

九州の地熱発電開発地域の地質鳥瞰図 -山と風景のGISソフト「カシミール3D」による作図例

茂野 博¹⁾

1. はじめに

地図は、一般的には標高の等高線図や地形の陰影図などを背景として、対象となる事象(例えば、一般図では行政区・道路、主題図では地質分布・人口密度分布など)を水平2次元平面に縮小表示したものである。一方、鳥瞰図と呼ばれる(展望図、俯瞰図などとも呼ばれる)ものは、ある地点・高度から見た地形や事象を3次元的に表示するもので、最も効果的な視点からの最も理解し易い表現が可能となる。本説では、以下に鳥瞰図の作成をカメラ写真の撮影に例えるが、撮影地点・高度などを経時変化させてビデオ映像のように表現する飛行鳥瞰図、遊覧図、ムービー、アニメーションなどと呼ばれる手法もある。

鳥瞰図的な空間3次元表示(地表面のみのため2.5次元表示と呼ばれる場合も多い)の電子地質図については、例えば日本列島の地質編集委員会(1996)によりカラーで分かり易いものが多数示されている。また、インターネット・WWWで地質調査総合センターのホームページから、「日本の第四紀火山」の地質陰影図(立体地質図)として有珠、雲仙など24の火山が現在閲覧可能である(URLは、http://www.aist.go.jp/RIODB/strata/VOL_JP/shadow1.htm; RIO-DBの「地層・岩体・火山」事典)の中、地質調査総合センター(2002)のCD-ROM版の「富士火山地質図」では、より体系的に撮影方向を変えたものを見ることができる。

本説では、上記のような空間2.5次元表示の地質図を「地質鳥瞰図」と呼ぶが、これを電子的に作成するためには、地形(標高)分布と地質分布に関する電子データとともに、その作成機能を持つソフト

ウェア(以下ソフトと略記する)が必要である。このようなソフトには、従来より汎用の地理情報システム(以下GISと略記する)ソフト(例えば、MicroImages社のTNTmips)、特定用GISソフト(例えば、(財)日本地図センター販売のラスター+3D)、3次元可視化ソフト(例えば、竹野, 1998, 2001a, 2001b)などの分野で様々なものがあるが、処理可能なデータの種類、ソフトの機能、操作性、価格などについて色々な問題があった。このため、電子的な地質鳥瞰図の作成は現在までそれほど一般的ではなかった。

しかし、近年日本で山岳地形の鳥瞰図・展望図(ムービーなどを含めて)の作成を目的とした高機能、多機能、良操作性、低価格のGISソフトが、広く普及するようになってきた。このようなソフトを上手く利用することにより、各種の地質鳥瞰図を非常に簡単に、また高い自由度で(自作の地質図などについても)作成することが可能である。

本説では、この分野で人気の高い地図ソフト「カシミール3D」(杉本, 2002)を利用して、九州の地熱地域について4枚の地質鳥瞰図を試作した方法と結果を紹介する。本説が、地質学を始め幅広い地球科学・工学分野において、電子地理情報とGISに関わっている方々や関心をお持ちの方々に何らかの参考となれば幸いです。なお、本説で取り上げた会社名・商品名などについては、筆者は必ずしもその利用を推奨するものではないことをお断りします。また、市販の数値地図、地質図・電子地質図などには通常著作権などが設定されていますので、それらを使用した地質鳥瞰図の公表に当たってはその点に留意する必要があることを付記します。

1) 産総研 地図資源環境研究部門

キーワード: 地質図, 鳥瞰図, 3D, 電子地理情報, GIS, 標高, 地熱, 火山, 九州

2. 今回の地質鳥瞰図の作成方法

2.1 使用ソフト

今回使用した「カシミール3D」は、杉本智彦氏によってフリーウェアとして1994年から一般提供され、機能の改良・拡張が続けられている地図ソフトである(基本ソフトはMicrosoft社のWindows系にのみ対応; 名称の「カシミール」は「可視マップ」を「見る」に由来)。杉本(2002)の単行本(第1図)の購入や「カシミール3D」のWWWホームページ(<http://www.kashmir3d.com/>)からのダウンロードにより、非常に低価格～無料でソフトの利用が可能となる。その主な機能は、地図画像・標高メッシュの統合平面図の表示、地形断面図の作成、鳥瞰図・展望図(ムービーを含む)の作成、風景画の作成、登山ルート図・地名の作成、GPSデータの利用など多岐に渡っている。特殊機能がプラグインの形で供給されるなど、無料(一部有料)の多種多様なソフト・データ・使用作品・情報などの提供が、WWWを通じてあるいは関連雑誌の付録などの形で行われている。

「カシミール3D」では、基本的に(1)メッシュ形式の地形データ(標高分布データ(DEM)、以下標高データと略記する)と(2)画像形式の地図データの

2種類の電子地理情報を統合的に管理(MATファイル形式)して、平面地図(地形陰影図など)を主ウインドウに作成する。この地図画像を参照しながら、「カシバード」と名付けられた別ウインドウを使用する一群の展望写真の作成機能により、撮影点の位置・高度の指定、カメラの方向・焦点距離・特性の指定、環境条件(太陽の位置、気象条件、色調条件など)の指定などを通じて、鳥瞰図を効率的に作成することができる。上記(2)の地図データとして地質図画像を用いれば、地質鳥瞰図ができることとなる。

「カシミール3D」の機能・操作法などについては、上記の杉本(2002)、WWWホームページなどにより分かり易く説明されているので、本説では大部分省略する。なお、画像形式の地質図・地質鳥瞰図の前後処理、印刷などには、グラフィックスソフトのペイント系としてAdobe社のPhotoshopを使用した(一部、同じくドロー系として、同社のIllustratorを用いた)。

