

統計手法を利用した 1999 年 6 月 29 日広島県西部における土砂災害発生状況と降雨・地形要因の関連についての考察

山口大学工学部社会建設工学科 ○大石博之 榊原弘之 古川浩平
 山口大学大学院理工学研究科 八木俊夫
 (株)エイトコンサルタント 竹本大昭
 中電技術コンサルタント(株) 荒木義則
 広島県土木建築部河川砂防総室 浦 真

1. はじめに

1999 年 6 月 29 日、広島県西部において集中豪雨による多数の土砂災害(以下、6.29 災害)が発生した¹⁾。この地域はほぼ共通した地質の上にあり、同程度の誘因が作用すれば全域で似通った災害発生状況を呈することが予測される地域である。しかしながら、当時広島市佐伯区、安佐北区、安佐南区(以下、広島地区)では土石流が多発したのに対し、隣接した呉市(以下、呉地区)ではがけ崩れのみが集中的に発生した(表-1)。本研究では、この両地区間の災害状況の違いに着目し、降雨状況や地形要因、危険箇所毎の災害発生危険度を統計的に分析することで災害発生との関連を考察した。分析の手法としては、検定法の一つであるウィルコクソン順位検定を採用した。

表-1 6.29 土砂災害の発生箇所数

地域	土石流	がけ崩れ	
呉市	1	81	
広島市	安佐北区	75	3
	安佐南区	30	8
	佐伯区	50	13
	安芸区	0	4
	西区	0	3
	中区	0	1
	東区	0	4
南区	0	0	

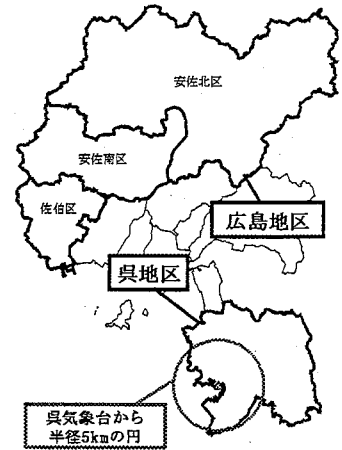


図-1 調査対象地域位置図

2. 使用データの概要

本研究の対象地域は、6.29 災害時に土砂災害が多発した広島地区及び呉地区とした(図-1)。

降雨データは、広島・呉両地区の 48 観測所の時間雨量から、災害発生日の最大時間雨量と、同時刻の実効雨量(半減期 1.5hr.)および実効雨量(半減期 72hr.)の 3 次メッシュ毎(約 1km×1km)の値を算出して検定用データとした。

地形データは、土石流危険溪流(以下、危険溪流)および急傾斜地崩壊危険箇所(以下、急傾斜地)の調査データより収集した。広島地区については、危険溪流 1314 箇所、急傾斜地 1370 箇所を分析対象とした。また、呉地区については、危険溪流は図-1 に示す円内の 283 溪流を、また急傾斜地については呉地区全域に分布する 845 箇所を分析対象とした。地形要因に関しては、既往文献を参考に、危険溪流 14 要因、急傾斜地 20 要因を採用した。

3. 降雨要因分析

降雨要因分析は、広島・呉両地区の雨量データをそのまま比較するケース 1 と、危険溪流を含むメッシュ(以下、土石流メッシュ)と急傾斜地を含むメッシュ(以下、がけ崩れメッシュ)を両地区から抽出し、それぞれの中で災害発生箇所と非発生箇所の雨量を比較するケース 2 の 2 ケースで検定を行った。

表-2、3 に検定結果を示す。ケース 1 の結果から、6.29 災害時には広島地区では実効雨量(半減期 72hr.)が、また呉地区では最大時間雨量が他方に比べて優位であった。これに対し、ケース 2 の結果からは、土石流メッシュでは全ての降雨要因が災害の発生したメッシュで優位であり、中でも実効雨量(半減期 72hr.)は明瞭な差があることが示された。また、がけ崩れメッシュでは最大時間雨量が災害の発生したメッシュで優位であった。以上の検定結果は、広島地区での土石流の集中発生と実効雨量(半減期 72hr.)の関連、および呉地区でのがけ崩れの集中

表-2 降雨要因比較結果: ケース 1

降雨要因	検定統計量	判定
最大時間雨量	3.3249	呉地区
実効雨量(半減期 72hr.)	-4.9997	広島地区
実効雨量(半減期 1.5hr.)	-0.5808	(広島地区)

※有意差が認められなかったものは判定欄括弧書き

表-3 降雨要因比較結果: ケース 2

降雨要因	土石流メッシュ		がけ崩れメッシュ	
	検定統計量	判定	検定統計量	判定
最大時間雨量	5.2231	発生	2.8744	発生
実効雨量(半減期 72hr.)	6.3524	発生	-0.1773	(非発生)
実効雨量(半減期 1.5hr.)	6.2375	発生	1.0065	(発生)

