった。この算定法は、直立護岸における越波流量を 算定するのに適しており、入力に堤前波高を用いることができるのが特徴である。

 越波流量を *q* として、次の式により算定する。

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{s,toe}^{3}}} = \exp\left\{-\left(A + B\frac{h_{c}}{H_{s,toe}}\right)\right\}$$

$$A = A_{0} \tanh A_{1} + A_{2}$$

$$B = B_{0} \tanh B_{1} + B_{2}$$

$$A_{0} = \frac{3.4 - \min(15.0\tan\theta + 0.22,3)}{2}$$

$$A_{1} = \max(18.0\tan\theta + 0.60,1.0)x - 11.7\tan\theta - 0.51$$

$$A_{2} = \frac{3.4 - \min(15.0\tan\theta + 0.22,3)}{2}$$

$$B_{0} = 2.3$$

$$B_{1} = (1.50\tan\theta + 0.45)x + 0.965\exp(-5.62\tan\theta)$$

$$B_{2} = \frac{2.25\tan\theta + 0.225}{\sqrt{2\pi}wx} \times \exp\left[-\frac{\{\ln(x) - 0.577 + 4.09\tan\theta\}^{2}}{2w^{2}}\right]$$

$$w = 1.50\tan\theta + 0.11$$

ここで、 $h_c$ は天端高、 $h_i$ は堤脚水深、 $H_{s,toe}$ は堤前波高、tan  $\theta$ は海底勾配、 $x=h_t/H_{s,toe}$ 、である。

 $h_c \geq h_i$ は海面水位からの長さであるため、潮位により変化する。従って、計算に必要な情報は、次のとおりである。

 $H_{s,toe}$ :堤前波高  $\eta$ :潮位  $h_c$ :天端高  $h_t$ :堤脚水深  $\tan \theta$ :海底勾配

⁶田中陽二・鈴山勝之・樋口直人・柴木秀之(2018):堤前波高を用いた越波モデルの改良 と越波越流統合モデルの作成,土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 74, No. 2, pp. I-1015-I_1020.

## 3.1.2. 越波危険度

越波流量の危険度に応じ、地図の海岸線を着色するものである。例を図 3-1 に示す。危険 度の表示段階は5段階まで設定することができる。基準の設定の参考のため、港湾の施設の 技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)に掲載されている許容越波流量を表 3-1~表 3-4 に示す。



図 3-1 越波危険度の表示例

表	3-1	被災限界の越波流量	7
~			

種別	被覆工	越波流量(m³/s/m)		
<b>雄</b> 巴	背後舗装済み	0.2		
<b></b>	背後舗装なし	0.05		
	コンクリート三面巻き	0.05		
堤防	天端舗装・裏法気施工	0.02		
	天端舗装なし	0.005 以下		

⁷ 合田良実:防波護岸の越波流量に関する研究,港湾技術研究所報告, Vol.9 No.4, pp.3-41, 1970.

利用者	堤防からの距離	越波流量(m ³ /s/m)
步行类	直背後(50%安全度)	2×10-4
少门目	直背後(90%安全度)	3×10 ⁻⁵
白動古	直背後(50%安全度)	2×10 ⁻⁵
日則早	直背後(90%安全度)	1×10 ⁻⁶
安長	直背後(50%安全度)	7×10 ⁻⁵
豕 座	直背後(90%安全度)	1×10 ⁻⁶

表 3-2 背後地利用状況からみた許容越波流量 (1)8

表 3-3 背後地の利用状況からみた許容越波流量 (2)910

利用者	堤防からの距離	越波流量(m ³ /s/m)
华行李	・越波に注意している者	10-4
少门有	・無警戒の者	$3 \times 10^{-5}$
白動古	・停車あるいは低速走行	0.01~0.05
日勁早	・平常走行、車両被害	$1.1 \times 10^{-5}$
	・構造的被害	3×10 ⁻⁵
建築物	・建具類への被害	$10^{-6} \sim 3 \times 10^{-5}$
	・無被害	10-6

表 3-4 背後地の重要度からみた許容越波流量(m³/s/m)¹¹

背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・ しぶき等の侵入により従来な被害が予想される地区	0.01 程度
その他の重要な地区	0.02 程度
その他の地区	0.02~0.06

⁸ 福田伸夫・宇野俊泰・入江功:防波護岸の越波に関する現地観測(第2報),第20回海 岸工学講演会論文集, pp.113-118, 1973

⁹ Allsop, N. W. H., L. Franco, G. Belloti, T. Bruce and J. Geeraerts : Hazards to people and property from wave overtopping at coastal structures, Coastline and Breakwaters, (Proc. Int. Conf.) Inst. Civil. Engrs., Thomas Telford, pp. 153-165, 2005.

