

地学教育

第55巻 第6号(通巻 第281号)

2002年11月

目 次

教育実践論文

電気炉による石灰岩の加熱変化と授業への導入の試み ……………小森信男…(227~233)

解 説

「教育改革期」における地学教育の新たなる展開に向けて

—“3rd International Conference on Geoscience Education”と

「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」を中心に— ……藤岡達也…(235~243)

〈特集〉コンピュータと地学教育

総 説

地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性 ……………林 武広…(245~257)

原著論文

地学的データの類似と相違の表現方法—上総層群の堆積環境を例として—

……………青野宏美…(259~266)

教育実践論文

新聞記事データベースを活用した大学での地震教育

……根本泰雄・奥田智晴・江尻智子・野田恵子・山中 僚・西野 宏

山田茂伸・福住哲哉・中迎 誠…(267~275)

日本地学教育学会

平成 15 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 57 回全国大会

上越大会 第一次案内

日本地学教育学会会長 (国立教育政策研究所) 下野 洋
全国大会実行委員長 (上越教育大学) 渡邊 隆

大会主題: 新指導要領を踏まえたこれからの地学教育

主催: 日本地学教育学会

共催: 新潟県地学教育研究会, 上越科学技術教育研究会

後援 (後援依頼予定): 文部科学省, 全国連合小学校長会, 全日本中学校長会, 全校高等学校長協会, 日本私立中学高等学校連合会, 財団法人日本教育研究連合会, 日本理科教育協会, 新潟県教育委員会, 上越市教育委員会, 新潟県小学校教育研究会, 新潟県中学校教育研究会, 新潟県高等学校教育研究会

期日: 2003 年 (平成 15 年) 8 月 1 日 (金) ~ 8 月 4 日 (月)

会場: 上越教育大学講義棟 (上越市山屋敷町 1 番地)

日程: 2003 年 (平成 15 年) 8 月 1 日 (金)

午前 開会式・学会奨励賞授与式など

研究発表 I (分科会)

昼 ポスターセッション・販売

午後 シンポジウム

テーマ: 「どうする学校地学の教育体系」

夕方 懇親会

2003 年 (平成 15 年) 8 月 2 日 (土)

午前 研究発表 II (分科会)

記念講演 渡邊 隆 (上越教育大学副学長)

演題: 粘土屋の地学教育畑の開拓 (仮題)

昼 ポスターセッション・販売

午後 研究発表 III (分科会)

閉会式 (午後 3 時予定)

2003 年 (平成 15 年) 8 月 3 日 (日) ~ 4 日 (月)

巡検 1 泊 2 日コース (2003 年 (平成 15 年) 8 月 3 日 (日)・4 日 (月))

巡検 A 西頸城・フォッサマグナ
約 25 名

(上越出発, JR 直江津駅解散)

日帰りコース (2003 年 (平成 15 年) 8 月 3 日 (日))

巡検 B 新潟油田地域標準層序 約 25 名

(上越出発, JR 長岡駅解散)

大会参加要項:

1. 大会参加費: 4,000 円 (2003 年 (平成 15 年) 7 月 1 日 (火) までの事前申込および郵便振込の場合)

4,500 円 (当日の申込)

2,500 円 (大学生・大学院生)

2. 懇親会: 8 月 1 日 (金) (5,000 円)
3. 見学旅行: 一泊二日コース (A コース) は 25,000 円 (後日精算) の予定
日帰りコース (B コース) は 5,000 円 (後日精算) の予定
4. 参加申込締切: 2003 年 (平成 15 年) 7 月 1 日 (火)

(これ以降も申込はできますが, 参加費が 4,500 円となります)

申込用紙は次号の学会誌「地学教育」に掲載します。

また, 上越大会 HP にも掲載しますのでご利用下さい。

5. 大会予稿集 (含む巡検資料) の申込: 2003 年 (平成 15 年) 7 月 1 日 (火) までに大会事務局まで郵送または Eメール添付ファイルで申込下さい。予稿集 1,500 円 + 郵送料の郵便振込を確認次第送付します。
6. 記念講演会 (2003 年 (平成 15 年) 8 月 2 日 (土)) は一般市民にも無料で公開します。

研究発表募集要項:

1. 発表形式: オーラルおよびポスターセッション
分科会は小学校・中学校分科会と高校・大学分科会の 2 会場を予定し

ていますが、申込の状況によっては変更することもあります。

2. 発表時間: オーラル発表の場合は、質疑を含めて20分の予定。
ポスター発表の説明は、昼休みの1時間30分の予定。
3. 使用機器: OHP, 液晶プロジェクター
4. 発表申込締切: 2003年(平成15年)4月15日(火)必着
申込書は次号の「地学教育」と上越大会HPに掲載します。
5. 予稿集原稿締切: 2003年(平成15年)6月2日(月)予稿集原稿郵送必着

大会事務局・学会事務局:

〒943-8512 上越市山屋敷町1番地

上越教育大学自然系理科(地学)

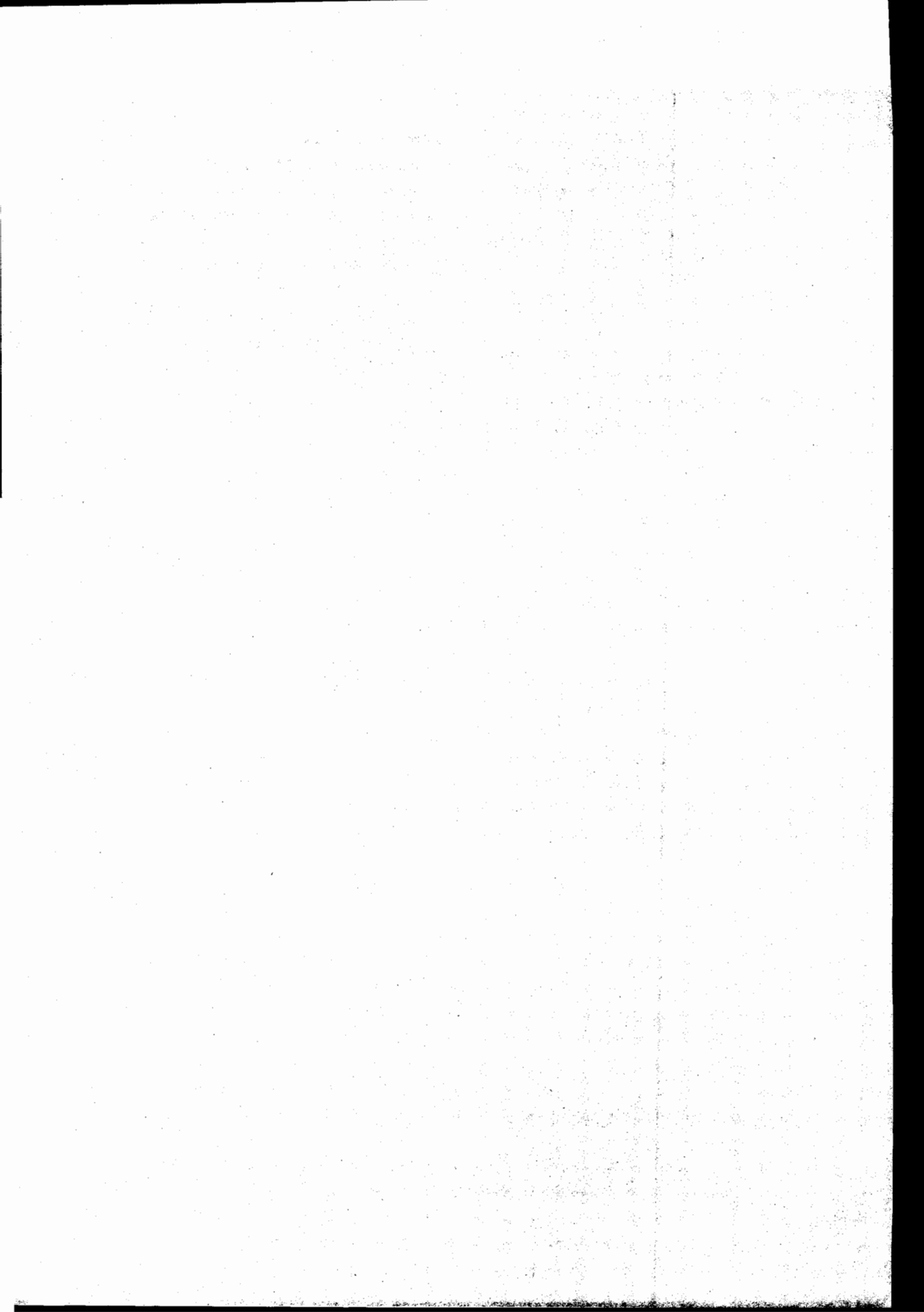
事務局長 中川清隆 TEL 025-521-3441 (ダイヤルイン)

E-mail: geo_joetsu@juen.ac.jp

郵便振替 口座番号: 00530-7-77830

口座名: 日本地学教育学会第57回全国大会事務局

上越大会HPアドレス http://www.juen.ac.jp/gakkai/geo_joetsu/



教育実践論文

電気炉による石灰岩の加熱変化と授業への導入の試み

小 森 信 男*

はじめに

石灰岩は、 CaCO_3 が主成分であり、 $1,000^\circ\text{C}$ 程度で強く加熱すると主成分が生石灰 CaO に変化する。そして、この石灰岩に水を加えると、生石灰は消石灰 Ca(OH)_2 に変化する。消石灰は、セメントの原料として用いられる。筆者は、生徒に、石灰岩のこのような変化を実験観察させることによって、石灰岩の理解を深め、化学変化への興味関心を高め、さらに資源やエネルギーについて考察させることができると考えた。今回は、電気炉による石灰岩の加熱変化と、それを教材として用いた授業試行結果について報告したい。この研究に関連する教材の報告として、左巻(1986)がある。これは、ガスバーナーの炎で石灰岩を30分ほど直接加熱すると、表面がわずかに白っぽくなり、この石灰岩に水とフェノールフタレイン溶液をかけると赤色に変色するという実験である。加熱前の石灰岩に水とフェノールフタレインをかけても、赤く変色しないため、石灰岩が加熱によってアルカリ性の物質に変化したことがわかる実験である。しかし石灰岩を加熱する場合、一般に理科の実験で用いられるガスバーナーであるテクルバーナーやガラス細工用バーナーの炎で直接加熱しても、10分程度では、ほとんど変化しない。ガスバーナーの炎では、熱容量が小さいためである。したがってガスバーナーでは、加熱時間がかかる割に石灰岩の表面がわずかしか変化しないため、授業で使用する教材としては不向きであるといえる。それに対して電気炉は熱容量が大きく、より短時間に著しい変化を生じさせることができ、授業で用いる教材としても実用的であると考えられる。

1. 電気炉

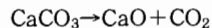
石灰岩中の CaCO_3 を10分程度で、生石灰に変化させる適当な装置として、電気炉が挙げられる。電気炉は、市販の陶芸用のものが一般的である。図1に示した陶芸用電気炉は、市販の最も小型のものであり、価

格も中学校の理科予算内で十分購入できる廉価なものである。この電気炉は、 100V で約 5A の電流が流れ、通電後約10分で炉内部は 800°C 以上、約15分で $1,000^\circ\text{C}$ に達する。そして最大で直径 5cm 程度の塊状の石灰岩の加熱が可能である。なお、電気炉内部の温度は、デジタル温度計の測温体を、炉内に挿入することによって測定した。おおまかには、電気炉に内蔵された温度計でも計測が可能である。

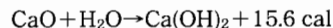
電気炉は、材料さえそろえれば簡単に自作できる。図1の電気炉と同等以上の性能をもつ電気炉の製作例は、小森(1996)に示した。

2. 電気炉による石灰岩の加熱変化

図1の電気炉に通電し、炉内を $1,000^\circ\text{C}$ 程度にする。この $1,000^\circ\text{C}$ 程度の炉内に、蒸発皿に入れた直径約 2cm の塊状の石灰岩(主成分 CaCO_3)を1個セットすると、濃い灰色の石灰岩は、10分ほどで内部まで白色に完全に变化する(図2)。この白色になった石灰岩の主成分は CaO (生石灰)である。白色になる理由は、おそらく石灰岩中の CaCO_3 以外の可燃性の物質がほとんど酸化し、気体として抜け、白色の CaO のみが残るためと考えられる。 CaCO_3 が CaO に分解する反応は、次の化学反応式で表される。



白色になった石灰岩を炉から取り出し、レンガの上に数分間置き、温度を室温程度まで下げる。この石灰岩に、スポイドで水をかけると、石灰岩は粉状になり体積が膨張する(図3)。このとき熱も発生する。発生した熱によって、水は蒸発し、湯気が発生する。この反応は次の化学反応式によって表される。



粉状の石灰岩の主成分は、白色の Ca(OH)_2 (消石灰)である。この反応は、急激に進行する反応である。そのため生じた Ca(OH)_2 は結晶成長することができないため、微粒子状になる。また、 CaO と Ca(OH)_2 の結晶構造の違いから、生じた Ca(OH)_2 は CaO のときよ

* 大田区立南六郷中学校 2001年5月8日受付 2002年9月21日受理

りも体積が膨張する。

粉状の石灰岩に、フェノールフタレイン溶液をスポイトで数滴かけると、白色の石灰岩は鮮やかな赤色に変化する(図4)。Ca(OH)₂水溶液は、代表的なアルカ

リ性の溶液である。そして消石灰は、セメントの主な材料である。

次に、1,000°Cの炉内に、重量11gほどの石灰岩を

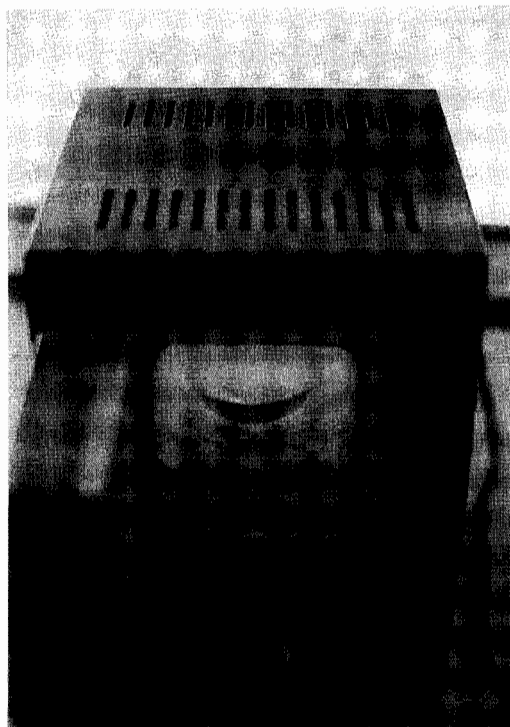


図1 市販の陶芸用電気炉
炉内の温度は約950°C。炉内には、蒸発皿に入れた石灰岩が入っている。

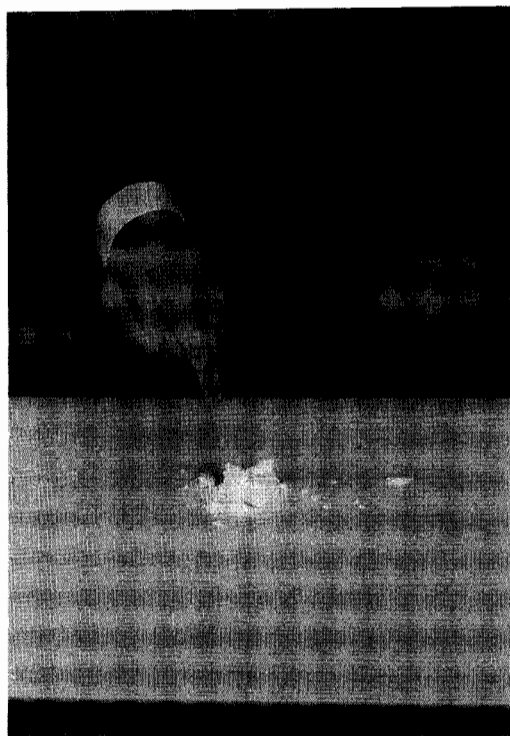


図3 スポイトで、加熱後の白色化した石灰岩に水をかけている様子
石灰岩は、細粒化する。水は発熱によって蒸発し、湯気が発生する。

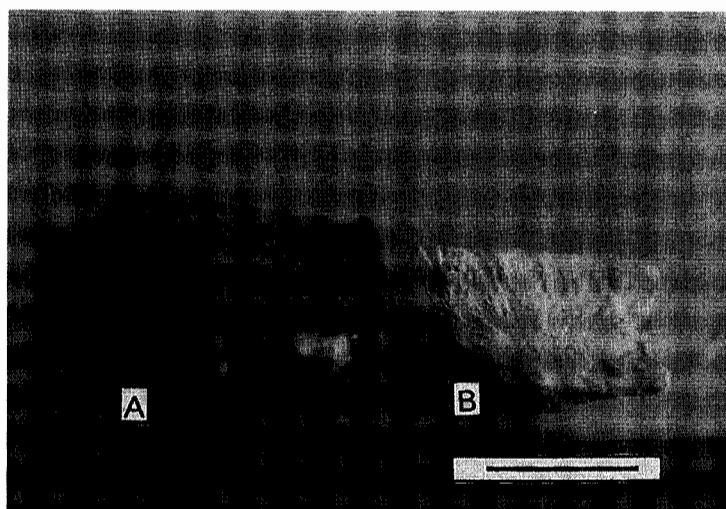


図2 加熱前の濃い灰色の石灰岩Aと加熱後の白色化した石灰岩B(スケールの長さは2cm)



図4 水をかけて細粒化した石灰岩に、フェノールフタレイン溶液をかけ、赤くなった状態

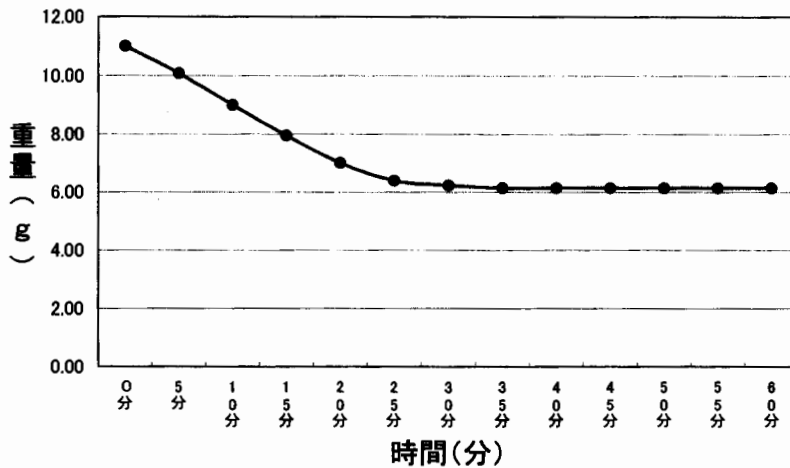


図5 石灰岩の重量変化

重量 11.23 g の石灰岩を 1,000℃ の炉内に入れ 5 分ごとに重量変化を測定した。35 分までに、重量は半分近くの 6.14 g に減少した。その後は全く重量変化はなかった。

入れ、5 分ごとに石灰岩を取り出し、電子天秤で重量の変化を測定した結果を図 5 に示す。石灰岩は、加熱時間 35 分ほどで重量は半分近くまで減少し、その後は全く変化しない。重量が減少する原因は、主に CaCO_3 の分解の際に発生した CO_2 が気体として抜け出るためと考えられる。この場合、 CaCO_3 の分解が 35 分ほどでほぼ終了し、重量の減少が終わると考えられる。

この授業で用いた石灰岩は、岐阜県大垣市赤坂町金生山産のものである。金生山産石灰岩の化学組成として、石膏石灰研究会(1967)による一つの測定値を図 6

lg loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
45.48	0.15	0.04	0.14	41.65	12.13	0.014	0.003

図6 岐阜県大垣市赤坂町金生山産石灰岩の化学組成

に示す。

石灰岩は、産地が違っても CaCO_3 の純度が高ければ、加熱した場合、ほぼ同じ反応を示す。

なお、マッフルに石灰岩を入れたるつぼを入れ、テクルバーナーで 10 分ほど加熱すると、石灰岩全体が少し白くなり水とフェノールフタレイン溶液をかける

と赤くなることがわかる。しかし、水を加えると発熱し、粉状になる現象は全く生じない。30分ほど加熱すると、石灰岩がるつぼの底に接する部分は白色化し、水をかけると粉状になる現象は、少し生じるようになる。したがって、マッフルとテクルバーナーを用いて加熱する方法は、ある程度教材としての適性はあると考える。それに比べて、電気炉による加熱では、10分ほどで内部まで完全に白色化し、水をかけたときの変化が激しく、授業で使用できる教材としての適性が高いと考えられる。

3. 授業の展開例

図1に示した電気炉による石灰岩の加熱変化を、中学校1年生での「堆積岩」の授業で教材として用いた試行結果を述べる。

単元：堆積岩にはどんな特徴があるか。(全6時間)

- ①岩石はどのようにけずられるか。(1時間)
- ②地層はどのようにしてできるか。(2時間)
- ③堆積岩にはどのような特徴があるか。
 - a 堆積岩の肉眼観察(1時間)
 - b 石灰岩の加熱実験(1時間, 本時)
 - c 教師による説明及び調べ学習(1時間)

実施クラス：品川区立八潮中学校1学年2クラス

実施年月：2001年3月
準備

- ①加熱器具：教師用として電気炉、るつぼ用蒸発皿、るつぼばさみ、軍手、各1
- ②実験試料：各班ごとに直径2cm程度の塊状の石灰岩1個
- ③実験用具及び試薬：各班ごとに、スポイド2個、蒸発皿1個、フェノールフタレイン溶液

本時の過程

- ①教師が授業の10分前に電気炉のスイッチを入れ通電しておく。授業では、すぐに石灰岩を1,000℃ほどに加熱できる状態になっている。
- ②教師が、直径2cm程度の塊状の石灰岩を班ごとに用意する。生徒は、その石灰岩の加熱前の肉眼観察を班ごとに行う。岩石の形、表面の色や模様、肌触り等に注目する。
- ③その後、教師が蒸発皿に各班の石灰岩を集める。

④石灰岩の入った蒸発皿を、るつぼばさみで電気炉に入れる。入れる作業は、必ず教師が行う。やけど等の危険防止のためである。

⑤石灰岩は、内部まで完全に白色になるまでに、10～15分ほどかかる。この時間に、教科書や資料集を使って、石灰岩や電気炉について生徒に説明する。

⑥その後、教師が白く変色した石灰岩を炉心から取り出し、一つ一つ班の蒸発皿に入れて、各班の生徒に観察させる。まだ、石灰岩は高温であるので、直接手でさわらないように、生徒に注意させる。生徒は、変化した石灰岩を数分間観察する。加熱前との、形、表面の色や模様、肌触り、臭い等々の違いを記載する。

⑦観察記載後、室温近くまで温度が低下した石灰岩に、生徒は、スポイドで水をかけ、変化を観察する。

⑧生徒は、水により細粒化した石灰岩に、スポイドでフェノールフタレイン溶液を加え、変化を観察する。

⑨生徒は、観察した現象を観察プリントに記録する。

⑩生徒は、どのような現象が観察できたか、それについての考えや感想を発表する。

⑪教師が、石灰岩が加熱によって白色化した理由、白色化した石灰岩に水をかけると細粒化する理由、粉々になった石灰岩にフェノールフタレイン溶液を加えると赤く変化する理由などについて、説明する。

⑫後かたづけ。

4. 生徒用観察プリント記入内容

生徒用観察プリントには、次の五つの項目について記録させた。

- a 加熱前の石灰岩の観察
- b 加熱後の石灰岩の変化の観察
- c 加熱後の石灰岩に水をかけたときの変化の様子
- d 水をかけて細粒化した加熱後の石灰岩にフェノールフタレイン溶液をかけたときの反応
- e この実験全体の感想や考察

生徒用観察プリントとその記載例を図7に示す。

このうちcとeの記入内容について2クラス64名分のものから、抜粋したものを以下に示す。以下に示した以外の感想もほぼ同じような内容であった。cは、生徒の記載数が多く、最も興味をもった現象と考えられる。なお、bについては白く変色したこと、dについては赤く変色したことを、ほぼ全員が記入していた。

観察プリント



a 加熱前の石灰岩の観察	
スケッチ 	色 - 灰色をいっている。こい部分と、うすい部分有。 肌ざわり - つるつるしている部分がある。(こい色) ざらざらしている部分もある。(うすい色) ざらざらしている部分に、少しキラキラしている所有。 化石の様子 - 裏は、でこぼこしている。(もようのように見える。) つめい ひかくと、「ギィ」という音がする。(かたい)
b 加熱後の石灰岩の観察	
スケッチ 	色 - 白一色だけ。(一部茶色部分有。) 肌ざわり - ヤトヤトしていた。白い粉が手につく。 (↑取っ払ってすぐ) さました後はサラサラしている。 化石の様子 - 少しかけている。われやうな感じがする。
c 加熱後の石灰岩に水をかけたときどうなったか	
<p>。けむりを出して、ジュウジュウと蒸発し、ふくらみ、ぼろぼろになる。 とちゅう、水をかけていると、「パチッ」という音が出た。中を見ると、少し茶色になっている部分があった。</p>	
d cにフェノールフタレインをかけるとどうなるか	
<p>。けむりがだいたいいっきおいて出た。溶液をかけると、いっしょんにして赤くなった。 この化石は、アルカリ性のもつだということがわかった。温度変化は無かった。</p>	
e この実験全体の感想や考察	
<p>この化石に、きょうみをもった。もつといういろいろな実験をし、調べたいと思った。 化石には、このように、いろいろな変化を見せる化石があるんだと思った。</p>	

