

Random Walk Modelによる富士山大沢扇状地の形成シミュレーションについて

国際航業株式会社 ○ 今村 遼平
杉田 昌美

扇状地性地形の形成機構は、現象的に充分に説明されてゐるとはいい難いが、基本的には土石流と掃流^{*}の繰返しにより形成されたもので、地形面もこれら二つの現象がもたらした複合地形をなし、土石流が卓越すると縦断的に上凸の沖積錐をつくり、掃流が卓越すると平滑な沖積扇をつくる(図-1)。また一般に土石流体は水と土砂とが渾然一体となつた流動体であること、扇状地面上での首振現象の実際や扇面でのガリの形成機構なども、あまり明確にされてゐる。

本研究は、このような従来の知識をもとにして扇状地形成—扇面上での土砂の堆積・侵食—をモデル化し、そのシミュレーションを通して扇状地上の砂防計画を考へる際の補助とするのを目標に始めた。すでにW.E. Price (1974)は、沖積扇状地の形成についてのシミュレーションを実施してゐるが、あくまでも数百年、数千年といった時間オーダーの問題として考へられてゐる。これに対し本研究は、年々あるいは数年間隔で行なわれる一回一回の土石流等の堆積を、諸々の条件を単純化して統計的にRandom Walk Modelを用いてシミュレーションしようというものである。

1. 扇状地への供給土砂量: 以前筆者S (1974)が発表した6年周期のモデルより供給する。その際、破局的土砂流出のみを土石流とし、他の年の流出は掃流として扱う。

2. 土砂の移動確率: 土石流体等の任意の一点から次の一点への移動の可能性(遷移確率: P_S)は、図-2のような格子の場合、 $P_{00} \propto S \dots (1)$ 、すなわちその方向の傾斜(S)に比例すると仮定する。 P_S は、 $S=0$ (水平)では等確率で0.25となり、 $S=1.0$ では垂直方向の落下を示し1.00となる。従つて斜面上では $P_S = 0.25 + a \cdot S \dots (2)$ で表わされる(aは $\sin \alpha$ の比例定数、 S はWalkの進行方向との標高差)。この式で $S=1.0$ のとき P_S を1.0にするには $a=0.75$ とすればよいから、(2)式は $P_S = 0.25 + 0.75 \sin \alpha \dots (3)$ と表わせる(α : 移動方向への角度)。なお傾斜は、土石流では土石流体先端部から次のメッシュ点までの角度、掃流の場合には地表傾斜で与えた。土石流体には慣性が効くので、前過程まで同じ方向への移動確率は、それ以外の方向へ動く確率より高い。そこで、その慣性力 I_n を P_S に乗じると、(3)式は $P_S = (0.25 + 0.75 \sin \alpha) \cdot I_n \dots (4)$ となる。その際 I_n は当然1.0かそれより大きい。大沢では土石流を1.5、掃流を1.3とした。任意の地点からメッシュの4方向への移動確率は、電子計算機で乱数 U_i を発生させ、その値によつて決定した。なおWalkが停止するときは、1)与えたメッシュ以外に進もうとしない場合、2)指定回数のRandom Walkを終了した場合、3)障害物に到達した場合^{**}などである。

3. 境界条件: 図-5のような境界条件のうち、大沢の場合(4)に当り全方向にフリーである。

4. 土石流の堆積: 初期条件として(1)堆積物の全体積(V)、(2)平均厚(High)、(3)メッシュ間隔($W \cdot D$)、(4)メッシュ点の標高を与える。Walkの回数 N は、 $N = V / (High \cdot W \cdot D \cdot A) \dots (5)$ で与える(A: 平均幅=メッシュ間隔とする)。大沢では V は今村ほか(1974)によることとし、Highは2m、 $W \cdot D$ は25mにとつた。Walkが“沈”に落ちた場合には図-4のように停止か進行を決めた。

