

山梨大学大学院 学生員 市川良輔
山梨大学工学部 正員 砂田憲吾

1. はじめに

非線型な流出解析法には、貯留度数法、タンクモデル等がある。これらは得られたパラメタと個々の流域の特性(地質・植生・面積)との関係が具体的に理解しにくい面あり、現在でもパラメタと流域の特性との関係を得るべく研究が進められている。

ここでは、降雨-流出系の非線型性が降雨分離則の非線型性に起因するとし、分離されたそれぞれの系は線型で扱えるという考えから提案された成分分離モデル²⁻⁴⁾を用いる。同モデルを、いくつかの実河川に系統的に適用し、流域特性と各系への降雨配分量を規定するものとして、より明解な形で表示される分離パラメタの基本的関係について考察を試みるものである。

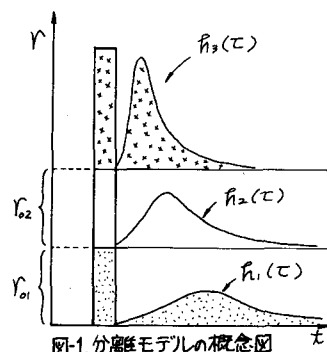


図-1. 分離モデルの概念図

2. 成分分離モデル

概要: 降雨をパラメタ $\gamma_0, \gamma_0 + \gamma_02, \dots, \gamma_0i + \dots + \gamma_0i$ で水平に分離し、それぞれの系について遅れの異なる線型応答関数を対応させる。[図-1参照] それらを重ね合わせたものが全体の流出量となり、次式のように表せる。

$$q(t) = \int_0^t \left[\sum_{k=0}^i \gamma_{0k}(\tau) \gamma_{0k} + \gamma_{0i+1}(\tau) \left\{ r(t-\tau) - \sum_{k=0}^i \gamma_{0k} \right\} \right] d\tau \quad \text{--- (1)}$$

$$\text{但し、} \left\{ i \mid \sum_{k=0}^i \gamma_{0k} < r(t-\tau) < \sum_{k=0}^{i+1} \gamma_{0k}, i=0, 1, 2, \dots \right\}$$

$$\gamma_{00} = 0$$

ここで、 γ_{0i} を成分分離パラメタと呼び、その分布は流域特性を表すものに有効な示標であり、後に検討される。

成分分離パラメタの同定: 評価関数を実測値と計算値の自乗誤差とし、勾配法により行った。

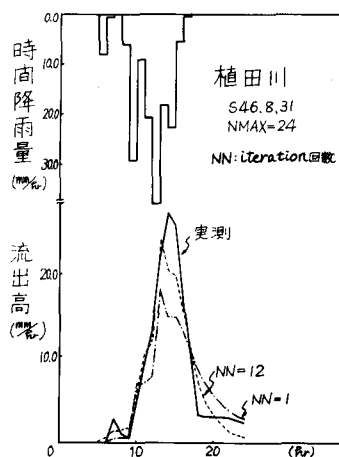


図-2

3. モデルの適用

この流出成分分離モデルを、裏筑波試験地・祖父ヶ峰、梓川試験地、美和試験地、敷戸試験地、一ノ瀬川 No. 2・No. 4、北広島試験地・輪厚川・音江別川、床内川試験地・植田川、筑川試験地・ひより台に適用した。[表-1参照] その際、成分分離は8分割・7パラメタで行った。各遅れ系の線型応答関数にはア関数型の次式 $h_i(\tau) = (1/\tau)^n \cdot \tau^{n-1} \cdot e^{-\tau/\tau_n} / (n-1)!$ を用い、 $n=3$ とした。

流出ハイドログラフの計算結果の一例を

No.	流出試験地	河川	流量観測所	流域面積 (km²)	遅れを中心とする 2R ₀ (hr)	開発状況	最終浸透能力 (mm)
1	北広島	輪厚川	輪厚川	24.0	2.8	P	191
2		音江別川	音江別川	9.7	2.5	P	191
3	敷戸	No. 2	No. 2	0.27	3.6	N	246, 99
4		No. 4	No. 4	0.16	1.0	U	11
5	床内川	植田川	植田	18.0	1.6	U	191, 11
6	筑川	筑川	ひより台	0.32	1.9	U	191
7	美和	小沢沢 (三ヶ沢川)	小沢沢	1.36	15.2	N	246
8	梓川	梓川	梓川	0.4	9.4	N	246
9	裏筑波	山崎川	祖父ヶ峰	0.16	6.4	N	246

表-1. 使用した流出試験地の一覧

[N: 自然流域, P: 開発途上流域, U: 市街化流域]

