

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」

南岸低気圧通過時における波高の量的補正について

千々松 聡*

要 旨

沿岸防災解説業務の開始に伴い、作成される解説資料が波浪警報・注意報、波浪予報のよりの確な運用に資するものとするためには、波浪ガイダンスに対する修正量の精度を高めることが求められる。

その一つの取組みとして、南岸低気圧の通過時における西日本での波高の予測誤差と、関東海域での予測誤差の関係を調べたところ、両者には相関関係があり、西日本での予測誤差を用いて、関東海域での予測波高を適切に補正できることが分かった。

1. はじめに

近年、高潮や高波による災害が顕在化していることで沿岸防災情報の重要性があらためて認識されるようになり、気象庁本庁・海洋気象台から全国及び地方予報中枢官署に対する沿岸防災解説業務が2012年3月から開始された。この沿岸防災解説業務では、竹内ほか(2012)で述べられているように、波浪・潮位の実況の解説、ガイダンスと実況のずれの解説、ガイダンスの修正の考え方を記述した解説資料が作成されている。この解説資料を波浪警報・注意報、波浪予報のよりの確な運用に資するものとするためには、波浪ガイダンスの量的修正の精度を高めていくことが求められる。また、海洋気象情報室が解説を担当する海域(関東海域)では他の海域と比べて観測点が少ないことから、関東海域と他海域の関係を調査することによって、より適切に実況を把握できるようになると考えられる。

日本を横断する、あるいは日本南海上に沿って東進する温帯低気圧(ここでは、日本を横断する

ものについても南岸低気圧とする)は春先や梅雨の時期によくみられ、波浪による災害をもたらすことがある。近年では2008年6月に犬吠埼沖で漁船の転覆事故が発生している。南岸低気圧は、場の傾向がある程度継続して東進するために沿岸波浪モデル(以下CWM)の予測傾向が変わらず、西日本での実況値とCWM予測値の差(以下「予測誤差」と記す)が関東海域まで維持されると考えられるが、今まで調査が行われてこなかったため支援資料の波浪ガイダンス修正にその情報が活用されることがあまりなかった。

そこで南岸低気圧が東進するケースにおいて、西日本での予測誤差を用いて、関東海域での波高予測を量的に補正できるか検証した。なお今回は、南岸低気圧からの波が顕著に現れる事例を抽出するため、日本沿岸において南～南西からの波が卓越する事例で検証を行っている。

2. 西日本と関東海域での予測誤差の関係

南岸低気圧が東進するケースにおいて、西日

* 地球環境・海洋部海洋気象情報室

本での予測誤差が関東海域まで維持されるとすると、西日本での予測誤差と東日本での予測誤差に正の相関があると考えられる。ここではそのことについて確かめ、補正式の導出を試みる。

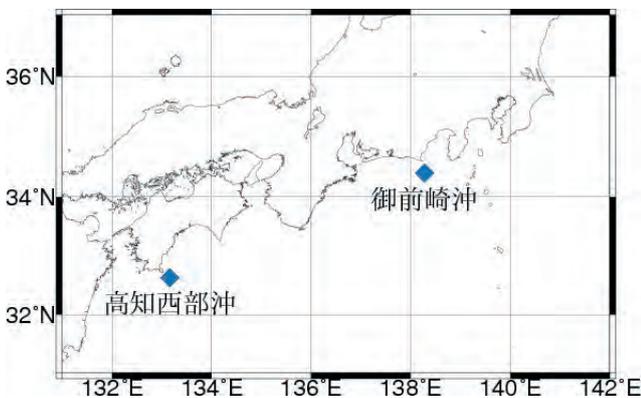
2.1 調査手法と使用したデータ

波高の実況値としては、港湾局波浪計データ(ナウファス：全国港湾海洋波浪情報網をつうじて取得したデータのこと)を用いた。港湾局波浪計にはGPSを用いて波浪観測を行うブイ式のGPS波浪計と、超音波を用いて波浪観測を行う海底設置型の超音波式波浪計の2種類があり、20分ごと、あるいは2時間ごとに観測が行われている。

