

## 科学教育と情報教育 地震教材を例にして

山崎謙介<sup>1)</sup>・南島正重<sup>2)</sup>・蓮沼 賢<sup>3)</sup>

1) 東京学芸大学 教育学部, 2) 東京都立向丘高校, 3) 横河電機(株)

E-mail: yamazaki@u-gakugei.ac.jp

### 概要

総合的な学習における「情報教育」や高等学校での教科「情報」における教育内容は既存の他教科での教育内容と共通のものが多く、あらためて情報教育をすることが不要のように見えるが、「学習」、「知覚」、「行動」などの認知科学的あるいは教育学的な要素を鮮明に出すことによりその意義が見出される。他方、既存の教科、諸科学の教育においてもあらためてそのような問題意識をもつことが重要視される。本論では、科学教材においては時間・空間的な情報を扱うことの代表である地震の教材を扱うことにより、情報収集、モデリングを含めたデータリテラシー教育が科学教育と情報教育を結びつける橋渡しとなることを示す。また計算機シミュレーションの4つの意義を与え、地震動による人間と建物の運動シミュレーションを一種のアニメーション教材として提案する。これは身体的な学習効果を高めるシミュレーション教材である。

## Science Education and Information Study

-An Example with Teaching Materials of Earthquake and Geosciences-

Kensuke Yamazaki<sup>1)</sup>, Masashige Minamishima<sup>2)</sup>, Satoshi Hasunuma<sup>3)</sup>

1) Tokyo Gakugei University, Faculty of Education

2) Tokyo Metropolitan Mukogaoka Senior High-School

3) Yokogawa Electric Inc., Tokyo

### Abstract

We have proposed an example of intercurriculum of science education and the Information Study which has just started in school education. There are many common features among educational items of the new Information Study and other sciences; this does not imply that the necessity of the information study may be eliminated. The new subject of learning information technology would rather include more specifically pedagogical or cognitive science; this may cause the same awareness in other science education. The article shows examples of data modelling and simulation with teaching materials of earthquake sismology and an animation of human behavior in response to earthquake ground motion.

## 1. はじめに

2003年度から始まる高等学校での新教科「情報」の出現を待つまでも無く、すでに学校教育現場では「情報教育」が「総合的な学習」においてはもちろんのこと、各教科においても「教育の情報化」として進行しつつある。この現在進行形の教育改革の目的が「自ら学び、自ら考える力を育成する」ことであるなら「情報教育」が教育改革の目的であると同時に大いなる手段にもなりうる、と言われ[1]、具体的なカリキュラムも提案されている[2]。しかし各教科においてどのような教育コンテンツがはたして上記の目的に叶うか否かは、「総合的」な学習の意味や、既存の教科における情報教育、教科「情報」の教材の質にも依存すると考えられる。本論では最初に高等学校における理科の指導要領の変遷を概観し、総合的な学習と情報教育の理念などを考慮しながら「科学教育」と「情報教育」の融合的な教材提案を行う。

筆者らによる前報[3]では地震教材などを含む「地球科学」を「情報教育」への橋渡しとして提示した。それは空間情報科学の恰好の例題として扱うことができ、「情報」の考え方や自然現象におけるデータとその「処理法」、「情報の組織化・総合化」の考えへと結びつくと考えたからである。本論では、同じく地震教材を扱いながら「地震(波)動」を取り入れることにより「時間発展システム」の例としての地震動やそれに対応する構造物、人間の応答をアニメーションとして提示し、シミュレーションの意義を考える。また「時間的発

展」と「空間的広がり」を同時に含む波動の伝播の様子を可視的に明瞭化することによる「モデリング」の技法を体得する。総じて、いわゆる「データリテラシー」[4]の教育が「科学教育」と「情報教育」の橋渡しとして提案される。

