

地学教育

第55巻 第5号(通巻 第280号)

2002年9月

目 次

原著論文

身近な示準化石の教材化にむけて
—イタヤガイ科二枚貝化石— ……………天野和孝…(175~182)

教育実践報告

プラネタリウム施設で行う天体の動きと天球座標の授業
—高等学校地学IBでの実践例— ……………川村教一…(183~187)

〈特集〉コンピュータと地学教育

原著論文

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 ……………蓮沼 賢・山崎謙介…(189~201)

前線の通過に伴う天気変化の学習におけるアメダスデータの面的活用
……………渡辺嘉士・榊原保志…(203~217)

教育実践報告

地学教育における探求活動としての3D図 ……………青野宏美…(219~223)

本の紹介(188, 202)

お知らせ(224~226)

日本地学教育学会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

役員選挙に関する公示

正会員および学生会員 各位

2002年10月16日
日本地学教育学会 選挙管理委員会

役員候補者の推薦について

「役員選挙についての細則」に基づいて、平成15年度役員（評議員および監事）の選挙を行います。ついでに細則により、評議員候補者の推薦をお願いいたします。

【参考】役員選挙についての細則（抜粋）

5. 評議員候補者の推薦は、正会員および学生会員3名以上の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が12月1日から12月25日（消印有効）までに選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。
6. 監事候補者の推薦は、常務委員会が行う。
（注）会則および細則の全文は、会誌「地学教育」52巻3号、1999年5月発行を参照して下さい。

現在の役員、下記の通りです。

- 1) 平成15年度まで、任期のある会長：下野 洋
- 2) 平成14年度で、任期の切れる副会長（会則第11条第2項：会長が評議員の中から指名する；評議員として再選を認められている）：池田幸夫
- 3) 平成14年度で、任期の切れる評議員（再選を認められている）
北海道・東北地区：中村泰久
関東地区：渋谷 紘・小川忠彦・丸山健人
中部地区：渡辺 隆
近畿地区：藤岡達也
中国・四国地区：秦 明德
九州・沖縄地区：宮脇亮介
会長指名：馬場勝良・五島政一・猪郷久治・松川正樹・宮下 治
- 4) 平成15年度も、任期のある評議員（推薦しても無効）
北海道・東北地区：宮嶋衛次・照井一明
関東地区：菅野重也・円城寺守・中村悦朗・島津幸生・加藤尚久・江藤哲人
中部地区：鹿野勤次・遠西昭寿
近畿地区：戸倉則正・田結庄良昭
中国・四国地区：依藤英徳・野瀬重人
九州・沖縄地区：八田明夫・田中基義
会長指名：濱田浩美・林 慶一・買手屋仁・高橋 修・加藤圭司・青野宏美・土橋一仁

原著論文

身近な示準化石の教材化にむけて

—イタヤガイ科二枚貝化石—

天野 和 孝*

1. はじめに

化石採集は児童・生徒だけでなく学生にとっても興味深いものである。新学習指導要領では、中学校の第1学年「理科」で『野外観察を行い、観察記録を基に、地層のでき方を考察し、重なり方の規則性を見いだすとともに、地層をつくる岩石とその中の化石を手掛かりとして過去の環境と年代を推定すること』とされている(文部省, 1999)。すなわち、示相化石や示準化石を用いて実際に過去の環境や年代を推定することが求められているのである。

最近、貝化石や植物化石を用いて生徒に過去の環境を解析させるため、さまざまな方法が検討されている(天野・品田, 1997; 相場, 1997; 大久保, 1998; 小荒井, 2000; 川村, 2001; 松川ほか, 2001; 天野, 2001)。しかし、示準化石については田村(1977)以降ほとんど検討されていない。

田中(2000)は鮮新世から更新世のホタテガイ属15種を中学校理科における進化教材、示準化石教材として用い、生徒の興味と関心を高めるのに役立てている。しかし、ホタテガイ属内の種の区別には教員の十分な理解と指導が必要である。

そこで、本論文では、実際に化石採集を行い年代を推定させるという観点から、まず従来の示準化石教材の問題点を指摘する。次に、身近な示準化石教材の素材として、ホタテガイ属を含めたイタヤガイ科二枚貝化石について、生徒にも容易に識別できる属レベルでの使用を提案する。

2. 中学校「理科」示準化石教材の問題点

地質年代を決定するために有効な示準化石の条件には良く知られるように(1)生存期間が短い、(2)個体数が多い、(3)分布が広いなどがある。この条件を厳密に当てはめていくと、広く分布する点からいけば海生の浮遊性生物が適している。さらに、化石として保存さ

れ個体数が多いという点からすれば有殻の無脊椎動物や有殻の微細な植物である必要がある。実際に新生代の地層の細かな分帯は石灰質ナノ化石、珪藻、浮遊性有孔虫、放射虫化石を用いて行われている。しかし、これらの微化石を学校現場で使用するのは困難であり、中学校の新学習指導要領解説「理科編」(文部省, 1999)では、示準化石として、古生代の三葉虫、紡錘虫、中生代の恐竜、アンモナイト、新生代第三紀のピカリア、第四紀のナウマン象が例として挙げられている。

古生代の示準化石として有名な三葉虫は上記の海生で有殻の無脊椎動物で生存期間が短いという条件には当てはまっている。しかし、最盛期は古生代カンブリア紀であり、日本では最古の化石が岐阜県福地から発見されているオルドビス紀の微化石(Igo *et al.*, 1980)である。したがって日本には三葉虫最盛期の地層が欠如し、日本の石炭系・二畳系を主体とする古生界から個体数の少ない三葉虫化石を実際に生徒に採集させ、年代を検討させることは困難である。

中生代の示準化石とされているアンモナイト類は古生代シルル紀後期にすでに出現している。アンモナイト目はジュラ紀～白亜紀に生存しているので、狭義のアンモナイトならば示準化石として良いであろうが、外形だけからは判断が難しい。田村(1977)はこれらことから、アンモナイトを中生代の示準化石として扱うことを危惧している。

新生代の示準化石としてピカリアが挙げられている。日本では始新世と前期中新世末期～中期中新世初期に知られる。前期中新世末期～中期中新世初期(16 Ma前後)のピカリア・ジャポニカの方が広く分布し、教科書にも掲載されている。底生動物ではあるが、短期間に広く分布している点では示準化石の条件を満たしている。また、この種は熱帯～亜熱帯の干潟に生息し、北海道長万部付近を北限としている(Kanno *et al.*, 1988; 図1)ので示相化石として用いることも

* 上越教育大学学校教育学部地学教室 2002年4月18日受付 2002年7月13日受理

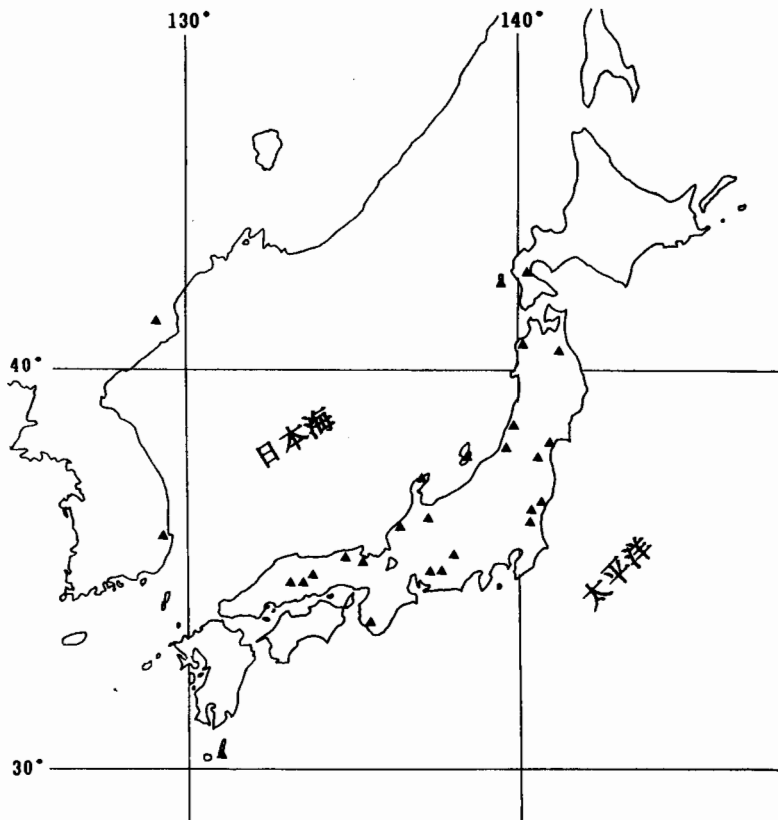


図1 ビカリア属化石の分布

できる。ただし、他の貝化石に比べ、生息環境が限定されるので、特定の場所以外では採集できないという欠点もある。

中生代の恐竜や新生代第四紀のナウマン象は生存期間などからは条件を満たすが、陸生であることや海生無脊椎動物に比べ個体数が少ない点では、示準化石として不十分である。

以上のように、中学校で扱われている示準化石には新指導要領にあるように児童生徒に野外で採集させ、そこから地質年代を検討することを考えると困難な場合が多い。

3. イタヤガイ科の属の時空分布

軟体動物門二枚貝綱イタヤガイ科のうちイタヤガイ亜科とホタテガイ亜科は前後はほぼ同じ大きさの耳状突起をもち、放射肋が広く平滑であることで、他の二枚貝と容易に区別できる。何よりも、閉殻筋が食用とされていることで、なじみ深い二枚貝の一つでもある。多くの二枚貝は底質中に潜入して生活するのに対し、

イタヤガイ類は浅海域の砂底上に生息し、捕食者が近づくると一時的に遊泳して逃避する特異な生態をもつ。

Stanley (1986) は日本とカリフォルニアの 2 Ma の貝化石を検討し、他の外生二枚貝の現生種の種数比が 71% と高いのに対して、イタヤガイ類は 30% と低いことを明らかにした。このように絶滅率が高いことで二枚貝の中では良い示準化石となる。イタヤガイ科の時空分布については Masuda (1962, 1986) により総括されているが、このうち、比較的産出が多いイタヤガイ、ホタテガイ、ヤベホタテガイ、タカハシホタテガイ、モミジツキヒガイ属について最近の微化石年代に基づいて時空分布を再検討した。

①イタヤガイ属(*Pecten*) 左殻は平坦、右殻は膨らみが強く、ホタテガイに比べ小型で、殻表には 8~12 本ほどの太く高い放射肋(縦スジ)が発達する(図 2.4 a, b)。石油会社のシンボルとしても有名で放射肋の数も一致している。現在も北海道南部以南、東シナ海、台湾、一部はインドネシアに生息する南方系種群である(Higo *et al.*, 1999)。時に大発生し、小型の貝柱が市

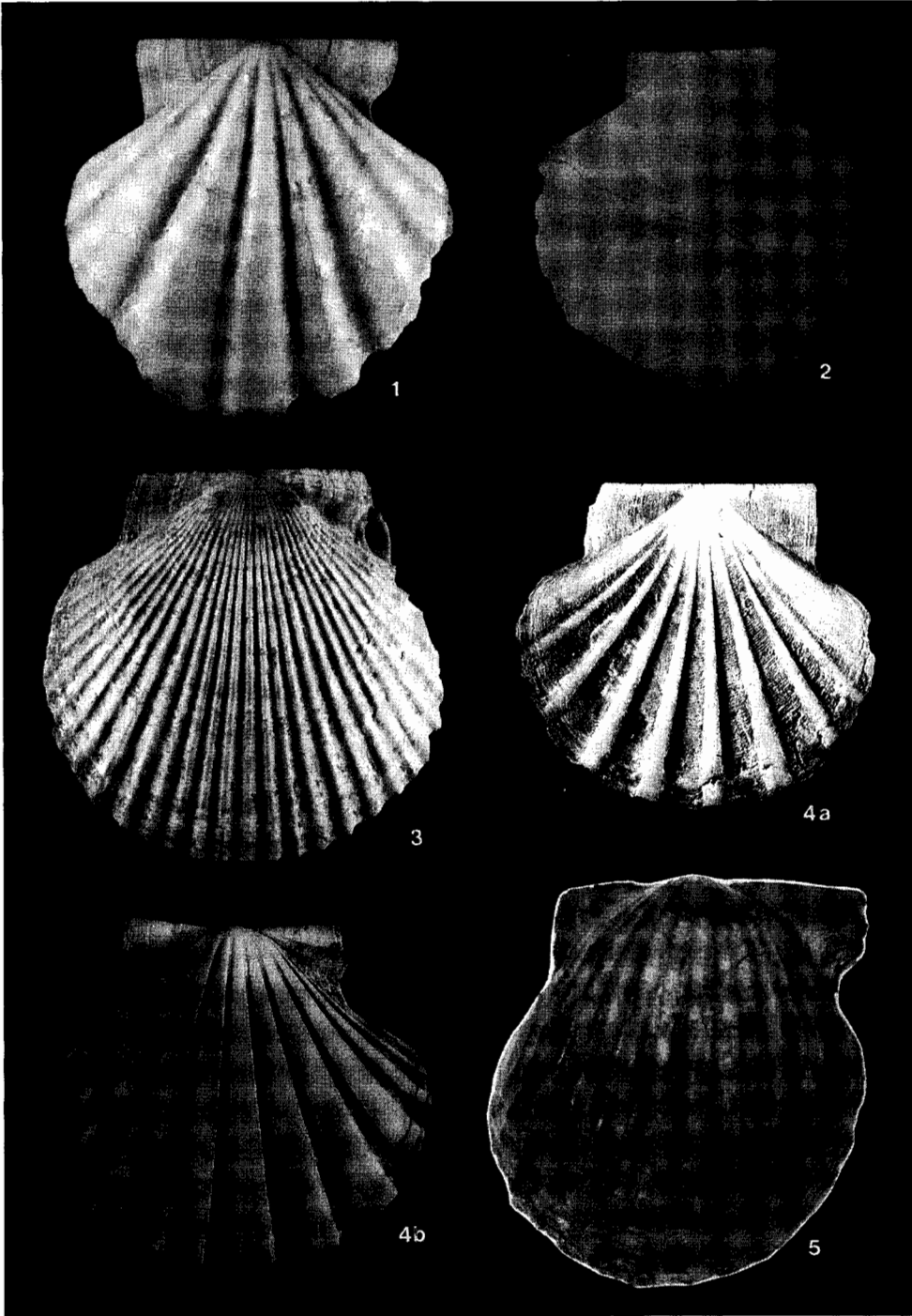


図2 主なイタヤガイ科

1. トウキョウホタテガイ, $\times 0.7$, 石川県金沢市大桑, 大桑層 (ホクリクホタテガイは本種の異名). 2. ヤベホタテガイ, $\times 0.9$, 富山県高岡市頭川, 頭川層. 3. ヨコヤマホタテガイ, $\times 0.4$, 石川県金沢市大桑, 大桑層. 4a, b. イタヤガイ, $\times 0.9$, 島根県隠岐, 現生. 5. タカハンホタテガイ, $\times 0.4$, 完模式, サハリン州ガリ川周辺 (旧樺太磯牛), マルヤマ層



図3 イタヤガイ属化石の分布

場に出回ることもある。新生代新第三紀中新世に地中海域に出現し、東方へ移動し、日本近海に出現した (Fleming, 1957; Masuda, 1986; 図3)。Masuda (1962, 1986) は本属の生存期間を鮮新世以降としているが、彼が鮮新統とした石川県の大桑層、新潟県の灰爪層、沢根層、千葉県の大田台層、梅ヶ瀬層、沖縄県の琉球石灰岩などは微化石年代により更新統となっている (鹿野ほか, 1991)。したがって、日本付近ではこ

の属を第四紀の示準化石としてさしつかえない。

②ホタテガイ属 (*Mizuhopecten*) 狭義のホタテガイの仲間で、イタヤガイに比べ、大きく、右殻の膨らみは弱い。殻表面には7~40本前後の放射肋をもつが、イタヤガイ属ほど高い肋とならない (図2.1, 2.3)。また、その貝柱は食用となっている。新生代新第三紀中新世前期に日本近海に出現し、繁栄したが、徐々に種数が減少し、第四紀更新世前期には4種であったの

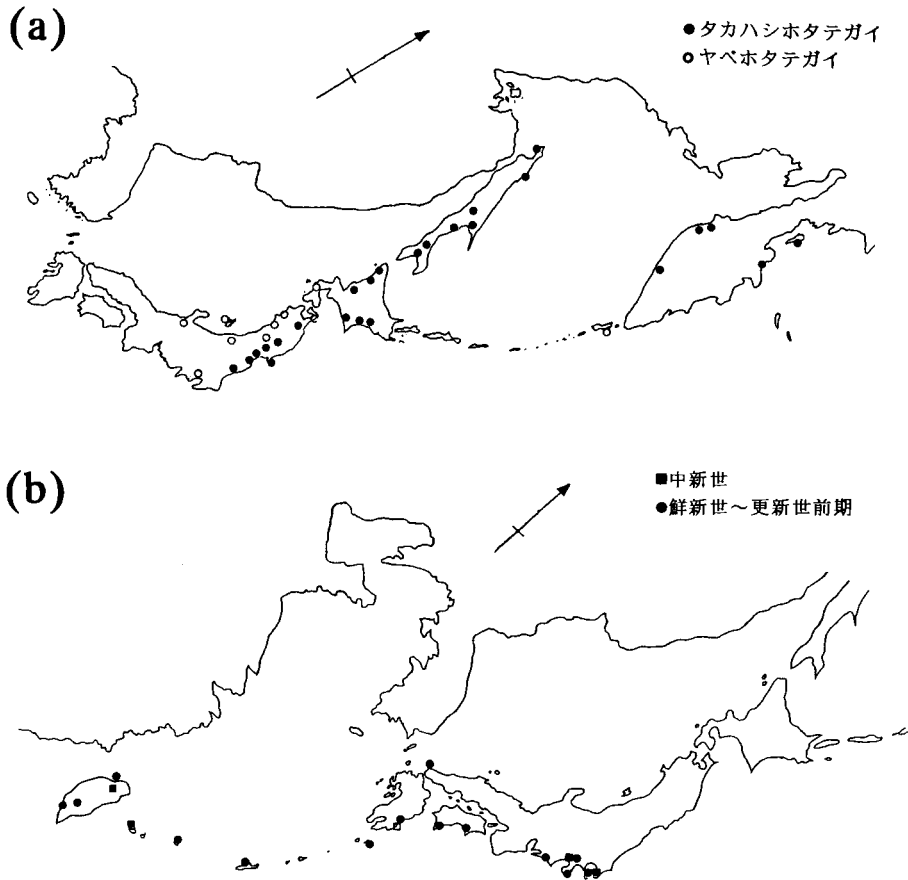


図4 (a) タカハシホタテガイ、ヤベホタテガイ属化石の分布; (b) モミジツキヒガイ属化石の分布 (Masuda, 1986 より)

が、後期には2種に減少し、現在はホタテガイ1種のみが生き残っている (Kafanov, 1986). 言いかえると生きた化石であるとも言える。日本全国の新生代の地層から産出し、各種の生存期間は二枚貝にしては短く、保存も良いため、新生代の示準化石として扱うには最適である。

③ヤベホタテガイ属 (*Yabepecten*) 中新世後期にアラスカ付近に出現した属で、鮮新世から第四紀更新世前期まで東北日本日本海側を中心に生息した (図4a). 殻の表面の放射肋が弱いか平滑 (図2.2) なため、他のホタテガイ類と容易に区別される。

④タカハシホタテガイ属 (*Fortipecten*) 中新世中期にサハリン付近で出現した属で、このうちタカハシホタテガイ (図2.5) は東北日本太平洋側、北海道、サハリン、カムチャツカの中新世末期～更新世前期の地層に広く分布している (中島, 2001; 図4a). 厚殻でか

なり膨らむ。成貝は厚殻のため遊泳できず、砂泥質の底質に潜没し、いわゆる“氷山戦略”を採ったと考えられている (Hayami and Hosoda, 1988).

⑤モミジツキヒガイ属 (*Amussiopecten*) この属は始新世のカリブ海に出現し、地中海を経由して、西南日本まで移動し、西南日本で絶滅した (Kanno and Chang, 1973). 日本近海には中新世後期から更新世前期まで西南日本の暖流系動物群中に生存していた。この仲間は、表面の低い放射肋だけでなく、貝殻の内側にも放射肋 (内肋) をもつのが特徴的である。産地はタカハシホタテガイと対照的に主として西南日本太平洋側に限定される (図4b).

以上、日本近海のイタヤガイ亜科、ホタテガイ亜科の主な属について検討したが、世界的にもこの仲間の化石は新生代に限られている (Moore, 1969).



図5 トウキョウホタテガイ化石とそれ以外のホタテガイ属化石の分布

4. 化石教材としてのイタヤガイ科

イタヤガイ科のうちホタテガイは示相化石として平成元年度版まで2社の中学校の理科教科書中に取り上げられてきた(戸田ほか, 1989; 和達ほか, 1989)。和達ほか(1989)では、ホタテガイとしてトウキョウホタテガイを図示し、冷たい海を示すとした。現生のホタテガイは東北地方から千島列島、サハリンの水深

2~80 m に生息する(Higo *et al.*, 1999) ために、ホタテガイという種類が化石として産出すれば、冷たい海を示すかもしれない。しかし、ホタテガイ類は本来中新世の温暖な海域に生息し、その1部が寒冷域に適応した(増田, 1983)。現生のホタテガイは寒冷域に適応したグループから進化した種であり、ホタテガイ類化石はむしろ温暖域に適応していた種の方が多い。和達ほか(1989)がホタテとして図示したトウキョウホ

タテガイはイタヤガイと同様暖流域に多く生存していた(図5)ので、これを冷たい海を示す示準化石であるとするのは誤りである。また、戸田ほか(1989)では、ホタテガイとしてモミジツキヒガイの写真が掲載され、沖合いを示す示準化石とされている。現生のホタテガイは沿岸域に多く生息し、養殖されていないサハリンのアニワ湾では生貝がしばしば海岸に打ち上げられているので、沖合いという表現は誤解を招く可能性がある。

総合的にみると現在新生代の示準化石教材として用いられているピカリア(図1)に比べ、イタヤガイ科はカムチャツカから台湾まで広く分布する(図3~5)。また、現生のホタテガイやイタヤガイは潮流のある砂底に生息している(田村, 1960)。化石も類似した生態をとっていたためか随伴種が少なく、産出個体数は多い。特にホタテガイ類では1産地からこの仲間が密集して産出することが知られている(例えばChinzei and Iwasaki, 1967など)。一方、ピカリアが1種類で卓越することはほとんどなく、個体数も期待できない。したがって、イタヤガイ科のほうがピカリアに比べて生徒でも容易に入手できる。さらに、一時遊泳型のイタヤガイ科は前述したように絶滅率が高く、生存期間が短いので新生代の示準化石教材として有効である。なかでもイタヤガイ属はナウマン象の歯に比べて、示準化石としての多くの適性をもち、第四紀の示準化石として最適である。数cm~十数cmで耳状突起が発達していれば、児童・生徒でもイタヤガイ類やホタテガイ類と容易に認識でき、単に新生代の地層と判断させるには属レベルでの識別も不要である。

田中(2000)の新潟県柿崎中学校の生徒108名を対象とした調査によれば、三葉虫、アンモナイトの名前を聞いたことのある中学生はそれぞれ77%、97%もいたが、ピカリアは0%であった。地域差もあろうが、このようになじみのない化石を用いるよりも食用として身近にある化石を用いた方がより教育効果が上がるように思われる。

新生代新第三紀のイタヤガイ科は絶滅率が高く、生存期間が短い。Stanley(1986)によれば、中生代ジュラ紀から白亜紀のイタヤガイ超科の平均生存期間は20 Maと長く、新第三紀の3 Maと対照的である。これは“中生代の海洋変革”(Vermeij, 1977, 1987)により説明できる。中生代後半に真骨魚類、甲殻類、棘皮動物など有殻類を破壊し、捕食する動物が多く出現し

たため、軟体動物は底質潜入する内生生活者の増加など、さまざまな対捕食者戦略をとった。イタヤガイ科は餌の豊富な浅海砂底において、外生生活をしているために捕食圧が高く、対捕食者戦略として一時遊泳して捕食者を回避する逃避行動を発達させた。しかしながら、常時高い捕食圧にさらされているため他の隠棲的な岩礁性外生二枚貝類より絶滅率が高いのである(Stanley, 1986)。

天野・品田(1997)で述べたように、示準化石として重要な岩石穿孔性二枚貝もやはり、岩石への穿孔という生態は対捕食者戦略で解釈できた。つまり、イタヤガイ科が示準化石として、岩石穿孔性二枚貝が示準化石として適している原因は“中生代の海洋変革”にあるともいえるのである。このように、新生代の示準化石、示準化石の条件を生み出している理由が共通しているのも興味深い。従来の示準化石教材はともすると化石の提示と化石名の暗記のみで終わりがちであったが、本論文で示したイタヤガイ科を教材として使用することにより、示準化石として適する原因も述べることができ、生徒の興味が増すと考えられる。

