

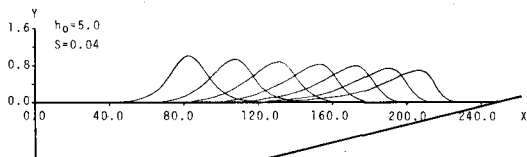
金沢大学工学部 正会員 石田 啓

金沢大学大学院 学生員 ○ 中島光范

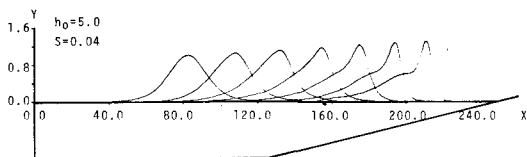
1. はじめに 毎の開発・利用に伴い、沿岸海域における波の変形に関する研究が、実用上極めて重要になってきている。もっとも、この分野における基礎的な研究は、従来から理論的にも実験的にも、かなり推進されている。たとえば、Mei & Le Mehaute, Peregrine<sup>1)</sup>, Madsen & Mei<sup>2)</sup>、あるいは和田<sup>3)</sup>は、海底地形の変化による孤立波の変形を、オイラーの運動方程式を基にして取り扱っており、Zabusky, 石田<sup>4)</sup>、安田らは K-dV 方程式を用いて、浅海における波の分裂現象を論じている。しかし、現在の段階では、現地に即した具体的な問題を十分に解明できるまでに至っていないと言える。したがって、ここでは、種々の境界条件下における波の変形を考察するための一段階として、特性曲線法を用いて孤立波の変形特性を考察する。

2. 計算方法 長波近似を適用した運動方程式および連続式は、式 
$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - f \frac{u|u|}{h+\eta} \quad \text{---(1)} \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ u(h+\eta) \} = 0 \quad \text{---(2)} \end{cases}$$
 (1)および(2)で与えられる。Peregrine, Madsen & Mei<sup>5)</sup>は基礎方程式として、さらに厳密な式を使用しているが、ここでは、長方形格子法による計算方法を確立する点に主眼を置いたため、基礎式としては、式(1)および(2)を用いることとする。次に、長波の波速を  $C = \sqrt{g(h+\eta)}$  --- (3) と置くと、式(1)、(2)および(3)より、特性曲線  $dX/dT = U \pm C$  --- (4) 上において、 $d(U \pm 2C)/dT = -g - f(U/C)^2$  --- (5) が成立することがわかる。式(4)および(5)を差分近似により解くが、長方形格子法ではあらかじめ定められた点における  $U$  および  $C$  の値が求まるのみであり、定点間の途中の値を直接求めることができない。したがって、次の時間ステップにおける  $U$  および  $C$  を求めるためには、何らかの補間法を用いる必要がある。図1(a)および(b)に、直線補間を行った結果と2次補間を行った結果とをそれぞれ示すが、図1(a)では、水深が浅くなるにつれて、波形は前傾するが波高は減少するという不合理な結果になり、(b)では、波高が増大していくという妥当な結果が得られた。したがって、以下の計算では、全て2次補間を用いることとした。

3. 計算結果および考察 図2-1は斜面上の波の変形の様子を示したものである。これによると、波形は斜面を上るにつれて、前傾し、波高は増大している。すなわち、対称性が徐々に失われていることがわかる。図2-2は異なる水深へ移行する波の例である。これは Madsen & Mei<sup>6)</sup>が計算したものとほぼ同じ諸元を使用した。これによると、波形は前傾し、対称性を失うが、浅い水深に入ると、波は分裂し始めることがわかる。これは Madsen & Mei とほぼ同様の結果であるが、本計算結果では、波の分裂後、波高の増大はおさえられていることがわかる。図2-3は凸型地形を乗り越える波である。同様に、分裂現象が見られる。次に、斜面上における波の波高変化特性を調べたものが図3-1、3-2、3-3である。まず、初期波高・水深比  $H_0/h_0$  をパラメーターにした場合、従来の研究結果では、 $H_0/h_0$  の増加に伴い、波高増加の傾向が著しくなると述べた Madsen & Mei の計算と、逆に  $H_0/h_0$  の減少に伴い、波高増加の傾向が著しくなると述べた和田の計算、および  $H_0/h_0$  と波高変化との間にあまり関連が見られないとする Peregrine の計算などがあり、斜面上の波高変化に関する統一の見解は得られていない。本計算結果では、図3-1からわかるように、深い領域では、 $H_0/h_0$  が大きいと、波高増大の傾向は顕著になるが、浅い領域では、 $H_0/h_0$  が小さい方が、波高増大の傾向が著しくなる。図3-2は、斜面勾配  $\delta$  をパラメーターにしたものであり、 $\delta$  が大きくなるにつれて、最終的に波高増大の傾向は著しくなる。最後に、底面摩擦係数  $f$  をパラメーターにしたものを図3-3に示す。通常の海域において、 $f$  の値をいくらに見積るべきかは現在必ずしも明白ではないが、ここでは、0.0から0.2までの値を用いて計算を行った。これによると、 $f = 0.2$  ではもはや波高は増大しないことがわかる。なお、この計算方法は反射波が無視できる範囲で、任意の底面形状に対する波の変形を計算することが可能である。