## 2. 高等学校理科の指導要領の変遷：「総合化」と「情報化」

日本の高等学校理科教育における「観察、実習を重視し、問題解決的な学習や体験的な学習を積極的に推進」しようとする流れは今次学習指導要領でも基本的な考え方とされ定着している[5]。それはまた、課題を設定する科目「理科II」が昭和57年に現れ[6]、平成6年施行の「主体的な探究活動を重視」した内容[7]から引き継がれてきたものである。

一方、理科Iの必修に代表される総合化の流れ[6]と平成6年施行からの「コンピュータ等を活用すること」とのかかわり[7]が今次の学習指導要領に大きく盛り込まれることになっている。それは、週5日制に対応して理科の内容が厳選される中で、「総合的な学習の時間」と新教科「情報」という枠組みが新しく設定され、実施となる[5][8]。

この「総合」や「情報」は今や学校教育全体のキーワードになっているが、実はこの視点は理科、とくに「地学教育」が担おうとしてきた道でもあったことは注目に値する。

## 3. 総合的な学習と個別的・分析的学習

総合的な学習が生まれる背景にはめまぐるしく変化する社会と教科・領域を中心とする学校知との「文化的ずれ」が生じ

その間隙をどう埋めるか，という課題があるといわれる．そしてその意義は「体験」を重視する「教科横断的」な科目としての「生活科」とは異なり，むしろ急激に変化する現代社会の諸課題(国際理解，環境，情報，福祉など)を積極的に取り扱うというものである．また諸課題が各教科内容に横断的にまたがるという意味での「総合化」が強調される．いいかえれば「学習対象」(主として社会的事象)に力点をおくという意味が第一義である[9]．

ここで「科学教育」における「総合化」の意義を考えてみよう．この場合「科学」はとりあえず「自然科学」を意味することにする．「総合化」を字義から解釈すれば，「個別的，分析的な手法」に対峙するものである．したがって学習対象を自然現象とすれば上記の「総合的学習」は「現象」に力点をおいてその現象を個別に分析する手法としての「物理学」，「化学」，「生物学」があるという構造になろう．ところで宇宙・地球科学(「地学」)は歴史的にみても最初から総合的な学習(学問)の感がある．事実，「縫い目なしの自然(Seamless Nature)」という考えと，それに基づく論文，教科書[10]を提唱した優れた地球科学者がいた．しかし当時，その手法を修得することは尋常な学力では困難で，現実的には基礎科学の応用としての位置付けがなされ，個別的，分析的な手法が主流であったし，現状もそうである．しかし，科学が巨大化するにつれ，否が応でも知識の総合化が進行するのは必定である．事実，昨今の「地学」の一方のキーワードは「宇宙と生命」であり他方は「環境と防災」である．前者は単なる構造解析よりは生命発生の機構を紐解く「総合自然科学」で

あり，後者は社会・経済システムを考慮しなければならない「総合科学」の感がある．ここで重要なことは「総合化」の具体的な手順として必ず「知識」や「情報」の総合的な理解を踏むことである．このとき，電子化された情報を扱う「情報技術」が何ほどこの「総合化」に寄与するかは強調しても強調しすぎることは無い．

#### 4．科学教育と情報教育

ここで本題に入るが「情報教育」の理念と目標を再確認し，それらが「科学教育」とどのように関係し，あるいは独自性が確保されるのかを見てみよう．情報教育の理念・目標は今さらいうまでもなく，「情報化社会」を生き抜くために，1)情報活用の実践力を身につけ，2)情報の科学的な理解をも助け，3)情報社会に参画する態度を養うこと，であるとされている．またこれらがあらゆる教科において実践され，教科「情報」においても他教科と相互補完的に実践されるものとしてその趣旨が語られている．普通教科「情報A-C」の学習内容を見てみよう．

