

京都大学工学部 正員 多田 章秀
京都大学工学部 正員 岩佐 義朗

1. はじめに; 筆者らは, 時間的変化の急な流れに対する数値シミュレーション法として, 従来より用いられている特性曲線法(固定格子点)に二次内挿を導入して内挿計算の精度を向上させた計算法(以後CH2法と記す)をすでに紹介している⁽¹⁾。ところで, 前報⁽²⁾では, このCH2法を用いて単斜上昇波の数値シミュレーションを行なうとともにLighthill⁽³⁾らの理論的研究と比較した。その結果, 少なくとも上流端で与えた擾乱の発達については再現可能となった。本報では, さらにCH2法の有効性・妥当性を確かめるために, 時間的変化の急な流れの水力実験を行ない, 得られた実験値と数値シミュレーションによる結果を比較したものである。

2. 基礎式; 運動量解析法を適用すれば, 基礎式は次式で構成される。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} = \mathcal{G} \quad \text{----- (1)}, \quad U = \begin{bmatrix} A \\ Q \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} Q \\ gM \end{bmatrix}, \quad \mathcal{G} = \begin{bmatrix} 0 \\ Ag(s_0 - s_f) \end{bmatrix}$$

なお, 変数の説明, 差分式の誘導等については参考文献(4)を参照のこと。

3. 時間的変化の急な流れの水力実験;

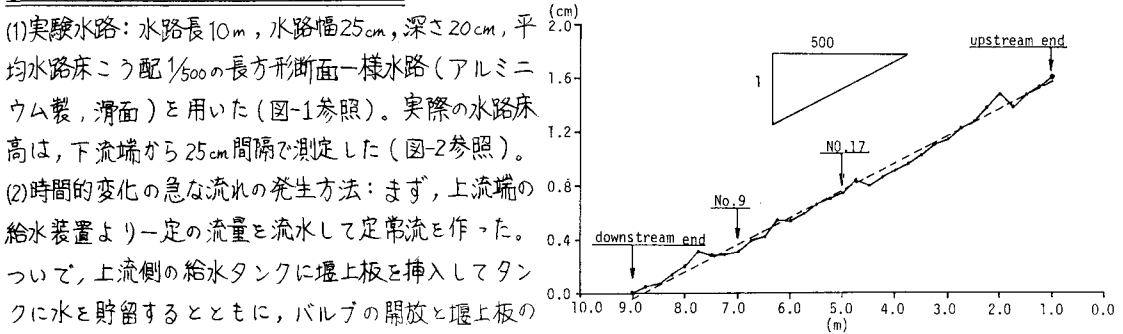


図-2. 水路床高さ

(1)実験水路: 水路長10m, 水路幅25cm, 深さ20cm, 平均水路床こう配1/500の長方形断面一様水路(アルミニウム製, 滑面)を用いた(図-1参照)。実際的水路床高は, 下流端から25cm間隔で測定した(図-2参照)。

(2)時間的変化の急な流れの発生方法: まず, 上流端の給水装置より一定の流量を流水して定常流を作った。ついで, 上流側の給水タンクに堰上板を挿入してタンクに水を貯留するとともに, バルブの開放と堰上板の除去を瞬時に行ない上流部から下流部へ伝播する時間的変化の急な流れを発生させた。一方, 下流部から上流部へ伝播するケースについては, 定常流作成後, 下流端段落部に堰上板を挿入して発生させた。

(3)水位および流量の測定: 水位は, 図-1に示される上流端, No.17, No.9, 下流端の四点に容量式波高計を設置し, ペンレコーダーに記録させて測定した。流量は, 三角堰を用い初期の定常状態についてのみ測定した。

(4)実験ケース: ここでは, 2ケースについて水力実験を行なった(表-1参照)。CASE1は, 時間的変化の急な流れの波先部が上流から下流へ伝播する場合であり, CASE2は, 波先部が下流から上流へ伝播する場合である。なお, 表中の流量は, 定常状態で測定された初期流量である。

表-1. 実験ケース

CASE NO.	CASE NAME	流量 (1/s)	波先部の伝播
CASE-1	RUN-1, CASE-J	4.141	U. → D.
CASE-2	RUN-2, CASE-C	5.274	D. → U.

