

AHP を用いた空中写真判読結果からの 地すべり危険度評価手法

Evaluation of the Probability of Landslide Occurrence by AHP based on the Results of Aerial-photo Interpretation

濱崎英作* ((有) アドバンテクノロジー), 戸来竹佐 (岩手県県土整備部砂防課)
宮城豊彦 (東北学院大)

Eisaku HAMASAKI (Advan Technology), Takesa HERAI (Iwate Pref. Office)
Toyohiko MIYAGI (Touhokugakuin Univ.)

キーワード : 地すべり地形, 危険度評価, 空中写真判読, AHP, 合意度
Keywords : Landslide, Risk evaluation, Photo interpretation, AHP,
Degree of agreement

1. はじめに

空中写真から抽出された地すべり地形の危険度を評価する手法を確立するために、岩手県内をモデル地として AHP 手法を用いて研究を行った。先の報告 (宮城・今野) にもあるように本研究は2ヶ年にわたり計7回の作業部会と計6回の委員会を通じて実施されたものであり、作業部会では地すべりの豊富な実務経験を有する8名の中堅技術者が一堂に会し、抽出された150事例 (岩手県内から130事例、東北全県から発生事例として20事例) をもとに、ブレインストーミングを通じて実施されたものである。特に作業部会では、判読の実践、カルテ記載を通じて、危険度手法に関する合意形成がなされ、合理的で客観的な定量化手法の道筋を示すことができた。また、この手法を用い東北の地すべり発生事例にも適用した結果、ほぼ妥当な手法であることが検証された。小論では、8名の技術者における「合意度」なる新たな概念を用いて合意形成のプロセスを示すと共に、実際に用いられているカルテ記載内容とその重み係数、および使用方法について紹介する。

2. 分析

2.1 AHP 法(階層型分析法)

米国ピッツバーグ大学の T.L. Saaty が提唱したもので、項目間の相対的な影響力の強さを測定す

る手法である。決定に関連する要素を階層構造によって把握し、同レベルにある要素の対比較により各要素のウェイトを決定する。さらにその値を総合化することにより、総合的な重要度(あるいは優先度)を求めることができるものである。この手法は、①各要素の評価が主観的な評価基準によるため、対立する概念や尺度の違う要素も比較できる、②対比較を用いるため評価が簡単であり、全体を通しての重要度は「結果的に」得られる、③数量的な手法であるため他の案と定量的に比較できる、④ある要素の全体に及ぼす影響力や、判断の整合性が確認できる、等である。図-1 に AHP の基本的な手順を示す。

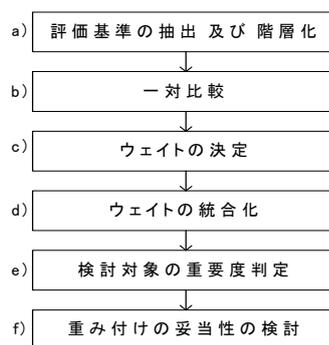


図-1 AHP 手法の手順

2.2 評価基準の抽出 及び 階層化

作業部会のブレインストーミングを通して地すべりの危険度に関わる評価基準を抽出し、図-2 に示す

ように階層化した。まず目的となる「地すべり危険度評価」に対する基準アイテムとして、次の3つに階層化した。すなわち、大分類として (I) 運動特性に関する指標としての「移動体微地形」、(II) 時間経過に関する指標としての「移動体境界部」、(III) 地形場に関する指標としての「移動体周辺地形」とした。また、それぞれについても中分類として A : 運動様式、B : 新鮮さの程度、C : 移動体不安定化、D : 地すべり活動兆候、E : 不動域/主滑落崖、F : 主滑落崖/移動体、G : 移動体/前地表、H : 移動体先端部、I : 移動体下部、の 8 アイテムに整理した。中分類アイテムには実際にカルテのチェック指標となるカテゴリー (小分類) を作成し、大分類、中分類、小分類ごとに AHP 手法を用いて一対比較を実施した。なお、実用上の工夫として図-2 に示すカテゴリーは、中分類アイテムごとに下から上へ危険度が高くなるようにカテゴリーを配置した。これらは、カルテにおいては左から右へ並べて配置してあり、地形形成のメカニズムなどを理解しやすいようにした。ちなみに、カテゴリーのチェック位置についてはカテゴリーの中間も許す構造になっている。すなわち、図-2 のアイテム F において「崖錐あり」「大規模な崖錐」の中間と判断した場合、その間にチェックできるようになっている。

