

数値解析による煙型雪崩のハザードマップの作成

水工学研究室 中川 大介
指導教官 細山田 得三

1. はじめに

日本は国土の約 70%を山林が占めているため、厳冬期にはしばしば雪崩が発生する。特に 2005 年末から 2006 年にかけて豪雪により雪崩が多数発生し、多くの人命が失われている。中でも新潟県は、全国でも有数の豪雪地帯であり、全国 20501 箇所の雪崩危険区域の約 1 割が存在するなど、雪崩災害が発生しやすい地域である。

雪崩は全層雪崩と表層雪崩の 2 種類に大別されるが、そのうち表層雪崩はいまだ運動のメカニズムが詳しく解明されていない。また、雪崩は煙型と流れ型という 2 種類の運動形態があり、表層雪崩のほとんどは規模が非常に大きくなりやすい煙型の運動形態を取り、集落などが巻き込まれた場合被害が大きくなる傾向にある。

そのため、人的被害防止や注意喚起を目的とし、煙型雪崩ハザードマップ作成用シミュレーターの開発を行い、実際に雪崩ハザードマップの作成を行った。

2. 計算対象地域

表 1 は中越地方における平成 16 年度の雪崩実績であり、実際に新潟県で発生する雪崩は 1 月ではそのほとんどを、2 月でもおよそ半分を表層雪崩が占めていることがわかる。

新潟県中越地方、旧山古志村は昨年の中越地震により、雪崩予防柵等に大きな被害を受け、また斜面の崩壊などにより樹木が倒れるなど、雪崩が発生しやすい危険な状態にあるといえる。その旧山古志村およびその周辺地域を計算の対象地域（図 1）とした。

表 1 中越地方の月別雪崩発生実績（平成 16 年度）

種別	12月	1月	2月	3月	4月
表層雪崩	0件	16件	7件	4件	0件
全層雪崩	4件	3件	9件	8件	5件
不明	1件	1件	3件	2件	0件



図 1 計算対象地域

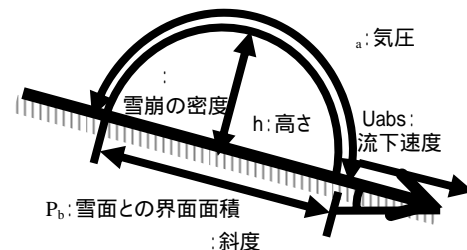


図 2 煙型雪崩の概念図

3. 数値解析

(1) 流動モデル

煙型雪崩は、何らかの原因により巻き上げられた粒子が重力のため斜面方向に流下し、浮遊した粒子が沈降するまで流動を続ける現象である。

この流動は、傾斜面上のサーマルに酷似している。サーマルとは、一様密度の大気中に温度差などによって密度の異なる空気が放出された場合、その密度差によって上昇あるいは下降するものである。

