

## 新しい箱根地質立体模型

萬年一剛 (神奈川県温泉地学研究所)

### はじめに

当所の 1 階には展示コーナーがあり、その真ん中にこれまで箱根の地質立体模型が展示されてきました。この地質立体模型は、縦 618mm、横 567mm で、等高線ごとに切り抜かれた薄い木の板を積み重ねて作った立体地形模型上に、久野久先生 (元東京大学名誉教授) が作成した地質図を彩色したものでした。物品管理簿や 30 周年誌 (温泉地学研究所、1992) によれば、昭和 36 年、つまり当所の設置された年に製作されたようです。この模型は旧庁舎でもガラスケースに収めた形で展示されていましたが、1995 (平成 7) 年に現在の庁舎に移ってからは、地質標本や大木靖衛元所長のイラストとともに専用台に載って展示に供されてきました (写真 1)。

この模型は、古いながらも良くできていて、特に傷んでいるわけではありませんでした。しかしながら、近年、箱根火山の地質図が大幅に改訂されたことをうけて、展示の解説をする際に支障が出てくるようになりました。たとえば、久野先生は箱根の古期外輪山が富士山のような単一の大成層火山であると考えていましたが、最近の研究ではこれが複数の中小規模の成層火山からなることが明らかになり、これまでのように古期外輪山をほぼ一色で表現するわけにはいかなくなりました。また、久野先生は、早川の河床に湯ヶ



写真 1 更新前の地質立体模型展示。

島層群が露出しているとしてきましたが、最近の研究では湯ヶ島層群は露出していないという考えの方が優勢になりました。

こうした箱根火山の地質研究の新しい到達点を展示に反映すべく、新しい地質模型の製作を企画し、所内の理解を得て実行に移すことが出来ました。ここでは、新しい地質模型の製作過程と今後の課題について備忘録的に書き留めておきたいと思います。

### 新しい地質模型の課題

新しい地質模型は、日本地質学会国立公園地質リーフレット作成委員会が作成した地質図を基本としました。この地質図は最新の研究を盛り込んでいる上、彩色も大変良くでき

ているのですが、立体地質図にした際には大きな問題が生じることがわかりました。それは新しい地質図では、表示する地質単元が 52 個と、旧模型に比べ 12 個ほど増えたことです。前の地質模型も色の数が多いため、違う地質単元でありながら、似通った色で表現せざるを得ないところができて、誤解を招くような場面がありました。しかし、この上 12 個も増えると、視認性の良い塗り分けをするのがほとんど不可能になりました。

紙ベースの地質図では、地図上に細かい字で地質単元を示すアルファベット (たとえば、中央火口丘だったら CC などと書く) を載せることが出来るほか、地紋とよばれる模様をつけることが出来るので、地質単

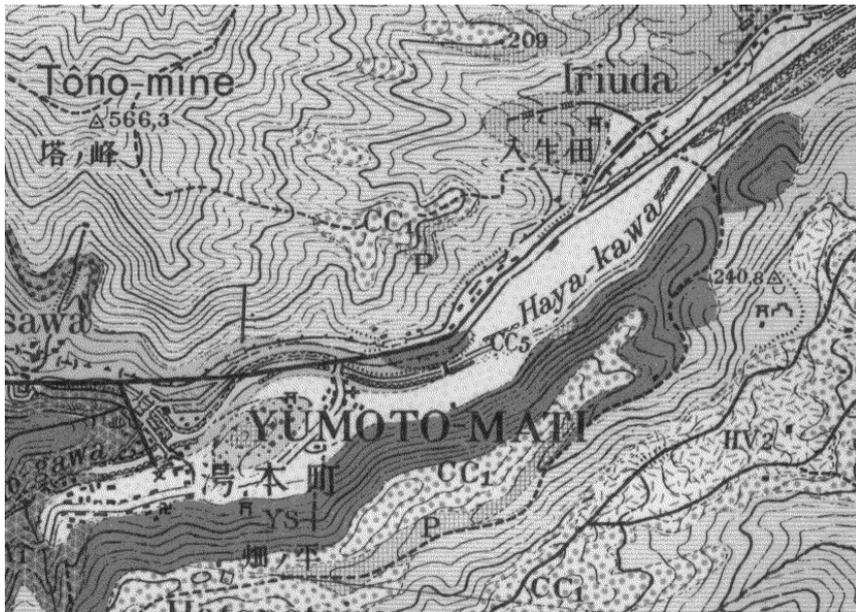


図1 地質図の例 (久野、1972)

