

地すべり地形分布図 第 60 集「関東中央部」

地すべり地形分布図の作成方法と活用の手引き

大八木規夫*・内山庄一郎**・小倉 理**

Landslide Maps, Series 60 “The Central Part of Kanto Region”

Explanations of Landslide Distribution Maps

Norio OYAGI*, Shoichiro UCHIYAMA**, and Michi OGURA**

*Visiting Researcher of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

**Department of Integrated Research on Disaster Prevention

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

1. はじめに

1.1 地すべり現象と人間社会との関わり

日本列島は世界でも有数の変動帯に属し、活発な地震活動や火山活動、多雨多雪の気候条件ともあいまって、地すべりなど斜面災害が多発する地域である。地すべりは、単体での地すべり変動の発生のみならず、地震、火山、台風、豪雨、融雪など、広域かつ大規模な自然災害を誘因として同時連鎖的に発生する性質がある。さらに、地すべり現象には再滑動性・周期性があり、既存の地すべり地形とその周辺地域に発生しやすいことが知られている。したがって、山地斜面における恒久的な土地開発や防災対策、環境保全の計画立案には、既存の地すべり地形の形状と分布を把握する必要があり、これらを正確に示した分布図が求められている。

1.2 地すべり地形分布図作成の目的

防災科学技術研究所（以下、防災科研と呼称する）による地すべり地形分布図刊行の目的は、国土開発の際の地域特性の把握や、地すべり研究の基礎資料として活用されることを通して、地すべり災害による被害を軽減することである。

2. 地すべり地形分布図刊行の経緯

地すべり地形分布図の刊行は昭和 56(1981)年度に

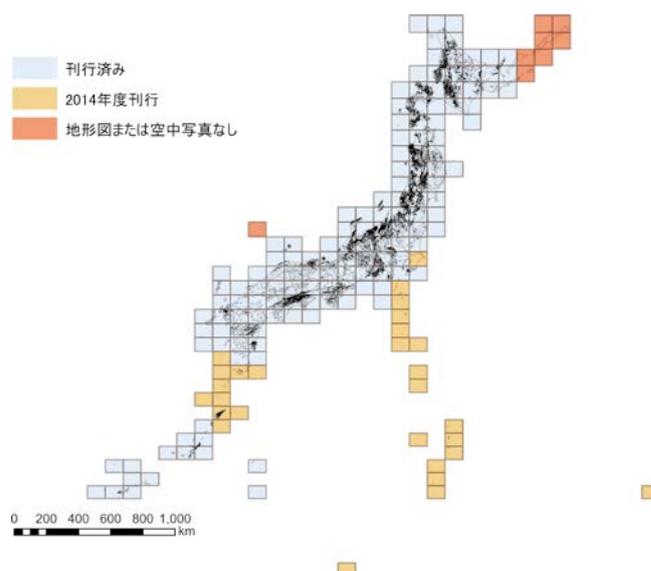


図 1 全国の地すべり地形分布

Fig. 1 Distribution of landslides in Japan.

開始し、平成 26(2014)年度で 34 年目を迎えた。平成 24(2012)年度には、既刊のカラー版地すべり地形分布図に関する利用者アンケート結果を反映し、背景の基図を国土地理院の地形図に準じた地図表現に変更し、読図の利便性を向上させた。

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット 客員研究員

** 独立行政法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット

これまでに空中写真判読によって抽出した全国の地すべり地形の総数は平成 26 (2014) 年 12 月現在、約 40 万箇所におよぶ。全ての地すべり地形は、5 万分の 1 縮尺の紙地図として刊行するだけでなく、地すべり地形 GIS データとして作成し、地理空間情報の提供と OGC プロトコルによる配信を行っている (図 1)。平成 26 年度には日本全国の地すべり地形分布図の印刷刊行および GIS データ公開を完了し、防災科学技術研究所における地すべり地形分布図の判読・作成に関する活動は幕を降ろす。

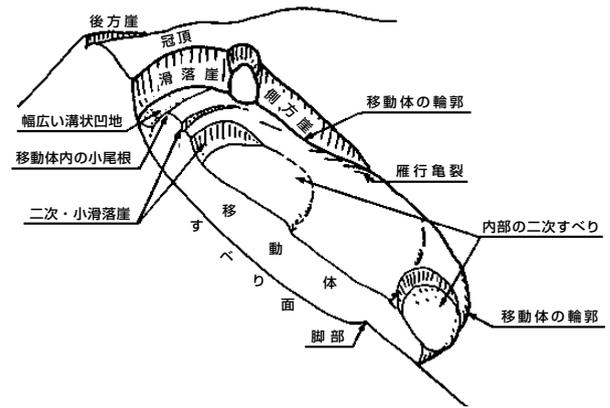


図 2 地すべり地形の模式図
Fig. 2 Schematic figure of landslide landform.

3. 地すべり地形分布図における用語の定義

3.1 「地すべり」「地すべり地形」の定義

斜面のある範囲の物質がまとまって斜面下方へ移動する現象は、斜面変動、あるいはマスマーブメントと呼ばれる。地すべり地形分布図において「地すべり」として抽出する対象は、日本で使用されている用語では「地すべり」、「地すべり性崩壊」、「深層崩壊」、「大規模崩壊」、「大規模地すべり」、さらに「基岩のクリープ」等と表現されているものである。また、「地すべり地形」は上述の意味における「地すべり」によって生じた、もしくは生じつつある地形の総称として用いる。一方、「ソリフラクション(地面の凍結融解作用に伴って生じる斜面移動)」、「表層クリープ」、「表層すべり」、「表層崩壊」、「土石流」、「落石」などは、地すべり地形分布図における判読対象に含まれないため、図示もしていない。

3.2 地すべり地形の各要素

「地すべり地形」は地すべりの変動によって生じた、もしくは生じつつある地形の総称であり、内部構造として様々な微地形(地形要素)を含む。これらの用語と模式図を図 2 に示す。ここで示す微地形の一部は、地すべり地形分布図でも判読し記載している。詳細は、第 6 章「地すべり地形の表現方法と凡例」において解説する。

