

## ■北海道東部，津別地域でのAHP評価シートを用いた地すべり活動性の評価

Evaluation of landslide activity using AHP method in the Tsubetsu area, East Hokkaido

伊藤陽司\* Yoji ITO / 北見工業大学 Kitami Institute of Technology

石丸 聡 Satoshi ISHIMARU / 北海道立総合研究機構地質研究所 Geological Survey of Hokkaido

中村 研 Ken NAKAMURA / 有限会社地盤工房 Jiban-Kobo Co. Ltd.

川上源太郎 Gentaro KAWAKAMI / 北海道立総合研究機構地質研究所 Geological Survey of Hokkaido

キーワード：地すべり斜面，AHP，評価シート，地すべり活動性図

Key words : Landslide slope, Analytic Hierarchical Process, Evaluation sheet, Landslide activity map

### 1. はじめに

土砂災害の多くが既存の地すべり斜面（広義の地すべりによって形成された斜面）の全体あるいは一部の再動によって発生していることから（北海道を例にすると、伊藤ほか，2012），分布図に代表される地すべり斜面の存在情報は土砂災害の発生を未然に防止する上でも，また，発生した災害へ適切に対応する上でも不可欠な情報である。そのような視点から，（独）防災科学技術研究所（2013）が全国を対象とした分布図をウェブサイト上で提供している。北海道では，小澤・石丸（2011）が山岸編（1993）による分布図をウェブサイト上で閲覧可能としている。これらの分布図は，防災情報や環境情報として多方面で活用されている。

一方，分布図に表示された地すべり斜面が一様に再動し易い条件下にあるのではないことから，調査や対策の対象となる地すべり斜面がどの程度動き易いのか，どの程度危険なのかなどの情報も求められてきた。これに応える調査研究の一つとして，技術者が地すべり斜面の動き易さを判定する際に注目する地形要素を抽出し，これらにAHP（階層分析法）によって重み付けをした評価シートを作成し，これに基づいた評価から地すべり斜面の活動性（あるいは活動度や危険度と言いつぶされてる）を見積ることが試みられている（濱崎ほか，2003；Miyagi *et al.*，2004；八木ほか，2009；石丸ほか2013a）。

また，伊藤ほか（2014）は空中写真で判読される地すべり微地形の発達状況によって“活動地すべり”を定義し，1952年から2007年の55年間に撮影された空中写真の判読による活動地すべりの時系列的な分布を指標として，再動し易い条件にあると推測される地すべり斜面および地すべり斜面を中心とした斜面範囲を抽出することを検討した。この方法を北海道東部の津別地域を対象として試行し，要注意斜面として3種類の活動域を設定した。

本文ではこの津別地域の地すべり斜面の活動性を石丸ほか（2013a）が提示したAHP評価シートに基づき評価

した結果を示すとともに，伊藤ほか（2014）が設定した活動域との対応について述べる。

### 2. 対象地域

対象とした津別地域は，約1,700箇所の地すべり斜面が存在する網走・北見・津別地すべり集中域（伊藤，1995）の南端を占める南北約8 km，東西約10kmの範囲である（図-1）。

地域の地質は“緑色岩類”を主とし，チャートや石灰岩を伴うジュラ紀～白亜紀の仁頃層群，礫岩を主とし砂岩・泥岩・石炭を伴う第三紀始新世後期～漸新世前期の陸別層，安山岩質溶岩を主とする漸新世の二又安山岩類，硬質頁岩やシルト岩などからなる漸新世後期の達媚層，凝灰質シルト岩・細粒砂岩を主とする中新世前期の津別層，第四紀の溶結部を伴う火砕流堆積物層，河岸段丘堆積物層および現河床堆積物層から構成される（山口・沢村，1965；加藤ほか編，1990）。

