

〈書評〉

日本地すべり学会 斜面防災危険度評価ガイドブック 編集委員会 編 『斜面防災危険度評価ガイドブック －斜面と地すべりの読み解き方－』

(朝倉書店, 2021年6月発行, 125頁, 3300円+税)

高 田 協 平

本書は、湿潤変動帯である日本列島の中でも東北・北海道の地すべりを取り上げ、その調査方法や各地の事例について紹介している。執筆は、公益社団法人日本地すべり学会の東北支部・北海道支部所属している地形学や防災科学の研究者と技術者の計8名(池田浩二, 石丸聡, 伊藤陽司, 濱崎英作, 林一成, 檜垣大助, 宮城豊彦, 八木浩司)でなされた。執筆メンバーの中でも5名は斜面地形の変化過程を分析する過程で、地すべりプロセスの役割を分析・理解することを推進し、地すべり地形の分布図の作成に尽力してきた大家である。残りの3名はこれまでの見識を踏襲しつつも、現代的な高精度の3次元データを用いて斜面変動の可視化や理解の深化のために新しい感性と技術の構築に余念がない少壮の技術者である。よって、本書は斜面防災に関するこれまでの研究成果と最先端の技術が凝縮されている。

本書は6章構成で、そのテーマは以下のようにになっている。

- 第1章 斜面の地形発達と斜面変動の総説的解説
- 第2章 地すべり地形の判読と評価
- 第3章 地すべり地形読図の階層化と定量化の試み
- 第4章 AHP 評価の事例
- 第5章 数値地形情報による地すべり評価の展開
- 第6章 まとめ－斜面災害を地形から予測するため－

以下では、各章の内容について紹介していく。

第1章は、地すべりをはじめとする斜面で働くさまざまな地形変化プロセスと、それによる斜面地形の発達の仕方についての概説である。このような概説がなされたのは、執筆者らが本書の目的となる斜面での崩壊や地すべりの発生危険度評価には、斜面形成に関わるさまざまな要因の特性を知ることが重要と考えたからである。

第1節は、宮城県仙台市周辺の丘陵地の例より、斜面の形成史を考える必要性が述べられている。また、高知県の秩父帯の大規模岩盤地すべりの例では、地形発達史の視点の必要性が示された。

第2節は、山地に地すべりが多く分布し、地すべり現象が地形発達において大きな役割を果たしたことについて述べられている。その例として、東北地方の山地・丘陵地をあげ、斜面地形発達の一因は、最終氷期から後氷期への気候変化による地形形成営力の質や強さの変化、豪雨での表層崩壊や地すべりによる侵食があげられた。また、新第三紀以降の海成・陸成堆積物や火山噴出物が第四紀以降に隆起したことや、第四紀火山、表層崩壊や土石流でできる地形も地すべりの一因であるとした。

第3節は、地すべり変動の運動機構や活動性など、斜面の危険度判定に必要な事項を地形からどう読み取るかについて述べられている。その方法として、微地形構成とその成因・内部構造を把握することがあげられた。それは、地すべりの形態や規模を把握するための鍵となり、地すべり災害発生危険性や防止対策を検討するための重要な情報になるとした。

第4節は、地すべりについてのハザード・リスク・危険性について示されている。ハザードを特定期間内の自然現象の起こりやすさと捉えると、本書で扱う危険度評価には、対象範囲の土地の相対的な斜面変動の起こりやすさを意味するサセプティビリティが相当すると定義している。

第1章で興味深かったのは、東北地方には形成年代の異なる山地や丘陵地が分布しており、そこにはそれぞれ異なった要因や規模の地すべり地形があることである。東北地方の事例から地すべり地形の複雑さについて初めて知ることができ、土砂災害の要因などは一括りで考えてはいけなと感じた。

第2章は、地すべり地形の判読と評価について述べられている。

第1節は、地形を読み取るスケールと地形面の概念についてである。地形を読み取る時、同じ場所でもどのスケールで捉えるかで形成要因も違って見える。段差が数十～数百 m の小地形スケールでは地殻変動に加えて、気候変化が関係する。加えて、小地形・微地形スケールの地形理解では地形面の概念を理解する必要性を示した。地形面とは、地形の成因と形成時期を統合し、ある時期の同一環境下に同一プロセスで発達し、連続した地表空間として残されるものを指し、日本のような湿潤変動帯の地表はさまざまな時期の異なる地形面がモザイク状に覆った集合体であるといえる。

