波浪データを用いた海上風推定手法に関する検討

秋田大学　　学生会員　○高橋　侑矢
秋田大学　　正会員　　渡辺　一也

1.　はじめに

海洋の流動を研究する上で海上風は流れの情報と共に，重要な物理量の一つである．従来，海上風については，船舶やブイにより観測されてきた．他にも観測塔を利用する方法もあるが，多大な費用が掛かり，局所的な観測しかできないという問題点があった．近年では，衛星を利用した海上風推定が可能となり，風向・風速データを得ることが困難であった海域においても，空間的な風向・風速分布が観測可能となった．しかし，衛星を利用した海上風推定では空間・時間分解能が低く，構造物のある海域や沿岸域における推定は困難である場合が多い．そこで本研究では，波高・周期データを使用し，海上風の推定を行う手法について検討した．さらに，Toba の 3/2 乗則を使用した決定方法についても検討した．

2.　研究方法

(1) データ観測地点

本研究では，新潟沖，第二海堡，アシカ島，神戸港，小松島，苅田，玄界灘の 7 地点において，NOWPHAS によって観測された波浪データを用いて海上風を推定する．　観測地点については**図-1** に示す．

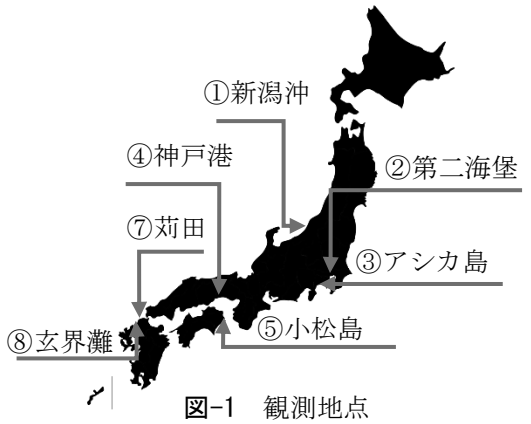

図-1　観測地点

(2) 使用データについて

研究において用いるデータは，NOWPHAS の 2001 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日までに 2 時間間隔で測定されたものである．海上風の推定の検討においては，データの整理より 2004 年 1 月 1 日から 2004 年 12 月 31 日までの 1 年間の波浪データ（波高，周期），風データ（風速，風向）を使用した．比較の実測値として使用した海上風の風速と風向は同じ地点で行われているが，観測地点の高さは場所によって異なっている為，べき法則を用いて地上 10m における基準風速へと換算している．

海上風の推定を行っていく為に，波浪特性について整理する．ここでは一例として 7 地点の中で海上風推定手法により推定値の差の大きかった苅田における検討を示す．**図-2**，**図-3** に海上風特性，**図-4**，**図-5** に波浪特性を示す．**図-2**，**図-3** の海上風特性を見ると，風速 2~4m/s の海上風が多く観測され，西，南西からの風が卓越している．

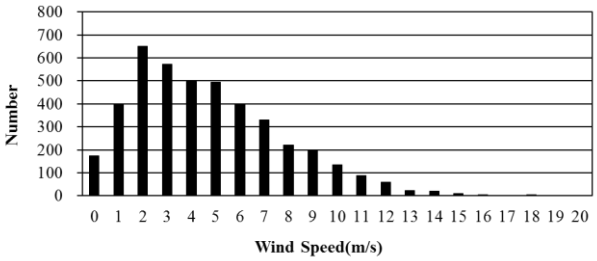

図-2　苅田における風速分布

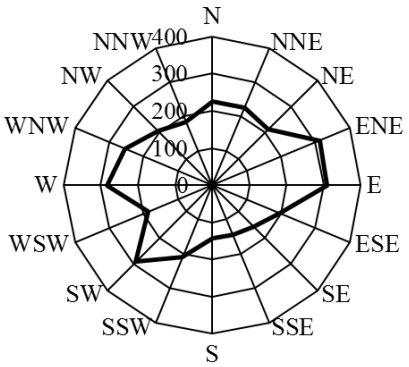

図-3　苅田における風向分布

波浪特性としては，**図-4**，**図-5** を見ると波高 1m 未満の波が 90%以上を占めており，2m 以上の波の観測は少なかった．観測された最大波高は 3.36m，最低波高は 0.08m であった．周期については 2~4s のものが多く観測された．

キーワード：海上風，波浪，Huang の SMB 法，Toba の 3/2 乗則
連絡先：〒010-8502　秋田市手形学園町 1 番 1 号

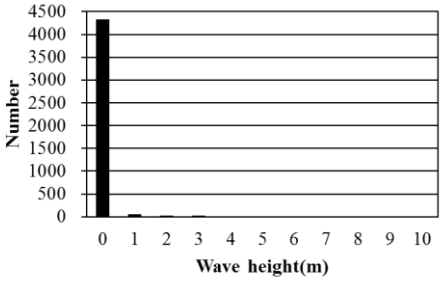

図-4　苅田における波高分布

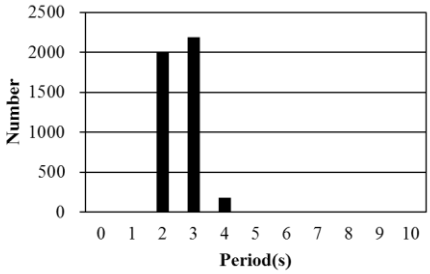

図-5　苅田における周期分布

(3) 海上風の推定手法について

海上風を推定する為に Huang ら [1]によって提案されている SMB 法を用いた．式(1)に推定式を示す．

$$\frac{gH_S}{U_{10}^2} = 0.26 tanh\left[\left(\frac{1}{f_m U_{10}}\right)^{3/2} \frac{(3.5g)^{3/2}}{10^2}\right] \quad (1)$$