西日本における予測誤差の代表値については高知西部沖GPS波浪計(以下「高知西部沖」と記す)での実況値とCWMにおける近傍格子点値との波高差を用いた。関東海域については、南～南西方向の波向きを取るよい観測地点がないため、関東海域のすぐ西に位置する静岡御前崎沖GPS波浪計(以下「御前崎沖」と記す)での予測誤差を代表値とした(2地点の位置については第1図参照)。いずれの観測も20分ごとの実況値がある。

以下の手順で調査を行った。

- ① 両地点の実況値が利用できる2009年1月～2011年6月の期間に南岸低気圧が東進する事例の中で、高知西部沖、御前崎沖の両地点でのCWM予測値の波向き(北を0°とし、時計回りに方位を測る)が170～230°の間にあるものを選択(19事例)。
- ② 高知西部沖の波向きが上記の値になる直前



第1図 御前崎沖と高知西部沖の位置関係

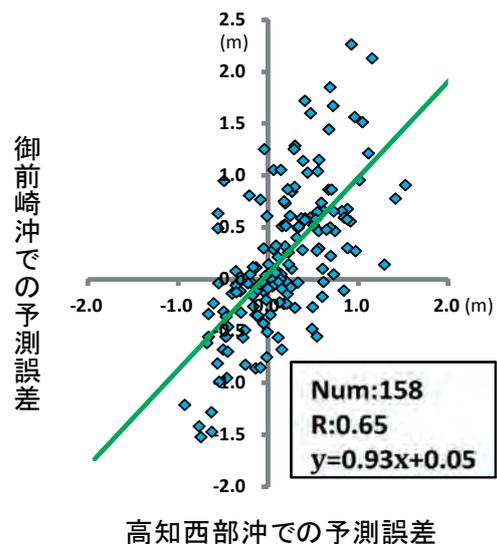
のイニシャルのCWMを使用。CWM予測値が3時間ごとのため、GPS波浪計の実況値はCWM予測値が存在する時刻と前後20分の値との計三つの平均値を用いる。

- ③ 低気圧の速度は事例ごとに異なるため、CWM予測波高のピークや大気モデル(GSM)の気圧を考慮して、低気圧が高知西部沖から何時間後に御前崎沖に達するかを見積もる。
- ④ 波高の推移におけるピークのタイミングがCWM予測値と実況値で異なる場合(GSMと実際に低気圧の速度が異なる場合)は実況のピークがCWMのピークに合うように時間をずらし、CWM予測値と実況値を対応させる。
- ⑤ 対応させたデータのうち、波向きがともに所定の範囲に入っている間の予測値と実況値の差を抽出(標本数:158)。

2.2 結果と考察

前述の手法で作成したデータで高知西部沖と御前崎沖の散布図を作り、回帰分析を行った結果を第2図に示す。

第2図より、高知西部沖と御前崎沖の予測誤差の間には、ある程度の正の相関があるといえ、得



第2図 高知西部沖と御前崎沖における予測誤差の相関図

Numは標本数を、Rは相関係数を、式は補正式を、直線は線形回帰によって求められた回帰直線を表す。

られた回帰式を補正式とすれば、高知西部沖での予測誤差で、御前崎沖での予測誤差を推定できる可能性があることが分かる。

3. 御前崎沖の代表性の確認

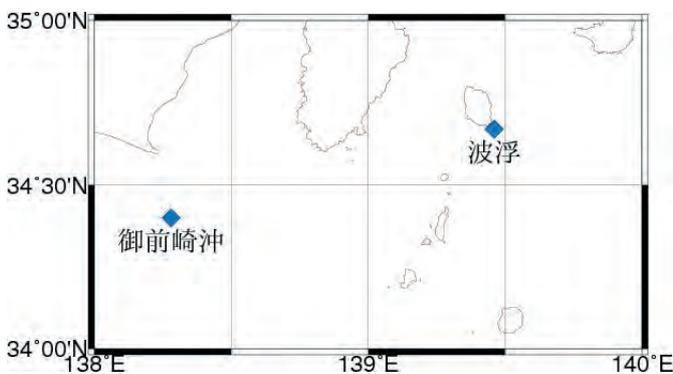
第2章では、関東海域に適切な観測地点がなかったため、近傍の御前崎沖の予測誤差を用いて補正式を算出した。しかし、御前崎沖が関東海域を代表するかどうかは不明である。このため、御前崎沖の観測を用いて算出した補正式が関東海域でも適用できるかどうか調査する必要がある。

