

洪水時における河川水位の実時間予測手法に関する研究

名古屋大学大学院 〇池上達夫
 名古屋大学工学部 正会員 松林宇一郎
 名古屋大学工学部 正会員 高木不折

1. はじめに 今日のように都市化が進み、より危険な地域にも人間活動が広がりつつある社会において河川がひとたび氾濫すれば、その被害は直接的なものだけでなく、都市特有の都市機能の停止による二次災害も予測される。その被害を防止・低減するためには適切な洪水対策が必要となり、そのため洪水予測は非常に重要になってくる。今までの予測手法としては、水位相関法、流出解析法、不定流計算等があり、さらに不定流計算の数値計算モデルとして河川が急な流れの場合はKinematic waveモデル、緩やかな場合はDynamic waveモデルで取り扱えばよいことがわかっている。しかし、これらの予測手法は個々独立したものであり、日本の河川のように、河口が平坦で上流が急な河川では、それぞれの手法を組み合わせで予測しなければならない。そこで本研究では、特に河川の水位予測をするにあたりどのような手法の組み合わせで行えばよいか、またその誤差について明らかにすることを目的とする。

2. 予測手法 本研究では河川の水位予測を、次に示す不定流の基礎式を解くことにより行う。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g \left(i - \frac{n^2 u |u|}{R^{4/3}} \right) \cdots (2.1), \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \cdots (2.2)$$

ここで、 g ：重力加速度、 u ：流速、 i ：河床勾配、 h ：水深、 n ：粗度係数、 x ：距離、 t ：時間

A ：流水断面積、 Q ：流量、 q ：横流入量

しかし、これらの式は非線形であるため、解析的に解くのは困難であり何らかの数値計算法によらざるえない。そこで本研究では数値計算法として、Two-Step Lax-Wendroffの差分法を用いることとした。ここで流れに対する数値計算モデルの特徴について述べると、Kinematic waveモデルは流れが急な河道で用いられ、流速の時間的・場所的变化、あるいは水面勾配は河床勾配並びに摩擦勾配に比べて小さく無視されるが、緩やかな河道で用いられるDynamic waveモデルは基礎式の全ての項を用いて計算しなければならない。本研究では、これら2つの数値計算モデルを急・緩勾配を有する河道に適用する場合の組み合わせによる誤差等を検討した。

3. 数値解析結果及び考察 対象河川は岐阜県恵那郡に水源を発し、名古屋市北西部を流れる庄内川（流域面積1010km²、幹線流路距離延長96kmの一級河川）である（図-1）。数値計算では、志段味・当知間は流れが緩やかなためDynamic waveモデルを、多治見・志段味間については流れが急なためKinematic waveモデルを用いて水位計算した。境界条件は、多治見または志段味において上流端境界条件を、D.Wモデルでは当知において下流端境界条件を与えた。支川の流入としては、矢

田川の流入のみを考えた。ただし、K.Wモデルで与える多治見の境界条件は、残流域からの流入を考え、流量を1.3倍して与えた。また、途中にある枇杷島観測所で計算値と実測値の比較をした。

3.1 Dynamic waveモデルの計算 志段味・当知間では1)粗度係数（ $n=0.024, 0.026, 0.028(\text{m}^{-1/3}\text{s})$ の3ケース）、2)数値計算で用いた時間ステップ（ $dt=10, 15$ 秒の2ケース）を変えた計算を行い、実測値と比較して考察を行った。1)粗度係数の比較を図-2に示す。この図より、全体に計算値のほうが実測値よりも早くピークが現れ、またその値は計算値の方が大きい。また、ピーク以降の低減は、低減の初期では計算値の方が実測値より小さく、計算

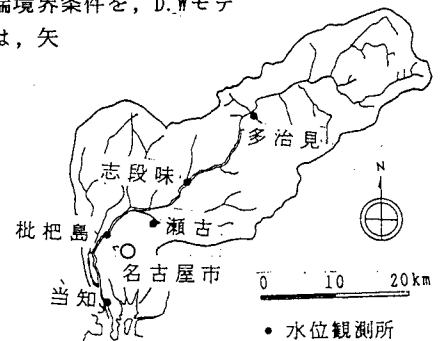


図-1 庄内川及びその流域

が進んでいくと逆に計算値の方が大きくなる。この傾向は n を小さくするほど大きく現れる。これらの原因について考えるため、図-3に $n=0.024$ として計算した枇杷島観測値の計算値と、境界条件として与えた志段味の水を示す。この図を見ると、志段味の水が計算開始から約5時間以降低減しており、この境界条件の低減により計算値の水が低減したと考えられる。一方で実際の水位は低減していないでは、本研究では、考慮していない矢田川以外の支川からの流入等によるものと考えられる。図-4は2) dt による比較を示したものである。時間ステップについては、その値を大きくしてもさほど計算結果に影響がないことがわかった。