ここで g：重力加速度(m/s^2)，Hs：波高(m)，U_{10}：海上10m の風速(m/s)，f_m：波浪スペクトルのピーク周波数(s)である．さらに，Toba の 3/2 乗則から海上風を推算した．式(2)に Toba の 3/2 乗則の推定式を示す．

$$\frac{gH_{1/3}}{U_*^2} = B\left(\frac{gT_{1/3}}{U_*}\right)^{3/2} \quad (2)$$

ここで，g：重力加速度(m/s^2)，$H_{1/3}$：有義波高(m)，U_{10}：海上 10m の風速(m/s)，$T_{1/3}$：有義周期(s)，B：係数である．Toba の 3/2 乗則では，係数を決定する必要があり，従来の方法 [2]では最小二乗法により係数を決定していたが，この係数の値により，海上風推定の精度が著しく変化する可能性がある．そこで，本研究では係数の設定に関して従来の方法だけではなく，新しい手法として平均二乗誤差（RMSE）を最小にする手法（以降 Method 1 とする）との検討も行った．

(4) Toba の 3/2 乗則の係数の決定について

Toba の 3/2 乗則の係数の決定にあたっては従来の最小二乗法によるものと**図-6** に示されるように，B を 0 から 0.1 まで変化させた場合に推定値と実測値の RMSE の誤差が最小となるように B を決定したケースの 2 種類について検討した．**図-6** は苅田における係数 B の決定方法を示している．

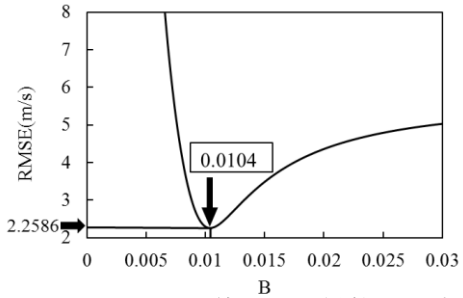

図-6　RMSE を使用した係数 B の決定

3.　結果の比較と考察

海上風の実測値と推定値の比較を**図-7**，**図-8**，**図-9** に示す．苅田における相関係数を**表-1**，標準偏差を**表-2** に示す．Toba の 3/2 乗則で海上風を推定した**図-7**，**図-8** を見ると推定値が実測値に近い値を示しており，適切に海上風を推定できていると考えられる．また，SMB 法で海上風を推定した**図-9** を見ると推定値は実測値に比べて小さくなる傾向がみられた．**表-1**，**表-2** の相関係数，標準偏差の結果と合わせて，Toba の 3/2 乗則と SMB 法での海上風の推定を比較すると，Toba の 3/2 乗則での推定の方が有効であると考えられる．

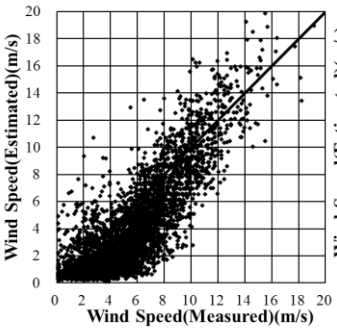

図-7　Toba3/2 乗則(Method 1)

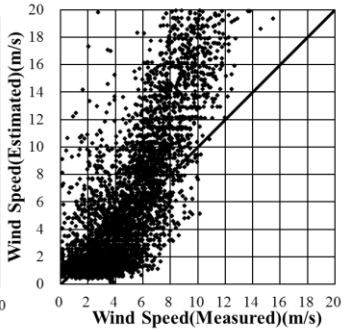

図-8　Toba3/2 乗則(最小二乗法)

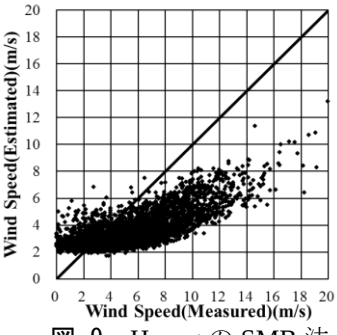

図-9　Huang の SMB 法

表-1　実測値と推定値の相関係数

Toba		SMB
Method1	最小二乗法	
0.85	0.86	0.79

表-2　実測値と推定値の標準偏差

Toba		SMB
Method1	最小二乗法	
3.8	7.1	1.4

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，謝辞を表する．

参考文献

1) Weimin Huang, Shicai Wu, Eric Gill, Member, IEEE, Biyang Wen , and Jiechang Hou : HF radar wave and wind measurement over the Eastern China Sea，IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing，Vol.40，No.9，2002.
2) 後藤智明・末次広児・小舟浩治：海上風の抵抗則と風波の発達則，海岸工学論文集，第 37 巻，pp.170-174,1990