

沿岸防災技術研究所の活動について（2020年度）

山本 浩之*・高橋 重雄**

*（一財）沿岸技術研究センター 波浪情報部 業務課長

**前（一財）沿岸技術研究センター理事長 沿岸防災技術研究所長

沿岸技術研究センターは沿岸防災技術研究所を2005年12月に設立した。沿岸防災技術研究所では総合的な沿岸防災技術について、調査研究を進めるとともに、沿岸防災に関わる新しい情報の発信に取り組んできている。本稿では最初に話題提供として沿岸技術研究センターの波浪予測に対する取り組みを紹介し、その後に2020年度の沿岸防災技術研究所の活動内容について報告する。

キーワード：波浪予測, 波浪モデル, 海上風予測

1. 当センターの波浪予測への取り組み

1.1 カムインズ波浪予測の役割の変化

当センターでは主に港湾向けの気象海象情報提供システムのカムインズの運用を1997年に開始した。当初、カムインズの役割は各地方整備局（当時は港湾建設局）の管轄する港湾工事の安全管理のための予測情報提供が主であったが、その後の港湾工事の減少、一方で港湾施設や利用者に対する安全管理への要求の高まりによって、近年は防災情報提供の役割も増している。これに伴い期待される予測精度にも変化があり、以前は、例えば翌日の港湾工事作業の実施是非の判断をするために工事海域の波高が1mを超えるかどうかを見極めることが重要であったが、現在では翌日の港湾の防災体制の判断を行う基準に該当する波高6m（地域によって基準波高は異なる）を超えるかどうかを予測することも求められるようになっている。

カムインズの波浪予測は、波浪予測モデルを独自に計算運用することで行っており、現在はNOAA（米国海洋大気庁）の開発した第三世代波浪モデルであるWAVEWATCH III（以下、WW3）を利用している。先述のように現在のカムインズの波浪予測では日本全国の港湾の波浪について、波高1m程度の平常時から災害を引き起こすような高波高時まで、その際の周期も含めて幅広い波浪状況に適應できる予測精度が求められており、利用者のニーズに応えるための幾つかの課題を抱えている。以下では現状の課題と対応について紹介する。

1.2 カムインズ波浪予測とその特徴

カムインズでは一日3回、図-1に例を示すようなWeb画面を利用してユーザに波浪予測情報を提供している。またこれに加えて波浪や潮位の観測情報、気象業務支援センターから入手している注意報警報を含めた気象海象情報等も提供している。カムインズの波浪予測の特徴を

説明するために、気象庁の波浪予測との比較を行ったものを表-1に示す。カムインズの波浪予測は各港湾に波浪予測を提供するためにWW3でネスティングを行いながら内海や湾域も含めた格子間隔の狭い領域まで計算し、これに加えて防波堤等の港湾構造物の影響も考慮した波浪変形計算（反射、回折含む）まで行っていることが特徴である。一方、気象庁の波浪予測は港湾内の防波堤等の影響を考慮した予測精度の確保は求められないが、広く注意報警報の発表の基になる全国の沿岸を網羅した波浪予測の高い精度が要求される。また、船舶の安全航行等のために外洋の波浪予測精度の確保も求められている。

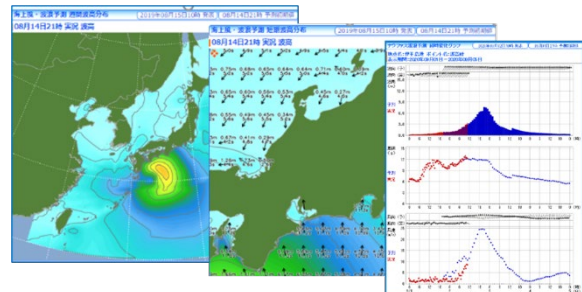


図-1 カムインズの波浪予測画面例

表-1 カムインズと気象庁の波浪予測の比較

	海上風	波浪モデル	計算領域	予測時間	波浪変形
カムインズ	GSM MSM	WW3	全球(30分格子)～ 内湾・内海(1分格子)	240時間	浅水, 屈折 反射, 回折
気象庁	GSM	MRI-III	全球(30分格子)～ 日本沿岸(3分格子)	264時間 (日本沿岸 72時間)	浅水, 屈折

