

# 専門情報を活用した市民科学教育の方法論

— 衛星画像によるケーススタディ —

Method of Citizen's Education Using Scientific Special Information — A Case Study of Satellite Images

小出 良幸

市民が扱いづらい地質学的一次情報とリモートセンシングの二次情報を素材として、メールマガジンとホームページによる e-learning のケーススタディを1年間に渡って行った。その結果、専門情報でもわかりやすい加工や適切な解説をしさえすれば市民に伝わり、教養教育としても効果を上げることが判明した。提示した方法論は、「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」という要望を満たすものである。

## I はじめに：需要と供給のギャップ

パーソナルコンピュータ（以下パソコンと略す）やデジタルカメラなどの電子機器の高性能化や低価格化、さらにインターネットにおける ADSL や光ファイバーによる高速通信網（ブロードバンドと呼ばれる）の整備と普及により（これらを総合して Information Technology: IT と呼ぶ）、大人だけでなく、子供から高齢者、障害者まで、すべての市民が、これらのデジタル技術の恩恵にあずかっている。大学教育（今柴，1998；岡本，2000 など）はもちろん、小・中・高校でも、インターネットやパソコンを利用した教育がおこなわれている（新谷・内村，1996；深田他，1998 などが先駆的試みである）。

それらの社会情勢を反映して、市民が最先端の科学や技術を精しく知るための IT 環境が整ってきたといえる。ところが、実際に先端の科学や技術にアクセスすると、最新情報であるほど専門性が高くなり、先端研究から

発信される一次情報は、未加工なものとなる。そのような専門情報は、市民だけでなく、分野の違う研究者にとっても、利用しづらいものとなってきている。しかし、インターネットを通じて情報を検索していると、そのような専門的な情報に行き着くことが多くなってきた。一次情報は、高度の専門知識がないと、なかなか解釈も処理できないし、その重要性や面白さを理解できないものとなっている。

一次情報が手に入るのに使えないというジレンマを解くには、専門情報を扱っている研究者が、市民にもわかるようにその情報の加工方法、利用方法、応用方法などを示す必要がある。しかし、現状はそうならない。これは、情報の供給側の問題といえる。

地球規模の環境問題や国際交流が多くなる中、市民は、社会生活においても、広い視野あるいは、自分の持つ専門以外の分野への学識などの学際的素養が必要となってきた（小出，2000）。これは、専門家以外の市民ともいうべき人が、専門に近い情報を必要としてい

るのである。これは一般市民に存在する情報への普遍的需要といえる。

インターネットにより一次情報に接することができるが、一般市民が要求する専門情報は多様である。製品開発や投資対象などを考えるときは、最先端の情報を要求するであろうし、ある分野の入門的な情報を必要することもあるだろう。また、情報解説の表現についても、科学の基礎的な訓練を受けている人から、科学に馴染みのない大人、難しい漢字が読めない子供あるいは障害者もいるであろう。

このように市民側の情報への需要があるにもかかわらず、その要望が多様であるがために、供給が追いつかない状態になる。市民が必要とする先端の専門的情報を、市民の能力、希望に応じて、わかりやすく解説するための場や機会が、十分とはいえないのである。つまり、市民を対象とした高度の専門的内容をもった教養教育が、需要があるのに供給されてないのである。

その原因は、科学の専門分野が多様化し、市民の興味も多様であることから、需要と供給のバランスをとることが難しくなってきたためである。このような多様な需要と供給のギャップを埋めるための方法論を考え、その方法論に基づき1年間の実践的ケーススタディをおこなった。その内容と結果を本論文で報告する。

本研究は、財団法人資源・環境観測解析センター(ERSDAC: Earth Remote Sensing Data Analysis Center)の協力の下で行われた。特に窓口となっていた荒川泰氏と、画像処理をいただいた福井裕子氏、ホームページを作成していただいた薦田麻子氏に多大な協力をいただいた。感謝申し上げます。

## II 研究動機：多様性を満たす新しい方法論

学校教育や市民教育における効率を考える

と、ある地域あるいはある教育機関において、ある程度の需要(つまり受講者数の確保)がないと実施できない。もしある大学で、1人や数人の教育需要しかない講義が多数あると、限られた人数の講師でそのすべてに対応することは不可能となるであろう。

しかし、日本全国の需要を視野に入れるとすると、その需要は数人ではなく数十人や数百人の需要が見込まれる可能性がある。その需要を満たしてくれる一人の専門家さえいれば、情報の供給は可能となる。つまり、ある分野の専門家が市民向けに教養教育をおこなえば、彼の専門分野において、ある程度の需要と供給ギャップは埋まるはずである。そのような手法を新しい方法論として確立すれば、多くの専門分野があるが、ある分野で少数の専門家だけでも専門的教養教育の供給者になれば、需要と供給ギャップという問題は解決できるのではないかと考えられる。

これを方法論として確立して実施するには、いくつかの満たすべき条件がある。

講師側の条件としては、教育のための特別な手間や費用もかからずできること、安価に、手軽に、なおかつ教育効果が大きいことが望ましい。受講者側としては、遠くまで足を運ばずどこにいても、どんな時間にも自由で、安価に受講できることが挙げられるであろう。それに加えて、両者が、即座に連絡が取り合える即時性も備えるべきであろう(小出, 1999)。

以上の条件は、講師側でも受講者側でも、「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」という方法が望ましいと言い換えられる。理想の方法論として、講師は「いつでも、どこでも」講義ができ、受講者も「いつでも、どこでも」受講できること、専門家なら「だれでも」講師になれば、講義は小学生でも、あるいは専門知識がなくても「だれでも」わかること、講師の労力は同じでも、受講者は「いくらでも」受講できること、となるであろう。

もしこのような方法論を一人の専門家でも実施すれば、その専門分野の情報供給がすぐに始められるのである。著者は、以上のような方法論に基づいて、実践的教育のケーススタディをおこなって、その有効性を示してきた(小出, 2003)。

今回もその方法を用いるのだが、少し違った観点でのケーススタディをおこなった。著者の専門とする地質学に近接するが、高度な専門を要するため著者には一次情報が扱えないような専門分野とする。このような一次情報のアクセスの困難さが、分野が近接しているのに研究の相互乗り入れを困難としているバリアとなっている。実は、これはよく起こっている事態である。このような場合を想定してケーススタディを行うことにした。