2009年までは、伊豆大島の南東端に位置する波浮（第3図）に超音波式波浪計があり、南～南西方向からの波向の波高もある程度観測することができた。しかし、現在は観測が行われていないことから四国西部沖と重複している観測期間が短く、予測誤差との相関関係を調査するのに十分な統計が取れないため、補正式の算出に用いなかった。

ここでは、南岸低気圧が通過する時の御前崎沖と波浮の実況値に正の相関があるか調査し、御前崎沖を関東海域の代表点としたことの妥当性を確認した。

3.1 調査手法と使用したデータ

- ① 第2章の検証で選んだ事例の中から両方の波浪計が観測を行っていた2009年のものを抽出（6事例）。
- ② 第2章で用いたと同じ時間帯について、2時間ごとの値を用いて比較した。なお、御前崎



第3図 御前崎沖と波浮の位置関係

沖と波浮は、御前崎沖と高知西部沖間に比べて近傍にあるため、この検証では南岸低気圧の移動時間を考慮せず、同じ時刻同士で実況値間の相関係数を求めた（標本数：66）。

3.2 結果と考察

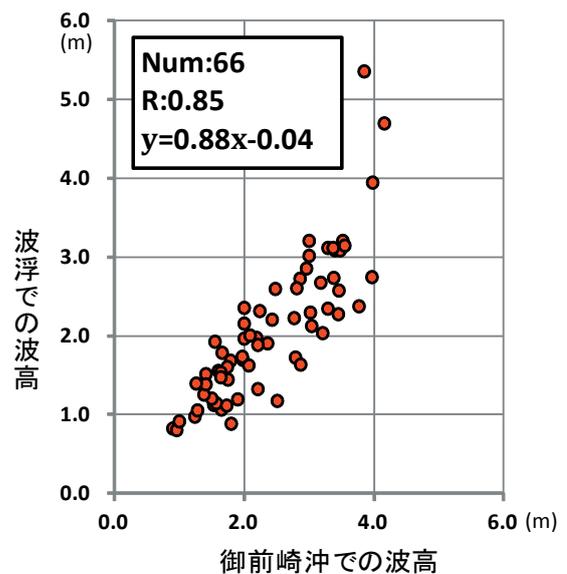
回帰分析の結果を第4図に示す。

傾きが0.88なので、波浮には御前崎沖に比べて波がやや入りにくいですが、相関は高く（相関係数0.85）、御前崎沖の波高実況値は関東海域の波高実況値とよく対応していることがわかる。これは、第2章において御前崎沖を用いて導いた補正式が、関東海域に適用できる可能性があることを示している。

4. 波浪ガイダンス修正への適用可能性

第2章で、南岸低気圧が東進する場において、西日本での予測誤差から関東海域での予測誤差を推定する補正式を算出した。算出には関東海域ではない御前崎沖の観測を用いたが、第3章で御前崎沖の観測が関東海域の観測とよく対応していることを示した。ここでは、求めた補正式によってガイダンスの予測誤差を改善できるか、再解析ファイルの波高GPVを用いて検証した。

