

地形学に関する GIS 実習のための教材開発

小口 高・大澤幸太・土志田正二・高橋昭子

Developing Material for GIS Education in Geomorphology

Takashi OGUCHI, Kota OSAWA, Shoji DOSHIDA, Akiko TAKAHASHI

Abstract: In Japan, GIS education tends to focus more on human/social aspects than physical aspects, because human geographers have been playing a greater role in developing GIS than physical geographers, and most GIS applications in engineering and information science are human-related such as the structure of cities and transportation systems. It is necessary to provide more material for GIS education in physical geography. We have developed some web-based material useful for practicing geomorphological applications of GIS.

Keywords: GIS 教育 (GIS education), 地形学 (geomorphology), ウェブ (web)

1. はじめに

GIS は多様な学問分野で活用されており、GIS の教育は特定分野の枠組みの中で行われる場合が多い。たとえば大学の GIS の授業は、文学、経済学、社会学、教育学、理学、工学、農学、保健学などの多様な学部や学科で行われている。GIS の基本概念については、どの分野の授業でもほぼ共通の内容が教えられているが、データ解析や応用事例の紹介といった部分では、対象となる分野の特徴を考慮した授業を展開する必要がある。

上記の点は GIS の実習にもあてはまる。文系の学科で実習を行う場合には、人文社会系の教材や資料を用い、理系の学科で行う場合には、自然環境などに関するものを用いることが望ましい。したがって、GIS 教育に利用可能な教材や資料を整備する際には、多様な分野のものを含むように留意する必要がある。

しかし、現実に利用可能な教材や資料の内容は、特定の分野に偏っている傾向がある。日本の地理

学においては、人文社会系のテーマに関する GIS の教材や資料は比較的多いが、自然環境や地球科学に関するものは少ない。この理由として、日本の地理学の分野では、主に人文地理学者が GIS を牽引してきたことと、工学や情報科学では理系の手法を用いていても、研究の対象は主に都市や交通といった人文社会系から選ぶことが挙げられる (小口, 2001)。したがって、GIS 教育で利用可能な自然地理学系の教材や資料を増やすことが、重要な課題になっている。

そこで筆者らは、地形学の分野に関する GIS の実習で利用可能な教材の開発を試みた。筆者らのうち小口と高橋は、実際に東京大学理学部の地球惑星環境学科で GIS の実習を担当しているため、そこでの利用を念頭において作業を行った。

2. 既存の教材

今回の作業の前提となる既存の教材は、著者の一人の高橋が作成した、ArcGIS をオンラインで学ぶための教材である (高橋・岡部, 2008)。この教材は多数のウェブページで構成され、受講者は最初に、ページを開きながら GIS に関する概念を学習する。次に、ウェブページに記された実習を、手元にある ArcGIS をインストールしたパソコン

小口 : 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
東京大学 空間情報科学研究センター
Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo
5-1-5 Kashiwanoha Kashiwa-shi, Chiba, 277-8568
TEL: 04-7136-4301
Email: oguchi@csis.u-tokyo.ac.jp

を用いて実際に行い、GIS の利用法を習得する。著者の小口と高橋は、この教材を東京大学理学部の地球惑星環境学科で用いており、2008 年度に使用した教材は以下の九つの章で構成されている。

1. イントロダクション
2. 実世界から GIS へ
3. 位置情報の空間参照
4. 空間データの取得
5. 空間データの分析
6. 空間データの視覚化
7. ラスターデータを用いた解析
8. 地形の解析
9. ネットワーク解析

各章は講義部分と実習（+課題）部分に分かれており、前者ではウェブページを閲覧して学習し、後者では実際に ArcGIS を使用して作業を行う。高橋が整備した GIS 教育のオンライン教材は、過去数年間に複数の大学や学科で利用されており、上記の版は東京大学の工学部都市工学科などで使用された版を一部改変したものである。このため、第 8 章を除くと、人文社会系の対象が主に取り上げられている。地球惑星環境学科の実習では、自然地理や地学に関連する内容がもう少し多い方が望ましい。この点を考慮しつつ、既存の教材に追加する二つの章の案を作成することにした。