※有意差が認められなかったものは判定欄括弧書き

発生と最大時間雨量の関連が密接であることを示したものと考えられる。

また、この結果を踏まえて降雨量分布と災害発生状況に着目すると、土石流は実効雨量（半減期 72hr.）180mm 以上、がけ崩れは最大時間雨量 30mm/hr 以上の領域でほとんどの災害が発生していた（土石流 97%、がけ崩れ 86%が発生）。この領域は素因的条件さえ整えば災害発生の可能性が高い範囲と考えられ、以下「発生降雨領域」と表記した。

4. 個別地形要因分析

上記の発生降雨領域内においても、同規模の降雨状況下でありながら災害が発生しなかった箇所が存在したのは地形・地質条件の違いによるものと推測できる。そこで、発生降雨領域内での災害発生条件を地形要因の個別比較から求めることを試みた。検定は広島・呉両地区間の地形データの違いを検定するケースAと、災害発生箇所と非発生箇所のデータを比較するケースBを実施した。検定に用いる要因はウィルコクソン順位検定で分析可能な連続値データを成すものとし、危険渓流 12 要因、急傾斜地 4 要因を対象とした。検定結果を表-4、5に示す。

危険渓流に着目すると、ケースAで広島地区優位と判定された主溪流長、流域面積、流域長、流域幅、流域形状比、谷深比が、ケースBでも発生溪流優位であることが認められた。

これは、広島地区・呉両地区間に元々存在していた地形的な差が土石流発生に寄与したことを示唆するものと考えられる。これに対し、最急渓床勾配、0次谷（数）、流域最大傾斜はケースAで呉地区優位の傾向が認められたものの、ケースBでは発生溪流優位の結果が得られており、これらの要因が本来の地域間の特徴とは異なって大きな値を呈していた箇所が災害が発生したことが示されている。

急傾斜地についても同様で、斜面の延長については広島地区・呉地区の地域間に元々存在していた地形的な差ががけ崩れの発生に寄与した可能性が示されており、また、斜面高さや表土の厚さについては本来の地域間にみられる地形的特徴とは異なって大きな値を呈していた箇所が災害が発生していたことが示唆された結果となった。

5. 個別要因における危険度の算出

土砂災害は単一の地形要因の影響で発生するものばかりではなく、複数の要因が関与するものも多いと考えられる。そこで、前章で検定対象外だった要因も含めた複数要因の組み合わせによる災害発生危険度を箇所毎に評価し、そのデータを地域間で比較することにより災害状況の違いとの関連を検証した。検定結果を表-6に示す。災害発生危険度は、既往文献を参考に得点法に基づいて算出した。この結果、土石流・がけ崩れ共に地域間の有意差は明確に認められ、土石流では広島地区の方が、がけ崩れでは呉地区の方が危険度の高いデータが多く、優位であることがわかった。この結果は、両地区間の災害状況の違いと良く整合するものである。

6. まとめ

本研究では、6.29 災害において広島・呉両地区間に認められた災害状況の違いと降雨状況、地形的特徴との関連を見出すことができた。地形要因に関する考察から、6.29 災害時に災害がみられなかった地域についても災害発生の危険性を有する箇所が存在していることが明らかである。今後は周辺地域に分析対象を広げ、防災上重要となる箇所を特定することに取り組みたい。

参考文献

- 1) 広島県土木建築部砂防課：平成 11 年 6 月末、梅雨前線豪雨災害、6.29 土砂災害（速報版）、1999.9

表-4 危険渓流：地形要因比較結果一覧

地形要因	ケースA：広島地区危険渓流と呉地区危険渓流の検定		ケースB：災害発生溪流と非発生溪流の検定	
	検定統計量	判定	検定統計量	判定
水系複雑	-4.868	広島地区	-2.350	非発生
流域平均勾配 (°)	12.785	呉地区	1.294	(発生)
最急渓床勾配 (°)	3.988	呉地区	4.699	発生
主溪流長(km)	-9.386	広島地区	5.372	発生
流域面積(km ²)	-4.420	広島地区	5.938	発生
流域長(km)	-6.587	広島地区	5.627	発生
流域幅(km)	-2.582	広島地区	4.298	発生
流域形状比	-4.589	広島地区	1.967	発生
谷深比	-9.178	広島地区	3.033	発生
0次谷(数)	5.847	呉地区	4.320	発生
流域最大傾斜(°)	0.716	(呉地区)	6.273	発生
源頭部面積(km ²)	2.166	呉地区	0.839	(発生)

※有意差が認められなかったものは判定欄括弧書き

表-5 急傾斜危険箇所地形：要因比較結果一覧

地形要因	ケースA：広島地区危険箇所と呉地区危険箇所の検定		ケースB：災害発生箇所と非発生箇所の検定	
	検定統計量	判定	検定統計量	判定
延長	4.750	呉地区	5.725	発生
傾斜度	-4.465	広島地区	-0.537	(非発生)
斜面高さ	-1.156	(広島地区)	2.860	発生
表土の厚さ	0.310	(呉地区)	2.424	発生

※有意差が認められなかったものは判定欄括弧書き

表-6 災害発生危険度 地域間比較結果

	検定統計量	判定
土石流 危険渓流	-8.6037	広島地区
急傾斜地	17.2313	呉地区