第2節は、空中写真判読についてである。空中写真判読は視差のある地表の画像を左右の目にそれぞれ取り込み融合させることで実体像と知覚し、地表の凹凸・高低・段差や傾斜の大きく変化する位置を検出することである。その利点は、空間的に連続する地形面や異なる位置に発達する地形面群の垂直的上下関係や山地斜面における斜面の連続性の途切れを3Dイメージから瞬時に把握・直感でき、活断層や地すべり地形の認定の根拠となることである。地形図判読でも空中写真判読と同様のことが行えるが、等高線間隔よりも小さな地表変異は表現されていないため、使用する地形図の縮尺や等高線間隔に大きく規制される。そのため、地形学では空中写真判読が主に用いられている。現在では、レーザ航空測量の発達により、疑似的な3D地形図の作成や、遷急線・遷緩線の作成が可能になっているが、数 km²～十数 km²にわたって3Dイメージが得られる空中写真判読は、広域を対象とする地すべり地形や段丘地形の地形判読には不可欠

である。さらに、空中写真判読と高精度地形図を併用することで、斜面変形の実態把握の精度が著しく向上した。

第3節は、空中写真判読で鍵となる特徴的な微地形について紹介されている。地すべり現象は移動様式によりいくつかのタイプに区分され、それぞれ斜面変形の現れ方として微地形が異なる。空中写真判読では微地形を読み取ることで地すべり現象やタイプを予想した予防的対処や復旧対応も可能になる。本書では微地形のタイプとして、スライド、クリープ、トップル、フォール、フローの5つがあげられている。

第4節は、地すべり地形の空中写真の判読事例が示されている。秋田県、宮城県など東日本を中心に6カ所があげられている。ここでは、空中写真による微地形判読に加え、地すべり領域の判定、移動体の区分および地すべり地形領域内での発達史についての解説がある。

第5節は、空中写真判読による地すべり地形の評価について述べられている。地すべり地形は末端部の開削や頭部における構造物の構築により再活動するため、その可能性を知る必要がある。その評価では、地すべり地形分布図の主滑落崖の明瞭さ・開析の度合いで異なるシンボルに注目することが示された。また、空中写真判読から推進力をもたらす移動体末端の断面形状や抵抗力を減少させる移動体末端の侵食されやすさをそれぞれ得点化する方法を用いることで、全体の地すべり地形の再活動性を判断する方向性を見出した。

第2章では、現在でも地すべり地形の判断材料として、空中写真判読が主力であることが興味深かった。デジタル化が進んだ現代では、空中写真判読は一つの指標でしかないだろうと考えていたが、微地形など詳細なところまで判読できる精度であることに驚いた。

第3章は、地すべり地形読図の階層化と定量化の試みの流れについて述べられている。

第1節は、AHP法導入の経緯である。1990年代初頭、ベテラン技術者の目の付け所について若手・中堅技術者がその理屈や原理を知りたいと考えていた。また、まだ地形判読技術は地すべり技術の中で懐疑的とされていた。そのような中、日本地すべり学会の東北支部で空中写真判読の重要性が説かれ、国立防災科学技術センターにより日本全土の地すべり地形を空中写真判読によって抽出する作業が行われた。これらを背景に県や国も参加した検討が進み、「ベテラン技術者が持つ、地すべり危険度の目のつけどころ(暗黙知)をあぶりだしながらそれらを得点化していく(形式知)の方法」として、AHP法が採用された。

第2節～第6節は、AHP法の概要について詳細に説明されている。AHP法とは、いくつかの候補の中から最良のものを選ばなければならない時、(例えば、車を買替えるときに乗り心地、価格、スタイルなどの)いくつかの項目で対比較し、勘などを取り入れつつ合理的な決定を促す方法である。最大の特徴は「判断基準となる項目間の相対的な影響力の強さを測定できる」ことで、最大の利点は「曖昧な判断基準を明確に定量化してみせる」ことである。AHP法に用いる相対評価法と絶対評価法についてや、暗黙知を形式知に変えることについて、本書では例題を用いて説明されていた。

