

SIP 第2期における高潮・高波ハザード予測システム開発成果の COMEINS バージョンアップへの利活用について

鈴木 善光*・内田 裕之**・山本 浩之*・三嶋 宣明***・
宇都宮 好博****・松藤 絵理子*****・内田 洋平*****・米田 彩乃*****

* (一財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 調査役
** (一財) 沿岸技術研究センター 審議役
*** (一財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 業務課長
**** (一財) 日本気象協会 社会・防災事業部海洋事業課 主任技師
***** (一財) 日本気象協会 社会・防災事業部
***** (一財) 日本気象協会 社会・防災事業部 専任主任技師
***** (一財) 日本気象協会 九州支社 事業サービス課 技師

本稿は当センターが SIP 第2期の研究課題「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」のうち、「IVスーパー台風被害予測システムの開発」に参画して開発した成果（宇都宮ら(2019)¹⁾、園田ら(2020)²⁾(2021)³⁾(2022)⁴⁾、鈴木ら(2022)⁵⁾）を、当センターが運用している COMEINS に利活用してバージョンアップを行う内容を紹介する。バージョンアップの内容は、台風襲来時における気象予報を台風予報円情報からアンサンブル予報へ、高潮・高波予測について実験式や経験則を用いる方法から数値シミュレーション手法に切り換え、さらに港湾域における越波越流による浸水を数値シミュレーションによって予測する方法を追加するものである。

キーワード：台風襲来時、アンサンブル予報、高潮、高波、浸水予測、数値シミュレーション

1. はじめに

SIP とは、科学技術イノベーション総合戦略及び日本再興戦略(平成 25 年 6 月閣議決定)に基づいて創設された「戦略的イノベーション創造プログラム」であり、府省・分野の枠を超えて、基礎研究から出口（実用化・事業化）まで見据えた取組を推進する研究プログラムである。SIP 第2期(2018～2022 年度：5 年間)の募集に対し、当センターを含む国土交通省グループが応募して採択された。

SIP 第2期には 12 の研究課題、7 つの研究項目があるが、当センターは研究課題「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」のうち、「IVスーパー台風被害予測システムの開発」（研究開発責任者：立川康人教授・京都大学）に参画した。

この研究開発は、気候変動により発生が懸念されるスーパー台風等を対象として、自助・共助・公助による自主的な避難行動や、最善の広域応急対応の実現に向けて様々な観測データを利用し、合理的なデータ処理を施すことで、台風の進路予測を用いた河川水位や高潮・高波、さらに浸水エリアを予測するとともに、ダムや水門の連携・一元化による運用・操作機能も装備したスーパー台風被害予測システムを、三大湾等への社会実装も考慮して開発するものである(図-1)。

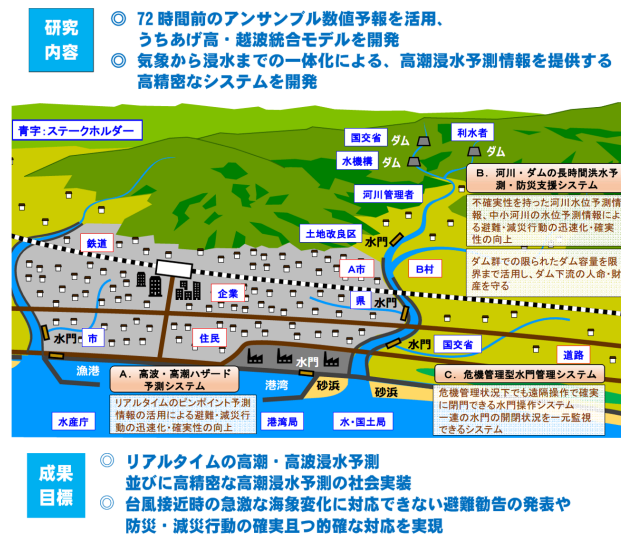


図-1 スーパー台風被害予測システムの概念図

※内閣府 HP 資料より編集・作成

この研究開発テーマはさらにサブグループに分かれており、当センターは(一財)日本気象協会と共同でサブテーマ「高潮・高波ハザード予測システムの開発」のうち「潮位・波浪のピンポイント予測システムの開発」を担当した。

