ニューラルネットワークによる 発電用ダム上流域の河川流出率推定

正員 一柳勝宏 (愛知工業大学) 正員 後藤泰之 (愛知工業大学)
正員 松村年郎 (名古屋大学) 正員 鬼頭幸生 (名古屋大学)

Estimation of Runoff Ratio of Rainfall on Upper District
of a Hydro-Power Plant Dam by Using Artificial Neural Network

Katsuhiro Ichibanagi, Member, Yasuyuki Goto, Member (Aichi Institute of Technology)
Toshiro Matsumura, Member, Yukio Kito, Member (Nagoya University)

キーワード：ニューラルネットワーク，河川流出率，推定

1. まえがき

筆者らは、発電用ダム上流域における水資源の有効利用を目的として、降雨から流量までの一貫予測手法について検討している[1][2]。流量の総量予測に関して、過去の降雨・流量の実測データを用いて算出した流出率（降雨のうち河川に流出する割合）を基底流量と総降雨量とで分類し、これら3者の関係を統計的に一つの曲面で近似することにより、流出率の精度向上を図っている[3]。

他方、ニューラルネットワークは、例題による学習機能を備えており、入出力関係が数式的に明確でない事象に対しても容易に解を求めることができ、多くの分野での応用が検討されている[4]。今回、河川流出率を推定するために、ニューラルネットワーク理論の導入を試みたところ、従来よりは簡便に良好な結果が得られたので報告する。

2. 河川流出率推定システム

筆者らは、先に流出率を総降雨量と基底流量との関数で表し、これら3者の関係を一つの近似曲面として求めた[3]。この曲面は、最終的にゴンペルツ近似曲線を選定し、最小二乗法を用いて求めたものである。しかし、この一連の作業には、最適な近似曲線の選定など、複雑な判断や計算を必要としている。そこで今回、ニューラルネットワークの学習機能を用いるだけで、3者の関係を簡便に、かつ精度良く推定する方法を検討した。ここで用いたニューラルネットワークによる河川流出率推定システムを図1に示す。

ここでは、入力層には基底流量および総降雨量の2ユニットを用いている。出力層には流出率の1ユニットを対応させており、これを推定流出率としている。また、中間層については1層とし、そのユニット数を0～55の間で変えて推定誤差を調べた。その結果、ユニット数が多いほど推定誤差は低減されているが、45ユニットから55ユニットの間では、同程度の誤差であった。そこで、中間層については、50ユニットを採用することとした。また、ニュー

図1 ニューラルネットワークを用いた
河川流出率推定システム

Fig. 1 Estimation system of runoff ratio by using
artificial neural network.

ロンの入出力関数としてはシグモイド関数を用いている。

3. ニューラルネットワークによる学習および流出率の推定

大井川水系畑薙第一ダム上流域における1980年～1982年の降雨36例について、実測流出率を基底流量と総降雨量とによって分類した結果を図2に示す。この36例の降雨について、基底流量および総降雨量を入力、実測流出率を教師信号とし、図1に示したニューラルネットワークを用いて、それらの関係を学習させた。

学習を終えたニューラルネットワークを用いて、基底流量：0～50 m³/s および総降雨量：0～420 mm に対して、流出率を推定し、その結果を流出率推定曲面として図3に示す。同図に示すように、滑らかな推定曲面が得られている。

図3に示した流出率推定結果の妥当性を検討するために、学習に用いなかった4例の降雨について流出率の実績値を図3に黒丸および白丸印で併記した。前者が曲面の上にあるもの、後者が下にあるものである。さらに、流出率推定値とその実測値との誤差を次式により求め、その結

図2 基底流量および総降雨量に対する
実測流出率 (1980~1982年畑薙第一
ダム上流域の降雨36例)

Fig. 2 Runoff ratio arranged as a function
of base flow rate as well as total rainfall depth.