本研究では、煙型雪崩を空気と雪粒子によって構成された、図 2 のような半楕円形の物体が斜面を流

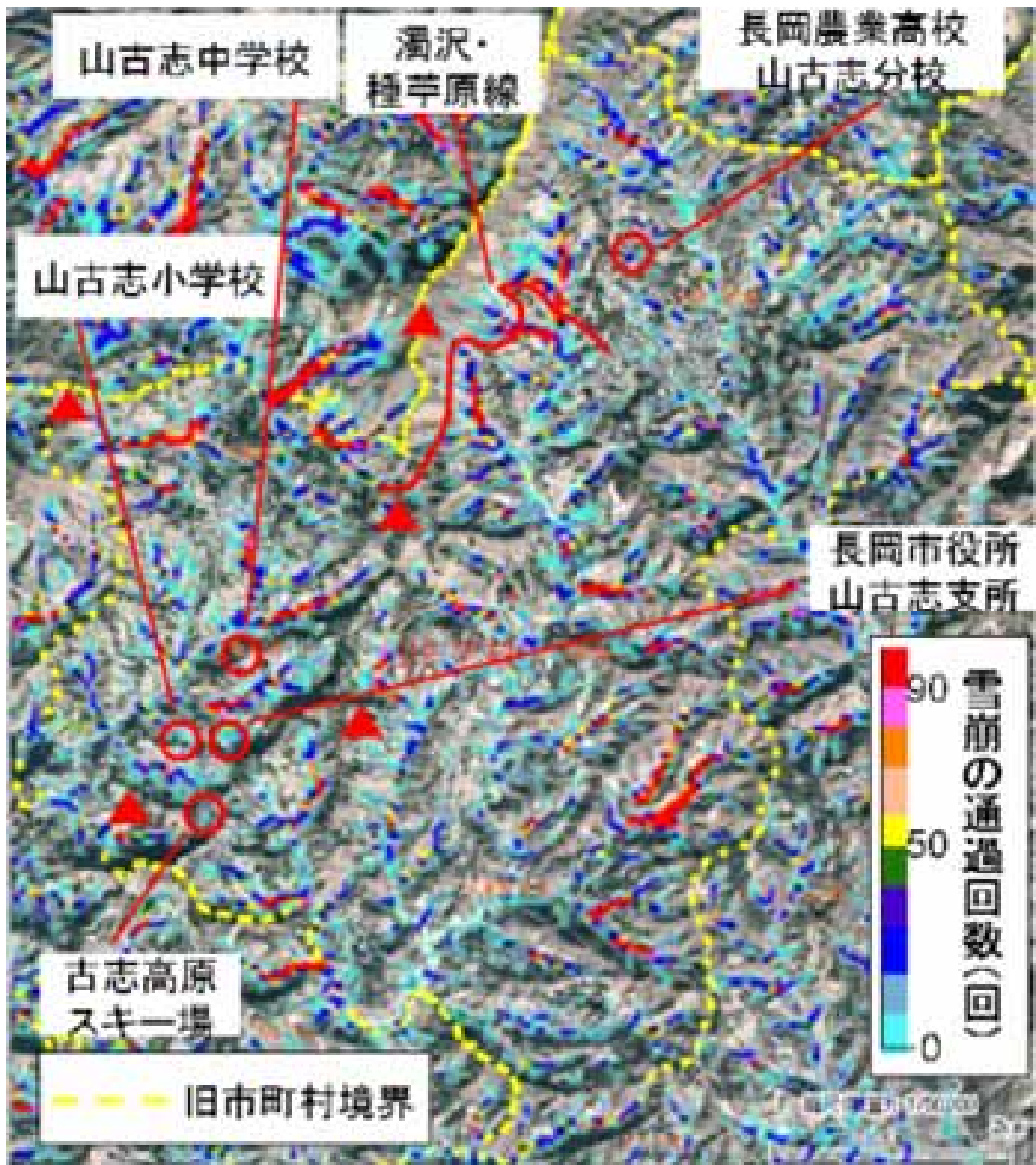


図3 旧山古志村煙型雪崩ハザードマップ

下する現象であると捉え、サーマル理論を基としたシミュレーション手法を用いた。

(2) 計算条件

計算には、国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)のデータを使用した。計算領域は旧山古志全域およびその周辺を含むおよそ12000m×8600mとし、その地域内の各箇所において、初期条件高さ10m、幅20m、初期濃度が1.0%、雪粒子粒径が0.15mmの雪崩が発生したと仮定して計算を行った。その結

果より出力された画像を、1/5000新潟県中越地震災害対策基本図および山古志村航空写真上に重ねることにより、ハザードマップとした。

(3) 危険度評価

危険度は、計算領域内のすべての場所(およそ40000箇所)において雪崩が発生したのちの挙動について計算を行い、各地点の雪崩の通過回数を求めることにより、危険度として評価した。ハザードマップでは到達回数をコンターとして表現した。

