

1. まえがき

特性曲線法による不定流解析の方法は数多く提案されている。ここでは段波法による解析をとりあげ考察を加えることにする。特性曲線法は解が格子状に広がる特性曲線の交点に得られることが特徴である。またこの方法で内挿計算によらず固定位置上で解を得ることも理論上可能であるので両者について計算結果を比べることとする。

2. 段波法の計算方法

下流側に計算する場合、一般的な方法では(図1)

連続運動の式より

$$U_{Bi} - 2V_{Bi} = U_{Ai} - 2V_{Ai}$$

$$U_{Bi} + 2V_{Bi} = U_{Ci} + 2V_{Ci}$$

$$(X_i - X'_{i-1}) / (T_i - T'_{i-1}) = \frac{U'_{Bi} + U_{Ci}}{2} - \frac{V'_{Bi} + V_{Ci}}{2}$$

$$(X_i - X_{i-1}) / (T_i - T_{i-1}) = \frac{U_{Bi-1} + U_{Ai-1}}{2} + \frac{V_{Bi-1} + V_{Ai-1}}{2}$$

Bernoulliの定理より

$$U_{Ci} = U_{Bi-1} + \frac{U_0}{(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X_i - X_{i-1})$$

$$V_{Ci} = V_{Bi-1} - \frac{V_0}{2(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X_i - X_{i-1})$$

$$U_{Ai} = U'_{Bi} + \frac{U_0}{(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X_i - X'_i)$$

$$V_{Ai} = V'_{Bi} - \frac{V_0}{2(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X_i - X'_i)$$

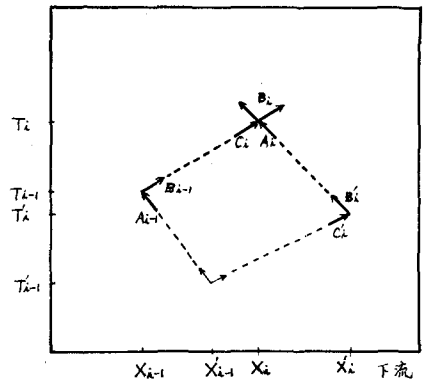


図1
河床勾配

ここに U 流速, V 波速, X 距離, T 時間, R 径深, n 粗度係数, ϕ 中間点における値により U_{Bi} , V_{Bi} , X_i , T_i を計算する。なお所要の位置に交点がない場合は隣接の2点で内挿を行う。

固定位置上に解を得るためには(図2)

$$(X_i - X'') / (T_i - T'') = \frac{U''_B + U'_C}{2} - \frac{V''_B + V'_C}{2}$$

$$(X'' - X_i) / (T'' - T_i) = \frac{U_{Bi} + U_{Ai}}{2} + \frac{V_{Bi} + V_{Ai}}{2}$$

$$\frac{X'' - X_i}{X_{i+1} - X_i} = \frac{U''_B - U'_{Bi}}{U_{Bi+1} - U_{Bi}} = \frac{V''_B - V'_{Bi}}{V_{Bi+1} - V_{Bi}}$$

$$U''_C = U'_{Bi} + \frac{U_0}{(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X'' - X_i)$$

$$V''_C = V'_{Bi} - \frac{V_0}{2(U_0^2 - V_0^2)^{3/2}} g \left(i - \frac{\pi^2 U_0^2}{R_0^{4/3}} \right) (X'' - X_i)$$

により U''_B , V''_B , X'' を計算する。これを計算するためには

繰り返し計算によらねばならず U''_B , V''_B に才1近似として i あるいは $i+1$ の値を仮定する必要がある。このようにして得た U''_B , V''_B , X'' により U_{Ai} , V_{Ai} を計算しあとは一般的な方法と同様な計算手順である。