3.2 Kinematic waveモデルの計算 多治見・志段味間で行ったK.Wモデルによる数値計算の結果を図-5に示す。ただし $n=0.032$ として計算した。この図よりわかることは、inputデータとして与えるのが、上流の水位のみではうまくいかないということである。この区域は非常に急な山腹斜面であり、この斜面から河川に流れ込む水もしっかり考慮して水位計算を行わないと、精度の低い予測になってしまう。つまり、河川上流の値のみでなく、河川の残流域から流れ込む水を、流出解析法等で計算をしなければ精度のよい予測が不可能である。

また、この計算で得られた志段味の値を上流境界条件として、当知D.Wモデルで計算した結果を図-6に示す。志段味において計算値と実測値がほぼあっているところは、枇杷島でもほぼあってきたが、誤差の大きいところは、枇杷島でもかなり誤差が大きくなることがわかる。

4. おわりに

- 本研究では以下のような結論が得られた。
- Dynamic waveモデルのみの計算では、粗度係数を変えるだけではピークおよび低減の問題を同時に解決できない。
 - Dynamic waveモデルの計算において、時間ステップを大きくしても計算値には大きく影響しない。計算時間短縮の意味からも有効である。
 - Kinematic waveモデルの誤差の分が、Dynamic waveモデルの誤差としてかなり生じる。
 - 高精度の予測には残流域、支川からの流入の解析が必要である。

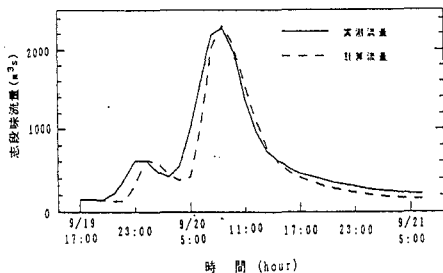


図-5 志段味流量の計算値と実測値

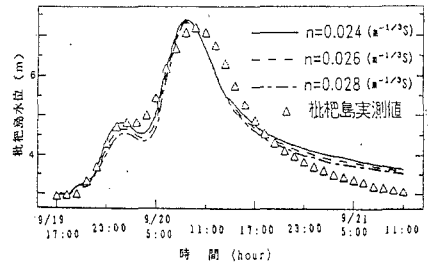


図-2 n の各ケースにおける枇杷島水位の計算値と実測値

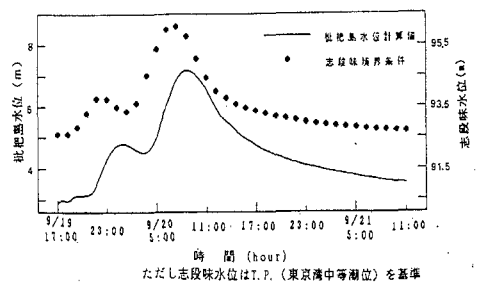


図-3 境界条件として与えた志段味水位と枇杷島水位計算値

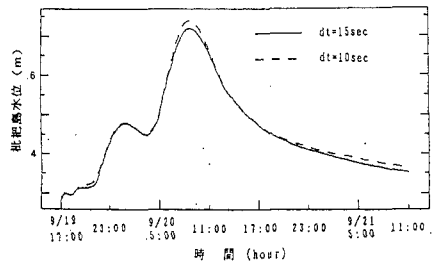


図-4 $dt=10, 15$ として計算した枇杷島水位

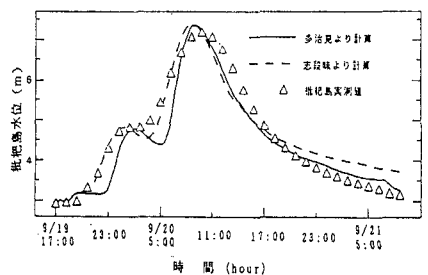


図-6 多治見から計算した枇杷島水位計算値と志段味から計算した枇杷島水位計算値と実測値