4. 地すべり地形分布図の特徴

防災科研の地すべり地形分布図は平成 26 (2014) 年度において、日本全国の約 99 % をカバーしており、これは世界でも類を見ない広域・大縮尺・均質な地形学的予察図である。ここでは、本図の特徴と活用可能性について述べる。

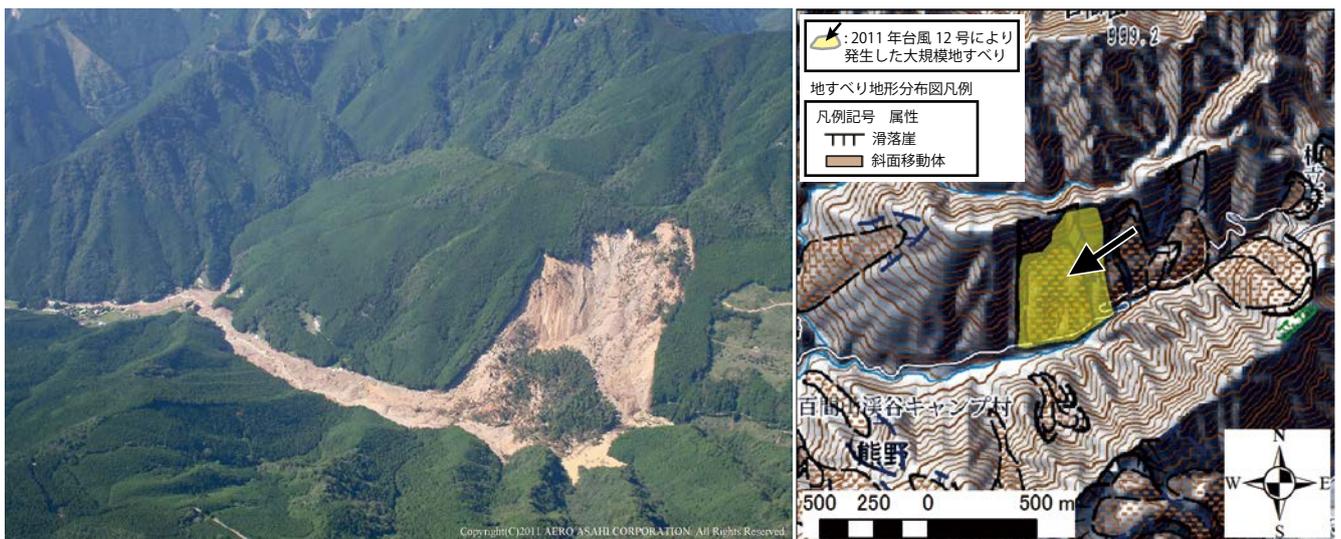


図 3 平成 23(2011)年台風第 12 号により発生した大規模地すべり(和歌山県田辺市熊野地区), 写真提供:朝日航洋(株)
Fig. 3 Catastrophic landslide occurred by following typhoon No. 12, 2011 in Iya region, Tanabe city, Wakayama prefecture.

4.1 地すべり変動の地形的特性の把握

地すべり地形分布図は、地すべり変動によって形成された地形的痕跡「地すべり地形」をマッピングした地図である。地すべり地形は、空中写真の立体視によって判読し、地形図上にその形状と分布を示している。

地すべり災害が多発する地域では、山地斜面において、有史以前も含めて過去に地すべりが発生した痕跡が随所に残されている。このことは、今後の地すべり変動の発生可能性や危険性を具体的に示している。地すべり現象には再滑動性があり、過去に地すべりが発生した箇所の近隣地・周辺地域において、地すべりの発生が多い。

次に、この特性を表す事例を示す。図3は、平成23(2011)年台風第12号による降雨を誘因として発生した大規模地すべりの事例(和歌山県田辺市熊野地区)である。この事例では、過去に地すべりが発生した箇所(すなわち地すべり地形)とほぼ同じ箇所ですべり変動が発生している。

これらの特性 - 地すべり現象の再滑動性および周期性 - を踏まえると、過去の地すべり変動の痕跡をマッピングした地すべり地形分布図は、今後発生しうる危険箇所を認識する基礎資料となる。また、地すべり変動は数年、数十年程度で終息するような短期的な自然現象ではない。したがって、一度詳細な地すべり地形のマッピングを行うことによって、地すべり被害の軽減に有用な資料として長期間活用可能である。

4.2 地すべり地形の判読方針

防災科研の地すべり地形分布図は、前述の目的を達成するため、次の4つの条件を満たす方針で空中写真による地すべり地形判読を行っている。

- 1) 地すべりあるいは地すべり地形の範囲を、実形で正確に5万分の1地形図上に記載する。これにより、地すべり地形の形態・規模に関する諸量を正確に知ることができる。また、地籍・地形・地質・植生・土壌・土地利用などの諸条件との正確な対比も可能となる。
- 2) 個々の地すべりの基本的構造を記載する。特に、滑落崖と移動体を明確に区別して図示する。
- 3) 地すべりの新旧の程度を表す目安として、地すべり地形の新鮮度・開析度を数段階で示す。
- 4) 複数の地すべり地形が接している場合において

新旧の相互関係が明瞭に読みとれるように記載する。これによって、地すべり相互の位置的・時間的關係を読み取ることが可能となる。

この方針に基づく広域的な地すべり地形分布図の作成には、現時点では空中写真による判読が最も有効かつ現実的な方法である。

5. 地すべり地形分布図の作成方法

防災科研による地すべり地形分布図は、2名の判読者(大八木規夫、清水文健)が倍率4倍の簡易実態

表1 地すべり地形分布図 第60集「関東中央部」の地すべり地形判読に使用した空中写真の一覧

Table 1 List of aerial photographs for interpreting landslide landforms, Series 60.