今回のケーススタディでは、地質学と近接した分野の一次情報を、扱いやすい二次情報に処理や加工されたものを用いることにする。その二次情報を著者の持つ地質学の一次情報と融合させて、今までにない一次情報や二次情報の利用法を考えていく。専門の一次情報と別の分野の二次情報から、新たな市民教育のためのコンテンツが作成可能かどうかを検証する。このようなケーススタディは、専門情報の様々な利用の仕方を示すことになる。そして良好な結果が得られれば、今まで専門家にしか利用されていない一次情報や二次情報を、市民や他の分野の研究者にも利用できる可能性を示すことになると考えられる。

### III 素材

今回のケーススタディでは、地質学的素材と衛星画像データの専門情報が素材となる。地質学的素材は一次情報を用い、衛星画像データは二次情報を用いる。これらを素材として市民が理解できるものへと加工していくことになる。以下では、素材の概要についてまとめる。

#### 1 地質学的素材

著者の専門は地質学である。地質学の研究は、野外調査や室内実験によって専門的な一次情報を得ることからはじまる。

野外調査では対象はさまざまな視点でカメラ撮影される。離れての調査では景観観察して撮影することになる。景観写真は市民でも普通に撮影するものであるが、調査の撮影では地質学的状況がよく表れた方向や日差し、画角(図1A)で撮影されることになる(図1B)。近づいての調査では、露頭(図1C)の撮影、接近しての地層や岩石の撮影(図1D)をおこなう。このような撮影は、市民がなかなか行わないことである。

試料も目的に応じてさまざまな量や形態となる。統計をとるために、範囲を区切って大量に網羅的に採取したり(図2)、大型ものは重機を使ったりして採取することもある。後の化学分析のために、特別な形態、特別な場所を選択して試料を採取することもある。

実験室において試料は、薄く研磨して顕微鏡で観察したり(図3)、粉碎、溶解して化学分析をしたりする。そして、地層や岩石の分類、記載、年代測定、化学組成分析などがなされていく。

このような野外調査や室内実験で各種の一次情報が得られるが、そのままでは有用な情報となりえない場合が多い。一次情報から各種の処理がなされる。例えばグラフにしたり、分布図を作成したり、統計を取ったり、関係式を導いたり、理論式との比較をしたりする。そのような二次情報へ加工されていく過程で、科学的検討が加えられることになる。最終的に地質学的解釈がなされ、研究成果が得られる。研究成果は、学会発表、論文、著書などさまざまな形で公開されている。しかしその成果が、市民にわかりやすい形で提示されているわけではない。

一次情報に研究成果を加えた専門の内容を市民にもわかりやすく提示するための加工の



図1 地質学的素材のスケール変化

富士山を例として示す。Aは富士山の景観写真で良く見かけるものだが、成層火山の典型として富士山の全景が見えることを意識して撮影されている。Bは景観写真としては適切な場所ではないが地質学的には溶岩流の重要な景観である。Cは露頭の写真だが、富士山の玄武岩溶岩が粘性の低いもので縄状構造を持つことを示す写真である。Dは富士山の玄武岩の特徴を示すために半分に切断し研磨して撮影した写真である。

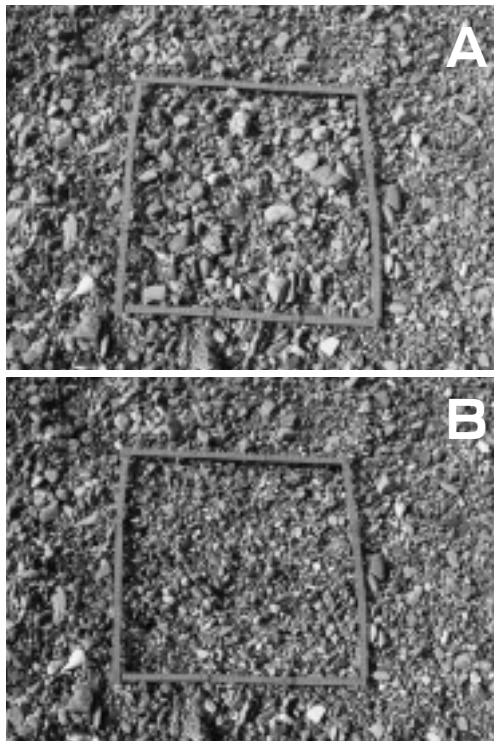


図2 河岸における岩石の統計資料採取

岩石を統計的に処理するために、限られた範囲の中で、統計的に処理できる数の岩石を採取する。Aは採取前、Bは採取後の様子を示している。このような処理は同じ条件で各地で行い比較検討することになる。

必要がある。今回用いることにした地質学的素材は、景観や岩石、顕微鏡写真などの画像とその解説文、さらに地質学的成果をわかりやすく紹介するテキストとした。

## 2 衛星画像

地質学と近接しているが著者の専門としていない分野として、リモートセンシングの人工衛星による画像データを用いることにした。リモートセンシングで用いられる衛星画像データは、多様な分野で応用が可能である。近接する分野ではあるが地質学とは違っている。少なくとも著者は専門としていない。このような衛星画像と地質学の専門情報とを組み合わせてケーススタディとすることにした。



図3 偏光顕微鏡写真

図1Dで示した富士山の玄武岩の偏光顕微鏡写真。同じ薄片を、上は平行ニコルで、下はクロスニコルで撮影したもの。

市民にとって衛星画像は、各種のメディアで目にするものが多く、見慣れているものである。近年も研究や調査、商目的など様々な人工衛星が打ち上げられている。そんな衛星には、目的によってさまざまなセンサーが用いられている。センサーによる未加工の一次情報は専門家が扱うためのもので、二次情報や三次情報として、わかりやすい画像に加工されたものを、市民は目にしていくわけである。一次情報を市民が手にすることは、ほとんどないであろう。

衛星画像は、高度な先端技術によって取得されるもので、目的に応じた波長帯のデータをもとに合成されていく。このような衛星データの一部は、研究者に限らず市民にも有料だが比較的安価に開放されているものがある。また、データ処理や画像の加工には、専門的な知識や技術が必要となるが、ソフトウェアの発達により市民でも時間さえかければ習得でき加工は可能である。

