

京都府立大学農学部 ○芦田 健 日浦啓全
向井 康 大手桂二

1. はじめに

ワイブル分布関数を用いた表層崩壊の分布・推移モデルおよび危険斜面予測図の作成については、昭和61年と63年の砂防学会において、その一部について発表した。今回は、調査対象流域を前回までの3流域にさらに2流域加え、同様の方法によって調査を行うとともに、崩壊発生の最大の誘因である降雨との関係についても新たに検討を加えた。そして、危険斜面予測図の作成を、前回と同様の流域について再度行ったので、その結果についても述べる。

2. 調査地の概況および調査方法

2.1 調査地の概況

本研究で調査対象としたのは、表-1に示した5カ所の流域であり、いずれの流域も過去に集中豪雨によって災害が発生している。

2.2 調査方法

それぞれの流域における、崩壊地の分布状況とその推移を明らかにするため、次のような方法で調査を行った。①空中写真の判読を行い、存在が認められる崩壊地を地形図上に移写する。②地形図上で、対象となる流域を75m×75mのメッシュに区分し、各メッシュに含まれる崩壊地の個数を計測し、その個数ごとにヒストグラムを作成する。③②で作成されたヒストグラムをもとにしてワイブル分布関数を適用し、ワイブルパラメータを決定する。

ところで、ワイブル分布は、もともと製品の寿命分布あるいは故障率について議論するために考えられた分布関数であり、従来より信頼性の問題に多く利用されている。ワイブル分布の確率密度関数は次式で与えられる。

$$f(x) = \frac{m}{\alpha} (x - \gamma)^{m-1} \exp \left[- \frac{(x - \gamma)^m}{\alpha} \right] \quad \dots\dots(1)$$

ただし、 α ：尺度のパラメータ (scale parameter)、 m ：形のパラメータ (shape parameter)、 γ ：位置のパラメータ (location parameter) であり、これらの3つのパラメータによって対象とした流域の任意の時期における崩壊の分布状況が表される。

3. 調査結果

表-2には、ワイブル分布関数の適用によって決定されたワイブルパラメータと、各調査対象地において調査年ごとに求めた崩壊面積比 (崩壊地の総面積を調査対象面積で除して無次元化した値) を示した。

表-1 調査対象地の諸元

調査対象地	流域面積	調査年
土屋原川(奈良県)	9.44 (km ²)	1966, 1971, 1976
和東川(京都府)	16.30	1954, 1963, 1971, 1983
住吉川(兵庫県)	11.48	1966, 1967, 1971
三隅町(鳥根県)	130.81	1976, 1983
天伏川(愛知県)	64.27	1964, 1972

3.1 ワイブルパラメータの経年変化について

ワイブルパラメータの変化を経年的にみると、各流域に共通して、 α および m は、崩壊地数の増加にともなって大きくなり、崩壊地数の減少と共に小さくなる。一方、 γ は、 α 、 m の変化とは全く逆に、崩壊地数の増加にともなって小さくなり、崩壊地個数の減少にともなって大きくなる。また、3つのパラメータの中では、 α の変化がとくに顕著なものとなっている。

3.2 崩壊面積比とワイブルパラメータについて

図-1は、表-2より崩壊面積比とワイブルパラメータの関係を示したものである。図-1より、調査対象地、流域面積の大小、崩壊地数の増減などによらず、 α および m は崩壊面積比の増加と共に大きな値となり、一方 γ は崩壊面積比の増加にともなって減少している。このようなワイブルパラメータの変化は、ワイブルパラメータの経年変化について述べた場合と同様の動きを呈しており、その変化の割合も α がとくに顕著なものとなっている。また、図中の各プロットは直線上にのっており、比較的高い相関を示している。さらに、任意の流域に対して崩壊面積比を与えることによりワイブルパラメータを求めることができ、崩壊地の分布状況を知ることができるようになるものと思われる。

表-2 各調査対象地のワイブルパラメータおよび崩壊面積比

調査対象地	調査年	ワイブルパラメータ			崩壊面積比
		α	m	γ	a/A
土屋原川	1966	1.011	0.994	-0.353	0.0282
	1971	1.573	1.155	-0.441	0.0450
	1976	1.802	1.240	-0.528	0.0492
和東川	1954	1.030	1.059	-0.412	0.0254
	1963	1.346	1.162	-0.437	0.0359
	1971	0.983	1.039	-0.365	0.0257
	1983	0.324	0.732	-0.182	0.0090
住吉川	1966	0.685	0.801	-0.316	0.0196
	1967	1.587	1.215	-0.544	0.0403
	1971	0.448	0.771	-0.216	0.0130
三隅町	1976	-	-	-	0.0006
	1983	0.468	0.836	-0.239	0.0117
犬伏川	1964	0.067	0.000	0.116	0.0049
	1972	0.626	0.934	-0.291	0.0151