GSM：気象庁の全球数値予報モデルGPV

MSM：気象庁のメソ数値予報モデルGPV

MRI-III：気象庁の第三世代波浪モデル

1.3 カムインズ波浪予測の最近の課題と改善

(1) 台風時など異常波浪時の過大予測

カムインズの波浪予測業務では、台風の日本への接近時には、当番の気象予報士が台風監視情報を作成して地方整備局の担当者に送付するサービスを行っている。そ

の際、台風周辺の高波浪が過大予測になる傾向が強かった。高周波側のエネルギーの発達が過大評価であることが WW3 の問題点（特に風から波へのエネルギー輸送項に ST6 を利用した場合の問題点）として以前から研究者により報告がされており、カムインズにおける台風時の波高の過大予測もこれに一因があると考えていた。そのような中で 2019 年に WW3 の新バージョン (Ver. 6. 07) が公開され、旧バージョン (Ver. 5. 16) で問題となっていた高周波側のエネルギーの発達の過大評価が改善されているとの報告があった。そこで、台風 1721 号が岩手県北部沖の GPS 波浪計の近傍を通過した際に、当該地点の波高の予測値が過大であった事例について、新バージョンで比較検証を行った。図-2 に台風経路、図-3 に新旧バージョンの計算結果の比較を示す。旧バージョンでは台風によるピーク時波高が 1 m 程度過大に計算されているが、新バージョンでは観測値と良く一致しており、波浪計算の課題が改善されていることがわかる。

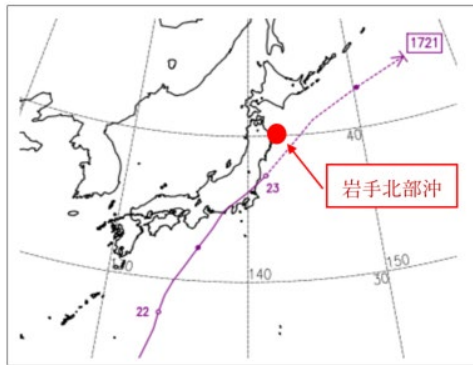
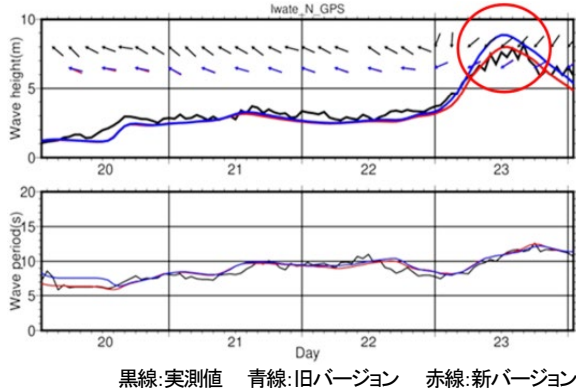


図-2 台風 1721 号の経路図



黒線:実測値 青線:旧バージョン 赤線:新バージョン

図-3 新旧バージョンの波浪の経時変化の比較図

更に、カムインズの波浪予測モデルを新バージョンに更新することを検討するにあたり、その予測精度を評価するために、2020 年 10 月の 1 ヶ月間についてカムインズで予測運用しているものと同一の海上風を入力して新旧バージョンの波浪推算を行い、図-4 で示す地点で比較を行った。表-2 に各地点の 1 日目予測と 2 日目予測についての新旧バージョンによる予測精度の比較結果を示す。表では各評価項目について精度が良いバージョンを着色しており、全体的に新バージョンの精度が良好であることがわかる。



