

海上風観測値と気象庁GPVを用いた有明海における波浪推算精度向上の検討

STUDY FOR IMPROVEMENT OF ACCURACY OF WAVE HINDCAST BY USING GPV AND OBSERVED WIND DATA IN ARIAKE SEA

仲井圭二¹・鈴木勝之²・吉野真史³・大石剛史⁴

Keiji NAKAI, Katsuyuki SUZUYAMA, Masafumi YOSHINO and Takefumi OISHI

¹正会員 理修 (財) 漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

²非会員 工修 (財) 漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

³正会員 (財) 漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

⁴非会員 工修 長崎県県北振興局田平土木事務所 (元長崎県水産部漁港漁場整備課)
(〒859-4825 長崎県平戸市田平町山内免808)

It is important to estimate offshore winds with high accuracy in hindcasting ocean waves. In the open ocean areas, offshore winds have been estimated by using gradient wind which can be calculated with the sea surface pressure distribution. But in the inland sea areas, the offshore winds are more complicated, because they are affected by surrounding land topography. This study reveals that accuracy of offshore wind estimation and wave hindcast in inland seas such as Ariake Sea can be improved by using GPV(Grid Point Value) data presented by Japan Meteorological Agency and observed wind data.

Key Words : Wave hindcast, offshore wind, WAM, Grid Point Value

1. はじめに

波浪推算を行う場合、海上風を精度良く推算することが重要である。外洋を対象にした設計波算定のための波浪推算では、天気図から得られる海面気圧分布から傾度風を求め、それから海上風を推定することが多かった(以後、従来風)。しかし、周囲を陸に囲まれた内湾海域で吹く風は、周辺の陸地の影響を強く受けているため、外洋の海上風よりも複雑である。本研究では、有明海を対象として、気象庁が提供する微地形の効果を考慮したGPV(メソスケールモデル)を用いることによって、従来の推算風を補正して風の平面分布を改善した。しかし、気象モデルの性質上系統的誤差が生ずるため、観測された海上風を用いて二段階の補正を行い、それによって精度の高い波浪推算を行うことを試みた。

2. 気象庁のGPV風

気象庁が提供するGPV(Grid Point Value: 気象数値予報格子点値)には様々なものがあるが、本研究では、MSM(メソ客観解析データ)と呼ばれるものをを用いた。このデータは、図-1に示す領域で作成されており、格子間隔は10km、時間間隔は6時間、

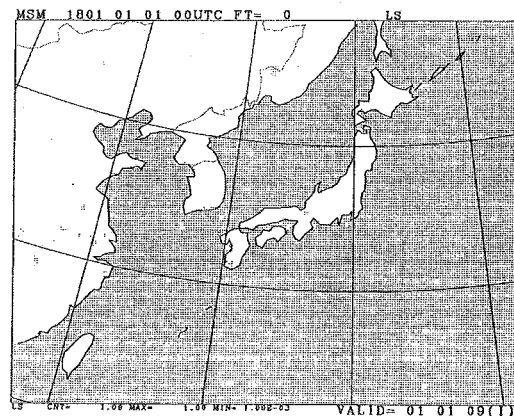


図-1 GPV(メソ客観解析データ)の対象領域

対象期間は2001年3月以後である。

GPVは、上空から下層までを対象として気象モデルによって計算して得られた客観解析データであり、様々な場所で取得された気象観測データや、陸地の影響(標高)も考慮されている。従って、GPV風は、有明海のような内湾域において波浪推算を行う場合の外力条件として有用な入力データであると言える。しかし、本研究では、GPV風を直接用いるのではなく、GPV風の情報を取り入れて従来風を再解析することで、有明海領域で推算された従来風の風速・風向を空間的に補正することを検討した。こ

のような検討を行ったのは、前述のように、現在入手できるGPV風が2001年以後というごく最近のデータのみであることから、設計波条件の算定を目的として1950年代からの長期間の波浪推算を実施するような場合の外力条件として用いることができないためである。

3. GPV 風と従来風との関係

有明海内に設定した波浪推算（従来風推算）の領域と格子を図-2 に示す。この領域は波浪推算の最小領域である。波浪推算についての詳細は後述する。この領域内にある GPV の格子点をいくつか示す。