一定のデジタル処理の技術さえ理解すれば、市民が衛星画像も利用することは可能である。ただし不慣れであれば習得や加工に時間がかかることが予想され、実際に市民が一次情報を用いることはほとんどないであろう。

このような一次情報は、やはり専門家が必要に応じて利用することになる。著者のように専門と少し離れた分野の研究者には、非常に有用な情報となりうるが、その心理的バリアは高い。それを取り除くためには、衛星画像のさまざまな利用方法を広く知らせることは重要であろう。そのような目的としても今回のようなケーススタディは重要となってくるであろう。

今回はケーススタディを遂行することが目的なので、衛星画像の加工は専門家の協力を得ておこなうことにした。

今回用いた衛星画像は、NASA 主導の国際協力プロジェクト「EOS 計画」による地球観測計画の観測人工衛星 Terra に搭載された Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer (以下 ASTER と呼ぶ)によるものである。Terra は 1999 年 12 月に打ち上げられ、ASTER は地球環境問題や資源問題に関する日米合同の地球観測計画によって運用されている。データは、日本側では財団法人資源・環境観測解析センター(以下 ERSDAC と呼ぶ)が管理している。2000 年 12 月より、データの一般配布が開始されている。

ASTER は、可視・近赤外放射計(以下 VNIR と呼ぶ; 空間分解能 15 m, 3 バンド)、短波長赤外放射計(SWIR; 空間分解能 30 m, 6 バンド)、そして熱赤外放射計(TIR; 空間分解能 90 m, 5 バンド)の 3 つのセンサーで構成されている。可視から熱赤外の波長帯で 14 バンド(スペクトラムチャンネルとも呼ばれる)を持つ高性能光学センサーとなっている。

さらに、VNIR のバンド 3 には直下を撮影するバンド 3 N と、後方を撮影するバンド 3 B がある。この画像により、同一地域について、ステレオ画像が得られる。この一組のステレオ画像から、位置ずれ(視差)が生じ、そのずれから標高を求めることができる。このようにして求められた標高データは数値標高モデル(Digital Elevation Model: DEM)と呼ばれ、その精度は 30 m 間隔(30 m メッシュと呼ばれる)で 15 m 程度となる。

DEM を用いて平面の画像と合成をすることによって 3 次元的な鳥瞰 CG (computer graphics)を作成することができる。その鳥瞰 CG (図 4 B) と実際の遠景の実写(図 4 A)を比べると、鳥瞰 CG は擬似的につくられるので現実感の実写には及ばないが、その精度は非常に高いことがわかる。また衛星画像と DEM さえあれば、コンピュータによってどの位置からの鳥瞰図も作成可能となる。

衛星画像は、光学カメラのように可視光の全波長を一度に記録するのではなく、いくつかの波長に分けてそれぞれ別のセンサーが用意されている。そのため、肉眼で見たような画像にするには、いくつかの波長帯から擬似的に可視光画像を合成する必要がある。そのような波長から自然の色に近いものを合成したものを擬似ナチュラルカラー画像と呼ぶ(図 5)。

また、地表の状態を調べるために、波長の合成割合や合成方法を変えることによって植生や露出岩質、土地利用などを知ることができる。このようなものをフォールスカラーと呼ぶ(図 6)。

今回のケーススタディでは、地域の特長によって、擬似ナチュラルカラー画像やフォールスカラー画像を用いることにする。また鳥瞰 CG とフォールスカラー画像や擬似ナチュラルカラー画像を組み合わせることにより、その地域の特徴が顕著に現れる(図 7)。