図-4 検証対象地点位置図

表-2 WW3 の新旧バージョンの精度比較表

【1 日目予測】

地点名	波高						周期					
	相関係数		回帰係数		RMSE		相関係数		回帰係数		RMSE	
	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.
岩手中部沖	0.80	0.81	0.85	0.87	0.33	0.30	0.87	0.85	0.99	0.99	0.80	0.86
静岡御前崎沖	0.89	0.89	1.11	1.09	0.68	0.58	0.72	0.79	1.04	1.06	0.97	0.91
高知室戸岬沖	0.97	0.98	1.08	1.05	0.47	0.38	0.55	0.60	0.96	0.98	1.61	1.48
青森西岸沖	0.95	0.96	0.99	1.01	0.42	0.39	0.91	0.92	0.96	0.98	0.61	0.58

【2 日目予測】

地点名	波高						周期					
	相関係数		回帰係数		RMSE		相関係数		回帰係数		RMSE	
	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.	旧Ver.	新Ver.
岩手中部沖	0.71	0.74	0.91	0.93	0.41	0.37	0.87	0.86	0.99	1.00	0.78	0.83
静岡御前崎沖	0.86	0.87	1.16	1.13	0.87	0.74	0.63	0.70	1.05	1.07	1.17	1.10
高知室戸岬沖	0.97	0.97	1.08	1.04	0.55	0.45	0.58	0.60	0.97	0.99	1.57	1.48
青森西岸沖	0.94	0.94	1.03	1.04	0.47	0.44	0.90	0.91	0.98	1.01	0.62	0.63

次に各地点の新旧バージョンの計算結果と観測値との 2 日先予測の相関図を図-5 に示す。

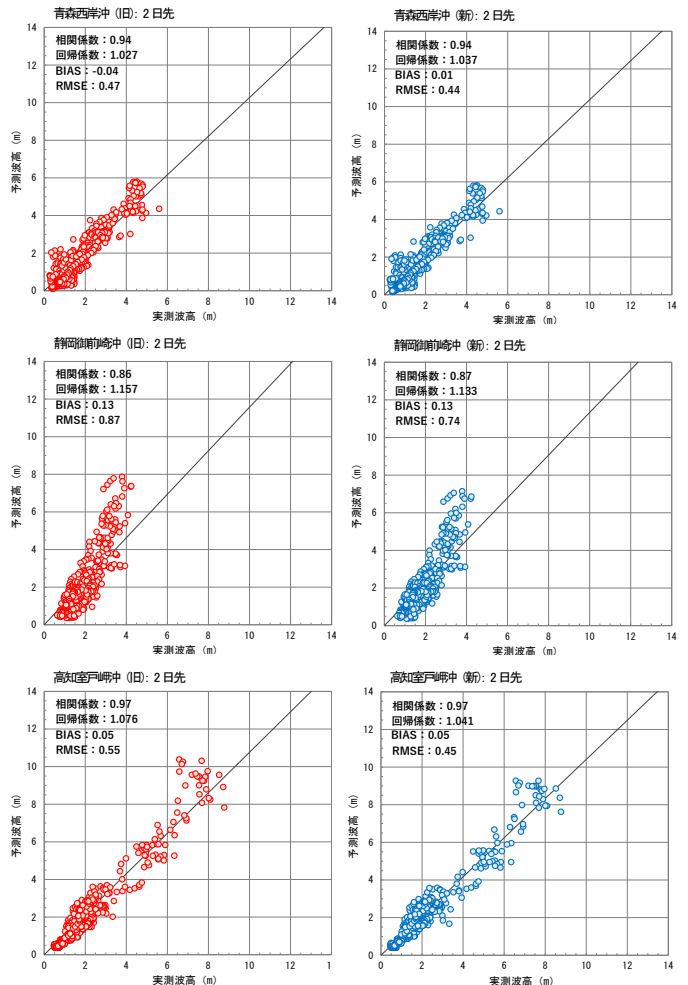


図-5 新旧バージョンの実測波高との相関図

図-5によると、静岡御前崎沖や高知室戸岬沖では高波高時において旧バージョンの予測波高よりも新バージョンの予測波高は1 m程度低くなっており、過大予測が改善されていることがわかる。なお、参考のために中城湾沖で新旧のバージョンを直接比較した波高相関図を図-6に示す。高波高時で新バージョンの波高が低く抑えられているのが明瞭である。

