

地学教育

第62巻 第5号(通巻 第322号)

2009年9月

目 次

原著論文

マンガ教材の改良とその教育的効果

—小学校5年「流れる水のはたらき」における実践を通して—

……………柗原礼士・斎藤ひとみ…(139~149)

教育実践論文

研究用銀河スペクトル画像を用いたハッブル則の高校向け教材の開発と試行

……………原 正・畠 浩二・五島正光・洞口俊博・金光 理

古荘玲子・矢治健太郎・PAOFITS ワーキンググループ…(151~165)

資料

実践を通して明らかになった理科基礎の課題……………米澤正弘…(167~174)

学会記事 (175~176)

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

平成 21 年 10 月 16 日

正会員および学生会員 各位

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 22 年度年度役員（会長、評議員、および監事）の選挙を行います。ついては細則により会長および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）

4. 会長候補者の推薦は、正会員 5 名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。
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 月発行を参照してください。

- 1) 平成 21 年度で任期の切れる会長（再選を認められている）：牧野泰彦
- 2) 平成 21 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）：馬場勝良
- 3) 平成 21 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：岡本 研
関東地区：相原延光・円城寺守・濱田浩美
中部地区：熊野善介
近畿地区：戸倉則正
中国・四国地区：林 武広
九州・沖縄地区：八田明夫
会長指名：林 慶一
- 4) 平成 22 年度ないし平成 23 年度まで任期のある評議員（推薦しても無効）
北海道・東北地区：中村泰久・照井一明、関東地区：渋谷 紘・米澤正弘・松森靖夫・山本和彦・荒井豊・江藤哲人、中部地区：藤岡達也・遠西昭寿、近畿地区：澁江靖弘・廣木義久、中国・四国地区：秦明德・野瀬重人、九州・沖縄地区：三次徳二・田中基義、会長指名：五島政一・馬場勝良・松川正樹・宮下 治・岡本弥彦・宮脇亮介・高橋 修・加藤圭司・青野宏美・荻原 彰・伊藤 孝

マンガ教材の改良とその教育的効果

—小学校5年「流れる水のはたらき」における実践を通して—

Improvements and Effects of Comic Teaching Materials in Science Education

柘原礼士*・斎藤ひとみ**

Reiji KUKIHARA and Hitomi SAITO

Abstract: New comic-based teaching materials for science education were developed. Detailed explanations and worksheet factors were added to the simple pictures in order to impress upon students the seriousness of the topic, and to make the children active participants in the activities, instead of just readers. Results of classroom experiments demonstrated that the new comic teaching materials more effective for science education than previous materials. They also identified a dilemma which is impossible to solve, namely that they can not be used as a replacement for field exercises. Thus, the use of comic teaching materials should be utilized as an assistance in field science exercises, rather than as a replacement for them.

Key words: comic, teaching materials, media on learning, field exercise

1. はじめに

理科教育の対象は自然であり、教育現場での自然体験や実験などの直接経験は、非常に大切なことである。しかし、そうした体験学習の中には学校外に出て実施する活動も多く、環境的・時間的制約から体験学習を行うことが困難な場合も多い。そのような場合に、直接経験の代わりとして期待されるものに、間接経験がある。そのような間接経験の一つにマンガ教材を用いる方法がある。柘原・相場(2005)は、マンガの持つ「面白さ」や「ストーリー性」に着目し、小学校5年生「流れる水のはたらき」を題材にオリジナルのマンガ教材を作成した。そしてそれをを用いた実践授業と通常の体験学習を行った授業の結果を比較し、マンガ教材の学習効果は、体験学習に比較して若干は劣るもののさほど遜色のない効果が得られることを実証した。このことから、何らかの理由で体験学習の実施が難しいときの代替としてマンガ教材が十分期待できるということが明らかにされた。

しかしその一方で、柘原・相場(2005)では、マンガ教材の中で直接的に表現されていなかった内容が児童に伝わっていなかったことや、体験学習では行われた児童同士の意見交換や議論が、マンガ教材ではできなかったことも今後の課題として指摘した。また、柘原・相場(2005)のマンガ教材は、教材の使われ方が授業時間中に時間をとり児童にただ読ませるだけという一方的なもので、児童の側から教材に問題解決的に取り組む使い方がなされていない。そこで、本研究では、柘原・相場(2005)で指摘されたマンガ教材の問題点を改善し、新しいマンガ教材を作成した。その上で、その教材を用いた小学校における授業実践を通して、マンガ教材がより体験学習の学習効果に近づくことへの可能性を評価、検討した。

2. マンガ教材の作成

(1) 先行研究から考える問題点と改善点

柘原・相場(2005)では、マンガ教材や体験学習による授業実践を行う前と後に、同じ内容のテストを行

表1 柘原・相場(2005)のプレ・ポストテストの結果と検定結果 [柘原・相場(2005)を引用]

		第一問		第二問		第三問										第四問	
		プレ	ポスト	プレ	ポスト	1		2		3		4		5		プレ	ポスト
						プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト		
K組 (40)	正答数	36	40	19	32	19	37	16	28	11	22	10	21	15	29	3	15
	誤答数	4	0	21	8	21	3	24	12	29	18	30	19	25	11	37	25
	成績改善率	-		61.9%		85.7%		-		37.9%		36.7%		56.0%		32.4%	
E組 (38)	正答数	33	38	22	29	24	38	14	23	15	33	22	34	19	34	3	14
	誤答数	5	0	16	9	14	0	24	15	23	5	17	4	19	4	35	24
	成績改善率	-		43.8%		100.0%		-		78.3%		76.5%		78.9%		31.4%	
O組 (38)	正答数	29	38	18	29	24	38	18	27	11	30	26	32	22	36	3	20
	誤答数	9	0	20	9	14	0	20	11	27	8	12	6	16	2	35	18
	成績改善率	-		55.0%		100.0%		-		70.4%		50.0%		87.5%		48.6%	
検定結果	K-E	-		K=E		K=E		-		K<E		K<E		K=E		K=E	
	K-O	-		K=O		K=O		-		K<O		K=O		K<O		K=O	
	E-O	-		E=O		E=O		-		E=O		E=O		E=O		E=O	

い(プレテスト・ポストテスト), 実践後どれだけ成績が改善されたかを比較した(表1)。本研究では, その結果を元に柘原・相場(2005)のマンガ教材を評価し, 改善による効果の可能性について検討する。これ以降, 便宜上本研究で作成したマンガ教材を「新マンガ教材」, 柘原・相場(2005)で使用されたマンガ教材を「旧マンガ教材」と呼ぶ。以下に旧マンガ教材の問題点および新マンガ教材での改善内容を述べる。

① 交換・議論ができない

柘原・相場(2005)によると, 旧マンガ教材が体験学習に劣った理由の一つとして「モデル実験の際に, お互いに意見交換し, 議論する姿が観察されていた」ことを挙げている。相場(2007)では, バーチャルリアリティを用いた間接経験でも共同学習の有効性が示されている。このように, 間接経験での学習においても, 児童同士が話し合っ問題点を解決することは非常に大切な要素だと考えられる。しかし, マンガ教材を使用した授業の中で, 意見交換や議論を児童同士が行うことは難しいと考えられるため, 新マンガ教材ではマンガ内で男児と女児がお互いの意見を出し合い, 答えを導き出すというシーンを取り入れた(図1)。

② 情報不足による川のカーブの侵食・堆積作用の理解不十分さの分析とその改善

第三問の3, 4, 5において, 旧マンガ教材のみを使用したクラスであるK組の改善率が特に低くなっている(表1)。この三つの問はいずれも川のカーブにおける流れる水の侵食作用, 堆積作用に関する問題であり, 旧マンガ教材では川のカーブの学習が不十分で

あった可能性が高い。

旧マンガ教材では, 川のカーブについて流速の違いに1ページ, 川岸の様子の違いに1コマを用いて解説している。しかし, これだけでは説明が不十分で, 「なぜ速度が異なるのか」, 「どのようにして小石がたまるのか」などが理解しにくかったのではないかと考えられる。また, 川の深さについては旧マンガ教材の中で明確に言及されておらず, 絵とそれ以外の解説から児童が推測することを期待されていたが, そうはならなかったということが柘原・相場(2005)の中で述べられている。そこで, 本研究では川のカーブで速度が変わる理由に2ページ, 川の外側が削られ内側に小石がたまる理由に1ページを用いて解説し, さらにその応用として川の深さが異なる理由を導くストーリーを2ページ用意した。図2にその一部を示す。

③ 教材に対して児童が能動的に取り組めない

表1の成績改善率を比較すると, 旧マンガ教材では, ほとんどの問いにおいてマンガ教材が体験学習より劣る。これは, マンガ教材を用いた授業では児童が体験する要素が少なく, ただひたすらマンガを読む, という状況であるため, 教師から授業を「受けているだけ」という状態に近いとめと考えられる。そこで, 新マンガ教材には児童の能動的な活動を増やすため, 最後のページにワークシートを用意した(図3)。

このワークシートは, 川の流れる場所による石の形の変化や, カーブでの川の流れについて問う穴埋め式の問題である。新マンガ教材を読めば, すべて答えがわかるような簡単な内容である。これにより, 児童は



図1 新マンガ教材（児童の意見交換シーン）



図2 新マンガ教材 (川のカーブの解説)

自力で授業のまとめができるようになる。

(2) マンガ教材の作成

新マンガ教材は15ページのストーリーマンガで、全ページ新しく作成した。旧マンガ教材と比較するためストーリーの流れや表現、内容などは旧マンガ教材と似せて作成した。

登場人物は教師が一人、児童が男女一人ずつで、子どもたちが教師に川の石の大きさが異なる理由を尋ねることで学習が始まる。マンガの内容は旧マンガ教材とほとんど同じであるが、よりストーリーマンガらしくするため、「図工で使う川の石が、拾った場所で大きさが違う」ことに児童が疑問を抱くようにストーリーを構成した。

旧マンガ教材では、「教師が川に流されたり」、「河童が出てきたり」と子どもの関心をひくような面白い要素がたくさんあった。しかし、新マンガ教材では、川のカーブの解説に多くのページ数を使うため面白い要素は取り入れていない。

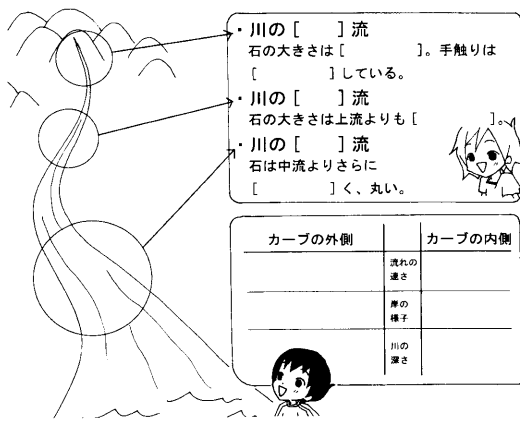


図3 新マンガ教材(川のカーブの解説)

3. 授業実践

授業実践は慶應義塾幼稚舎5年生4クラス(K・E・I・O組)計142名を対象に以下の異なる方法で実施した(表2)。実施時期は2008年11月である。

K組(N=36): 新マンガ教材のみを使用

E組(N=36): 旧マンガ教材のみを使用

I組(N=35): 新マンガ教材を使用し、体験学習も実施

O組(N=35): 体験学習のみを実施

学習の最後にはアンケートを行った。授業の主な流れは以下のとおりである。

(1) プレテストと導入

すべてのクラスにおいて最初にプレテストを行い、つづいて導入として水の働きがわかる川のさまざまな特徴について考えさせた。最初は川の持つ特徴について挙げさせ、上、中、下流における川幅・深さ・形の変化やさまざまな大きさの石の存在などに意識を向けさせた。そして流れる水の働きによって川が作る地形の代表としてV字谷、川のカーブ部分、三角州の写真を提示した。ここで川の3作用に意識を向けるきっかけとして、それらの地形の成り立ちや特徴について考えさせた。この時点ではまだ答えを教えていない。

(2) マンガ教材学習と体験学習

マンガ教材学習では、教材を児童に配布して読む時間を与えた。旧マンガ教材はただ読むだけだったが、新マンガ教材には最後に記入式のまとめのコーナーを設けたためそのページをまとめさせた。

体験学習は、コンクリート製の幅50cm、全長5m、深さ20cmほどの、川の蛇行を再現した実験水路に土砂と水を同時に流して観察させた。この実験水路は、水と一緒に砂を流すことで土砂が水に運搬され、カーブの内側に堆積する様子が観察できるように設計されている。ただし、コンクリート製のためカーブの外側での侵食作用は見られない。

表2 本実践授業のスケジュール

	K組	E組	I組	O組
第一次	プレテスト	プレテスト	プレテスト	プレテスト
第二次	新マンガ教材	旧マンガ教材	新マンガ教材+体験学習	体験学習
第三次	ポストテスト	ポストテスト	ポストテスト	ポストテスト
第四次	補償(体験学習)+アンケート	補償(体験学習+新教材)+アンケート	アンケート	補償(マンガ教材)+アンケート

それぞれの学習終了後にその内容および前時の川の3作用に関する問いについて班ごと(1班3人)で自由に話し合わせ、気づいたことをノートに記録させた。

(3) ポストテストと補償授業

プレテストと同じ内容のテストをポストテストとして行った。その後補償授業としてそれぞれ前回行っていない内容の授業を行った。

(4) まとめとアンケート

導入時の問いの答えを示し、「流れる水の働き」の単元のまとめを行った。最後にアンケートを実施した。

4. プレ・ポストテストとアンケートの結果の解析と考察

K組とE組を比較して新マンガ教材の改善点の有効性を考察した。また、K組とO組を比較して、新マンガ教材の体験学習に対する効果を検討した。さらに、K組とI組を比較して、体験学習とマンガ教材を使用した授業の両方を実施した場合の効果についても考察した。

