

波浪推算の精度向上に関する幾つかの検討

九州大学 学生会員 西村 大右 吉松健太郎

正会員 児玉 充由 鈴山 勝之 橋本 典明

1. はじめに

波浪の推算精度は外力となる海上風の推算精度に大きく依存するが、近年では局地気象モデルの導入により、この問題はある程度改善された。一方、欧米各国で利用されている第三代波浪推算モデル WAM は、主として外洋波の推算を目的として開発され、それに合わせたチューニングがなされていることから、空間解像度の粗い外洋波の推算精度は高いが、沿岸・内湾域では精度が劣ることが知られている。したがって、外洋から沿岸・内湾域まで一貫して高精度な波浪推算を実施するためには、沿岸・内湾域を対象とした更なるモデルの改良が必要である。

吉松ら(2007)は、沿岸・内湾域を対象として WAM の推算精度向上を目的とした幾つかの検討を行った。本研究では、それらに加えて、波浪の発達・減衰に及ぼす逆風の影響と、最近 Andreas(2004)によって提案された海面抵抗係数 C_D が強風速下では減少する理論を取り入れ、WAM による波浪推算の精度検討を行い、今後の沿岸・内湾域を対象とした波浪推算技術の高精度化に資することを目的としている。

2. 検討項目

(1) 逆風の影響について

沿岸・内湾域では、周囲を島や陸地に囲まれた場所が多く、それらの周辺では低気圧や台風の通過に伴う風場の変化の影響が外洋に比べて相対的に大きく現れやすい。したがって、波浪に対する風向の変化も、外洋に比べて比較的短時間に順風から逆風に変化する状況が発生しやすい。しかしこれまで、逆風時の波浪の推算精度に関する研究例が少ないことや、WAM で用いられている風から波へのエネルギー輸送項 (Janssen の理論) においては、逆風の影響が式中に明示的に表現されておらず、その影響が分かりにくいことから、本研究では WAM における逆風の影響を再検討することとした。

(2) 海面抵抗係数について

海面抵抗係数は、風から波へのエネルギー輸送に関する重要なパラメータである。これまでこの係数は、

図-1 に示す W_u や光易・草場の提案式のように、風速に関する単調増加関数が用いられて来た。しかし最近では、Andreas(2004)によって強風下で海面抵抗係数が減少する理論が提案されている。この理論を用いれば、強風下では風速の増大とともに波浪の発達抑制され、既往の提案式で推算されていた高波高が大幅に過小に推算される可能性がある。そこでここでは WAM に Andreas の海面抵抗係数の理論式を導入し、その影響を検討することとした。

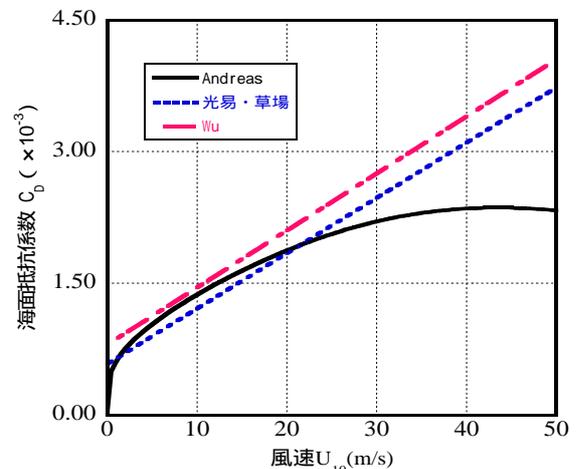


図-1 風速と海面抵抗係数の関係

3. 検討概要

現行の WAM では、順風・逆風によらず、風に関わる波浪の発達・減衰機構は全て風から波へのエネルギー輸送項で考慮されており、風に依存しない碎波や海底摩擦によるエネルギー散逸は減衰項で考慮されている。本来ならば、強風や逆風により波頭が飛ばされて損失するエネルギー成分も減衰項で考慮されるべきであるが、WAM ではこの影響を輸送項で考慮していることから、以下では輸送項のみを対象として検討した。

表-1 波浪推算の計算条件

格子数	100 × 100
水深	深海
格子間隔	0.03度
計算日数	4日
計算時間間隔	120秒
周波数分割数	35成分
方向分割数	16成分

本研究では、表-1 に示すモデル海域を対象として、海面抵抗係数およびエネルギー輸送項に表-2 に示す既往の幾つかの提案式を用い、各々を組み合わせた種々のケースについて風速を 10, 20, 30, 40m/s と変化させた場合の WAM の推算精度を検討した。ただし、表-2 中の海面抵抗係数の Janssen は WAM のデフォルトで用いられている式であり、風速と波齢から摩擦速度を直接求めているため、厳密な意味では海面抵抗係数は陽的には示されていないが、ここでは便宜的に Janssen と記した。また、光易・本多 Reverse は、逆風の場合に元の提案式に負の符号を乗じて逆風の影響として考慮したものである。

