

降雨情報と流量情報を併用したニューラルネットワークを用いたダム流入量予測法に関する研究

防衛大学校 建設環境工学科 学生会員 橋 郁也, 片出 亮, 堀口 俊行
正会員 香月 智

1. 緒言

近年,放水調節による治水と水力発電を行う利水の両面を同時に満足する発電用ダムが求められている。すなわち,水資源を効率よく電力に変換することを可能とするだけでなく,河川利用者の安全や洪水被害の低減のため,ダム流入量予測手法を確立することが望まれている。このため,著者ら¹⁾はダム上流部にある河川流量の観測データを利用した流入量予測モデルの最適化技法を応用する手法を提案した。しかし,雨量情報を除外しているため,近年の集中型の降雨に追従できないという問題があった。そこで,本研究はニューラルネットワークを用いて,対象河川流域の降雨情報と上流ダム放流量を考慮したダム流入量の予測法を提案するものである。

2. ニューラルネットワーク²⁾(NN)

本研究で用いた NN システムは,入力層 20 個,中間層 40 個,出力層 1 個の階層型ネットワークである。使用したデータは,図-1 に示すような対象流域における上下流ダムの放流量(Q_U)および流入量(Q_D)の他に,流域内の 5 地点で観測した雨量($R_A \sim R_E$)を用いることとした。この際,データは 2001 年から 2008 年まで毎時サンプリングしたものであり,この中で特に顕著に流入量が増加した連続 200 時間を任意に 50 セット抽出した。また毎時のデータであるため,流入量は上流ダムの放流量や流域内の降雨量との間に時間遅れが予想される。そのため NN の入力層には,流入量 Q_D の予測時刻 t に対して, $t-1 \sim t-3$ の $R_A \sim R_E$ および Q_U を,また, Q_D の $t-1, t-2$ を入力することにした。

3. 解析結果と考察

抽出した 50 セットのデータうち,49 個セット学習させて残りの 1 個セット予測する。その一例として,
キーワード ニューラルネットワーク,流入量予測,降雨情報

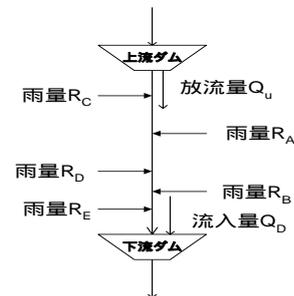


図-1 対象河川の概要図

大規模および小規模の流入量予測結果を,それぞれ図-2, 図-3 に示す。図-2 は,図-2(a)に示すようにピーク流量が $1121\text{m}^3/\text{s}$ と大規模な流入量が生じた事例に対する予測推定結果である。図-2(b)は,図-2(a)を除く 49 個の事例への学習結果を示しているが,その一致係数 $R^2 = 0.9946$ であり,ニューラルネットワークは他の事例の入出力関係を良く学習できていることがわかる。このネットワークにより予測すると,図-2(a)に示すようにピーク流量が実測 $1121\text{m}^3/\text{s}$ に対し予測 $1083\text{m}^3/\text{s}$ と,3.4%ほど小さく推定されるものの,ほぼ一致する推定結果となった。また,図-2(b)に示すように,推定結果の一致係数 $R^2 = 0.9974$ となっており,極めて良好な推定結果を得ることがわかる。参考までに,49 個の学習データには最大流入量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の学習データは 2 個しかない。このため,ピーク流量付近の予測精度が低下したと考えられる。一方,図-3 はピーク流量が $44\text{m}^3/\text{s}$ と小規模流入量についての予測推定結果である。図-3(b)によると,この 49 個に対する学習結果は,図-2(b)と同様に一致係数 $R^2 = 0.9955$ と良好な学習結果となっている。しかし,図-2(a)の予測と実測のハイドログラフはあまり良い一致を示しておらず,推定結果の一致係数 $R^2 = 0.8404$ である。ただし,ピーク流量は実測 $44\text{m}^3/\text{s}$ に対し予測 $41\text{m}^3/\text{s}$ で 7%過小評価と割合的には大きい,その量としてはダムの管理上において困難な判断を招くほどのことではない。図-4 には,このようにして行った 50 セッ

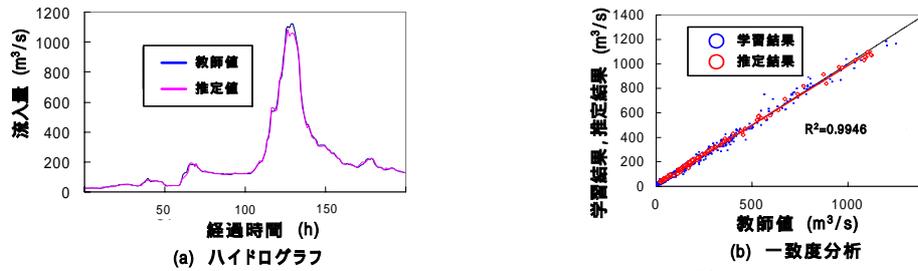


図-2 予測結果(大規模流入量)