2.2 使用データ

今回、地質鳥瞰図を作成するために、以下のデータを使用した。

- (1)メッシュ形式の標高データについては、国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)データを使用した。なお、杉本(2002)のCD-ROMには編集・加工された同データが付属しており、「カシミール3D」のインストール時にソフトとともにパソコンへコピーして、個人的な範囲で利用することが可能である。
- (2)画像形式の地質データについては、地質調査所(現地質調査総合センター)発行の以下の3種類のデータを編集して利用した。
 - 1)「100万分の1日本地質図第3版CD-ROM版」(地質調査所, 1995)の画像(TIFF)形式のデータセット(20万分の1地勢図をファイル単位とする)から、九州の地質図画像18(3×6)枚をグラフィックスソフトで張り合わせて調整したもの。
 - 2)「20万分の1地質図幅集(画像)」(地質調査所, 1999)のCD-ROM(JPEG形式)から、「鹿児島」(宇都ほか, 1997)の北東端の16分の1区画(5万分の1地形図「霧島山」相当地域)



第1図 杉本(2002)による「カシミール3D」のガイドブックの表紙。

をグラフィックスソフトで切り出して調整したもの。

- 3) 5万分の1地質図幅「宮原」(鎌田, 1997)について、北東部の約3分の1(A4判縦1枚分)をカラーキャナーで読み込み、グラフィックスソフトで調整したもの。

2.3 処理の流れ

今回作成した4枚の地質鳥瞰図の処理の流れは共通であり、概略以下のように大きく3つの過程に分けられる。

(1) 地質図画像データの準備からMAT形式統合ファイルの作成。

- 1) グラフィックスソフトを用いて地質図画像について必要な部分を取り出し、必要に応じて加工して、8ビットのビットマップ(BMP)形式で名前を付けて保存する。
- 2) 「カシミール3D」を起動して、プルダウンメニューから、[ファイル]-[開く]-[地図]を選んで[新しい地図を開く]を選択する。上記の画像ファイル名を指定し、地図情報の設定画面に従って位置が明確な2点以上(標準は地図画像の左上と右下)の緯度・経度を指定して、[作成]ボタンを押す。
- 3) 上記に引き続いて、プルダウンメニューから[編集]-[標高データを重ねる(MATの作成)]を選び、対話的に標高データ(国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高))を指定して、MAT形式の統合ファイルを作成し名前を付けて保存する。

(2) 「カシミール3D」-「カシバード」による地質鳥瞰図の作成。

- 1) 「カシミール3D」を起動し、プルダウンメニューから[ファイル]-[地図を開く]により、上記のMAT形式ファイル(標高データ+地図画像)を指定する(上記(1)から続けた作業の場合は必要ない)。「カシミール3D」の主ウィンドウに表示される標高・地質の統合平面図(地形陰影付き地質図)を用いて、以下「カシミール3D」の標準的な操作を行う。
- 2) プルダウンメニューから[3D]-[カシバード]を選んで、「カシバード」の独立したウィンドウを開く。2つのウィンドウと「カシバード」の操作

パネルを用いて、撮影点の位置・対地高度の指定、撮影距離範囲の指定、カメラの方向・焦点距離・特性の指定、環境条件(太陽の位置、気象条件、風景色調など)の指定などを行い、地形鳥瞰図(テスト)および地質鳥瞰図(本番)を表示する。

- 3) 上記2)の作業を繰り返し、目的を満足する地質鳥瞰図を画像ファイル(BMP形式)として名前を付けて保存する。

(3) グラフィックスソフトによる地質鳥瞰図の編集・印刷。

グラフィックスソフトで上記の画像ファイルを開き、必要に応じて記号・地名の加筆編集や画像調整などを行って、最終的に地質鳥瞰図を印刷・保存する。

3. 九州の地熱発電開発地域の地質鳥瞰図の作成例

3.1 概要

今回、九州の地熱発電開発地域について周辺の地質環境を分かり易く表示する目的で、上述した手法により4枚の地質鳥瞰図を作成した。第1表には、これらの地質鳥瞰図について、地域名、使用地質図、鳥瞰図の撮影位置・高度、カメラの焦点距離、概略の撮影範囲、図中の地熱発電所名などを整理した。なお、垂直方向の拡大・強調処理、遠景の霞化処理などは行っていない。各地質鳥瞰図および原地質図について地質凡例などは添付しなかったため、必要に応じて原典を参照して頂きたい。

第1表 「カシミール3D」で作成した今回の地質鳥瞰図の仕様一覧表。

図番号	地域名	使用地質図	撮影位置 (上空)	撮影高度 (km)	焦点距離 (mm)	撮影範囲 奥行き×幅 (km×km)
(既存の地熱発電所名) (撮影位置の概略の緯度・経度)						
第3図	九州 中東部	第2図	両子山	約12	35	約350×約200
(杉乃井・滝上・大岳・八丁原・岳の湯) (33° 34' 50" N, 131° 36' 12" E)						
第5図	九重火山 西部	第4図	涌蓋山 北西	約4	35	約15×約15
(大岳・八丁原) (33° 10' 04" N, 131° 08' 03" E)						
第6図	九州南部	第2図	竹島	約9	85	約300×約100
(山川・霧島国際ホテル・大霧) (30° 48' 30" N, 130° 25' 45" E)						
第8図	霧島火山	第7図	霧島火 山南西	約12	28	約20×約20
(大霧・霧島国際ホテル) (31° 50' 04" N, 130° 45' 03" E)						