地すべり斜面の箇所数は判読した空中写真の撮影年によって異なり，2007年撮影空中写真の判読では320箇所

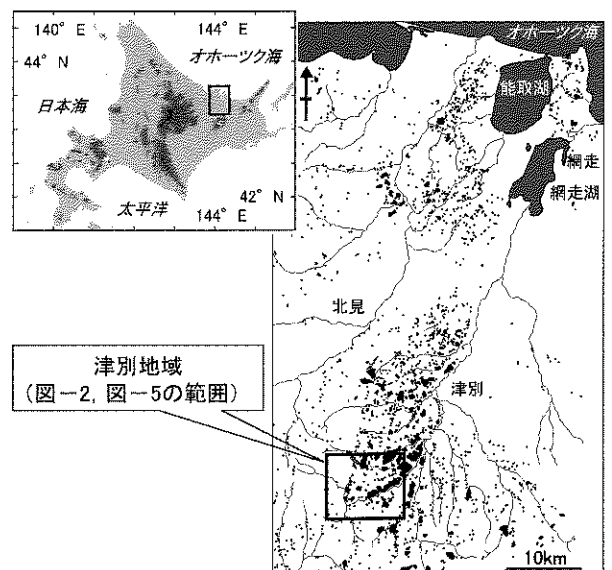


図-1 対象地域の位置

Fig. 1 Map showing the studied area

\* 連絡著者 / corresponding author  
北見工業大学工学部  
Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology  
〒090-8507 北見市公園町165  
165 Koen-cho, Kitami, 090-8507 Japan

の地すべり斜面が把握された(図-2; 伊藤ほか, 2014)。地質との関係では, 地すべり斜面は硬質頁岩と軟質シルト岩との互層が卓越し, 凝灰岩~凝灰質シルト岩の薄層をはさむ達姫層や津別層で構成され, 褶曲構造や断層が発達する地域に集中している(伊藤, 1994)。これら

地すべり斜面が再動して災害を生じた事例として, 大規模な地すべり斜面の先端の一部が変動し, その移動体の大半が岩屑なだれ状に小沢を流下して16名の犠牲者を生じた1953年津別町本岐地すべり(図-2のA, 北海道大学理学部地質学鉱物学教室, 1954; 伊藤ほか, 2007)が知られており, 他に融雪期に繰り返し変動して道道682号を損壊させた160林班地すべり(図-2のB, 伊藤, 1994)がある。

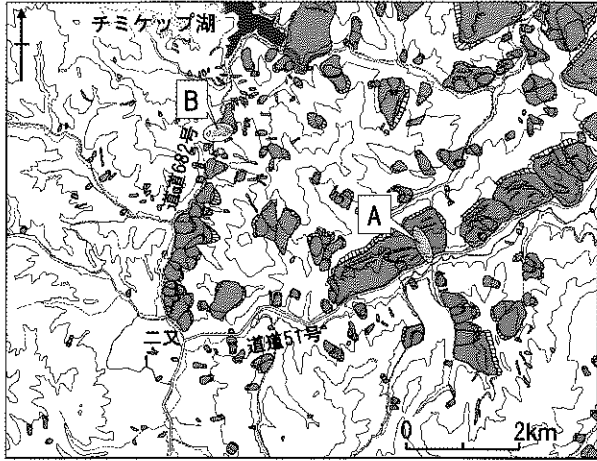


図-2 地すべり斜面の分布。A: 本岐地すべり, B: 160林班地すべり  
 Fig. 2 Map showing the distribution of landslide slopes. A: Honki landslide, B: No. 160 forest area landslide

3. AHP評価シートによる地すべり斜面の活動性評価  
 3.1 AHP評価シート

図-3は石丸ほか(2013a)が提示した評価シートに地すべりの型分類のイメージを手助けするために地すべり斜面の模式形態(伊藤, 2001)を加筆した本作業用のシートであり, 地すべり斜面No.125(この地すべり斜面は伊藤(1994)の分布図ではNo.127に, 山岸編(1993)の分布図ではNo.76に対応している)のものである。シート左半部には評価対象の地すべり斜面の空中対写真および地形図が添付され, 写真の撮影年, 番号や縮尺などの情報も記されている。シート右半部には地すべり斜面の活動性評価のための判定要素・項目とAHP評価点が示されている。

この評価シートでは, 判定要素として地すべりの発達

空中対写真, 地形図および微地形判読図  
 (撮影年: 2007年 写真番号: C4-32,33 縮尺: 1/16000)

