

# GPSと数値地図を用いた野外調査の効率化と データベースの可視化

札幌学院大学 社会情報学部 小出良幸

要旨：地質学を始め自然科学の野外調査には、さまざまな困難が伴うが、そのひとつに読図による位置決定がある。野外調査の困難さをGPSの使用によって軽減できる。GPSのデジタルデータと数値地図を用いることによって、手軽にデータベースを構築でき、データベースの可視化作業にまで効率的にできるようになった。

キーワード：野外調査，GPS，数値地図，データベース，可視化

## 1.はじめに

野外調査とは極めてアナログ的な作業である。そして、時間や体力、そしてなによりも経験や熟練を要する作業となる。このようにアナログ的であるがために、野外調査が今までなかなか効率化できなかつたのであろう。しかし、積極的に最新機器を導入することによって、経験や熟練の有無にかかわりなく、効率化、高精度化が図れることがあるのではないか。そんな装置として、GPS（Global Positioning System）と数値地図がある。いずれも、低価格化して普及してきた。これらを利用すれば、野外調査の効率化が図れるのではないかと思い使用してみた。その結果、野外調査の効率化だけでなく、さまざまな面でも効率化ができることがわかつてきた。

著者は、北海道を対象に地質学的野外調査している。この調査に関連して、実物試料とその情報、デジタル画像などがリンクしたデータベースを作成している。デジタル化できたものはホームページで著

者以外のだれにも活用できるように試験的に公開している。このようなデータベース作成には、野外調査や室内実験などの結果をデジタル化するための作業、そしてデータの可視化という作業が必要となってくる。

データベースを作るとき、個人ですべてデジタル化、可視化などのソフトウェアを開発することは不可能である。しかし、既存のソフトウェアと各種の電子機器を組み合わせて利用することによって、コンピュータやそのハードウェアに詳しくなくとも、最低限の労力でデータベースを作成できる。

著者自身の実践から電子機器を野外調査にも導入することによって、野外調査の効率化、数値地図の利用によってデータベース作成にいたるまでの作業の効率化にもつながることがわかったので報告する。ただし、ここで述べる方法は、自然科学、それも著者が専門とする地質学を想定して議論している。その点を注意いただきたい。

本論文では、国土地理院の数値地図200000（地

図画像) の全国分の CD-ROM 日本- I , -II , -III の 3 枚, 数値地図 25000 (地図画像) の北海道分 CD-ROM 16 枚, 数値地図 1 km メッシュおよび 250 m メッシュ (標高) の全国分 CD-ROM 1 枚, 数値地図 50 m メッシュ (標高) の全国分の CD-ROM 日本- I , -II , -III の 3 枚, 数値地図 50 m メッシュ (火山標高) CD-ROM 1 枚を用いた. USGS (United States Geological Survey, アメリカ合衆国地質調査所) の 30 秒メッシュデータを用いた. また, GPS データのデータベース化, および可視化には, 杉本智彦作の Kashmir (フリーソフト) と各種の Plug-in Soft (地図画像プラグイン, 数値地図 5 m メッシュプラグイン, 火山標高プラグイン, GPS ファイルツールプラグイン, NMEA/IPS ファイル インポートプラグイン, 数値地図差し替えプラグイン) を用いた.

## 2. 問題意識

かつては, 室内実験は野外実験同様, 熟練を要し, データひとつを得るのにも多くの労力を費やした. 岩石の主要成分の化学分析を例にすると, 湿式化学分析から分析装置の導入によって, 飛躍的に効率化がおこり, データの質的変化がおこった. 以下に湿式化学分析を例に取り, その劇的变化を見る.

分析装置が導入される以前の岩石の化学分析の手順の概略は, 次のようであった.

岩石を砕き, 分析に適した部分のみを手作業で選び, 選別したものを粉碎する. 粉碎した粉末試料を複雑な作業手順を経て, 化学的処理により分析をおこなう. このような湿式化学分析によって, 10 種類ほどの主要成分となる元素の含有量が, 1 週間から 10 日ほどの処理期間を経た後に得られる. この間, すべての作業は人力, つまり研究者自ら行っていたのである.

しかし, その分析精度は初心者と熟練者によって有効数字で 1 術, 微量成分においては 2 術ほどの差となって現れることもあった. また, 熟練者でも 10 個の岩石試料を並行して分析するのが限界であった. つまり, どんな熟練者でも 1 週間から 10 日で

10 個ほどの化学分析が限界であった. 平均すると 1 日 1 個の化学分析データが得られるに過ぎなかつた. したがって, 精度のよい化学分析のデータは非常に貴重なもので有効に利用されていた.

現在では, 試料の粉末化にも, 各種の粉碎機が利用される. しかし, なんといっても大きな変化は, 化学分析が湿式分析ではなく, 機器による分析となつたことである. 岩石の粉末試料を, 融剤とともに自動溶融装置に入れて溶かし, 均質なガラスピードとする. ガラスピード作成は 1 試料が 30 分もかからず自動的に形成される. ガラスピードは, 蛍光 X 線分析装置で自動的に分析される. 30 分ほどあれば, 主要な化学成分が誰でも, 同じ精度で分析できる. 自動であるから 24 時間連続稼動が可能である. 1 日に 50 個という昔では, 信じられない分析データをだれでも得られようになってきたのである.

このように最新技術の導入によって, 自然科学の室内実験の省力化, 簡便化, 迅速化がおこなわれた. 主要化学成分だけでなく, 微量の成分の分析, 微小部分の分析など, 多様な分析装置が開発され, 多くの研究室に導入されることになった.

