
特集「波浪・潮汐に係る海域特性の調査及び支援資料作成技術の向上」

対馬海峡における日本海北部からのうねり

長屋 保幸*・室谷 宏一**

要 旨

波浪に関する沿岸防災解説資料の改善を目的として、日本海北部から対馬海峡に到達するうねりに着目して波浪ガイダンスを修正するためのワークシートの試作を行った。また、2011年12月のうねりの事例に対してワークシートを使用した結果、ガイダンスを適切に修正することが可能であることが示された。

1. 調査の目的

気象庁本庁及び海洋気象台(2013年(平成25年)4月以降は本庁、管区気象台(東京を除く)及び沖縄気象台)では、2012年(平成24年)3月28日より地方予報中樞官署への沿岸防災解説業務として、1日2回(午前9時30分頃及び午後2時頃に)波浪に関する沿岸防災解説資料(以下、「解説資料」と記す)の提供を行っている。解説資料では、沿岸波浪モデルによる予測値(以下、「モデル」と記す)と実況の差や、沿岸波浪モデルの特性をもとに、具体的なモデルの修正量を記述している。

平成23年度海洋気象技術検討会では、前年度検討会(竹内ほか、2012)に引き続き、「波浪特性の調査及び波浪に関する支援資料の改善」をテーマとして調査を行った。うねりの波源域での波高がモデルで十分に予想されない場合には、伝播するうねりにもモデルの誤差が残り、モデルと実況の差が生じる主な要因となっている。一方で、地方予報区の圏外にある波源から時間をかけて到達するうねりは、広範囲の実況資料を過去に遡って評価する必要があり、手順を踏んだ解析と一定

の経験を要する。したがって、うねりを主因としたモデルの修正については、客観的な手順をワークシートなどの形で整備しておくことが肝要である。

長崎海洋気象台では、対馬海峡における日本海北部からのうねりに対する、モデルの修正を目的としたワークシートの試作を行い、更に検証も行った。

2. 調査期間と使用した資料

ワークシートを作成するための調査の対象期間を2010年11月～2011年10月、試作したワークシートの検証期間を2011年11月～12月とした。使用した資料は、沿岸波浪モデルデータ、波浪の客観解析データ、全球数値モデル(GSM)による海上風の予測データ、欧州宇宙機関の衛星MetOp-Aに搭載の改良型散乱計(Advanced Scatterometer)による海上風の観測データ、気象庁沿岸波浪計データ、港湾局波浪計データ、気象庁の漂流ブイ及び韓国の定置ブイの観測値である。

* 福江空港出張所(現 福江空港連絡事務所) ** 長崎海洋気象台(現 福岡管区気象台)

3. ワークシートの試作

3.1 事例の抽出方法と調査事例

ワークシートを作成するため、以下の2つの条件を同時に満たす事例の抽出を行った。

- (1) 日本海北部で対馬海峡に伝播する方向（北北東）に近い、北～北東風による波高3m以上の風浪が解析、又はモデルで予測されていること。
- (2) 対馬海峡にある観測地点（韓国ブイ、国際地点番号22104；港湾局沿岸波浪計、玄界灘）での波の周期の観測値が10秒以上であること。

抽出された15事例について、事例調査の手順（第1図）のように海域を分けて調査を行った結果、以下のことが分かった。

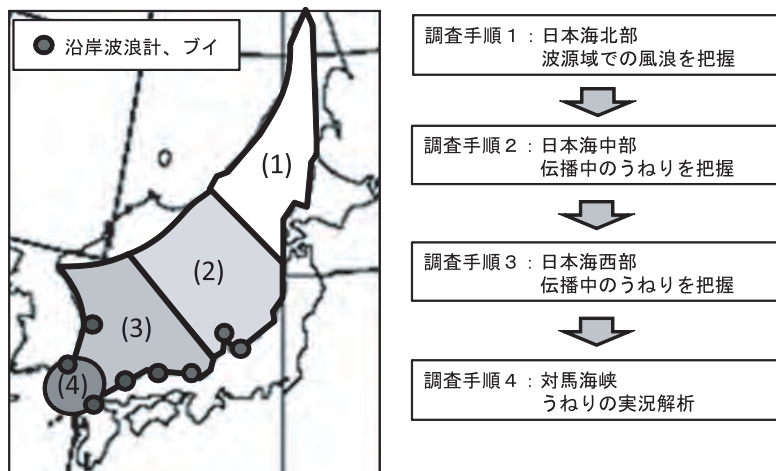
- (1) 日本海北部から対馬海峡へのうねりの伝播には36時間～48時間かかる。
- (2) 波源の波高が4m以上ある場合に1.5m以上のうねりが伝播してくる。
- (3) 波源域でのモデルと実況の差が大きいほど、また、波向きが対馬海峡を指向する向きに近いほど、対馬海峡でのうねりもモデルと実況の差が大きい。
- (4) モデルと実況の差は、波源域や伝播途中よりも対馬海峡において小さくなる。
- (5) うねりの伝播途中に波向きに対して横、又は逆向きの強風域がある場合、風が無い場合

