

筑後川上流域における土砂災害発生予測について

九州大学工学部 正 員 平野 宗夫
建設技術研究所 正 員 原田民司郎
九州大学大学院 学生員○川原恵一郎

1. 緒言

筑後川は、福岡、佐賀、熊本、大分の4県にまたがって流れており、その流域にとって、洪水、あるいは土砂災害等の自然災害の及ぼす影響は大きい。これまで、同上流域での土砂災害の発生頻度はそれほど大きくはなかったが、平成3年9月、九州北部を襲った台風19号により、筑後川上流域の山地部には広域にわたって風倒木等が発生し、このような荒廃した山地部では、降雨による山腹崩壊、土石流、流木等の二次災害の発生が懸念されている。

本報では、降雨データにより、筑後川上流域における土砂災害の発生限界降雨を求め、学習による自己組織形成が可能な情報処理システムであるニューラルネットワークを用いた土砂災害の発生予測を試みた。

2. 土砂災害発生限界とニューラルネットワークによる予測

豪雨により山腹の土砂が流動化する条件について、平野ら¹⁾は、山腹における側方浸透流の水深がある値になった時、崩壊が始まると考え発生条件を導いた。この条件は、到達時間内の平均降雨強度がある値を越えると、土砂災害が発生することを示しており、土砂災害の発生は到達時間と、その間の累加雨量に起因することである。そこで、一連の降雨波形から、種々の時間における累加雨量の最大値を求め、土砂災害が発生した時の降雨波形とそうでないものとに分類し、両者の差の極小となる時間を到達時間とし、そのときの累加雨量の最大値を限界雨量とする。

次に、累加雨量の計算結果から、ニューラルネットワークを用いた予測の可能性を検討する。森山ら²⁾はニューラルネットワークが土石流発生予測が可能であることを示したが、ここでは、筑後川上流域での台風19号の発生前後の状況をネットワークがどの様に判断するかを調べる。ここで、ネットワークの構造は、入力層、中間層、出力層の3層からなり、各層はユニットが集合したものからなる。入力層の各ユニットに入力された情報は、各ユニット間にある重みにより結合され、中間層、そして出力層へと送られる。このとき、中間層及び出力層では、シグモイド関数により $[0, 1]$ で出力される。さらに、ネットワークから出力された結果に対して教師信号を与え、それに適合するように各ユニット間の重みを変化させて、自己学習を行う。そして、これを繰り返すことで最適ネットワークが形成される。ここで、学習方法にはバックプロパゲーション(誤差逆伝播法)を利用する。

3. 解析及び予測結果

使用データは、図-1に示す建設省の鶴河内、及び松原ダム雨量観測所の1時間雨量の記録を使用した。両地点の記録から1～24時間の累加雨量の最大値を求めて、その結果を1991年の台風19号の前後でプロットすると、それぞれ図-2、3及び図-5、6のようになる。これによると、到達時間は明瞭には判断できないが、両地点とも3から7時間と類推される。また、1992年の発生状況を見ると、どちらもそれ以前の雨量よりも少ない雨量で発生していることが判る。次に、上記の結果をニューラルネットワークに入力し、これに