元がかなり多くなっても掲載することはできます(図1)。しかし、地質立体模型はあくまで一般の方向けですので、アルファベットで細かい地質単元を表現しても、それが箱根の地質理解という本来の目的に照らして有効な方法なのか疑問が残りますし、地紋をつけるのは技術的に困難です。こうした点を考慮すると、従来のように地質立体模型上に塗料で彩色するのは難しいという判断に到り、新模型は全く異なる技術を試そうということになりました。そこで、新しい技術をいろいろ勉強して、業者の方をお呼びして話を伺いました。

### 3D プリンター

候補としてかなり真剣に検討したのは、3D(3次元)プリンターによる立体模型上への印刷です。調べてみると、インクジェットプリンターでの印刷と言うことでしたので、地紋を印刷したり、アルファベットが印刷出来そうです。更に、地質の塗色を半透明にし、地形図を地とする表現も可能となりそうです。地質図はよく見ていただけるとわかります

が、地質の範囲を塗りつぶしているわけではなく、かならず塗りは半透明になっていて、元になっている地形図もみえるようになっています。こうしていないと、ある地質の覆う範囲や境界を認識できなくなってしまう。しかし、従来の塗色型地質立体模型では地形図を書いてから、半透明に色を塗ると言うことは不可能なので、2次元の地質図で当たり前の表現が出来ないのです。

これは有望だというわけで、業者さんをお呼びしました。業者さんは、地質図を3Dプリンターで作るのは初めてだが、基本的には可能だと請け合ってくれました。大いに期待が高まったのですが、持ってきてくれたサンプルをみてがっかりしました。というのは、3Dプリンターは発色が悪く、どことなくすんだ色になってしまうこと、また解像度が意外に悪いので、地形図を表現することはちょっと難しいことがわかったのです。3Dプリンターの解像度は450dpiと、一昔前のプリンターのことを考えればそんなに悪くないのですが、印刷する相手が紙ではなく、石膏パウダーなのが問題なの

でしょう。色が何となくくすむのも、インクそのものより印刷する対象に原因がありそうです。

そのようなわけで、3Dプリンターは候補から漏れることになりました。ただ、3Dプリンターは立体地質図に全くむかない手法かというところでもないと思います。今回は地図の縮尺が約5万分の1でしたが、たとえば数十分の1とか、数百分の1と言った大縮尺の立体模型では、表現すべき地質単元が数個程度になる一方、人間が容易に認識できる建物や道路などがかなり大きく表現できるので、航空写真と地質図を組み合わせるなど、全く新しい表現が可能になるはずでした。

解像度が低いという欠点を解消する技術を持ってこられた業者さんもあります。この業者さんの手法は、特殊なフィルムに地質図を印刷し、それを立体模型にかぶせるというものでした。これもなかなか有望だと思ったのですが、見本を見ると、解像度はやはり今ひとつな上、発色も思ったほどよくなく、採用を見送りました。

### 投影式に落ち着く

期待していた3Dプリンターが挫折して、がっかりしていたところで巡り会ったのが、投影式地質立体模型です。投影式とは、白い地質立体模型上に液晶プロジェクターで画像を投影するという、至極簡単なものです(図2)。この方法の利点は、表示内容が自由に変更できるので、地質図だけでなく、衛星写真や地形図、地震の震源分布なども表現することが可能です。液晶プロジェクターは、画素数が最大で1024×768なので、縦横60センチ前後の模型ですと、一画素の大きさは1mm弱と、解像度はあまり高くありません。しかし、目に見える鮮やかさはダン

