

クラスタ分析を用いた河川増水における橋梁流出事故に関する解析

中央大学 学生会員 ○佐藤 宏紀 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

近年、全国各地で前線や台風などに起因する記録的な豪雨が発生しており、急激な河川の増水が発生している。我が国の河川は、急勾配で短距離という特徴を持つため大雨が降ると洪水になりやすい。河川増水時には、河川に架かる橋梁の流出、橋脚の洗堀・折損・流出といった被害が発生している¹⁾。橋梁の流出等の損傷被害は、交通機能に大きな影響を及ぼし、経済にも大きなダメージを与える。また、近年では年間降水量の少ない都道府県においても、記録的な豪雨により橋梁の損傷被害を受けることが多く見受けられる。

そこで本研究では、豪雨による橋梁の損傷被害を軽減するために、台風や集中豪雨により橋梁流出の被害が危惧される地域や気象条件、河川増水に繋がる要因の分析、検討を実施する。

2. 評価対象とする橋梁

本研究で評価する橋梁として、我が国で過去に集中豪雨や台風を起因とする河川増水などが発生し、橋梁流出の被害が発生した橋梁を対象とする。具体的には、2005年9月の宮崎豪雨によって被害を受けた耳川に架かる小原橋・小布所橋・尾佐渡橋の3橋梁である。各橋梁の種類は、鋼製の道路橋である。各橋梁の詳細を表-1に示す²⁾。また、本研究では流出した橋梁と流出していない橋梁とを比較するために、同一河川内にある流出していない山瀬橋と椎原橋も評価対象とする。

3. 解析の手法

本研究では、機械学習を用いて解析を行っていくこととする。本研究における機械学習の利点として、本研究では水理学的要素を扱うことから非線形の結果が得られること、また多くのデータを扱うことからパターン認識ができることが挙げられる。

しかし、解析の対象期間における流出橋梁の被害は、基本的に1回の流出事例のみである。そこで、機械学習をさせる流出した橋梁のデータが少ないことから、機械学習の1つであるクラスタ分析によるグルーピングを目指すこととした。

具体的なクラスタ分析の手法³⁾として、k-means法を用いている。k-means法は、クラスタ分析の中でも類似したデータをグループにまとめることがよ

表-1 対象とする橋梁の一覧

橋名	橋梁形式	完工年	被災状況
山瀬橋	下路平行弦ワーレントラス橋	昭和47年(1973年)	未破損
椎原橋	下路平行弦ワーレントラス橋	昭和60年(1985年)	未破損
小原橋	下路平行弦ワーレントラス橋	昭和40年(1965年)	流出
小布所橋	下路平行弦ワーレントラス橋	昭和40年(1966年)	流出
尾佐渡橋	単純活荷重合成版桁橋	昭和63年(1988年)	流出

表-2 取り扱うパラメータ

流量[m ³ /s]	橋長[m]
雨量[mm/h]	桁高[m]
河床勾配	河川形状
平均水深[m]	川幅の変化
川幅[m]	上流部要素(河床勾配)
架設されてからの年数[year]	

り優れており、また計算効率が非常に良い手法である。

クラスタ分析には、クラスタに分類する個数を間違えると、分析の精度が大きく落ちてしまう問題点がある。そこで、本研究ではクラスタの最適な個数を判定するため、エルボー法を用いる。エルボー法より、k(Number of clusters)=3を最適なクラスタの個数kと定めた。

4. 解析に使用するパラメータ

本研究で解析に使用するパラメータとして、河川増水や橋梁流出に影響を与えると考えたパラメータとして、11個挙げている。具体的には、表-2に示す。

本研究において、橋梁流出に関係する要因解析を行うにあたり、多くのデータが必要であるが、現在宮崎県耳川には流量計や流速計は、橋梁のある地域に設置されていない。そこで、洪水解析に用いられる貯留関数法を用いて各橋梁地点での流量を計算した。

貯留関数法を用いるに当たり、降雨量はアメダス観測点のデータを用い、河川への流出量を計算した。貯留方程式は貯留量と流出量との間に一価の線形関係があるものと仮定した。

評価対象である橋梁の架設されてからの年数を考慮して、貯留関数法により求める流量は年最大流量の20年間分をとることにした。このデータを基に、各パラメータを用意し、解析を行うデータセットと

キーワード：流出解析，クラスタ分析，橋梁流出

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1

して用意した。しかし、数値として与えられていない河川形状、川幅の変化の2項目に関しては、解析に使用するため数値化した。具体的には、河川の形状については、河川を直流部と湾曲部における上流部、中流部、下流部に分け、直流部は0、湾曲部をそれぞれ0.5、0.75、1.0の数値に近いほど、それぞれの河川形状に属するように設定した。また同様に、川幅の変化については、急拡、直流部、急縮をそれぞれ0、0.5、1とした。