(U.; Upstream, D.; downstream)

4. 実験結果と数値シミュレーションとの比較;

(1)境界条件: 図-1の上流端および下流端地点で測定された水位を0.375秒ごとに読み取り, それぞれ上流端および下流端境界条件として与えた。

(2)初期条件: 定常状態での流量および下流端地点の水位を与え不等流計算により設定した。

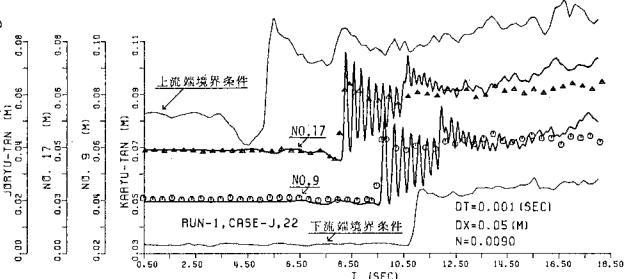


図-3. 水力実験と数値シミュレーションとの比較(CASE1)

(3)計算方法：中間点ではCH2法と、境界では従来の特性曲線法を適用した。

(4) ΔX および Δt ：文献(4)と参考にして $\Delta X=0.05\text{ m}$ 、 $\Delta t=0.001$ 秒とした。

(5)その他：Manningの粗度係数については、 $n=0.009\text{ m}^{1/3}\text{ s}$ を用いた。

さて、図-3、図-4は、それぞれCASE1、CASE2について実験結果と数値シミュレーションによる結果との比較を行な

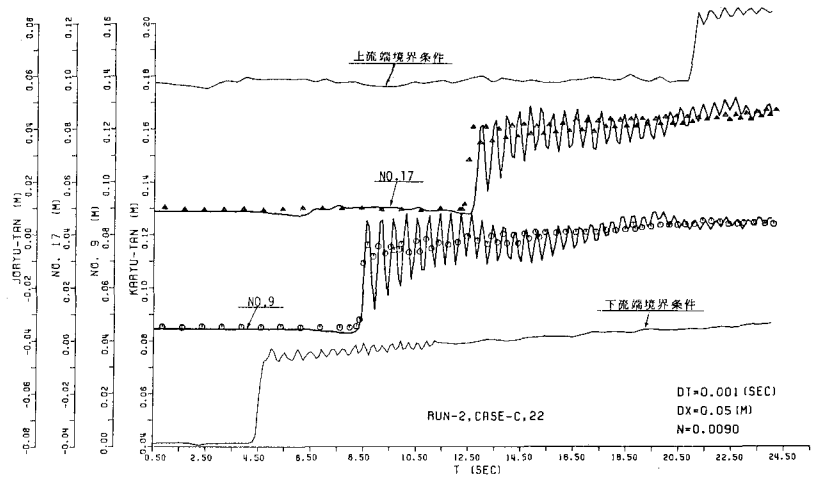


図-4. 水理実験と数値シミュレーションとの比較(CASE2)

った水位ハイドログラフである。図中には、No.9およびNo.17の実験値(○と△)、CH2法による計算値(実線)および上・下流端の境界条件が図示されている。両図より次のような事が認められる。①計算された水位の上昇傾向は、実験値と定性的に良い一致を示している。②波先の伝播距離に関して、CASE1の場合、実験結果と計算結果は良い一致を示している。しかし、CASE2では、上流側ほど実験結果の方が計算結果より大きい。③両ケースともにLax-Wendroff法と同様な振動が波先部後方に生じている。④波先の波高については、両ケースともに計算値の方が実験値よりも大きい。したがって、CH2法では波先部での波高が十分に再現されていないものと考えられる。

