

地域特性が海上風推定の高精度化に与える影響に関する検討

秋田大学 学生会員 ○室橋 海
 秋田大学 正会員 齋藤 憲寿
 秋田大学 正会員 渡辺 一也

1. はじめに

海上風は海洋の研究において重要な情報である。既往の研究では、波浪データから海上風の推定を行う手法について検討され、さらに、周期が大きく波形勾配が小さい成分を除去することにより推定の高精度化が行われている。波浪データからの海上風予測高精度化のためには、除去すべき海象条件の範囲についてさらに詳しく検討する必要がある。

本研究では地域特性を考慮し、海象条件の範囲や適切な波浪推算式の検討を行った。

2. 研究方法

SMB法（以下SMB）とTobaの3/2乗則（以下Method1）の2つの式を用いて、海上風の推定を行った。Method1はSMBと違い係数を必要とするため、Tobaの3/2乗則の係数BをRMSE最小にする方法で決定した。なお、波長Lは(1)式を使用して繰り返し計算で求めた。

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (1)$$

ここで、L:波長(m)、g:重力加速度(m/s²)、T:周期(s)、h:水深(m)である。

3. 実験結果および考察

(1) 地点と波浪データ

外洋(新潟沖、玄界灘)と内湾(第二海堡、アシカ島、神戸港、小松島、荇田)の7箇所において、2004年にNOWPHASによって2時間毎に観測された波浪データを使用した。波浪データとして図-1に波高、図-2に有義波周期を示す。

第二海堡、アシカ島、神戸港、小松島、荇田では波高の小さい波が多く、波高が0~2 mの傾きが急であるが、一方、新潟沖および玄界灘では0~2 mの傾きが緩やかである。この7箇所は大まかに外洋と内湾での分類、もしくは日本海側と太平洋側での分類になるが、太平洋側の他の地点と比較した結果、内湾は陸に囲まれて大きい波が発達しにくいいため、前者で分類した。

また、内湾の周期が2~5 mのときに傾きが急になる傾向がある。これも内湾が陸に囲まれている影響で波高や周期が小さくなりやすいことが要因と考えられる。周期は海上風推定にあまり影響を与えないと思われたが、太平洋側は周期の影響が大きい²⁾ため、今後は周期を考慮して地域を分類するべきと考えられる。

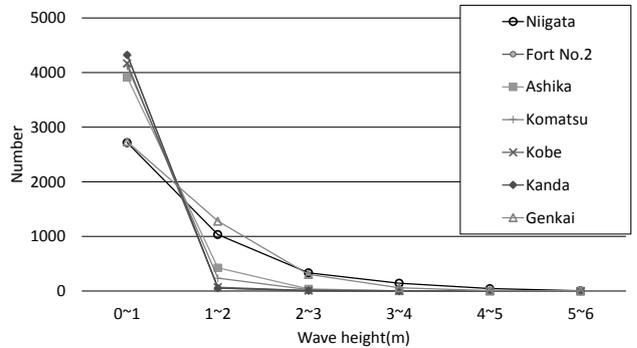


図-1 各地点の波高

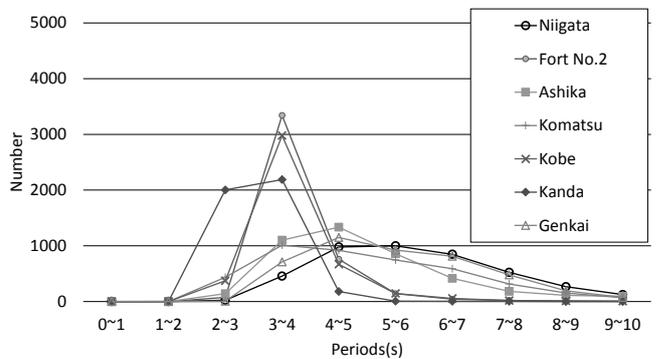


図-2 各地点の有義波周期

(2) 海上風の推定値と実測値の比較

表-1に推定値と実測値の比較を示す。近似曲線の傾きを見ると、SMBでは波浪データと同様に外洋と内湾で分類が可能であり、傾きの基準を1とした場合、外洋に比べて内湾で差が大きくなっている。通常のSMBでは吹送距離により波の発達を考慮しているが、今回のHuangのSMBでは発達した波のみを対象としているため、差が大きくなったものと考えられる。

表-1 推定値と実測値の比較

	地点	SMB			Method1		
		相関係数	誤差 e	傾き	相関係数	誤差 e	傾き
外洋	新潟沖	0.69	2.66	0.55	0.78	3.15	0.93
	玄界灘	0.66	2.55	0.56	0.75	2.61	0.92
内湾	第二海堡	0.78	4.37	0.23	0.76	3.62	1.02
	アシカ島	0.66	3.95	0.25	0.74	3.95	1.00
	神戸港	0.58	3.16	0.24	0.62	3.87	0.83
	小松島	0.63	3.65	0.25	0.79	4.07	1.07
	荇田	0.79	2.91	0.33	0.85	2.44	1.09

Method1 ではあまり差は見られないが、苅田で誤差が小さくなっており、相関係数は最も高い。また、図-2 においても他の 6 箇所と異なる傾向を示している。

表-1 より、相関係数、誤差、傾きから判断すると SMB より Method1 が正確であることを示しているが、異なるアプローチにより更なる精度の向上を検討した。