再解析ファイルとは、リアルタイム解析には間



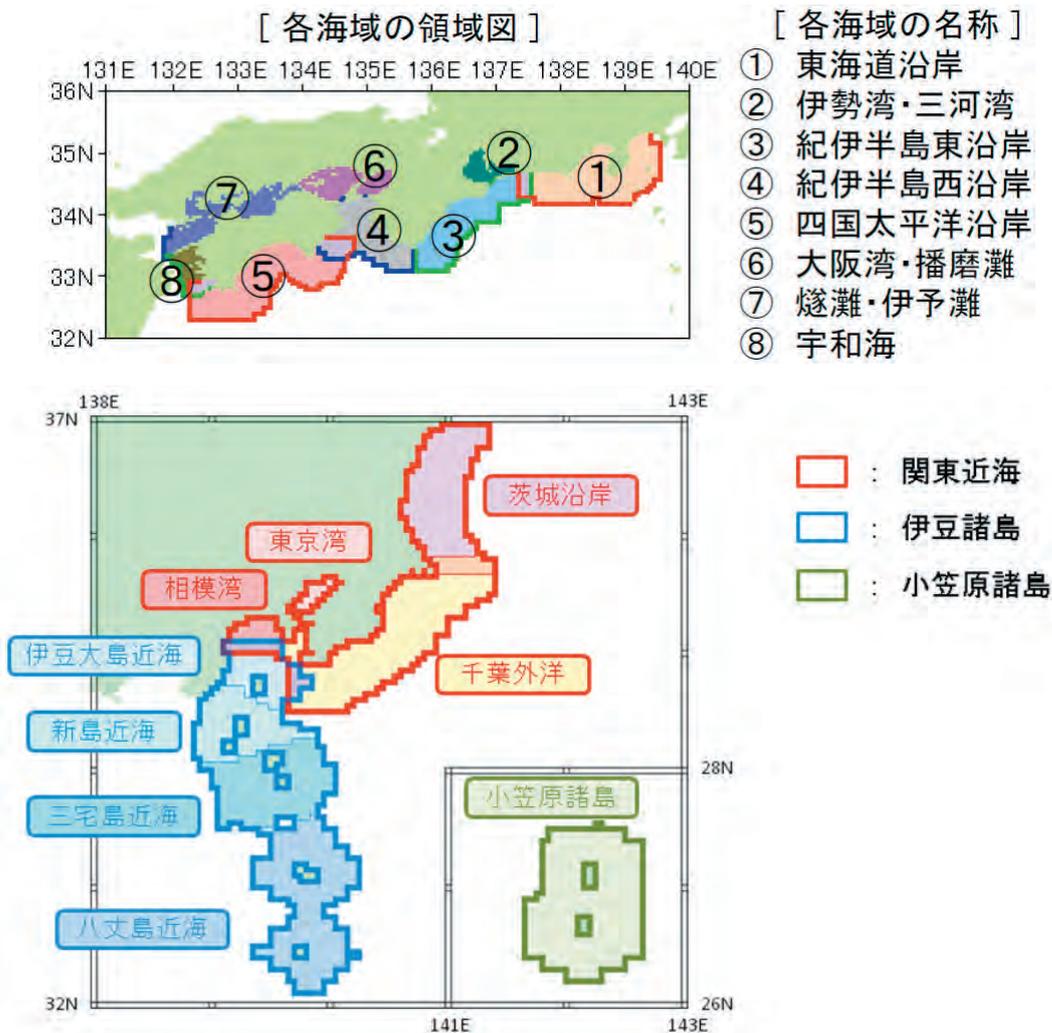
第4図 御前崎沖と波浮における実況波高値の相関図
Numは標本数を、Rは相関係数を、式は近似式を表す。

に合わなかった観測データも利用し、連続性を考慮して解析をやり直した確定版主観解析値ファイルのことである。この検証では再解析ファイルの値を最も信頼できるものとする。

この再解析ファイルの四国太平洋沿岸での波高 GPV 最大値から波高ガイダンス の値（以下「ナミダンス」と記す）を引いた値（予測誤差）と、千葉外洋・伊豆諸島での予測誤差に正の相関があるかを調査した。そして、第 2 章で求めた補正式に四国太平洋沿岸の予測誤差を代入して補正値を求め、ナミダンスを補正した場合と、補正しなかった場合の 2 乗平均平方根誤差（RMSE）を千葉外洋・伊豆諸島それぞれについて比較した（各海域の位置は第 5 図参照）。

4.1 調査手法と使用したデータ

- ① 2009 年 1 月～2011 年 6 月の期間の中から南岸低気圧が東進する事例を選択（27 事例）。この検証では事例数を増やすこと、もっと広い範囲でも適用できることを確かめるために、CWM の波向きが南～南西の事例に加え、CWM の波向きに関わらず、確定波浪図で南～南西からの波向きが卓越しているものも検証対象に含めた。
- ② 低気圧が通過している時間帯に最も近い時刻の四国太平洋沿岸での予測誤差と、その 12 時間後の千葉外洋・伊豆諸島での予測誤差の相関係数をそれぞれ求め（標本数：27）、差の階級別にプロットした。
- ③ 四国太平洋沿岸の予測誤差を第 2 章で求め



