

# 地質ジオラマを用いた3D火山地質情報展示

伊藤 順一<sup>1)</sup>・西来 邦章<sup>1)</sup>・芝原 暁彦<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

火山に対する地質学的研究の目的の一つは、数十万年に及ぶ火山の生い立ち(すなわち噴火活動による火山の成長や、時として発生する大規模な崩壊現象あるいは活動休止期における山体の侵食活動)を解き明かすことである。火山の活動の歴史は、火山灰や溶岩、岩塊等からなる地層として保存されているだけでなく、地形的特徴としても残されている。このことから、火山地質学の研究を進める上で、最も基本的で且つ重要な研究手法の一つは、火山を構成する地質の積み重なりと地形を読み解くことにあると言っても良いだろう。翻<sup>ひるが</sup>って言うと、火山地質学の研究成果をわかりやすく伝える際には、地質と地形を同時に示すことのできる表現方法が、極めて有効なツールと考えられる。著者の一人である伊藤は、これまで陰影地質図やQuickTime VRを用いたパーソナルコンピュータ上での3次元地質図表示を試みてきた(これらはいずれも「岩手火山地質データベース(CD-

ROM)」に採録)。しかしながら、バーチャル空間内での擬似立体画像は、例えば表示内容の変更が煩雑であるなど、作成者としては不満足な点が多かった。そこで、芝原の協力を得て、立体地形モデルに地質図を映し出す地質ジオラマを試作したところ、地質と地形から火山の成り立ちを臨場感溢れて紹介・展示するツールとして作り上げることができた。これを2008年10月の日本火山学会秋季大会の産総研ブースで展示したところ比較的評判も良かったことから、2009年7月の産総研一般公開において、内容をより充実させた地質ジオラマと、火山噴火現象の理解を深めるための模擬実験を並行展示した(第1図)。本報ではこの一般公開の際の展示物について紹介する。なお、立体地形モデル上に地理情報を投影するシステムは北海道地図株式会社が特許(第3453657号)を取得しており、我々が作成した地質ジオラマの基本原理はこれを使用させていただいたものである。

## 2. 展示システム

我々が作成した地質ジオラマは、(1) 移設の簡便性と(2) 表示コンテンツの作成・更新の簡便性、を重視して設計したもので、パーソナルコンピュータ=液晶プロジェクタ=立体地形モデルから構成される。(1)の移設の簡便性は、各種の普及活動に対応した出張展示や、緊急対応時における現場での簡易展示物としての利活用を想定したものである。この目的のために、使用する機材としてはごく一般的なスペックのパーソナルコンピュータと液晶プロジェクタとし、これらを固定するフレームはビス留めのL字鋼材をくみ上げたものからなる。全機材は鋼材フレームを分解した状態で、乗用車あるいはライトバンでの運搬が可能である。また(2)のコンテンツの作成・更新の簡便性に



第1図 2009年産総研一般公開における展示の様子。写真の右側に地質ジオラマ表示、左側では溶岩流下デモ実験を行っている。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 地質ジオラマ, 立体地形モデル, 地質情報展示, 一般公開

いては、展示対象者に対応する複数のコンテンツを準備し、現場で容易にその切り替えを可能とすることであったり、あるいは特に詳しい情報処理技術を擁する者でなくとも容易にコンテンツの修正や変更が可能なシステムにすることにより、時々刻々と変化する事態に対応して、研究者が現場で表示内容を臨機応変に修正できるシステムを目指したものである。そのために、地質情報の表示を担うソフトウェアには、教育・研究現場で広く用いられているマイクロソフト社製のPowerPointを用いた。

### 3. 立体地形モデル

地質ジオラマの製作に当たって最もハードルが高いのは立体地形モデルの準備である。立体地形モデルは、古くは等高線に沿って切り抜いた厚紙を貼り合わせて作るものから、最近では各種の削り出し加工によるものなど多様な製法によるものが作られており、市販されているものもある。しかしながら、大人数で観察できる展示用の地質ジオラマに使用するには、ある程度の大型の立体地形モデルが必要であり、今回の展示では、ほぼ5万分の1相当の立体地形モデル(約26cm×32cm)を自作することとなった。この立体地形モデルの作成は芝原が担当した。作成に使用した機材は、個人ユースの切削加工機としてRolandDG社製MODELA MDX-3、加工機制御用ソフトウェアとしてRolandDG社製MODELA Player (Ver. 3.7)およびVirtual MODELA (Ver. 1.70)である。地形標高データは国土地理院発行の10mメッシュ火山(標高)データおよび50mメッシュ(標高)を用い、加工機へのデータフォーマットの変換作業等にActiveState社製ActiverPerl 5.8.4、MetaCreations社製Ray Dream 3D、GMT (Wessel and Smith, 1991)ならびにダッソー・システムズ社製SolidWorks 2005を使用した。

