

山地流域における土砂流出予測

立命館大学大学院 理工学研究科 ○柿原圭貴, 渡辺太一, 里深好文

1. はじめに

山地流域における斜面崩壊や土石流の発生予測に関しては、現在に至るまで徐々にその精度をあげてはいるものの、いまだ十分なレベルであるとは言えない。その原因のひとつとして、計算の重要な入力条件である降雨の時間的、空間的な不均一性が考慮されていないことがあげられる。そこで、本研究では山地流域において密度の高い雨量観測を行い、そのデータを用いて土砂流出の解析を行った。そして、雨量データのちがいにより流出土砂の予測値がどのように変化するかを検討した。

2. SERMOW の概要

降雨の流出解析に関してキネマティックウェーブモデルを採用し、側岸斜面から供給される土砂も考慮できる土砂流出予測である SERMOW(1)を用いて土砂流出予測を行った。このモデルは降雨のハイエトグラフ、流域の地形条件、河床粒度分布を入力条件としてシミュレーションを行うものである。今回の研究では、粒度分布を仮定した上で、ある代表地点のみで得られた降雨データを用いるタイプと高密度に観測したデータを用いるタイプの 2 種類の計算を行った。

3. 対象流域

京都大学防災研究所穂高砂防観測所(岐阜県高山市奥飛騨温泉郷中尾)の観測流域内において転倒柵式雨量計による雨量観測を行った。観測流域である足洗谷流域は面積 7.2km²の小流域であり、焼岳の火山噴出物が厚く堆積しているため、土砂生産の活発な流域である。足洗谷流域は、下流より深谷、ヒル谷、割谷、黒谷、白水谷によって構成されている。観測位置は割谷山の山頂付近と山腹の登山道の 2 か所、白水谷の上流、中流、下流の 3 か所、ヒル谷の上流の 1 か所、観測所の 1 か所、山麓の 2 か所の(砂防塾、まほろば)の計 9 か所である。観測は 10 分間隔で行った。

4. 対象時期とハイエトグラフ

この雨量観測は 2001 年から継続的に行われており、本解析には 2010 年度(2010 年 6 月から 2010 年 10 月)のデータを用いた。解析の対象とした期間は 2010 年 6 月 14 日 0 時から 7

月 17 日 0 時までの 33 日間である。この期間の総降水量は観測所において 573.5mm であり、6 月 27 日、7 月 12 日の 2 回の顕著な出水イベントを始めとし、日雨量 100mm 以上の非常に激しい降雨が 4 回観測されている。山地では雨量計やデータロガーの故障による欠測が目立ち、解析期間においても欠測があり、その欠測率は 20.5%であった。各雨量計の欠測期間は表-2 の通りである。これらの欠測したデータを補う方法として、各雨量計の欠測期間外において、当該観測点と降雨の特性に近いものを抽出し、欠測分を補った。降雨量の比較的少ないヒル谷は観測所を、白水下流、白水上流は白水中流を、登山道は割谷山の雨量を適応する。観測を行っていない黒谷下流、黒谷上流は白水下流、白水上流のデータをそれぞれ与えた。また図-2 に示すように、白水谷での降雨は観測所の約 2 倍であり、大きな差がみられた。割谷はヒル谷と割谷山の平均値の雨量を使っている。今年度の降雨特性によると、白水谷の欠測期間はさらに大きな降雨量であった可能性も考えられた

表-2 計算のために用いる境界条件

河床計算点数	142	砂礫の密度(kg/m ³)	2650	d	d
河床計算点間隔(m)	100	水の密度(kg/m ³)	1000	d(m)	累加百分率
河床堆積厚(m)	3	河床の容積濃度	0.65	0.0008	0.01
河道幅(m)	1~15	重力加速度(m/s ²)	9.8	0.0014	0.02
交換層厚(m)	0.5	浸食速度係数	0.005	0.002	0.03
河道部の時間ステップ(s)	0.2~5.0	堆積速度係数	0.0002	0.004	0.04
斜面数	73	マンニングの粗度係数	0.03~0.05	0.008	0.05
斜面計算点間隔(m)	10	斜面の粗度係数	1.0	0.014	0.1
斜面部の時間ステップ(s)	1.0			0.02	0.7
				0.04	2
				0.08	5
				0.2	12
				0.4	20
				0.8	40
				1.2	75
				2	95
				3	100