5. 解析の結果

表-3は、各橋梁地点における過去20年間の最大流量を基にまとめた各パラメータに対して、クラスタ分類した後、各クラスタに属するデータの平均値をまとめたものである。

解析の結果、2005年の宮崎豪雨の際に流出した小原橋、小布所橋、尾佐渡橋の各3橋梁は、クラスタ番号1に格納された。また、山瀬橋と椎原橋は、クラスタ番号0と2にそれぞれ格納された。

橋梁流出の傾向があると見られたパラメータは、流量、雨量、平均水深、桁高であり、それらは値が大きいほど傾向が見られた。図-1に、流出の傾向のあるパラメータを無次元化したグラフを示す。図-1から、それらのパラメータの値が大きいほど、クラスタ番号1に属した。

また、河川形状と川幅の変化の解析の結果は、図-2に示す。図-2から、流出した橋梁が属するクラスタ番号1が属する河川の形状と川幅の変化は、河川が上流部から橋梁の下流部に向かうにつれ、急拡なほど流出の傾向が見られた。また、湾曲部中流部当たりに流出の傾向が見られた。

しかし、表-3に示すように、河床勾配、川幅、架設されてからの年数、橋長に関しては、各値に大きな差はなく、あまり関係がないという傾向が見られた。

6. おわりに

本研究では、宮崎豪雨の際に流出した耳川に架かる橋梁を主に対象として、クラスタ分析を用いて橋梁流出に対する要因の分析を行った。

クラスタ分析から橋梁流出が発生しやすい傾向となった河川及び橋梁の条件は、流量、雨量、平均水深、桁高が比較的大きい値、また湾曲部中流域及び急拡になっていく場所に位置する橋梁が流出しやすい傾向が見られた。

今後は、力学的挙動をあまり加味できていないので、統計学的な要因だけでなく、力学的な要因も交えての解析を行っていくこと、また要因として考えている流出傾向にあると考えるパラメータの追加を行っていくことを、今後の課題とする。

表-3 クラスタ分析の結果

クラスタ番号	0	1	2
流量[m ³ /s]	1997.61	3405.19	2579.70
雨量[mm/h]	52.95	63.40	57.76
河床勾配	1/409	1/438	1/396
平均水深[m]	10.08	11.32	10.14
川幅[m]	76.39	77.20	79.28
架設されてからの年数[year]	30.38	26.70	30.00
橋長[m]	67.26	67.88	68.69
桁高[m]	1.62	1.69	1.57
河川形状	0.61	0.76	0.65
川幅の変化	0.38	0.21	0.43

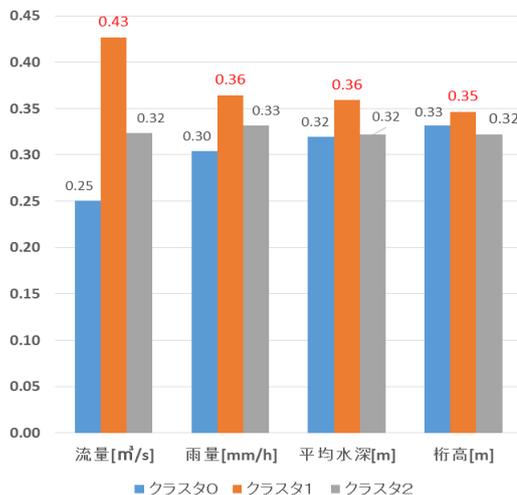


図-1 クラスタ分析による要因比較

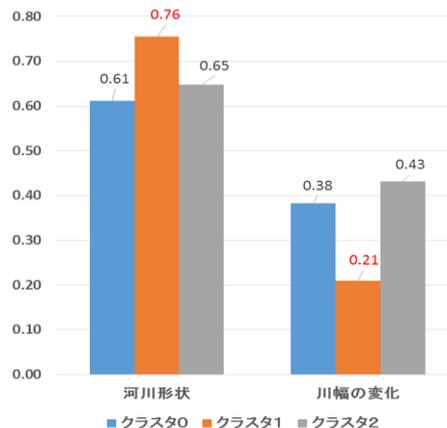


図-2 クラスタ分析による要因比

参考文献・出典

- 1) 藤野戸宏樹, 福原 潤二ら: 洪水時に道路トラス橋梁に作用する流体力に関する研究
- 2) 石野和男, 渡邊亮史ら: 洪水時に道路トラス橋梁に作用する流体力に関する研究
- 3) Sebastian Raschka Vahid Mirjalili: Python 機械学習プログラミング