以上のように、検証期間全体を通して新バージョンの方が旧バージョンより波浪予測精度が高く、なおかつ高波高時の過大予測も改善されていることから、2021年3月にカムインズ波浪予測で利用しているWW3のバージョンを新バージョン (Ver. 6.07) に切り替えた。

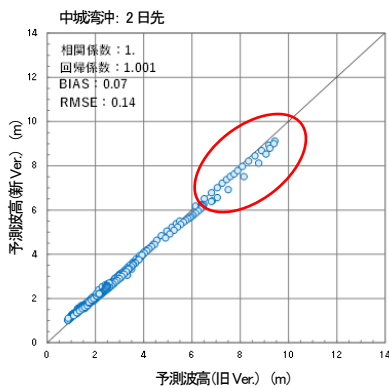


図-6 新旧バージョンの直接比較の波高の相関図

(2) 海上風予測誤差の影響

波浪予測の精度は波浪モデル自身の計算精度に加え、外力として入力している海上風予測の精度にも強く依存している。現在、カムインズの波浪予測では、日本付近の海上風は気象庁MSMの予測値を利用している。日々のカムインズの波浪予測の運用を通して、気象擾乱通過時のMSMによる2日先の海上風予測が日本海北部で過大になることが比較的多く見られる。そこで日本周辺海域のMSMの海上風予測の精度について、2020年9月～10月の期間で気象庁客観解析値を利用して検証した。その際、比較参照のために気象庁GSMの風予測の精度も同様に検証した。結果を図-7に示す。

この図では日本海北部海域として留萌沖、太平洋海域として静岡御前崎沖、内湾域として東京湾の結果を載せている。留萌沖では強風時のMSMの風速が極端に過大になる場合があり、GSMの予測精度の方が高いことがわかる。静岡御前崎沖ではMSMとGSMの予測精度に有意な違いは見られず、一方、東京湾では海陸の地形の再現性が粗いGSMの風速が過小となっていてMSMの予測精度の方が高いことがわかる。このように、波浪予測の入力風としてみた場合、海域によって適した海上風は異なることが示唆された。今後、海域に応じた適切な海上風予測を適用するために、波浪予測の試算を行いながら更に検討を進める計画である。

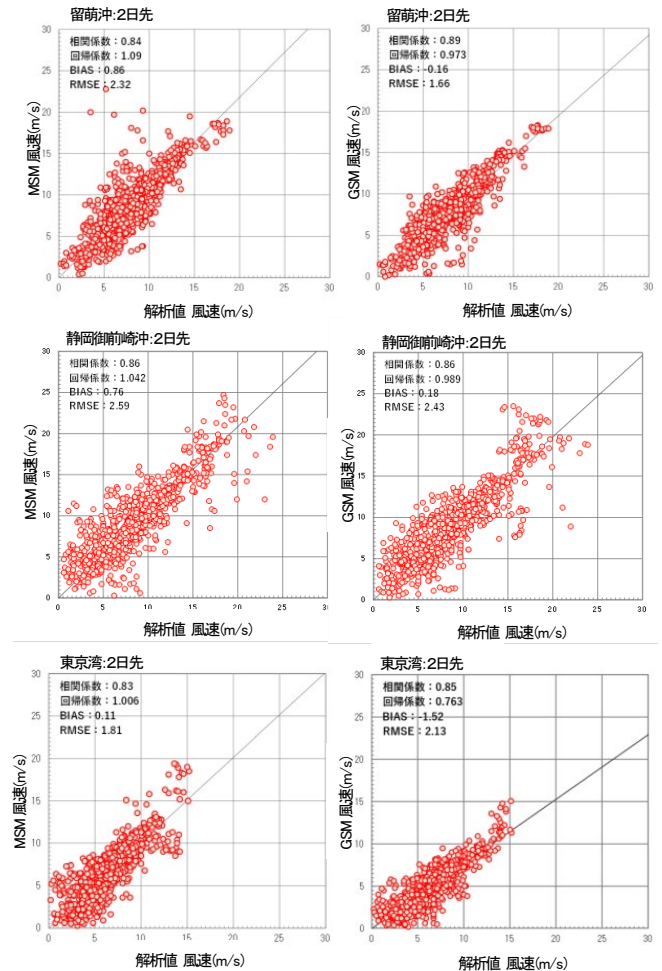


図-7 風速の相関図 (横軸：解析値 縦軸：各予測値)

