

19 土石流の流速係数について

京都府立大学 農学部 小川 恒一 水原 邦夫 大手 桂二
滋賀大学 教育学部 板倉 安正

1 はじめに

焼岳上々堀沢における土石流の総合的観測では、映像記録システムの充実とともに、現象の数量的観測体制が強化されつつある。筆者らは、これに一部協力して、空間フィルタを用いた土石流の表面流速測定を行っている。概に、測定された結果の一部によって、流れの特性について2, 3報告した。ここでは、表面流速を無次元化した流速係数を用いて、個々の土石流の比較、および、流れの状況や堆積の状況との関連を検討する。

2 表面流速係数の定義

空間フィルタ流速センサによる土石流の表面流速 U_s は、 $U_s = (2g/b) \cdot (H_0 - h/\sin\theta) \cdot \bar{f}_0$ —— (1) [$2a$: レティクルのスリット幅, b : 光学系の主点からレティクルまでの距離, H_0 : 光学系の主点と溪床との距離, h : 土石流の波高, θ : 光学系光軸の伏角, \bar{f}_0 : 平均出力周波数] で求める。 h は近接した35mmカメラの写真(1/7秒)より読み取り、 \bar{f}_0 は電磁オシログラフの記録波形をゼロ・クロス法により、1秒平均の出力周波数として算出して用いた。

以上のようにして求めた U_s と、 $U_k = (g \cdot h \cdot \sin I)^{1/2}$ 、ここに、 g : 重力の加速度、 h : 流動深(1)式の h を用いた)、 I : 流路勾配] の比、 U_s/U_k を表面流速に対する流速係数と定義する。

3 流速係数と流れの観察および堆積状況

U_s の測定結果は4例あり、2つのタイプに分けられる。それぞれの例の U_s/U_k を図-1と2に示す。図中、上段のM1は1秒平均、中段のMA(5)はM1を5秒間移動平均したもの、下段のMA(15)は15秒間移動平均したものである。両図ともM1は、不規則な変動過程を示しているが、ここでは、MA(15)にみられる長期的な傾向について検討することにする。右側の縦軸は、 U_s に対するフルード数を示す。

図-1の1980年8月23日の土石流は、先頭部分における巨礫の集中が顕著で、明瞭な段波を有した流れであって、上々堀沢で発生する典型的なタイプの土石流である。その堆積の状況は、まず先頭部分がlake状の堆積を形成し、後続部はその脇を流下した。このタイプの土石流をM型と呼ぶことにする。M型の土石流の U_s/U_k の長期的傾向は、図から明らかなように、先頭部分における値が比較的小さく、時間の経過とともに立ち上がって最高値に達した後、少し下がって、ほぼ一定となる。

一方、図-2の1980年7月19日の土石流は、先頭の一部が停止、堆積し、その上を後続部が乗り越えて、新たなフロントを形成するといった流れであり、先頭部分における巨礫の集中や段波の明瞭さはM型ほど顕著ではない。このタイプの土石流をN型と呼ぶことにする。堆積の状況は、流路に長く、薄い堆積物を残し、その境界も明瞭でない。N型の土石流の U_s/U_k の長期的傾向は、弱い増加傾向を示している。

4 モデルによる U_s/U_k の検討

高橋の導いた土石流の流速分布式より、表面流速の式を求めて、流速係数に書き直すと、 $U_s/U_k = \frac{2}{3} \left\{ \left[\rho_0 + (1 - \rho_0) C_d \right] / (a_i \sin \theta) \right\}^{1/2} \left[(C_y / C_d)^{1/2} - 1 \right] h / d$ —— (2) となる。ここに、 ρ : 水の密度、 ρ_0

: 砂礫の密度, C_s : 堆積層の砂礫の容積濃度, C_d : 流動中の砂礫の容積濃度, h : 流動深, d : 砂礫径, α_i : 定数, ϕ : 砂礫の動摩擦角であり、原式における β (表面勾配) は I (流路勾配) に略等しいとみなした。(2)式において、 α と C_s を一定(同一溪流での流れに対して)とみなせば、 U_s/U_k は ρ , C_d および h/d の関数となる。それぞれについて導関数を求め、変化の傾向を調べると、 U_s/U_k は、 ρ に対して、弱い増加傾向にあるが、 C_d が高濃度なほど変化率は小さく、 $C_d > 0.3$ では、ほとんど寄与しない。 C_d に対しては、減少傾向、 h/d に対しては、増加傾向(d に対して減少)である。したがって、 U_s/U_k は、 C_d が大、 h/d が小さいほど、小さい値をとる