¹⁰ 木村克俊・浜口正志・岡田真衣子・清水敏明:消波護岸における越波飛沫の飛散特性と 背後道路への影響,海岸工学論文集 第50巻, pp. 796-800, 2003.

¹¹ 永井荘七郎・高田彰:海岸堤防の越波に及ぼす消波堤の効果,第11回海岸工学講演会 講演集,pp. 279-286, 1964.

3.2. うちあげ高

うちあげ高予測プログラムには、以下の6種類の算定式が組み込まれている。このうちの 1つを予めパラメータファイルで指定する。

(1) 中村ら(1972)¹²の改良仮想勾配法(海底勾配 1/30 より急)

模型実験を基に作成された算定法である。改良仮想勾配は、図 3-2 に示すように、砕波点の海底から堤防うちあげ点までの断面(図の斜線部)の面積 A と同じ面積と高さを持つ仮想の三角形の斜辺の勾配である。うちあげ高は、この勾配と波形勾配より図 3-3 の線図を用いて求める。



(2) 海底勾配が 1/30 程度の場合の算定式

(1)の論文に掲載されている実験結果のうち、緩勾配条件のデータのみで整理した表 3-5 の近似式を使用する。

波形勾配(H0/L0)	近似式
0.005~0.050	$R/H_0=7.8356(\cot \alpha)^{-0.8123}$
0.010~0.020	$R/H_0=7.0290(\cot \alpha)^{-0.8590}$
0.020~0.040	$R/H_0=5.1775(\cot \alpha)^{-0.7893}$
0.040~0.060	$R/H_0=4.6587(\cot \alpha)^{-0.7970}$

兼	3-5	海底勾配	1/30 程度の	)場合のう	ちあ	げ高簋定式
4	0-0			· ·//// L · · /		

¹² 中村充・佐々木泰雄・山田譲二: 複合断面における波の打上げに関する研究, 第19回 海岸工学講演会論文集, pp.309~312, 1972.

(3) 加藤ら (2010)¹³の改良仮想勾配法 (海底勾配 1/100)

中村ら(1972)の実験結果との整合性が確認された数値波動水路(CADMAS-SURF)で算定さ れた表 3-6の近似式を使用する。

波形勾配(H ₀ /L ₀ )	近似式
0.006	$R/H_0=12.570(\cot \alpha)^{-0.6788}$
0.008	$R/H_0 = 8.5351(\cot \alpha)^{-0.5935}$
0.010	$R/H_0=10.350(\cot \alpha)^{-0.6839}$
0.020	$R/H_0=15.076(\cot \alpha)^{-0.8908}$
0.040	$R/H_0=20.188(\cot \alpha)^{-1.0146}$

表 3-6 加藤ら(2010)の改良仮想勾配法(海底勾配 1/100)

(4) 玉田ら(2009) ¹⁴の算定式

不規則波を考慮したうちあげ高算定方法である。うちあげ高は次式により算定する。

 $R_{1/3}/H_o = 2.17 - 2.18 \exp(-0.70* \tan \beta / \sqrt{H_o/L_o})$ 

ここで、 $\tan \beta$ は  $\cot \alpha$  の逆数である。

砕波水深は、Mase・Kirby モデルを用いて作成した図 3-4 の砕波水深算定図により求める。



図 3-4 玉田ら(2009)の砕波水深算定図

 ¹³加藤史訓・笹岡信吾・諏訪義雄・松藤絵理子・上原謙太郎・冨田雄一郎・北村康司・田 向順光,土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 67, No. 2, pp. I_738-I_743, 2011.
 ¹⁴玉田崇・間瀬肇・安田誠宏:複合断面に対する波の不規則性を考慮した打上げ高算定法

に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.B2-65, No.1, pp.936-940, 2009.