(a) 直線補間法



(b) 2次曲線補間法

図-1 補間法の違いによる波形の相違

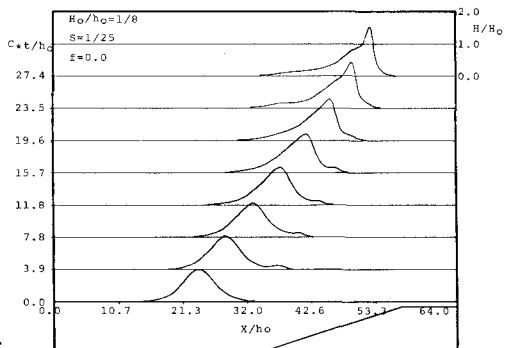


図 2-1 斜面上の孤立波の変形

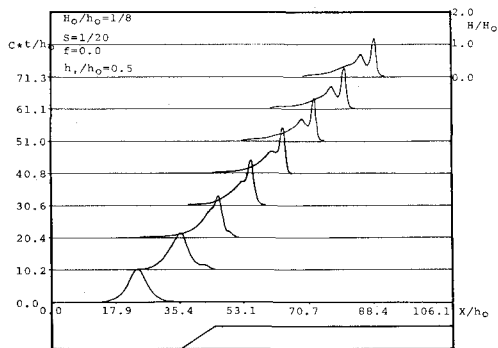


図 2-2 浅瀬へ進行する孤立波の変形

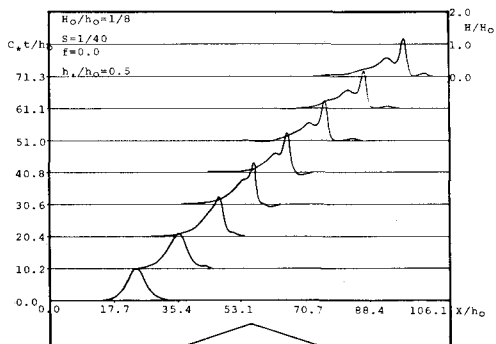


図 2-3 凸型地形を乗り越える孤立波の変形

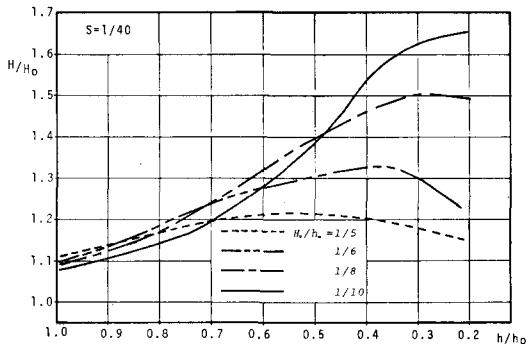


図 3-1  $H_0/h_0$  をパラメーターにした波高変化

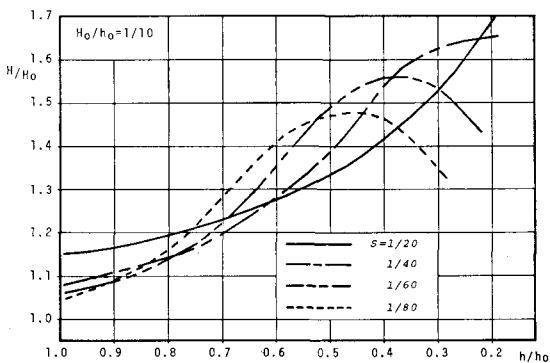


図 3-2  $S$  をパラメーターとした波高変化

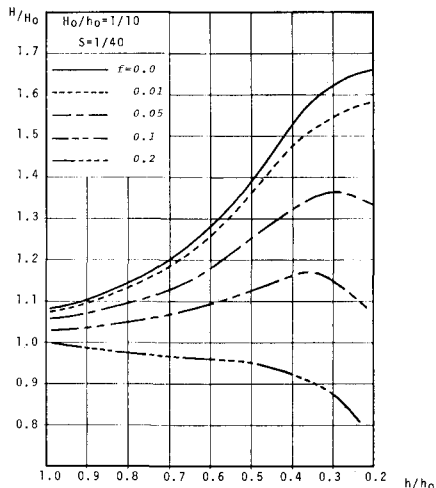


図 3-3  $f$  をパラメーターとした波高変化

#### 《参考文献》

- (1) Peregrine "Long waves on a beach" J.F.M (1967)
- (2) Madsen & Mei "The transformation of a solitary wave----" J.F.M. (1969)
- (3) 和田 "数値モデルによる有限振幅波の研究" 第20回海峯 (1973)