3. 教材案の作成

今回作成を試みた章は、第 9 章「鳥瞰図の作成」と第 10 章「総合的な地形解析」である。前者は、鳥瞰図が自然地理学や地球科学で頻繁に利用されることと、地形を示すデータであるデジタル標高モデル (DEM) を使用する点を考慮して選んだ。後者は地すべりを対象としており、既存の教材の 8 章を「基本的な地形解析」という標題に変更し、地形解析を二つの章で扱うことを想定している。また、既存の教材の第 9 章に置かれている「ネットワーク解析」は、第 11 章に配置することを想定している。利用する GIS ソフトウェアは、既存の教材と同じく ArcGIS である。各教材の構成を以下に述べる。また、教材の一部を図に示す。

3.1. 鳥瞰図の作成

a) 講義部分

- ・ 鳥瞰図とは：歴史的絵図などを含む、鳥瞰図の例と利点を解説（図 1）。
- ・ 使用データ：地形データ（数値地図 50 m メッシュ）、航空写真、および衛星画像。DEM については 8 章で既に解説されているので、ここでは後二者について解説。今回の作業では衛星画像は用いないが、鳥瞰図の作成の際に頻繁に利用されるので、簡単に解説する。
- ・ 航空写真の補正：写真をそのままでは利用できないことを、中心投影と正射投影の違いと、地形の影響を踏まえて解説する（図 2）。実習で写真の補正を行うことは、時間の制約上難しいため、国土交通省が提供している「オルソ化空中写真」を利用する。

b) 実習部分

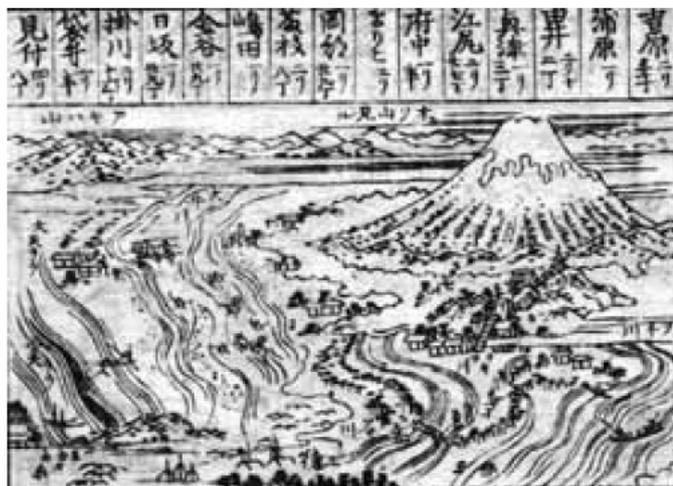
- ・ 概要の解説とデータのダウンロード：対象地域は秋田県と岩手県にまたがる八幡平周辺とする。
- ・ 地形データのシェープファイルへの変換：既に 8 章で類似の作業を行っているため、簡単に記述する。
- ・ 地形データの投影変換：日本測地系から世界測地系への変換を行う（図 3）。
- ・ スプライン補間によるラスタ DEM の生成：これも 8 章で似た作業を行っているため、簡単に記述。
- ・ 航空写真の表示：DEM と重ねた際に、ずれが生じていることを確認。
- ・ 航空写真の投影変換：地形データと同様に世界測地系に変換。
- ・ ArcScene へのデータの読み込みと鳥瞰図の作成：高度強調の程度といった表現法を変えた作図を試みる。
- ・ 水系の作成と重ね合わせ：水系網を 8 章と同様な方法で DEM から作成し、そのポリラインを鳥瞰図に重ね、谷線が画像に示された谷とほぼ一致することを確認する。