第 5 図 神戸海洋気象台担当海域（上）と関東海域（下）の海域区分マップ

た補正式に代入し、得られた値で補正した予測値の RMSE と補正しなかった予測値（つまりナミダンスの値）の RMSE を、千葉外洋・伊豆諸島それぞれ比較した。

4.2 結果と考察

四国太平洋沿岸の予測誤差と千葉外洋・伊豆諸島の予測誤差を階級別にプロットしたところ、第 1 表、第 2 表のようになった。千葉外洋、伊豆諸島ともに四国太平洋沿岸の予測誤差とある程度対応しており、第 2 章で求めた補正式と似たような

分布になっている。

また、千葉外洋・伊豆諸島の相関係数・RMSE を求めたところ第 6 図、第 7 図のようになった。どの海域も RMSE の値が改善されており、補正式が有用であることがわかる。

伊豆諸島を詳細にみると、新島・三宅島近海で相関係数が大きく、RMSE も大きく改善された一方で、伊豆大島近海では RMSE は改善されているものの、相関係数があまり大きくなく、補正の有無に関わらず RMSE の値が大きい（第 7 図）。これは、伊豆大島近海は伊豆諸島の東側に位置す

第 1 表 四国太平洋沿岸と千葉外洋における予測誤差の比較

		四国太平洋沿岸							
		並~-0.5m	モデル並	並~+0.5m	+0.5m	+0.5~+1m	+1m	+1~+1.5m	計
千葉外洋	+2m	0	0	0	0	0	0	1	1
	+1.5~+2m	0	0	0	0	0	1	0	1
	+1.5m	0	0	0	0	0	1	0	1
	+1~+1.5m	0	1	0	0	0	0	0	1
	+1m	0	0	1	0	1	1	1	4
	+0.5~+1m	0	1	1	1	2	0	0	5
	+0.5m	0	0	2	1	1	0	1	5
	並~+0.5m	0	3	0	0	1	0	0	4
	モデル並	0	0	3	0	0	0	0	3
	並~-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0.5m	0	0	1	0	0	0	0	1
	-0.5~-1m	1	0	0	0	0	0	0	1
	計	1	5	8	2	5	3	3	27

第 2 表 四国太平洋沿岸と伊豆諸島における予測誤差の比較

		四国太平洋沿岸							
		並~-0.5m	モデル並	並~+0.5m	+0.5m	+0.5~+1m	+1m	+1~+1.5m	計
伊豆諸島	+2m	0	0	0	0	1	0	0	1
	+1.5~+2m	0	0	0	0	0	0	0	0
	+1.5m	0	0	0	0	0	0	2	2
	+1~+1.5m	0	0	0	0	0	1	0	1
	+1m	0	0	0	0	0	2	0	2
	+0.5~+1m	0	0	0	0	1	0	0	1
	+0.5m	0	1	1	2	2	0	0	6
	並~+0.5m	0	1	3	0	0	0	0	4
	モデル並	1	1	2	0	1	0	0	5
	並~-0.5m	0	2	1	0	0	0	0	3
	-0.5m	0	0	1	0	0	0	1	2
	-0.5~-1m	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	1	5	8	2	5	3	3	27

るため、南～南西からの波向きの系では波が遮蔽の影響を受けていることが要因と考えられる（気象庁（1982））。新島・三宅島近海と比べて千葉外洋の相関が比較的低い（第6図・第7図）要因も同様のことが考えられる。一方、八丈島近海で相関係数が比較的小さく、RMSEの改善が小さいのは、八丈島まで南に位置すると四国太平洋沿岸との関連性が薄くなってしまいうためと考えられる。

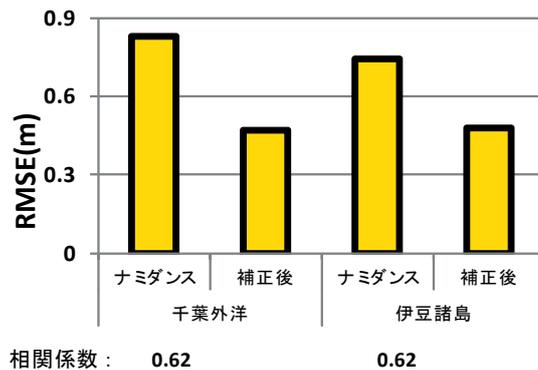
5. まとめ

南岸低気圧が東進するケースにおいて、南～南西の波向きが卓越しているときに、西日本での予測誤差と、関東海域での予測誤差には正の相関があり、その関係から関東海域の波高ガイダンスの補正量を求める式が算出できた（第2・3章）。ま