地すべり活動性評価チェックリスト

直感危険度 高 ⇄ 中 ⇄ 低

		高い ← 活動度 → 低い						AHP
地すべり斜面番号: 125 地すべり斜面番号(伊藤, 1994): 127 地すべり斜面番号(山岸, 1993): 76	A. 型分類	14.9	10.5	6.1	4.3	2.5		
	地すべりの発達段階	粘性土すべり ... 崩壊土すべり ... 風化岩すべり 岩屑スラブ アースフロー 岩屑スライド 岩屑スラブスライド 岩屑崩落 岩屑なだれ 岩屑崩落 岩屑スラブ 岩屑ブロックスライド						
空中対写真, 地形図および微地形判読図	B. 発達過程	12.2	8.5	4.7	8.5	4.7	3.2	1.8
	C. 不動域 / 滑降産	亀裂・段差多数 ← ブロック未分化 → ガリーの侵入 → 閉所谷の発達 (微地形多い) (地すべりの消滅)						
地形図	D. 消降産 / 移動体	1.8	1.1	0.4	0.3	0.1		
	E. 移動体内の微地形の鮮明さ	後背亀裂有 崩壊壁のみ有 匍行斜面化 ガリーの伸長 全体が従順化						
地形図	F. 移動体の前面	1.9	1.1	0.7	0.4	0.1		
	G. 移動体の傾斜 (地形図から読み取る)	左記地形のみ 産錐あり 大規模な産錐 滑降産 産錐・移動体が連続						
地形図	H. 地すべりの平面形状	15.1	6.9	2.4	2.4	1.2		
	I. 移動体下部の縦断面形状	亀裂あり・植生異常 微地形境界が鮮明 境界が不鮮明 微地形境界の消滅						
地形図	J. 地すべり末端の浸食環境	12.8	6.9	2.9	1.8	1.2		
	地すべり移動体内の特記すべき小ブロック	前面に崩壊 移動体のみ ガリー・沖積錐あり 地表の従順化 移動体 原面消失						
地形図	その他の事項	12.3	9.2			6.1		
	その他の事項	急傾斜 おおむね10~20° 緩傾斜						
地形図	その他の事項	2.6	1.8	1.0	0.7	0.4		
	その他の事項	下に開く ... 上下等幅 ... ボトルネック						
地形図	その他の事項	9.9	5.5			3.0		
	その他の事項	凸型(convex)斜面 中間 凹型(concave)斜面 (不安定物質多い)						
地形図	その他の事項	16.5	13.1	9.7	7.5	5.4	2.0	
	その他の事項	末端が河川 ... 河川・海岸に面する ... 沢に面する ... 沢・海岸に面していない						
その他の事項		あり・なし (位置および全体との関係: )						
その他の事項		(周囲から水の入り込みやすい地形, すべり面の形状, 末端河川の屈曲, 対岸の崩壊などの記述)						
		AHP評価合計点						点

図-3 地すべり活動性評価シート  
 Fig. 3 Evaluation sheet for landslide activity

段階, 地すべり活動の新しさおよび地すべりのポテンシャルの3つの大分類が設定されている。中分類の観察アイテムとして, 地すべりの発達段階については地すべりの型分類と発達過程の2つが, 地すべり活動の新しさについては不動域と滑落崖との境界部, 滑落崖と移動体との境界部, 移動体内およびその末端での地すべり微地形の特徴の4つが, そして地すべりのポテンシャルについては移動体の地表面傾斜, 移動体全体の平面形状, 移動体下部の縦断面形状および移動体末端部の浸食環境に関する特徴の4つが設定されている。これらの観察アイテムには3つから5つの具体的な判定項目が示されており, それぞれにAHPによる重みが評価点として配点されている。

評価点の高い判定項目はA. 地すべりの型分類での移動体内の流動痕や圧縮痕を指標とする粘性土地すべり14.9点, B. 発達過程での亀裂や段差が増す移動体の二次ブロック化12.2点, E. 移動体内の亀裂や植生異常の存在15.1点, F. 移動体末端での崩壊の存在12.8点, G. 移動体が急傾斜(概ね20°以上を目安)12.3点, そしてJ. 地すべり末端の浸食環境での河川攻撃斜面となっている移動体末端16.5点である。挙げられた判定項目やそれらの重み付けは, 地すべり学会東北支部の精力的な研究成果(濱崎ほか, 2003; Miyagi *et al.*, 2004)を参考に行っていることから, それに重複, 類似する点が多い。しかし, 北海道での地すべりの地質構成, 寒冷・乾燥気候, 風化作用や浸食環境などの違いを反映した地すべり微地形の特徴に加え, 写真判読によって評価した地すべり斜面の現地での検証結果に基づく重み付けの修正もあって, 例えば北海道では地すべり移動体末端の特徴を重視している, 地すべり微地形の鮮明さなどについてはやや重みが低いものとなっている, などの違いもある(石丸ほか, 2013b)。