図7 生徒用観察プリントの記載例

①加熱後の石灰岩に、水をかけたときの変化の様子

- ・あつくはないのに、けむりがでた。くずれてぼろぼろになった。ふくらんだ。ものすごくあつくなった。
- ・すごくあつかった。ふにゃふにゃになっていく。石灰岩から水とけむりがでた。水が蒸発した。
- ・けむりがでて、あつくなってとけた。
- ・すごくあつかった。ふくらんだのがおもしろかつた。

た。

- ・1, 2滴かけただけでは、何も起こらなかったけれど、たくさん水をかけたらけむりが出てきた。そして、ひびが入って割れてくずれていった。
- ・けむりがでた。音は、焼肉を焼いた音に似ている。
- ・けむりと「ジュウジュウ」という音が出て、形がくずれていった。

- 水蒸気がでて熱かった。もりあがってふくらんでいった。割れた(くずれた)。けっこう細かくくずれた。
- 水をかけると、石がとけてふくらみ、中からひび割れるように割れた。水をかけたら白いけむりがでた。
- 水をつけたら、きゅうにとけて湯気が出た。
- けむりが出てきて、こなごなになり熱かった。においは花火のようなにおいがした。

②この実験全体の感想や考察

[実験全体への感想]

- 予想できないことばっかりだったので、地球にはすごいものがあるのだなあと感じた。ところで、何でくずれたのだ? なんか気体が発生したのかも。色も変わって、すごい楽しかった。
- 加熱したり、それに液体をたらしたりすると、思ってもいなかった色や変化が見れて、とても楽しかった。
- 石灰岩を熱すると白くなって、しかも水をかけると沸騰したり、フェノールフタレインをかけるとアルカリ性ということがわかるというのが、実験をしていてすごくおどろきました。それに見ていておもしろかったです。
- すごく単純な実験だったけどおもしろかった。
- なんか、変化がいっぱいおこったからおどろいた。
- 加熱前の石灰岩に水をかけてフェノールフタレインをかける実験をしたが、効果がなかったのに、加熱後は不思議な現象が起こってすごかった。
- なぜ、水を加えると急にくだけ、フェノールフタレインを加えると赤になるのかが知りたい。

[加熱後の石灰岩に水をかけたときの変化の様子についての感想]

- おもしろかった～とけまくり～すごかった。
- じゅわ～となるところがとてもよかった。水をかけたらアワっぽくなるなんておもしろい。
- 水をかけて、くずれていったところがとてもおもしろかった。チョークになるということがびっくりだった。
- 岩が水をかけてはがれていくのなんてはじめて見たから、ビックリしたけど楽しかった。
- 水をかけるとふくらむのがおもしろかったです。でもなぜなるのかわかりませんでした。ふくらむことの原因が知りたいです。

[水をかけた加熱後の石灰岩にフェノールフタレイン溶液をかけたときの反応]

- フェノールフタレイン溶液をかけると色が変わって、すごかった。チョークと石灰で、つかっているとは思わなかった。
- フェノールフタレインをかけて赤色に変わったことが楽しかったです。
- 赤くなる瞬間がすごかった。
- フェノールフタレインをかけて赤むらさき色に変色したのがすごかった。

[色の変化、重さの変化についての疑問]

- とても楽しかった。なぜ、加熱したときに、黒が白になるのか不思議だった。
- 重さは変わるのだろうか。黒い石が加熱すると真っ白になるなんて不思議だと思った。
- 重さは変化するのか。

[化石]

- この化石に興味をもった。もっといろいろな実験をし、調べたいと思った。

5. 考 察

プリント記載内容から、ほぼすべての生徒が、この実験に強く興味関心をもったと考えられる。数の上からも、生徒が最も興味を示したといえるのは、白色の石灰岩に水をかけると細粒化する現象である。水をかけるだけで、急激な変化が生じるこの現象は、理科や地学への関心を高めるための生徒実験教材としての適性が高いと考えられる。これと並んで生徒の関心が高いのは、フェノールフタレイン溶液を消石灰にかけると赤く変色する反応といえる。これも、急激で明瞭な変化が生じるものである。なお、教師がこの実験結果を説明する際には、次の2点を必ず言うておく必要がある。

- ①自然界では、この実験のように石灰岩が加熱によって、CaOに変化する現象は、生じにくいこと。
- ②石灰岩からセメントをつくる際に、この実験と同じようなことを行っていること。

生徒の感想の中で、1名だけ、「よくわからなかった」という記載があった。この生徒の班の石灰岩は、CaCO₃の純度が低いいため、加熱によって白色化はしたが、水をかけても、細粒化しなかったものである。石灰岩を、業者から購入する場合、生徒実験用の非常に廉価なものは、CaCO₃の純度が低い場合があるので注意が必要である。

また、2名の生徒が重さは変化するのだろうかという疑問をもった。この実験後の重量の減少は、明確に電子天秤等で測定することができる。そのため実験前後の観察で測定項目に加えると、より生徒の興味関心は高まり考えさせる授業が可能になるだろう。

以上の展開例は、堆積岩の単元で用いたものであるが、さらに発展させて、堆積岩が重要な資源の一つとなっていることも、体験によって学ばせることができる。筆者は、この授業の次の授業で、生成した消石灰に粘土を混ぜ、セメントをつくる実習を行った。生徒は自分たちでつくったセメントに水を加えて、簡単な立体像等を制作した。この実習も、生徒が強い興味関心を示した。

今後セメントをつくるために必要な電力量の計算等を行う授業も計画している。石灰岩の加熱変化は、堆積岩の単元だけでなく、「地球と人間」や総合的な学習等における資源エネルギー教育に有効な教材として用いることができるだろう。

おわりに

筆者は、中高一貫の私立学校に勤務した経験がある。その経験に基づき、定期試験の前には、一種のドリル学習である類題演習を必ず行ってきた。類題演習を行うと、試験の得点力が全体的にかなりアップする

からである。ところが、大単元「大地の変化と地球」では、上記の授業のほか、インターネットによる調べ学習や三宅島の火山灰の観察等に力を入れたため、類題演習を行っている時間が全くなくなった。けれども、定期試験の結果は、類題演習を行うよりも高い平均得点になったと思われる。最近、基礎・基本についての議論が高まっているが、生徒の学習への興味関心が高まるほど、基礎・基本の学力は定着するということを、今回改めて強く感じた。すべての生徒が、興味をもっていきいきと活動できる授業を目指して、今後も取り組んでいきたい。

謝 辞 この実践を進めるための、岩石実験の基本的なデータを得る際などに、早稲田大学教育学部の円城寺守先生に、常に有益なご指導を数多くいただいた。厚くお礼申し上げます。

文 献

- 小森信男(1996): 電気炉を用いた泥岩の溶融現象の教材化について。地学教育, 49, 169-175.
 石膏石灰研究会編(1967): 石膏石灰ハンドブック。技法堂, 49-50.
 左巻健男(1986): 中学理科の授業—生徒のわかる教え方と教材・教具の開発法。民衆社, 69-70.

小森信男: 電気炉による石灰岩の加熱変化と授業への導入の試み 地学教育 55巻6号, 227-233, 2002

〔キーワード〕 電気炉, 石灰岩, 加熱変化, 生石灰, 消石灰

〔要旨〕 石灰岩を電気炉でおよそ1,000℃で10分以上加熱すると、濃い灰色から白色へ色が激変し、主成分が生石灰CaOとなる。この石灰岩に水を加えると、生石灰は消石灰Ca(OH)₂に変化する。この際に、石灰岩は細粒化して石灰岩全体の体積が膨張する。同時に熱を発生し、水は湯気となる。その後、フェノールフタレイン溶液をかけると、石灰岩は白から赤へ鮮やかに色が変化する。生徒は、この実験に強い興味関心を示した。この実験は、資源エネルギー教育のための有効な教材にもなるだろう。

Nobuo KOMORI: Attempt to Introduce the Heating Change of Limestone into Laboratory Work in Secondary School. *Educat. Earth Sci.*, 55(6), 227-233, 2002



「教育改革期」における地学教育の 新たなる展開に向けて

—“3rd International Conference on Geoscience Education” と
「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」を中心に—

藤 岡 達 也*

I. はじめに

21世紀を迎え、2002年度(高等学校は2003年度)より新教育課程が実施となった現在、地学教育のあり方を考えるにあたって、従来の資源・エネルギー問題、地球環境問題、自然災害・防災問題等の課題だけでなく、さらには、その背景となる科学技術社会、環境・生命倫理、教育改革など、あらゆる現代社会のキーワードを無視するわけにはいかない。本稿では、これからの地学教育を考えるにあたって大きな参考になると考えられる二つのイベント、“3rd International Conference on Geoscience Education (GeoSciEd III, 第3回国際地球科学教育会議)”と「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」とを取り上げ、今後の地学教育に求められる役割や課題等を展望する。

最初に、3rd International Conference on Geoscience Education (以後、本稿ではGeoSciEd IIIと称する)について紹介する。この国際会議は、2000年1月16日から1月21日まで、オーストラリア・シドニー (Australia, Sydney) のニューサウスウェールズ大学 (University of New South Wales, UNSW) で開催された(図1)。参加者は、各国の地質調査所や博物館、初等・中等・高等教育とあらゆる教育機関の関係者や研究者から構成されていた。また、地球科学は今日の教育課題においてより重要性が増していることに対して、基調講演、一般講演、ポスターセッションだけでなく、ワークショップも多く組まれていた。アメリカ・カナダ・イギリス・フランス・ドイツ・オーストラリア・ニュージーランド等の先進諸国だけでなく、アジアからは、中国、韓国、フィリピン、インドネシア等、またアフリカ・中南米の諸国など様々な国からの参加者があり、多くの国の地球科学教育の状況

を知ることが可能であった。これからの日本の地学教育にも示唆を与えると考えられる内容を報告するが、当然ながら全発表を網羅しているわけでもなく、語学力の不足もあり、独断のおそれがあることも最初に断っておく。

次に、「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」(以後、本稿では、大阪フォーラムと称する)について報告する(図2)。2000年7月29日に開催された大阪フォーラムへの経緯や、本フォーラムに先立ち開催された2回のプレフォーラム(第1回、1999年1月23日;第2回、2000年3月25日)の内容については、これまでも、本学会誌で紹介してきた(藤岡, 1999, 藤岡, 2000)。特に、本稿では学校教育での議論に焦点をあてて報告する。なお、これまで同実行委員会から大会要項や大会報告書が刊行されており(21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム実行委員会, 1999, 2000a, 2000b, 2001)、これらの大会要項や報告書には、当日実施された記念講演、公開シンポジウム、総合討論、提言などのほぼ全記録が記されている。また、パネル展示やこどものためのジオ・カーニバル(地学の祭典)、地学教材作品コンテスト等に応募された内容などは、「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」実行委員会(2001)に詳しく掲載されているので、そちらも参照にされた方がよい。

II. 3rd International Conference on Geoscience Education (GeoSciEd III) の参加から

GeoSciEd IIIは、1993年の第1回大会(イギリス・サザンプトン大学 (England, Southampton University) (磯崎, 1993)、1997年の第2回大会(ハワイ大学ヒロ校 (Hawaii University, Hilo)) に続いて行われたものであり、主催は、国際地球科学(地学)教

* 大阪府教育センター科学教育部 2002年5月22日受付 2002年7月13日受理

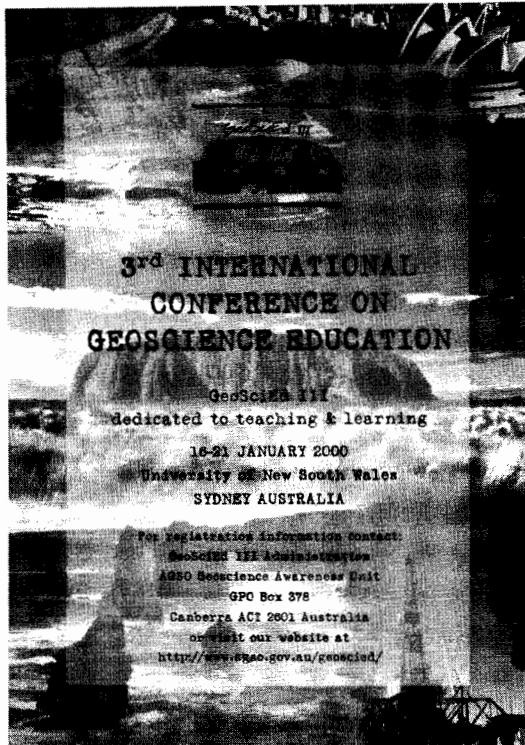


図1 GeoSciEd III のポスター

育学会 (The International Geoscience Education Organisation) である。参加者はこの会議の中心的なテーマ“dedicated to teaching and learning”に沿って教えているかもしれないが、GeoSciEd IIIを通してお互いの経験や実践から学ぶというコンセプトが強調されている。

GeoSciEd III 期間中の中日である19日(水)には、貸切バス数台によってシドニー郊外の野外巡検が設定された。これにはGeoSciEd IIIの一環としてほぼ全員が参加した。早朝にシドニーを出発、深夜に戻るというハードスケジュールであったが、様々な地質状況や自然景観、例えばKatoombaのBlue Mountains国立公園では有名なThree Sistersと呼ばれる風化岩体を、Jenolan Cavesでは石灰岩の洞窟を、観察・見学することができた。さらにシドニー市内および近郊では2000年シドニーオリンピックを控えた雰囲気や霧が直接に伝わったことも印象深かった。

GeoSciEd IIIでは、世界中の地球科学教育に関する内容が発表、論議、展示され、各国において、学校カリキュラムの内容、それらを支援する方法などがどのようにになっているか等の最新の知見を垣間見ることが

できた。国際的にも科学・技術教育や環境教育等が重視される中、地球科学教育そのものの内容・実践が地域を主題とした「総合的な学習」を進めるための教材開発に関連したものと言ってよく、国内で今後、実践研究を進めていくためにも得たものは多かった。

そこで本稿では、まず、講演・ポスターや展示などで、特に「総合的な学習の時間」とも関連の深い環境教育や野外教育、またカリキュラムや教材開発、博物館など様々な機関との連携、現職教員教育について印象深かったものを記す。

1. 環境教育との関わりについて

環境教育や環境と絡んだ地質学についての発表は多かった。例えば、オーストラリアのBakriは、地学教育のパラダイムの転換、すなわち、環境科学と持続可能な資源管理 (Environmental Science and Sustainable Resource Management, ESSRM) を地学教育に入れることの必要性を唱えた。これは、これまでの地質学者がESSRMに関心がないこと、逆に、関心のあるものは地質学の造詣がないことによる問題を踏まえての論議であった。同じSustainabilityの観点からアメリカのCarpenterは人間を中心とした開拓世界観

と地球を中心とした持続可能な世界観を述べ、これらの比較をもとに、持続可能性の認識を高める教育も学部生と高校教員に25年以上にわたって環境問題を教えてきた経験から論じていた。

アメリカのGosselinらは、小学生や中学生に環境の変化を読み取らせることができるデータや方法を提供する必要から、教員自身がデータを活用したり、新しい教科横断的な科目をつくるために専門の異なった多くの教員と接触することができる機会となるワークショップについて紹介した。Gosselinらは、大学・研究所と高校との連携も取り上げていた。イスラエルのBen-Zvi-Assaraf and Orionは中学生に環境的な文脈において水の循環を認識させるという新しい地学教育の取組みを報告した。

アメリカの地質調査所による高校生向けの地球科学カリキュラムプロジェクトとして環境教育の内容を含んだアースシステム科学カリキュラムについても紹介された(Smith)。このプロジェクトでは、将来的にアースシステムについて全高校生の理解を広げたり深めたりすることが目的とされている。さらに、ここでは、自然災害も取り扱われていたが、1992年IGC29thの地学教育セッションでアースシステムを論じるオハイオ州立大学のマイヤー氏から、自分の発表に対して、自然災害を地学教育で取り扱うのは、自然嫌いにつながらないかと質問された経緯もあり(藤岡, 1993)、個人的にも興味深かった。

インドネシアでの環境地質学の方法を教えるという新しいパラダイムもインドネシアのKarnawatiによって述べられた。Karnawatiは、インドネシアでの教示方法、シラバス、評価についても紹介していた。

オーストラリアでは中等教育終了後に修了資格証書が与えられ、そのために各州でHigher School Certificate (HSC) 試験が実施される。この試験の結果が大学入試にも関わる。しかし、ニューサウスウェールズ州では地質学を選択する生徒が少ないため、「地球環境科学」という新しい教科に変えられる方向へ動いており、そのためのワークショップについてもニューサウスウェールズ大学のTaylorから報告された。

2. 地学教育の中での野外学習

日本では、新学習指導要領の中で体験学習が強調されている。また、中学校理科の記述に見られるように実験、観察とともに野外観察が重視されている(文部省, 1999)。野外観察等は地学教育の特色と言えるだけあって、多くの発表の中に野外活動に関連する内容

が含まれていた。各国の実践でも様々な野外活動がカリキュラムの中に位置付けられており、学校内の担当教員による学習活動だけでなく、学校外での施設・人材が多く利用されていた。このことは報告を聴くかぎり、先進国と発展途上国との間で大きな差はなかった。

地質学における野外教育の重要性を一般的に述べたのは、オーストラリアのMcQueenである。計画準備段階、実施段階、終了後の復習の3段階全てが野外学習の効果を最大にすることを強調していた。生徒だけでなく、科学者、教育者、家族を巻き込んだハワイでの海洋科学キャンプの報告がアメリカのKlemmらによってなされた。日本においては、現職教員の野外研修は教育センターや民間の研究団体によって主催されることが多いが、海外では大学が積極的に教員を対象とした野外研修を主催していることが目についた。

3. 様々な機関との連携による教材開発

大学や博物館だけでなく、地質調査所などの専門家が初等・中等教育の児童・生徒の教育活動にも関わっていることは、日本においても今後の参考になると考えられる。地質調査所が作製した地質や化石などのペーパーモデルの教材など、地学的には高度な内容を取り扱いながらも児童・生徒の興味関心まで踏まえた初等・中等教育レベルの教材開発の意義が感じられた。また、博物館における地学教育の課題も数多く提出された。例えば、ノルウェーのFroylandらは、これからの博物館の新しい役割として、市民が自分たちの生活に関連した問題を取り扱う能力を博物館でのディベートや対話などを通して、公共のサイエンスリテラシーを高めることへの貢献を論じた。Blackは、ニュージーランドの火山地域の一つであるオークランドの地元のオークランド博物館の一新された内容を紹介した。この博物館では、「地質学的内容をコンピュータ等を駆使して最新の情報を伝える試みを行っており、引率されてくる小学校から高校までの児童・生徒に対する地学教育に大いに貢献していることが述べられていた。

博物館が積極的にコンピュータやインターネットを活用している例は多く、ノルウェーのHurum and Nakremからも紹介された。オスロー大学附属古生物博物館はおよそ170万というノルウェーで最も多くの化石を所蔵している。世界的なWorld Wide Webの発達とインターネットの発展によって、科学のデータ集積と情報発信の方法が変化し、この博物館では、

インターネットの活用が著しい1997年より、特にターゲットを6歳から15歳として学校への情報発信を行っている。

地学教育の中での情報教育の活用についても多く発表された。例えば、オーストラリアでの取り組みとして、Fernandezは、生徒のためでなく、むしろ教員のために開設されたWeb、例えば、地震や火山についての最新情報、バーチャル野外巡検などを大学間の協力によって運営する仕組みなどを紹介した。また、インターネット等のコンピュータの利用による学校内での最新の視聴覚教材の取り扱いについても紹介された。アメリカのReese and Dickersonは、スペースシャトルからの映像教材によるプレートテクトニクスの探究活動への利用を取り上げていた。最新の科学技術の成果を生徒の学習に活かす試みは、科学技術に対する興味関心を高める点でも効果があると思える。

昨今、地理学でも盛んに利用されているGISを生徒たちが太平洋の気象データ収集に活用する例もアメリカのGibsonから紹介された。博物館だけでなく、オーストラリア地質調査所のMcNamaraから、新しく設置した地球科学教育センターを通じて、学校や大学、関連団体に教材や教育プログラムを提供する事例も紹介された。

4. 地学教育における教師教育

イギリスのKingは、教員が十分にプレートテクトニクスを知らないためにその重要性が生徒に理解されておらず、そのため現職教員プログラムでミスコンセプションを取り扱ったことを示した。また、アメリカのMetzger and Sedlockは、小学校高学年から高校3年生までを担当する教員と大学とのパートナーシップによって、子どもたちに地球科学に興味をもたせるNPO活動によるBAESI (The Bay Area Earth Science Institute)を紹介していた。同じくNPOとして1972年に作られたカナダ地球科学協議会の国内における地学教育の役割がカナダのMorganから報告された。この協議会は2000年現在12の学会からなり、およそ10,000人を擁する大きな組織である。1994年からカナダでのあらゆるレベルの地学教育委員会が形成され、学校教育をはじめ様々なところで活動している。

Nolasco Javierによると、フィリピンにおいても高等学校で地学教育が実施されている割合は低く、他の科目に力が入られ、特別な理科の学校で選択コースに見られるくらいとのことである。政府支援の機関等

でも教員研修プログラムで地学は重視されていない。しかし、UPCB (University of the Philippines College Baguio)は、地学教育を科学技術リテラシーのための基本と考え、その科目の内容を豊かにする教員向けセミナーを実施している。ここで、地質学の様々な分野を担当するUPの地質学者が室内実験、映画、露頭、博物館、鉱山等で講義する。このセミナーは教員だけでなく、地質学者にも勉強になっていると報告された。また、Ancogによるとフィリピン国内で最初の科学技術教育に重きをおいたフィリピン科学高等学校でも地学が1995年から一部の学科で開講された。その後、全新生が受講の対象となり、地域的にもカリキュラムは広がったこと、さらにフィリピン地質学会会員に同校の多くの卒業生がいることも報告された。

GeoSciEd IIIは国際会議のためか、全体的に見るとオーストラリア国外からの発表者は初等・中等教育を対象としても大学関係者が多く、初等・中等教育に直接関わる教育実践者の発表が少なかったと言える。

III. 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラムから見た学校教育の課題

1. 大阪フォーラムについて

大阪フォーラム開催のきっかけとなった理由の一つは、高等学校での科目「地学」の履修率低下、センター試験での「地学」選択率の低下といった状況など高等学校を中心とした地学の厳しい現状であったと言える。取り扱う内容はともかくとして、小学校理科では、A(生物とその環境)、B(物質とエネルギー)、C(地球と宇宙)のそれぞれの領域が均等に学習され、高等学校入試においても、物理・化学・生物・地学の領域は、ほぼ均等に出题されている。

しかし、「地学」をめぐる学校教育での問題は高等学校での状況だけでなく、高等学校入学以前からの理科教育のあり方、地学と関わる教育活動そのもの、児童・生徒の意識や体験など多岐にわたる。当然ながら現在の教育改革の影響も受けている。本稿では、地学教育をめぐる学校教育の現状と課題を「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」学校教育分科会メーリングリスト、2回のプレフォーラム、フォーラムメンバーによる地球惑星科学関連学会合同大会(「地学教育」セッション)等で取り上げられた論議も踏まえて総括してみたい。

2. 地学教育の危機について

「大阪フォーラム」学校教育分科会メーリングリスト（以後、メーリングリストと記載）開設当初から、高校を中心に地学教育の危機について盛んに論じられてきた。2回のプレフォーラムでも教員採用状況の厳しさからくる教員年齢層の偏りや理科及び地学担当教員の現状など多くの問題が提起された。意見の多さとその切実さから、これらの教員に関する問題は学校地学の低迷に関連する大きな課題の一つと言える。活躍中の研究者や教員が、自身の児童・生徒時代に習った地学教員からの影響を多く記していたことから地学担当教員の存在意義は大きいと考えられる。一方、現在の地学教員の意識や姿勢も問われた。何のために地学を教えるのか、教員自身がどのような危機感を持っているのかも論議された。

地学の野外観察や教材開発をベースとした実践的研究は、他の科目の教育研究と比べると格段に少なくなるとも指摘された。前節で述べたように、2000年1月、シドニーでGeoSciEd IIIが開催され、そこでアメリカやオーストラリアの地質調査所による学校教育用の教材が多数見られたのも印象的であった。近い将来、日本でも地学教材の開発は学校教員が主体でなくなるかもしれない。

地学教育についての問題は、いわゆる理科離れ、理科嫌いの問題から学校教育現場での知離れの問題まで根が深いことが明確になったと言える。学力及び学力観に関する論議は、2回目のプレフォーラムの基調講演者波田氏の報告とも関連する内容が多く、地学教育だけでない今日の教育課題とも考えられる。さらには「心の教育」などの言葉に見られるように学校教育自体が大きな曲がり角にきている。これは、子どもの世界は大人の反映と言われるように子どもだけの問題ではない。家庭教育や社会教育のあり方について議論されることも多いが、地学教育については依然として学校教育にかかる負担が多い。地学教育の危機は、「地学」だけの問題でなく、その背景となる学校教育や日本の危機の表れを示しているとも感じられた。

3. 地学教育の内容及び学校カリキュラム上の課題

第2回プレフォーラムでは、久保氏から受験体制下の中学校での学習事例が紹介され、生徒に実物を触れさせることの意義とその困難さが報告された。これに対して、研究者からは学校教育で取り扱われる地学の内容が40年前と変わっておらず、最新の地球科学のダイナミクスを取り入れた授業を望む声も聞かれた。