この算定式の適用範囲は、次のとおりである。

 $0 < \tan \beta / \sqrt{H_0 / L_0} < 6.0$   $0.009 < H_0 / L_0 < 0.06$  $-0.37 < h / H_0 < 0.53$ 

h:法先水深

(5) 由比ら(2019)¹⁵の算定式

玉田ら(2009)の入射波数の 2%の波数に対応するうちあげ高 (2%超過うちあげ高) R_{2%}の算 定式を利用して求める。

 $\begin{aligned} R_{2\%}/H'_0 &= 2.99 - 2.73 \exp\left(-0.57 * \tan\beta/\sqrt{H'_0/L_0}\right) \\ (R_{max})_{99\%,100} &= 2.15 R_s = 1.54 R_{2\%} \end{aligned}$ 

砕波水深は、次式により求める。

$$\begin{aligned} \frac{h_b}{H'_0} &= a_0 + a_1 exp \left[ -\left(\frac{\ln\left\{\binom{(H'_0/L_0)}{a_2}\right\}}{a_3}\right)^2 \right] \\ a_0 &= 30.2470 - 27.3440 exp \left[ -\left\{\frac{\ln(22.9130i)}{5.4509}\right\}^2 \right] \\ a_1 &= -9.9467 + 8.9213 exp \left[ -\left\{\frac{\ln(29.3880i)}{3.1264}\right\}^2 \right] \\ a_2 &= 0.0302 + 0.0023 exp \left[ -\left\{\frac{\ln(25.9160i)}{1.7065}\right\}^2 \right] \\ a_3 &= 6.1291 - 3.5001 exp \left[ -\left\{\frac{\ln(36.3660i)}{1.3457}\right\}^2 \right] \\ i : 海底勾配 \quad (= \tan\theta) \end{aligned}$$

適用範囲は、次のとおりである。

 $0.02 < H'_0/L_0 < 0.07$  $1/100 < H'_0/L_0 < 1/10$ 

(6) MASE (1989) ¹⁶の算定法 (遡上高を計算) 緩勾配海岸での遡上高を算定する式である。

$$R_{1/3}/H_o = 1.38(\tan\beta/\sqrt{H_o/L_0})^{0.7}$$

¹⁵ 由比政年・大谷直也・間瀬肇・金洙列・煤田真也・Corrad ALTOMARE: 打上げ・越波 統合算定モデルの越波量推定精度向上に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.75, No.2, pp. I_739-I_744, 2009.

¹⁶ Mase, H.: Random Wave Run-Up Height on Gentle Slopes. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 115, 649-661, 1989.

## 4. 浸水

ここでは、浸水予測機能の計算手法および各種条件と、動作確認の結果を説明する。また、 本システムのリアルタイム予測への適用性と課題について取りまとめる。

## 4.1. 計算手法と各種条件

4.1.1. 計算手法

浸水予測機能(TUNAMI-surge)は、東北大学が開発した津波伝播・氾濫数値モデル TUNAMI-N2を、越波・越流による陸域での氾濫に適用し効率的に解析できるよう改修した ものである。原型となったTUNAMI-N2は、支配方程式である非線形長波方程式を、スタガ ード格子を用いた有限差分法(leap-frog法)で離散化したFortranコードである。このコー ドは、1980年代の登場以来、多くの研究と実務に適用され続けており、現地から実験室の 水路のスケールまで、津波遡上・浸水を良く再現できることが確認されている。氾濫計算に おいて、TUNAMI-surgeはTUNAMI-N2と同等の再現性を有する。

TUNAMI-surge のコードは MPI 並列化されており、小規模な計算機クラスタからスーパ ーコンピューターまで、多様な実行環境で運用可能である。地形データと並列数に応じた最 適な領域分割パラメータを求め、計算が不要な領域(陸域を含まない領域)の処理を省略す ることで高速な計算を行う(最適領域分割法)。

