

地形データによる災害危険性の判定

財団法人 消防科学総合センター

主任研究員 山瀬敏郎

1. はじめに

斜面崩壊や土石流などの降雨が誘因となる災害の危険性は、地形、地質などの性状に大きく影響される。現在、これらの危険性の判定は、地形図や航空写真による地形判読、現地における地質調査などをもとに行われている。しかし、これらの作業には、専門的な知識とともに多くの時間と費用を要する。そのため、必要性を感じながらも実施に踏み切れないところが多いようである。

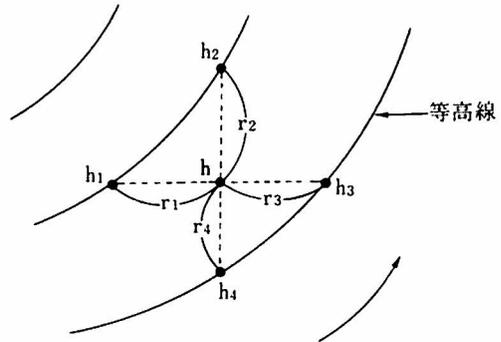
そこで、これらの災害の発生に関わる多くの要因のなかで地形的なものに注目し、地形図から得られるデータをコンピュータで処理することにより、災害の起こりやすい区域を大まかにでも判読・抽出できれば有用と考え、研究を行った¹⁾。以下にその概要を述べる。

2. 地形データの形態

地形図のなかでは、高さに関する情報が等高線として表されている。これをコンピュータに入力するには、地形図をデジタイザ(座標入力装置)に張りつけ、連続した等高線の通過する点の座標値群と標高値を組にして入力する方法が一般的である。このようにして入力されたデータは、ベクトルデータと呼ばれる。

ベクトルデータのままで地形の判読は可能である。しかし、処理は複雑になり、計算時間も要する。したがって、ここでは、ベクトルデータを等間隔の格子点(メッシュ)データに変換して処理することにする。このデータ変換は図1に示すように、各格子点の標高値を近隣の等高線までの距離とその標高値をもとに計算することにより行われる²⁾。

このほかに、等高線をイメージスキャナにより入力し、デジタルデータに変換する方法もある³⁾。この方法によると入力の手間が省けるように思える。しかし、地形図に示された等高線をトレースして入力原図を作る必



注1) 格子点の標高を h

注2) 南北、東西方向の直近の等高線の標高を h_k ($k=1,2,3,4$) として

$$h = \frac{\sum W_k \cdot h_k}{\sum W_k}$$

ただし、

$$W_k = \frac{1}{r_k^n}$$

図1 ベクトル・格子点データ変換の概念

要があり、実際はそう簡単ではない。

3. 地形データの精度

標高データにより地形を判読しようとする場合、その精度、すなわち等高線入力の基本となる地形図の縮尺が問題となる。数千分の1、数百分の1といった大縮尺のものをを用いると、ミクロな地形の判読が可能になるが、データ量が膨大になる。小縮尺の場合には、その逆のことがいえよう。ここでは、将来的には1つの市町村全域を対象とした実用的なシステムとして開発することを目標とするため、2万5千分の1の地形図を用いることにした⁴⁾。この場合、ミクロな地形の判読は難しく、適用可能な災害や地域は限られてくることが予想される。

入力された等高線データを格子点データに変換するときの格子間隔は、ベースとした地形図の縮尺にあわせて設定することになる。2万5千分の1地形図の場合、25m~50m程度が適当と考えられ、以下の計算例では25mとしている。

図2は、以上のようにして作成された地形データを立体的に表示したものである。次にこのようなデータをもとに、斜面崩壊や土石流の発生に影響を与える地形的要因を判読することを考える。

