

警戒避難対策に活用するための斜面崩壊検知センサーの設置方法に関する一考察

国土交通省砂防部砂防計画課地震・火山砂防室 佐藤 一幸，中村 圭吾
(現 国土交通省中部地方整備局 静岡河川事務所) 阿部 聡
独立行政法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 内田 太郎
財団法人 砂防・地すべり技術センター 小段 應司，菊井 稔宏，宮瀬 将之

1. はじめに

土砂災害警戒情報は、国土交通省砂防部と気象庁が共同で開発し、住民の警戒避難対策に活用するために平成19年度末から全国的に運用が開始されている。しかしながら、現状において市町村長が発令する避難勧告等の警戒避難対策に的確に活用されているとは言い難い状況にある。その理由の一つには、土砂災害の発生場所や発生時刻を予想することが難しく、災害発生直前まで切迫性を感じにくいといったことが挙げられる。一方、近年、斜面崩壊検知センサー(以下、センサーと呼ぶ)など、土砂災害の検知を比較的安価でかつ容易に把握できるセンサーの開発が進められている。また、このようなセンサーを用い、土砂災害の発生と同時に発生情報を収集することができれば、周辺地域に対して、土砂災害が発生する危険性の高まりなど、切迫性のある情報を提供できる可能性が考えられる。そこで、本報告では、このような背景を踏まえて、センサーを用いた土砂災害の監視の有効性および災害発生時の切迫性を共有できる適切な避難単位に関して、近年の土砂災害の実態をもとに検討・分析を行った。

2. 検討内容

本検討では、崩壊が1箇所発生した場合に、その周辺において複数の崩壊が発生する危険性があると考え、仮にセンサーの検知情報に基づき警戒避難情報(避難勧告等)が発令される場合、どの範囲まで情報伝達すれば適当であるか、その範囲を設定する。

検討方法としては、図-1に示すように、ある避難単位に複数の土砂災害危険箇所が存在し、そのうちの数箇所で崩壊が発生したと仮定する。そのとき、センサーをつけている箇所が多いほど、その避難単位での検知率は高くなる。そのように考えた場合に、最小限のセンサー設置箇所数で最大限に検知率を高めることができる避難単位を設定する。なお、本検討では、土砂災害危険箇所外で発生する崩壊については検討対象外としている。

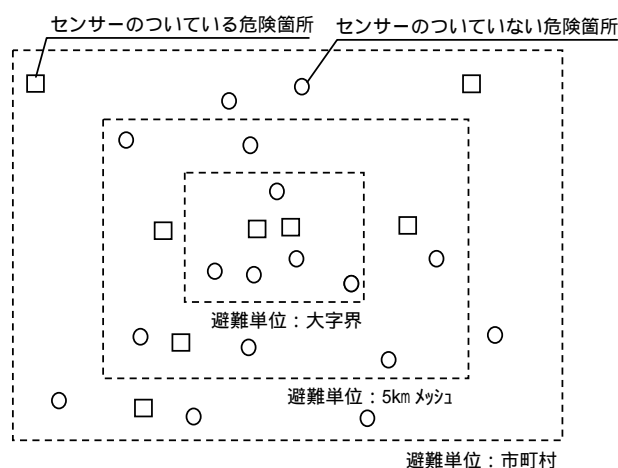


図-1 避難単位の区分案

以下に、検討ケース、検討対象データ、崩壊の検知率の考え方について概説する。

(1) 検討ケース

検討ケースは、避難単位として 市町村単位、 5kmメッシュ単位、 大字単位 の3種類を想定した。

(2) 検討対象データ

検討対象範囲は、近年土砂災害が発生した地域のうち、複数個所で災害が発生した10市町とした。これらの市町に関する土砂災害危険箇所情報、避難単位情報(大字界, 5kmメッシュ情報等)を収集し整理した。

また検討ケースで示した 〃〃〃 の避難単位ごとに土砂災害危険箇所の数量を集計した。集計した土砂災害危険箇所は、土石流危険渓流と急傾斜地崩壊危険箇所の2種類とした。また、対象とした避難単位は土砂災害危険箇所を1箇所でも含むものとした。

(3) 崩壊の検知率の考え方

避難単位ごとに、崩壊を検知する確率(検知率)の考え方を以下に述べる。

検知率は、先に設定した単位地域内の土砂災害危険箇所を N (箇所)とし、そのうち、崩壊が発生すると予想される n 箇所にセンサーを設置すると仮定し、 i 個目の崩壊を初めて検知できる可能性を以下の式より算出した。

$$Q_i = Q_{n,i-1} \frac{an}{N-(i-1)} \dots (式1)$$

$$Q_{n,i} = Q_{n,i-1} (1-Q_i) \dots (式2)$$

Q_i : i 個目の崩壊が検知できる可能性
 $Q_{n,i}$: i 個目の崩壊が検知できない可能性
 N : 単位地域内の危険箇所数
 n : センサーの設置箇所数

(式1)の は、当該斜面において危険度評価を行ったことを想定し、全体の危険箇所での崩壊発生確率に対するセンサー設置箇所の崩壊発生確率の比である。すなわち、センサー設置箇所の崩壊発生確率が全体の平均に比べて 倍高いことを意味する。