表-2 推算の検討ケース

風から波へのエネルギー輸送項	海面抵抗係数
Janssen	Janssen
Komen et al.	Wu
光易・本多	Andreas
光易・本多Reverse	光易・草場

4. 検討結果

(1) 逆風の影響に関する検討結果

検討に際しては、所定の風速で推算を開始し、推算開始二日後から逆向きに同風速の風を与える条件で推算した。図-2 は、海面抵抗係数を Wu の式に固定し、風から波へのエネルギー輸送項を種々変えた場合の風速 30m/s での有義波高の推算結果を示したものである。

図-2 より、海面抵抗係数に Wu の式、輸送項に Janssen の式を用いた場合には、他の組み合わせに比べて波高が低く推算される。またこの場合には、逆風が吹き始めてからの減衰は他とほぼ同時刻に発生しているが、減衰後の波高の再発達開始時刻が、他よりも遅れている。一方、逆風を考慮した光易・本多 Reverse の結果は、風向変化後、逆風を考慮していない光易・本多の結果と比べ波高が約 2m 程度低く推算されている。この様に光易・本多の式に逆風の影響を考慮すると、波浪の減衰に大きく影響することが分かる。

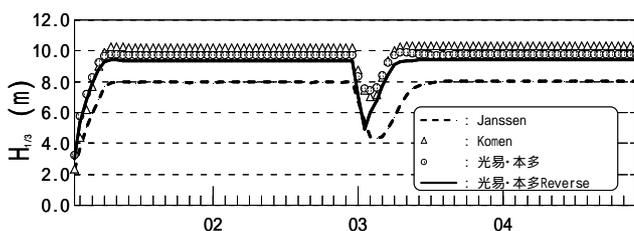


図-2 逆風の影響を考慮した波浪推算結果

(2) 海面抵抗係数に関する検討結果

エネルギー輸送項を Janssen の式に固定し、海面抵抗係数を種々変えて、同一方向に一定風速を与えて推算した。図-3 は、風速 30 および 40m/s での有義波高の推算結果を示したものである。

図-3 より、海面抵抗係数に Janssen の式、輸送項にも Janssen の式を用いた場合には、他の組み合わせに比べて波高が著しく高く推算される。一方、Andreas の結果に注目すると、風速 30m/s(上段)では Wu や光易・草場の手法で求めた推算値との差は僅かであるが、風速 40m/s(下段)ではその差は大きくなっている。これは、図-1 に示すように、Andreas の理論による海面抵抗係数が、風速が大きくなるにつれ緩やかに増加・減少し、直線的に増加する他の手法との差が大きくなるためである。この結果は従来の WAM においてしばしば指摘されて来た強風下での推算値の過大評価の欠点がある程度解消し得る可能性があるものと期待される。

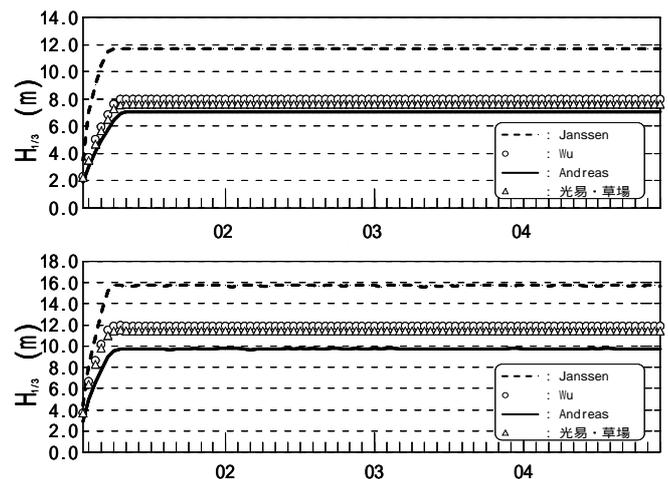


図-3 海面抵抗係数の違いによる波浪推算結果
(上段:30m/s, 下段:40m/s)

5. おわりに

今回、モデル海域を用いて、逆風の影響や、海面抵抗係数の提案式の違いによる推算結果の検討を行った。今後この検討結果を踏まえて、実海域を対象とした波浪推算を実施し、現地観測データとの比較検討を行うことで、より高精度な波浪推算技術の開発・改良を進める予定である。

参考文献

Andreas(2004): J.P. O, vol.34, pp.1429-1440
 H.Mitsuyasu, T.Honda(1982):J.F.M, vol.123, pp.425-442
 吉松ら(2007): 西部支部研究発表会