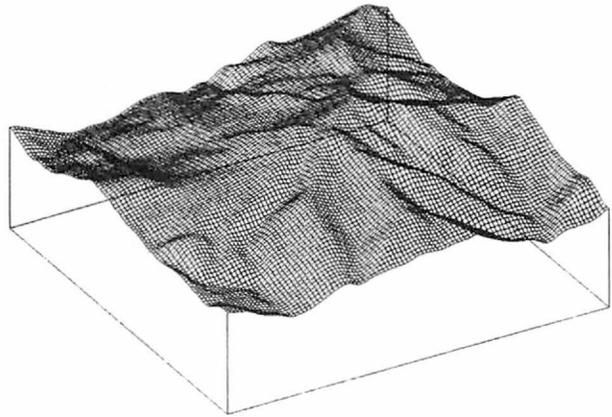


図2 格子点形式の地形データの例 (2.5 km × 2.5 km, 格子間隔 25 m)

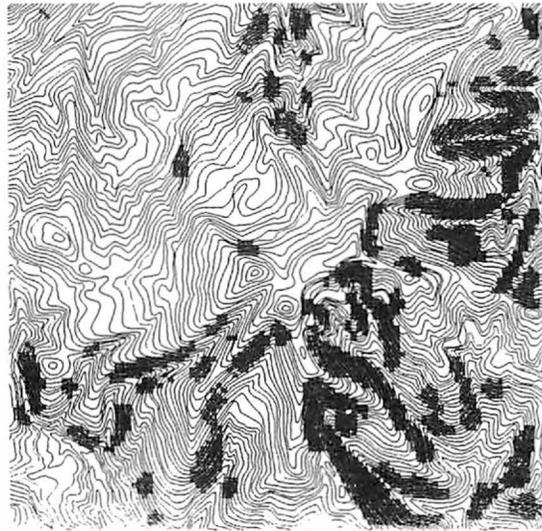
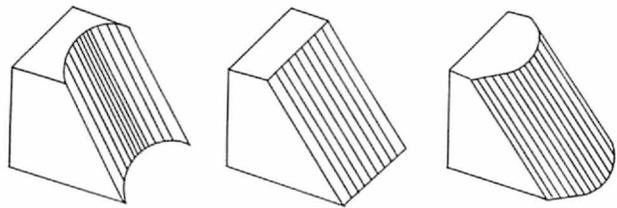


図3 傾斜角 35 度以上の急傾斜地の抽出例 (2.5 km × 2.5 km)



(1)谷型斜面

(2)直線型斜面

(3)尾根型斜面

図4 斜面形状の区分

4. 地形的要因の判読

(1) 傾斜

土砂災害は、重力の作用で発生するものであり、傾斜に大きく依存する。各格子点の標高値が与えられた場合、それぞれの格子点の最大傾斜は容易に求めることができる。例えば、ある格子点について隣接する8つの格子点と標高差からそれぞれの方向の傾斜を求め、これらの最大値をその格子点の最大傾斜とすればよい。このようにして抽出した傾斜角35度以上の急傾斜地を図3に示す。

(2) 斜面形状

ここで、斜面形状とは、図4のような谷型、直線型、尾根型といった形状をいう。谷型斜面では、雨水が集中しやすいため崩壊等が起こりやすくなる。

斜面形状、すなわち各格子点がどの形状の斜面に属するかを判読するには、いくつかの方法が考えられる。物理的意味がわかりやすかつ扱いやすいのは、曲率による方法であろう。

曲率とは、線や面の曲がり具合を示す数字的な概念である。曲率（の絶対値）の逆数を曲率半径という。鋭く（連続的に）曲がっているほど曲率の値は大きく、曲率半径は小さくなる。

標高を z とし、東西方向の距離 x 、南北方向の距離を y とすれば、地表面は $z=f(x, y)$ の曲面で表され、1方向の地表断面は $z=f(t)$ の曲線で表される（ t は断面方向の距離）。この場合、曲率は下に凸の地形で正、上

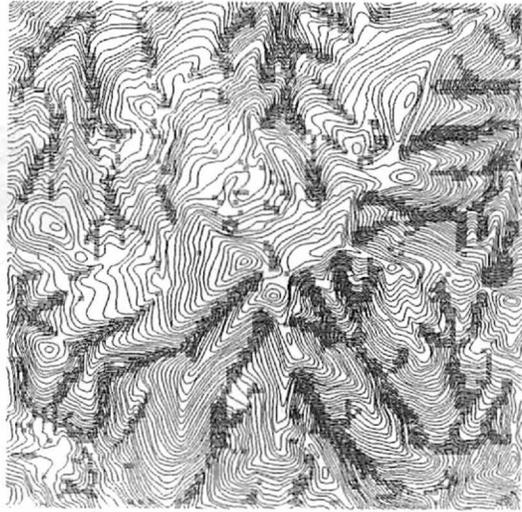


図5 谷型斜面の抽出例 (2.5 km×2.5 km)

