

第14回天気予報研究会の開催報告

第14回天気予報研究会が、2017年2月17日に気象庁講堂で開催されたので報告する。

近年、台風や発達した低気圧の接近、上陸に伴って高波、高潮によって海水が海岸堤防等を超える浸水被害が増加している。このため、沿岸海域、港湾の海難事故や高潮・波浪災害による被害を回避または軽減するため質の高い対策が求められている。今年度の研究会では、沿岸波浪、高潮防災に焦点を当てて、予報技術の現状と今後の発展やそのような情報の利活用の現状等について、議論した。

当日は、気象庁、気象予報士、民間気象会社、大学、弁護士（海事補佐人）等多彩な顔ぶれで、特に港湾、海域を担当している民間気象会社からの参加が多いのが特徴であった。全参加者は約60人で、海上気象に限ったことから例年に比べやや少なかった。しかし、会終了後のアンケートでは、今後も波浪など海をテーマとして扱ってほしいとの強い要望が多かった。

(下山紀夫)

2017年度天気予報研究連絡会運営委員（所属は当時）

下山紀夫（日本気象予報士会）委員長
伊藤みゆき（NHK ラジオ気象キャスター）
黒良龍太（気象庁予報部）
田中恵信（気象庁観測部）
登内道彦（気象業務支援センター）
平松信昭（日本気象協会）
吉野勝美

【講演】

1. 気象庁の波浪・高潮予測モデルとプロダクト

高野洋雄（気象庁海洋気象課海洋気象情報室）
周囲を海に囲まれたわが国では、古くから波浪や高潮の影響を強く受けてきており、沿岸防災は重要事項のひとつである。気象庁は警報・注意報をはじめとし

たさまざまな予測情報を提供している。近年の海洋気象予測は、基本的に予測モデルに依存している。気象庁で業務運用している波浪と高潮の予測モデルとプロダクトの概要について解説した。

はじめに高波や高潮の現象について概観し、これらの特徴を確認した。次に、気象庁の波浪モデルと予測情報について紹介し、特に、新しいプロダクトとして波浪アンサンブルと地方海上分布予報について紹介した。高潮に関しては、日本における長期的な発生状況の変化や高潮のリスクについて説明し、高潮モデルと予測プロダクトの概要について紹介した。

更に、具体的な沿岸防災情報という観点で、2012年4月2～3日の急発達した低気圧による高波と高潮、及び2014年の台風第8号による高波について紹介した。前者の事例では、海上風の予測が過小評価となり、波浪モデルも波浪を過小に予測したが、沖合（上流）の海上風の誤差や波浪観測値を参照して予測を変更、沿岸に到達する高波は妥当に注意喚起している。また、高波による潮位上昇（wave setup）も加わり日本海の沿岸部では予想外に大きな高潮による被害も発生した。波浪と高潮による複合的な災害が発生した事例でもある。台風第8号の事例では、波浪アンサンブルを活用することで、台風の上陸地点と高波域の可能性も含めて把握することが出来るため、早期警戒に役立つことを示した。

最後に、高度化計画として、2016年3月7日より新たに開始した、波浪図への情報追加（複数の波が存在する海域や波と逆向きの流れにより海面が複雑で変化が激しくなる海域の情報を追加）、及び波浪モデルの更新等について紹介した。

2. 沿岸域での海象情報（観測や予報）の利活用

杉浦幸彦（いであ(株)）

外洋で発生し伝播する波浪は海底の地形や沿岸構造物等の影響を受けて様々な変形をして沿岸・海岸に到達する。これらの沿岸波浪は荒天時に海岸侵食や荷役

障害を引き起こす場合があるため、減災・防災の観点からの現象解明や対策検討のための調査・解析が必要となっている。

沿岸部では来襲する波浪や潮位の条件によって引き起こされる沿岸流が見られる。外洋に面した海岸の事例では、沖合で波高2mを超える条件の時に水深3m～4mの砕波帯において1m/sを超える沿岸流速が観測されたことや流向が波向に対応していることを紹介した。

このような観測事例から想定されるように、砂浜に高い波が来襲すると砕波帯付近の土砂が沿岸流等によって運ばれ、侵食や堆積といった地形変化に結びつくことがある。このような海岸での地形変化の仕組みは沖側の波浪条件等を用いて、数値解析モデルを構築することで再現や予測することが可能である。この時、沖側の波浪条件として実測波浪とともに気象庁作成の沿岸波浪実況図(AWJP)を用いることが可能で、これを用いた条件設定、波浪変形計算、地形変化計算の仕組みを紹介した(第1図)。

