

第II部門

構造的モデリングシステムにおける要素間反復計算の実現と 河道網流れの追跡計算への適用

京都大学大学院 学生員 ○村上將道 京都大学大学院 学生員 市川 温
京都大学防災研究所 正員 椎葉充晴

1. はじめに ある流域の水文モデルを作成する際、その流域を斜面・貯水池・河道・蒸発散・地下水流・…といった水文要素に分割し、それらに対応する要素モデルをその相互関係に応じて再構成する、という方法が考えられる。このように、水文系内部の水文学的な構造を反映させて水文モデルを作成する方法を、以下構造的モデル化法と呼ぶ。

現在、水文シミュレーションでは計算機による数値解析を多用しているので、構造的モデル化法を計算機シミュレーションに適用すれば計算機上で水文モデルを作成・修正する作業の効率を向上できる。このようにして、水文モデルに構造的モデル化法を適用するために開発されたのが構造的モデリングシステム[1]である。

現在の構造的モデリングシステムでは、複数の要素モデル間で情報を交換し合いながら計算を反復する機能は提供されていない。そのため、例えば、Freadの河道網流れの追跡モデルFLDWAV[2]のように、各河道区分の流れを陰形式の差分方程式を解くことにし、河道網の流れを計算するためにRelaxation法を用いる方法を現在の構造的モデリングシステムに組み込もうとすると、関係している河道網の状態量を一つの要素モデルの中で取り扱わざるを得ない。できれば、個々の河道区分を一つの要素モデルとして扱う方が、全体の構成も分かりやすい。

そのために、本研究では複数の要素モデル間で情報を交換し合いながら計算を反復する機能が河川流域のモデルを作成する上で基本的に重要であると考え、現在の構造的モデリングシステムに追加することにした。

2. 要素間反復計算 今回、要素間反復計算の実現のために、要素モデルにfixedtime, targettimeという概念を導入した。

fixedtimeとは、要素の状態が確定している時刻のことで、この時刻より前の状態量は変更されない。

targettimeとは、反復計算目標時刻のことであり、反復計算する要素モデルはfixedtimeからtargettimeまでの間の状態量を、収束するまで繰り返して計算する。

反復計算の進め方を図1を用いて説明する。

- 反復計算する要素群に対して共通の反復計算目標時刻targettimeが設定されているとする。
- 反復計算する要素群はtargettimeに向けて計算を進める。
- 反復計算する要素が全てtargettimeに到達したところで、それらを所有する部分系/全体系が収束をチェックする。
- 収束していれば、要素にたまったデータを出し、targettime, fixedtimeを更新して、(e)次のステップに向かう。もし収束していなければ、(a)要素のcurrenttimeをもとに戻し、再び反復計算させる。

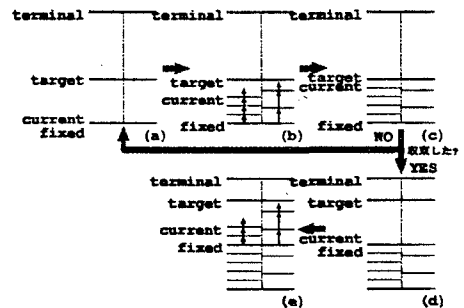


図1: 反復計算の進め方

3. 要素モデルFLDWAVの構築 河道網流れの追跡計算を行う要素モデルFLDWAVの基本的なアルゴリズムを以下に示す。なお、文献[3]を参考にした。

Saint-Venant式より

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial(A + A_0)}{\partial t} - q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial h}{\partial x} + I_f\right) = 0 \quad (2)$$

と表される。ただし、 I_f は摩擦勾配を、 q は正の時は横流入、負の時は横流出をそれぞれ表している。

この (1), (2) 式を 4 点重み付け陰型差分近似を用いて近似し、これによって得られる式に上下流端の境界条件を加えて連立方程式をたてる。これを解くことによって、未知量を求めるものである。

4. 適用及び考察 本研究では実流域への適用例として、Columbia-Willamette 川の追跡計算を行なった。

河道の形状 適用した河道の形状を図 2 に示す。ただし、カッコ内の数値は計算開始時刻の流量 (m^3/sec) を表し、斜面からの流入はないものとする。

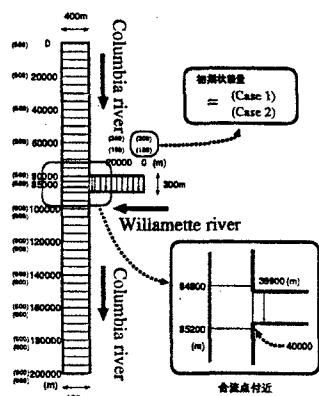


図 2: Columbia-willamette 川の形状

上流端の境界条件 上流端の境界条件は Case 1 Case 2 の二通りで行なった。どちらのケースも本流の流入ハイドログラフは同じものを用いているが、支流の流入ハイドログラフは Case 1 は Case 2 の 3 倍になっている。

結果 シミュレーションの結果を図 3, 4 に示す。図 3 は Case 1 の本流における流量の時間的変化を、図 4 は Case 2 の本流における流量の時間的変化を表している。なお、図中の距離は上流端からの距離を表している。

考察 図 3 及び図 4 を見ると、合流点直前の断面 (太字部分: 84800 m) において流量が減少しているところがある。その原因を解明するために、Case 2 におけるそのような現象が見られるあたりの時間 (40200 sec) の水位の変化をプロットしてみた。結果を図 5 に示す。

この図 5 を見ると、合流点直前の水面勾配は合流点直後の水面勾配に比べて、小さくなっているのが分

かる。これは支流が流入することによって、本流が流れにくくなっていると考えられる。これにより 84800 (m) 付近で見られる流量の減少は支流が合流することによる影響であると推察される。

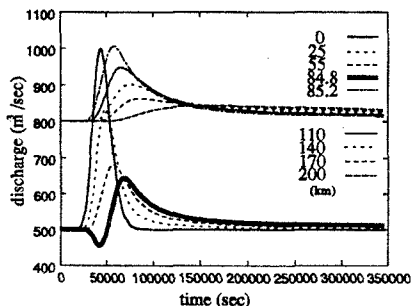


図 3: Case 1 における流量の時間的変化

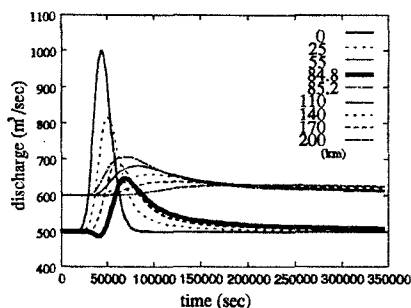


図 4: Case 2 における流量の時間的変化

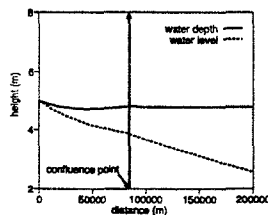


図 5: 40200 sec での水位の変化

5. おわりに 本研究により要素間反復計算機能が正しく動作することと、実際の河川における追跡計算にも適用が可能であることが示された。しかし、現在のモデルでは下流端の境界条件が固定されている、本流と支流の扱いが平等ではない、等の問題がある。ゆえに、これらの点を改良したモデルを作成することが今後の課題であると考えられる。

参考文献

- [1] 鈴木俊郎: 流出系の構造的モデリングシステムの開発, 京都大学大学院工学研究科修士論文, 1994.
- [2] D.L.Fread: Channel routing, chapter 14 in Hydorological Forecasting, John Wiley & Sons, 1985.
- [3] 土木学会: 水理公式集 -昭和 60 年版-, 技報堂, 1985.