に比べて対馬海峡でのモデルと実況の差が小さくなる傾向がある。

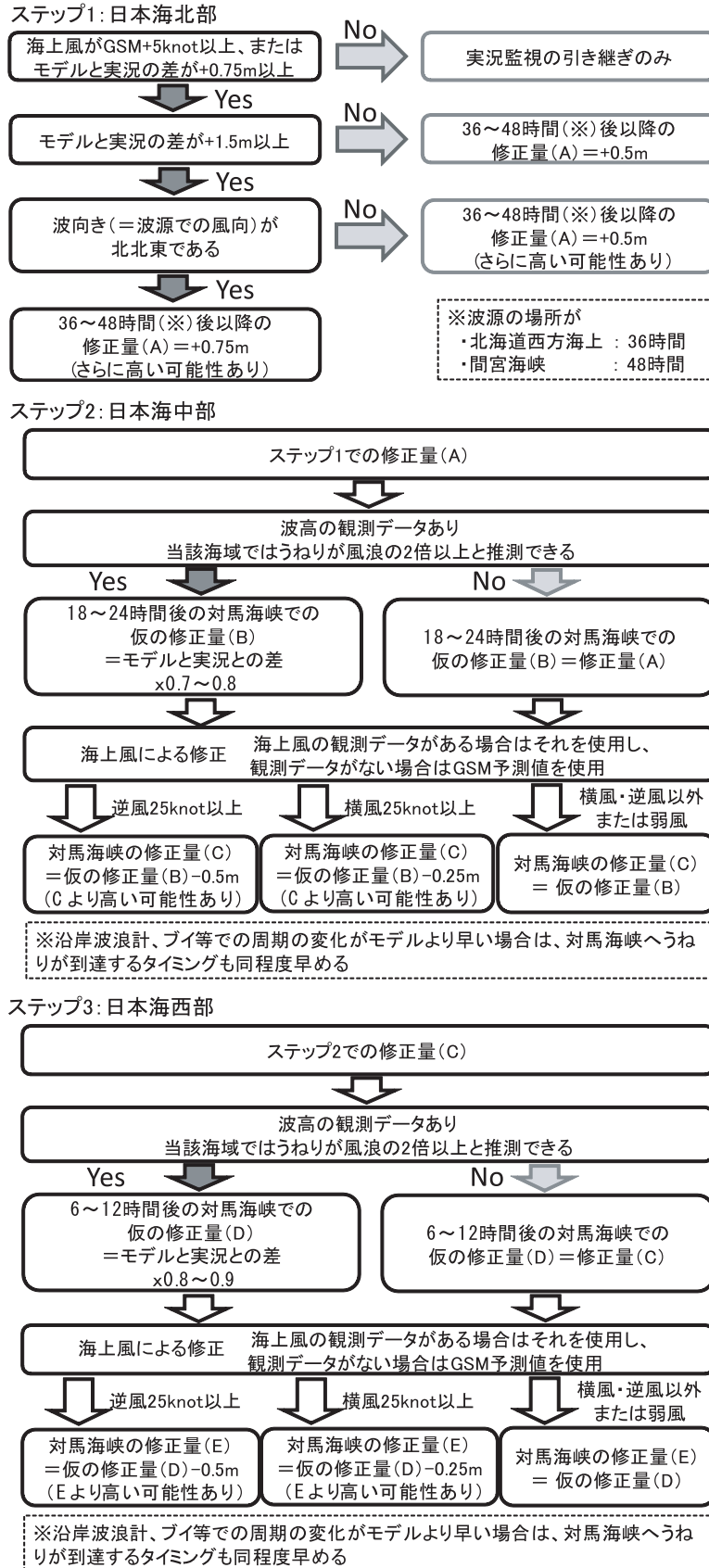
3.2 調査事例にもとづくワークシートの試作

第3.1節の結果をもとに試作したワークシートを第2図に示す。日本海北部・中部・西部の3つのステップそれぞれでうねりの推定や実況監視を行い、その内容にもとづいて対馬海峡におけるモデルの修正量を求める構成となっている。なお、このワークシートは波源での風向が北～北東かつ波源での波高が4m以上の場合を対象としている。

ステップ1では、うねりの波源付近の海上風と波高の実況から対馬海峡におけるモデルの修正量(A)を求める。まず、波源となる風浪の海域から、対馬海峡へうねりが到達するまでの時間を求める。日本海北部は南北に長く対馬海峡へうねりが到達するまでの時間も北側と南側では大きく異なる。事例調査から、波源が間宮海峡の場合は約48時間後、北海道西方海上の場合は約36時間後に対馬海峡へうねりが到達するとした。次に波源でのモデルと実況の差に着目する。波源付近での海上風がGSMより5knot以上強い、又はモデルと実況の差が0.75m以上のいずれの条件も満たさない場合、修正量(A)は求めず、実況監視を続ける（翌日の現業当番者へ引き継ぐ）こととする。いずれかの条件を満たす場合は、修正量(A)を



第1図 事例調査の対象となる海域及び手順
 海域を日本海北部、日本海中部、日本海西部、対馬海峡に分割して、うねりの伝播についてそれぞれ調査を行った。



第2図 日本海北部からのうねりに対して、モデルを修正するためのワークシート
ステップ1~3は、それぞれ第1図中の調査手順1~3に相当する。