自然科学の発達とともに理科のどの分野の内容でも知識量は増大している。このため、学校教育から生涯学習を含め社会教育への転換の視点も重要である。メーリングリストでは高等学校での「地学」の目的も論議された。生徒が将来、地学関係の学部や学科に進学するためには、高等学校時代には、むしろ「物理学」、「化学」さらには「数学」を学んでおく必要があることも述べられた。授業時間数削減の中で、今後の地学は、どこで学習されるべきかも論議された。科目についての再編も検討される時期になっている。地学は、理科の中で単独の科目として扱われるのがよいのか、他の理科の科目で扱われるのがよいのか、また、「総合的な学習の時間」との関連など、カリキュラム全体も視野に入れた議論がなされた。

地学の役割は資源・エネルギー問題、環境問題、自然災害・防災問題とも関わる。これらは、科学・技術・社会の相互関連から捉えられ、第1回プレフォーラムで磯崎氏が触れたSTS教育とも関わってくる。地学の内容だけでなく教育課程上の位置づけについての論議も必要である。今日、高等学校をはじめ学校自体の大枠が変わろうとしている。第1回プレフォーラムでは池中氏から新しい自然科学教育の場としての京都府立高校こすもす科の報告があった。公立高校にも、総合学科、全日制単位制高校、国際情報高校などの専門高校、普通科総合選択制など新たな高校が作られ始めている。2002年からは、スーパーサイエンスハイスクールも指定されるようになった。これらも踏まえて、地学を取り入れた学校カリキュラムが検討されねばならない。

また、第2回プレフォーラムで、性差による地学分野への関心の差についても発言があった。地学に関わる研究者や教育者は日本では圧倒的に男性が多く、100人近い参加者の当フォーラム時でも女性はわずか数名であったことから、その割合の少なさがうかがえた。しかし、川西氏は第1回プレフォーラムにあたり、大阪府下私立高校に対しアンケート調査を行った結果、回答のあった学校の中では女子校の方が地学を選択している率が高いことを報告している。

学校だけでなく、震災に遭遇した場合に見られる地域の住民の高い意識や知りたい要望にどう応えるかの課題も出された。第2回プレフォーラムでは、田結庄氏から震災時に兵庫・大阪の教員を中心に地質ボランティアが組織され、住宅被災者の相談に応えたことも紹介された。地学教員が学校を離れた立場での日常に

おける地域住民への関わり方をどうするかも課題であろう。

4. 地学教育の魅力と期待

メーリングリストでは、地学を学ぶことの魅力は地学リテラシーの育成や環境、自然災害・防災のためだけでなくとも指摘された。危機感をもって地学教育問題に取り組むことも重要であるが、他の科学、科目とは異なった地学の特徴を活かすことも論じられた。例えば複雑系のような側面をもつ地学の魅力をアピールする取り組みである。第2回プレフォーラムでは、黒田氏が「時間の経過」と「物質の変遷と生命」という点での地学の捉え直しを論じ、試み始められているストーリー性を持った教科書作りの意義についても紹介した。メーリングリストでもこれについての賛同意見が多く見られた。関連して、2000年地球惑星科学関連学会合同大会「地学教育」セッションでは、高校地学の教科書の記述は、固体地球に関する記載が最も多く、地球を離れるほど記載されている量が少ないとの報告もあった。

総合的な学習や環境学習を視野に入れて、地域の自然をどのように取り扱うかの課題もある。日本列島は地形・地質・気候など地学的な自然についての多様性が見られ、これまで全国画一的な授業展開を行うことが実践的に難しい面もあった。今回の学習指導要領では理科も含めた授業時間数の削減から取り扱う地学的な内容そのものは減少している。しかし、環境教育を含む「総合的な学習の時間」などで地学的な内容に取り組むことは可能である。第1回のプレフォーラム講演者の山極氏は、別の講演会で「環境、地球環境について総合的な学習を進める場合、地球とは何か、地球とはどんなつくりをして、どんなものか、という理科や地学の領域をなおざりにしては意味がない。」と述べており（山極、1998）、地学は地球環境の基礎・基本とも言える。

昨今、全国的にビオ・トープ作りが小学校を中心に取組まれている。第2回のプレフォーラムで、早い時期から学校ビオ・トープに取組んでいた辰見氏から小学校の実践が報告された。大都市、しかも阪神・淡路大震災に遭った学校での取組みには大きな意義が認められる。しかし、全国的なブームの中で、学校の周囲に自然が豊富な場所でもビオ・トープが創設されていくことへの疑問も出された。地域の課題を取り上げて探究活動を進めていく学習方法は、見方によれば地学の探究学習と同じであり、さらには、地学自体が総合

的な学習とも言われた。

専門家・技術者教育や社会教育との連携も完全学校週五日制や開かれた学校を考えるとますます重要視されると考えられる。第2回プレフォーラムで先山氏が述べたように、地域の自然を学ぶ有効な手段として博物館も活用すべきであろう。博物館などの施設の利用は、学校教育とは違った角度での学習の意義が考えられるからである。

ところで、2回のプレフォーラムやメーリングリストの中で、社会教育の立場から学校教育について寄せられた意見は多かったが、専門家教育、特に大学側からの質問や意見は予想に反して少なかった。地球科学研究者の中には、専門外の教育を論じることのおこがましさを感じるのと個人的な意見もあったが、学問的な繋がり上の難しさがあるかもしれない。「地学」は、内容に古生物から天文まで含まれており、個別の専門を主とする研究者との連携は容易ではない。さらに教育学部で理科教育を専門とする教官の中で、物理・化学・生物分野をベースとした担当者は比較的多いが、地学教育を専門とする研究者は少ない。そのためか、理学部だけでなく、教育学部からの発言も多くなかったのは、一つの課題である。

5. 大阪フォーラムとその後について

第1回のプレフォーラムでの講演はグローバルな視点（国内社会情勢、教育改革、国際的な地学教育等の動向）から捉えられ、議論も学校教育をめぐる様々な観点から論ぜられた。第2回のプレフォーラムでは、各分科会からより具体的に現状と課題が出され、さらには、阪神・淡路大震災を踏まえた兵庫からの発信という点に意義があった。2000年地球惑星科学関連学会合同大会「地学教育」セッションでも地震や火山など、防災と地学教育のあり方についての意見は多く、この領域での関心が高いことが実感された。

阪神・淡路大震災では、自然への畏敬とともに地学教育の重要性が痛感された。一方で、青少年の積極的なボランティア活動への参加も見られた。また、大人たちが考えている以上に青少年が環境問題を考えることも明らかになっている。文字通り、地学教育では地学を通じての人格の形成も関わっていかねばならない。

完全学校週五日制の導入、総合的な学習の時間の創設など、現在の学校教育のカリキュラムやシステムは新たな構築に向かっているとも考えられる。総合的な学習、環境学習では、言わばモード2（ギボンズ、

1997)の問題に対する解決を子どもの頃から意識させるような意味があり、教育内容の精選化の中で地学教育における基礎・基本とは何かも問われる。現在進んでいる教育改革では児童・生徒の学力への影響が問われ、21世紀の日本の大きな賭になっているとさえ言われる。その点で、この大阪フォーラムの問いかけは地学教育の存亡だけでなく、日本の将来にも大きく関わってくると言えよう。

フォーラム開催年の地球惑星合同学会時に「地学教育」セッションが開催されたが、その後、2001年、2002年の合同大会においても「地学教育」セッションが持たれたことは、その継続性や連続性からも意義がある。さらに、大阪フォーラムでは、シンポジウムとともに、ジオ・カーニバル(地学の祭典)も同時に開かれ、これを継続する形で、2001年11月に第2回子どものためのジオ・カーニバルが、第3回目も2002年に予定されているのは、重要な取組みと言えるだろう。結局、地学教育の発展、活性化には、子どもや学校だけでなく、多くの人達を取り込んだ地道な活動が不可欠と考えるからである。

IV. 今後の課題

地学教育については、日本では小学校から専門家の養成レベルまで、様々に取組まれていること、各国からの注目も高いことが大阪フォーラムやGeoSciEd IIIで実感した。

大阪フォーラムでは、確かに700名を超える人々が集まり、イベントとしては成功であったと言えるかもしれない。しかし、このフォーラムの目的は1回のイベントの成功ではない。今後、日本の地学教育活性化のターニングポイントとなることも意図していたわけであり、その点では、このようなイベントも継続的に実施することなど、今後の取組みと展開が一層重要になると言える。

国内の地学教育の充実だけでなく、世界に向けて日本の地学教育をアピールしていくことも今後の大きな課題である。国際地球科学教育会議も第4回目が来夏カナダ・カルガリーで開催される。このような地学教育に関する国際会議をいつか日本で開催する必要があると思える。そのときにも日本地学教育学会の果たすべき役割は大きいと考える。

謝辞

大阪フォーラムの準備・実施にあたって、日本地学

教育学会及び同学会員からは、多くの貢献と協力があったことを改めて記しておく、また、日本地学教育学会第54回全国大会鹿児島大会では、日程の変更など実行副委員長である鹿児島大学の八田明夫教授はじめ実行委員の方には大きな配慮をいただいた。日本地学教育学会第55回全国大会千葉大会では、実行委員長の山崎良雄教授から、大阪フォーラム等の報告の機会をいただき、さらに実行委員やフロアの方々からも多くの建設的な意見もいただいた。大阪市立大学の根本泰雄氏には、粗稿を読んでいただき有益な助言をいただいた。ここに深謝いたします。

なお、GeoSciEd IIIの参加及び本研究の一部には、平成11~12年度科学研究費補助金基盤研究(C)(2)を用いている。

引用文献

- マイケル・ギボンズ編著/小林信一監訳(1997): 現代社会と知の創造—モード論とは何か—, 1-293, 丸善ライブラリー。
- 磯崎哲夫(1993): 国際地学教育会議(International Conference on Geoscience Education and Training)に参加して, 地学教育, 46, 195-196。
- 藤岡達也(1993): 29th IGC(万国地質学会議) SYMPOSIUM II-24に参加して, 地学教育, 46, 35-36。
- 藤岡達也(1999): 21世紀の地学教育を考えるブレ大阪フォーラム報告, 地学教育, 52, 157。
- 藤岡達也(2000): 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム第2回プレフォーラム兵庫 報告, 地学教育, 53, 120-121。
- 文部省(1999): 中学校学習指導要領(平成10年12月)解説—理科編—, 64-71, 大日本図書。
- 「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」実行委員会(1999): 21世紀の地学教育を考えるブレ大阪フォーラム大会要項, 大阪, 11 p。
- 「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」実行委員会(2000a): 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム第2回プレフォーラム兵庫大会要項, 大阪, 18 p。
- 「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」実行委員会(2000b): 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム大会要項, 大阪, 136 p。
- 山極 隆(1998): 21世紀の学校と教育課程, 日本教育新聞社関西支社「生きる力を育む教育課程と心の教育」, 日本教育新聞社, 5-12。
- なお、本中で紹介した以下の発表は、Abstract Volume 3rd International Conference on Geoscience Education (2000)に記載されている。
- Ancog, Raymond Thaddeus C.: The Development of Earth Sciences in Philippine Science High School: A Case Study, 3.
- Bakri, Dhia Al: Teaching Geology Relevant to Envi-

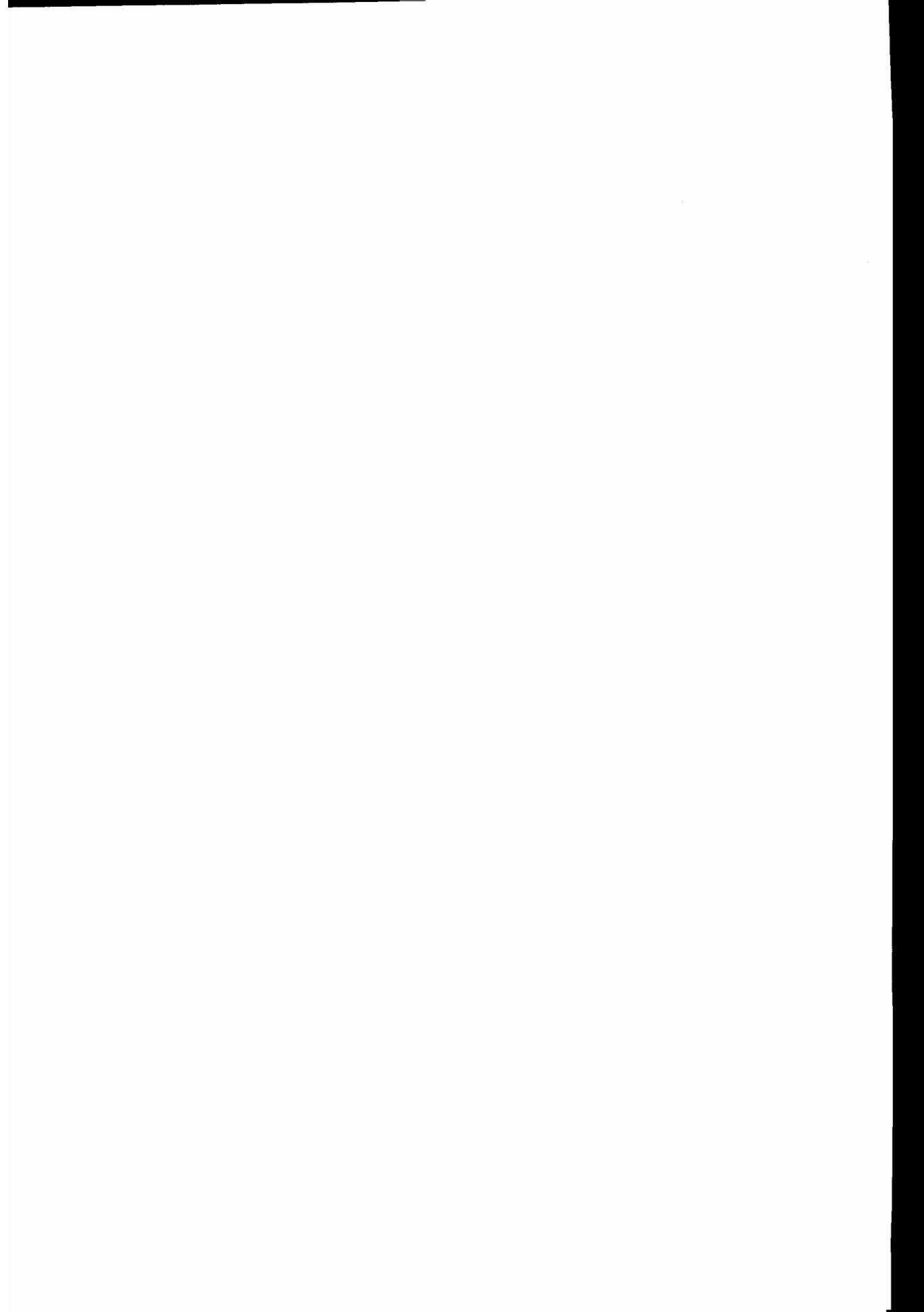
- ronmental and Sustainable Resource Management: A Paradigm Shift in Geoscience Education, 1-2.
- Ben-Zvi-Assaraf, O. and N. Orion: Cognitive Aspects of Studying the Water Cycle in an Environmental Context, 3-5.
- Black, Tasha M.: Geology at Auckland Museum, 6.
- Carpenter, John R.: Educating for Sustainability, 11.
- Fernandez, Anne, Ian Johnston Mary Peat, and Kaye Placing: The Use of the Web in the Teaching of the Geosciences at Australian Universities, 21-22.
- Froyland, Merethe and Ellen K. Henriksen: Museums, geology and scientific literacy—the radon issue as an example, 26.
- Gibson, Barbara A., Susan E. Postawko, and Shawn Ellis: Incorporating a GIS into the SPaRCE Program to Encourage Student Analysis of Earth Science Data, 29-32.
- Gosselin, David C.: An Interdisciplinary Curriculum Development Workshop on Environmental Change, 37-40.
- Huruml, Jorn H. and Hans Arne Nakrem: World Wide Web, museums and schools—a case study from Norway, 51-52.
- Karnawati, Dwikorita: The New Paradigm on Teaching Method of Environmental Geology in Indonesia, 61-63.
- King, Chris: Improving the teaching of plate tectonics: teacher education by means of a scientific approach that deals with teacher misconceptions, 68-71.
- Klemm, Barbara E., Richard L. Radtke, and James Skouge: Inclusion of All Students in Fully-Accessible, Technology-Supported, Field-Based Marine Science Camps: The Ocean of Potentiality Project, 71-74.
- McNamara, Greg: The AGSO Earth Science Education Centre Curriculum-linked hands-on activities raising the public awareness of the geosciences, 88.
- McQueen, Kenneth G.: Learning In The Field: Maximising Outcomes with Declining \$ Income, 88-91.
- Metzger, Ellen P. and Richard L. Sedlock: The Bay Area Earth Science Institute: A Proven Model for Teacher-University Partnerships, 91-92.
- Morgan, Alan V.: The Canadian Geoscience Council and Its Role in the Evolution of Geoscience Outreach and Education in Canada, 93-95.
- Nolasco Javier, Dymphna D.: Educating Geoscience Educators: The UPCB Experience, 97-98.
- Reese, Joseph F. and Dickerson, Patricia W.: Using Space Shuttle Photographs and the Tectonic Map of North America to Inspire Students to Understand Tectonic Features and Processes, 108-110.
- Smith, Michael J.: Earth System Science in the Community—Understanding Our Environment: An Earth System Science Curriculum for High School, 120-122.
- Taylor, Geoffrey R.: Providing resources for the new HSC subject Earth and Environmental Science—a university perspective, 132-133.
- また、本中で紹介した以下の発表は、「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」実行委員会(2001): 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム報告書, 大阪, 126 p. に記されている。
- 波田重熙: 21世紀の地学教育に向けて, 93-96.
- 池中 隆: 京都府立嵯峨野高校「こすもす科」—新しい自然科学教育—, 77-80.
- 磯崎哲夫: 世界の理科カリキュラムと地学的内容の位置付け, 69-73.
- 川西寿美子: 大阪私立高校での地学教育—地学復活—, 74-76.
- 久保和宏: 中学校地学分野での学習事例, 97-99.
- 黒田武彦: 宇宙史・地球史に学ぶ, 105-107.
- 先山 徹: 博物館から見た地学教育の問題点—一人と自然の博物館の活動を通して—, 108-109.
- 辰見武宏: 生きる力を育てる総合学習—手づくりの学校ビデオテープ—, 100-101.
- 田結庄良昭: 兵庫県南部地震の被害から見た地学教育への教訓, 102-104.

藤岡達也: 「教育改革期」における地学教育の新たな展開に向けて—“3rd International Conference on Geoscience Education”と「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」を中心に— 地学教育 55巻6号, 235-243, 2002

〔キーワード〕 GeoSciEd III, 大阪フォーラム, 教育改革, 地学教育の展望

〔要約〕 これからの地学教育のあり方を考える上で, 参考になると考えられる点を2000年1月, オーストラリア・シドニーで開催されたGeoSciEd IIIや2000年7月, 大阪で開催された大阪フォーラムから探った. 国内での様々な活動によって地学教育の充実を図るとともに, 海外にも日本の地学教育を発信するなど地球規模で地学教育を考える時代である.

Tatsuya FUJIOKA: Geoscience Education in Schools from the Viewpoints of GeoSciEd III and Osaka Forum on Earth Science Education in the 21st Century. *Educat. Earth Sci.*, 55(6), 235-243, 2002



特集 コンピュータと地学教育



総 説

地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性

林 武 広*

I. はじめに

地学領域の学習(以下、地学の学習)におけるコンピュータ活用は、これまでに多様な方法や実践例が提案されてきた。コンピュータが登場した頃は、計算機の拡大版といったもので満足なソフトウェア(以下、ソフト)もなく、使用者自らがFORTRANやBASIC等の言語を用いてプログラミングすることが必要であった。その後、コンピュータグラフィックスが小規模なパソコンでも利用可能となるなど、性能が徐々に向上する中、様々な周辺機器も登場し、各分野で各種のソフトが開発・提案されるようになった。特に、グラフィックスによって処理結果を視覚的に提示可能となったことは大きな利点であり、その応用例として稲森ほか(1986)が結晶の作図、また、根岸(1986)が天文教育のためのシミュレーションについてそれぞれ提案している。筆者もグラフィックスに注目し、主として地質学・岩石学研究のためのプログラム開発を中心に幾つかの提案を行ってきた(林, 1986; 林ほか, 1987; 林・鈴木, 1990; 林ほか, 1991a; 林, 1996)。この頃からコンピュータ専門店が次々に誕生しコンピュータ普及が一気に加速された。一方、どちらかといえば普及が遅れていた教育界においても教育機器としてその有用性が本格的に検討される気運の中、CAI(Computer Assisted Instruction)が提唱され、各教科、各分野において多様な取り組みが試みられようになった。当時、理科教育において、実際に行うべき観察・実験の説明のためシミュレーションやチュートリアル型の活用が盛んに行われていた中で、地学教育におけるコンピュータ活用に関して、島貫ほか(1987)はコンピュータ教材が持つ“動的”な特徴を指摘し、榊原(1991)は、気象分野における例を示しながら、自然を調べる活動を支援する道具としての意義を強調するなど、現在にも通じる貴重な提言を行っている。

その後、より高性能なマルチメディアコンピュータ

(以下、マルチメディア)の出現とインターネットに代表されるネットワーク環境の飛躍的な発展、さらに、それらに伴う多種多様なアプリケーションソフトの出現によって、コンピュータの利用範囲が飛躍的に拡大され、現代生活を支える機器の1つにもなっている。このような中、教育におけるマルチメディアの活用範囲も拡がりを見せ、本学会でもパソコン委員会を中心に研究が推進され、様々なアイデアや方法が提案されてきた。それらについては内記(2001)が総括的に報告している。学校教育においても全国の学校で個々の児童・生徒が操作できるレベルまでの機器の台数とネットワーク環境が整備され、情報教育が本格的に実施されるなど、マルチメディアは教育機器としてより一層身近となることは疑いない。

しかし、その一方で、何がなんでもマルチメディアを“使う”ことが目的化したり、便利さのみを強調したもなど、本来の学習のねらいが希薄となるような利用が行われかねないおそれもある。

筆者は地学の学習においてコンピュータを導入することが地学本来の学習を深めるため有効と考え、過去10年来、活用の方途に関して様々な試みを行い、その一端は本学会の全国大会等でも提案してきた。本小論では、情報教育との関連をも考慮しつつ、小・中・高校の地学教育におけるマルチメディア活用の意義と有効性について考えてみたい。

II. 地学の学習及びマルチメディアの特徴

地学の学習におけるマルチメディア活用を検討するために、まず双方の特徴を押えておく必要がある。以下、それぞれの特徴を概説する。

A. 地学の学習の特徴

地学の学習は、小学校ではC区分、中学校では第2分野、高校では地学と総合理科で扱われ、それらは天体や地球に関する内容から構成されている。学習対象は宇宙、大気、地球であるが、いずれの場合も自然の大きな空間や長大な時間の中に存在する事物・現象で

* 広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座
E-mail: neko@hiroshima-u.ac.jp

ある。学習の目標は、基本的に理科を構成する教科(領域)として、これらの観察・実験を通じて科学的な見方・考え方を培い、自然への理解を深め自然を愛する心情を深めることであるが、地学の学習特有のねらいとして“時間・空間的認識を育成する”ことがある。加えて、新学習指導要領で防災に関する内容が新たに示されるなど、我が国の自然や自然環境への理解を促進するための新たな展開が求められている。

そこで、地学の学習の特徴について考えてみる。地学の学習は、松川・林(1994)及び林・松川(1994)が指摘しているように、自然の事物・現象そのものを学習対象として、観察・実験を行い、その結果をもとに、自然の仕組み・成り立ち(構成)、変遷を考察しようとするもので、理科の他教科(領域)では学べない独自の目標や内容がある。したがって、野外を中心に、自然の事物・現象そのものの観察や観測をもとにした学習過程が展開されることが中心となる。学習対象は、小学生から専門家に至るまで、基本的に同じものを扱うことも大きな特徴である。したがって、児童・生徒が“自然そのもの”に直接向き合い、働きかけることが学習の基軸となる。当然のことながら理科の他教科においても扱う対象は、同じく自然の事物・現象であるが、地学においては対象に対する条件の制御や再現性を確認する実験を行うことは困難である。

地学の学習の場合、単に自然から“教室に持ち込んだ事物”を対象にする場合、それらはある意味で大きな自然の一部分を切り取ったものであり、それ自体は自然を構成するものではあるが、そのみでは生徒にとって日常の自然から切り離された単なる物質・現象としてのとらえ方に陥ることもありうる。むしろ、持ち込んだ事物の背景にある自然こそが、学習の主対象であるわけで、“自然という空間のなかで、事物や現象がどのように存在しているか”に関する情報をなしにしては、学習は不十分なものとなる。例えば、天体関連学習の場合、太陽黒点、恒星の種類などの知識は、各種の教材を用いて教室内で学ぶことはできるが、そのみでは十分とはいえず、生徒自身が天体望遠鏡で黒点の観測を行ったり、また、夜間に星空を見上げ、学習した恒星の位置や色、明るさなどを確認することで、理解が深まるのである。さらに、自ら観察することを通して、意外な発見があったり、新たな課題も見いだされることも大いに期待される。

一方、野外に出向いての直接観察については、好適な観察地がない、必要な機器が未整備である、あるいは

時間割上の制約等により実施できないこともある。また、それらとは別に、火山噴火、地震、自然災害、地球規模の気象現象など直接観察が不可能な事象も存在する。このような場合には、各種の資料や視聴覚教材を用いることになるが、これらもまた地学の学習には重要である。そのための効果的な資料やデータ、教材を工夫することが必要となる。

したがって、地学の学習では教室内や野外での観察・実験結果、各種資料、さらに視聴覚教材などからの情報をも時間軸、また、空間的な配置などを基準にしてつ多角的・横断的に関連づけながら整理してまとめていく中で、科学的かつ総合的に結論を導いていくことになる。このようなプロセスでは、個々の観察・実験結果の意味よりも、それらを時間的、空間的に配置した場合の“変化傾向”や“規則性”を読み取ることが重要であり、そこから自然の仕組みや成り立ち、また変遷過程の考察へと展開していくことになる。

