

II-21

流出モデルのパラメータ変動について

北海道電力(株)	正員	小山 俊
北電興業(株)	正員	伊藤 英浩
北電興業(株)	正員	篠原 伸和
北海学園大学	正員	嵯峨 浩

1. はじめに

洪水流出予測において、一般的に用いられる貯留型流出モデルやタンクモデルは、パラメータを同定した結果が洪水毎に異なる場合が多い。しかしながら、モデルパラメータを同一の流域に対して出水状況に関係なく一本化することは、治水及び利水の観点から見て非常に重要な課題となる。

洪水流出予測システムを構築する上で、モデルパラメータが洪水毎に不規則に変動するのでは非常に不便である。また、ダム等の水工施設を管理する立場からは、簡便に使用でき、かつ、どのような洪水に対しても良く適合する流出モデルが望ましい。従って、何らかの解決法を模索する必要性から、本研究では同一の流域においてタンクモデルパラメータを同定した際の、各洪水によるパラメータの変動について、その傾向から何らかの規則性を見出し、サクシオン等の水文諸量との相関をとることにより、タンクモデルパラメータの総合化を目指し、その可能性について検討する。

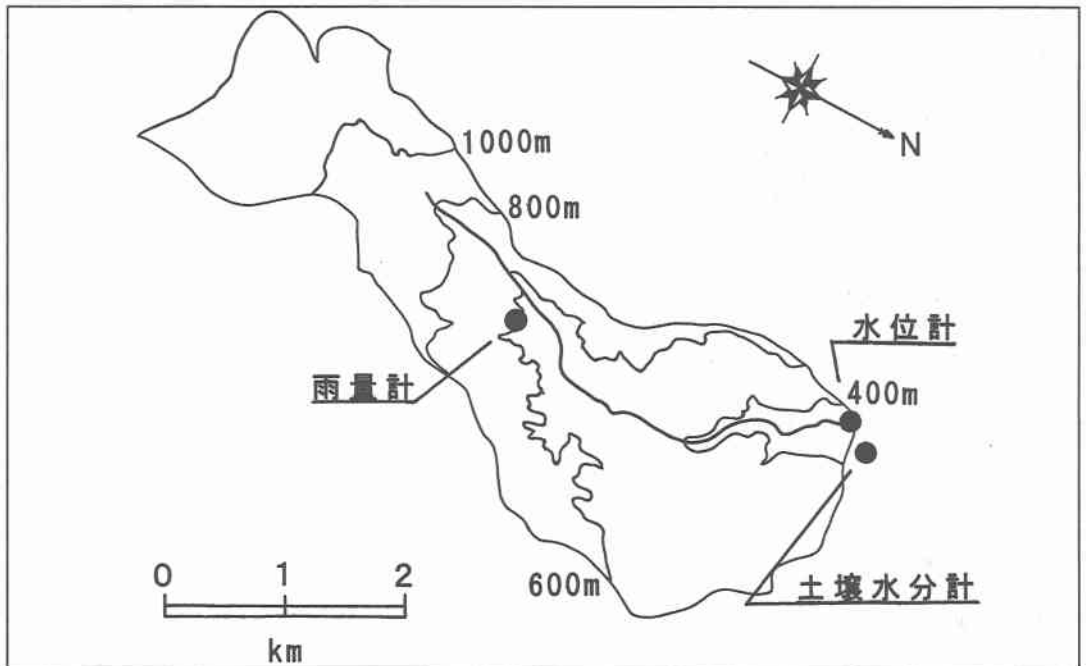


図-2.1 対象流域及び計器設置位置図

Fluctuation of the Parameters in a Flood Runoff Model

by Satoshi KOYAMA, Hidehiro ITOH, Nobukazu SHINOHARA and Hiroshi SAGA

## 2. タンクモデルパラメータの同定

解析対象流域は、豊平川の支流で簾舞川流域(C.A.=9.79km<sup>2</sup>)とし、対象流域及び計器設置位置は、図-2.1に示す通りである。北海道電力(株)では、豊平川上流域に多くの水文気象観測施設を整備しており、対象流域には雨量計、水位計、土壌水分量を計測するためのテンシオメーターの他に地中温度計、日射計、pH計、導電率計、濁度計、水温計及び気温計を設置し10分間隔で連続観測している<sup>1)</sup>。これらの諸量とパラメータの相関関係を把握するための第一歩として、パラメータの同定を試行錯誤法により行った。タンクの構造は、図-2.2に示すように直列3段で最上段のタンクには側方流出孔が2ヶ所、その他のタンクには1ヶ所、また各タンクには下方浸透孔を1ヶ所設けた。解析に用いた洪水は1990~1993年の積雪期及び融雪期を除いた32洪水であり、その同定結果の一例を図-2.3に示す。ただし、モデル内の初期貯留高は初期実測流出量から逆算して求めている。