第2表 九州の地熱発電所の概要一覧表(日本地熱調査会(2000)に基づく)。

発電所名	所在地	発電会社・蒸気供給会社 (同一の場合まとめて表記)	ユニット数 (台)	設備容量 (kWe)	運転開始年	発電目的
杉乃井	大分県別府市	(株)杉乃井ホテル	1	3,000	1981	自家用
滝上	大分県九重町	九州電力(株)・出光大分地熱(株)	1	25,000	1996	事業用
大岳	大分県九重町	九州電力(株)	1	13,000	1967	事業用
八丁原	大分県九重町	九州電力(株)	2 (1,2号)	55,000	1977 1990	事業用 事業用
岳の湯	熊本県小国町	廣瀬商事(株)	1	200	1991	自家用
大霧	鹿児島県牧園町 および楽野町	九州電力(株)・日鉄鹿児島地熱(株)	1	30,000	1996	事業用
霧島国際ホテル	鹿児島県牧園町	大和紡観光(株)	1	100	1984	自家用
山川	鹿児島県山川町	九州電力(株)・九州地熱(株)	1	30,000	1995	事業用

これらの地質鳥瞰図などの原図はカラーであるが、誌面の都合上グレースケールとなっている。そのため分かり難い点も少なくないが、地形の分布、第四紀完新世の火山体の分布、および両者と地熱発電開発地域との関係などについては、容易に理解されることと思われる。

九州の地質、火山、地熱発電開発などについてはそれぞれ多数の文献があるが、これらのうち九州全体や代表的な地域の概要を分かり易くまとめた最近のものを、以下に参考として若干紹介する。地質分布については、唐木田ほか編(1992)、日本列島の地質編集委員会(1996)などにまとめられている。火山の地質については、高橋・小林編(1999)などにまとめられており、前述した地質調査総合センターのWWWホームページ中の「日本の第四紀火山」などからも各種の情報を得ることができる。地熱発電開発の現状については、日本地熱調査会(2000)などに分かり易く整理されている。第2表には、九州の地熱発電所の概要を日本地熱調査会(2000)に基づいて一覧表として示した。

3.2 九州中東部の火山と5つの地熱発電所

九州の中央部では、大分県別府湾から熊本県北部を通して長崎県橘湾までENE-WSW方向に大規模な地溝(地溝群)が形成されており、その内部と周辺に第四紀の火山岩類が広く分布して、活火山として湯布・鶴見、九重、阿蘇、雲仙の火山体が配列している(第2図参照)。

第3図は、第2図の地質図を用いて国東半島の両子山上空約12km(旅客機の概略の飛行高度)か

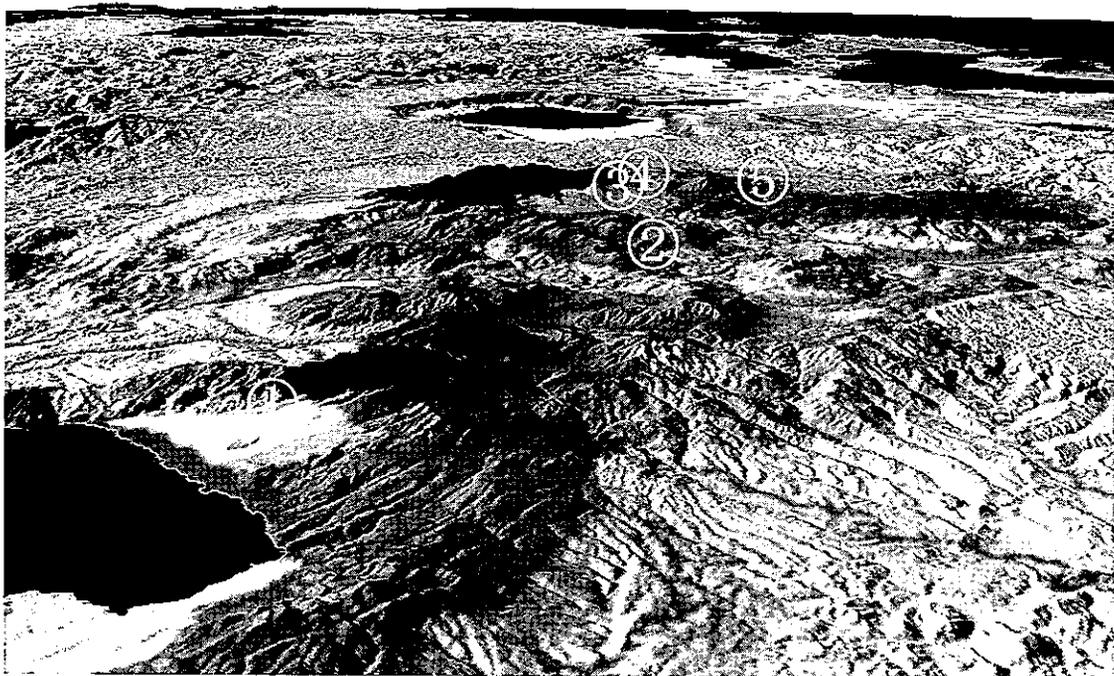


第2図 九州の地質図と第3図・第6図の表示範囲。地質図は、地質調査所(1995)の100万分の1日本地質図の画像データから、九州地方の20万分の1地勢図範囲の18枚(3×6)を張り合わせて、主要な第四紀火山の名称を加えた。2つの大きな三角形は、「カシミール3D」による第3図と第6図の地質鳥瞰図の撮影地点と撮影範囲を示す。

らSW方向を広角に鳥瞰したもので(第1表参照)、上記の4つの活火山体の塊状の分布(暗色)のほか、遠方には九州南部の霧島、桜島、開聞岳、薩摩硫黄島(同じく暗色)などの活火山体も見える。

手前の地溝北縁部などではE-W走向の活断層系に対応する線状地形、奥の大分-熊本構造線以南ではNE-SW方向に配列する先新第三紀の付加体コンプレックス群などが観察される。阿蘇火山とその周辺では、カルデラ地形と火砕流堆積物の広い分布が顕著である。

