

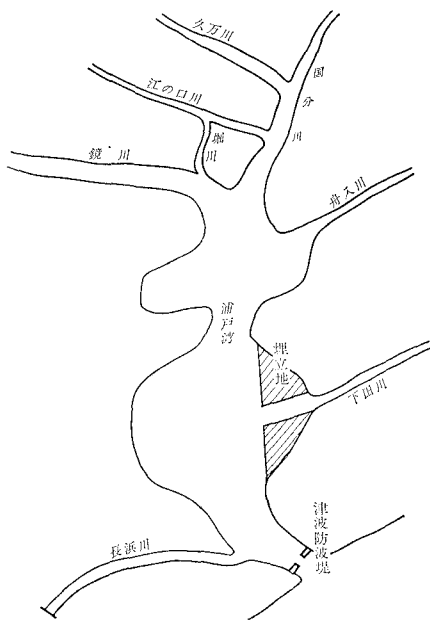
湾および河川網に侵入する津波の計算

堀 口 孝 男*・高 隆 二**

1. はしがき

この計算は昭和 36 年に発表された「水路に侵入する津波の計算」の続編とも称すべきもので、当時においては、自由に使える大型計算機がなく、単純化されたモデルによって計算を実施したが、今回の計算では、図-1 に示すごとく河川を原地形どおりに表わし、浦戸湾および各河川に侵入する津波の性状を検討した。また、鏡川、国分川、江の口川、堀川で形成される網目状の河川における流況と、長浜川のように終端において完全反射が行なわれた場合の水理学的な様相が、Characteristic method によりどのように表現されるかを合わせて検討している。

図-1



湾口における条件は前回と同様、津波防波堤を湾口に設けて侵入するエネルギーの減殺をはかっており、津波波形は基準面上 4 m、基準面下 1.5 m の振幅を有する正弦波を使用し、周期は 30 分である。また基準面は平均満潮面としており、河川の流量は国分川 22 m³/sec、鏡川 18 m³/sec、舟入川 5 m³/sec、下田川 3 m³/sec、江の口川 3 m³/sec、久万川 3 m³/sec のごとく平水流量をとり、堀川、長浜川では流量はないものとしている。

* 正会員 運輸省港湾局防災課

** 正会員 日本港湾コンサルタント

2. 計算法と計算精度の保持

説明の都合から前回と多少重複するが、計算法を述べるとつぎようになる。

Dimensional value には * 印を付するとして、 x^* 軸を基準面上において水平上流側に向かってとり、 y^* 軸は鉛直上向きに正、水底を $y^* = -h^*$ 、水面を $y^* = \eta^*$ 、 b^* を水路幅とする。運動方程式は、

$$\left. \begin{aligned} \rho^* \frac{Du^*}{Dt^*} &= -\frac{\partial p^*}{\partial x^*} + \frac{\partial \tau^*}{\partial y^*} \\ \rho^* \frac{Dv^*}{Dt^*} &= -\rho^* g^* - \frac{\partial p^*}{\partial y^*} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2.1)$$

連続方程式は、

$$\frac{\partial \{(h^* + \eta^*)u^*b^*\}}{\partial x^*} + b^* \frac{\partial \eta^*}{\partial t^*} = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

式 (2.1) において $v^* = 0$, $[\tau^*]_{\eta^*} = 0$, $[\tau^*]_{-h^*} = \rho^* f \times |u^*|u^*$ とおけば、

$$\frac{\partial u^*}{\partial t^*} + u^* \frac{\partial u^*}{\partial x^*} + g^* \frac{\partial \eta^*}{\partial x^*} = -\frac{f|u^*|u^*}{\eta^* + h^*} \dots\dots(2.3)$$

ここで、

$$f = \frac{g^* n^2}{(h^* + \eta^*)^{1/3}} \dots\dots\dots(2.4)$$

n : Manning の粗度係数

となる。式 (2.3) は Friedrichs's expansion の第 1 近似に相当する。これらを無次元化するため、 $x^* = l^* x$, $c_0^* = \sqrt{g^* h_0^*}$, $t^* = T^* t$, $\eta^* = h_0^* \eta$, $h^* = h_0^* h$, $u^* = c_0^* u$, $l^* = c_0^* T^* l$ とおき、

$$c = \sqrt{h + \eta} = \frac{c^*}{c_0^*}, \quad \frac{1}{b^*} \frac{\partial b^*}{\partial x} = \frac{\partial B}{\partial x}$$