##### ・「情報A」

(1) 情報を活用するための工夫と情報機器

(2) 情報の収集・発信と情報機器の活用

(3) 情報の総合的な処理とコンピュータの活用

(4) 情報機器の発達と生活の変化

##### ・「情報B」

(1) 問題解決とコンピュータの活用

(2) コンピュータの仕組みと働き

(3) 問題のモデル化とコンピュータを活用した解決

(4) 情報社会を支える情報技術

・「情報C」

(1) 情報のデジタル化

(2) 情報通信ネットワークとコミュニケーション

(3) 情報の収集・発信と個人の責任

(4) 情報化の進展と社会への影響

上記の学習項目の中で下線部は「自然科学」系の教科においてはすでに実践されている項目である。また他の項目に関していえば社会・人文系の科目および言語系の科目において十分に満たされる課題なのである。普通教科「情報」が不要であるといわれる根拠になる。しかし問題はこれまでの既存の教科がはたして上記の項目を「情報」という観点から積極的に教育課程の中に組み込んできたのか、ということである。上記の項目は、じつは人間が発し感受する「情報」と、人間が「学習」し、「知覚」・「行動」することの円環構造、いわば「知」(知識と知恵)の獲得構造に

いかにかかわってくるのか、という優れて「教育的」あるいは「認知科学的」な課題なのである。ここに教科「情報」が成立したことの積極的な意義を見出したい。したがって、教科「情報」と他教科との相互補完を念頭におくならば、他教科における教育項目も「情報」という観点を「教育的な視点」から取り入れる必要があると考えられる。また、教科「情報」の専任教官は上記「情報A-C」を教育できる技量(情報技術)は勿論のこと、全体を貫く「教育的(pedagogical)」な視点をもつ必要があろう。

