

京都大学大学院 学生員 ○ 沖 慎一郎

京都大学工学部 正 員 間瀬 肇

1. はじめに

海底地形が表面重力波の波長と同オーダーで変化する場合の反射問題に関する研究は、多段沿岸砂州の形成メカニズムおよび多段砂州と波浪との相互干渉問題に深く関係していることから、近年注目されている。間瀬ら (1994) は、透水性を有する海底地盤上の波動方程式を導き、この方程式を用いて海底起伏と波浪との相互干渉を解析した。これは断面 2 次元における解析であり、平面 2 次元に関する波浪変形は取り扱っていない。本研究は、平面 2 次元における透水性を有する海底起伏と波浪との相互干渉を取り扱うものであり、その解析に当たっては、間瀬ら (1994) の楕円型波動方程式では不都合である。そこで、空間発展型連立放物型波動方程式へ変換して、平面波浪計算を行える理論モデルを誘導する。また、数値計算プログラムを開発し、平面 2 次元における海底起伏と波浪の相互干渉を解析する。

2. 波状透水層上の波動方程式

間瀬ら (1994) による楕円型波動方程式は以下の式である。

$$\nabla_h \cdot (\alpha \nabla_h \phi) + \alpha k^2 \phi - \beta'(1-\gamma) \nabla_h \cdot (\delta \nabla_h \phi) = 0 \quad (1)$$

係数の詳細については省略する。波の場を入射波と反射波に分け、その相互干渉も考慮して式 (1) を変形すると以下の式が得られる。

$$A_x + \left[ik_0 - ik \left\{ 1 + \frac{\beta'(1-\gamma)\delta}{2\alpha'} \right\} + \left\{ \frac{(k\alpha')_x}{2k\alpha'} - \frac{\beta'(1-\gamma)\delta_x}{4\alpha'} \right\} \right] A - \frac{i}{2k\alpha'} (\alpha' A_y)_y + \frac{i\beta'(1-\gamma)}{2k\alpha'} (\delta A_y)_y = \left\{ \frac{(k\alpha')_x}{2k\alpha'} - \frac{\beta'(1-\gamma)\delta_x}{4\alpha'} \right\} B e^{-2ik_y x} \quad (2)$$

$$B_x + \left[-ik_0 + ik \left\{ 1 + \frac{\beta'(1-\gamma)\delta}{2\alpha'} \right\} + \left\{ \frac{(k\alpha')_x}{2k\alpha'} - \frac{\beta'(1-\gamma)\delta_x}{4\alpha'} \right\} \right] B + \frac{i}{2k\alpha'} (\alpha' B_y)_y - \frac{i\beta'(1-\gamma)}{2k\alpha'} (\delta B_y)_y = \left\{ \frac{(k\alpha')_x}{2k\alpha'} - \frac{\beta'(1-\gamma)\delta_x}{4\alpha'} \right\} A e^{2ik_y x} \quad (3)$$

ここで A は入射波の複素振幅、 B は反射波の複素振幅である。この式 (2) および式 (3) が今回導出した連立放物型波動方程式である。

3. 海底起伏と波浪との平面 2 次元相互干渉の計算結果

波浪変形計算における海底地形および波浪条件は、以下の通りである。

- 1) 計算領域は $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ の正方形領域とする。
- 2) 水深は 8.0 m 、平均透水層厚は 0 m とする。

3) 一様水深地形上に海底起伏が存在する状況を考え、 x 方向に 40 m 間隔で 4 つの楕円形および台形断面の起伏を配置し、その起伏が透過性の場合と不透過性の場合を考える。

4) 透過性起伏の間隔率は 0.4、慣性係数は 1.0、線形抵抗係数は 1.0 とする。

5) 波の入射振幅は 1.0 で、 x の正方向に伝播する。

6) 波の周期は 8 s、10 s および 12 s の 3 種類とした。

上記の計算に加え、透水層を設定したケースも別途計算対象とした。

波浪変形計算結果の詳細は講演で述べることにし、ここではその一例として起伏の波長と波の波長とが共鳴する条件での計算結果を示す。ここで、起伏は不透過性で、波の周期は 10 s の平面変形結果であり、(a) は入射波振幅、(b) は反射波振幅、(c) は全振幅の等高線を表している。

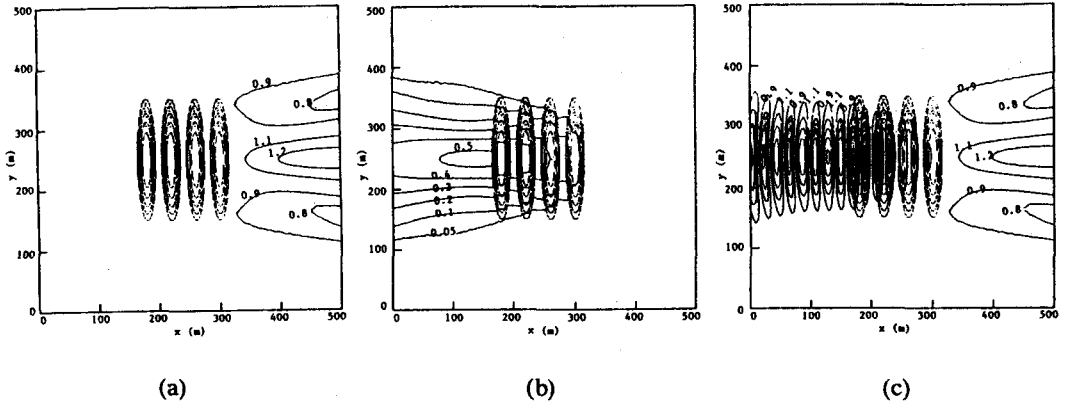


図 -1 海底起伏と波浪との平面 2 次元相互干渉

4. 結論

本研究における主要な結論は以下の通りである。

- 1) 今回導いた連立放物型波動方程式により、平面 2 次元の場合における透水性を有する海底起伏と波浪の相互干渉を解析することが可能になった。
- 2) 海底起伏と波浪の相互干渉に関する平面波浪変形計算の結果、透水性が増加すると透水部分内部でのエネルギー散逸が増加するために、透過波振幅および反射波振幅がともに減少することがわかった。
- 3) 透過性起伏の間隔と波の波長とが共鳴条件をみたすとき、反射波振幅は増大し、入射波振幅は減衰する。
- 4) 透過性起伏の形状は、波が後方へ回折しやすい形状ほど起伏の後方での入射振幅が減衰する効果が少なく、入射波に対して障害物となりやすい形状ほど反射率は大きくなる。
- 5) 条件によっては、入射波振幅が透過性起伏によって減衰しても、回折による周辺の波の回り込みにより再び振幅が増加することがある。