ERSDAC との共同によって、その地域の

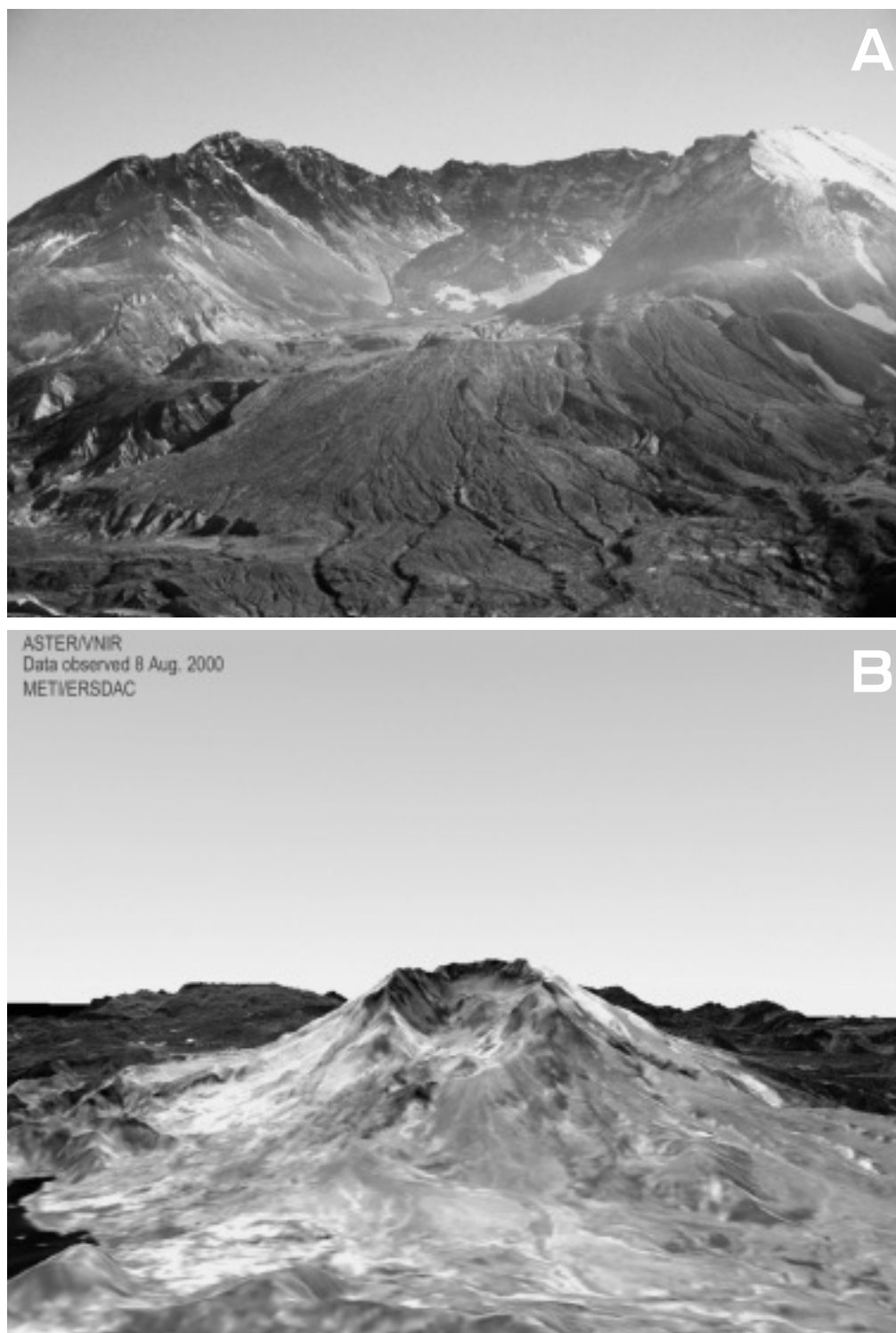


図4 実写とCGの比較

Aがセントヘレンズの火口を北から眺めた実写の写真で、BがASTERによって得られたDEMと衛星画像から鳥瞰CGを作成したもの、同じ方角からの画像となっている。

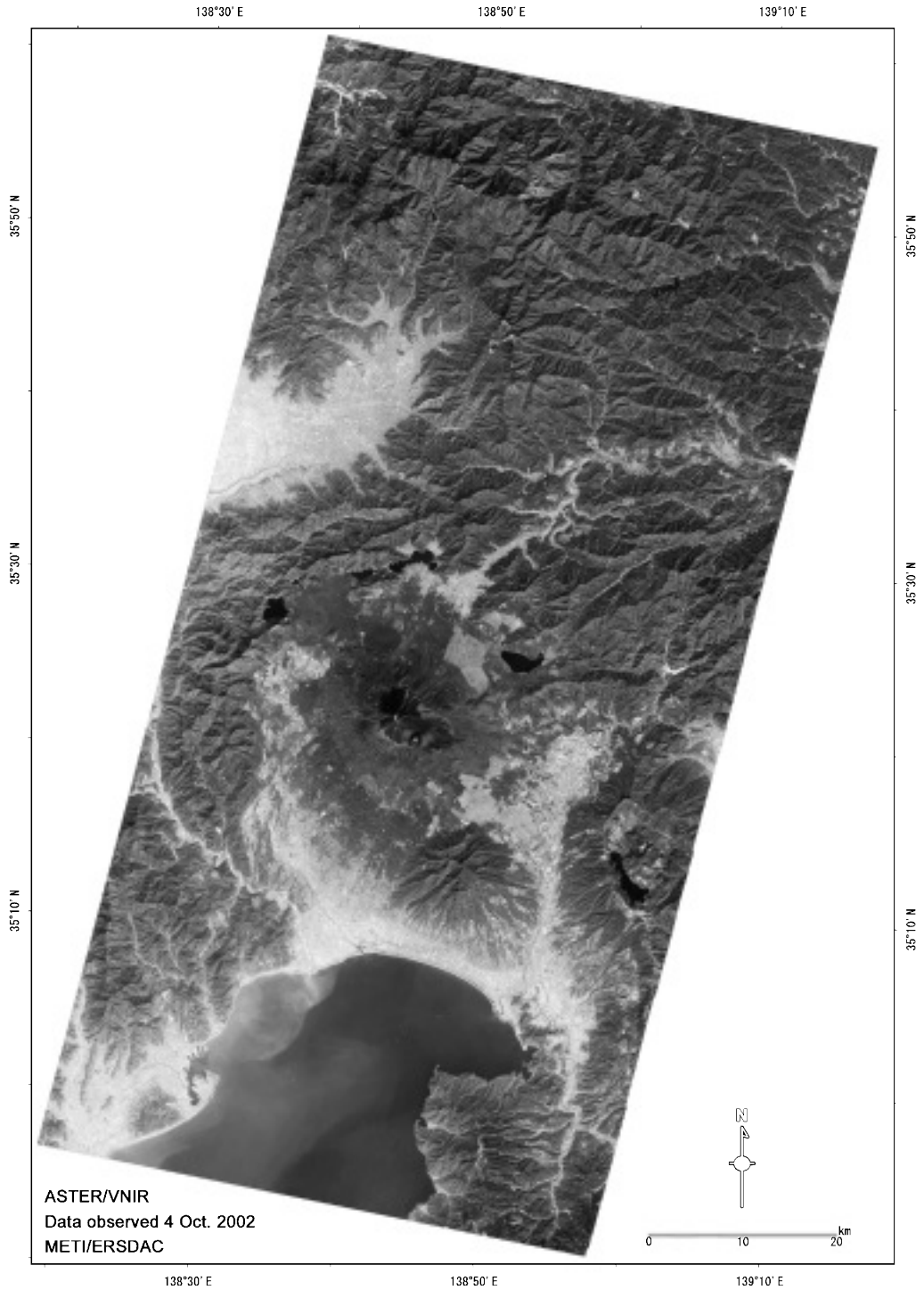


図5 富士山周辺の擬似ナチュラルカラー画像

2002年10月4日観測のASTERのVNIRによる擬似ナチュラルカラー画像。この擬似ナチュラルカラー画像は、光の三原色の赤をASTERのバンド2に、緑をバンド1と3に、青をバンド1に割りあてて作成した。ただし緑色は、バンド1と3の比率を、バンド1の3倍したものとバンド3を加え全体を4分の1にし、他の色と同じにしている。





図6 石林のフォールスカラー衛星画像

2002年2月9日観測のASTERのVNIRによるフォールスカラー衛星画像。この画像は、赤をASTERバンド3に、緑をバンド2に、青をバンド1に割りあてて作成したものである。東側に大きい湖とその北に小さな湖が見え、これらの東側に石林の石灰岩地帯がある。赤っぽく見える部分とそれに囲まれて点在する水色に見える部分があり、明るい赤は耕作地で、水色は市街地である。市街地以外に水色が広く見える場所は、岩石が露出しているところで石灰岩地帯を反映している。