5. おわりに

本論文では、これまで明確に述べられていなかったイタヤガイ属が第四紀の示準化石であることを明らかにした。また、現生のホタテガイが生きた化石であることやホタテガイ属がもともと温暖な群種から進化しており、温暖水種が存在することなどを強調した。さらに、示準化石の重要な条件である速い絶滅速度の原因についてイタヤガイ科が説明しやすいことなどを述べた。

田中(2000)は種レベルでホタテガイ属のみを扱ったが、本論文で述べてきたようにイタヤガイ亜科、ホタテガイ亜科の属レベルでの使用がより容易であり、生徒の理解を得やすいと思われる。

引用文献

- 相場博明(1997): 大型植物化石の教材化—塩原の化石を利用した授業実践—。地学教育, 50, 69-76。
天野和孝(2001): 古環境変動を実感させる教材の開発—現生および化石貝類の比較を通じて—。地学教育, 54, 225-236。
天野和孝・品田やよい(1997): 岩石穿孔性二枚貝の示準化石教材としての意義。地学教育, 50, 189-195。
Chinzei, K. and Iwasaki, Y. (1967): Paleocology of shallow sea molluscan fauna in the Neogene deposits

- of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, **67**, 93-113.
- Fleming, C. A. (1957): The genus *Pecten* in New Zealand. *N.Z. Geol. Surv. Paleont. Bull.*, **26**, 1-69.
- Hayami, I. and Hosoda, I. (1988): *Fortipecten takahashii*, a reclining pectinid from the Pliocene North Japan. *Palaeontology*, **31**, 419-444.
- Higo, S., Callomon, P. and Goto, Y. (1999): *Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan*. 749 p., Elle Sci. Publ., Yao.
- Igo, H., Adachi, S., Furutani, H. and Nishiyama, H. (1980): Ordovician fossils first discovered in Japan. *Proc. Japan Acad.*, **56**, 499-503.
- Kafanov, A. I. (1986): Comparison of the geographical and stratigraphical ranges of Fortipectininae and Patinopectininae (Bivalvia: Pectinidae). *Monogr. Mizunami Fossil Mus.*, **6**, 23-40.
- Kanno, S. and Chang, L. S. (1973): *Amussiopecten* and its associate fauna from northern Taiwan. *Geol. Palaeont. Southeast Asia*, **12**, 189-206.
- Kanno, S., Amano, K. and Noda, H. (1988): *Vicarya* and its associated molluscan fauna from the Kunnui Foramtion in Oshamanbe, Southwest Hokkaido. *Saito Ho-on Kai, Spec. Publ.*, **2**, 373-389.
- 鹿野和彦・加藤碩一・柳沢幸夫・吉田史郎 (1991): 日本の新生界層序と地史. 地調報告, **274**, 1-114.
- 川村教一 (2001): 建設廃土中の完新世貝類化石による古環境解析の授業実践—香川県高松平野を例として—. 地学教育, **54**, 75-83.
- 小荒井千人 (2000): 機能形態学的解析に基づく二枚貝化石の生態復元に関する教材開発. 地学教育, **53**, 209-217.
- Masuda, K. (1962): Notes on the Tertiary Pectinidae of Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Spec. Vol.*, **5**, 159-193.
- 増田孝一郎 (1983): 日本産新生代 Pectinidae の起源と移動. 小高民夫・小笠原憲四郎編, 日本産新生代貝類の起源と移動, 1-12.
- Masuda, K. (1986): Notes on origin and migration of Cenozoic pectinids in the northern Pacific. *Paleont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, **29**, 95-110.
- 松川正樹・新海拓也・林 慶一・三次徳二・馬場勝良 (2001): 過去の海底を歩こう—東京都狛江市の多摩川河床に露出する第四系上総層群に基づいて. 地学教育, **54**, 193-201.
- 文部省 (1999): 中学校学習指導要領 (平成10年12月) 解説—理科編—. 162 p., 大日本図書, 東京.
- Moore, R. C. ed. (1969): *Treatise on invertebrate paleontology. Part N, Vol. 1*. Geol. Soc. America and Univ. Kansas.
- 中島 礼 (2001): タカハシホタテ *Fortipecten takahashii* (Yokoyama) の古生物学的意義. 生物科学, **53**, 148-152.
- 大久保 敦 (1998): 葉相関を導入した示相化石の指導—古環境を探るツールとしての大型植物化石の活用. 地学教育, **51**, 13-27.
- Stanley, S. M. (1986): Population size, extinction, and speciation: the fission effect in Neogene Bivalvia. *Paleobiology*, **12**, 89-110.
- 田村 実 (1977): 化石の指導についての提言—アンモナイトを中生代の標準化石とすることはやめるべきである—. 地学教育, **30**, 49-52.
- 田村 正 (1960): 浅海増殖学. 恒星社厚生閣.
- 田中哲也 (2000): 現生および化石貝類の中学校地学領域における教材化—ホタテガイ属化石を中心として—. 上越教育大学学校教育研究センター 教育実践研究, **10**, 51-56.
- 戸田盛和・岩橋八洲民ほか 39 名 (1989): 新訂中学校理科 2 分野下. 大日本図書.
- Vermeij, G. J. (1977): The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators, and grazers. *Paleobiology*, **3**, 245-258.
- Vermeij, G. J. (1987): *Evolution and Escalation. An ecological history of life*. 527 p., Princeton Univ. Press, Princeton.
- 和達清夫・北澤弥吉郎・栗田一良・近藤正夫ほか 22 名 (1989): 改訂中学理科第 2 分野. 教育出版.

天野和孝: 身近な示準化石の教材化にむけて—イタヤガイ科二枚貝化石— 地学教育 55 巻 5 号, 175-182, 2002

〔キーワード〕 示準化石, 教材化, イタヤガイ科, 二枚貝

〔要約〕 現在使用されている示準化石は児童・生徒が自分で採集することが困難な場合が多い。一方, 新生代のイタヤガイ科の化石は生存期間が短く, 広く分布し, 全国的に手に入りやすい。また, 示準化石として適する原因が“中生代の海洋変革”にあると考えられ, その原因も述べることもできるため, 身近な示準化石として有効である。

Kazutaka AMANO: Attempt for Using the Index Fossils Which Are Easily Obtained by the Students as the Teaching Materials. —Fossil Pectinidae (Bivalvia)—. *Educat. Earth Sci.*, **55**(5), 175-182, 2002

教育実践報告

プラネタリウム施設で行う天体の動きと 天球座標の授業

—高等学校地学IBでの実践例—

川村 教一*

I. はじめに

天文学習をプラネタリウムで行う「学習投影」は、ほとんどのプラネタリウム施設で、学校の授業を補助する目的で広く実施されている(日本プラネタリウム協会, 2001)。例えば、公開型プラネタリウム施設における学習投影の指導案として、池田(1978)、池田ほか(1983)、黒田(1983)がある。これらは小・中・高等学校の学習指導要領に従い、プラネタリウム施設職員が天文学習の目標を設定し、児童・生徒向けの指導案を考えた例である。このような学習投影を「施設主導型学習投影」と呼ぶことにする。ところで、学習指導案は、児童・生徒集団に対する指導観、教材観に基づいて作成する必要があるため、公開型施設が用意する学習投影指導案は、学習集団ごとに修正を施されていることと想像する。例えば池田ほか(1983)は、「学習投影」における研究課題の一つとして、児童・生徒の実態にみあった学習内容が必要と指摘している。他方、学校教員は児童・生徒集団の学習指導の実態についてよく把握しているが、学校に学習投影に十分な機能を備えたプラネタリウム施設が整備されていることは極めて少なく、教員が学習投影を行うことは少ないであろう。

これらのことから、教員が公開型プラネタリウム施設で授業として学習投影を行えば、児童・生徒集団の実態によりみあった、プラネタリウムの機能を活かした学習活動ができるのではないかと考えた。そこで筆者は、高等学校教員が公開型プラネタリウム施設で行う天体の動きと天球座標についての地学IBの授業を提案した。このような学習投影を「教員主導型学習投影」と呼ぶことにする。

これまでプラネタリウムでの学習投影についての成果や問題点の報告がない。そこで、本報では、筆者が1995年から勤務校の授業で実施してきた地学IB

におけるプラネタリウム施設での「教員主導型学習投影」の実践例を報告し、生徒のアンケートに見る学習成果と課題について論じる。なお本研究のために、2001年度の授業後に実施した質問紙法によるアンケート調査結果を用いた。

II. 「教員主導型学習投影」の特徴

本学習活動は、教科の学習計画の一環として、プラネタリウム施設職員の支援を得て、教員が学習投影の指導案の立案者、解説者として授業を行うことが特徴である。施設職員は指導案の計画に際しプラネタリウム機器に関し教員に助言を行い、授業中は機器操作に専念する。こうすることにより、生徒観、教材観、指導観についてより一層実態に即した指導案を立案できると考える。また、本学習活動の指導形態は、プラネタリウム施設職員と教員とで行うチーム・ティーチングである。

III. 学習活動の実践

1. 本時のねらい

本学習活動は、天球儀を用いた天文学習で行う視点移動を、より容易に理解させるための学習として位置づけた。筆者は、視点移動を行って学習する前に、天球の中心にいる観測者から見た、天体の動きを視覚的に生徒にとらえさせることが重要であると考えた。このため、生徒を天球の中心にいる観測者として、プラネタリウムで投影された星空を「観察」させて、天体の動きと天球座標について直観的に理解させる。

この学習において、地球の自転および公転に伴って見られる天体の見かけの運動を扱い、特に地平座標、日周運動と赤道座標、太陽の年周運動と黄道について、プラネタリウムを用いて視覚的に学ばせる。

2. 学習計画

学習項目: 地球の自転と公転

* 香川県立高松高等学校 2002年3月14日受付 2002年7月13日受理

本学習活動における学習項目の計画は次の通りである。なお、本校では1コマ65分で授業を行っている。

天球と恒星の日周運動	……………1 コマ
地球自転の証拠	……………1 コマ
太陽の年周運動と天球座標	……………2 コマ
地球公転の証拠	……………1 コマ
プラネタリウム学習	……………1 コマ(本時)
時刻	……………1 コマ

3. 学習活動の概要

実施クラス：3年生地学IB選択者33名

場所：香川県高松市市民文化センタープラネタリウム

機材：ドーム(直径10m, 座席定員108名南向きの扇形の配列)、プラネタリウムは五藤光学製GX-AT。

題目：プラネタリウム学習一恒星の日周運動、太陽の年周運動、天球座標

本時の目標：主に以下の学習項目について、プラネタリウムを用いて視覚的に確認する。

- ①恒星の日周運動
- ②太陽の年周運動
- ③天球座標と黄道

指導体制：教員が解説者、施設職員がオペレーターを務めるチーム・ティーチング。

準備物：プラネタリウム投影機(恒星投影ユニットのほか、指示灯などの補助投影機を使用)、ワイヤレスマイク、減光した赤色の懐中電灯(生徒持参)。

4. プラネタリウム機器の事前研修

筆者は、プラネタリウム施設でのプラネタリウム操作の経験がなかったので、施設において操作方法の研修を受けた。投影番組のシナリオは、機器の機能について施設職員のアドバイスを受けながら、筆者が指導案をもとに作成した自作番組である。

5. 実践結果

表1に2001年度実施の授業の実施記録を示す。1995～1998年に実施した授業では、しし座流星群の代わりに、明け方の散在流星の多さについて解説をしていた点が変更点である。

IV. 授業後アンケートの分析

アンケートのねらいは、受講した生徒が判断したプラネタリウム学習の効果、問題点および改善案、感想や要望を知ることにある。このために、アンケート用

紙を授業後に配布・回収した。

次に、各設問ごとの集計結果の概略を示す。

(設問1) プラネタリウムで、日周運動や天の北極や南極、天の赤道、黄道、天球座標、しし座流星群の学習をしました。プラネタリウムでの学習はこれらの理解に役立ちましたか？

「すべての学習項目の理解に役立った」と答えた生徒が約57%、「一部の学習項目の理解に役立った」と答えた生徒が40%であり、両者あわせて約97%の生徒が学習項目の理解に役立ったと答えた。「一部の学習項目の理解に役立った」内容として挙げられたものは、日周運動、天の北極や南極、天の赤道、黄道、天球座標、しし座流星群の見え方などである。

(設問2) プラネタリウムでの学習は教室で行った講義での学習と比べて、施設の立地条件、費用、教員による授業の進め方、授業の受け方(ノートの取り方など)、所要時間の長さほかの点で、どんなメリット(あるいは良かった点)がありましたか。また、どんなデメリット(良くなかった点)がありましたか。それぞれ理由を挙げて回答してください。

プラネタリウム学習のメリットとして約60%の生徒から「わかりやすい」、あるいは「楽しい」と評価された。具体的には、「星の動きがよくわかる。空間の把握力がなくても、イメージとして残る」、「自分が天球儀の中にいるような感覚がした」、「天球儀を使った学習よりも天体の動きが把握しやすかった」などの他に、「南極での日周運動がわかりやすい」、「南半球の星がみれたこと」のようにシミュレータとしての意義を挙げる生徒もいた。このように天体の動きや天球座標が直観的に学べるのでわかりやすい視聴覚教材として評価された。

これに対して、デメリットとしてもっとも多いのは、「(プラネタリウムまでの)移動が面倒くさい、遠い」などが約27%である。そのほか、「ノートが取れない」などが約17%あった。これは、事前に持ち物の指示を出していたにもかかわらず、減光した懐中電灯を持参しなかった生徒による回答である。

(設問3) 1および2での回答を総合して、今回のプラネタリウム学習は、学習の目的を達成する上で満足いくものでしたか？

「満足できる」と答えた生徒が約84%、「どちらともいえない」と答えた生徒が約16%である。「満足できない」と答えた生徒はいない。「どちらともいえない」と答えた生徒は、先の設問においてプラネタリウムに

表1 天体の動きと天球座標についての学習投影の指導案

初期設定 緯度：34.7度（高松），補助投影装置：青空 その他表中の□は点灯，○は消灯。

	学習内容		プラネタリウム操作（オペレータ）		観察方位	解説者の指導内容	時間
			恒星投影ユニット	補助投影装置			
導入	ねらい 実視等級		最微光星を1等星から6等星まで、段階的に投影する。	夕焼け、夜景 夕焼け、夜景	全天	学習のねらいを知らせる。1等級違うと明るさが約2.5倍異なること、最微光星の明るさと星の数を観察させる。	5分
	地平座標	方位 方位角 高度		方位灯 方位角の目盛り 高度の目盛り 天頂 方位灯、方位角、高度の目盛り、天頂	方位灯 南天	方位を確認させる。 投影されている任意の颗星を選んで測定法を解説する。	7分
日周運動		北極星の見つけ方	カシオペア座と北斗七星の両方が見える位置に投影する		北天	カシオペア座と北斗七星から北極星を見つける方法を復習させる。	7分
	天の北極の見つけ方	恒星を日周運動させる	天の北極 高度の目盛りを北に。	全天 北天	日周運動の中心（天の北極）を見つけさせる。指示灯で確認させる。 天の北極の高度が緯度と同じであることを確認させる。		
赤道座標	天の赤道 黄道		天の赤道 黄道 太陽	南天	天の赤道が天の北極から90°離れていることを確認させる。 黄道が天の赤道と23.4°斜交していることを確認させる。 太陽が黄道上にあることを確認させる。 太陽と黄道と一緒に日周運動することを確認させる。	10分	
	二至二分点 赤経と赤緯				二至二分点を確認させる。赤経0h、赤緯0°の基準を確認させる。 二至二分点の赤道座標の値を確認させる。	7分	
開 他の緯度での日周運動	北極点	設定緯度を北緯35度から北緯90度に移動。	オーロラ オーロラ	全天	天の北極の高度の変化を観察させる。 恒星や太陽の日周運動を観察させる。	5分	
	赤道	設定緯度を北緯90度から緯度0度に移動。			天の北極の高度の変化を観察させる。 日周運動を観察させる。	6分	
	南極点	設定緯度を緯度0度から南緯90度に移動。	オーロラ オーロラ 太陽、天の赤道、黄道、高度、星座絵、高度の		天の南極の高度の変化を観察させる。 日周運動を観察させる。	7分	
終了	しし座流星群	北緯35度の設定にする。しし座が東天にかかった状態で日周運動を止める。	しし座の星座絵 群流星 群流星、星座絵	東天	しし座流星群の放射点の位置と群流星の見え方を解説する。	7分	
	明け方の惑星		薄明、朝焼け	東天	東の空に見える惑星を解説する。	3分	
終了	日の出	太陽を日周運動させ、恒星の最微光星を下げる。	太陽		学習が終わったことを知らせる。 次時の予告	1分	

関するデメリットとして、全員が施設までの移動の遠さを挙げており、学習内容に関する不満足ではないと想像される。

(設問4) プラネタリウム学習で役立たなかった学習項目がある場合、プラネタリウム学習での改善策はあるでしょうか。あるいはプラネタリウム学習以外の方法がよいでしょうか。

プラネタリウム学習以外の方法として挙げられたのは、「深夜の課外、星を見る課題」のみである。本校は市街地に位置するため、光害があり夜間の天文実習を行える環境にはない。学習投影の改善案としては、「天球儀も一緒に持っていきかけた」がある。現実的には難しいが、検討の余地がある。

(設問5) プラネタリウム学習で、今回の視聴覚機材以外にどのような手法を望みますか。(ビデオ、スライド、既成の学習投影番組など)。

これについては、要望が少なく、天体写真をスライドで投影する、ビデオ画像を見せるなどの要望があるだけである。

(設問6) プラネタリウム学習で、今回の学習目的以外にどのような学習をしたいですか。

この設問についても要望が少なく、その内容は星座解説という希望が多い。

(設問7) プラネタリウム学習の感想およびその他要望を書いてください。

プラネタリウム学習に関し肯定的な感想が多い。たとえば、「いつも外から見る天球儀の中から天を見上げることができて楽しかった。星の流れを実感できた」という感想のほか、「わかりやすかった」、「立体感があって、実際に天球儀の中にいるような気がした」などがある。

V. 成果と課題

1. 成果

(設問1)の回答において、約97%の生徒が天体の動きないし天球座標の理解に役立ったと答え、また、(設問2)において、約60%の生徒が、天体の動きや天球座標が直観的に学べるので「わかりやすい」あるいは「楽しい」と評価した。これらのことから、学習のねらいは達成できたと考えている。また、(設問3)の回答内容から、学習活動として「満足できる」と答えた生徒が約84%、校外施設を利用した点から「どちらともいえない」と答えたと想像される生徒が約16%であることから、学習内容に関する不満足はな

いと判断できる。さらに(設問7)に対する感想では、「立体感があって、実際に天球儀の中にいるような気がした」、「わかりやすかった」など本学習活動への肯定的な感想は、今回の学習のねらいが達成できたことに生徒が満足していることを示していると考えられる。

2. 課題

アンケートの回答内容から、本学習活動についての課題として、以下のような点が挙げられる。

生徒が(設問2)に対する回答の中で課題として挙げたものに、施設までの移動の面倒さがある。施設まで自転車で片道10分弱の距離であるが、この点についての改善策は、現在のところない。また、プラネタリウム入場料(150円)は、プラネタリウム施設とともに軽減の方策を模索したい。(設問2)の回答において、「もっと長い時間やってほしかった」という要望があったが、その一方で「リアルすぎてわからなくなった」という感想もあり、学習内容を詰め込みすぎない適切な番組構成と時間配分に留意しておきたい。

(設問4)に対する回答を見ると、プラネタリウム学習で役立たなかった学習項目を挙げた生徒はいない。コンピュータ・シミュレーションなどによる授業を別途行っていたにもかかわらず、プラネタリウム学習での改善策として、「水星とか金星とかの惑星の動きを見てみたかった」という要望は、生徒はコンピュータによる演示に満足していないことを示唆している。そのほかに「深夜の課外、星を見る課題」を希望する生徒がいる。このことから、プラネタリウム学習だけでは満足していないことをどう改善するか今後の課題である。

(設問5)に対する回答を見ると、プラネタリウム学習において、スライドやビデオを併用する希望がある。これらの映像の採用は、今回の学習主題にはそぐわないものであるが、他の主題で学習投影を行う場合に検討する。

(設問6)に対する回答や感想文に見られるように、プラネタリウム学習として星座に関する学習を求める生徒が少なくない。学習指導要領解説によると、地学IBにおいて、星座学習は取り扱わない(文部省、1989)。地学Iにおいても同様である(文部省、1999)。しかし、生徒の学習の動機付けを高める上で、星座に関する関心の高さは無視できない。このことを授業展開にどう取り入れていくかが課題である。

他方、指導者の立場から見たプラネタリウム学習の

大きな問題点は、機材利用時間の確保である。他の利用団体との時間調整のため、学習投影を授業計画に基づいた日時に行うことができず、計画より遅らせて実施したこともあった。しかし、このことはやむを得ないと考えている。

VI. おわりに

プラネタリウムにおいて教員が解説者となって行う、天体の動き、および天球座標の学習投影は、学習の理解に極めて有効であり、また本校の生徒も満足している。このことは、プラネタリウム施設までの移動の不便さを容認すべきメリットであると考えている。残された課題を検討しつつ、新しい学習投影の指導案を検討していきたい。このため、プラネタリウム施設において教員が操作技術を学べるような研修を実施できないかと考えている。

謝辞 高松市市民文化センター宇川弘文氏には、毎年プラネタリウム・オペレータとして授業時にご支

援を賜り、本授業を成立させることができました。本授業の成功は、宇川氏のご協力によるところが大きく、宇川氏に心から御礼申し上げます。また、日本プラネタリウム協会からは、文献をご恵贈いただきましたことを感謝いたします。

引用文献

- 池田俊夫(1978): 京都市青少年科学センターのプラネタリウム学習における天文分野の指導例. 地学教育, 31, 11-15.
- 池田俊夫・小篠清・片岡寛道・吉田光廣(1978): プラネタリウムを使った天文分野の指導例. 地学教育, 36, 73-79.
- 黒田武彦(1983): 天文教室 I. 恒星社厚生閣, 東京, 214 p.
- 日本プラネタリウム協会(2001): プラネタリウム白書 2001. 日本プラネタリウム協会, 大阪, 78 p.
- 文部省(1989): 高等学校学習指導要領解説理科編理科教科編. 実教出版, 東京, 286 p.
- 文部省(1999): 高等学校学習指導要領解説理科編理科教科編. 大日本図書, 東京, 310 p.

川村教一: プラネタリウム施設で行う天体の動きと天球座標の授業—高等学校地学 IB での実践例— 地学教育 55 巻 5 号, 183-187, 2002

〔キーワード〕 プラネタリウム, ティーム・ティーチング, 日周運動, 年周運動, 天球座標, 高等学校地学 IB

〔要約〕 高等学校地学 IB の授業として実施したプラネタリウム施設での「教員主導型学習投影」の実践例を報告し、生徒のアンケートに見る本学習活動の学習成果と課題について論じる。これによると、公開型プラネタリウムにおいて教員が解説者となって行う、天体の動き、および天球座標の学習投影は、学習の理解に極めて有効であり、また生徒の満足度が極めて高かった。

Norihito KAWAMURA: A Lesson on the Motion of Celestial Bodies and Celestial Coordinates at a Planetarium—An Example for High School Students—. *Educat. Earth Sci.*, 55(5), 183-187, 2002

本の紹介

鎌田浩毅著 火山はすごい—日本列島の自然学—
PHP 研究所 B6 版, 240 頁, 2002 年 6 月初版 740 円 (税別)

日本列島に住む限り、火山と地震の知識は不可欠である。ところが、関連するリテラシーが国民に備わっているという確信は持てない。再三指摘されているように、この原因には、初等・中等教育の問題だけでなく、社会に向けての地学の魅力や必要性のアピール不足もあると感じている。

本書の魅力は火山を著者自身のフィールドワークの体験を基に論じていることである。その中で、研究者が火山に挑む姿勢、「火山とは、自分とは」を越え、「自然とは、人間とは」までを問いかけている。タイトルになっている「火山はすごい」という言葉には筆者の経験に伴う重みがある。

本書の主な構成は次のようになっている。

第 1 章 阿蘇山—火山学者漱石誕生!?

第 2 章 富士山—美しさも期間限定?