前述の崩壊を検知する確率の考え方に基づいて、N は土砂災害危険箇所数として、n の値を変化させ、想定する避難単位ごとの崩壊の検知率を算出した。N, n の値は表-1 に示すとおりである。

表-1 検討に用いるデータ (N, n)

	A市	B市	C町	D市	E市	F市	G町	H市	I市	J市	平均値
危険箇所数 (N)	133	423	260	370	2987	461	116	1078	2481	364	795
市町村数 (n1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
市町村面積 (km ²)	84.5	203.5	804.5	234.1	219.6	242.0	55.8	189.3	547.8	161.9	274.3
避難単位あたりの危険箇所数 (箇所)	1.6	2.1	0.3	1.6	13.6	1.9	2.1	5.7	4.5	2.2	2.9
5kmメッシュ数 (n3)	7	11	19	12	14	13	4	14	32	9	14
5kmメッシュ平均面積 (km ²)	32.9	31.5	31.4	32.1	31.5	31.2	31.2	32.0	32.9	32.9	32.0
避難単位あたりの危険箇所数 (箇所)	4.0	13.4	8.3	11.5	94.9	14.8	3.7	33.7	75.4	11.1	24.9
大字数 (n2)	27	126	46	36	127	52	4	32	188	10	65
大字平均面積 (km ²)	2.5	0.7	11.6	5.3	3.1	4.3	14.0	5.0	2.7	16.1	6.5
避難単位あたりの危険箇所数 (箇所)	52.5	588.5	22.4	70.1	949.3	107.3	8.3	214.1	920.8	22.6	121.6

大字, 5kmメッシュの数量は、土砂災害危険箇所を含むもののみの箇所数とした

3. 結果と考察

上記の考え方に基づき検討した結果および考察について以下にまとめた。

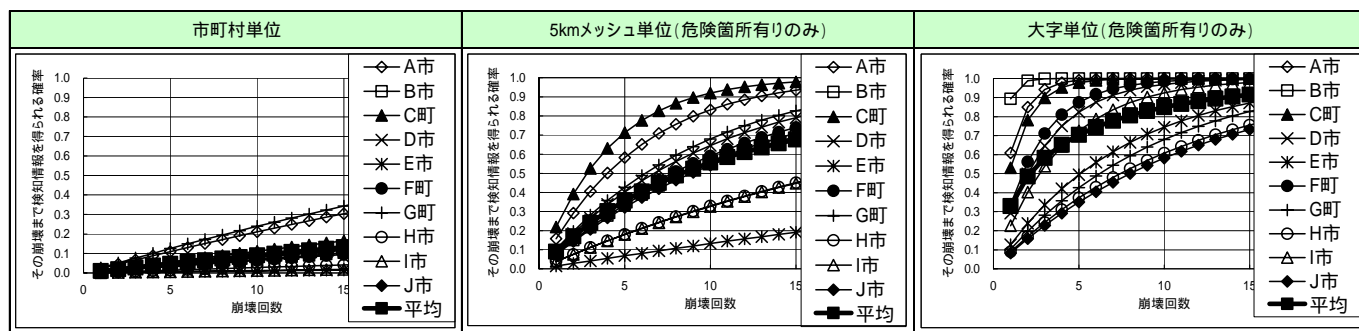


図-2 斜面崩壊情報の検知率の変化 (= 3 の事例)

結果と考察

避難単位の変化が、センサーの検知率にどのような影響を与えるか確認したところ、市町村単位では、崩壊が多数発生しても検知率が低く、避難単位として有効な範囲とはいえない結果が得られた。大字単位においては、市町村単位や 5km メッシュ単位に比べて、崩壊回数の少ない段階で高い検知率を得られる傾向が伺えた。本検討で使用した大字単位の平均面積は約 6.5km² (半径約 1.5km) 大字内の土砂災害危険箇所数は約 120 箇所である。

大字ごとに 1 箇所ずつセンサーを設置した場合は、市町村や 5km メッシュごとに 1 箇所ずつセンサーを設置した場合に比べて、崩壊回数の少ない段階での検知率が高い。例えば、市町村によって異なるものの、3 回目までの崩壊で少なくとも 25% の確率で検知可能となり、多くの市町村で 50% 以上の確率で検知できる可能性があることが分かった。

以上を考慮して現時点では、避難単位は大字単位で設定することが考えられる。

4. まとめと今後の課題

本検討では、警戒避難対策に活用するための斜面崩壊検知センサーの設置方法について、3 種類の避難単位ごとに崩壊の検知率の変化を把握し、避難情報の伝達範囲を検討した。その結果、斜面の崩壊危険をある程度評価できれば、概ね大字単位ごとにセンサーを設置することで、検知率が高くなることを示すことができた。

ただし、本検討には警戒避難行動をとる上で重要な崩壊発生の時間分布について考慮していない状況にある。崩壊は時間ごとに発生頻度や範囲が変わる。このため、今後は収集した土砂災害情報をもとに、崩壊発生の時間分布を考慮して避難単位を設定することが必要と考える。