

京都大学工学部 正員 高埴琢馬 京都大学工学部 正員 椎葉充晴 京都大学工学部 正員 堀智晴
建設省 正員 ○鈴木俊朗 川崎重工業 学生員 岸本好弘

1 はじめに 水文モデルを作成する場合、斜面・貯水池・河道・蒸発散・地下水流、…といった水文要素の構成や相互関係に着目し、これら水文要素に対応する《要素モデル》を組み合わせて水文系全体のモデルを作成する方法が考えられる。このように、水文系内部の水文学的な構造を反映させて流出モデルを作成する方法を、以下、《構造的モデル化法》と呼ぶ。構造的モデル化法には以下の利点がある。

第一に、水文学では多くの要素モデルが既に開発されているので、全体系モデルの作成作業は、既存の要素モデルにパラメータを同定した具体的な《要素》を水文系の構造に応じて構成する《組み立て作業》となる。第二に、全体系モデルの構成が水文系の構造を反映していれば、流域の一部の水文特性が土地利用の変更により変化したり、一部の水文要素に対応する新しい要素モデルが提案され、全体系モデルを修正する必要が生じた場合でも、全体系モデルの修正は、対応する要素のみを変更する《交換作業》となる。

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・修正する作業効率を向上できる。そこで本研究では、水文モデルに構造的モデル化法を適用するための《構造的モデリングシステム》を開発した。

構造的モデリングシステムに関する一連の研究として、1992年の基本概念提案・原型版作成、1993年の改良版作成が行われた。今回は1993年の改良版を更に改良し、構造的モデリングシステムを完成し、この1994年版に対する検証シミュレーションを行った。

2 システムの概要 構造的モデリングシステムでは、下記の要素モデル・部分系モデル・全体系モデルにより水文モデルを構成する。(以下、図1参照)

要素モデル 水文要素を表現するモデル。それぞれの差分スキーム、計算方法に従って、数値計算を行う。

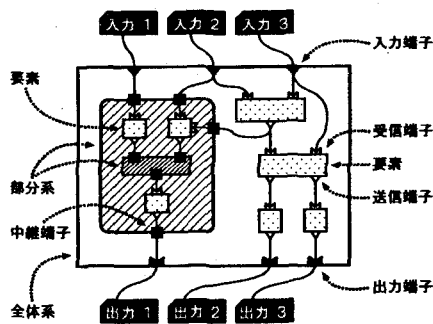


図1 モデルの構成

部分系モデル 複数の要素や部分系の部分集合である、部分系を表現するモデル。複数の要素や部分系を相互に接続して構成する。例えば、三層タンクモデルを3個の単一タンクの接続で表現すれば、単一タンクモデルは要素モデルであり、三層タンクモデルは部分系モデルとなる。部分系モデルの計算は、要素や部分系に計算実行命令を送ることで実現し、原則として、独自の数値計算は行わない。

全体系モデル 水文全体系を表現するモデル。複数の要素や部分系を相互に接続して構成する。全体系モデルの計算は、要素や部分系に計算実行命令を送ることで実現し、原則として、独自の数値計算は行わない。全体系は、ユーザーによる対話的操作・ファイルによるデータの入出力に対応できる点が、部分系モデルと異なる。

以上のモデルは、種々の水文要素、部分系、全体系に応じてモデル作成者が任意に作成できなければならないが、一方では利便性・汎用性を高めるため、一定の手続きで運用できるように全てのモデルは規格化されている必要がある。そこで、本研究では規格化する部分を《基本型モデル》として定義しておき、基本型モデルに独自機能を付加することで、任意のモデルを作成する方法を採用した。

また、要素モデル・部分系モデル・全体系モデルのデータ入出力方法を統一し、各モデルの入出力機能の自由度を高めるため、規格化されたデータ構造を表現する《データパックモデル》とデータを授受する《端子モデル》を用いて入出力を行うこととした。例えば、要素モデルの入力は《受信端子》を用いたデータパックの受信により、出力は《送信端子》を用いたデータパックの送信により実現する。同様に、部分系モデルの入出力には《中継端子》を、全体系モデルの入出力には《入力端子》・《出力端子》を用いている。これらのデータパックモデル・端子モデルについても、基本型モデルを作成したので、任意の構造のデータパックモデルと任意のデータパックを授受する端子モデルを、ユーザーが作成できる。

本システムでは、データの授受を原則として端子による通信で行う。しかし、受信側が送信側に情報を送り、送信側がその情報に応じてデータを作成・送信する場合、単に送信されてきたデータを受信する、《端子による通信》では対処できない。例えば、ある要素に対し、位置 x における水深データを要求するような場合、受信側が x の値を送信側に示す必要がある。そこで例外的な通信方法として、要素間の《直接通信》によるデータの授受にも対応できるようにした。

3 システムの改良点 1994 年版で改良を行った点は以下の通りである。

- ・基本型要素モデルの計算機能の改良。
- ・要素間の直接通信機能の実現。
- ・部分系、中継端子の基本型モデルの作成。
- ・全体系、入力端子、出力端子の基本型モデルの作成。

4 システムの検証と結論 構造的モデリングシステムを検証するため、本研究では下記の上流・接続・下流の 3 種の Dynamic Wave 要素モデルを作成した。

上流モデル 境界条件として上流端における流量のハイドログラフを受信端子から取得し、下流端における状態量を計算する上で必要なデータを、下流側の要素から直接通信により取得する。

接続モデル 上下流端における状態量を計算する上で必要なデータを上流側、下流側の要素から直接通信によって取得する。

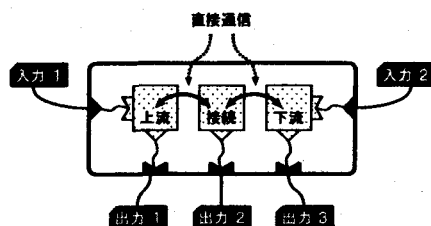


図2 モデルの検証

下流モデル 境界条件として下流端における水深のハイドログラフを受信端子から取得し、上流端における状態量を計算する上で必要なデータを上流側の要素から直接通信によって取得する。

次に、これらを図2のように構成してシミュレーションを行った。ただし、要素モデル作成時には、『開水路非定常流の数値計算法について』（岩佐・井上・片山、京都大学防災研究所年報第19号B-2, pp187-200.）を参考とし、特性曲線法により解析する方法を採用した。

本研究では、この他にもシミュレーションを行い、要素モデル・部分系モデル・全体系モデルの入出力機能・計算機能、データパックモデル・各端子モデルによる入出力機能、要素モデル間の直接通信機能について検証を行った。以上の検証シミュレーションにより、本研究で開発した構造的モデリングシステムを用い、図1のように任意の水文モデルを作成し、実際に水文シミュレーションを行い得ることが示された。

5 今後の課題 今後の課題として、まず、多数の要素を含み、内部で大量のデータが送信・受信されるような全体系の検証を行い、計算機のメモリと、構築し得る全体系の規模との関係を調査し、構造的モデリングシステムの能力・限界を確認する必要がある。

また、基本型全体系モデルに、シミュレーションの途中・シミュレーション終了時における全体系内部の状態を記録する機能を定義し、新しい入力データが得られるまでのシミュレーションの中断や、長時間（実時間）にわたる継続的シミュレーションのバックアップを可能にする必要がある。

更に、構造的モデリングシステムを LAN などを利用して配布し、多くの水文モデル作成者の利用に供したい。