+0.5m とする。更に波源でのモデルと実況の差が +1.5m 以上の場合、対馬海峡における予測誤差が +0.5m より大きくなる可能性がある。ここで波向き (=風向) にも着目する。もし風向が対馬海峡を指向する北北東であれば、対馬海峡での予測誤差は +1m 以上の可能性もある。ただし、予想対象が 36 ~ 48 時間後であり不確実性も大きいことから、この時点では修正量 (A) を +0.75m とし、予測誤差は更に大きくなる可能性があることをコメントする。一方、風向が対馬海峡を指向する向きよりずれている場合は、角度分散も考慮して修正量 (A) を +0.5m とし、予測誤差は更に大きくなる可能性があることをコメントする。

ステップ2 (日本海中部を対象)、ステップ3 (日本海西部を対象) では、以下のような着眼点にもとづいて判断や修正を行う。ここでは、対馬海峡における修正量 (C) を求めるステップ2 を例に説明する。まず、ステップ2 で対象とする海域で有効な実況が得られたかどうかを判断する必要がある。もし実況がない場合、対馬海峡での仮の修正量 (B) は前ステップでの修正量 (A) のままとする。また、実況の波高が得られた場合でも、その海域で風浪も発達している場合には、合成波高でのモデルと実況の差を単純にうねりの差として扱うことはできない。ここで、うねりの波高が風浪の波高の2倍以上とみなせない場合には、仮の修正量 (B) を前ステップでの修正量 (A) のままとする。逆にうねりの波高が風浪の波高の2倍以上とみなせる場合には、有効な実況が得られたと判断できる。この場合、モデルと実況の差を0.7~0.8倍した値を仮の修正量(B)とする。次に、うねりの伝播方向に対して横風や逆風が強い場合には、対馬海峡での予測誤差はそれ以外の場合よりも小さくなる傾向があるため、このステップで最終的に求める対馬海峡での修正量 (C) は仮の修正量 (B) よりもやや小さくする。ただし、仮の修正量 (B) 程度となる可能性もあることから、予測誤差はより大きくなる可能性について言及する。もし、そのような風の条件に当てはまらない場合には、仮の修正量 (B) を修正量 (C) とする。また、該当海域の沿岸波浪計やブイでの周期の変化にも着目し、もし観測地点での周期が長くなる