その結果, 一人の研究者が成果報告までになすべき化学分析や室内実験が多くなった. 研究施設では, 高価な装置を導入すると, その装置を使っての研究が中心となって進められる. ますます, 室内実験の比率が大きくなってくるという循環が生じる.

最終的に, 手間がかかり, なかなか効率化が図られない野外観察に割かれる時間の比率が少なくなっていく. 室内実験の高度化により, 野外観察を敬遠したり, 軽視したり, あるいは他の野外調査を主とする地質学者の試料の提供を受けて野外調査の手間を省こうとする研究者もできている. 野外調査を主とする研究者と, 室内実験を主とする研究者の二極化がおこっている. 両者が分業であればいいのだが, 同一組織内で対立している場面も見受けられる.

実物試料は, テーマにふさわしいものを野外調査において吟味された後, 採取し, 室内実験に供することが必要である. つまり, 室内実験の目的に応じた試料, たとえば化学分析や年代測定などに適した

試料を野外で選択した後に採取されることになる。

目的に応じたふさわしい試料を採取する必要だけでなく、野外の試料の「産状」も重要な情報となっている。試料の産状によって、得られたデータの解釈が変わってくることもある。自然物の研究をするに当たり、最終的な議論や考察でその仮説やモデルが自然への適用がなされるはずである。そのとき、自然の状態を知らずに適用できるのだろうか。分析をする研究者も野外での試料の産状を知っておく必要がある。考察時に自然の状態を知っていれば、不自然な仮説やモデルは最初から棄却されているであろう。

しかし、野外調査という作業手順を省かれることによって、ありえない仮説やモデル、あるいは間違った解釈すら生まれてしまいかねない。このような弊害を極力減らすためには、野外観察の効率化がおこない、室内実験を主とする研究者でも気軽に野外調査ができるようになるべきであろう。

野外調査を困難にしているひとつの原因に、地図における現在位置の照合、つまり読図能力がある。読図とは、熟練を要するものであるが、現在カーナビゲーションなどで活用されているGPSを導入することによって、現在位置の決定に熟練や能力に依存することなくおこなえるようになった。GPSを積極的に野外調査に導入することにより、野外調査の効率化が図られると考えられる。さらに、そのGPSのデータをより活用するための方法を提示して、野外調査の大変さを少しでも軽減できればと考えて、この報告をする。

### 3. 研究の流れ

野外調査からはじまる自然科学の大まかな研究手順の流れを考えてみる。

著者は地質学を専門としているために、その内容を中心にまとめることになる。野外調査を行う研究分野でも専門が違うと、このような流れで概観することはできないかもしれない。あるいは、同じ地質学でも、目的が違うとかなり手順は異なるかもしれない。また、重要度や精度の違いによっても変わる

こともありうる。その点を考慮して読まれて欲しい。

著者がおこなっている地質学の研究手順は、表1のようにまとめることができる。

表1 野外調査を含む研究の手順

作業場所	内 容
室 内	<b>研究のテーマ設定</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・先行研究の調査</li><li>・調査地の選定</li><li>・調査手順の決定</li><li>・調査準備：調査機器の用意、地図や航空写真の入手、調査地への事前許可や連絡、日程の決定</li></ul>
野 外	<b>野外調査</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・現地の許可申請</li><li>・野外での詳細な調査地の選択：地図や現地で決定</li><li>・調査地での観察：必要な事項の記載、計測</li><li>・調査地の記録：写真、スケッチなど</li><li>・試料の収集：岩石、鉱物、化石、砂、土壌など</li><li>・関係機関への挨拶</li></ul>
	<b>野外調査データの整理</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・清書地図へ記入、墨入れ</li><li>・試料の整理：標本作成、同定、撮影</li><li>・翌日の調査地点、内容の決定</li></ul>
室 内	<b>室内実験</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・試料の整形、選別、抽出、計測、分析</li><li>・データの整理：データベースの作成</li></ul>
	<b>成果のまとめ</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・データ解析</li><li>・考察、議論</li><li>・目標に対して到達点と課題の整理</li></ul>
	<b>成果の公開</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・成果報告：報告書作成、学会発表、論文発表</li><li>・入手データの公開：実物試料やデータベースの公開</li></ul>

#### 3.1 調査前の作業

まず、研究のテーマ設定をおこなう。その研究テーマに関する先行研究の調査をおこない、テーマを開拓するにふさわしい調査地の選定をおこなう。そして、テーマに沿った調査手順を決定する。野外調査までに、調査機器の用意、地図や航空写真の入手、調査地への事前許可や連絡、日程の決定という調査準備をおこなう。

野外で調査がはじまる前に、現地の許可申請も必要に応じておこなう。

#### 3.2 野外調査

野外での詳細に検討すべき調査地点を地図や現地で決定する。その調査地での観察で、必要な事項の

記載、計測などを起こない、調査地点を写真、スケッチなどで記録する。最後に室内実験に必要となる岩石、鉱物、化石、砂などの試料の採取をおこなう。調査が終了したら、必要に応じて、関係機関への挨拶をおこなう。

野外調査期間中は、昼間は野外調査をして、夜は野外調査で得られたデータの整理をおこなう。その日の分のデータを調査用の地図への墨入れや清書地図へ転記をおこなう。採取した試料の整理、また必要に応じて、標本作成や同定、撮影などをおこなう。それらの作業を基にして、翌日の調査地点や調査内容を決定する。