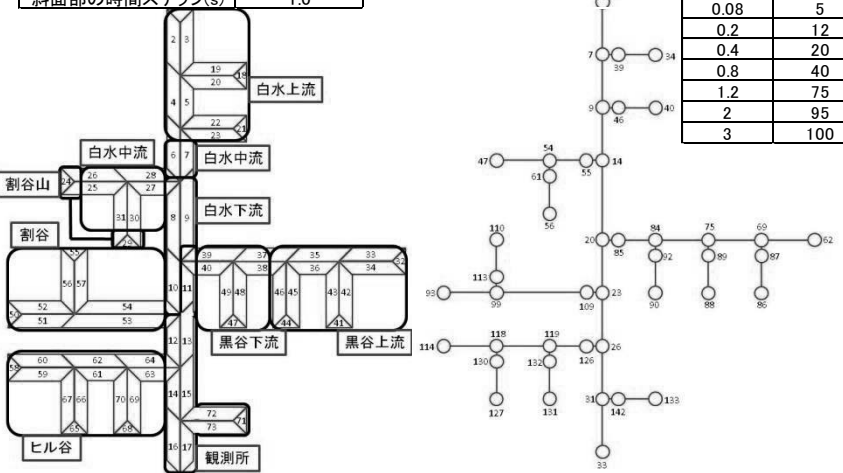
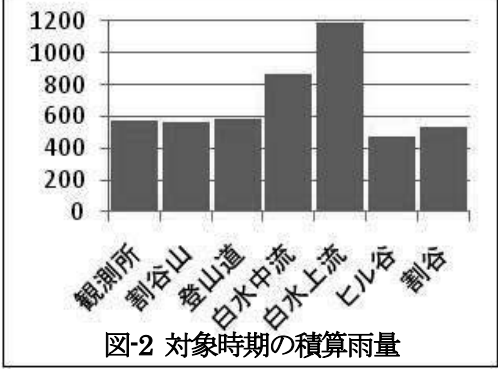


図-1 対象流域のモデル化
表-2 欠測期間

雨量計	欠測期間	欠測率
ヒル谷	2010/6/14 0:00~2010/6/17 13:00	10.75%
白水下流	2010/6/14 0:00~2010/7/17 0:00	100%
白水上流	2010/6/27 16:00~2010/7/17 0:00	58.60%
登山道	2010/7/5 8:00~2010/7/17 0:00	35.35%



が、ここでは、白水上流の欠測期間については、白水中流のデータを直接用いた。解析は全流域に観測所の降雨データを与える場合（集中型）とそれぞれのサブ流域に異なるデータを与える場合（分布型）の2通り行った。本研究で用いたモデルでは、降雨はすべて表面流として流出するものとしているが、実際の山地河川では基岩へ浸透した雨水が長期間にわたり流出し、基底流を涵養している。このことを反映するため、最終的に計算に用いる降水量としては有効降雨量に0.3mm/hrの雨量を加えたものとした。

5. 解析結果と考察

図-3、図-5が示すように、分布型と集中型とでは全流量および土砂流量の最大積算値は1.32倍もの違いがあった。これは積算降水量が分布型の方が大きいためであると考えられる。図-4は、全流出流量の2011年7月11日から17日のグラフである。分布型と集中型とではピークは約20分ずれている。また4つ目のピークは、集中型の方が大きい結果となった。これは、分布型の雨量の入力値に時間によるずれが生じているということが考えられる。また、ピーク時以外では分布型の方が流出量が大きい傾向にあり、ピークの期間は10分から20分ほど集中型の方が早い結果になった。図-6、図-7に示されるように、ピークのずれは、約20分であり、全流量と同じ傾向であった。分布型は初めの時点でも後の時点でも土砂が流出するのに対して、集中型は、初期段階では、土砂が出ていない。また後期には、分布型よりも大量の土砂が流出するという結果が得られた。図-6、図-7より土砂流出の場合では分布型と集中型のピークの差が全流出量よりも顕著に表れることがわかった。これも全流出量と同様であると考えられる。

6. 今後の課題

本研究により、降雨の与え方によって、推定される全流量や流出土砂に大きな差が生じることが分かった。雨量データは風向きや標高や斜面の向きなどに大きく影響される。そのため、正確な予測を行うためには、高密度で詳細な雨量データが不可欠であるといえる。そのためには、雨量観測を継続的に、行っていくことが重要であると考えている。また、このような土砂流出の予測を行うには、河床粒度分布データが必要である。今回は粒度分布の影響を示すことはできなかったが、今後できるだけ詳細なデータを得る必要があると考えている。また、雨量観測は2001年から行っているため、今後これらのデータも生かしながら、より詳しく現象を捉えていく必要がある。さらに、対象流域では、ハイドロフォンやピットを用いて流砂観測も行われている。これらの実測データと解析結果の比較を行い、SERMOWによる土砂流出解析の妥当性を見出すことができると考えている。