第 3 章 雲仙普賢岳—自然は人知をこえている

第 4 章 有珠山—噴火予知成功

第 5 章 三宅島の七不思議

本書で取り上げられた五つの火山は、日本の自然景観の代表であるとともに噴火の緊急性・話題性にも富んでおり、目が離せない火山ばかりである。最初に著者が「阿蘇山」を記した経緯、つまり、阿蘇山が火山学を始める人生の岐路になった著者の体験談は読者を引き込む。また、日本の代表的な「富士山」の記載に見られるように、「火山」を自然科学の観点からだけでなく、文学的、歴史学的な側面とも関わって記述されているところからも著者の博識さがうかがえる。

日本の国立公園の 80% 以上が火山に関連しており、温泉・観光資源、地熱発電への期待など多くの恩恵をもたらす反面、火砕流の発生や噴火の可能性が人間の生命を奪ったり生活も大きく変える。こうした具体的な例が「雲仙普賢岳」、「三宅島」で臨場感をもって語られている。特に、「有珠山」、「三宅島」では、噴火予知をめぐる科学・技術・社会の相互関連も踏まえられており、STS 教育の観点からも意義深い。加

えて、章末ごとの「コーヒーブレイク」に記された「科学の教科書」や「科学のリテラシー」からは、著者の教育観まで読み取れ、現在勤務する大学での教育者としての意識も感じる。

その他に口絵、プロローグ、エピローグ、火山の本の紹介、用語の索引があり、いずれも各章に劣らない味わいがある。例えばエピローグでは、火山のおもしろさを文章によって、いかに一般の人に伝えるかの筆者の苦心談が記されている。この姿勢は、「地学のおもしろさ」を子どもたちだけにでなく一般の人に伝えることを常に意識している研究者や教員にも大きな参考になるだろう。

現在 TIMSS2003 の予備調査が行われており、来年 2 月には本調査が実施される。前回の結果からも指摘されているように、日本の子どもたちの科学が社会に関連しているという意識や科学に携わる職に就く意識が薄い状況は懸念される。さらに、自然との関わりが実感できなくなってきたのも事実である。

プロローグに書かれた「火山を通じて、自然のすばらしさを知った。火山を通じて、科学の尊さに気づいた。」という著者の経験は、本書を通じて、研究者だけでなく、多くの人に感じてもらえることであり、また感じてもらいたいことでもある。

このように、全体を通して「火山」「自然」「人間」「社会」がキーワードとなっており、自然と人間との関わりを考える点でも本書は最適である。最近の噴火の貴重な写真も多く使われ、重要語句が太字で記されて丁寧な説明がなされているなど、これまで地学的な知識がなかったり興味なかった人にも理解できるように工夫されている。科学者・教育者の姿勢についても筆者の心意気が伝わり、一般の人にはもちろんのこと、初等・中等教育に関わり理科を専門としない人には特に一読をお勧めしたい。

なお、本文の一部「プロローグ」と第 1 章「阿蘇山—火山学者漱石誕生!？」は、著者の Web ページ (<http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~kamata/>) から読むことができる。

(大阪府教育センター 藤岡達也)

特集 コンピュータと地学教育

特集「コンピュータと地学教育」の刊行にあたり

20年ほどさかのぼる1980年代、「パソコン」と呼ばれる道具が教育現場に現れた。16ビットパソコンの登場で成績処理や教具として実用になり、急速に普及していた。その流れの中で、地学の教師も5インチFDに納められたプラネタリウムソフトやBASICによる手作りソフトなどを使った授業実践をあれやこれやと試みていた地道な時代があった。この道具の進歩はあまりに速く、新しい技術の開く可能性を確かめようと実践を始めると、すでにもう一段上の夢の扉が開かれてしまうという有様である。

しかし、生徒に還元されない高価な教師用おもちゃとまで見られたこともあるこの時代の蓄積が、今につながっていると見るべきだろう。それは、GUIを普及させたWindows 95が登場するに至って顕著に現れた。その頃には一部の冷めた目も焦燥眼へと変化し、社会全体もIT時代への意識を始めていた。

その1996年に、地学教育学会は「パソコン委員会」を立ち上げた。その目的は、パソコンが一部愛好家教師の道具でなく、地学教育に携わる者すべてが共有できるような普及と体制づくりにあった。他の委員会と異なり、構成委員は本誌[49, 88-89 (1996)]等で広く呼びかけて募集されている。これは、草の根的に積み上げて地学教育に貢献しようとする姿勢を当初から表していたことによる。

ところで、この委員会の名に使用した「パソコン」という語は、21世紀の今や消えつつあると見る人がいる。この種の道具がパーソナルに閉じたものではなく、LANからインターネットといった世界の端末となったからであろう。学校で学ぶ生徒にとっても一斉教示装置の一つではなく、自らの意志を具現化する手足の一部となっている。

この段階まで進化したことで、道具そのものの使い方から実習準備にと費やしてきた莫大な時間と労力から解放されつつある。そのため、地学教育本来の目標に沿った教育活動にこそ専念できる時代になった。

個人がアイデアを練り、労力をかけて積み上げて実践した成果の発表を促す働き掛けや啓発をパソコン委員会は担い、地学教育全体の財産となるように努めてきた。そして、2001年度をもってある時代の終わりを悟り、パソコン委員会は解散した。

これは、本学会の大会発表においても多くの方が手軽にプレゼンテーションソフトを駆使しているように、パソコンを地学教育の中で積極的に普及しようという委員会の目標にほぼ達していることによる。また、学校教員間のメール環境も整いつつあり、ウェブページも学校や個人単位でアップされるようになったことで、学会の委員会として会員の活動をサポートする必要性は薄れたからである。

この転機を感じた昨年、地学教育とコンピュータの関わりを探る2つの機会をもった。日本地学教育学会第56回全国大会（千葉大会）のパソコンセッション（パソコン委員会；2001年8月）とシンポジウム「地学教育とその情報化への対応」（行事委員会；同年10月）である。その内容の骨子は、新カリキュラムの中で具現化しなくてはならない、「これからのIT社会に生きる子供たちに今何を学ばせなくてはいけないか。」「そのために地学教育がどのように貢献できるのか。」といったものである。つまり、新しく「総合的な学習の時間」と教科「情報」が登場する中で、地学教育そのものの普遍的な存在価値を自ら問いかけなくてはならない展開であった。

そこでの議論がこの特集の企画につながっている。この特集に編集担当から特別に依頼した原稿はない。パソコン委員会が委員募集の呼びかけから始まったことと同様に、メールを使った呼びかけと有志間のやりとりから3号にわたる論文特集となった。読者のみなさんには、投稿された方々が決してITの時流に流されてはいることを確認していただきたい。地質学者の夢を開くハンマーと同様に、発展するITを地学教育を開くために使いたいという思いをきっと各論文から読み取っていただけることであろう。

地学教育の立場から見れば、生徒が自然をもっとよく観て身体で触れて深く味わうための有力なインターフェースへとコンピュータが今や脱皮している。この契機に、コンピュータやインターネットを使うことよりも前に地球や宇宙への思いこそが先にある執筆者とともに、先述の問の答えを探っていただきたい。

2002年9月

特集号担当編集委員 南島正重

原著論文

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

蓮沼 賢*・山崎謙介**

1. はじめに

本稿では、空間情報の可視化ツールとして有用な地理情報システム (Geographical Information System, GIS) を用いて、地震情報、地形、地質、重力異常、活断層、火山の位置といった地球科学の諸情報を組み合わせ、Web 上で配信できるシステムについて述べる。今回、システムの構築を行うために利用した GIS は、ライセンスフリーの GRASS (Geographic Resource Analysis Support System) である。この GRASS を Web サーバに取り込み、インターネットを利用し、作業が行えるように、サーバ/クライアント・システムである WebGIS へと拡張を試みた。

幾つかある可視化ツールの中から、e ラーニングを行うものとして、GIS を選んだ理由を二つ述べる。一つは、今日、社会がより複雑化していくなかで、人間が空間的な思考に基づき意思決定をする道具として、ある特定分野に限らず、GIS が利用されるようになってきたことが挙げられる。例えば、地球低軌道に打ち上げられた複数の衛星から発信される電波を受信して、現在の位置の経緯度や高度を測定するシステム。GPS (Global Positioning System) による位置情報と電子地図情報を利用したカーナビゲーションシステムは、人間が空間内を移動する際の補助的な役割を果たしてくれる。最近では、携帯電話にも GPS 受信機が取り込まれるなど、GIS を併用したシステムが我々の生活の様々な場面で活躍している。

また、もう一つの理由は、GIS の原理そのものが教育的と考えられるからである。つまり、それぞれ別々の空間情報 (空間データ) を1枚の地図として重ね合わせ、そこに関連性を見出すこと、あるいは共通点を探すといった作業を行うことが学習活動にとって重要であると考えられるからである。自ら作業を行う前に仮説を立て、試行錯誤しながら何度も繰り返し空間情報を問題に取り込むことで、情報を操作する能力が身

につき、ひいてはそこから、より確かな情報の特性を認知および発見できると考えるからである。

構築した WebGIS は、児童や学生が容易に利用できるように、クライアントである利用者は Web ブラウザのみを用いる。検索したい領域の緯度・経度の値は、表示されている地図画像をマウスでクリックすることで読み取り、付加する地震情報などの各パラメータは、CGI (Common Gateway Interface) によって、GIS サーバに送られる。この WebGIS は、学習する児童や生徒が、地震の発生の日時、規模など付加する自然情報を自ら選択するができ、それらを画像として取得することで、地震の起こる場所、活動度といった地球における空間的な現象の発見的学習および理解の手助けを行うことができる。そして、オンライン上のシステムであるため、「いつでも」「どこでも」「だれでも」利用可能であることが特徴である。宇宙や地球上の自然現象を扱う「地学」という学習題材は、他の教科よりも具体的な事象を用いて、空間的な思考をごく当たり前のよう利用しているため、GIS においても非常に扱いやすい。このシステムを利用することで、学習者の地学現象の興味や関心を引き出すことができると考える。また、GIS の利用を通して、空間情報の扱いを学ぶことができ、自らにとって必要な情報を取捨選択できる能力を身に付けることができると考える。

2. GIS について

本章では、GIS の歴史、構成ならびに概念について説明する。

2.1 GIS の歴史

GIS は、空間・時間的な広がりを持つ地理情報を活用するための情報システムに対する呼称である。つまり、それは現実世界の地理的な事象を統合して扱えるデジタルコンテンツといえる。広義には、空間情報科学という学問を意味するが、狭義には、様々な空間

情報を統合して考えたりすることができるコンピュータシステムそのものを意味する(岡部, 1998)。

現代のようにコンピュータ上に空間情報を記録するというシステム実装の試みは、1965年にハーバード大学コンピュータグラフィックスラボにおいてFisherらによって開発されたSYMAPが最初であると考えられる(バーロー, 1990)。1990年代に入るとワークステーション上でのシステムが普及したものの、とうてい個人のレベルで利用できるものではなかった。しかし、CPUの速度向上、記録メディアの大容量化といった著しいハードウェアの高性能化により、1995年以降パーソナルコンピュータベースで実用可能なGISが相次いで登場した。日本において、GISが社会的に重要であるという認識が高まり、利用される契機となったのは、阪神・淡路大震災(1995年1月)である。被災の数日後、道路を塞ぐ瓦礫の分布状況、つまり交通不能箇所の現状、倒壊した家屋の撤去状況を調査し、ボランティア活動のナビゲーション用として地図とインターネットを使った救援活動が行われた(碓井, 1997)。

GISを作成する上での基礎的な役割を果たした学問分野として、地理データを現実社会から習得するための測量学、計量的な把握を行うための統計学、コンピュータで幾何データを扱うことが難しいことからそれを克服するために成長した計算幾何学、ソフトウェ

ア開発のためのコンピュータ科学などが挙げられる。また、実データとしての空間データを管理・分析する応用分野としては、地球科学、経済学、農学、医学、考古学、都市工学などがあるが、このほかにも空間情報を扱う領域への浸透は目ざましいものがある。

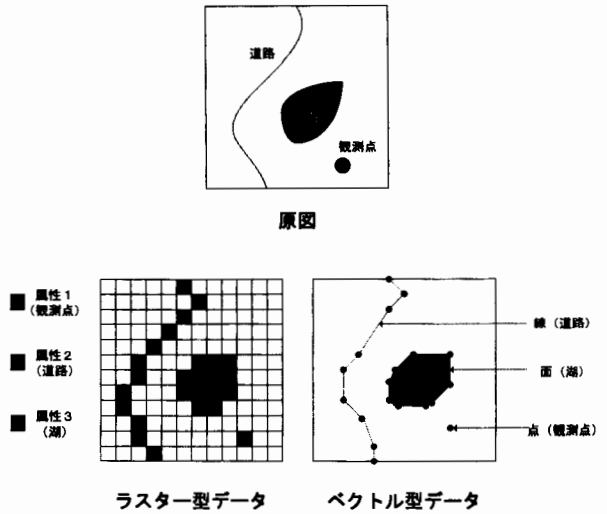


図1 ラスタ型データとベクトル型データの比較

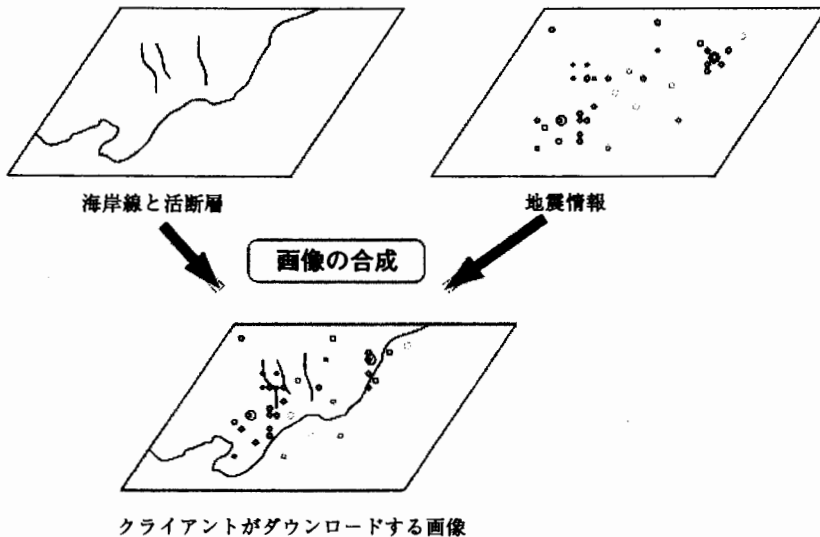


図2 空間データを重ね合わせるという概念
例えば、「海岸線と活断層」と「地震情報」という別々の空間データを取り出し、1枚の画像にオーバーレイした様子。

2.2 GIS の構成と概念

GIS は、1) データの入力、2) データの保存、管理、3) データの加工、演算、4) データの可視化 (出力) といった機能を有しているソフトウェアである。

空間情報をコンピュータ内に取り込むためのデータ構造は 2 種類ある (図 1)。一つは、空間を任意のグリッドで区切ったラスタ型データである。衛星画像やデジタル標高モデル (Digital Elevation Model, DEM) などが例として挙げられる。もう一つは、点、線、面といった形状を持つベクトル型データである。活断層や海岸線といったものがこちらの例である。

コンピュータ内に取り込まれた複数の空間データは、意思決定を行うなど問題解決が必要となった場合に取り出され、結合される。図 2 のように「活断層・海岸線」「地震情報」といった別々の空間データをデータベースから検索し、1 枚の地図にオーバーレイしてみることで、例えば、活断層と関係のあると思われる地震活動とそうではない地震活動といったことを検証することができるようになる。このように複数の空間情報を手作業で複合的に扱うことは容易ではない。空間情報の可視化機能を豊富に備えている GIS は、このような課題に適していることに注目する。

2.3 GIS を用いた教育活動例について

GIS の教育は大学のみならず初等中等教育においてもようやく進められようとしている。その有効性や教育の方向性などの議論が地理情報システム学会の学術研究発表大会などに見ることができる (例えば 1999 年度 第 8 回大会)。その中では、新指導要領を睨みながら新しい (地理的) 学力観がいかに GIS 教育と適合しているかを説いているものが多く (大関, 1999; 中村, 1999, など)、総じて「地理的な見方・考え方」を重視するという新指導要領の精神を浮かび上がらせている。なかでも村山 (1999) は地理学のみならず地学や他教科との接点、ならびに「情報教育」などを含めた「総合学習」に至ることを指摘していることは注目される。特にこの論考には WWW (World Wide Web) を利用したインターネット GIS という現代的な教育のあり方にその方向性と発展性を見出していることが評価される。

大会論文集にはいくつかの例示が示されているが必ずしも実証的ではない。一方、最近の情報処理学会は情報教育の観点からもやはり GIS を有効に教育に貢献しようとしている。小・中学校において注目される教育実践とその成果は木村・碓崎 (2001) に詳しい。

しかし科学教育における GIS の利用は未だ皆無に等しい。

3. 教育の情報化と本システムの位置づけ

2000 年 6 月に開催されたケルン国際サミットでは、全ての子供にとって「情報通信技術 (ICT)」の能力が不可欠であることが指摘された。我が国でも具体的な施策として、バーチャル・エージェンシー「教育の情報化プロジェクト」が当時の小渕内閣によって提案され、実行されている (文部省, 1999)。ソフト面での取り組みとして、質の高い教育用のコンテンツの作成が提案されている。なかでも WWW 上の学習リソースを利用する機会が、ますます増えることが考えられる。例えば、マルチメディアを駆使した物理シミュレーションの教材 (竹内ほか, 2000)、インターネット上で閲覧可能なデジタル天文図鑑 (上原ほか, 2001) などが挙げられる。これらは Web 教材と呼ばれ、ある知識を表現するため、複数の説明がハイパーテキスト構造を持ったものである。しかし、同時に、WWW で提供可能な教材は、基本的に受動的なものにもなりかねない。そこで、利用する立場にある学習者がインタラクティブに調べ学習ができるシステムである必要がある。本システムは、自然科学における空間情報やその時間的な変遷を組み合わせることで、そこから情報あるいは知識どうしの関連性や法則など見出すという発見的な学習を促すものである。

4. 作成した WebGIS について

4.1 GRASS について

本研究では、ライセンスフリーの GIS ソフトウェア GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) を利用した (<http://www3.baylor.edu/grass/>)。GRASS は、ラスタ型データに対応したブリック・ドメインの GIS である。USA/CERL (The US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory, 米国陸軍技術部隊建設工学研究所) で開発され、その他の多くのユーザによって改良されており、世界各国の政府機関や大学、企業で広く使われている。様々な UNIX マシンで動作するように大部分が ANSI 準拠の C 言語で書かれ、本システムにも採用した Linux が開発環境として主流である。1999 年 10 月に GPL (Gnu Public License) となり、管理はペイラー大学に本部を置く The GRASS Development Team (ペイラー大学, イリノ

イ大学、ハノーファー大学)が行っている。GRASSを基盤とし、オンラインで地理情報を配信するサービスとしては、カリフォルニア大学バークレー校のREGISプログラムによって構築されたGRASSLinksが有名である(<http://www.regis.berkeley.edu/>)。これは、地域環境の研究者を対象に、Web経由で利用することを可能としたオンラインGISで、単に地図を描かせるだけではなく、検索、重ね合わせ、再分類というようなGISの操作が行える。

4.2 WebGISの構築

本研究では、前述したGRASSをWeb経由で利用できるように改良し、サーバ/クライアント・システムとしての科学教育教材を構築した。WWWは、誰でも簡単にマルチメディア情報を検索・発信できる環

境を提供しているの、使用されている通信プロトコルやWebブラウザに手を入れずに新しい機能を利用することは実用的に大きな意味がある。それは、一度WWW上に開発されたシステムは、配布の必要がなく、インターネット上の任意の場所から、誰でも自由に利用することができるということである。システムの更新などは、サーバを修正するだけでよく、その修正は直ちに反映される。また本研究においてGISとしてGRASSを利用した理由は、1) PC-UNIXで動作するためシステムを安価に構築することができる、2) UNIXコマンドとしてシェルスクリプトやPerlでインターフェイス部分を構築できる、3) C言語で開発されており、ソースコードを参照しながら、標準の関数を改良しやすい、という点が挙げられる。表1に本システムの開発環境について示す。

学習者である児童・生徒が、利用しやすいように、インターネット利用が可能なパソコンに標準で用意されているWebブラウザのみでシステムが利用できるようにした。図3のように、表示されている地図がクリックابلマップになっており、ある座標をクリックすることで、経度、緯度といった変数をサーバに渡す。

表1 本システムの開発環境

OS	Linux Kernel 2.2.16-v011
GIS System	GRASS5.0_beta6
gcc	egcs-2.91.66
g77	v0.5.24
perl	5.00503_jp



図3 本システムの利用画面

地図がクリックابلマップになっており、マウスでクリックすることで、経度・緯度の値を取得する。

<北緯>
35.399206

<東経>
139.080049

地図作成の大きさ 50km ▾
緯度、経度ラベル
 表示させる 表示しない

●地震情報

<観測エリア>
*注意*指定した場所における正しい観測機関を指定して下さい。
関東甲信越(東大農研) ▾

<期間>
*注意*180日以内で利用して下さい。
(1995年01月01日00:00:00から2002年03月10日10:23:46まで)
2002年3月9日10時23分から
2002年3月10日10時23分まで
期間の日付ラベル 表示させる 表示しない

<マグニチュード>
-9.9 ▾ 以上 9.9 ▾ 以下

<深さ(km)>

10	<input checked="" type="radio"/> 表示[blue]	<input type="radio"/> 表示しない	10~30	<input checked="" type="radio"/> 表示[indigo]	<input type="radio"/> 表示しない
30~50	<input checked="" type="radio"/> 表示[aqua]	<input type="radio"/> 表示しない	50~80	<input checked="" type="radio"/> 表示[cyan]	<input type="radio"/> 表示しない
80~120	<input checked="" type="radio"/> 表示[purple]	<input type="radio"/> 表示しない	120~180	<input checked="" type="radio"/> 表示[yellow]	<input type="radio"/> 表示しない
180~250	<input checked="" type="radio"/> 表示[orange]	<input type="radio"/> 表示しない	250~350	<input checked="" type="radio"/> 表示[brown]	<input type="radio"/> 表示しない
350~450	<input checked="" type="radio"/> 表示[red]	<input type="radio"/> 表示しない	450~	<input checked="" type="radio"/> 表示[magenta]	<input type="radio"/> 表示しない

●基盤データ
なし ▾

●火山
表示しない ▾

●活断層
表示しない ▾

●行政界
表示しない ▾

●地震観測点(小金井)地震波形のダウンロードも可能です。
表示しない ▾

図4 地震情報の検索条件，オーバーレイする空間データを選択する画面

次に，通常の HTML に埋め込まれたフォームに検索する地震情報の期間，地域，規模，深さといった変数，および複合的な画像を作成するために，地形，地質，重力，活断層，火山の位置といった基盤データを選択する(図4)。

WWW を介し，CGI によって，これらの変数はサーバに渡される。サーバは，クライアントが空間データ

を結合させた地図を作成する上で，付加するために必要な地震情報をリアルタイムに東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター等の地震情報公開のサーバ(HARVEST)より取得する。つまり，このことにより本システムは，地域検索性ならびに即時性に優れているという特徴があるといえる。

システムは，サーバ内で画像情報を作成された後

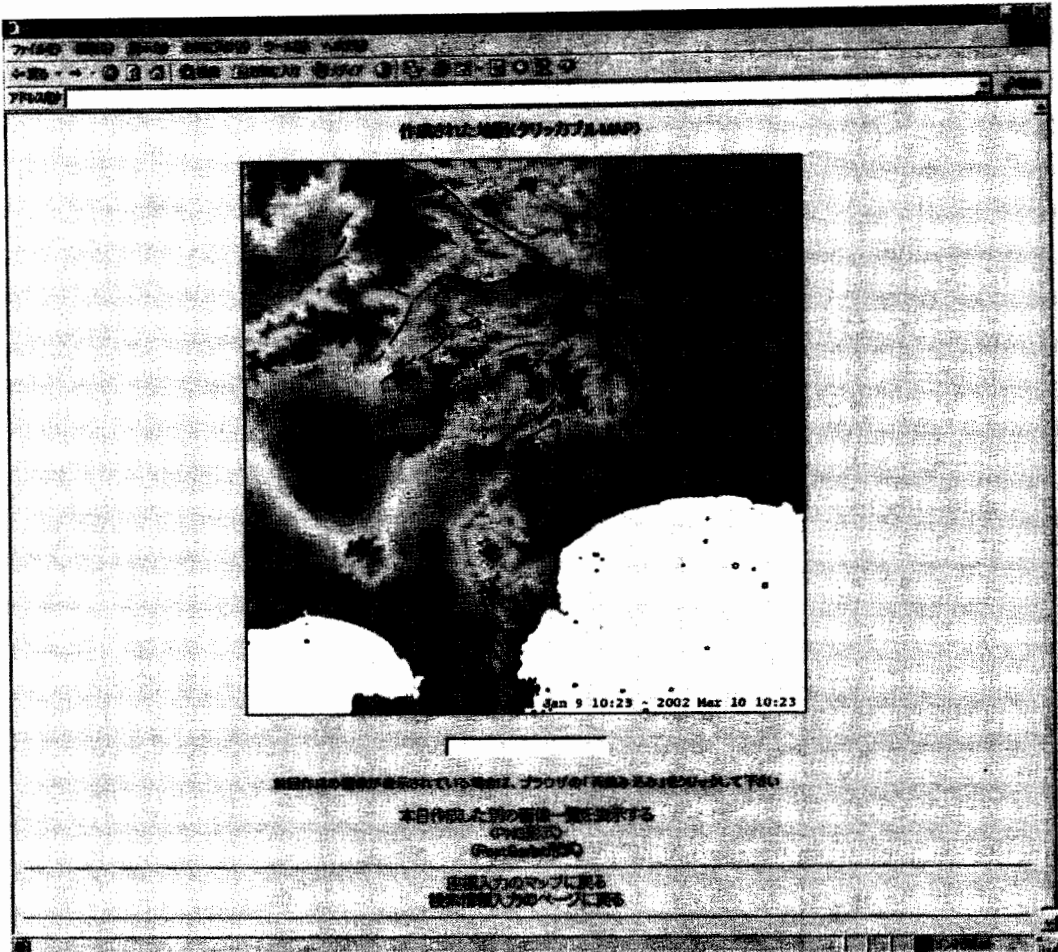


図5 検索結果の例. 図は、[標高]と[活断層]と[地震情報]をオーバーレイしたもので、画像自体が、クリック可能なマップになっており、活断層などのオブジェクトをクリックすることで、名称や活動度などを記したウィンドウが表示される。

