

法政大学 正会員 西谷隆臣
 法政大学大学院 学生員 砂田博文
 日本システムリサーチ 正会員 清水 満

1) はじめに

KINEMATIC-WAVE法を用いた河川不定流の追跡を¹⁾年報で報告したが、その場合、問題となったのは、KINEMATIC-WAVE法では理論上起り得ないという流量の減衰効果、つまりDYNAMICな低減についての考慮であった。KINEMATICな仮定に立つ限り、time-step: Δt (したがって Δx) を小さく取るしかないが、実用的には、ピークの尖鋭度によって補正を行なうことも考えられる。しかしながら、この減衰効果の影響が結果に及ぼすのは主として逆追跡の場合であって、順追跡の場合は、固定格子点を用いたために生ずる内挿による平滑化が、DYNAMICな低減に似た効果をもたらす。したがって順追跡においては、非常に良好な予測を得たことを報告した。したがってKINEMATIC-WAVE法も水文学的実用性の立場上、有効な追跡方法であることがわかったが、今一度、本報において不定流の基礎方程式に基づく、いわゆる「不定流追跡(解法にはIMPLICIT法を用いた)」と比較、検討してみる。

2) 基礎方程式

河道における流水の流下過程の追跡法には、目的と、必要とされる精度に応じて種々の方法がある。まず最も包括的なものは

$$\text{連続方程式: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動方程式: } \underbrace{\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}}_{\text{(場の加速度項)}} + \underbrace{\frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x}}_{\text{(慣性項)}} + \underbrace{\frac{\partial H}{\partial x}}_{\text{(水面勾配項)}} + \underbrace{\frac{n^2 |V| V}{R^{4/3}}}_{\text{(抵抗項)}} = 0 \quad (2)$$

を用いるもので、いわゆる「不定流追跡」と呼ばれるものである。本法は精度の上では申し分ないわけであるが、数値計算における各種条件が厳しく、加速度項の影響の著しい場合を除いてあまり用いられていない。(2)式の(加速度項)を省略して(1)式と組み合わせたものは「準定常流追跡」と呼ばれ、さらに(慣性項)を省略したものを(1)式と組み合わせると「DYNAMIC-WAVE法による不定流追跡」と呼ばれる方法になる。さらに比較的急勾配の河道において、水面勾配を河床勾配 I で置き換えた式

$$-I + \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = 0 \quad (3)$$

$$\text{あるいは経験的な近似式: } Q = \alpha A^m \quad (4)$$

を(1)式と組み合わせたものが「KINEMATIC-WAVE法による不定流追跡」と呼ばれるものである。この方法は前出の各方法に較べると精度が低く、適用限界が狭いが、水文学的実用性を狙う立場からは充分に利用可能であり、更に計算が比較的楽なので、時々刻々のフィードバックを含んだシステムへの組み込み、また逆追跡を含んだダム放流量決定システム等への組み込み等、幅広い応用が可能である。この「KINEMATIC-WAVE法による不定流追跡」と(1)(2)式を組み合わせた「不定流追跡」の比較、検討を行なうものであり、「不定流追跡」で用いる数値解法には、一般に大河川における長時間の洪水追跡に、その適応性が確認されているIMPLICIT法を用いることにした。

3) 対象流域と対象期間

本報での試算の対象流域(図-1)は利根川水系、八斗島〜栗橋間の約52km、対象期間は1972年6月7日〜7月9日の33日間(792時間)である。試算にあたっては、支川の合流、取水等がなく、且つ河道の横断形、縦断勾