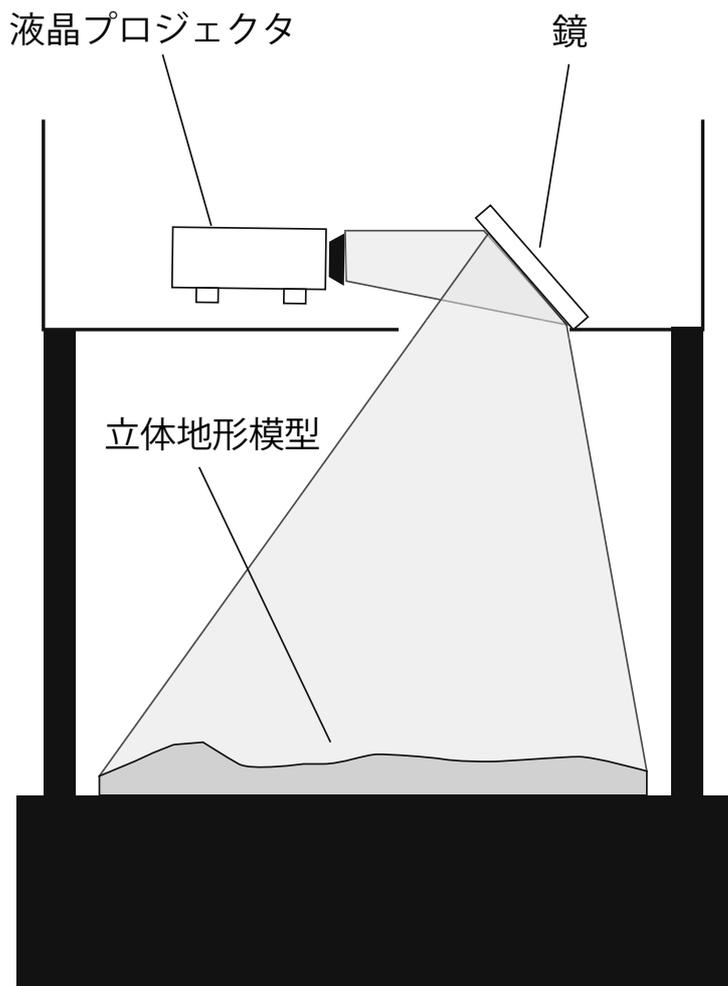


図2 投影式地質立体模型の概念図

トツです。

先にあげた、立体地質図の地質単元が多すぎるという問題もある程度クリアできます。たとえば、地質を画面以上に年代順で配置して、見学者が選択したものだけ投影するという事も可能だからです。

#### 製作会社の選定

投影式の立体模型は、原理が簡単なので、立体地形図を作っている会社であれば多くが「作成は可能です」と言ってきました。しかし、紙の地質図をスキャンしてそのまま投影すればよいと言うものではありません。液晶プロジェクタの解像度が印刷物に比べて圧倒的に低いため、地質図をスキャンして投影させても、

境界線や輪郭が消えたり、見えにくくなるためです。紙の地質図を一旦、美しく表示できるようなデータに作り直さなくてはならないのです。

業者に聞くと、航空写真や衛星写真を投影することはあっても、地質図を投影したことはないと言います。また、地質図を投影するためにデータを作り直すのは結構金額が張るうえ、校正が大変だと言うことでした。地質図のデータに関しては、筆者が個人の研究用としてすでに GIS の形式に変換していたので、これを利用すれば、あらたにデータを作らなくても出来るはずなのですが、GIS を扱ったことがないという業者がほとんどでした。

GIS は、地理情報システム

(Geographical Information System) のことです。GIS とは、地図上の点 (例えば山頂やマンホールなど)、線 (例えば道路や川など)、ポリゴン (多角形のこと、例えば敷地や畑など) の座標とその属性 (たとえば線だったら、「国道1号線」であるとか、「酒匂川」であるとか) をコンピュータ上に格納して、検索や解析を容易にするシステムの事です。

最近では GIS の一種ともいえる無料ソフト、Google Earth などの登場で、以前よりは一般の人にも手が届くようになってきましたが、使いこなせる技術を持つ業者はいまでも多くありません。そこで、GIS の取扱になれており、投影型立体地形模型をすでに製品化している業者2社を探し出しました。発注は他の物品と合わせてリース会社の入札によってままりました。

#### 作成

模型の製作は、立体地形模型、投影装置、投影内容の3つに分かれます。まず、立体地形模型の方から解説します。新しい地質立体模型は、古い地質模型を入れ替える形で設置することにしましたが、古い模型と同一サイズにしたとき、模型が白く塗られているためやや圧迫感があると判断されました。こうした美的な検討から、サイズは縦 569.51mm、横 532.98mm とやや小さくなりました。模型の範囲は左上が北緯 35 度 21 分 10.0744 秒、東経 138 度 54 分 18.1334 秒、右下が北緯 35 度 7 分 34.8277 秒、東経 139 度 10 分 3.1927 秒で、縮尺は 45000 分の 1 です。この範囲は、古い模型よりも小さい範囲ですが、これは元となった地質図の範囲が久野先生のものより小さいためです。

