

## 2. 2. 11 沿岸海洋・防災研究部

# 高潮災害に対する港湾地帯の安全性の確保に関する研究

## Research on Countermeasures to Enhance Safety against Storm Surge Disaster in Port Areas

(研究期間 平成 28～30 年度)

沿岸海洋・防災研究部

Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

沿岸防災研究室

Coastal Disaster Prevention Division

沿岸域システム研究室

Coastal Zone Systems Division

海洋環境・危機管理研究室

Marine Environment and Emergency Management Division

部長

Director

主任研究官

Senior Researcher

研究員

Research Engineer

室長

Head

研究員

Research Engineer

主任研究官

Senior Researcher

國田 淳

Atsushi KUNITA

本多 和彦

Kazuhiko HONDA

辻澤 伊吹

Ibuki TSUJISAWA

上島 顕司

Kenji UESHIMA

藤田 淳

Jun FUJITA

内藤 了二

Ryoji NAITO

Ports have clusters of industries and are important as logistics hubs. In order to reduce the risk of inundation due to storm surge in port areas outside seawalls, some researches to observe and evaluate information on storm surge risk were conducted: advanced tidal and wave observation technologies, and advanced storm surge inundation prediction.

### 【研究目的及び経緯】

我が国の港湾においては、海岸保全施設より海側の堤外地に物流機能が集中し、様々な企業等が立地している。とくに、三大湾においては、臨港地区の8割以上が堤外地であり、台風等に伴う高潮・高波被害により、我が国全体の物流・生産活動が大きく停滞することが懸念される。例えば、平成30年9月に来襲した台風21号に伴う高潮・高波・強風により、大阪湾内の港湾において、物流等に支障を来した。

このような災害による港湾の物流・生産活動への影響を軽減するためには、高潮・波浪の観測情報や想定される浸水リスク等といった防災情報を、事前に共有することが効果的である。しかし、現在の高潮・波浪の観測箇所は限定的であり、面的に把握することができない。また、高潮浸水リスクを適切に評価するためには、高潮推算に必要な気象場（風・気圧）を精度よく推定する必要がある。

そのため、本研究では、湾内の高潮・波浪の面的な観測を目的として、簡易潮位観測装置および海洋短波レーダによる推定精度の検証を実施した。さらに、高潮リスク評価について、台風モデルの高度化を図るとともに、AIを用いたリアルタイム高潮予測の検討を実施した。

### 【研究内容】

#### 1. 潮位・波浪観測の高度化

港湾内で密に潮位を観測するために必要な、安価で簡易に設置できる潮位観測装置を開発するとともに、実港湾内での観測精度を検証した。さらに、湾内の表層流を観測可能な既存の海洋短波レーダのデータを用いて、湾内の波高分布を面的に推定する手法を検討するとともに、その精度を検証した。

#### 2. 高潮浸水予測の高精度化

気象場の推定に用いられている台風モデルにおいて重要なパラメータである最大風速半径と中心気圧について、気象庁による台風のベストトラックデータを用いて、確率的な評価が可能な算定式を提案した。

#### 3. AIを用いた高潮予測

高潮に対する安全性を向上するため、AIを用いて、台風の予測情報や気象官署・検潮所での観測データ等から港湾における高潮をリアルタイムで推定する手法を検討し、その推定精度を検証するとともに、今後の課題を整理した。