に、クライアントである学習者に作成した画像をPNG (Portable Network Graphics) 形式で配信する。配信された図もWebブラウザ上では、クリック可能なマップになっていて、例えば、画像内の活断層をクリックすることで、名称、総長、活動度などを確認することができる(図5)。

東京学芸大学では現在、地震観測を続けているが、本システムにおいて、東京都小金井市付近を検索対象とした場合、観測点のオブジェクト(△)をクリックすることで、地震波形についても、画像や数値データとしてダウンロードすることができ、自らデータを解析することが可能である(図6)。システム概念図については図7に示す。

4.3 本システムで利用した地球科学データについて

次に、本システムに取り込んだ地球科学の諸空間データについて述べる。

【地震情報】

前述したように、地震情報(経度、緯度、深さ、規模)は、学習者からの要求ごとに、地震情報公開サーバ[HARVEST]に問い合わせを利用して利用する。HARVESTとは、国立大学としては、東京大学地震研究所、北海道大学大学院理学研究科、弘前大学理工学部、東北大学大学院理学研究科、名古屋大学大学院理学研究科、京都大学防災研究所、高知大学理学部、九州大学大学院理学研究科、鹿児島大学理学部、さらに気象庁と

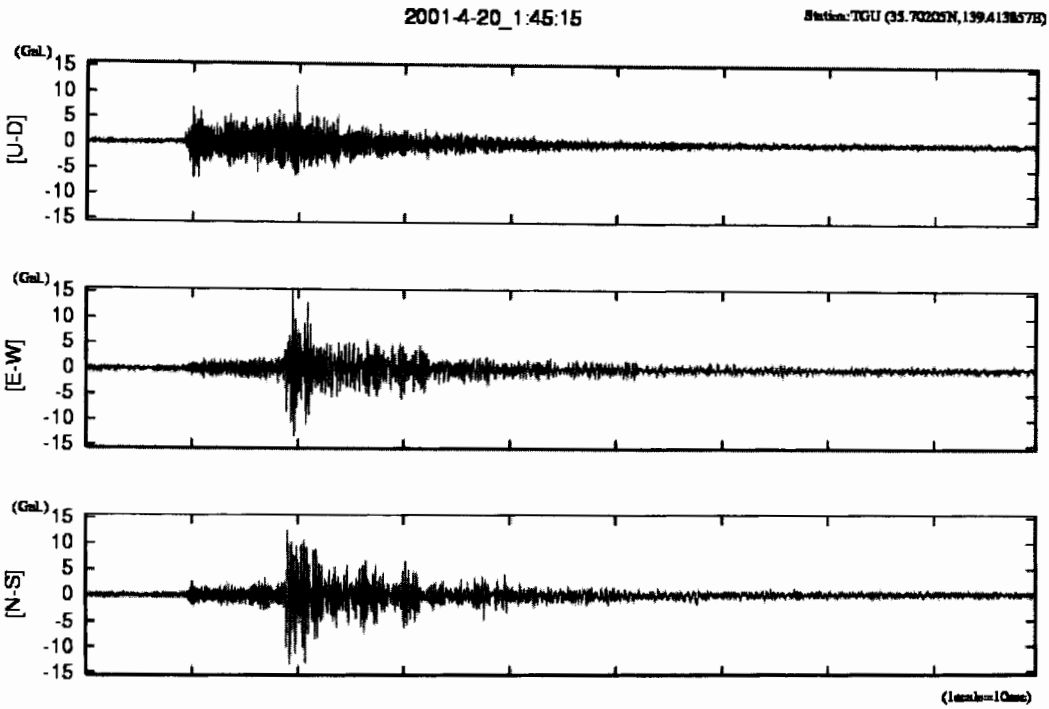


図6 東京学芸大学地震観測室 (35.70205°N, 139.413857°E) にて記録された地震波形例
波形画像のみならず、アスキー形式でデータをダウンロードすることも可能。

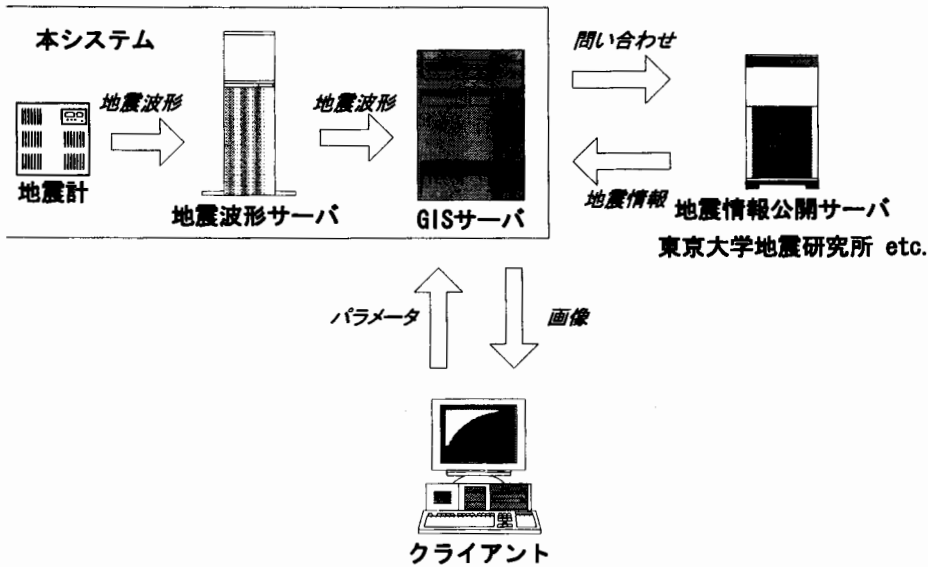


図7 本システムの概念図。クライアントとサーバ間のパラメータは、CGIにより行われる。地震情報は、クライアントの要求ごとに地震情報公開サーバよりダウンロードし、地図にオーバーレイする。

全国地震データ等利用システム 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター [HOME]

震源情報

2002/03/26 07:56 から 2002/03/26 13:56; -9.9 <= M < 9.9; -10.0 <= H < 700.0 の震源情報を表示しています。

YR	MO	DY	HR	MI	SEC	LATITUDE	LONGITUDE	DEPTH	MAG	picker	Comment
2002	03	26	08	04	20.0	36.55916	139.65106	31.7	2.4	auto	M2.4
2002	03	26	09	52	38.2	34.15050	139.33569	14.1	2.5	coco	
2002	03	26	09	56	38.8	34.17685	139.13686	8.2	2.8	auto	M2.8
2002	03	26	10	08	07.9	35.49656	139.31055	11.5	1.2	wata	Kna-
2002	03	26	10	29	28.5	35.49488	139.82378	114.2	2.9	auto	M2.9
2002	03	26	10	34	01.7	35.68963	139.23071	149.6	3.3	auto	M3.3
2002	03	26	11	14	22.7	34.36132	140.57243	30.1	2.0	auto	M2.0
2002	03	26	12	03	55.4	36.14290	137.20164	9.3	1.0	auto	M1.0
2002	03	26	12	16	38.3	36.57627	138.25298	4.8	1.3	auto	M1.3
2002	03	26	12	24	07.7	36.06289	137.53246	3.5	2.2	auto	M2.2
2002	03	26	12	56	44.7	36.34805	137.92921	8.8	1.3	auto	M1.3
2002	03	26	13	00	03.0	36.22484	139.35936	30.0	2.4	auto	M2.4
2002	03	26	13	03	13.1	34.22255	139.80757	44.6	3.6	auto	M3.6
2002	03	26	13	28	26.4	36.05293	141.35136	6.4	3.0	auto	M3.0

このページに関するご意見・ご要望は、webmaster@tkypub.eri.u-tokyo.ac.jpまでどうぞ。
 Earthquake Observation Center,
 Earthquake Research Institute, University of Tokyo. (2001.08)

図8 地震情報検索サイト(HARVEST)の利用例

本システムでは、テキストブラウザ(wget)で、このサイトを利用し、地震情報を取得する。

いった地震観測機関が相互にデータを提供し、管理している地震情報の公開サーバである(<http://tkypub.eri.u-tokyo.ac.jp/harvest/>)。図8は、HARVESTの利用サイトの様子である。

ここから、本システムでは、条件に合致したデータをテキストブラウザであるwgetにて取得する。ダウンロードされたデータは、まずGRASS用のフォーマットに変換し、UTM(Universal Transverse Mercator's projection)座標として基盤となる地図に投影する。シンボルの色で、深さを表し、大ききで規模を表すこととした。

【標高】

本研究では、標高データとしてデジタル標高モデル(DEM)を用いた。これは、国土交通省国土地理院に

よって1994年4月に、50mメッシュ標高データの「数値地図50mメッシュ(標高)」としてCD-ROM(1枚あたり約450MB)として刊行されたものである。これは、1/25,000地形図を縦横に200等分したメッシュ(地上約50m×50m)の中心の標高を、数値化された地形図(等高線)のデータから、作成されたものであり、全国がCD-ROMにより3枚でカバーされている。なお、DEM作成の詳細については、下山ほか(1995)を参照されたい。また、本システムに取り込んだ日本列島全域のDEMの色見本については、高度毎に色分けしたものと、あらかじめ格子点間のデータから傾斜を求め北西から光を当てたものの2種類を用意した。

【地質】

地質データは、産業技術総合研究所地質調査総合センター(旧地質調査所)により、1/1,000,000 日本地質図(第3版)を数値化し作成され、CD-ROM として販売されているものを利用した。特徴は、時代と岩相とで表示される詳細な地質区分がされていることとされている(三村ほか, 1995)。CD-ROM には、三つの地質図データベース(ベクトル形式地質図データベース、メッシュ形式地質図データベース、地質図画像データベース)があるが、本システムでは、ベクトル形式地質図データベースをもとに、GRASS によってラスタ化したものを利用した。また、その地質凡例についても用意した。

【重力異常】

重力のブーゲー異常は、実際の岩石の密度から仮定密度を一律に差し引いた残差密度がつくる重力異常で、陸と海の地形による引力の影響を補正して地下構造(岩石の分布)を解釈できるようにしたものである。重力異常のデータについても、地質と同様に、産業技術総合研究所によって CD-ROM として販売されているものを利用した。重力異常図は、地質図と対比させれば地質図だけの解釈が不十分であった議論に利用できる。重力の急傾斜帯は密度構造の急変帯であるので、地体の構造上の境界に対比させられるのはもちろん、最も有効なのは活断層や地質構造線の認識に役に立つことである。棚倉構造線、糸川川静岡構造線、中央構造線などは明瞭に認識することができる(駒沢ほか, 2000)。

【活断層】

活断層のデータは、国土交通省国土数値情報の一つとして公開されている新版「日本の活断層」(活断層研究会, 1980)をデジタル化されたものを用いた。活断層は地域によってその分布密度や性質が異なっているが、それはまさに、プレート運動を原因として複雑に変形を続けている日本列島の状態を表している。そして、活断層は、時によって巨大地震の発生と密接に関係することがある。

【地震波形】

東京学芸大学地震観測室(小金井市, 北緯 35° 42' 07", 東経 139° 29' 37.9")において、デジタル強震計(SMAC-MD, 株式会社明石製作所製)により観測された地震波形を利用した。記録器本体からモデムを介し、内線電話を経由し、当研究室の地震波形サーバに保持される。定時にチェックを行い、新たに

観測された地震イベントがあれば、バイナリデータとしてダウンロードする。このように実際に観測された地震加速度のデータは、本システムを利用することで、上下動 1 成分、東西南北の水平動 2 成分の ASCII データとしてダウンロードすることが可能である。

5. 具体的なシステムの利用例**5.1 地学(科学)教育において**

高等学校の「地学 I」及び「地学 II」は、中学校理科の基礎の上に、さらに進んだ地学的な方法で、地球と宇宙に関する問題を取り扱い、地学の基本的な概念や原理・法則を理解させるとともに、探究の過程を通して、科学の方法を習得させ、科学的な自然観を育てる科目である(文部省, 1999)。

「地学 I」においては、「火山と地震」についての関連を扱うことが学習指導要領で示されているが、本システムを利用し、火山の位置と地震活動の様子を自らが知りたい領域を選択し、オーバーレイすることが可能である。また、地質の分野においては、「地球の歴史」という単元で野外巡検を行う。実際にフィールドに出る前に教室において下準備を行う目的で本システムを利用することができると思われる。

「地学 II」においては、全体的に課題研究を中心として行うことが示されているが、例えば「地球の観測」という単元において、重力や地磁気というキーワードが示されている。学習者が本システムを利用し、調べたい領域を選択することで可視化された重力異常の様子を確認することが可能となる。

地球と宇宙に関する事物・現象は、空間的かつ時間的な長さにおいて、広い幅の中で起こっている。また、個々の事物・現象には様々な要因が複雑に関連しあっていることが特徴であり、GIS を利用することが大変有効となる。

例えば、地震分野の教育について注目し、本システムを利用する一例として、兵庫県南部地震の地震活動を取り上げる。同地震は、1995年1月17日、淡路島北東付近を震央とするマグニチュード 7.2、深さ 14 km で発生した地震であった。地震の後に、これを引き起こしたと考えられる明瞭な地震断層が淡路島北西部の野島断層沿いに、さらにやや不明瞭な地震断層も淡路島北東側や六甲山地域でも一部、現れた(岡田, 1996)。図9は、検索条件として、北緯 34.258839°N、東経 134.913150°E、表示範囲を 100 km とした。ま



図9 本システムを用いて作成した画像例(その1)

図は、兵庫県南部地震(1995年1月17日)前後の地震活動と地形陰影図および活断層をオーバーレイしたもの。活断層と地震活動に、関係があることがわかる。

た、地震の期間については、1995年1月1日から1995年3月31日までに東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター[HARVEST]システムによって観測されたものである。この地震活動の情報に、ラスタ型データとして陰影図である標高を用い、ベクトル型データとして活断層を選択した。この地域は近畿三角帯の北西部にあたり、六甲山地や淡路島の山地などは第四紀に成長した隆起地帯であるので、これらの山地を縁取って活断層が集中する(岡田, 1996)。本

震以後の余震活動が、野島断層の走向と調和的に広がっていることから、活断層が地震活動の領域と一致していることが確認できる。

このように、過去の大地震の活動を調べるといった学習は、「学習者の主体的な学習に伴い、体験的に知識を理解して獲得する」ことを特徴とする。GISは、そもそも空間的にも時間的にも広がりを持つ地学現象を把握するための空間的な思考(Spatial Thinking)を手助けし、人間の知識の習得に重要であると考えられる。

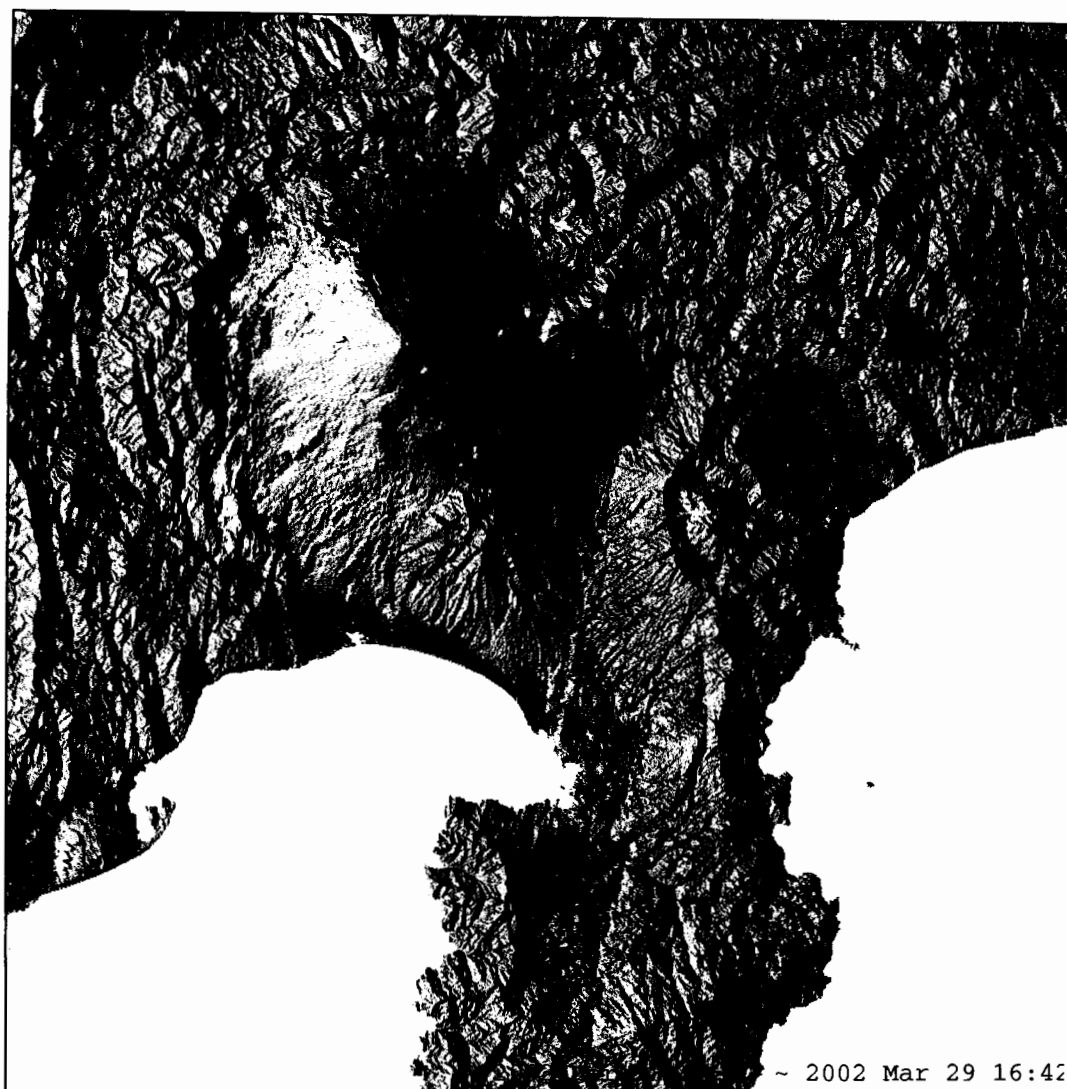


図 10 本システムを用いて作成した画像例(その2)

図は、箱根山・富士山付近の地形陰影図。山体の侵食状況などを比較することで、形成年代の違いを判読することができる。

時系列的そして空間的に移り変わる現象の理解や発見を行うことが教育的な利用に用いる理由である。また、理科の学習においては、基礎的な概念の学習や、形式的な知識と実際の経験とを結びつける目的として、様々な実験を通しての学習が行われている。それは、繰り返し作業の中で知識を習得していくことが重要であることを意味する。以上のことから、様々な自然情報を自ら取捨選択できる本システムは、学習者が試行錯誤的に検索条件を変更し、地学現象の認知や発見を行うことができるものと考えられる。このように直

接、学習者が直接操作する知的学習支援システムは、ILE (Interactive・Learning・Environment) パラダイムと位置づけられる(大槻, 2000)。

もちろん、このレベルになれば、通常の授業においては、展開が必ずしも容易ではないと思われる。しかし、クラブ活動やいわゆる「総合的な学習」の段階で、展開すれば、文字どおり知識の総合的な広がりや奥深さを体験することが期待されよう。

5.2 他教科での利用

今後の学校教育においては、従来のカリキュラムに

縛られた教科という枠に固執することなく、横断的かつ体験的な授業が要求されている。例えば、地理学では、地学 I と同様に、従来、航空写真などを利用して、地形の分類などを行っている。航空写真では、森林や人工物など土地被覆の影響を受けやすいのに対し、DEM では、これらの影響を考える必要がないため、地形のみから陰影図を作図し、判読を行える。図 10 は、本システムを利用し作成したもので、場所は、箱根山・富士山付近である。山体における侵食状況を比較することで、それぞれの形成年代の違いを確認するという作業が容易に行える。

また、本システムを直接利用することはなくても、GIS の仕組みを学ぶことは、2003 年 4 月から始まる高等学校における教科「情報」においても有効である。例えば、GIS は、グリッド・セルに対応したラスター型データを扱うので、デジタル画像処理を行い、尾根や谷のエッジを抽出するといった学習を行うこともできる。このように GIS は、教科「情報」と関連を持った学習として利用していくことが、可能である。

6. おわりに

本稿では、空間情報をオブジェクトとして地図上に取り込むことで、科学的な興味関心を促すサーバ/クライアント・システムとしての eラーニング教材の詳細とその利用法について示した。ダイナミックに変化する地学的な諸現象のデータをより身近な存在として利用し、活用することが重要である。このようなシステムは、児童・生徒が主体的に学習に取り組むことだけでなく、教師が授業を行う上での補助教材にもなる。例えば、自分の住む地域の地震活動、地質の種類、活断層の位置を知り、社会の様々な分野で利用されている GIS を科学教育の一環として利用することで、地学現象の空間的な認知、発見を行うことができる。さらに、今日までは、それぞれの教科という要素に還元し教育が行われてきたが、GIS を利用することで教科の枠を超えた学習カリキュラムを編成することも可能であることも指摘する。

近年、各教育機関において、マルチメディア教育機器やインターネットの導入が進み、教師や児童・生徒が様々な教育活動や学習活動に活用できる環境が整いつつあり、問題解決のツールとしてのコンピュータの重要性を再認識することもできる。本システムのようなマルチメディアとインターネットが統合された教育・学習環境に対する教材の開発が不可欠であると考

えられる。新しい学習環境は、学校教育に大きな変革をもたらすとともに、生涯学習や遠隔学習の実現に大きく貢献するものとして期待される。科学教育の危機が叫ばれている現在、地球で観測されている諸現象を児童・生徒が素直に受け入れ、感動と興味を誘う教材を提供することは、大事であると考えられる。なお、本システムは、以下の URL から利用することが可能である。

<http://sanga.u-gakugei.ac.jp/~grass/>

謝 辞 本研究では、国土交通省国土数値情報として〔活断層 (G03-07L)〕,〔行政界・海岸線 (N03-11A)〕を利用致しました。法政大学名誉教授の小口雄康博士には、地震波形のバイナリデータの読み方について、ご助言頂きました。ここに感謝の意を表します。

補遺：現システムの問題点

本システムの現状は、学習者の希望に応じて Web 上のデータベースにアクセスし、空間情報を統合するということから、数分程度の時間がかかることが、欠点ではある。従って、即時性の要求される学習環境としては、未だ不十分といえ、本論で示したように、学習内容のレベルをも考慮すれば、課外授業などに向いているのかもしれない。しかし、空間情報をいかに取得し、統合表示していくのか、という「情報教育」の観点からして、実物大の情報社会の現状を体験する上でもあながち無意味とはいえない。このように安価で良質なシステムを現場の教員が構築できるようなプロトタイプを示した。本システムのパッケージは、利用者からの要望に応じ、配布することを検討しているので、現場の教員によるさらなる改善が望まれる。

文献リスト

- バーロー, P. A. (1990): 地理情報システムの原理—土地資源評価への応用—. 古今書院, 232 p.
- 活断層研究会 (1980): 日本の活断層, 分布図と資料. 東大出版会, 363 p.
- 木村葉子, 碓崎賢一 (2001): 小中学校におけるインターネット電子地図を用いた実践授業. 情報処理学会研究報告, 2001-CE-60 (コンピュータと教育), 49-56.
- 駒沢正夫, 広島俊男, 村田泰章, 森尻理恵, 牧野雅彦 (2000): 地質調査所の重力基本図・日本重力 CD-ROM. 情報地質, 11, 86-87.
- 三村弘二, 加藤碩一 (1995): 100 万分の 1 日本地質図第 3 版の特徴, 100 万分の 1 日本地質図第 3 版 CD-ROM 版, 数値地図 G-1. 地質調査所.