立体模型の素材は石膏ですが、NC 旋盤をつかって掘り出していく

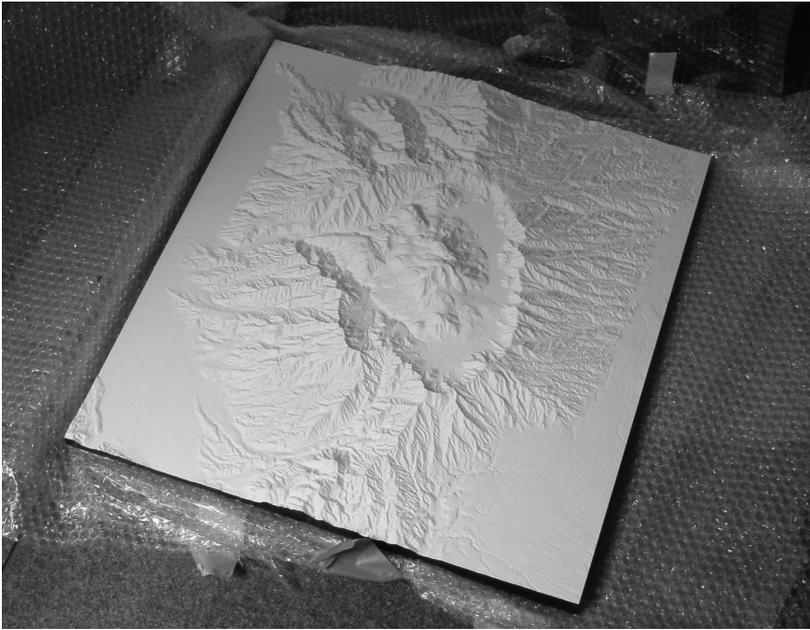


写真2 設置する前の地質立体模型（南南西からみたところ）。地形が細かいところまで表現されている。



写真3 更新後の地質立体模型展示。

ことで地形を作り出しました（写真2）。NC旋盤のNCとは数値制御のことで、予め入力したデータを元にコンピュータが刃のあたる位置を移動させながら自動的に切削を進めることが出来る機械です。入力に使ったデータは北海道地図株式会社製の10mメッシュ地形データ「GISMAP」です。

立体模型を載せる展示台は再利用していますが、投影用の機材を収納するため、展示台に柱を立ててその上に投影装置を設置する台を置きました。また、地質立体模型の周りの解説パネルや、岩石標本の台も一新しました（写真3）。

投影装置は普通に売っている液晶プロジェクタですが、本体の電源スイッチを操作せず、コンセントの電源を遮断しても問題なく終了できるタイプのものを選んでもらいました。液晶プロジェクタに投影する内容は、Windowsパソコンで制御しますが、制御に使うソフトウェアはAdobe Flashをベースに開発されたものです。

投影内容は、GIS化された地質図、国土地理院の数値地図（地図画像5万分の1）、赤色立体地図、衛星画像（神奈川県立生命の星・地球博物館提供）、温泉分布図、震源分布図などで、これらをタッチパネル式の液晶モニターからコントロール出来るようにしました（写真4）。

#### データ整備

投影データのうち、地質図は前述の通り前に作成していたGISデータを用いました。このデータは、地質図を作った長井雅史氏（独立行政法人防災科学技術センター）から提供を受けた画像を、筆者がGISソフトウェア「MapInfo」上でデジタル化し、ポリゴン化したものです。これを、業者に提供し、業者側では



写真4 「箱根火山の歴史」のタッチパネル画面解説

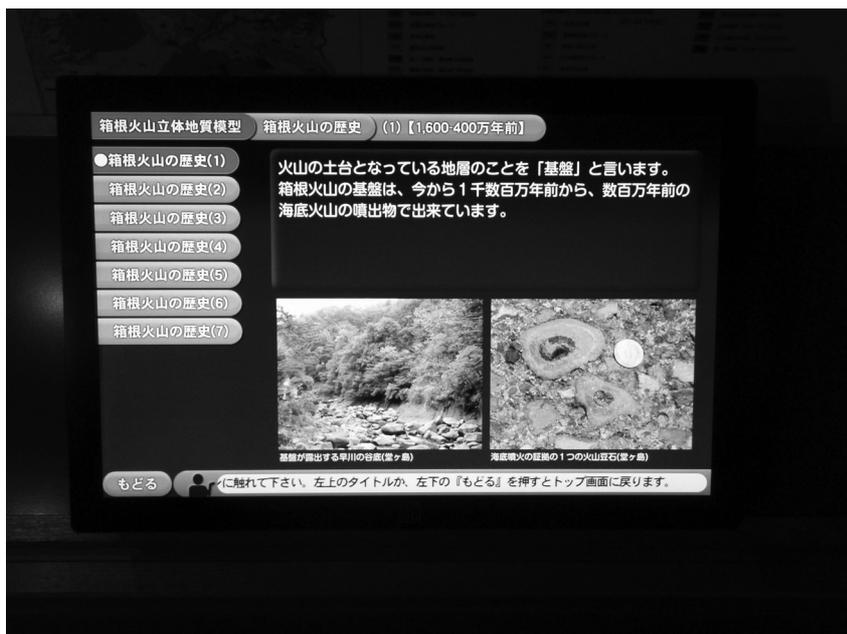


写真5 「箱根地質案内」のタッチパネル画面と投影の様子。

このデータを AutoDesk 上で DXF 形式に書き出し、これを Adobe Illustrator で読み取って色つけなどの編集を施したあと、Adobe Flash に持って行きました。