それぞれの実践後にどれだけ内容を理解できたかを調査するため、授業の前後に同じ設問をプレテストとポストテストとして全クラスを対象に行った(図4)。ポストテスト終了後、新マンガ教材を使用しなかったクラス(E、O組)で教材を用いた実践を行ってから、すべてのクラスを対象にアンケートを実施した(図5)。

各クラスのテスト結果と成績改善率を表3に示す。成績改善率とは、プレテスト誤答者とポストテスト誤答者の差を、プレテスト誤答者の人数で除した値である。つまり、プレテスト誤答者のうち、ポストテストでは正答した児童の割合を示す値である。この数値が高いほど学習効果も高いと考えられる。考察はこの数値を比較して行う。

各問いの成績改善率は、クラス間の有意差を検定し、検討した。検定は、終原・相場(2005)と同様に行った。すなわち、プレテストとポストテストにおけるクラス間の成績改善率の差について二項分布を正規近似して行う検定方法で検定した。例えばK組とE組の数値を比較する場合は有意水準 $\alpha=0.05$ 、帰無仮説を $p_K=p_E$ 、対立仮説を $p_K>p_E$ もしくは $p_K<p_E$ として両側検定を行った。検定結果を表3に示す。 p 値が0.05より小さければ帰無仮説は棄却され、成績改善率に有意差があることになる。

まず、新マンガ教材(K組)と旧マンガ教材(E組)を比較する。K組とE組の成績改善率を比較すると、ほぼすべての問においてK組のほうが高い成績改善率を示す。特に、問3の川のカーブに関する問いでは、K組の成績改善率がE組を有意に上回り、旧マンガ教材の問題点が改善されたことがわかる。これは、新マンガ教材ではカーブの解説を増やし、最後にまとめを書き込ませたことにより、高い学習効果が得られたと考えられる。このことから、特に記憶すべき知識として伝えたい部分については、絵や写真から類推させるのではなく、具体的な解説・まとめを行ったほうが効果は高いと言える。

次に、新マンガ教材のみを使用したクラス(K組)と体験学習のみで実施したクラス(O組)の成績改善率を比較すると、問3の②以外では有意差は見られなかった。しかし、問3の①以外の成績改善率はK組がO組を上回っている。特に、川のカーブの侵食に関する問3・4での差が大きい。これは、教材の効果だけではなく、体験学習に用いた川の実験水路がコンクリート製であるため、侵食作用を観察できないことによると考えられる。また、体験学習の実践中に女子児童1名が実験用水路の水が流れ込む池に落ちたため、他の児童が観察よりも女子児童の世話を優先させたことにより、積極的な話し合いがあまりできなかったことも成績改善率が上がらなかった原因の一つと考えられる。

一方、K組では新マンガ教材のまとめのページに取り入れたワークシートに解答する際に、近くの友人たちと話し合ったり、マンガの絵を使って教え合ったりして、児童同士で学びあう様子が頻繁に見られた。この共同学習が、高い成績改善率につながったと考えられる。このことから、ワークシートを取り入れ、児童の共同学習を可能にした新マンガ教材は、一定の教育効果を上げたことが示された。また、新マンガ教材と体験学習を組み合わせた授業を行ったI組の結果とK・O組の結果を比較すると、I組はK組やO組とは優位差が見られなかった。終原・相場(2005)ではマンガ教材と体験学習を両方行うことによる相乗効果が示唆されていたが、今回の結果から統計的にそれを見いだすことはできなかった。しかしながら、問3の⑤や問4では数値的にはK組やO組を上回っているし、少なくともマンガ教材と体験学習の内容が互いにぶつかり、負の相乗効果は起こってはいなかったということと言えるだろう。

流れる水の働き

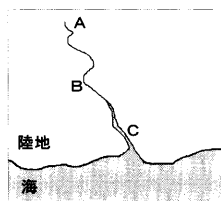
組 番 名前

第一問

右の地図の川の三地点A, B, Cで、かわらの石を調べると下の写真のようになりました。

それぞれの写真の石は地図のどの地点のものでしょうか。写真の下のかっこの中に答えなさい。

写真に写っているハンマーは全て同じ大きさのものです。



()



()



()

第二問

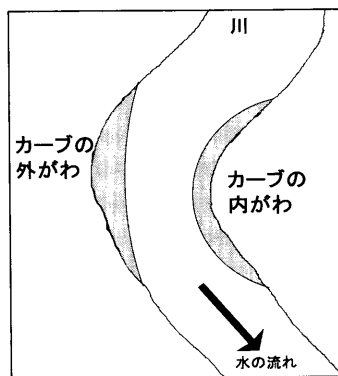
なぜ同じ川の石なのに場所によって大きさや形がちがうのでしょうか。下のかっこの中に自由に考えて答えなさい。

第三問

右の図は川がカーブしている部分の図です。カーブの外がわと内がわはどのようになっていると思いますか。

次のうちカーブの外がわだと思うものにはA, 内がわだと思うものにはB, どちらとも言えないと思うものにはCを書き入れなさい

1. こちらの方が流れがはやい()
2. こちらの方が水温が高い()
3. こちらの方が深くなっている()
4. こちらの方がけずられている()
5. こちらの方が小石などがたまっている()



第四問

カーブの内がわと外がわで様子がちがうのはなぜだと思いますか。自由に考えて書きなさい

図4 プレ・ポストテスト

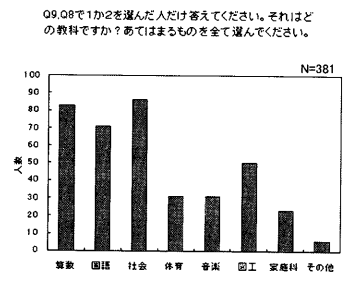
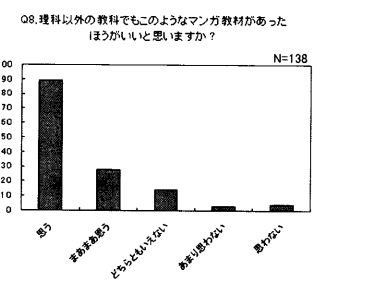
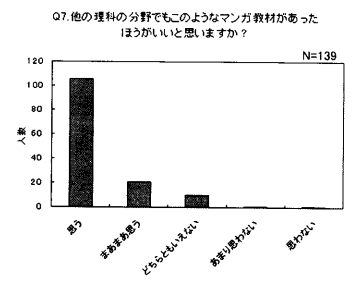
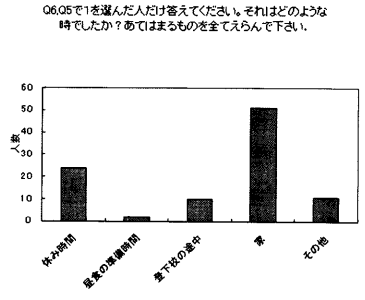
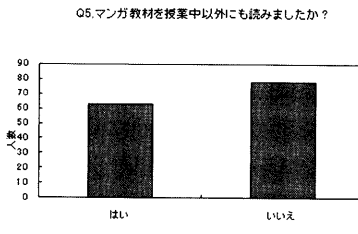
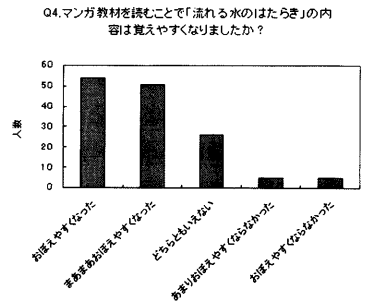
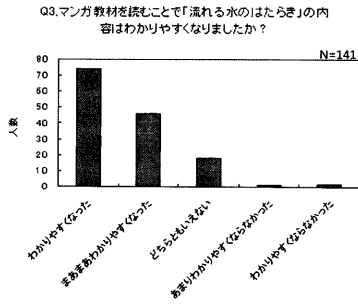
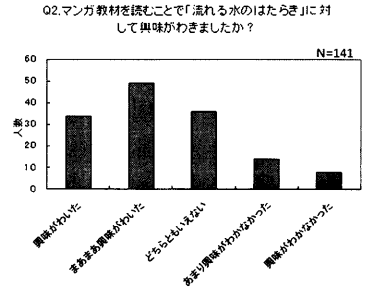
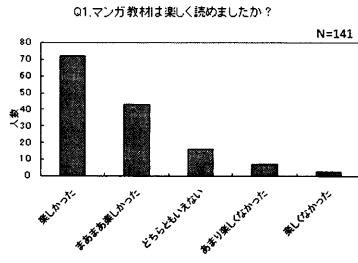


図5 アンケートの設問と結果

表3 プレ・ポストテストの結果と検定結果

		問1		問2		問3①		問3②		問3③		問3④		問3⑤		問4	
		プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト	プレ	ポスト
K組 (新マンガ教材)	正答者	28	35	9	29	18	34	11	22	14	35	20	33	16	32	2	13
	誤答者	8	1	27	7	18	2	25	14	22	1	16	3	20	4	34	23
	成績 改善率	87.5%		74.1%		88.9%		44.0%		95.5%		81.3%		80.0%		32.4%	
E組 (旧マンガ教材)	正答者	23	36	12	27	14	25	11	18	17	29	18	29	16	29	0	5
	誤答者	13	0	24	9	22	11	25	18	19	7	18	7	20	7	36	31
	成績 改善率	100.0%		62.5%		50.0%		28.0%		63.2%		61.1%		65.0%		13.9%	
I組 (新マンガ教材 + 体験学習)	正答者	29	34	10	25	12	31	22	29	12	32	14	31	13	31	1	13
	誤答者	6	1	25	10	23	4	13	6	23	3	21	4	22	4	34	22
	成績 改善率	83.3%		60.0%		82.6%		53.8%		87.0%		81.0%		81.8%		35.3%	
O組 (体験学習)	正答者	26	34	11	24	21	34	18	20	15	30	21	29	18	30	0	10
	誤答者	9	1	24	11	14	1	17	15	20	5	14	6	17	5	35	25
	成績 改善率	88.9%		54.2%		92.9%		11.8%		75.0%		57.1%		70.6%		28.6%	
検定結果 (有意差があった場合のみ P値を表示)		有意差なし		有意差なし		K>E P=0.0079 I>E P=0.0207 O>E P=0.0055		K>O P=0.0222 I>O P=0.0150		K>E P=0.0109		有意差なし		有意差なし		I>E P=0.037	

以上のように、新マンガ教材は一定の成果を上げることができた。しかし、同時にマンガ教材の短所についても改めて示された。授業の導入で児童に川の地形について考えさせたとき、「川が先あって谷ができたのか、谷があって川が流れたのか」という質問をしており、それに対する児童の予想は半々になっていた。その後教材を読ませてから再度同じ質問をしたが、予想は変わらなかった。新マンガ教材では川のカーブを例に侵食作用に関しても丁寧に解説している。この質問は、その知識をもとに川の水が川底を削って谷ができたことを考えさせることをねらいとしていた。

しかし、侵食作用と関連づけて考えている児童はあまり見られなかった。このことから、新マンガ教材を読んだ児童は、侵食作用が「川のカーブでのみ起こる現象」であると勘違いした可能性がある。前田(1990)もマンガ教材がその印象の強さから、ほかへの思考の転換が図れないと指摘しており、このことからマンガ教材には、描かれている内容をほかの事象に応用できないとする短所があると考えられる。つまり、マンガ教材に描かれた情報のみを使用して授業を行ってしまうと、児童は描かれている内容を硬直的に記憶してしまい、応用が効かなくなっているのである。この問題は本来マンガ教材が持つ長所が短所として働いていることに起因している。

今回の実践では、児童が楽しみながらマンガ教材で学ぶ姿が見られた。授業後に行ったアンケートの結果(図5)によると、楽しく読めたかを問うQ1に対して、児童の回答は「楽しかった」が50%、「まあまあ楽しかった」が30%だった。また、Q2でも興味がわいたかという問に、58%の児童が「興味がわいた」、または「まあまあ興味がわいた」と答えている。また、Q3、4から流れる水の働きの内容が「わかりやすくなった」「まあまあわかりやすくなった」が85%、「おぼえやすくなった」「まあまあおぼえやすくなった」が74%と、マンガ教材を読んだことで学習内容を理解しやすくなったということが示された。これは、福岡ほか(1990)が示した、「マンガ教材は子どもに興味や関心を持たせ、学習内容を理解させやすい要因とすることができる」とする解釈と同じである。

一方、Q5では、「マンガ教材を授業時間外で読んだか」という質問に対しては、半数以上の児童が読んでいないと回答した。本研究では川のカーブの解説に多くのページ数を使うために、登場人物同士の笑いを誘

う会話などの面白い要素がほとんど含まれていない。そのため、児童にとっては、マンガ教材の「マンガ」よりも「教材」としての印象が強く残ったようである。それでも児童のマンガへの期待は高く、8割以上の児童が理科の他の分野や、他教科でも「マンガ教材があったほうがいい」と思っていることが示された(Q7, 8, 9)。このことから、マンガ教材のねらいの一つである児童の興味関心の喚起は達成されていると言える。

5. おわりに

今回の研究により、以前のマンガ教材の弱点が改良され、より効果的なマンガ教材を開発することができた。特に教材にワークシートの要素を取り入れることで、それまで極めて一方向で受動的な教材であったマンガ教材が能動的に取り組めるようになっただけでなく、児童の意見交換も可能にし、一定の教育効果を得ることができた。マンガ教材は体験学習が実施不可能な場合の教材としてある程度の効果が得られることが改めて示されたと言える。