国土地理院撮影, モノクロ 1/4万 密着写真

1/20万図名	1/5万図名	整理番号, コース	
水戸	磯浜	KT-67-10Y C7B ~ C9B	
	鉾田	KT-60-2Y C3 ~ C5	
	石岡	KT-67-10Y C7B ~ C9B	
	玉造	KT-60-2Y C3 ~ C6	
	土浦	KT-67-7Y C1 ~ C4	
宇都宮	小山	KT-67-10Y C7A ~ C9A	
	水海道	KT-75-3Y C1 ~ C4	
	古河	KT-81-3Y C3 ~ C6	
	鴻巣	KT-75-3Y C1 ~ C4	
	深谷	KT-75-15Y	C5 ~ C7
		KT-78-1Y	C7
	熊谷	KT-75-3Y C1 ~ C4	
千葉	銚子	KT-61-2Y C1 ~ C2	
	潮来	KT-74-9Y C1 ~ C3	
	八日市場	KT-61-2Y C1 ~ C2	
	木戸	KT-61-2Y C1	
	佐原	KT-74-9Y C1 ~ C3	
	成田	KT-74-9Y C4 ~ C6	
	東金	KT-61-2Y C1	
	茂原	KT-61-2Y C1	
	龍ヶ崎	KT-62-1Y	C2
		KT-62-2Y	C1C, C1A, C3C
	佐倉	KT-62-3Y C1 ~ C3	
	千葉	KT-62-3Y C4 ~ C6	
	姉崎	KT-61-2Y C1	
東京	野田	KT-62-2Y C1A ~ C3C	
	東京東北部	KT-65-7Y C1B ~ C3	
	東京東南部	KT-65-7Y C4B ~ C6	
	木更津	KT-61-2Y C1	
	大宮	KT-62-1Y C1A ~ C3A	
	東京西北部	KT-65-7Y C1A ~ C3	
	東京西南部	KT-65-7Y C4B ~ C6	
	横浜	KT-65-7Y C7B ~ C9	
	川越	KT-62-2Y C1A ~ C3B	
	青梅	KT-65-7Y C1A ~ C3	
	八王子	KT-65-7Y C4A ~ C6	
	藤沢	KT-65-7Y C7A ~ C9	

鏡を用いて空中写真の立体視を行い地すべり地形を判読した。判読に使用した空中写真は縮尺4万分の1、1970年代に撮影されたモノクローム空中写真である(表1)。なお、すべての地すべり地形の判読は裸眼立体視を通じた地形学的考察を以って行っており、コンピュータによる画像やDEM等からの自動抽出は一切行っていない。

5.1 地すべり地形分布図の作成プロセス

地すべり地形分布図は以下のプロセスで作成し、印刷図の刊行および地すべり地形GISデータの公開を行った。

1) 判読原図の作成

空中写真の判読結果は2万5千分の1地形図に手書きで記載した。次にA1スキャナを用いて200dpiでスキャンした。画像編集ソフトウェアAdobe Photoshopで地形図部分を切り出し、4枚の判読原図を接合して5万分の1地形図に相当するサイズの判読原図画像を作成した。

2) ベクタデータ作成

5万分の1の判読原図画像をベースとして、防災科研が独自に開発した「地すべり地形分布図編集・解析システム(以下、独自編集システムと呼称する)」(OS: Solaris 10)上でベクタデータを入力した。独自編集システムでデジタル化したデータは、DLSと呼ばれる独自ファイルフォーマットで出力される。

3) 地すべり地形GISデータの作成

DLSファイルを「地すべり地形ベクトルデータ変換アプリケーション Ver.1.003」によってシェープファイル形式に変換し、ESRI ArcGIS 10.2.1 for Desktop Basicで変換エラーの修正を行った。

4) 地すべり地形分布図印刷原図の作成

背景地図のベースデータには国土地理院の数値地図(国土基本情報)を用いた。数百のレイヤーの中から地形図に準じた凡例を再現するために必要なレイヤーを選定し、地すべり地形分布図の背景図として適当な地図調製を行った。次にArcGISで地すべり地形の凡例表現を調製し、背景図と地すべり地形をオーバーレイした。最終的な印刷原図はAdobe Photoshopで作成した。

手書きの判読原図作成以降の工程は、すべて完全にデジタル化した。これによって、地すべり地形分布図の刊行と同時に、地すべり地形分布図PDFファイルの公開と地すべり地形GISデータの提供、地理

空間情報のWeb配信サービスの提供までを速やかに実施できる体制を整えた。

6. 地すべり地形の表現方法と凡例

地すべり地形分布図における判読対象の地すべり地形の大きさは、5万分の1地形図上に実形で表示するという制約から、幅が約150m以上の地すべり地形である。以下に、地すべり地形分布図における凡例表現について解説する。

6.1 輪郭構造の定義

単位地すべり地形の輪郭構造(滑落崖と移動体の輪郭)を表わす記号は全て太線を用いた。これにより細線によって書き示される内部構造と明確に区別している。

輪郭構造のうち滑落崖はその冠頂の位置を実線で表わし、崖の傾斜方向にケバ(細線)を入れて図示した(図4: I.A.1)。開析等によって部分的に欠けている冠頂は、欠けた部分を不連続的な線で図示した。部分的に開析されている冠頂はグリーンの線で図示した(I.A.2)。開析が進み、多数の谷によって開析されている冠頂はブルーの線を用いて図示した(I.A.3)。さらに開析が全般的に進行し、丸みを帯びた冠頂については、崖線を青緑の一点破線で表現した(I.A.4)。地形的痕跡としての冠頂は失われているが、移動体の存在などからかつて滑落崖が存在したと推定される場合、オレンジの一点破線により滑落崖の推定位置を示した(I.A.5)。尾根を挟んで2つの地すべりの滑落崖が隣接する冠頂の場合、その部分において両側にケバを入れて表現した(I.A.6)。流れ盤型の地すべりなどで、滑落崖に当たる急な崖がなく、すべり面が広く露出しているような場合は、その範囲を平行する中太破線で表現した(I.A.7)。主滑落崖の背後や稜線等に生じた落差の小さな連続性が見られる崖は、後方崖の記号を用いて示した(I.A.8)。

移動体の輪郭構造は、その輪郭を太い黒実線で囲み、薄茶で塗色した(I.B.1)。移動体の輪郭の一部が不明瞭で判定が不確かな場合は茶色の輪郭線で表示した(I.B.2)。その周辺に滑落崖の痕跡が認められず、移動体のみが残存している場合は、グレーの太長破線で移動体の輪郭を図示した(I.B.3)。移動体の一部が他の地すべりの移動体や堆積物に覆われて隠れている場合は、隠された部分の推定範囲を短破線によって示した(I.B.4)。地すべり移動体の初期状態、