この地域には、上記の4つの活火山体の周辺な



第3図 大分県国東半島の両子山上空から見た九州中東部の火山・地熱発電所周辺の地質鳥瞰図。地質鳥瞰図の作成は、「カシミール3D」および国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)データと地質調査所(1995)の地質図画像データ(第2図)による。作成条件は、第1表を参照。暗色が第四紀完新世の火山体の分布に相当する。最南方には屋久島などが望める。地熱発電所は、①杉乃井、②滝上、③大岳、④八丁原、⑤岳の湯である(第2表参照)。

どに多数の高温熱水系が発達しており(例えば、茂野・阿部, 1986; 阪口・高橋, 2002), 第3図に示した九州中東部の5地点に現在地熱発電所が存在している(第2表参照)。

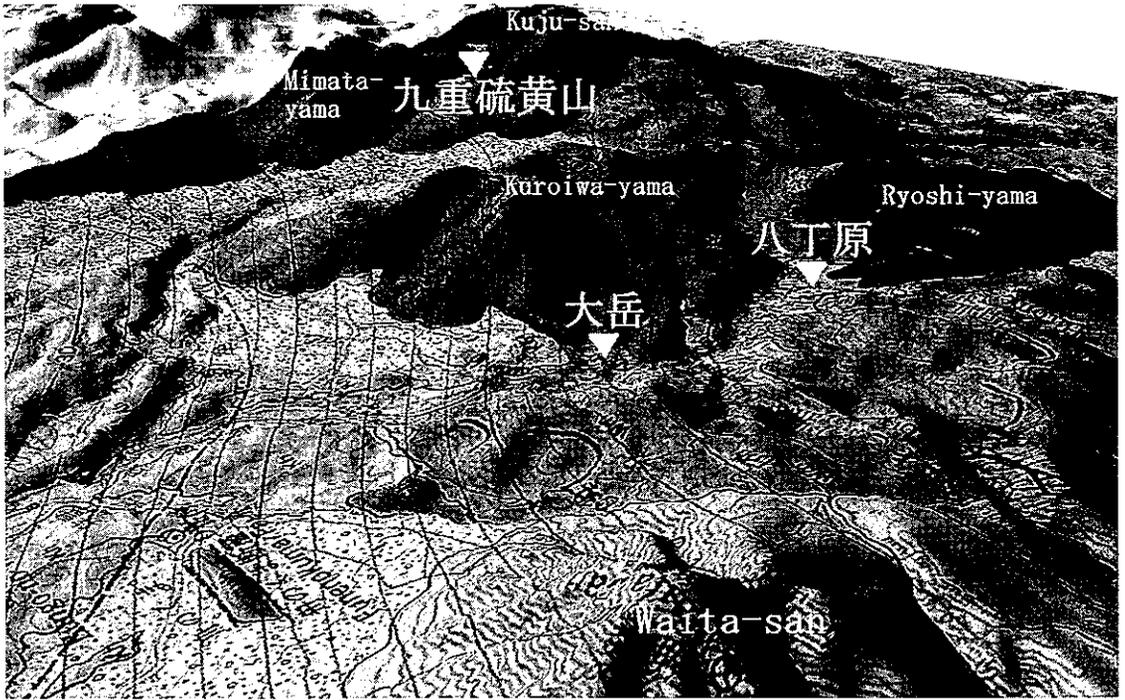
3.3 九重火山西部と大岳・八丁原地熱発電所

大分・熊本県境の九重火山は、主に第四紀後期の安山岩質の溶岩円頂丘が多数集合した火山であり、多数のドーム状地形の分布で特徴付けられる。第4図に、鎌田(1997)による九重火山西部の地質図を示す。

第5図は、第4図を地質鳥瞰図としたもので、大分・熊本県境の涌蓋山のNW方向上空高度約4kmから、SE方向に塊状の涌蓋山、黒岩山、獅師山、三俣山、久住山などを見たものである(第1表参照)。第3図が100万分の1地質図に基づいているのに対して、第5図は5万分の1地質図幅に基づいており、九重火山西部の多数の第四紀後期の火山体～火山岩類が細分されている。第5図の右上(南方)には阿蘇火山からの火砕流堆積物が広く分布



第4図 5万分の1地質図幅「宮原」に基づく第5図の表示範囲。本図は、鎌田(1997)からその北東部分をカラーキャナーで撮った画像データである。線で囲まれる中央～南東の部分は、第5図の地質鳥瞰図の撮影範囲である。



第5図 北西上空から見た九重火山西部および大岳・八丁原地熱発電所周辺の地質鳥瞰図。地質鳥瞰図の作成は、「カシミール3D」および国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)データと鎌田(1997)からカラースキャナーで撮った画像データ(第4図)による。作成条件は、第1表を参照。

するのに対して、左側には九重火山のより新しい飯田火砕流が分布している。なお、第5図ではブーゲー重力異常(仮定密度 = 2.3g/cm^3)の等値線も表示されており、図左側の低異常域に猪牟田カルデラ(更新世前期に形成)の存在が推定されている。

第5図の奥中央、九重火山群のほぼ中央の位置には、九重硫黄山の高温噴気地帯がある(1995-96年には小規模な噴火・噴煙活動)。九重火山群の東部には高温の温泉が存在しないのに対して、西部は多数の高温温泉が分布していることで特徴付けられ、本火山地域地下の熱水系水理構造の不均一性・非等方性を示唆している(例えば、茂野・阿部, 1986)。