当センターでは2025年4月にCOMEINS（沿岸気象海象情報配信システム）のバージョンアップを予定しており、①表示システムのWebGISへの移行、②台風時の高波予測及び潮位情報のバージョンアップ、の2項目を大きな柱として構築し、このうち②に上記に示したSIP第2期の研究成果を利活用することになっている。さらに将来的には、③台風時の浸水予測システムの整備も検討している。

ここではこれら①～③のCOMEINSバージョンアップの内容を紹介するものである。

2. COMEINS のバージョンアップ

2.1 WebGIS への移行

GIS(Geographic Information System)とはコンピュータ上で様々な地理空間情報を重ね合わせて表示するためのシステムのことを言い、現代の社会生活になくてはならない情報基盤となっている。GISでは位置に関する複数のデータを地図上で重ね合わせ、視覚的に判読しやすい状態で表示できるため、高度な分析や、分析結果の共有・管理もしやすくなる。

WebGISはインターネット上で利用可能なGISを指すが、情報収集・状況認識・情報共有・情報発信の機能が優れているため、たくさんの情報をわかりやすく表示することができ、気象庁HPなど多くの情報サイトで利用が進んでいる。

図-2にWebGISの概念図を示す。

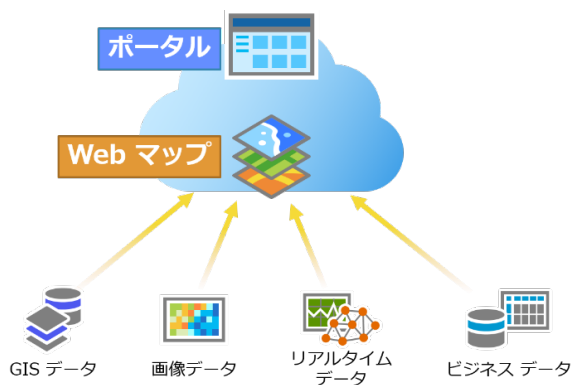


図-2 WebGIS の概念図

WebGISに移行することによる最も大きな利点はGoogle Map 等と同様に表示画面の縮尺をスクロールによって自由に変更できることである。図-3に現行COMEINSとバージョンアップ後のCOMEINSの波浪分布図を比較して示すが、この移行により必要な領域だけをクローズアップして表示することが可能となり、格段に利便性が向上する。