つまり滑動量が小さい不安定域、もしくは変動している可能性がある」と推定される範囲については、茶色の短破線によって輪郭を示し、塗りをオレンジとした(I.B.5)。地すべりによる移動体かどうか区別が困難な山体や小丘は、紫色の太長破線で囲み、塗りを薄紫とした(I.B.6)。

6.2 内部構造

地すべり地形の移動体内部に生じた亀裂・小滑落崖・池などの内部構造は、単位地すべりの輪郭構造と区別するため細実線によって図示した(II.1～II.7)。このうち、二次滑落崖とサブユニットの境界(II.1.1およびII.1.2)は輪郭構造の表記に準じて図示した。本図では地すべり地形の分布状況を表わすことに主眼を置いているため、内部構造のうち明瞭かつ大規模なもの、内部で新旧の変動部分が錯綜しているもの、比較的新しく再滑動する危険性の高いものなど、必要と認められた場合に限って図示した。

6.3 移動方向および移動様式

地すべりの運動様式とその主たる移動方向を示すため、いくつかの矢印記号を凡例として用いた(III.1～III.6)。図が煩雑になるのを避けるため、特に注記を要するもの以外は省略している。

6.4 複数の地すべり地形の相互関係の表現

複数の地すべり地形が接している場合に、その相互関係が読図できるように表現した。代表的な例を図5のa～gに示す。図中の上の断面図に対応する表現を下の平面図に示した。

図5aは時間を前後して尾根の両側に生じた地すべりの事例である。新しい地すべりが古い地すべりの冠頂(尾根)を切って形成されている。図5b～図5dは古い地すべり地形の不動域で新たに地すべりが発生した事例である。この場合、新しい地すべり地形は1つの単位地すべりとして太実線で図示した。図5eは古い地すべりの移動体の一部が二次的に再移動した事例である。この場合、単位地すべり地形としては扱わず、古い地すべり地形内に生じた二次的変動による内部構造として細実線を用いて表現した。ただし、古い地すべり移動体の輪郭線を越えて不動域にすべり出した部分は、全体の輪郭線の一部と見なして、この部分の輪郭を太実線で囲った。図5fは2つの地すべり移動体の末端部が接している事例である。この場合、両地すべりの新旧の判断は難しい。図5gは新しい地すべり移動体の末端が

古い地すべり移動体に乗上げた事例である。この場合、古い地すべり地形に乗上げた新しい地すべり移動体を長破線で示し、古い地すべり地形の覆い隠された部分の輪郭線を短破線で示した。

7. 地すべり地形分布図の利活用における留意点

ここでは、地すべり地形分布図および地すべり地形GISデータを研究や防災事業等に利活用するにあたり留意すべき事項を述べる。地すべり地形分布図の精度、つまり空中写真判読に用いる資料と手法の詳細(第5章)、および凡例表現の意味を正しく理解せずに使用すると、重大な意思決定ミスを招く恐れがある。

7.1 地すべり地形分布図における判読精度

地すべり地形分布図は、撮影縮尺4万分の1のモノクローム空中写真を倍率4倍の簡易実態鏡を用いて判読し、幅約150m以上の比較的大規模な地すべり地形のみを抽出している(本稿第5章および第6章)。このことから、次の点に留意が必要である。

- 1) 地すべり地形分布図では、表層崩壊などのごく小規模な変動、土石流や落石などの斜面変動、幅約150m未満の地すべり地形などは判読対象外であり、地図上にも示していない。また、地すべりは比較的大規模な斜面変動現象であり、小規模な斜面変動とは発生メカニズムも異なる。地すべり地形が少なくとも、それとは無関係にその他の斜面災害は起こりうる。
- 2) 地すべり地形分布図は、学術的には空中写真判読による地形学的予察図である。ごく一部を除き、判読した地すべり地形について現地調査を実施していない。したがって、地図上に地すべり地形が表示されていない地域であっても、地すべりや地すべり地形が存在しないことを意味するものではない。
- 3) 地すべり地形分布図では、初期的な地すべり変動に関連すると思われる地形的痕跡として、不安定域と推定される斜面領域(6.1および図4:I.B.5)や斜面上部に発達する小崖地形(6.2および図4:II.1～II.7)について判読を試みているが、空中写真の特性として樹冠下にある微小な地形の変動を観察することは難しいため、小規模な初期的変動は判読・抽出することができない。
- 4) これらのことから、斜面に対し改変等を行う際

には、斜面防災の専門事業者等に相談し、詳細な調査を実施する必要がある。具体的には、大縮尺の空中写真、地形図、LiDAR等による精密な予察、および現地踏査による斜面変動地形の調査が必須である。

7.2 地すべり地形 GIS データの利活用における留意点

地すべり地形 GIS データは平成 12 (2000) 年度に公開を開始した。平成 26 (2014) 年度までに入力した地すべり地形 GIS データのうち、地すべり地形移動体の図形数は約 40 万におよぶ。デスクトップ GIS の普及とともに、地すべり地形 GIS データの利用も増加し、いくつかの問題点が指摘されている。

7.2.1 地すべり地形 GIS データの問題点

地すべり地形 GIS データの主な問題点として、以下の 5 点が挙げられる。

- 1) 滑落崖がポリゴン化されていないこと
- 2) 地形図境界をまたぐ地すべり地形が複数に分割されること(図 6 の中央部)
- 3) 地すべり地形の判読作業の実施時期の差が大きい場合、図面間で地すべり地形の形状や単位地すべり地形のサイズが大幅に異なる場合があること(図 6 の西側(2004 年判読)と東側(1996 ~ 1997 年判読)との対比)
- 4) 2005 年以前の地すべり地形 GIS データについて、位置および形状の精度が悪い場合があること(図 6 の東側。ただし、この縮尺では分りにくい。デスクトップ GIS で表示することにより確認できる。)
- 5) 属性データにミスが存在すること