このようなことから、地学の学習は根本的に総合的な性格を有しており、新たに開始される「総合的な学習の時間」との関連において、下野(1999)、香西ほか(2000)らが述べているように地学の学習プロセスは多くの示唆を与えるものである。

B. マルチメディアの特徴

マルチメディアを地学の学習で活用する場合には、上述の学習の特徴とマルチメディアの持つ特徴が共に活かされることが最も有効かつ重要と考えられる。その場合において、他の学習法では得られない効果が得られ学習の深まりが期待できる。

コンピュータは登場以来、CPUの高速化、記憶装置の多様化・大容量化、高速グラフィックチップの搭載等により、高性能化かつ小型化してきている。また、WindowsやMacOSなどGUIの発展・進化によって、OSの操作が飛躍的に容易になったことと、多種多様なアプリケーションソフト及び周辺機器の開発も相まって広く社会一般に普及するようになった。最近では、数値、文字、画像、音声、ムービーなどの情報をデジタル化することで、1つのマシン上でそれらを処理し、様々な形で出力したり、送受信することが可能なマルチメディアが登場した。さらに、インターネットに代表されるネットワーク環境の整備によって、その活用範囲も飛躍的に拡大する現況である。

パソコンが登場した初期段階においては、前章の冒頭で述べたようにユーザー自身がプログラミング言語を用いてソフトを開発することが通例であり、そのた

めに多大な時間と労力を要していたが、その後、ハードウェアの進歩とともに、多種多様のアプリケーションソフトが開発、販売され、操作も容易となっている。各種処理についても1つのソフトのみでは困難なことも、複数のソフトを組み合わせることにより、おおむね必要を充たすことが可能となった。また、マルチメディア化推進の中で、各種デジタルコンテンツも多数開発されCD、DVD及びネットワーク上でも閲覧可能となっている。さらに最近では、テレビ放送を視聴・録画できる機種も発売されておりマルチメディア化は一層進化しているといえよう。

マルチメディアを含めコンピュータは元来、演算を行う機器であり、その基本的特徴を端的に言えば、“多量の情報を高速かつ正確に処理し、その結果を様々な形で出力できること”といえる。そのことは初期の機種から現在の高性能な機種に至るまで一貫して変わってはいない。それに加えてオンラインで各種情報を通信する機能が備わったことで、ネットワークコミュニケーションの中心的役割を担うに至っている。

III. 地学の学習におけるマルチメディア活用の視点と活用のタイプ

A. マルチメディア活用の視点

地学の学習においてマルチメディアを活用するため、まず、“どの学習場面で何をどう使うか”を検討することになる。その際、最も重要な視点は島貫ほか(1987)及び榊原(1991)の提言にもあるように“地学本来の学習を活性化し充実させる”ことにある。このことは、マルチメディアに限らず新しい教育機器を活用する場合に、とにかくその機器を“使う”ことが優先されること、機器の性能や機能面に関心が移り、本来の学習目的や内容に対する意識が薄れがちとなることなどもありうるので、常に意識すべきことである。児童・生徒にとってマルチメディア自体が興味深い機器であり、意欲的に取り組むことが予想されるが、それが目新しさやコンピュータそのもの、またはその操作のみに向けられたものであっては、本来の学習目標の達成は困難であろうし、いずれは飽きてしまうことになりかねない。

地学教育のみならず、教育においてある教育機器を活用する場合、その機器を使うことにより、従来の学習方法、あるいは他の機器では得られないような学習の深まりや学習成果が得られることが重要である。つまり、マルチメディア活用の場合、それならでの学

習効果が求められるのである。それがないとマルチメディア活用は一過性のものとなり、定着することが困難であろう。したがって前章Bの冒頭で触れたように地学の学習とマルチメディアの特徴双方が活かされる視点から、その活用法を探ることが重要と考えられる(林ほか, 1991b; 林ほか, 1993)。

マルチメディア活用に関するもう1つの視点として、本格的に開始された情報教育との関連を考える必要がある。情報教育の主たる目標は、“情報活用能力を育成”することである。情報活用能力とは児童・生徒が主体的に情報及び情報手段を選択し活用していく基礎的能力とされている(文部省, 1997)。特に、総合的な学習の時間と各教科との関係において、教科の学習は“基礎・基本”を学ぶ場であり、それぞれの教科の学習内容への理解を深めることが必要である。

小・中学校において総合的な学習の時間と地学の学習双方でマルチメディアを活用することになる。地学の学習では上述のように基礎・基本の観点からも、本来の学習内容の理解促進の視点でその活用法を模索することが基本である。情報活用能力は児童・生徒が多様な情報に主体的に関わる中で育成されると考えられ、全教科の学習を通して達成されるべきものである。浦野(1996)が情報教育の枠組みをふまえつつ様々な気象関連情報を処理する内容構成を提案しているが、地質及び天文関連内容でのマルチメディア活用も同時に情報活用能力の育成に寄与できる可能性を有している。

B. マルチメディア活用のタイプ

地学の学習におけるマルチメディア活用は用途によって大まかに表1に示す3つのタイプに区別できる。この区別は厳密なものではなく、当然のことながらそれぞれの性格を同時に備えたものもありうる。

以下、a, b, cそれぞれのタイプについて、例を紹介しつつ活用の視点を考察する。

表1 マルチメディア活用のタイプ

タイプ	用途	主な処理内容の例
a	視聴覚機器・教具として	プレゼンテーション、シュミレーション、ムービーの制作、編集および視聴
b	観察・実験結果の処理のため	各種の計算処理、グラフ作成、データベースの構築と検索
c	デジタルメディアおよびネットワーク利用	資料やデータの収集、Webページ作成、情報発信、情報共有、ライブ送受信

a タイプ

このタイプは、授業において、どちらかといえば教師主導でデジタル化された視聴覚教材が呈示されるも

のである。

地学教育における視聴覚教材については長洲(1982)がその意義や有効性について述べているように、小・中・高校、さらに大学の地学の授業でも広く活用されている。また、学習指導要領にも、必要に応じて視聴覚教材を活用することが示されていること、野外観察学習が実施されにくい状況があること、さらに地球環境学習の高まりと相まって視聴覚教材への必要性の認識が広まっているなど、近年の教育環境に関する状況も変化している。

地学の学習内容に関連し、下記のような事象を示す場合に、このタイプは有効と考えられる。

- ・遠隔地の事例など身の周りでは観察できない事物・現象
- ・火山噴火、地震、風水害等、非日常的な現象
- ・宇宙から見た地球、海底・水底の様子、長時間に渡る変化など通常の方法では観察不可能な事物・現象

当然のことながら、上記の場合のみならず、直接観察や実験が実施できない場合の補助的教材として視聴覚教材を活用することも多い。しかし、視聴覚教材の視聴はあくまでも、制作者の“目”、あるいは“視点”を通じた間接的観察であり、児童・生徒が注目ポイントや視点をとらえていないと消極的・傍観的となり、いわゆる見せっぱなしの状態になりやすい。授業を行う教師が“どの学習場面で何をどう見せるか”を明確にしておくことが重要である。このことは機器がマルチメディアに変わっても同様である。

一方、マルチメディアによる教材の提示では、従来までの視聴覚機器とは異なった利点がある。VTR、写真スライド、OHPなどの視聴覚教材はそれぞれ独自に発展してきたものであるが、教材メディアの種類によってそれぞれ独自の機器が必要であった。しかし、マルチメディアの登場によってそれらをまとめてデジタル化して1つの画面上で提示できるようになった。そのため、写真、テキスト(説明文)、ムービーなど各メディアの情報を関連づけながら1つの画面上で示すことができるようになり、別個の機器を使用する場合と比べ、より手軽で分かりやすく効果的な説明が可能となる。この種の教材が野外観察の事前学習や事後のまとめの際に効果的との報告がなされている(荻原, 1995)。

マルチメディア特有の大きな機能としてシミュレーションがある。シミュレーションでは大量かつ複雑な

数値データを処理し、その結果はグラフィックスを用いて可視化される。マルチメディアでは演算速度が速く、グラフィックス機能も高いため、音声効果も含めたより動的でリアルなシミュレーションが期待できる。特に、天体に関する内容ではシミュレーションは早くから注目されており、例えば、根岸(1986)、中村・小川(1994)、横尾ほか(1995)、小川・中村(1995)及び中村ほか(2002)はシミュレーションソフトを開発し、それらを授業で活用した結果、現象を視覚的に分かりやすく示し、学習者の興味関心を高められること、また理解を深めるためにも有効であると報告している。荻原(1989)、岡本(1998)及び岡本(1999)は、自然災害の元となる現象に関するシミュレーション教材を開発し、それを用いて生徒がパラメータ値を様々に変えながらシミュレートすることは、現象の発生メカニズムを理解させる上で効果的であると報告している。なお、天体に関する廉価なソフト(例えばステラナビゲーター〈アストロアーツ〉、Starry Night-J〈Sienna Software Inc.〉等)が市販されているが、これらでは観測視点の位置や時間、さらに視野も任意に設定できる上、動きをアニメーション表示できるなどの利点があり補助教材として授業で十分活用できる。地質関連では、国土地理院発行の数値地図データを処理するソフト(数値地図ビューア〈品川地蔵〉、カシミール〈杉本智彦〉等)を用いて、地形を3次元表示(展望図、鳥瞰図)することが可能であり、地形図のみの場合では難しい地形の見方や起伏をとらえさせる上で有効である(鹿江・林, 1998; 前田, 2000)。

マルチメディアでのムービーは、シミュレーションに関するもの(図1)(岡崎, 2000)も含め、グラフィックスを用いたアニメーションが広く普及しており、地学の学習においても、付加体の形成過程のような複雑な現象を動的に分かりやすく示すことができる(図2)(小倉, 1999)。しかし、このようなムービーを自作するためには、現時点ではその種のソフト(3Dグラフィックス関係)の習熟と労力を必要とする問題もある。

また、実際の雲や星についてデジタルカメラで何分かがごと連続撮影し、それらを順につなぎ合わせることでムービーを作成できる(図3)。後述のひまわり画像のムービー化も同様である。このようなムービーでは広い空間、かつ、長い時間での動きや連続変化を直観的にとらえることができる。また、任意の場面で停止させる、任意の場面に移動する、巻き戻す、繰り返



図1 連続的にアングルを変えながら地形を鳥瞰するシミュレーションムービーの例, 岡崎(2000)による



図3 デジタルカメラでインターバル撮影した雲の写真をムービー化した例



図2 付加体形成の様子を説明する3次元グラフィックのアニメーションの例, 小倉(1999)による

す等の操作が極めて簡単であるので、児童・生徒が個別にマルチメディアに向かい、マウスで操作しながら視聴できる。

さらに、マルチメディアのムービーには、双方向性を軸とした QuickTime VR (Apple) があり、筆者が作成した月のムービー例を図4に示す。この種のムービーは露頭の場合にも利用できる(図5)(西村, 2002)。これらの例では、デジカメを用いて、対象を



図4 上弦の月のインタラクティブムービー(QuickTime VR)の例

幾つかのアングルで撮影し、その後 QuickTime VR オーサリング (Apple) でつなぎ合わせムービー化し

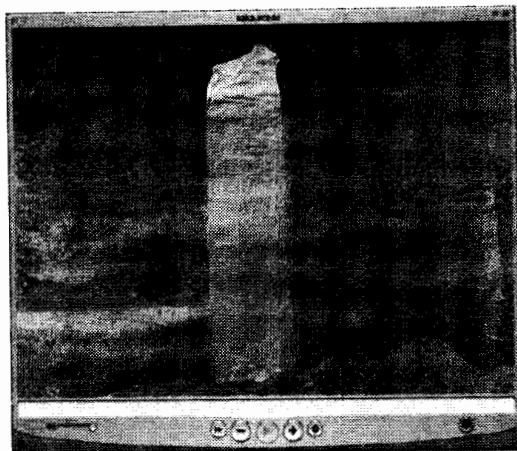


図5 地層(第四系西条層)露頭のインタラクティブムービー(QuickTime VR)の例, 西村(2002)による

たものである。このムービーは QuickTime Player があれば、いずれの OS でも観ることができる。操作もいたって簡単で、画面下部のボタンのクリックによって任意に拡大・縮小、画面中のポインタ(→)をマウスで移動するとアングルが移動、さらに画面中の特定範囲をクリックすることで新しい画面に切り替えることができる。利用者は任意にこれらの操作を行いながら画像を観察することができる。

天体や雲については基本的に児童・生徒自らが天体や気象の観測を行い、その結果に基づいて考察することが必須であるが、観察に興味・関心を持たせること、星の見つけ方や観察の視点・注目点を示すこと、あるいは学習のまとめの場面で、上記のようなムービー教材を活用することも効果的であろう。

これまで述べてきたマルチメディア特有のコンテンツのみならず、デジタルビデオ(DV)とマルチメディアとの組み合わせによるビデオ編集・制作が普及し始めている。現時点で本来のビデオほどのクオリティを求めることは困難である。特に編集に関して、従来のビデオ機器のみで行う場合ではいわゆるリニア編集を行うことになり、かなりの時間と労力が必要であったものが、マルチメディアではビデオソースをデジタルデータとして取り込んでハードディスクに保存し、その後、それらをノンリニアで編集を行うことができるためシーンの挿入や入れ替え、また、画面に文字を重ねる(スーパーインポーズ)ことやエフェクトなどの多彩な作業を比較的容易に行うことができるように

なった。ムービーを保存するために MPEG, Quick-Time, Motion-jpeg などの圧縮フォーマットも各種開発され、ビデオ用のメディアとして DVD も普及が進みつつある。これらの一連の作業を行うオーサリングソフト(例えば Adobe Premiere <Adobe>, Final Cut Pro <Apple> 等)も年々充実する方向にあり、今後、地域の地学事象のムービー教材を自作する上で極めて有効な手段になると期待される。

いずれの場合においても、ムービーは現象の時間軸での変化、事物の空間的配置などを動的かつ具体的に提示できる教材であるため、教育現場からの要望が多い。特に、コンピュータ用のムービーに関して最近になってコンテンツ開発に対する期待が高まっている(文部科学省, 2000)。このようなムービーを視聴する際には、マルチメディアを準備するのみであるので、準備の点でも簡単かつ迅速である。ブロードバンドが推進されつつあるインターネット上にはストリーミングによるものも含め、今後、様々なムービーコンテンツが掲載されると思われる。より効果的なムービーの開発を期待したい。

b タイプ

このタイプは、市販の表計算ソフト、ないしは教師自身が開発したソフト(プログラム)によって、児童・生徒が観察・実験を行った結果を処理するものである。児童・生徒がコンピュータを操作する場合もあろうし、教師が彼らの結果を入力・処理を行い提示する場合もありうる。いずれにせよ、児童・生徒が、学習を進めるにあたり、より能動的にコンピュータを活用することであり、実験・観察器具の1つと位置づけることが可能である。

簡単な活用例としては、児童・生徒が測定した気温や湿度、また川原で測定した礫サイズ等の数値データを表計算ソフトやグラフソフトに直接入力し、直ちに各種のグラフ作成を試みる事が挙げられる。これらの例ではノート型パソコンを野外に携帯し、測定と同時にこれらの処理を行うことも可能である。また、やや複雑な処理を行う例として、地形図から読みとった谷の方向の傾度を求め、その結果を棒グラフで表示すること(鹿江・林, 1998)、地層の野外調査結果などを描画ソフトを用いてまとめること(加藤・二階堂, 1999)などが考えられる。

地学の観察・実験結果のグラフ化では、走向傾斜のように3次元データの処理や空間分布図など処理に時間と労力を必要とするものがあり、コンピュータで

の処理が効果的である。そのような例として筆者は野外で測定された走向傾斜データを処理し、ステレオ投影密度分布図(コンター図)を作成するためのソフト(図6)を開発した(林ほか, 1987; 林, 1996)。ステレオ投影処理に関するソフトは、ほかにStereoNett(Johannes Duyster), Stereonet(R. Allmendinger)などがある。また、等温線や等圧線等、コンター図を作成するためのソフトが、塩野ほか(1988)、浦野・島貫(1989)及び榊原(1990)によって開発・提案されている。これらのほか、岩石のモード比や色指数分析を市販ソフトで行う方法(岡本, 1990; 渡辺ほか 1990; 鬼村ほか, 1997)も岩石観察の授業で活用可能である。

一般に地学の学習では、対象が自然そのものであるために、個々の生徒の観察・実験結果のみ、あるいは少ない結果からでは、観察・実験対象が持つ“変化傾向”や“規則性”が見えにくいことが予想される。そこで、多くのデータを処理して規則性を調べる学習について、榊原・東原(2000)はCD-ROM アメダスを用いて多くのデータを処理させることを試み、その活動が科学的思考力へつながることを報告している。

地学の学習における多くの観察・実験結果(データ)としては、クラス全員のもの、あるいは何回か行った結果等が想定される。一般に児童・生徒の観察・実験結果には、ばらつきがあるため結果の考察が進めにくいこともよくあるが、全ての結果を重ねて表示することで、ばらつきを含みつつも“全体的な傾向”を読み取ることが可能となる。図7は、筆者が担当する授業において大学生が校庭で行った温度測定実験の

結果のうち、地面の温度について、測定値を地図上の測定地点にプロットしたものである。ここでは、温度測定結果(数値データ)を幾つかの範囲に区分し、範囲毎それぞれ異なった“記号に置き換え”ている。さらに、これらの結果と測定の様子デジタルカメラ写真、地面の条件、日照も重ね合わせて考えることで、気温上昇のメカニズムについて考察を進めた。マルチメディアではこの種の処理が迅速に実行できることから、“考える”ための有効な道具となる。なお、この測定前には地面の温度はどこでも同じとしか思っていなかった者が多く、測定中に自分の結果が正しいのかと質問してくる者も多くいた。結果を処理し、全員に示した際、新鮮な驚きを示していた。大学生にとっては単純な測定であったにもかかわらず、彼らにとっては新しい“発見”がもたらされたのである。なお、図7のような点分布から面分布(等温図)を作成するためにグラフィックソフトを利用し、各データ範囲をそれぞれ異なった塗色を行うことで簡単な図は作成できるが、上記、浦野・島貫(1989)及び榊原(1990)の方法によれば、より詳しい等温図が作成できる。特に空間分布に関する図を扱う場合、グラフィックソフトに備わっているレイヤー機能を用いることで、それぞれ異なった複数の要素、例えば岩石の種類、風化の程度などを、あたかもトレーシングペーパーを重ねるようにディスプレイで表示できることが、各要素の相互関係を考察させる上で有効と考えられる。

地学の学習で利用される地質図や海面温度分布図な

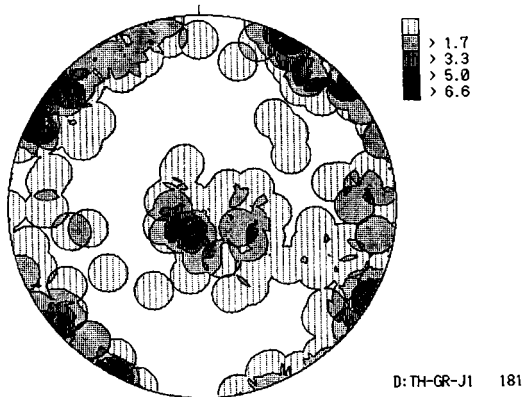


図6 西中国山地の花崗岩に発達する節理面のステレオ投影密度分布図(Mellis法による描画)、林(1996)による

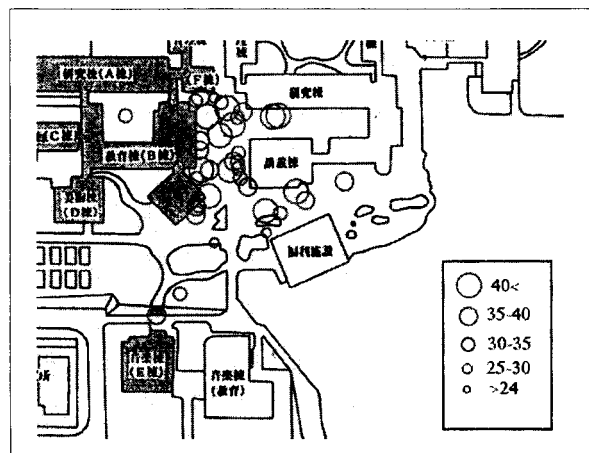


図7 校庭における地面の温度のプロット図、温度値を高さの段階ごとに区分し、それぞれの記号で校庭地図上の測定地点にプロットした図

どの多くは点から面、さらに3次元の拡がりへというプロセスを経て作成されたもので地学分野ではごく一般に行われていることである。ただ単にこれらの資料を利用するのみではなく、併せて、観察・実験からこのような図を作成するプロセスを含んだ学習を企図することで、この種の資料への理解もより深まると期待される。

これまで紹介してきた例は、多くの情報を繰り返し迅速に処理することが必要であることからマルチメディアの活用が最も効果的である。筆者は、このようなプロセスと見方・考え方こそ“自然そのもの”を対象とする地学の学習で学ぶべきものと考えている。処理結果を巡って意見を出し合ううちに、場合によっては、再調査や再測定を試みようとの意見も出てくるであろうし、測定精度を上げたいという意見も出てくるであろう。多くの結果(情報)を処理することで本来の観察・実験の意義や大切さを再認識できるのである。併せて、クラス全員の結果が活かされることにより、学習への意欲が高まるという効果も特筆すべきことである。筆者らが試みたコンピュータ活用の実践研究において、このような結果が得られている(林ほか, 1991b; 林ほか, 1993)。このような活用では、児童・生徒に考える場を与え、地学の学習の原点である自然への働きかけへフィードバックさせることを意味する。ここにマルチメディア活用の大きな意義が考えられる。さらにネットワークの活用によって、お互いの結果(情報)の共有も可能となる。

データベースの構築と利用は、教育においても比較的早くから注目されていたもので、情報活用においても重要な位置を占めている。根岸(1992)は非恒星天体のデータベースと検索用のプログラムを作成し、授業実践を通してそれらの有効性を検討している。また、山崎・濱田(1998)は地学教育に利用可能なデータベースを構築し、それらの利用により長期のデータ比較や経年変化を知ることが容易になることを指摘している。これらのデータベースは専門家ないし教師が構築し、授業において児童・生徒が利用するタイプであるが、今後は、各学校において児童・生徒の観察・実験結果、あるいは調べた結果をデータベース化し、校内ネットワークで検索することも検討に値することであろう。

しかし、上記の例において必ずしもマルチメディアを使用する必要はなく、グラフ用紙やトレーシングペーパーを用いることで事足りるとの考え方も当然で

あることを指摘しておかねばならない。特に“グラフ化”や“地図に結果をプロットする”ことは、理科の学習、地学の学習の基礎・基本をなす事柄でもあるので、安易にコンピュータでの処理に走ることなく、まずは児童・生徒自らが手作業で行い、その意味を理解することも必要であろう。

c タイプ

このタイプは、インターネットやCDやDVDなどのデジタルメディアを利用し、資料やデータの収集、あるいは情報の発信や共有を行うものである。児童・生徒自らが、マルチメディアを操作しこのような活動を行うことは、情報の基盤を地学として、学習の中で情報の関連する価値や意味を判断し活用することを意味する。まさに“情報に主体的・積極的に関わる”ことであり、この点で情報教育との関わりが最も深いと考えられる。最近では、総合的な学習の時間とも関係し、地学の授業におけるマルチメディア活用に関する研究・実践報告も、このタイプに関するものが増加する傾向にある。

CDで提供されているデータの活用については、気象関連の例を、榊原・東原(2000)及び渡辺ほか(2000)が報告している。また、理科年表CDを活用する方法を根岸(1997)が、さらに、地球観測衛星データセット(宇宙科学事業団, 2001)を活用した例を池本・榊原(2001)が報告している。

インターネットでは多くのWebサイトが開設され、各教科の学習で資料収集に利用されている。地学の学習に関しては、教育用サイトのみならず、例えばハッブル望遠鏡、各地の天文台、ひまわり画像、アメダス情報など一般のサイトにおいても、授業で活用可能な資料が数多く存在している。内記(1996)は代表的な個人向けサイトであるNifty Serveから各種データを入手する方法を紹介している。三崎(1996)は、インターネットでひまわり画像を観察させた方が新聞紙上のものの観察と比べて教育的効果が高かったことを報告している。また、池本・榊原(2000)が、ひまわり画像と雲分布模型を併用した実践例、神鳥ほか(2001)がインターネット上に公開されている高解像度天体画像を活用した教材の提案、三次ほか(2000)が大学生の野外地質巡検のための事前学習用Webサイト構築例を報告しているなど、インターネット活用は今後、一層有効な手段となると思われる。

ただし、インターネットサイトは、全てが利用者の視点で掲載されているとはいえず、むしろ掲載する側

の主張の視点で作成されたものも多いため、必ずしも欲しい情報が入手できるとは限らない。したがってインターネットサイトの閲覧では、この点を十分ふまえてサイトを検索し、利用することが肝要である。このことは、総合的学習の時間の調べ学習や情報教育についても同様である。この場合、著作権についても十分留意する必要がある。

Web ページは、HTML (Hyper Text Markup Language の略) を用いて構築され、ブラウザソフトを用いて閲覧する。Web ページでは、いわゆるハイパーリンクにより次々に別のページを表示できること、また、テキストをはじめ、図・写真、ムービーさらに音声も扱うことができるなど、マルチメディアを前提としたコンテンツに適している。また、Web ページ特有のハイパーリンク機能は、多くの事柄を関連させながら、あるいは複雑な内容に注釈や関連事項を効果的に参照しながら分かりやすく表現できる方法である。そのため、CD で提供 (販売も含め) される資料やデータも Web ページを基盤として制作されているものがほとんどである。