1.4 カムインズ波浪予測の今後

これまでカムインズの波浪予測は、港湾整備等に係る工程管理及び安全管理並びに防災対策が適切に実施されるための支援情報として、各港湾向けに港湾構造物等の影響を考慮した精度の高い予測情報を提供してきた。今後も波浪モデルやデータ同化手法等の予測技術の改善、確率的な予測表現導入や高度化するICTへの対応等情報提供内容の向上など、日々のシステムの安定運用に配慮しながら中長期的な視点を持ってカムインズ業務を進めていきたいと考えている。

2. 沿岸防災技術研究所の業務

沿岸防災技術研究所では、以下の業務について取り組んでいる。

- ①沿岸防災技術に関する情報の収集・整理
- ②沿岸防災技術に関する調査研究の実施
- ③沿岸防災技術に関する政策提言
- ④沿岸防災技術に関する技術の普及
- ⑤大規模災害に関する調査研究

3. シンポジウム等の開催

沿岸防災の重要性についての啓発や防災技術の情報交換のため当センターでは国内外でシンポジウムやワークショップ等を開催しており、ここでは沿岸防災関連のものについてのみ紹介する。

3.1 コースタル・テクノロジー2020における防災関連論文の発表

例年のコースタル・テクノロジーは外部の施設を会場として発表講演会を行っているが、「コースタル・テクノロジー2020」はコロナ禍に配慮して、初のインターネットを利用したYouTubeによるオンデマンド配信により実施した。その内、防災関連については以下の論文発表を行っている。論文の詳細については、「沿岸技術研究センター論文集No. 20(2020)」を参照してほしい。

- 1) 大阪湾港湾等における高潮に関する防災・減災の取り組み（高潮早見図の作成とその活用方法）
当センター：井瀬肇（講演者）、田所篤博
近畿地方整備局 港湾空港部：

前防災危機管理課長 松林清志

前防災危機管理課長補佐 井上省吾

これは、2018年台風第21号による高潮により大阪湾内において被害が発生したことを踏まえ、「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」による事前防災行動の一層の充実化等の提言がなされたことを受けて、気象庁発表情報から容易に最大高潮偏差などを事前に把握できる高潮早見図を作成して事前防災行動への活用方法を検討した報告である。

3.2 日韓沿岸技術研究ワークショップ

2009年10月7日、沿岸技術研究センター(CDIT)と韓国海洋研究院(KORDI: Korean Ocean Research & Development Institute)との間で研究協力協定書が調印された。本ワークショップは、これを契機として両機関が隔年ごとにそれぞれの国で開催した沿岸防災ワークショップ(計4回開催)に由来する。

2012年6月1日、韓国海洋研究院は韓国海洋科学技術院(KIOST: Korean Institute of Ocean Science and Technology)として名称変更し新たな歴史を開始した。そして同年、みなと総合研究財団(WAVE)がKIOSTと「沿岸技術分野の協力覚書」を締結したことから、従前からKIOSTと研究協力を行っている港湾空港技術研究所(PARI)も含めて、日韓両国における沿岸域の課題に係る最新の研究成果を発表し、相互の理解を深めることを目的とする日韓沿岸技術研究ワークショップが新たに始まった。