- 文部省(1999): バーチャル・エージェンシー「教育の情報化プロジェクト」報告. <http://www.monbu.go.jp/news/00000356/>
- 文部省(1999): 高等学校学習指導要領解説 理科編. 地学 I/II.
- 村山祐司(1999): 学校教育におけるインターネット GIS 利用の可能性. 地理情報システム学会講演論文集, 8, 23-26.
- 中村康子(1999): 中・高地理教科書における地理情報の扱い—教育支援用地理情報システムの構築に向けて—. 地理情報システム学会講演論文集, 8, 15-18.
- 岡部篤行(1998): 空間情報科学の展開. 電子情報通信学会誌, 81, 704-710.
- 岡田篤正(1996): 兵庫県南部地震と地形災害, 第2章. 日本地形学会連合編, 古今書院, 182 p.
- 大関泰宏(1999): 新指導要領における地理的な見方・考え方と GIS. 地理情報システム学会講演論文集, 8, 9-14.
- 大槻説乎(2000): 知的学習環境の構成論. 電子情報通信学会論文誌, D83, 515-522.
- 下山泰志, 飯田 繁, 河瀬和重, 松本浩明(1995): 50 m メッシュ 標高データの精度検証に関する研究. 国土地理院時報, 84, 64-72.
- 竹内 章, 吉田裕之, 藤田智之, 石橋和子(2000): 知識の適用能力獲得のための知的学習環境の構成とばね学習への応用. 電子情報通信学会論文誌, D83, 523-530.
- 上原 準, 土橋一仁, 神鳥 亮, 佐藤文男(2001): Digitized Sky Survey を利用した「暗黒星雲博物館」の作成—インターネットで閲覧できる暗黒星雲のデジタル図鑑—. 地学教育, 55, 13-22.
- 碓井照子(1997): 阪神・淡路大震災の学術ボランティア活動と GIS 教育から見た地理学における情報化. 地理科学, 52, 146-153.

蓮沼 賢・山崎謙介: 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 55 巻 5 号, 189-201, 2002

〔キーワード〕 GIS-GRASS-, PC-UNIX, サーバ/クライアント・システム, ILE, 総合的学習, 情報教育
〔要約〕 地形・活断層・地震などの地球科学における様々なデータを GIS サーバに取り込み, Web ベースで学習できる科学教育教材を構築した. 例えば, 地震活動のようなダイナミックな現象と静的あるいは地質的時間スケールで変動する現象を関連づけ空間的性質の把握に役立つシステムであることが特徴である. 学習者が試行錯誤して, 地学現象の認知発見を行える直接操作型パラダイム (ILE) の一つと位置づけられている.

Satoshi HASUNUMA and Kensuke YAMAZAKI: An e-Learning System for Earth Science Education Based on WebGIS with Visualization of Spatial Information. *Educat. Earth Sci.*, 55(5), 189-201, 2002

本の紹介

「タービダイトの話」(「地質ニュース」復刻版) 徳橋秀一編著, B5判, 250頁(カラー口絵7頁), 2002年7月1日初版, 2,000円(税込み), 実業公報社

「タービダイト」という言葉は地質学をやっている人以外では、馴染みの薄いものかもしれない。しかし、例えば、大阪や和歌山市近郊の人なら和歌山市の加太海岸に見られる砂岩と泥岩との互層といえピンとくるであろう。実際、加太海岸に行ってみると、この互層の幾何学的な美しさに魅了される。かつて、こうした砂岩泥岩互層の成因は海水準変動で説明されていた。つまり、低海面期には砂岩が、高海面期には泥岩が形成されるというわけである。現在では、砂や泥の混合した流れがイベント的に泥の堆積場に持ち込まれてつくられると考えられている。このような流れがタービディティ・カレント turbidity current (混濁流)で、それによりつくられた地層をタービダイトと呼んでいる。

編著者の徳橋氏は房総半島の新第三紀・第四紀のタービダイトを長年にわたり、精力的に研究してこられた。彼の初期の研究は、多数の地点で折り尺を片手に細かい堆積柱状図を作成し、火山灰層を鍵層として個々の単層を対比していくという地道な作業の積み重ねであった。彼は自らを「尺取り虫」と言っておられたが、やがてこうした詳細なデータに裏打ちされた論文を矢継ぎ早に公表された。さらに、彼はこうした論文をかみ砕いた内容にして、一般の方々も読まれる地質ニュース(現地質調査総合センター編集)に連載された。当時はタービダイトを学ぶための日本語で書かれた唯一とも言える内容で、この記事は好評を博したのである。このたび、これらの連載を中心に一冊の本にまとめられた。簡単に内容について紹介しよう。

PART I タービダイトの話・本編は1982年から1996年にかけて地質ニュースに掲載されたもので、その1からその8までの8編よりなる。そのうちの5編は編著者が取り組んだ房総半島の新第三紀・第四紀のタービダイト研究の成果を分かり易く解説したもので、内容はその1: フリッシュ型砂泥互層のタイプと堆積環境(八田明夫と共著)、その2: タービダイトの巨大な墓場 海底扇状地、その3: 古海底扇状地を斬

る(I. 実態編)、その4: 古海底扇状地を斬る(II. 成因編)、その6: タービダイト砂岩単層の形態を探る、である。残りの3編は堆積重力流の分類や海底扇状地モデルの紹介、そして実際のアマゾン海底扇状地の実態を共同研究した成果を紹介している。内容はその5. SEDIMENT GRAVITY FLOW とは何か(除 垣と共著)、その7: 海底扇状地モデルの現状と問題点、その8: アマゾン海底扇状地—巨大 mud-rich fan の実例—(七山 太・ODP Leg155 乗船者と共著)よりなる。

PART II タービダイトの話・番外編は3編からなる。II-a 和泉層群におけるコダイアマモの分布と産状、II-b タービダイト砂岩貯留岩体同定指標としての重鉱物組成の可能性 Part I, II-c 同 Part II, 最初の1編は和泉層群から見つかり、植物化石なのか生痕化石なのかははっきりしないコダイアマモ *Archaeozostera* を堆積学の見地から検討している。後の2編は重鉱物組成を堆積学的な解析に使った新しい手法について述べている。

PART III アラカルト編では編著者の専門とする堆積学の新しいパラダイムであるシーケンス層序学の紹介(III-a 海水準変動と堆積作用: シーケンス層序学序論、III-b 海水準変動と炭化水素ポテンシャル: 序論)や海外国際シンポジウムの参加記録・内モンゴルの地質の紹介(鈴木祐一郎と共著)(III-c, d, e)そして地質調査所が取り組んだ98年から99年のサイエンスキャンプの紹介などが載せられている。

以上のように内容は豊富でどの章も楽しく読めるが、やはり本の題名通り、PART I タービダイトの話・本編が圧巻である。一片の定義だけではなく、実際の露頭での観察ほど理解を十分にするものはない。この本を片手に実際の露頭で観察を行えばタービダイトの理解が進むであろう。さらに、編著者が「はじめに」に書いているようにタービダイト砂岩の解析が大水深域での石油・天然ガスの探鉱上、大変重要になってきているという。こうした現在、この本の内容は本当に時機を得たものと思われる。多くの方々に是非読んでもらいたいものである。

(別所孝範)

原著論文

前線の通過に伴う天気変化の学習における アメダスデータの面的活用

渡辺 嘉士*・榊原 保志**

1. はじめに

平成14年度から実施されている新教育課程では「生きる力」の育成を目指すことを明確に打ち出している。このことを踏まえ、理科では従前の「観察実験の重視」、「科学的な見方や考え方の育成」のほか、新たに「問題解決能力や多面的、総合的な見方を養うこと」を重視することが示された。この多面的、総合的な見方を養うのに適した内容に気象単元がある(池本・榊原, 2000)。気象現象は様々な要因が複雑に絡み合っただけでなく特定の因子から天気の変化を予測することは難しく、総合的な判断力が求められるからである。

この天気の変化を日常体験できる機会は台風や温帯低気圧に伴う前線が通過するときである。小学校では気温、雲、風などを観測した結果や、例えばインターネットを利用して衛星画像による雲の移動の情報を入手し、台風の動きと天気の変り方について学ぶようになった(手代木, 2001)。ところが、中学校では前線通過に伴う天気変化を学習するが、教科書に記載された典型的な観測データを用いた講義型の授業が多く、日常生活と密接につながる内容でありながら、なかなか関心を持てる学習内容でない。鈴木(2000)は、数週間分の天気図の中から寒冷前線が通過した日を選び、そのときのひまわりの雲画像の特徴を調べ、さらに気象観測データを表計算ソフトを使ってグラフ表示し、わかったことをまとめる学習を示した。気象観測データは、学校で自己記録観測によるものが望ましいが、環境が整っていない場合は各地の気象台、測候所、大学から情報の提供を受ける。数ヶ月以前のデータであれば気象業務支援センターから提供されるCD-ROM等のデジタルデータを利用することも述べられている。ただし、どのように授業の中で利用するかについての詳しい記述はない。

このデジタルデータの利用に関する先進的な研究を

行ったのは榊原・渡辺(1997)である。この小単元の授業改善が進まない最大の障害は、気象データを一般の人が入手しにくい環境である。アメダス等の気象データがデジタルデータとしてFD(フロッピーディスク)に収納され発売されるようになったことに彼らは注目し、この気象データを閲覧するソフトの開発を行った。1996年になるとFD版のほかCD-ROM版でもデジタル気象データを入手できるようになり、気象データの一般への普及は飛躍的に進展することになる。それまで販売されていたFD版のアメダスデータは1県1気象要素のファイルが1年分で3,000~6,000円であったのに、CD-ROM版は全国約1,300地点あるアメダスの全地点における全要素1年分のファイルが¥2,600/1枚(消費税・送料別)という価格になり、企業はもちろん学校でもCD-ROM版のアメダスデータの整備はかなりしやすくなった。

このCD-ROM版を利用する教材開発を行ったのは渡辺ほか(2000)である。彼らはCD-ROM版のデータ閲覧、必要な部分の表計算ソフトへの切り出し、さらには最大4地点のデータを同一グラフ上に時系列表示させる機能を備えたソフトを作成した。そしてこれを利用した前線の通過を調べる指導展開を検討した。

ところが、気象要素の時系列グラフだけから、前線の通過を判断しようとしてもなかなかうまくいかない。前線が通過したかどうかの判断は各気象要素の変化を組み合わせ、かつ面的に配置されたアメダス観測点の観測結果を総合的に組み合わせて天気変化をとらえる必要があるからである。そのため、このような学習は従来行われていなかった。

そこで、本研究では、前線通過に伴う天気の変化に関する学習プログラムの開発を目的とする。とくに前線通過という現象を気象要素の時系列変化だけでなく、地理的な面的な分布の時間的推移という視点により、多面的、総合的に気象現象を考えさせる内容である。

生徒にとって学習内容が抽象的にならないように教師が加工した図の提示でなく、生徒自身による生データの処理を行う内容になるように心がけた。このような学習プログラムの実現に向けて前編(渡辺・榊原, 2000)で用いたアメダス表示プログラムに改良を加え、それを利用して公立中学校において提案する授業プログラムの試行授業を行ったのでここに報告する。

2. 作成したソフトウェア

今回作成したソフト(アメダス観測年報 CD-ROM 閲覧プログラム Ver. 3 (Ver. 3.1~3.5 で多少の変更あり))は、「アメダス観測年報」CD-ROM(気象庁作成, 気象業務支援センター販売)のデータを地図上に一覧表示したり、グラフ表示するソフトで、前回報告した「アメダス観測年報 CD-ROM 閲覧プログラム Ver. 2」に地図表示機能と連続表示(アニメーション)機能を付加した拡張版である。その付加した内容と今回用いる機能について次に述べる。

(1) 地図表示機能

全国のアメダスデータを地図上に面的に一覧表示する機能である。地図は、全国地図、地方地図、拡大地図の3通りあり、表示範囲は全国を自由に移動できる。各地点データの表示は、値を段階ごとに色分けし、気温、降水量、日照は、全国地図では[●]黒丸、地方地図、拡大地図では数値で表示する。風向・風速は、段階ごとに色分けした矢印で表示する。色分けの段階は画面上の「凡例」に表示された5段階で、境界の値は自由に変更できる。風向については全国地図でははっきりと読みとめることは難しいが、地方地図、拡大地図に切り替えると、各地の風向や風の流れの方向などがよく読みとれる(図1)。今回の授業プログラムでは、前線通過日時を予想するために、降水域の移動や気温の変化を確かめる、風向がぶつかり合っている面を見つけるなど、重要な役割を果たす機能である。

(2) アニメーション表示機能

画面下の時刻変更ボタンを押すと、表示データが時間順に次々と変わるため、連続でボタンを押すことによりアニメーション表示が可能である。Ver. 3.5では、これを自動で行う機能を加えたため、1回のボタン操作で連続して表示することが可能である。また、表示の速さも自由に換えられる。この機能を用いて、例えば降水量を表示すると、雨域が南西諸島→九州→本州→北海道と移動していく様子などがよくわかるほか、気温表示では、時間の経過による気温変化の南北

での違いなどを簡単に見ることができる。

(3) グラフ重ね合わせ表示機能

グラフ表示では、気温、風向、風速、降水量、日照グラフを4地点まで重ね合わせることができる。4地点の重ね合わせ機能は、授業利用を第一義に考えて作成した本ソフト固有の機能で、地点ごとの時系列変化の違いが一目でわかる。今回の授業プログラムでは、気温や風のグラフから前線通過時刻を推定する、複数地点のグラフを重ね合わせて通過時刻の違いから移動方向を確かめるなどに利用する。

3. 授業に用いた素材の検討

3.1 アメダスデータ

アメダスデータが収録されているCD-ROMは現在、1976~2001年まで気象業務支援センター(<http://www.jmbasc.or.jp/>)より販売されている(榊原・牛山, 2000)。このCD-ROMは1年間の全国1,300地点におけるアメダス観測全要素の毎時観測記録が1枚に収録され、2,600円と安価である。このCD-ROMに月ごとに区切ってデータが保存されているが、特定の月のファイルをパソコンのハードディスクにコピーして使用することは許可されている。ただし、そのまま全ファイルをコピーすることは違法となる。

前線の通過を調べるのに適した日時を見つけるため、1995~1997年のアメダスデータを調べた。気温の降下、風向、降雨量の変化という前線通過時の特徴は1997年5月8日と9日のデータが最もよく現れていた。また、授業で利用する観測点として生徒が生活する松本の他、海岸に位置する柏崎と豊橋を選ぶと、前線の移動がわかりやすいことがわかった。ただし、寒冷前線の通過は数地点の観測データからだけでは判断しにくいので、地図表示画面と組み合わせて使うよう促す必要がある。

寒冷前線が通過する日が多い月を1996年9月以降の天気図で調べ、使用する月のデータを1996年12月、1997年1月、3月、5月、11月に絞った。その中で寒冷前線の通過数が多く、アメダスデータからも寒冷前線通過の特徴を示す気象要素の変化が顕著に認められる月、さらにひまわりの雲画像でも前線性の雲がはっきりと認められる月を検討した結果、扱うデータを1997年11月と決めた。

この場合も、地図表示ばかりでなくグラフ表示を効果的に組み合わせて追究させることで、寒冷前線の通

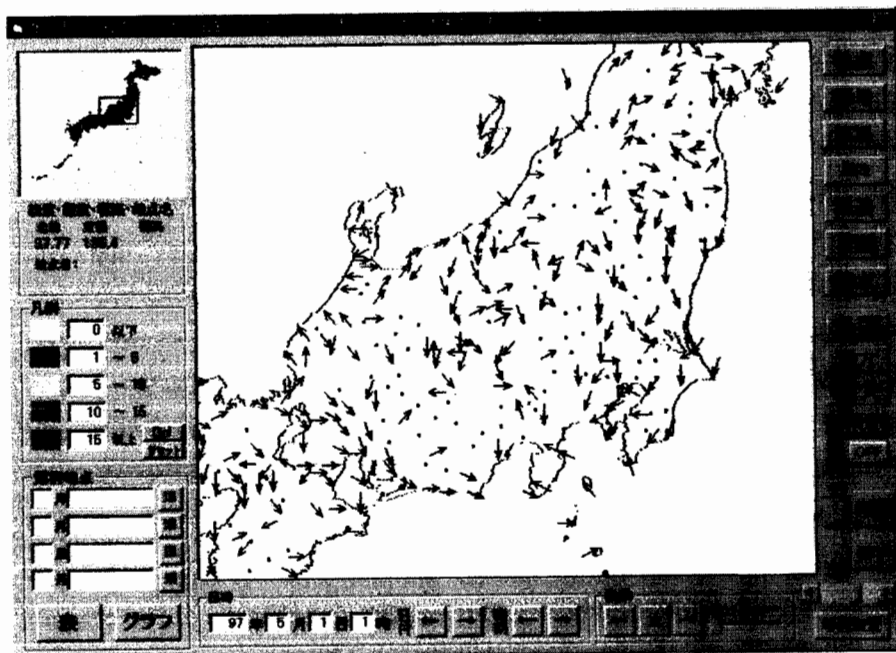
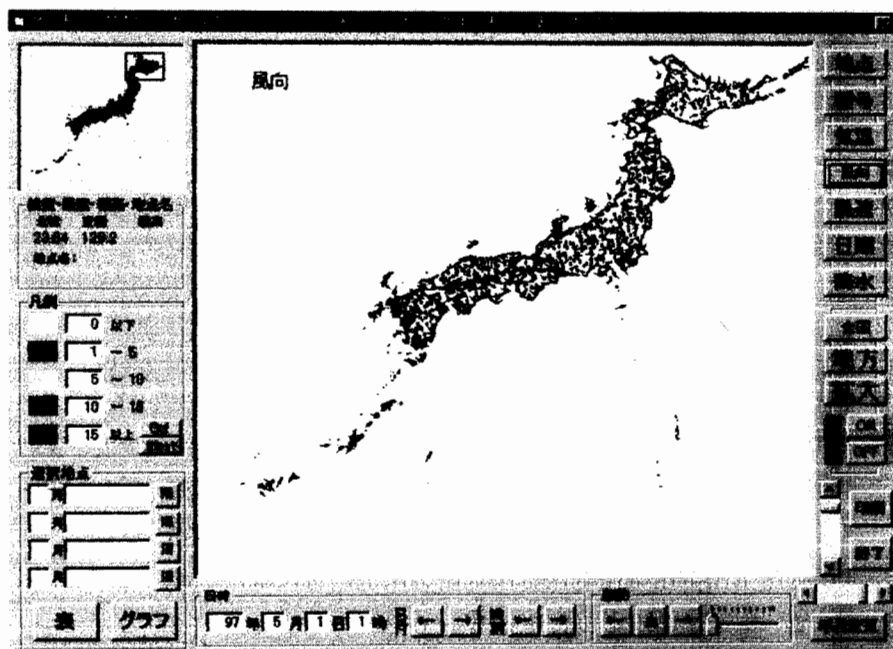


図1 全国表示画面と地方表示画面

過を総合的に判断でき、生徒の「天気の変化」に対する見方・考え方をより深められると考えた。

3.2 気象衛星ひまわりの雲画像

(1) 東大生産技術研究所(喜連川研究室衛星画像の

頁) ホームページアドレス <http://gopher.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp>

処理開始は1997年5月21日である。1時間おきの雲画像が見られる。水色と白というシンプルな画像

ではあるがややわかりにくい。また、典型的な寒冷前線の通過日と判断した1997年5月8日～9日のデータは保管されていないので、今回は使用しない。

(2) 高知大学気象情報頁 ホームページアドレス
http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/gms.fareast/

画像サイズは640×480で、画像ファイル形式はJPEG (Progressive Mode) である。処理開始は1996年9月4日である。ただし、1997年6月15日以前の0時のデータはうまく処理できていないところがある。1時間おきの雲の画像をリアルタイムで見ることができる。東大生産技術研究所の画像と比べて雲の画像が見やすく、検索もしやすい。また、典型的な前線通過日(1997年5月8日～9日)の雲の画像も保管されているので、今回の授業ではこちらを使用し、予想した日に寒冷前線が通過しているかを検証する。

3.3 天気図

(1) 天気図日記(1995～1998年度版使用)

雑誌『気象』((財)日本気象協会発行)には、天気図日記という頁で1ヶ月間の毎日9時の天気図が2ページを割いて掲載されている(榊原ほか, 2000)。

そのため、調べたい日の天気図を見つけやすい。また、1日ごとに天気概要の説明もある。

(2) 新聞天気図

前線が西から東へ速く移動しているような天気変化を見るには1日1回の天気図より短い時間間隔の多くの天気図があると便利である。新聞の天気図欄には9時、18時と1日2回の天気図が掲載されている。公立の図書館には、各種新聞が保管されているので、必要に応じてコピーして使用するようになる。

4. 提案する授業プログラムにおける小単元と授業を行ったクラス

4.1 小単元の構成

対象とした小単元は中学校2年生の理科第2分野の「なぜ天気は変わるのか」という前線と天気変化を学習するところである。一般にこの小単元は3時間で行っているが、今回提案する授業プログラムは5時間を要した(表1)。アメダスデータを用いた今回の授業では第3時から第5時までの3時間分である。ただし、第4時と第5時は授業の効率を考慮して2時間続き

表1 小単元の指導案

過程	学習活動	生徒の意識(◎)と教師のかかわり(・)	時間
導入	1 前線ができる理由を考える。	・前線が見られる天気図にひまわりの雲画像を重ねて提示し、前線と雲の関係について問題意識をもてるようにする。 ◎前線付近ではどうして雲ができるのだろう。 ・雲のできる条件を話し合い、前線付近で上昇気流が生じていることに気づかせる。 ・寒気と暖気の衝突実験を行い、空気の動きをモデル図にまとめるよう促し、寒冷前線と温暖前線の構造を説明できるようにする。 ・寒冷前線と温暖前線の上昇気流の違いに着目させ、できる雲も違うことに気づかせる。	1
展開	2 前線にともなう雲を調べる。	◎寒冷前線や温暖前線にできる雲を調べよう。 ・インターネットで前線にできる雲を調べ、雲模型をつくるよう勧める。 ・信州大学教育学部理科教育研究室のホームページを紹介し、グループごとに雲の名前とその特徴を調べ、前線の模型にまとめるよう促す。 ・つくった雲模型からわかることを発表し合い、前線付近の天気を考えられるようにする。	2
閉	3 前線通過による天気の変化を調べる。	・前線が西から東へ移動する天気図を提示し、前線の通過により天気の変化することに気づかせる。 ◎前線が通過するとき、天気はどのように変わるのか調べよう。 ・前線のモデル図を提示し、前線の移動と気温・風向・降水量の変化を関連づけて考えられるようにする。 ・アメダスのデータを紹介し、前線通過時の松本の気象要素の変化をアメダス表示ソフトで調べるよう促す。 ・調べたことを発表し合い、前線通過によって大気の状態が変化し、天気が変わっていることに気づくようにする。 ・今までの学習したことを生かして、アメダス表示ソフトを使ってアメダスデータから寒冷前線の通過日を予測してみるよう勧める。	3
整理・発展	4 気象観測データから前線通過日を見つける。	◎気象観測データから前線の通過日を見つけよう。 ・前線の通過は、局地的な観測データからは判断できないので、グループごとに松本、柏崎、豊橋の3地点の気温・風向・降水量などのグラフで調べたり、地図表示画面で調べたりするよう促す。 ・前線通過日が推測できたら、天気図やインターネットでひまわりの雲画像を検索して確かめるよう促す。 ・互いの追究のよさを分かち合えるように、情報交換の場を設定する。 ◎今度は天気の様子を実際に観察して天気を予測できるようにしたい。	4 5

の授業とした。

第3時は典型的な前線通過時における天気変化の特徴を調べる学習である。前線が移動している事実と前線断面模型から天気を予想し、パソコンを使って前線通過時の松本の天気の変り方を1997年5月8日のアメダスデータで確かめる。第4・5時はアメダスデータから前線通過日を探求的に見いだす学習である。

4.2 単元の目標

(1) 前線の種類と前線通過に伴う天気の変化を、寒気と暖気と関連づけてとらえることができる。

(2) 〈具体目標〉(A: 興味・関心・態度 B: 思考・判断 C: 技能・表現 D: 知識・理解)

A 天気の変化に興味を持ち、実際の気象観測データからその規則性を見いだそうとする。

B 前線通過による天気の変化を、前線の構造や複数および面的な観測点における気温・降水量・風向などの変化と関連づけて総合的に考えることができる。

C 気象観測データから気象要素の変化を読みとることができる。

D 寒冷前線、温暖前線の構造を寒気団、暖気団と関連させてとらえ、それをもとに前線の通過と天気変化の関係を説明することができる。

(3) 小単元のねらい

アメダスの生データから前線通過日を見つける場面で、アメダス表示ソフトで気温、降水量、風向の変化を調べ予想したり、天気図やひまわりの雲画像で検証したりすることを通して、前線通過時における天気変化の理解を深めることができる。