しかしその一方で、マンガ教材単体での弱点と、それに伴うジレンマもまた示された。その弱点とはマンガの印象が強すぎるために、児童が学んだ知識を応用しにくくなり、場合によっては誤概念を植え付けかねないということである。これはマンガの教材としての長所が逆に弱点となってしまっている。無論、児童が類推をしやすいよう情報を増やしたり、起こりうる誤概念を予想して、あらかじめ教材の内容に対策を講じたりしておくこともできるが、これを追求しようとすると、教材の内容が煩雑になり肥大化することが懸念される。それは上杉(1990)が指摘する、マンガ教材の長所としてのデジタル性を損なうことになる。さらには、気軽に児童がマンガ教材を手にとることができなくなってしまう。

このように、マンガ教材には弱点があるが、その解消を求めると本来の良さが失われるというジレンマは、体験学習に近づけることを目標とした場合のマンガ教材の限界を示しているのかもしれない。もし、あくまで体験学習の代替的存在にこだわるのであれば、マンガ教材の研究は袋小路に入り、成果を上げることは難しいだろう。しかしながら、このジレンマの発見はマンガ教材の求める道を新たに示したとも言える。それは他の従来の教育方法との連携である。

今回は、マンガ教材がどこまで体験学習の代わりになりうるかを念頭の一つにおいて教材を開発したた

め、体験学習と教材の併用の効果は、負ではない程度のものであった。しかし、例えばマンガ教材を体験学習の事前・事後学習に使用するなどの他の授業方法との連携を念頭に置いた開発を行えば、さらなる教育効果が期待できるだろう。この方向を目指した教材の研究・開発を今後の課題としたい。

謝 辞 本研究を行うにあたり、東京学芸大学教育学部の松川正樹教授には、終始ご指導ご教授いただいた。この場を借りて、厚く感謝を申し上げる。

引用文献

- 相場博明(2007): 理科教育における直接経験の類型化と地学教育を例とした比較研究. 東京学芸大学大学院博士論文, 108 pp.
- 福岡敏行・岩井徳二・竹村志保美・松元博志(1990): 子どものマンガ文化と理科学習. 理科の教育, **39**, 588-598.
- 柘原礼士・相場博明(2005): 理科教育におけるマンガ教材の可能性—小学校5年生「流れる水のはたらき」における実践的研究—. 地学教育, **58**, 83-93.
- 前田伸雄(1990): 理科学習におけるマンガ. 理科の教育, **39**, 603-606.
- 上杉賢士(1990): 子どもの生活とマンガ. 理科の教育, **39**, 599-606.

柘原礼士・斎藤ひとみ: マンガ教材の改良とその教育的効果—小学校5年「流れる水のはたらき」における実践を通して— 地学教育 **62** 巻5号, 139-149, 2009

〔キーワード〕 マンガ, 教材, 教育メディア, 体験学習

〔要旨〕 単純すぎる絵による誤解を避け、子どもが能動的に活動できるようにするため、詳しい説明とワークシート要素を追加した新しいマンガ教材を開発した。実践授業の結果は、新しいマンガ教材が古いものより効果的であることを実証したが、マンガ教材が体験学習の代替として用いるには解決不可能なジレンマを持つことも明らかになった。マンガ教材は体験学習の代替ではなく、その補助を目的として開発する必要がある。

Reiji KUKIHARA and Hitomi SAITO: Improvements and Effects of Comic Teaching Materials in Science Education. *Educat. Earth Sci.*, **62**(5), 139-149, 2009

研究用銀河スペクトル画像を用いたハッブル則の 高校向け教材の開発と試行

Development of and Practice with Teaching Materials to Study
Hubble's Law Based on Galactic Spectra

原 正^{*1}・島 浩二^{*2}・五島正光^{*3}・洞口俊博^{*4}・金光 理^{*5}
古 荘 玲 子^{*6}・矢治健太郎^{*7}・PAOFITS ワーキンググループ

Tadashi HARA, Koji HATA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI,
Osamu KANAMITSU, Reiko FURUSHO, Kentaro YAJI and PAOFITS WG

Abstract: New teaching materials for the study of Hubble's law utilizing observational data of galactic spectra were developed. These materials were presented to high school students of one of the authors, an astronomy and Earth sciences teacher, and the educational effects were assessed. In the past, printed spectra were used to obtain the Hubble constant in many teaching materials and consequently it was difficult for students to determine the radial velocities of galaxies correctly, and to determine the Hubble constant quantitatively. In contrast, our teaching materials use observational data themselves and make students measure the spectra with their personal computer, with the result that students intuitively understand the relationship between wavelength shift of spectral lines and the radial velocity of galaxies. A questionnaire distributed to the students after the educational exercise revealed that our teaching material increased the interest of the students in modern astronomy.

Key words: high school, astronomy education, FITS data, galactic spectrum, Hubble's law, Makali'i

1. はじめに

ハッブルの法則とは、E. ハッブルが1929年に発見した、銀河の後退速度が距離に比例するという法則であり、高校の地学Iの教科書にもグラフが掲載されている。その比例定数はハッブル定数と呼ばれ、現代の膨張する宇宙像を示す重要な役割を果たしている。今回の教材は、実際の銀河のスペクトルデータから後退速度を求め、ハッブルの法則のハッブル定数を導くも

のである。

スペクトルについては、高校地学の太陽の表面温度や恒星のHR図の単元で学ぶが、太陽の学習では温度による連続スペクトルの形(プランク分布)を取り扱い、HR図ではプランク分布と色の関係や、スペクトルの吸収線と恒星のスペクトル型を学ぶものであり、いずれも天体の運動に結びつけるものではない。そこで、銀河のスペクトルデータを使って自ら手を動かして作業をしながら銀河の後退速度を求める体験をさせ

*1 埼玉県立豊岡高等学校 *2 岡山商科大学附属高等学校 *3 巣鴨中学・高等学校 *4 国立科学博物館

*5 福岡教育大学 *6 国立天文台 *7 立教大学

2009年4月8日受付 2009年9月15日受理

ることで、高校生の興味をひく授業ができるのではないかと考えた。

これまで、ハッブルの法則の学習法としては、教科書に掲載された図や表を用いた講義や、スペクトルの印刷写真と定規を使って波長のずれを読み取る演習方式のものなどがあつた。これらは概念をつかむには十分だが、印刷資料の測定では十分に正確な測定値の導出は難しく、定量的な扱いには向いていない。また、使われている銀河の資料はアメリカのパロマ山天文台で撮られた古いものであつた。われわれのグループでは日本の現代的な観測装置で得られた研究用の分光データを、生徒がパソコンを用いて直接解析することで、こうした点を改善したいと考えて実習教材を開発した。

本研究はこの教材の開発と、それを用いた実践およびその教育効果の評価を目的としたものである。

2. 教材について

(1) これまでの教材

従来のハッブルの法則の指導では、教科書などに掲載されている図や表を用いた講義が中心であつた。実習教材の例として、古くは ESCP 地学実験書 (日本語訳) 鈴木ほか (1967) に宇宙の膨張として、二つの銀河のスペクトルが掲載されている。吸収線を判読するものだが、その判読は困難である。現行の高校の教科書では、実習の形でスペクトルの写真から定規などで波長のずれを読み取りハッブル定数を求めさせたり、ハッブル定数を既知として銀河の距離を求めさせたりするものがある (力武ほか, 2003; 松田ほか, 2003)。

また、大学の教養課程あるいは 1, 2 年生を対象とした実習書でも印刷されたスペクトル写真から波長のずれを読み取らせるものとなっている (例えば、戎崎, 1995)。

これらは定規や図に付された目盛りを読み取って波長を求めるが、高校の授業で許された時間と機器の制約から、精度よく値を読みとるのは難しい。つまり、概念をつかむには十分だが、定量的な扱いには向いていなかったといえる。また、ある程度精度を出すためには、銀河についての距離以外の他の情報も使わねばならなかった。

高校生を対象とした最近の取り組みとして、アーカイブデータを用いて銀河の後退速度を与え、DSS の画像から銀河の見かけの大きさを測定しハッブルの法則を導く活動が行われている (西浦ほか, 2007)。西浦

らの教育活動の対象は、東京大学木曾観測所の SPP 事業「星の教室」に参加した学校の生徒に対する活動である。筆者らの教材は一般的な教室での授業を前提に作成したものである。

また、ハッブル則を求めるうえで銀河の後退速度および距離を知らなければならない。両者を共に求めるのが天文学のアプローチではあるのだが、教室では時間の制約もあり、後退速度あるいは距離のいずれかを既知として、他方を求める活動にならざるをえない。両者を既知とするものは、単にグラフを作成するだけの活動といえる。西浦らは銀河の後退速度を既知とし、銀河の見かけの大きさを画像から求める方法を採用している。筆者のグループは銀河の距離を既知とし、後退速度をスペクトルの波長を解析することで求める方法を採用した。これにより、これまで生徒にはあまりなじみのないスペクトルに直に触れる教材とすることができた。

(2) 教材開発について

今回開発したものは、スペクトルデータ、授業で生徒が使用するワークシート、赤方偏移から後退速度を計算するための表計算シート、教師用ガイドから構成される。ここで、スペクトルの観測データは FITS 形式 (Hanisch et al., 2001) という天文学での研究を目的とした観測画像の記録方法として標準の形式で記録されている。FITS 形式のデータを扱うためには、後述の画像解析ソフトも必要となる。

1) スペクトルデータ

使用したスペクトルデータは、国立天文台・岡山天体物理観測所の 188 cm 望遠鏡とカセグレン分光器 SNG (Spectro-Nebular-Graph) を使って取得されたものから、 $H\alpha$ 輝線を含む波長域で観測されている天体を選んだ。SNG は、グレーティング (1,200 本/mm) のもの場合、分散 3 nm/mm) で波長方向に分散した銀河の画像を検出器 SITe CCD (512×512 ピクセル) で記録してある。

これらのデータは、もともと銀河回転を研究するために撮像されたもので、対象銀河の中心を通り長軸方向にスリットをあてて撮像された 2 次元スペクトルであり、銀河面の傾きによってはドップラー変位した腕の部分のスペクトルも写っている (図 1)。教材として利用したスペクトルの天体名、観測年月日、観測者などは表 1 のとおりである。データはそのままでは授業に使うことには適さないので、一次処理、分散方向の変換、波長較正は筆者のグループで行った。波長情

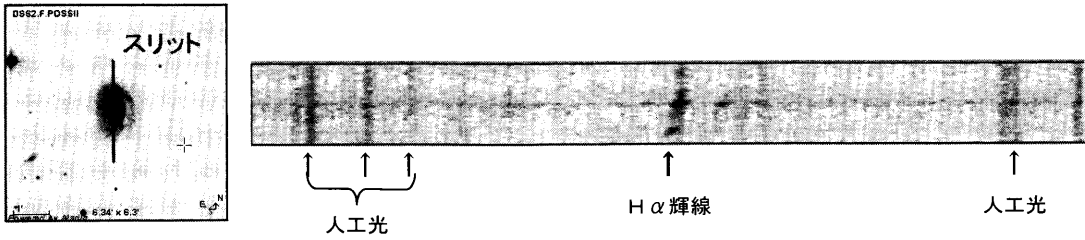


図1 NGC673のスリットのイメージ(左)とスペクトル(右)

左図のように銀河の中心核を切る長軸方向にスリットをあててスペクトルを撮っている。右図は教材のスペクトル画像で、スペクトルの右ほど波長が長い。銀河の中心核が中程に水平に薄く現れている。縦に垂直に入っているのは人工光によるもの。左図の銀河画像はDSS2による。

表1 教材に用いた銀河のスペクトルと距離

距離の数字の右肩のaはハッブル・キー・プロジェクトによる値、bはIa型超新星による値であることを示す。

	銀河	撮像年月日	グレーティング(波長域)	観測者	距離 Mpc
データセット1	NGC673	1995. 11. 28	1200 本/mm (648-686nm)	家, 他	72. 40 ^a
	NGC2403	1997. 3. 1	1200 本/mm (642-682nm)	富田, 他	3. 22 ^a
	NGC2608	1995. 11. 28	1200 本/mm (648-686nm)	家, 他	31. 00 ^b
	NGC3198	1997. 3. 3	1200 本/mm (642-682nm)	富田, 他	13. 80 ^a
	NGC7678	1995. 11. 30	1200 本/mm (648-686nm)	家, 他	51. 80 ^b
	NGC925	1995. 11. 25	1200 本/mm (648-687nm)	家, 他	9. 16 ^a
データセット2	NGC2541	1995. 11. 29	1200 本/mm (648-687nm)	家, 他	11. 11 ^a
	NGC2713	1995. 11. 28	1200 本/mm (648-687nm)	家, 他	55. 40 ^b
	NGC3031	1999. 3. 17	1800 本/mm (649-674nm)	祖父江, 他	3. 63 ^a
	NGC3627	1993. 1. 13	300 本/mm (605-733nm)	加藤・平田・高田	10. 05 ^a
	NGC4258	1994. 2. 17	150 本/mm (466-716nm)	山田, 他	7. 98 ^a
	NGC4321	1997. 3. 5	1200 本/mm (642-682nm)	富田, 他	15. 21 ^a
	NGC4414	1999. 3. 23	1800 本/mm (649-674nm)	祖父江, 他	17. 70 ^a
	NGC4536	1999. 3. 23	1800 本/mm (649-674nm)	祖父江, 他	14. 93 ^a
	NGC4548	1996. 4. 16	1200 本/mm (641-679nm)	青木, 他	16. 22 ^a
	NGC4639	1996. 4. 16	1200 本/mm (640-680nm)	青木, 他	21. 98 ^a
	NGC7331	1995. 11. 25	600 本/mm (616-694nm)	大山, 他	14. 72 ^a