また台風時の高波・高潮予測情報についてもWebGIS上で示すことになるが、その表示例を図-4に示す。

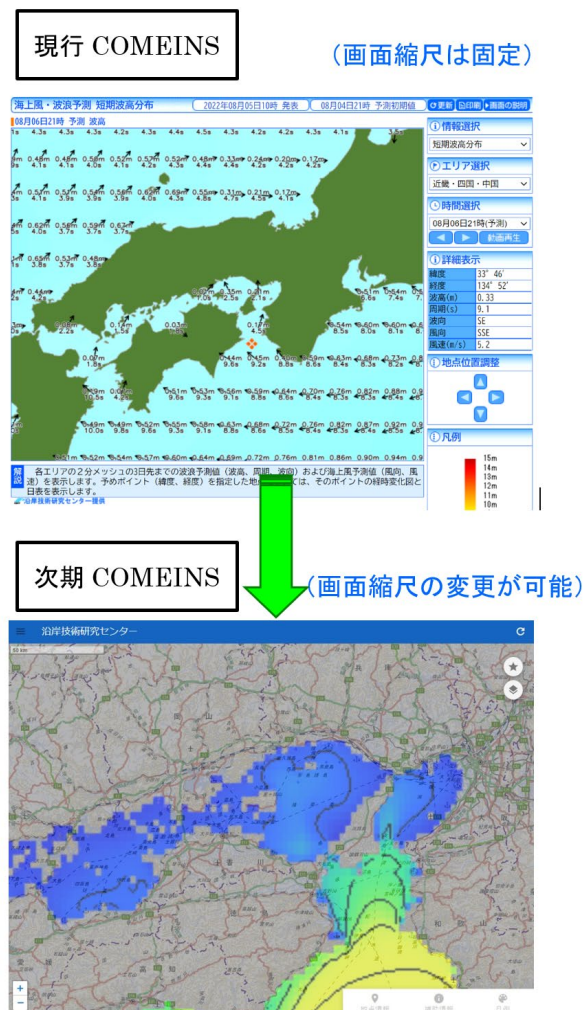


図-3 波浪分布図の新旧比較図

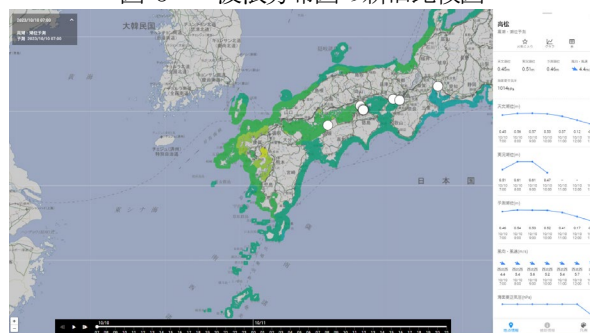


図-4 新しい台風時高潮予測情報の画面例

2.2 アンサンブル気象予報の利用

気象庁の台風予報は予報円を利用した不確実性を考慮した情報として提供されているが、この方法では、台風予報の不確実性の考慮は行えるが、台風モデルを適用して

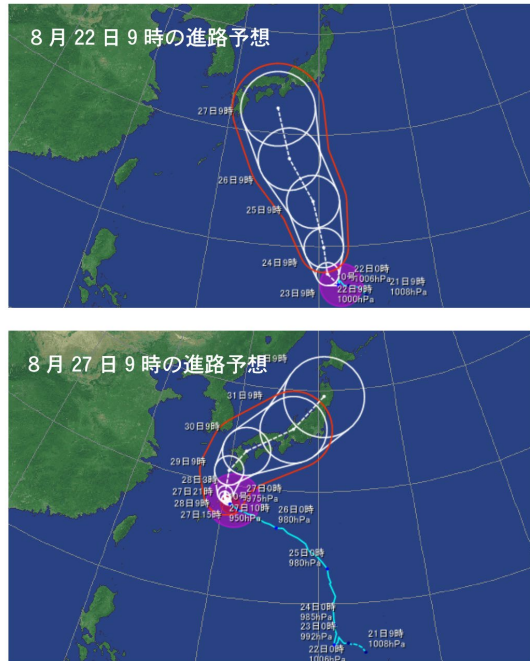


図-5 台風進路予想の誤差の例（台風2410号）

いることから個々の台風の気圧分布の特性、台風周辺の気圧場の状況、地形による収束発散の効果などは考慮されていない。そのため、台風経路別の個々の海上風と気圧の予測精度は十分とは言えない状況であった。

台風経路の不確実性については、たとえば2024年8月に九州に上陸して大きな大雨災害をもたらした台風2410号は、マリアナ諸島付近で発生した時の5日先進路予想に対し、その後台風が進んだ進路は大きく異なり、結果として台風に伴う強風や高潮、高波の予測値に大きな誤差をもたらした(図-5)。

この課題を解決するため、台風予報の不確実性を考慮するとともに、台風経路別の海上風や気圧分布を精度良く予測する方法として、アンサンブル気象予報を入力値に用いることにした。

気象に関する数値予報では、各種の気象観測値を反映した初期値を与えて数値積分を行って将来を予測するが、現状を正確に捉えた初期値を与えることは難しく、この初期値の誤差は数値積分が進むにつれて増大する。また、数値積分では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うため、誤差が生じることも避けられない。恣意的に初期値に僅かな誤差を与えた複数のパターンについて数値積分を行って予測値を作成し、それらのデータを解析して予測のバラツキ幅を把握することで、不確実性を考慮した定量的な予測が可能になる。この考え方の上に成り立っているのがアンサンブル気象予報である。

表-1に予測計算に使用するアンサンブル予報のGPV(格子点値)を一覧で示す。このうち台風アンサンブルは台風が発生した場合に配信されるため、台風が存在する場合

表-1 予測計算に使用するアンサンブル予報GPV

名称	メンバー数	格子幅	初期時刻	使用する予測時間
週間アンサンブル (日本域)	51	約40 km	00、12 UTC	初期時刻～ 132時間先
台風アンサンブル (日本域)	51	約40 km	06、18 UTC	初期時刻～ 132時間先
メソアンサンブル	21	約5 km	00、06、12、 18 UTC	初期時刻～ 39時間先