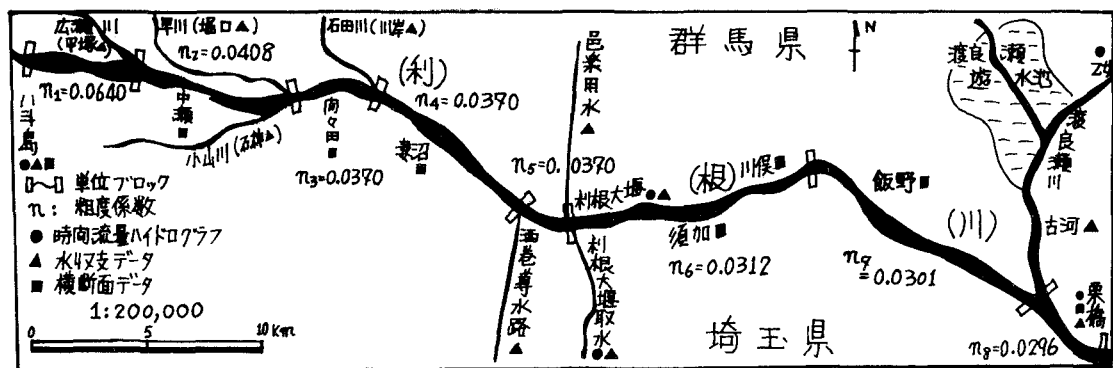


図-1 流域模式図

配、粗度係数等の変化の少ない区間を単位ブロックとし、河道を分割し、単位ブロック毎に計算を繰り返す。単位ブロック毎の河道長らびに横断勾配は文献(2)より、粗度係数は利根川における近似式(5)式より求めた。

$$n = 0.1 - 0.02 \log_{10}(S_0^{-1}) \quad S_0: \text{河床勾配} \quad (5)$$

また川俣へ栗橋間には伏流水が存在し、この影響を考慮に入れた追跡が必要であり、栗橋算出仮流量: Q_{CAL} により、次式のように修正して計算流量: θ_{CAL} とした。

$$\theta_{CAL} < 250 \text{ m}^3/\text{s} \text{ のとき } \theta_{CAL} = 0.87 \times Q_{CAL}, \quad \theta_{CAL} \geq 250 \text{ m}^3/\text{s} \text{ のとき } \theta_{CAL} = 0.57 \times Q_{CAL} + 80.0 \quad (3)$$

また各単位ブロックの断面特性は井田法により H-A-Q-P(潤田)-R(窪田)を逐次求めた。

4) KINEMATIC-WAVE法, IMPLICIT法

KINEMATIC-WAVE法^{(1),(4),(5)}と IMPLICIT法⁽⁶⁾の解法は参考文献にゆずる。

5) おわりに

粗度係数は便宜的に(5)式より求めたものを用いたが、この式では河床勾配のみが変数となっているが、粗度係数は河床勾配以外にも、河床形状、横断形状、さらには植生等々、多くの要素に起因するもので、試算に用いた粗度係数が、各単位ブロックの実際の粗度係数を正確に示しているとは言えない。わずかな粗度係数の変化が、試算結果にかなりの影響を及ぼすことは周知の通りであり、実際に各単位ブロック毎の実測粗度係数が求められているならば、それを用いて試算、さらには結果考察するのが正当であろう。また前出の伏流水の取り扱い方は、栗橋の算出流量に対して補正を行なったが、実際現象としては、伏流水は連続的なものであり、このような補正は問題があると思われる。しかし伏流水の現象を正確に把握し、十分なデータを得ることは非常に困難であり、試算にあたっては、過去の水収支の調査結果に基づき、集中的に補正する立場をとった。また予測結果を上げるには支川からの合流量や残流域流出量の予測が必要であり、特に本川に匹敵する流量をもつ左支川の渡良瀬川については、さらに合流量予測の検討も必要課題である。

結果および考察は講義時に示したい。

参考文献: 1) 石崎勝義 橋本健 西谷隆 豆砂 博文; KINEMATIC-WAVE法による不定流の逆追跡, 土木学会第32回年講第2部, PP257-258, 1977. 2) 建設省関東地建利根川上流工事事務所; 利根川上流概要, 1973. 3) 建設省土木研究所水文研究室; 水文関係文献集, PP187-192, 1975. 4) T.S. Eagleson; Dynamic Hydrology, McGraw-Hill, PP331-336, 1970. 5) J.J. Stoker; Water Waves, Inter-Science, PP469-481, 1957. 6) Michael Amein and Ching S. Fang; Implicit Flood Routing in Natural Channels, Journal of the Hydraulics Division, PP2481-2500, 1970.