7.2.2 問題発生の原因と対応

これらは、以下の要因によって発生している。

- 1) 滑落崖がポリゴン化されていない

地すべり地形 GIS データ作成開始時(1990 年代後半)の技術的検討の不足が主因といえる。地すべり地形の構造を地形学的にとらえた場合、滑落崖は領域で表現されるべきだが、独自編集システムでは地図表現を優先し、地すべり地形構造の空間情報としての表現は検討されなかった。その結果、冠頂部と最大傾斜方向(ケバ線)がポリラインで表現され、滑落崖領域としての表現は行われなかった。この問題を自動的に修正することは、現状のシステムでは不可能である。

- 2) 地形図境界をまたぐ地すべり地形が分割されている

独自システムで入力した特殊フォーマットのデータ(DLS フォーマット)から汎用 GIS データへ変換する際の変換プログラムの機能的制約が主因である。現在は変換プログラムに改善策を適用し、ほとんどの問題は解消された。しかし、地すべり地形 GIS データ作成開始初期(2000 年代前半)のデータは、入力精度そのものに問題があり、データ修正を行っている。

- 3) 地すべり地形判読基準の大幅な変化

30 年以上の長期にわたるプロジェクトのため、判読技術の向上も 1 つの要因だが、地すべり地形判読の判読基準を保持する工夫がなされなかったことが主因である。このため、作成時期が離れている地すべり地形分布図が隣接する地域では、地すべり地形がシームレスに連続しない。具体的には、判読時期が新しくなるほど、単一地すべり地形として認定する地すべり地形のサイズがより小さく、また、より細かな微地形を判読する傾向がみられる。したがって、地すべり地形の面積の地域間の差異を検討するような場合は、地形や地質による地域差よりも、場合によっては判読基準の差のほうが有意に大きい点を考慮する必要がある。この問題は修正することが難しい。

- 4) および 5) データ品質の問題および属性データのミス

これらは、地すべり地形 GIS データ作成初期における品質管理が不十分であったことが主因である。個別に修正作業を行っている。

8. おわりに

地すべり地形分布図は、平成 25 (2013) 年度に刊行予定地域の全ての地すべり地形判読を終了したが、平成 26 (2014) 年度にこれに追加して関東中央部の地すべり地形判読を実施することができた。同年、全国の刊行および GIS データの公開が完了し、34 年にわたる地すべり地形分布図の作成はその歴史を閉じる。長期にわたり作成を続けてきた地すべり地形分布図および地すべり地形 GIS データが、世界的に認知・利用され、地すべり研究の発展の一翼を担うことができれば、大きな喜びである。

参考文献

- 1) 大八木規夫・清水文健 (1981) : 地すべり地形分布図の凡例について. 第20回地すべり学会研究発表論文集, 地すべり学会, 120-121.
- 2) 清水文健・大八木規夫・井口 隆 (1982) : 地すべり地形分布図第1集「新庄・酒田」. 国立防災科学技術センター研究資料 No. 69.
- 3) 清水文健 (1983) : 空中写真による地すべり地形の認定と表現方法. 地すべり, 19-3, 10-18.
- 4) 大八木規夫 (2007) : 地すべり地形の判読法. 防災科学技術ライブラリー Vol.1, 近未来社.
- 5) 内山庄一郎・土志田正二 (2012) : 防災科研地すべり地形データの利活用における問題点の整理. 地形, 85-85.
- 6) Uchiyama, S., Doshida, S., Oyagi, N., and Shimizu, F. (2012): Adjustment of the problems of landslide GIS data. in American Geophysical Union's 45th annual Fall Meeting, NH13A-1568.
- 7) 内山庄一郎・土志田正二・小倉 理・佐野綾子・大八木規夫・清水文健 (2013) : 地すべり地形分布図の全国刊行: 2013年度中の全国刊行を目指して. 防災科学技術研究所第8回成果発表会講演・ポスター概要集, 43-43.
- 8) 内山庄一郎 (2013) : 全日本における地すべり地形分布の把握とシームレス地すべり地形 GIS データの公開. in 平成25年度シンポジウム「空間把握・解析技術の進展と斜面防災への活用」, 6-9.
- 9) 内山庄一郎・土志田正二 (2013) : シームレス地すべり地形 GIS データの作成. 日本地球惑星科学連合2013年大会, HDS27-P07.
- 10) 内山庄一郎・大八木規夫・土志田正二・清水文健・佐野綾子・小倉 理 (2013) : 日本全国の地すべり地形分布図の刊行完了. 第52回日本地すべり学会研究発表会講演集, 139-140.
- 11) Uchiyama, S., Oyagi, N., Doshida, S., Shimizu, F., Sano, A., and Ogura M. (2013): Completing the Publication of 1:50,000 Landslide Distribution Maps in Japan. in American Geophysical Union's 46th annual Fall Meeting, NH33A-1634.
- 12) 地すべり地形分布図データベース Web サイト, <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>
(2015年2月9日原稿受付,
2015年2月12日原稿受理)

I. 輪郭構造

A. 滑落崖と側方崖



1. 新鮮なまたは開析されていない冠頂を持つ滑落崖



2. 部分的に開析されている冠頂を持つ滑落崖



3. 冠頂が著しく開析された滑落崖



4. 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖



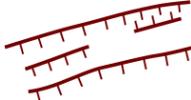
5. 開析されて無くなってしまった冠頂・滑落崖の推定復元位置



6. 共通の冠頂を持ち、互いに反対方向を向いた滑落崖



7. 中・緩斜の流れ盤すべり面が地表に露出し、滑落崖にあたる急崖を呈しない斜面
冠頂は尾根の反対側斜面とすべり面との交線



8. 後方崖，多重稜線等

B. 移動体の輪郭・境界



1. 後方に滑落崖があり，移動体の輪郭が明瞭ないし判定可能



2. 後方の滑落崖は明瞭であるが，移動体の輪郭の判定が困難



3. 滑落崖はほとんど開析されてしまったが過去の移動体の一部(不安定土塊)が残存している



4. ほかの移動体や堆積物におおわれた部分



5. 斜面体の移動の初期状態・基岩から分離していないとしても不安定域・移動域と推定される範囲



6. 斜面移動体かどうか判定できない山体・小丘

図 4a 地すべり地形分布図の凡例(輪郭構造)

Fig. 4a Symbols for landslide maps: Boundary structure.