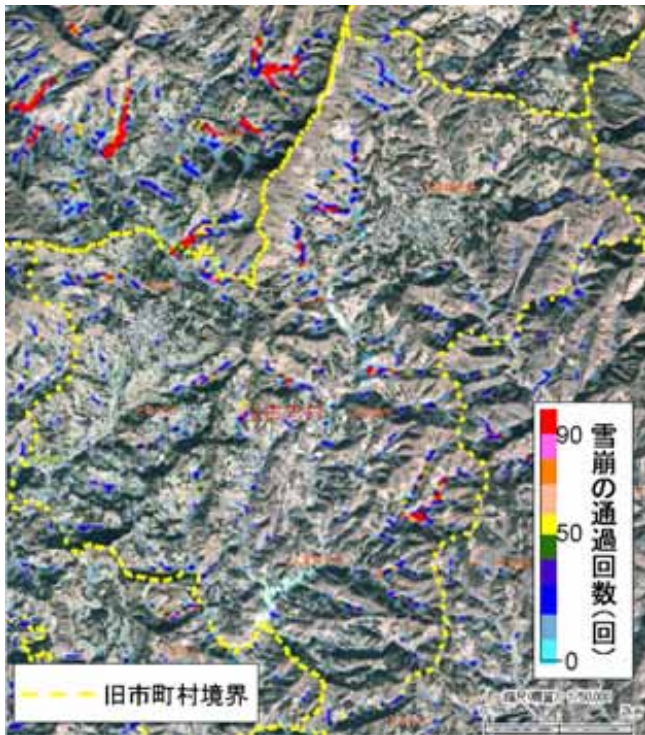


図4 旧山古志村ハザードマップ (10m/s 以上)

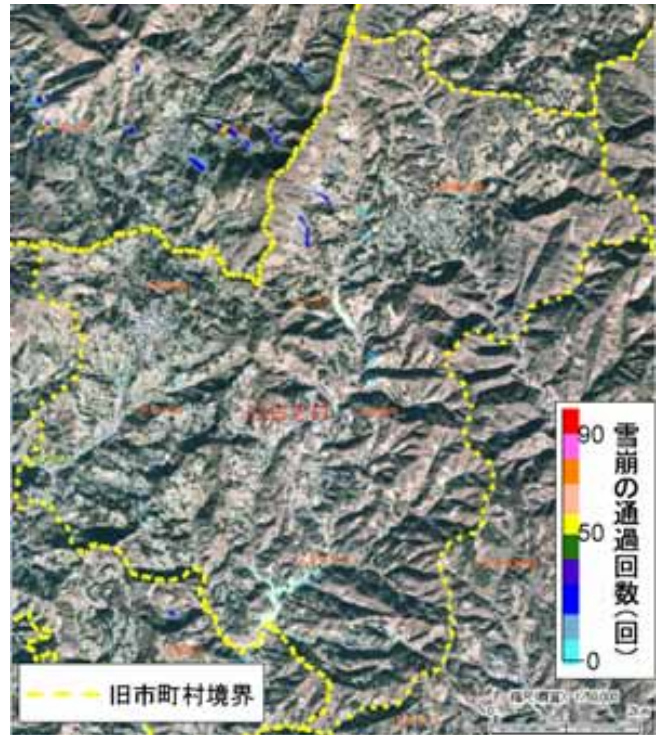


図5 旧山古志村ハザードマップ (20m/s 以上)

4. 計算結果および考察

図3は解析により作成し、航空写真と重ねることによって作成したハザードマップである。この結果を見ると、航空写真の暗くなっている部分に沿うように多くの雪崩が流下していることがわかる。この部分は谷型地形になっており、地形形状による雪崩への拘束力、あるいは周囲の斜度などにより、実際に多くの雪崩がこのような谷に沿うように流下することから、この結果が雪崩の流動をよく再現できているといえる。

また、図3では全ての雪崩を通過回数に集計したが、図4では流速が10m/s以上の雪崩を集計している。同様に図5は、流速20m/s以上のみを集計している。この流速を大きくするにつれて、全体的に雪崩の通過回数が少なくなっていることがわかる。