### 3.2 評価作業

評価作業は対象地域の2007年撮影空中写真から判読された地すべり斜面320箇所の一つ一つについて図-3のように作成した評価シートに基づき, 著者らと故若山茂氏の5名が行った。

この作業で評価された地すべり斜面は320箇所のうち253箇所であり, 67箇所が未評価であった。また, 評価者全員が評価した地すべり斜面は41箇所に, そして3名以上が評価した地すべり斜面は87箇所にとどまった。これは地すべり微地形の判読に用いた対写真が評価シートに複写添付されているものであり, これの簡易実体鏡下での判読では対象地域で多数を占める規模の小さな地すべり斜面については判定項目の把握が困難であったことに起因している。評価シートの左半部に添付する対写真はあくまでも参考写真として, 判定項目の判読・評価は密着空中写真を用いて反射型実体鏡下で行うことが前提ではあるが, ここでは比較的広い範囲を対象とした活動性を考慮した分布図作成の試行ということと, それに向け

ての評価作業に同時に着手するというので, 評価シートに複写添付した空中写真の判読となった。地すべり斜面256箇所については少なくとも2名が評価に係わっていることから, 256箇所の地すべり斜面それぞれに対する評価点を平均して, それぞれの地すべり斜面のAHP評価点として取り扱った。その際, 石丸ほか(2013b)も指摘しているように, 評価点の個人差の取り扱いが課題となった。本評価作業では評価者が2名の場合はやむを得ずそれらの平均値とし, 評価者が3名以上で評価点の最高点と最低点が大きく離れている場合には最も離れている評価点を除外した上での平均値とした。このような取扱いによって評価点の差は21.8点を最大に, 差20点以上のものが3箇所, 15~19点のものが13箇所, 他は15点未満の差であった。

### 3.3 AHP評価点の分布

図-4は, 256箇所の地すべり斜面のAHP評価点の分布である。AHP評価点は最低23.7点, 最高75.3点, 平均44.7点であり, AHP評価点40~54点のものがほぼ50%を占めている。なお, 本評価シートで取り得る最高の評価点は87点前後であるので, 平均評価点44.7点は得点率約51%の評価にあたる。

石丸ほか(2013b)は北海道内で気象条件や地質条件の異なる4地域から計20箇所の地すべりを選定して現地調査も行い, 1) AHP評価点が60点以上の地すべりにはいずれも近年の変動履歴があること, 2) 50~60点のものにも変動履歴があるものが含まれること, そして3) 50点以下のものには変動履歴があるものがほとんど含まれないこと, などを考慮してA判定(AHP評価点60点以上): 活動度の高い地すべり, B判定(同50~60点): 活動度のやや高い地すべり, そしてC判定(同50点以下): 活動度の比較的低い地すべり, とする3つの活動性ランクを設定した。このランク区分を適応すると, 対象地域では地すべり斜面253箇所のうち, A判定: 17箇所(6.8%), B判定: 74箇所(29.2%)およびC判定: 162箇所(64.0%)となり, 地すべり斜面の活動性に係わる特性として, 地すべり斜面の多くは活動性の低いものであるということになる。