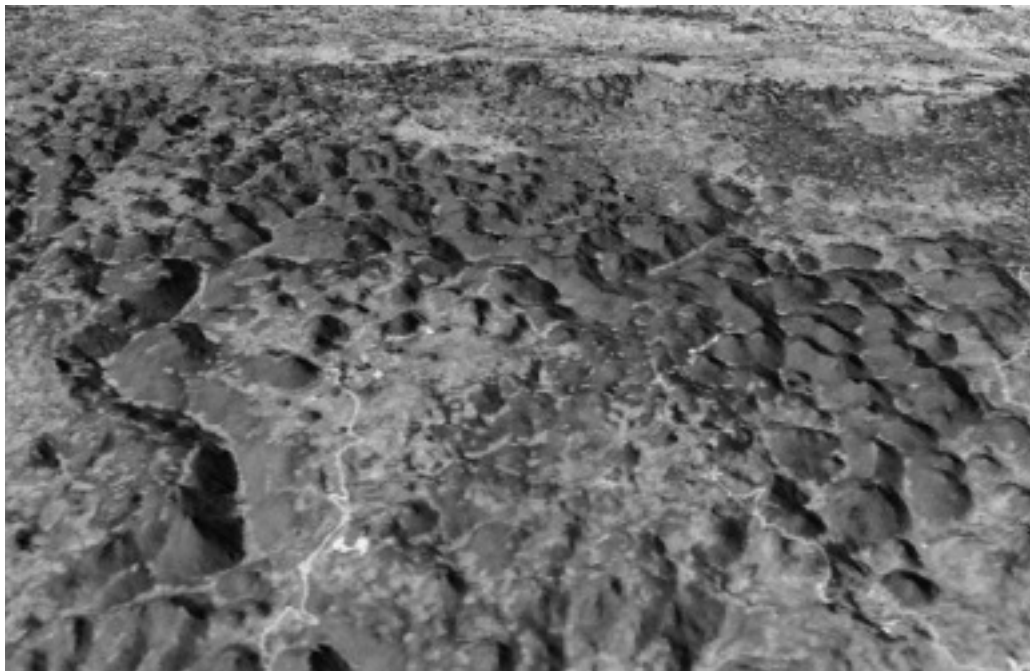


図7 石林のカルスト地形の鳥瞰CG

2002年2月9日観測のASTERのVNIRおよびDEMデータを用いて作成した、図6の南東部のカルスト地形の鳥瞰CGである。石灰岩の表面が植物などで覆われても、この特徴的な地形から石灰岩の分布を知ることができる。

地形や地質の特性が表れるような画像の加工を共同で行いながら、加工済みの衛星画像の提供を受けた。それに基づきテキストを作成し、画像に解説を付けて素材とした。

#### IV 目的

著者は地質調査のため、地質の典型的分布地域をいくつか訪れている。このケーススタディでは、それらの調査地の地質や地形の解説を、ASTER衛星画像と組み合わせて行う。解説は市民に向けて教養教育として行う。著者は、地質学の成果を用いて、市民への科学教育の新しい試みをおこなってきたが、今回もその一環となるものである。ERSDACでは、資源・環境リモートセンシング技術に関する普及啓発のための事業と位置づけられている。

情報の発信手法は、著者が以前から用いている方法論に基づいたもので、メールマガジ

ンとホームページを利用しておこなうe-learningとした。

ケーススタディは営利を目的とせず、ボランティア事業として行うこととする。ただし、お互いの所有する一次情報に関しては著作権を明記することにした。なお著者はERSDACの画像を使うために、規則に基づき「画像利用と共同研究の申請」を行った。

今回のケーススタディでは、単に素材を提供するだけでなく、二つのねらいを持って取り組んだ。それは、各素材が独自性をもちながら融合すること、スケールと視点の変化が感じられること、である。このような二つのねらいでホームページが作成されていることを「連載の目的」で示した。

##### 1 ねらい1：素材の独自性と融合

公開しているテキストはもちろん、衛星画像と地質学的写真にはそれぞれに解説をつけ

ている。従って各素材は、独自性を持ったものとして単独でも利用可能となっている。それぞれが専門の情報であり、質の違う素材である。ばらばらの素材としても、利用することが可能となる。このように素材に独自性を持たせたのは、市民が必要に応じて、各素材を個人レベルで自由に利用できるようにするためである。このようなねらいで素材を用意すれば、素材自身が独自の普及効果を持つと考えたからである。

ERSDACのサイトにホームページを設けることによって、通信速度の許す範囲でできるだけ高精細の衛星画像を公開することが可能になった。これはERSDACがホームページを通じて公開している画像以上の解像度を持つものとなっている。非常に貴重な画像で興味深い試みであるといえる。

さらにホームページでは、各素材がそれぞれの独自性を損なうことなく、なおかつ連携したもの、つまり三位一体として融合しているものを提供することを目指した。そうすることによって、各素材の融合、言い換えると学際的な融合が可能となるのではないかと考えたからである。

各素材の融合によって、素材単独では持ちえない効果を期待した。それは、閲覧者がホームページを訪れたとき、画像素材で好奇心を動かし、解説テキストが好奇心を満たしてくれるという効果を持つことを期待したからである。ホームページにはいろいろなタイプのものがある。このホームページでは、好奇心から教養への変化を目指した。

閲覧者は、今まで見たことない衛星画像とその鮮明さから、好奇心を起こすであろう。その説明を読みながら衛星画像や地質学的画像を見るであろう。各種の視点の違った画像をみることで、その地域の地質や地形に興味をわき、「なぜ、そのようなものができたのか」という疑問が起こるであろう。その「なぜ」を追求するために、テキストの解説を読むこ

とになるであろう。そして最終的に「なぜ」が解明され、その地域の地質や地形が理解できるというプロセスをたどるであろう。

このような好奇心から疑問へ、そして解明という一連のプロセスは、最終的には教養といふべきものにつながるであろう。このようなねらいをもってホームページを作成した。

## 2 ねらい2：スケールと視点の変化

三位一体となる衛星画像、地質学的写真、そしてテキストは、スケールの違うものを融合させている。対象を大きさあるいは距離で測ると、衛星画像が示している範囲は数100 km～数100 mとなる。景観は数km～数10 m、露頭は数10 m～数m、標本は数10～数cm、顕微鏡写真は数mm～数 $\mu$ mというスケールになる。このような素材は、単に地形や地質だけを示しているのではなく、スケールの違いから質の変化を伴うと考えている。