### 3.3 調査後の室内作業

野外調査の終了後、室内実験をおこなうことになる。室内実験では、まず、試料の整理をして、必要な試料を選別し、整形し、標本ラベルを作成し、試料リストを作成する。試料の計測をしたり、必要な化石や鉱物などをクリーニングしたり、顕微鏡観察できるように岩石薄片や、微小の鉱物の成分分析用に研磨薄片を作成する。また、分析機器で特別な化学成分を抽出し分析する。

それらの加工、整形された試料やデータをもとにして、岩石、化石、鉱物の観察、同定、記載をおこなう。そして、データを整理して、必要な情報をデータベースとしてまとめる。

### 3.4 成果のまとめ

以上の作業をふまえて、当初の目的に応じて、成果をまとめる。成果をまとめるために、室内実験で得られたデータを解析し、考察や議論をする。そして最終的に、目標に対しての到達点と課題の整理をして、成果をまとめる。

### 3.5 成果の公開

研究で得られた成果は、報告書、学会発表、論文、著書などの場で発表する。そして、必要に応じて入手したデータや成果の公開を各種の方法でおこなう。実物試料やデータベースの公開もおこなう。

### 3.6 効率化をすべきところ

ここで示した研究の流れは、著者の専門である地質学の野外調査を中心としたものから抽出したもの

である。このような野外調査から室内実験をへて、成果報告までの研究への流れの概要は、多くの野外調査から始まる自然科学で行われていることではなかろうか。

野外調査からはじまる自然科学の研究手順は、考察や成果報告などの手順を除けば、「野外調査からデータベース作成」までの手順と重複することも多い。以下では、一般的な自然科学の研究手順を考え、効率化すべき点、あるいは効率化できる点について検討する。

## 4. 従来の野外調査の問題点

地質学における野外調査は、どこに、どのような岩石や地層が、どのような関係で出ているかということを、野外でしか得られない情報もとに記録、記載し、必要に応じて試料を採取することが、一般的なものである。このような地質調査を考えたときに、位置情報に関する問題点として、

- ・大量の地図の必要性
  - ・位置の不確定さ
  - ・アナログからのデジタル化への誤差
  - ・アナログからのデジタル化の手間
- などが挙げられる。

調査地域が狭く、規模が小さければ、このような問題が生じないが、調査地域が広く、大規模な調査だと、上のような問題がさらに大きくなってくる。野外調査が広域、大規模になると、大量の地図が必要となる。地図には、収集した情報の一部が記入されていく。野外で使うもの、整理に使うものなど同じ地図でも目的に応じて何枚も使い分けが行われる。大量になると、重要な情報を整理するのに多くの時間を費やすことにもなる。

その地図に記入される情報で一番重要なものは、位置情報である。しかし、地形を手がかりに読図すると、変化に乏しい地形や似た地形が繰り返している地域では、位置情報が不確かになることがある。あるいは、詳細な地図が手に入らないときの位置決定は困難となる。

また正確な位置がわかつっていても、緯度経度を読

み取るときに、誤差を生じる。つまり、紙の地図から緯度経度というデジタル情報にするときに、手間がかかり、なおかつ誤差を生じるのである。従来の野外調査では、このような問題があり、今も同じことで多くの研究者が悩まされている。

## 5. GPS を活用する方法

上で述べたような問題点を、GPS と数値地図を利用することによって、解消できる。GPS は、Global Positioning System の頭文字で、アメリカの国防総省で開発・運用されているシステムである。24 個の人工衛星から発信されている電波のいくつかを受信することにより、世界中のどこでも、位置や高度を測定できるシステムである。もともと軍事目的で利用するシステムなので、民間向けの信号には、誤差信号 (SA, Selective Availability) を含んでいたが、2000 年 5 月以降に解除されたため、位置精度は格段によくなった。

衛星を用いる位置精度は、天気には左右されないが、衛星の配置状態、受信状態、周囲の状況（地形や障害物等）によって変わる。通常空が広く見通せる地域では、15 m 未満の誤差で位置決定ができる。また、条件さえよければ数 m 程度という非常に精度のよいものとなる。

位置の決定は、衛星から送られてくる軌道情報（アルマック）や原子時計による正確な時刻データなどを受信し、いくつかの衛星の電波が受信機に届くまでの時間を計ることによっておこなわれている。原理的には、3 つの衛星からの電波を受信できることで現在 2 次元的位置（地図上の位置）がわかり、4 つ以上の衛星からの信号を受信できることで高度まで含めた 3 次元の位置決定ができる。

衛星が発する電波をキャッチしなければならないため、森の中、屋内、乗り物の中などの空が見渡せない場所では、GPS は利用できない。しかし、一般的な野外調査では、空が見晴らせる場所が多いであろうから、GPS は野外調査で、十分利用可能であろう。

GPS の受信装置の技術進歩が進み、現在では軽

量でポケットに収納できるほどの小型化がなされ、低価格にもなっている。また、その GPS のデータをパソコンで取り込むことも可能となった。カーナビゲーションのように、GPS データと数値地図をリンクさせることによって、パソコン上の数値地図上に GPS データを表示して利用したり、GPS データの編集をしたりすることが可能となった。

位置情報を、採取した試料のデータベースの一部としてもできる。そうなれば、位置データをデジタル地図の上に可視化することによって、2 次元、あるいは標高のデータも加えれば 3 次元的な可視化が可能となる。また、GPS および数値地図を扱うソフトウェアによって、今までできなかった位置情報の多様な可視化も可能となってきた。

## 6. 数値地図

数値地図、あるいはデジタルマップと呼ばれるものには、いくつものフォーマットがあり、標準化されていないが、現在、国際的な統一をおこなうために地球地図というものが提案され、つくられつつある（地球地図国際運営委員会、2003）。