報はFITSのヘッダー情報として記録されている。

今回の教材では銀河の距離を与えられたものとして、後退速度をスペクトルデータから解析して求める活動とした。そのための銀河の距離データとしては、これまでハッブル定数を定めるために行われた最高精度のものとして、ハッブル・キー・プロジェクト(Freedman et al., 2001)のものを採用した。このプロジェクトはケフェウス型変光星を用いて銀河までの距離を決定している。

ハッブル・キー・プロジェクトの対象となっている銀河のうち、岡山天体物理観測所のSNGでHα線のスペクトルが得られているものを国立天文台のデータアーカイブSMOKA(Baba et al., 2003)で検索したと

ころ、13個の銀河の観測スペクトルを得ることができた。また、ハッブル・キー・プロジェクトの銀河は30 Mpcより近傍にあるため、より遠方のものを補うために、Ia型超新星で距離が測定されている4個の銀河のスペクトルをSMOKAからさらに取得して追加した。表1にこれらの銀河の距離を示す。

教材には二つのデータセットを用意した。データセットの一つはHα輝線の判定が容易で、遠い銀河から近いものまでを偏りなく五つ選んだもので、これをデータセット1とする。データセット2はそれを含む銀河17個である。データセット1はあまり実習に時間がとれないときに、短時間でも良い結果が得られるものを選定している。データセット1を用いて求める

ことができる値は 68.8 km/s/Mpc 、データセット 2 を使って求めることができる値は 74.1 km/s/Mpc となる。ちなみに、ハッブル・キー・プロジェクトで求められたハッブル定数は $H_0 = 72 \pm 8 \text{ km/s/Mpc}$ となっている。

2) ワークシート

生徒が実習時に使用する印刷物として、ワークシートを用意した。内容に沿って、測定した結果や表計算で得られた値を記入していくと結果に到達するように構成した。

3) 表計算シート

マイクロソフト社の表計算ソフト Excel に数式を組み込んだものである。解析ソフトで読み取った値から、後退速度を計算し、ハッブル図を作成するために用いる。高校生が手計算でできる内容なので、これを使うことは必須ではない。

4) 教師用ガイド

今回の授業をする際に留意すべき点など、教員に役立つことをまとめた。ここではすべてのデータの Ha 輝線の位置を示してある。

5) 解析ソフト「マカリ」

授業でのデータの解析作業にはマカリを用いることを前提として作成した。マカリは、国立天文台が教育用に開発し、公開、配布している FITS データ処理ソフトで、MS-Windows 上で動作し、操作のユーザーインターフェイスが初心者にもなじみやすく作られているのが特徴である（古荘ほか, 2004; Horaguchi et al., 2006）。今回はこのソフトのグラフ機能を用いてスペクトルから波長を読み取る。

解析ソフトも含めたこれら教材は Paofits ワーキンググループの WEB サイトで公開している (<http://paofits.nao.ac.jp/>)。また、解析ソフト・マカリは教育利用に関しては、無償で利用できる。(<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/>)

3. 授業の実践

(1) 授業の概要

この教材を用いた授業を 2006 年 2 月中旬に 3 時間を用いて、筆者の一人が所属する埼玉県立豊岡高等学校で実施した。対象は 2 学年の理系の地学 I 選択者 2 クラスの合計 45 名である。地学 I は 3 単位で実施している。使用した PC は MS-Windows2000 を搭載した Celeron 800 MHz のマシンで、メモリは 256 MB である。

この教材は現行の指導要領上 (2) 大気・海洋と宇宙の構成, (イ) 宇宙の構成, (ウ) 銀河系と宇宙に位置づけられる。

生徒はこの授業に必要な学習内容として、こまめで、地学 I の教科書を使った講義形式の授業で次のことを学んでいる。

- ・光と波長、簡易分光器による光の観察
- ・銀河とその空間分布
- ・光のドップラー効果
- ・スペクトルの赤方偏移と銀河の運動
- ・ハッブルの法則と宇宙膨張

(2) 授業の進行

授業で生徒たちが体験した事柄を作業の手順に沿って①～⑨の操作に分けて説明する。①～④が 1 時間目、⑤～⑦が 2 時間目、⑧⑨がまとめの 3 時間目に実施した内容である。進んだ生徒は 2 時間で⑨まで済ませてしまう状況であった。授業で行うデータ処理の大まかな流れを表 2 に、PC 教室での 2 時間分の授業の概要を表 3 に示す。

- ①マカリのセットアップファイルとスペクトルデータをダウンロードする。今回はあらかじめ校内のサーバーに二つのファイルを用意した。
- ②マカリのセットアップ、データファイルの解凍。
- ③スペクトルデータを開き、銀河核（画像の中心に

表 2 授業でのデータ解析の流れ

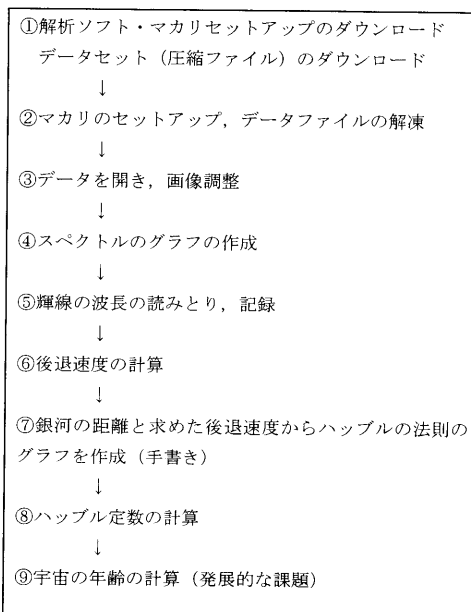


表3 PC教室での大まかな授業の流れ

	時間経過	生徒の活動	教師の活動
1 時 間 目	開始	・教卓の教材プリントをとり、着席	・着席後すぐ起動するように指示。
	10分	・PCへのログイン操作、個人ID、パスワードの確認	・PC使用上の注意、この時間の目的を説明
	20分	・共有フォルダを開き、デスクトップに必要なファイルをコピー、プリント、教員の説明を参照しつつセットアップ。	・共有フォルダにあるデータとマカリのセットアップファイルを自分のPCにコピーするよう指示。マカリのセットアップとデータの解凍方法を説明し、実行を指示。
	30分	・データファイルを開いて画像調整の練習をする。	・マカリでデータを開き、画像調整について説明。輝線とバルジが見えやすくなるようにする。
	40分	・グラフを作成し、H α 輝線の波長情報を記録する。	・グラフ機能の説明をする。特に矩形選択のやりかた、輝線の判断の仕方、人工光との見分け方を説明する。グラフだけでなく、画像も確認しながら進めることを注意する。
	50分	・ソフトを閉じ、シャットダウンを確認する。	・波長情報の読み方を説明、記録を指示する。 ・終了の指示と次回の予告
2 時 間 目	開始	・PCへのログイン	・着席後すぐ起動し、前回と同じ操作をして、マカリとデータをセットするように指示。
	10分	・データセット1とその他の銀河から計8個を選んで波長を読み取り、記録する。	・配布済みのプリントをみながら、前回の操作を行い、8個の銀河のH α 輝線の波長を調べるように指示。
	30分	・説明にそって、例題を解く。表計算の式がうまくできたことが確認できたら、データの計算に入る。	・表計算ソフトを使って、後退速度の計算する方法を説明。グラフに結果をプロットすることも指示。少なくとも後退速度は出しておくよう伝える。
	50分	・ソフトを閉じ、シャットダウンを確認する。	・終了の指示と次回の予告

横につながった光芒)や腕(銀河の回転によって斜めになっている場合が多い)のスペクトルがわかるように画像の明るさ表示の調整をする(図2)。スペクトル画像の右が長波長側となる。

④マカリのグラフ機能で範囲を矩形選択して銀河核のスペクトル強度の分布グラフを表示させる(図3)。

⑤スペクトル強度分布のグラフからH α 輝線を見つける。H α 輝線の波長を読みとる。銀河核のスペクトル強度分布から読み取りにくいものもあるので、スペクトル画像の腕による輝線なども参考に

しつつ進める。

⑥H α の本来の波長と読み取った波長から銀河の後退速度を計算する。

$$v = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} c$$

ここで、 v : 後退速度、 λ : 静止系でのH α の波長、 λ' : 観測したH α 輝線の波長、 c : 光速度である。先の2.(2)の3)表計算シートの項で示した表計算ソフトを使って求めてもよい。

⑦銀河の距離と求めた後退速度の関係を表す図を描

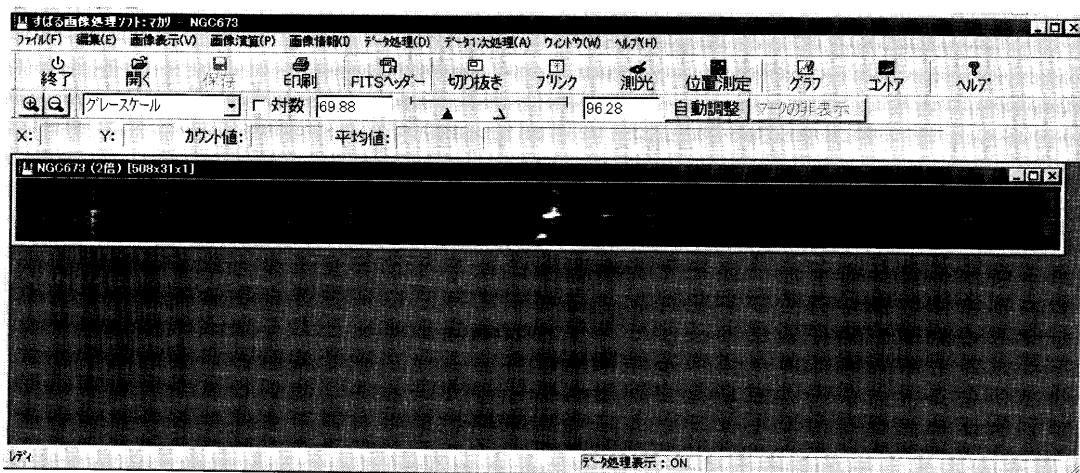


図2 解析ソフト・「マカリ」で開いた銀河のスペクトル
この例では銀河のスペクトルは銀河の回転によるドップラー効果によって斜めになっている。

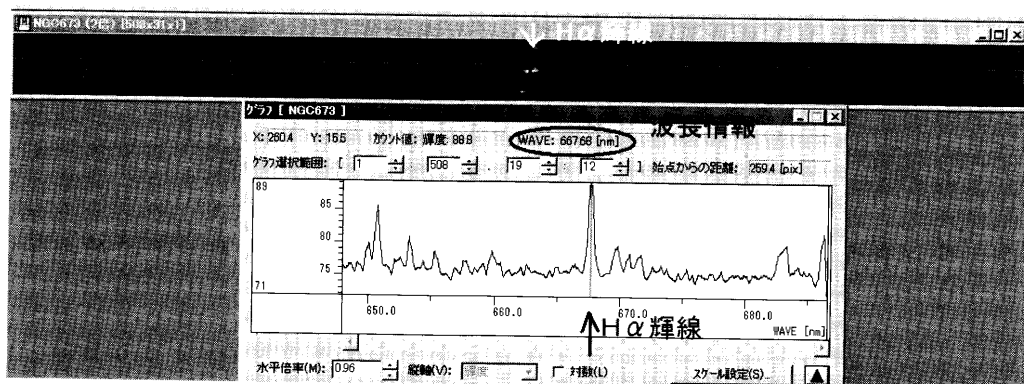


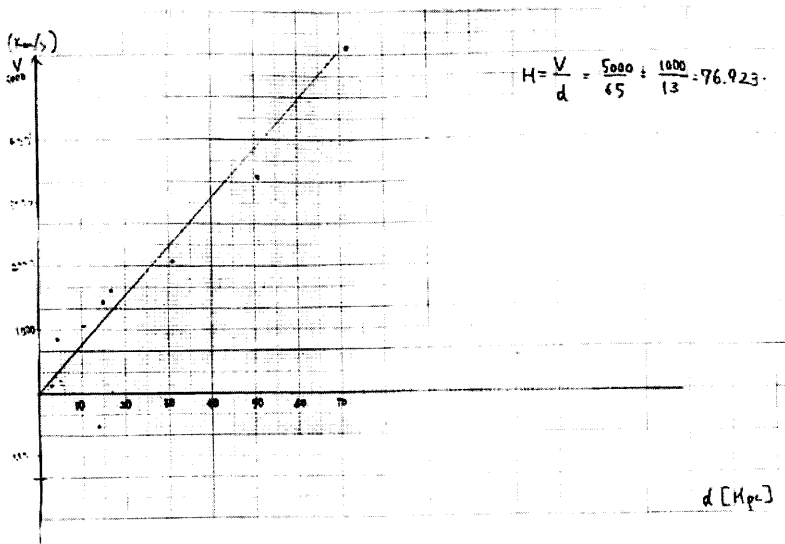
図3 グラフ機能を用いて表示した銀河のスペクトル
グラフ機能で銀河のバルジの写っている範囲を矩形選択し、スペクトルのグラフを表示させたところ、データセット1の銀河のスペクトルはこのようにH α 輝線が画像、グラフ表示とも明瞭（○で囲った部分）で、波長データの読み取りは容易である。