タイミングがモデルより早い場合は、対馬海峡へうねりが到達するタイミングも同程度早めに考える。

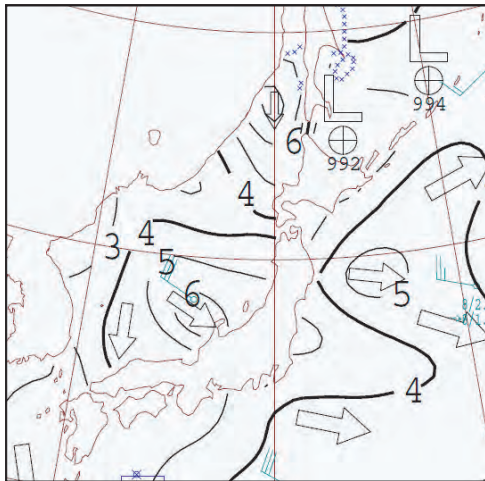
4. ワークシートの検証

日本海北部からのうねりの事例について、ワークシートを適用し検証を行った。検証期間である2011年11月~12月において、波源付近の気象・海面状況がワークシートの条件を満たす事例は6事例あったが、対馬海峡付近にうねりが到達する時期に風浪が発達したり、他の波源からのうねりが混在したりすることが多く、検証可能な事例は1事例のみであった。ここでは2011年12月25日~28日の日本海北部(間宮海峡)を波源とするうねりの修正について、当日入手可能であった資料をもとに作業をシミュレーションした事例を紹介する。

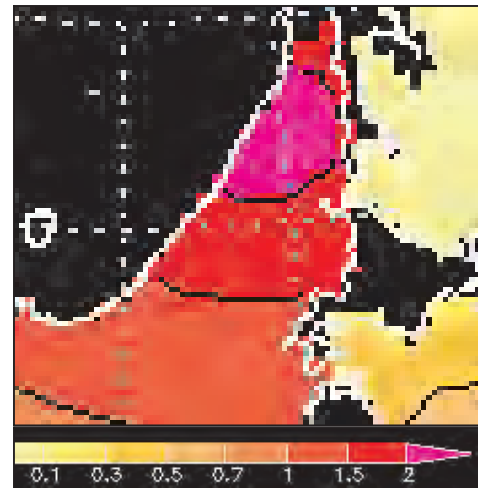
なお、この事例ではステップ3と対馬海峡にうねりが到達した時間との差が小さいため、ステップ3については省略している。

4.1 26日14時頃発表の解説資料作成時の判断(ステップ1)

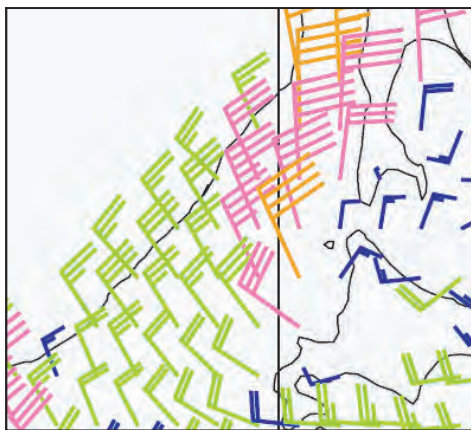
第3図に25日21時の外洋波浪図を示す。日本海北部はオホーツク海にある低気圧の西側にあたり、北風による風浪が発達し波高は7m台に達した。25日21時のGSMの海上風予測(第4図)と衛星観測による海上風(第5図)の実況に大きな差はみられない。しかし、26日3時の波浪客観解析図(第6図)では、日本海北部で波高がモデル+2mとなる海域もみられる。これはステップ1の最初の条件である「海上風がGSM+5knot以上又は波高がモデル+0.75m以上」及び次の条件である「波高がモデル+1.5m以上」をともに満たしている。一方、衛星観測による海上風(第5図)の実況から、「波向きが北北東である」という条件は満たしていない(直接、対馬海峡を指向する向きではない)。このため、修正量(A)を+0.5mとしたうえで、予測誤差が更に大きくなる可能性もあると判断する。また、波源が間宮海峡付近であることから、対馬海峡での修正対象期間を約48時間後と判断する。