地球地図とは、1992 年の環境と開発に関する国連会議（地球サミット）の「持続可能な開発のための人類の行動計画：アジェンダ 21」で地理情報が不可欠とされ、建設省（現在の国土交通省）が、国際的な協力によって地球地図構想を提唱した。1996 年には地球地図国際運営委員会が設立され、1998 年には国連から地球地図整備への参加が呼びかけられ、2000 年の「地球地図フォーラム 2000 広島」で地球地図第 1 版の一般公開が開始された。既存の地球規模地理情報を地球地図仕様に変換した全世界データ（地球地図第 0 版）と、日本を含む 11 カ国の地図作成機関が作成したデータ（地球地図第 1 版）が完成している。完成した地球地図は、2000 年 11 月よりインターネットを通じて一般に提供されている。

地球地図として整備しようとしている情報は、標高・植生・土地利用・河川・海岸線・土地被覆・交通網・行政界・人口集中地区などである。しかし、

この地球地図は解像度 1 km の地理情報なので詳細な調査には適さないし、世界中の情報がまだ集まっているわけではない。まだ実用段階では達していないが、重要なプロジェクトである。

1997 年 7 月に、国土地理院の数値地図が CD-ROM として販売されるようになった。国土地理院の数値地図は、日本測地系の地図画像が、道路、建物、河川、等高線などの情報が 8 つのレイヤーにして収納されている。日本国内に関しては、2 万 5000 分の 1 地形図や 5 万分の 1 地形図が網羅的にデジタル化されているので、同じ地図を何度も買い足す必要がなくなった。紙の地図に比べて、初期投資は大きいが、その効用は大きい。

数値地図には DEM (Digital Elevation Model), DHM (Digital Height Model) などと呼ばれる標高データもある。国土地理院の数値地図には、3 種類の標高データもある。1 km メッシュ、250 m メッシュ、50 m メッシュと呼ばれているものである。等間隔の緯度と経度で区切ったメッシュをもちいて、このメッシュの中心点の標高をテキストデータとして販売している。その後、標高データは部分的により高精度のものがつくられている。13 個の火山地域と主要都市の細密な 10 m メッシュや、都市域ではさらに詳細かつ高精度な 5 m メッシュのデータを整備されつつある。

USGS では標高データを、全米の地形データ、世界の地形データを無料で公開している。30 秒メッシュと 3 秒メッシュが公開されている。30 秒メッシュデータ (30 arc-second DEM, GTOPO 30 あるいは SRTM-30 などと呼ばれている) は、全世界をメッシュ状に区切ってカバーしている。これは、地球地図第 0 版にあるものである。3 秒メッシュデータ (1-Degree USGS Digital Elevation Models, 100 m メッシュ相当) が、アメリカ合衆国ほぼ全土をカバーしている。さらに詳細な地図 (有料) も公開されている。スイスの連邦地理局では、スイス国内の 25 m (DHM 25) メッシュ、250 m メッシュ (RIMINI) の標高データが販売されている。

このような数値地図をコンピュータ上で操作する

ためには、ソフトウェアが必要となる。ソフトウェアも多数あってどれを使っていいか迷うほどである。国土地理院の数値地図を扱うソフトウェアだけでも、現段階で 107 種類もある (財団法人日本地図センター, 2003)。言い換えると、使用者の目的にあった適當なソフトを選べば、パソコンで自分の目的にあった、さまざまな利用をすることができるようになってきている。そして、ソフトウェアによっては、充実した解説書の出版されている (たとえば、山と地図のフォーラム編, 1997 など) ので、数値地図をあつかう専門家でなくても、手軽に数値地図を利用できるようになって来た。

このような状況を考えると、GPS と数値地図を用いておこなった野外調査の位置情報は、もともとデジタル情報で記録されているので、一括管理が可能な状況となってきているのである。

## 7. 実践的使用

### 7.1 使用したシステム

今回の報告で使用したシステムを表 2 にまとめた。

#### 7.1.1 GPS

GPS は、GARMIN 社製 (<http://www.garmin.com/>) の GPS を「いいよねっと株式会社」 (<http://www.iiyo.net/gps/index.htm>) が日本語化した eTrack 日本語版というモデルを使用した。

衛星を 12 チャンネル並列受信可能で、衛星補足時間は 15 から 45 秒である。データ更新は 1 秒毎まで可能である。位置精度約 15 m RMS である。ウェイポイントは 2,999 個、トラックログポイントは 4,999 個、ルートデータは 20 個が登録可能な記憶量をもっている。また、日本の約 19,000 個の市町村の位置情報が標準で搭載されている。インターフェースとして、NMEA 0183 RTCM 104 (DGPS) の端子をもっている。単三アルカリ乾電池 2 本で、約 20 時間の使用が可能である。液晶は 4 階調の 160 × 288 (ピクセル) で表示サイズ 2.1 × 1.1 (インチ)、標準 GPS アンテナを内蔵している。サイズは高さ 11.2 cm、幅 5.1 cm、厚さ 3 cm、重量は電池を装

