

予測降雨量情報を用いたニューラルネットワークによる渇水期流入量の推定

岐阜工業高等専門学校 正員 鈴木正人

名古屋工業大学 正員 長尾正志

○岐阜工業高等専門学校専攻科

福元 敦

1. はじめに

著者らは、ニューラルネットワークを用いた渇水期の日流入量の推定について、推定日より前の日流入量や日降水量を入力として与えれば1日先の流入量がある程度の精度で推定可能であることを報告してきた。また、より長い期間の推定についてもリカレント型のネットワークを用いて試みてきたが、推定期間内の降水量の情報を入力として与えなかったこともあり、その推定精度は1日先の結果に比べて著しく劣り、特に推定期間内の流入量のピークは再現できなかった¹⁾。そこで本研究では、1日先より長い期間の日流入量の推定精度の向上を意図して、推定期間内の降水量を情報として用いた推定を行う。なお、実用の段階では将来の降水量は未知であることから天気予報などによる不確かな降水量を情報として用いることになる。そのことを反映させるために、推定期間内の降水量に誤差を勘案した形で入力とし、付加した誤差と推定精度との関係を検討する。

2. 計算方法

入力・中間・出力の3層からなる3階層リカレント型のネットワークを計算に、学習アルゴリズムには教師つき学習では最も一般的なバックプロパゲーション法を用いた。

入力データとして、推定日より前の日流入量、日降水量に加え、推定期間内の日降水量を用いた。本研究では既存のデータを用いるので推定期間内の降水量は既知であるが、本来推定時には将来の降水量は未知であり、実用段階では天気図や天気予報などを用いて何らかの形で予測した降水量を用いることになる。そこで、推定期間内の日降水量は降水量の予測精度に対応する意味で誤差を付加した上で入力として用いた。具体的には、推定期間内の降水量を用いない場合（入力として流入量・降水量共に推定日より前5日分）、推定期間内の降水量を用いた場合（入力として流入量前5日分、降水量前5日分+推定期間内5日分）について計算し、推定期間内の日降水量には、 $-30 \sim +30\%$ の相対誤差を10%刻みで付加した。また、出力は5日先までの日流入量（出力層のユニット数5個）を一括して推定している。

推定精度の検討には推定値と実測値を比較する必要がある。そこで本研究では、全てのデータのうち、各1年分を除いたものを教師信号としてネットワークに与えて学習させた後、学習済みのネットワークを用いて教師信号から除外した年の流入量を推定し、得られた推定値と実測値を比較した。学習の程度は、学習の段階における出力値と教師信号（＝実測値）の相対誤差の和により判断した。学習段階の相対誤差は次式で表したので、この値が小さいほど教師信号と出力が良く合っている、つまり学習の効果が強いことになる。

$$\text{学習段階の相対誤差} = | \text{教師信号} - \text{出力値} | \div \text{教師信号} \quad (1)$$

本研究では、学習段階の相対誤差として25, 20, 15, 10%の4つを用い、便宜的に、例えば25%の誤差をer25と表記している。また、推定精度は推定値と実測値との相対誤差（ $= | \text{実測値} - \text{推定値} | \div \text{実測値}$ ）により判定している。

3. 計算結果

木曽川水系牧尾ダムの1969～1993年の12月の日流入量と日降水量を対象とした。なお、実際の計算には、流入量を0.1～0.9、降水量は0.0～0.5に基準化したものを用いた。

図-1はer10まで学習させたネットワークを用いた1986年の日流入量の推定結果である。凡例で降雨情報なしは推定期間内の降雨情報を用いなかった場合を、降雨情報ありは5日先までの日降水量を誤差0%（すなわち観測値そのもの）で与えた場合である。自明であるが、降雨情報を与えた場合は流入量のピークがよ

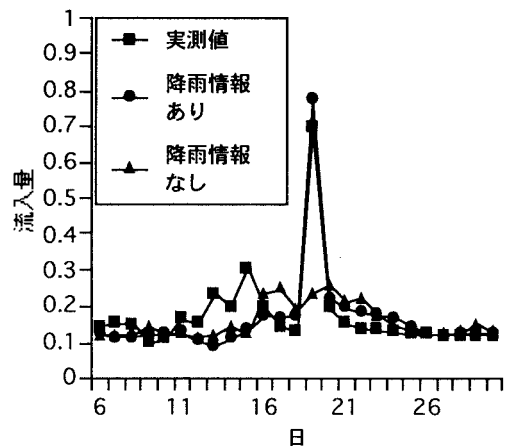


図-1 1986年日流入量推定値

く再現されているが、降雨情報を与えない場合はピークが再現されていない。

また、各学習の程度における推定値の相対誤差の平均について推定期間内の降雨情報を用いなかった場合を表-1に、用いた場合を表-2に示す。比較すると、降雨情報を用いた場合の方が用いない場合に比べて値が小さくなっており、推定期間内の降水量を情報として用いることの効果がわずかではあるものの認められる。降雨情報を用いた場合の相対誤差が、用いない場合と比べて激減していないのは、降雨情報の有効性は図-1で示したように流入量のピークの再現性に関連するが、今回対象とした12月は降水が少なく、流入量のピークがせいぜい1カ月当たり1、2個であるために、ピークの再現の効果が相対誤差の平均には直接的には現れてこなかったからであろう。