かせる。縦軸を後退速度、横軸を距離とするとハッブル定数はグラフの傾きになるので求めやすくなる。原点（観測者がいる場所）の意味をよく考えることと、1本の直線で表すように指導する。図4は生徒が描いた図の一例である。

- ⑧グラフの傾きからハッブル定数を求めさせる。この際、プロットした値そのものを使うのではなく、引いた直線の傾きを求めるように指導する。
- ⑨求めたハッブル定数から、宇宙の年齢を決めさせる。公式はワークシートに示してあるが、この授業の直前の講義で求め方をあらかじめ指導した。

$$y = \frac{c}{H_0} \times 3,260,000$$

ここで、 y : 宇宙年齢 [年], H_0 : 現在の銀河系近傍のハッブル定数 [km/s/Mpc], c : 光速 [km/s] である。ハッブル定数は1 Mpc離れた銀河の後退速度の差に等しいので、宇宙年齢は距離1 Mpcをハッブル定数の速度で移動した場合にかかる時間として求めることができる。3,260,000は距離1 Mpcを光年に変換する係数である。



5. 求めたグラフの比例定数(傾き)はハッブル定数と呼ばれ宇宙の大きさ、年齢を決める数値です。ハッブル定数を求めてみましょう。

図4 生徒が作成したグラフの一例
グラフ用紙に手作業でプロットし、原点を通るようにヒントを与えて直線を引かせた。

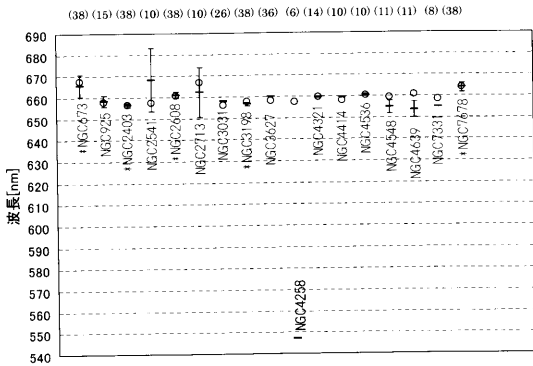


図5 生徒が求めたH α 輝線の波長の平均値と標準偏差

一が生徒の求めた波長の平均値で、バーは標準偏差を表している。○がデータから求めるべき正しい値。データセット1(推奨)を構成するものについて、銀河の名前の前に「*」を付した。括弧内の数字は作業対象にその銀河を選んだ生徒の人数。

4. 教材の評価

教材を評価するにあたって、次の三つの方法で考察を行った。まず、授業中に生徒がワークシートに記入した内容を検討した。ここで、生徒が無理なく課題の達成に取り組めたかどうかを調べた。また、授業後に

アンケートを実施し、生徒の感想を尋ねた。この教材では天文学の研究方法の一端を体験できる。その体験を生徒がどのように感じたかを調査した。最後に、教材による教育効果を判断するため、この授業の直前と直後にテストを行い、正答率の変化を調べた。

1) ワークシートから見た生徒の作業結果

生徒のワークシートから作業状況を調べた。まず、各銀河のH α 輝線の読み取りについて、その平均値と標準偏差を図5に表す。NGCの前に付けた*印はデータセット1の銀河を表している。また、図上部の括弧内の数字はそれぞれの銀河の測定を行った生徒の人数である。

特徴として全体に分散が小さいことが挙げられる。これはFITSデータとマカリの組み合わせにより、H α 輝線のピークが読み取りやすく、より正確に波長を求めることができたためと考えられる。印刷物では得られない効果である。

次に、各銀河のデータについて考察してみる。まず、生徒の求めた波長が正しい値とずれが大きいのものは、NGC 2541, NGC 2713, NGC 4258, NGC 4548, NGC 4639, NGC 7331である。特にずれが大きかったNGC 4258については、スペクトルデータの波長域が他のデータとはかなり違っているため、H α が左のほうにずれている。そのことで短波長側にある人工光を信号

と見誤ってしまった可能性が高い。NGC2541も長波長側の人工光を見誤ったのがほとんどで、それがない生徒は正しい値を出していた。NGC2713, NGC4639については、人工光をH α 輝線と見誤る生徒が多い。NGC4548はノイズが多く生徒が信号を見分けるのは難しいと思われる。NGC7331については、ちょうど銀河核のスペクトルの上に宇宙線によるノイズが乗っていて、非常に大きなピークとなっている。生徒はそれを信号だと思い測定している。教師用ガイドでも触れているが、ノイズや人工光と判別が難しいものの中には、もともとH α 輝線が弱いものもあり、銀河の選定やスペクトルの取り直しなどを含めて今後検討する必要がある。

生徒が求めた値の標準偏差が大ききものは、NGC 673, NGC2541, NGC2713, NGC4639である。これらのデータは人工光による輝線が多く、H α 輝線を判定しにくいと思われる。NGC673については、ピークの幅が広いので、正しくH α 輝線と判断できているものの、分散が大きくなる結果につながったと考えられる。

データセット1については、生徒が計測した値も正しい値とのずれが小さく、ばらつきも小さいことがわかる。

生徒の求めたハッブル定数の平均は72.1 km/s/Mpcで、値の分布は図6のようになっている。標準偏差は3.94 km/s/Mpcである。ここでは、手順や計算を誤るなどの作業上の問題が生じ、特にかけ離れた値になってしまった生徒のもの5例を除いてある。

先述のように、データセット1を用いて求めることができる値は68.8 km/s/Mpc、データセット1と2を合わせて使って求めることができる値は74.1 km/

s/Mpcなので、これらと比較しても問題ない値といえる。

2) 授業アンケートのまとめ

この授業を行った直後の授業で生徒の感想をアンケートで聞いてみた。アンケート用紙は資料1のとおりである。

この教材の各作業段階に対する達成感を資料1の設問1の1)のように聞いてみた。結果は図7のようになった。ここでの達成感は、生徒自身が各段階をクリアできたと感じているかどうかを見るものである。達成感ほどの段階も7割が達成感を持って作業を終えている。グラフ機能を使ってスペクトルを表示する作業について、最も達成感が高い。次いで、ハッブル定数の計算、グラフの作成となっている。

生徒の感じる難易度を資料1の設問1の2)のように聞いてみた。その結果を図8に示す。難しいと感じる生徒と、簡単であると感じる生徒がほぼ半々である。とても難しいと答えた生徒が人数的に最も多かつ

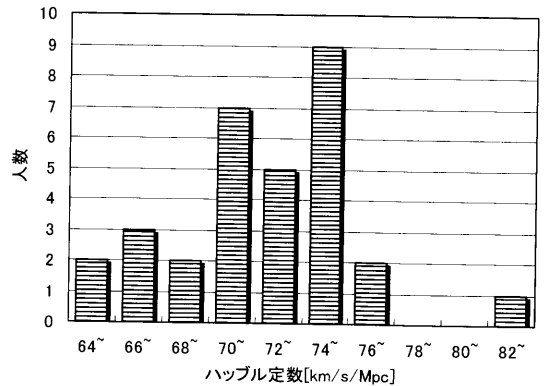
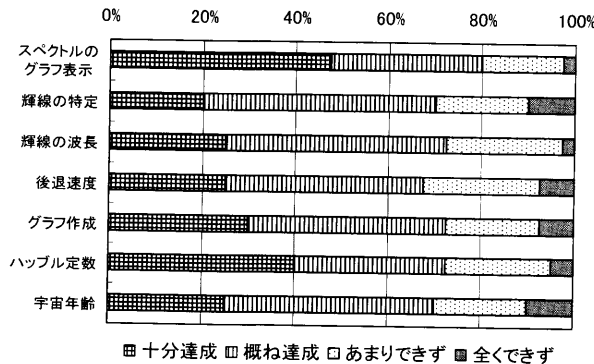


図6 生徒が求めたハッブル定数の分布



■ 十分達成 □ 概ね達成 □ あまりできず ■ 全くできず

図7 生徒の課題達成感

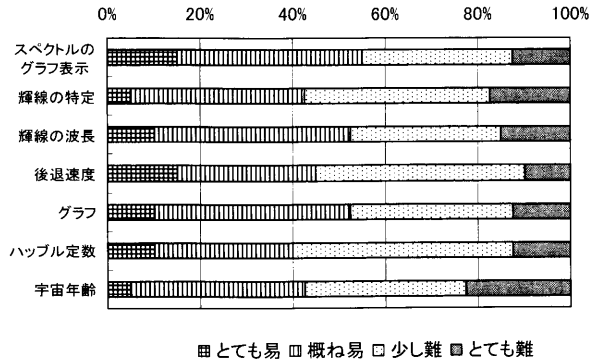


図8 生徒の感じる課題の難易度

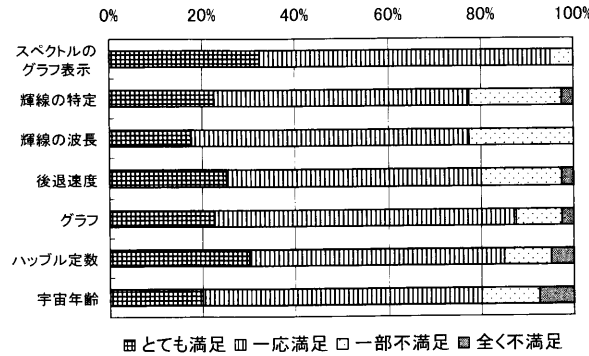


図9 生徒の感じる課題の満足感

たのは「宇宙年齢の計算」である。事前の解説は行っているが、公式の意味を理解できていない生徒が多かったと考えられる。また、輝線の特定を難しいと感じている生徒が多いこともわかる。先にワークシートの分析で示したように(図5)、H α 輝線読み取りが困難な銀河があり、その影響と思われる。

生徒の満足感を資料1の設問1の3)のように聞いてみた。その結果を図9に示す。どの段階も一応満足できると感じている生徒が8割近くある。特にスペクトルをグラフ表示させる課題は満足感が強い。この操作は容易で手順が適切ならば表示ができるので、このような感想になったのだろう。後半の段階では、ハッブル定数を求める部分で「とても満足した」と答えた生徒が多い。難易度の傾向とは逆になっている。

この授業を終えた後の生徒の感想は、図10のようになった。この活動が「おもしろい」と感じた生徒は9割に達する。「天文学の探究法を理解できた」と感じるものも同様の数である。「講義のみの授業よりわかりやすい」と感じている生徒も8割になっている。特

に、「自分でも観測してデータを取ってみたいと思う」ものが6割以上になっている。これらのことを総合して、この教材を利用することで、天文学における探求活動の一端を生徒の身近に感じさせることができるようになったと考えられる。

感想のアンケートでは理由も併せて尋ねた。回答はその答えた理由を選択肢から複数選ばせる形式とした。

「おもしろい」理由としては、「本物のデータを使うから」が19人、「画像からデータが取れるから」が11人とこの教材の特徴を理由に挙げたものが多い。

「講義ではなく実習だから」と答えたものは16人である。おもしろくないと答えた理由で多いのは「パソコンが苦手」が2人、「研究は自分に関係ない」が1人といったところである。このことから、画像を使うことで興味を喚起したと考えられる。

講義だけよりもわかりやすいと答えた理由は、「時間をかけたから」が13人、「本物のデータだから」も13人、「画像からデータが取れた」が10人となった。

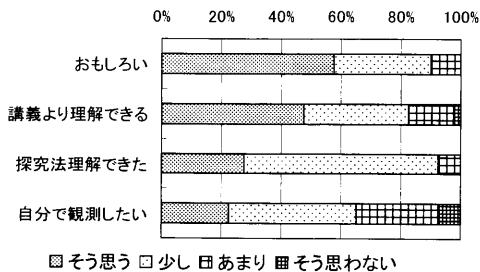


図 10 生徒の感想集計結果

わかりにくいと答えた理由で多いのは、「時間に追われてなにかわからない」が3人、「数字やグラフが苦手」を挙げたものが3人となっている。ここでも、FITS 画像を使ったことでわかりやすくなったと感じている割合が多い。

天文学の探究法の一面を知ることができたかという設問に、知ることができたと答えた理由は、「本物のデータだった」が32人、「画像からデータが取れた」が14人とやはり FITS 画像であることのメリットが強く出ている。知ることができないと答えた理由は「手順に追われた」が3人、「画像の意味がわからない」が2人、「研究は自分に必要ない」が2人となった。

自分でデータを取りたいと答えた生徒の理由は、「天体観測をやってみたい」が10人、「自分のデータでできる」と「課外授業が楽しそう」が8人、「研究のすべての段階を体験したい」も7人に達した。このように、研究のすべての段階を体験したいと感じる生徒が延べ25人と多くいることは、この教材の使用がさらに発展した探求活動の前段階の教材として優れていることを示していると考えられる。逆に、データを取りたくないと答えた理由では「機械の操作に自信がない」が9人、「自分のデータで結果はでない」が5人となった。

いずれも本教材の目的を否定するような本質的理由ではないと考えられる。

3) 事前事後調査

教材を用いた実習形式の授業を始める直前と結果を出し終えた直後と2回、テスト形式の調査を10分程度の時間で実施した。設問の概略は下記のとおりである。設問は選択肢から正しいものを選ぶ形とした。事前と事後で数値や選択肢の内容、正答の順は変えてある。設問の概要は次のようである。資料2に事後調査の全文を掲げた。

