

第Ⅱ部門 入・反射波の相互干渉を考慮した非線形不規則波浪変形理論と そのリーフ上波浪予測への適用

京都大学工学研究科 学生員 ○ 本多和彦¹
 京都大学防災研究所 正会員 間瀬 肇²
 京都大学防災研究所 フェロー 高山知司³

1. 研究の目的

浅海域を伝播する波は水深変化や構造物の影響を受け、屈折、浅水変形、回折、反射および砕波変形などの波浪変形を生ずる。このような波浪変形を推算・予測することは、海域に存在する構造物の設計外力評価や漂砂・海浜変形の解析における外力評価を行うにあたって重要なことである。また、実際の海洋波は多方向不規則波であるので、波浪変形の推算を行う際には、波の不規則性や多方向性を考慮しなければならない。

水深の浅いリーフ周辺では水深が急変するため、海洋から侵入した波がリーフ上で砕波し波高が減少する。そのため、リーフは海岸保全の観点から見ると非常に有効である。しかし、近年の開発によってリーフが埋め立てによりリーフ長が短くなり、波高の大きな波がリーフで十分に減衰せず、海岸線付近での被害が生じている。そのため、リーフ上での非常に複雑な波浪変形の効果を正確に把握することが必要となっている。

波浪の推算を行う解析モデルとして代表的なモデルには、Boussinesq モデルが挙げられる。しかし、波高に比べて水深が著しく小さいケースにおいては計算が不安定となるため、リーフ地形への適用性は低い。

本研究では、リーフなどの非常に浅い海域も含む任意地形に対しても計算が安定し、多方向不規則波の入射波相互干渉を考慮した断面 2 次元および平面 2 次元の波浪変形計算モデルを構築することを目的とする。また、本モデルでの計算結果と観測結果を比較することにより、本モデルの有用性を検証する。

2. 研究の内容

- 1) 以下に示す入射波の相互干渉を考慮した任意海底地形上の空間発展型連立 KP 方程式を用いて、数値モデルを導出した。

$$\frac{\partial A_n}{\partial x} + \frac{(Cg_n)_x}{2Cg_n} A_n - i(k_n - n\hat{k}_1) A_n - i \frac{\{(CCg)_n A_{ny}\}_y}{2(kCCg)_n} + \frac{3ink_1}{8h} \left\{ \sum_{l=1}^{n-1} A_l A_{n-l} + 2 \sum_{l=1}^{N-n} A_l^* A_{n+l} \right\} - \frac{(Cg_n)_x}{2Cg_n} B_n \exp(-2in\hat{k}_1 x) + \alpha_n A_n = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial B_n}{\partial x'} + \frac{(Cg_n)_{x'}}{2Cg_n} B_n - i(k_n - n\hat{k}_1) B_n - i \frac{\{(CCg)_n B_{ny}\}_y}{2(kCCg)_n} + \frac{3ink_1}{8h} \left\{ \sum_{l=1}^{n-1} B_l B_{n-l} + 2 \sum_{l=1}^{N-n} B_l^* B_{n+l} \right\} - \frac{(Cg_n)_{x'}}{2Cg_n} A_n \exp(-2in\hat{k}_1 x') + \alpha_n B_n = 0 \quad (2)$$

ここで、 A_n および B_n はそれぞれ入射波および反射波に関する成分波の複素振幅、 $\hat{k}_1$ は基本波数の代表値、 C は成分波の波速、 Cg は成分波の群速度、 h は水深、 N は成分波の個数、 α_n は砕波減衰係数である。右下の添字は微分を表し、 x' は座標変換 $x' = -x$ を表す。この KP 方程式は、波形と比べて空間的な変化の緩やかな複素振幅の定常解を求めるので、Boussinesq 方程式と比べて格子間隔を広くすることが可能であり、計算時間も短くなるというメリットがある。

- 2) 平面的な変化が比較的小さい宇座海岸での観測結果と本モデルの計算結果を比較することで、断面 2 次元モデルの現地海岸への適用性を検証した。現地における水深分布を図 1 の下段に示す。 $H_{1/3}$ および $T_{1/3}$ は、St-1 における観測結果に合わせて設定し、周波数スペクトルは Bretshneider-Mitsuyasu 型スペクトルを用いた。