つぎに、推定期間内の降水量に誤差を付加した場合の結果について述べる。図-2は図-1と同様に1986年の日流入量の推定結果で、降水量に誤差を+30%、0%、-30%付加して入力した場合の結果である。誤差を付加した影響は流入量のピーク付近で現れており、+30%の場合は流入量が多めに、また-30%の場合は少なめに推定されている。+30%の場合のピーク流量の方が、-30%の場合に比べて誤差0%のものに近くなっており、一見するとプラス側に誤差を与えた方がマイナス側に誤差を与えた場合よりも流入量の推定に与える影響が小さいようにみえる。しかし、+30%の場合のピーク流量がニューラルネットワークの出力の限界である1で頭打ちされているために、結果的に実測値に近くなっていることも考えられる。

このように、推定期間内の降水量情報の有効性は流入量のピークの再現性にあると思われるので、実測値の中から流入量のピークと判断されるもの17個を対象として、推定値との相対誤差の平均を求めたものを表-3に示す。雨なし、とは降雨情報を用いない場合である。全体的にみてerが小さくなるほど、つまり学習回数を多くするほど相対誤差の平均は小さくなり

精度が向上している。降水量に付加する誤差が多くなると相対誤差の平均も大きくなるが、30%の誤差がある場合でも降雨情報を用いない場合に比べると若干ではあるが精度はよいことが分かる。

4. まとめ

ニューラルネットワークを用いた長い期間の渇水期日流量の推定において、ある程度不確かであっても推定期間内の降水量を情報として用いることにより、精度の向上が期待できることが示された。天気図や天気予報などによる降水量の予測を組み入れることでより実用的なものになると考えている。

5. 参考文献 1)鈴木正人・長尾正志：リカレント型ニューラルネットワークによる渇水期日流入量系列の推定精度の研究，水工学論文集第40巻，pp.353-358,1996.

表-1 推定値の相対誤差の平均（降雨情報なし）

	1日先	2日先	3日先	4日先	5日先	平均
er25	0.221	0.291	0.259	0.234	0.235	0.248
er20	0.183	0.254	0.231	0.279	0.219	0.233
er15	0.127	0.144	0.142	0.278	0.167	0.172
er10	0.075	0.133	0.149	0.273	0.122	0.151
平均	0.152	0.206	0.195	0.266	0.186	0.201

表-2 推定値の相対誤差の平均（降雨情報あり）

	1日先	2日先	3日先	4日先	5日先	平均
er25	0.202	0.290	0.261	0.269	0.230	0.250
er20	0.187	0.243	0.211	0.236	0.202	0.216
er15	0.182	0.127	0.170	0.205	0.147	0.166
er10	0.114	0.136	0.156	0.146	0.139	0.138
平均	0.171	0.199	0.200	0.214	0.180	0.193

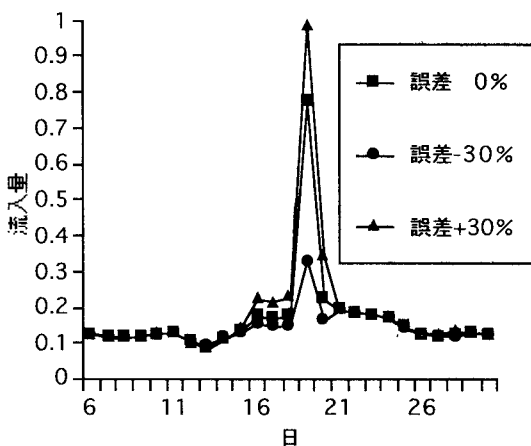


図-2 1986年日流入量推定値

表-3 ピーク値の推定値の相対誤差平均値

推定期間内の日降水量に与えた誤差 (%)

	30	20	10	0	-10	-20	-30	雨なし
er25	0.516	0.519	0.510	0.508	0.505	0.502	0.499	0.496
er20	0.502	0.506	0.500	0.499	0.498	0.497	0.497	0.488
er15	0.406	0.434	0.445	0.464	0.481	0.496	0.510	0.486
er10	0.444	0.457	0.429	0.428	0.440	0.469	0.492	0.514
平均	0.467	0.479	0.471	0.475	0.481	0.491	0.500	0.496