

千曲川歴史洪水の復元と その頻度分析への導入

信州大学工学部 正会員 寒川 典昭

信州大学工学部 ○加藤 一郎

信州大学工学部 正会員 山下伊千造

1. はじめに

千曲川下流立ヶ花地点には流量観測所があり、ここでは1951年以降毎年最大流量の記録が蓄積されているが、1992年までのデータ数は42個に過ぎない。これらから大きなリターンピリオドに対する確率水文量を求めるとなると、大洪水の出現の確率を小さく見積もってしまう危険性を多分にはらんでいる。この問題を解決する1つの方法として、歴史洪水の復元によりデータ数を増加させて確率水文量の算定におこむことが考えられる。本研究では、まず、1951年以前の大洪水時においてのみ立ヶ花地点に残されている最高水位から、いくつかの仮定をもとに最大流量を復元した。次に、それを近年の年最大流量と合成して、モーメント法と最尤法からパラメータを同定し、確率水文量を算定した。

2. 歴史洪水流量の復元

ここでは、大規模な歴史洪水の水位の記録が残されている立ヶ花水位標（立ヶ花）における26個の洪水^{1), 2)}を対象として、歴史洪水流量を復元した。復元方法は、マニング式を用い、一昨年の研究³⁾と同様の手順で行った。但し、水位記録が、ある基準点からの水位としてしか残されてなく、文献¹⁾から基準点の標高が2通り推定されるのだが、現時点ではどちらが正しいのか不明の為、2通りの水位を用いている。得られた値が表-1であり、それを近年の観測記録のある年最大流量と合成して、時系列のグラフにしたものが図-1、図-2である。

3. 頻度分析の手順

まず、年最大流量の母集団として、対象水文量の分布に良好な適合性を示すと思われるグンベル分布を用いた。その確率密度関数および分布関数を下に示しておく。

$$f(x) = \alpha \exp[-\alpha(x-\mu)] \exp\{-\exp\{-\alpha(x-\mu)\}\}$$

$$F(x) = \exp\{-\exp\{-\alpha(x-\mu)\}\}$$

パラメータ α 、 μ の同定には、モーメント法と最尤法を用いる⁴⁾。このうち最尤法についての概略を以下に示す。モーメント法については文献⁴⁾を参照されたい。

- 1) 歴史時代を復元データの量、質などから1742～1794年、1795～1857年、1858～1929年、1930～1950年の4つに区分する。
- 2) 近年時代の41年間は x_{0i} ($i=1, \dots, 41$)のデータを用い、歴史時代の h_j ($j=1, \dots, 4$)年間は、ある一定値(しきい値) U_j 以上の時の値を x_{ji} ($i=1, \dots, k_j$)であるとし、その他の年は、しきい値以下の値であるとしたデータを用いて、次の尤度関数 L を作る。

$$L = \alpha^{\sum_{j=0}^4 k_j} \exp \left[-\alpha \left\{ \sum_{j=0}^4 \sum_{i=1}^{k_j} x_{ji} - \left(\sum_{j=0}^4 k_j \right) \mu \right\} - \sum_{j=0}^4 \sum_{i=1}^{k_j} \exp \{-\alpha(x_{ji} - \mu)\} \right. \\ \left. - \sum_{j=1}^4 (h_j - k_j) \exp \{-\alpha(U_j - \mu)\} \right]$$

- 3) 尤度関数 L をグンベル分布のパラメータ α 、 μ について最大にする。

- 4) リターンピリオド30、50、100、200年に相当する確率水文量を求める。

4. 結果と考察

表-2は、2. で求めた歴史洪水流量と近年のデータをもとに3. の方法により算出した確率水文学と、近年時代のデータのみから算出した確率水文学を示している。立ヶ花Ⅱに注目すると、歴史時代も含めたものの方が近年時代のみから算出したものより、いずれも大きいことがわかる。歴史時代と現在とでは河川の流域形態や気象状況等が異なると思われるが、この結果からみると、近年の正確な記録だけで洪水の防御計画を行うのは、やはり危険性が残るのではないかと考えられる。