作成手順は以下のとおりである。まず、切削加工機により押出法ポリスチレンフォーム「スタイロフォーム」をDEMデータから生成した三次元地形データに従った凸型モデルを削り出し、次にこれを用いてシリコン樹脂により凹型を作成した後、最終的に歯科用精密石膏により投影用の立体地形モデルを作り出した。地形標高DEMの準備から、石膏立体地形モデルの完成に要した期間はおおよそ6日である。

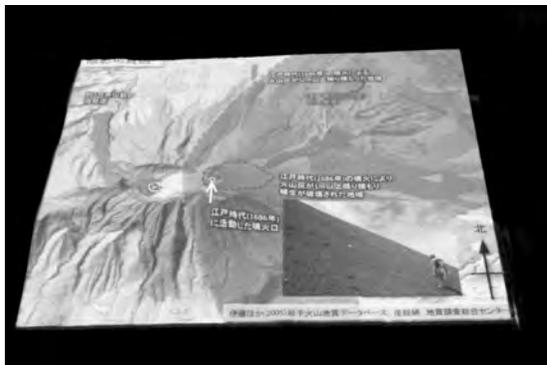
このような小型切削加工機を用いて、一般展示に耐える比較的大型の立体地形モデルを作成するに当たって下記の工夫を施した。今回加工に用いたMDX-3のワークサイズはX方向に152.4mm、Y方向に101.6mm、Z方向に40.65mmである。このため、一度の作業で作成できる三次元地形モデルは郵便葉書大にすぎない。そこで、地形モデルを複数のブロックに分割して出力し、これを組み合わせることで結果として大型の立体地形図(約26cm×32cm)を作製した。

このような分割法による最大の難点は、分割出力した地形モデルのブロックを組み合わせる際に、等高線の不一致が生じることである。これは3Dプロッタで自動的に等高線を生成して出力した際、生成の起点となる標高がブロックごとに異なるために発生する問題である。これを解決するために、3Dプロッタ側で等高線を自動生成することを止め、代わりにあらかじめ等高線の情報を含んだ地形データを作成して3Dプロッタに転送することでこの問題に対処することができた。

また、次に問題となったのは切削加工中の熱の発生である。地形図作成に用いた3Dプロッタは、エンドミルをモーターで回転させて材料を切削してゆく方式を採るが、三次元地形モデルは複雑な表面形状を持つため、1個のブロックを出力する際に長い作業時間を要する(5時間~10時間程度)。このためエンドミルの刃先に摩擦熱が蓄積し、材料であるスタイロフォームを融解させてしまうという現象が頻繁に発生した。これに対応するために、モーターの回転数および軸切込量を減少させて熱の発生を抑えるとともに、切削部分を冷却ファンで常時冷やすことで熱問題を解決した。

### 4. 地質情報図

表示する地質情報は地質図だけでなく、火山体の内部構造(地層の積み重なり)を示唆する各種の地球物理探査結果を表示させた。結果として表示させたものは、ASTERによる擬似カラー衛星画像(浦井稔、火山衛星画像データベース)、国土地理院発行2万5千分の1地形図、岩手山周辺の赤色立体地図(アジア航測株式会社、特許第3670274号)、岩手火山地質図(伊藤・土井, 2005)、精密重力異常図(住田ほか、未公表)、岩手火山地域高分解能空中磁気異常図



第2図 地質ジオラマ表示の一例。「岩手火山地質図」をベースマップとして、江戸時代の降灰分布域と野外写真が表示されている。

(大熊ほか, 2008), 岩手山火山防災マップ(岩手山火山災害対策検討委員会監修, 1998)である。これらをフラットヘッドスキャナーで画像ファイル化し、投影する立体地形モデルに対応するように切り出した画像ファイルを作成した。各情報地図は、PowerPoint上でそれぞれ1枚のスライドとし、スライドごとに地質情報地図に対応した説明文、観察ポイントの指摘と解説文(一部では露頭写真や解説用の図を併用)を挿入した(第2図)。これらは、それぞれの解説シナリオに応じて、フェードイン、指定時間の表示後フェードアウト等のアニメーション効果を設定し、最終的に自動プレゼンテーションモードで展示した。今回準備したものは、一通り全ての解説を見終わるのに要する時間は約8分間である。一般公開の際はこれを連続ループで表示し、展示に興味を持った見学者が訪れる度に、自動再生を停止することなく、その場面から説明を行った。また、これらとは別に、火山活動と火山地形形成の基本要素(火山体の成長と崩壊、侵食)と各地質情報地図の見どころを説明したポスターを各1枚作成し、これを立体地形展示の後ろに配置し、必要に応じてこのポスターを用いて解説を行った。