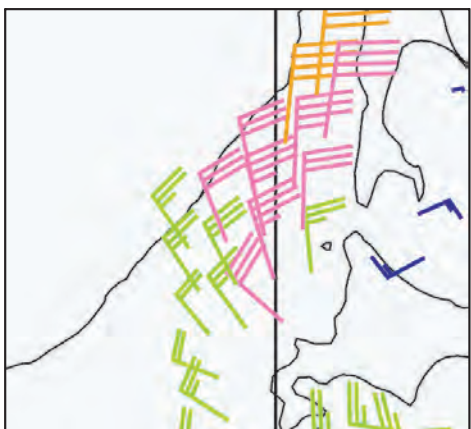
第3図 12月25日21時の外洋波浪図
等値線は波高を、白抜き矢印は波向きを表す。



第6図 12月26日3時の客観解析によるモデルと
実況の差 [m]



第4図 GSMが予測した海上風 [knot] (初期時刻：
12月25日12UTC, FT=00)

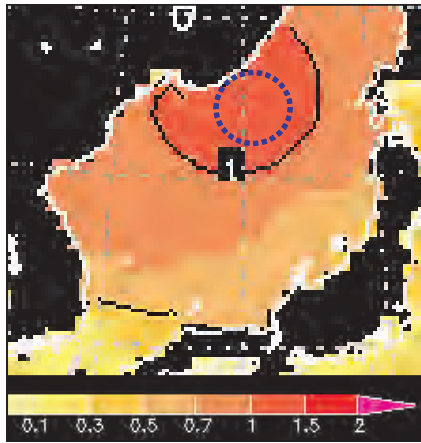


第5図 衛星観測による海上風 [knot] (12月25日
21時00分頃)

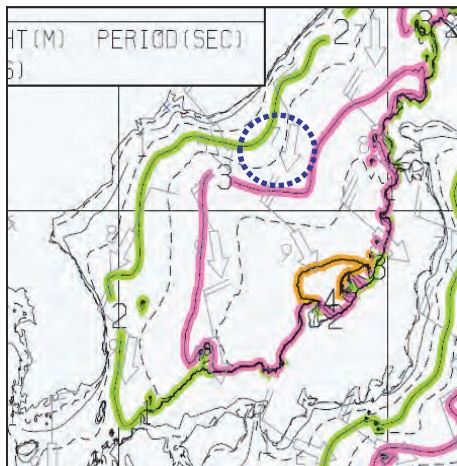
以上のことから、26日午後の解説資料では、27日夜の時間帯の修正量 (A) を +0.5 m とし、更にこの修正量より波高が高くなる可能性があることをコメントすることになる。

4.2 27日14時頃発表の解説資料作成時の判断 (ステップ2)

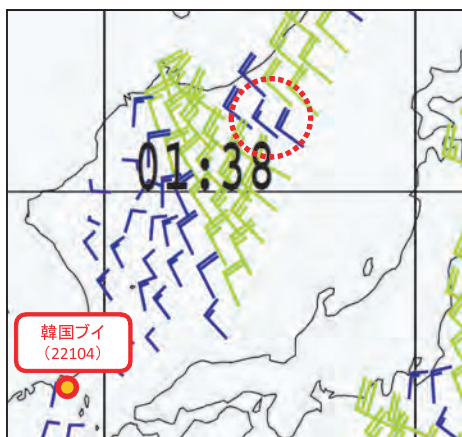
日本海中部では、波高の観測データが得られており、27日3時の波浪客観解析図 (第7図) によると、モデルと実況の差は +1 ~ +1.5m となっている。客観解析において、実況の波高が 3.5 ~ 4.0m と解析されたため、モデルの約 2.5m (第8図) との間に前述の差が生じたと推測される。この海域では27日10時40分頃の衛星観測による海上風 (第9図) の実況が北西の風 15 ~ 20knot となっており、吹走距離を約 90 海里と仮定して SMB 法 (Bretschneider, 1958) から風浪を推定すると約 1.5m と推測される。このときの合成波高が約 3.5 ~ 4.0m であることを考慮してうねりの波高を推測すると 3.0 ~ 3.5m となり、風浪の波高の2倍以上であると推測される。このため、「波高の観測データがありうねりが風浪の2倍以上」という条件を満たすことから、仮の修正量 (B) は +1m (= 「モデルと実況の差 +1 ~ +1.5m」 × 0.7 ~ 0.8) となる。波高のデータが得られた海域の南では、風向が北西 (うねりの波向きに対して横風) かつ