には132時間(5日先)まで51メンバーの6時間毎のアンサンブル予報値を利用することができる。

図-6に台風2214号襲来時の台風予報円とアンサンブル気象予報を同時に図示したものを示す。メンバー別の台風経路は予報時間が長くなるに従い、バラツキが大きくなり、分布幅が広がることがわかる。またメンバー別の経路は台風予報円の中に均等に分布する訳ではなく、偏って分布していることがわかる。

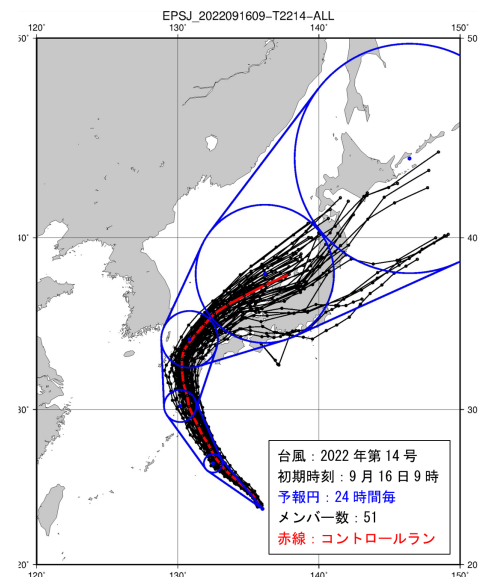


図-6 台風予報円とアンサンブルメンバー

2.3 高潮・高波予測のバージョンアップ

台風時高潮・高波予測に係る COMEINS バージョンアップの概要図を図-7に、新旧 COMEINS の計算手法の一覧を表-2に示す。全般的には現行 COMEINS は即時性を重視して、実験式や経験式を基本にしているのに対し、バージョ

表-2 計算手法一覧表

予測要素	現行COMEINS	次期COMEINS
気圧	Myersモデル	アンサンブル気象GPV
風	傾度風モデル	
高潮	高潮実験式	平面2次元モデル (非線形長波方程式)
波浪	Wilson IV 式	第三世代波浪モデル (WAVEWATCH III)

