

ニューラルネットワークによる季節性を考慮した洪水時貯水池流入量の予測

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○山田祐次

名古屋工業大学 正会員 庄建治朗

名古屋工業大学 正会員 長尾正志

中部電力(株) 正会員 後藤孝臣

1. 研究目的

著者らは、ニューラルネットワーク（以後 ANN と略記）を用いて、低水や高水流量の予測を行ってきた。今回は、ANN を用いて岐阜県木曽川水系の中部電力所管、秋神ダムでの流域内の雨量や流量の観測資料による洪水時の貯水池流入量の短時間予測に適用した結果を報告する。研究の目的は、季節性を考慮した入力情報の選別および標本期間を含めた入力層ユニットの選定などである。

2. 対象流域とデータ

対象としたのは、岐阜県木曽川水系の飛騨川流域北部に位置する秋神ダム流域（流域面積 83.3km²、標高は約 900~2,900m）である。ここでの水文観測は、1 時間ごとに一之宿、秋神の 2 ヲ所の流量、および御岳、胡桃島、宮之前、一之宿、秋神の 5 ヲ所で雨量観測が行われている。入手し得た平成 7~10 年の約 35 ケースの洪水資料をもとに、秋神ダムへの流入量の予測に関するモデルの構築と検討を行った。データとして用いた洪水は年代順に FL1, FL 2, …と記す。

3. 適用計算

3.1 計算手法 従来の研究と同様に、入力層、中間層、出力層をそれぞれ単層とする階層型モデルとし、モーメント修正法を用いた誤差逆伝播法で適合計算を行う。また、中間層ユニット数は入力層ユニット数の約半分とする。なお、雨量資料は地点毎に別々の入力ユニットとして扱うよりも、Thiessen 法による平均雨量を用いた方が好ましい結果が得られるという経緯¹⁾より、この平均雨量を採用している。

3.2 標本期間 標本期間の設定にあたり、洪水時の降雨ピークと流量ピークの時間差について調べた。推定したピーク雨量値とその発現時刻は、Thiessen 平均した毎整時雨量を 3 点移動平均し、そのピークを挟む前後それぞれ 2 時間分、計 4 点の補間により内挿して求めた。流量についても同様の補間により、ピーク値とその発現時刻を求めた。図 1.に春の降雨による一之宿、秋神におけるピーク流量値とピーク時差の関係を両対数座標で示す。また、それぞれピーク流量値およびピーク時差を降雨原因別に平均したものを表 1.に示す。低流量の多い春の流出においては多少ピーク時差は大きくなるが、基本的には一之宿流量と平均雨量では 2~4 時間、秋神流量と平均雨量では 2~5 時間程度となった。また、一之宿流量と秋神流量のピーク時差は精々1 時間程度

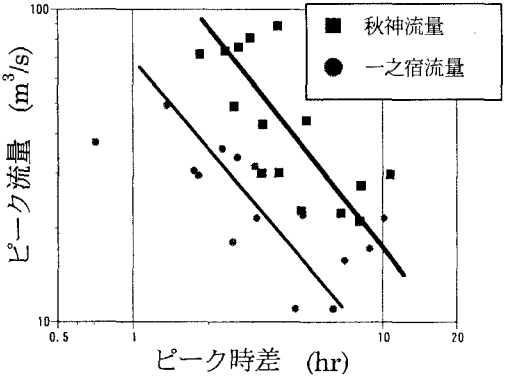


図1. 春のピーク時差とピーク流量

と、きわめて短いこともわかる。また、全洪水について秋神流量、一之宿流量、Thiessen 平均雨量の標本期間をそれぞれ 0~3 時間の範囲で変化させ、すべての組み合わせについて秋神流量を目的変数とする重線形回帰分析を行ってみた。

その結果、1 時間先、2 時間先予測ともに最適な標本期間として秋神流量は 2 時間分、一之宿流量は 2 時間分、Thiessen 平均雨量は 1 or 2 時間分となった。これより今回、入力層ユニットには、秋神流量を 2 時間分、一之宿流量を 2 時間分、Thiessen 平均雨量を 1,2,3 時間分用いたもので比較する。