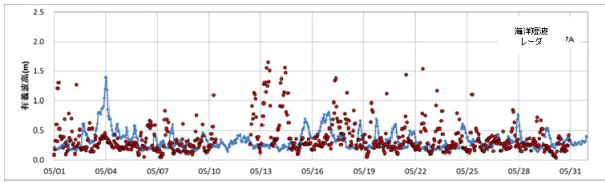


図-1 海洋短波レーダによる波高推定結果と波高計の観測結果（伊勢湾奥）

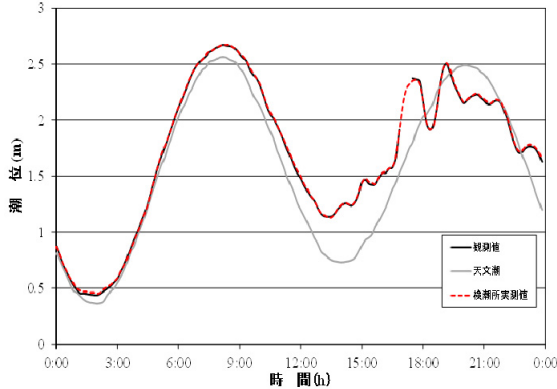


図-2 簡易潮位観測装置の観測結果（台風来襲時）

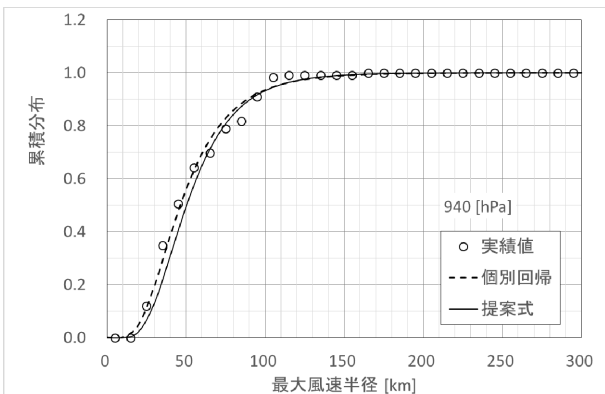


図-3 最大風速半径の確率評価（発達期）

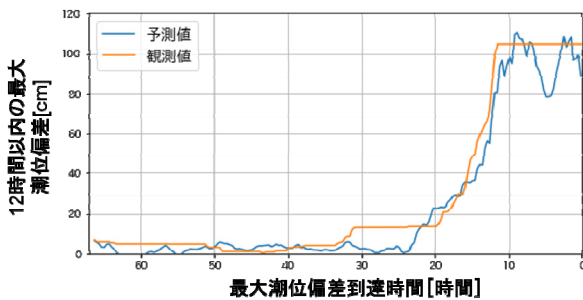


図-4 AIを用いた高潮予測

## 【研究成果】

### 1. 潮位・波浪観測の高度化

#### （1）海洋短波レーダを用いた波浪観測

海洋短波レーダによる波浪観測結果について、他の観測機器による観測結果との比較を実施した。和歌山

沖については、相関係数 0.83 であり、伊勢湾奥については、波高 0.5m 以上の際の相関係数は 0.56 であった（図-1）。海洋短波レーダによる波高推定は、沖合では十分な精度であるが、湾奥では高波浪に対しては精度が高くなることを明らかにした。

#### （2）簡易観測装置を用いた潮位観測

開発した簡易観測装置について、海面等の乱反射の影響に伴う観測ノイズの除去方法を示した。また、この簡易観測装置による観測結果と、近隣の検潮所の観測結果を比較したところ、十分な精度を有していることを明らかにした。また、この簡易観測装置は、台風来襲時においても、欠測なく観測できることを確認した（図-2）。

### 2. 高潮浸水予測の高精度化

過去の台風情報（気象庁による台風のベストトラックデータ）をもとに統計的に解析した結果、台風の最大風速半径は、台風の発達期・減衰期ともに、各中心気圧に対して対数正規分布で近似できることを明らかにした（図-3）。また、高潮推算に用いる台風モデルにおいて確率評価を可能とするため、それら対数正規分布の各係数についての評価式を提案した。

### 3. AIを用いた高潮予測

台風の予測情報や、海洋短波レーダ・気象官署・検潮所の観測データ等の様々な組み合わせを対象に、AIを用いて12時間後までの潮位偏差（高潮）の最大値を予測し、実際の観測結果と比較し、精度の高いデータの組合せを明らかにした。海洋短波レーダは、面的に多くの観測データがあるため、当該データの精度が低い場合には、AIによる高潮予測に対して、その誤差の影響が大きくなる。そのため、本検討においては、海洋短波レーダの観測データを用いず、台風の予測情報および気象官署・検潮所の観測データを用いる場合の精度が高くなることを明らかにした（図-4）。

## 【成果の活用】

簡易潮位観測装置については、本研究での精度検証を実施後、管理者からの要望により、三河湾および瀬戸内海における港湾において、短期の観測を実施し、実務に活用された。

本研究の研究成果は、今後、国土交通省港湾局「港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン」（平成31年3月改訂）で示されているエリア減災計画策定等の検討において活用される予定である。