表2 使用したシステム

デジタル装置	仕 様	内 容
G P S	GARMIN 社製 eTrex Venture (いいよねっと株式会社日本語モデル)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェイトポイント : 2,999</li> <li>トラックログポイント : 4,999</li> <li>ルート登録 : 20</li> <li>単三アルカリ乾電池 2本約 20 時間の稼働</li> <li>高さ 11.2 cm, 幅 5.1 cm, 厚さ 3 cm</li> <li>重量 : 150 g (電池込み)</li> </ul>
数値地図	<b>国土地理院</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>20万分の1地勢図 (全国)</li> <li>2万5000分の1地形図 (北海道)</li> <li>標高データ : 1 km メッシュ (全国)</li> <li>標高データ : 250 m メッシュ (全国)</li> <li>標高データ : 50 m メッシュ (全国)</li> <li>火山標高データ : 10 m メッシュ</li> </ul>	数値地図 200000(地図画像) : 日本-I,-II,-III 数値地図 25000(地図画像) : CD-ROM 16枚 数値地図 250 m メッシュ (標高) : 全国  数値地図 50 m メッシュ (標高) : 日本-I,-II,-III 数値地図 10 m メッシュ (火山標高)
	<b>USGS</b> 30秒メッシュデータ	30 arc-second DEM, GTOPO 30
ソフトウェア	杉本智彦作 Kashmir (フリーソフト)	Plug-in Soft (杉本智彦作) <ul style="list-style-type: none"> <li>地図画像プラグイン</li> <li>数値地図 5 m メッシュプラグイン</li> <li>火山標高プラグイン</li> <li>GPS ファイルツールプラグイン</li> <li>NMEA/IPS ファイル インポートプラグイン</li> <li>数値地図差し替えプラグイン</li> </ul>

着して 150 g である。

非常にコンパクトでありながら、この GPS ひとつで、3日間ほどの連続使用も可能である。しかし、著者は装置故障によるデータ損失の被害を最低限にするために、毎日 GPS データをパソコンに転送して保存するという使用法をとっている。

### 7.1.2 数値地図

数値地図は、国土地理院の 5万分の1 (北海道地域分, CD-ROM 16枚), 20万分の1地勢図 (全国, CD-ROM 3枚), および 1 km メッシュ (全国, 500 m メッシュデータも入っている CD-ROM 1枚), 500 m メッシュ (全国), 50 m メッシュ (全国, CD-ROM 3枚), 火山標高 10 m メッシュ (全国, CD-ROM 1枚) の標高データを使用した。

世界地図としては USGS の 30 秒メッシュを使用

した。もっと詳細な地図が必要だが、すべての国で同精度の地図はまだできていない。地球地図プロジェクトが進展すれば、この状況は改善されるであろう。

### 7.1.3 ソフトウェア

デジタル地図と GPS の表示ためのソフトウェアは、杉本智彦氏制作の「Kashmir」というフリーソフトを利用した。その理由は、Kashmir のための解説書が、著者自身が執筆された非常に詳細な解説書が出版されている (杉本, 2002; 2003 a; 2003 b) ことと、さまざまなマタイプの数値地図のフォーマットが読めること、GPS とのデータ交換が手軽にできること、可視化のための表現ができるなどが挙げられる。Kashmir では、プラグインソフト (plug-in soft) として、GPS とのデータ転送用ソフト, CSV 形式データの書き出し読み込みソフト,

USGS 標高データの読み込みソフトなどによって、ひとつのソフトウェアに各種の機能を持たすことが可能となっている。

## 7.2 野外調査の記録

実際に著者がこれらのシステム運用している状況を以下に紹介する。GPS はメーカによって、以下に使用する名称は違っていることがある。しかし、似たような機能を多くの GPS はもっている。

### 7.2.1 GPS によるトッラクデータの記録

まず、野外調査を始めるまえに、GPS を作動させ、以前のデータを消しておく。これは、メモリーを最大限にするためである。

野外調査中は GPS をずっと作動させておく。その間、トラックデータを記録しながら調査を行い続けることになる。トッラクデータとは、GPS が自動的に位置情報を記録し続けていくことである。徒歩であろうが、車、列車、バス、飛行機であろうが、GPS が移動した情報を記録していくものである。

Auto モードでトラックを記録していくと、もともとメモリーの使用効率のいいように自動的に記録されていく。8 時間ほどトラックデータを記録しても、3 分の 1 程度のメモリー使用量にしかならない。したがって、3 日ほどの連続調査が可能である。

このトッラクデータで、移動経路が自動的に記録されていく。地質調査では、このような移動経路はルートマップに、調査情報を書き込んでいくことになる。精度を上げたいときは低縮尺の地図がないときは、歩測をしながら手書きのルートマップを作成する。このような作業が省けるだけでも、非常に効率化が図れる。誤差が 10 m 程度でルートマップが、自動的に作られていくのである。歩測やルートマップに煩わされることなく、調査が遂行できるのである。

### 7.2.2 GPS によるウェイポイントの記録

試料の採取地点や重要地点の記録として、ウェイポイントというものが利用できる。これは、GPS のクリックスティックと呼ばれるものを 1 秒以上押すか、メインメニューから「登録」を選択して、位置情報を記録することである。GPS 内に登録操

作をした位置の緯度経度、高度などの情報をウェイポイントして記録しておくことができる。

試料採取地点、重要露頭、撮影地点などさまざまな地点の GPS データがウェイポイントとして記録することができる。ウェイポイントは 2999 カ所まで記録可能である。2999 カ所という量は、長期間の調査で使う量としても充分な収容能力をもっているといえる。

### 7.2.3 パソコンへの GPS データの取り込み

野外調査に使用した GPS データは、その日のうちにパソコンに取り込んでいく。装置のトラブルを最小限に抑えるためと、GPS データに地名や産状などの記録を加えるためである。そして、同時にデジタルカメラによる撮影データもパソコンに取り込む。すると、撮影データの位置や地名をその日のうち整理することができ、重要な画像や試料と位置情報が一致させられるし、同時に野外での記憶も、鮮明なうちに記録しておける。