地学の授業では、これまでに述べてきたように、解説テキストのみならず、図・写真、さらにムービー等を活用すること、さらにそれらの相互関連づけも重要である。このようなことから Web ページを用いた地学教材や資料は、大変効果的と考えられる。最新の例では、筆者らも、西日本の地質を紹介する目的で 50 人の研究者から寄せられた原稿を元に Web コンテンツを編集・制作し、CD に収録して希望者に頒布している (図 8) (林ほか, 1998)。筆者が属する研究室では、偏光顕微鏡による鉱物検索のための Web 教材 (図 9) を開発し提案している (永田ほか, 1999)。上原ほか (2002) は暗黒星雲の画像を集成した Web サイトを構築し、公開している。専門研究者による地学教育を前提としたこのようなサイトは非常に有益である。

Web ページを構築するために、現在では廉価な専用のソフト (例えば、Microsoft Homepage Builder, Adobe Golive, Macromedia dreamweaver 等) があるが、最近ではワープロソフトやプレゼンテーションソフトでも HTML 形式保存ができる機能を備えているなど、児童・生徒でも比較的容易に Web ページを作成できる状況となっている。したがって今後は、教師や専門家のみならず、児童・生徒が学習を通して調べたこと、発見したこと、例えば地域で見つけた露頭

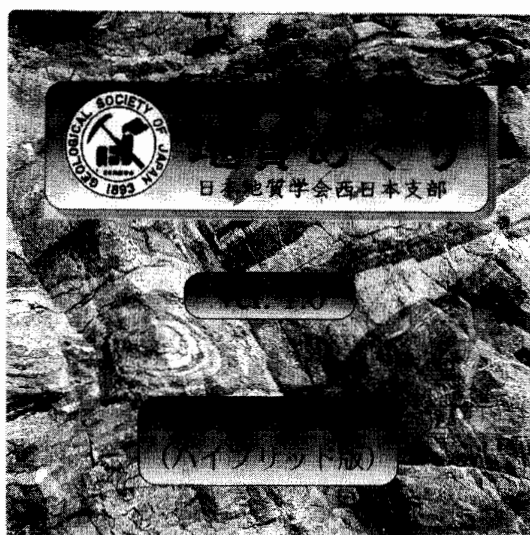


図 8 西日本の地質めぐり CD-ROM, 林ほか (1998) による, 日本地質学会西日本支部発行



図 9 鉱物検索のための Web 教材の一面 (普通角閃石), 永田ほか (1999) による

の紹介、天気の様子、災害等について Web ページで表現する活動が考えられる。その成果は CD や校内ネットワーク (イントラネット) を通した情報共有、さらにはインターネットでの情報発信へも発展させることができよう。この種の例として数越 (2001) が阪神淡路大震災に関する課題研究の実践を報告している。

Web ページを軸とする上記のような活動において、児童・生徒は以下の学習効果が期待される。

- ・情報を整理・加工し発信（表現）する側になることで、発信内容（つまり学習内容）についての理解がより深化し、内容に関するフィードバックも期待できる。
- ・独特の表現が可能な Web ページを用いることで、学んだことを体系的に整理することができる。
- ・他の教科、後の学習でも利用できる。
- ・いわゆる情報に関して、積極的に関わろうとする意欲を培うことができる。
- ・内容によっては学習の枠を越え、地域情報の蓄積・発信への貢献も可能になる。

コンピュータネットワークは2つのコンピュータの連結から、企業内や学校内でのイントラネット、さらに世界レベルのインターネットまで規模も様々であるが、双方向でリアルタイムに情報の共有、交換を行うことが基本的かつ重要な機能である。地学の学習のうち、天気に関する学習では広域的なデータや情報をインターネットでリアルタイムに収集することが効果的であり、全国各地に設置されている天気ライブカメラを活用した報告（松本・坪田，1997；手代木，2001）や PHS を利用し野外の様子をリアルタイムに教室に送信する授業実践の報告（相場ほか，1999；相場ほか，2000），インターネット天文台からリアルタイムに天体画像を送信するシステムの構築（松本ほか，1999）がある。さらに田中・松川（1996）は TV 会議ソフトを活用し、研究者と高校生が双方向でコミュニケーションした授業の実践を報告している。TV 会議によって遠隔地とリアルタイムで双方向通信できることはインターネットの重要な機能で、今後のインターネット教育利用でも重要な位置を占めると考えられる。筆者らも、大型天体望遠鏡による天体画像のライブ送信と双方向通信とを組合せた授業について研究を進めている（林・鹿江，2001）。さらに、双方向通信を活用して各地の学校をつないで、ライブで天気や露頭等の映像や関連情報を共有することも学習を広げ深める上で有意義と考えられる。ブロードバンド環境では、このような授業も十分可能と考えられ、教室から日本レベル、世界レベルまで広範囲な情報を相互に参照しあう学習へ発展させることが可能となる。双方向及び情報共有は情報化及びグローバル化社会におけるキーワードであり、情報教育においても推進すべき

重要な事項である。

地学の学習においても、学習内容への理解が促進されることを前提に、様々な学習場面でネットワークを活用し、児童・生徒同士、または他校、他機関などと双方向で学習に関連する情報のやりとりを行う活動を期待したい。

IV. おわりに

これまで述べてきた地学の学習におけるマルチメディア活用の要件は、以下のようにまとめることができる。

- ・地学教育におけるマルチメディアの活用には、大きく3つのタイプに分けられるが、いずれにおいても基礎・基本としての地学本来の学習内容に対する理解促進が前提である。
- ・地学本来の学習を促進するために、地学の学習の特徴とマルチメディアの特徴の双方が活かされるような活用が望まれる。
- ・マルチメディア用のムービー教材は、事物・現象を動的かつ具体的に提示できる上、操作も簡単であるので、コンテンツ開発を進める必要がある。
- ・地学の学習で必須の視聴覚教材は、マルチメディアによって各メディアを1つの画面で、互いに関連させながら提示することが効果的である。
- ・既存の資料やデータ等の収集に利用するのみではなく、児童・生徒の観察・実験結果をはじめ、関連情報も併せて処理し、児童・生徒が学習成果を発表するような活動が重要である。
- ・その場合、考える場を与え、かつ本来の観察・実験にフィードバックできるような工夫や指導も必要である。
- ・児童・生徒による多くの観察・実験結果を集約し（データベース化も含む）、グラフ化や図的表現することを通し、規則性や変化傾向を見いだせるような工夫が望まれる。
- ・インターネットサイトで使用される Web ページは教師や専門家による教材作成のみならず、児童・生徒による学習成果の発表や情報交換にも活用することが学習内容の整理と理解のためにも効果的である。
- ・ネットワークによるリアルタイムの情報送受信、双方向情報交換、情報共有は情報教育とも関連しており、重要な活動である。

マルチメディアは初期のマイコンから始まり、現在

では高性能なものにまで発展・進化し、ネットワーク環境の飛躍的発展とともにグローバル化を支える機器となっている。初期のマイコンとは比較にならない程の変化といえる。このような変化の潮流は操作性の向上と機能の多様化と見なされ、教育における活用も拡大と多様化の方向にあるといえる。現在のマルチメディアは特別な学習をしなくても、ある程度までの操作は可能であり、機器に振り回される時代は終わろうとしている。

マルチメディアは便利なマシンであり、児童・生徒も興味・関心をもってその操作に取り組むであろうし、短時間のうちに操作できるようになる。しかし、マルチメディアはあくまでも“教育機器”であり、1つの“道具”である。教育の主体たる児童・生徒はマルチメディアを学ぶのではなく、マルチメディアで学ぶのである。その意味で、今後は“利用環境”の整備から、学習するための媒体、つまりマルチメディアで扱う内容の研究開発が一層推進されなければならない。マルチメディアは地学の学習を深化するための大きな可能性を持つ機器である。今後、マルチメディアが教育機器として普及・定着されるために、児童・生徒はもちろん、一般の教師にとっても抵抗なく操作できるような教育用アプリケーションとコンテンツの開発を期待したい。

引用文献

- 相場博明・鈴木秀樹・鈴木二正・板場 修・高橋尚子 (1999): 野外と教室をつなぐ遠隔授業の実践—流れる水のはたらきを例にして—。地学教育, 52, 1-10.
- 相場博明・馬場勝良・鈴木秀樹・鈴木二正・清水研助・板場 修・高橋尚子・西田亨邦 (2000): 野外と教室をつなぐマルチポイント遠隔授業。地学教育, 53, 25-34.
- 林 慶一・松川正樹 (1994): 地学教育の具体化—小・中・高校と次第に拡大されていく自然観—。地学教育, 47, 31-42.
- 林 武広 (1986): 花崗岩質岩石及び伴付岩類の観察に関するデータベース。広島大学学校教育学部紀要, II, 9, 103-112.
- 林 武広・吉村典久・吉野言生 (1987): 地質体の構造に関する幾何学的データのコンピュータグラフィック。広島大学学校教育学部紀要, II, 10, 135-142.
- 林 武広・鈴木盛久 (1990): 画像解析による花崗岩類のモード測定。岩石鉱物鉱床学会誌, 85, 60-65.
- 林 武広・鈴木盛久・吉村典久・吉野言生 (1991a): パーソナルコンピュータによる岩石薄片の幾何学的データの処理。広島大学学校教育学部紀要, II, 13, 49-56.
- 林 武広・玉井基宏・藤川義範・鈴木盛久・吉村典久 (1991b): 地学領域におけるCAIの実践的研究I—その理念に関する一提案と小学校での指導例—。広島大学教育実践研究指導センター紀要, 5, 91-101.
- 林 武広・田中正樹・有田正志・鈴木盛久 (1993): 地学領域におけるCAIの実践的研究II—中・高等学校における指導例—。広島大学教育実践研究指導センター紀要, 5, 91-101.
- 林 武広 (1996): Mellis法によるステレオ投影密度分布図の描画。情報地質, 7, 199-207.
- 林 武広・宮本隆実・早坂康隆 (日本地質学会西日本支部CD-ROM制作委員会) (1998): 「西日本の地質めぐり」CD-ROMについて。日本地質学会News, 1(10), 25-27.
- 林 武広・鹿江宏明 (2001): インターネットを活用した天体学習の試み。日本地学教育学会第55回全国大会要旨集, 136-137.
- 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」の学習。地学教育, 53, 1-7.
- 池本博司・榊原保志 (2001): 地球観測衛星のデータを利用した大気・海水の学習。日本地学教育学会第55回全国大会要旨集, 116-117.
- 稲森 潤・岡村三郎・榊原雄太郎・本間久英 (1986): マイコンによる結晶図法について。地学教育, 39, 127-131.
- 神鳥 亮・土橋一仁・上原 準・佐藤文男 (2001): インターネットを活用した天文教材の開発—Digitized Sky Surveyと暗黒星雲—。地学教育, 54, 61-73.
- 鹿江宏明・林 武広 (1998): 身近な地学的事象を調べる中学校理科学習におけるコンピュータ活用。学校教育実践学研究, 4, 広島大学学校教育学部附属教育実践総合センター, 59-66.
- 加藤尚裕・二階堂朝光 (1999): 地層の広がりやを推論させる指導事例—ボーリング資料とグラフィックソフト(KID98)の利用を通して—。地学教育, 52, 79-86.
- 香西 武・松木公宏 (2000): 「総合的な学習の時間」と関連する理科学習への取り組み—一流路の短い河川を利用した4年生「流れる水の働き」の学習を例として—。地学教育, 53, 295-304.
- 前田卓巳 (2000): 沼隈半島の地質の教材化に関する研究。広島大学大学院学校教育研究科修士論文抄, 237-240.
- 松川正樹・林 慶一 (1994): 地学とはどのような学問か? —地学教育の目標を考えるために—。地学教育, 47, 3-9.
- 松本直記・坪田幸政 (1997): インターネットを利用した天気の学習—ライブカメラによる観天望気—。地学教育, 50, 37-43.
- 松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣 (1999): 地学教育におけるインターネットの利用—インターネット天文台の構築と利用—。日本地学教育学会第53回全国大会要旨集, 116-117.
- 三崎 隆 (1996): インターネットから検索できるひまわり雲画像に関する基礎的研究。地学教育, 49, 123-130.
- 三次徳二・平野弘道・高橋昭紀 (2000): 野外地質巡検の

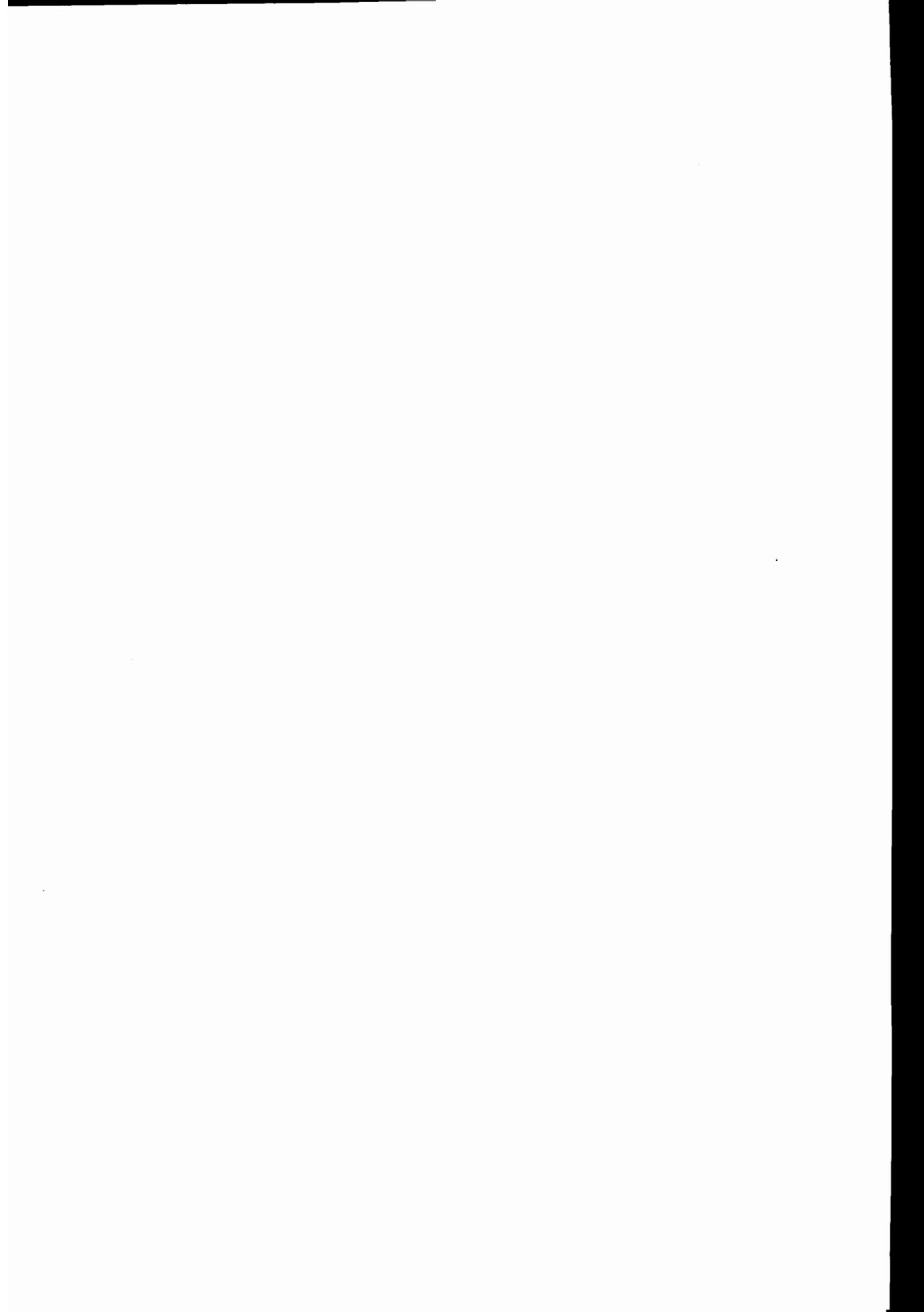
- 事前学習へのインターネット活用. 地学教育, 53, 71-75.
- 文部科学省(2000): 学習資源デジタル化・ネットワーク化推進事業(学校教育用コンテンツ開発)要項.
- 文部省(1997): 体系的な情報教育の実施に向けて. 情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議.
- 長洲南海男(1982): 地学学習における視聴覚教材の活用. 関利一郎編著 地学教育の新しい展開, 東洋館出版, 東京, 199 p.
- 永田雄一・下久吉博宣・小倉泰史・谷口剛章・高田英・原田浩毅(1999): 造岩鉱物検索のためのCDの制作. 日本地学教育学会第53回全国大会要旨集, 85.
- 内記昭彦(1996): パソコン通信による画像の入手と利用について. 地学教育, 49, 77-83.
- 内記昭彦(2001): 地学教育におけるコンピュータ利用の現状とこれから. 日本地学教育学会シンポジウム—地学教育とその情報化への対応—. 要項集, 6-7.
- 中村泰久・小川 慎(1994): 連星系のパソコンシミュレーション I. 近接連星の形状と公転運動. 地学教育, 47, 163-172.
- 中村泰久・細井淑子・小川 慎(2002): 連星系のパソコンシミュレーション III. 分光連星の視線速度変化. 地学教育, 55, 1-12.
- 根岸 潔(1986): パソコンの天文教育への応用. 地学教育, 39, 133-140.
- 根岸 潔(1992): 検索用のデータベースの作成とその教材化. 地学教育, 45, 57-63.
- 根岸 潔(1997): 理科年表 CD-ROM の活用について. 地学教育, 50, 87-91.
- 西村友典(2002): 地域地質を基にした地学野外学習教材の開発—広島県西条盆地を例として—. 広島大学大学院教育研究科修士論文抄, 75-76.
- 小川 慎・中村泰久(1995): 連星系のパソコンシミュレーション II. 食連星の光度変化. 地学教育, 48, 103-112.
- 荻原 彰(1989): コンピュータシミュレーションを使った土石流・崖崩れに関する教材の開発. 地学教育, 42, 251-255.
- 荻原 彰(1995): コンピュータを利用した地域の地質に関する教材の開発. 地学教育, 48, 49-55.
- 小倉泰史(1999): 広島県中西部に分布する白亜紀火山岩類の研究及びその教材化への試み. 広島大学大学院学校教育研究科修士論文抄, 213-216.
- 岡本弥彦(1990): イメージスキャナによる花こう岩類のモード測定. 地学教育, 43, 175-180.
- 岡本義雄(1998): 地学教材としての火砕流シミュレーション. 地学教育, 51, 97-105.
- 岡本義雄(1999): パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション—Linux を用いた広域格子—. 地学教育, 52, 177-190.
- 岡崎敬之(2000): 広島市東部地域の火成岩類に関する地球科学的研究およびその教材化. 広島大学大学院学校教育研究科修士論文抄, 197-200.
- 鬼村雅和・林 武広・今岡照喜(1997): 地質調査・岩石研究のための新しいデジタル機器とソフトの応用. 山口地学会誌, 39, 5-11.
- 榊原保志(1990): 課題研究のためのコンター作成ソフトウェアの開発とその利用. 地学教育, 43, 149-156.
- 榊原保志(1991): 理科教育にコンピュータを用いる上での問題と地学教育の展望. 地学教育, 44, 39-44.
- 榊原保志・東原義訓(2000): パソコンによる気象観測記録の中から規則性を調べる学習. 地学教育, 53, 201-208.
- 島貫 陸・浅井嘉平・浦野 弘・嘉村策磨・根岸 潔・丸山健人・水野孝雄(1987): 地学教育において開発が望まれるコンピュータのソフトウェア. 地学教育, 40, 45-57.
- 下野 洋(1999): 地学教育と「総合的な学習の時間」とのかかわり. 日本地学教育学会第53回全国大会要旨集, 112-113.
- 塩野清治・升本真二・弘原海清(1988): BASICによるコンターマップ I 基礎編. 共立出版, 東京, 114 p.
- 数越達也(2001): 地学の授業で取り組んだ防災教育とインターネットによる発信. 日本地学教育学会シンポジウム—地学教育とその情報化への対応—. 要旨集, 28-31.
- 田中義洋・松川正樹(1996): インターネット CU-SeeMe を使った授業—恐竜の生態を科学してみよう!—. 地学教育, 49, 241-245.
- 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. 日本地学教育学会シンポジウム—地学教育とその情報化への対応—. 要項集, 32-35.
- 宇宙開発事業団(2001): 地学教育のための地球観測衛星データセット (CD-ROM).
- 上原 準・土橋一仁・神鳥 亮・佐藤文男(2002): 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.
- 浦野 弘(1996): リテラシーと情報教育の枠組みをふまえた気象教育. 地学教育, 49, 41-48.
- 浦野 弘・島貫 陸(1989): 気象通報のデータから等圧線図を作るパーソナルコンピュータ用ソフトウェアの開発. 地学教育, 42, 95-102.
- 渡辺嘉士・高橋 修・石井 醇(1990): イメージスキャナを利用した面積測定法による色指数測定システム. 地学教育, 43, 181-188.
- 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活動. 地学教育, 53, 259-268.
- 山崎良雄・濱田浩美(1998): データベースの地学教育への活用. 地学教育, 51, 67-75.
- 横尾武夫・柴山元彦・福江 純(1995): コリオリ力の巨視的理解—コンピュータグラフィックを活用して. 地学教育, 48, 147-156.

林 武広: 地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性 地学教育 55 巻 6 号, 245-257, 2002

〔キーワード〕 マルチメディア, 情報教育, 視聴覚教材, Web 教材, 双方向通信, ネットワーク

〔要約〕 地学の学習におけるマルチメディア活用は, a) 視聴覚教材のマルチな提示, b) 児童・生徒の観察・実験結果の処理と蓄積, 及び c) インターネットや CD 等のデジタルメディアによる資料の収集と情報発信・共有の 3 タイプが考えられるが, どの場合でも地学本来の学習促進の視点が重要である。また, 地学の学習は総合的な性格を有しており, ネットワークによって学習結果や関連情報をリアルタイムに送発信する活動は, 学習の深化のみならず情報活用能力の育成にも寄与できる。

Takehiro HAYASHI: Proposals for Practical Use of Multimedia Computer in the Teaching and Learning of Earth Science. *Educat. Earth Sci.*, 55(6), 245-257, 2002



原著論文

地学的データの類似と相違の表現方法

—上総層群の堆積環境を例として—

青野 宏 美*

1. はじめに

地学的な資料をデジタル化して、情報処理を行うことは日常の地学の授業でもよく行われる。しかしながら、このような地学的なデジタル情報の中で、有用なものだけを選択してアナログ表示を行うためには、洞察力と的確な選択眼が必要となり、生徒にとって難しい作業である。このように取捨選択して精選されたデータのみを用いてグラフ化した図表では、わかりやすいプレゼンテーションであるか否かが問われる。また、統計処理に頼らずに、一見してどのデータとどのデータがどれくらい似ているのか、似ていないのかを判別することも同様に困難な作業である。

本論では、地学教育で用いられるデジタル情報をアナログ化したときに、それらのグループとしての類似性(類似度)を判定する方法を開発し、実際に野外調査で得られたデータに応用して地学的な解析を試みた。

地学的データ解析の手法(マルコフ解析・エントロピー解析・クラスタ解析)のフローチャートを図1に示す。統計処理の内容は難解な計算が必要であるが、エクセルなどの表計算ソフトで簡単に計算できる。

野外調査のデータとしては、千葉県房総半島に分布し、鮮新-更新統から成る上総層群中の各堆積相の積み重なり方のデータ(青野・桂, 1995)を用いた。第一に、上総層群中に見られる乱泥流堆積物に着目し、その砂泥互層からなるブーマ・シーケンス中の堆積構造をデータとして用いた。これらの一次元的な配列データを表計算ソフト(MS Excel)に取り込み、推移頻度行列 F を作成し、さらに推移確率行列 P を計算してマルコフ鎖を作成し、マルコフ解析を行った。第二に、各堆積環境を表す推移確率行列 P が、どれくらい似ているかを表すために、質的に異なる2つの要素、距離係数と相関係数を組合せて、それらの類似度を標準偏差で表示する方法に工夫をこらし、その類似

度を基にデンドログラムを作成してクラスタ解析を行い、上総層群の堆積環境について考察した。この類似度表示に関するグラフは、今までに行われたことのない、実用的で明快な新しい表示法として地学の授業にも応用することができる。第三に、推移確率行列 P から質的に異なる2つの値、等確率状態からのずれを表す量 D_1 と、独立状態からのずれを表す量 D_2 を導入することによってエントロピー解析を行うと、地層の垂直的(時間的)変化を詳細に追跡することもできる(青野・桂, 1995)。最後に元の推移確率行列 P を持つ海底扇状地や陸棚などの堆積環境が、どれくらい似ているのか、または近縁であるかを明らかにするために、上総層群の各堆積環境ごとのデンドログラムを作成し、各堆積場を比較検討した。その結果、房総半島の上総層群に分布する地層に見られるさまざまな堆積環境が示す堆積相の積み重なり方の違いが明らかとなった。