## 近年の津波防災に関する研究動向調査

Research trends for tsunami disaster prevention after the great east japan earthquake

(研究期間 平成 30～32 年度)

沿岸海洋・防災研究部

沿岸海洋新技術研究官 岡本 修

### [研究目的及び経緯]

本研究は、東日本大震災後に明らかになった津波防災の課題がどの程度クリアされているかを調査するものであり、平成 23 年度以降に発表された津波防災に関する文献資料調査を行うものである。平成 30 年度は、土木学会論文集等を中心に津波防災の研究動向に関する情報を収集整理するとともに、有識者からの聞き取り調査を行い、東日本大震災後の津波防災に関する研究動向について論文 109 編分の知見をとりまとめた。

## 内湾域におけるシースケープに関する研究

Study on seascape in inner bay

(研究期間 平成 29～31 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境・危機管理研究室

室 長	岡田 知也
研 究 官	秋山 吉寛
主 任 研	内藤 了二
研 究 員	黒岩 寛

### [研究目的及び経緯]

老朽化した港湾構造物の改修や耐震化に際して、環境配慮型の生物共生型の港湾構造物に改良することが検討されている。生物共生型護岸の場合、干潟、浅場のようなスポット的な配置ではなく、湾全体に広域的に配置することが可能な一方で、同一形状の生物共生型護岸が画一的に配置される危険性がある。広域配置には長期ビジョンをもった戦略的・効果的な干潟・浅場の配置が求められる。そこで、生態系ネットワークおよび生物の生活史を考慮した水域全体の生物の生息場の空間配置（シースケープ）に関する基礎的な検討をすることを目的とする。

今年度は、東京湾を対象として景観情報の収集を行い、景観情報の GIS 化および定量化を実施した。東京湾の 9 つの干潟に対して、各干潟周辺の景観多様性と各干潟の生物多様性について検討した。各干潟の周辺の景観多様性は、1 km から 30 km まで影響距離を変化させて求めた。その結果、影響距離が 10 km 以下では周辺の景観多様性と干潟の生物多様性の相関が高く、影響距離が 20 km 以上では相関が小さいことが判った。このことはある干潟の生物の多様性を向上させるためには、周辺 10 km 程度の生息場の景観を考慮する必要があることを示している。今後はこの結果の妥当性を、生物種や生活史に基づいて精査するとともに、護岸に生息する生物に対しても実施する予定である。

## 陸域から発生する土砂の有効利用に関する基礎的研究

Study on beneficial use of soil originated from construction work in land area

(研究期間 平成 30～32 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境・危機管理研究室

室 長	岡田 知也
主 任 研	内藤 了二
研 究 官	秋山 吉寛
研 究 員	黒岩 寛

### [研究目的及び経緯]

陸域で発生した土砂に適切な試験を実施し、速やかに利用可能性を判断できるような道筋を作ることが、陸域で発生した土砂の海域での有効活用につながる。そのためには、陸域から発生する土砂を由来等で区分し、それぞれの環境リスクを整理することが、最初の段階では不可欠である。そこで、本研究では、陸域発生土砂の海域での有効活用に関する研究の基礎情報の整理として、陸域から発生する土砂を由来等で区分し、それぞれの化学的な環境リスクについて整理することを目的とする。

今年度は、トンネル工事にしばしば採用されるシールド工法で用いられる界面活性材の海洋生物に対する環境リスクについて整理した。来年度は今年度の整理で抽出された魚毒性のある主要な界面活性材の毒性や溶出速度、分解性等について実験的に検討する予定である。

## 港湾域における環境の便益に関する研究

Study on benefits of ecosystem services in port and harbor

(研究期間 平成 29～31 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境・危機管理研究室

室 長	岡田 知也
研 究 官	秋山 吉寛
主 任 研	内藤 了二
研 究 員	黒岩 寛

### [研究目的及び経緯]

水質・底質の改善および生物種・量の増加等の効果の評価はなされているものの、生態系サービスの観点からの総合評価や便益の評価等はなされていない。この課題に対して、当研究室では、平成 26 年から 28 年にかけて、東京湾の 4 つの干潟 (2 つの自然干潟と 2 つの造成干潟) を対象として、干潟の生態系サービスの便益を算出する手法を考案した。この手法では、サービスの状態と持続性を干潟健全度指数により算出し、さらに経済効果をその干潟健全度指数と環境経済学的手法を統合して算出する。本手法を実用化するためには、東京湾以外の海域や干潟以外の生物共生型護岸等へ適用し、汎用性・実用性について改良する必要がある。そこで本研究では、港湾域の生態系サービスの便益を算出する汎用性・実用性の高い手法を開発することを目的とする。