5. 地学教育と情報教育 地震教材の例  
筆者らは地球科学を「空間情報」を扱う学問の一例として位置付け、個別の例として「地震現象」を理解するための統合的

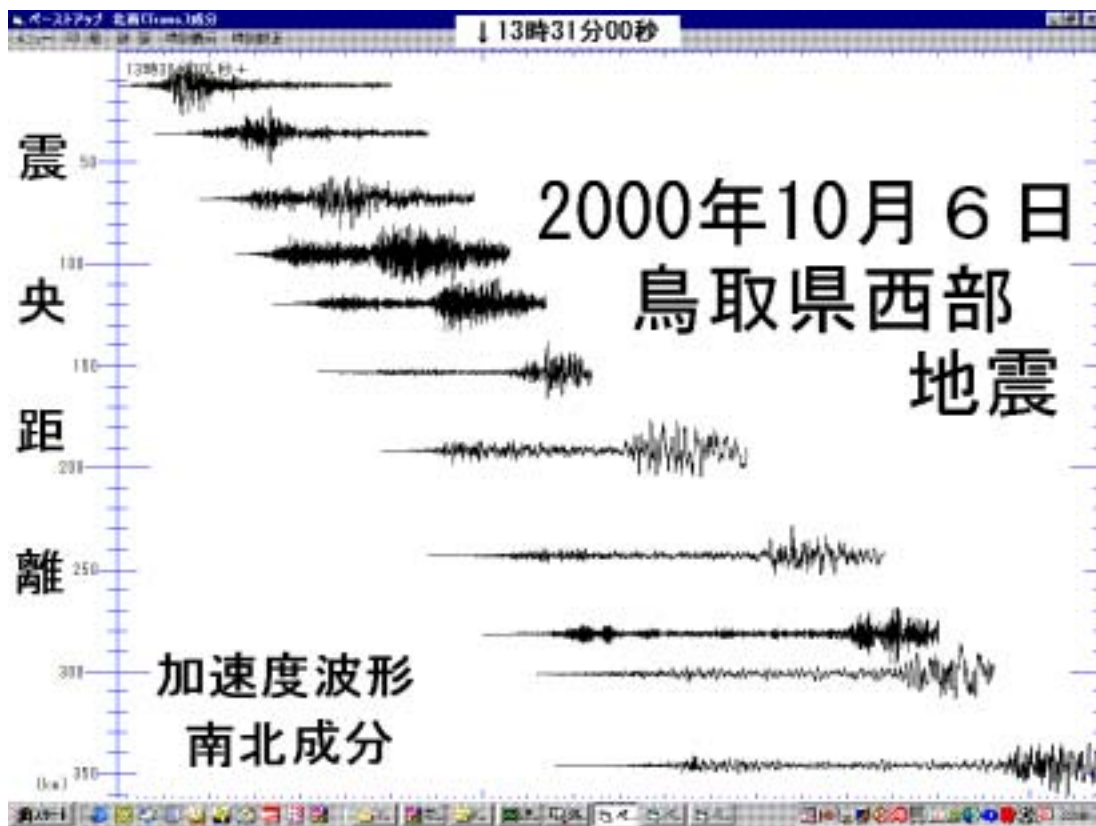


図1 鳥取県西部地震による地震波動のペーストアップ

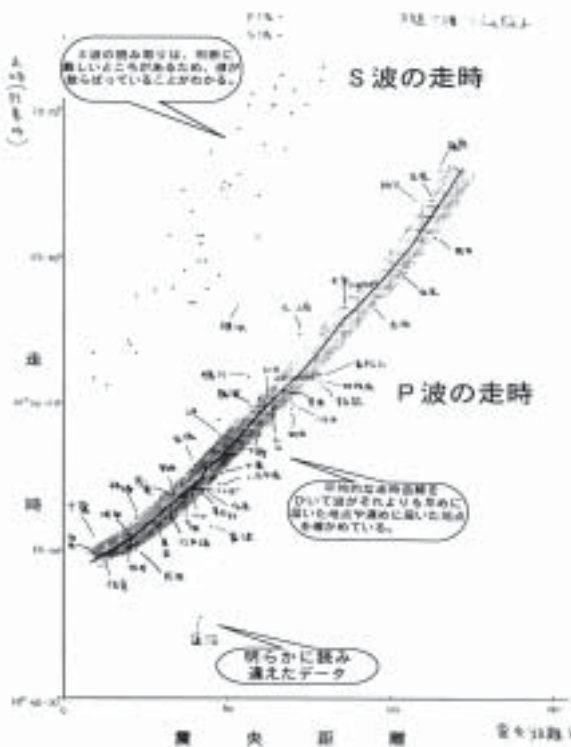


図2 P波，S波の走時図

な学習環境を提供するeラーニングシステムを提案し、同時にデジタル地形情報から「画像処理」の課題を扱うことで情報教育にとって恰好な教材をも提供した(本論補遺および文献[3])。本稿では更に、時間発展システムの一例として地震波動を扱い、解析手法の到達点としてのデータモデリングと、身体性を考慮した人間の学習に主眼をおいたシミュレーション教材を提示する。

図1は2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震を防災科学技術研究所(当時、国立・現、独立法人)が全国に設置している強震動観測網(通称、K-Net)によって観測されたもののうち、南北成分の地動加速度記録を震央距離別に並べたものである。

このデータ収集は準リアルタイム的に当該研究所のWEBサイトからネットワークを介して可能であることから、「情報教

育」の教育項目のうち「情報の収集」に対応することになる。また、このようなダイアグラムを作成することは以下の点で重要である。

- 1) 地震動が波動として伝播していく様子が概念として把握されやすくなる。
- 2) P波，S波のような諸位相の到来時刻を「空間・時間」の領域にプロット(図2，走時図という)することにより，地下の物理的な情報を得るためのモデリングがなされる。図からは，波動伝播の(見かけの)速度が計算される。しかし単純に直線的な走時図ではないこと，P波，S波とでは速度が異なりそうであること，データにはバラツキがあること，信頼性などなど，がうかがえる。いわゆるデータに関するリテラシーが養われる。