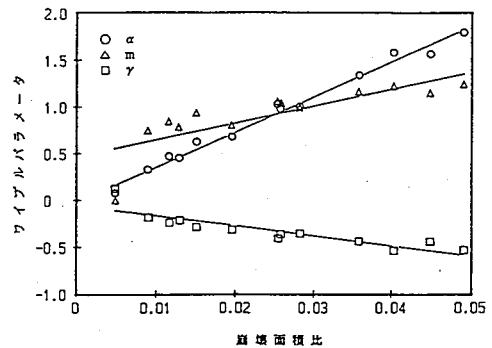


図-1 崩壊面積比とワイブルパラメータの関係

4. 表層崩壊の発生と降雨条件

表層崩壊の発生と降雨条件との関係について、これまでになされてきた研究の多くは、1つの連続した降雨の総雨量あるいはその降雨にみられる1時間最大雨量といった降雨のパラメータと、崩壊数、崩壊密度、崩壊面積比との関係について議論したものである。

たとえば、吉松によれば、崩壊面積比 a/A は次式で表される。

$$\frac{a}{A} = f \cdot R_r \cdot d^{-1/(n+1)} \cdot (R-r)^{1+1/(n+1)} \quad \dots (2)$$

ただし、 a は崩壊地の総面積 (m^2)、 A は流域面積 (km^2)、 R_r は起伏量比 (近似的には傾斜度)、 f 、 d および m は共に降雨パターンを含めた意味での定数、 R は継続雨量 (mm)、 r はこの降雨量で

は崩壊が生じない崩壊無効雨量 (mm) である。この式で示されている崩壊面積比 a/A は、同一地域内のさまざまな流域において発生した崩壊地のその流域に対する崩壊面積比を、そのときの降雨量の関数として表しているものである。したがって、同じ流域については、その後の降雨によって崩壊地数が時系列的に増加していく様子を説明するために用いることができない。そこで、同一流域内において、その流域に固有なものとして与えられた式(2)の曲線を、崩壊地数が時系列的に増加する場合に適用するための方法を提案してみた。すなわち、崩壊地数が時系列的に増加する場合にはX軸の正方向へ、また、減少する場合には負の方向へ変位させたもので評価することができる。この手順について以下に述べると;

①まず、流域に対して降雨量 R_1 である集中豪雨が与えられたときの崩壊面積比が $(a/A)_1$ として決定される (図-2)。

②次に来る集中豪雨の降雨量を R_2 とすれば、この集中豪雨によって崩壊面積比 $(a/A)_2$ が得られ、

$$R_1 < R_2 \text{ のとき, } (a/A)_2 - (a/A)_1$$

$$R_1 > R_2 \text{ のとき, } (a/A)_1 - (a/A)_2$$

として得られた値をY軸上にプロットする。そして、第2回目以降の $(a/A)_2$ からそれが R_2 と交わる点まで、X軸と平行に直線を引く (図-3)。

③そこで、式(2)の曲線を②で決まった点を通る点まで平行移動させる。こうしてできた新しい曲線のX軸との切片が、式(2)の新しい r の値となる (図-4)。

このように、式(2)を同一の流域において、時系列的な崩壊面積比の算出などに適用する場合には、崩壊無効雨量 r を可変するという考え方によって解決することができる。しかし、崩壊無効雨量 r の新しい値を、第2回目以降の集中豪雨の大きさによってではなく、 $(a/A)_2$ 以降の実際の値によってのみ、つまり、集中豪雨発生後の結果論としてしか求めることができないということが、予測という立場に立ったときに課題として残される点である。第2回目以降の集中豪雨の際にはすでに山腹がある程度は崩壊してしまっており、その部分についてはそれが拡大あるいはさらに深く崩壊するといったことは生じ得るが、崩壊した山腹斜面の一部が、すでにいわゆる免疫性を獲得しており、集中豪雨のインパクトもそれほど受けず、それ以外の未崩壊斜面が新規に崩壊するものと考えられる。したがって、たとえば第2回目の集中豪