今年度は、算出した経済価値の精度向上のためのアンケートの解析手法の改良を行った。提示金額等の数量を適切に考慮した回答を抽出することが可能になり、評価額の精度向上が図られた。また、大阪湾の干潟に対してアンケート調査を行い、大阪湾の干潟の価値の見える化を実践した。大阪湾は東京湾と同じ都市型の水域であるため、人々が思う価値の重みはほぼ同じだと予想していたが、予想に反して地域性があることが判った。来年度は本手法を干潟から藻場に拡張する予定である。

## 3D・4Dデータによる点検・診断システムの開発

Development of the inspection-assessment system using 3D/4D Data of port and harbor facilities

(研究期間 平成 30～34 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

主任研究官 里村 大樹  
研究員 辻澤 伊吹

### [研究目的及び経緯]

人的資源・財源が限られる中、港湾管理者や民間事業者による港湾施設のより効率的かつ的確な維持管理の実施が求められている。そこで国総研では、港湾管理者等のインフラ維持管理の効率化を図るため、UAV（無人航空機）が撮影した画像データを元に3D・4D化された港湾施設の維持管理ビッグデータとAI（人工知能）による点検・診断を行うシステムを開発している。具体的には、UAVで取得した画像データの高精度3次元化画像処理を行い、点検ビッグデータを構築してAIによる施設変状の自動抽出を行う「点検・診断システム」、及び、遠隔地からも電波の減衰・遮蔽の影響を抑えて、リアルタイムで円滑な画像伝送を行う「遠隔地画像伝送システム」の開発を行う。

本年度は、点検・診断システム開発については、AIを活用した海面ノイズ処理、変状抽出を検討するための教師データ取得のためUAV試験飛行を行い、また、これらの処理を一連で実施するための基本システムを開発した。遠隔地画像伝送システムについては、港湾の通信環境を調査し、円滑な遠隔地画像データ伝送に向けた通信システムの基本設計、通信システムの一部（通信モジュール）の製作を行った。

## 港湾域の海岸保全施設の維持管理への新技術適用に関する研究

Research on the application of the new technologies to maintenance of shore protection facilities in port area

(研究期間 平成 30～31 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

主任研究官 里村 大樹  
研究員 辻澤 伊吹

### [研究目的及び経緯]

現状の「海岸保全施設維持管理マニュアル」では、土木構造物の一次点検において目視調査を原則としており、施設延長が長い海岸管理者の点検作業にかかる負担が大きい。海岸保全施設の維持管理の高度化・効率化に資する新技術（ドローン（UAV）や画像処理等）について、適用性を検討する。検討の結果を基に、新技術適用に関するガイドライン（仮称）を作成する。

本年度は、新技術の活用により効果が見込まれる項目の整理、当該項目に適用見込みのある新技術の整理、陸上部の実証試験を行った。学識経験者等による懇談会を設置し、陸上部の新技術に関して精度、経済性、安全性の観点から、海岸保全施設の維持管理への新技術の適用の検討を行った。

## 臨港道路の緊急修復手法の検討

Research on the recovery measures of port road in case of crisis

(研究期間 平成 29～30 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

主任研究官 里村 大樹

### [研究目的及び経緯]

災害等発生時には、迅速、効果的な緊急輸送が必要であるが、東日本大震災や熊本地震等の過去の災害で様々な課題が発生した。港湾分野においては、大規模地震災害などにより港湾施設等が被災した場合、緊急輸送に供するための港湾施設等について早急に機能復旧を図ることが求められる。このため、当研究では、港湾施設と背後の輸送路を結ぶ、臨港道路の災害時における啓開について検討を行った。