## 6. データリテラシー教育

筆者らは前述のような地震データなどを扱う例に見たように，データリテラシーの教育こそ科学教育と情報教育を橋渡しする現代的な課題であると考えられる。いうまでもなくリテラシーとは読み書き能力であり，コンピュタリテラシーはコンピュータを操作したりその概念に関する素養である。しかしコンピュータはデータ(情報)を処理する機械であるわけだからデータそのものに関する理解や操作，モデリングの手法や妥当性の吟味などに関する素養が無ければコンピュータは持ち腐れの宝である。また古くて新しいこのデータリテラシーを提唱している文献[4]が述べているDandD(Data and Description)はデータリテラシーにとって重要なキーワードである。データの取得，サンプリング，構造化，浄化と組織化，

データベース, データブラウジングなど, どれをとっても情報の科学的な理解へとつながる項目である. 諸科学, 諸教科においてこのデータリテラシーというものを意識してほしいものである.

## 7. コンピュータシミュレーション

情報教育の項目の一つに「シミュレーションとモデリング」がある. じつはこのシミュレーションとモデリングこそ諸科学, 工学においては伝統的に採用されている手法である. 実物大の実験をするには巨大な装置と費用が必要とされたり, 現場を再現できないほどのスケールの違いなどにより, その必要性はとくに計算機の発達に伴い増加するばかりである. 計算機科学, 情報工学の世界ではロボットの構築, コンピュータグラフィックスをベースとしてゲームソフトなどが最先端の領域といえようか. しかし, このシミュレーションとモデリングの価値は何であろうか.

シミュレーションは実物を擬似的に再現することである. 自然科学, 社会科学を問わずコンピュータシミュレーションの基本にあるのが数値的な計算によるものであるが, 現在では結果の可視化技術が進歩しているためにCG技術を取り入れてより現実感を高めているものが増えてきている. しかしシミュレーションの大事な点(有効性)は以下の点にあると考えられる.

1) 境界条件, 初期条件などを変えることにより, 現実世界の現象を説明するための自然あるいは実物における諸条件が明らかになったり, 予測可能な条件を見出すこと.

2) 予測不可能な結果が出てくること. たとえば, カオス時系列などは当初解析的な表現だけでは予想もつかなかった結果が生じることがシミュレーションの大きな効能であろう. このことは次の要素にもかかわってくる.

3) ロボットやゲームなどに登場するオブジェクトは単純な状態遷移則にのっとり行動するようになっているが, それ自身で自律的な振る舞いをするエージェントであり, やはり予想もつかなかった振る舞いを示すことは面白さを増す.

4) 学習の身体性を考慮すれば, 学習が自身の体験(身体で感じたこと)をある種の絵コンテ, あるいは記号の振る舞いによって表現することにより学習のレベルを高め, あるいは深化することができる. その際, 記号(シンボル)の振る舞いはあくまでも現実世界を似せたものでなければならない.

以下に示す地震動を用いた人間と建物のアニメーションは上記4)の意味でのシミュレーションである.

## 8. 地震動による人間行動のシミュレーション

図3は左図に示される地震動(地動)に伴う建物の動きと人間の動きを震度に応じた人間の動きを似せたシンボル(5段階)で表現している. 図では左図の縦線に対応する時刻近傍での地動に対応する振る舞いを示している. 時刻はちょうど地震の主要動が始まる近傍に対応し, 右図の下部には地動(加速度)の振幅の履歴を表している. 講演ではフルタイムでのシミュレーションを実演する.