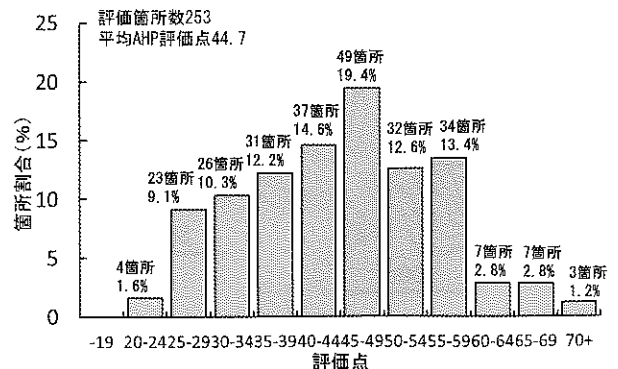


図-4 AHP評価点の分布  
Fig. 4 Frequency diagram of AHP points

対象地域で、移動体の一部が再動して被害をもたらした地すべりの発生した地すべり斜面全体のAHP評価点は、1953年津別町本岐地すべり（図-2のA）では46.1～56.9（平均50.1）点、そして融雪期に繰り返し変動して道道682号を損壊させた160林班地すべり（図-2のB）では47.9～54.2（平均51.1）点であった。このような状況を考慮すると、津別地域ではAHP評価点50点以上が防災上、留意しなければならない地すべり斜面の目安となり得る。また、地域全体でのAHP評価点の分布傾向やその平均値44.7点なども考慮すると、津別地域では地すべり斜面のランク区分のしきい値を石丸ほか（2013b）のしきい値をそれぞれ10点ずつ減じて、A判定：AHP評価点50点以上、B判定：40点以上50点未満、そしてC判定：40点未満と設定することが適当であるように思われる。このランク区分のしきい値を適用すると、対象地域の地すべり斜面はA判定：91箇所（36.0%）、B判定：87箇所（34.4%）、そしてC判定：75箇所（29.6%）という評価になる。

### 3.4 地すべり斜面の活動性図

図-5 Aは253箇所の地すべり斜面の活動性をA判定、B判定およびC判定のものに3区分して表した分布図である。A判定の地すべり斜面はケミチャップ川の左岸側やその支流で隣接し合う規模の比較的大きなものに加えて、小河川や沢に面して点在する中～小規模なものである。B判定の地すべり斜面は道道682号沿いで隣接し合う中規模なものが特徴的で、多くは移動体が分化している。A判定あるいはB判定の地すべり斜面のうち規模の比較的大きなものは岩盤相～破碎岩相（田近，2004）のスランプあるいはブロックスライド（伊藤，2001）の形態を示し、移動体内にはより規模の小さな範囲に分かれて繰り返し変動して形成された地すべり微地形が明瞭に判読されるものも多い。また、中～小規模なもの多くは岩屑相～粘質土相（田近，2004）のスランプ～フローの形態をなしている。C判定の地すべり斜面は小河川や沢に面したり、沢源頭部の緩斜面に点在したりする小規模なもので、岩屑相～粘質土相のスランプの形態をなしている。

