

DEMとGISで地形学 伝統的なテーマを新技術で

駒澤大学
文学部
地理学科



航空レーザ測量などによって取得できるようになった高解像度の地形データ。これとGISとを組み合わせる手法で地形学の研究を進めているのが、駒澤大学の田中靖准教授だ。地形を可視化させることで、これまで見えなかったものが見えてくる。

■DEMとGISで地形の変化を計算する

田中氏の研究テーマはDEMを使った地形解析。東京都立大学（現首都大学東京）の大学院修士課程中に地形データが安価になり、PCが普及したことで、「新しいことを始めたい」とスタートさせた。これらのデータを地図上で表現するためのツールとして、GISを覚えていったという。

「DEMを用いた研究はプログラミングの世界ですが、それを地図に載せるときにはGISが便利。きちんと使いたいと思って始めました」

その後、東京大学大学院博士課程中にデジタル写真測量に触れ、山梨県のある流域全体のDEMを作成して、流域の地形と崩壊の関係を調べた。「予想されたこと」と田中氏は語るが、斜面の形と崩壊の規模－頻度分布の関係などが数値ではっきりと示された。これが博士論文となり、その後は母校である駒澤大学文学部地理学科の講師に。デジタル写真測量よりも高精細な航空レーザ測量を知る。

「航空レーザ測量ができたおかげで、DEMとGISを使えば、地形プロセス学と地形発達史をつなげる研究ができるのではないかと考えました。ただ、50mくらいの解像度のDEMでの地形計測手法は、1mや2m解像度の航空レーザ測量では通用しないことが多く、当初は戸惑いました。例えば、50m-DEMでは問題ない地

形シミュレーションモデルを数メートル解像度のDEMに適用すると、解像度が高すぎて不自然に直線的な谷やおかしな形の地形が現れてしまうのです」

田中氏の研究対象のひとつが山地斜面の地形発達過程。例えば、雨が降ると地下水位が上がり、臨界点に達して耐えられなくなると表層が崩壊したり、土石流が起きたりする。これをシミュレートすることは防災の観点からも重要だが、流域レベルの地形発達や地域性を考慮するうえでも役に立つという。

ここで高解像度のDEMとGISを用いる。普通、表層崩壊の危険度を評価するには、地形の情報の他に降雨に伴う地下水位の変化、基盤岩石の風化速度、土層の厚さといったパラメータの空間分布が必要となる。しかし、DEMと同じ解像度でこれらのデータを得ることはまずできない。そのため、これらの条件を意識しつつもDEMによる地形情報だけで、崩壊発生の情報



田中 靖准教授

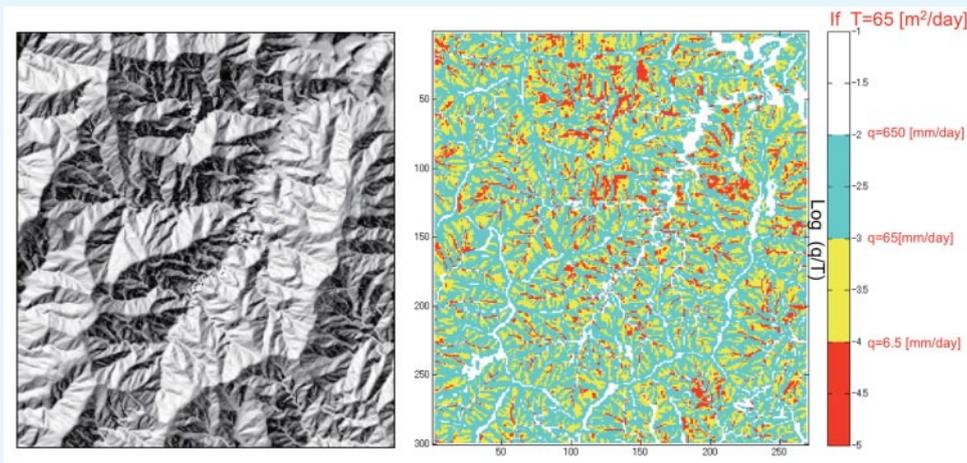


図1 山梨県の雨畑川流域における表層崩壊危険度評価の例

を抽出できるのが理想的となる。それを山梨県の早川支流、雨畑川流域において行ったのが図1だ。

左が陰影図で、右がSHALSTABというモデルに基づく計算結果。示された崩壊危険度の空間分布は現実の崩壊発生状況とかなり一致しており、表層崩壊の起こる確率が高い場所の抽出が的確にできているという。

「地形学の重要なテーマは地形の変化を数量的に表現すること。長い目で見た地形の変化を検討するには崩壊の起こるモデルをシミュレーションの中に入れる必要が出てきます。その時にはどう崩れるかの数量的なモデルが必要になるのですが、ここでDEMとGISは欠かせないツールとなっています」

■人を納得させられる理論から始まる

地形学において「地形と絡む諸現象を可視化させる」ことの大切さを田中氏は説く。例えば、崩壊が起こるかどうかの大きな要因に土層深（土層の厚さ）があり、数万年というスケールの地形変化を考慮するうえで重要な要素となる。しかし、地中にある土層の分布を、DEMの解像度で空間的にとらえるのは不可能に近い。

