

京都大学大学院 学生員 〇森川 雅行
 京都大学工学部 正員 椎葉 充晴
 京都大学工学部 正員 高橋 琢馬

1. まえがき 流域における雨水の流出過程は、流動法則の異なる諸機構から構成され、これらは独立したシステムでなく互いに他に影響を及ぼすものである。本研究は山間地小流域における流出システムに関して、各部分システム相互の雨水の移動に注目し、そのそれぞれの貯水量と状態変数とした連立常微分方程式型の流出モデルを構成することにより、流域における雨水の移動機構を明らかにしようとするものである。

2. 流出システムのモデル化 本研究におけるモデル化の基本方針は以下の通りである。

- 1) 雨水の流出現象は流動法則の異なる様々の流水によ、て構成され、それらは相互に関係し合、てゐる。そこでそれら諸機構の相互関係の時間的な推移を追跡しうるモデルを構成する。
- 2) 降雨および流出ハイドログラフの全量を対象とするトータルシステムモデルも構成する。
- 3) モデルのパラメータ群は、流域固有の値をとるものとし、流域の変化等に柔軟に対処しうるようにできるだけ物理的意味が明確であるようにする。

この基本方針に照らして、本研究では流出システムは相互に関係する有限個の部分システムから構成されると考え、各部分システムの状態とそれぞれ1つの状態変数で表現する。そして、この有限個の状態変数と降雨強度の推移によ、て、流出系内部および系外への雨水の移動量を表現する。その数理的構造は、流出システムを

$$dS_i/dt = f_i(S_1, \dots, S_N, Y) \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

の連立常微分方程式系で表現するものである。ここに、 $\{S_1, \dots, S_N\}$ および Y はそれぞれ時刻 t における各部分システムの状態量および降雨強度とあり、 N は部分システムの個数である。

具体的に状態量として雨水の貯留量を選べば、(1)式は各部分システムごとの連続式

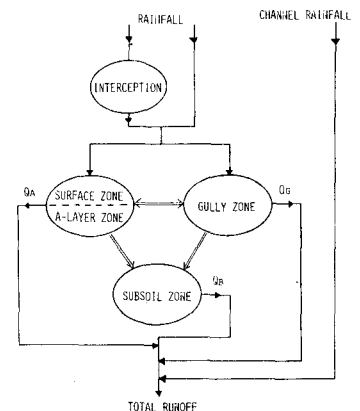
$$dS_i/dt = \sum_j q_{ji} + q_{oi} - q_{io} \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

と、各雨水の移動強度を $\{S_1, \dots, S_N, Y\}$ の関数として表現することによ、て構成される。ここで、 q_{ji} : 時刻 t における部分システム j から部分システム i への雨水の移動強度、 q_{oi} : 同じく系外から部分システム i への流入強度、 q_{io} : 同じく部分システム i から系外への流出強度である。

モデルの全体構造は Fig. 1 に示す通りであるが、本研究は山間地小流域を対象とし、山腹斜面における複雑な流出機構の分析に力点を置いたため、いわゆる河道効果は考えない。また、山腹斜面上の流水として、A層被覆域における機構と木みちにおける機構とを相互のやりとりを有する並列的な機構と考えている。

3. 部分システムのモデル化 部分システムのモデル化は、それぞれの特性を明確に把握した上で行なわれなければならない。各部分システムにおける流水の機構は、その流動を生ずる場を均一化することにより、偏微分方程式系で表現される。本研究では、この水理学的な式の定常時における解から雨水の貯留量へ移動強度関係を定めた。

紙数の都合で、ここではその誘導と結果とを列挙することはできないが、一例としてA層内の中間流と木みち流との間の雨水の授受のモデル化について述べる。



NOTATION
 Q_a : OVERLAND RUNOFF + INTERMEDIATE RUNOFF
 Q_g : GULLY RUNOFF
 Q_o : INDIRECT RUNOFF

Fig. 1 SCHEMA OF RUNOFF SYSTEM MODEL

すなわち、一様な斜面におけるA層内流水の水理式を木みち流の水理式等と境界条件として、時間微分項と無視し差分法で数値解析し、その結果を分析して

$$Q_{ag} = C_1 S_g (C_2 S_a - S_g) \quad (3)$$

とモデル化した。ここに、 Q_{ag} はA層から木みちへの雨水の移動強度、 S_a, S_g はそれぞれA層および木みちにおける貯留量、 C_1, C_2 は定数である。

4. 流出モデルの同定 本研究では、流出モデルのパラメータを同定する場合、地形図から比較的容易に値が得られるもの以外は、降雨と流出ハイドログラフのみを情報として同定する。物理的実験により同定が可能なのにも考えられるが、そのような局地的な値が流域全体を代表する値とは考えられないからである。=水5のパラメータは、流域の平均斜面長のように地形図から値を得るものの他に、地下水流出に関するものは実測ハイドログラフの低減部解析から直接同定し、それ以外のものは実測と計算ハイドログラフの二乗誤差を順次極小にするように同定する。

なお、流出システムの各内部構造とそれぞれある関数型で表現してきたが、それらが各内部構造を十分正しく表していない場合には、流出計算結果を参考にして問題とされている関数型の理論を検討し、新しく関数型を仮定しなおしたり、ダイナミックプログラミングの手法を利用して関数型が不明確な部分の移動強度の最適系列を求め、それを分析することにより新たな関数型を見出したりして、モデルを改善していくことが考えられる。

5. 実流域への適用

右図は本モデルを野洲川支川上流部の荒川流出試験地梅ヶ谷流域に適用した結果である。Fig. 2およびFig. 3は昭和46年7月1日と同7日の出水データを用いて、この二出水の誤差を同時に最小化するように、パラメーターの最適化を行なったものである。Fig. 4はこのように求めたパラメーターを用いて、18日の降雨データから流出のシミュレーションを行ない、観測値と比較したものである。その結果は良好で、同定したパラメーターが妥当であることが裏づけられる。

流域内の雨水の移動機構を表わす計算結果、およびこれらの結果に対する考察は講演時に述べることにしたい。

参考文献;

高橋琢馬, 榎葉亮晴, 久保省吾, 森川雅行:
状態変数を用いた流出解析モデルに関する考察;
昭和52年度関西支那年次学術講演会講演概要集,
昭52,4