本年度は、沈埋・開削トンネルの点検・緊急措置要否判定手法及び応急復旧手法等に関して、トンネル管理者のマニュアルや港湾の施設の維持管理マニュアル等から技術的情報を整理したうえで標準的な手法を検討した。当該検討結果及び過年度の成果から、地方整備局等の職員が実務上参考となる資料として、「災害時における臨港道路の啓開に関する手引書（案）」を作成した。

## みなとカメラの基本要件・機能等の検討

Research on the port camera

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

(研究期間 平成 30 年度)  
主任研究官 里村 大樹

### [研究目的及び経緯]

全国の港湾・海岸にみなとカメラ（直轄施工管理用カメラ及び開発保全航路用カメラ）が設置されており、このみなとカメラ画像から、港湾施設、海岸または海岸保全施設の維持管理あるいは災害時の状況把握の高度化・効率化に資する画像データを取得できる可能性がある。

本研究では、全国の港湾・海岸に設置されているみなとカメラについて、観測範囲等の基本要件やカメラ諸元・映像伝送機能等の整理、港湾・海岸におけるカメラ画像を利用した研究事例の調査を行った。さらに、みなとカメラを活用することで定量的に取得可能な情報を整理し、現状のみなとカメラ監視体制等の運用面も踏まえて技術的留意事項を整理し、既設みなとカメラの活用方策の検討を行った。

## 沿岸域におけるみなとまちづくりに関する研究

Research on methods and systems of new revitalization at coastal areas

沿岸海洋・防災研究部 沿岸域システム研究室

(研究期間 平成 29～32 年度)  
室 長 上島 顕司  
研 究 員 藤田 淳

### [研究目的及び経緯]

人口減少社会下において、沿岸域における活性化は地方再生の核であり、地域資源を有効に活用し、地域の価値向上に繋がる空間形成を図ることが重要となってくる。しかし、沿岸域における水辺等の地域資源は、現状では、その魅力が十分に活用されているとは言えない状況にある。一方、港湾における中長期政策「PORT2030」（H30.7.31）においては「クルーズ」「港の空間形成」が掲げられたところでもある。このため、各地域のプロジェクトと連携しつつ、みなとまちづくりに係る空間形成手法、計画手法、制度・体制等について検討、必要な提言を行う。さらに、各地域におけるプロジェクト等への助言等を行うとともに、課題等を把握し、ガイドライン等を作成する。平成 30 年度は、有識者による研究会・勉強会、現地調査、ヒヤリング等を行ない、みなとまちづくりに係る空間形成手法、計画手法、制度・体制等について提言を行った。

## 瀬戸内海における地域資源の連携・ネットワーク方策に関する研究

Research on binding and networking methods of local resources in the Seto Inland Sea

沿岸海洋・防災研究部 沿岸域システム研究室

(研究期間 平成 30～32 年度)  
室 長 上島 顕司  
研 究 員 藤田 淳

### [研究目的及び経緯]

港湾における中長期政策「PORT2030」（H30.7.31）において「クルーズ」「港の空間形成」が掲げられた。一方、瀬戸内海においては、クルーズ来訪客の増大などに伴う、ビーチ来訪や島嶼間クルーズなど新しい需要や萌芽がみられるところである。平成 27 年には全国で唯一の海における広域観光周遊ルートとして「せとうち・海の道」が指定されている。しかし、瀬戸内海においては、数多くのみなとオアシス、離島航路のある港、歴史的な港町などの貴重な地域資源があるにも関わらず、これらが十分に活用されているとはいえない。従って、当該地域をモデルケースとして、港・船・海に係る地域資源の活性化・ネットワーク化方策に係る施策等を検討、提言するとともに、船、港（町）等の地域資源の活用・連携が図られた快適で魅力的な瀬戸内海における空間形成を目指し、実際のプロジェクトへの支援を行う。平成 30 年度は瀬戸内海における地域資源を収集・整理するとともに、地方整備局、有識者からなる研究会を設置し、検討を開始した。

# 海洋レーダの高潮観測への活用

## (高潮災害に対する港湾地帯の安全性の確保に関する研究)

Observation Method of storm surge by of ocean surface radars

(研究期間 平成 28～30 年度)

沿岸海洋・防災研究部  
沿岸域システム研究室  
Coastal、 Marine and Disaster Prevention  
Department  
Coastal Zone Systems Division

室長  
Head  
研究員  
Researcher

上島 顕司  
Kenji UESHIMA  
藤田 淳  
Jun FUJITA

We've tried to develop basic methods of observing surface waves by using a high-frequency ocean radar. So, In the future, the development of these methods will help to enhance the safety at port and harbor areas, marine constructions and traffic.

### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、閉鎖性内湾において、海洋短波レーダ（以下、「海洋レーダ」と呼ぶ。）によって流況（流速、流向）観測、浮遊ゴミ予測を行っている。この海洋レーダを高潮予測、波浪観測に用いることができれば、港湾地域、海上交通、海上工事の安全性の向上に寄与することとなる。このため、本研究では、海洋レーダによる波浪観測に係る基礎的な検討を行なうこととし、1)適用範囲把握のため、湾奥、沖合において精度を把握し、精度と波高の関係性について考察するとともに、2)精度変化の要因を把握するために精度とドップラースペクトルの関係性について把握し、3)今後の活用方策について考察した。

### 1. 研究の方法

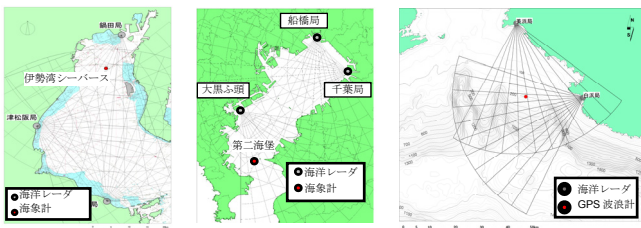


図-1 レーダの設置位置、観測範囲及び海象計の位置  
(左：伊勢湾、中央：東京湾、右：和歌山県沖)

伊勢湾、東京湾、和歌山沖における海洋レーダのデータをバリック法によって波浪換算し、それぞれ伊勢湾奥、第二海保の海象計、和歌山沖県沖に設置されていたGPS波浪計(沖合約18km)のデータと比較した。

図-1にそれぞれのレーダの設置位置、観測範囲及び波浪計等の位置を示す。比較する期間は、①イベント現象や急激な波高上昇のない期間、②イベントの現象は起こっていないが波高が高い期間、③イベント(台風)により波高が高い期間等とした。

### 2. 研究の結果

(1) 湾奥、沖合における比較と適用可能性範囲の抽出  
湾奥（伊勢湾、東京湾）における海洋短波レーダのデータをそれぞれ、伊勢湾、第二海保の海象計のデータと比較した結果、レーダ局によって異なるが、いずれも精度が低かった。

次に、沖合におけるデータと比較するため、和歌山県沖における海洋レーダとGPS波浪計による波高のデータを比較した。その結果、精度が高い(相関係数0.74)ことが分かった。これは、沖合で比較的波高が高いためレーダに返ってくる電波のエネルギーが大きく、ノイズの影響が小さいためと考えられる。

さらに、波高と精度の関係性を把握するため、東京湾、和歌山県沖における海洋レーダと海象計、GPS波浪計による波高を比較した。その結果、波高1.0m-6.0mで精度が高くなる(相関係数0.81)ことが分かった。このように、波高によって適応可能な範囲が抽出できることが分かった。

表-1 和歌山県沖の相関係数

波高(m)	～1.0	1.0～6.0	6.0～
相関係数	0.061	0.81	0.35
データ数	676	1410	24



## (2) ドップラースペクトルと精度の関係性の把握

海洋レーダのドップラースペクトルと精度の関係性を把握するため、a)海洋レーダの波高>波高計の波高、b)海洋レーダの波高=海象計の波高、c)海洋レーダの波高<波高計の波高の場合におけるドップラースペクトルを比較した。

a)低波浪時で海洋レーダの波高>波高計の波高の場合 SN比とドップラースペクトルを見てみると、波高が低くSN比が高い場合のドップラースペクトルでは、ノイズの影響から1次散乱と2次散乱の区別が難しいことが分かった。

b)海洋レーダの波高=海象計の波高

1次散乱と2次散乱が明瞭で分離がしやすくなり、精度が高いと考えられる。

c)高波浪時で海洋レーダの波高<波高計の波高の場合 波浪が高くなると1次散乱と2次散乱の分離がしやすくなり、精度が高くなると考えられるが、海洋レーダの波高と波高計の結果が合わないケースもあった。この場合は、1次散乱ピーク周辺に複数のピークがあり1次散乱ピークが不明瞭であった。このため1次散乱ピークが大きめに抽出され、波高が低めに算出されるものと考えられる。