田中氏は2007年4月から1年間、カリフォルニア大学バークレー校地球惑星科学科の客員研究員となる。

そこで目にしたのが、航空レーザ測量とGISを組み合わせた「レーザマッピング」だ。ここでの研究例が図2で、サンフランシスコ近郊のテネシーバレーと呼ばれる地域を表している。5m-DEMから作成した陰影図（左）と、DEMから計算により作成した土層深の推定分布図（右）である。

現地での観察や数カ所の掘削調査と推定分布図を比較したところ、川沿いの斜面が緩やかになる部分が厚く、斜面の中央部分が薄く、尾根線部分がより薄くなっているなどが両方のデータから確認できた。このような手法を用いれば、例えば岩石の風化速度の研究と、実体としての地形変化の研究を、空間的な広がりを持って結び付けられるという。

「こうした計算をしないと、地形の変化を論理的に解いていけません。地球温暖化問題にしても、私たち『地形屋』は別の見方をします。地球温暖化によって温度の上昇や降水量の変化が起こる、で終わりではなく、それによって土砂災害の頻度がどう変わるかなどを評価できないといけないわけです」

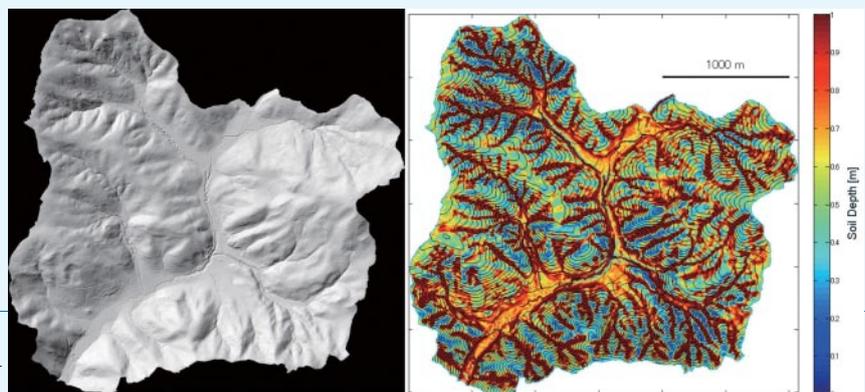


図2 米サンフランシスコ近郊テネシーバレーの陰影図と土層深の推定分布図

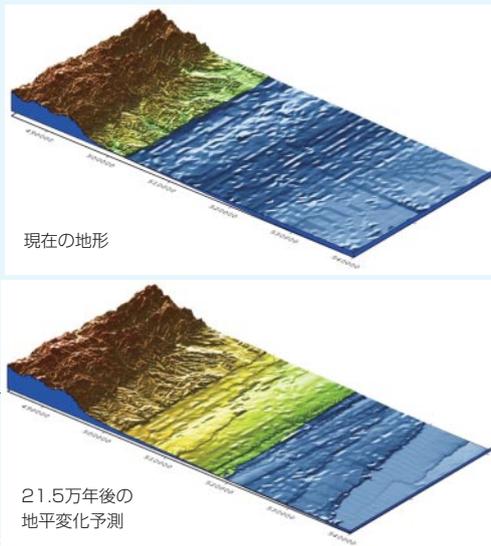


図3 現在の地形と21.5万年後の地平変化予測（海水準：現在比±0m）

数値シミュレーションを用いた地形変化の研究は、高レベルな放射性廃棄物の処理にも有用となる。核廃棄物を廃棄、つまり地中に埋めるわけだが、周囲への影響を考えると、処理施設には長期間の安全性確保が求められる。その期間は何と「10万年」という。この間には当然のように地形の変化が考えられるため、その評価に数値シミュレーションを用いるというわけだ。田中氏は依頼を受けて、この予測手法についても取り組んでいる。

河川には河川の、斜面には斜面の、そして海底には海底の地形変化プロセスモデルがある。流路網はDEMからの計算により自動的に検索できる。これらの方法を組み合わせて、地形変化が予測できるという。その計算例が図3であり、上が現在の地形、下が21.5万年後の地形だ。隆起や浸食による地形変化がわかるが、沿岸域の離水範囲が過剰に広く表現されている。海食による汀線の後退の物理プロセスの定式化が、非常に困難なためだからだそう。

「予測は完全なものではありませんし、現在も進めている最中です。ただ、多くの人に納得してもらうためにはきちんと理論化して、『現在はここまではわかる』を示さなくてははいけません。理屈だけでなく、初期の地形のDEMをどう取るか、計算量が膨大になるのでプログラムを効率化してどれだけ高速化するかなど、数多くの問題があります。これらを含めて取り組



図4 武甲山の人工地形改変

まないと地形学は前に行かないのです」

■「測量士のおじさん」が地形学への原点

田中氏は地形学について、「目に見えているにもかかわらずわからないものだらけ」なところが奥深いと語る。例えば、気象やナノテクなど見えない分野であれば、突飛な研究結果であっても「そうかもしれない」と思う人もいる。一方、存在が身近な地形であれば、仮に10万年後の地形を見せると、「そんなはずはない」と返ってくる場合もある。だからこそ、学生や一般の人たちにわかりやすく地形の話をしたときに、「そうだったのか」という顔をしてもらったときがうれしいという。