とするならば、式 (2.2), (2.3) は、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + 2c \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$2 \frac{\partial c}{\partial t} + 2u \frac{\partial c}{\partial x} + c \frac{\partial u}{\partial x} = -cu \frac{\partial B}{\partial x} \dots\dots(2.6)$$

式 (2.5), (2.6) の和および差をつくり、それらの式に含まれる微分を階差式で表わすと、

$$\begin{aligned} & 2 \left\{ (c_{ij} + u_{ij}) \frac{c_{ij} - c_{i,j-1}}{\Delta x} + \frac{c_{i+1,j} - c_{ij}}{\Delta t} \right\} \\ & + \left\{ (c_{ij} + u_{ij}) \frac{u_{ij} - u_{i,j-1}}{\Delta x} + \frac{u_{i+1,j} - u_{ij}}{\Delta t} \right\} \\ & = \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij} - \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij} \dots\dots\dots(2.7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -2 \left\{ (-c_{ij} + u_{ij}) \frac{c_{ij+1} - c_{ij}}{\Delta x} + \frac{c_{i+1,j} - c_{ij}}{\Delta t} \right\} \\
 & + \left\{ (-c_{ij} + u_{ij}) \frac{u_{ij+1} - u_{ij}}{\Delta x} + \frac{u_{i+1,j} - u_{ij}}{\Delta t} \right\} \\
 & = \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij} - \left(\frac{f l^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij} + \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij} \\
 & \dots\dots\dots (2.8)
 \end{aligned}$$

ここで i は時間のステップ, j は距離のステップを示し, 式 (2.7) を Forward characteristic, 式 (2.8) を Backward characteristic と呼ぶ。式 (2.7), (2.8) の和および差をさらにつくることにより, $(i+1, j)$ における c, u は, $(i, j-1), (i, j), (i, j+1)$ の3点による explicit equation から決定される。すなわち,

$$\begin{aligned}
 c_{i+1,j} &= c_{ij} - \frac{1}{2} (c_{ij} + u_{ij}) (c_{ij} - c_{ij-1}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{2} (-c_{ij} + u_{ij}) (c_{ij+1} - c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{4} (c_{ij} + u_{ij}) (u_{ij} - u_{ij-1}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{4} (-c_{ij} + u_{ij}) (u_{ij+1} - u_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{2} \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij} \dots\dots\dots (2.9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_{i+1,j} &= u_{ij} + (c_{ij} + u_{ij}) (c_{ij} - c_{ij-1}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & + (-c_{ij} + u_{ij}) (c_{ij+1} - c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{2} (c_{ij} + u_{ij}) (u_{ij} - u_{ij-1}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & - \frac{1}{2} (-c_{ij} + u_{ij}) (u_{ij+1} - u_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
 & + \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij} - \left(\frac{f l^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij} \dots\dots\dots (2.10)
 \end{aligned}$$

つぎに河川の流れ点, 合流点における計算法は, 図-2 の場合には (0) に Forward characteristic, (1), (2) に Backward characteristic を用い, 図-3 の場合には, (1), (2) に Forward characteristic, (0) に Backward characteristic を用いる。ただしいずれの場合でもつぎの関係が成り立つ。

$$c_{ij}^{(0)} = c_{ij}^{(1)} = c_{ij}^{(2)} = c_{ij} \dots\dots\dots (2.11)$$

図-2

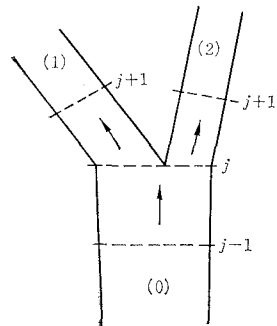
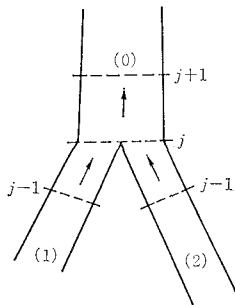


図-3



$$b_j^{*(1)} u_{i+1,j}^{(1)} + b_j^{*(2)} u_{i+1,j}^{(2)} = b_j^{*(0)} u_{i+1,j}^{(0)} \dots\dots (2.12)$$