港湾での荷役作業を安全に進めるために、港内静穏度を評価し、必要に応じて波浪制御構造物による対策や波浪予報による対策が検討・導入されている。この時の港内静穏度評価に際しても、沿岸波浪実況(AWJP)等の沖合波浪情報が活用できる。港内静穏度評価について、港外地点波浪条件の設定、港外波浪変形計算、港内静穏度計算、港内静穏度の評価の各段階についての手法を紹介した。港内静穏度評価につい

ては荷役障害要因として長波(Long-Wave)が対象になるのではないかとこの質問があった。港内静穏度の観点からは周期30s～300sの長周期波を対象にして、荷役限界波高等の条件は異なるものの、今回紹介した事例と同様の評価手法が用いられることを説明している。

本講演により沿岸・海岸における複雑な波浪現象や海岸侵食や荷役障害といった波浪を要因とする災害とその予防に関する取組みについて紹介することで、波浪観測や波浪予報を含む海象情報の利活用について議論できた。

3. 道路越波の監視と予測

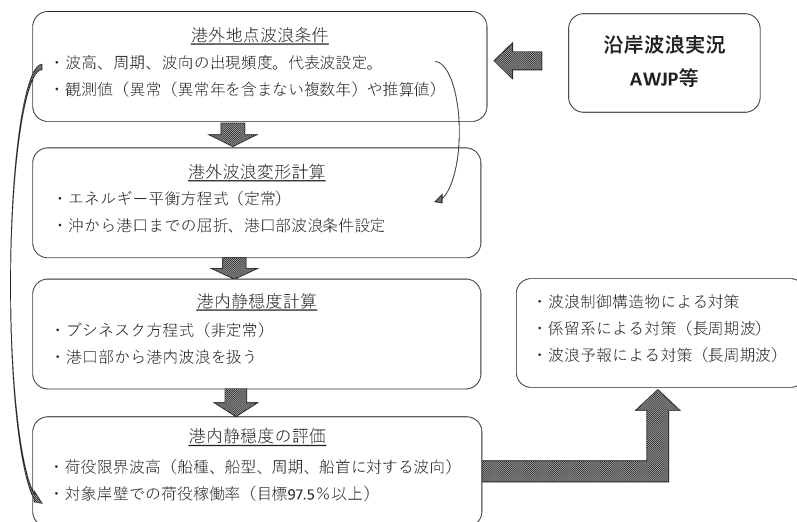
小島弘行(日本気象協会)

沿岸部を走行する高速道路では、台風接近時に発生する越波によって道路利用者の安全走行が妨げられることがある(第2図)。「波=海水」ではない。ここでいう波は、「波=海水+砂+小石+流木+…」である。路面に大量の砂が堆積すればスリップし、ドライバーは制御を失う可能性があり、まして道路上の流木に衝突すれば、大事故となりうる。

そこで我々は、道路管理者向けに「越波危険度予測」を提供し、①越波発生が予想されるタイミング、②規模(しぶき程度・路肩まで・下り線本線・上り線本線)、③越波の終息について情報発信している。

ところで、越波が発生するのは、暴風雨の日ばかりではない。日本から千km以上離れた海上から届くうねりによって、晴天時でも越波は発生する。越波の発生が予想される際、道路管理者は適切なタイミングで通行止めにする必要があるが、晴天時の通行止めについて一般の方の理解が得られない場合もあり、説明の根拠資料としても「越波危険度予測」は重要である。

越波危険度予測の元になるのは、波が護岸に当たって打ち上がる「うちあげ高」の予測である。うちあげ高の予測精度向上のため、独自に設置した越波監視カメラの画像データ解析



第1図 条件設定、波浪変形計算、地形変化計算の仕組み。



第2図 静岡県内の国道1号での越波のようす。

を自動で行い、現在の波の状態を逐次予測値に反映させている。うちあげ高を計算するために重要な予測因子として、波高、周期および潮位がある。予測地点の沖での波高と周期の精度向上に取り組むとともに、実際のうちあげ高と最も高い相関が得られるよう、海底～護岸の形状による浅海変形効果を加え、より最適のうちあげ高のモデル化を行っている。これらの取り組みにより、予測情報を実用上問題ないレベルとしてきたが、まだ取り組むべき課題が残されている。

台風襲来で海岸付近の砂の堆積状況が変化した場合、うちあげ高特性も変化するが、その変化にすぐに対応出来ないことや、有義波レベルのうちあげ高を利用して従来の方法では予期しない越波の見逃しが発生することである。前者については、地形改変後の予測値と実況値の統計で式の係数調整を行い、後者については、1/10最大波レベルのうちあげ高を採用し、危険度の監視基準の見直しを着手している。