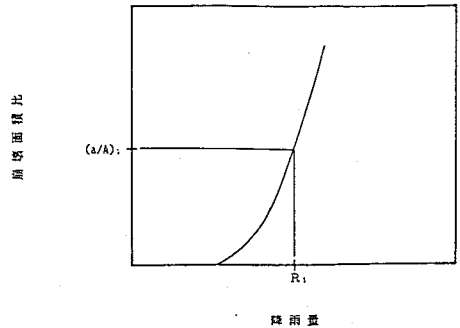


図-2 表層崩壊の時系列的な変化に対する評価の手順①

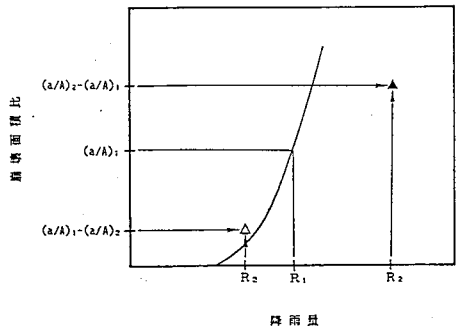


図-3 表層崩壊の時系列的な変化に対する評価の手順②

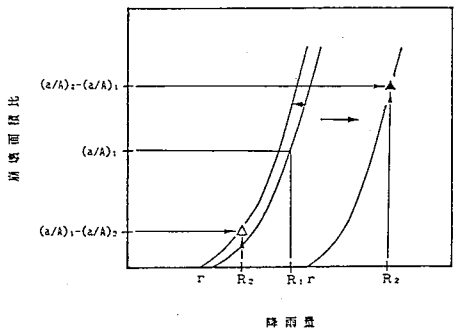


図-4 表層崩壊の時系列的な変化に対する評価の手順③

雨によって、すでに存在している崩壊地も含めた総数としては大量の崩壊地が存在することになるが、第2回目の集中豪雨のみにより新規に発生した崩壊地についてはむしろ第1回目の集中豪雨によって発生した崩壊地よりも少なく、式の適用に際しては r を変化させることにより説明することができるものとする。

5. 危険斜面予測図の作成

これまでに述べてきたことをもとにして、崩壊地が増加の傾向にある土屋原川流域における1976年の危険斜面予測図の作成を試みた。その際には、土屋原川流域の0次谷の位置図(水系図)および起伏量図を参考にした。

図-5は、このようにして作成した、土屋原川における1976年の崩壊危険予測図を数値マップで示したものである。図-5において、それぞれの数字は1個のメッシュに対応しており、数値は各メッシュに含まれる崩壊地の個数を表している。また、○でかこんだ数値は実際の調査結果と適合していたメッシュである。的中していたのは、全メッシュ1678個中600個、的中率は35.8%であった。また、崩壊地が0個であるメッシュについてはよく的中しており、メッシュ682個中350個、的中率は51.3%であった。これは、崩壊

地が0個であるメッシュの個数が多いことから当然であるといえるが、この時点における崩壊地の有無を判断することが可能であること、健全な斜面が崩壊することがこれまでに解析されてきた方法論により予測し得たという意味もあり、したがって危険予測という意味においては、その役割がある程度果たしているものと考えられる。また、崩壊地を多く含むメッシュについては、的中させることが困難であった。これは、このようなメッシュの個数が少ないのに対して、崩壊が発生しやすい要因を含むメッシュが多く存在しており、さらにメッシュの位置をしぼりこめるように、他の要因も含めて、分布のさせ方について検討を要するものと思われる。

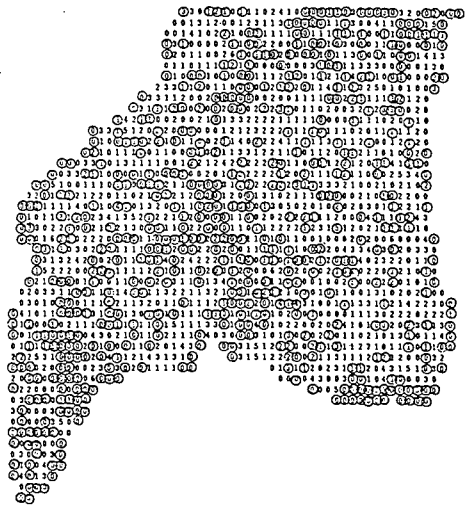


図-5 土屋原川流域における崩壊地の危険予測図(1976年)

引用および参考文献

- 1) 日浦啓全・蘆田健・大手桂二：表層崩壊の分布・推移モデルを用いた崩壊発生危険斜面地図作成の試み，昭和63年度砂防学会研究発表会概要集，pp.65-68，1988
- 2) 吉松弘行：山腹崩壊の予測式について，新砂防，Vol.29，No.3(102)，pp.1-9，1977