

航空レーザー測量を活用した地震時の斜面崩壊危険度の評価

香川大学工学部

香川大学工学部

アジア航測株式会社

アジア航測株式会社

正会員 ○野々村敦子

正会員 長谷川修一

正会員 藤井 紀綱

非会員 林 宏年

1. はじめに

地震調査研究推進本部は、南海地震（推定マグニチュード 8.4 程度）が今後 30 年間に 50%、50 年間に 80% 程度の確率で発生すると予測している。また、南海地震は東南海地震、東海地震と連動し、社会的機能を停止させるほどの甚大な被害をもたらすことが予想されている。交通ネットワークに依存している現代社会において、巨大地震による斜面崩壊は、集落の孤立を広域的に発生させる。地震による斜面の被害を最小限に抑えるためには、被害を受け易い場所とその規模を事前に調査し、それをもとに防災及び減災対策を立てておかなければならない。本研究は、地震時に被害を受ける可能性の高い箇所を事前に推定することを目的としている。

地震に伴って発生する斜面災害には、地すべりと斜面崩壊がある。地震時に発生する斜面崩壊の多くは表層崩壊であり、急傾斜をした受け盤斜面、頂部斜面から谷壁斜面に移下する遷急線付近などで発生する傾向にある。表層崩壊は斜面の形状と密接に関係している。本研究では、今後発生する地震に備えるため、既存の研究結果をもとに、斜面崩壊の危険性という点から斜面を評価する。

2. レーザー計測について

これまでに広く用いられてきたリモートセンシングによる測量方法には、航空写真測量、衛星データを用いたステレオ画像作成、合成開口レーダーの干渉処理によるものがある。これらの測量方法は表面の高さを測るため、植生に覆われている箇所の地盤高を正確に把握できないという問題点があった。しかし、航空レーザー計測による測量では、跳ね返るパルスの強度と到達時間から地表面と地盤高の両方を計測することができる。また、レーザー光は普通の光よりも指向性が高いため、解像度の高い地形計測が可能である。

本研究では、解析対象地域の高知県南国市の領石地区にある高知自動車沿い斜面上の 1,590m × 2,100m の矩形内（北緯 33° 36' 19.78"N から 33° 37' 6.60"N、東経 133° 37' 18.80"E から 133° 38' 32.99"E）（図-1）において航空レーザー測量を行った。計測条件は、平均計測密度が 1m 四方に 1 点以上となるよう設定された。測量コースは図-1 (b) に示す 4 側線で、コース間のオーバーラップは 50% とした。その他の観測計測パラメータは表-1 に示すとおりである。

表-1 航空レーザー計測パラメーター

項目	設定内容
プラットフォーム	セスナ 207
使用機器	ALTM3100DC
計測高度	対地 1,050~1,300m
機体飛行スピード	60m/sec
パルス頻度	70,000Hz
スキャン頻度	35Hz
スキャン角	±13度
ビーム広がり	0.28mrad
サイドラップ	50%
計測密度	4/m ² (対地 1,300m 時)
画像地上解像度	0.21m (対地 1,300m)
精度(鉛直方向)	0.16m (対地 1,300m)
精度(水平方向)	0.43m (対地 1,300m)

3. 斜面崩壊危険度予測方法について

内田ら¹⁾は、平成 7 年に発生した兵庫県南部地震時に斜面崩壊が多発した六甲山地域において、斜面崩壊発生の有無と各種地形データとの関係を統計的に分析した。その結果、地震時の斜面崩壊の要因となり得る地形要因は勾配と平均曲率であることが明らかとなった。これをもとに、斜面崩壊データをもとに、勾配、曲率、地震動の最大加速度から判別分析法により斜面崩壊危険度を判定する関数（式 1）が導出された。

$$F = 0.075 \times [\text{勾配} (^{\circ})] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] + 0.0056 \times [\text{最大加速度 (gal)}] - 3.2 \cdots (1)$$

これは、過去の地震による斜面崩壊の実績がない場合においても、地震時の崩壊危険度評価が可能で

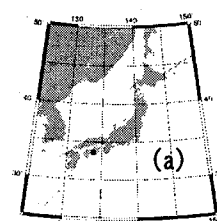
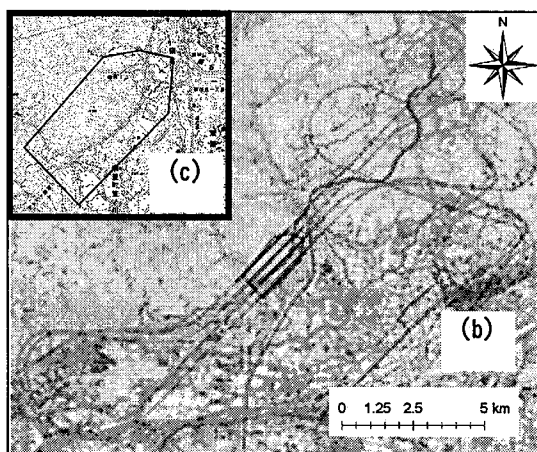


図-1 解析対象地域と航空レーザー測量の測線。
(a) 解析対象地域の位置
(b) 解析対象範囲と測線
(c) 解析対象範囲の拡大図

あることを示したといえる。そこで本研究では、レーザー測量により得られたデータを用いて地形量を算定し、式(1)によって斜面崩壊危険度予測を行った。

4. 使用データ

航空レーザー測量により水平空間解像度 1m の DEM (数値標高モデル) が得られた。DEM の妥当性を検証するために、現地調査を実施した。その際、地形を視覚的に理解するために効果的な視覚化法である赤色立体地図を携帯した。その結果、レーザー計測による地形計測は、樹幹率が非常に高いところを除き、ある程度植生に覆われているところでも、微地形まで詳細に再現できていることがわかった。