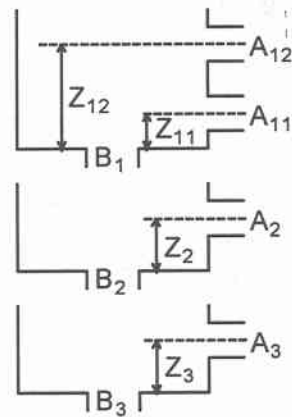


図-2.2 タンク構造

## 3. 変量間の相関分析

全32洪水のパラメータを同定した結果、最下段のタンクのうち側方流出孔のパラメータは変動しなかった。同様に、最上段のタンクの下方浸透孔のパラメータもほぼ一定であった。また、最上段の側方流出孔の高さは洪水の大小に比例し、中下段タンクの下方浸透孔の係数も同様の傾向が見られた。このように、本研究で採用しているタンクモデルのパラメータは全11個のうちでも洪水毎に変動するものやしないものが混在している。また、パラメータが変動する原因がすべて同じ原因に帰属するとは考えにくいので、各水文諸量とパラメータの相関関係を考えてみる。

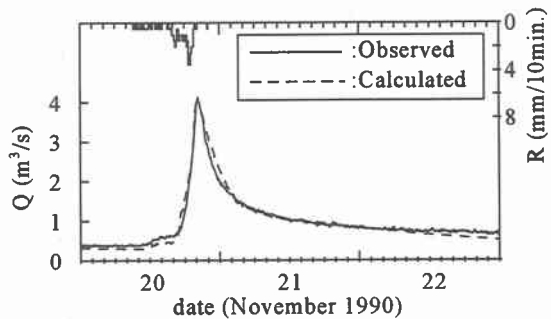


図-2.3 パラメータ同定結果

表-3.1 各水文変量とパラメータ間の単相関係数

パラメータ		総降雨量	最大降雨量	初期流出量	初期サクション			
					70 cm	50 cm	30 cm	20 cm
ラ	A <sub>11</sub>	0.4820	0.4377	0.1343	0.0447	0.4733	0.2702	0.2232
	A <sub>12</sub>	0.6521	0.4342	0.0556	0.1684	0.2043	0.1965	0.1903
	A <sub>2</sub>	0.7712	0.5865	0.0089	0.2342	0.2359	0.1966	0.2052
メ	Z <sub>11</sub>	0.8002	0.6111	0.3401	0.3814	0.0803	0.1070	0.1319
	Z <sub>12</sub>	0.7930	0.6077	0.3673	0.3411	0.0933	0.1148	0.1402
タ	Z <sub>2</sub>	0.4316	0.3999	0.3717	0.2048	0.1092	0.1125	0.1432
	B <sub>1</sub>	0.1401	0.2052	0.3902	0.2338	0.2658	0.2645	0.2349
	B <sub>2</sub>	0.5809	0.4893	0.6079	0.6887	0.1984	0.5715	0.6018
	B <sub>3</sub>	0.3952	0.3260	0.5373	0.5963	0.4193	0.8060	0.7774