2. 乱泥流堆積物とブーマ・シーケンス

海底で混濁流の結果として生じた乱泥流堆積物中の

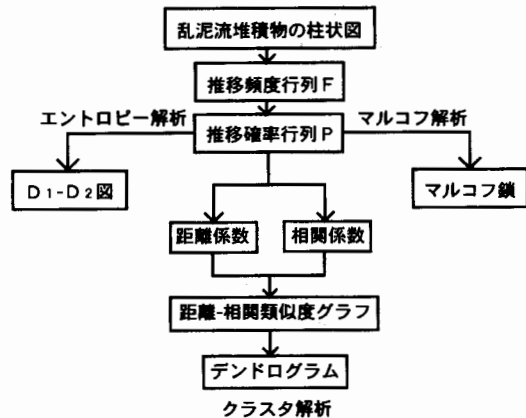


図1 堆積相の積み重なりを表す行列の類似度解析法のフローチャート

* 東京成徳大学高等学校 2002年3月9日受付 2002年9月21日受理

堆積構造について、Bouma (1962) は、ブーマ・シーケンスと呼ばれる堆積モデルを提唱した (図2)。また、Mutti and Ricci (1972) は、堆積相および堆積相アソシエーションという概念を用いて、主に乱泥流堆積物から成る北部アペニン山脈の堆積相解析を行った。同じ年に Corbett (1972) は、タスマニアの上部カンブリア系について、供給源に近い方から遠方にかけての乱泥流単層の断面モデルを示した。一方、海底扇状地に関する研究は数多くあるが、Walker (1979) のモデルは、深海扇状地の基本的な堆積相のモデルとして重要である。その後、Stow (1985) は、ブーマ・シーケンスのモデルは中粒砂の乱泥流 (クラシカル・タービダイト) に特徴的に見られ、Stow のモデルは細粒砂の乱泥流に発達しているとして、スランプ・土石流・乱泥流に関して再堆積した碎屑物の堆積相モデルを示した。

日本において、このような堆積相解析を行うためには、地質構造が単純で露出がよく、同時間面を示す鍵層としての火山灰層などを多数挟んでいる露頭が必要である。このような条件を備える房総半島に分布する新生界は、堆積学的な研究を行うには好都合のフィールドである。

3. 上総層群に見られる乱泥流堆積物

房総半島の中部から北部にかけて分布する鮮新-更新統から成る上総層群 (図3) は、一般に東西または

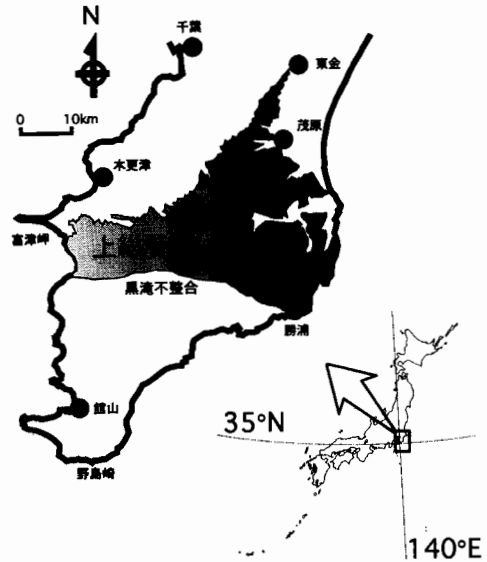


図3 房総半島に分布する上総層群

北東方向の走向を持ち、北または北西方向へ緩く傾斜する。上総層群は、海成の碎屑性堆積物 (厚さ3 km以上) から成り、岩相の特徴から、分布西部で11累層、分布東部で12累層に細分されている (三梨, 1979)。上総層群は、「黒滝不整合」を境として主に海成の乱泥流堆積物から成る三浦層群の上に重なる。上総層群は、不整合面を境として、浅海成または河川成の堆積物から成る中・上部更新統の下総層群によって覆われる。上総層群南部には、中鮮-鮮新統の三浦層群、漸新-中新統の保田層群、古第三系の嶺岡層群が東西方向に分布する。

Katsura (1984) は、上総層群全体にわたる詳細な堆積相解析を行い、複数の堆積環境に堆積した堆積相を同定した (図4)。また徳橋 (1988) は、厚さ数 mm から1~2 m の泥岩層や砂岩層を1枚ずつ丹念に30 km 以上も追跡した単層解析によって、この地域を構成する単層の形態・堆積構造・粒度分布などを明らかにした。さらに、Ito and Katsura (1992, 1993) の研究によって、上総層群では、海盆平坦面、海底扇状地、斜面、陸棚、海浜、潟などのさまざまな堆積シーケンスからなる環境下で前弧海盆が埋積され、氷河性の海面変動の影響を受けた小規模な砂質の海底扇状地の発達に伴ってタービダイト堆積物の形成が行われたことが明らかとなった。

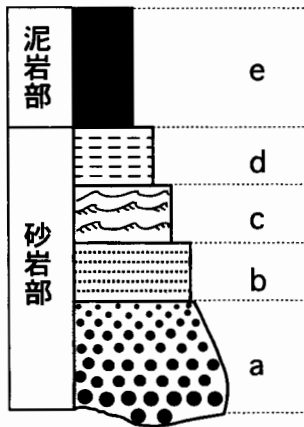


図2 ブーマ・シーケンスの柱状モデル (Bouma, 1962 を基に作図)
a: 級化層理部, b: 下部平行葉理部, c: リップル葉理部, d: 上部平行葉理部, e: 泥岩部 (遠洋性堆積物の泥岩相を含む)

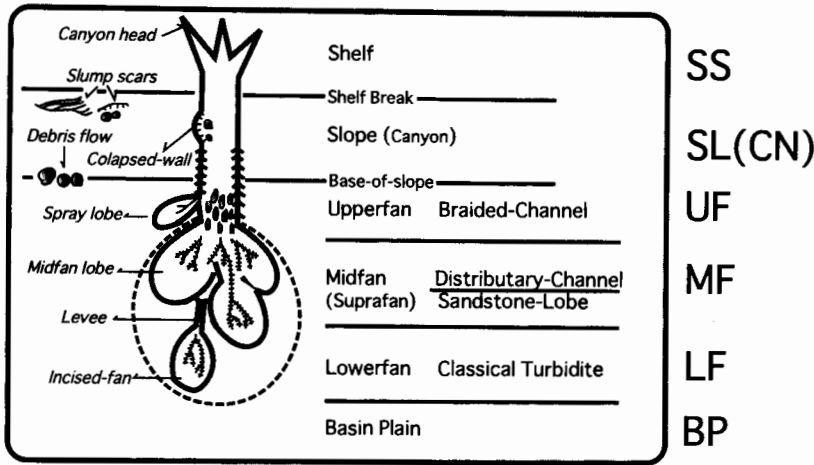


図4 上総層群の堆積相モデル (Katsura, 1984 に加筆)

BP: 海盆平坦面, LF: 下部扇状地, MF: 中部扇状地, UF: 上部扇状地, SL: 斜面, CN: 海底谷と自然堤防, SS: 砂質陸棚およびストーム陸棚

4. 上総層群に見られる堆積相のマルコフ表示

マルコフ解析を行うことにより各堆積相の特徴と相違を明らかにし、堆積盆における乱泥流の堆積作用の根本的な特徴をより明確にすることができる。例として、千葉県房総半島に分布する上総層群のブーマー・シーケンス中の堆積相解析を基にして、推移頻度行列 F および推移確率行列 P を作成して、マルコフ解析を行った。推移頻度行列 F から推移確率行列 P を作成し、その行列 P からマルコフ鎖を作成する具体的な方法を以下に示す (図5)。

地層は、時間の経過に伴って、上方に向かって一方向に積み重なっていく (地層累重の法則)。その各堆積相間の推移は確率過程と考えられ、マルコフ過程として取り扱うことができる。このことは、ある時点において堆積した堆積相は、その直前に堆積した堆積相に確率的に依存していることを示している (Hattori, 1976a, 1976b; 牧野・増田, 1978; Allen, 1982)。つまり、ある地層の堆積物は、その堆積環境によって積み重なり方に特徴が現れるということを表している。マルコフ解析を行うためには、各要素を F_{ij} ($i=1, \dots, n, j=1, \dots, n$) とする推移頻度行列 F を作成する。行列 F は、地質柱状図をもとに、ある堆積相から次の堆積相への変化の頻度をカウントすることによって作成できる。a → a のように、同じ堆積相から同じものへ推移した場合には、軽微な侵食面の存在によってカウントすることができる。次に推移頻度行列 F に基づい

て、推移確率行列 P を計算する。本論では、上方への推移確率を記述する行列のみを扱うものとする。また、タービダイト単層の厚さは、乱泥流堆積物の流下した碎屑物の量を反映しているが、厚いものでも薄いものでも1回の乱泥流が通過したときの生成物であるので、堆積相カウント時に堆積相の厚さは無視して行列を作成した。堆積相の厚さを含めた解析は、今後の課題である。式(1)にあるように、行列 P の各要素 P_{ij} は、行列 F の各要素 F_{ij} を行合計 F_i で割ったものである。

$$P_{ij} = F_{ij} / F_i = F_{ij} / \sum F_{ij} \quad (\sum P_{ij} = 1, 0 \leq P_{ij} \leq 1) \quad (1)$$

図5に推移確率行列 P に基づいた上総層群に見られるBP (海盆平坦面) のマルコフ鎖の例を示す。

各堆積相には、火山灰や他の要素 (スランプや礫岩層など) も含まれるが、さまざまな堆積相を通じて、乱泥流堆積物中のブーマー・シーケンスが最も共通して観察される。したがって、堆積相解析を行うに当たって、各々の堆積環境に見られる乱泥流堆積物中のブーマー・シーケンスの区分 a~e を行列の要素 (要素数 $f=5$) として用いた。各要素は、a (級化層理部)・b (下部平行葉理部)・c (水流リップルマーク葉理部)・d (上部平行葉理部)・e (泥質部) で表される 5×5 の上方推移確率行列である。区分 e は、乱泥流による泥のゆっくりとした沈積作用のほか、遠洋性の浮遊泥による堆積作用 (徳橋, 1988) を含む。

このマルコフ鎖では、上の堆積相へ移行する確率が高いほど、太い矢印の線を用いて表示した。マルコフ

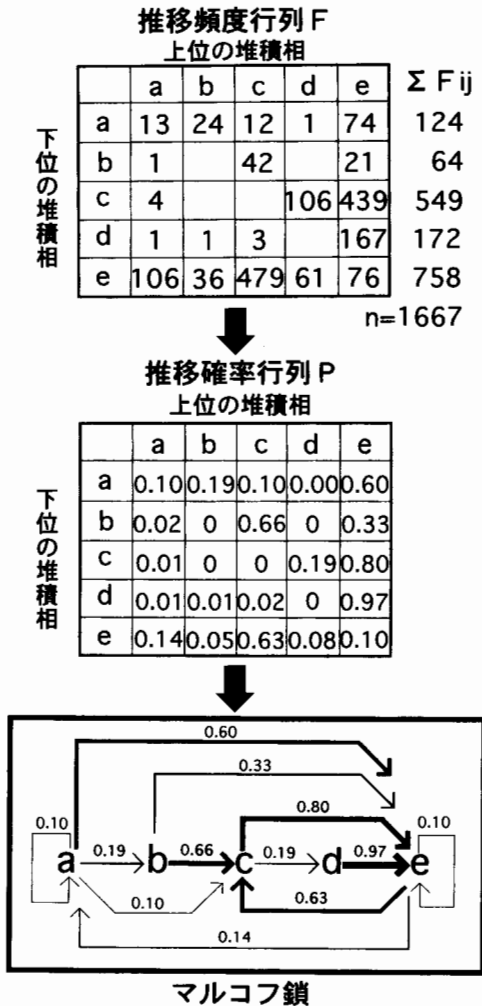


図5 マルコフ鎖の作成過程
堆積相解析により、推移頻度行列 F を作成し、行列 F を基に推移確率行列 P を計算し、最後に行列 P からブーマ・シーケンスの各区分 a~e を各要素とするマルコフ鎖を作成する。

鎖の表示では、a~e の各要素間の推移の様子が詳細に読み取れる。しかし、各堆積環境どうしのマルコフ鎖を比較した場合、どの堆積環境がどれくらい似ているのかをすぐに判断することは困難である。マルコフ鎖は、推移確率行列 P をアナログ化した図であるが、これらの行列どうしを比較検討するためには、さらに別な解析方法が必要となる。

5. 上総層群に見られる各堆積環境のクラスタ表示

上総層群に見られる乱泥流堆積物中のブーマ・シーケンスから求めた上方推移確率行列 P を基にして、各要素 a~e 間の距離係数 D_{ij} と相関係数 C_{ij} を求め、さらにそれらの標準偏差の値から類似度表示グラフを作成した。ここでいう距離とは、各行列内で対応するデータ間のユークリッド幾何学的な距離である。その後この類似度表示グラフから各堆積環境のデンドログラムを作成してクラスタ解析を行った。

デンドログラムを比較検討するときに、データ間の類似度をどのように表せばよいかが最大の問題となる。そこで、図6に示したように、単純化した仮想的なデータ群として3点の類似性を考えてみよう。類似度を表す指標として、式(2)の距離係数と式(3)の相関係数を用いることにする。さらに、各係数は相互に質的に異なる類似度を表しており、それらの取りうる数値の範囲も異なるので、距離係数や相関係数の生のデータを取らずに、各係数の標準偏差を計算して用いることにした。横軸に距離係数の標準偏差を取り、縦軸に相関係数の標準偏差を取ると、各係数の平均値が原点(0, 0)を通過する標準偏差類似度グラフとなる。このような処理によって、質的に異なる2変数である距離係数と相関係数を同等に扱い、近似度を視覚的に見やすくすることができるようになった。

x-y 軸で区切られた各象限では、その類似の様子が各象限で異なる(図6)。相関が最大で距離が最小値を示す第2象限にある1組のデータは、最もよく似てい

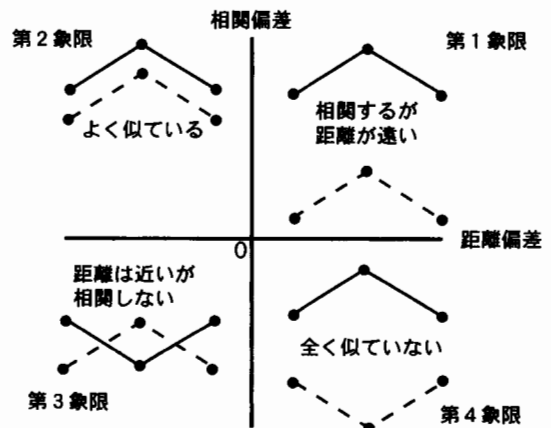


図6 距離偏差-相関偏差を用いた仮想的類似度表示

ることがわかる。(自分自身をコピーした場合は、相関係数=1, 距離係数=0となる)。それとは対照的に、相関が最小で距離が最大値を表している第4象限にある1組のデータは、最も似ていないといえる。第1象限のデータは、相関して変動するが距離が遠く、逆に第3象限のデータは、距離は近いが逆相関の関係にあり、いずれも似ているとは言い難い。ここであげた例は、単純な3点の組(1×3行列)であるが、この概念を拡張すれば、 $n \times n$ 行列にも当てはめて考えることができ、本論では要素数 $f=5$ の 5×5 行列の行列どうしの類似度を上記の方法で比較検討している。

実際に、上総層群の堆積相のデータをこのグラフ上にプロットしてみると、第1・第3象限には、測定値はあまりなく、第2象限-原点-第4象限を通る右肩下りの直線上に乗ってくる。これらのプロットした点に対して原点を通過する近似曲線(原点を通る回帰直線)を表計算ソフトのExcelを用いて最小二乗法で描かせると、回帰直線の傾きが、-1に近い値を取り、各係数どうしの相関が非常に高いことがわかった。このことは、距離が近いものほど相関が高く、距離が離れるにつれて、相関も低くなることを示している。したがって、デンドログラムを作成する上で、基準となる点(1組のデータ)は、相関が最も高く、かつ距離が最も近い点、このグラフ上で最も左上にくる点である。この1組のデータの基準値を0として、この点からの各点までの幾何学的距離を計算してデンドログラムを作成した。

相関係数と距離係数から個別にデンドログラムを作成してクラスタ解析を行う際に、仮にそれらの結果に食い違いが生じた場合(例えば、表1)どちらの係数を重視すべきであるかが問題となる。その問題を解決するために、上記の方法で相関-距離偏差グラフを作成し、その2つの係数を統合して類似度の表示をすることにした。この方法によって最もよく似ている1組のデータを選び出すことができ、2変数を統合した新基準によるデンドログラムを作成することができた。

各堆積環境におけるブーマ・シーケンスの区分a~eを要素とし、上方推移確率行列 P の類似度として、距離係数と相関係数を用いた上総層群中の各堆積環境ごとのデンドログラム(図7)と上総層群中のすべての堆積環境を比較したデンドログラム(図8)とを作成した。前者を例にデンドログラムを作成する具体的な方法を図7とともに以下に示す。

上方推移確率行列 P に対する距離係数 D_{ij} は、式(2)

によって計算できる。

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_k (P_{ik} - P_{jk})^2} \quad (2)$$

D_{ij} とは、 i 行目と j 行目のデータ間のユークリッド距離である。短い距離は、その2つの行データの値が近い、または緊密な関係があることを示す。

また、上方推移確率行列 P に対する相関係数 C_{ij} は、式(3)によって計算できる。

$$C_{ij} = \frac{\sum_k P_{ik}P_{jk}}{\sqrt{\sum_k P_{ik}^2 \sum_k P_{jk}^2}} \quad (0 \leq C_{ij} \leq 1) \quad (3)$$

ここでは、算術平均を用いた分類法(重み付きペアグループ法)で計算を行った。ペアグループ法によって分類するときの最初の手順は、類似度偏差グラフにプロットした点がグラフ上で最も左上に位置するものを見つけて、クラスタの基準(0)とする(図7)。次に、グループ化または、クラスタ化した要素を単一の要素として取り扱い、すべてのクラスタとクラスタ化していないデータ間の新たな相関を単純算術平均によって再計算する方法(メジアン法)によって相似行列を再計算する(浅野, 1991)。つまり、データの属するグループやクラスタを最も似ている他のグループと関連づけるために、類似度が最も高いデータが同じグループに並ぶように、階層構造を構築してデータを再配置する。すべてのデータが分類グループに完全に配列されるまで、このクラスタ化の作業を繰り返し、相互に高いペアを見つけて、次々にクラスタ化を続ける。すべてのクラスタが1つになるまで続け、残った2つのクラスタ間の 2×2 行列が、最終的な相似行列となる(Davis, 1973)。各堆積相を表す7つのデンドログラムでは、回帰直線の傾きの平均値が-0.93、回帰直線への相関係数の平均値は85.8%であった。大陸斜面を除く他のすべての堆積環境では、ブーマの区分のc-dが基準(0)になることがわかった。

最後に、上総層群全体の堆積環境について類似度表示グラフを作成したところ、このグラフの回帰直線の傾きの値は、-0.99、相関係数の値は98%となった。グラフ上で最も左上に位置するデータは、海盆平坦面と下部海底扇状地の1組であり、このペアを基準として、デンドログラムを作成した(図8)。上総層群における各堆積環境における堆積物の積み重なり方は、大きく2つのグループに別れ、どの堆積環境がより密接な関係にあるのかが、視覚的によくわかるようにな

表 1 距離係数と相関係数の順が一致しない場合の例
*印は、距離-相関係数が一致しない組み合わせを示す。

B P	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	25.9	1.0	0.0
b-e	27.7	0.9	0.1
a-c	36.3	0.9	0.4
a-d	43.7	0.9	0.6
a-b	65.6	0.6	1.8
b-c	83.1	0.4	2.5
b-d	90.6	0.5	2.6
a-e	74.9	0.2	2.8
c-e	96.0	0.2	3.3
d-e	107.8	0.2	3.6
L F	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	28.8	1.0	0.0
b-e	39.9	0.8	0.7
a-b	51.5	0.7	1.4
a-c	57.1	0.7	1.5
a-d	68.0	0.7	1.8
a-e	53.2	0.4	2.4
b-c	79.1	0.5	2.8
b-d	87.9	0.5	3.0
c-e	88.9	0.2	3.8
d-e	104.8	0.1	4.4
M F	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	13.0	1.0	0.0
b-e	61.4	0.6	2.4
a-b	62.2	0.6	2.5
a-d	69.1	0.6	2.7
a-e	61.4	0.4	3.0
a-c	77.6	0.5	3.0
b-d	84.2	0.4	3.5
b-c	92.9	0.4	3.9
d-e	95.7	0.1	4.5
c-e	106.8	0.0	5.1
U F	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	34.0	0.9	0.0
a-d	46.0	0.8	0.8
b-d	49.2	0.8	0.9
a-b	49.5	0.7	1.2
b-c	57.4	0.8	1.2
a-c	63.7	0.8	1.5
a-e	66.5	0.5	2.3
d-e	78.6	0.4	2.8
b-e	82.7	0.3	3.3
c-e	110.9	0.1	4.6

S L	距離係数	相関係数	デンドログラム
a-c	21.2	1.0	0.0
a-d	20.6	1.0	0.2
c-d	32.5	1.0	0.7
b-e	34.0	0.9	1.1
b-d	38.3	0.9	1.3
d-e	44.6	0.8	1.9
a-b	57.8	0.7	3.0
a-e	55.7	0.7	3.0
b-c	69.1	0.7	3.5
c-e	71.7	0.7	3.8
C N	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	6.7	1.0	0.0
a-e	26.6	0.9	0.9
b-c	46.0	0.9	1.5
b-d	49.0	0.9	1.7
a-c	66.2	0.7	2.5
a-b	59.6	0.6	2.6
a-d	72.5	0.7	2.8
b-e	69.1	0.5	3.4
c-e	88.3	0.4	4.0
d-e	94.6	0.4	4.3
S S	距離係数	相関係数	デンドログラム
c-d	4.9	1.0	0.0
a-d	34.1	0.9	0.9
a-c	34.0	0.9	0.9
a-b	37.9	0.8	1.1
b-c	50.4	0.8	1.5
b-d	51.5	0.8	1.6
b-e	75.6	0.3	2.9
a-e	78.1	0.2	3.1
c-e	100.3	0.1	3.9
d-e	101.2	0.1	3.9

り、各堆積場における堆積作用の違いを考える上での重要な参考資料となることがわかった。

6. ま と め

デジタル化された地学的情報をアナログ化する際に、各データ間の類似度を評価する方法を工夫してわかりやすい表示法の開発を試みた。その応用例として、房総半島に分布し、鮮新-更新統から成る上総層群中に見られる乱泥流堆積物の堆積構造を用いて、各堆積相の類似度表示を行った。房総半島に分布する上総

層群中には、浅い方から沖合にかけて見ると陸棚・海底谷・斜面・海底扇状地・海盆平坦面などのさまざまな堆積環境が見られ、それらの堆積環境に特徴的な堆積物や積み重なり方が存在する (Katsura, 1984)。こうしたさまざまな堆積環境における堆積作用の違いを明らかにするためには、各堆積環境に共通した尺度で比較でき、かつその尺度の違いが明瞭な物差しを使う必要がある。そこで、上総層群中の堆積構造から地質情報を読み取るために、各堆積環境に共通して観察される乱泥流堆積物中のブーマ・シーケンスの区分 a~

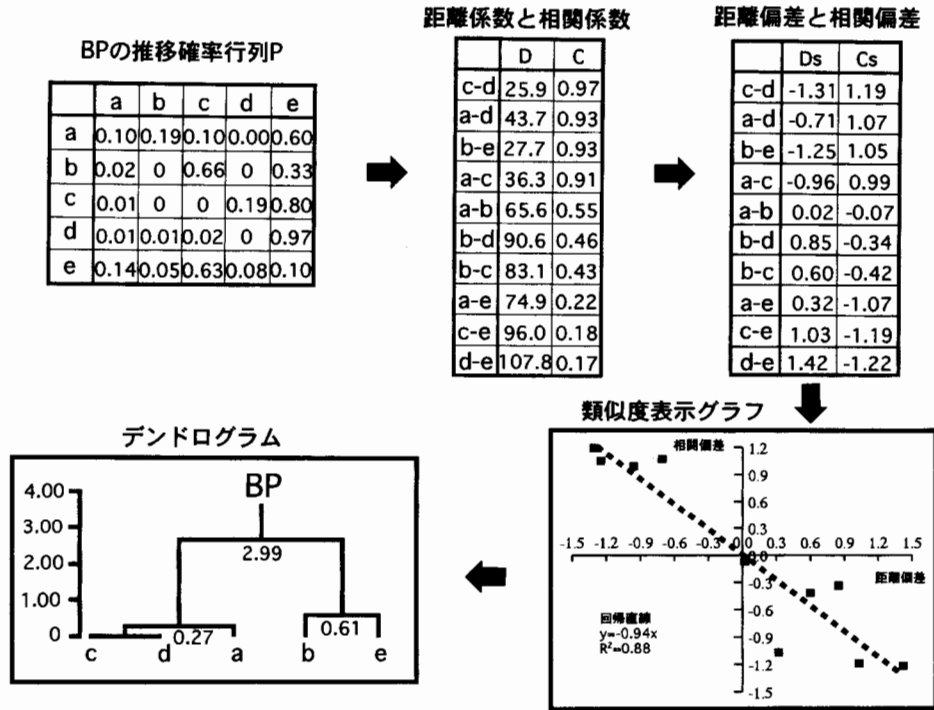


図7 デンドログラムの作成過程

BPの推移確率行列Pを基にブーマ・シーケンスの各区分a~e間の距離係数Dと相関係数Cを計算し、その係数の標準偏差DsとCsを求める。距離偏差Dsを横軸に、相関偏差Csを縦軸に取って各点をプロットし、原点を通る回帰直線を求める。最も左上の点を基準(0)として、デンドログラムを作成する。