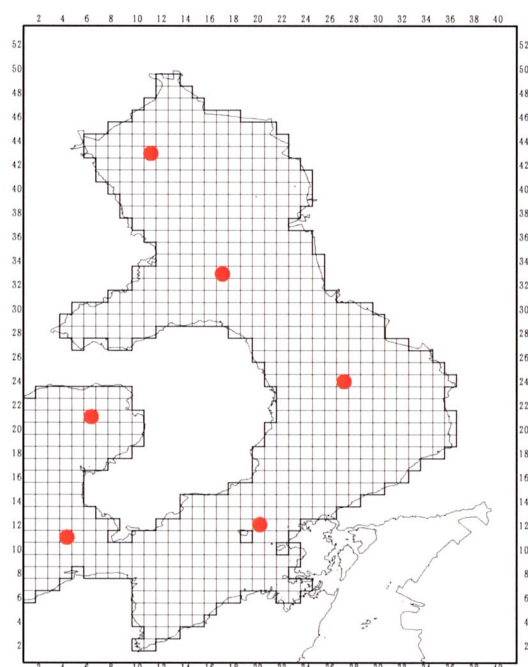


図-2 有明海の波浪推算領域と GPV の格子点
格子間隔は $1/64^\circ$ （緯度方向に約 1.7km）
●印が GPV の格子点

図中に●で示す地点における GPV 風速と従来風速の関係の例（2001 年以後の複数の擾乱時の 6 時間間隔の風速）を図-3 に示す。従来風速が 15m/s 付近を境に、分布傾向が異なっている。

同じ地点における従来風向と GPV 風向との比較例を図-4 に示す。ここでは、強風時（従来風速 15m/s 以上）と弱風時（同 15m/s 未満）に分けて解析を行った。両者には若干の差が見られるが、いずれも平均的には 1~2 方位程度の風向差である。ここで風向は、 360° を 32 分割して時計回りに表現し（E の場合 8, S が 16）、従来風向から GPV 風向を引いたものを風向差としている。

この解析結果から、GPV の格子点とほぼ一致する従来風の格子点においては、従来風を以下のように補正することにした。それ以外の格子点における従来風については、補正係数を空間内挿して用いた

（空間内挿の方法については、4. 参照）。

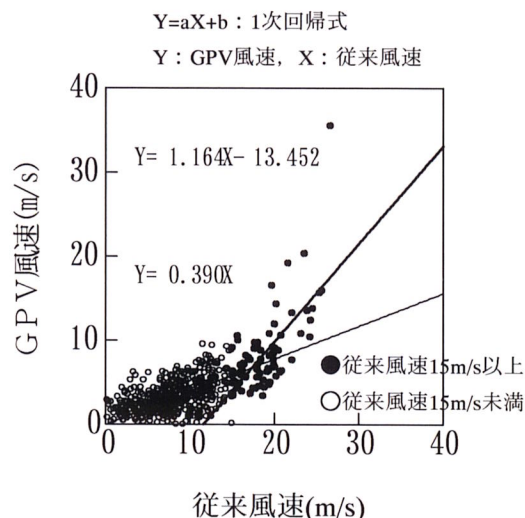


図-3 従来風速と GPV 風速との関係
（格子番号 6, 21 の地点）

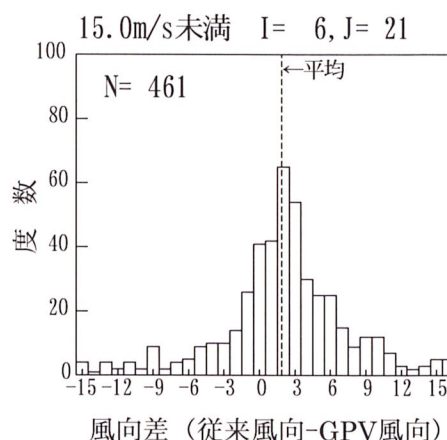
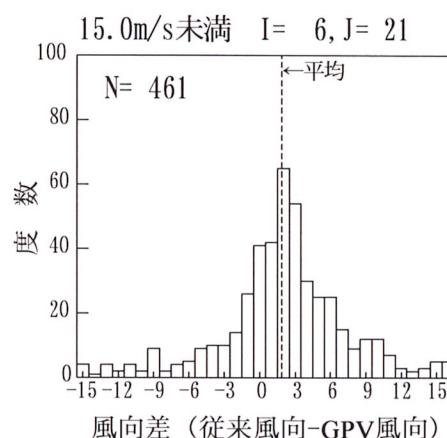


図-4 従来風向と GPV 風向との差の出現頻度
（風向は 360° を 32 方位で表現，N はデータ数）

風速

●従来風速 15m/s 未満の場合の回帰直線と、風速 15m/s 以上の場合の回帰直線の 2 種類を用いて作成した補正式をそれぞれ設定する。図-3 の例で

は以下ようになる.