### 3.1 単相関分析

まず、各変量とパラメータの単相関をとった。これを表-3.1に示す。サクションについては、対象流域においてテンシオメーターを深さ 20, 30, 50, 70cm に設置しているので、4点の計測値が得られる。また、相関関係をプロットしたものを一部であるが図-3.1~3.3に示した。表中、グレーで網掛け表示しているのが強い相関を示し、薄いグレーの網掛けは弱い相関、白地は無相関を表わす。ただし、変動しない $A_3$ 、 $Z_3$ は省いた。これによると、側方流出孔の係数(頭文字A)は総降雨量に強い相関を示し、初期流量や初期サクションには無相関であると言える。また、側方流出孔の高さ(頭文字Z)も同様である。一方、下方浸透孔の係数(頭文字B)は、初期流量や初期サクションに強い相関を示している。これは明らかにパラメータの変動全てが、同じ原因で変動しているわけではないということを示している。また、強い相関が複数の変量に認められるパラメータは、複数の変量によって変動するものと考えられる。しかし、単相関分析だけでは見かけ上相関があるような若しくは無いような結果が得られたりすることがあるので、もう一歩進めて、重相関分析を行いパラメータと各変量間の真の相関を考える。

### 3.2 重相関分析

重相関分析は一般に、従属変数とそれを取り巻く複数の独立変数の関係を調べるために用いられる。各変量のうち、総降雨量と最大降雨量の間及び初期流出量と初期サクションの間には密接な関係があると考えられるが、一般的に考えて、ある洪水に対する総降雨量と初期流出量の関係や最大降雨量と初期サクションの関係は無関係と考えられる。実際に単相関をとってもそのような結果が得られる。しかし、両者は従属変数である $B_2$ を介して結び付いている。単相関だけではこのような間接的な関係を説明することが出来ないので、 $B_2$ 、総降雨量及び初期流出量の3量間と $B_2$ 、最大降雨量及び初期サクション(深さ70cm)の3量間の2ケースについて重相関をとり検証してみた。これを図-3.4、3.5に示す。横軸に重相関回帰式からの $B_2$ の推定値を、縦軸にパラメータを同定した $B_2$ の値をとっている。更にこの結果から偏相関係数を求めた。その結果を表-3.2、3.3に示す。これらの表によると、単相関は共に強い相関を示しており偏相関係数も単相関係数とあまり差が見られない。これは、 $B_2$ と両変数間に互いに相関があるものの両者の結び付きは薄いことを示している。つまり、 $B_2$ と複数の変量は多元相関関係であることがわかる。換言すると、 $B_2$ は単独の独立変数から求めることが出来ない、ということになる。