今後も、越波危険度予測の精度向上を通じて、道路管理者の支援を行っていく所存である。

4. マリンレジャー業界における沿岸波浪情報の活用について

関田昌広 ((株)湘南 Dive.com)

筆者は日本で唯一のダイビング事業者かつ気象予報士であり、2017年2月、日本初となる、ダイビングに特化した気象情報を扱う予報業務許可(第203号)を取得した。

マリンレジャー業界でも沿岸波浪情報の活用例があり、サーフィンや釣りに適した波や気象の予報を民間の気象予報許可事業者が配信している。しかしダイビングでは活用例がなかった。

ダイビング上の良い条件とは、波浪がなく、海の中

が穏やかで澄んでいるということである。筆者が今回立ち上げた予報事業では、既存の気象データを活用し、湘南や伊豆など各地に点在するダイビングスポットごとに、水中の状態を天気予報のように予測、配信する。これを独自に‘水中気象予報’と言っているが、これには二つの意義がある。第一に、漂流などのダイビング事故防止に役立つ。第二に、各スポットの水中の状態についての情報を得ることで、ダイバーがその日の最適なスポットを選択し、よりレジャーとしてのダイビングを楽しめるようになる。

登山の世界では、山岳気象予報などを利用して個人レベルで計画を立て山登りすることが多いと聞かすが、これまで日本のダイビングは、「プロガイドが率いるツアーに参加し連れて行ってもらう」形が基本で、自力で計画を立て、ガイドなしで潜る形はあまり推奨されてこなかった。しかし、ツアー参加型のダイビングは費用が高くつき自由度も低いことから、業界の発展の足かせになっていると筆者は考えてきた。

そこで、今回、ダイビング用気象予報事業を立ち上げた。個人ダイバーが水中の状況に関する情報を得ることで、安全に、より低いコストで、ガイドなしに自由に潜って楽しめるようになる。これは、新しいマーケットの開拓やダイビング業界の発展につながると信じている。さらに、今後はメディアと連携しての啓発活動なども計画準備中である。

このように既存の気象データを活用し、サービス創出、マーケット開拓、業界発展へとつなげる試みは、他レジャー産業へも適用できることから、気象情報の利活用の一つのモデルとして提起した。

5. 日本気象予報士会波浪研究会の活動

船曳佳弘 (日本気象予報士会)

波浪研究会は日本気象予報士会の有志活動団体に属し、2001年より波浪に関する勉強と情報交換を続けている。年3～4回の開催でこれまでに37回開催し延べ560人の参加があった。各回15人前後の参加がありその内3～4人が初参加である。参加者はマリンスポーツなどを行っている人や、波浪に関心のある人である。

過去のテーマを見ると、外洋波浪図12%、SMB(低気圧)35%、SMB(台風)15%、観測17%、トピックス21%と実技を中心として活動してきた。最近ではSMB法によるある地点の波浪予想の技術取得に励んでいる。

毎回、初心者向けの講義があり、その後、実習を行

う。台風や冬の低気圧など種々の天気パターンでの予想を試みている。講義の内容は、1)波とは・波の発生、2)天気場の見方、3)風場の取り方、4)風速の推定と波浪・うねりの計算である。実習において初心者は講師から直接の指導を受ける。実習後の解説では、解答例に加え、スペクトル法による予想結果が示される。ここでは風浪とうねりの分離結果も示され理解が深まる。

SMB 図は風速、フェチ長、吹走時間、波高、周期等たくさんの因子が詰め込まれた計算図表であり慣れないと非常に読み取りにくい。そこでカラー化し図の読み取りを容易にした。現在では天気図のカラー化、アニメーションなどが済んでいるがこのカラー化は割と早めであった。参加者から波浪予想計算が難しいと

の意見があり、図から読み取った値を入力すると風速、波高、うねりなどを算出する「波浪電卓」を用意した。波浪計算は非線形な部分を含んでいるので Excel のマクロを用い表機能を生かし計算の過程を逐一表示させている。

年に1度は波浪観測実習の旅行を行い実技取得と懇親を図っている。講師は2人、事務局は5人である。会場手配や公募方法等の事務局活動の内容を報告した。

質疑応答では、研究会活性化の活動提案を頂いた。

注：SMB 法とは Sverdrup・Munk・Bretschneider によって開発された波浪推算法。風速と吹走時間、吹走距離及び波高の観測値を整理した式またはこれから導かれた計算図法を用いて推算する。