階層レベル I	階層レベル II	階層レベル III	階層レベル IV	重み係数	
	(大分類アイテム)	(中分類アイテム)	(小分類カテゴリー)		
地すべり地形の危険度評価	(I) 移動体微地形 (主として運動特性に関する指標)	A: 運動様式	流動崩・圧縮丘	12.1	
			副滑落崖	4.9	
			分離崖・溝状凹地	2.0	
			微地形多	19.5	
		B: 新鮮さの程度	鮮度	微地形境界が鮮明	12.5
				境界が不明瞭	6.0
				微地形境界の消滅	5.5
				先端次プロセス分化先端崩壊	13.9
		C: 移動体不安定化	移動体	ガリーの進入	3.6
				侵食谷の侵入	1.5
				亀裂	18.8
				樹冠の開き	6.3
	D: 地すべり活動兆候	活動兆候	雁行亀裂有	3.8	
			崩壊壁のみ有	3.2	
			覆行斜面化	1.8	
			ガリーの伸長	1.5	
	E: 不動域と主滑落崖の境界	境界	全体が従順化	1.3	
			主滑落崖地形のみ	3.1	
			崖錐あり	1.8	
			大規模な崖錐	1.1	
	F: 主滑落崖と移動体の境界	境界	滑落崖・崖錐・移動体が連続	0.6	
			移動体地形のみ	1.0	
			ガリー・沖積錐有	0.5	
			地表の従順化	0.4	
G: 移動体と前地表の境界	境界	移動体前面の消失	0.3		
		河川攻撃斜面に面する	8.6		
		河川に面する(斜面途中に)	4.4		
		平坦面にのる	1.6		
H: 移動体先端部	先端部	対岸衝突	0.9		
		増加	19.2		
		起伏量・移動体のポテンシャル変化	9.2		
		低下	2.7		
(III) 移動体の周辺地形 (地形場に関する指標)	I: 主滑落崖と移動体の境界	増加	19.2		
		起伏量・移動体のポテンシャル変化	9.2		
		低下	2.7		

図-2 地すべり地形の危険度評価基準

ただし、明確に複数のカテゴリーがあるとき点数に寄与するのは重みの大きい方が優先されることとした。

2.3 一対比較、ウェイトの決定・統合化

作業部会においては、まず各人で AHP 評価を実施し、さらにそれをたたき台として作業部会の AHP ウェイト案を作成した。なお、AHP の一対比較値を以下のように設定した。

- 1: 両方の項目が同じくらい重要
 - 3: 前の項目の方が後の方より若干重要
 - 5: 前の項目の方が後の方より若干重要
 - 7: 前の項目の方が後の方よりかなり重要
- (他 2, 4, 6, 8 を補間的に用いた)

AHP の一対比較手順と各アイテム毎のウェイトの算定方法は多くの文献に譲るが、各カテゴリーの最終ウェイトの算出に際しては、

小分類カテゴリーの最終ウェイト

$$= \text{大分類 AHP ウェイト} \times \text{中分類 AHP ウェイト} \times \text{小分類 AHP ウェイト}$$

とした。ウェイトの統合化として重み係数 (図-2) においては、A)~I) までの中分類アイテム中で最も高いカテゴリーがチェックされたとき、合計 100 点となるように補正係数を乗じている。なお、カルテにおいてはこれらのチェック点数の合計を AHP 点数 (モデル重み係数の合計) と称した。すなわち、

$$\text{AHP 点数} = \alpha \cdot \sum X(A \sim I)$$

ここに、 α : 補正係数

2.4 カルテ記載と合意度

作業部会において、まず各人が事例に対してカルテ記載ならびにカルテ点数を付記することとした。カルテ点数については各人の経験をもとに直感的に点数化することとし、配点を以下のとおりとした。