第9章 講義 鳥瞰図の作成 > 鳥瞰図とは

○鳥瞰図とは

地図の技法及び図法の一つで、上空から斜めに対象を見下ろしたような形式のものを差します。映し出される情景が飛ぶ鳥の目から見るように見えることからこのように呼ばれます。俯瞰図と同義。

使用用途は幅広く、テーマパーク等の会場案内図や、登山道や山小屋の位置を示す山岳地図などがあり、対象は人工、自然の両方を含みます。またカーナビゲーションシステムにも用いられています。



左図：春日宮曼荼羅・かすがみやまんだら
鎌倉時代 所蔵：南市町自治会 重要文化財

上図：江戸用心集・えどようじんしゅう
江戸時代 所蔵：横浜市歴史博物館

歴史も古く、奈良時代には神社などの周辺を示した地図である『春日宮曼荼羅』などが登場しています。以後、神社などを中心とした鳥瞰図が、たくさん作られていきます。江戸時代には空間的表現に加え、時間の移り変わりを表現したものも登場します。さらに大正・昭和期には、旅行ブームの影響を受け、日本全国で様々な鳥瞰図が作られることになりました。

図1 第9章「鳥瞰図の作成」講義部分の冒頭部

○オルソ補正

オルソとはギリシャ語で『正しい、ひずみの無い』という意味です。前述のとおり航空写真や、衛星画像をそのまま地図（地形図から作成された DEM）に重ね合わせることはできません。そこで正射投影へ変換する必要があります。この変換をオルソ補正、正射変換と言います。

詳細な説明は以下のホームページを参照のこと。

<http://www.pasco.co.jp/recommend/word/word058/>（株式会社パスコ）

<http://www.gsi.go.jp/kibanchizu/kibanchizu40003.html> 国土地理院

下の図において、地点 A は地図では A'、航空写真では a' の地点に投影されます。しかし、地形の影響により、実際の航空写真では a の地点（投影面では B' の地点）に投影されてしまっています。よって、a 地点の写真画素を a' の地点に再配列することにより、中心投影から正射投影に変換させる必要があります。

航空写真上における再配列のための移動距離は、A 地点から A' 地点までの標高と、投影中心の鉛直線から A 地点への角度 θ から算出できる $h \times \tan \theta$ を、航空写真の縮尺に換算することによって得ることができます。