(3) 高精度化の検討

波浪データをすべて用いて海上風の推定を行うと、SMB の場合は新潟沖で 6 m/s、第二海堡で 4 m/s、Method1 の場合は新潟沖で 4 m/s、第二海堡で 4 m/s 以下の小さい風の推定が困難である。

既往の研究では波形勾配 0.02 以下³⁾、有義波周期 8 s 以上⁴⁾のデータを除去して海上風を推定していたが、本研究では、RMSE((2)式)を用いて誤差が最小になる値を検討し、除去するデータの範囲を決定した。

$$e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{10est} - U_{10mea})^2}{n}} \quad (2)$$

ここで、 e : 誤差(RMSE) (m/s), n : データ数, U_{10est} : 海上 10 m の風速の推定値(m/s), U_{10mea} : 海上 10 m の風速の実測値(m/s)である。

Method1 は図-3 に誤差を各海象条件で波浪データから除外することにより求めた各地点の Method1 の結果を示す。各箇所にて極値が現れ、0.015~0.025 で誤差が最も小さくなるが、有義波周期は 7 箇所全てが横ばいであった。また、苅田、玄界灘、新潟沖は第二海堡、アシカ島、神戸港、小松島に比べ誤差が小さく、波形勾配においても変化はあまり見られなかった。そこで、波形勾配に着目し、誤差が最も小さくなる値を除去する値の基準とした。

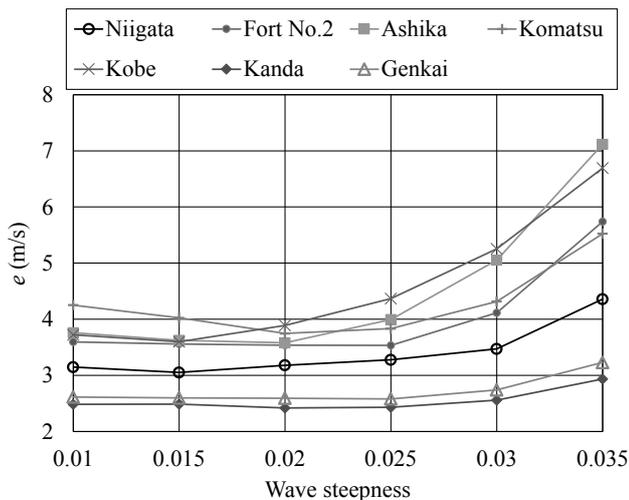


図-3 波形勾配で除いた場合の誤差(Method1)

SMB は外洋、内湾ともに図-3 のような極値をもつグラフにはならなかったため、波形勾配を 0.001 間隔で再

検討するとともに、表-1 に示す近似曲線の傾きを 1 へ補正した。すると、波形勾配 0.015~0.020 以下のデータを除去することにより誤差が小さくなることが明らかとなった。

(4) 高精度化の結果と考察

表-2 に高精度化後の推定値と実測値の比較を示す。内湾における SMB は波形勾配 0.015~0.020 以下を除去し、近似曲線の傾きを 1 に補正することで精度が上昇する傾向であるが、神戸港は精度が向上しなかった。また、苅田および外洋は、相関係数、誤差ともに低下した。これは、表-1 の段階で精度が高い傾向にあったことが、要因として考えられる。

Method1 は神戸港以外の 6 箇所において相関係数が低下するが、誤差が小さくなるため、精度が向上したとは判断できない。

表-2 高精度化後の推定値と実測値の比較

	地点	SMB(波形勾配による除去, 傾きを1に補正)			Method1(波形勾配による除去)		
		相関係数	誤差	傾き	相関係数	誤差	傾き
外洋	新潟沖	0.58	5.06	1.00	0.70	3.05	0.79
	玄界灘	0.62	3.74	1.00	0.69	2.58	0.85
内湾	第二海堡	0.74	2.95	1.00	0.67	3.54	0.99
	アシカ島	0.75	2.95	1.00	0.71	3.58	1.07
	神戸港	0.63	4.33	1.00	0.69	3.60	1.03
	小松島	0.77	2.91	1.00	0.77	3.75	1.28
	苅田	0.70	3.16	1.00	0.80	2.42	1.04

4. まとめ

本研究では、海上風推定の精度向上のために誤差(RMSE)を最小にする手法と近似曲線の傾きを用いた。海上風推定において、海象条件の範囲と波浪推算式は地域特性に影響を受けることが明らかとなった。また、SMB を内湾において用いるときは、波形勾配でデータを除外し、近似曲線の傾きを 1 に補正することで推定値が向上した。

今後は、SMB では内湾の観測箇所を増やすことで手法の適用範囲の検討や、Method1 では第二海堡、神戸港で有義波周期を考慮することによって精度向上に繋がると考えられる。

謝辞：本研究を行うにあたって、国立研究開発法人港湾空港技術研究所から、貴重なデータを提供していただいた。ここに記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 高橋侑矢, 渡辺一也: 波浪データを用いた海上風推定手法に関する検討,土木学会,2015.(CD-ROM)
- 2) 石原弘一, 岩渕哲治, 仲井圭二, 坂井紀之, 灘岡和夫: 東日本沿岸域における長周期波の広域的な出現特性,海岸工学論文集, 2002.
- 3) 合田良実:海岸・港湾,彰国社,321p,1972.
- 4) 川口浩二, 猪股勉, 関克己, 藤木俊 : 全国港湾海洋波浪観測年報(NOWPHAS 2012), 港湾空港技術研究所資料, No. 1282, 125p, 2014.