テキスト作成とは人のイメージを文章化する行為であるから、そのスケールは宇宙全体～素粒子、つまり137億光年～nmまでカバーするものとなる。同じ素材を、人の心を通じて説明をすることによって、さまざまなスケールを網羅することになっていく。

地質学とは「現在」手に入るデータ(素材)から、過去の地球の歴史を読み取る学問である。現在の素材から過去の出来事を知る、つまり過ぎ去った時間を知るための学問体系である。テキストで過去だけでなく未来に思いを馳せることは、現在から過去だけでなく、現在から未来、過去から未来へと時間軸を進めることになるであろう。

地質学的観点で、それぞれの素材を見ることが、ある地域の画像がなぜそのような特徴を持っているのかを、空間と時間においてさまざまなスケールで探ることになる。

さらにスケールだけでなく、各素材を対象への視点の違いを意識して作成した。衛星画像、地質学的写真そしてテキストは、それぞれ

違った視点を持っている。

衛星画像は「宇宙」からの視点、地質学的写真は「地上」からの視点、テキストは地質学者が見た「人」からの視点、をそれぞれ持っている。このような3つの視点は、宇宙、地上、人というこの世の基本的構成要素をなすような非常に根源的な見方で、一つの地域を語ることになる。

衛星画像、地質学的写真、テキストの三位一体、さらに宇宙、地上、人の三位一体が構成されることによって、全地球的な広範な視野を提示することを目指した。

## V 実 践

ケーススタディは、ERSDACの協力の下で著者が主として実践を行った。本ケーススタディにおける両者の役割分担と作業手順、そしてその実践についてみていく。

### 1 役割分担

役割分担としては、衛星データの提供と画像処理、ホームページの公開は、ERSDAC側が行う。著者は、加工済み衛星画像に対して、地質学的視点から衛星画像に説明を加え、さらに著者の持つ地質学の専門的画像とその解説、およびテキストを作成する。

衛星画像は、可能な限り高精細なままERSDACのホームページで公開することにした。これは、市民がその画像を自由に見ることで衛星画像の普及啓発を目指すからである。著者の地質学的写真も高精細で公開するつもりで用意はしていたが、ERSDACのサーバの回線スピードの保持のために、小さな画像だけの公開となった。

### 2 コンテンツ作成

コンテンツの作成は、次のような手順で行った。

著者が地質学の専門情報を持っている地域を選定し、その地域の適切な衛星画像がある

かどうかを調べ、あれば加工を依頼する。なければ他の候補地に変更して、最終的に地域に決定する。

衛星画像は、地域の特徴によって擬似ナチュラルカラー画像やフォールスカラー画像を合成する。また、必要に応じてASTERのDEMを用いて3次元的な鳥瞰CGの作成をした。このような鳥瞰CGは、画像の平面図より地形の特徴が現れる場合に用いた。

ERSDACによって加工された衛星画像をTIF形式あるいはJPG形式で受け取り、著者は衛星画像を読み取りながら、その地域の地質学的考察を行い、景観写真、標本写真、顕微鏡写真を利用しながら市民にも理解できる解説テキストを作成した。

テキストでは、地質学者が見るとその地域はどのように見えるかという専門家の目を通した見方を提示した。地質学の成果をそのまま伝えるのではなく、市民が読みやすいようにエッセイ風の読み物として作成した。テキスト自体は独立しており、テキストだけでも読めるものとして提供した。

著者はテキストを毎月希望者にメールマガジンとして配信した。またそのテキストとともに、説明つき画像を用意した。これらの素材で構成されるホームページの公開、管理はERSDACが行った。

### 3 メールマガジンの発行とホームページの作成

説明つきの各種画像とテキストを用いて、1年間にわたって12回の市民向けのe-learningのケーススタディを行った。その方法は、「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」という講師側および受講者側の要望を満たす必要がある。インターネットを通じて月一回配信するテキストによるメールマガジンの発行と、テキストと説明つき画像を掲載したホームページの作成によっておこなった(図8)。