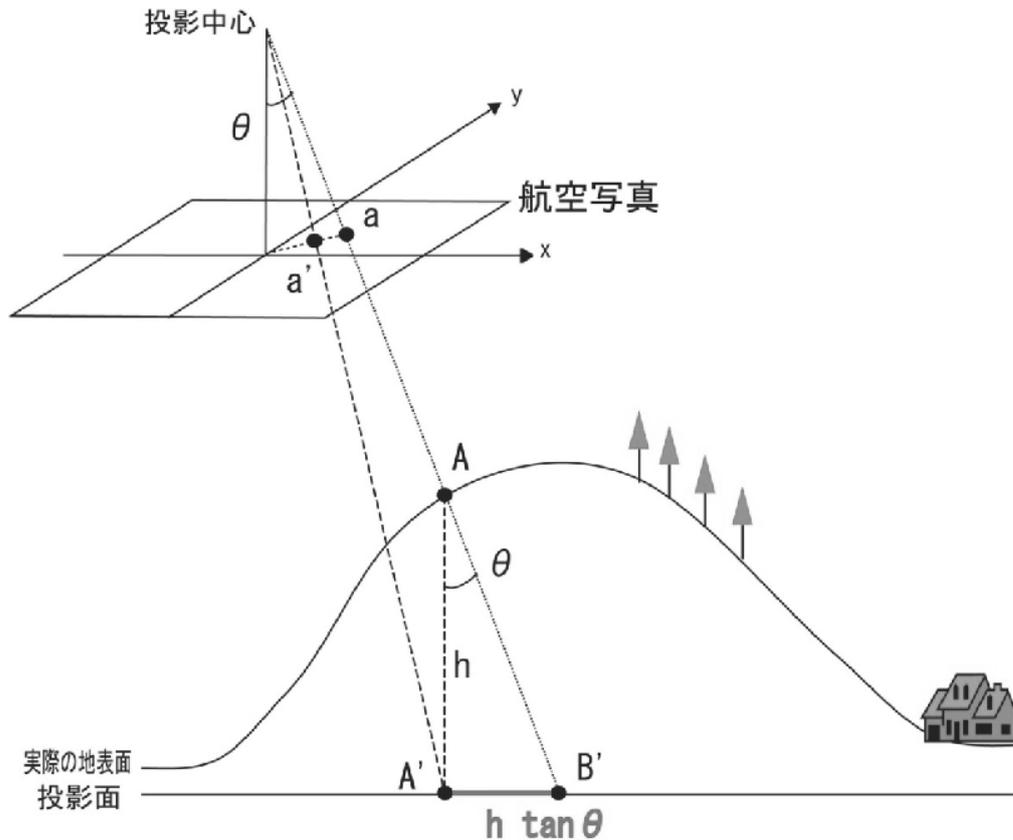


図2 第9章「鳥瞰図の作成」講義部分の途中

第9章 実習 鳥瞰図の作成 > 数値地図の投影変換

本章では第8章と同様に、数値地図の投影変換を行い、さらに補間を行って、ArcGISで利用可能な標高データを作成します。なぜデータを元のまま使用できないのか？忘れてしまった人は「第8章 実習 地形の基本的な解析 > 変換した数値地図の投影座標系の確認」を参照してください。

それでは、まず現在の投影座標系を確認してみましょう。

○データの投影座標系の確認

1. 「hachiman」レイヤのプロパティで、投影座標系を確認（→第3章 実習 投影法の設定と変換 > 投影・座標系の設定 > 各データの範囲を確認）



以上の表示を確認できたら、プロパティを閉じましょう。

この中の地理座標系を見ると、「hachiman.shp」は「GCS_Tokyo」つまり、Tokyo Datum（旧日本測地系）であることが分かります。

図3 第9章「鳥瞰図の作成」実習部分の途中

3.2. 総合的な地形解析

a) 講義部分

- ・ 地すべりの基本情報：地すべり地形の構造や各部位の名称を解説（図4）.
- ・ 地すべり地形分類図：防災科学研究所が作成した地すべり地形分類図の作成過程や収録データを解説.
- ・ 地形特性：後で地すべり地形の分布と関連づけを行う地形量として、標高、傾斜、傾斜方向、曲率について解説.

b) 実習部分

- ・ 概要の解説とデータのダウンロード：対象地域は第9章と同様に八幡平周辺. 新たに加えるデータとして、地すべり地形分類図のシェープファイルを手入.
- ・ 作業のフローチャート：本章で行う作業の手順を紹介（図5）.
- ・ データの表示：前章で整備したデータを読み込んで鳥瞰図として表示し、さらに地すべり地形分類図のデータを追加表示する.
- ・ 地すべり地形分類図のラスタへの変換：表示された鳥瞰図を踏まえて、よりよい鳥瞰図を作るために、地すべりのシェープファイルをラスタに変換する.
- ・ 地形量と地すべり分布を重ね合わせた鳥瞰図の作成：DEMから標高、傾斜、斜面方向、曲率を求め、それぞれを地すべりと共に表示した4枚の鳥瞰図を作成.
- ・ 鳥瞰図の目視による傾斜と地すべりとの関係の把握：作成された図を判読し、傾斜と地すべりの微地形との関係を定性的に理解する.
- ・ 鳥瞰図の目視による傾斜方向と地すべりとの関係の把握：地すべりが卓越する斜面方向を定性的に理解する.
- ・ 鳥瞰図の目視による曲率と地すべりとの関係の把握：曲率と地すべりとの対応が概して弱いことを理解する.
- ・ 鳥瞰図の目視による標高と地すべりとの関係の把握：地すべりが山体の中腹に多いこ

とを定性的に理解する.