15m/s未満: GPV風速 = $0.390 \times$ 従来風速
 15m/s以上: GPV風速 = $1.164 \times$ 従来風速 - 13.452
 (単位: m/s)

- 補正式を従来風速15m/sを閾値として単純に切り替えると, 風速15m/s前後で補正風速の大小が逆転したり不連続になったりする場合もある. 従って本研究では, 双方の補正式で求めた風速の大きい方を補正風速として採用する.

風向

- 従来風速15m/s未満と15m/s以上それぞれについて風向差の平均値を求め, 補正角とする.
- ただし, 以下の点に注意を要する. 本研究では有明海領域の全計算格子において平面的に従来風の補正を行う. この時, 隣り合う格子の従来風速が15m/s前後で分布していた場合, それぞれの格子において補正角が異なり, 補正後の平面的な風向が不連続になる. そこで, 風速 $15\text{m/s} \times 0.9 \sim 15\text{m/s} \times 1.1$ の範囲で補正角を線形的に変化させることで, このような問題が起こらないようにした.

4. 観測風による検証

3. で補正を行った風 (以後, 風 1) を観測値により検証した. 有明海周辺の風と波の観測地点を図-5 及び表-1 に示す.

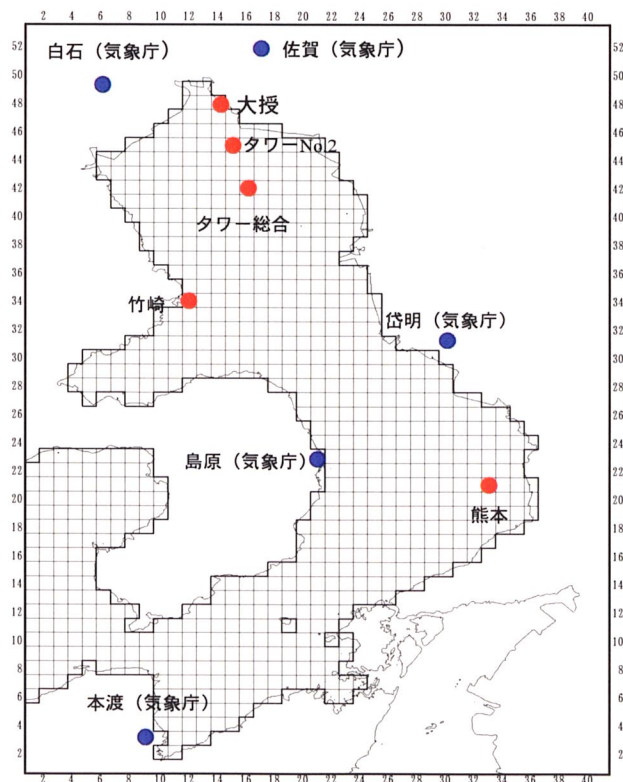


図-5 有明海周辺の風と波の観測点

気象庁の気象観測所以外は, 全て国土交通省九州地方整備局の所管である.

表-1 有明海周辺の風と波の観測点

収集データ	地点名	計算領域中の座標		データ収集期間
		I	J	
海象・気象観測所	大授	14	48	2000年~2004年
	タワー総合	16	42	
	竹崎	12	34	2001年~2002年
	熊本	33	21	
海象観測所	タワーNo.2	15	45	2000年~2004年
気象観測所	佐賀	17	52	2001年~2004年
	白石	6	49	
	岱明	30	31	
	島原	21	23	
	本渡	9	3	

2000 年以降の 36 擾乱を対象として, 観測風と風 1 とを比較した. 観測風速には 1/7 乗則によって高度補正を行い, 海上 10m 高度での値にした上で, 擾乱中最大風速を比較した. 結果の例を図-6 に示す.