第7節は、地すべりにおけるAHP法の危険度判定評価基準と評価方法の詳細について述べられている。はじめに、地すべり地形の定義、地すべり発生危険度の定義、判読の範囲と各判読ア

アイテムの地すべり地形内での位置、判読の視点などが示されている。次に、移動体を構成する微地形に、表層崩壊地形、亀裂など13項目を挙げ、その定義を示した。さらに、評価基準を運動特性、時間経過、地形場に関する指標の3つに分類し、階層化を行った。また、一対比較から項目の重要度を数値化し、統合化を行った。そして、判断カルテと判断・AHP危険度判定の流れまでが示された。最後にインデックスとなる10事例についてのAHP評価点数とその内訳と判断根拠が示された。

第3章で興味深かった点は、ベテランの地すべり地形判読における勘などを微地形として定義して、どの地すべりの研究者でも共通の認識ができるようになったことである。このような取り組みは、地すべり地形以外の地形を理解する際にも活かせることができると考えられる。そして、地形を共通の物差しで捉えることは、危険度を判断することにあたって非常に重要ではないかと感じた。

第4章は、地すべりに関するAHP評価の事例である。

第1節は、宮城県の事例である。ここでは、AHP評価点に加えて、直感的な危険度も判定した。また、AHP評価点を、宮城県白石市の地すべり、平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震の追加検証から再度検証した。その結果、先端勾配比は地震時に不安定化する地すべりの指標になりうるとした。

第2節は、阿賀野川流域の事例である。ここでは、専門家が地すべり地形判読から再活動性評価についてAHP法を導入するシステムを開発した。すると、最近再活動した地すべり地形の微地形の現れ方や地すべり移動体が位置的に今後不安定化しやすい場所にあるかということに判読者の視点がおかれやすいことが明らかになった。さらに、将来の地すべり活動に強く影響すると考えられる地形要素として、滑落崖の明瞭度、移動体の表面形状など5つの要素があげられた。

第3節は、北海道の事例で、これまでのAHP法を用いて北海道で独自に作成した「地すべり活動度評価手法」を用いた。北海道東部の津別南部地区、ドードロマップ川流域、知床半島基部の地すべり活動度を比較すると、全体的傾向では知床半島基部の方が地すべり活動度が高い傾向があった。その理由として、移動体前面に裸地状のすべり・崩壊が多くみられ、地すべり末端河川の侵食力が活発であるためだと結論づけた。

第4節は、ホンジュラス・デグシガルパの事例である。ここでは、AHP法を用いた地すべり地形の再活動性評価に社会的環境要素である不完全な下水道からの漏水や、地質の特徴である地下水の湧出と泥岩層の境界を考慮した評価を行った。

第4章ではAHP法という評価基準の適用例が示されていたが、同じ基準を複数の場所に適用できないことが印象に残った。AHP法は複数の人の感覚を具体化するため、常に基準を更新する必要性を感じさせられた。また、場所によって地形のおかれる環境や成因なども異なるため、ある地形に対してのモデルを作成することはかなり困難ではないかと感じた。

第5章は、数値地形情報による地すべり評価への展開についてである。

第1節は、数値地形情報に関する基礎的な知識とそれによる地形表現についての概説である。数値地形情報について、データの入手方法、座標系と投影変換について説明がされている。

DEM を用いた地すべり地形判読には、国土地理院無償公開の 5 mDEM を利用できる点、地すべりスケールの地形表現が明瞭である点、オープンソースの GIS ソフトを使用できる点などの特徴から、立体微地形図を用いることが推奨されている。立体微地形図の作成に関して、QGIS を用いた方法も示されている。また、立体微地形図の活用法として、スマートフォンでの表示と 3D での表示があげられ、それぞれの表示方法も提示されていた。

第 2 節は、立体地形図や地形量などの数値地形情報を用いた地すべり判読と危険度評価の紹介である。まず、立体地形図は、その強みを生かすために空中写真を併用することが望ましいとした。5 mDEM から作成した立体地形図から AHP 法による危険度評価を実施した地すべり地形の判読の事例に、活発期と解体期の地すべり地形の評価 3 例があげられ、それぞれ地すべり地形の概要と、空中写真と立体微地形図の判読結果の比較が示されている。次に、地形量を用いた斜面の危険度評価では、これまでの斜面危険度評価の歴史の紹介や GIS ベースで斜面を分析する際の留意点について述べられた。また、バッファ移動解析と過誤確率分析の提案をし、それらを用いて分析した平成 20 年岩手・宮城内陸地震と平成 16 年新潟県中越地震の事例が示されていた。