震源分布は当所の行竹技師が作成した 2001 年の地震リスト、温泉の分布は KOGMa 計画で整備したもの（万年ほか、2009）を用いました。また、赤色立体地図は別の事業で 3 年ほど前に作成したデータをもとに、衛星写真は神奈川県立生命の星・地球博物館の新井田秀一学芸員に各種補正を施したものを作成していただきました。

### 投影メニュー

今回の作成で特に力を入れたのが、メニュー部分です。見学対応など投影内容を選択するためのもので、私がよく使うのは「箱根地質案内」で、ここでは、年代別の溶岩分布や、温泉井戸の分布、断層の分布、震源の分布などを自由に投影できます（写真4）。温泉井戸、断層、震源の分布は、バックグラウンドとして地質図、衛星写真、赤色立体地図を自由に選んで表示することが出来ます。このため温泉井戸が湯本や強羅に集中していることや、集中している箇所の地質が良く理解できます。「すこし箱根のことは勉強した」という方には、お勧めです。

一方、個人でみえた方が箱根を知りたいという場合には、「箱根火山の歴史」、「箱根の温泉」、「箱根の地震」、「火山防災対策」を興味に応じて選んでいただくのが良いと思います。どの項目も 10 枚前後の投影内容があり、タッチパネル上の解説を参照しながら、地形図上の投影を見ることで、それぞれの内容を良く理解できるようになっています（写真5）。

## 反省点

おかげさまで大変すばらしい装置が導入されました。課題も多少残っています。一番言われるのは、内容がマニアックすぎるのではないかというお話しです。たしかに、当所や他の研究者の最新の知見をふんだんに盛り込んでいるので、内容は多少ハイレベルです。ただ、当所は博物館のような教育施設ではないので、なかなか到らないところがあるというのをご勘弁願いたいと思います。予算の都合上出来ませんでした、ナレーションがあれば多少わかりやすくなるかなと思います。これは今後の課題といえます。

現在、この装置の電源コントロールは管理課事務室で行っています。基本的には、来庁者があるとスイッチをオンにして、いなくなったらオフにしています。当所は、ひっきりなしに来庁者が来るわけではないのでそのような対応になっていますが、ごくたまに、来庁者に気づかない場合もあり、押しボタンなどで来館者が起動できるシステムだとさらによいと思われます。

## 投影型立体地図の将来

今回は一般向け展示用の立体模型でしたが、これは防災業務でも使えると思いました。先ほどデータ整備の項で述べたとおり、投影に用いることの出来るデータは、GIS化されています。今は、投影するのに様々なデータ変換をしていますが、GISデータをそのまま載せることが出来れば、火山噴火や地震が発生した際、被害区域や震源をリアルタイムで投影して、今後の被害拡大予想や住民の避難計画立案がより直感的に出来るものと思われます。平面的な地図だと、地形を直感的に把握するには訓練がいりますが、立体模型上に投影すれば、訓練していない人や、土地勘がない人でもより正しい判断が可能になると思います。

現在、消防や警察をはじめとする防災担当の部局ではGISの利用が急速に進展しており、被害箇所を簡単に登録して共有できるシステムの開発が進んでいます。たとえば崖崩れが懸念される雨の中、住民を避難させる場合を考えてみましょう。避難場所や道路の寸断箇所をGISで把握することは、現在でも出来ませんが平面地図上では、どのルートを通ると安全か、土地勘がないと難しいです。

しかし、立体地図上に投影できたら、崖崩れが起きにくい避難ルートを迅速且つ直感的に考え出すことが出来るのではないのでしょうか。

## 謝辞

日本地質学会には、同会の出版物の転載利用許可を頂きました。また、防災科学技術研究所の長井雅史研究員には、元図の電子ファイルをご提供いただきました。神奈川県立生命の星・地球博物館および同館の新井田秀一学芸員には、衛星画像を編集して提供していただきました。また、新展示を作成するにあたって早稲田大学図書館のご協力を頂きました。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 久野久（1972）箱根火山地質図、大久保書店。  
萬年一剛・小田原啓・菊川城司・代田寧・板寺一洋（2009）温泉利用施設の意識調査—アンケート結果から、観測だより、59、25-38。  
温泉地学研究所（1992）温泉地学研究所三十年のあゆみ、温地研報告、23、1-316。