また、図-5、図-6は、それぞれCASE1およびCASE2の水面形の経時変化を示したものである。特に、CASE2の場合には波先部の翹上に伴い流速の低下が予想されるが、図-6では、それが再現されている。

5. おわりに；

以上より、二次内挿を導入した特性曲線法は、時間的変化の急な流れの定性的特性と十分に再現することができる。しかしながら、波先部の伝播距離および波高の再現性、波先部後方の振動など実河川に適用するには、まだ多くの問題を含んでいる。今後、これらの問題点を中心にさらに検討が必要である。

(参考文献) (1)多田・岩佐・井上；特性曲線法を用いた非常流の一計算法、土木学会年次学術講演会論文集、昭和58年。(2)多田・岩佐；特性曲線法を用いた非常流の一計算法(その2)、土木学会年次学術講演会論文集、昭和59年。(3)Lighthill,M.J. and G.B.Whitham；On kinematic waves. I, Flood movement in long rivers,Proc.of Roy. Soc. of London,Vol.229, 1955, pp.281-316。(4)岩佐・多田；不連続部を含む時間的変化の急な流れの数値シミュレーション、第29回水理講演会論文集、pp683-688、昭和60年。

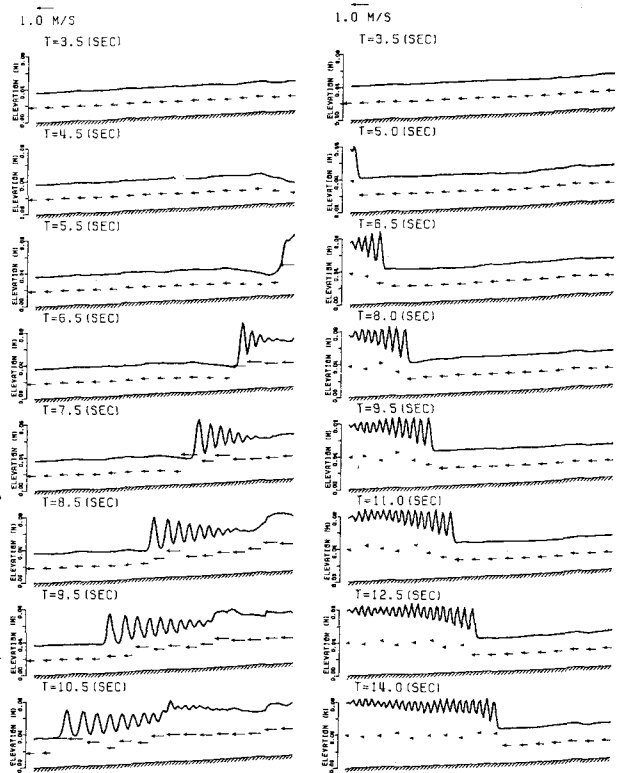


図-5. 水面形(CASE1)

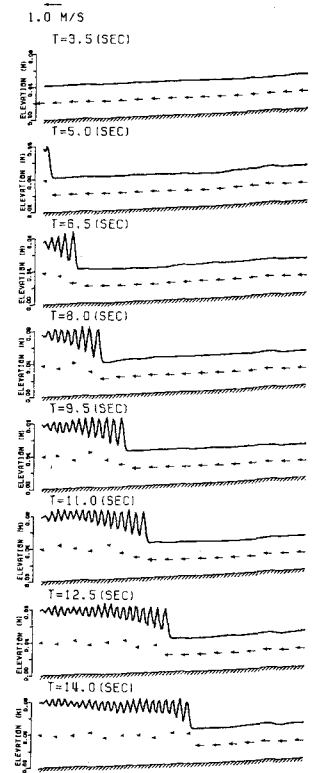


図-6. 水面形(CASE2)