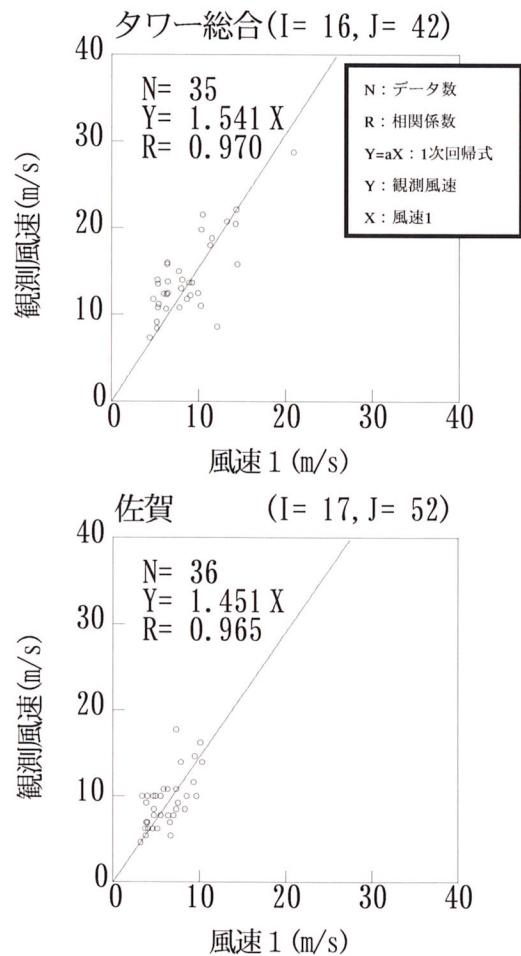


図-6 風速 1 と観測風速との比較
 (観測風速は高度補正済み)

客観解析値であるGPVに近くなるように補正した風速1も観測値とは系統的なずれがあり, 海上のタワー総合, 陸上の佐賀の両地点とも, 観測値よりは小さいことが分かる. そこで, 図-6に示した回帰式の傾きから風速1に対する補正係数を求めた.

次に, 風向1と観測風向の比較を行った結果の例

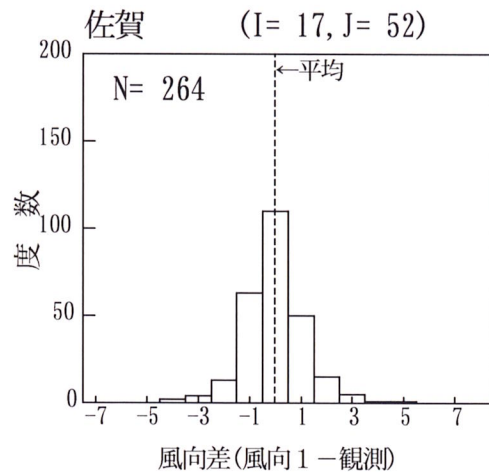
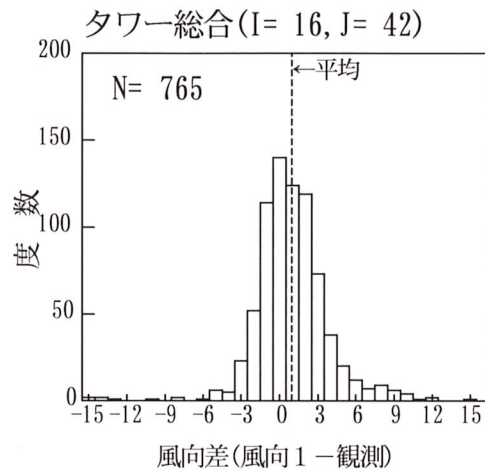


図-7 風向1と観測風向との差の出現頻度

(タワー総合の観測風向は360°を32方位、佐賀は16方位で表現しているため両地点の横軸の表現が異なる。
Nはデータ数。)

を図-7に示す。

風向1と観測風向とは平均的に殆ど差がないことが分かる。

以上の解析結果から、観測風を用いて風1の補正を以下のように行うことにした。

風速

観測地点においては図-6 で求めた観測地点毎の補正係数で補正を行う。観測地点以外の領域については、海上、陸上の3箇所の観測点について補正係数を算出し、3地点に囲まれた3角形内の補正係数を空間内挿によって求める。このようにして全格子点における補正係数を決定する。補正係数の空間内挿結果を図-8に示す。