第 5 章では、数値地形情報を用いたバッファ解析などの分析方法の紹介があった点が評者にとって大変ありがたい箇所となった。数値地形情報の存在は知っていたが、その情報を加工して分析する技術を持ち合わせていなかったので、この章を大いに参考にしたい。

第 6 章は、本書のまとめである。

1~5 章で登場した空中写真判読、DEM、AHP 法に関して、本書の順序に従い改めて簡単なまとめがなされている。加えて、平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震と平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震の事例から、空中写真からは分ならず、踏査などで明らかになる地質などを考慮する手法での改訂も必要であることを示唆した。

次に、最近の GIS を用いた斜面災害の研究の動向について紹介がされている。GIS は数値標高モデルの活用以外に、ハザードマップなどさまざまなデータをレイヤとして重ねて表現できるため、斜面防災研究に欠かせないツールになっている。しかし、研究の多くで、特に日本以外では崩壊と地すべりを分けて扱わない事例や、地すべりや崩壊発生域について規模を含めた面情報を点情報として処理する事例などの問題点を指摘している。また、実事例を用いた非発生・発生場の分離のための判別分析や、モデル適合性判定のためのツールに関しては、既存の GIS だけでは不十分であることも示した。このような課題に対して、本書ではバッファ移動解析や過誤確率分析法とその適用例を示した。

最後は、AI の深層学習の適用が大流行している現在では、地すべりの地形量をパターン認識する情報に置き換えて地すべり地形を抽出する流れについて述べられた。地すべりでの教師データは、ほかの AI に適用する教師データに比べて圧倒的に少ない。それを補うために、ブレンス トーミングや AHP 法などを用いることが重要とした。

第 6 章では、AI についての記述が興味深く、評者もこれから地形解析に AI を用いることが増えるだろうと考える。これまで人間が多くの時間を費やしてきた作業を AI が行うことで、人間にしかできない作業に費やせる時間が増え、地形についての理解がさらに深まると考えられる

ので、AI と人間の作業を棲み分けしていく必要性を感じた。

第6章末に付録があり、解析プログラムの操作方法の説明がされている。

本書は、これまでの地すべりと斜面災害の研究の系譜に加えて、空中写真判読、GIS 解析の知識について基本的な部分から丁寧に解説が行われていたため、このような分野の知識が少ない評者でも概ね理解できた。難解なワードには必ず説明があり、図表も多く用いられており、さらに図表の説明も丁寧であるため、この分野の入門書として斜面防災の初心者にも勧めたい内容であった。また、地すべりや斜面災害の知識以外にも AHP 法や空中写真の方法、GIS 分析の方法についても詳細に説明されており、自然地理学の中で災害や地形学を専攻する評者にとっては、特に GIS 分析の部分において修士論文の研究手法に活かそうなものが多かった。そのため、これから修士論文を書き上げるまで手放すことができない一冊になるだろう。しかし、本書では空中写真判読や GIS 解析に説明の重きが置かれていた故に、対象地域の現地調査に関する記述が少なかったように思う。本書に登場した AHP 法を用いるにあたっては、現地でしかわからない情報も含めたほうがより正確な指標になるだろうから、現地調査でのポイントなどの記述があればさらにありがたいと感じた。

最後になるが、評者は地形をどのように解析すれば防災に活かせるかについて研究している。一般人に災害の危険度を説明する際、数値を用いることで説得力を持たせられるのではないかと考える。本書でも地すべり地形の把握について、AHP 法を用いて数値化していたが、一つとして同じ AHP 法の基準を適用した場所はなく、個別事例が示されていた。評者は日本全国、あるいは世界全体で共通の数値化された地形解析のモデルができれば、災害危険度の基準を分かりやすく多くの人々に理解してもらえるのではないかと考える。しかし、これまでの地理学では個別の地形を分析した研究が多く、全体を俯瞰した研究は少ないと感じる。これからは、個別の事例を研究することも重要だが、その研究群を統合し大きなモデルを作成することも、大変難しいことであるが、必要ではないかと考える。

(関西大学大学院文学研究科・博士課程前期課程)