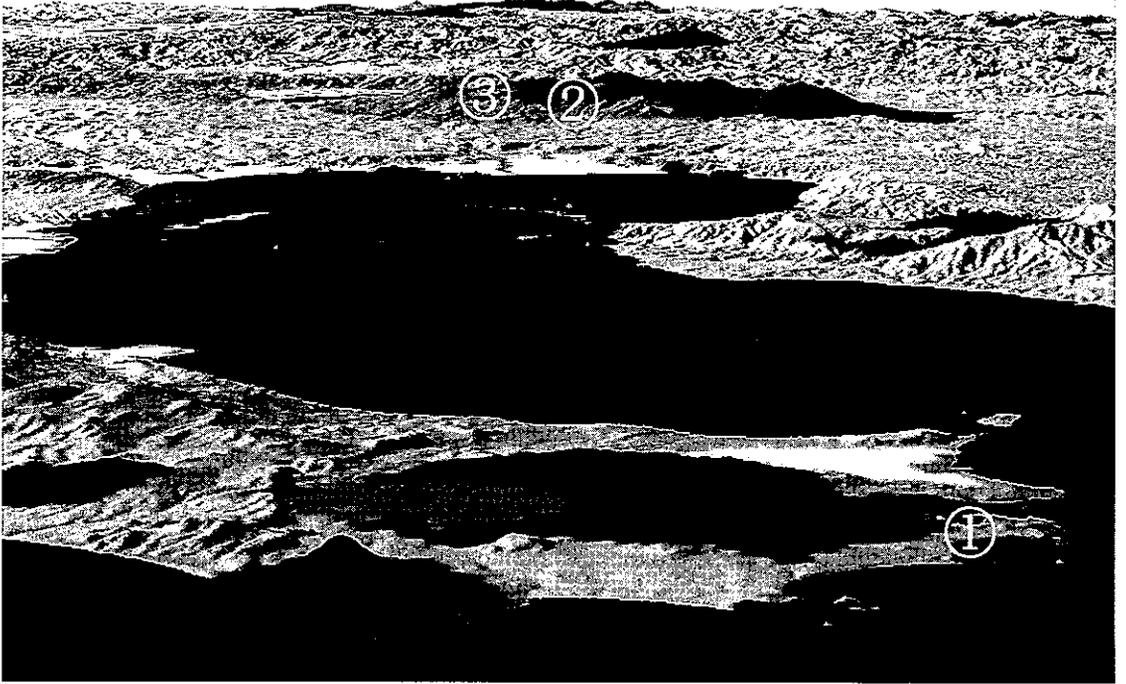
第5図中央の玖珠川沿いの谷では、大岳および八丁原(1・2号)地熱発電所が稼働している(第2表参照)。本地域の高温熱水系は、主にNW-SE走向の新しい断層系によって高温流体の流動・貯留が規制されていると考えられている(例えば、日本地熱調査会, 2000)。残念ながら、鎌田(1997)の地質図(第4図)ではNW-SE走向の新しい断層系は線描されておらず(同方向の白色変質帯の配列は

赤い毛羽状記号で示されている)、第5図は地熱資源の視点からは今後の再検討を必要としている。

3.4 九州南部の火山と3つの地熱発電所

九州の南部では、鹿児島湾とその延長部に全体としてNNE-SSW方向の大規模な地溝(地溝群)が形成されており、その内部と周辺に第四紀の火山岩類が広く分布している(第2図)。地溝内には4個の大規模な第四紀カルデラがあり、活火山として霧島、桜島、開聞岳・池田湖、薩摩硫黄島などの火山体が配列している。

第6図は、第2図の地質図を用いて竹島の上空高度約9kmからNNE方向を望遠で鳥瞰したもので(第1表参照)、手前から奥へ地溝に沿った開聞岳・池田湖、桜島、霧島の3つの活火山群の塊状の分布(暗色)が見える。また、阿多、始良、加久藤のカルデラ地形が観察される。地溝の周辺は第四紀の火砕流堆積物(シラス)に広く覆われるが、先新第三紀の付加体コンプレックス群(四万十累層群)、新第三紀の花崗岩類(暗色)なども地表に出現している。霧島火山の北には、NE-SW走向の



第6図 鹿児島県の竹島上空から見た九州南部の火山・地熱発電所周辺の地質鳥瞰図。地質鳥瞰図の作成は、「カシミール3D」および国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)データと地質調査所(1995)の地質図画像データ(第2図)による。作成条件は、第1表を参照。暗色が第四紀完新世の火山体の分布に相当する。最北方には阿蘇、涌蓋・九重、湯布・鶴見などの火山が望める。地熱発電所は、①山川、②霧島観光ホテル、③大霧である(第2表参照)。

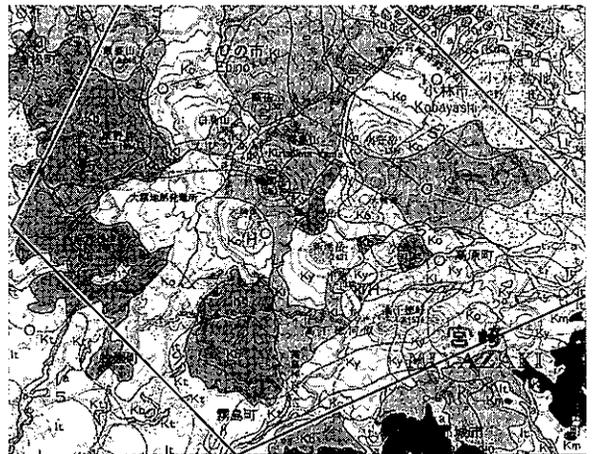
四万十累層群が広く配列し、水平線上には涌蓋・九重、湯布・鶴見などの火山も望める。

この地域にも、活火山体の周辺などに多数の高温熱水系が発達しており(例えば、阪口・高橋, 2002), 第6図に示した3地点に現在地熱発電所が存在している(第2表参照)ほか、新エネルギー・産業技術総合開発機構によって霧島火山周辺で地熱開発促進調査も進められている。