空間内挿の仕方を、図-8に示した白石、佐賀、タワー総合に囲まれた領域を例に取って説明する。

これら3地点における補正係数は、風速1と観測風速との相関解析結果から、それぞれ1.386、1.451、1.541である。これら3地点の平面位置座標をxy座標、補正係数をz座標として、この3点を通る平面を考える。3地点に囲まれた領域内の任意地点における鉛直上向きの線がこの平面と交わる点のz座標をこの地点における補正係数とする。

風向

風向1には補正は行わない。

以上の補正を行った結果を風速2と称し、これを観測値と比較した。タワー総合における結果を図-9に示す。当然のことではあるが、両者は良く一致する。

5. WAMによる波浪推算

4. で作成した風2を用いて、WAMによる波浪

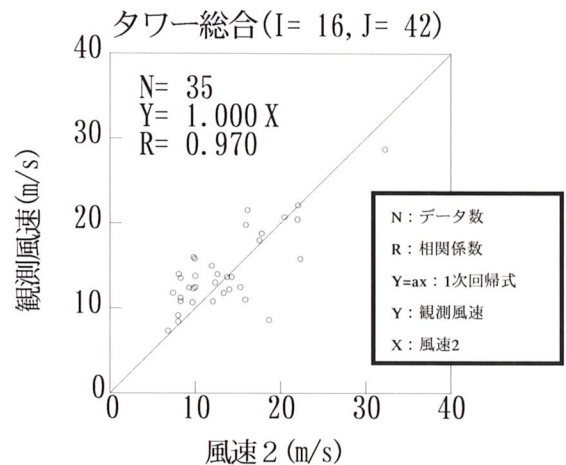


図-9 風速2と観測風向との比較

推算を行った。計算条件を表-2に示す。

波浪推算の最小領域(有明海)は図-2に示した通りであるが、大中小領域を図-10に示す。最小領域は、この中の小領域の内部に設定してある。大領域で計算された結果は中領域の計算に引き継がれ、最小領域まで同様の処理が繰り返される。大～小領域では水深を無限大として扱っているが、最小領域では波浪推算の際に有限水深の影響(屈折、浅水変形)も考慮している¹⁾。