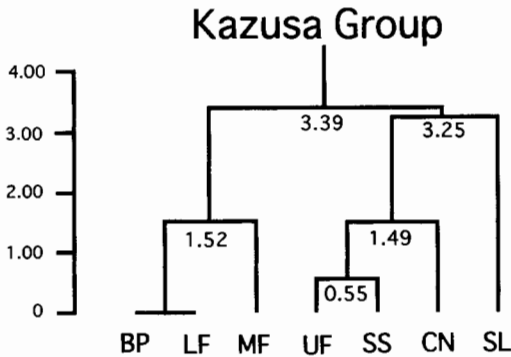


図8 上総層群全体の各堆積環境のデンドログラム

eを主要要素として、上方頻度行列F(要素数f=5)を作成した後、行列Fを基にして、上方推移確率行列Pを計算し、マルコフ鎖を作成した。また、上総層群の各堆積環境において、新しい尺度を用いた類似度表示グラフに基づくクラスタ解析を行った結果、各堆積相に対する堆積環境モデル(Katsura, 1984)に示されるように、各堆積環境の差異が明瞭に認められた。

このように地学的なデジタル情報を基にして、アナログ化する場合、視覚的にわかりやすい表示方法が必要となる。デジタル情報として行列を扱うときには、それらの行列どうしの類似度を求めて比較する必要がある。類似度を定量的に表示するには、質的に異なる類似度を示す距離係数と相関係数の標準偏差を用いて類似度表示グラフを作成する。次に、このグラフを基にしてデンドログラムを作成すれば、もとのデータが表している結果をわかりやすく表示できる。この表示方法の特徴は、行列を表すデータであれば、どのようなデータでも可視的でわかりやすい表示が可能点にある。それが、1行×n列のデータベースであってもよい。また、地質柱状図や楽譜のように時系列を表すものであれば、同様に解析可能である。例えば、DNAも時系列として解析されている(Gatlin, 1972)。地学の授業では、野外での調査やインターネットによる検索などで地学現象におけるさまざまなデータを収集することができる。しかし、そのデータをどのように料理して、各自のオリジナリティあふれるレシピを作成

するかが重要である。地学の各教育現場では、膨大な地学現象に関するデータを単に羅列するだけではなく、精選して三次元的に視覚化したりする（青野，2002）などの直感的でわかりやすいグラフ表示を試みる工夫が今後も求められている。

文 献

- Allen, P. A. (1982): Cyclicity of Devonian fluvial sedimentation, Cunningham Peninsula, SE Shetland. *Jour. Geol. Soc. London*, **139**, 49-58.
- 青野宏美 (2002): 地学教育における探求活動としての3D図. 地学教育, **55**(5), 219-223.
- 青野宏美・桂 雄三 (1995): 房総半島, 上総層群における堆積相の情報解析. 情報地質, **6**(4), 178-187.
- 浅野長一郎 (1991): データとデータ解析. (財)放送大学教育振興会, 158-167.
- Bouma, A. H. (1962): *Sedimentology of some flysch deposits*. Elsevier, Amsterdam, 168 p.
- Corbett, K. D. (1972): Features of thick-bedded sandstone in a proximal sequence, Upper Cambrian, southwest Tasmania. *Sedimentology*, **19**, 99-114.
- Davis, J. C. (1973): *Statics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, 456-473.
- Gatlin, L. Lila (1972): Information theory and the living system (生体系と情報理論, 野田春彦・長谷川政美・矢野隆昭邦訳). 東京化学同人, 23-63.
- Hattori, I. (1976a): Lithology and Markov analysis of the Paleozoic strata in the Fujibashi area, Central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **82**(1), 19-33.
- Hattori, I. (1976b): Entropy in Markov chains and discrimination of cyclic patterns in lithologic successions. *Jour. Math. Geol.*, **8**(4), 477-497.
- Ito, M. and Katsura, Y. (1992): Inferred glacio-eustatic control for high-frequency depositional sequences of the Plio-Pleistocene Kazusa Group, a forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sediment. Geol.*, **80**, 67-75.
- Ito, M. and Katsura, Y. (1993): Depositional sequences in turbidite successions of the lower Kazusa Group, the Plio-Pleistocene forearc basin fill in the Boso Peninsula, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **99**, 813-829.
- Katsura, Y. (1984): Depositional environments of the Plio-Pleistocene Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, **5**, 69-104.
- 牧野泰彦・増田富士雄 (1978): 紀伊山地中央部柏木地域の秩父系のマルコフ解析. 茨城大学教育学部紀要, 自然科学, **27**, 53-83.
- 三梨 昂 (1979): 「大滝」地質図, 1:20万. 地質調査所.
- Mutti, B. and Ricci L. F. (1972): Turbidites of the northern Apennines: introduction to facies analysis. *International Geol. Review*, **20**(2), 125-166.
- Stow, D. A. V. (1985): Deep-sea clastics: where are we and where are we going? *Sedimentology, Spec. Publ. Geol. Soc. Lond.*, **18**, 67-93.
- 徳橋秀一 (1988): 古海底扇状地堆積物における乱泥流砂岩単層の広がり形態. 石油学会誌, **31**(1), 12-19.
- Walker, R. G. (1979): *Facies Models, Geoscience Canada Reprint Series*, 1. *Geol. Soc. Canada*, Waterloo, p. 211.

青野宏美: 地学的データの類似と相違の表現方法—上総層群の堆積環境を例として— 地学教育 55巻6号, 259-266, 2002

〔キーワード〕 上総層群, 堆積相, 距離-相関係数, クラスタ解析, 類似度, デンドログラム

〔要約〕 地学教育で用いられるデジタル情報をアナログ化したときに, それらの類似性を判定する方法を開発し, 千葉県房総半島の鮮新-更新統から成る上総層群中の乱泥流堆積物の各堆積相に応用した. 堆積環境の推移確率行列の類似度を表すために, 距離係数と相関係数を組合せ, 標準偏差で表示する方法を新たに開発した. その類似度表示を基にクラスタ解析を行いデンドログラムを作成し, 上総層群の堆積環境を考察した.

Hiromi AONO: Display Methods of Similarities and Differences in Earth Science Data with Regard to the Sedimentary Environments in the Kazusa Group, Japan. *Educat. Earth Sci.*, **55**(6), 259-266, 2002

教育実践論文

新聞記事データベースを活用した大学での地震教育

根本泰雄*・奥田智晴**・江尻智子**・野田恵子**・山中 僚**
西野 宏*・山田茂伸*・福住哲哉*・中迎 誠*

1. はじめに

Newspaper In Education (NIE) (呼称は「エヌ・アイ・イー」)をはじめ新聞記事を用いた授業は世界各国で実践されてきている(例えば、岸尾・吉田, 1998). 日本でも小学校・中学校・高等学校をはじめとする各種教育機関において新聞記事を用いた教育が実践されてきており、教科「理科」でも実践が行われている(例えば、北海道教育大学教育学部附属函館中学校 NIE 研究グループ, 1997; 伊藤, 1998). 大学教育では、これまでに教員が新聞記事の切り抜きを行い、それをコピーして授業での教材や資料として学生に配布するという形で新聞の活用が行われている。しかしながら、NIEをはじめとする新聞記事を中心として用いた高等教育機関での授業実践報告は理数系科目に関する授業に関してほとんどない。そこで、大学での地震教育にインターネットを用いた新聞記事データベースと日々発行される新聞記事とを用いる試みを行ったので、その結果を報告する。

2. 授業の目的と指導計画

授業は、大阪市立大学の学部学生を対象とした自主ゼミ形式で行った。参加した学生の内訳は、大学入学前に「地学」を履修した経験のない新入学生4名、地球科学を専攻している大学入学前には「地学」を履修した経験のない4年生2名、ティーチングアシスタントとして地球科学を専攻する修士2年の学生2名であり、指導には地震学を専攻する教員1名があたった。

本授業では、履修目的を以下のように設定した。

- (1) 新聞記事に用いられている地震学に関する基本的な用語の定義を理解する(例えば、震度、マグニチュード、活断層、震源、震央、等)
- (2) 新聞記事を用いた KJ 法(例えば、川喜田・牧島, 1970)を行い、記事内容の分析をできるようにする。

- (3) 大きな地震後に掲載されるその地震に関する新聞記事数がどのように減少していくかを定量的に調べることで、新聞記事を通して一般社会へ与える地震情報発信の度合いを調べる。

授業は、1年間を前期と後期とに分け、前期・後期各々週1回1コマ分(90分)を基準として行ったが、総計の授業時数は1年間で通常の授業の半期分とほぼ同じ程度(15回×90分)となることを目安とした。2001年度の開講回数は1年間で17回(前期8回、後期9回)であった。前期は主として(1)の目的が達成できることを目標とし、後期は(2)、(3)の目的が達成できることを目標に設定した。本論文では、インターネットを用いた新聞記事データベースを活用した後期の授業実践研究に関して報告する。

3. 教材として用いた新聞記事の抽出

インターネット上の新聞社ホームページでは多くの新聞社が新聞記事データベースを公開している。これらは、データベース上にある記事すべてを無料検索できるホームページ、ある一定期間の記事に関して無料検索できるホームページ、格安で有料検索可能なホームページなど様々なタイプに分類できる。2002年4月現在の使用可能状況の例を資料に一覧として記す。本授業では、2001年度中にデータベース上の全記事を無料で検索可能であった読売新聞のデータベース「ヨミダス文書館」(読売新聞社, 1986~)を用いた。検索可能期間は1986年から検索日までであり、キーワード検索および全文検索が可能である(なお、2002年4月から全期間の検索は月500円の有料サービスとなったが、過去6カ月分であれば無料サービスである)。

授業に使用した新聞記事は次の方法で検索、抽出、整理を行った。

- 1) 検索対象とする地震の選択

文部科学省国立天文台編(2001)に掲載されて

* 大阪市立大学大学院理学研究科

** 大阪市立大学理学部

2002年5月23日受付 2002年11月2日受理

表1 解析に用いた地震と検索キーワードの一覧 (M_{JMA} は気象庁マグニチュードを表す)

発震年月日	地域・地震名(文部科学省国立天文台編(2001)による)	M _{JMA}	検索キーワード(ANDはAND検索, ORはOR検索を示す)
1987.03.18	日向津	6.6	地震AND日向津
1987.12.17	千葉県東方沖	6.7	地震AND千葉県AND東方沖
1992.01.15	鋼路沖(平成5年鋼路沖地震)	7.8	鋼路沖
1993.07.12	北海道南西沖(平成5年北海道南西沖地震)	7.8	北海道南西沖地震
1994.10.04	北海道東方沖(平成6年北海道東方沖地震)	8.2	北海道東方沖地震
1994.12.28	三陸はるか沖地震	7.6	三陸はるか沖地震
1995.01.17	兵庫県南部地震	7.3	兵庫県南部地震OR神戸地震OR阪神淡路大震災OR阪神・淡路大震災
2000.10.06	平成12年鳥取県西部地震	7.3	鳥取県西部地震
2001.03.24	茨城県(平成13年茨予地震)	6.7	茨予地震

いる地震のうち、表1に示す2000年に発生した「三宅島・神津島・新島付近の群発地震」を除いた1986年以降に日本で発生した被害地震9個を選択した。1986年以降としたのは、用いた新聞記事データベースが1986年以降の記事から構成されていることによる。

2) 検索に用いる用語の設定

原則として地震名および通称名をキーワードとしたAND検索を用いた。ただし、地震名に通称名等がある場合にはAND検索とOR検索とを併用し、地域名等の別の用語を試行錯誤的に試すことで、記事が過不足なく抽出されるように決定した(表1)。

3) 抽出した新聞記事をKJ法により分類した。

4) KJ法による分類毎に発行本支社別・発行本支社内全域・発行本支社内での地域ごとと分類して日付順に整理を行った。

読売新聞の場合、紙面作成は本支社ごとに異なる(東京本社発行紙面、中部支社発行紙面、大阪本社発行紙面、西部本社発行紙面)(読売新聞社、私信)。また、同じ本支社発行でも、その本支社版が購読される地域全域に向けて掲載される記事と、より細かい地域に向けて掲載されるいわゆる地域版記事とがある。そこで、記事ごとに発行本支社と全域向けなのか細かい地域向けなのか分かるように整理した。これは、購読している新聞記事の切り抜きからでは得られない情報である。すなわち、インターネットによる新聞記事データベースを利用することで、検索日前日までに全国で掲載された記事を全て見ることが可能となる。この点がインターネットによる新聞記事データベース利用の最大の利点である。

授業では、平成13年(2001年)茨予地震の記事抽出を中心として行い、上記1)~2)の段階で1コマ分を要した。その他の地震に関係した記事の抽出作業は宿題とし、授業の参加者全員で手分けをして抽出を行った。3)の段階は平成13年(2001年)茨予地震に

関して4コマ分を要した。

4. KJ法による新聞記事の分類

抽出した記事数は平成7年(1995年)兵庫県南部地震のおよそ30,000弱の記事を除いても2,000を超えたため、授業時間内でKJ法を全ての記事に適用することは不可能であると考えた。そこで、本授業では平成13年(2001年)茨予地震に関係する記事を2001年3月24日~2001年10月21日に発行された中から抽出した(抽出した記事数350)。その後、2001年10月21日以降の記事を授業ごとに追加し、2001年12月22日~2002年3月24日の記事は有志の学生と教員とで抽出を行った。最終的な抽出記事総数は434である。具体的な手順の概要を授業で行った例に基づき以下に記す。

KJ法は、ラベルづくり、グループ編成の上で表札づくり、のステップにて行う(川喜田・牧島, 1970)。

(1) ラベルづくり(川喜田・牧島(1970)による“紙きれづくり”から“表札づくり”のステップ)

抽出した記事をひとつずつ丹念に読み、抜き出した内容を一枚ずつカードに転記する。印刷体の新聞記事を用いる場合には、キーワードを含む記事を丹念に抜き出す必要があるが、ホームページ上のデータベースを活用することで記事やキーワードを発見する作業量を大幅に少なくすることが可能となる。

本授業では抽出した記事のうち1記事が不適当と判断され、授業段階では349枚のラベル、最終的には433枚のラベルが作成された。

(2) グループ編成

①ラベル拡げ

全てのラベルを何度かに分けて読み通す作業である。本授業ではラベルを参加した学生の人数分の山(8つ)に分け、それらを回覧することで行った。

この作業は時間が掛かるため、宿題として取り扱った。

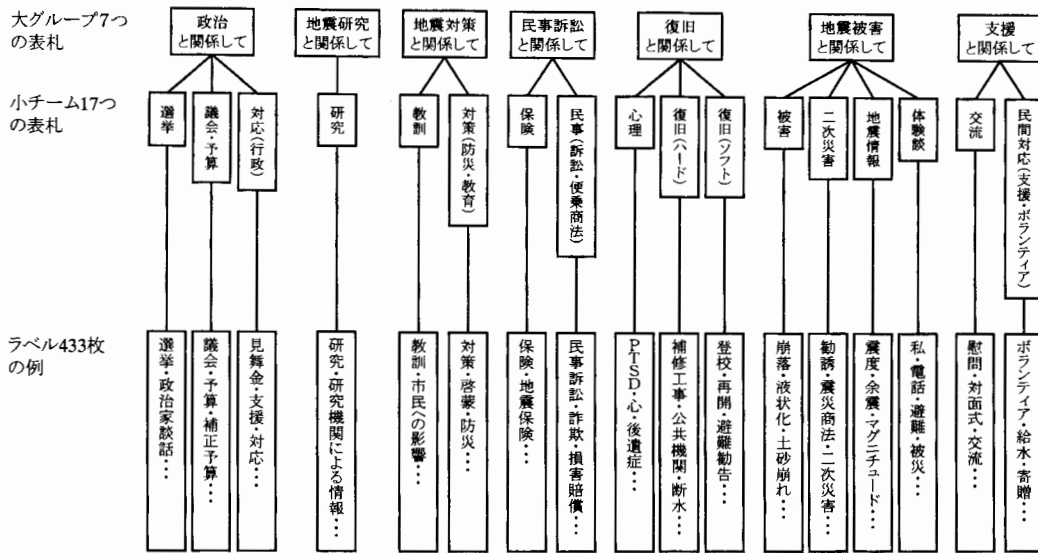


図1 KJ法による平成13年(2001年)芸予地震の新聞記事分類過程

②ラベル集め

ラベル同士で共通するものをまとめてラベル同士の小チームに分けていく作業である。

本授業では参加者全員がラベル掛けを終わった段階で各自の意見で共通すると思われる小チームを作成した。

③表札づくり

ここでの作業は、まず小チームひとつを取り上げ、複数のラベルを1枚ずつ熟読し、まとめた理由を検討する。次に、小チームにふさわしい名前(表札)を作成する。これを全小チームに対して行う。

本授業では、この段階で学生同士が議論することで表札づくりを行った。作成された表札が付いた小チームは17に分類された(図1)。

(3) (1)の段階へ戻る

作成された17のラベルをもとに(2)の①のステップに戻り、同じようにグループ編成を繰り返す。本授業では2巡した段階で終了し、7つの大グループにまとめ上げることができた(図1)。その後追加された記事についても同じ手順を経た後に順に小グループへ追加していった。

最終的に付された大グループの表札は、「政治と関係して」、「地震研究と関係して」、「地震対策と関係して」、「民事訴訟と関係して」、「復旧と関係して」、「地震被害と関係して」、および「支援と関係して」の7つであった。

5. 結果

(1) 集計

記事数の集計は、各々の地震直後から1年の間に発行された記事に着目して行った。集計を行った手順を以下に記す。

①新聞記事を地震ごとに発行本支社別に分類

②その本支社版が購読される地域全域に向けて掲載される記事(全域記事)の数と、より細かい地域に向けて掲載される記事(地域記事)の数とに分類(表2)

③②での分類ごとに日別記事数を集計

平成13年(2001年)芸予地震に対しては、この①~③の作業を大グループごとにも行った。

(2) 議論(仮説の設定)

集計が終了した段階で「2. 授業の目的と指導計画」で記した履修目的(3)のためにはどのような図表を作成するかという議論を行った。議論の後、液晶プロジェクターとコンピュータとをつないでコンピュータ画面をスクリーンに映し、全員で議論しながら結果の図表を作成した。議論および結果の図表作成で2コマ分を要した。

議論の段階で受講学生から出た主なアイデアは以下のとおりである。

- 1) 地震の記事数は地域ごとに異なるのではないかと
- 2) 平成7年(1995年)兵庫県南部地震の前と後とは社会の地震に対する興味に変化しているの

表2 地震ごとの発行本支社による各地震の直後1年間の新聞記事数(死傷不明者数, 家屋全半壊数は理科年表編集部(2001)による)

記事数の空欄は, 記事数を細かく数えていない平成7年(1995年)兵庫県南部地震以外はデータベース収録期間外であったことを示す。家屋全半壊数での空欄は, 文部科学省国立天文台編(2001)に記載がなかったことを意味する。

地域:『地震名』(理科年表編集部(2001)による)	死傷不明者数	家屋全半壊数	全記事数	東京本社版		大阪本社版		西部本社版		中部支社版	
				全域記事数	地方記事含む記事数	全域記事数	地方記事含む記事数	全域記事数	地方記事含む記事数	全域記事数	地方記事含む記事数
日向灘	5		4	4	4						
千葉県東方沖	140	60010	26	24	26						
關路沖:『平成5年關路沖地震』	969		65	47	56						
北海道西沖:『平成5年北海道西沖地震』	553		417	309	369	28	30				
平成6年北海道東方沖地震	437	409	91	71	84	4	4				
平成6年三陸はるか沖地震	793	501	47	41	41	5	5				
平成7年兵庫県南部地震	46435	240000	約20000								
平成12年鳥取県西部地震	182	3499	1038	56	63	183	966	1	6	2	3
安芸灘:『平成13年芸予地震』	291	627	433	22	27	81	385	11	26	0	0

表3 平成13年(2001年)芸予地震発生日からの各表札別1週間あたりの平均記事数の推移

- ① 全本社版の平成13年(2001年)芸予地震に関する全記事数に基づいた1週間あたりの平均記事数の推移
- ② 大阪本社版の全域記事数に基づいた1週間あたりの平均記事数の推移

①

	直後1週間	2~4週目	5~10週目	11~52週目
政治と関係して	32	14.33	3.67	1.10
地震研究と関係して	24	3.00	1.83	0.29
地震対策と関係して	6	3.33	1.50	0.60
民事訴訟と関係して	0	0.33	0.33	0.14
復旧と関係して	13	4.00	1.17	0.26
地震被害と関係して	78	6.67	2.17	0.31
支援と関係して	21	6.00	1.67	0.17

②

	直後1週間	2~4週目	5~10週目	11~52週目
政治と関係して	3	1.67	0.17	0.07
地震研究と関係して	9	1.00	0.50	0.02
地震対策と関係して	2	0.33	0.00	0.00
民事訴訟と関係して	0	0.00	0.00	0.02
復旧と関係して	4	0.00	0.17	0.00
地震被害と関係して	20	0.67	0.00	0.05
支援と関係して	6	0.67	0.00	0.00

で, 地震に関する記事数は増えているのではないか?

- 3) 大グループごとに日別記事数の変動は異なるのではないか? 例えば, 「地震被害と関係して」大グループの記事数は地震直後に多く, 「復旧と関係して」大グループの記事数は地震後しばらくしてから多くなるのではないか?
- 4) 地震の記事数は, 地震の規模や被害の度合いと関係があるのではないだろうか?
- 5) 当該地震に関する記事は地震後どの位経過して収束するのであろうか?

そこで, これらの仮説を確認する目的としてどのような図表を作成すれば良いかを議論し, 図表の作成を行った。

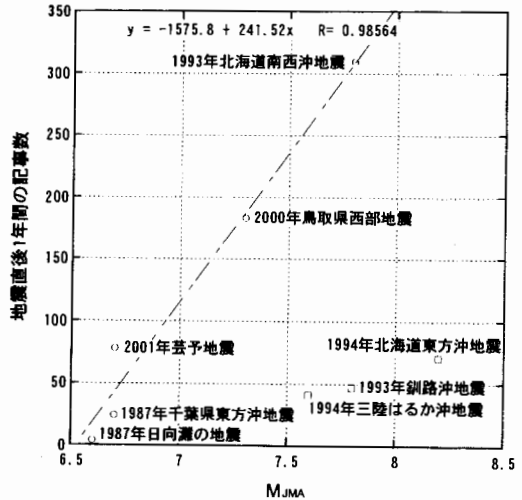


図2 気象庁マグニチュードと地震発生から1年間に報道された新聞記事数との関係
震源や被害の一番大きかった地域で発行されている本支社版の新聞記事数を用いてプロットした。例えば, 1993年北海道西沖地震であれば東京本社版発行の購読される地域全域に向けて掲載される記事数を, 平成13年(2001年)芸予地震であれば大阪本社版発行の購読される地域全域に向けて掲載される記事数を用いている。

(3) 解析および仮説の検証

1), 2) および 4) に関して議論するために作成した表を表2に示す。表2に見られるように, この仮説は1), 2) に関しては妥当であることが分かるが, 4) に関しては必ずしも当てはまらないことを示している。3) に関して議論するために作成した図表に基づき整理した表を表3に示す。3) に関しては, 大グループごとの記事数にばらつきがあり(記事数最大の大グループと最小の大グループとの記事数はそれぞれ144と9とで

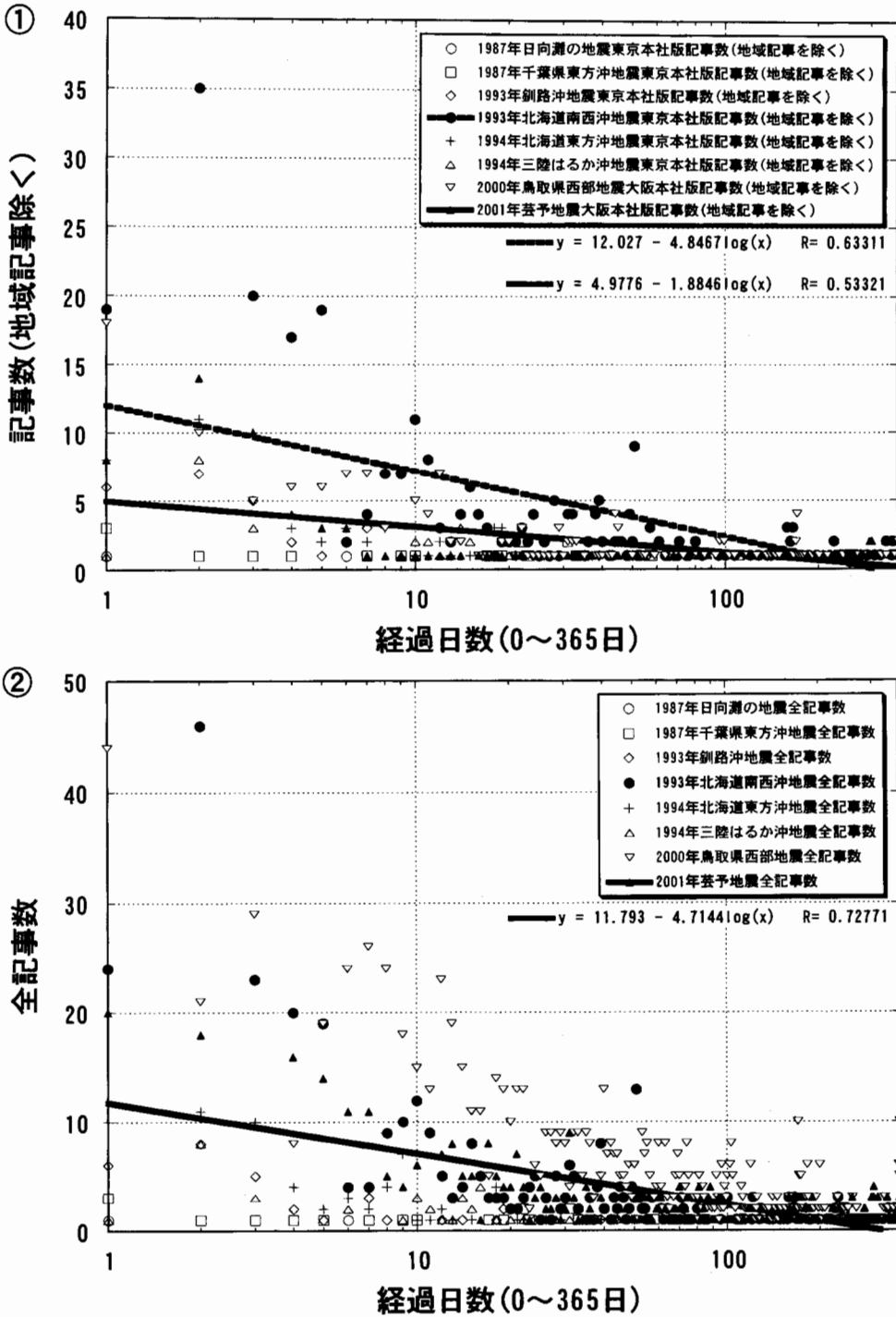


図3 各地震発生日からの経過日数と記事数との関係の例

①は、震源や被害の一番大きかった地域で発行されている本支社版の各地震と関係する記事(全域記事)の日別新聞記事数を用いてプロットした図であり、②は全本支社版の各地震と関係する全記事(全域記事と地域記事)の日別新聞記事数を用いてプロットした図である。