この DEM から勾配と平均曲率を算定した。また、算定に最適な空間解像度を調べるために、異なる解像度で算定した地形量を比較した。これより、勾配の算定には解像度 1m の DEM、平均曲率の算定には解像度 5m の DEM がそれぞれ適していることがわかった。そこで、これら(図-2)を式1に代入して斜面崩壊危険度評価指標を算定した。最大加速度は、中央防災審議会「東南海、南海地震などに関する専門調査会」で検討された想定東南海・南海地震をもとに実施された地震動波形計算結果から求めた。

5. 斜面崩壊危険度評価

図-3(a)は、求めた斜面崩壊危険度評価得点を示す。評価得点は、高いほど斜面崩壊の確率が高いと定義されている。高い値を示している箇所は、傾斜が大きく且つ凸状のところである。とくに、法肩の評価値が高くなっていることがわかる。

6. 今後の課題

今後は地形だけではなく、地下構造の情報も加えて表層崩壊だけではなく大規模崩壊の予測が可能になるよう精度の向上を目指す。

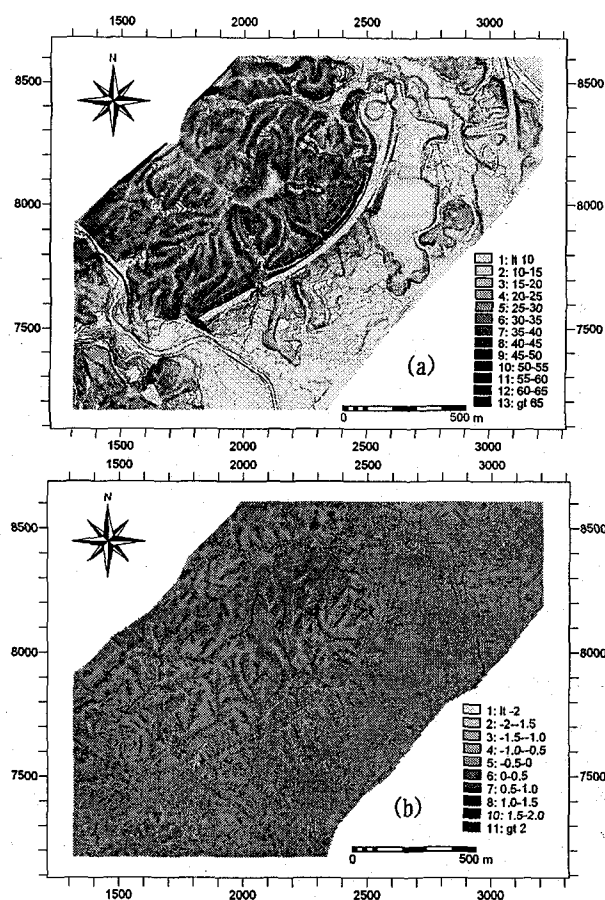


図-2 DEMから計算した地形量

(a) 勾配(解像度 1m の DEM から計算)

(b) 平均曲率(解像度 5m の DEM から計算)

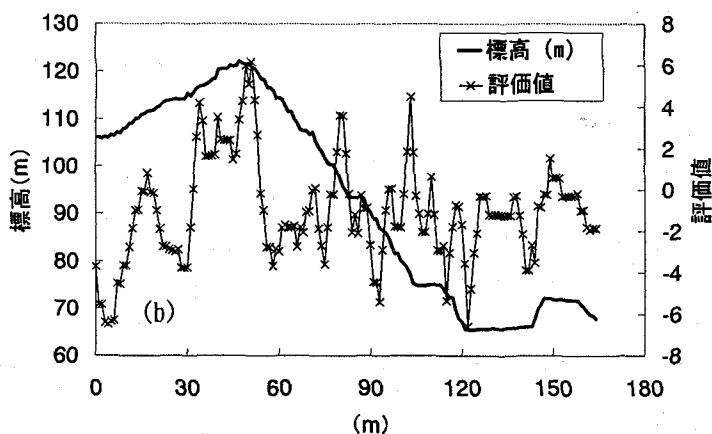
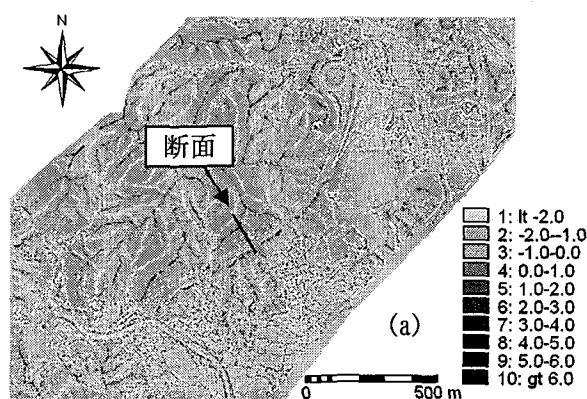


図-3 (a)斜面崩壊危険度評価得点の分布、(b) 黒線に沿った断面の地形と評価得点。

謝辞：本研究は、その一部を地盤工学会四国支部内に設けられた JH 四国耐震性評価手法検討委員会の研究の一環として実施しました。実施に当たりお世話になりました西日本高速道路株式会社の関係者各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 内田太郎, 片岡正次郎, 岩男忠明, 松尾修, 寺田秀樹, 中野康雄, 杉浦信男, 小山内信智: 地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 204, 91pp., 2004.