

貯留関数法による関川流域の洪水流出解析

長岡技術科学大学 大気水圏ダイナミクス研究室 片野友昭

1. はじめに

1995年7月11日(以下7.11)に新潟県上・中越地方を中心に集中豪雨が発生し上越地方の関川流域でも大規模な洪水が発生した。最大雨量は1時間に約50mmという強い降雨を観測したが、流量に関しては、堤防の決壊による氾濫水や、機械の故障などにより正確な実測流量の記録が残らなかった。そこで本研究では貯留関数法を用いて7.11水害の流量推定を行った。また、得られた流量資料に基づいて確率高水流量を検討し、7.11水害が統計的特性に与える影響について検討した。

2. 対象流域

関川は流域面積711.12km²、流路延長64kmの一級河川である。



図1 関川流域図

3. 使用データ

雨量データは高田、安塚、二子島、赤倉、原、三頭、菖蒲、青柳の雨量観測所データを使用する。

流量データは高田水位流量観測所のデータを使用する。

4. 流域平均雨量の算定

河川における流出問題を考えるには、河川流域全体に降った雨量すなわち面積雨量を知る必要がある。この面積雨量のことを、流域平均雨量という。本研究では、ティーセン法をもちいて流域平均雨量の計算を行う。

ティーセン法

図に示されているように流域内外の雨量観測点を地図上に記入し、それらを互いに結んで多数の三角形を作る。次に各辺の垂直二等分線を描くと流域は多くの多角形に分割され、その中には必ず一つの観測所が含まれるようになる。

i番目の観測所Eにおける雨量をR_i、それが含まれている多角形の面積をa_iとすると、次式から流域平均雨量rが算出される。

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n R_i \cdot \frac{a_i}{A}$$

n: 分割された地域の数

A: 流域面積

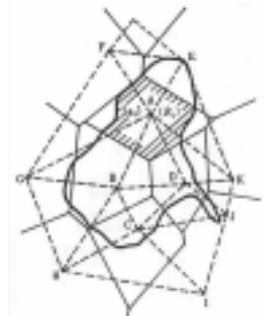


図2 ティーセン法

5. 貯留関数法の概要

貯留関数法は流出現象の非線形特性を表すために、流出の遅れを考慮し、貯留関数を用いて、降雨量から流出量を求めようとするものである。降水 r と流出高 q の間に流域による貯留量 S が生じるとして以下の連続式にもとづくものである。

$$\frac{dS}{dt} = fr - q \quad (1)$$

r : 観測降雨強度

f : 流入係数

実測資料により、式 (3.1) の S と q 関係を求めると、増水期と減水期で異なる曲線をたどり、ループを描くので、 q のデータを遅れ時間 Tl だけ遅らせて二価関数から一価関数化し以下の式を求める。

$$S_l = K (q - q_0) l^P \quad (2)$$

q_0 : 基底流出

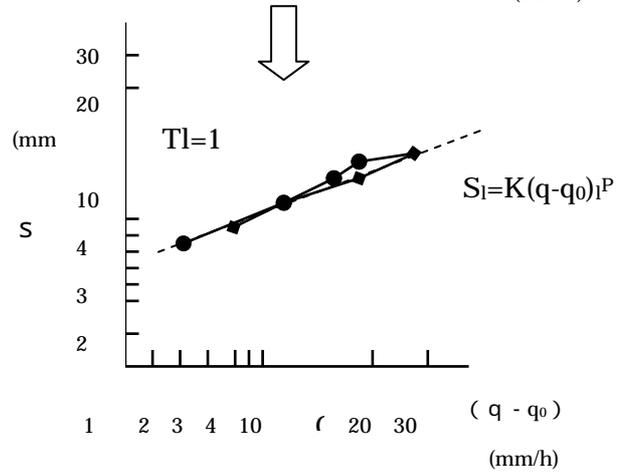
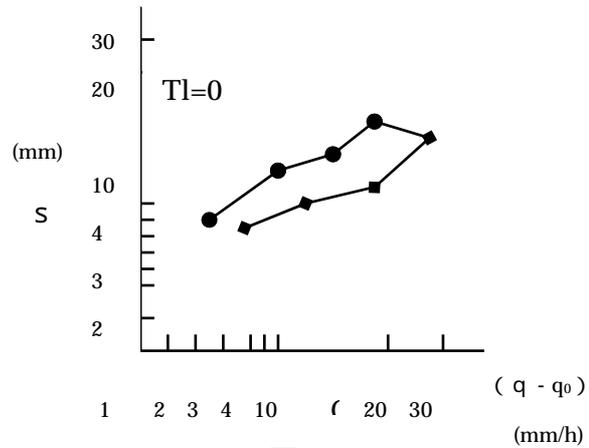