- ・滑動の可能性大 : 70~100 点
- ・どちらともいえない : 30~70 点
- ・滑動の可能性小 : 0~30 点
- ・地すべりとは考えない : ?

なお、各人のカルテ記載表を集計する際、これらの合意度を定量化する指標として以下のように合意度

(A)を定義した。

$$\text{合意度} : A = \frac{S}{S_{\max}}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m - \frac{1}{n})^2} \quad , \quad S_{\max} = \sqrt{\frac{1}{n} \times (1 - \frac{1}{n})^2}$$

ここに、

n : 各アイテムのカテゴリ数

(但し、「checkされない」を含む数)

m : 各人がチェックしたカテゴリを「1」としたとき各カテゴリ毎の参加人数の平均値

この合意度(A)の特徴として、各人がアイテムの中で全く異なるところにチェックしたとき、合意度はA=0となる。一方、各人が全く同じ部分にチェックを入れた場合はA=1となり、100%の合意が形成されていることを示す。

カルテ記載については、図-3に示すように、まず災害事例研究として先の20事例のうちランダムな10事例について自由に付記させた(第三回専門部会)。その結果、アイテムA~Fにおいてバラツキが認められ、各人のチェックポイントのずれが明確になった。その後、これらの経験を生かし作業部会を通じて微地形判読マニュアルを作成し、微地形アイテムの判読ポイントを明確化した。この結果、残り10事例を加えた20事例についてのカルテ記載に著しい合意度の上昇が認められた(第四回専門部会)。

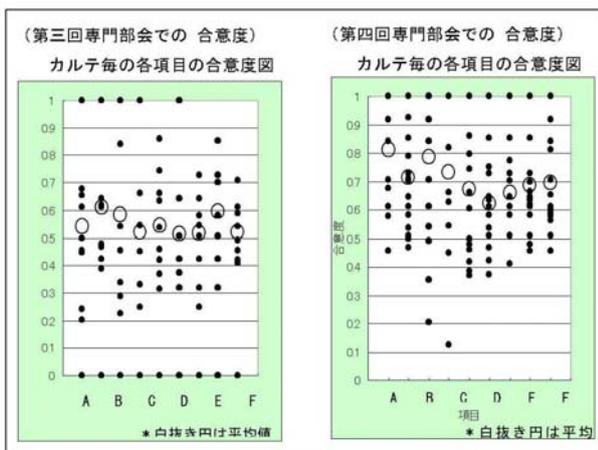


図-3 専門部会での合意度の変化

図-4に150事例におけるカルテ点数の算術平均点(以下、カルテ平均点とする)と合意度(A)の関係を示す。カルテサンプルにおける合意度はアイテムA

~Iの合意度の平均点である。

この結果、カルテ平均点の高いものは合意度が高いことが定量的に示された。このことは、地すべり技術者の目で「危険度が高い」ものについては基本的にカルテ記載のチェック位置でのブレも少ないことを示す。