式 (2.11), (2.12) を用いて,

$$\begin{aligned}
 u_{i+1,j}^{(0)} &= u_{ij}^{(0)} + \frac{1}{b_j^{*(0)} + b_j^{*(1)} + b_j^{*(2)}} \\
 & \times \left[\mp 2(b_j^{*(1)} + b_j^{*(2)}) (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)})}{(c_{ij+1}^{(0)} - c_{ij}^{(0)})} \right\rangle \right. \\
 & - (b_j^{*(1)} + b_j^{*(2)}) (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)})}{(u_{ij+1}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})} \right\rangle \\
 & \pm 2b_j^{*(1)} (u_{ij}^{(1)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij+1}^{(1)} - c_{ij})}{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(1)})} \right\rangle \\
 & \pm 2b_j^{*(2)} (u_{ij}^{(2)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij+1}^{(2)} - c_{ij})}{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(2)})} \right\rangle \\
 & - b_j^{*(1)} (u_{ij}^{(1)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij+1}^{(1)} - u_{ij}^{(1)})}{(u_{ij}^{(1)} - u_{ij-1}^{(1)})} \right\rangle \\
 & - b_j^{*(2)} (u_{ij}^{(2)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij+1}^{(2)} - u_{ij}^{(2)})}{(u_{ij}^{(2)} - u_{ij-1}^{(2)})} \right\rangle \\
 & \left. + b_j^{*(1)} M_1 \Delta t + b_j^{*(2)} M_2 \Delta t \right] \dots\dots\dots (2.13)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_{i+1,j}^{(1)} &= u_{ij}^{(1)} \mp 2(u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)})}{(c_{ij+1}^{(0)} - c_{ij})} \right\rangle \\
 & - (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)})}{(u_{ij+1}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})} \right\rangle \\
 & - (u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)}) \\
 & \pm 2(u_{ij}^{(1)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij+1}^{(1)} - c_{ij})}{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(1)})} \right\rangle \\
 & - (u_{ij}^{(1)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij+1}^{(1)} - u_{ij}^{(1)})}{(u_{ij}^{(1)} - u_{ij-1}^{(1)})} \right\rangle \\
 & + M_1 \Delta t \dots\dots\dots (2.14)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_{i+1,j}^{(2)} &= u_{ij}^{(2)} \mp 2(u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)})}{(c_{ij+1}^{(0)} - c_{ij})} \right\rangle \\
 & - (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)})}{(u_{ij+1}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})} \right\rangle \\
 & - (u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)}) \\
 & \pm 2(u_{ij}^{(2)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij+1}^{(2)} - c_{ij})}{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(2)})} \right\rangle \\
 & - (u_{ij}^{(2)} \mp c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij+1}^{(2)} - u_{ij}^{(2)})}{(u_{ij}^{(2)} - u_{ij-1}^{(2)})} \right\rangle \\
 & + M_2 \Delta t \dots\dots\dots (2.15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{i+1,j} &= c_{ij} \mp (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)})}{(c_{ij+1}^{(0)} - c_{ij})} \right\rangle \\
 & \mp \frac{1}{2} (u_{ij}^{(0)} \pm c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\langle \frac{(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)})}{(u_{ij+1}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})} \right\rangle \\
 & - \frac{1}{2} (u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)}) \\
 & + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} \Delta t - \left(\frac{f l^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(0)} \Delta t \right. \\
 & \left. \mp \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} \Delta t \right\} \dots\dots\dots (2.16)
 \end{aligned}$$

ここで、

$$M_1 = \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} + \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(1)} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(0)} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(1)} \mp \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} \pm \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(1)} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$M_2 = \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} + \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(2)} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(0)} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(2)} \mp \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} \pm \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(2)} \dots\dots\dots (2.18)$$

である。式(2.13)~(2.18)における重複符号ならびに $\left\langle \begin{matrix} c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)} \\ c_{ij+1}^{(0)} - c_{ij} \end{matrix} \right\rangle$ などの式については、図-2の場合に上のものを取り、図-3の場合には下のものをとる。

幅員が急激に変わるときは、図-2の場合において $b_j^{*(2)} = 0$ とおけばよい。すなわち、

$$u_{i+1,j}^{(0)} = u_{ij}^{(0)} + \frac{b_j^{(1)}}{b_j^{*(0)} + b_j^{*(1)}} \times \left[M_1 \Delta t - 2(c_{ij} + u_{ij}^{(0)})(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)}) \frac{\Delta t}{\Delta x} - (c_{ij} + u_{ij}^{(0)})(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)}) \frac{\Delta t}{\Delta x} + 2(-c_{ij} + u_{ij}^{(1)})(c_{ij+1}^{(1)} - c_{ij}) \frac{\Delta t}{\Delta x} - (-c_{ij} + u_{ij}^{(1)})(u_{ij+1}^{(1)} - u_{ij}^{(1)}) \frac{\Delta t}{\Delta x} \right] \dots\dots\dots (2.19)$$

