

# 航空写真とGISを用いた表層崩壊影響因子分析

○李昶雨<sup>1</sup>, 禹忠植<sup>2</sup>, 尹豪重<sup>1</sup> 韓国、国立山林科学院<sup>1</sup>, 仁荷大学校 地理情報工学科<sup>2</sup>

## 1. はじめに

最近、気候変動による影響で世界的に大規模な土砂災害の発生の頻度が増えている傾向である。特に、韓国では梅雨と台風による集中降雨による山地斜面の表層崩壊が原因になる土石流災害が頻繁に起こっており、これに対する予測と対策が求められている。今まで表層崩壊の予測に関する研究は多く、それに影響する環境因子に対する分析も行われているが、主な分析が表層崩壊が発生した場所だけの統計結果に依存している。しかし、分析結果、表層崩壊の発生可能性が高い場所の因子分布が母集団の分布と同じであれば、その因子は表層崩壊に関係ない因子になる可能性を持っている(図1参照)。それは大面積である母集団の因子分布の情報を獲得し難いことと分析に手間がかかるためである。最近、GISと航空写真に関する分析技術の発達によってそれらの分析が可能になっている。そこで、本研究は大面積に表層崩壊が発生しているところを対象に航空写真とLiDAR映像を撮影し、GISを用いて表層崩壊に影響する因子の影響度を評価するものである。

## 2. 研究方法

2006年7月韓国江原道麟蹄郡と2008年7月慶尚北道奉化郡に発生したの表層崩壊地を対象に、航空写真や航空LiDAR映像を撮影した。両地域ともに表層崩壊によって土石流被害を受けており特に、奉化郡には366mmの日降雨量を記録し、全体で約96haの山崩れが発生した。災害発生直後の8月4日GPS / INSとデジタル航空カメラRollei AICを用いて、航空写真を撮り、広葉樹の葉が落ちた12月6日に航空LiDAR(Leica ALS50)を撮影し、航空写真は数値写真測量システム(Digital Photogrammetry System)を利用して、正射補正、モザイク処理した。航空LiDAR映像はTerrasoild(社)のTerrascanソフトウェアを使用して、地面点と非地面点を分離し、地面点を用いて1m級のDEM(Digital Elevation Model)を製作した(図2参照)。上記の2つの映像を判解して対象地域の崩壊地を推出した。また、DEM、数値林相図、数値立地図を用いて対象流域単位で、表層崩壊発生地と非発生地を区分し、各セル(5X5m)ごとの環境因子を抽出分析した。分析に使用される環境因子は、傾斜度、傾斜長さ、斜面方位、curvature、土の深さ、林相、令級、経級など8つの因子である。分析に用いられたセルの数は、奉化地では1,301,701個、約3,254haであり、その中で崩壊が発生したセルの数が約543個である。麟蹄地域は、1,762,013個で約4,405haであり、表層崩壊発生地が約728個である。分析方法として8つの因子の中での表層崩壊に与える影響度を分析するために、崩壊発生の集団と非発生集団の分布を把握し、各因子ごとに区分されたカテゴリの分布比率の差の大きさを基準として評価した( $\sum \sqrt{(a-b)^2} / n$ , a: 崩壊米発祥の地の分布, b: 崩壊発生地の分布, n: カテゴリ数)。また、各因子内カテゴリの影響度はLikelihood ratioを用いて影響度の高い分布範囲を把握した。

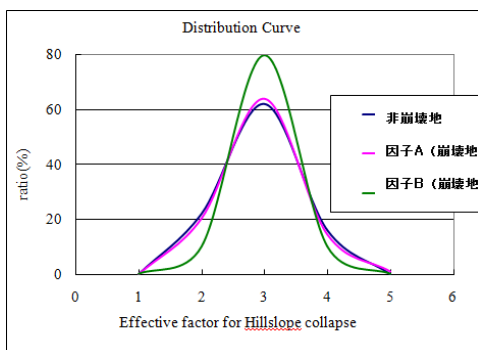


図1. 崩壊発生地、非発生地分布比較の概念

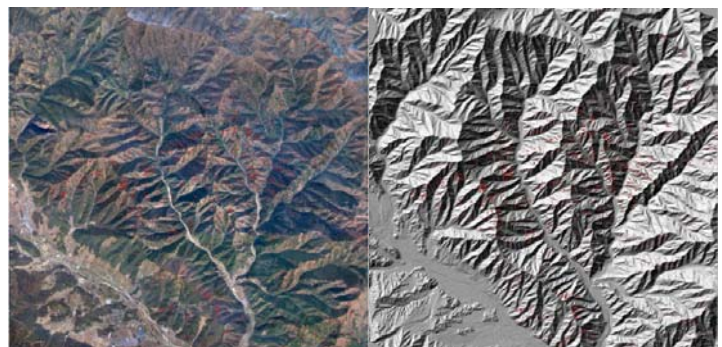


図2. 奉化地域(2008年の被災地)の航空写真(左)とLiDAR映像によって抽出されたDEM(右)