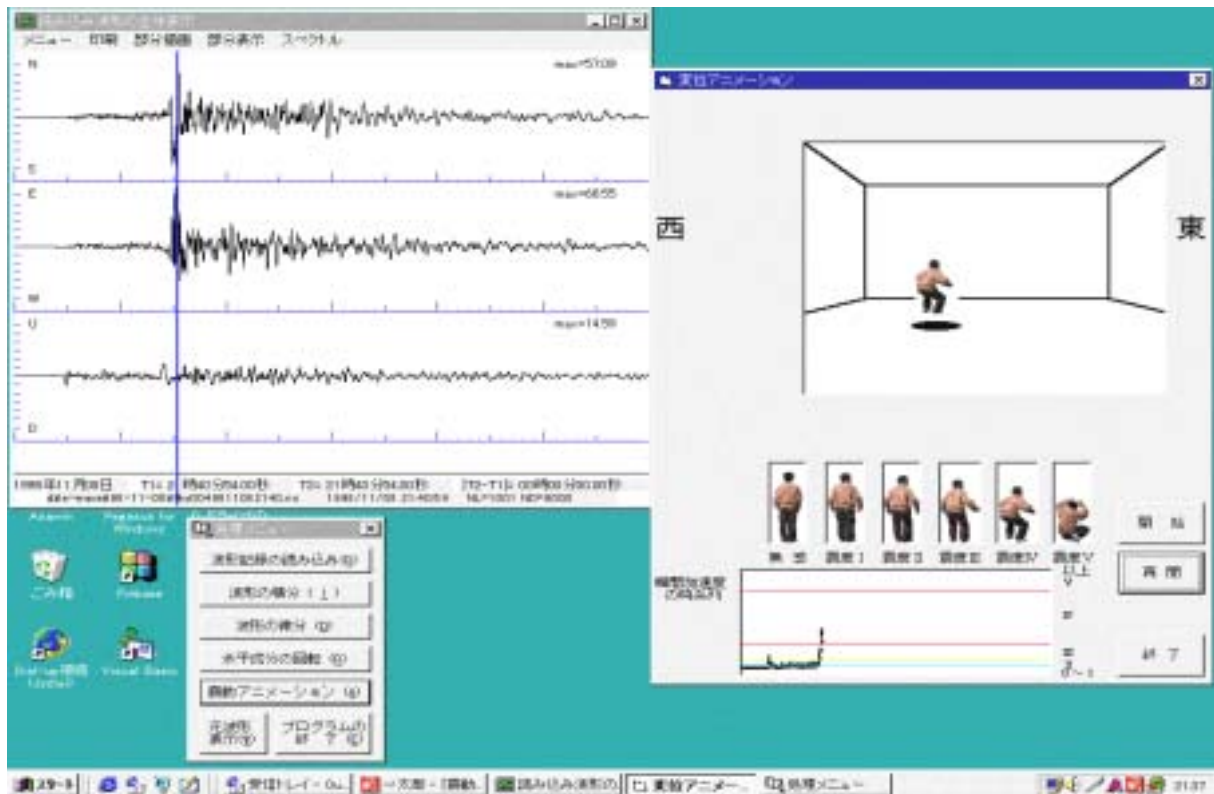


図3 地震動(左の波形)に応じた建物の動きと人間の動き(右)。

参考文献：

- [ 1 ]中川正樹,2001,情報教育の背景,理念,課題,bit Vol.33, No.3(特集初等中等教育に広がる情報教育),pp.3-10.
- [ 2 ]石井奈津子・松田稔樹,2001,既存教科における情報教育実施のための導入的指導カリキュラムの開発,科学教育研究,Vol.25, No.4, pp.260-273.
- [ 3 ]蓮沼 賢 ほか,2002,自然情報の可視化機能を有するeラーニングシステムの構築,コンピュータと教育(情報処理学会研究報告 2002 - CE-63), pp.1-8.
- [ 4 ]柴田里程,2001,データリテラシー,データサイエンスシリーズ 第1巻,共立出版,171pp.
- [ 5 ]文部省,1999,高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編,大日本図書,pp.5-9.
- [ 6 ]文部省,1979,高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編,実教出版,pp.15-18.
- [ 7 ]文部省,1989,高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編,実教出版,pp.6-8.
- [ 8 ]文部省,2000,高等学校学習指導要領解説 情報編,開隆堂出版,pp.21-25.
- [ 9 ]児島邦宏,1998,教育の流れを変える総合的学習,ぎょうせい,207pp.
- [ 10 ]島津康男,1966,地球内部物理学,裳華房,394pp.

