

## II-103

豪雨型山腹崩壊の発生個数に関する  
確率論的研究

徳島大学大学院 学生員 佐々木 章 公  
 徳島大学工学部 正 員 端 野 道 夫  
 備 鴻 池 組 藤 原 啓 司

## 1. はじめに

著者の一人は崩壊個数の確率分布が負の二項分布（(1)式）に従う<sup>1)</sup>ことと、その再生性が成り立つ<sup>1)</sup>ことを確認したうえで、負の二項分布のパラメータ $k_i$ に関する回帰モデル（(2)式）を期間Ⅱ（昭和51年 9月 8日～13日）について構築し、各メッシュについて崩壊個数の期待値（(3)式）を推定した。更に得られた回帰モデルを期間Ⅰ（昭和46年 8月～51年 9月）に適用し、その精度を調べた。しかし、このモデルの問題点として、つぎの二点を挙げることができる。1)崩壊発生時の貯留高に対して十分な評価が成されていない。2)隣接4メッシュの平均崩壊個数を用いて（2）式の目的変数を求め、数量化第Ⅰ類により $k$ を推定していた。本研究では、1)崩壊に關与する貯留高の有効成分、2)崩壊個数と最尤法による回帰係数の推定法、について検討すると共に、3)崩壊発生確率についても考察した。

## 2. 対象流域と関連要因

対象流域として図-1に示す徳島県那賀川小見野々ダム流域をとり、250m×250mのメッシュを500個ずつ秩父帯（地質区1）、四万十帯（地質区2）に設けた。これらのメッシュ単位で期間Ⅰ、Ⅱについて、崩壊個数を航空写真より読み取った。関連要因は素因として、地形特性（標高、最大斜面勾配、縦断面凹凸形状、平面凹凸形状、平均斜面勾配）を、誘因として、土壤水分を考慮した直列2段タンクの各貯留成分（表層、土壌）を取り上げた。

## 3. 崩壊に關与する貯留高の有効成分

流域に降った雨のうち、流域に含有される貯留量のすべてが崩壊の発生に關与するのではなく、ある条件によって区切られた部分（有効成分）が關与すると考える。ここでは、表層崩壊を対象とし、この崩壊形式に關与する貯留高として、表層タンク貯留高と土壤水分量を考える。それぞれの臨界値 $S_c$ 、 $X_c$ を越えれば崩壊が発生すると考え、パラメータ $k_i$ は、その臨界値を越える量の時間的累加量に比例すると考える。表層タンク貯留高の累加方法として、つぎの6ケースが考えられる。

①すべての量を累加する。②ピークまでの量を累加する。③増加部分のうちピークまでを累加する。④増加部分を累加する。⑤それぞれの山のピークまでを累加する。⑥それぞれの山にケース③を採用する。

表層タンク貯留高について、これらの累加法を実施し、土壤水分量については、時間と共に直線的に増加するので、臨界値以上を累加した。説明変数（地形特性、貯留高）で作成された回帰式の重相関係数を基に、各ケースの累加法について、表層タンク貯留高、土壤水分量の臨界値 $S_c$ 、 $X_c$ の最適値を求め、最終的に、最適な累加法として図-2に示すケース④<sup>2)</sup>を選んだ。このとき、 $S_c$ 、 $X_c$ は地質区1で、

$$P(x; k_i, p) = \frac{\Gamma(x+k_i)}{\Gamma(k_i) \cdot x!} p^{k_i} q^x \quad (1)$$

$$k_i = \bar{k} + \sum \sum \delta_{i(i_m)} \xi_{i_m} + \sum z_{i_p} \beta_p \quad (2)$$