苦勞した点としては、地質情報をただ立体地形モデルに映し出しただけでは、立体感はあまりリアルには感じにくい。特に、今回用いた表示システムでは、強い光量を持つ画像を直上から映し出しているために、起伏により部分的に見え・隠れるのと、両眼視差による遠近感による立体認知では、5万分の1スケールの起伏は意外に小さく、実感を持ってないためと思われた。そこで、表示する地質情報地図画像のう

ち、衛星画像と地形図を除き、他の全ての画像には地形陰影化処理を施し、これを立体地形モデル上に投影表示した。また同時に、立体地形モデルも斜め上方から観察できるように、比較的高い位置(大人の腰高程度)にセットした。陰影処理を施した地質情報地図の投影は極めて効果的で、どこから見ても、凸凹が逆転することなく、地形の起伏を明瞭に認識できた(口絵参照)。また、これを逆手にとり立体地形モデル上へ、野外の地層の産状を写した写真や短い文章を投影しても、投影面の起伏による視認性の悪化は当初想像していたよりも低く、むしろ画面上に適切に説明の図を重ね合わせることで見学者の理解の助けとなったと思われる。また、今回の一般展示では、立体地形モデルに手を触れてもらい、目と指の触感から地形の起伏を実感してもらった。触ってもらうと「本当に凸凹している!」と、大人・子供を問わず声が上がリ、興味を持ってもらう上では大変効果があった。立体地形モデルの破損に気をつける必要があるが、手で触る程度では歯科用の石膏は想像以上に頑丈であるし、たとえ破損したとしても、シリコン製の凹型により、石膏製地形モデルは比較的安価に複数準備しておくことが可能である。

## 5. 溶岩流下のデモ実験

今回の展示では、地質図そのものの理解に加えて、これら地質情報が活用された成果の一つである災害予測図の理解を深めるためのデモ実験を併設し、来場者の理解の助けとした。特に今回は、多様な火山災害の中でもなじみの深い溶岩流の流下に絞って、災害予測図の意味や、その活用法を実感してもらうための実験を行った。この実験の設計、解説は西来が担当した。

この実験では溶岩流の模擬素材としては「スライム」を用いた。「スライム」は、一般的には洗濯糊とホウ砂(四ホウ酸ナトリウム:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )と水を混合することによってできるゲル状の物質で、学校の化学実験等でも作成する機会が多い。しかしながら、ホウ砂には毒性があり、日本薬局方解説書ではホウ砂の副作用として、「外用により発疹、眼瞼炎などの過敏症状が現れることがある。また健康な皮膚面からの吸収は遅いが、創傷面からの吸収は速やかで、急性中毒を起こすことがある。また経口摂取によ



第3図 フィールドノートとして用いた問題(2009年度)。

り、胃腸炎、<sup>ふしの</sup>脳浮腫、肝・腎の脂肪変性などを起こすことが報告されており、頭痛、食欲不振、悪心、嘔吐、下痢、紅斑性皮膚炎、脱毛などの症状が現れることがある。特に小児では5~10gの<sup>えんげ</sup>嚥下で激しい嘔吐、下痢、<sup>おうと</sup>ショックなどを起こし、死に至るとする報告がある」と記述されている。そのため、事故を未然に防ぐため、今回の実験にはグアガムと呼ばれる食品添加物(増粘剤)にも使われる天然素材(水溶性植物繊維)を原材料とする市販製品を用いた。

模擬実験では、鉄製モロ蓋を傾斜した状態に保持することで火山体斜面を模し、そこに噴火口として想定した場所にスライムを設置すると共に、周辺に大きさを変えた障害物やフィギュアを配置することで、溶岩の流れ下る様子や、流下域にあっても溶岩が到達しなかったり、あるいは流下のタイミングが遅れたりすることを示した。これにより、溶岩流による危険性の大小が、噴火口からの単純な距離だけに依存せず、周辺の起伏(地形)によって影響を受けることを実感してもらい、災害予測図で示されている溶岩量による危険地域の意味の理解を目指した。