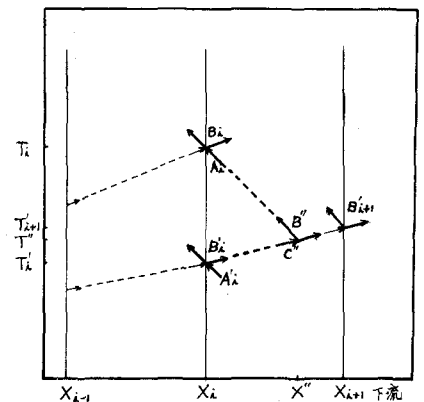
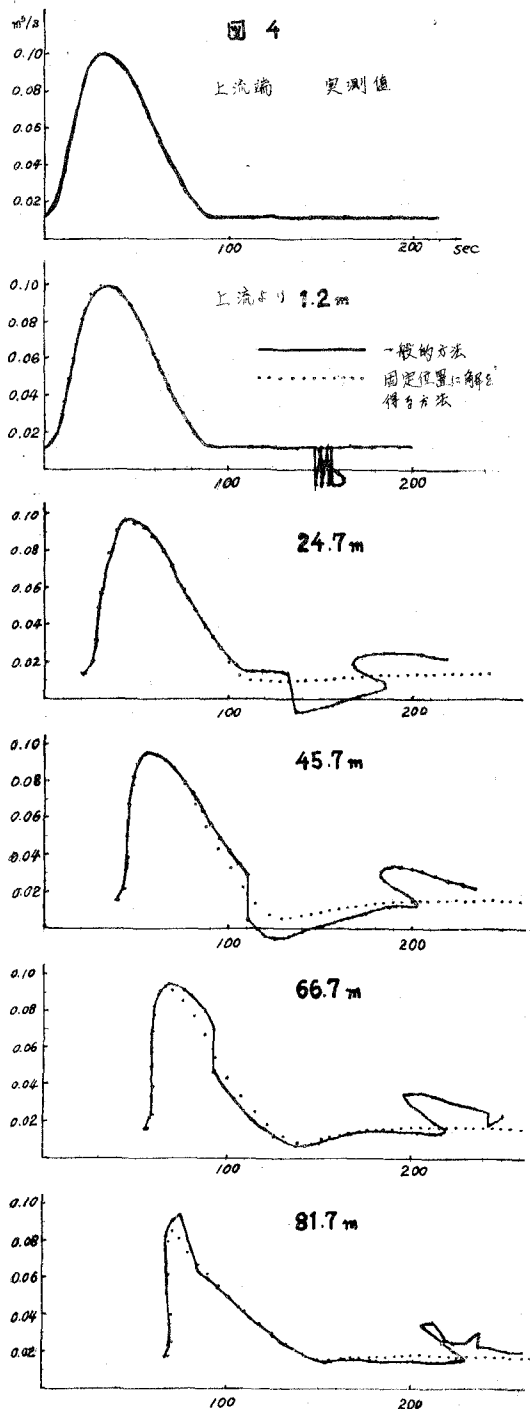
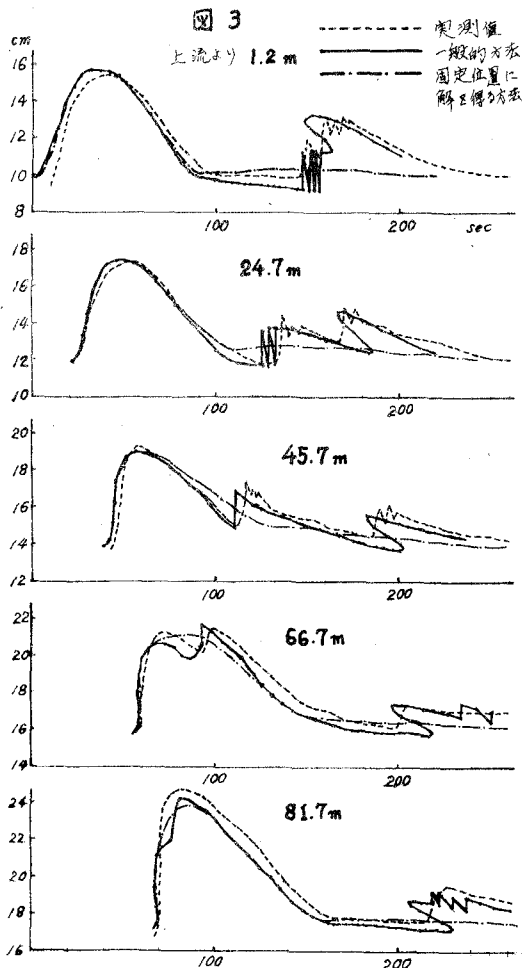


図2



3. 計算例

計算にあたって実験値は電力中研で行ったものを借用した。実験の概要については長さ 88 m、巾 1 m の開水路で傾きを 1/1000、下流端のせきの高さを 13.8 m、その越流係数 1.80、粗度係数 0.0101 であり、上流端における流量を図 4 の最上図のように変化させたものである。初期条件としては上流端における流量の他に一般的方法では 2 m 毎に初期流量における水位、固定位置に解を得る方法では初期流量における固定位置の水位を与えた。解析結果をみると水位(図 3)では前者は後者よりよくシミュレーションしている。すなわち才 2、才 3 のピークを後者は計算していない。さらに流量からは(図 4)で流側ではすでに才 1 のピークにおいて両者が異なった値を示していることが観察できる。

参考文献

伊藤、秋元他 数値解析の応用と基礎 アテネ出版
秋元 開水路非定流の数値解析手法 18 回水理講演会
岸 特性曲線法による非定常流の解き方 土研報告 No