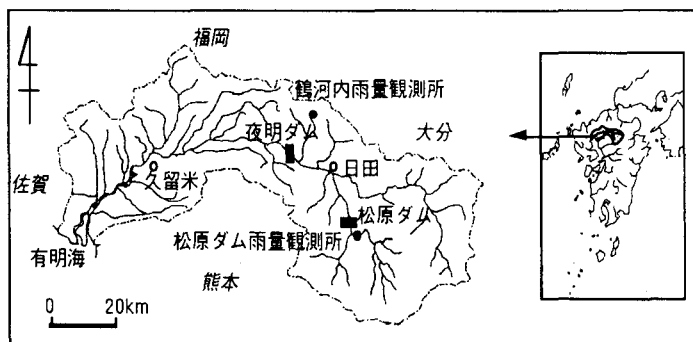


図-1 筑後川流域概要図

1990年までの1～12時間までの累加雨量最大値を入力して、土砂災害の発生時には0.99、また不発生時には0.01と教師信号与え、ネットワークに学習させる。また、これとは反対に、1992年の結果を学習させ、ネットワークを最適化する。そして二つのネットワークに1992年までの結果を出力させてみた。図-4, 7に各累加雨量に対する出力の結果を示したが、鶴河内は7時間、松原ダムは6時間の時が最もまとまりがよかった。つまり、この時間が到達時間と推定できる。そして、そのときの限界降雨は鶴河内が112mm、松原ダムが88mmとなっている。しかし、1992年の災害発生時の雨量は、それぞれ89mmと42mmであった。また両地点で1992年以降は、出力値がかなり大きくなっており、このネットワークは、少雨でも土砂災害が発生しやすいことを適切に判断している。

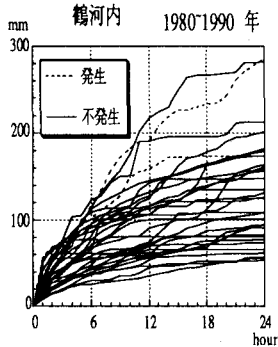


図-2 鶴河内における
台風19号以前の雨量図

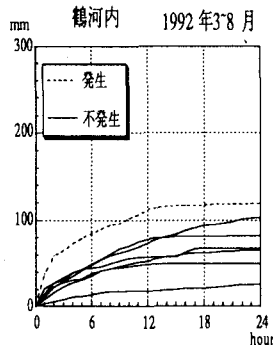


図-3 鶴河内における
台風19号以降の雨量図

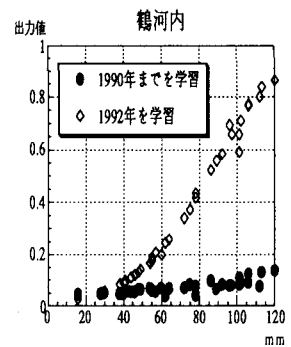


図-4 鶴河内における
7時間の雨量に対する出力結果

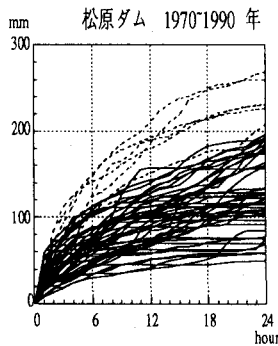


図-5 松原ダムにおける
台風19号以前の雨量図

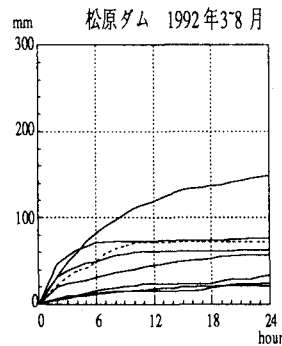


図-6 松原ダムにおける
台風19号以降の雨量図

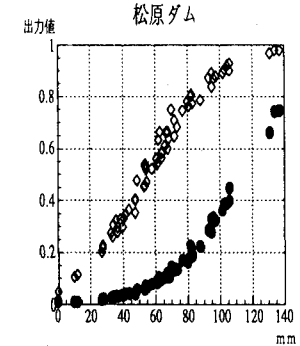


図-7 松原ダムにおける
5時間の雨量に対する出力結果

4. 結語

筑後川上流域の土砂災害の発生に対して、到達時間と限界降雨を解析したが、台風19号の通過以降は土砂災害発生の素因が大きく変化しているため、それ以前の限界雨量よりかなり少ない雨量で災害が発生し、それ以前の限界雨量は適用できない状況である。次に、到達時間の推定にニューラルネットワークが有効であり、このネットワークは、台風19号の発生前後では同じ雨量でも土砂災害の危険性が大きくなっていることを判断できるということが判明した。これらの結果は、他の雨量観測所においても考察を加えると共に、今後もデータを補充して予測の検証を続けたい。

- 〈参考文献〉 1) 平野宗夫・正田誠・森山聡之、活火山流域における土石流の発生限界と流出規模の予測 第30回水理講演会論文集、181-186、(1986)
2) 森山聡之・平野宗夫、他、ニューラルネットワークを用いた土石流発生予測について 第36回水工学論文集、705-708 (1992)