これらの条件では、ほぼ谷型地形にのみ、雪崩の通過が確認される。これは、これらの地形は起伏が少ない斜面が長く距離にわたって続いているため、流下速度の減少が少ないまま加速し続けるためであると考えられる。これらの箇所の雪崩は、1km以上にわたって流下が続く大規模な雪崩が多い。特に主要道路の一つである濁沢種芋原線は、このような雪崩が通過する可能性が少なからずあるため、十分な対策が必要であるといえる。

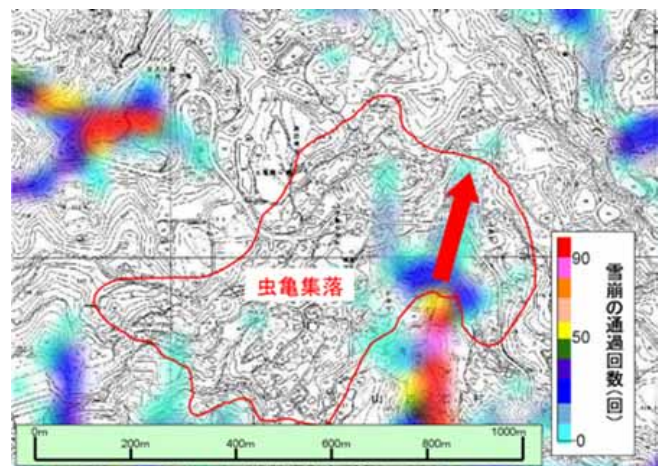


図6 煙型雪崩ハザードマップ (虫亀地区周辺)