GPS からのパソコンへのデータの取り込みは、Kashmir からおこなう。GPS 専用の接続コードで GPS からパソコンのシリアルポートもしくは USB ポートに接続する。Kashmir 上からプラグインソフトにより、GPS データを簡単にダウンロードすることができる。

このときルート名、試料名や位置名、画像名などを統一的に変更することもできる。また、編集操作で GPS データをフォルダー区分して操作ができるので、データベース機能を持たすことが可能である。

### 7.2.4 Kashmir での作業

Kashmir の GPS の編集の機能で、GPS データを加工、編集することができる。また、数値地図に GPS から取り込んだトッラクデータやウェイポイントなどを表示することができる。

このような位置データは、デジタルデータとして保存されているため、適当な変換ソフトがあれば、他のソフトウェアでもこのデータを利用することができる。Kashmir では GPS データを CSV 形式での書き出し、読み込みがプラグインソフトができるので、表計算ソフトとのデータ互換が可能である。

## 8. データベースの可視化

### 8.1 ルートマップの可視化

野外調査中に得たデータのうち、もっとも必要となるのは、調査地域のルートマップである。ルートマップも、調査手法によって、必要とする地図の縮尺も違ってくる。いずれの縮尺にしても、2次元的なデータを地図に表記することになる。

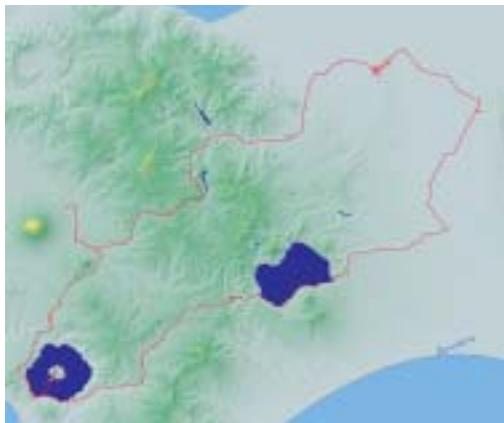


図1 広域のルートマップ

50 m メッシュ上に GPS を車に搭載して走行したときの江別市から洞爺湖を巡るルートマップを実線で示した。洞爺湖から出発地の江別まで直線距離にして約 80 km である。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。



図2 狹い範囲のルートマップ

洞爺湖の中島の徒歩によるルートマップを 2 万 5000 分の 1 地形図に実線で示したものである。湖岸から目的地まで、直線にして 1,200 m の距離である。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）および数値地図 25000（地図画像）を用いて Kashmir で作画した。

たとえば、車を使った長距離におよぶ調査では、20 万分の 1 地勢図を用いるような広域なルート図（図 1）が必要となる。また、徒歩による詳細な調査では、2 万 5000 分の 1 地形図を用いたルート図（図 2）や、より小縮尺の地図を用いたルート図（図 3）が必要となる。

GPS は同じ使用法でも、数値地図の縮尺の交換することによって、同じデータを自在に、しかも簡単に縮尺を変更して表示できる。

日本では、2 万 5000 分の 1 地形図、および 50 m メッシュデータが全地域をカバーしている。しかし、地球全土で同一レベルのデータが網羅されているのは、USGS が公開している 30 秒メッシュ（1 km メッシュに相当するデータ）のものである。これは、無料公開されているので手軽に利用できる。車を用いた数日の調査であれば、この地図でも概略を知ることができる。例として、イギリスの北アイルランドとウェールズ地域の車を用いた調査のルート図を図 4 に示す。

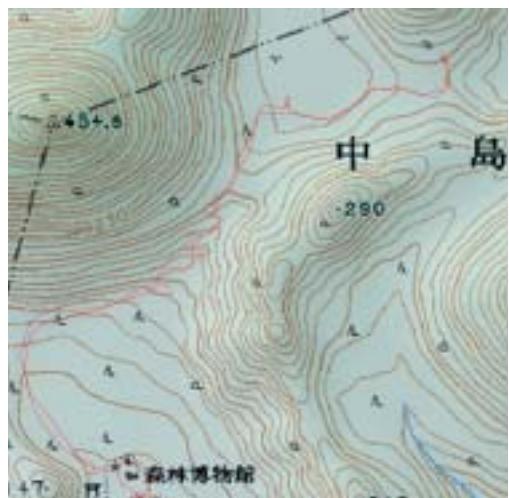


図3 狹い範囲のルートマップ

GPS を手に持って歩きながらトッラクデータを記録したもので、2 万 5000 分の 1 地形図の洞爺湖、中島の部分を 8 倍に拡大して実線で示したものである。湖岸から目的地まで、直線にして 1,200 m の距離である。非常に詳細なルートが記録されていることがわかる。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）および数値地図 25000（地図画像）を用いて Kashmir で作画した。



図4 USGS の地図を用いたルート図

30秒メッシュデータで北アイルランドとウェールズ地域の全調査のルート図を実線で示したものである。表示した地図の横幅は約800kmである。USGSの30秒メッシュデータを用いてKashmirで作画した。

## 8.2 調査地点や試料収集地点の可視化

調査地点を正確に記録していくことも重要である。調査地点のデータは、ルート図が2次元に対して、1次元のデータといえる。著者は、詳細な調査をした地点をGPSのウェイポイントとして記録している。それを、GPSから読み取ることによって、位置に関しては、まったく気にかけることなく、調査に専念できる。とくに、車を用いて広域に調査を展開しているときは非常に重宝する。大切な露頭があると、そこにいき、調査をすればいいのである。位置はGPSが記録しているからである。必要があれば、GPSの表示機能で、ルート図をさまざまなスケールで画面に表示させ、現在位置を確認することも可能である。