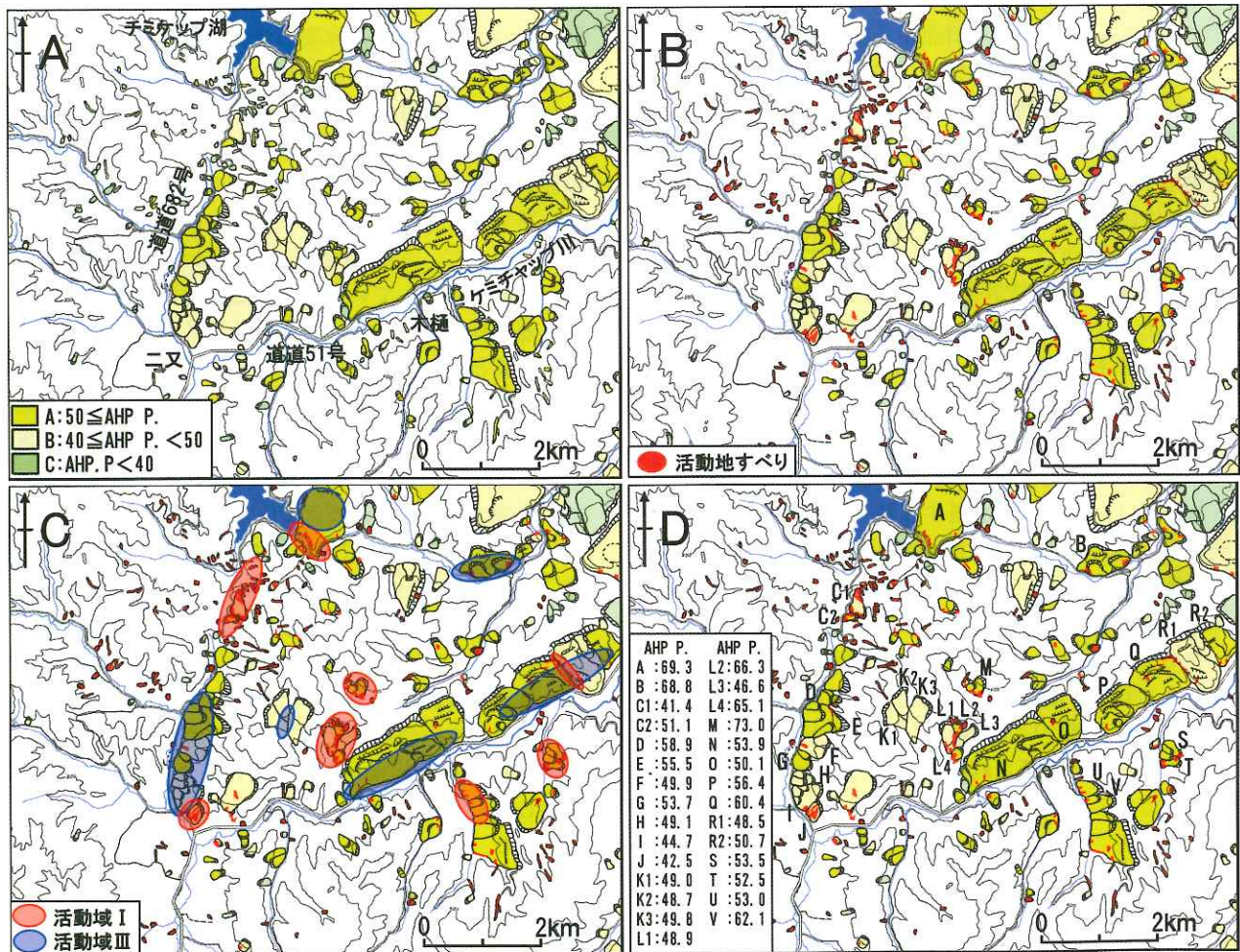


図-5 地すべり活動性図。A：ランク別地すべり斜面分布図，B：ランク別地すべり斜面と活動地すべりの分布，C：ランク別地すべり斜面と活動域，D：活動域と密接な地すべり斜面のAHP評価点

Fig.5 Maps showing landslide activity. A : Distribution of ranked landslide slopes, B : Distribution of ranked landslide slopes and active landslides, C : Relationship between ranked landslide slopes and active areas, D : AHP points of I landslide slopes, related to the active areas

対象地域では人家は道道51号沿いに点在するのみであり, 主要道路および主要河川の保全や下流域への土砂流出防止を考慮すると, A判定の地すべり斜面の分布状況からは, まず木植地区のケミチャップ川の左岸側および支流域の斜面の精査が必要ということになる。次いで, チミケップ湖岸から二又地区に至る道道682号沿いのいくつかの地すべり斜面が要精査斜面と位置付けられよう。

図-5Bはランク別の地すべり斜面の分布に, 1952年~2007年撮影の空中写真の判読によってその55年間に変動したものと判断される“活動地すべり”の分布(伊藤ほか, 2014)を重ね合わせたものである。A判定の地すべり斜面の全てに活動地すべりが認められる訳ではないものの, A判定の地すべり斜面の移動体端部や滑落崖近傍に活動地すべりがやや多く存在する傾向にある。伊藤ほか(2014)では既存の地すべり斜面の活動性評価として, “活動地すべり(この場合は再動型となる)”が集中する地すべり斜面あるいはそのような地すべり斜面を中心とした範囲を活動域Ⅰとして設定している。さらに, 必ずしも再動型の活動地すべりが集中している状況ではないが移動体が分化し, 地すべり微地形もさほど開析されずに残っている地すべり斜面を活動域Ⅲとし, とともに地すべり防災上, 留意すべきとしている。

活動域Ⅰおよび活動域Ⅲとの対応を検討するために, 図-5Cにはランク別地すべり斜面の分布および55年間の活動地すべりの分布に両活動域を重ね合わせ, そして図-5Dには両活動域と密接な地すべり斜面A~V, 計29箇所のAHP評価点(AHP P.)を示している。29箇所の地すべり斜面のAHP評価点はいずれも40点以上であり, それらのうち27箇所が対象地域での平均AHP評価点44.7点よりも大きく, そして18箇所が50点以上のA判定となっている。