- ・ 地すべり面積の計算：個々の地すべりの規模を求める.
- ・ 地すべりの高度分布に関する定量的解析：高度別の地すべりの分布を示すグラフを作成し、中腹で地すべりが多いことを確認する.
- ・ 地すべりの傾斜に関する定量的解析：傾斜別の地すべり分布を示すグラフを作成し、傾斜 $4\sim 16^\circ$ の場所に地すべりが多いという対応を確認する.
- ・ 地すべりの傾斜方向に関する定量的解析：傾斜方向の頻度分布を全域と地すべり分布域について調べ、地すべりが南向き斜面に多いことを確認する（図6）.
- ・ 地すべりの曲率に関する定量的解析：曲率別の地すべり分布を示すグラフを作成し、地すべりが凹斜面に多いことを理解する.
- ・ 河川からの距離と地すべり分布との関係の把握：河川から 100 m, 500 m, 1000 m の距離を持つバッファを作成し、各バッファに含まれる地すべりの割合を算出し、地すべりが谷沿いに多いことを理解する.

4. おわりに

今回作成した実習教材案は、著者の一人の高橋が作成した既存の教材に追加することを想定しているため、文体や図の配置などの体裁は、高橋の教材と統一がとれるように考慮している。ただし、高橋の教材が既に html 形式のファイルとしてウェブに置かれているのに対し、新たな教材案は、現時点では MS-WORD のファイルとなっている。最初から教材を html 形式で作成していない理由は、実際にウェブで配信可能とする前に、他の章との内容的なバランスや、実際の実習の時間の長さなどを考慮した改訂が必要なためである。今後、実際の実習での運用（たとえば 2009 年度以降の東京大学理学部地球惑星環境学科の実習）を念頭に置きつつ、教材案をウェブで利用可能なものに編集・改訂する作業が必要である。

第10章 講義 総合的な地形解析 >地すべりについて >基本情報

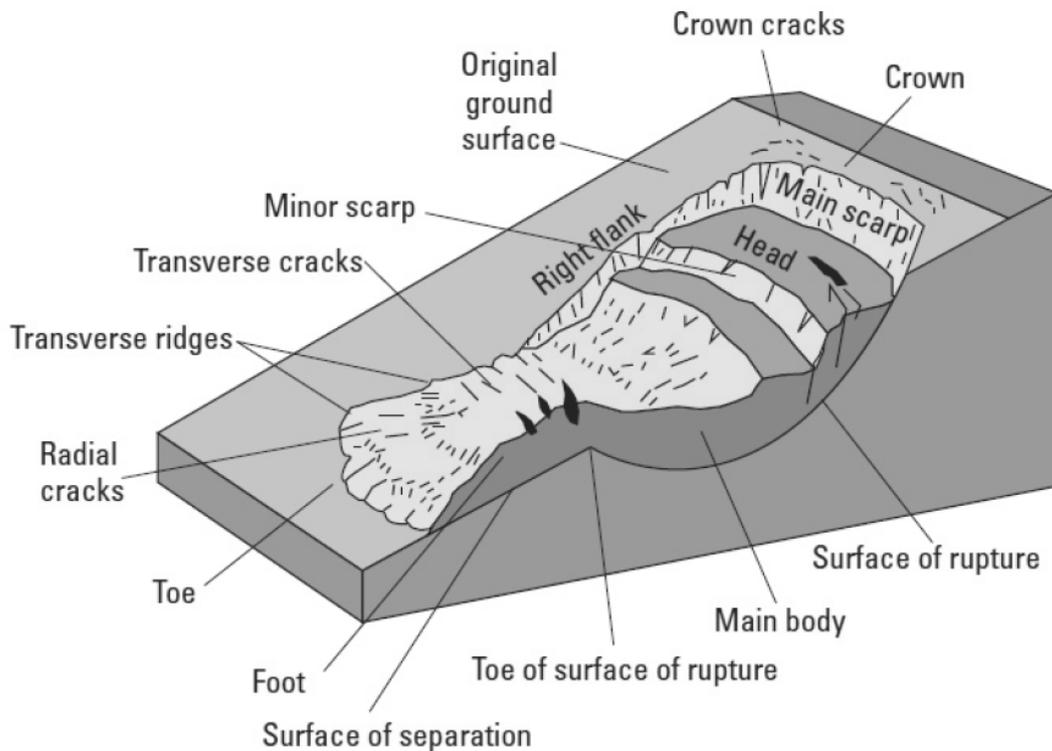
本章では、第8章、第9章で学んだ地形解析の方法や地形表現方法を駆使して、総合的な地形解析を行います。具体的には独立行政法人防災科学研究所の地すべりマップを用いて、目視による観測や、定量的な解析を行い、地すべり地形がどのような地形的素因の下で発生するかを検討することが本章の目的となります。