第7図 12月27日3時の客観解析によるモデルと実況の差 [m]
実況監視の対象とした海域を青点線で囲んで示す。



第8図 12月27日3時の沿岸波浪モデル予想図
等値線は波高を、白抜き矢印は波向きを、矢羽根は海上風を表す。実況監視の対象とした海域を青点線で囲んで示す。



第9図 衛星観測による海上風 [knot] (12月27日10時40分頃)
実況監視の対象とした海域を赤点線で囲んで示す。

風速が 25knot 以上となっていることから、「横風 25knot 以上」の条件が適用される。このため、このステップで最終的に求められる修正量 (C) は仮の修正量 (B) より 0.25m 低い +0.75m となる。

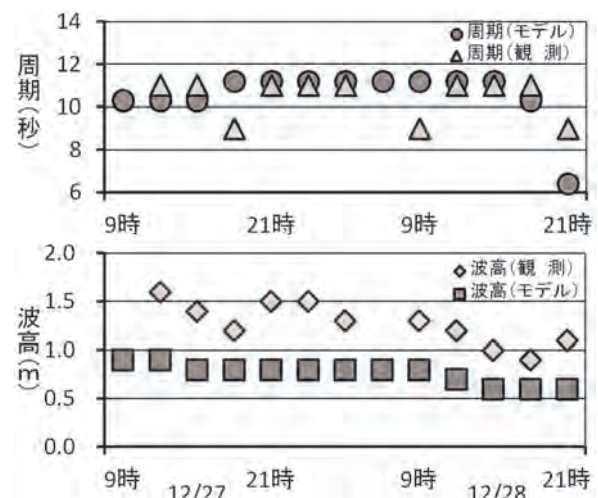
以上のことから、27日午後の解説資料では27日夜の修正量を +0.75m とし、更にこの修正量よりも高くなる可能性についてもコメントを付加する。

4.3 28日9時30分発表の解説資料作成時の判断

対馬海峡における実際のうねりの状況は、韓国ブイ (国際地点番号, 22104; 位置は第9図を参照) における実況とモデルの波高 (第10図) から以下のように推測できる。

27日日中は風浪がモデルより高めで経過していたが、差は縮小傾向にあった。うねりが到達しはじめる夜には、再び差が大きくなりはじめ、修正の対象とした27日夜から翌日28日未明をピークに +0.75m となった。周期については9~11秒の状態が続き、おおむねモデルと同程度であった。その後、28日日中はうねりが弱まるにつれ、モデルと実況の差は小さくなった。

以上のことから、26日、27日の資料から判断した修正量はおおむね妥当であり、ワークシート



第10図 韓国ブイ (国際地点番号: 22104) における実況とモデルの波高 [m] 及び周期 [秒]
ブイの位置については第9図を参照。

を使用することで、早い段階から適切な修正が可能であったと考えられる。

5. まとめ

今回の調査では日本海北部で発生した風浪を波源として対馬海峡へ伝播するうねりについての事例調査を行い、その結果をもとにモデルを修正するためのワークシートを試作した。

このワークシートを使用して、過去の事例を対象にシミュレーションしたところ、翌日以降のうねりについてガイダンスを適切に修正することが可能であることが確認された。なお、検証期間が短くシミュレーションが1事例にとどまったため、今後更に検証事例を増やしてワークシートの有用性を確認する必要がある。

また、ほかの海域に対しても同様のワークシートを作成することにより、解説資料のさらなる改善を目指す予定である。

謝 辞

港湾局沿岸波浪計の観測データとして、国土交通省港湾局によって観測され、港湾空港技術研究所で処理されたデータを使用させていただきました。また、海洋気象情報室波浪班には調査に必要な各種データの提供や、適切な助言等をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 竹内仁・高野洋雄・山根彩子・松枝聡子・板倉太子・宇都宮忠吉・金子秀毅・長屋保幸 (2012) : 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. 測候時報, 79, 特別号, S25-S58.
- Bretschneider, C.L. (1958) : Revision in wave forecasting; deep water and shallow water. Proc. 6th Conf. on Coastal Eng., 30-67.