II. 内部構造



1. 二次・小滑落崖，崖線の開析程度に応じて輪郭構造の場合



2. サブユニットの境界，内部(二次)移動体輪郭



3. 移動体内の小尾根



4. 幅の広い溝状凹地，亀裂



5. 幅の狭い溝状凹地，亀裂



6. 雁行亀裂



7. 線状窪地・小谷底線

III. 移動方向および移動様式



1. すべり



2. クリープ(匍行)



3. 流れ・押出し



4. 落石など



5. 前方への傾動または傾動を伴う移動とその方向



6. 元の斜面傾斜と逆方向へ傾動した斜面の傾斜方向

図 4b 地すべり地形分布図の凡例(内部構造，移動方向)

Fig. 4b Symbols for landslide maps: Interior structures and movement directions.

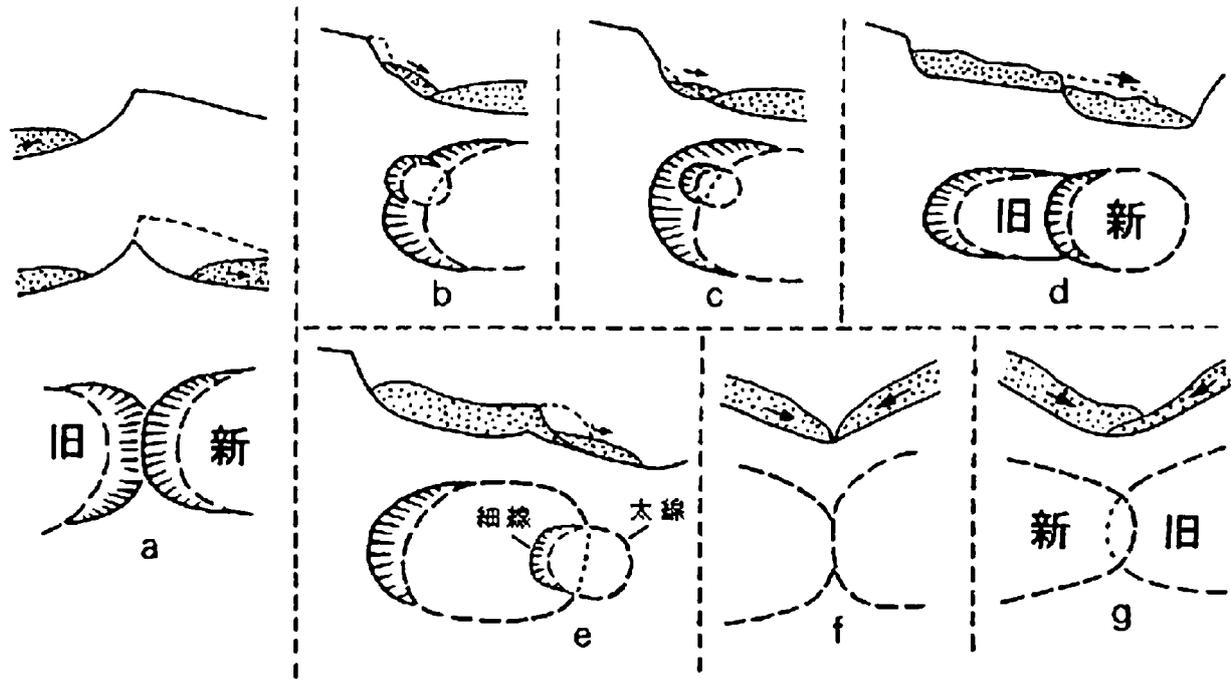


図5 複数の地すべり地形の相互関係とその表現方法(旧:より古い地すべり地形, 新:より新しい地すべり地形)
 Fig. 5 Interrelations of overlapping landslides and their description. "旧" sign shows older landslide and "新" is younger.