波浪推算値(擾乱中最大有義波高、最大有義波高出現時の有義波周期)を観測値と比較した結果の例を図-11に示す。

平均的には、観測波高の方がやや高めではあるものの、推算波高と観測波高とは概ね一致している。また、周期に関しては、推算値と観測値とは平均的に良く一致している。

推算波高と観測波高のずれに関しては、両者の相関解析結果から求めた1次回帰式で補正することが可能であるし、4. で示した考え方をを用いて補正係

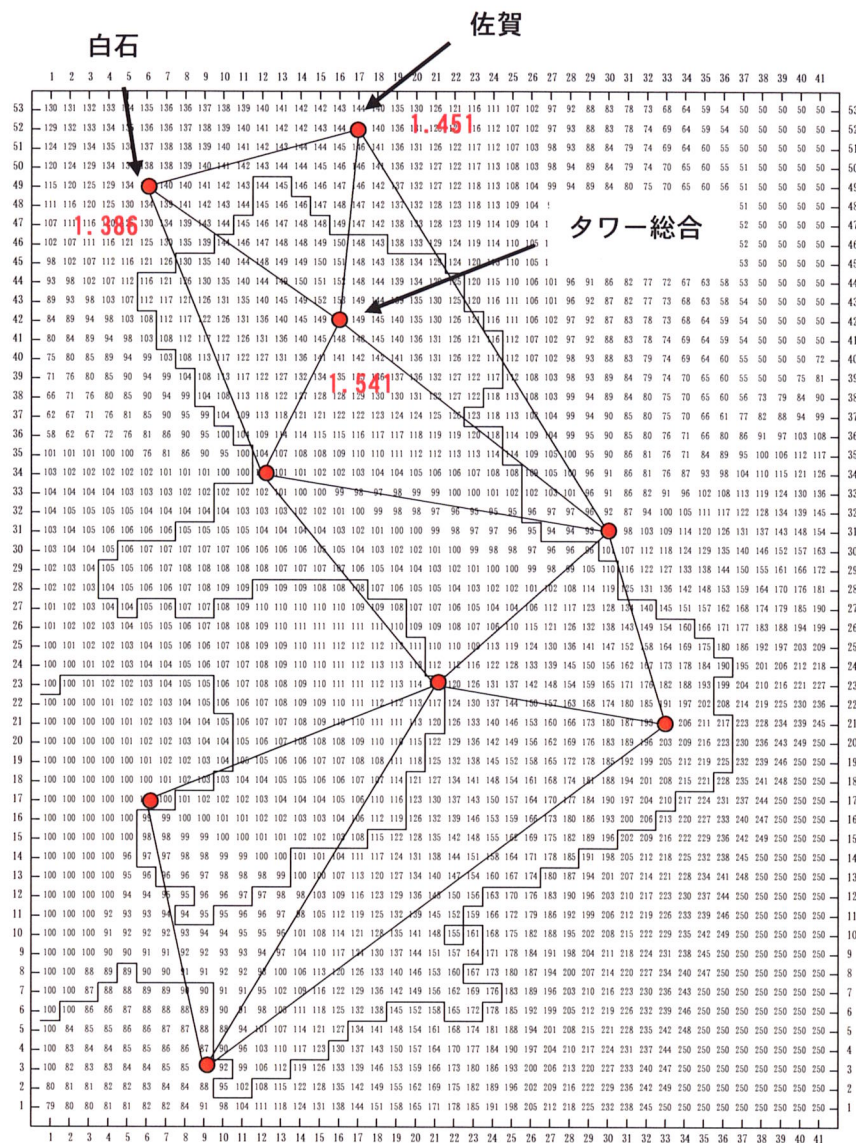


図-8 風速の補正係数の空間内挿結果

表示された値の
0.01倍が補正係
数

表-2 波浪推算の計算領域と計算条件

領域	計算領域		
	北緯	東経	
大	15.000°～48.000°	115.000°～139.500°	
中	30.000°～38.500°	123.500°～133.500°	
小	31.500°～35.125°	128.250°～131.250°	
格子間隔	1/2°	1/8°	1/32°
格子数	50×67	81×69	97×117
計算時間間隔	10分	2分	1分
入力海上風の時間間隔	1時間		
方向スペクトル	最小領域と同じ		
水深	無限大として扱う		
結果の出力間隔	1時間		

最小領域

計算範囲	北緯	32.4375°～33.2500°
	東経	130.0625°～130.6875°
格子間隔		1/64° (緯度方向に約1.7km)
格子数		41×53
計算時間間隔		1分
入力海上風の時間間隔		1時間
方向スペクトル	周波数範囲 (周期範囲)	0.042Hz～1.073Hz
	周波数分割数	35
	方向分割数	16 (1分割: 22.5°)
水深	考慮	
結果の出力間隔	1時間	

