

MAC法による孤立波の変形の数値計算

東北大学大学院 学生員 藤間功司
東北大学工学部 正 員 後藤智明
東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

MAC法は、計算領域内の格子で区切られた微小cellのすべてにおいて運動量と質量の保存則を連立して解く手法である。従って、原理的には破波の様なき急に変化する現象をも計算できる可能性がある一方、不経済性という欠点を持っている。そのため、実際に数値計算に用いられることは稀であり、他の計算法との差の程度なども必ずしも明らかでない。そこで今回は、図-1に示す条件で孤立波の変形の計算を行い、Madsen-Mei¹⁾の行ったMei-LeMehautéの式の特異曲線法による計算結果、及びStreet et al²⁾の実験結果と比較した。

2. 計算方法

MAC法は、不経済性を克服するため様々な改良が試みられている。本計算法はその中の一つの手法であるSOLA-VOF法に、斜面の境界条件と水表面セルでの水の伝達に関し筆者らが工夫を加えたものである。なお、諸量は無次元化して計算を行った。

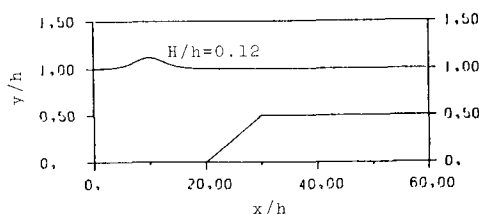


図1. 計算条件

3. 計算条件

$h=1.0$, $\Delta x/h=0.1$, $\Delta y/h=0.025$, $\Delta t/(h/\sqrt{gH})=0.05$, 動粘性係数 $\nu=0$

4. 結果

本計算は東北大学大型計算機センター・ACOS-1000システムにより $T=41.4$ まで行ない、演算時間は29時間30分(アレイプロセッサ、適正化使用)であった。

本計算結果を図2-図6に示す。図2は波形の経時変化である。ここには、 $T=40.0$ までの範囲で、時間間隔2.5で書かれている。図3は、Madsen-Meiの計算との比較である。図4、実線が本計算、○印がMadsen-Meiの計算を表す。本計算の方が変形の仕方が遅いことが分る。図4は、Streetらの実験との比較である。ここで、図中Aは $x=14.65$, Bは $x=30.0$, Cは $x=41.65$ の地点での波高の経時変化である。実線が、本計算、○印が、Madsen-Meiの計算、△印がStreetらの実験結果を表す。A点では実験値が本計算及びMadsen-Meiの計算値より険しい波形を示す。これは、実験では造波装置の制約のため孤立波の理論波形に比べ、険しい波頭形状を造っているためと考えられる。C点では、実験値は、両計算値よりもゆるやかな波形を示している。以上の結果から、本計算はMadsen-Meiの計算に比べ波形の変化が遅く、実験に比べると変形が速く計算されるということが分る。これは、本計算法では従来の方法に比べ実験結果に近い結果を得ることができるが、摩擦の影響を考慮していないために、完全に一致した解は得られない、と解釈できる。