$$u_{i+1,j}^{(1)} = \frac{b_j^{*(0)}}{b_j^{*(1)}} u_{ij}^{(0)}, j \dots\dots\dots (2.20)$$

$$c_{i+1,j} = c_{ij} - (c_{ij} + u_{ij}^{(0)})(c_{ij} - c_{ij-1}^{(0)}) \frac{\Delta t}{\Delta x} - \frac{1}{2}(c_{ij} + u_{ij}^{(0)})(u_{ij}^{(0)} - u_{ij-1}^{(0)}) \frac{\Delta t}{\Delta x} - \frac{1}{2}(u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)}) + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} - \left(\frac{fl^*}{h_0^*} \frac{|u|u}{c^2} \right)_{ij}^{(0)} - \left(cu \frac{\partial B}{\partial x} \right)_{ij}^{(0)} \right\} \Delta t \dots\dots\dots (2.21)$$

以上により計算式は定まる。

境界条件は $x=0$ において c_{i0} が与えられ、 u_{i0} は式(2.8)を用いて定める。長浜川を除く各河川の上流端は、そこまで津波の影響がおよばないような標高、距離ともに十分にある点に定め、そこでは c, u は計算中不変なものとする。長浜川の末端は完全反射を仮定しているので、この点では Forward characteristic 式(2.7)を適用し $u=0$ に保つ。 $\Delta B, \Delta h, f$ の値は前回同様時間に無関係とした。計算に使用した諸元はつぎのとおりである。

$$l^* = 15000 \text{ m} \quad \Delta x^* = 150 \text{ m}$$

$$c_0^* = 20 \text{ m/sec} \quad \Delta t^* = 7.5 \text{ sec}$$

$$T^* = 750 \text{ sec}$$

計算精度は、津波がその地点にまだ到達しない間に、水位ならびに流速は階差式の計算によって変動を生じてくるので、この変動量の大小によって目安がつけられる。変動量をできるだけ小さくするためには、 $t=0$ の近傍における初期状態で、式(2.9),(2.10)などから得られる $|c_{i+1,j} - c_{ij}|, |u_{i+1,j} - u_{ij}|$ の量を 10^{-4} の位数以下にすることによって可能である。これは初期において変動が大きく加算され、その後計算が進行するにつれて、式(2.9),(2.10)の右辺各項が均衡を保つようになり、変動量の加算が小さくなって安定してくるからである。これらの処置をなすにはつぎの点に注意することが必要である。

(1) 初期状態における c, u に影響をおよぼすのは h の変化であるから、 $|c_{0,j+1} - c_{0,j}|$ が j の移動につれて急激に変化しないように、できるだけ様な河床勾配によって h を変化させる。また河床勾配を変化させるときには、できるだけ滑らかに行なう。このことは別の観点からすると、事前に smoothing を行なっていることに相当する。

(2) 前回の計算では $|AB| \leq 0.025, f \leq 0.005$ の制限を与えて計算精度の保持をはかったが、各河川の上流は急峻で粗度係数の大きい河床であるから、今回の計算ではこの条件をはずし、 $|c_{1,j} - c_{0,j}|$ が 10^{-4} の位数にとどまるように f, h, B あるいは幅員急変部などを選定し、trial の計算を数回試みて値を検討し、計算精度が保てるように工夫した。この結果によれば、河川上流部における粗度係数、河床高などは、幅員急変部の近傍を除いて比較的原地形に近い値をとることができた。

(3) 分流点、合流点、幅員急変部の $c_{i+1,j}$ を求める計算式、(2.16),(2.21)には $\frac{1}{2}(u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})$ の項が含まれており、 $(u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)}) > 0$ のときには $c_{i+1,j}$ を減少せしめる働きをなす。初期の状態で水深が浅い場合には c_{ij} は計算の進行につれて負となる恐れがあり、この場合には物理的に無意味となり計算は発散する。これに対処するには、 f, B などを適当に修正して、初期における $\frac{1}{2}(u_{i+1,j}^{(0)} - u_{ij}^{(0)})$ の正となる量をできるだけ小さくするようにするか、あるいは負の量となるようにする。今回の計算では水深の浅い幅員急変部が、各河川の上流部に少なくとも1カ所はあるので、この近傍の f, B は、多少現地と異なる値を用いている。これらはこの計算法の弱点であろう。