参考文献

(1)高橋保；土石流の機構と対策

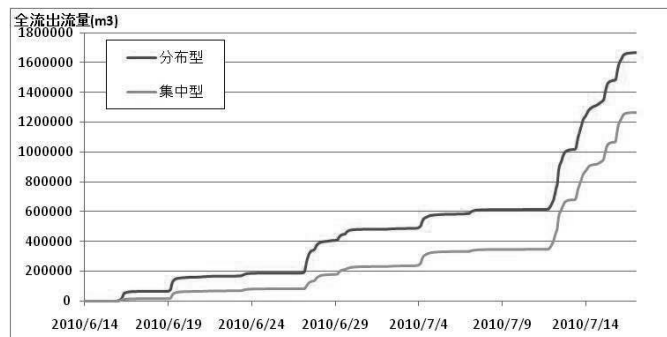


図-3 下流端の積算全流量

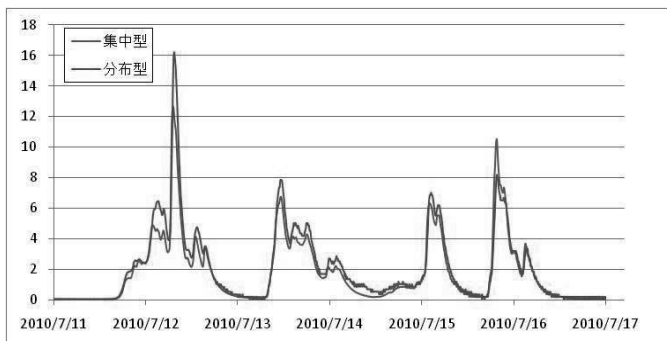


図-4 全流量

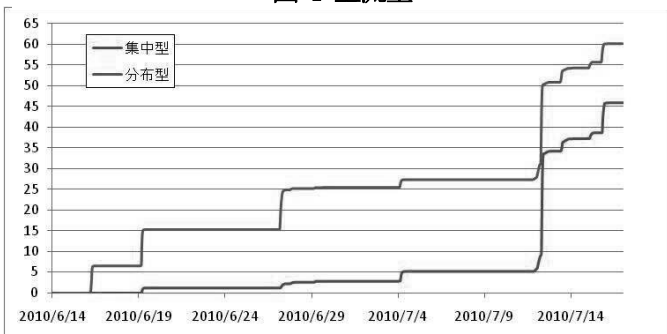


図-5 下流端の積算土砂流量

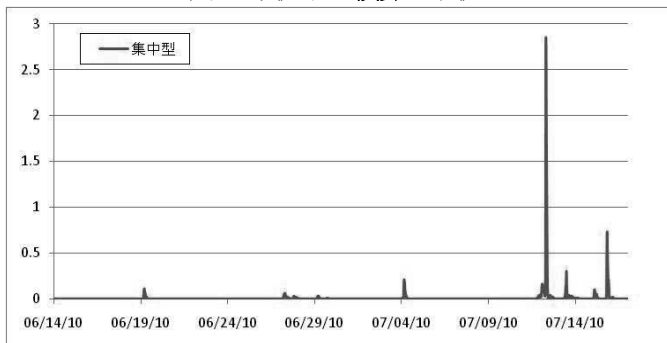


図-6 集中型土砂流出

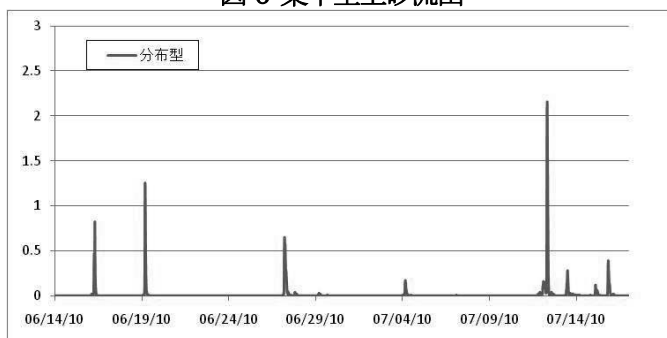


図-7 分布型土砂流出