TUNAMI-surge には河川モデルが実装されており、高潮・高波の河川遡上と上流からの洪水の流下を考慮できる。河川遡上では、河口部に造波ソースとして水位時系列を入力する。 上流からの洪水も同様に水位時系列を入力する。堤防決壊(破堤)および防潮扉開閉を考慮 した計算も可能であり、任意の時刻・位置で破堤や防潮扉の開閉を設定し、計算に反映でき る。さらに、予測のばらつきや不確かさを考慮するため、越波量アンサンブルデータを作成 して計算を行い、浸水域・浸水深の確率マップを作成できる。

4.1.2. 初期条件及び境界条件

計算の初期時刻において、海面は水位ゼロの静止状態として設定される。また、陸域の水 位はその地点における標高値とし、未浸水状態として設定される。計算領域の境界は開境界 (自由透過境界)として設定される。陸海の境界が堤防である場合、海域での入力潮位を元 に本間公式で越流量を与え、陸域の氾濫および海域への流出を計算する。

4.1.3. 安定条件

計算では、数値解の安定性を保証するため、空間格子幅と時間刻みの比を、長波速度の√ 2倍以上となるように選ぶ必要がある(Courant-Friedrichs-Lewy 条件)。例として、空間格子 幅を3.3m、計算上の全水深の最大値を10mとすれば、時間刻みは0.24sより小さくなけれ ばならない。安全を見込んで時間刻みを0.1sとすれば、12時間先の予測には432,000 ステ ップの計算が必要である。

## 4.2. 浸水予測機能の動作確認

## 4.2.1. 高潮の河川遡上

高潮の河川遡上を考慮した予測機能の動作確認として、多摩川周辺を対象に、(A)沖側から波を入力し河川を遡上させた場合と、(B)河口部の開口方向を考慮して造波し遡上させた場合の比較を行った(図 4-1)。河道周辺の浸水域は(A)と(B)の両者でほぼ一致している。また、河道内の Point 2 における水位時系列も、立ち上がりのタイミングと振幅がほぼ一致している(図 4-2)。



(A)沖から造波

(B)河口部で造波

(A):沖側境界から波を入力した場合、(B):河口の開口方向を考慮し水位時系列を入力した場合 図 4-1 高潮の河川遡上を考慮した浸水予測の例



※ 図 4-1 の Point 2 地点における水位時系列の比較。横軸は時間(s)、縦軸は水位(m)である。
 図 4-2 高潮の河川遡上を考慮した浸水予測の例

## 4.2.2. 洪水流下·破堤機能

河川上流からの洪水流下および堤防決壊(破堤)を考慮した予測機能の確認として、(A) 河川堤防が破堤しない場合と、(B)多摩川の堤防上に破堤箇所を設定した場合の比較を行っ た(図 4-3)。ここでは、多摩川上流に100 m³/s/mの一定値で流量を設定し、中流部の河道 が屈曲している地点で計算開始から60 min で破堤が生じるものとした。(A)の破堤無しの場 合には堤内地への浸水は見られないが、(B)の破堤有りとした計算では、60 min から設定し た破堤地点で浸水が始まり、240 min 経過後には広範囲に浸水が及ぶ結果となった。



※ (A):破堤を設定しない場合。(B)多摩川中流部に破堤箇所を設定した場合。いずれも計算開始から 240 min 後の状況である。

図 4-3 河川上流からの洪水流下および堤防決壊(破堤)を考慮した浸水予測の例
## 4.2.3. 防潮扉開閉機能

防潮堤開閉機能を考慮した予測機能の確認として、2019年台風第19号を参考に最悪ケースを想定した解析を実施した。海域境界条件は満潮位(一定値)に2019年台風第19号の潮位偏差観測時系列を適用し、河川流量条件は多摩川及び鶴見川における台風第19号来襲時の最大流量(一定値)、施設条件は防潮扉全開または全閉で堤防決壊無しとした。また、気候変動の影響として潮位偏差時系列データに0.71 mを加算した。解析領域は海陸境界の地盤高が大きいため潮位偏差のみで浸水する箇所は多くない。比較の結果、(A)の防潮扉全閉の条件では浸水せず、(B)の防潮扉全開の条件で浸水が生じる箇所が確認された(図4)。この解析例の空間格子幅は3.3 m で防潮扉の開口部は1~数メッシュで解像されているため、堤内地への流入を過小評価している可能性がある。防潮堤開閉の影響を詳細に予測する必要がある場合、より小さい空間格子幅の地形データを使用することが望ましいと考えられる。