¹ Kazuhiko HONDA, ² Hajime MASE, ³ Tomotsuka TAKAYAMA

3) 多方向不規則波も取り扱うことができる平面2次元モデルの適用性を検討するため、図3に示す水釜海岸の水深分布を用いてモデル計算を行なった。汀線 ($x = 260\text{m}$) には直線状の防波堤が設置されている。入射角を $\theta = 20^\circ$ (x 軸からの仰角) とし、 $S_{max} = 25$ と設定した。入射条件は、 $H_{1/3} = 2.19\text{m}$ および $T_{1/3} = 10.0\text{s}$ とし、周波数スペクトルは Bretshneider-Mitsuyasu 型スペクトルを用いた。

3. 主要な解析結果

本研究によって得られた主要な結果を以下に示す。

- 1) 宇座海岸を対象とした波高変化と平均水位変化に関する計算結果の一例を図1に示し、計算結果と観測結果の比較を図2に示す。本モデルは、浅水変形による波高の増加や、砕波による波高の減少に伴い平均水位の上昇を再現している。また、観測結果と非常に良く一致している。
- 2) 水深が急激に浅くなっている地点 (80, 250), (80, 150) および (120, 10) の背後においては、浅水変形および屈折・回折により波高が増加している。また、さらに波が進むにしたがって砕波が生じ、 $x \geq 180\text{m}$ の領域では波高の減衰が見られ、それに伴って平均水位が上昇している。今後の課題としては、観測結果や実験結果を用いて本モデルの適用性を検証することが挙げられる。

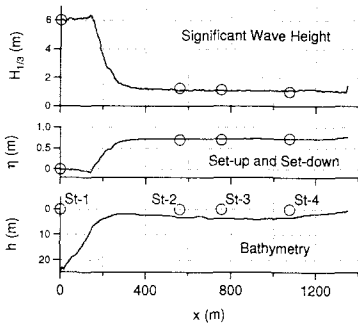


図 1: 波高変化と平均水位変化の比較

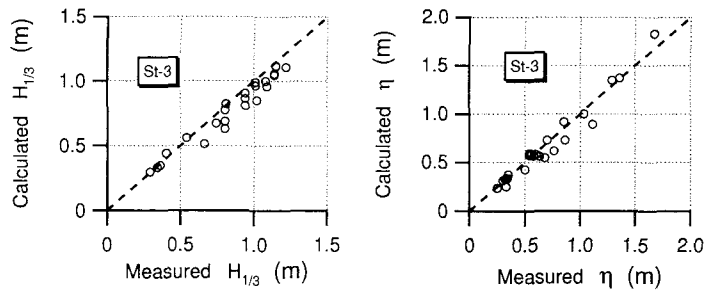


図 2: St-3 における波高と平均水位変化の比較

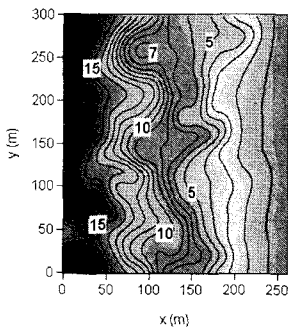


図 3: 水深分布

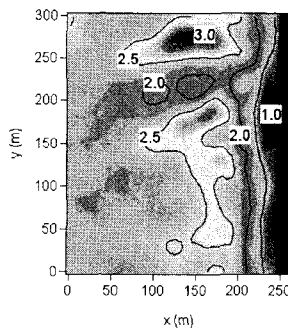


図 4: 波高変化

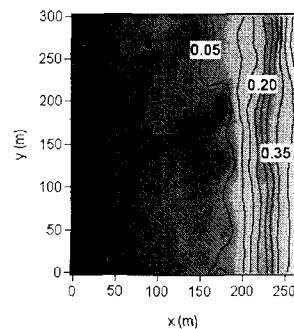


図 5: 平均水位変化

参考文献

- 1) James T. Kirby and Padmaraj Vengayil : Nonresonant and resonant reflection of long waves in varying channels, Jour. Geophysical Res., Vol.93, pp.10,782-10,796, 1988.
- 2) Mase, H. and J.T. Kirby : Hybrid frequency-domain KdV equation for random wave transformation, Proc. 23rd Coastal Eng. Conf., ASCE, pp.474-487, 1992.