* W.E. Price (1974)は、土石流(debris flow)に対して水流(water flow)という語を用いてゐる。

** 高さによつては乗り越して進むことができる(図-4)。

5. 掃流の堆積: 掃流による流送・堆積も初期条件など基本的には土石流と変わらないが、慣性E1.3, 傾斜角を地表傾斜Kとし、堆積厚を0.3mとした。逆傾斜では仮念のため、Kの大きさは(新標高=旧標高-HIGH)とした。

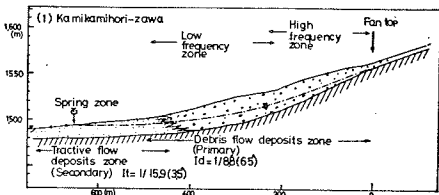


図-1 扇状地の縦断形態(上ノ堰沢)

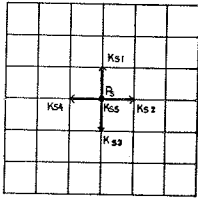


図-2 ベクトル方向

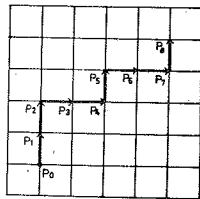


図-3. メッシュ点における流れの進行方向

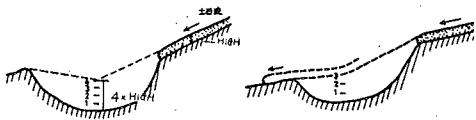


図-4. 凹地でWalkが停止する場合(a)と凹地をぬけて再び進行する場合(b)

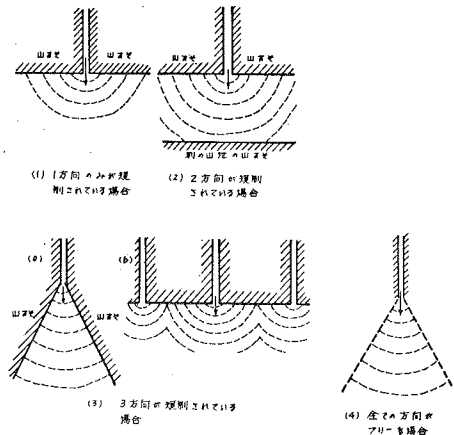


図-5. 扇状地の境界条件を示す模式図(富士山大沢は(a)のタイプである)



図-6 有珠山カトレアの沢における10月24日の泥流堆積状況

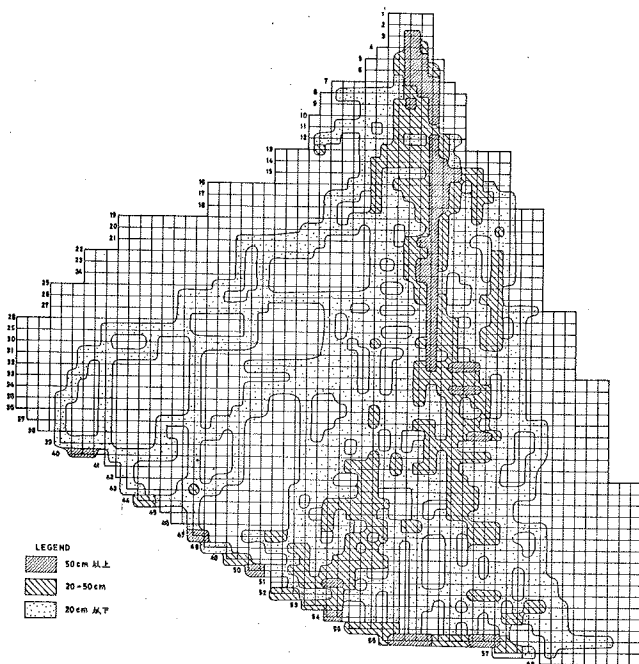


図-7. Random Walk Modelによるシミュレーションの結果