上記の関係を、M型の先頭部分での巨礫の集中による C_d 大、 h/d 小の結果、 U_s/U_k が小さくなり、礫濃と礫径が小さいとみなせるM型の後続部やN型では、 U_s/U_k は大きいという結果を支持している。また、 U_s/U_k の小さい部分では、流れの抵抗性が大であると考えれば、M型では、まず、先頭の礫集団が停止して、*loka*状の堆積を形成し、 U_s/U_k の大きな後続部は流下を続ける。一方、N型では、 U_s/U_k の小さい部分が流路の隠所で、停止し、その上を後続流が流れて、流路に長く、薄い堆積物を残すといった堆積の状況や形状の相違を説明できる。

5 流速係数と土石流の到達距離

1978年9月4日と1980年8月23日の土石流の到達距離(U_s の測定位置より)の比較では、流速、規模ともに大きい'80年の方が400m('78

年は800m)と小さい。これを検討するために、堆積を生じた先頭部分の U_s/U_k を図-3に示す。図中の直線は経過時間に対する回帰である。

'80年の先頭部分はより小さな U_s/U_k を有していたことが明らかであり、流れの側の条件として、停止し易い性質であったと理解される。

(文献)り 高橋 保: 土石流の発生と流動に関する研究: 京大防災年報 ²⁰⁹⁸⁻²(1977)

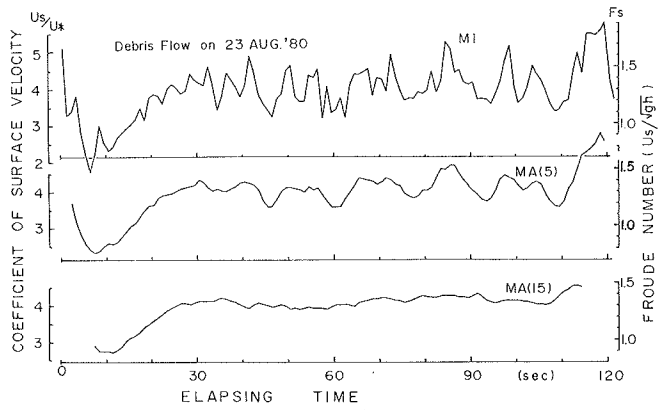


図-1 1980年8月23日の土石流の流速係数の経時変化

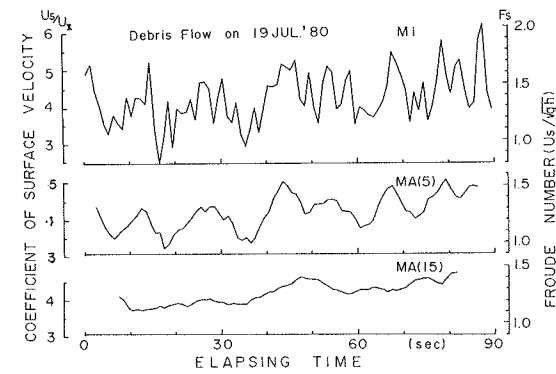


図-2 1980年7月19日の土石流の流速係数の経時変化

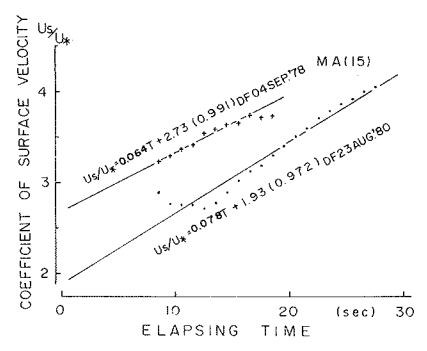


図-3 先頭部分の流速係数の比較