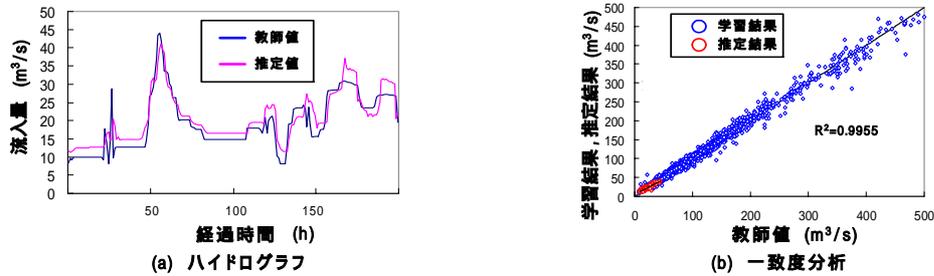


図-3 予測結果(小規模流入量)

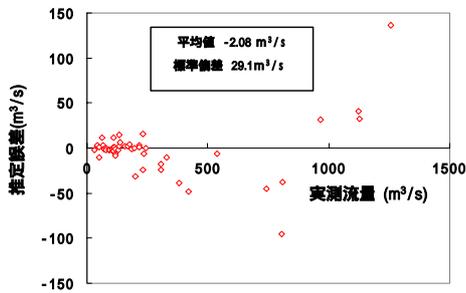


図-4 最大流量推定誤差と実測値

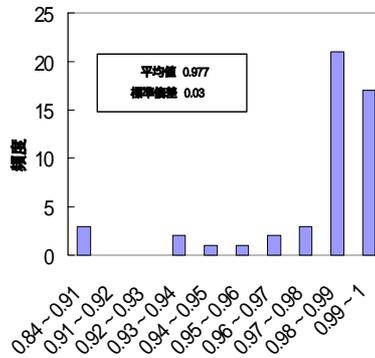


図-5 一致係数の頻度分布

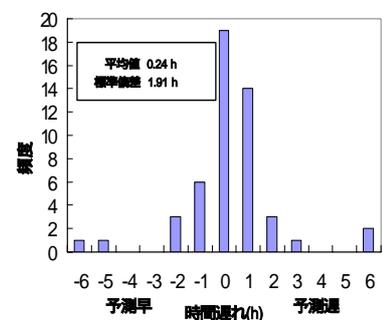


図-6 最大流量生起時間誤差

トの隠しデータ検定における、隠しデータに対する推定誤差と実測値の割合を示す。ここで正の誤差は、推定ピーク流量値よりも実測ピーク流量値が大きい場合の割合を示している。防災上問題となる大規模な流量（ $500\text{m}^3/\text{s}$ 以上）では、 $50\text{m}^3/\text{s}$ 程度の誤差が生じている。図-5には、50セットの隠しデータ検定の隠しデータに対する、実測値と推定値の時刻歴の一致係数について示す。一致係数 R^2 は $0.9800 \sim 1.0000$ の間に集中しており、平均値は 0.9770 、標準偏差は 0.0321 であり、良好に予測できていることがわかる。図-6には、実測ピーク流量の正規時間に対する予測のズレの頻度を示している。ここで、正は実測ピーク流量が推定ピーク流量よりも早く到達している場合であり、ダムの上流に予想より大きな流量増加となるため、治水上は危険側の誤差となる。一方の負値はこの逆となるため、治水上は安全となる。この時間遅れは、図-6に示すように最頻値は 0h 、平均値は $+0.24\text{h}$ 、標準偏差 1.91 となっており、約 40% はピーク流量到達時間が一致し

ているが、安全側の 1 時間誤差と合計すると 50% 程度となる。ただし $5 \sim 6$ 時間遅れたり、早まったりする場合も 4 回ほどある。これは 200 時間の間に $2 \sim 3$ 回もピーク値が生じたものであり、最大流量が $250\text{m}^3/\text{s}$ 以下の小規模のものである。

4. 結 言

降雨と上流ダム放流量から NN を用いてダムの流入量を全体的に予測可能であることを示したが、ピーク流量誤差や時間遅れが生じた。今後は多くのデータを蓄積して予測精度を向上する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 井村康平, 片出亮, 香月智: 上流部観測データに基づくダム流入量予測への PSO の応用 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 1-51, 2010.3
- 2) 市川 紘: 階層型ニューラルネットワーク 非線形問題解析への応用, 共立出版株式会社, 1993.6