4.3 授業を行ったクラスと教室

授業は信州大学教育学部附属松本中学校の2年C組である。男子18名女子20名計38名の生徒が授業を受けた。このクラスで一人1台のパソコンを利用する個別学習をコンピュータ室で行った。コンピュータ室の設備として、サーバー1台、プロキシサーバー1台、クライアント42台、計44台のパソコンとモノクロレーザー1台、カラーインクジェット1台の計2台のネットワークプリンタで構成されている。それぞれのパソコンはLAN接続され、ネットワークを形成している。生徒用のパソコン(エプソンダイレクト製、Endeavor AT-600C)のスペックとして、CPUはインテルセレロンプロセッサ 300 MHz、HDDは4.3 GB、RAMは64 MBである。ネットワーク環境はLANを

通してお互いの情報を交換できる。また、信州大学情報処理センターと光通信ケーブルでつながれており、インターネットでの情報収集が効率よくできる。授業では、高知大学の気象情報ページにある気象衛星ひまわりの雲画像をダウンロードし、前線の通過を確認できるようにした。

4.4 対象生徒の既習内容

この小単元の前で行った関連する学習内容を示す。

高気圧と低気圧に吹く風を学習する場面で、気圧を下げた真空調理器の中に線香の煙が吸い込まれる実験から、風は気圧の高い方から低い方へ吹くことを確かめた生徒たちは、高気圧や低気圧に吹く風を気圧の高低と関係づけて予想を立てた。そして、実際の天気図に書かれた天気図記号の風向を調べることで、予想を確かめた。さらにろうそくの真上に鉛直に立てたアクリルパイプに線香の煙を下から近づけると煙が吸い込まれる事象の提示から、低気圧の立体的イメージを持つことができた。また、Iさんのように「低気圧と高気圧の周りの風の吹き方がわかった。空気がぶつかると、上昇気流ができて雲ができることがわかった」と今まで学習した雲と低気圧の関係を明確にすることができた。しかし、暖気と寒気の衝突によってできる前線と雲、さらには天気との関係には気づいていない。

5. 典型的な前線通過時における天気の変化を調べる学習(第3時)

この章と次章では、授業の具体的な様子を示すため、複数の抽出生徒を決めて具体的発言内容を示す部分を設けた。

(1) 自己の課題の設定と予想

前線の構造はわかってきたが、前線が移動しているという意識が薄い生徒たちに、1997年5月8日9時、同日18時、9日9時の天気図を拡大し模造紙に貼って提示し(図2)、前線が西から東に移動していることに気づかせた後に、「寒冷前線が通過するとき松本の天気はどのように変わるのだろうか」と投げかけた。

Iさん: 前時つくった前線断面模型や教師の提示した立体模型を手がかりに、「風向が南から北に変わる。雨が一時的に多く降った後、気温が下がる」と予想した。

Hさん: 寒冷前線の移動を絵で表しながら、「一時的で多量の雨が降り、天気は崩れて気温も下がっていく。風向きは南から北へ変わっていく。」と予想した。

Mさん: 天気図の天気図記号に目をつけ、「風向が

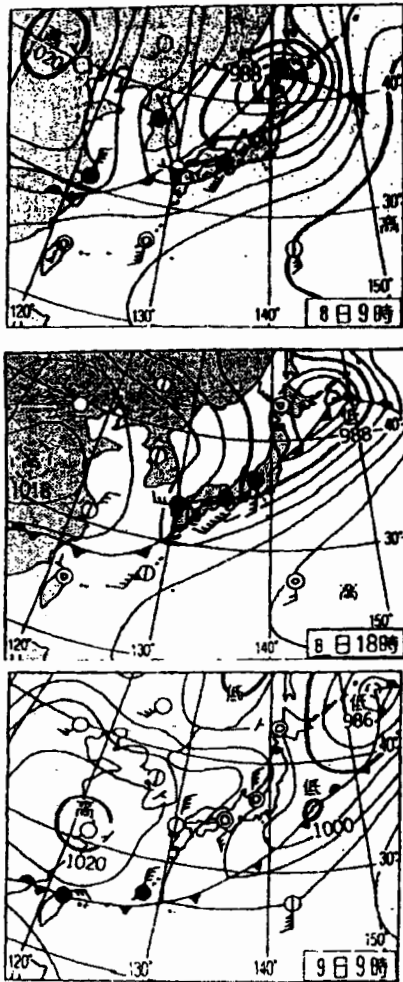


図2 新聞天気図(1997年5月8/9日, 信濃毎日新聞)

南から北に変わるだろう。8日に天気が崩れて9時, 18時に雨が降って, 9日9時にはくもり。」と予想した。

(2) 課題の追究

教師はこの日のデータが保存されている「1997年アメダス観測年報」と, それを表示させる今回筆者らが作成したソフト「アメダス観測年報閲覧プログラム Ver. 3」を紹介し, この2つを使って気温, 降水量, 風向などの変化を調べてみるよう促した。

Iさん: 5月8日松本の気温と風向の変化をグラフ表示画面で調べ, 17~19時と21時すぎに気温が急激に下がっていること, 風向きが北向きに変わっていることを確かめた。さらに, 地図表示画面で中部地方の風向の変化を調べ, 南風と北風がぶつかり合っている面

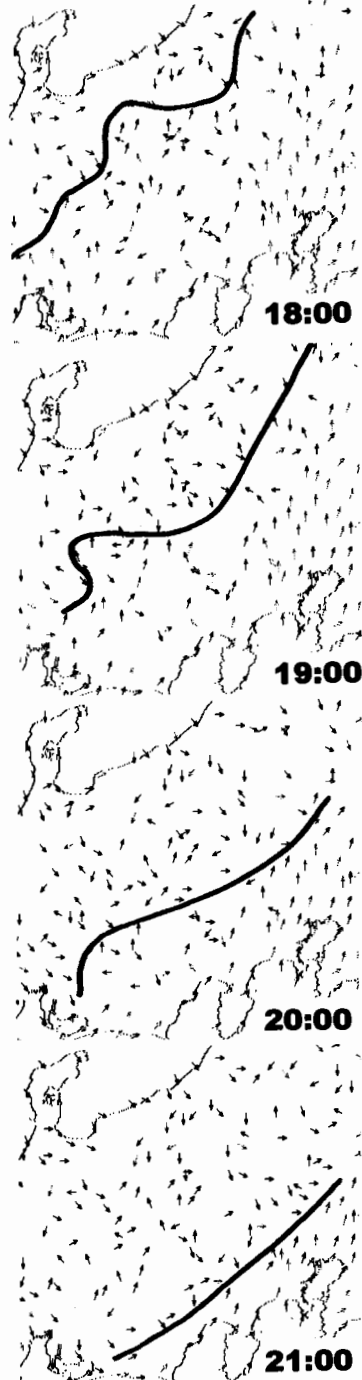


図3 推定した前線の移動(1997年5月8日)

を見つけ, 時間の経過とともにそれが東に移動していることを発見した(図3)。最後のまとめの場面で, 時系列グラフ表示だけでなく, 面的に追究した素晴らし

さを賞賛したところ、大いに満足感を得て、次時への追究意欲を高めた。

Hさん：最初、松本の気象要素の変化をグラフ表示画面で調べていたが、教師の「1地点だとわかりにくいので、柏崎と豊橋も入れて調べてみましょう」という助言で、3地点の気温と風向の変化を重ね合わせて調べ始めた。そして、気温、風向の変化している時刻が柏崎→松本→豊橋の順になっていることから、逆に前線が西から東に移動していることを納得した(図4)。追究のまとめで、「前線がくることによって、地域的に見ても全国的に見ても、風向きはガクンと南向きから北向きになり、気温も急激に下がることがわかった。柏崎、松本、豊橋のグラフを重ね合わせて見ると、時間的変化の遅れがわかり、前線の動きも細かくわかった」と学習カードに記入した。また、感想発表の場で「前線についてすごくよくわかった。アメダスデータで見ると細かいこともよくわかったし、いろいろな土地のことも知る事ができたのですごくよかったです。1時間すごく充実していた。」と述べた。

Mさん：まずグラフ表示画面で松本の気温、風向の

変化を調べ、8日から9日にかけて気温が5~10℃下がっていること、風向が南から北に変わっていることを確かめた。次に松本に近い穂高のグラフを重ね合わせ、その変化が松本とほぼ同じ時刻であることを確かめた。さらに、松本の東方に位置する横浜のグラフを重ね合わせて、雨の降り始めの時刻や風向が変化する時刻から前線の通過時刻を考えて、「前線が西から東に動いている分、横浜の方が前線の通過時刻が遅い」と結論づけた。そして、終末時の自己評価で「前線が西から東に動くにつれて、気温、降水量、風向など周りの天気に変化することがわかった。天気の変化って前線の移動なんだなと思った。」と記入した。

(3) 学習のまとめ

教師が、Iさんほか数名の追究の素晴らしさを紹介したところ、生徒たちは前線と天気変化についてもっと追究したいと意欲をもった。そこで、「ある月のアメダスデータから、寒冷前線が松本を通過した日を見つけられるだろうか」と問いかけた。生徒は気象要素の変化に目をつけて調べれば見つけられそうだと追究の見通しを持ち、次時のねらいを設定した。

Iさん：アメダスデータから地図表示画面で気温、風向の食い違っているところを探し寒冷前線が通過している日を見つけたい。

Hさん：降水の変化のデータまで見る事ができなかったから、次回降水量も合わせてアメダスデータから寒冷前線が通過している日を見つけたい。

Mさん：アメダスデータの中からグラフ表示画面を使って、寒冷前線が通過した日をもっと見つけてみたい。

(4) 第3時の授業に対する考察

教師はこれまでのアメダスデータ閲覧プログラムの教材研究から、寒冷前線の通過は地図表示画面の面的変化よりグラフ表示画面の時系列変化を調べた方がわかりやすいと考え、本時ではグラフ表示画面で調べる学習を想定していた。しかし、Iさんのように目で見えてわかりやすい地図表示画面で追究している生徒が見られた。これは、グラフ表示で前線の通過を判断するには限界があるからである。また、グラフ表示画面で気象要素の変化を調べる観測点として変化がわかりやすい松本、柏崎、豊橋を紹介したが、幾人かの生徒は、天気は西から東に向かって変わるという小学校での既習概念をもとに観測点を選び、追求を広げていった。寒冷前線が北東から南西に向かってのびるために中部地方では寒冷前線の通過が北側の観測所で早く生じる

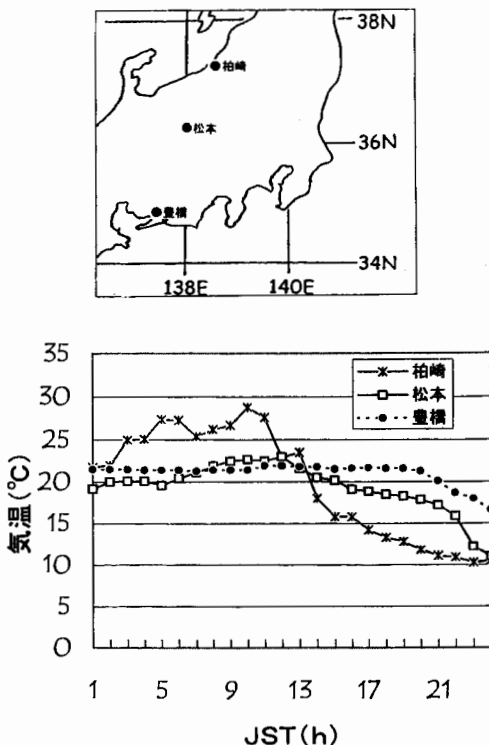


図4 生徒が検討した観測地点の位置と気温の日変化 (1997年5月8日)

ので生徒が臨海学校(柏崎), 修学旅行(豊橋)等の行事で全員になじみのある観測所を選択したが, 西から東へ変化するという天気変化の基本概念をもとに観測所を指示すべきであった。

Mさんは自分の生活地域の松本から北西20kmの「穂高」と南東500kmの地点を選んだが, やはりこれら2つの地点はいずれもMさんにとってなじみのある地点である。前線の通過の学習では, 生徒になじみのある場所にこだわるのではなく前線の学習に適当な方向と距離の地点を選ぶべきであろう。しかし, 次時で用いる地図表示画面を併用することで上記問題点は改善される。とりわけ降水量の画面において5mm/h以上の雨量強度の地域が北東から南西方向にのび, それが西から東へ移動することが明瞭に読みとれるので, 後述する事後アンケートでは多くの生徒が混乱なく前線通過の様子を指摘できていた。

図5は, 福岡, 大阪, 松本, 東京における降水量の時系列変化である。福岡では9時に降水量が20mm以上の最大値が生じている。一方大阪では18時, 松本では19時, 東京は23時と降水量の最大値の出現時刻が東側に位置する観測点ほど遅れていることがわかる。気温の日変化では前線通過時刻の判断に有用な気温変化は見られなかった。4つの地点において日最

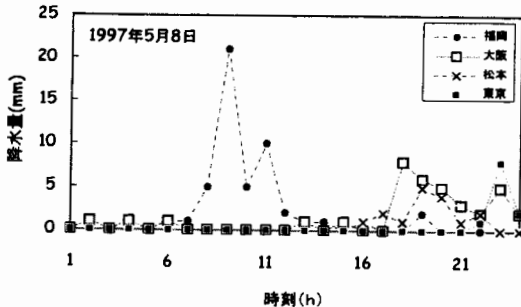


図5 降水量の日変化 (1997年5月8日)

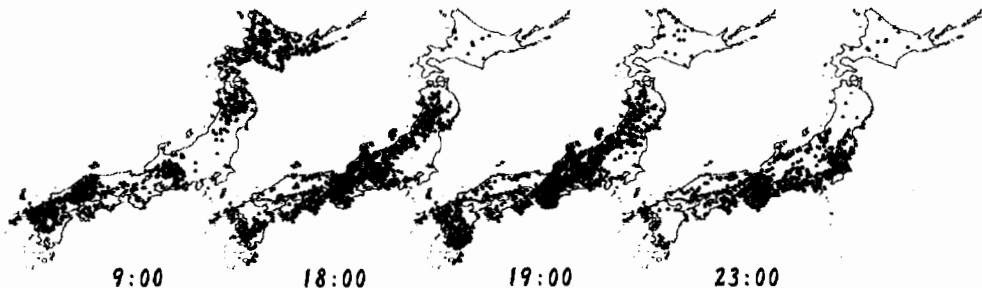


図6 降水量の時刻推移 (1997年5月8日)

大降水量が現れた9時, 18時, 19時, 23時の降水量分布を図6に示す。9時においては福岡中心に強降雨帯が見られる。18時になると秋田から福井にかけての日本海沿岸域で, 19時ではその位置が東側に移動し23時には太平洋側に強降雨帯が認められる。

授業後の感想では, アメダス観測年報CD-ROM閲覧プログラム Ver. 3を使うと, 寒冷前線の通過時の気象要素の変化がとてつわりやすかったと答えた生徒が38名中26名に上った。また, アメダスデータという生データから前線通過時の天気変化の規則性を見いだせたことに驚きや喜びを感じる生徒も多かった。ただ, グラフの読みとり抵抗のある生徒にとってはやや難しかったようだ。生徒が1時間の授業に積極的に取り組む姿から, 作成したソフトの有効性を感じつつも, その活用方法についてはさらに検討していきたい。

6. アメダスデータから前線の通過を調べる学習 (第4・5時)

1997年11月のアメダスデータから, 気象要素の時系列変化や面的変化に着目して寒冷前線の通過日を予想し, 天気図や気象衛星ひまわりの雲画像で確かめる(表2)。具体的には, まず地図表示画面で全国版地図画面の降水量変化を調べ, さらに地方版地図画面で気温の変化, 風向の変化を調べたり, グラフ表示画面も組み合わせて調べたりして, 寒冷前線が松本を通過した日時を予想する。そして, 予想した日の気象衛星ひまわりの雲画像や天気図日記を見て検証するようになる。

(1) 導入

まず数名の生徒を指名し, 前時の学習内容を復習した後で, 「どんなところに目をつけてどのように調べれば, 寒冷前線が通過した日を見つけられますか。」と

表2 第4時の授業構成

過程	学習活動	予想される生徒の反応や意識の流れと教師の個への支援
自己の課題を設定し	1 ねがいを確認する。	ねがい：アメダスデータから寒冷前線が松本を通過する日を見つけたい
	2 自己の課題を設定する。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>○前線通過時にどんな気象要素の変化があったか前時を振り返るようにする。</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>○前線の模型を提示し、前線が西から東に移動するとどんな変化が起こるか問う。</p> </div> </div> <p>学習課題：アメダス表示ソフトで気温、降雨量、風向のグラフの変化を調べ、前線通過日を見つけよう。</p> <p>学習課題：アメダス表示ソフトの地図表示画面で気温、降雨量、風向の変化を調べ、前線通過日を見つけよう。</p>
追究し	3 アメダスデータから、前線通過日を予想する。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>①気温の低下、降雨、風向の変化が前線通過を示す日はあまりない。</p> <p>②気温が下がり、雨も短時間に降っている。風向も南から北に変化している。寒冷前線が通過している。</p> <p>③他の地点のデータを調べても前線が通過している。</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>○あまり細かな変化でなく、大きな変化に注目するよう助言する。</p> <p>○1地点の観測データでは判断できないので、柏崎、豊橋のデータを調べたり地図表示で調べたりするよう促す。</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>①雨が西から東に移動しているけど、それだけじゃわからないなあ。</p> <p>②風向が南よりから北よりに変化しているか見てみよう。</p> <p>③気温が上がって急に下がっているか確かめてみよう。</p> </div> </div> <p>○雨量の変化は全国表示と化しては地方表示で調べてみるよう促す。必要に応じてグラフ表示を見てよう促す。</p>
	4 互いの追究の情報を交換する。	<p>④11月26日は夜になってもあまり気温が下がらず、27日の午前になって急に下がっている。風向も南から北に変わっているので、おそらく前線が通過している。</p> <p>⑤11月29日も同じように夜中に気温が上がって、30日になって急に下がっている。地図表示で調べたら、温度差の線が西から東へ移動しているから、きっと前線が松本を通過している。</p> <p>⑥どうやって確かめたらいいかな。天気図やひまわりの雲画像を使えばよさそう。</p>
まとめ	5 天気図やひまわりの雲画像で検証する。	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>⑦ひまわり画像の雲の移動で確かめよう。</p> <p>⑧26日から27日にかけて、前線の雲が西から東に動いている。29日から30日にかけても同じように移動している。</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>⑦天気図の前線の移動で確かめよう。</p> <p>⑧26日も29日も寒冷前線が西から東に移動している。</p> </div> </div> <p>⑨ひまわりの雲画像でも天気図でも26日から27日、29日から30日にかけて前線が通過している。</p>
	6 今日の学習を振り返って、学習カードに自己評価をまとめる。	<p>終末時の自己評価：アメダス表示ソフトを使って、アメダスの生データから前線通過日を予想して、天気図やひまわり画像で確かめることができてよかった。今度は、雲の様子を観察して、これからの天気予想してみたい。</p>

問いかけ、調べる観点や方法が明確になるよう発表を促した。生徒は、前時の学習から、寒冷前線通過時の特徴である気温の低下、風向や降水量の変化をアメダス観測年報 CD-ROM 閲覧プログラム Ver.3 のグラフ表示や地図表示を使って調べればよいと見通しをもった。そこで、教師は前時に松本・穂高・横浜の3つの観測点を選び、グラフ表示を使って寒冷前線通過時の気象要素の変化を追究したMさんと時系列グラフ表示と地図表示を組み合わせて寒冷前線の移動とともに風がぶつかり合う面が東に移動することを発見したI

さんを指名し、具体的にどのようにプログラムを使って調べたのか、液晶プロジェクターでパソコン画面を映し出しながら説明するよう促した。教師は、2人の追究の仕方から、視野を広くして見ているところを見習いたいと感想を述べ、次の学習課題を設定した。

Iさん：降水量、気温、風向がどう変化しているか地図表示画面で調べ、寒冷前線が松本を通過した日時を見つけよう。

Hさん：風向の変化、気温の変化を地図表示画面とグラフ表示画面を照らし合わせて調べ、寒冷前線の通

過を調べよう。

Mさん：グラフ表示画面で、他の地域と比べながら寒冷前線が松本をいつ通過したのか調べてみよう。

教師はパソコンの操作方法を確認した後で、1997年11月のアメダスデータから松本を寒冷前線が通過した日を調べるよう促した。そして、前線が通過したと思われるおよその日時とその根拠を学習カードに記入すること、グラフ表示画面で調べるときには観測地

に松本、柏崎、豊橋など入れること、地図表示画面で気温の変化を調べるときには気温の表示の色分け境界値を14, 16, 18℃と入れると変化が見やすいこと、ある程度予想が立ったり、なかなか見つけられなかったりしたときに近くの友達と情報交換したり、相談したりすることなどを伝えた。また、パソコンを使った授業において、教師一人では個への対応が難しいという前時の授業の反省から、本時の個人追究は他の理科教

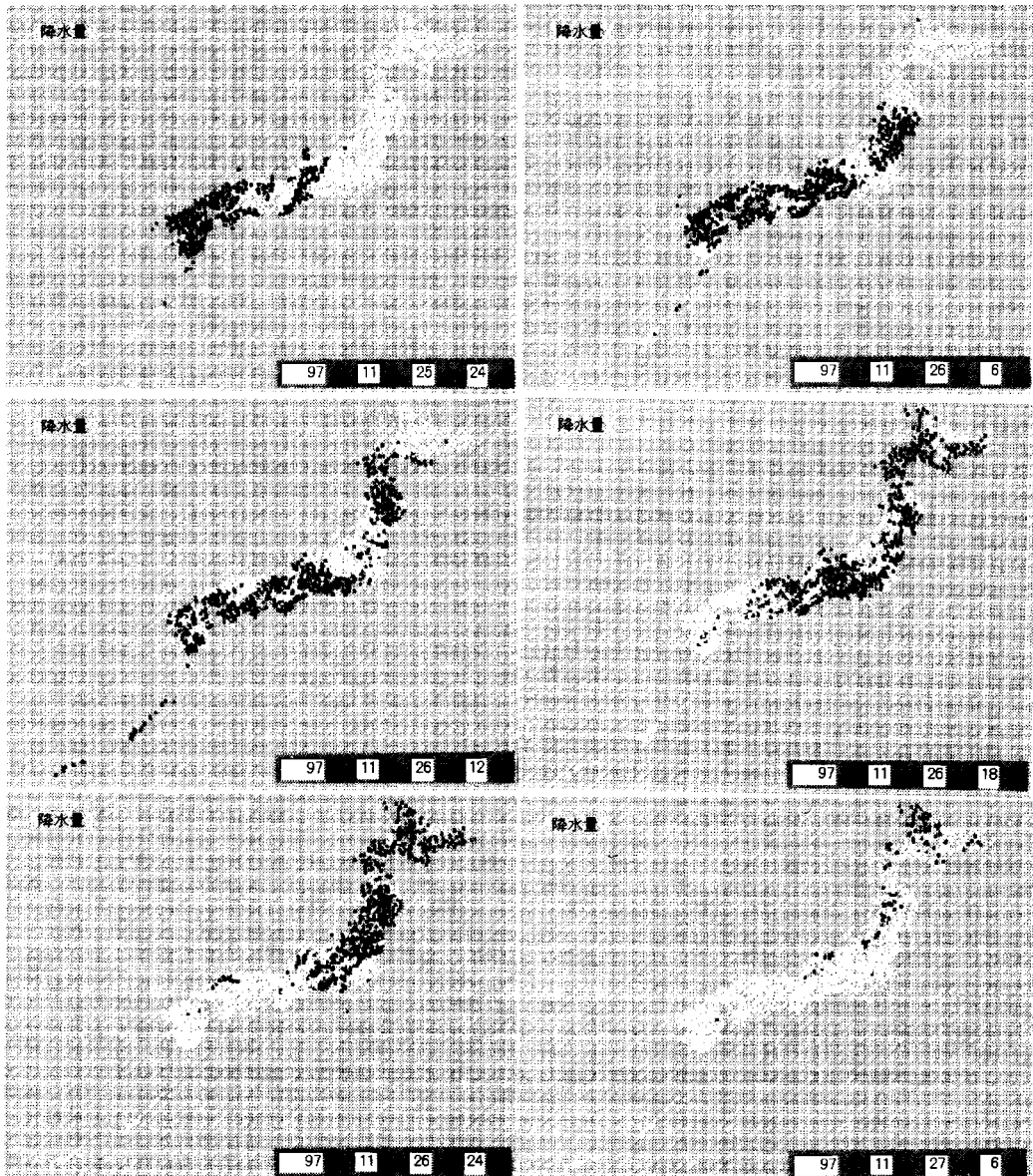


図7 降水量分布の推移(1997年11月25日24時～27日6時)

師とのチームティーチングで行い、困ったことがあったら近くの先生に尋ねるよう指示した。

(2) 個人の追究1 (第4時)

最初、気象要素の変化をグラフ表示画面で調べている生徒が6人、地図表示画面で調べている生徒が31人であったが、友達とのかかわりや教師の助言によって2種類の表示を組み合わせる意欲的に追究し、寒冷前線の通過を総合的に判断する生徒の姿も見られた。