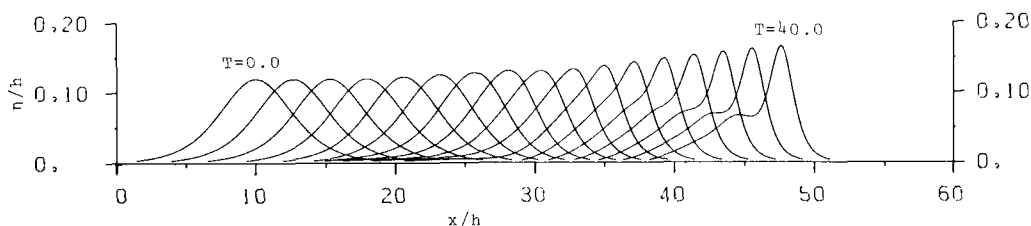


図2 波形経時変化

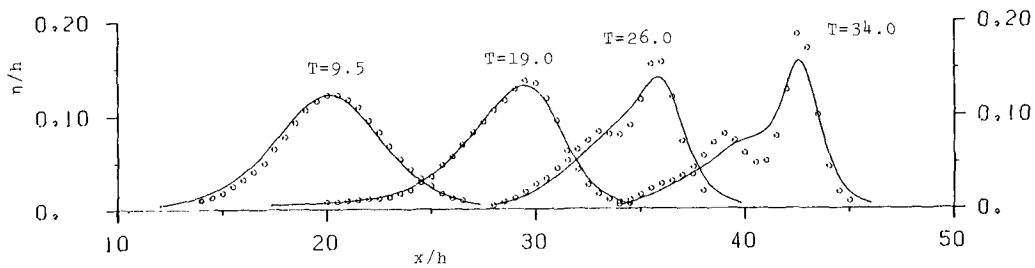


図3. Madisen-Meiの計算結果との比較

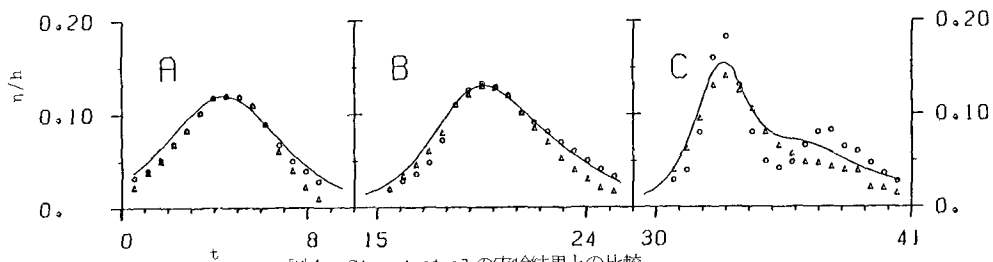


図4. Street et alの実験結果との比較

図5は、 $T=41.4$ の時の波形・流速・圧力の詳細である。ただし、圧力は静水圧との差で示してあり、等圧力線の間隔は0.002である。図中のD・Eと記した場所での流速・圧力の鉛直分布を図6に示す。○印は局所的な波形からBoussinesqの近似によって求めた値である。ここでも、圧力は静水圧との差で示してある。第1波の振幅は、あまり大きくなく、波高水深比も、0.33程度で、あまり大きくない。さらに波が発達すれば、図6に示した様な差は、より大きくなると考えられる。この様な差により、図5に示した様な計算結果の違いが生ずる。

5. おわりに

孤立波の変形の問題において、MAC法を用いれば、従来よりも実験に近い結果を得ることができることが分った。また、流速・圧力に関し、図6に示した様な差があることを明らかにした。

6. 参考文献

- 1) MADSEN, O.S. - C C MEI, 1969, JFM vol.39, pp781~791
- 2) STREET, R.L., S.J. BURGESS - P.W. WHITFORD, 1968, Stanford Univ. Tech. Rep. no. 93

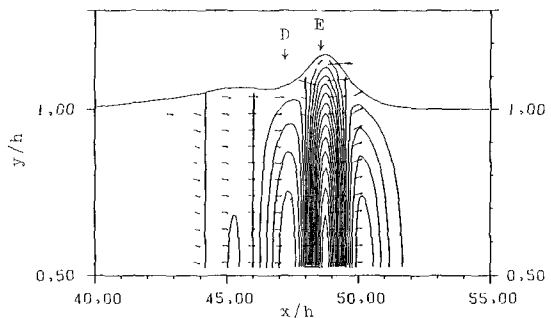


図5. 流速・圧力の空間分布図 ($T=41.4$)

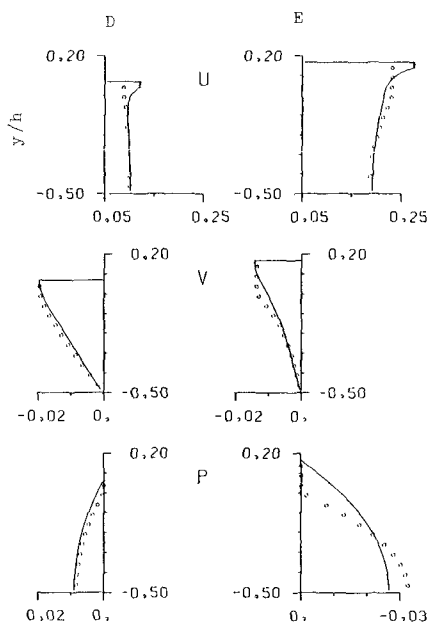


図6. 流速・圧力の鉛直分布図 ($T=41.4$)