第1回は2013年にソウルで、第2回は横浜、第3回目は韓国の安山、第4回は東京、第5回は釜山、第6回は福岡、第7回は釜山での開催であった。

なお、第8回となる2020年は日本国内での開催の予定だったが、残念ながらコロナ禍のため中止となった。

3.3 第5回濱口梧陵国際賞

わが国の津波防災の日、11月5日が2015年12月の国連総会において「世界津波の日」として制定された。この機会をとらえ、江戸時代末期の安政南海地震の時に自らの資産を投げ打ち村人の命を津波から護った濱口梧陵の名を冠した「濱口梧陵賞」を港湾空港技術研究所や他の団体と共同で2016年に創設した。本賞は、津波防災を始めとする沿岸防災分野で顕著な功績をあげた国内外の個人または団体を表彰するものである。

2020年度の実績者は次の2名および1団体であり、11月4日に海運クラブで授賞式が開催された。(図-8)

○今村文彦 東北大学災害科学国際研究所 所長 津波工学研究分野教授：30年以上にわたって津波防災・減災技術開発、津波数値解析、津波被害調査などを実施。津波数値モデル技術移転国際プロジェクト(TIME)責任者として国内外で活動。中央防災会議専門調査会委員などを歴任。

○Costas Synolakis 南カリフォルニア大学教授：1980年代後半に、勾配のある海岸への孤立波の遡上に関する解析解を発表。米国立海洋大気庁等が運用する標準的な津波浸水モデルであり、世界中で使用されているMOST (Method Of Splitting Tsunami) モデルを開発。

○アチェ津波博物館 (インドネシア共和国アチェ州)：2004年のインド洋大津波を忘れないための象徴として、また災害軽減のための教育センターとして設立。平日2,000~3,000人、週末には6,000人もの若者や外国人が訪れ、津波災害の経験、教訓を学ぶ。



図-8 受賞式

4. 調査研究の実施

当センターでは、2020年度は受託・共同・自主研究を合わせて70件程度の調査研究を実施しており、そのうち

約2割が防災関連である。これらの調査業務を災害の予測、減災対策、新技術に関する研究に分けて、その主なものを示す。

- ① 災害の予測技術に関する研究
 - ・海象観測データの活用
 - ・サンドウェーブやシルテーションによる航路埋没の予測
- ② 減災対策に関する研究
 - ・港内埋没対策
 - ・事前の高潮減災ソフト対策
 - ・気候変動を踏まえた施設整備のあり方
- ③ 新技術に関する研究
 - ・波浪・高潮に対する新技術の応用

5. 出版物の刊行

わが国は津波の常襲地域であり、津波に対する知見や経験が豊富である。津波に関するわが国の技術的知見を広く世界に情報発信することは当センターの業務の一つとして考えられることから、津波災害の危険性が高い国内外諸地域における人的被害軽減に貢献することを目的とし、津波に関する被害、現象、予警報及び被害軽減策等の技術的知見を紹介する書籍「TSUNAMI」、絵本「津波は怖い！」および書籍「絆 ～津波からいのちを守るために～」を出版してきている。

5.1 書籍「TSUNAMI」

書籍「TSUNAMI」は、津波から生き延びるために必要な知識を伝えることを主たる目的とし、読みやすい平易な本にした。このTSUNAMI本は、日本語版(2008年11月)を最初に出版し、引き続き、インドネシア語版(2009年6月)、英語版(2009年10月)、韓国語版(2009年12月)を出版している。

2011年3月11日にマグニチュード9.0という大地震とそれによる大津波で東日本大震災となった。この災害は、多くの津波に見舞われてきた我が国においても過去に起きたことがないほどの巨大津波災害であった。この災害によって新たな多くの教訓が得られた。これらの教訓も取り入れた日本語改訂版を2016年3月に発刊した。

更に、世界の人達に我が国で得られた津波の教訓を知ってもらうために2009年に出版した英語版の改訂版としてWorld Scientific社から2018年3月に出版した。津波災害の経験のない国の人であっても、外国旅行中に津波に遭遇するかもわからない。津波経験のある国の人でも経験のない国の人でも是非「TSUNAMI」の英語版を読ん

でいただければと思っている。英語版には図-9に示すようにハードカバーとソフトカバーの2種類がある。



図-9 「TSUNAMI」改訂版

5.2 書籍「絆 ～津波からいのちを守るために～」

当センターは国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委員会編集・出版事務局として、東日本大震災から10年の節目となる2021年3月11日に書籍「絆～津波からいのちを守るために」を編集・発刊した。