本章は、これまでよりも専門色（地形学）の強い講義と実習になります。まず、地すべりについて学習しましょう。

地すべりとは

狭義には斜面構成物質が地下のすべり面を境としてゆっくりと滑動する現象。広義には、崩壊・流動・圓行を含む重力による斜面運動（マスマーブメント）の総称として使用されます。本章では、前者の定義を適用します。

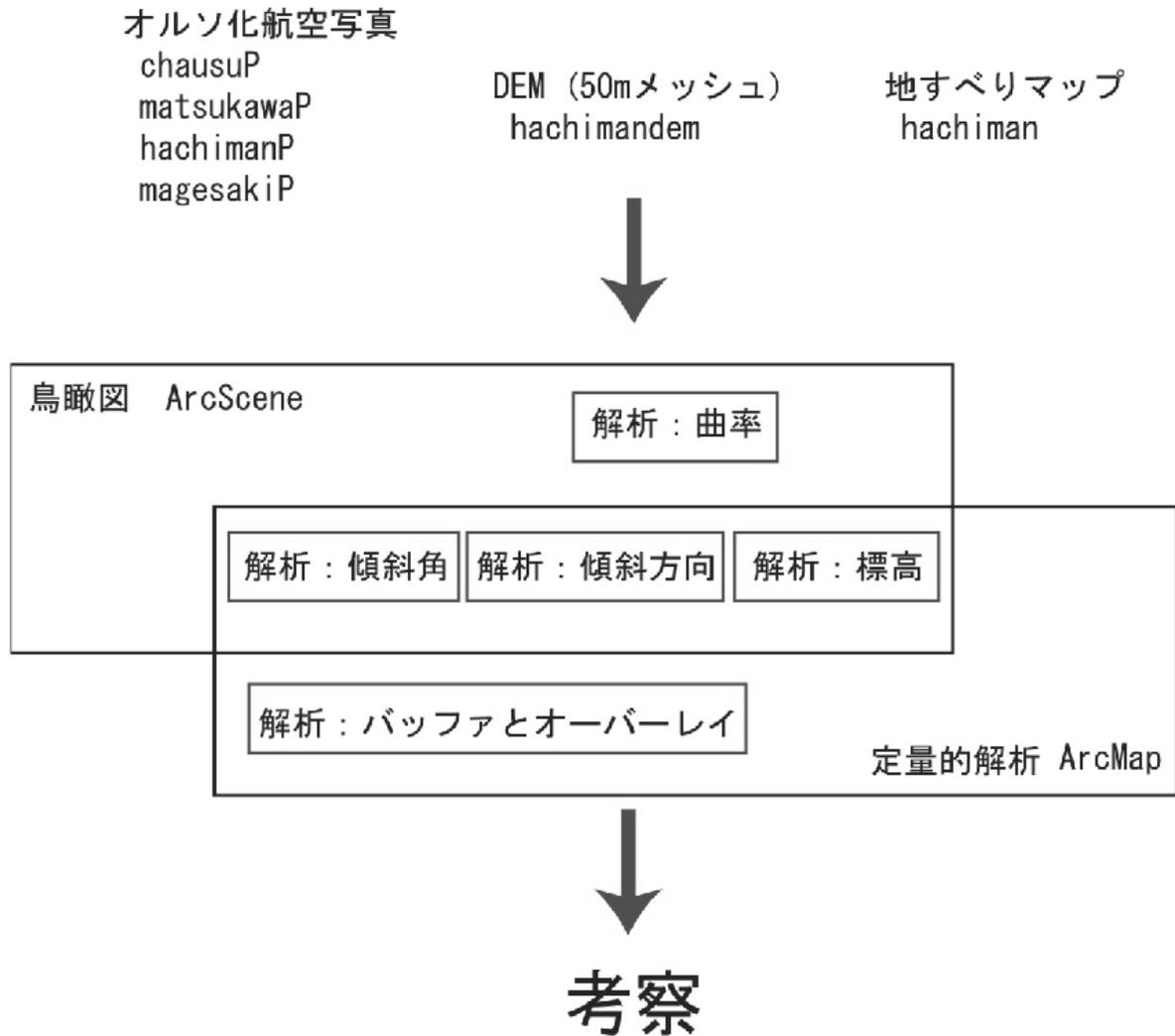
専門的な説明に先だって、地すべりの各部分の名称を説明します。



地すべり模式図 (USGS landslide handbook)

図4 第10章「総合的な地形解析」講義部分の冒頭部

以下に本章のフローチャートを示します。



1. 数値地図標高(50 m)、オルソ化航空写真、地すべりマップの読み込み
2. 傾斜角、傾斜方向、曲率を算出
3. 鳥瞰図を用いた目視による観察