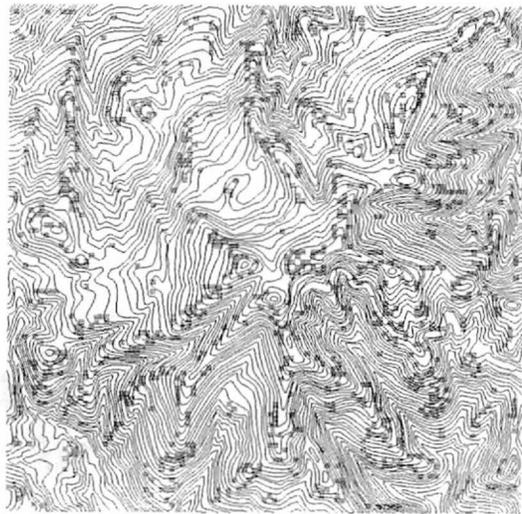


図6 遷急線の抽出例 (2.5 km×2.5 km)

に凸の地形で負となる。

斜面形状の判読の話にもどる。その場合、各格子点について、最大傾斜方向と直角をなす方向の曲率と曲率半径を計算すればよい。谷では曲率は正、尾根では曲率は負となり、曲率半径が小さいほど、鋭い谷や尾根といえる。したがって、曲率半径の基準を適当に設定し、例えば次のように斜面形状を判読する

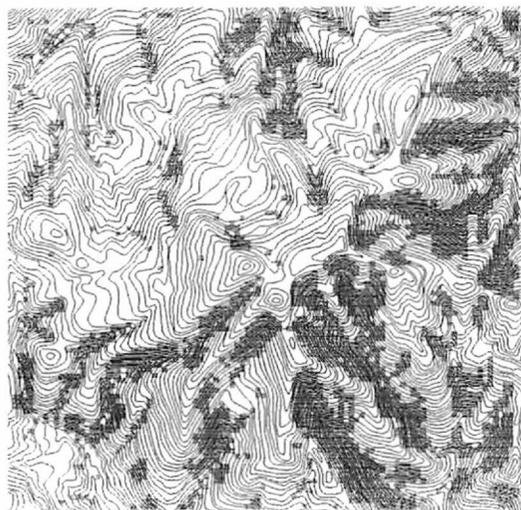


図7 崩壊の起こりやすい区域の抽出例
(2.5 km × 2.5 km)

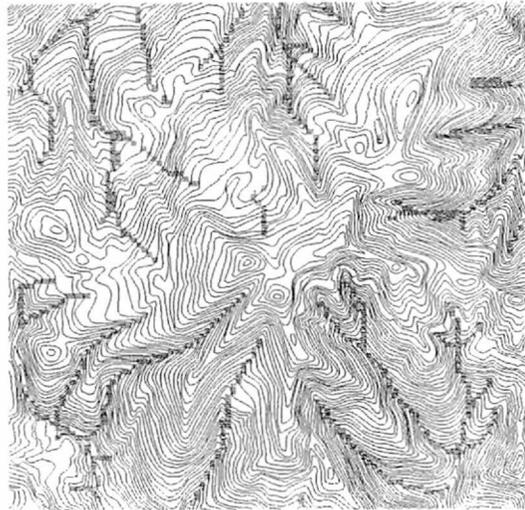


図8 土石流の起こりやすい区域の抽出例 (2.5 km
× 2.5 km)