補遺：WebGISに基づく地球科学eラーニングシステムの概要

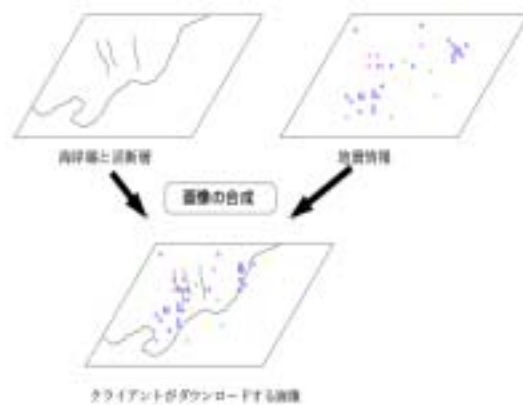
前報[3]において表題の内容をもつ予備的な報告をおこなった．ここではそのエッセンスと重要な考え方を復習する．

GIS(地理情報システム)はさまざまな空間情報を統合して物事の理解や意思決定をするための道具として注目されている．本システムはWebに対応したGIS(GRASS)を採用することにより学習者が主体的にデータを取得し統合することのできるものである．地球科学に特化したものであるから学習者は地震情報,地形,地質,重力異常,活断層,火山の位置などを選択し,それらを統合し可視化された画面上でそれらの相互の関係などを理解できるようにしたものである．なおURLは [www://sanga.u-gakugei.ac.jp/~grass/](http://www://sanga.u-gakugei.ac.jp/~grass/) である．

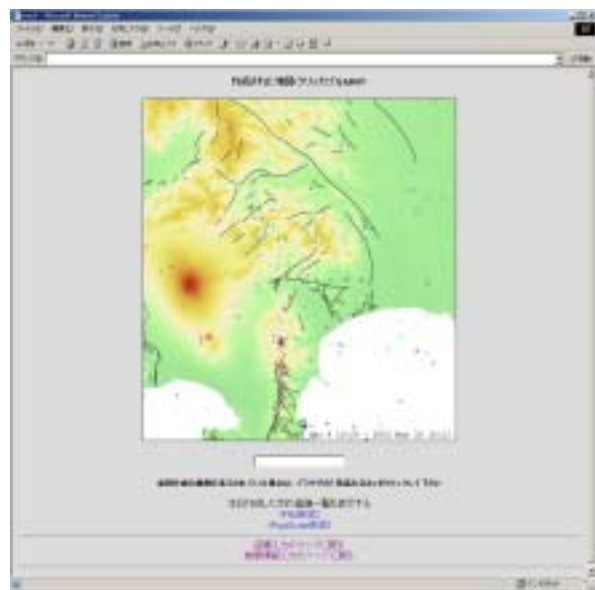


図A1．地球科学eラーニングシステム

前述したように,さまざまな空間情報を一つの画面に重ねあわせて統合的にものごとを理解することを可能にするのがGISの特徴である．図A2では海岸線と地震情報(位置)の二つを重ね一つ画像を得ることの概念図を示したものである．このことにより地震群と活断層との関係,地質,重力との関係が読み取れることになる．



図A2．空間情報を重ねるという概念



図A3．検索結果の例．

図A3は地形図(標高)と活断層,地震の位置,火山の位置がしめされている．相互の関係をみてとることができる．また図に示される活断層の位置をマウスでクリックすることにより「活断層」の情報(名称,年代,規模など)が画面に示されるようになっている．なお詳しい説明は以下の論文に記載されている．

参考文献：

蓮沼 賢・山崎謙介,2002,空間情報の可視化機能を有するWebGISに基づいた地球科学eラーニングシステムの構築,地学教育,Vol.55(No.6),pp.189-201.