東日本大震災発生から10年、国連総会で「世界津波の日(11月5日)」が創設され5年が経過した今、「南海トラフ地震」などの巨大地震に備えて、私たちはいかにして命を守ることができるのか。津波・防災の研究者や実務者、東日本大震災の被災地で活動する団体・企業等、50人を超える著者が、今後の津波防災・減災のために未来に残すべきメッセージを伝えている。(図-10)



図-10 「絆 ～津波からいのちを守るために～」

6. その他

沿岸防災技術研究所では、これまでに紹介した取り組みの他、沿岸防災に関連する情報提供、港湾・空港の土木施設やその他の土木施設の耐震性能の評価に必要な技術の普及、SIP 事業の支援も実施している。

最後にそのSIP 事業について紹介させて頂く。当センターではSIP II期（2018～2022年度）の「国家レジリエンス」の募集課題のうち、「IVスーパー台風被害予測システム開発」に参画している。事業内容は図-11 に示す通りである。SIP 事業では、新規技術を開発するだけでなく、その成果を社会実装に繋げることが求められる。

以上、2020年度の沿岸防災技術研究所の活動について報告させて頂いた。今後も沿岸防災技術研究所では、我が国の沿岸防災技術の発展に貢献していきたいと考えている。引き続き皆様の支援をよろしくお願ひしたい。

参考文献

- 1) 竹内仁ほか：日本周辺海域における波浪特性の基礎調査及び波浪モデルの現状と展望，気象庁測候時報，第79巻 特別号 2012
- 2) 気象庁地球・環境海洋部：波浪モデルの改善について，配信資料に関する技術情報 第455号，2017.2
- 3) QINGXIANG LIU, W. ERICK ROGERS, ALEXANDER V. BABANIN, IAN R. YOUNG, LEONEL ROMERO, STEFAN ZIEGER, FANGLI QIAO, AND CHANGLONG GUAN: Observation-Based Source Terms in the Third-Generation Wave Model WAVEWATCH III: Updates and Verification, JOURNAL OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY, 2019.2

SIP研究開発への参画

◇戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の特徴

- 国の総合科学技術・イノベーション会議が、社会的に不可欠で、日本の経済・産業競争力にとって重要な課題、プログラムディレクター(PD)及び予算をトップダウンで決定
- 府省連携による分野横断的な取組を産学官連携で推進
- 基礎研究から実用化・事業化までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進

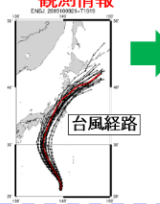
◇SIPの仕組み

- 内閣府が「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」を課題として実施者を募集
- 2018年度募集テーマのうち「VIスーパー台風被害予測システム開発」に対して、東京大学、京都大学や国土技術研究センター等18組織が応募して採択された
- 研究期間:2018～2022年度(5年間) ○研究開発の規模(全体)

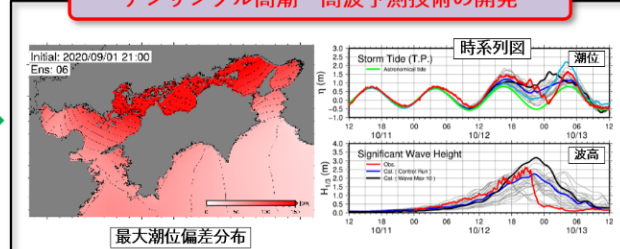
○当センターは「VIスーパー台風被害予測システム開発」研究のうち当センターの技術力を活かして以下の2テーマを担当

- ①高潮・高波のハザード予測システムに関する研究開発**
2020年度にプロトタイプが完成
- ②水門自動遠隔操作・統合管理システムに関する研究開発**
2020年度は高松市で実証実験

長時間アンサンブル
気象予測情報と
観測情報



アンサンブル高潮・高波予測技術の開発



台風による高潮・高波リアルタイム予測システムによる予測成果例

図-11 SIP 事業の概要説明