### [研究成果のまとめ]

- 1)湾奥など低波浪時においては、海洋レーダによる波浪換算の精度は低かったが、高波浪時には、一定程度の精度がみられることが分かった。
- 2)その原因を把握するため、波高とドップラースペクトルの関係性を見てみると、海洋レーダの精度が低いケースにおいては、ドップラースペクトルは、低

波浪時には1次散乱ピークが2次散乱に紛れて小さくなっていること、高波浪時には1次散乱ピーク周辺に複数のピークがあり1次散乱ピークが不明瞭であることが分かった。

今後、比較期間(データ数)、比較地点の拡充とともに、データの円滑化処理、2局のデータによるエネルギー補正、換算モデルの高度化<sup>4)</sup>等を行うことで精度向上は期待できると考えられる。

### [成果の活用]

海洋レーダについては、今後、波浪観測について以下のような活用の可能性が考えられる。

- 1)湾口、外洋に面する海域等、波高の高いエリアにおいては、波浪観測のため一定程度の精度で活用が可能である。
- 2)湾内における波高についても、今後、一定程度の精度の向上が図られれば、面的なデータによる海上交通、海上工事への適用やAIの教師データとして活用する等、様々な予測への適用を図ることが可能であると考えられる。

### [参考文献]

- 1) 藤田淳：海洋短波レーダの波浪観測に向けた基礎的検討、日本沿岸域学会研究討論会 2017 講演概要集、No. 30、16-2、2017
- 2) 藤田淳：海洋短波レーダと波高計による波高観測結果の比較、日本沿岸域学会研究討論会 2018 講演概要集、No. 31、11-3、2018
- 3) 藤田淳：海洋短波レーダの波浪観測に向けた基礎的検討結果、土木学会関東支部研究発表会、2019. 3

### 伊勢湾:2016年5月1日-5月31日 A局

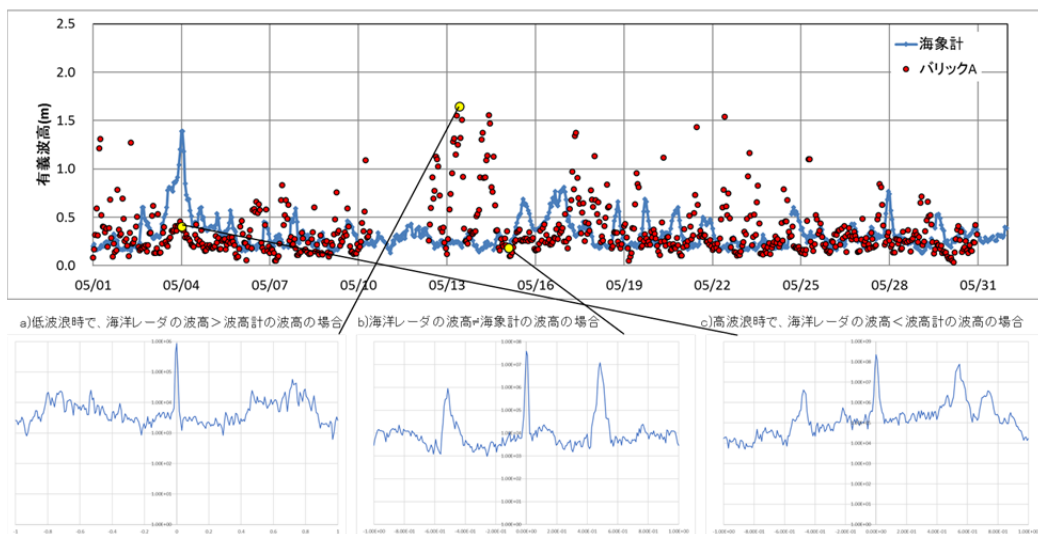


図-2 ドップラースペクトルの比較