$$E_i(X) = k_i \cdot q / p \quad (3)$$

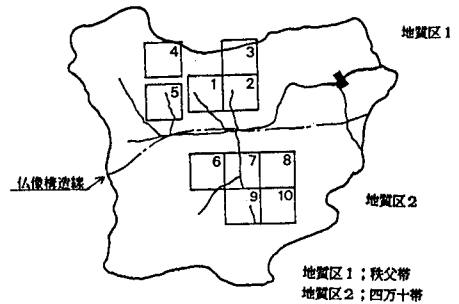


図-1 対象流域

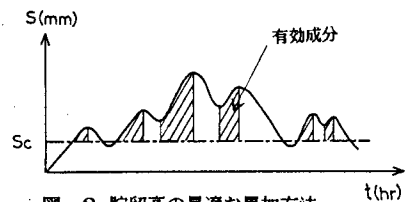


図-2 貯留高の最適な累加方法

84mm, 52%, 地質区2で、78mm, 74%となった。

#### 4. 最尤法による回帰係数の推定

メッシュ $i$ における崩壊個数の実測値を $N_i$ とすると、尤度の対数 $\ln L$ は(4)式ようになる。この $\ln L$ を最大にする $k_i$ の回帰係数を求める。この方法によれば、前報<sup>3)</sup>のように隣接する4つのメッシュの平均崩壊個数 $\mu_i$ ((5)式)を用いる必然性は全くなくなる。しかし、この方法では関数最大値の探索法である改訂準ニュートン法を用いる場合に、初期値の適切な設定が必要となる。そこで、このときの初期値として、隣接する4つのメッシュの平均崩壊個数 $\mu_i$ を用い、数量化第I類により求めた $k_i$ の回帰係数を使用する。

図-3, 4は、それぞれ初期値(数量化第I類), 最尤法により推定された期間II, 地質区2における崩壊個数の実測値KNと推定値

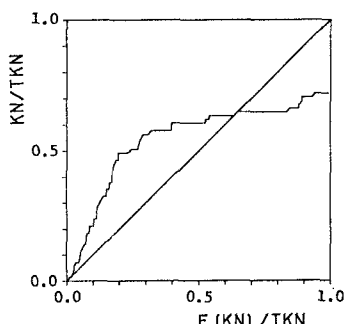


図-3

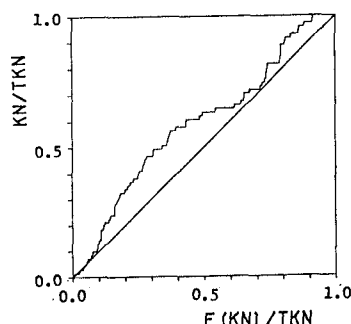


図-4

$E(KN)$  の関係を表したものである。縦軸、横軸は、それぞれ各メッシュごとの実測値、推定値を累加し、総崩壊個数 $TKN$ で無次元化した値を示す。図より数量化第I類よりも、最尤法で推定したものの方が、全体的に実測値に近いことが分かる。

表層タンク貯留高 $S_c$ 、土壌水分量臨界値 $X_c$ 共に変化させ尤度が最大になる点を探した。その結果、 $S_c$ 、 $X_c$ は地質区1で、85mm, 71%, 地質区2で、76mm, 71%となった。 $S_c$ の値は、地質区1では、かなり大きな降雨により崩壊が起こり、地質区2では、地質区1よりも少ない降雨で崩壊が起こることを示している。

#### 5. 崩壊発生確率 $Q_i$ について

負の二項分布の再生性が、場所的に成り立つ<sup>1)</sup>ことより、崩壊個数の和は、 $P(x; \sum k, p)$ に従い、崩壊発生確率 $Q_i$ (1個以上の崩壊が起こる確率)は(6)式で与えられる。これを応用すると、ある程度の広さを持つ地域での崩壊発生確率や、豪雨時の時間的な崩壊発生確率の増加を求めることができ、予警報にも使用することができる。図-5はメッシュ数が増える(地域が広がる)ことによる豪雨終了後の $Q_i$ の変化を表している。図中の実線が崩壊発生確率、破線がその標準偏差を表している。この降雨(期間II)により、4メッシュに相当する広さ以上の地域では、ほとんど(確率0.95以上)崩壊が起こると言える。

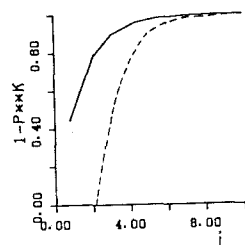


図-5 崩壊発生確率の分布

#### 6. おわりに

表層タンク貯留高の累積方法として、立ち上がりの部分を累加する方法(ケース④)を選んだ。最尤法を用いることにより、より正確な崩壊個数の推定、貯留高の臨界値の設定が、可能となった。

上述した最尤法による解析は一年単位のものであるが、これを数年間の資料にも応用することができる。現在、数年間の資料で求めたモデルを他の期間に適用することを試みている。

参考文献: 1)端野、武田、佐々木; 土木学会中四国支部研究発表会 1988 2)端野、佐々木、藤原; 土木学会中四国支部研究発表会 1989 3)端野、武田、佐々木; 土木学会第43回年次学術講演会 1988