図-2に示す。同図は、音江別川に分離パラメタ同定に基づくもので、iteration 回数との比較も併記されている。他の河川も含めた結果より、本モデルが単なる流出モデルとしても有効な可能性を示している。

4. 成分分離パラメタの解釈

図-3、図-4は、いずれも同定された成分分離パラメタの分布を示したものである。図-3の輪厚川と音江別川は、浸透の程度は同じだが流域面積の異なる流域と考えられるもので、わずかなではあるが流域面積の小さい音江別川の方が輪厚川に対して早い流出成分を持っているといえる。一ノ瀬川・No. 2とNo. 4は、ほぼ等しい流域面積であるが開発状況はNo. 4の方が進んでおり、これに対してNo. 4がNo. 2と比較して早い流出成分が多い結果となっている。図-4では、祖父ヶ峰、梓川、美和試験地に適用した場合で、流域面積の小さい順に早い流出成分を持つことが知られる。

ところで、分離パラメタは、各遅れ系への降雨配分量を示すが、遅れ系は大略、面積の違いによる遅れ（平面的）、浸透による遅れ（鉛直的）の両方の構造を持つと考えられる。

そこで、流域面積、浸透の程度が遅れにどのように効いてくるかを観るために図-5のように整理した。但し、この際の遅れとは、それぞれの分離パラメタ図の重心の位置（ $2R_c$ ）を採り、分離パラメタ図のピーク的位置については今回は触れていない。又、浸透の程度は、最良の指標ではないが目安として最終浸透能力を使用した。

図-5より、同じような流域浸透性を持つと思われる[祖父ヶ峰・梓川・美和]、[ひより台・音江別川・輪厚川]、[一ノ瀬川No. 4・No. 2]が、それぞれ傾きの異なる直線上にのっている。これらは、浸透が良い程、傾きが大きくなっており、祖父ヶ峰・梓川・美和のグループに比較して浸透がより大きい流域では、より傾きの大きい直線上にあることが判る。又、一見、同じような遅れを示すA点とB点（仮想）では、A点はB点に比べ浸透が良く、それに反比例して小さい流域面積で同じ遅れを示していると考えられる。

以上より、一般に予想されるように流域面積が小さい程、浸透が悪い程、早い流出成分が多いが、浸透が悪い流域では流域面積の大きい流域の遅れにわずかに効いてくるのに対して、浸透の良い流域では面積の大きい流域の遅れに効いてくると考えられる。

5. おわりに

今後、水平分離の意義を確かめると共に、平面的・鉛直的な構造を、より明確にしたいと考えている。本研究において計算等に多大な協力をされた当時の学生・土田一士君に謝意を表す。

参考文献：1) 例え 青木岸井石崎, 第34回年議, II-11, 1979

2) 砂田, 第34回年議, II-24, 1979

3) 中野, 森林水文学, 183, 1976

4) 砂田・市川, 第7回 関東支部年議, I-13, 昭和54年度

5) 建設省河川局土木研究所, 流出試験地調査成果報告書, 55年1月

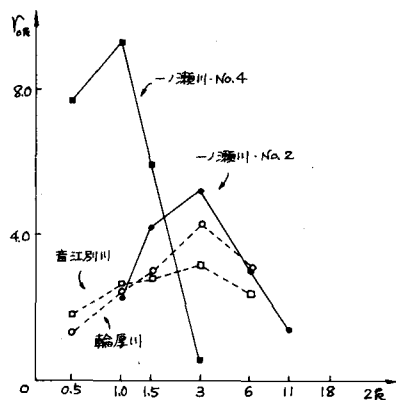


図-3

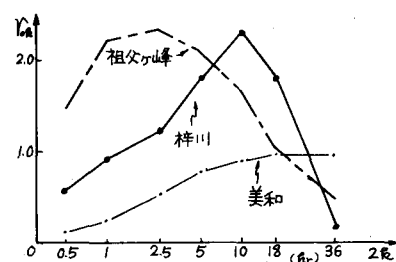


図-4

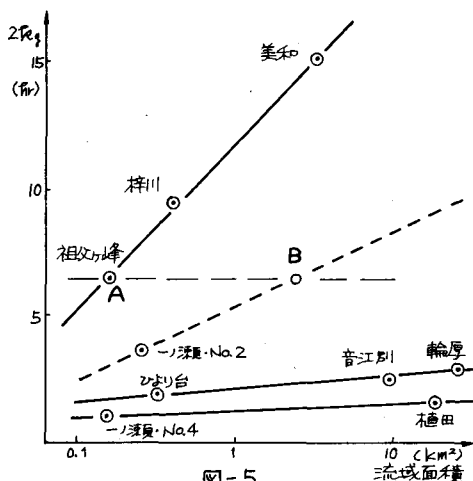


図-5