3.3 基準化と学習回数 ANN による入力には、前もって資料を(0~1)の範囲に変換しておく必要がある。しかし、適合資料では入手した資料範囲以上に及ぶ場合もあることを勘案して、流量では(0.1~0.9)、雨量では(0~0.9)の範囲内に線形的に変換するような基準化を行った。

つぎに、ANN 構造を決めるべき学習回数を選定する必要がある。これ

表1. 季節別ピーク時差(hr)と流量(m³/s)の平均値

		ケース洪水	R-秋時差	Q _{peak} 秋	R-宿時差	Q _{peak} 宿	秋-宿時差
春		15	4.64	47.48	4.06	25.69	0.58
梅雨		7	3.69	48.80	2.67	25.70	1.02
秋	台風	5	2.88	61.61	2.37	30.59	0.51
	秋雨	6	3.25	39.50	2.77	22.60	0.48
	台風+秋雨	2	3.94	96.46	2.86	41.14	1.07
秋: 秋神流量		宿: 一之宿流量		R: Thiessen平均雨量			

表2. 検討対象の洪水

学習洪水			比較洪水	
春	H	FL22	春	FL21
	A	FL1	梅雨	FL26
	L	FL17	秋(秋雨)	FL28
梅雨	H	FL2	秋(台風)	FL32
	A	FL27		
	L	FL25		
秋	H	FL35		
	A	FL12		
	L	FL30		
一般HAL		上記すべて		
一般HA		HとAすべて		

には入力変化を適切に表現しうる柔軟性と過学習による誤差の増幅という相反する問題が関係する。ここでは、厳密な議論は別の機会に譲り、前回の試算から、学習回数を 1000 回としている。ただし、50 回毎に随時、観測値と予測値の平均二乗誤差を計算し、その最小値の学習回数も検討材料としている。

4. 適合計算

学習に使う洪水としては、季節毎に秋神流量に基づき、大きいもの (H) と平均的なもの (A) と小さいもの (L) に 3 分類し、すべてを使った場合(HAL)と大きいものと平均的なものを使った場合 (HA) についてそれぞれ学習させることにした。表 3. は、さまざまな学習洪水と入力ユニットにおける 2 時間先の秋神流量を春の洪水 (FL21) について予測した結果の一例である。洪水期間全体にわたる相関係数、平均二乗誤差、およびピーク値の百分率表示である。また、その後ろの () 内の数値は実測値のピークと計算ピークとのずれ(時間)を示す。網掛けになっているものは表中の最良値である。こうした計算を 1,2,3 時間先予測において行った。なお表中の 2-2-1 などは入力情報の標本期間の組み合わせを示しており、この場合、秋神流量、一之宿流量の標本期間がそれぞれ 2

時間、Thiessen 平均雨量が 1 時間であることを示す。

表 3. から、たとえば、春での 2 時間先の流出予測では、秋の降雨を学習に用いないほうがよい結果を与え、入力に用いる雨量データは 2 時間分までで十分であるということがわかる。

表 3. 2 時間先予測における学習洪水比較
(春)学習回数 1000 回

FL21	入力方式	2-2-1	2-2-2	2-2-3
一般HAL	相関係数	0.931	0.914	0.900
	二乗誤差	0.00229	0.00284	0.00340
	ピーク評価	95% (-1)	101% (0)	107% (-1)
一般HA	相関係数	0.935	0.913	0.938
	二乗誤差	0.00288	0.00445	0.00264
	ピーク評価	101% (-1)	90% (0)	116% (-1)
春HAL	相関係数	0.941	0.909	0.891
	二乗誤差	0.00200	0.00299	0.00355
	ピーク評価	110% (-1)	100% (0)	103% (0)
春HA	相関係数	0.946	0.893	0.879
	二乗誤差	0.00296	0.00387	0.00437
	ピーク評価	139% (-1)	110% (0)	107% (0)
梅雨HAL	相関係数	0.925	0.917	0.871
	二乗誤差	0.00242	0.00282	0.00421
	ピーク評価	103% (-1)	94% (0)	93% (0)
梅雨HA	相関係数	0.900	0.881	0.851
	二乗誤差	0.00468	0.00501	0.00593
	ピーク評価	103% (-1)	97% (0)	92% (0)
秋HAL	相関係数	0.843	0.696	0.914
	二乗誤差	0.00600	0.01179	0.00531
	ピーク評価	96% (0)	86% (+2)	123% (-1)
秋HA	相関係数	0.710	0.886	0.901
	二乗誤差	0.01427	0.00449	0.00500
	ピーク評価	75% (0)	105% (0)	116% (-1)