あった), 全ラベル数が433であったために当てはまるかどうかは必ずしも明確にはならなかった。しかしながら, 全記事数に基づいた表3①からも大阪本社版の全域記事数に基づいた表3②からも, ほぼ11週目以降には関係する記事がほとんどなくなることが読み取れる。5) に関して議論するために作成した図を図2と図3とに示す。図2は地震直後から1年間の当該地震に関係した記事数と気象庁マグニチュードとの関係を示している。記事数は, 震源に一番近い, あるいは含まれる地域で発行されている本支社版の新聞記事数を用いた。平成7年(1995年)兵庫県南部地震はプロットされていないが, この地震を除くと両者の間には相関があることが読み取れる。図3は各地震での地震直後からの日別記事数の変化を示している。授業では本支社別, および全域記事と地域記事ごとに図を作成したが, 本論文では煩雑になるので震源に一番近い, あるいは含まれる地域で発行されている本支社版の地域記事を除外記事数をプロットした例(図3①), および全ての本支社版の全記事数をプロットした例(図3②)を示す。図3から, ほとんどの地震では記事数は地震発生から約75~100日程度で収束することが読み取れる。実際には, 震源域に近い, あるいは被害の多かった地域の地域記事数は地震から約75~100日を経過しても掲載される回数が多いことも判明している。

6. 考 察

本授業実践の結果, これまで新聞を読んできて指導に当たった教員も含め授業参加者の全員が漠然と感じていた, 「新聞記事内容や同じ事象に対する報道量の地域による格差」・「地震に関係した記事は大地震から数カ月でほとんど報道されなくなる」といった感覚の正しさが定量的に示され, さらに新聞記事を通して一般社会へ与える地震情報発信の度合いを判明させることができた。この結果が地球科学(ここでは地震学)と社会との関係を勉強する動機付けになったことも判明した。

このことは, 授業終了後に出された以下のような受講学生の感想からも伺い知ることができる。

- ・「これまで無意識ではあるが, 結構いい加減に新聞記事を読んでいて痛切に感じた。分かったつもりで読んでいても, 用語の意味をきちんと理解していないことが分かった。これからは地球科学に関係して出てくる用語だけでもきちんと勉強したい。」

震源や震央といった基礎的な地震学の用語に対してだけではなく, 全壊や半壊といった用語は, 何となく分かるが, 正確な定義を知って理解していたわけではなかったといった例から出てきたと思われる。

- ・「新聞記事に掲載されている用語説明で分かった気になっていたが, きちんと調べる必要があることが理解できた。」

モーメントマグニチュードの解説記事だけでは正確に意味を捉えることができなかつたといった例から出てきたと思われる。

- ・「時間がかかりすぎるのでゼミとして行えないのは分かるが, やはり平成7年(1995年)兵庫県南部地震の記事で確かめてみたい。」

神戸市民である被災経験のある学生から出された。被災者ならではの感想であるといえよう。

- ・「新聞記者に地震に関してより勉強することをすすめたい。」

記事によって矛盾する内容があることを発見した学生から出された。批判的な目も重要であることを本授業を通して理解して貰えたのではないだろうか。

- ・「自宅でも新聞記事データベースでいろいろと探ってみたが, ついつい夜更かしをして翌朝辛いことが何度かあった。」

ネットサーフィンではないが, データベースサーフィンによる夜更かし, 健康にとってはマイナスであり, インターネットを用いる授業において指導する際の留意点として常に配慮すべきである。

インターネットによる新聞記事データベースを用いることで, 印刷体の新聞記事を活用するのは別の視点から新聞記事を見ることができることも判明した。例えば, 表2に見られるように, 平成5年(1993年)北海道南西沖地震では, 地震から1年の間に東京本社版の読者は全域記事だけでも309の関連記事を目にする機会があったが, 大阪本社版の読者は地域記事を含んでも30の記事しか接する機会がなかったことが読み取れる。すなわち, インターネットの使用により, 自分の住んでいる地域で地震に関連する記事が少なくても, 地震に関連する記事に多く接する機会を得られる利点が生じる。このことは地震だけでなく, 火山や, 台風で代表される気象に関連した自然災害など, 様々な地学の分野に適用可能であることを意味する。すなわち, 本授業実践の結果は, 「各種の自然災害に対する記憶の風化を防ぐ」・「地学の分野に興味をひきつける」等のために, インターネットによる新聞記事デー

データベースの活用や日々の記事集めが有効に機能する可能性を示している。

また、記事の内容理解度は児童・生徒・学生で異なるであろうが、本手法は教員の助けがあれば初等教育段階から大学まで授業にて行うことができる。そのため、地学分野の教育教材としての「資料集め」・「情報の整理」・「議論等を通しての分析」・「結果の考察」といった“自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力”(文部省, 1999)を育てるのに重要な思考の流れを体験することに適していると言える。初等・中等教育段階では本授業実践なみに授業時間を設定することは難しいであろうが、検索対象の設定、検索に用いる用語の設定、記事の抽出の段階を、教員が授業計画に合わせてこれらのうちのいくつかを行うことで授業に使う時間数を減らすことが可能となる。極端な授業計画を考えるならば、集計の段階までを教員が準備することで、議論と図表の作成の段階だけを授業として行うことも可能である。また、記事の抽出はインターネットを用いる必要があるが、その他にも集計や図表作成にコンピュータを用いることで、総合学習や情報教育と組み合わせた授業計画を立てられる可能性も大きい。高等学校であれば、図の解釈時に帰帰直線を引くといった学習を加えることで、数学の学習での例題にすることも可能となろう。

さらに、本授業実践ではKJ法を用いたが、川喜田・牧島(1970)には小学校2年生での活用事例も紹介されており、インターネットによる新聞記事データベースを用いた場合でも発達段階に応じた工夫をすることで、初等教育段階からでもKJ法を含めて本授業実践の方法を活用することが可能である。

7. まとめ

授業においてインターネットを用いた新聞記事データベースを活用することで、印刷体の新聞記事を用いるときと異なり、学校の所在地に限定されることなく全国の記事が閲覧可能となる。この視点に着目し、読売新聞の新聞記事データベース「ヨミダス文書館」を活用して1986年以降の被害地震に関連する記事を用いた授業実践を行った。

その結果、受講した学生は「新聞記事内容や同じ事象に対する報道量の地域に依る格差」・「地震に関係した記事は大地震から数カ月でほとんど報道されなくなる」といった漠然と感じている感覚を定量的に理解す

ることが可能となった。また、新聞記事に対してKJ法を行うことで、KJ法の手順や利点を学習することもできた。

本授業実践は火山や台風といった地学に関する用語を検索のキーワードとすることで同様の授業が可能であることを示しており、新聞記事が読める学年以上であれば初等・中等・高等教育のどの段階でも地学教育にとって有効であることを示している。

謝辞 匿名査読者および東京都立向丘高等学校の南島正重氏から論文を改善する上で有益なご指摘を頂きました。記して感謝いたします。

文 献

- 北海道教育大学教育学部附属函館中学校 NIE 研究グループ(1997): 中学校における新聞活用の諸相. NIE 実践報告書, 北海道 NIE 推進協議会, 59-62.
(URL: <http://www.aurora-net.or.jp/doshin/nie/pdf/fuzokuhakodate.pdf>)
- 川喜田二郎・牧島信一(1970): 問題解決学 KJ 法ワークブック. 講談社, 東京, 203 p, 10-62.
- 岸尾祐二・吉田伸弥(1998): 新聞をエンジョイ. 東洋館出版, 東京, 99 p.
- 文部科学省国立天文台編(2001): 理科年表. 丸善, 東京, 984 p, 758-759.
- 文部省(1999): 小学校学習指導要領. 大蔵省印刷局, 東京, 97 p.
- 佐藤良徳(1998): 高校「生物」における新聞教材. 東京都生物教育研究会会誌, 34.
- 読売新聞社(1986-2002): 読売新聞記事検索「ヨミダス文書館」.(URL: <http://www.yomy.ne.jp/yomidas/>)

資 料

無料で過去の新聞記事の閲覧・検索が可能な主な新聞のホームページ (HP)

検索や閲覧が可能でも、その範囲(期間や記事分類)は各新聞で異なる。その範囲が記載されていない HP もある。このような限定条件は HP 内に記載されていた場合に限り()内に記す。URL は基本的には各新聞 HP のトップページを示しており、データベース等の URL ではない。なお、2002年4月現在での状況であり、その後変更されている可能性もある。記載順序は「新聞名」、「URL」、「閲覧・検索が可能な期間および閲覧・検索が可能な範囲」を示している。

全国紙:

読売新聞 <http://www.yomiuri.co.jp/> 過去6カ月
記事検索

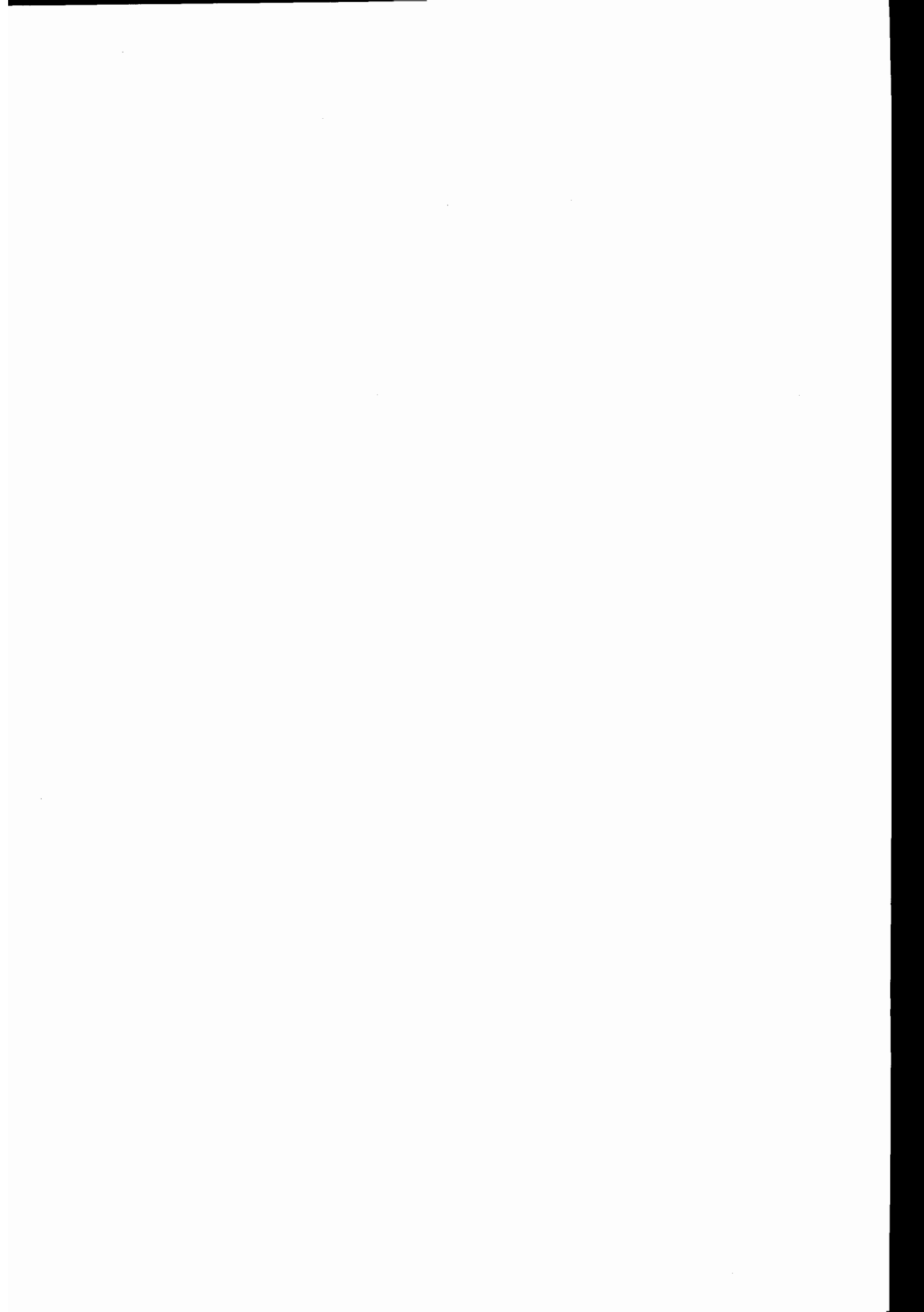
- 産経新聞 <http://www.sankei.co.jp/> 過去3カ月
記事検索
- 地方紙:
- 北海道新聞 <http://www.hokkaido-np.co.jp/> 過
去2週間の記事閲覧 (HP掲載分)
- 東奥日報 <http://www.toonippo.co.jp/> 1999年
11月11日以降のHP掲載分記事検索
- 岩手日報 <http://www.iwate-np.co.jp/> 1997年8
月以降記事閲覧 (HP掲載分)
- 秋田魁新聞 <http://www.sakigake.co.jp/> 1998年
以降記事検索
- 河北新報 <http://www.kahoku.co.jp/index.html>
最近の主な特集記事と当月の主な記事閲覧
- 福島民報 [http://www.fukushima-minpo.co.jp/
news/](http://www.fukushima-minpo.co.jp/news/) 過去1週間主な記事閲覧
- 上毛新聞 <http://www.jomo-news.co.jp/> 1990年
以降見出し検索
- 下野新聞 <http://www.shimotsuke.co.jp/> 1995
年10月から先月まで記事閲覧 (HP掲載分)
- 茨城新聞 <http://www.ibaraki-np.co.jp/> 2000年
9月以降記事閲覧 (HP掲載分)
- 千葉日報 <http://www.chibanippo.co.jp/> 2000年
以降主な記事閲覧
- 神奈川新聞 <http://www.kanagawa-np.co.jp/> 過
去1カ月の主な記事閲覧
- 信濃毎日新聞 [http://www.shinmai.co.jp/index.
htm](http://www.shinmai.co.jp/index.htm) 過去3日間分記事検索 (DB無料体験)
- 岐阜新聞 <http://www.jic-gifu.or.jp/np/> 1997年
以降連載企画記事閲覧
- 伊勢新聞 <http://www.isenp.co.jp/> 2000年2月
15日以降主な記事閲覧
- 北日本新聞 <http://www.kitanippon.co.jp/> 2000
年9月以降主な記事閲覧
- 滋賀報知新聞 <http://www.bcnp.co.jp/s-hochi/>
2000年以降記事閲覧 (HP掲載分)
- 大阪日日新聞 [http://www.nnn.co.jp/dainichi/
index.html](http://www.nnn.co.jp/dainichi/index.html) ([http://www.nnn.co.jp/dainichi/
news/old.html](http://www.nnn.co.jp/dainichi/news/old.html)) 過去6カ月の主な記事閲覧
- 紀伊民報 <http://www.agara.co.jp/index.html> 過
去2カ月の主な記事閲覧
- 山陽新聞 <http://www.sanyo.oni.co.jp/> 2000年
以降記事検索 (HP掲載分)
- 日本海新聞 <http://www.nnn.co.jp/> ([http://www.
nnn.co.jp/news/news0*01.html](http://www.nnn.co.jp/news/news0*01.html)) (1月なら*=
1) 同じ年の主な新聞記事閲覧
- ウベニチ新聞 <http://www.ubenichi.co.jp/> 1997
年以降記事検索
- 四国新聞 <http://www.shikoku-np.co.jp/> 過去3
カ月分記事検索
- 徳島新聞 <http://www.topics.or.jp/> 過去1週間主
な県内記事閲覧
- 西日本新聞 <http://www.nishinippon.co.jp/>
1989年以降見出し検索
- 佐賀新聞 <http://www.saga-s.co.jp/> 1994年以降
記事検索
- 長崎新聞 <http://www.nagasaki-np.co.jp/> 1998
年以降主な県内記事閲覧
- 大分合同新聞 <http://www.oita-press.co.jp/> 過去
1カ年主な記事閲覧
- 熊本日日新聞 <http://kumanichi.com/> 過去1カ
年記事検索 (要登録)
- 南日本新聞 <http://www.minaminippon.co.jp/> 過
去3カ年記事検索 (HP掲載分)
- 沖縄タイムズ <http://www.okinawatimes.co.jp/>
過去3カ月記事閲覧 (HP掲載分)
- その他:
平成13年(2001年)芸予地震に関して:
中国新聞 [http://www.chugoku-np.co.jp/saigai/
geiyo/frame.html](http://www.chugoku-np.co.jp/saigai/geiyo/frame.html)
平成7年(1995年)兵庫県南部地震に関して:
神戸新聞 [http://www.kobe-np.co.jp/sinsai/index.
html](http://www.kobe-np.co.jp/sinsai/index.html)
岐阜新聞企画記事 [http://www.jic-gifu.or.jp/np/
newspaper/kikaku/kikaku2.htm](http://www.jic-gifu.or.jp/np/newspaper/kikaku/kikaku2.htm)
“◆「ぎふ防災元年 安心を追う」《第2部 「阪神」
の教訓生かせるか》”
“◆「ぎふ防災元年 安心を追う」《第1部 迫る
20XX年巨大地震》”

根本泰雄, 奥田智晴, 江尻智子, 野田恵子, 山中 僚, 西野 宏, 山田茂伸, 福住哲哉, 中迎 誠: 新聞記事データベースを活用した大学での地震教育 地学教育 55 巻 6 号, 267-275, 2002

〔キーワード〕 地震教育, インターネット, 新聞記事データベース, NIE, 大学, 授業実践

〔要旨〕 インターネットによる新聞記事データベースを用いて「地震」をキーワードとした授業実践を大学で行った。その結果, 全国紙では各本支社発行の新聞記事収集が可能となり, 印刷体の新聞からは得られない報道の地域性や報道様式の考察を容易に行えることが判明した。本実践での授業形態は, 大学だけでなく初等・中等教育でも行うことが可能であり, 「火山」や「台風」といった用語を用いることで地学教育全般に使用可能である。

Hiroo NEMOTO, Chiharu OKUDA, Tomoko EJIRI, Keiko NODA, Ryo YAMANAKA, Hiroshi NISHINO, Shigenobu YAMADA, Tetsuya FUKUZUMI and Makoto NAKAMUKAE: Seismological Learning through Database of Newspapers in Undergraduate Education. *Educat. Earth Sci.*, 55(6), 267-275, 2002



海底と宇宙に資源を求めて

海底資源学概論



新刊

瀬川 爾朗・編 B5・170頁・定価：本体4,200円（税別）

これからの資源工学に必須の海底資源学入門。陸上資源の枯渇で注目されるマンガン団塊。コバルトクラスト、メタンハイドレートなど、海底資源の成因から探査法、採取技術の基礎をまとめた資源工学系必読の一冊。

主な内容

第1章 海底資源総説

1.1 海底の資源とは何か 1.2 海底の概要とその特徴 1.3 海中、海底の化学物質の分布と循環
1.4 陸上での鉱物資源 1.5 海底鉱物資源の成因 1.6 海底資源の需要と分布

第2章 海底資源の調査

2.1 海底を調べる種々の手段 2.2 物理探査 2.3 海洋精密測位法 2.4 海洋の凹凸と地球重力場
2.5 海底熱流量 2.6 音波による海底地形、海底地質調査法 2.7 海底底質の調査法 2.8 深海掘削調査
2.9 海底の情報資源の処理

第3章 海底資源の開発工学

3.1 海底資源採鉱システム 3.2 海洋エネルギー回収システム 3.3 海洋空間資源の利用 3.4 海底
鉱物資源の処理技術

第4章 惑星資源開発

4.1 太陽系惑星の特徴 4.2 資源探査、開発手段の手順 4.3 惑星資源と宇宙開発計画

東京都文京区音羽 2-12-21
振替 00180-1-3930

講談社

編集部 ☎ 03(3235)3701
販売部 ☎ 03(5395)3624

見たい、知りたい、使いたいデータの宝庫。

<CD-ROM、書籍版 同時発売>

「自然界の辞典」

理科年表

平成15年

文部科学省 国立天文台 編

ポケット版 (A6) / 本体1,200円 ISBN4-621-07112-2

机上版 (A5) / 本体2,400円 ISBN4-621-07113-0 各966頁

1冊で科学の全分野をカバーするデータブック。カバーデザインも一新。

◇地球をダウンロード◇



理科年表 CD-ROM2003

Windows XP, Windows 2000/NT, Windows Me/98/95
Macintosh (Mac OSXには未対応)

文部科学省 国立天文台 編 本体26,000円 ISBN4-621-07114-9

「理科年表」76冊分、約3万頁のデータを1枚のCD-ROMに収録。

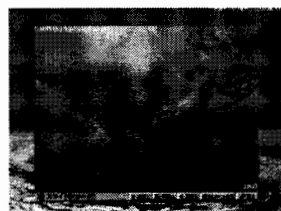
◇環境を知る「CD-ROM気象台」◇

気象データひまわり CD-ROM2003

Windows XP, Windows 2000/NT, Windows Me/98 対応

日本気象協会 編 本体12,000円 ISBN4-621-07115-7

静止気象衛星「ひまわり」から送られてきた画像(2001年365日分)と日本、世界の気象データを蓄積した好評のCD-ROM。



好評発売中

理科年表 日本の気象CD-ROM

Windows XP, Windows 2000/NT, Windows Me/98/95 対応 (財)気象業務支援センター 監修 本体12,000円
理科年表CD-ROM(気象部)の親版。地上気象160地点、アメダス1322地点の日別、月別データを詳細に収録。

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

Windows NT, Windows Me/98/95, Macintosh OS 8以上対応 産業技術総合研究所地質調査総合センター 監修 本体5,800円
日本列島の地質とその成立をコンピュータグラフィックスでダイナミックに表現。操作性の簡便さが特徴。

※ 価格はすべて税別・内容見本進呈

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/>

会費納入のお願い

学会運営は皆様の会費によって行われています。会費は前納制となっております。平成14年度の会費未納の方はお早めにお振り込みいただきますようお願い申し上げます。今年度から値上げされましたので正会員¥7,000、学生会員¥4,500です。今年度より、振込み用紙付きの請求書を作成し、会員にご送付することとなりました。ご確認の上お振り込みいただければ幸いです。なお、郵便局に備え付けの振込み用紙でもお振り込みいただけます。

振替口座：00100-2-74684 日本地学教育学会

また、2002年秋より、以下の機関が事務処理を行います。会費納入の確認、入退会連絡、住所・所属変更等は以下へお願いします。

日本地学教育学会事務局 <ees-post@bunken.co.jp> 担当：高田恭仁子

169-0075 東京都新宿区高田馬場3-8-8 (株)国際文献印刷社内

TEL 03-5389-6218, FAX 03-3368-2822

「教育実践報告」の「教育実践論文」への変更

原稿の種目として従来「教育実践報告」としてきたものを、本号より「教育実践論文」と名称を変更します。論文としての体裁、内容であるにもかかわらず、「報告」という名称がついているために論文と見なされない場合もあるとの問題が従来より指摘されており、編集委員会として検討してきた結果、上記のように変更すべきとの結論に達しました。10月5日(土)の第3回常務委員会に提案し、審議の上、「投稿規定」および「編集についての細則」の「教育実践報告」の語を「教育実践論文」に変更することが承認されました。

編集委員会より

定例編集委員会は、11月2日(土)午後に開かれました。編集状況は、特集関係を含めて、原著論文1件、総説1件、教育実践論文1件、資料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6号

平成14年11月21日印刷

平成14年11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. 6

DECEMBER, 2002

CONTENTS

Practical Article

- Attempt to Introduce the Heating Change of Limestone into Laboratory
Work in Secondary School Nobuo KOMORI...227~233

Survey Report

- Geoscience Education in Schools from the Viewpoints of GeoSciEd III
and Osaka Forum on Earth Science Education in the 21st Century
..... Tatsuya FUJIOKA...235~243

<Feature> Computer and Earth Science Education

Review

- Proposals for Practical Use of Multimedia Computer in the Teaching
and Learning of Earth Science Takehiro HAYASHI...245~257

Original Article

- Display Methods of Similarities and Differences in Earth Science Data with
Regard to the Sedimentary Environments in the Kazusa Group, Japan
..... Hiromi AONO...259~266

Practical Article

- Seismological Learning through Database of Newspapers in Undergraduate Education
..... Hiroo NEMOTO, Chiharu OKUDA, Tomoko EJIRI, Keiko NODA,
Ryo YAMANAKA, Hiroshi NISHINO, Shigenobu YAMADA,
Tetsuya FUKUZUMI and Makoto NAKAMUKAE...267~275

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