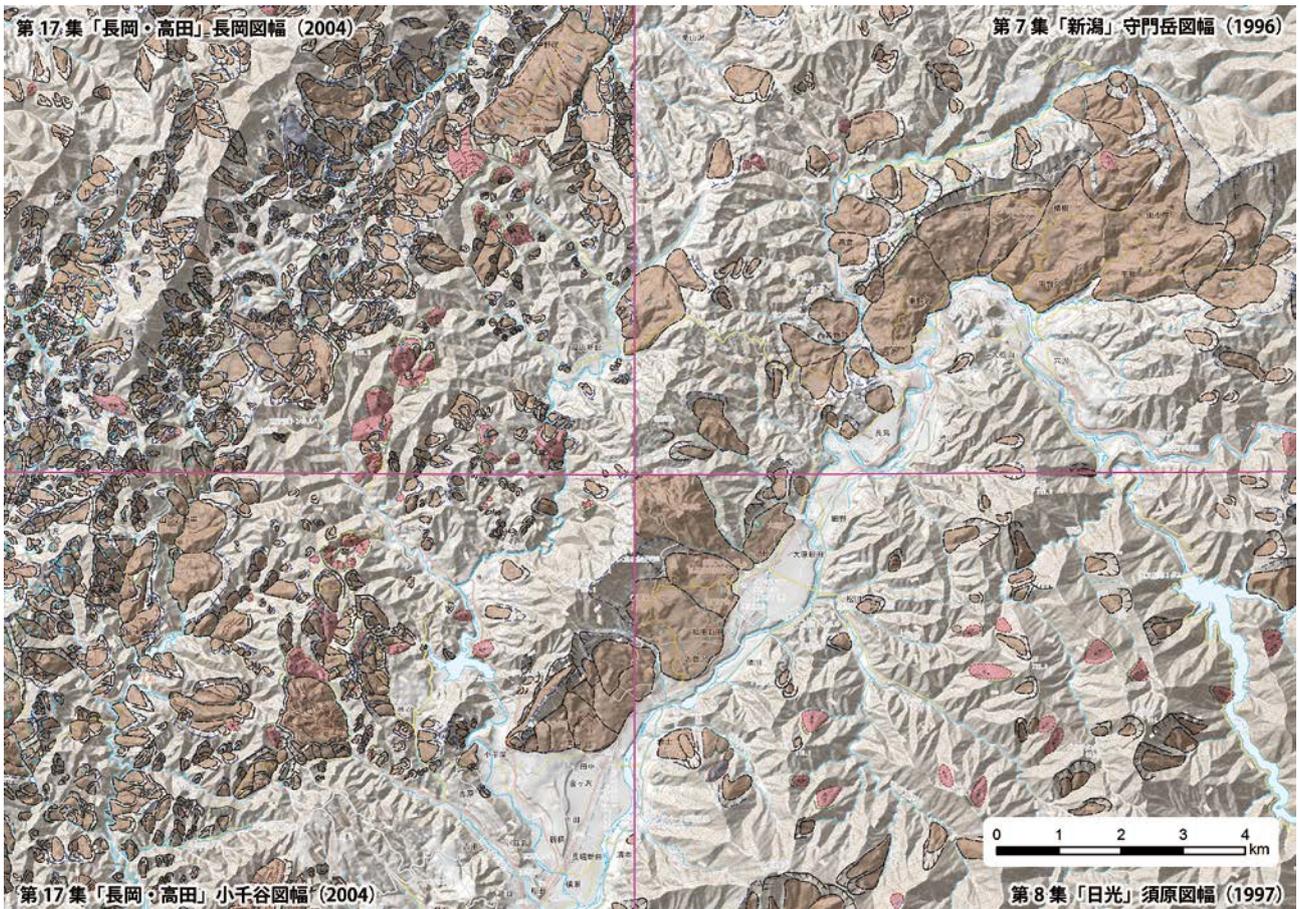


図6 地すべり地形 GIS データの問題点
 Fig. 6 Problems of the landslide GIS data.

Appendix

1. Explanation of the Landslide Map Symbols

Landslide (landform) maps of the Honshu, Shikoku, Kyushu, and Hokkaido islands of Japan have been published at the 1:50,000 scale since 1982.

These maps depict four elements with regard to recognition and identification of landslide-prone landforms: exact mapping of locations and shapes of landslides, fundamental landslide structures, state of freshness or grade of dissection of the landslide-prone landforms, and time relationships between connected landslides. Mapping is mainly dependent on geomorphological interpretation of aerial photographs on an approximate 1:40,000 scale. Furthermore, key locations were surveyed in the field.

Recognition of the precise shape of a landslide is essentially based on the appropriate identification of landslide structures, particularly boundary structures, of which the most important are the main scarp, the flank, the lateral ridge, the foot (or the toe of the surface of the rupture), and the toe.

The most important aspect in landslide mapping is the identification and representation of the main boundary structure for a unit landslide landform. Therefore, this structure is represented by a thick line (curve).

2. General rules for symbols on landslide maps

2.1 Boundary Structures: Main scarp and lateral scarp (flank)

The crown of a main scarp and its extension to the flank or lateral scarps are indicated by thick lines, and a fresh and continuous crown is indicated by a continuous thick line (**Fig. 7a; I.A.1**). If a crown is discontinuous with dissection by gullies or small valleys, similar to the case of a somewhat aged landslide that has been more or less eroded, lines must be broken with intervals of the same lengths on the map as the widths of the dissected parts of the crown. A partially dissected crown is represented by a tarragon-green line (**I.A.2**). A crown dissected by many gullies or small valleys in an advanced stage of erosion is indicated by a thick delft-blue line (**I.A.3**). Rounded or vague crowns in more advanced stages of erosion are depicted by malachite-green lines (**I.A.4**), if landslide deposits remain on the downward slope.

We often encounter cases where broad missing parts of a crown require mapping because of a large area of landslide deposits that need a reference showing the source area of the deposits. In such cases, a Seville-orange line is used (**I.A.5**). The steep surfaces of scarps are mainly represented by hatches thinning toward downward slopes (**I.A.1** to **I.A.6**). In the case of a translation slide

on a gentle slope underlain by stratified sedimentary rocks, “nagare-ban suberi” in Japanese, the gentle slope is identified as an unloaded slide surface without a steep main scarp. Parallel dashed lines are used to indicate this type of slide surface (**I.A.7**). A lunar or crown crack is represented by thick lines with short hatches. A multiple scarp or ridge is represented with the same symbols as a lunar or crown crack (**I.A.8**); however, they can be distinguished by their patterns and locations on slopes.

2.2 Boundary Structures: Margin of moving mass

A mass, which has moved or is moving, is generally paired with a scarp in a unit landslide. The boundary of the mass is represented by continuous thick lines with the same thicknesses as those for the crowns (**I.B.1** and **2**). If the scarp has almost disappeared, the mass alone is depicted by a gray line (**I.B.3**). A mass in the initial state of movement is indicated by a short dashed line (**I.B.5**).

2.3 Interior Structures

The interior structures of a landslide unit are often beneficial for inferring and understanding the state of the activity of the landslide; however, these structures are not as important as boundary structures. Therefore, the interior structures are shown by thin lines (**Fig. 7b; II.1** to **II.7**), and on our maps, these are rarely drawn except in major or extremely large-scale landslides.

2.4 Movement Direction and Main Movement Direction of the Mass

The directions of movement in landslides are indicated by six types of arrows, which are dependent on the type of movement (**Fig. 7b; III.1** to **III.6**). However, these arrows are usually omitted from our maps, unless the direction of movement is complex or different from the azimuth of the dip of surrounding slopes.

2.5 Interrelations of overlapping landslides and their description

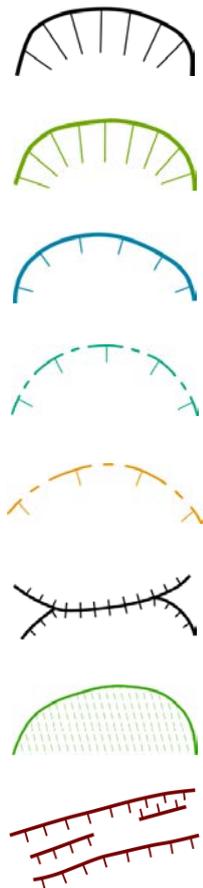
A number of cases of mutual relationships between two landslides and the symbols used in mapping are shown in **Fig. 8**. We recognize the new unit of landslide movement as an independent landslide unit, when the new unit develops in the unmoved domain of the slope in three dimensions. The symbol in **Fig. 8a** represents a joint crown produced by the scarps of two landslides with different directions of movement. In this case, the scarp of the landslide on the right-hand side is younger than that on the left-hand side. Other cases of relationships are illustrated by the profiles above the symbols.