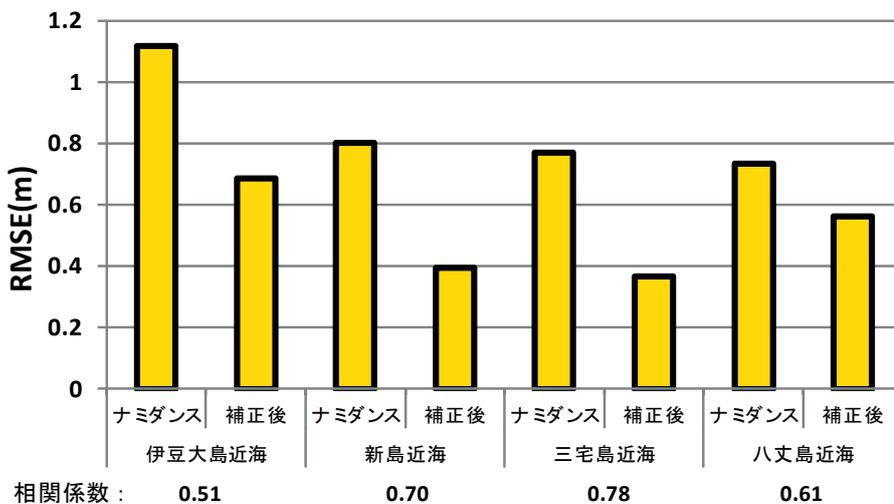
た、ここで求められた補正式を利用して、関東海域での波高ガイダンス補正量を見積り、予測値を補正すると、予測誤差が改善されることが示された（第4章）。

今回の調査では、卓越する波向きが南～南西の事例に限定した。また、温帯低気圧が通る経路も日本を横断する、あるいは日本の南海上に沿って東進するものだけを抽出して行った。そのため南東からの波向きが卓越した事例や、南～南西の波向きが卓越していても、日本海を通る事例、日本の南の沖を通る事例で同様の補正ができるかは分からない。また、温帯低気圧化した台風のような事例も含めていない。今後それらの事例についても検討したい。

また、今回はうねりと風浪を区別せずに補正



第6図 千葉外洋・伊豆諸島における波浪ガイダンス（ナミダンス）と補正後の予測値のRMSEと、四国太平洋沿岸の予測誤差と千葉外洋・伊豆諸島の予測誤差の相関係数



第7図 伊豆諸島の詳細域における波浪ガイダンス（ナミダンス）と補正後の予測値のRMSEと、四国太平洋沿岸の予測誤差と伊豆諸島の詳細域の予測誤差の相関係数

式を算出したが、周期の実況値、あるいは周期の CWM 予測値も使うことで、風浪とうねりを分けた量的補正が可能となるかもしれない。

執筆時現在、この検証結果を実際の沿岸防災解説業務にも用いている。今後、波浪モデルにデータ同化システムが導入され（詳しくは Kohno *et al.* (2011)；吉田ほか (2012) を参照）、初期値に衛星、ブイ、船舶の実況値や、前イニシャルの影響が反映される予定である。このため、導入後にも、今回の補正式が適用できるかどうかは新たに検証する必要がある。しかし、気圧系の移動によって、2つ以上の地点での実況値と CWM 予測値との差の相関関係から予測誤差の補正量を算出する手法や、再解析ファイルを用いた量的見積もりの確かさを調べる手法は、今後の調査でも用いることができると考えられる。量的修正の精度を上げていくためには、今回のような統計的な手法を用いた調査をつうじて、更に知見を増やしていくことが重要であろう。

参 考 文 献

- 気象庁・海洋気象部 (1982)：沿岸波浪予報技術調査報告 第4号, 82-83.
- Kohno, N., D. Miura and K. Yoshita (2011) : The development of JMA wave data assimilation system. submitted to the 12th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting.
- 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の特性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.
- 吉田久美・三浦大輔・高野洋雄 (2012)：沿岸波浪モデルの統計的検証と改善について. 測候時報, 79, 特別号, S73-S82.