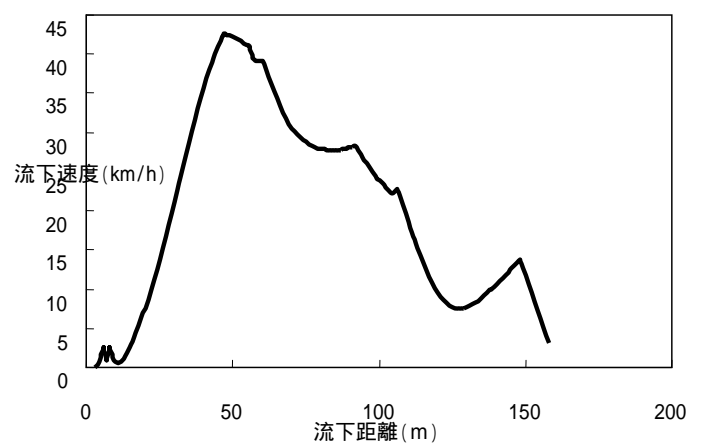


図7 虫亀地区周辺の雪崩の流速の変化

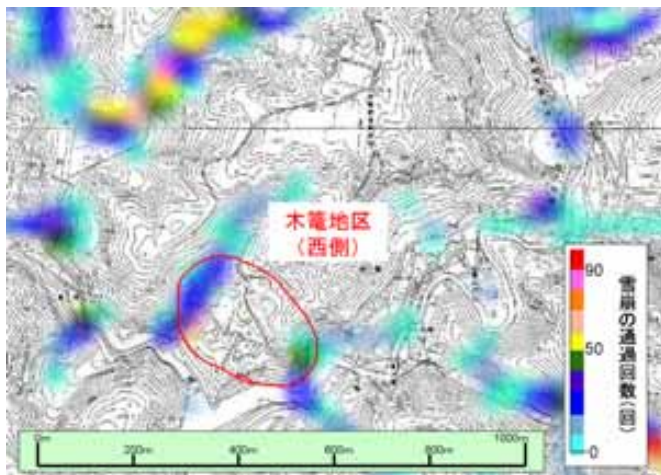


図 8 煙型雪崩ハザードマップ（木籠地区周辺）

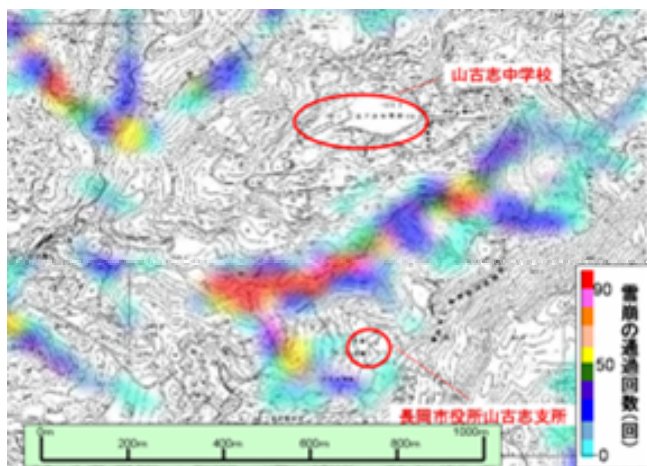


図 9 煙型雪崩ハザードマップ（山古志支所周辺）

図 6 は虫亀地区周辺，図 8 は木籠地区周辺，図 9 は山古志支所周辺の煙型雪崩ハザードマップである。いずれも，解析結果を災害対策基本図に重ねることにより表示している。

虫亀地区は，旧山古志村の記録に残っている過去の集落への被害のうち，複数回にわたって雪崩が発生している箇所である。この拡大図では，中央付近と図中左上部分で特に雪崩が集中している。そのうち中央付近では，通過回数 20 回以上のエリアに民家が数件含まれており，解析の結果からも危険であると考えられる。図 7 は図 6 内の矢印で示した経路をたどる一つの雪崩の，流下距離と流下速度の関係を表したものである。この雪崩の場合流速は最高で 40km/h を超え，発生から停止までおよそ 31 秒間である。このことより，雪崩の発生を確認してからの避難は困難であると考えられる。

図 8 の木籠地区も虫亀地区と同様に，過去に複数回の表層雪崩の発生の記録が残っている地域である。図 8 よりこの地区も，通過回数が 20 回から 30 回を超える箇所が集落内に存在することが確認できる。このように過去実際に雪崩が発生している箇所は，比較的流下回数が多い領域があることが解析によりわかった。

図 9 で表した山古志支所の周辺が含まれる竹沢地区では過去雪崩による被害の記録は残っていない。実際に今回の解析の結果では雪崩の通過区域に入る民家はほとんど存在せず，この図でも北東の到達回数 10 回以下の箇所に数件の民家が含まれる程度である。しかしながら，支所の附属施設である体育館までは到達の危険性が見られるため，注意の喚起が必要であると考えられる。

また，ほぼ全集落で多少なりとも雪崩に巻き込まれる可能性があるため，注意の喚起を行うことが非常に重要であるといえる。

5. 結論

中越地方は地形的特性と，さらに降雪量が多く短期間に集中することが度々見られるという気象的特性との両面から，表層雪崩が非常に発生しやすい環境下にあるといえる。

解析の結果，雪崩の通過回数は河川などの谷型地形の箇所が多く確認できた。これは，実際の現象に即した結果であるといえる。また，河川に沿う道路などで雪崩の通過回数が非常に多い箇所が確認できた。これらの箇所については，十分に雪崩の対策をとることが必要であるといえる。

旧山古志村の，過去に実際に表層雪崩の被害が発生したという記録が残っている集落は，今回の解析において実際に通過回数の多い箇所がある，もしくは流下回数がそれほど多くない箇所でも広範囲にわたって存在しているという結果が得られた。その他の箇所ではそれほど多くの通過回数は見られなかった。しかしながら，一部地域においては過去に雪崩の記録が無いながらも，やはり通過回数の多い箇所が含まれている集落が存在していた。雪崩の到達回数を危険性の指標として分布的に示すことで，雪崩が実際に集落に押し寄せ，何らかの被害が発生する危険性のある地域が非常に広範囲にわたっていると