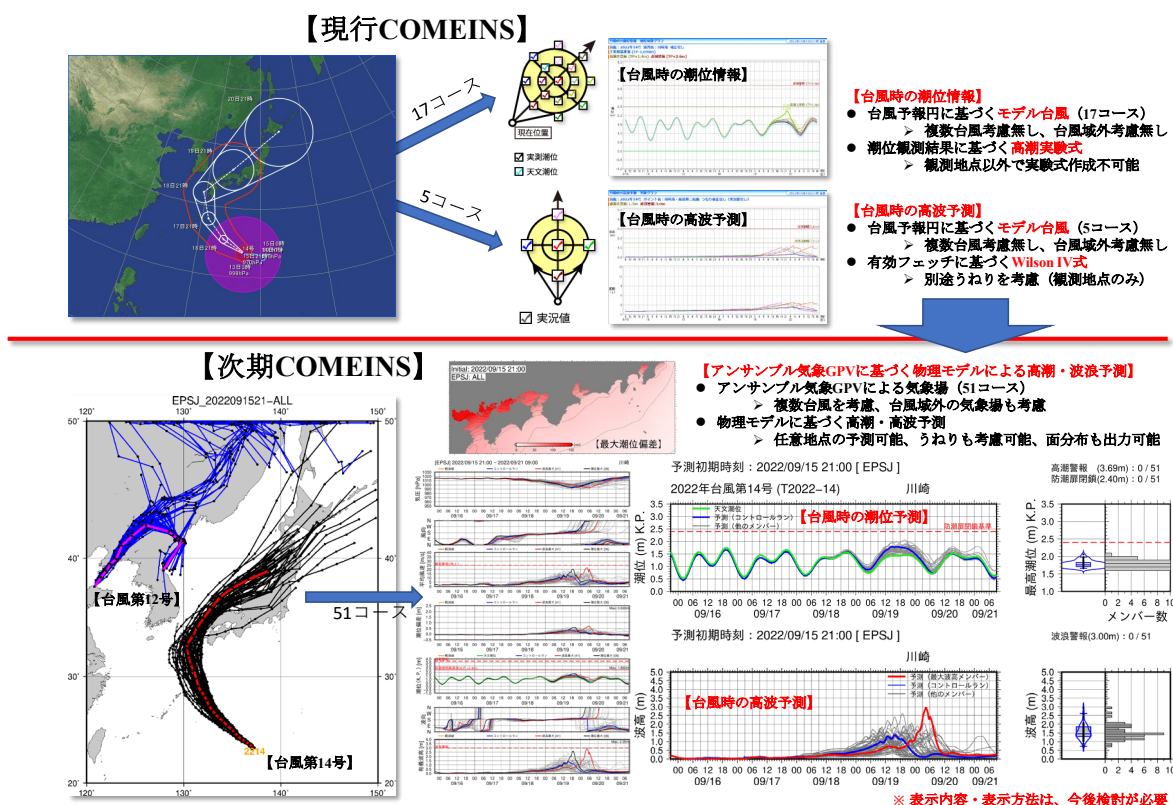


図-7 台風時高潮高波予測に係る COMEINS バージョンアップの新旧比較図

ンアップ後の COMEINS では数値シミュレーション手法をベースに、より高い精度で計算することを目指している。

また高潮・高波予測計算を開始するトリガー情報として図-8 に示すような赤枠及び緑枠を設定し、この中に気象庁が発表する台風の現在位置または 5 日先までの予想位置が入った場合に予測計算を開始することとした。

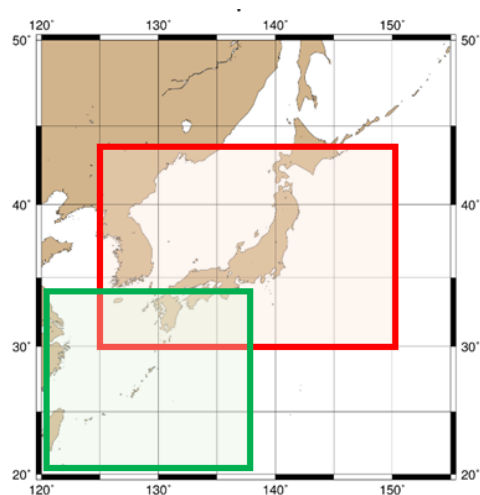


図-8 高潮・高波予測計算開始判断領域図

2.3.1 高潮予測のバージョンアップ

COMEINS バージョンアップシステムにおける台風時の高潮予測計算は、平面 2 次元の非線形長波方程式による予測モデルで行う。ただし高潮計算を 51 メンバーそれぞれについて行う必要があり、計算に非常に時間がかかる

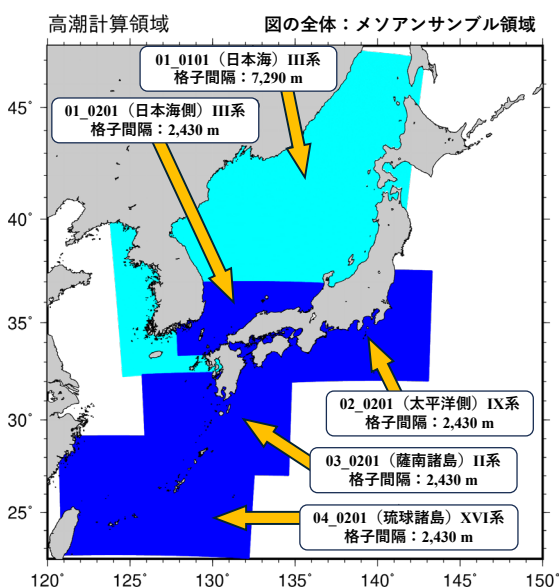


図-9 高潮予測の計算領域図

ため、計算領域や格子間隔について SIP の計算条件よりも粗くしている。高潮計算によって得られた潮位偏差に予測地点の天文潮位を加えて潮位を計算する。また wave setup については、予測地点に最寄りの波高予測値の 10% を加算することによって考慮する。

高潮予測の計算領域図を図-9 に示す。

台風時高潮予測の 51 メンバーについて計算結果は全ての計算結果を示すことは困難であるため、予測地点における最高潮位をもたらすメンバー経路と台風予報円の中心経路に近いメンバー経路の 2 種について数値で結果を示すとともに、箱ヒゲ図によって各メンバーによる予測値の分布を示すようにする。

2.3.2 高波予測のバージョンアップ

COMEINS バージョンアップシステムにおける台風時の高波予測計算は、通常の波浪予測計算と同様に WAVEWATCH III によって行うが、51 メンバー各々について計算する必要があり、計算時間の短縮のため、計算領域や格子間隔を変えて行う。