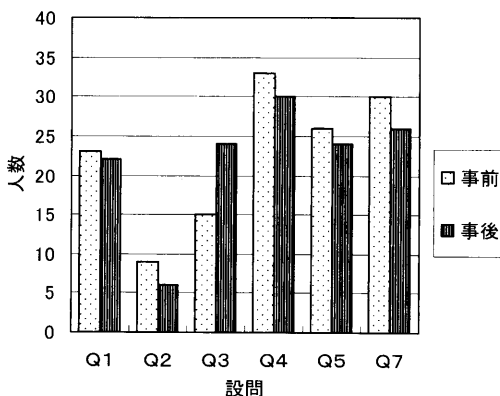


図 11 事前事後調査の正答者の数
設問6は集計からはずしてある。

問題： ほぼ同じ方向に見える二つの銀河 A, B のスペクトルを観測したら、後退速度がそれぞれ 1,400 km/s と 2,880 km/s であった。必要ならばハッブル定数を 72 km/s/Mpc とする。

- Q1: スペクトルの観測方法を問う。
- Q2: 後退速度はスペクトルの何を測るか問う。
- Q3: A に対する B のスペクトルの見え方を問う。
- Q4: 後退速度から銀河の運動を問う。
- Q5: ハッブル則で B がより遠いと判断する理由。
- Q6: 距離を計算する。
- Q7: AB の相互の距離はどう変わるか問う。

ここで、設問 Q6 にはアンケート作成時のミスで事前調査の方の選択肢に正答がなかったため、今回の分析から外すこととする。

結果は、設問 Q3 を除いてすべて正答者が減っている(図 11)。事前に比べて事後の成績がよくないのは、実習に入る前に講義形式の授業でこの内容を学習した際に、事柄を知識としての定着ができず、実習を挟んで時間が経ったことで誤答が増えてしまったのではないかと推測する。

Q2 の正答率が他の設問に比べてよくない。これは、H α 輝線を測る際にスペクトルの強度の強い場所の波長を測ることが正解なのだが、多くの生徒が強度を測ることと混同してしまっているのが原因であると思われる。問題文が適切でないことも正答率の低さの一因であると思われる。

Q3 はスペクトルの模式図を見て、後退速度の大きいものを選択する設問である。結果は事後の改善が著しい。これは実習で銀河のスペクトルを解析する活動

をしたことで、赤方偏移を画像を見て理解できるようになった成果と思われる。教科書の写真を見るだけの授業と比較して、画像処理という能動的体験により理解が深められたと考えられる。この教材の試用による効果の大きな特徴と考えてよい。

Q4～Q7は教科書の内容の確認といったものだが、今回の教材の使用の後で改善されたとは言えない。教材を用いた実習の授業ではハッブルのグラフの作成、ハッブル定数の算出など、技術的なことが中心になっているので、膨張する宇宙の概念といった知識の定着には課題のあることも明らかとなった。このことはQ1にも共通していえることである。

5. 結論と課題

今回の授業は、最終的にハッブル定数を導く活動であるが、ほとんどの生徒が教材の設定する値を求めることができた。この活動ではハッブルの法則を表すグラフを描くことができればよい結果に結びつく。グラフの傾きはハッブル定数だが、この傾きを左右する遠い銀河のスペクトルのH α 輝線の波長が、初めて取り組む生徒にも読み取りやすいものなので、それが功を奏したと考えられる。特にデータセット1については、H α 輝線の波長読み取りの誤差、分散も少なく、指導側が望む結果を得られやすいことも確認できた。これは、既存の教科書などの印刷物からは得られにくい結果であり、FITSを用いた教材の持つ大きな特徴と考えてよい。

一方で、生徒のワークシートの分析から、教材のデータにH α 輝線を求めるうえで困難なものもいくつかあることもわかった。今後、指導の際の留意点とするか、あるいは、データそのものに再検討が必要と思われる。このうち、特にNGC4258については知識としてハッブルの法則が頭にあり、かつ、スペクトルの波長を表す横軸の目盛りをよく読めば、目的のH α 輝線を見いだすことができるのだが、初めて学ぶ生徒たちにはそれは難しい。時間に制約を受ける授業という場で取り扱うのは厳しいので、教材の一つとして残すのかどうか、また、分光器を持っている天文台などと連携して新たにデータを取ることも含めて検討したい。

今回の調査では、この教材の特徴が生徒の興味を喚起するが、基礎的な知識の定着には不十分であることも明らかになった。この特徴は他のPAOFITSの教材と同様の傾向を示している(原ほか, 2008)。原ほか

(2008)とは学年や文系理系の違いがあるのだが、ほぼ同じ傾向である。このことは筆者の高校だけの特徴なのか、他の高校では異なる結果となるのか、今回のアンケート調査だけではわからない。今後、他の学校での実施なども含めて検討課題である。

また、この授業が知識の定着に役立つものにするために、各作業段階における作業の意味や用語の意味の確認などをこれまでより丹念に行っていくことが必要なのかもしれない。

今回特に述べておきたいのは、事前事後アンケートの変化として、銀河の運動状態とスペクトルの画像上に現れる現象の関係を、直感的に結びつけることができるようになることである。画像処理という能動的な経験をすることによる効果ではないかと考えられる。

また、感想のアンケートを見ると、生徒の興味関心を高めることに成功しているといえる。今回実施したのが2年生の理系クラスであり物理、生物、地学の中から地学を含む2科目を選択した生徒である(化学は1年次必修)。もともと地学に対する興味関心が高いと思われるが、それでも天文学の探求方法を多少は垣間見ることができたことで、自らもデータを取ってみたいと考える生徒も多く現れたのではないと思う。より深く探求したいという気持ちを新たな動機づけとして、観測を含めた探求活動につなげられるとよいと思う。

感想の自由記述の欄には「公式の意味がわかった」「自分は気象に進みたいけど天文でもいいかなと思った」などの回答を得た。生徒には単にテキストを読むだけではなく科学的な体験を、天文という素材を使って少し味わえたのではないだろうか。

今回の開発によって、現在の天文学の観測水準に近い研究用データを用いてハッブル則を体験的に学習できる教材を作成することができた。実際の高校の授業でも生徒にも受け入れやすいものになっていると考えられる。

謝辞 今回の授業の実践にあたっては、埼玉県立豊岡高校の情報科の小島正順教諭にPC教室の使用時間やサーバ利用の便宜を図っていただき、また、技術的な問題解決のために貴重な時間を割いてさまざまな有益なアドバイスをいただいた。ここに感謝する。

また、本研究は文部科学省科学研究費補助金「本格的研究観測画像を用いた実践的な天文教育カリキュラムの開発」(課題番号17500620)の助成を受けて行わ

れた。ここに感謝する。

引用文献

- Baba, H., Yasuda, N., Ichikawa, S., Yagi, M., Iwamoto, N., Takata, T., Horaguchi, T., Taga, M., Watanabe, M., Ozawa, T. and Hamabe, M. (2002): Development of the Subaru-Mitaka-Okayama-Kiso Archive System In: D. A. Bohlender, D. Durand, and T. H. Handley (eds.). ADASS XI. *ASP Conference Series*, **281**, 298.
- 戎崎俊一(1995):ゼミナール宇宙科学, 東京大学出版会, 東京, 128-138.
- Freedman, W. L., Madore, B. F., Gibson, B. K., Ferrarese, L., Kelson, D. D., Sakai, S., Mould, J. R., Kennicutt, R. C., Jr., Ford, H. C., Graham, J. A., Huchra, J. P., Hughes, S. M. G., Illingworth, G. D., Macri, L. M. and Stetson, P. B. (2001): Final results from the Hubble space telescope key project to measure the Hubble constant. *Astrophysical Journal*, **553**, 47-72.
- 古荘玲子・原 正・洞口俊博・PAOFITS WG (2004): リアルデータを教室に —公開天文台ネットワーク PAOFITS WG の活動—。天文月報, **97**, 149-155.
- Hanisch, R. J., Farris, A., Greisen, E. W., Pence, W. D., Schlesinger, B. M., Teuben, P. J., Thompson, R. W. and Warnock, A., (2001): Definition of the flexible image transport system (FITS). *Astronomy & Astrophysics*, **376**, 359-380.
- 原 正・五島正光・洞口俊博・縣 秀彦・矢治健太郎・古荘玲子・金光 理(2008): Ia型超新星を使った銀河の距離測定の指導。地学教育, **61**, 113-122.
- Horaguchi, T., Furusho, R., Agata, H. and PAOFITS WG (2006): FITS Image Analysis Software for Education: Makali'i In: C. Arviset, D. Ponz and E. Solano (eds.). Proceedings of Astronomical Data Analysis Software and System XV. *ASP Conference Series*, **351**, 544-547.
- 松田時彦・山崎貞治・磯崎行雄・江里口良治・友田好文・有山智雄・岡田昌訓・柴山元彦・永田 洋・増田哲雄(2003): 高等学校地学 II. 新興出版社啓林館, 202-204.
- 西浦慎悟・中田好一・三戸洋之・宮田隆志: 高校生のための天文学実習教材「宇宙年齢を測る」の作成。地学教育, **60**, 53-66.
- 力武常治・本蔵義守・家正則・丸山茂徳・小川勇二郎・浅野俊雄・永田豊・池田宣弘・中野孝教・清水政義・日江井栄二郎・平野弘道(2003): 高等学校地学 II. 数研出版, 208-209.
- 鈴木康司・奥村 清・紅露 清・相蘇昇二・五十嵐邦享・関根正明・山口和也・塩田正行・高橋 紀・植村耕作・古市芳郎訳(1967): ESCP 地学実習書, 108-109.

原 正・畠 浩二・五島正光・洞口俊博・金光 理・古荘玲子・矢治健太郎・PAOFITS ワーキンググループ: 研究用銀河スペクトル画像を用いたハッブル則の高校向け教材の開発と試行 地学教育 62 巻 5 号, 151-165, 2009

〔キーワード〕 高等学校, 天文学教育, FITS データ, 銀河スペクトル, ハッブルの法則, 解析ソフト「マカリ」

〔要旨〕 筆者らのグループは研究目的に撮像された銀河スペクトル画像を高校生が解析することによって, ハッブルの法則を導くことのできる教材を開発した。この教材により, これまでの印刷教材よりも精度よく銀河の後退速度を求め, ハッブルの法則の導出ができるようになった。高校で実際に授業を行った結果, 生徒が銀河の輝線スペクトルが銀河の運動によってどのように変化するかをイメージとして把握できるようになることを確認できた。生徒へのアンケートからは興味をもって授業を受けられるという感想も得た。これらのことから, 現在の天文学の観測水準に近いデータを用いて, ハッブルの法則を体験的に学習することができる教材であることを確認できた。

Tadashi HARA, Koji HATA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI, Osamu KANAMITSU, Reiko FURUSHO, Kentaro YAJI and PAOFITS WG: Development and Practice of the Teaching Materials to Study Hubble's Law Based on Galactic Spectra. *Educ. Earth. Sci.*, **62**(5), 151-165, 2009

資料1 事後アンケート

II. 研究用のデータ(FitsData)を用いた実習について

1. 今回実施したハッブルの法則に関する実習について、1～7の段階別にあなたの考えをたずねます。下の選択肢の記号を使って回答欄に記入してください。

1) 各段階の課題をどの程度達成できましたか。

- ①十分達成できた ②概ね達成できた ③少しは達成できた ④全く達成できなかった

2) 各段階の課題についてあなたが感じた難易度を教えてください。

- ①とても簡単だった ②概ね簡単だった ③少し難しい ④とても難しい

3) 各段階の課題について自分が求めた結果をどのように感じましたか。

- ①とても満足できる ②一応満足できる ③どちらかというと不満足 ④まったく不満足

回答欄

作業の段階	設問1)	設問2)	設問3)
1. スペクトルのグラフを作ることができた			
2. H α 光の輝線を特定することができた			
3. 輝線の波長を読みとることができた			
4. 銀河の後退速度を求めることができた			
5. 距離と後退速度の関係をグラフにすることができた			
6. ハッブル定数を求めることができた			
7. 宇宙年齢、あるいは宇宙の地平線を求めることができた			

2. 今回の実習では、主に研究を目的に天文台で実際に観測されたデータを使用しました。このような試みをどのように感じましたか。自分の考えに近いものを選んで○を付けてください。理由の選択肢はあてはまれば、複数答えてもかまいません。

1) 研究用データを使った実習はおもしろかったと思いますか。

	1. そう思う	2. 少しはそう思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 特別教室での授業だったから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学の研究のやり方がわかったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 0. その他()		1. 特別教室での授業だったから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータはわかりにくかったから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 0. その他()	

2) 講義だけの授業よりも法則などの意味がわかりやすくなったと思いますか。

	1. そう思う	2. 少しはそう思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 特別教室での授業だったから 2. 時間をかけて課題に取り組むことができたから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学の研究のやり方がわかったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 8. 実験や実習が得意だから 0. その他()		1. 特別教室での授業だったから 2. 時間に追われて何をやっているかわからなかったから 3. データよりも本に書いてある方がわかりやすいから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 8. 実験や実習は苦手だから 0. その他()	

3) この実習で天文学の探究方法の一面を知ることができたと思いますか。

	1. そう思う	2. 少しはそう思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 講義ではなく実習だったから 2. 時間をかけて課題にとりくむことができたから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学に以前から興味があったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 0. その他()		1. 講義ではなく実習だったから 2. 手順に追われて何をやっているかわからなかったから 3. 本物のデータはわかりにくかったから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 天文の研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 0. その他()	

4) 与えられたデータではなく、自分で観測してデータが取れるといいと思いますか。

	1. そう思う	2. 少しはそう思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 教材は誰が撮ったものかわからないから 2. 天体観測もやってみたいから 3. 研究のすべての段階を体験してみたいから 4. 自分のデータで結果が出せるから 5. 課外授業が楽しそうだから 0. その他()		1. 機械を操作して自分でデータを取る自信がないから 2. 天体観測はやりたくないから 3. 研究は自分には必要ないから 4. 自分のデータで結果が出せるとは思えないから 5. 授業時間以外での勉強はしたくないから 0. その他()	