ことができる⁵⁾。

- ・谷型 : 曲率 > 0, 曲率半径 ≤ 300 m
- ・直線型 : 曲率半径 > 300 m
- ・尾根型 : 曲率 < 0, 曲率半径 ≤ 300 m

この方法により抽出した谷型斜面を図5に示す。等高線と重ねてみると、比較的うまく抽出されていることがわかる。

(3) 遷急線

斜面において、傾斜が緩斜面から急斜面に変化するところで、崩壊が起こりやすいといわれる。このような地点を水平面上で結んだ線を遷急線とよぶ。

このような場所は、各格子点での傾斜の変化率(地表曲面 $z=f(x, y)$ の二次微分)を調べ、この値に適当な基準値を設けることにより判読できる。このようにして遷急線を抽出した例を図6に示す。遷急線としてはっきりとは出てこないが、尾根周辺の急斜面に偏在することがうかがえる。

(4) 流域面積

流域面積は、ある地点における降水の集中

程度を表すもので、集水面積ともいう。例えば、ある地点の流域面積が10 haということは、その範囲に降った雨水が流れてその地点に集中することを意味する。この値は、通常尾根では小さく、谷では大きくなる。

地形が格子点標高データとして表された場合、流域面積は、各格子点について最大下り勾配となる格子点を追跡していくことによって計算できる⁶⁾。

5. 災害の起こりやすさの判定

(1) 崩壊

崩壊は、一般的にいて、傾斜が急なところ、雨水が集中しやすいところで多く発生する傾向にある。

そこで、前述の地形的要因のなかの傾斜と斜面形状により地形を区分し、崩壊の起こりやすい区域を抽出することを試みた。一例として、傾斜が20度以上の谷型斜面と35度以上の直線型斜面を抽出したものが図7である。

この地域では、既に航空写真などにより過

過去の崩壊地が調査されており、それによると、66箇所の崩壊地が確認されている。そして、その87%がここで抽出した区域に含まれることが確認できた。ちなみに、ここで抽出された区域の面積は、全体の27%である。

斜面形状と流域面積は、ともに雨水の集中しやすさを表すものであり、傾斜と流域面積により判定を行ってもよい。

また、遷急線の付近でも崩壊が発生しやすいといわれている。そこで、図6で抽出された遷急線にかかる過去の崩壊地を調べたところ、全体(66箇所)の48%であった。

(2) 土石流

土石流の発生に影響を与える地形的要因としては、流域面積と傾斜(溪床勾配)があげられる。土石流の起こりやすい区域として、流域面積が2.5ha以上で傾斜が10度以上となることを示したのが図8である。この地域では、過去に土石流が発生した痕跡が認められないため、結果の評価については行っていない。

6. おわりに

ここでは、地形データをもとにコンピュー

タ処理により崩壊や土石流の発生しやすい区域を判定・抽出することを試みた。崩壊については、ここで抽出した区域に過去の崩壊地の多くが含まれており、この方法がある程度有効なものであることが確認できた。

ただし、この方法は、災害の起こりやすい区域を把握するための第一段階として用いるものである。したがって、抽出された区域で災害が発生したときに重大な被害をうけるような施設がある場合には、地質、植生等について調査を行い、さらに具体的に危険性を検討する必要がある。

ここで述べた判定方法、例えば傾斜 \circ 度以上の \circ 型斜面で崩壊が起こりやすいといった判定方法は、いまのところ暫定的なものである。したがって、さらに多くの地域に適用し、地域の地形・地質的特性に応じた判定方法を検討し、この方法の有効性について評価していく必要がある。

最後に、この研究を行うにあたって種々のご指導・ご助言をいただいた有山正孝電気通信大学教授をはじめ委員会のメンバーの方々に感謝の意を表する次第である。

参考文献等

- 1) 消防科学総合センター：防災アセスメントのための地図情報システムに関する調査研究報告書、平成4年3月
- 2) 等高線データを格子点データに変換する方法は、国土地理院等により簡単なものから厳密なものまでいくつか提案されている。ここでは、計算時間等の制約から簡単な方法を用いている。
- 3) 消防研究所：パソコンを用いた林野火災の拡大予測に関する研究、平成2年3月
- 4) 現在、国土地理院で1/25000地形図をベースとした標高データの整備が進められており、これを活用することも考慮した。
- 5) 野上道夫・杉浦芳夫：パソコンによる数理地理学演習、古今書院、1986
- 6) 村井俊治：数値解析法講座13(応用編・計画手法II)、土木学会誌、Vol.58, No.1