図5 調査地点のデータベースの地図表示

地図上に示された黒い四角が詳細な調査を実施した位置である。今後もこの点は増え続けていくが、いつでも最新情報が表示可能である。表示には国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)を用いてKashmirで作画した。

地点のデータベースを表計算ソフトにまとめ、決まったフォーマット(表3)に変え、CSV形式のデータに変換することによって、KashmirのプラグインソフトでGPSデータとして読み込むことができる。GPSのデータにすることによって、Kashmirの機能によって各種の可視化機能を利用できる。この機能を利用するこによって、過去に緯度経度を読み取っていたデータを活かすことができるようになった。

著者がこの1年間に調査した地点を広い地域で表示することも(図5)、目的に応じて自在に縮尺を変更して可視化できる。

同じ方式で、今まで収集した試料の採取地点をデータベース化することによって、大量の試料の地図上

表3 Kashmirと互換性をもったデータのフォーマット

DB種別	名称	緯度	経度	標高	日付	時刻	測地系	方位	仰角	区間	アイコン	GPS名前	説明	
砂	W0001	YKS001	42.342321	141.561989	2002-06-28	0:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKS001	YKS001	
	W0002	YKS002	42.304926	142.021187	2002-06-28	0:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKS002	YKS002	
	W0003	YKS003	42.264559	142.114689	2002-06-28	0:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKS003	YKS003	
火山	W0001	渡島小島	41.2127	139.4816	293	2000-01-01	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKV001	YKV001
	W0002	渡島大島	41.3026	139.2214	737	2000-01-01	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKV002	YKV002
	W0003	渡島丸山	41.3236	140.2406	826.3	2000-01-01	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	YKV003	YKV003
川	W0001	石狩川1	43.494923	141.535405	2002-10-12	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	ISH_L001	Loc001	
	W0002	石狩川2	43.560539	142.103378	2002-10-12	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	ISH_L002	Loc002	
	W0003	石狩川3	43.434674	142.12227	2002-10-12	9:00:00	WGS84	-9999	0	-9999	1	ISH_L003	Loc003	



図 6 試料採取地データベースの地図表示

地図上に示された黒い丸が試料を採取した地点である。今後もこの点は増え続けていくが、いつでも最新情報が表示可能である。表示には国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

へ簡単に可視化ができる（図 6）。

### 8.3 重要地点の可視化

著者は、北海道の第四紀に活動した火山（活火山）の野外調査によってデータ収集をおこなっている。代表的試料と典型的露頭の撮影、火山の各地、各方向、季節ごとの画像記録をし、データベースとして保存しようと考えている。これは、著者の調査目標でもあるが、データ自体はデータベースとなりうる。日本の第四紀火山は、日本火山学会がデジタルデータとして CD-ROM 化している（第四紀火山カタログ委員会編、1999）。そのデータを、利用すれば、北海道に 94 座ある第四紀火山の緯度、経度、標高



図 7 北海道の第四紀火山のデータベースの地図表示

地図上に示された三角の点が北海道の第四紀火山の位置である。これらの火山はデータベースでもあり、調査目標地域でもある。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

のデータを GPS データとみなして、Kashmir に読み込み、自由に可視化できる（図 7）。

### 8.4 3 次元表現

データベース化したあとは、ソフトウェアの機能によってさまざまな加工が可能となる。Kashmir では、緯度、経度および標高データを利用して、鳥瞰図を作成することが可能である。鳥瞰図は、視点や視野や作画効果をかなり自由に設定できるために、興味深い画像をつくることができる。

比較的狭い範囲を目標にして、そのルート図を描くことが可能である。図 8 では、噴火湾上空 5 km から洞爺湖方向を 100 km の範囲にわたり、5 mm



図 8 比較的狭い範囲の 3 次元可視化

噴火湾上空 5 km から洞爺湖方向を 100 km の範囲にわたり、5 mm レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、調査ルートのトラックデータを実線で表示した。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

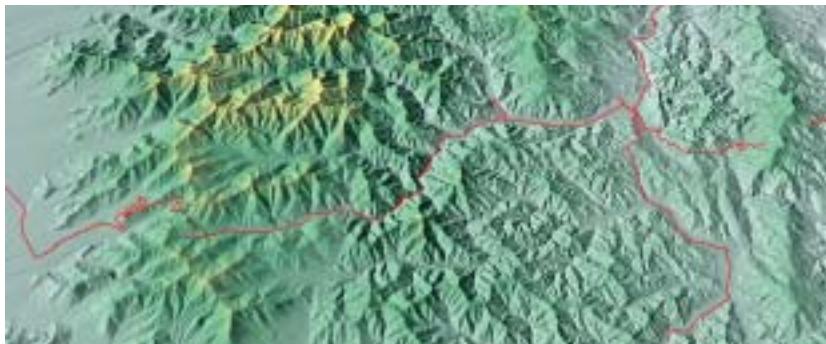


図9 比較的広い範囲の3次元可視化

富良野上空 30 km から南方向を 300 km の範囲を 25 mm レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、調査ルートのトラックデータを実線で表示した。トラックデータが途切れているところは、トンネルなどにより衛星の電波の捕獲できていないところである。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、調査ルートのトラックデータを表示することも可能である。

広域での表示として、図9がある。富良野上空 30 km から南方向を 300 km の範囲を 25 mm レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、調査ルートのトラックデータを表示した。トラックデータが途切れているところは、トンネルなどにより衛星の電波の捕獲できていないところである。