3.5 霧島火山と大霧・霧島国際ホテル地熱発電所

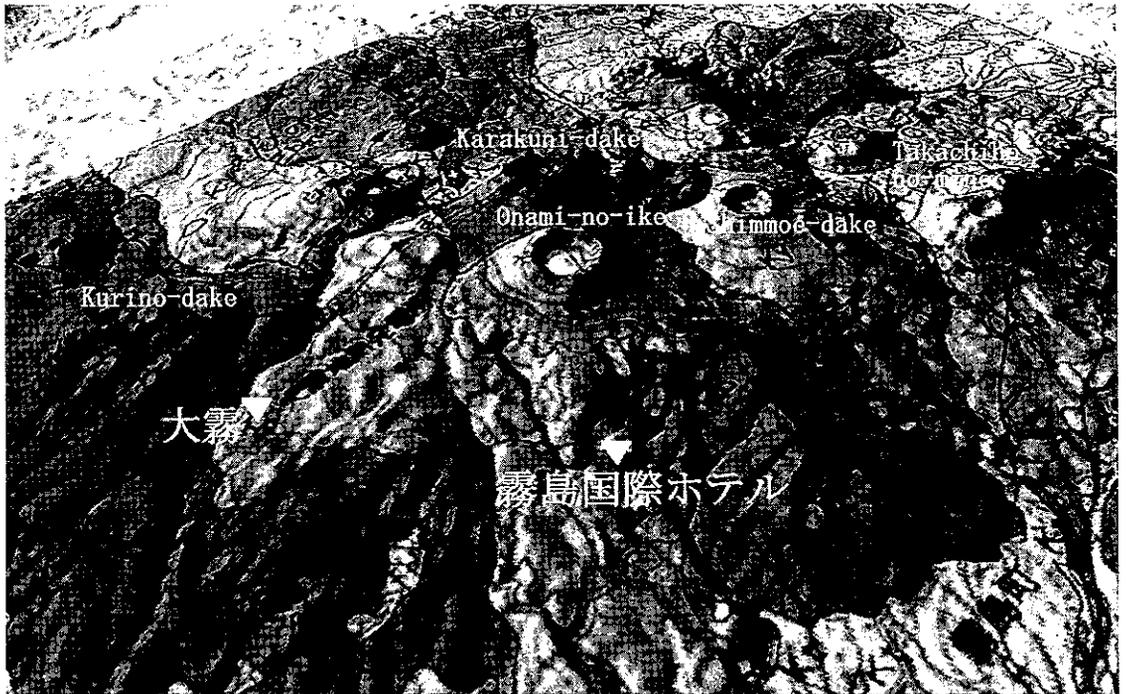
鹿児島・宮崎県境の霧島火山は、主に第四紀後期の安山岩質の成層火山が多数集合した火山であり、多数の円形の山頂火口湖・陥没地形の分布で特徴付けられる。第7図に、地質調査所(2000)のCD-ROMから抽出・加工した20万分の1の霧島火山地域の地質図を示す。

第8図は、第7図を地質鳥瞰図としたもので、SW方向の山麓上空高度約12kmから霧島火山のほぼ全貌(西から東へ栗野岳、韓国岳、大浪池、新燃岳、高千穂峰など)を見おろしたものである(第1表



第7図 20万分の1地質図幅「鹿児島」に基づく第8図の表示範囲。本図は、地質調査所(1999)の「鹿児島」の画像データから、5万分の1地形図「霧島山」の範囲を切り出したものである。線で囲まれる部分は、第8図の地質鳥瞰図の撮影範囲である。

参照)。第6図が100万分の1地質図に基づいているのに対して、第8図は20万分の1地質図に基づい



第8図 南西上空から見た霧島火山および大霧と霧島国際ホテルの地熱発電所周辺の地質鳥瞰図。地質鳥瞰図の作成は、「カシミール3D」および国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)データと地質調査所(1999)から切り出した画像データ(第7図)による。作成条件は、第1表を参照。

ており、霧島火山の多数の第四紀後期の火山体・火山岩類が分類されている。第8図では、ブーゲー重力異常(假定密度 = $2.3\text{g}/\text{cm}^3$)の等値線も粗く表示されており、霧島火山は地溝内で相対的な高異常域となっている。

霧島火山群では、NW-SE方向に配列した複数の火山の山頂火口部(硫黄山、新燃岳、御鉢など)に高温噴気地が存在している。一方、高温温泉の分布は遍在していて霧島火山群の南西側に集中している(例えば、阪口・高橋(2002)を参照)。霧島火山群地下の熱水系水理構造についても、前述した九重火山群のものと類似性を持つ不均一性・非等方性が想定される。

第8図左側では、温泉観光地域から離れて台地上に大霧地熱発電所が稼働している(第2表参照)。本地域の高温熱水系は、主にENE-WSW走向の新しい開口性の正断層系によって高温流体の流動・貯留が規制されていると考えられている(例えば、日本地熱調査会, 2000)。残念ながら、宇都ほか(1997)の地質図(第7図)は小～中縮尺で同方向の新しい断層系は線描されておらず、第8図

は地熱資源の視点からは今後の再検討を必要としている。もう一つの霧島国際ホテルの小規模な自家用地熱発電所(第8図中央、第2表参照)は、大浪池のSW方向の谷沿いに分布する温泉群の中に位置している。

4. 若干の考察

ここでは、上述した4枚の地質鳥瞰図に加えて、いくつかの他地域の地質(および他種類の地球科学情報の)鳥瞰図を試作した経験に基づいて、以下に若干の考察を行う。

4.1 ソフトの問題

今回、九州の地熱発電開発地域の地質鳥瞰図の試作について、「カシミール3D」という特定用GISソフトを利用することにより、非常に容易・迅速にまた低価格で作業を行うことができた。「カシミール3D」は、地質図データと標高データとを統合化するMAT形式ファイルの作成が容易な点、鳥瞰図を作成する「カシバード」が直観的な操作性(飛行機か