5) なにか感想や意見等があれば、自由に記入してください。

資料2 事後調査用紙

【問題】同じ方向にみえている2つの銀河Aと銀河Bのスペクトルを観測したら、後退速度がそれぞれ7200[km/s]、28800[km/s]でした。次の設問に答えてください。必要ならハッブル定数を72[km/s/Mpc]としてください。

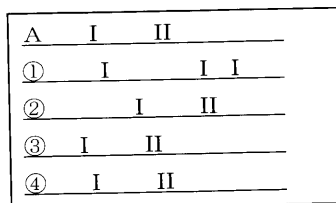
1) スペクトルの観測(分光観測)について、正しいものを1つ選んでください。

- ① 銀河の光をプリズムや回折格子(グレーティング)で、波長の順に連続的に分解して観測すること。
- ② 銀河の中にある専用の特別な天体の光だけを選んで観測すること。
- ③ 銀河のすべての天体の明るさを総計して測定できる様な観測のこと。
- ④ 銀河の特定の波長の光だけを透過するフィルターを使って観測すること。
- ⑤ わからない

2) 銀河の後退速度を決めるには、観測したスペクトルの何を読みとればよいですか。正しいものを1つ選んでください。

- ① ハッブル定数と同じ数値の場所の強度を読みとる。
- ② 最も強い場所の光の強度を読みとる。
- ③ 特定の元素による波長がよくわかっている輝線または吸収線の波長を読みとる。
- ④ 最も強度変化の激しい場所の変化の大きさを読みとる。
- ⑤ わからない

3) 右の図はスペクトルを模式的に描いたものです。最上部は銀河Aのスペクトルと考えると、銀河Bのスペクトルとしてどれが最もふさわしいですか。ただし、図の右を赤、左を青とします。



4) 設問の観測結果によると、銀河A、Bの運動は我々の銀河系に対して動きはどうなっていますか。

- ① 遠ざかっている
- ② 近づいている
- ③ 横に動いている
- ④ 変わらない
- ⑤ わからない

5) ハッブルの法則が正しいとすると、銀河Bが銀河Aよりも遠いと判断できる理由はどれですか。

- ① 見かけが暗いから
- ② 見え方が小さいから
- ③ 後退速度が大きいから
- ④ わからない

6) ハッブルの法則を使って、銀河Aまでの距離を求めるとどのくらいですか。

- ① 7200[Mpc]
- ② 100[Mpc]
- ③ 72[Mpc]
- ④ 4[Mpc]
- ⑤ わからない

7) 銀河Aと銀河Bの互いの運動はどのようになっていると考えられますか。

- ① 遠ざかっている
- ② 近づいている
- ③ 横に動いている
- ④ 変わらない
- ⑤ わからない



資 料

実践を通して明らかになった理科基礎の課題

Issues Made Clear in “RIKA KISO” after a Year Experience of Teaching the Subject

米 澤 正 弘*

Masahiro YONEZAWA

1. はじめに

平成 15 年度入学生より始まった現行教育課程では、理科の中に新たな科目である「理科基礎」が設けられた。

「理科基礎」の特色は、学習指導要領解説—理科編・理数編(文部科学省, 1999)によれば「中学校理科で学習した内容を基礎として、科学がこれまで自然の謎の探究・解明にいかにも挑戦し文明の発展に寄与してきたかを知るとともに、過去の実験を再現したり課題を解決した過程や、科学が直面している問題及び科学と人間生活との関係について学び、科学的なものの見方や考え方を養う」となっており、標準単位は 2 単位である。

この科目の主な特徴は、科学の歴史を扱い、その中で画期的な転換となった典型的な事例を取り上げることである。指導要領の大項目は「(1) 科学の始まり」、 「(2) 自然の探究と科学の発展」、 「(3) 科学の課題とこれからの人間生活」の三つからなる。そのうち(2)の中項目は、アが化学、イが生物、ウが物理、エが地学の 4 分野からなっている。さらに小項目は、各分野からそれぞれ(ア)(イ) 2 項目ずつが挙げられていて、これらは、生徒の実態を考慮しそれぞれ(ア)または(イ)のいずれかを選択して学習するとしている。

地学分野の中項目であるエ「宇宙・地球を探る」には、(ア)「天動説と地動説」と(イ)「プレートテクトニクス説の成立」の小項目があり、(ア)は惑星の観測資料から得られる視運動をもとに天動説から地動説への“宇宙観の変遷”を、(イ)は全地球規模の諸現象を統一的に説明する理論として登場したプレートテクトニクス説の背景や経緯すなわち“地球観の変遷”を学

ぶとしている。

以上の他に内容の構成とその扱いについて、大項目の(1)については羅列的扱いはしないこと、(3)については課題を設けて考察させ報告書にまとめたり発表を行わせたりすること、などが挙げられている。

筆者は前任の千葉県立若松高等学校で、3 年次の 2 単位選択科目の一つとして設定されている「理科基礎」を、平成 18 年度に担当した。筆者にとって初めての科目で、しかも内容に科学史が含まれていることもあり、全く手探りの状態から始めて 1 年間の授業を終えた。この実践を通して、学習指導要領のいう「理科基礎」の趣旨・目的を達成するのはたいへん難しく、この科目が持つ問題点も見えてきた。この機会に実施内容と問題点を報告し、皆さまのご意見・ご批判をいただきたい。

2. 実践校における「理科基礎」の状況

千葉県立若松高等学校は、1976 年千葉市に開校した普通科のみの学校である。教育課程は、1 学年は全科目共通履修で、2 学年から理系(1 クラス)・国際教養コース(1 クラス)・文系(5 クラス)の三つのコースに分かれる。表 1 に理科の教育課程を示す。()内は単位数、太字は必修、他はすべて選択必修である。

「理科基礎」は 3 年生の 2 単位選択の中に含まれ、平成 18 年度の選択者は、1 講座 11 名—コース別では理系 3 名文系 8 名、男女別では男子 6 名女子 5 名—であった。教科書は、東京書籍版『自然のすがた・科学の見かた—理科基礎』(上田ほか, 2003)を使用し、副読本等は使用しなかった。

表1 実践校理科の教育課程

(太字は必修, 他は選択必修, カッコ内は単位数)

1年	(共通履修) 理科総合A(2)+理科総合B(2)		
2年	理系	文系	国際教養
	化学I(3)+物理I(3)or生物I(3)	物理I(3)or化学I(3)	なし
3年	化学II(3)+物理II(3)or生物II(3)		生物I(3)or地学I(3)
	2単位選択(10科目から1科目選択)ーこの中に「理科基礎(2)」が含まれる		

表2 まとめ用授業プリントの例

プリントNo. 4
<p>8. 単位と測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・測る <ul style="list-style-type: none"> ①ものの量を測るためには、ある地域である程度の集団が同じ尺度を共有しなければならない ②原始時代には人間の()が尺度として使われた→単位の誕生 ・単位 <ul style="list-style-type: none"> ①古い時代の尺度 <ul style="list-style-type: none"> 長さの尺度ー指、手のひら、スパン(親指と小指を広げた長さ)、腕、ヤード(鼻から指先までの長さ)、フィート(足の大きさ)、インチ(親指の幅)など 時間の単位ー日時計、水時計、月の運行、太陽の運行 など ②その後、新しい国ができるたびに「度量衡」の統一が行われる <ul style="list-style-type: none"> →度量衡ー長さと容積と重さまたはそれを測るための物差しと秤(はかり) ③現在の単位 <ul style="list-style-type: none"> メートルー子午線の長さの4千万分の1 キログラムー1リットルの水の質量 1秒ーセシウムを用いた原子時計 ④単位の統一の必要性 <ul style="list-style-type: none"> 科学的なデータを同じ基準で比較検討したり蓄積したりする地域や民族の間での紛争を防ぐ <p>9. 暦をつくる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・季節の変化の予測 <ul style="list-style-type: none"> ①狩猟、採集、農耕など人類の生活には季節の変化の予測が大事 ②人類の祖先が使ったもの <ul style="list-style-type: none"> 日の出直前や日の入り直後の()の変化 ()の出没点の移動 ()の長さの変化 など ・暦の作成ーより正確な季節変化の予測の必要性 <ul style="list-style-type: none"> ①()の満ち欠けの周期の利用ー12回か13回で1年⇒太陰暦 ②月と()の動きを併用する⇒太陰太陽暦 ・暦の改良 <ul style="list-style-type: none"> ①()暦ー1年の長さを365.25日、4年に1度閏年を置く ②()暦ーユリウス暦をもとに400年に3回閏年を減らし、1年を365.2425日とする

3. 実践内容

(1) 「科学のはじまり」について

教科書の項目は、以下のとおりである。

『立ちあがった人類』『道具を使う』『死者をとむらう』『芸術の芽ばえ』『農耕の開始』『情報を伝える』『数えたり計算したり』『単位と測定』『暦をつくる』『星で占う』『パンとビール』『銅から鉄へ』『文明と環境変化』『からだをなおす』『科学がうまれるまで』

教科書の項目の順序に沿って授業を行った。最初の『立ちあがった人類』では、生徒が人類の進化についての程度の知識を持っているかを問うてみたが、「類人猿との違い」「直立二足歩行後の身体的変化」などの質問にほとんど答えられず、1年次の理科総合Bでの関連する学習内容が全く出てこなかった。このため、復習というより全く始めから授業をやり直さねばならなかった。次の項目以降も同様であったので、まずその日の授業範囲の前提となる基礎知識を確認し、次に

「理科基礎」の内容を丁寧に解説しながら生徒の疑問や意見を対話で引き出す形で授業を進めた。しかし、生徒から自発的な質問がなかなか出てこなかったの

で、できるだけ“あなたはどうか”“君ならどう考えるか”という発問で時間を取って考えさせ、意見が出るまで辛抱強く待つようにした。

No.

DATE

1貫目は、3.75kg 1000匁(もんめ)

尺貫法：中国から入ってきた度量衡の制度が元になっている。いちばん大きな「貫」という単位は、日本が独自のもの~~で~~で「尺貫法」というのも日本が独自の名称です。

本家本元の中国では「^熟斤法」という名称で呼ばれてはいます。食パンを教えるときの一斤二斤というのも、この「斤」がもとになっています。この「斤」を除けば全て10進法なので大きさの段階が分かりやすい制度です。

一番小さい単位が「毛(ぼう)」そして10毛で次の「厘(りん)」

10厘で次の「分(ぶん)」、10分で「匁(もんめ)」、10匁で

「両」そして次の単位は16両で「斤(しん)」、最後に625斤(100両)で「貫」になります。

「貫」：尺貫法における質量の基本単位

もともと一文銭の質量を一文目とし、1000匁=1貫とする。
(一文の100=)

中国では、貫は通貨の単位で、匁を質量の単位とするのは日本独自のことで、

1891(明治24)年、度量衡法によりキログラムの $\frac{15}{4}$ つまり3.75kgと規定された。

次の時間の始めには、教科書の記述をもとに作った前回授業のまとめのプリントで、()の穴埋めをしながら復習した(表2)。このプリントは、学習内容の定着を図り、考査時の復習の参考になるように考えて作成した。生徒にはおおむね好評で、考査前の学習の整理に利用したとのことであった。

(2) “単位”に関する発表について

「科学のはじまり」の中の“単位と測定”という項目で、理科や日常で用いる単位について“1日はどうやって決めるのか”“重さの単位にはどんなものがある、その基準は?”などを問うてみたが、全く答えられなかった。そこで、一人一つずついずれかの単位(度量衡)を選んで調べ、その結果を数分で発表させる時間を設定した。生徒が選んだのは、ポンド・坪・ガロン・グラム・リットル・cc・畳・貫・m²・ヤードなどであった。発表はインターネットで調べたものをただ読むだけというものが多く、聞いている生徒からの質問もほとんどなかった。そこで、教師側から“その単位の由来”や“どの地域で使われているのか”などを質問をし、それを聞いて他の生徒が少しでもその単位について理解できるようにし向けた。指導する教師自身も“坪が台湾や韓国でも使用されていること”など知らないことが多くあり、勉強になった。発表時のレジュメはそのまま提出させた。図1は「貫」を調べた生徒のレジュメである。

(3) 課題研究

1学期末に、資料(表3)をもとに課題研究のテーマの選び方・調査方法・発表の仕方・レポートのまとめ方などを説明し、テーマ例も環境問題を中心に20程度を挙げて、夏休み中に各自テーマを決めてくるように促した。しかし、結果として、2学期最初の授業までに決められた生徒は約半数にとどまったため、残りの生徒には2学期に入ってからの授業を利用して相談ののって決めさせた。決まったテーマは、「水俣病について」「排気ガスについて」「オゾン層を守ろう」「酸性雨(2名)」「日本の被害地震」「エルニーニョ現象」「紫外線」「日本の大地震」「皮膚と老化」「形状記憶合金」であった。学習場所は、インターネットが使えて印刷もできる図書室を使用し、途中生徒に適宜アドバイスを与えた。数時間の調べ学習の後、A4判1枚程度のレジュメを作成させ、これをもとに発表させた。発表後に改めてA4用紙10枚程度のレポートを提出させ、これを中間考査に代えた。

図2に、生徒が発表時に使ったレジュメの一例を示

した。これは、紫外線について、『皮膚と老化』に注目して調べまとめたものである。最近話題の紫外線が自分の皮膚にどのような影響を及ぼすのか、日焼けはどのようにして起こるのかについてまとめてある。発表者は女子で、その際の説明はレジュメの内容より日焼け対策に重点が置かれてわかりやすく、彼女の主な関心が日焼けやしみにどう対処するかにあることがよくわかった。

