

金沢大学 工学部 正会員 石田 啓
金沢大学 大学院 〇近田美則

1. まえがき 波動理論は、海岸工学上必要不可欠のテーマであり、特に最近では、非定形波に関する研究に見るべきものが多いと言える。たとえば、高次のKDV方程式を用いて斜面上の波の変形を厳密に考究した安田^らの研究や、一様水深の浅水波の変形を波数周波数スペクトルの観点から考究した石田 昭^らの研究は、極めて興味深いものである。一方、これらとは別に、長波の変形を取り扱う場合に、古くから特性曲線法が用いられており、現在では、特性曲線の交点を求めるための一方法として、長方形メッシュ法が提示されている。この方法を用いれば、水路底や幅が任意に変わる場合の長波の変形を容易に計算できるが、現在、具体的な計算結果はほとんど提示されていないように思われる。したがって本研究では、種々の境界条件下における長波の変形を考察するための第一段階として、斜面上の孤立波および正弦波に関する一計算例を示すこととする。

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、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} \text{-----(1)} \quad \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [u(h+\eta)] = 0 \text{-----(2)}$$

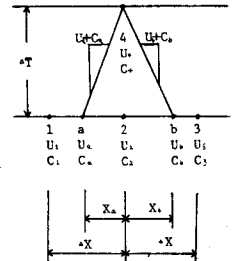


図-1

で与えられ³⁾。ここに x は波の進行方向にとった座標軸、 t は時間、 u は x 方向の水粒子速度、 h は水深、 η は水面変動を表す。また長波の波速は通常 $C = \sqrt{g(h+\eta)}$ ----(3)で与えられる。斜面の底勾配を S で表わすと、式(1)、(2)および(3)より、特性曲線 $dx/dt = u \pm C$ ----(4)上において、 $d(u \pm 2C)/dt = -gS$ ----(5)が得られる。

次に式(4)および(5)を差分近似すれば、与えられた初期波形から出発して、次の時間ステップにおける各 x 座標の点での u および C を求めることができる。この計算過程において、長方形メッシュ法では、図-1に示すように、点1および点3を通る特性曲線の交点として点4を求めるのではなく、あらかじめ与えられた点4を通る特性曲線を求める必要が生じる。すなわち、点4あるいは η における u および C の値が必要となる。これらの値は、 u_1 と C_1 の値を用いた補間法により求めることができるが、ここでは、この u_1 、 C_1 および u_3 、 C_3 の算定に際し、直線補間法を用いた結果と、二次曲線補間法を用いた結果を示す。

3. 計算例および考察 図-2(a)、(b)は、初期波形 $\eta = H \operatorname{sech}(\sqrt{3H/4h} x)$ の孤立波($H=1.0\text{m}$, $h=5.0\text{m}$)が、底勾配 $S=0.04$ の斜面において、1.43secごとの波形の変化の計算例であり、(a)は直線補間法を、(b)は二次曲線補間法を用いた場合である。図より、(a)の場合は、波形は徐々に前傾するが、波高は減少するという不合理な結果を示すが、(b)では、Madsen and Mei⁴⁾の結果に近い極めて妥当な結果を与えることがわかる。図-3(a)、(b)は初期波形 $\eta = A \sin(2\pi x/L)$ の正弦波($A=1.0\text{m}$, $L=8.0\text{m}$, $h=5.0\text{m}$)の前端と後端を滑らかにした波が底勾配 $S=0.3$ の斜面において、0.15secごとの波形の変化の計算例であり、(a)は直線補間法を、(b)は二次曲線補間法を用いた場合である。(a)では図-2の場合と同様に不合理な結果を示しているが、(b)では、安田^らの計算結果に近い妥当な結果が得られていると言える。この計算方

に対し、エネルギー損失項を導入することが可能であり、また反射波が無視できる範囲では、底面形状が任意に変わる場合にも適用できる。

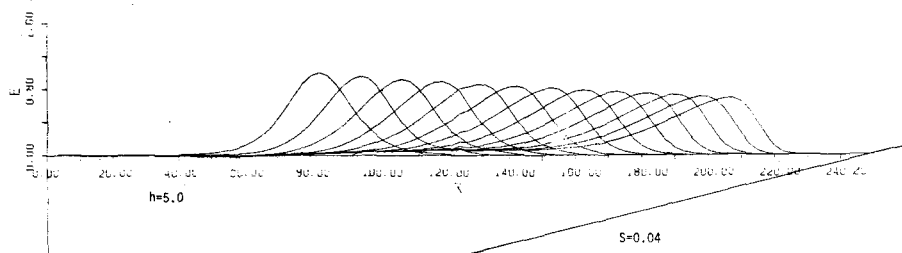
本研究を行うに際し、学部学生中島光浩君の助力に厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 安田・山下・後藤・土屋：KDV方程式による斜面上の波の変形，第26回海講，PP.21~25.
- 2) 石田・広沢・西垣：数値解析による非定形浅水波の波数周波数特性，第26回海講，PP.16~20.
- 3) メオーテ著／堀川清司訳：応用流体力学入門，東京大学出版会，PP.260~268.
- 4) Madsen and Mei: The transformation of a solitary wave over an uneven bottom,
J.F.M, vol. 39, part 4, PP.781~791.

図-2

(a)



(b)

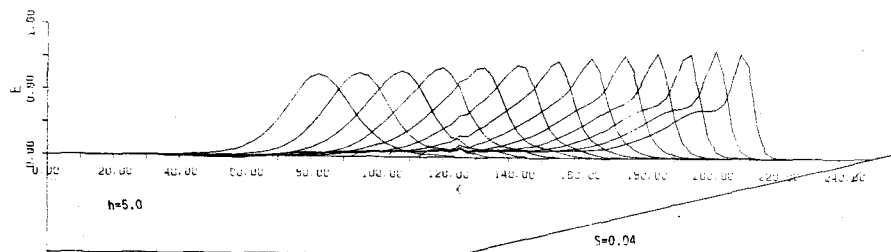
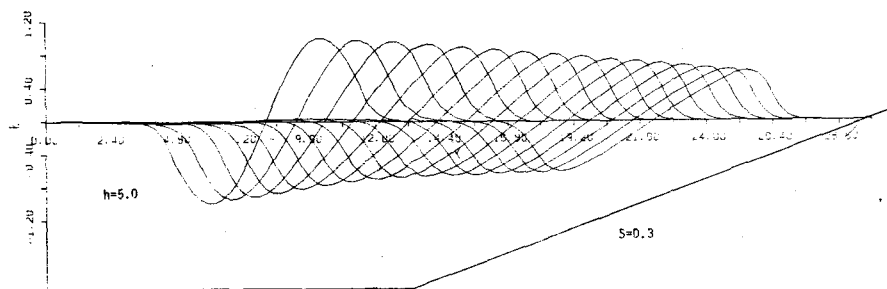


図-3

(a)



(b)