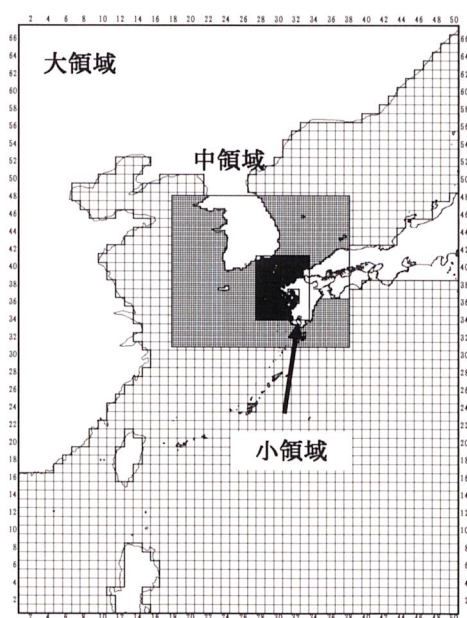


図-10 波浪推算の計算領域

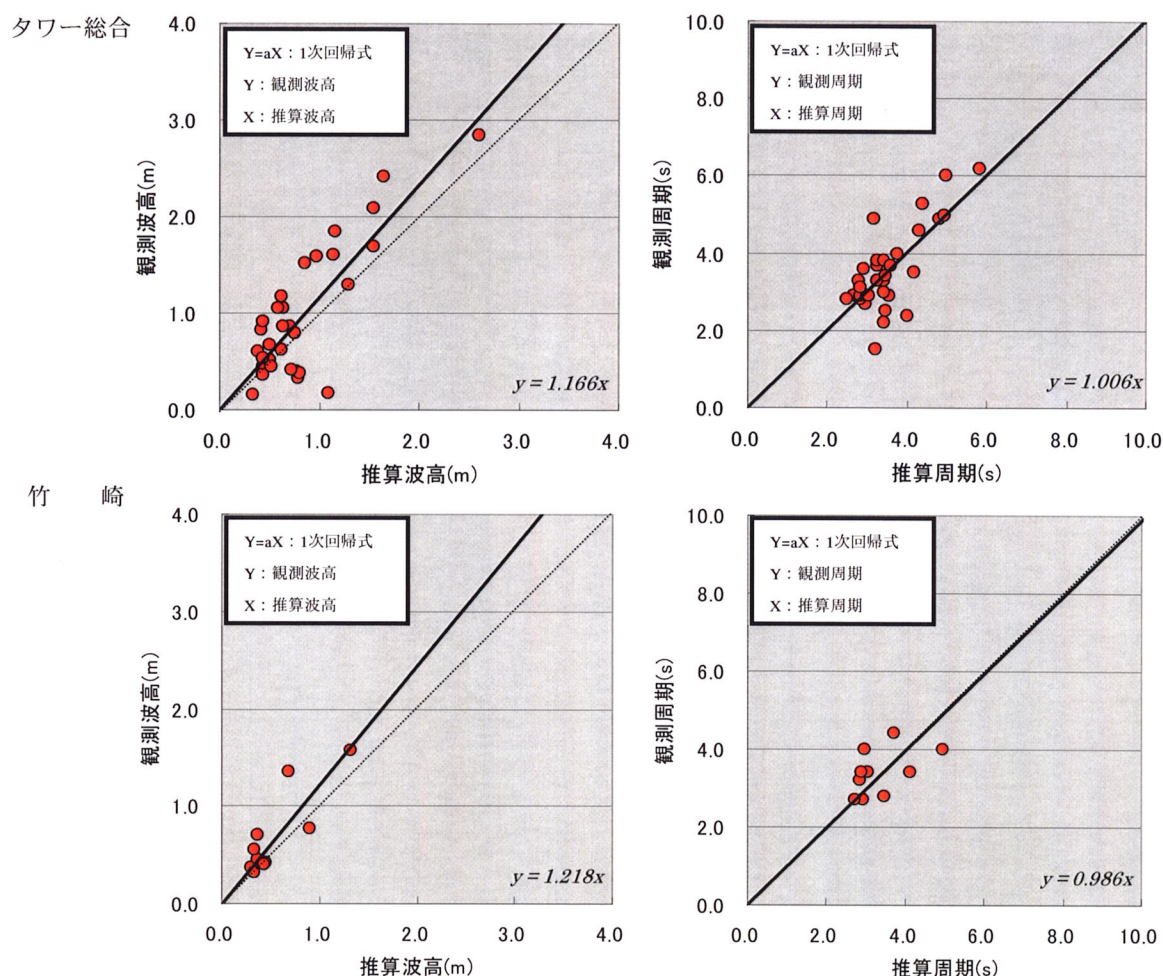


図-11 波浪推算値と観測値との比較（タワー総合，竹崎）
 （擾乱期間の最大有義波高，最大有義波高発生時の有義波周期）

数を平面的に内挿や外挿することも可能である。

6. 結論

本研究の主な結論を以下に示す。

- 1) 従来の推算風をGPVに合わせる形で補正し，さらに観測地点においては観測値を用いた補正を行った。
- 2) 観測地点における補正係数を空間内挿することによって，海上風補正を全海域に広げる方法を提案した。
- 3) この方法によって推算した海上風を用いて波浪推算を行った結果は，有明海内の波浪観測結果をよく再現した。
- 4) このことによって，限られた観測地点でしか得られない風の補正係数を，本研究で提案した方法で空間内挿して用いる方法が適切であることが確認できた。

謝辞

本研究を行うに際しては，九州大学応用力学研究所の松野健教授を委員長とする，長崎県漁港沖波推算検討委員会の委員の方々から貴重なご助言を頂いた。また，風と波の観測資料の入手について，長崎大学の埴田彰秀教授，水産工学研究所の中山哲厳室長，国土交通省九州地方整備局 筑後川河川事務所，同熊本港湾・空港整備事務所の関係各位から多大なご協力を頂いた。

さらに，合田良実 横浜国立大学名誉教授からは，論文作成に当たり，懇切丁寧なご指導を頂いた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 橋本典明，川口浩二，池上正春，鈴山勝之：東京湾における WAM の波浪推算特性に関する検討，海洋開発論文集，Vol.20, pp.845-850, 2004.