田中氏はこうした人たちを対象にして、「風景画とGISで見る東京の景観」というテーマで語ることが多い。東京の地図と、5mのDEMで作成した地形図を同じサイズで打ち出して、四谷、お茶の水、溜池、渋谷、六本木、大森など東京の街を中心に、各場所の地形の話をするというものだ。クイズ形式での応答、東海道五十三次の風景画、写真をふんだんに入れるなど演出も秀逸で、説明を聞いた筆者も取材を忘れて聞き入ってしまったほどだ。

「今まで地形学が蓄えてきた知識を、GISやDEMはととてもわかりやすく見せてくれます。GISを使えばぴったり重なる地図と地形図が簡単にできるので、説明の途中で2枚を重ねて天井の照明にかざす（透かして場所を見る）人が何人も出るんです（笑）。2004年に発表したところ反響が大きく、現在まで続けています」

●研究室を取材して



駒澤大学文学部地理学科は駒沢キャンパスにあり、東急田園都市線の駒沢大学駅から歩いて10分程度。地理学科の学生だけで約600人(!)もいる大所帯で、いわゆる「研究室」の体制は取っていない。今回は3年ゼミの学生さんに集ってもらいました。この雑誌が発刊される頃は石垣島の巡検から帰ってきたばかりのはず。皆さんは季節外れの真黒になっているのかな？

こうした田中氏の地形への思いは、少年時代に形成されたようだ。もともと地理が得意ではあったが、父親の友人である「測量士のおじさん」の影響が大きいという。例えばその測量士は、仲良くなった田中少年をピクニックに連れていくのだが、それが「三角点探し」だったりする。地図や地形の本をあげたり、地図の作り方なども教えてくれたという。

「僕にとってそれまでの地図は建物がランドマークでしたが、等高線で表わされている地面の形が、今いる場所を判断するための材料になると初めて知りました。地図を見ながら川の始まり（源流部）を探しに、自転車で走り回ったこともあります。地形感とでも言うのでしょうか、それを身につけたのが中学校のときですね。今でも測量士さんには感謝していますし、年賀状のやり取りはずっと続いているんですよ」

■教科書に載る地形の法則を発見したい

田中氏のゼミで扱っている研究を2つ紹介する。ひとつめはゼミの学生の研究で、埼玉県武甲山における人工地形改変の定量的評価。地形に対する人間の影響は18世紀半ばから急増し、この影響の定量的な分析が求められているという。そこで、25000分の1の地形図とその旧版地形図を元に等高線ベクトルデータを作成し、10m-DEMを作成した。1970年～2006年までを比較したところ、武甲山の人工地形変化は日本の他の事例に比較して、規模も速度もかなり大きいとわかった(図4)。それは、山陰地方の鉄穴流しによる人工地形改変とほぼ同じ量の土砂を、約70～100倍の速さで

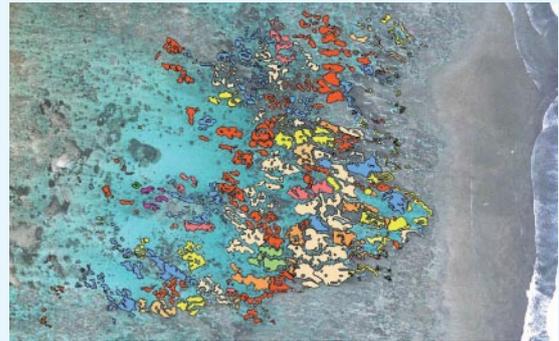


図5 石垣島白保海岸のサンゴ礁マップ

運び出したことになるという。

また、サンゴ礁の環境被害と保護活動については31号の本連載でも紹介したが、今年度のゼミでは同大学応用地理研究所の鈴木倫太郎研究員と共同で、沖縄県石垣島の白保海岸でのサンゴ礁マップを作成している(図5)。特徴的なのは空中写真を用いている点だ。サンゴ礁は浅い海域にあるので、透明度の高い沖縄の海であれば、空中写真から見当がつく。幾何補正した空中写真をベースマップとして海に潜り、サンゴの分布、種類、様子などを調べて、その情報をGISで表示しているのだ。サンゴ研究者仲間約10人で2年を掛けて調査し、現在では地元住民の地図としても普及しているという。

「GISをうまく使えばこれだけのことができるということです。地形は変化の速度が非常に遅いため、研究者の一生の中で得られるデータは少ない。それを補うのが航空レーザ測量やGISなどの技術です。ただ、技術の進歩が速くて、地形学に活かすスピードが追いついていないので、この分野でも貢献したいと思います。そして、ひとつでいいから、教科書の一文に載るような地形の法則を発見したいですね。これが僕の夢です」

関連リンク

田中靖@駒澤大学地理学科

<http://www.komazawa-u.ac.jp/~yasushi/>

[取材・執筆/高橋正志、撮影/大隅孝之]