活動域Ⅰとの対応では, 活動地すべりを判読・抽出する際に指標とした裸地状の滑落崖や移動体内の裸地状小屋・新鮮なしわ地形に相当するものとしてAHP評価シートでの判定項目には, E. 移動体内の微地形の鮮明さの「亀裂あり・植生異常(15.1点)」やF. 移動体の前面の「前面に崩壊(12.8点)」が設定されており, 両者がマークされることによって高いAHP評価点になったものと考えられる。活動域Ⅰの設定が55年間の活動地すべりの累積判定に基づいており, 評価手法が異なっても活動性が高いと評価される地すべり斜面がほぼ同様に抽出されていることになる。

活動域Ⅲとの対応では, これの抽出指標がAHP評価シートの判定項目でのB. 発達過程の「亀裂・段差多数・二次ブロック化(12.2点)」やE. 移動体内の微地形の鮮明さの「微地形境界が鮮明(6.9点)」に対応しており, これらがマークされ, 結果としてAHP評価点がB判定の範囲であっても, 40点以上の活動性のより高い斜面として評価・抽出されている。

なお, 伊藤ほか(2014)は初生型の活動地すべりの集

中範囲を活動域Ⅱとして設定し, 地すべり防災上の要監視域であるとしている。初生型の活動地すべりについては, ほとんどが幅数10m以下と非常に小規模であることから, 本評価作業では地すべり斜面の特徴が確実に把握することができず, AHP評価点が低かったり, 評価対象とはならず, 結果として斜面範囲の抽出には至らなかった。

#### 4. おわりに

石丸ほか(2013a)が提示したAHP評価シートを用い, 津別地域を対象として地すべり斜面の活動性を判定し, 分布図としての表示を試みた。さらに判定結果のクロスチェックとして, 活動地すべりの時系列的な分布特性に基づいた評価(伊藤ほか, 2014)との対応を検討した。

AHP評価シートでの評価作業では, 判定項目を密着空中写真ではなく複写添付した空中写真の判読に基づいたことで規模の小さな地すべり斜面についての判定上の課題や評価点の個人差に係わる課題を残したものの, 広域を対象とした地すべり斜面の活動性を評価した分布図を作成し, 提示することができることを示した。この情報は視点の異なる評価作業の成果(伊藤ほか, 2014)とも調和的であり, 実用に十分応えるものと考えている。

地すべり活動性のランク区分のしきい値については北海道内であっても, 全域で同一とするのではなく, 地域の地質条件や気象条件, そしてその地域での地すべりの発生事例を考慮して設定することを検討しなければならない。とくに, AHP評価シートでは地すべり微地形の発達状況を重視していることから, 地形開析に影響を与える地域性は重要である。本対象地域のように地すべり多発地質となっている第三紀泥質岩のスレーキングが著しく, 風化によって細片状になり易いとか, 冬期の寒冷な環境下での凍結破砕や融雪期の凍結・融解の繰り返しといった作用が活発である地域では地すべり微地形の開析も急速であることが推測できる。このような地域性がそれぞれの地すべり斜面のAHP評価点や全体の分布傾向に反映されていることも考え, 本評価作業では地すべり活動性のランク区分のしきい値を少し下げる(例えば, A判定については北海道全域では60点以上であるが, 本対象地域では50点以上とした)ことを試行し, 上述のように調和的な評価結果を得ることができた。

AHP評価点の個人差については石丸ほか(2013b)が提示している対応が求められ, その上で評価結果が蓄積されると, それらを情報システムで運用することによって, 地すべり斜面の存在情報と活動性に係わる有益な情報が共有することができよう。

#### 謝 辞

2012年8月15日にご逝去された若山 茂氏には病床にありながらもこの評価作業を担っていただき, 評価シートの随所に有益なコメントも残していただきました。深

く感謝を申し上げますとともに、心からご冥福をお祈りいたします。

雨宮和夫氏(防災地質工業株式会社), 宮坂省吾氏(株式会社アイピー), 田近 淳氏(北海道立総合研究機構地質研究所), 坪山厚実氏(明治コンサルタント株式会社)ならびに横田 寛氏には現地でも議論していただきました。また、編集・査読委員の方々からは有益なご指摘をいただきました。各位に、心から感謝申し上げます。