高波予測の計算領域図を図-10 に示す。COMEINS のナウファス地点波浪予測では、5 段階でネスティングを行って計算しているが、台風時高波予測では 3 段階で計算する。また格子間隔もナウファス地点波浪予測では最小の格子間隔が 1 分 (約 1.85 km) であるのに対し、台風時高波予測では 1.5 分 (約 2.8 km) とやや粗い格子間隔となっている。

海底地形の影響を受けて波浪が変形する効果は第 2、第 3 領域の計算で考慮しているが、最も空間解像度が高い第 3 領域でも 2.8km 格子である。高波予測地点は地形が複雑である港湾近傍に位置し、さらに細かい精度の波浪変形を行うことが望ましいため、予測地点毎に沖波地点から

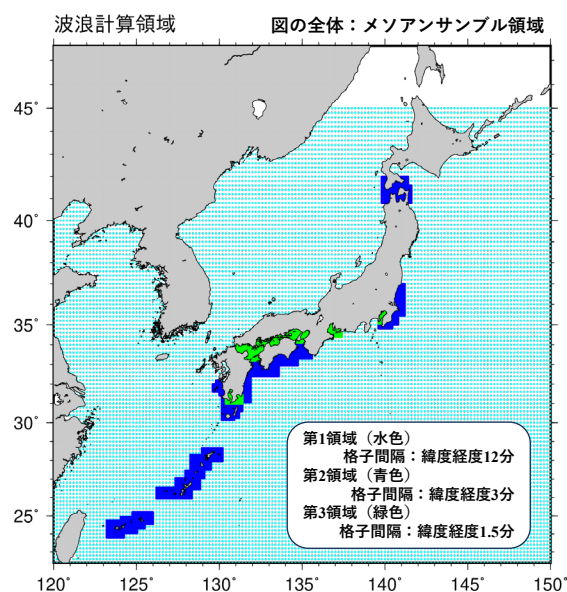


図-10 高波予測の計算領域図

の波浪変形効果を波向別、周期別、波高階級別に係数テーブルを作成して、沖波地点の波浪予測値に乘ずることによって考慮する。

台風時高波予測の 51 メンバーについて計算結果は全ての計算結果を示すことは困難であるため、予測地点における最大波浪をもたらすメンバー経路と台風予報円の中心経路に近いメンバー経路の 2 種について数値で結果を示すとともに、箱ヒゲ図によって各メンバーによる予測値の分布を示すようにする。

3. 台風時の浸水予測へのアプローチ

COMEINS では台風襲来時の港湾区域の防災対策のための情報としては、台風時の高波、潮位 (高潮) の予測情報が主体であった。しかし港湾利用者の立場からは、もっと直接に港湾作業に影響を与える防災情報が欲しいとの意見が次第に大きくなって来ている。

このようなご要望に応えるため、COMEINS に台風時の浸水予測システムを整備することを検討中である。図-11 に浸水予測図の例を示す。

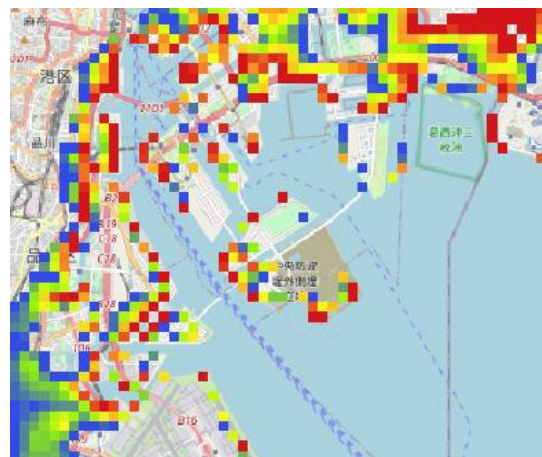


図-11 浸水予測図の例

4. おわりに

本稿では、今後構築される COMEINS の台風時高潮・高波に加えて港湾域の浸水予測システムのバージョンアップ後の内容を紹介したが、このシステムによる予測情報が港湾域における防災体制の整備と台風被害の縮小に貢献すれば幸いである。

参考文献

- 1) 宇都宮好博, 松藤絵理子, 鈴木善光, 吉永泰裕, 内田洋平, 窪田和彦, 鈴木隆宏: 波浪予測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.

- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.