3. 計算結果の検討

計算は第2波の一部を含む50分にわたって行ない、1分ごとに各地点の水位ならびに流速を求めている。そ

の結果によればつぎのようになる。

(1) 各河川の水
位ならびに流速の変
化は前回の計算とほ
ぼ同様の傾向に示し
ている。鏡川では上
流において水位はや
や高まるが、国分川
では、江の口川、久
万川、舟入川に水が

流入するので、浦戸湾に近い流域では、前回の計算より水位は低くなっている。

(2) 前回の計算と同様に、波の break は各河川に
おいては生じていない。

(3) 流速最大の点は、水位最大の前面を進行する。

(4) その他前回で分析した結果とほぼ相似した性状を
示すので、詳細は省略する。

つぎに鏡川、国分川、江の口川、堀川で形成される網
目状の河川流域における流況を、時間の推移につれてそ
の流向の変化で示せば、図-4 のようになる。図-4 から
わかるように、堀川はかなり複雑な作用をおよぼして
いる。図-4 (A) は 25 分程度経過したときの流況図
で、以下、約 5 分の間隔をおいた流況の変化が (B)、
(C)、(D) に示される。図-4 (E) は第 2 波が鏡川、国
分川に侵入するときの流況である。このようにしてみると、
Characteristic method によるこの計算法はかなり
詳細に流れの変化を表現することができるものと思われ
る。

長浜川の末端は土佐湾に通じているのであるが、海岸

図-4

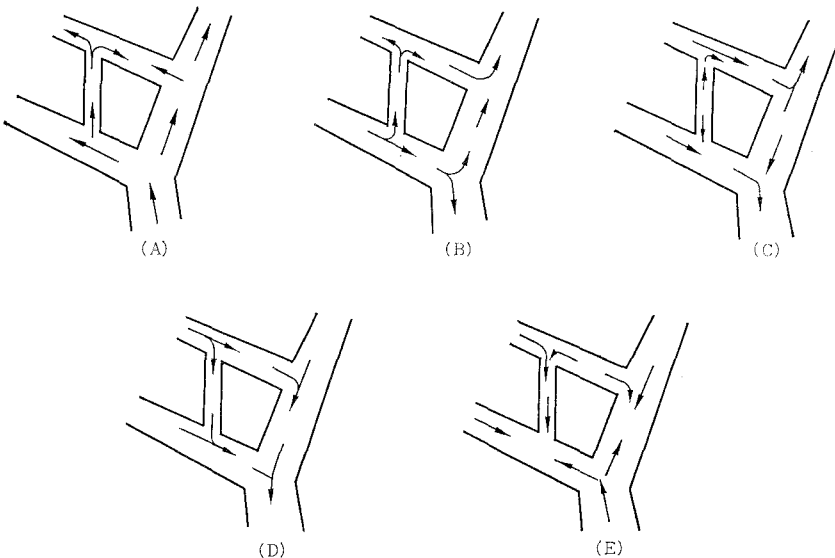
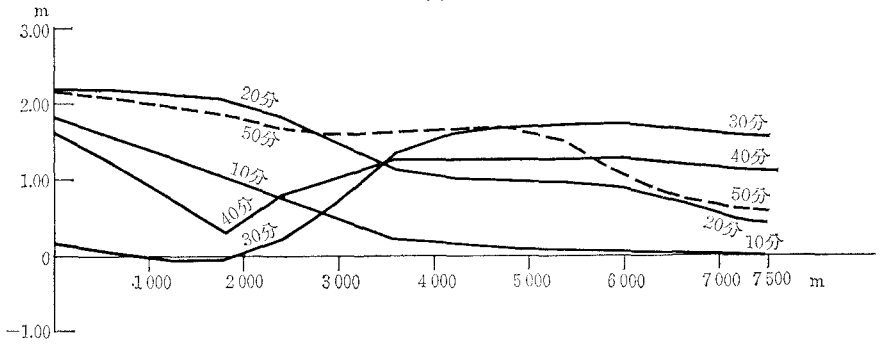
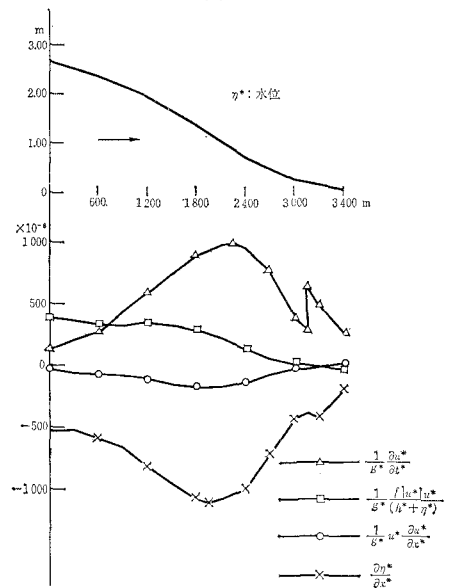