Iさん：全国の地図表示画面で降水量の変化を調べて寒冷前線の通過を25～27日、28～30日と大まかに見当をつけ(図7)、さらに地方版地図画面に切り替えて気温と風向の変化を調べていき、途中同じように地図表示画面で調べているHさんと相談しながら、寒冷前線が松本を通過した日時を27日の早朝、30日の早朝と絞っていった。

Hさん：全国版地図画面で降水量の変化を調べて、24～27日にかけて短時間にたくさん雨が降る地域が南西から北東に移動し、なかでも26日の深夜に短時間強い雨が降っていることから、寒冷前線がこの後通過したのではないかと考え、地方版地図画面に切り替

え、気温の変化を調べ始めた。そして、雨のやんだ北陸側から気温が低下していくことを確かめていった。さらに、同じように地図表示画面で降水量・風向・気温の変化を調べているIさんと相談したり、教師の「グラフ表示でも確かめてみよう」という助言からグラフ表示画面で調べていたGさんとかかわり、グラフ表示画面に切り替えて気象要素の変化を調べ始め、気温の低下、風向の変化、降水量の変化を確認したりして、寒冷前線の通過日時が27日の早朝だということ自分の考えに自信をもっていった。

Mさん：まずグラフ表示画面で松本、穂高、横浜の気象要素の変化を1日ずつ調べていき、26～27日、29～30日に寒冷前線が通過したのではと見当をつけた。そして、松本、穂高では26日の深夜から27日早朝にかけて、気温の低下や風向・降水量の変化が見られること、横浜では数時間遅れて同様の変化が見られること、さらに地図表示画面で降雨の区域が東進していることから、寒冷前線が松本を通過している時刻を27日早朝と推定した。休み時間になっても隣の席のFさんと相談しながら追究を続け、29～30日についても同様に調べ、松本の時刻を3時頃と推定した。

表3 前線通過時における風向の変化 (1997年11月26日12時～27日11時)

	柏崎	松本	豊橋
12	南南東	南南東	南東
13	南南東	南南東	南南東
14	南南東	南	南南東
15	南南東	南	南東
16	南	南南西	南東
17	南	南	南南東
18	南南東	南	南
19	南	南	南
20	南	南南東	南
21	西	南南東	南
22	西	南南東	南南西
23	西	北	西南西
24	西	南	西
1	西	南南東	西
2	西	南	西
3	西	南南東	西北西
4	西	南	西北西
5	西	南	西北西
6	西	南	西北西
7	西北西	南南東	西北西
8	西	南南東	西北西
9	西	南	西北西
10	西北西	南	西
11	北西	南	西

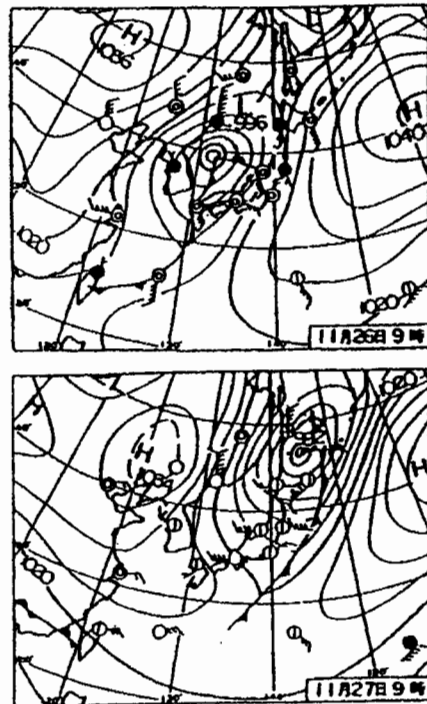


図8 新聞天気図 (1997年11月26/27日9時、月刊誌『気象』1998年1月号による)

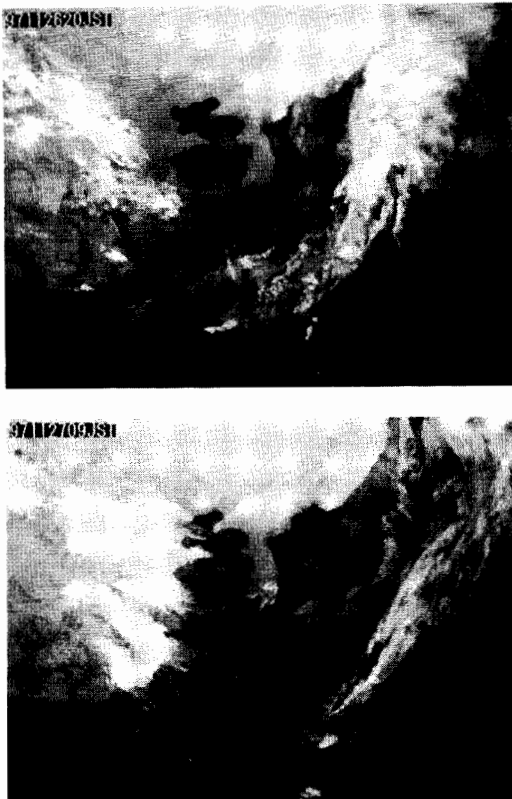


図9 気象衛星ひまわりの雲画像(1997年11月26/27日、いずれも高知大学ホームページによる)

(3) 個人追究2(第5時)

個人追究1で調べた寒冷前線通過予想日時とその根拠を数名の生徒に発表させたところ、それぞれ気温の低下、風向・降水量の変化を根拠に、22日深夜～23日早朝、26日深夜～27日早朝、30日早朝を松本の通過日時と挙げた。そこで、教師は「前線が通過したことは、何をすれば確かめられますか」と発問して天気図を使って確かめることを確認し、1997年11月の天気図日記を紹介した(図8)。また、高知大学の気象頁の研究・教育のための書庫に納められているひまわり雲画像を紹介し、この画像をダウンロードして確かめてみるよう促した(図9)。

生徒は自分の予想を確かめるために、天気図日記から寒冷前線を見つけラインマーカーで印をつけて、その移動を確認していった。一方、ひまわり雲画像で確かめようとした生徒は、パソコンのデスクトップ上にあらかじめ準備しておいた高知大学のショートカットアイコンを利用した。

(4) 学習のまとめ

Iさん: 前の時間と同じように、地図表示画面で降水量の変化を調べた後、風がぶつかり合っているところや気温の低い場所が西から東に移動しているところを調べて、寒冷前線が通過している日を見つけた。地図表示画面だと目で見てわかりやすくていいなと思った。また、大雨が降ったからといって前線とは限らないこと、台風や他の前線、低気圧の影響で雨が降ることがあることを知って、天気って複雑だけどおもしろいなと思いました。

Hさん: 気温の変化と降水量の変化は、はじめしっかりした結果が得られなかったけど、それほどたくさんでない雨のとき暖かくなるのは今までもあったことを思い出した。途中、データにかみ合わないところがあって困ったけど、DさんやGさんと相談しながらやっていくうちにわかってきた。アメダスデータから寒冷前線の通過を見つけることで天気と前線の関係がしっかりわかって2時間とても充実していました。

Mさん: 気温、風向、降水量の変化から寒冷前線の通過をいくつも見つけだすことができてうれしかった。天気図からは読みとれない通過した時刻もわかったのは、自分でもすごいと思った。もしかすると、自分にも気象予報ができるのかなって少し天気に詳しくなってくれくなりました。

(5) 第4・5時の授業における考察

アメダス観測年報CD-ROM閲覧プログラムVer.3を使うことにより、1ヶ月間のアメダスデータという膨大な情報の中から程度の差こそあれ、寒冷前線が松本を通過した日時を自分で見つけさせたことに、生徒は満足感を覚え、前線通過と天気変化の関係を深く理解できたと考える。

アメダス観測年報CD-ROM閲覧プログラムVer.3は、前線の通過を気象要素の時系列変化だけでなく、地図表示によって面的にも調べることができるので、生徒は自分の考えに応じて様々な追究方法を工夫できる。また、両方を効果的に組み合わせて前線の通過を判断することにより、天気変化に対する総合的な見方・考え方を広げることができた。

7. 検証授業の考察

統制群としたクラスも同じく2年生38名からなるクラスである。このクラスにおいて、この小単元を3時間で行った。1・2時間目は提案する授業を行う実験群と同じ内容の授業を行い、3時間目は従来中学校で

表4 アンケート項目

- 1 温暖前線が通過すると、気温はどうなりますか。
ア 上がる イ 下がる ウ 変わらない
- 2 寒冷前線が通過すると、気温はどうなりますか。
ア 上がる イ 下がる ウ 変わらない
- 3 寒冷前線が通過すると、雨はどうなりますか。
ア 降り始める イ 降り続ける ウ 止む
- 4 寒冷前線が通過すると、風向はどうなりますか。
ア 北よりから南よりに変わる イ 南よりから北よりに変わる
ウ 変わらない
- 5 寒冷前線にともなって雨を降らせる雲は何ですか。
ア 積雲 イ 積乱雲 ウ 乱層雲
- 6 授業の感想で当てはまるものに○をつけましょう。
ア 大変おもしろかった イ おもしろかった
ウ あまりおもしろくなかった エ おもしろくなかった
- 7 授業の内容はどうだったでしょうか。当てはまるものに○をつけましょう。
ア 大変わかりやすかった イ わかりやすかった ウ あまりわからなかった
エ わからなかった

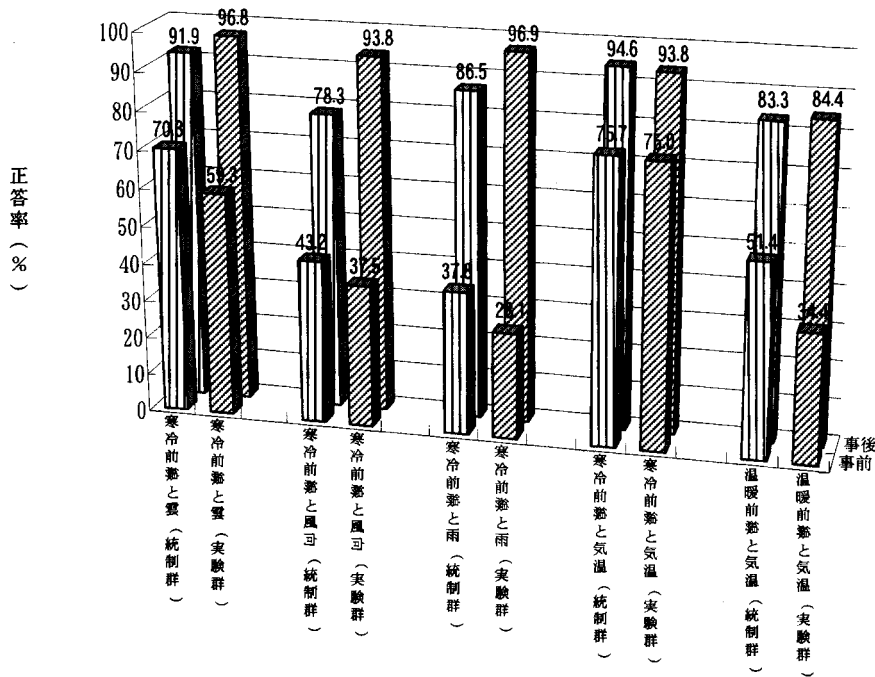


図10 前線と天気の変化に関するアンケート結果

行われている教科書を中心とした解説型の授業を行った。この従来型の授業とは、教科書や資料集の天気図から前線が移動することを知らせ、前線が通過する時の気温、湿度、気圧、風向、風力の時系列変化のグラフを用いて、前線の種類と雲分布や雨域の構造と関連づけながら前線と天気の変化の関係を説明する内容で

ある。

事前と事後のアンケートはこの小単元の始めと終わりに実施した。アンケート項目は表4に示す。以下にその結果について述べる。

質問1から質問5は前線通過時の気象要素の変化を問う内容である。事前アンケートではどの項目を見

でも統制群の正答率が高かったが、授業後のアンケートでは実験群の正答率が統制群と同じかやや上回る結果が出た(図10)。実験群は2時間多く行っているが、少なくとも今回提案する授業プログラムは否定的な結果は出ていない。

「寒冷前線が通過すると雨はどうなりますか。」の問いは、事前アンケートでは正答率が最も低かったのに対して事後アンケートでは2番目に高い正答率になり、授業の有効性を示す指針の1つである両者の差は最も大きくなった。これは寒冷前線を見いだす作業において降水分布を利用することが役立っているものと思われる。

コンピュータ実習で取り扱われなかった温暖前線と気温の関係については、寒冷前線の場合と比べ事前事後ともに正答率が低い。今後温暖前線についても実習のテーマとして取り上げるべきであろう。

図11は質問6,7の授業に対する印象を調べたものである。大変そう思うに相当する項目には得点4, そう思うは3, あまりそう思わないを2, 全くそう思わないを1として、それぞれの質問項目毎に実験群と統制群において平均し換算得点を算出した。図からわかるように、実験群はわかりやすさという点に関しては大差はないが、授業をおもしろいと答えた生徒が多く存在する。実際の授業場面でも真剣な中にも楽しく学習に向かう生徒の姿が見られた。

平成14年度から始まった学習指導要領で強調されていることは学力のとらえ方であろう。知識中心のものから判断力・思考力・創造力などの生きる力を学力としてとらえている。知識以外の学力は知識型の授業では身に付きにくい。それは実際の生データをもとに自らが主体的に探求する活動を通して試されるものと

考えるからである。今回提案した実習では、広い意味での学力の育成にふさわしい実習と期待している。ただし、判断力・思考力・創造力についての評価方法が現段階では確立されていないので今後の課題となった。

8. おわりに

以上述べたように、自作の教育用パソコンソフトを利用して前線通過時の天気変化の学習指導を行ったところ、今回提案する学習プログラムは、従来の方法と比べ、意識の定着や意欲・関心の向上に有効な内容であることがわかった。単元展開では、①寒冷前線通過によって起こる気象要素の変化を天気図上の前線の移動と前線断面模型から予想し、アメダスデータで確かめる授業(第3時)と②アメダスデータから寒冷前線通過日を見つける授業(第4・5時)に分けて行い延べ3時間を費やした。これは一般的な前線通過時の天気変化の授業より2時間多く設定したことになる。後半の第4・5時の部分を精選して1時間の授業になるよう修正したい。具体的には、調べるデータを2週間分にして時間を節約する方法が考えられる。

また、第3時の前線通過によって起こる気象要素の変化の学習には、長野県のような内陸の地域では地形が複雑なため不向きであった。新潟県のような典型的な前線通過がわかりやすい地域を選ぶことが一つの方法である。

なお、今回作成し使用したソフト「アメダス観測年報CD-ROM閲覧プログラムVer.3」の入手、問い合わせは下記ホームページサイトまでお願いしたい。

<http://members.jcom.home.ne.jp/yoshiji11/>

謝辞 長野県泰阜南小学校の和田英幸先生には、試行授業を行うに当たり多大な協力をいただいた。ここに謝意を表します。

引用文献

- 池本博司・榊原保志(2000): インターネットと雲分布模型による四季の天気学習. 地学教育, 53, 1-7.
 榊原保志・牛山高彦(2000): 雲画像と天気図. 理科の教育, 49, 44-45.
 榊原保志・渡辺嘉士(1997): FD版デジタル気象データ表示ソフトの開発～SDPデータ. 地学教育, 50, 155-165.
 榊原保志・渡辺嘉士(2000): アメダスデータの利用. 理科の教育, 49, 42-43.

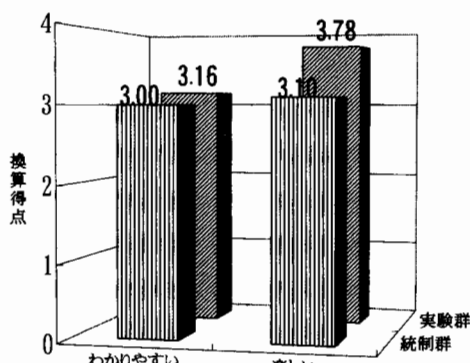


図11 授業の印象に関するアンケート結果

鈴木宏宣(2000): 寒冷前線の通過にともなう天気の変化.

地学教育実践集第2集, 50-53.

手代木英明(2001): 小学校理科教育におけるインターネット活用と体験的な学習のあり方, 地学教育とその情報化への対応(日本地学教育学会シンポジウム),

32-35.

渡辺嘉士・榊原保志・牛山高彦(2000): 教育用アメダスCD-ROM 閲覧ソフトの開発と前線の学習. 地学教育, 53, 259-268.

渡辺嘉士, 榊原保志: 前線の通過に伴う天気変化の学習におけるアメダスデータの面的活用 55巻5号, 203-217, 2002

[キーワード] アメダス, 前線, 気象, 中学校, パソコン

[要約] アメダスの特徴である観測地点網が面的に密にあることを生かした探求的な前線の学習プログラムを開発した. まず, 筆者らが前回作成したアメダスデータ CD-ROM を閲覧する教育用ソフトに, 地図表示機能を付加した. 提案する学習プログラムはパソコンを用いて①典型的な前線通過時における天気変化の特徴を調べる学習と②アメダスデータから前線通過日を見つける学習の2つである. 試行授業を公立中学校で行ったところ, 学習に主体的に取り組む姿勢が見られ知識の定着に有効であった.

Yoshiji WATANABE and Yasushi SAKAKIBARA: Development of the Teaching Method about the Weather Change around the Passage of Cold Fronts with Areally Arranged AMEDAS Data. *Educat. Earth Sci.*, 55(5), 203-217, 2002

訂 正

地学教育第 55 巻第 4 号に掲載された論文に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

誤 p. 122 図 5 恐竜時代の日本の地質や環境をまとめたパネルの配置

p. 123 図 6 モンゴルの恐竜コーナーへの導入部パネル

正 p. 122 図 5 モンゴルの恐竜コーナーへの導入部パネル

p. 123 図 6 恐竜時代の日本の地質や環境をまとめたパネルの配置

教育実践報告

地学教育における探求活動としての3D図

青野 宏美*

はじめに

最近では、インターネットの発達に伴い、地学教育に関するウェブサイトでも立体的で詳細な世界地図を見たり、任意の方向でそれらの断面図をコンピュータに描かせることも簡単にできるようになった(鈴木, 2001)。また、国土地理院からは、数値マップとして、全国の2.5万分の1の地形図をメッシュ化したCD-ROM版の地形図データが発売され、地形図のデジタル表示ソフトを用いれば、3D図も簡単に表示することができるようになった。

高等学校の地学では、等高線や等圧線などのコンターマップを用いて、図の説明をする機会が多い。しかし、これらの図から、その図の特徴をすぐに理解できる生徒は優秀であり、相当慣れていなければ、直感的にはわかりにくい面もある。そこで、これらのコンターマップを立体的に表示して、誰が見てもすぐわかるような立体図表示の実習を地学IBの探求活動として行った。立体化する地学的データは、表1にあるように、高等学校地学のあらゆる項目にわたって存在し、すべての地学的なコンターマップのデータが利用可能である(青野, 2001)。また、地学教育のみならず、新教育課程の理科総合の科目においても、コンピュータを用いた有効な探求活動として実施することができる。

次に、3D表示のために利用可能なソフトとして、どの学校でも使用されているグラフ表示ソフトが必要となる。プログラムの新たな開発が目的ではないので、DOS-Vでもマッキントッシュでも使用でき、誰もが親しみのある表計算ソフトのExcel(マイクロソフト社)を用いて3D図作成の実習をすることにした。その作図の結果についてアンケート調査を行い、コンターマップの理解度がどれくらい上がったかを調べた。

1. 3D表示の授業実践の内容

対象学年: 東京成徳大学高校・共学部の2年生の選択理科で、地学IBを選択している生徒14名を対象に、3D表示の実習授業を行った。人数が少ないので統制群は作らずに全員に同じ内容を課した。本校の共学部では、高校2年生で理科選択として地学IBの授業を週4時間行い、高3で4単位の地学IIを選択することができる。

授業内容: 地学のカリキュラムについては、一般の教科書とは逆順になるが、宇宙から始まってだんだんと地球内部へ向かうように、1学期に「太陽系と恒星」、2学期に「大気と水」、3学期に「固体地球」の順に授業を展開している。富士山の等高線、大陸棚の等深線、深発地震面(和達-ベニオフ帯)は「固体地球」の章で、台風を含む天気図の等圧線は「大気と水」の章で、それぞれ取り扱われており、各章の授業の最後に、コンピュータによる3D表示の探求活動を行った。コンターマップを作成する前段階として、表計算ソフトであるExcelの基本的な使用方法について、2時間の説明及び演習を行った。各コンターマップ作成では、事前の手書きによる断面図の作成やコンターマップにメッシュを引いて交点のデータ量を求める作業などを1時間行い、その後、コンピュータ室でExcelへのデジタルデータの入力と3D表示の実習を1時間かけて行った。1年間で4例のコンターマップについて実習を行い、その合計時数は、10時間である。プリントアウトする前に、マウスを用いて、いろいろな角度で回転させ、最もその地学現象の特徴を表している俯瞰図を決定した。最後に、プリントアウトさせた立体図とコンターマップとの関係について考えさせた。

2. コンターマップの3D表示の手順

各マップについて共通した手順について説明する。

- ①コンターマップを用意して、必要な距離間隔で直交するメッシュを切り、そのメッシュの各交点の

* 東京成徳大学高等学校 2002年3月9日受付 2002年7月13日受理

データ量を読みとって記録する。メッシュのデータ量は、当然メッシュの距離間隔に依存する。メッシュの間隔を1/2に狭めれば、図は滑らかになるが、入力するデータ量は、4倍となるので、授業時間とのバランスを考えて、メッシュの距離間隔を選定する必要がある。

- ②読みとったデータ量をExcelの各セルに入力する。
- ③Excelの表を完成させ、表中で範囲指定を行い、グラフィウザードの3-D等高線という作図機能を用いて、立体図を描かせる。

- ④3Dグラフの設定で、仰角・回転・奥行きを適当な数値に設定、または、図の四隅のクロスバーをマウスで回転させ、最も見やすくその地学現象の特徴を表している角度を決定する。
- ⑤図を回転させて、真上から見た図がコンターマップと一致することを確認させる。下からも眺めてみる。
- ⑥立体図をカラーまたは白黒（ハーフトーン）でプリントアウトする。
- ⑦以上の作業終了後、各自プリントアウトしたデータを並べて比較し、その地学現象の特徴が最もよ

表1 高等学校地学に見られるコンターマップの例

大項目	小項目	等高線図の例	
○	固体地球	ジオイドの分布	ジオイド面の高さ
	アイスタシー	アイススタシー	スカンジナビア地方の隆起量
	重力異常	重力異常	フリーエア異常、ブーゲー異常
	地磁気	地磁気	全磁力、傾角、伏角
	過去の地殻の分布	過去の地殻の分布	過去500万年以内
	深発地震の震源の等深線	深発地震の震源の等深線	和道-ベニオフ帯
	等震度線	等震度線	関東大地震、兵庫県南部地震
	地震・余震	地震・余震	地震・余震の分布密度
	活火山の分布密度	活火山の分布密度	火山前線
	火山噴出物の等層線	火山噴出物の等層線	広域テフラ、関東ローム
○	地殻熱流量分布	地殻熱流量分布	日本付近
	等高線	等高線	成層火山(富士山)、カルデラ、活断層
	等深線	等深線	大断層、海溝、中央海溝
	第四紀の地殻変動	第四紀の地殻変動	日本の隆起量、沈降量
○	大気と水	オゾン層の分布量	南極のオゾンホール
	平均帯状循環	平均帯状循環	東西風、ジェット気流の平均速度
	気圧配置	気圧配置	北半球の夏と冬、台風、低気圧と高気圧
	降水(雪)分布	降水(雪)分布	気象レーダーのエコー図
	海水面水温分布	海水面水温分布	エルニーニョとラニーニャ
	海水面塩分濃度	海水面塩分濃度	海水面塩分濃度分布
	海面からの蒸発量	海面からの蒸発量	太平洋の夏と冬
	海面の高低分布	海面の高低分布	風成海流と地衝流
	氷床の厚さ	氷床の厚さ	南極、グリーンランド
	太陽系と恒星	銀河系の渦巻構造	銀河系の渦巻構造
銀河団		銀河団	銀河団の分布密度
HR図		HR図	HR図上での恒星の密度分布