らデジタル風景写真を撮る感覚)に優れる点、標高データがソフトに付属して即時に試用可能な点(杉本, 2002)などが大きな長所となっている。しかし、「カシミール3D」は、基本的に電子地図を媒体として山と風景を楽しむことを目的としたソフトであり、地質鳥瞰図の作成の目的では現状では高度な機能に欠ける点(賢沢や勝手に言えば)もある。

具体的には、(1) MATファイルとして直接処理できるのは1枚の画像データのみであり、複数の画像やベクトルデータ(断層、道路など)の処理ができない、(2) 地図を正規化する機能が無い(読み込み用のプラグインが提供されている国土地理院の各種の数値地図(地図画像)などを除く)ために、そのまま地図画像と標高データとを何点かで位置合わせをしてMATファイルを作成しても、地図の投影法などによっては鳥瞰図で地図と標高の分布にずれを生じる場合がある、(3) 鳥瞰図として作成されるものは中心投影図(遠近投影法(perspective projection)による)であり、正射投影図(平行投影法(parallel projection)による)は作成できない、(4) ステレオペア図(特に、アナグリフ(anaglyph)、余色(赤・青)立体図)が作成できないなどの点である。なお、今回の作業で(2)については、地質図が経度-緯度座標系に基づいている(第2図)か、あるいは基づかない場合も原図の一部分のみを使用した(第4図・第7図)ために、鳥瞰図では地形-地質のずれは小さく、それほど大きな問題にはならないと思われる。

より精密なあるいはより多様・高度な地質鳥瞰図の作成には、恐らく現状では汎用・高機能の優れたGISソフトによる正規化処理などを含む一連の作業が必要であろう。しかし、汎用・高機能のGISソフトについては、難操作性、高価格などの問題がある(なお、高価格の汎用GISソフトで、上記の処理が出来ないものもある)。他の電子地理-地球科学情報の管理・処理の場合と同様に、地質鳥瞰図の作成についてもその目的、使用データの特性、予算などによって、最適ソフトの選択が必要であろう。

4.2 電子地質データの問題

今回の電子的な地質鳥瞰図の作成では、地質データとしては地質調査所-地質調査総合センターが提供する小縮尺の画像データ(CD-ROM版)およ

び紙媒体の地質図から小型のカラーキャナーで画像化した中縮尺の画像データを使用した。今後、様々な内容・地域・縮尺の地質図が使い易い形で電子画像データとして整備・提供されるようになれば、目的に応じた内容と精度の地質鳥瞰図などの作成が容易に可能になることが期待される。

従来、地質図およびその電子画像版などについては、国土地理院の地勢図・地形図に準拠して、投影法としてUTM(ユニバーサル横メルカトル法)などが用いられる場合が多かった。UTMでは、長さ・角度・形などの正確さはほぼ保たれるが図幅が矩形にならず、複数図面間の結合には正規化処理を要して作業の効率が悪かった。将来的には、画像形式の中-大縮尺の電子地質図について経度-緯度標系のものも標準的に整備・提供されて、図面の結合とともに地質鳥瞰図の作成なども容易になることが期待される。特に、50mメッシュ形式のより精密な各種データの提供化・利用化が期待される。

標高データに関しては、一部の火山地域について国土地理院により数値地図10mメッシュ(火山標高)がCD-ROM1枚にまとめて提供されている。一方、紙媒体の地質図に関しても、一部の火山地域などについて地質調査所-地質調査総合センターにより2.5万~5万分の1縮尺の火山地質図などの編集図が提供されている。現状では両者が共に提供されている地域は非常に限られており媒体や費用などの問題もあるが、将来的には高精度の地質鳥瞰図が多く火山-地熱地域などについて自由に作成可能となることが期待される。

4.3 地質鳥瞰図作成の工夫など

通常の地表の地質平面分布図に比較して、地質鳥瞰図は対象のより良い理解を目的として、特定の視点からの特定の構図によって立体的で分かり易い(科学的+芸術的でより印象深い)表現を行う手法と考えられる。その目的で、使用する地質図の仕様、撮影点の位置・高度、撮影の方向・焦点距離、光源位置・色調、画像の緻密度など様々な検討・選定が必要となる。今回の4枚の地質鳥瞰図の作成作業などでは、各々数回~10回以上の試行錯誤が必要であったが、それでも得られた結果は最善(目的に沿って)とは言い切れない。「カシミ-

ル3D」などによる地質鳥瞰図などの作成には、上記に加えて以下のように様々な工夫の可能性があり、その将来の発展が期待される。

- (1) 奥行きが深い地質鳥瞰図などを作成する場合、表示内容が近景では粗すぎ、遠景では細かすぎることが生じる(例えば、第6図)。このような場合には、大縮尺と小縮尺の電子地質図を用い、最初の地質図画像の調整の段階で両者を縮小・拡大して1枚の平面地質図を合成し、これを利用するような手法が効果的である可能性がある。
- (2) 上記のような問題については、逆に最終段階で地質鳥瞰図などの画像にグラフィックスソフトを用いて加筆・修正などをオーバーレイする手法も有効と思われる。なお、今回の作図では火山・地熱発電所に記号・名称などを加筆するに留まった。
- (3) 地質鳥瞰図などの作成については、「カシミール3D」を用いても若干手間を掛ければ、画像形式のみならずベクトルやメッシュ形式の各種のデータの利用も可能である。例えば、250mメッシュ形式の地質分布データ(地質調査所, 1995)とベクトル形式の温泉分布(阪口・高橋(2002)など)、自然公園分布(国土交通省WWW国土数値情報ダウンロードサービス)、道路・県境・河川(JMCマップなど)などのデータを重層的に画像化(経度-緯度座標系による)することは比較的容易であり(茂野・阪口, 2002b, 2002c)、様々な統合的鳥瞰図を作成することができると思われる。