図4 貯留高 流出高関係

数値計算では、次式を基礎として runge-kutta 法により解析を行う。

$$\frac{dQ_l}{dt} = \frac{(r_e - Q_l)Q_l^{1-P}}{K \cdot P} \quad (3)$$

ここに、 $r_e = f \cdot r$ $Q_l = (q - q_0)l$

また、実際のハイドログラフは、得られた Q_l に初期流量を加えたものを、 Tl だけ時間移動して得られる。

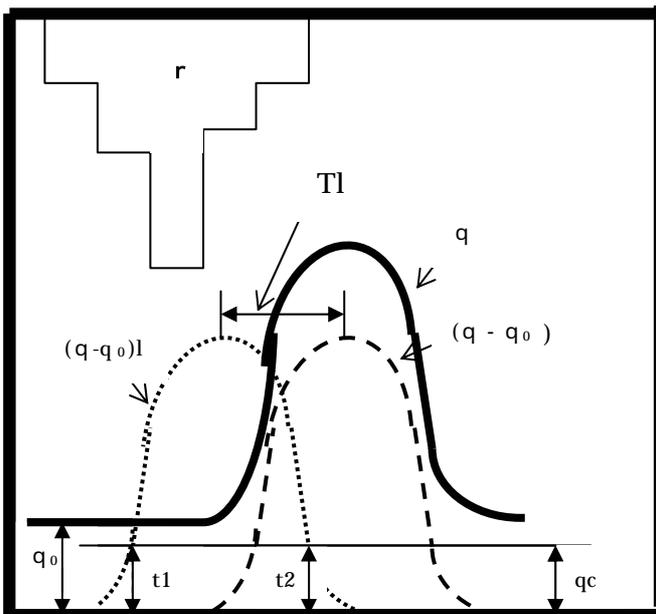


図3 解析の説明図 T

6. パラメータ算定結果と解析結果

今回、過去に起きた 5 つの洪水を対象に解析を行い、それによって求められたパラメータ算定結果を表 4.1 に、実測値と計算結果の比較を表 4.2 に示す。解析結果の一例を図 5、6 に示す。

年	f	TL	p	k
1981	0.68	2.0	0.3	24.09
1982	0.97	3.0	0.33	49.4
1983	0.68	2.0	0.34	29.32
1990	0.6	2.0	0.31	27.11
993	0.51	3.0	0.39	15.49
平均	0.69	2.4	0.33	29.08

表 1 パラメータ算定結果一覧

対象洪水年	実測最大流量(m ³ /s)	計算最大流量(m ³ /s)	実測計算(m ³ /s)	誤差%
1981	1661.94	1656.68	5.26	0.32
1982	2175.16	2259.05	83.89	3.86
1983	985.85	984.15	1.70	0.17
1990	1240.91	1237.41	3.50	0.28
1993	671.61	665.68	5.93	0.88
平均	1347.09	1360.59	20.06	1.10

表 2 実測値と計算結果の比較

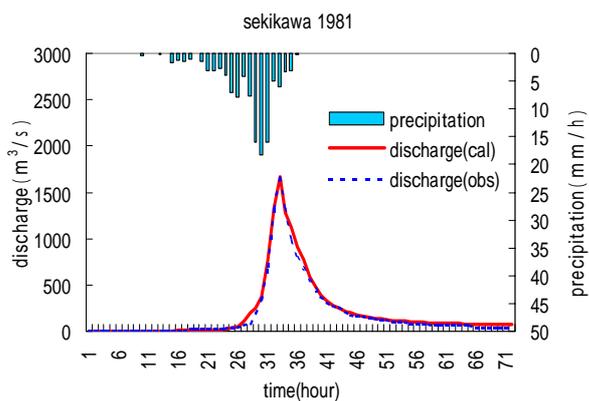


図 5 1981 年洪水

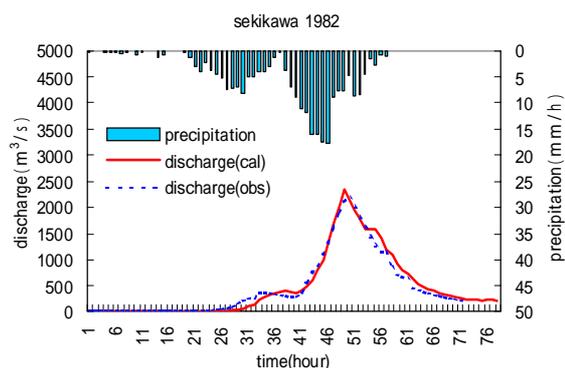


図 6.2 1982 年洪水

5. 7.11 水害の解析結果

7.11 水害の解析を行うには過去の洪水からパラメータを算定するが、算定の仕方により結果が変わるので、最適なパラメータになるように算定方法を選ぶ必要がある。そこで、過去の洪水で算定したパラメータの値に近い 1981 年、1983 年、1990 年の平均の値を用いた。結果、推定最大流量は 2,342m³/s となった(図 7)。ここで流出率は過去の洪水の平均値を使わずに流出率と累加雨量曲線から求めた式 4 を用い算出した。