English

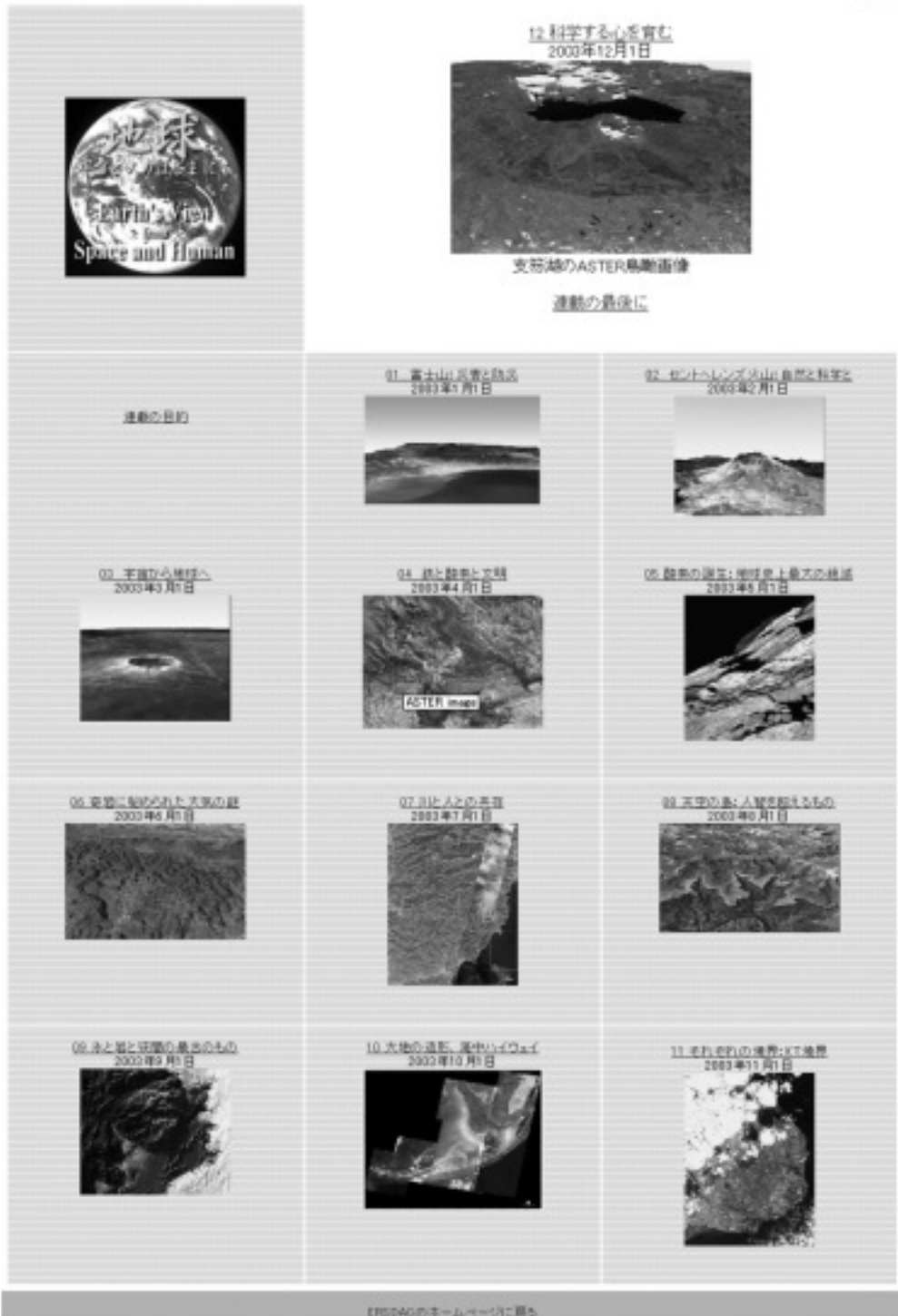


図9 ケーススタディの概要

ホームページ「地球 宇宙と人のはざまにて」のトップページで目次が示されている。英文のページもある。

表1 ホームページの掲載内容

月	タイトル	場所	地質学的素材	衛星画像素材
1月	災害と防災	富士山	景観写真, 露頭写真, 標本写真, 顕微鏡写真	鳥瞰CG, 擬似ナチュラルカラー画像
2月	自然と科学と	アメリカ, セントヘレンズ火山	景観写真	フォールスカラー画像, 鳥瞰CG
3月	宇宙から地球へ	アメリカ, アリゾナ州メトオリトクレータ	景観写真, 標本写真	鳥瞰CG, 擬似ナチュラルカラー画像
4月	鉄と酸素と文明	オーストラリア, ハマスレー	景観写真, 露頭写真, 偏光顕微鏡写真	フォールスカラー画像
5月	酸素の誕生: 地球史上最大の絶滅	カナダ, イエローナイフ	景観写真, 露頭写真, 標本写真	フォールスカラー画像
6月	奇岩に秘められた大気謎	中国, 桂林と石林	景観写真	フォールスカラー画像, 鳥瞰CG
7月	川と人との共存	四国, 四万十川	景観写真	フォールスカラー画像, 擬似ナチュラルカラー画像
8月	天空の島: 人智を超えるもの	アメリカ, キャニオンランズ国立公園	景観写真	擬似ナチュラルカラー画像, 鳥瞰CG
9月	氷と岩と狭間の最古のもの	グリーンランド, イスア	露頭写真	フォールスカラー画像, 擬似ナチュラルカラー画像
10月	大地の造形, 海中ハイウェイ	アメリカ合衆国フロリダ州キウエスト	景観写真, 露頭写真, 標本写真	フォールスカラー画像, 擬似ナチュラルカラー画像
11月	それぞれの境界: KT境界	デンマーク, スティーブンクリント海岸	景観写真, 露頭写真	フォールスカラー画像
12月	科学する心を育む	北海道支笏湖	景観写真, 標本写真	フォールスカラー画像, 鳥瞰CG

よって行われた。ITを用いた今回のような方法論による e-learning は、その評価をすることは難しい。

なぜなら、メールマガジンにしてもホームページにしても、不特定多数が見ているが、全員あるいは大多数の人から、反応や感想を得たりして、効果を測定するためのデータを得ることが困難なためである。さらにコンテンツとしてホームページを維持しされていると、未来にその効果を及ぼすことにもなる。このような未来の効果を評価することはできない。

一般にホームページの効果の評価として、アクセスカウンターという方法がある。アクセスカウンターとは、そのページを閲覧した人の数を示すものである。アクセスカウンターで、意図したことで効果があったかどうか

かを、必ずしも評価できるわけではない。別目的、例えば検索エンジンの閲覧、最新画像だけを見るために訪れる人、作者自身や関係者の閲覧も同等にカウントされる。今回のような e-learning の目的では、アクセスカウンターの値でその効果を測ることができないであろう。

メールマガジンやホームページを読んだり閲覧したりした人からの反応を得る方法として、メールがある。例えば、メールマガジンやホームページでアンケートを呼びかけ、メールで答えてもらう方法がある。しかし、これはいくつかの問題がある。

ひとつは、強制力が少ないため、一部の人からのアンケートしか帰ってこないことである。一般のアンケートより著しく回収率が悪いであろう。もし、誰からも返事が返ってこ

ないとしても、その試みは無駄であったかどうかを判断できないのである。なぜなら、アンケートに答える積極性はなくても、メールマガジンは有効であったと考えている人がいる可能性がある。そのような人の評価も得るには、すべての人にアンケートを書いてもらうことになるが、メールマガジンは受動的であり、インターネットは閲覧の不定期性、匿名性などの性質から、やはり十分な評価をするデータが得られないであろう。

もう一つは、アンケートに返事する人は、そのメールマガジンやホームページを非常に有用と思っている人である。したがって、好意的な集団からの返事しか返ってこないことである。特にアンケートを連載の最後にすると、メールマガジンを有効だと思っている人が最後まで購読したのであり、そのような人の集団中でも返事を書く人だから、非常に好意的な母集団からのデータとなる。このような偏ったデータからの定量的な考察は困難である。