※ (A)防潮扉全閉。(B)防潮扉全開。破線箇所が防潮扉を全開に設定したことによって新たに浸水した箇所。 図 4-4 防潮堤の開閉を考慮した浸水予測の例 4.2.4. 越波量アンサンブルを用いた浸水予測と確率マップ作成

越波量アンサンブルの作成と浸水域および浸水深の確率マップ作成機能の確認として、 川崎市臨海部を対象とした計算例を示す。入力越波量(qt,in)と算出越波量(qt,cal)は、越 波越流統合モデルに基づき算定され、越流の有無に応じて自動的に切り替わる(図 4-5(A))。 図 4-5(B)は、川崎市川崎区扇島であり、25メンバの計算結果に基づき算出された浸水深 0.1 m 以上となる確率をマップ上に示したものである。多くの箇所で確率 100%となっている が、島の南西部に確率 0%~100%で空間的に変化する箇所が認められる。



図 4-5 不確実性を考慮した越波量の予測結果と、浸水深の確率予測の例

4.3. リアルタイム予測への適用

任意のタイミングで最新の入力データ(越波越流量)を取得できる前提において、浸水予 測機能のリアルタイム性能は、計算格子の数と計算機の能力によって決定される。現時点 (2023年1月)において、数10km四方を空間格子幅1mで解像し1時間以内に計算を終 えようとする場合には、スーパーコンピューター級の性能が必要であろう。一方、解析対象 領域を限定し、より大きい空間格子幅で解像するのであれば、小規模なクラスタやワークス テーションでも十分な速度で解析できると考えられる。

ここでは、浸水予測機能の運用環境整備の参考情報とするべく、スーパーコンピューター、 クラウドコンピューティングサービス及び小規模クラスタにおけるリアルタイム性能の評 価結果を例示する。図 4-6 は川崎市臨海部(空間格子幅 3.3m、格子点数 6003×5823)を対 象とした計算速度の測定例で、名古屋大学のスーパーコンピューター「不老」(FX1000)を 用い、プロセス数(MPI 並列数)を 768 の一定に保ったまま、ノード数(スレッド数)を変 化させた場合の計算完了までの経過時間の変化を示している。計算ノードは FUJITSU A64FX 2.0 GHz(最大 96 ノード)である。スレッド数の増加に伴う経過時間の短縮と伸び 率(スケーラビリティ)は頭打ちの傾向を示すものの、スレッド数1 で 907 秒(15 分余り)、 スレッド数6 では 435 秒(7 分余り)で物理時間 12 時間の計算を完了できている。



スレッド数	1	2	4	6
経過時間[sec]	907.06	646.08	458.23	434.93
スケーラビリティ	1	1.4039	1.9795	2.0855

- ※ MPI 並列数は 768 とし、スレッド数1ではノード数 24、スレッド数2ではノード数 32、スレッド数3 ではノード数 64、スレッド数4ではノード数 96 とした。
- 図 4-6 FX1000 による川崎市臨海部を対象とした浸水予測シミュレーション(物理時間 12 時間後まで)の経過時間の推移

図 4-7 は、Amazon Web Service Elastic Computing Cloud (AWS EC2) を用い、FX1000 の場 合と同じ格子点数で物理時間 1 時間の計算を完了するまでの経過時間を示している。計算 ノードは Intel®Xeon®Platinum 8000 シリーズ 3.5 GHz×最大 16 台(最大 16 ノード・36 コ ア・576 並列) である。並列数の増加に対して経過時間はリニアに短縮できており、576 並 列では 324 秒 (5 分余り) で計算を完了できている。



並列数	72	144	288	576
経過時間[sec]	2,604.5	1,315.1	650.1	324.4
スケーラビリティ	1	1.9805	4.006	8.0279

※ 最大 16 ノード (576 並列) までの経過時間の推移を計測した。

図 4-7 Amazon Elastic Compute Cloud (AWS EC2)による川崎市臨海部を対象とした浸水
予測シミュレーション(物理時間1時間後まで)の経過時間の推移