## 引用文献

- (独)防災科学技術研究所(2013): <http://dil-db.basai.jp/lsmapi/index.html> (参照日: 2013年11月10日)
- 濱崎英作・戸来竹佐・宮城豊彦(2003): 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, 第42回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 227-230.
- 北海道大学理学部地質学鉱物学教室(1954): 昭和28年5月31日北見国津別町本岐の地すべり, 北海道地質要報, No. 25, pp. 23-28.
- 石丸 聡・川上源太郎・田近 淳・雨宮和夫・伊藤陽司・坪山厚実・中村 研・横田 寛・若山 茂(2013a): 地すべり活動度評価手法マニュアル, 土砂災害軽減のための地すべり活動度評価手法マニュアル本編, 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所, pp. 1-27.
- 石丸 聡・田近 淳・雨宮和夫・伊藤陽司・坪山厚実・中村 研・横田 寛・若山 茂・川上源太郎(2013b): AHP法による北海道における地すべり活動度評価手法の開発, 土砂災害軽減のための地すべり活動度評価手法マニュアル資料編, 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所, pp. 45-52.
- 伊藤陽司(1994): 北海道, 網走・北見・津別地域の地すべり(第5報) - 津別地域での地すべり地形の特徴と最近の地すべり, 北見工業大学研究報告, Vol. 25, No. 2, pp. 279-291.
- 伊藤陽司(1995): 北海道東部, 網走・北見・津別地域における地すべり地形の特徴と最近の地すべり災害, 地すべり, Vol. 32, No. 2, pp. 32-40.
- 伊藤陽司(2001): 地塊変動と地形変遷, 地すべり地塊とその変遷過程に関する研究報告書, (社)日本地すべり学会地すべり地塊とその変遷過程研究委員会, pp. 21-26.
- 伊藤陽司・雨宮和夫・石井正之・田近 淳・戸田英明・豊田 守・宮坂省吾(2007): 1953年津別町本岐の地すべり災害 - 50年後にふりかえる -, 平成19年度(社)日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会研究発表会予稿集, pp. 37-42.
- 伊藤陽司・石丸 聡・中村 大(2014): 活動地すべりの時系列判読による地すべり斜面の活動性評価 - 北海道東部, 津別地すべり集中域での検討 -, 日本地すべり学会誌, Vol. 51, No. 1, pp. 5-12.
- 伊藤陽司・志村一夫・渡辺 司・山崎新太郎(2012): 北海道での最近の地すべり災害 - 被災事例と教訓 -, 北海道の地すべり2012, (社)日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会監修, 北海道地すべり学会, pp. 15-34.
- 加藤 誠・勝井義雄・北川芳男・松井 愈(編)(1990): 日本の地質1 北海道地方, 共立出版, 337p.
- Miyagi, T., Prasad, G.B., Tanavud, C., Potichan, A. and Hamasaki, E.(2004): Landslide Risk Evaluation and Mapping - Manual of Aerial Photo Interpretation for Landslide Topography and Risk Management -, Report of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, No. 66, pp. 75-137.
- 小澤 聡・石丸 聡(2011): 北海道の地すべり地形分布図データマップのWeb-GIS情報提供, 北海道地質研究所報告, 第83号, pp. 73-76.
- 田近 淳(2004): 地すべり - 地形地質的認識と用語, I. 5章 物質構成, (社)日本地すべり学会, pp. 53-60.
- 八木浩司・檜垣大助・(社)日本地すべり学会平成14年度第三系分布域の地すべり危険箇所調査手法に関する検討委員会(2009): 空中写真判読とAHP法を用いた地すべり地形再活動危険度評価手法の開発と阿賀野河中流域への適用, 日本地すべり学会誌, Vol. 45, No. 5, pp. 8-16.
- 山岸宏光編(1993): 北海道の地すべり地形 - 分布図とその解説, 地すべり学会北海道支部監修, 北海道大学図書刊行会, 392p.
- 山口昇一・沢村孝之助(1965): 5万分の1地質図幅「本岐」および同説明書, 地質調査所, 42p.
- (原稿受付2013年11月25日, 原稿受理2014年1月31日)