図-5



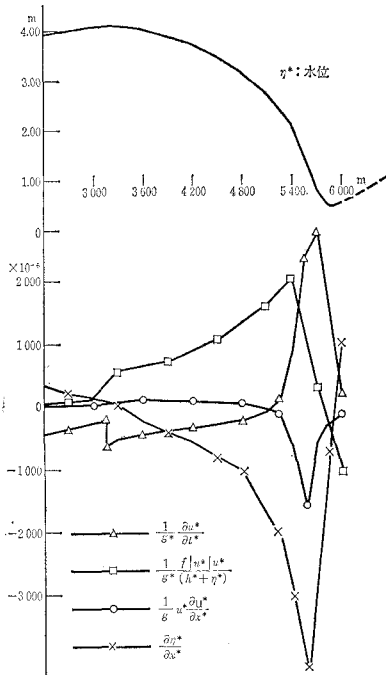
においてカルバートならびにゲートが設置されており、
津波時にはゲートを閉鎖すると想定して、ここで波が反

図-6



射するものとしての計算を
行なった。水位の変化を時
間の経過につれて表現して
みると 図-5 のようにな
る。10 分を経過したとき
は浦戸湾から津波が侵入し
ており、波の先端はまだ反
射点に到達していない。20
分および 30 分を経過した
ときの波形を比較してみると、
3000 m と 4000 m の
中間に節点を有する重複波
のような運動を示してい
る。30 分を過ぎる頃から
引き波の一部が浦戸湾より
侵入し、長浜河口の周辺で
水位がやや高まると、今度

図-7



は逆に長浜川から浦戸湾へ流出する。その後第2波が浦戸湾より侵入すると、さきの重複波形はくずれて40分に示すような波になる。さらに、第2波の流入が続いて50分に示されるような水位となる。これで見ると、重複波に近い状態が形成されるのは比較的短時間の間であると考えられる。

津波の進行する前面において、式(2.3)に示される各項の大きさがどのように変化するかを、比較的一様な幅員と河床勾配を有する下田川を例にとり、比較検討してみた。図-6、図-7は式(2.3)の両辺を g^* で除して無次元化した量で表現しており、図-6は波の先端が $h^*=0$ の地点に達し変形がいちじるしくないときの値

で、図-7はそれより10分を経過したときの値を示している。図-6からみると、慣性項は水面勾配の最大の付近を除いては比較的小さく、加速度項、水面勾配の項に比して 10% 以下となっている。加速度項、水面勾配の項は最大で 10^{-3} 程度の大いさとなっており、通常の感潮河川における潮汐による値は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であるから、これは1桁値が大きくなっている。また図からみると、最大の水面勾配から前面では、ほとんど加速度項と水面勾配の項で均衡を保っている。しかしながら図-7においては波形にいちじるしい変形をきたしており、とくに波の先端付近では各項の極値が表われている。この付近では抵抗項と慣性項の値がかなり大きいのも目立った特徴の一つである。これより後方の領域においても図-6と異なった傾向を示しており、抵抗項の果たす役割が大きく、水面勾配、加速度項の和に対してほとんど均衡を保つ程度に至っている。この意味からして、長周期波浪の変形に対しては抵抗項の重要性が認識される。

4. 結 語

以上のごとく、今回の計算で顕著に表わされた事項について二、三の検討を行なったが Characteristic method にもとづくこの計算法は、比較的狭い湾や河川に関する水理現象を解明するにはかなり有効な手段と考えられる。ただ急激な河床高の変動がある場合には誤差が累積し、また水深が浅い場合には、合流点、分流点、幅員急変部において計算の操作に注意が必要となる。

使用した計算機は IBM 7090 型であり、compiling の作業は日本 IBM 社の協力を受けている。

参 考 文 献

- 1) 浜田・堀口・加藤・金子：水路に侵入する津波の計算，第8回海岸工学講演会，土木学会，1961。
- 2) Stoker, J.J.: Water waves, Interscience, 1957。