E-learningによる今回のケーススタディの評価は難しいが、定性的評価ではいくつか重要なことが判明したので、それについて考察する。

## 2 目的の達成度

著者が提案したメールマガジンとホームページが連携した e-learning の方法論は、講師側および受講者側双方で「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」という要望を満たすことが可能であるという展望のもとになされた。この要望に関しては、少なくとも講師側の要望は満たしていた。それは著者がこの方法を実践して、「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」という要望を満たすことがわかったからである。その結果、ケーススタディが滞りなく1年間継続したのである。一方、受講者側の満足度は判定できなかった。なぜなら、上で述べたように、e-learning

の受講者からの反応や感想を定量的に得る手段がなかったからである。

著者自身が専門としている地質学と、専門から少しはずれたりモートセンシングという分野の融合を試みることは達成できた。その成果は、衛星画像の解説やテキストとして公開できた。また、後述のように環境工学の研究者が、検索からホームページにたどり着き、衛星画像に興味を持ったというメールを頂いた。このような分野の違う専門家の興味を沸きこしたことになる。これは、いくつかの専門の違う学際的な試みがうまくいったからであろう。

今回のケーススタディの目的として設定した2つのねらいである「素材の独自性と融合」と「スケールと視点の変化」については、講師側でメールマガジンとホームページの作成する時に配慮したものである。従ってこれも講師側ではねらいが達成された。しかし、受講者にこのねらいが伝わったかどうかは、受講者の反応から得るしかない。しかし、上記の評価と同様に、この点に関して、定量的判断は不明である。

## 3 メールによる反応

定量的評価にいたる情報が得にくい受講者からの反応についてであるが、受講者からのメールによって、定性的だがいくつか重要な示唆が得られたので、それを以下に示す。

ホームページは財団法人ERSDACの運営であったためか、財団にはほとんど反応が寄せられなかった。しかし、このホームページで紹介した衛星画像は、個人レベルではいろいろなところで利用されているのが判明している。メールマガジンは個人で発行していたので、市民からの反応は、すべて著者にメールで寄せられた。

ある高校教員からのメールでは、高校の授業で衛星画像と私のテキストの内容を利用したという報告があった。某大学の工学部教員



が、ERSDAC のサイトからこのホームページを閲覧して、興味を持ったというメールがあった。またある人からは、衛星画像のすごさを感じたが、自分ではデータ処理はできないが眺めて楽しんでいるという報告もあった。アメリカ合衆国のアリゾナのクレータを紹介したが、他のクレータの見学に行きたいので情報が欲しいという反応もあった。

メールマガジンの読者として視覚障害者もいたが、テキストの記述を読むこと画像の解説を読むことで、画像がなくても内容が理解できることがわかった。まさに、素材はそれぞれが独自性を持っていたことと、画像に解説をつけたことによって画像は見ることができなくても、画像の解説とテキストで、私が伝えたいことが理解することが可能となっていることが判明した。

高校の授業での素材利用や、視覚障害者が画像解説とテキストだけで理解できたことは、ねらいの一つ目の「素材の独自性と融合」が達成されたことをみなせるであろう。また、工学系の研究者が興味を持ったことから、このケーススタディは、分野が違う専門家の興味を沸きこすことも判明した。

メールマガジンの熱心な読者からは、何度もメールをもらい、やりとりが1年間続いた。このような読者とのメール交換から、それぞれの楽しみ方、利用の仕方をしていくことがわかる。また内容に関する質問と回答のためのメールのやり取りも何度もあった。このような受講者とのメールを通じた交流は、受講者の教養を得る手助けとなるであろう。

以上のようなメールをくれた受講者とそのメールの内容から、最初に示した市民の多様な要望がある程度は満たしていたと考えられる。従ってこのケーススタディによって、著者が提案した方法は有効であると考えてよいであろう。

## VII まとめ：新しい科学教育のために

今回のケーススタディで、e-learning としての試みは、講師側としては満足できるものであった。ただし、受講者にとっての客観的効果を定量的に測ることはできなかったが、一部の読者であるが熱心に学んでいた。定性的には効果があったことは確かである。

今まで衛星画像、地質学の成果、地質学的データなどは、専門的で市民が利用できるものではなかったが、今回のケーススタディのようにある程度加工すれば、市民に向けて情報を発信し、教育に役立てることができた。これは、地質学とリモートセンシングの融合したものであるが、このような方法は2つの限られた専門分野だけでなく、市民教育として考えると、広く多様な専門分野の融合の可能性を示していると考えられる。そして、多様な融合が行われれば、より多様なコンテンツが提供できることになる。

さまざまな素材を、市民あるいは他の分野の専門家が、どのように利用していくかは、非常に多岐に渡ったものとなりうるであろう。本ケーススタディは月一回の1年間の実践であったが、もっと回数が多く深い内容でもいいであろう。多様なコンテンツを同じような方法によって増やしていけば、さらに市民への教養教育の効果は増していくであろう。

このケーススタディで示したようにメールマガジンとホームページという方法を利用すれば、ある専門家が自分の持っている一次情報を、市民向けの科学教育として発信することができる。それは、広く科学教育に貢献できるものである。このような方法論は、志さえ持てば、「いつでも、どこでも、だれでも、いくらでも」発信でき、今からでもスタートできるものである。より多くの専門家がこのような方法論をもちいて、科学教育をすることが望まれる。

**参考文献**

- 深田昭三・玉井基宏・染岡慎一 (1998) 『教室がインターネットにつながる日 — インターネット利用教育の理論と実践 —』 北大路書房
- 今栄国晴編 (1998) 『新版 教育の情報化と認知科学』 福村出版
- 小出良幸 (1999) 「地球科学と教育を取り巻く現状分析 — 博物館の新しい地学教育を目指して 1 —」 『地学教育』 Vol.52, No.4 : 127-147
- 小出良幸 (2000) 「自然史学的重要性と現代自然哲学の必要性」 『地学教育』 Vol.53, No.4 : 141-158
- 小出良幸 (2003) 「大学からの市民への教養教育の新しい方法論」 『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 vol.13, 1 : 19-28
- 岡本敏男編著 (2000) 『インターネット時代の教育情報工学 I』 森北出版
- 新谷隆・内村竹志 (1996) 『メディアキッズの冒険 インターネットによる教育実践の記録』 NTT 出版