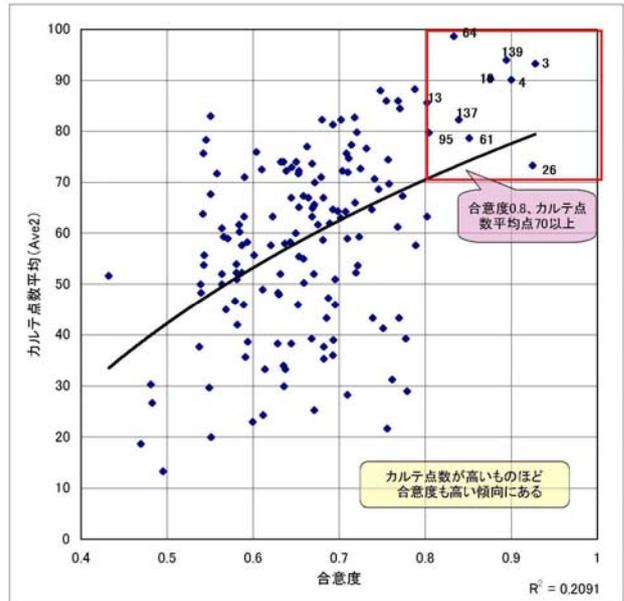


図-4 合意度とカルテ平均点の関係

図-5にはカルテ平均点からの各人のカルテ点数差分値を度数分布(5点刻み)で示す。作業部会初期と終期をともに右側、左側のペアでヒストグラム化している。初期は地すべり発生時の20事例を分析したときのもので終期は150事例すべてを実施したときのものである。終期には中央への集中度が高まっており、作業部会の各委員の判読手法の熟練と合意が高まっていることが示されている。

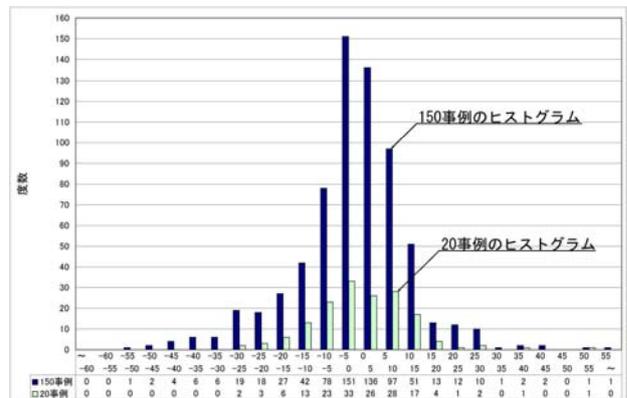


図-5 専門部員のカルテ点数の度数分布

2.5 手法の妥当性検討

AHP 手法による危険度評価手法の妥当性を検討するにあたり、150 事例について 8 人の技術者が作成したカルテチェック位置(説明変数)とカルテ平均点(目的変数)を多変量解析で分析した。発生の 20 事例に対してはまず、カルテチェック位置について十分な合意度が形成された箇所のみで数量化 I 類の手法を用いて解析した。一方 150 事例については、8 人の集計のカテゴリーのチェック位置を説明変数とした場合、平均点として定量化されているおり、また目的変数であるカルテ平均点も量的変数であることから重回帰での分析を試みた。数量化 I 類では、アイテム B, F, I について F 値が 2 以上で、寄与率も 0.75 以上であることがわかった。一方、重回帰分析では図-6 に示すように自由度調整済みの寄与率が 0.88 と非常に高い予測モデルが可能となった。

このことを踏まえ、作業部会で作成した AHP 案を修正して図-7 の AHP 点数 (モデル重み係数の集計点数) とカルテ平均点の関係-モデル式-が導かれた。

これは自由度調整済みの寄与率 (決定係数) が 0.861 と非常に高いモデルである。ちなみに、作業部会案でのモデル式では決定係数は 0.836 でありこ

れだけでも十分な精度のモデルであった。

3. まとめ

図-7 にはこのモデルを採用するに当たっての判定基準 (特A~C) 作成し、地すべり発生事例で妥当性の検証も得た。ただし、本研究を通して、空中写真判読技能を高めるにはそれなりのマニュアルの作成と技能習得時間も必要であることもわかった。今後、これを土台とした写真判読の技術指針にまで発展することが望まれる。