また、同じ方法で、データベースを表示することも可能である。GPS のウェイポイントとして取り込まれた北海道第四紀火山データベースを、広域で 3 次元可視化したものが、図10 である。これは、

襟裳岬沖上空 50 km から北西方向を 1000 km の範囲にわたり、5 mm レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、北海道の第四紀火山データを三角で表示した。

このように視点の違いによって、まったく違った印象の地図表現が可能である。それに、このような表現は、現実の航空写真や人工衛星からの画像では決して得られないものである。

### 8.5 調査ルートの断面作成

地質調査では、地質断面図を作成する。そのもととなる地形断面を地図の標高データから読み取り、作画することになる。しかし、希望するところを Kashmir 上で指示していけば、自由に断面を書く

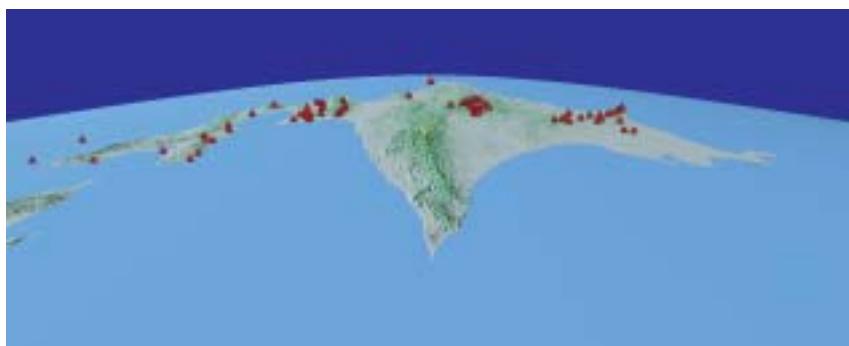


図10 北海道第四紀火山データベースの3次元可視化

襟裳岬沖の上空 50 km から北西方向を 1,000 km の範囲にわたり、5 mm レンズで撮影したという想定で描いた鳥瞰図である。鳥瞰図に、北海道の第四紀火山データを三角で表示した。国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

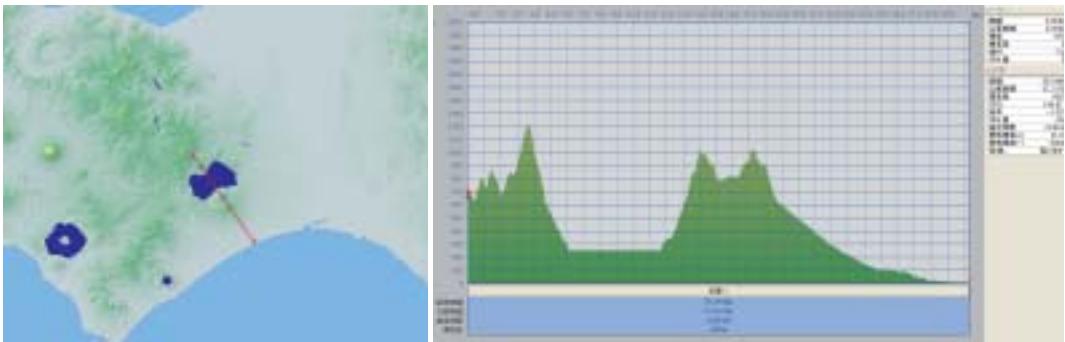


図 11 断面図の作成

左の図の中に実線沿いの断面図を右の図に示した。両図とも、国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いて Kashmir で作画した。

ことができる（図 11）。このような断面は、画面上に確認した後に、デジタル画像あるいはプリンターで印刷することも自由にできる。

## 9.まとめ：今後の展望

ここで示した GPS と数値地図の利用しかたは、ひとつの方法に過ぎない。著者の野外調査が、地質学的研究であるため、このような利用をしたにすぎない。違う分野の野外調査では、違った使い方もある。あるいは、同じ地質学でも、目的や手法に応じて、GPS やデジタル地図の使い方はさまざまあるだろう。

GPS のコンパクト化と低価格化によって、野外調査でも気軽に利用できるようになってきた。カーナビゲーションだけが GPS の利用のしかたではな

い。もっといろいろな活用も可能であろう。この報告が、他の野外調査をおこなう研究者の参考となり、野外調査の負担の軽減につながれば幸いである。

## 参考文献

- 第四紀火山カタログ委員会編（1999）。『日本の第四紀火山カタログ』、日本火山学会
- 杉本智彦（2002）。『カシミール 3D 入門』、実業之日本社
- 杉本智彦（2003 a）。『カシミール 3D GPS 応用編』、実業之日本社
- 杉本智彦（2003 b）。『カシミール 3D パーフェクトマスター編』、実業之日本社
- 地球地図国際運営委員会（2003）。<http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/globalmap-gsi.html>
- 財団法人日本地図センター（2003）。<http://www.jmc.or.jp/soft/list/allsoft.html>
- 山と地図のフォーラム編（1997）。『パソコンで楽しむ山と地図—マルチメディアの山旅—』、実業之日本社

**Efficiency of Field Survey and Visualization of Database using GPS and  
Digital Map**

by

Yoshiyuki Koide

**Abstract:**

There are many difficulties in field survey of natural sciences, such as geological survey. One of them is determination of localities on the map. The difficulty should be lightened using GPS (Global Positioning System) and digital map. Digital data of GPS can convert easily to database and the database efficiently can be visualized.

**Keywords:** field survey, GPS, digital map, database, visualization