$$f = 1 - \exp\left(-\frac{\sum R}{n}\right) \quad (4) \quad R: \text{累加雨量}$$

= 0.84

n: 定数

また比較のために「氾濫水を戻す」による解析結果も合わせて表示する。

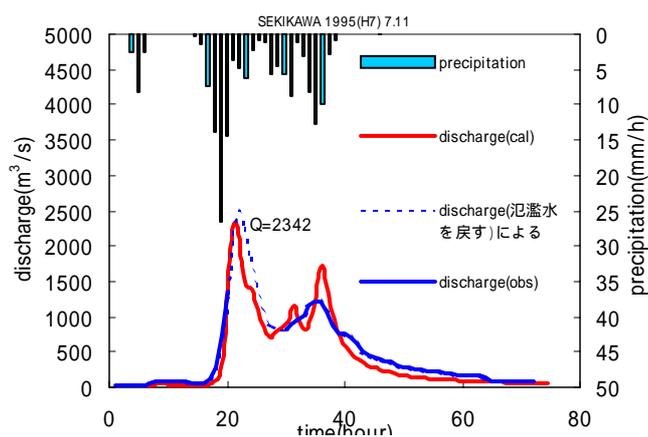


図 7 7.11 解析結果

f	TL	P	K	最大流量 m ³ /s
0.84	2.4	0.32	26.84	2,342

表 3 7.11 水害使用パラメータ

6 . 河川計画に及ぼす影響

得られた流量を基に、河道計画に大きく影響を与える計画高水流量の基礎となる確率流量を、対数正規確率分布をあてはめることにより求めた。結果、7.11 水害以前の年最大流量を用いた資料から 100 年確率流量は $2,477\text{m}^3/\text{s}$ と算出され、次に、貯留関数法により得られた 7.11 水害の推定最大流量を加えた結果、100 年確率流量は $2,854\text{m}^3/\text{s}$ と算出された。

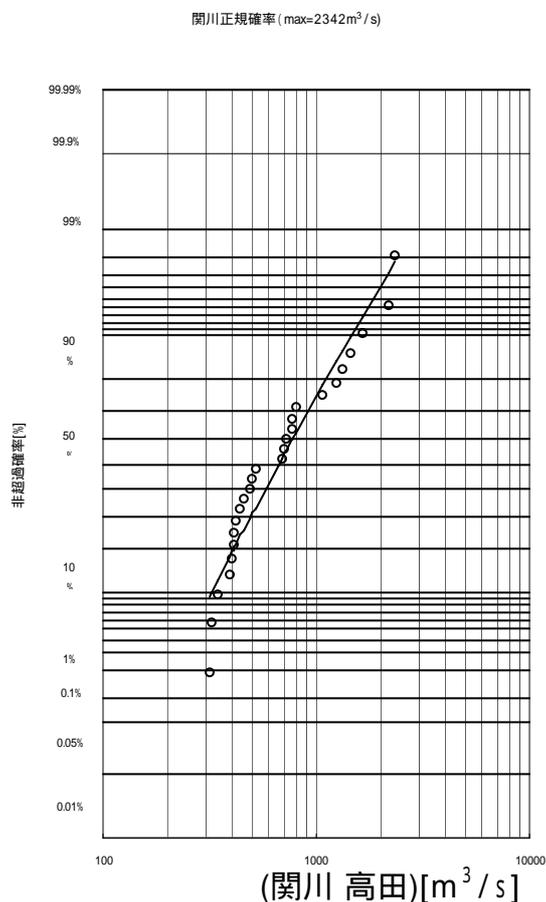


図 8 度数分布と対数正規分布の当てはめ

7 . 結論

- ・ 貯留関数法を用いて、関川流域の過去に起きた 5 つの洪水について、それぞれパラメータを求め、解析を行った結果、実測流量を良い結果で再現できた。
- ・ 同定したパラメータを用いて、7.11 水害の解析を行った結果、欠測とされる推定最大流量を $2,342\text{m}^3/\text{s}$ と算出することができた。
- ・ 7.11 水害の推定最大流量を加えて、100 年確率流量を求めた結果、 $2,854\text{m}^3/\text{s}$ と算出された。
- ・ 求めた 100 年確率流量から河道計画高水量を定めるとするならば、 $2,854\text{m}^3/\text{s}$ 以上の値で定めることが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1 . 岡本 芳美 : 河川工学解説、工学出版、2000 . 4
- 2 . 八木 純一 : 水理公式集例題集、土木学会、1985
- 3 . 高橋 裕 : 河川工学、2000.3
- 4 . 増田 心吾 : 関川流域における分布型流出モデルを用いた洪水流出解析
長岡技術科学大学 修士論文、2002
- 5 . 長岡 和哉 : 7・11 水害の水文学的特性
長岡技術科学大学工学部 課題研究 1997