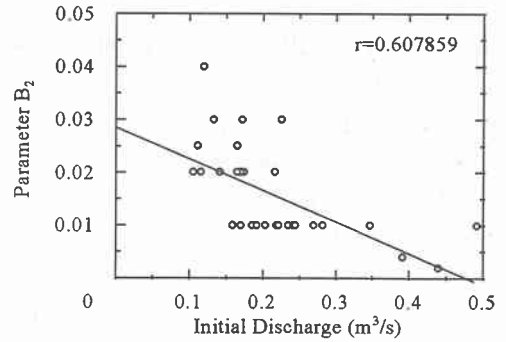


図-3.2 初期流出量と $B_2$ の相関

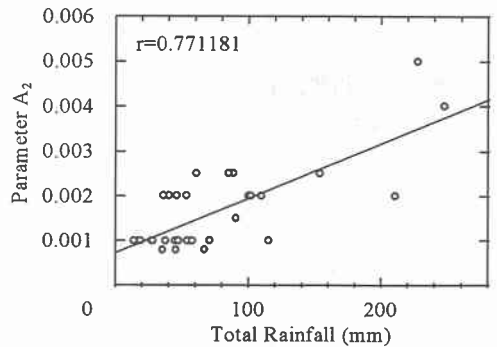


図-3.1 総降雨量と $A_2$ の相関

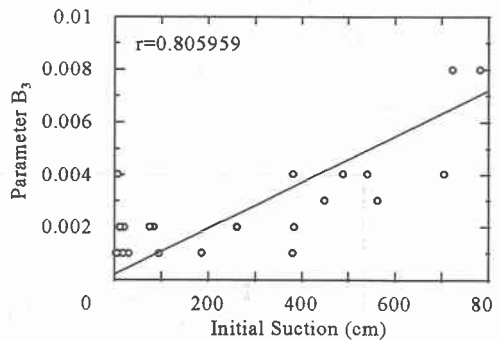


図-3.3 初期サクション(深さ30cm)と $B_3$ の相関

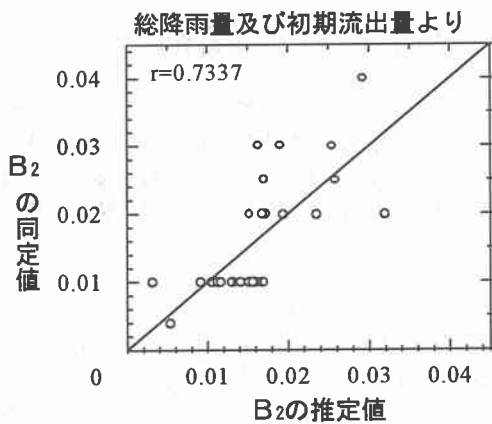


図-3.4 重相関による推定値と同定値の比較(1)

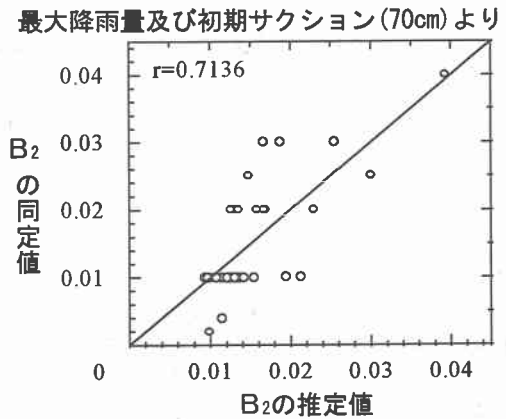


図-3.5 重相関による推定値と同定値の比較(2)

表-3.2 単相関及び偏相関係数(1)

	単相関係数	偏相関係数
総降雨量	0.5809	0.5612
初期流出量	-0.6079	-0.5899

表-3.3 単相関及び偏相関係数(2)

	単相関係数	偏相関係数
最大降雨量	0.4827	0.3587
初期サクシオン(70cm)	0.6887	0.6347

#### 4. まとめ

本研究では、タンクモデルパラメータと水文諸量の相関関係に着目して、モデルパラメータの総合化を図るための1ステップを紹介した。本来、タンクモデルのパラメータは様々な要因で変動すると考えられるが、その要因のうちでも支配的であると思われる総降雨量、最大降雨量、初期流出量及び初期サクシオンについて考察した。結果から考えると、この4種類の諸量からある程度の総合化を図れるものと思われるが、更に多くの水文諸量を加えて検討してみる必要もあるだろう。

今後は、パラメータの決定方法を試行錯誤法から客観的にパラメータを決定する最適同定手法等に切り換えると共に、相関関係より求めた回帰式を用いてパラメータを自動的に求めるシステム、すなわちパラメータの総合化を図らなければならない。

#### 参考文献

- 1) 西村、坂本、嵯峨、藤田：豊平川上流部における水文気象観測結果(第3報)、土木学会北海道支部論文報告集第49号、1993、pp565~568