### 3. 研究結果及び考察

表層崩壊に影響している8つの因子を対象に、影響度を分析した結果を図3と表1に示したように奉化地域では、傾斜度、経級、斜面の長さ、斜面方位、令級、土の深さ、林相などの順であり、麟蹄地域では斜面方位、傾斜度、斜面の長さ、令級、林相、土の深さ、経級の順であった。両地域ともに傾斜度、斜面の長さ、斜面方位などが表層崩壊に大きく影響していることになった。一方、表層崩壊の影響が高い傾斜度は奉化地域には35-45度の間で集中的に崩壊が発生しており、麟蹄地域でも同様の傾向を示している。従来言われたとおり表層崩壊には傾斜度が強く影響しており斜面の傾斜が35-45度の場所を集中的に管理する必要がある。また、斜面の長さは、奉化地域は33m以下で麟蹄地域は40m以下の地域で多く発生しており、特に流域全体で8m以下の斜面が山地斜面の30%を越えているが崩壊は17m以上から発生しているため、山地斜面の上、中部斜面が危険になる場合が多いことを示している。また、奉化地域と麟蹄地域ともに南東斜面で崩壊が多く発生している。一般に南斜面より北斜面で水分を多く含んでおり、表層崩壊の発生が高いことが知られているが、被害当時、両地域のともに雲の流れ方向が南から北へ向かい高い山にぶつかり相対的に南斜面で被害が多いと判断される。その他、土の深さは50-55cmで、最大値を示しており、それはその以上の深さは大体に傾斜度低いことが原因であると考えられる。また、植生関連因子である令級は知られているとおりに根の補強効果が最も低い2令級のところで発生率が高いことが示された。

本研究では崩壊地と非崩壊地の環境因子分布を比較分析し、表層崩壊に関連する因子の影響度と因子内の影響度が高いカテゴリを分類することで、崩壊の予測に関する基礎情報を得ることができた。航空映像とGISの技術は、統計的予測だけでなく、物理モデルベースの予測技術にも応用可能なため、今後統計的予測モデル作成と物理モデルの適用の際基礎資料としても利用できるかと判断される。

表1. 各因子別影響度及びlikelihood ratio(奉化地域)

影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	7.05		影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	4.52			
傾斜度	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$	令級	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$
8	3.37	0.00	0.00	3.37	0	1.37	0.00	0.00	1.37
15	2.43	0.00	0.00	2.43	1	1.40	0.55	0.39	0.85
23	3.42	0.00	0.00	3.42	2	18.24	33.76	1.85	15.52
31	5.23	0.18	0.04	5.05	3	12.24	12.55	1.02	0.30
38	8.96	0.92	0.10	8.04	4	39.98	32.29	0.81	7.69
46	15.31	6.26	0.41	9.05	5	23.68	19.74	0.83	3.94
54	22.50	26.52	1.18	4.02	6	3.08	1.11	0.36	1.98
62	22.39	40.15	1.79	17.75	影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	3.12		
69	12.21	21.92	1.80	9.71	土深	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$
77	3.47	3.31	0.95	0.16	5	0.05	0.00	0.00	0.05
85	0.64	0.55	0.87	0.08	30	0.14	0.00	0.00	0.14
92	0.07	0.18	2.81	0.12	35	0.10	0.00	0.00	0.10
100	0.00	0.00	0.00	0.00	40	2.58	2.22	0.86	0.36
影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	4.84			45	3.38	5.00	1.48	1.62
斜面方位	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$	50	13.63	14.26	1.05	0.63
N	16.83	9.02	0.54	7.80	55	19.17	37.22	1.94	18.06
E	19.59	28.91	1.48	9.32	60	16.10	15.74	0.98	0.36
S	30.95	31.31	1.01	0.36	65	11.06	7.96	0.72	3.10
W	32.64	30.76	0.94	1.88	70	14.19	7.96	0.56	6.22
影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	5.45			75	12.90	7.41	0.57	5.49
傾斜長さ	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$	80	6.04	2.04	0.34	4.01
8	32.16	10.52	0.33	21.64	90	0.67	0.19	0.28	0.49
17	20.04	31.37	1.57	11.32	影響度	$\sum \sqrt{(a-b)^2/n}$	6.35		
25	14.88	26.57	1.79	11.69	経級	非崩壊地(% a)	崩壊地(% b)	likelihood(b/a)	$\sqrt{(a-b)^2}$
33	10.23	19.93	1.95	9.70	1	1.37	0.00	0.00	1.37
42	6.99	6.46	0.92	0.53	2	1.40	0.55	0.39	0.85
50	4.34	2.21	0.51	2.12	3	30.44	46.31	1.52	15.87
58	3.11	1.66	0.53	1.45	4	63.14	52.03	0.82	11.11
67	2.02	0.37	0.18	1.65	5	3.64	1.11	0.30	2.54
75	1.36	0.55	0.41	0.81					
83	0.91	0.18	0.20	0.73					
92	0.64	0.18	0.29	0.46					
100	3.32	0.00	0.00	3.32					

図3. 因子別の崩壊地と非崩壊地の分布(奉化)