4. 地すべりと各地形要素との関係を定量的に把握
5. 河川からの距離と地すべり発生地との関係を定量的に把握
6. 3~5の結果を踏まえた考察

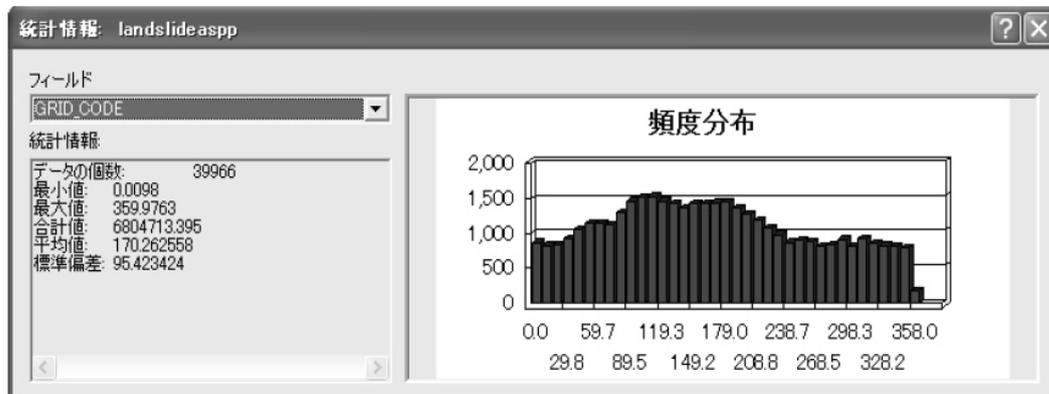
図5 第10章「総合的な地形解析」実習部分の途中 (1)

○地すべりの傾斜方向

地すべりと傾斜方向の関係について、先に行った目視による観察の結果を踏まえ、定量的な解析を行いましょう。地すべり範囲の解析をまず行います。

1. マスク抽出を行います。「入力ラスタ」は「hachimanasp」、「入力ラスタ、またはフィーチャマスクデータ」は「hachiman」、「出力ラスタ」は「landslideasp」を選択。
2. 続いて、切り出されたラスタをポイントに変換します。「入力ラスタ」は「landslideasp」、「出力ポイントフィーチャ」は「landslideasp」です。