図 4-8 は小規模クラスタを用い、格子点数を 4300×4474 に縮小して同様の性能測定を行った結果である。小規模クラスタの計算ノードは Intel®Xeon®スケーラブル・プロセッサー 2.40 GHz×1 台(1 ノード・20 コア・40 スレッド)である。測定では、1 スレッドあたり 10 並列の計算とし、4 スレッドまでの性能向上を評価した。4 スレッド(40 並列)では、物理時間 1 時間の計算は 2266 秒(約 38 分)で完了できる結果となった。



スレッド数	1	2	4
経過時間[sec]	3,861.4	2,556.1	2,266.0
スケーラビリティ	1	1.511	1.704

 ※ 1スレッドで10並列、2スレッドで20並列、4スレッドで40並列とし、経過時間の推移を計測した。
図 4-8 小規模クラスタによる川崎市臨海部を対象とした浸水予測シミュレーション(物 理時間1時間後まで)の経過時間の推移

以上の結果から、スーパーコンピューターとクラウドコンピューティングサービスを用いれば、複数のメンバ(シナリオ)に対してリアルタイム浸水予測が可能であり、小規模クラスタでも、計算領域(格子点数)を適切に設定すれば、少数のメンバに対するリアルタイム浸水予測が可能であると考えられる(図 **4-9**)。



 [※] 川崎市臨海部を対象とした物理時間 12 時間後(43,200 sec)までの計算時間を比較している。
図 4-9 リアルタイム性能のプラットフォーム間比較

4.4. 利用上の留意点と今後の課題

(1) 利用上の留意点

浸水予測結果の詳細度は使用する地形等のデータの解像度に依存する。都市部の詳細な 浸水予測のためには、航空レーザー測量による空間格子幅数 m 程度の数値標高モデル (digital elevation model; DEM) に、建物等の形状・高さを反映させた数値表層モデル (digital

surface model; DSM)の使用が必要である。

(2) 今後の課題

予測が高精細になるほど DEM/DSM と実地形の差異が問題となるため、データの計測時 期にも注意を払い、必要に応じてアップデートすることが求められる。防潮堤や河川堤防の 整備、河道掘削、高規格道路の整備など、公共事業にともなう地形改変については情報共有 体制を整備し、迅速にデータへ反映することが望まれる。

(3) その他

浸水に関しては以下のマニュアル類を参照のこと。

- 高潮浸水予測システム ユーザーガイド
- 高潮浸水予測システム リファレンス・マニュアル
- 高潮浸水予測システム 理論マニュアル

【参照先】<u>https://www.jice.or.jp/sip</u>

5. 対外発表論文

SIP の成果は下記対外論文にも発表しているので、参考とされたい。なお、下記の論文は 資料編に掲載した。

【高潮・高波】

● 宇都宮好博・松藤絵理子・鈴木善光・吉永泰祐・内田洋平・窪田和彦・鈴木隆宏:波浪 予報等におけるアンサンブル気象予報の利用可能性について、土木学会論文集 B2(海 岸工学), Vol. 75, No. 2, pp. I 121-I 126, 2019.

【高潮】

- 園田彩乃・宇都宮好博・松藤絵理子・鈴木隆宏・内田洋平・鈴木善光・内田裕之:アン サンブル気象予報を用いた高潮予測,土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 76, No. 2, pp. I_204-I_209, 2020.
- 園田彩乃・宇都宮好博・内田洋平・鈴木隆宏・窪田和彦・鈴木善光・内田裕之:アンサンブル気象予報を用いた高潮予測の実運用化に向けた検討,土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 77, No. 2, pp. I_745-I_750, 2021.
- 園田彩乃・宇都宮好博・松藤絵理子・内田洋平・鈴木隆宏・窪田和彦・鈴木善光・内田 裕之:アンサンブル気象予報を用いた最大潮位偏差の予測結果に関する検討,土木学会 論文集 B2(海岸工学), Vol. 78, No. 2, pp. I_79-I_84, 2022.

【高波】

● 鈴木善光・内田裕之・松藤絵理子・宇都宮好博・内田洋平・鈴木隆宏・園田彩乃・窪田 和彦:アンサンブル予報を用いた高波予測システムの開発と適用性の検討,土木学会論 文集 B3(海洋開発), Vol. 78, No. 2, pp. I_373-I_378, 2022.