

知事山県林務課 千郷 俊, アジア航測(株) 染名秀治
京都府立大 大身様二, 京大防災研 奥西一夫, 諏訪 透

1 はじめに

土石流発生を事前に予知するため 警戒基準雨量の前従となる危険雨量の判定が行なわれている。その主なものに 既往の降雨例から発生, 非発生を区分する条件を探り出そうとするものである。ところが それに必要な降雨例が少ないため, 素因の異なる発生例をも含めて解析している場合が多い。しかし, それでは素因一定で誘因の差によってのみ生じる現象の違い(発生, 非発生)を説明できる条件の抽出は困難といわねばならない。また発生条件は明確でも, 発生時刻が不明瞭なため, 重要な意味を持つ発生時10~30分雨量への配慮が欠けている例もみられる。

筆者らは土石流の多発する焼岳と八ヶ岳において, 既往降雨例から, 発生に因子する降雨因子(先行雨量, 降雨強度等)の分析とその臨界条件を明確にする判別式の作成を試みた。

II 発生, 非発生の降雨例抽出

過去の観測から, 土石流発生には継続雨量や時間雨量よりも10分間雨量が対応していることが指摘されている。加えて, 源頭部における水文観測から, 短時間強雨に伴う急激な表面流出の発生が土石流の発生と関連していることが注目される。

そこで降雨例抽出には, 10分~1時間平均の降雨強度に着目し, $\frac{3\text{mm}}{10\text{min}}$ または $\frac{10\text{mm}}{1\text{hr}}$ 以上の強度を有する雨を対象とした。また非発生降雨には, 土石流発生時刻に対応するものとして10分~60分間単位で降雨強度が最大となるピーク時を定め, それを基準に, 発生前10, 20, 30分及び1, 2, 3, 6, 12, 24時間雨量を定めた。また一降雨の連続性を3時間無降雨で区切り, 降り始めから発生(ピーク時)までの先行雨量 R_c を定義し, さらにその中で時間雨量が 0.5mm 以下の時があればそれ以降発生までを有効降雨 R_e と定義した。以上の方針で1971~1999年の降雨記録から, 発生41例, 非発生106例を選択した。

発生, 非発生グループを分類するために判別関数法を用いた。これは各要因の線型結合が各グループで正規分布をなすものと仮定し, 群間分散と群内分散の比を最大にしようとするものである。判別関数の良否はマハラノビスの距離 DM で評価した。 DM の値が高いほど誤判定の失確率が小さくなる。

まず各要因の土石流発生に対する寄与を調べるために, 要因数1として判別式を作ると, それらの DM 値は表1の第1欄のようになり, 20分間雨量の R_{20} の DM が最も大きく, 長時間雨量になる程小さくなる。これは土石流の発生が長時間雨量よりも短時間雨量に対応するという経験則に対応するものである。10分間雨量 R_{10} の DM が R_{20} より低いのはやや意外である。しかし用いたデータの中では R_{10} を用いた方が誤判定の数が少ないので, いろいろに R_{10} は土石流の発生に無関係とも言い難い。このように誤判定の経験的確率と実験的確率がくい違ふのは, 用いたデータが正規分布から大きく外れているためである。この点については議論すべき点も多いが, 以下では母集団は正規分布を有するという前提を維持して分析をすすめる。

要因数を2とした場合は、常にR₂₀を含む組合せが良い結果を示した。R₂₀に追加する要因としてはR_eとR_cが良く、一定時間内雨量としてはR_{6H}が良かった。これらは単独では土石流の発生をうまく説明できないものである(第1欄参照)が、R₂₀に含まれていない情報を補うことができるので、組合せた場合に良い結果をもたらすのであろう。要因数を3にした場合については、2要因の時に成績の良かったR₂₀、R_{6H}、R_e、R_cをベースにしてあるが、組合せによるDMの変化はかなり少なくなる。ここで*を付したものは判別関数の係数が負の値をとるもので、ある時間帯の雨が多少土石流は起りにくいということになる。これは物理的に解釈しがたいので、サンプルの統計的なゆらぎによるものと考え、棄却することにする。要因数を4にすると、計算をおこなった21例はすべて負の係数を含んでいた。このことから、意味のある組合せはせいぜい3要因までということができる。さらに3要因の場合、成績の良い組合せはR₂₀を除けばすべて数時間雨量という概念で一括し得るものであり、統計的な独立性は疑わしいことを考慮すると、亦当に意味のあるのは2要因(R₂₀で代表される降雨強度とR_cまたはR_cで代表される連続雨量)の場合であると言ふべきであろう。

上述の結果から土石流の発生予測の問題に遡るにあたってはいくつかの問題点を検討しなければならぬが、仮にR₂₀とR_cの組合せによる判別を用いて発生予測をすることを考えてみる(図-1)。この場合R₂₀は測定値を用いたのでは予測にならないので、今後この分間の雨量を気象学的に予測するものとし、R_cとしては発生20分前の値(発生時の値からR₂₀を引いたもの)をとることにする。図には判別関数の値がゼロになる線が引いてあるが、この線以上の20分雨量が降れば土石流が発生することとなる。

図中の黒丸は発生例、白丸は非発生例であるが、一見して2種類の深刻な問題があることがわかる。ひとつは降雨強度、連続雨量とも小さく、とても豪雨とは言えない時に土石流が発生することである。もうひとつは前駆雨量がほとんどなくて、警戒体制に入らずに土石流が発生してしまうことがあり得ることである。

表-1 要因の組み合わせによるDMの変化

要因数	1	2	3		
ベース		R ₂₀	R ₂₀ , R _{6H}	R ₂₀ , R _e	R ₂₀ , R _c
R ₁₀	2.25	3.55	4.17	4.40	4.36
R ₂₀	3.53				
R ₃₀	3.38	3.64	4.13	4.36	4.37*
R _{1H}	1.97	3.66	4.18*	4.40*	4.35
R _{2H}	1.57	3.83	4.15	4.36	4.36
R _{3H}	1.43	3.92	4.14*	4.35	4.38
R _{6H}	1.35	4.13		4.36	4.37
R _{12H}	1.05	4.09	4.16	4.37	4.38
R _{24H}	0.84	3.99	4.15	4.36*	4.56*
R _e	1.47	4.35	4.36		4.50
R _c	1.26	4.34	4.37	4.50	

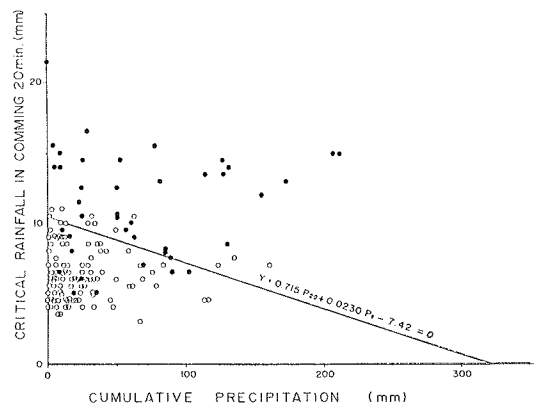


図-1 判別関数による発生予測の一例