表 4. 2 時間先予測における学習洪水比較
(秋台風)学習回数 1000 回

FL32	入力方式	2-2-1	2-2-2	2-2-3
一般HAL	相関係数	0.935	0.962	0.945
	二乗誤差	0.00509	0.00860	0.00517
	ピーク評価	138% (0)	144% (+1)	135% (+1)
一般HA	相関係数	0.931	0.951	0.937
	二乗誤差	0.00508	0.00476	0.00879
	ピーク評価	131% (+1)	133% (+1)	145% (0)
春HAL	相関係数	0.924	0.927	0.905
	二乗誤差	0.00410	0.00605	0.00750
	ピーク評価	128% (+1)	137% (+1)	139% (+1)
春HA	相関係数	0.922	0.944	0.944
	二乗誤差	0.00894	0.00825	0.01229
	ピーク評価	146% (+1)	136% (+1)	146% (+1)
梅雨HAL	相関係数	0.819	0.852	0.852
	二乗誤差	0.00739	0.00691	0.00891
	ピーク評価	127% (+1)	126% (+1)	127% (+1)
梅雨HA	相関係数	0.758	0.827	0.798
	二乗誤差	0.01294	0.01023	0.01378
	ピーク評価	119% (+1)	117% (+1)	122% (+1)
秋HAL	相関係数	0.963	0.947	0.943
	二乗誤差	0.00590	0.00230	0.00247
	ピーク評価	148% (0)	99% (0)	134% (0)
秋HA	相関係数	0.977	0.976	0.962
	二乗誤差	0.00127	0.00514	0.00221
	ピーク評価	123% (0)	140% (0)	135% (0)

5. 結論

- 1) 1 時間先の予測においては、学習に利用する季節の違いにより多少の相違はあるものの、どのケースも精度よく予測していた。
- 2) 2 時間先の予測になると対象とする季節の洪水のみを学習させる方法も有効である。とりわけ、秋の台風の予測において、秋の洪水のみを学習させたことにより 2 時間先においてもピーク時間を明確に予測することができた。(表 4. 参照) 3 時間先においても秋洪水のみの学習がすべての洪水を学習させるよりも、ピーク時間について良い結果となった。
- 3) 全体的に、1, 2 時間先予測において雨量ユニットを 3 時間分も用いると誤差が大きくなるが多かった。なお、結果からみてピーク時差や重線形回帰分析による標本期間の選定は有効であったと考えられる。
- 4) 梅雨時における重複ピークの出水の予測結果を図 3. に示す。これは、梅雨時(FL26)の 2 時間先予測における各最良値の予測結果であるが、1 回目のピークは、大きめの予測をすることが多いのに対し、2 回目のピークを予想する際、若干小さめの値を予測することが多かった。連続する 2 つの洪水ピークを予測する時は先行する雨量および流量をさらに考慮してモデルを組む必要があるように思える。

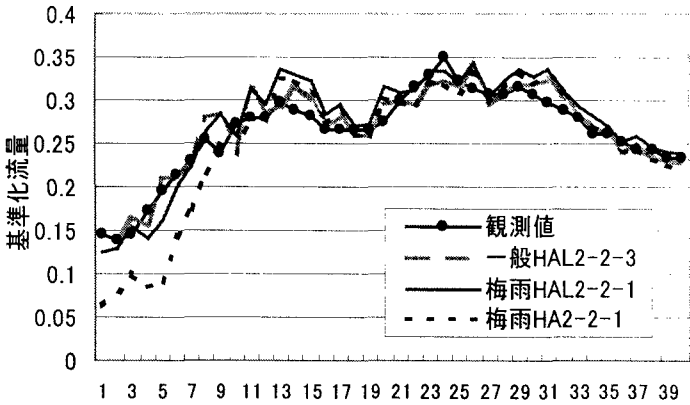


図3. 2 時間先予測における各最良値の予測結果
梅雨(FL26) (学習回数 1000 回)

参考文献 1) 吉村・長尾・山田・庄：ニューラルネットによる洪水時河川水位予測、土木学会第 53 回年次講演会概要、第 2 部、pp.128-129、1998.10.