火山現象の模擬実験としては例えば「キッチン火山」と称して、身近な素材を使った実験が各地の教育・普及実演で行われている。しかしながら研究者

が考える「キッチン火山」は、リアリティーを追求するものが多く、我々にとっては興味深いのが、子供たちには、その意味合いが十分に伝わらない部分も少なくない。そういう点から、あえてリアリティーに欠けるが、一番単純で重要な物理条件のみを再現でき、しかもいつでも遊べるような実験にした。また、ただ単に我々説明者が溶岩を流し、その様子を観察してもらうだけでは、子供たちは飽きてしまうので、いくつかのフィギュアを用意し、溶岩流の到達しないところを予想し、その場で置いてもらうことで、参加型実演デモンにすると共に会話のきっかけとした(第3図)。

本来は地質ジオラマ上でデモン実験を行い、地質として図示されている過去の火山噴火の追体験、あるいは災害予測図において示唆されている溶岩流下の事前演習としての利用を想定したが、流下素材の流動厚と立体地形モデルとして表現されている微地形とのスケール関係や、地形モデルの素材である石膏の表面抵抗等の問題から実現できなかった。立体地形モデルや模擬溶岩流の素材について、もう少し工夫した方が良いと思われる。

## 6. “ジオドクトル”コースへの参加

今回の一般公開に当たっては、本展示はジオドクトルコース(住田ほか, 2010)の1課題として登録したので、クイズ形式で展示内容の理解を深めることを目的とした「フィールドノート」を準備し、当日配布した(第3図)。フィールドノートの設問は5問で、そのうち4問はポスター展示内容を問うキーワードの穴埋めおよび選択問題とした。これは、ポスターの記述内容の中から、解答が探し出せるもので、参加者からの質問に対しては、まずポスターを良く読み、解答を自ら探し出すことを促した。一方、最後の設問は溶岩流の流下方向を予想させる応用問題で、災害予測図の読図あるいは前節で紹介したデモ実験を通して溶岩流下の特徴を理解していなければ回答できないものにした。これは、この問題を通して参加者と説明者間での会話が進むことを期待したもので、狙いとおおよそうまくいったと思われる。ただ、一点手抜きがあったのは、フィールドノートの設問にはフリガナを付記していたのに対し、ポスターの説明文には施していなかった。この点が、小学校低学年の児童には難しかったようである。

## 7. 最後に

今回の展示では、噴火現象の模擬体験を通して火山体形成過程の理解につなげてもらいたいとの意図を持って、地質ジオラマと溶岩流デモ実験を行った。全般に、今回の実験は子供(小学生)を対象としたものであったが、保護者の方にも楽しんでもらえた。ただし、何人かの子供はスライム本体に興味を持ってしまい、なかなか話を聞いてもらえないという事態もあ

った。しかし、我々の研究分野を理解してもらうためにも、研究成果をわかりやすくした説明をするだけではなく、身近な物を用いて実験を行うことの重要性を改めて感じた。今後は、地質ジオラマにベースマップとして地質図あるいは防災マップを表示しつつ、模擬実験を行うことなど、実験材料の選択を含めての改良が必要と思われる。なお、本文中で用いたQuickTime VRはApple Computer Inc.、PowerPointはMicrosoft Corporation、スタイロフォームはThe Dow Chemical Companyの登録商標である。

## 文 献

- 伊藤順一・土井宣夫(2005):岩手火山地質図、火山地質図(2.5万分の1), no.13, 産総研地質情報センター, 8p.
- 伊藤順一・土井宣夫・星住英夫・工藤 崇・岸本清行(2006):岩手火山地質データベース。数値地質図 V-1, 産総研地質情報センター, CD-ROM版。
- 岩手火山災害対策検討委員会監修(1998):岩手山火山防災マップ。建設省東北建設局岩手工事事務所, 岩手県, 盛岡市, 雫石町, 西根町, 滝沢村, 松尾村, 玉山村 発行。
- 日本薬局方解説書編集委員会(2006):第十五改正 日本薬局方解説書。廣川書店, 8000p.
- 大熊茂雄・中塚 正・森尻理恵・高倉伸一(2008):岩手火山地域高分解能空中磁気異常図。空中磁気図 no.44, 産総研地質情報センター。
- 住田達哉・伊藤順一・名和一成・宮地良典・七山 太・高田 亮・伊藤 忍・吉川秀樹・大和田 朗・佐藤卓見・福田和幸・中澤都子・今泉博之・今西和俊(2010):産総研一般公開, 地質分野有志企画「ジオドクトル 2009」コース, 地質ニュース, no.671, 8-12.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F.(1991): Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU, 72, 441.

ITO Jun'ichi, NISHIKI Kuniaki and SHIBAHARA Akihiko (2010): Geoinformation exhibition used by geologic diorama.

<受付:2010年5月17日>