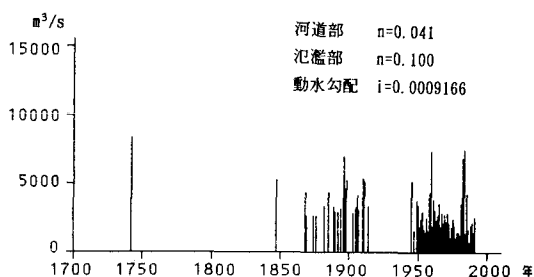


図-1 年最大洪水流量の時系列グラフ (立ヶ花Ⅰ)

表-1 歴史洪水流量の推定値

(単位は m^3/s)

立ヶ花Ⅰ: 基準点標高 325.179m

立ヶ花Ⅱ: 基準点標高 326.694m

	立ヶ花Ⅰ	立ヶ花Ⅱ
1742 (寛保 2年)	8315	10586
1847 (弘化 4年)	5187	6895
1868 (明治 元年)	4273	5843
1869 (明治 2年)	2600	3491
1874 (明治 7年)	2600	3491
1876 (明治 9年)	2600	3491
1882 (明治 15年)	3260	4568
1885 (明治 18年)	4273	5843
1889 (明治 22年)	3260	4568
1890 (明治 23年)	2900	3999
1892 (明治 25年)	2900	3999
1894 (明治 27年)	3058	4273
1896 (明治 29年)	6895	8482
1897 (明治 30年)	4568	6185
1898 (明治 31年)	5187	6895
1903 (明治 36年)	2842	3842
1905 (明治 38年)	3179	4448
1906 (明治 39年)	4072	5609
1907 (明治 40年)	3120	4360
1910 (明治 43年)	5299	7023
1911 (明治 44年)	5061	6750
1914 (大正 3年)	3329	4659
1945 (昭和 20年)		5071
1947 (昭和 22年)		1485
1949 (昭和 24年)		3718
1950 (昭和 25年)		3420

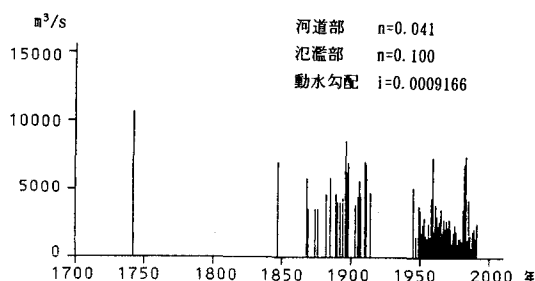


図-2 年最大洪水流量の時系列グラフ (立ヶ花Ⅱ)

表-2 パラメータと確率水文学の推定値

		立ヶ花Ⅰ		立ヶ花Ⅱ		近年時代
モデル		モーメント法	最尤法	モーメント法	最尤法	モーメント法
パラメータ μ		1743	894.0	1820	959.0	1849
パラメータ α		0.0009592	0.0007850	0.0008068	0.0006352	0.0008232
確率水文学 (m^3/s)	Q(30)	5271	5205	6014	6287	5955
	Q(50)	5811	5865	6656	7102	6587
	Q(100)	6539	6754	7521	8201	7437
	Q(200)	7265	7640	8384	9296	8288

5. あとがき

本稿では、千曲川の歴史洪水流量を復元し、それを頻度分析に活用することを試みた。しかし、実際に治水計画に利用するには歴史洪水流量復元の数を増やす、精度を上げる等により更に信頼性を向上させなければならない。まだまだ多くの問題が残されているが、今後これらの問題の解決を目指したい。

<参考文献>

- 1) 建設省北陸地方建設局: 信濃川百年史, (社)北陸建設弘済会, p. 147, p. 151, pp. 536~537, 1979年。
- 2) 建設省北陸地方建設局: 千曲川・犀川三十年のあゆみ, 千曲川工事事務所, p. 219, 1980年。
- 3) 寒川他: 千曲川下流の古期洪水流量の復元, 土木学会中部支部研究発表会, 1992年。
- 4) 池淵・前田: 歴史洪水資料を利用した計画降雨算定手法, 京都大学防災研究所年報第34号B-2, pp. 104~109, 1991年。