ポイントの統計データと頻度分布を見てみましょう。



次に、全域の傾斜方向の頻度分布をみてみましょう。

1. ラスタからポイントへ変換します。「入力ラスタ」は「hachimanasp」です。「出力ポイントフィーチャ」は「asppoint」です。
2. 変換されたポイントフィーチャの「属性」を開き、グリッドコードの統計情報を開きます。以下のように表示されるはずですが。

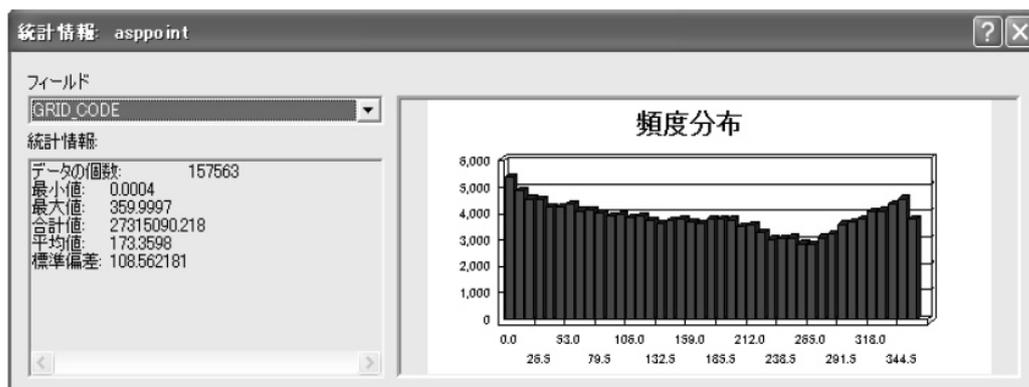


図 6 第 10 章「総合的な地形解析」実習部分の途中 (2)

今回の教材案を構成する 2 つの内容のうち、「鳥瞰図の作成」は技術的な課題であるが、「総合的な地形解析」は学術的な課題といえる。ただし、後者の実習の内容は、最近の学術論文に掲載されている地形解析のレベルには至っていない。最大の相違は、教材案では地すべりの分布と個々の地形特性との関連を調べる段階にとどまっておき、地形特性どうしの相関の有無や、各地形特性が地すべりに与える影響の順位などを検討していない点にある。地すべりや崩壊の分布と土地条件との関係を分析した最近の地形学の学術論文では、ロジスティック回帰のような多変量解析を用いることによって、上記の問題を含む検討を行っている（たとえば Ayalew and Yamagishi, 2005; Van Den Eeckhaut et al., 2006）。この種の内容を実習に取り込む場合には、多変量解析の解説を講義部分で行うなど、教材を大幅に拡張する必要がある。また、学部生向けの実習としては、内容がやや高度になってしまうという懸念もある。これらの点を考慮し、今回整備した教材では内容を基礎的なものに限定することにした。

ただし、大学院生を対象に実習を行うような場合には、学術論文にも直接応用できるような内容を扱うことが望ましい。今後、学部生向けの実習とは独立に、自然地理学の高度な内容を集めた GIS 実習の教材を整備する可能性について、検討していきたい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究（A）課題番号 17202023（研究代表者：村山祐司）の助成を受けている。

参考文献

- 小口 高 (2001) 地形学と GIS. 高阪宏行, 村山裕司 (編) 「GIS—地理学への貢献」古今書院, 24-37.
- 高橋昭子・岡部篤行 (2008) : オンライン学習教材を用いた GIS 実習における学習者の類型化とその特徴. 「地学雑誌」, **117**, 354-369.

Ayalew, L. and Yamagishi, H. (2005) The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, **65**, 15-31.

Van Den Eeckhaut, M., Vanwalleghe, T., Poesen, J., Govers, G., Verstraeten, G., and Vandekerckhove, L. (2006) Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium). *Geomorphology*, **76**, 392-410.