○印は本論で扱ったコンターマップの項目を表す。

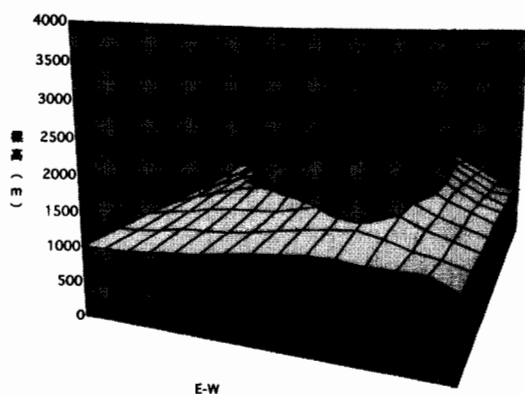


図1 富士山の等高線の3D表示

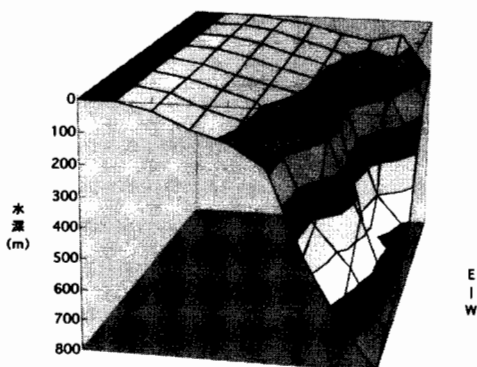


図2 湘南沖の大陸棚の等深線の3D表示

く出ているプリントを選び出す。

実際に授業中に行った立体図表示の項目(表1)は、図1の成層火山(富士山)の等高線図、図2の大陸棚(湘南沖)の等深線図、図3の日本付近の等深発地震面(和達-ベニオフ帯)、図4の天気図(台風)の等圧線図である。図3と図4では、ラジオ用天気図用紙を用いているが、いずれもExcelで立体表示したときに、メルカトル図法として表示されるので注意する必要がある。次に、各コンターマップについて、実際に行った内容とその地学的な特徴を記す。

2.1 等高線図(富士山)(図1)

等高線図としては、火山地形・段丘面・断層地形などの利用が考えられ、代表的な日本の活火山として成層火山である富士山を取り上げた。5万分の1地形図の「富士山」と「山中湖」(国土地理院, 1990)を用いて、東西と南北の1 km おきにメッシュを切って、交点の標高をExcelに入力した。メッシュの交点数は、 $10 \times 15 = 150$ ポイントである。図1は、山梨県側から見た俯瞰図である。円錐形に近い美しい山体であり、任意の東西、南北断面を切ることできる。山頂部の急な斜面に比べて、富士五湖側には、裾野が広がっている様子がよくわかる。

2.2 等深線図(湘南沖の大陸棚)(図2)

氷期の海水面の低下量を見積もるために、等深線図として湘南沖の大陸棚の海底地形を立体図に表示した。相模湾の立体図も含め、測量調査船による海底面の立体図は、「海のアトラス」(日本水路協会編, 1985)に詳しく描かれている。等深線図だけでは、陸棚と陸棚斜面の境である大陸棚外縁部の位置(吉川, 1997)がわかりにくい。断面図を描けば、その外縁部の深度が分かるが、立体図に表示すれば陸棚外縁部の

側方への連続的な変化を追跡できる。東西と南北の2 km おきにメッシュを切り、交点の深度をExcelに入力した。陸上の標高は、便宜上すべて0 mとして入力した。メッシュの交点数は、 $8 \times 8 = 64$ ポイントである。水深120 m付近での陸棚から陸棚斜面への急激な海底地形の変化がよくわかる。

2.3 等深発地震面(和達-ベニオフ帯)(図3)

等深度線図の2例目として、等深発地震面を立体図で表示した。和達-ベニオフ帯の断面図は教科書や資料集でよく見られ、変動帯である日本列島では、海溝、火山前線、深発地震面との密接な位置関係が示されている(例えば、第一学習社の資料集)。2°おきに緯度・経度の交点の深発地震の震源の深度をコンターマップから読み取り、Excelに入力した。海溝よりも太平洋(東)側の震源の深度は、便宜上すべて0 mとして入力した。メッシュの交点数は、 $10 \times 11 = 110$ ポイントである。深発地震面を立体図に表示すると、プレートの沈み込む面が凹型にたわんでおり、球面である地球の内部に球殻プレート(山岡, 1984)が潜り込む様子がよくわかる。図3では、左(西)側から右(東)側へかけて、太平洋プレートが、カーテンを垂らしたように日本列島の下に潜り込んでいる様子を示している。潜り込んだプレートは、1枚の平らな板ではなく、何ヶ所かで折れ曲がって、プレートが下にたわんだ状態で地球内部へ沈み込んでいる。その結果、弧状列島に沿ってプレートの沈み込み口である海溝列が、クリスマスの飾りテープ状に連続して分布する。

2.4 等圧線図(台風)(図4)

天気図をコンピュータに描かせる自動等圧線表示ソフトはいくつかあるが、ここでは日本付近の気圧配置

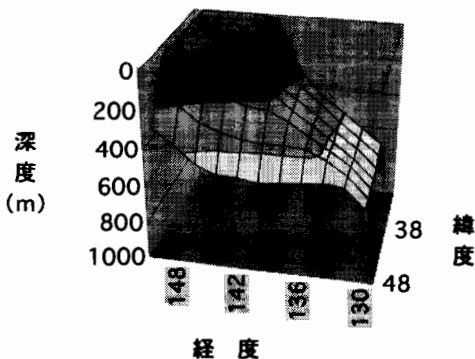


図3 和達-ベニオフ帯の等深発地震面の3D表示

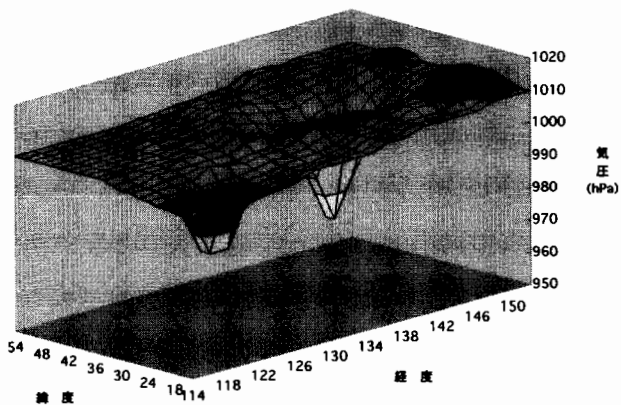


図4 台風を含む天気図の等圧線の3D表示

表2 アンケート調査の内容とその結果

	質問内容	回答			
		A	B	C	D
質問1	パソコンを使用する前に、等高線について理解していましたか?	1	6	7	0
質問2	富士山の3D作成後、等高線がよく理解できましたか?	3	10	1	0
質問3	パソコンを使用する前に、等深線について理解していましたか?	1	3	7	3
質問4	陸棚の3D作成後、等深線がよく理解できましたか?	3	9	1	1
質問5	パソコンを使用する前に、等深発地震面を理解していましたか?	0	2	9	3
質問6	和達-ベニオフ面の3D作成後、等深発地震面がよく理解できましたか?	1	8	4	1
質問7	パソコンを使用する前に、等圧線について理解していましたか?	0	7	6	1
質問8	台風3・4号の3D作成後、等圧線が理解できましたか?	2	10	2	0

回答A: よくわかった, B: だいたいわかった, C: あまりわからなかった, D: 全くわからなかった

図から2°おきに緯度・経度の交点の気圧をExcelに入力した。メッシュの交点数は、 $21 \times 20 = 420$ ポイントであり、今までの作業中で最も多い。平成12年7月8日の台風3号と4号を含む天気図をラジオ気象通報を聞きながら作成させ、生徒が自分で作成した天気図を利用して、各交点の気圧データを読みとらせた。北北東へ時速45kmで進む台風3号が、関東地方に上陸して東京上空を通過する一方、台風4号は、フィリピンの北西海上で停滞している。960hPaの台風3号は、先端が下に尖ったロート状を呈しているが、同じ960hPaの台風4号の底は、あまり尖っていない。台風3号が太平洋高気圧にブロックされて、東への進路が妨げられているのがわかる。等圧線による3D表示により作成された立体図は、実際には存在しない面を見ることになる。等圧線の作る立体情報として、台風や高気圧などの気象情報を立体的にコンピュータで描ければ、気圧配置をよりリアルに体感する手助けとなる。

3. コンターマップに対する理解度のアンケート

実習後に、コンターマップの理解度を知るために、8つの項目についてアンケート調査を行った(表2)。理解度については、4段階に分けて記入させた。統計処理を行うには人数が少ないので、回答数の延べ人数を表2にまとめた。アンケート結果をまとめてみると、事前にコンターマップについて理解している人数は、延べ20回答と少ないが、授業実施後は、コンターマップを理解できたとする生徒の数は、延べ46回答となり、その数が増えた。逆に、事前にコンターマップを理解していない生徒の数は、延べ36回答であったが、実習後に延べ10回答にまで減少した。この結果、コンピュータによるコンターマップの立体図の作成は、効果的に地学現象を理解する一助となると考えられる。

まとめ

デジタル情報としての地学的データを表計算ソフトのExcelを用いて3D表示させる授業を高校2年生の選択理科の地学IBで探求活動として実施した。等高線図(富士山)、等深線図(湘南沖の大陸棚)、等深発地震面(和達-ベニオフ帯)、等圧線図(台風の天気図)の4例について、コンピュータ実習室で3D表示の作成を行い、プリントアウトさせ、各自のプリントを比較させた。コンターマップのまま、地学現象のデータを授業で理解させるのではなく、コンピュータで立体表示を行って、いろいろな方向に図を回転させて、いろいろな角度から眺めて、最も良い角度で俯瞰図として表示したものをプリントアウトさせた。この時、真上から眺めた3D図が、コンターマップと一致することも確認させた。その結果、地学現象を表すコンターマップについての理解度が向上したと考えられる。

謝辞 この授業実践報告は、平成13年度の日本地学教育学会第55回全国大会(千葉大会)にて、口頭発表した内容にアンケート調査の結果を加えて、まとめたものである。千葉大会にてご討論いただいた方々に、心より謝意を表します。

文献

- 青野宏美(2001): エクセルによる等高線図を用いた立体図表示. 日本地学教育学会第55回全国大会(千葉大会)講演要旨, 56-57.
 第一学習社(1998): 新訂地学図解, 30-31.
 国土地理院(1990): 1/5万地形図, 富士山, 山中湖.
 日本水路協会編(1985): 理科年表読本海のアトラス. 丸善(株), 111p.
 鈴木文二(2001): 埼玉・地学実習帳CD-ROM版の作成. 日本地学教育学会第55回全国大会(千葉大会)講演要

- 旨, 52-53.
- 山岡耕春 (1984): 球殻テクトニクス—球殻リソスフェアの変形力学—. 月刊地球, **10**, 580-590.
- 吉川虎雄 (1997): 大陸棚—その成り立ちを考える—. 古今書院, 202 p.

青野宏美: 地学教育における探求活動としての3D図 地学教育 **55** 巻5号, 219-223, 2002

〔キーワード〕 高校地学, 表計算ソフトExcel, 立体図, 等高線, 等圧線, コンターマップ

〔要約〕 デジタル情報としての地学的データを表計算ソフト Excel を用いて3D表示させる授業を高校2年生の地学IBの探求活動として実施した。地形の等高線図, 大陸棚の等深線図, 等深発地震面, 天気図の等圧線図の4例について作成した図をいろいろな方向から眺めて, その地学現象の特徴を最もよく表している俯瞰図をプリントアウトさせた。アンケート調査の結果, コンターマップについての理解度を深めることができた。

Hiromi AONO: 3-D Figures for Searching Activities on Earth Education. *Educat. Earth Sci.*, **55**(5), 219-223, 2002

~~~~~  
お 知 ら せ  
~~~~~

堆積学研究会秋の研究集会開催のお知らせ

堆積学研究会秋の研究集会を以下の要領で開催いたします。今回は、小中高での理科教育における地層や堆積関係の教育内容の問題点とその改善や充実を目指したシンポジウムとワークショップが予定されております。広く地学教育関係の方々の皆様の参加をお待ちしております。

会場：東京学芸大学

11月30日(土)

午前の部

シンポジウム「理科教育における堆積学の役割」

- | | | |
|----|---|------|
| 1. | 9:30~10:00 堆積学研究の今後の展望と理科教育への取り組み | 牧野泰彦 |
| 2. | 10:00~10:30 理科教育の現状と堆積学への期待 | 松川正樹 |
| 3. | 10:30~11:00 小・中・高の理科教育における堆積学関連の内容とその問題点 | 林 慶一 |
| 4. | 11:10~12:10 総合討論 (パネルディスカッション) (※多数の皆様にご議論へ参加していただきたいと思っております。) | |

午後の部

ワークショップ「実験堆積学のすすめ：教育研究における堆積学実験の実践」

- | | | |
|----|---|------|
| 1. | 13:20~14:20 特別講演「実験堆積学への期待」 | 池田 宏 |
| 2. | 14:30~16:30 ポスターならびにPCやビデオを用いた堆積学実験の実践や簡単な実験装置作成方法などの発表 (※簡単な実験装置の作成方法や授業での堆積学実験の実践例から最先端の実験的研究成果まで、広く発表を募集致します。) | |

懇親会 18:10~20:10

12月1日(日)

巡検：「多摩川流域の上総層群の観察」案内者：松川正樹

9:00 (東京学芸大学集合)~16:00 (JR 立川駅解散)

- * 定員を40名とさせていただきます。定員になりしだい申し込みを締め切らせていただきます。
- * 参加費の振込期日：11月11日(月)
- * 振込先ならびに振込方法は堆積研のHPをご覧ください。

ワークショップでの発表、懇親会、ならびに巡検参加の申し込みは、それぞれ下記の期日までをお願い致します。

- ・ワークショップでの発表申し込み：11月11日(月) 17:00まで
- ・懇親会参加申し込み：11月1日(金) 17:00まで
- ・巡検参加の申し込み：11月1日(金) 17:00まで

申込先：千葉大学理学部地球科学科 伊藤 慎

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33 mito@earth.s.chiba-u.ac.jp

第41回(平成14年度)下中科学研究助成金応募要領

1. 目的

この研究助成金は、学校の先生方の教育のための真摯な研究を助成し、その発展を願うためのものであり、平凡社の創業者である故下中弥三郎翁が生前その制定を念願した教育奨励賞の意味をもつものであります。従来より、自然科学および科学教育にかかわる研究を重視していますが、広く教育全般にかかわる今日的課題を取り上げたものも期待します。

2. 対象とする専門分野

下中科学研究助成金の対象とする専門分野は、次の通りです。

地学教育関連分野では、地学・天文、理科教育、総合学習、情報教育、物理 化学、植物、動物…

3. 応募資格者

全国小、中、高校の教員(教育センター、盲・聾・養護学校等を含む)を対象とし、研究は個人であると共同であることを問いません。なお、応募は一人1点に限ります。

4. 金額

総額900万円。1件当たり30万円。30件を予定します。

5. 申請手続き

A. 送料分の切手(後述の料金表を参照)を添えて財団事務局に申請用紙を請求し、所定の必要事項を記入の上、提出して下さい。(記入漏れ等がありますと、審査対象から外されることもありますので、ご注意下さい。特に推薦者欄は必ずご記入下さい。)

B. 最も新しく研究した事項、および今後如何に研究を進めるか等につき、申請書に書き足りないような場合、400字詰原稿用紙5枚以内にまとめ、申請書に添付して下さい。添付原稿はお返ししません。

C. 申請書により審査を行い、添付原稿を参考資料といたします。

D. 共同研究の場合は、必ず代表者個人名で申請し、共同研究者名を規定の欄に記して下さい。

E. なお、添付原稿以外の参考資料等は、審査の対象といたしませんので、お送りいただく必要はありません。(お送りくださったものはご返却いたしませんのでご了承下さい。)

6. 選考

下中科学研究助成金審査委員会において適格者を選考します。

審査委員(順不同)委員長 近藤次郎(財団法人国際科学技術財団理事長)、委員 佐々木輝雄(植草学園短期大学特任教授)、山極 隆(玉川大学文学部教育学科教授)、金子明石(常磐大学国際学部教授)、青木 清(上智大学理工学部教授)、小田 豊(文部科学省初等中等教育局主任視学官)

7. 応募締切

平成14年12月10日(消印有効)

8. 入選者決定

平成15年2月21日(応募者全員に直接通知し、取得名は新聞その他の報道機関にも周知方を依頼します。)

9. 助成金の交付

決定後1カ月以内に取得者個人にお送りします。特に授賞式は行いません。

10. 報告

この助成に対して、使途の明細等の報告義務はありません。助成金を取得なさった方々は、その後の研究発表等された際、別刷やコピーなどを事務局にお送り下さい。なお、下中記念財団では下中科学研究助成金創設30周年に伴い、平成5年度より『下中記念財団年報』を刊行しています。助成金を取得された方々には、同年報編集委員会より研究発表論文の執筆をお願いすることもあります。

11. 申請書の送り先

財団法人 下中記念財団事務局

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-7 伊東ハイム 301号

電話: 03-5261-5688 FAX: 03-3266-0352

E-mail: t-hiroka@tkg.att.ne.jp

事務局からのお願い!

1. 申請書のお申し込みは『下中科学研究助成金申請書希望』と明記して下さい。
2. 記入要領を良くお読みいただき、正しく記入をお願いいたします。
3. 応募は『お一人一件限り』でございます。ご応募の際、ご注意下さい。

申請書送付料金表 1部120円, 3部~4部140円, 5部160円

学術書籍・欧文誌・学術定期刊行物専門

電算写植組版・データベース加工・メディア加工・編集・情報処理加工まであらゆるニーズにお応えします。技術と信用をモットーにご奉仕します。

INDEX

→ Fujii, T.
To., Arai, K
tudu

M. → Shimizu, N.1126
A., Miyachi, H., Shibata, Y., Hashimo-
Iwasaki, S.: Augmentation by Phthal-
Phorbol Ester-Induced Expression of
cross Factor Alpha Message...1001

(B)

ng, S. Y.: Differentiation Induc-
-Chloro-3-amino-1,4-naphtho-
an Leukemia HL-60 824
wa, Ts.335, 783
K.567
Hase, K., Kadota, S.,

moime

模範、手本 (= exemple): prendre
+ (人) 人を手本にする。人をみならう。
un ~ réduit (ミニカーなどの)縮尺

【モ・デラヌ modern】 形 《名》の後

① 現代の、現代的な: les temps ~s 現代
② 近代の。

moderniser [モ・デラヌ modernize] (第
1群: 形 modernisant, 形 modernisé) 形
現代化する。(現代風に)改良する。

modeste [モ・デスタウ modest] 形 ① 質素な:
un appartement ~ 質素なアパートマン。
② 慎み深い: un artisan ~ 謙虚な職人。
③ 安い、低い: des revenus ~s 低い所得。

modifier [モ・ディ・フィエ modifje] (第1群:

{messieurs の略} → monsieur
madame の略
{mesdames の略} → madame
le [モ・ビル mobil] 形 (行動・犯罪の)

フランス語辞書

数式組版

Therefore, from (4.9),

$$\begin{aligned} & n \left(\frac{d}{d\sigma} (\text{Re } \lambda) \right) \Big|_{\substack{\lambda = iy_j \\ \sigma = \sigma_j}} = \text{Sign} \left(\text{Re} \frac{d\lambda}{d\sigma} \right) \Big|_{\substack{\lambda = iy_j \\ \sigma = \sigma_j}} \\ & = \text{Sign} \left(\text{Re} \left(\frac{d\lambda}{d\sigma} \right)^{-1} \right) \Big|_{\substack{\lambda = iy_j \\ \sigma = \sigma_j}} = \text{Sign} \left(\text{Re} \left\{ \frac{(1 + d_2 a_j + \lambda) + rce^{-\lambda\tau} + \frac{1-\sigma}{\lambda}}{-\lambda r d_2 a_j e^{-\lambda\sigma}} \right\} \right) \Big|_{\substack{\lambda = iy_j \\ \sigma = \sigma_j}} \\ & = \text{Sign} \left(\text{Re} \frac{1 + d_2 a_j + \lambda + rce^{-\lambda\tau}}{-\lambda r d_2 a_j e^{-\lambda\sigma}} \right) \Big|_{\substack{\lambda = iy_j \\ \sigma = \sigma_j}} \\ & = \text{Sign} \left(\text{Re} \frac{1 + d_2 a_j + iy_j + rce^{-iy_j\tau}}{-iy_j r d_1 a_j e^{-i\theta_j}} \right) \\ & = \text{Sign} \left\{ -\text{Re} \frac{(1 + d_2 a_j) e^{i\theta_j}}{iy_j r d_1 a_j} - \text{Re} \frac{rce^{(\theta_j - y_j)\tau}}{iy_j r d_1 a_j e^{i\theta_j}} - \text{Re} \frac{1}{r d_1 a_j} e^{i\theta_j} \right\} \end{aligned}$$



株式
会社

国際文献印刷社

International Academic Printing Co., Ltd.

<http://www.bunken.co.jp/>

本社 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8

Tel: 03(3362)9741/Fax: 03(3368)2822

e-mail: bunken@bunken.co.jp

第二工場 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 4-4-19

Tel: 03(3367)6841/Fax: 03(3364)0041

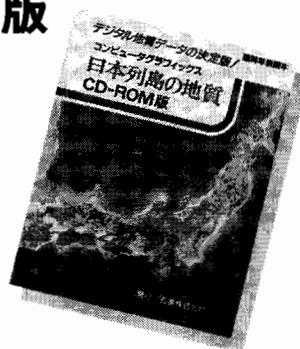
第三工場 〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358-5

Tel: 03(3260)7286/Fax: 03(3260)7276

デジタル地質データの決定版

理科年表読本 コンピュータグラフィックス 日本列島の地質 CD-ROM版

産業技術総合研究所地質調査総合センター 監修
日本列島の地質編集委員会 編
本体5,800円 〈解説書付き〉



「理科年表読本 コンピュータグラフィックス日本列島の地質」(1996)のデータをもとに新たにCD-ROM化(Win、Mac可能)。日本の地質・地震・火山ほか日々変わりゆく日本列島の地質現象の情報を網羅。データ作成は容易であり、地質図を分割して表示、地質属性の検索、凡例と地質図の対比に利用できる。

理科年表読本 コンピュータグラフィックス 日本列島の地質 CD-ROM付

工業技術院地質調査所 監修 日本列島の地質編集委員会 編 本体12,000円 A4判・144頁

日本列島地質図

工業技術院地質調査所 監修 日本列島の地質編集委員会 編 本体1,000円 一葉(四六全判)

●理科年表CD-ROM(気象部)の親版●

理科年表 日本の気象 CD-ROM

気象業務支援センター 編 本体12,000円〈解説書付き〉

好評
発売中

理科年表 CD-ROM2002 本体26,000円〈解説書付き〉

気象データひまわり CD-ROM2002 本体12,000円〈解説書付き〉

絶滅した哺乳類たちの不思議な姿が蘇る



絶滅哺乳類図鑑

— ILLUSTRATED ENCYCLOPEDIA OF EXTINCT MAMMALS —

富田幸光 文 伊藤丙雄・岡本泰子 イラスト

本体12,000円 〈オールカラー〉 A4判・224頁

絶滅哺乳類229種類におよぶ膨大な細密画復元イラスト、最新の学説に基づく30の系統図と解説、120枚の貴重な化石資料写真、55の骨格図などを収載。16章からなる哺乳類の進化の歴史を丁寧に、ビジュアルに解説する。

丸善

(出版事業部) 〒103-8245 東京都中央区日本橋 2-3-10 営業部 TEL(03)3272-0521 FAX(03)3272-0693
<http://pub.maruzen.co.jp/>

編集委員会より

定例編集委員会は、9月21日(土)午後に開かれました。編集状況は、原著論文1件、教育実践報告1件が受理されました。また、特集関係では、7月13日(土)午後にかかれた編集委員会で原著論文2件、教育実践報告1件が受理されました。

原稿の投稿先

〒658-8501 神戸市東灘区岡本8-9-1

甲南大学理工学部地学研究室 日本地学教育学会 編集委員会 林 慶一 宛

Fax: 078-435-2539, TEL: 078-431-4342 (内線5520), 078-435-2517 (直通)

E-mail: kihayasi@konan-u.ac.jp

地 学 教 育 第55巻 第5号

平成14年9月21日印刷

平成14年9月25日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 下 野 洋

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)

振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場3-8-8

電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 55, NO. 5

SEPTEMBER, 2002

CONTENTS

Original Article

Attempt for Using the Index Fossils Which Are Easily Obtained by the Students
as the Teaching Materials —Fossil Pectinidae (Bivalvia)—

.....Kazutaka AMANO...175~182

Report

A Lesson on the Motion of Celestial Bodies and Celestial Coordinates at a
Planetarium—An Example for High School Students—

..... Norihito KAWAMURA...183~187

〈Feature〉 Computer and Earth Science Education

Original Articles

An e-Learning System for Earth Science Education Based on WebGIS with
Visualization of Spatial Information

.....Satoshi HASUNUMA and Kensuke YAMAZAKI...189~201

Development of the Teaching Method about the Weather Change around the
Passage of Cold Fronts with Areally Arranged AMeDAS Data

.....Yoshiji WATANABE and Yasushi SAKAKIBARA...203~217

Report

3-D Figures for Searching Activities on Earth Education Hiromi AONO...219~223

Book Review (188, 202)

Announcements (224~226)

All communications relating this Journal should be addressed to the

JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Faculty of Education, Chiba University; Chiba-shi, 263-8522, Japan