The thicknesses and volumes of landslide deposits are not shown on the maps, but their estimation from the contours and boundary structures on the maps is possible in many cases.

(Accepted: February 12, 2015)

I. Boundary Structures

A. Main scarp and lateral scarp (flank)

- 
1. Main and/or lateral scarp of which crown is fresh or not dissected.
 2. Partially dissected crown.
 3. Mostly dissected crown.
 4. Roundly subdued and vague crown.
 5. The missing part of the scarp and crown by dissection.
 6. Joint crown which divides two main scarps throwing opposite slope directions.
 7. Exposed slide surface without sharp scarp; dip of the slide surface is usually gentle ($<25^\circ$):
The crown is defined by the intersection between the opposite slope and the slide surface.
 8. Lunar or crown cracks, multiple scarps and ridges.

B. Margin of moving mass

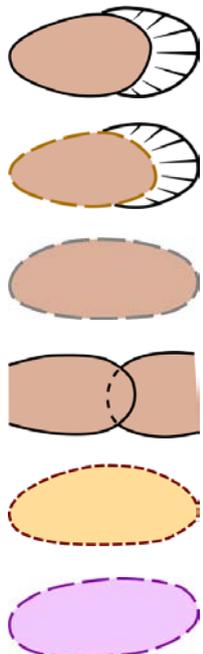
- 
1. Definite and probable margin of the moving mass with a main scarp at the backward or upper slope.
 2. The questionable part of the margin. (Brown outline)
 3. Moving mass margin without main scarp and crown symbols:
The scarp has been almost eroded away. (Gray outline)
 4. A part of margin overlain by another moved mass or deposits.
 5. Margin of a mass movement at the initial stage from the original slope.
Probable boundary of an area inferred as an unstable or quasi-moving mass without clear detachment structures between the mass and bedrocks.
 6. A mountain or hill difficult to identify whether mass is moving or not.

Fig. 7a Symbols for landslide maps: Boundary structures.

II. Interior Structures



1. Secondary scarp: The crown is similarly shown in a main scarp.



2. Boundary between sub-units or an interior moving/moved mass.



3. Ridge (interior).



4. Wide trench or open crack.



5. Narrow trench or open crack.



6. Echelon cracks.



7. Linear depression or valley floor line.

III. Movement Direction and Main Moving Direction of the Mass



1. Slide.



2. Creep.



3. Flow.



4. Fall.



5. Slow movement with external rotation.



6. Dip of the move slope surface; usually shown in case of reverse dip from original slope.

Fig. 7b Symbols for landslide maps: Interior structures and movement directions.

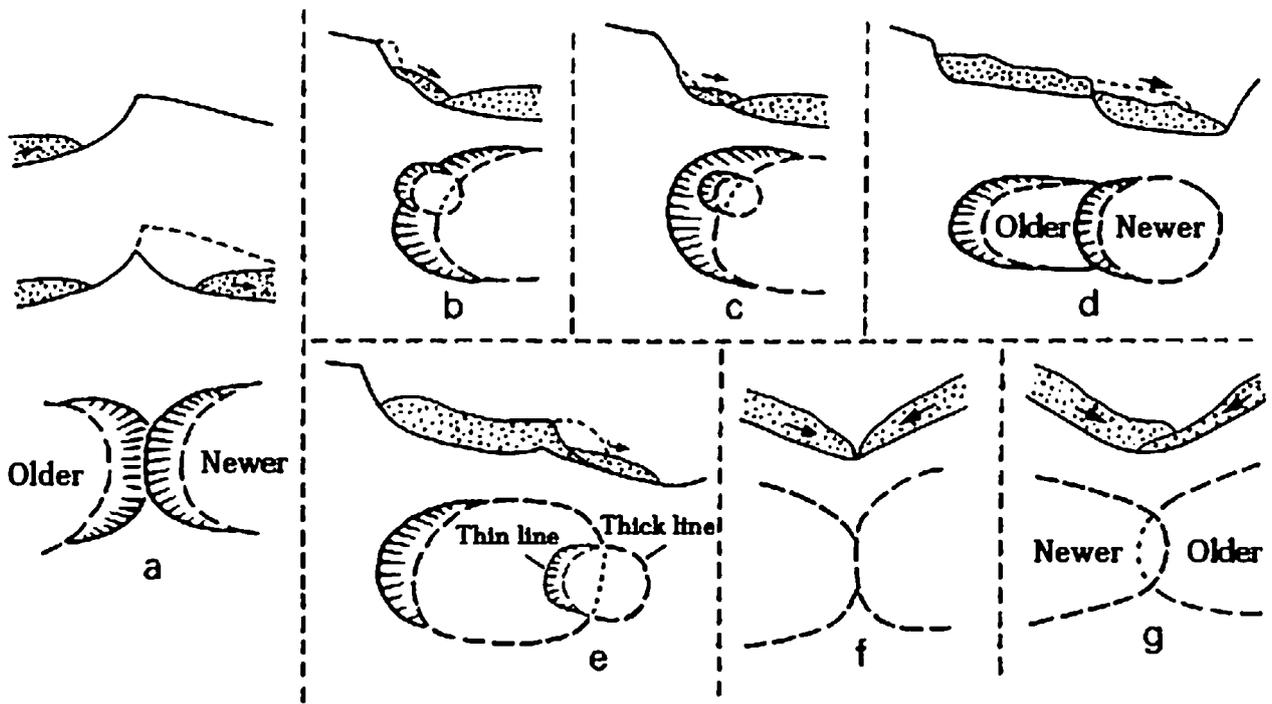


Fig. 8 Interrelations of overlapping landslides and their description.