5. おわりに

電子情報(IT)技術の急激な発展の中で、電子地理情報(電子地球科学情報を含めて)の整備とGISの普及が、日本においても目覚ましく進んでいる。10年前には専門家が高価格のハードソフトを用いて長時間を要していた作業でも、現在では一般の人が低価格で簡単に行える場合が少なくない。しかし、技術の進展が速過ぎる、特殊分野の技術であるなどのために、一般にはあるいは他分野ではまだ見過ごされている有用な技術や手法も多いと思われる。本説では、そのような可能性の例とし

て、非常に簡単・迅速で低価格の地質鳥瞰図の作成方法と試作例を紹介した。

筆者は、日本の地熱資源について長期的・総合的な利用最適化と情報公開化に寄与する目的で、「地理情報システム(GIS)を利用した地熱資源の評価(アセスメント)新計画」を進めている(茂野・阪口, 2002a)。またこれに関連して、基礎的・応用的な地質学~固体地球科学分野における各種の電子地理情報とGISの利用普及化に資する目的で、関連情報の整理・紹介を行ってきた(茂野・阪口, 2002b, 2002c)。これらの報告では、メッシュ形式(ラスタ形式の一種)のデータの規格化・標準化の問題を中心に、複数種類データの数値演算処理や数値シミュレーション解析による客観的・定量的な地表(2次元)~地下(3次元:多層2次元メッシュ形式による)状況の把握・理解の重要性を述べた。

一方、今回紹介した画像形式(同じくラスタ形式の一種)の電子地質図データを用いた2.5次元の表現法は、視覚的・体感的・直観的に地表の状況や事象の把握・理解を深めるものである。地質データとともに、各種の環境データ、社会データなどを上手く統合的に画像化することによって、様々な成果が得られるとともに理解が共有化されることが期待される。地質鳥瞰図の作成については、電子標高分布データに比較して、必要となる使い易い電子地質図画像データの整備(特に大縮尺のものについて)が現状では十分ではない。今後、規格化・標準化された系統的な内容・地域・縮尺の画像形式の地質学~各種地球科学データの整備が、ベクトル形式・メッシュ形式・表形式などのデータと関連付けた形で進められることを期待したい。

謝辞:非常に有用性の高い地図ソフト「カシミール3D」を、長期にわたりフリーソフトとして改良・公開されている杉本智彦氏および支援されている方々に敬意を表します。本説をとりまとめるに当たっては、地質調査総合センター・地圏資源環境研究部門の阪口圭一氏から原稿についてコメントを頂きました。また、同・地質調査情報部の中島和敏氏および同・地球科学情報研究部門の奥村公男氏からは、汎用GISソフトを使用した地質鳥瞰図の作成方法などについて貴重な情報を頂きました。記して感謝します。

文 献

- 地質調査所(1995):100万分の1日本地質図第3版CD-ROM版。数値地質図。G-1,地質調査所。
- 地質調査所(1999):20万分の1地質図編集(画像)。数値地質図。G-3,地質調査所。
- 地質調査総合センター(2002):富士火山地質図 1:50,000 CD-ROM版。数値地質図。G-9,地質調査総合センター。
- 鎌田弘毅(1997):宮原地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),127p.,地質調査所。
- 唐木田芳文・早坂祥三・長谷義隆ほか編(1992):日本の地質9,九州地方。371p.,共立出版。
- 日本地熱調査会(2000):新版わが国の地熱発電所設備要覧。254p。
- 日本列島の地質編集委員会(1996):コンピュータグラフィックス日本列島の地質(CD-ROM付)。139p.,丸善。
- 阪口圭一・高橋正明(2002):東北・九州地熱資源図(CD-ROM版)。数値地質図。GT-1,地質調査総合センター。
- 茂野 博・阿部喜久男・野田徹郎(1985):地熱流体の化学に基づく豊肥地域熱水系の概念的モデル。地調報告, no. 264, 285-302。
- 茂野 博・阿部喜久男(1986):別府-九重-阿蘇-熊本-雲仙地域の熱水系-(1)火山性温泉・噴気地分布の規則性から推論される熱水系モデル。地調月報, 37, 159-181。
- 茂野 博・阪口圭一(2002a):地理情報システム(GIS)を利用した地熱資源の評価(アセスメント)新計画。地質ニュース, no.574, 24-45。
- 茂野 博・阪口圭一(2002b):電子地理情報を地熱調査・開発に利用する。地熱エネルギー, 27, 252-273。
- 茂野 博・阪口圭一(2002c):地質調査所「100万分の1日本地質図CD-ROM版」メッシュデータの様々な利用法-国土地理院・標高メッシュ・ファイルフォーマット化を通じて。地質ニュース, no. 578, 36-49。
- 杉本智彦(2002):カシミール3D入門 山と風景を楽しむ地図ナビゲータ(CD-ROM付)。147p.,実業之日本社。
- 高橋正樹・小林哲夫編(1999):フィールドガイド,日本の火山⑤,九州の火山。152p.,築地書館。
- 竹野直人(1998):100万分の1日本地質図第3版CD-ROM版の3次元可視化ソフトウェアでの利用-地質・地形データ読み込み用IRIS Explorerモジュールの作成-。地調月報, 49, 591-597。
- 竹野直人(2001a):可視化ソフトウェアによる立体地質図-IRIS Explorerを用いて。地質ニュース, no. 562, 巻頭カラーグラビア, p.4。
- 竹野直人(2001b):可視化ソフトウェアによる地形データ表示-IRIS Explorerを用いて-。地質ニュース, no.562, 23-27。
- 宇都浩三・阪口圭一・寺岡易司・奥村公男・駒澤正夫(1997):20万分の1地質図幅「鹿兒島」。地質調査所。

SHIGENO Hiroshi(2002): Bird's view geologic maps of geothermal areas exploited for power generation in Kyushu, Japan-Examples using a GIS software for mountains and landscapes, 'Kashmir 3D'.

<受付:2002年7月22日>