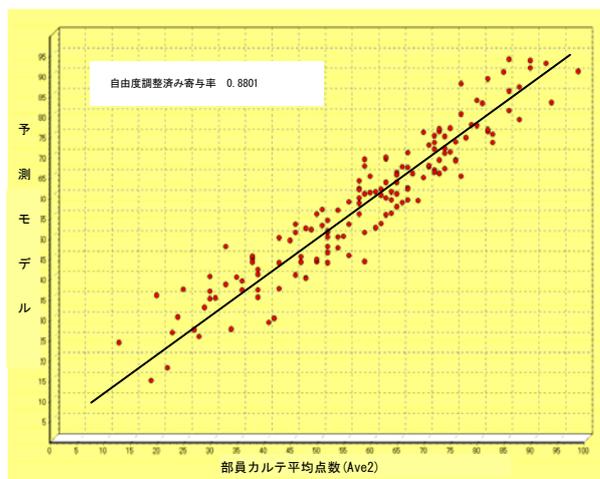


図-6 重回帰予測モデル

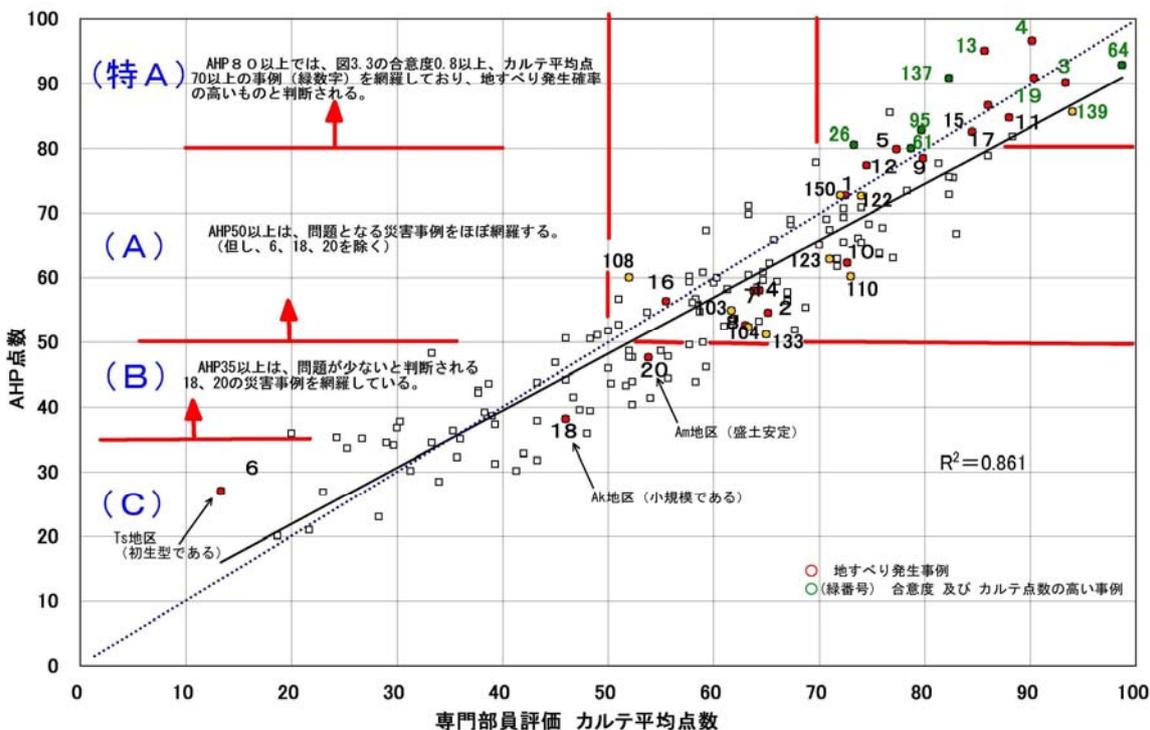


図-7 AHP 評価モデルによる手法の妥当性評価