図3 ニューラルネットワークにより推定された
流出率曲面および学習に
用いなかった4例の実測流出率

Fig. 3 A curved surface of runoff ratio
estimated by using artificial neural network.

果を表1に示す。

$$\text{誤差} = \frac{\text{実測値} - \text{推定曲面の値}}{\text{推定曲面の値}} \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

比較のために、同表にはゴンペルツ近似曲面を用いた推定結果[3]も併記している。流出率推定誤差でみれば、両者は同程度の推定を行っていると言える。

4. あとがき

大井川水系畑薙第一ダム上流域を対象として、流出率の推定を試みた。筆者らが先に提案した流出率推定曲面法では、用いる近似曲線の選定など複雑な判断や計算を必要とした[3]。今回、ニューラルネットワークを応用することにより、人間の判断や複雑な計算を行うことなく、従来よりは簡単に、比較的精度良く流出率の推定結果を導くことができた。本手法は、学習を繰り返していくことにより、自然現象の変遷に即して推定システムを自動的に改良していくことが可能であり、他の河川にも容易に適用でき、実用性が高いものと思われる。終りに、使用したデータは

表1 畑薙第一ダム上流域における流出率推定結果
Table 1 Estimation results of runoff ratio
on upper district of Hatanagi Daiichi Dam.

対象降雨	基底 流量 m³/s	総降 雨量 mm	実測値	流 出 率			
				ニューラルネットワーク 推定値	誤差%	ゴンペルツ近似曲面 推定値	誤差%
1982年 9月10日	26	418	0.73	0.76	-4	0.78	-6
11月22日	13	63	0.13	0.42	-68	0.25	-48
11月29日	15	70	0.35	0.46	-23	0.27	29
1983年 4月15日	28	230	0.75	0.68	10	0.72	4

中部電力(株)から提供して頂いたことを記して感謝の意を表す。

(平成6年2月17日受付)

文献

- [1] 一柳, 小林, 篠田, 松村, 鬼頭: 「AMeDAS観測値を活用した発電用ダム上流域における降雨量の時間変動予測手法」電学論B, 106, 809 (昭61-9)
- [2] 一柳, 小林, 水野, 松村, 鬼頭: 「降雨パターンに対応した出水伝達関数による発電用ダム流入量予測手法」電学論B, 108, 32 (昭63-1)
- [3] 一柳, 小林, 竹内, 松村, 鬼頭: 「基底流量を考慮した発電用ダム上流域における流出率の推定」電学論B, 105, 691 (昭60-8)
- [4] 麻生: ニューラルネットワーク情報処理 (昭63) 産業図書

一柳勝宏 (正員)

昭和20年7月10日生。45年3月愛知工業大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月同大学電気工学科助手。その後、講師、助教授を経て、平成5年4月教授、現在に至る。工学博士。主として、電力システムの安定度に関する研究、自然エネルギーの有効利用に関する研究に従事。

後藤泰之 (正員) (写真省略)

昭和33年2月2日生。60年東海大学大学院博士課程満了。同年東海大学工学部助手、63年同大学講師、平成2年名古屋大学工学部講師、平成5年4月愛知工業大学電気工学科助教授、現在に至る。工学博士。主として、電力システムの運用・制御、熱プラズマの工学的応用に関する研究に従事。

松村年郎 (正員) (写真省略)

昭和26年5月1日生。54年3月名古屋大学大学院工学研究科満了。同年4月同大学助手、62年2月同講師、平成元年3月京都大学講師、4年1月名古屋大学助教授、現在に至る。工学博士。主として大電流・電気エネルギー技術に関する研究に従事。

鬼頭幸生 (正員) (写真省略)

昭和8年3月12日生。35年3月名古屋大学大学院工学研究科満了。同年4月同大学助手、49年同教授、現在に至る。工学博士。主として、高気圧中大電流アークの研究、超電導送電システムに関する研究に従事。昭和63~平成元年電気学会調査理事。平成2年度電気学会電力賞受賞。IEEE FELLOW。