(4) 「天体と地球をつなぐ科学」の章について

地学分野の教材については、生徒たちの興味・関心が高い天文教材を選んだ。履修した生徒たちは、1年次に地球の自転や公転をほとんど学習していなかったため、天動説からではなく、自転・公転の基礎から授業に入った。内容的には、

地球の自転…日周運動・転向力・フーコーの振り子等

地球の公転…年周視差・光行差等

惑星の運動…視運動・惑星現象・会合周期等

などを学習してからケプラーの法則へ進み、惑星運行表の作成・それをもとにした惑星の運動への考察まで実施した。

この間に実施した実習は、だ円の書き方、教科書に載っている火星の視運動の作図、惑星運行表の作成等である。また、公転周期と会合周期の計算演習も行った。

(5) 考査および評価について

定期考査5回のうち、2学期の中間考査を除いて4回を実施した。2学期の中間考査分は、課題研究の発表とレポートで評価した。考査問題は、学習内容に沿ったうえでできる限り生徒の考えを述べさせるように工夫した。

評価の内訳は、定期考査70%、提出物10%、課題研究のレポート16%、課題研究の発表4%であった。

提出物は、「単位に関するレジュメ」や実習で行った図表などである。よくまとまっているものや独自の意見が記述されているものを「良い」、その他は「普通」の2段階で評価した。

課題研究については、平常の提出物とは別に、発表・質疑応答およびレジュメの出来具合と提出レポートの内容をそれぞれ、

A…よく調べてあり、自分の意見が述べられており、発表の仕方もなかなか良い

A'…よく調べてあるが、自分の意見が少ない。発表の仕方は良い

表3 課題研究についての生徒配布用プリント

「理科基礎」課題研究について

2学期前半は課題研究を行います。以下の要領にしたがって研究を進め、成果を発表して下さい。

1. テーマを選ぶ
 - ・理科関係（物理・化学・生物・地学・科学史）のテーマであること
 - ・2カ月程度で一応完成できる内容であること
 - ・できるだけ身近なテーマを選ぶこと
 - ・自宅又は学校でできること
 - ・テーマの例を挙げておいた（後述）ので参考にすると良い
2. 研究計画をたてる
 - ・目的を明確にし、仮説をたてる
 - ・どんな資料が必要かを考える
 - ・資料収集・データ整理に必要な時間等を考える
3. 計画の実行
 - ・計画にしたがって、資料収集、データの整理・解釈、考察と進めていく
 - ・中間報告会を行い、他の人の意見を参考に研究の進め方をチェックする
 - ・途中経過はきちんと記録しておく
4. 報告書の作成—レポート用紙10枚程度
 - ・必ず報告書を作成する
 - ・自分以外の人が読んで理解できるように、わかりやすくまとめる
 - ・報告書のおよその内容は次の通り
 - ①表題—研究題目、研究者氏名など
 - ②テーマ—研究目的、研究計画
 - ③仮説—テーマについて現在の自分の知識で考えられる仮説をたてる
 - ④方法—研究方法を具体的に述べる
 - ⑤結果—得られた結果を整理し、図表やグラフなどにわかりやすくまとめる
 - ⑥結論—結果に基づき仮説の可否を検証する
 - ⑦考察—研究の過程で気づいた点や結果から考えられることを書く
 - ⑧問題点—研究途中での問題点や新たな疑問を整理する
 - ⑨参考文献—研究の参考にした文献のリストを掲げる

◎テーマの例

[環境問題]

- ・大気汚染
- ・酸性雨
- ・地球温暖化
- ・オゾン層の破壊
- ・環境ホルモン
- ・水俣病
- ・赤潮と青潮
- ・エルニーニョ現象
- ・ゴミ問題
- ・放射性廃棄物
- ・その他

[上記以外] —特に地学関係

- ・コペルニクスの地動説
- ・ガリレオ裁判
- ・ガリレオの天文対話について
- ・ティコ・ブラーエとケプラー
- ・ケプラーの法則について
- ・ニュートンの万有引力の法則
- ・望遠鏡発達の歴史
- ・暦の変遷の研究
- ・宇宙論の歴史
- ・星座のできかたの移り変わり
- ・科学に関することわざ

B…普通に調べてある。自分の意見が少ない。発表の仕方普通

B'…調べ方が今一つで、自分の意見がない。発表の仕方あまりよくない。

以上の4段階で評価した。両方ともA評価の生徒は

いなかった。

4. 実践結果の分析と「理科基礎」の課題

1年間の授業実践を振り返り、今後の課題等についてまとめた。

No.

Date

紫外線

○紫外線について

太陽は光合成を行い植物を育み、私達に酸素(呼吸)と、光(明るさ)をもたらす。ビタミンDを活性化し、殺菌作用を有し、太陽の恵みは大きいものです。

紫外線は光線治療として医学にも用いられています。

しかし、太陽光の殺菌作用は、太陽光によってヒトの細胞に傷が生じ、それが積みかさなり「皮膚がん」となります。

他にも、たくさん紫外線照射は、「しみ」「しわ」の原因ともなります。けれど、これは、遺伝子の傷を増やさないために色素を増やして紫外線から細胞を防御しようとしているからです。

※ 色素を増やす = メラニンの量が増えることになる。

メラニンとは。。。

⇒ チロシンに代表されるフェニル類物質の酵素的酸化により形成された高分子の色素の総称。

人の皮膚の色は「メラニン」「ヘモグロビン」「カロチン」などにより、その色調が左右される。でも、ほぼメラニンの量。

○紫外線の皮膚への作用

皮膚に太陽光が当たると、さまざまな障害が起こる。

急性障害 ⇒ サイバイン(炎症反応)、サンタン(色素沈着)、免疫抑制
進行の早い状態

慢性障害 ⇒ 光老化(しみ・しわ)、最終的に光線がん
症状が長びく状態

図2

(1) 「科学のはじまり」の章について

- 本章の授業は、理科というよりほとんど世界史になってしまった。
- 本章をきちんと展開するには、授業者はいうまでもなく、受講生徒にも世界史と地理の基本的知識が必須である。生徒が、地名や国家の位置関係、世界の歴史の流れをある程度理解していないと、たびたび授業がストップしてしまう。授業者はスムーズな授業展開ができず、生徒も今何をやっているかわかりにくくなるのではないか。

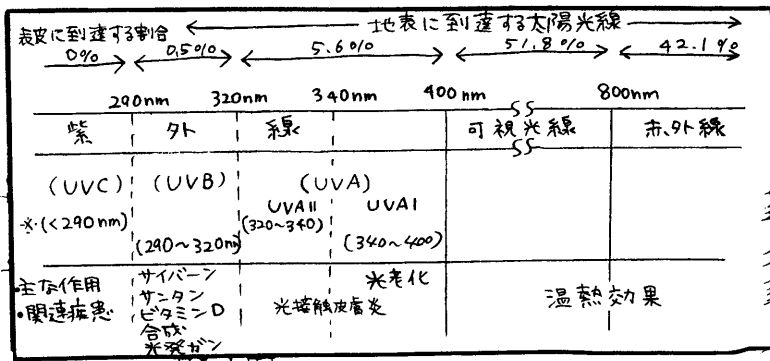
- 世界史を既習している3年生でも、たとえば歴史教科書に頻繁に出てくるメソポタミアの位置や、アリストテレスのような歴史的に有名な人物を知らない、またはうろ覚えのことが多く、授業展開が困難になることがありうる。
- しかし地歴科の授業ではないので、内容にできる限り科学的なデータを取り入れながら授業を進めるようにする必要がある。
- 理科の中でも、1年生で「理科総合A・B」を、2年生で「I、IIを付した科目」を一つまたは二つを学習しているにもかかわらず、物理・化

No.

Date

ランゲルハンス細胞 ⇒ 免疫抑制
 角化細胞 ⇒ 角化細胞 } に突然変異が生じ、発がん過程がすすむ。

紫外線が角化細胞に照射されることによって、角化細胞が(産生)される過程が抑えられ、メラニン生成の促進あるいは免疫反応の抑制となる。



○日焼け

日焼けは、UVA、UVB、UVCでもおこるけど、日焼け反応の作用スペクトルは260nmをピークとし、270~290nmでややゆるやかなカーブとなる。

* 光を分光器にかけて得られる波長とその波長における強さを示したもの。

日焼けの反応には紫外線照射後数時間から出現し、12~24時間で最強に達して数日で消退する。日焼けの病理組織学的特徴(病気になる時)は紫外線照射6時間後あたりに炎症細胞浸潤が最も強くなり、24時間後にはサイバーン細胞とよばれる。

○さいごに...

紫外線は10:00~14:00までが強いので、サンスクリーン剤を2~4時間

図2 課題研究発表時の生徒作成レジュメの例

学・生物・地学の基礎知識が不足している。このため、本実践のように「理科総合B」の地学分野の「人類の頭骨の進化」等の知識が定着しておらず、やり直さなければならないというような状況が生じることがある。

- 上記の理由により、各内容にじっくり時間をかけざるを得ず、年度当初計画の約2倍の時間がかかった。

- このような関連する内容を生徒が理解するにはそれだけで多くの時間を必要とすると考えられ、「理科基礎」は標準単位の2単位では難しく、単位数の増加が必要である。

(2) 天動説と地動説の章について

- 今回の実践では天動説から地動説への転換にまで授業を進ることができず、「科学史の画期的な転換」をきちんと扱えなかった。その理由は、

次の三つである。

- ①1 学期の「科学のはじまり」の授業に多くの時間を要したこと。
 - ②上述のように、地動説とその関連事項の授業に時間がかかったこと。
 - ③そこで、天動説からの転換の部分中途半端に終わらせるよりも、地動説の基礎をしっかりと学習させることにしたこと。
 - 本章の内容をきちんと展開するためには生徒にかなりの天文分野の基礎知識が必要である。このことは、「地球観の変遷」を扱う場合も同様であろうと考えられる。
- (3) 「課題研究」について
- テーマ決めに時間がかかる生徒が多く、「課題研究について」(表 3) の内容や生徒への提示の仕方について、より工夫する必要がある。
 - 発表前に A4 判 1 枚程度のレジメを作成させたことは、発表者本人の内容整理と他の生徒が発表内容を理解するのに役立った。
 - レポートの内容を学習指導要領解説の言う「理科基礎」のねらいにきちんと一致させるのは難しいが、本実践により生徒は「科学と人間生活とのかかわり」や「科学的なものの見方や考え方の一端に触れることができた」と考える。
- (4) 1 年間担当しての結論
- 2 単位の授業で“科学史”と“画期的な転換”を両方きちんと展開するのは非常に難しい。一方

に絞って実施するか、“科学史”は軽く触れる程度にして“画期的な転換”をメインに展開するほうが現実的なのではないか。

- 学習指導要領の要求どおりにこの科目を実施するのは、“基礎”という名称とは異なり、高度な内容・生徒の基礎知識の不足・授業時数の不足、さらに教える側の教員が科学史をほとんど学習してこなかったなどの理由により、かなり難しいと考えられる。
- 生徒の実態を考慮しながら授業を展開するのは当然であるが、「理科基礎」という名称と科目の内容に大きなずれがある、というのが授業者の結論である。

謝 辞 本報告をまとめるにあたり、東京学芸大学松川正樹教授および同研究室大学院生の方々、広尾地学研究会の皆様には厳しいご意見や暖かいアドバイスをいただいた。2 名の査読者の的確なご指摘により、本稿は著しく改善された。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 上田誠也ほか(2003): 自然のすがた・科学の見かた—理科基礎。東京書籍、東京、215p。
 文部科学省(1999): 高等学校学習指導要領解説—理科編・理数編一。大日本図書、東京、315 p。

米澤正弘: 実践を通して明らかになった理科基礎の課題 62 巻 5 号, 167-174, 2009

〔キーワード〕 高校理科, 理科基礎, 科学史, 画期的な転換, 地学分野

〔要旨〕 現学習指導要領の新科目である「理科基礎」を 1 年間担当した。この科目は、科学史を取り上げ、その中で起きた“画期的な転換”を扱う。世界史や中学・高校理科の基礎知識が不可欠で、「基礎」という名称だが内容は高度であり、学習指導要領の要求するような授業展開は現状ではかなり難しい。

Masahiro YONEZAWA: Issues Made Clear in “RIKA KISO” after a Year Experience of Teaching the Subject *Educ. Earth Sci.*, 62(5), 167-174, 2009

学会記事

第2回 常務委員会議事録

日時：平成21年7月14日(火) 18時15分～
19時45分

場所：日本教育研究連合会 小会議室

出席者：牧野泰彦・馬場勝良・濱田浩美・渋谷
紘・五島政一・宮脇亮介・林 慶一・内記
昭彦・高橋 修

議 題：

1. 平成21年度三重大会について

荻原 彰副会長(代読高橋)から三重大会の進捗状況についての説明があった。佐治晴夫鈴木鹿短期大学学長の記念講演、ジュニアセッション7件、巡検3件、その他が予定されている。

次年度(平成22年度)鹿児島大会の現在までの進捗状況についてもあわせて報告があった。

2. 大会宣言文について

8月21日開催の評議員会までに三重大会実行委員会で作成することになった。三重大会実行委員会からの原案をもとに、評議員会での承認を得る予定である。

3. 評議員会について

平成21年度定例評議員会は、8月21日(金)16時00分から、三重大学教育学部1号館1階において開催される予定である。

4. 「地学教育功労賞」および「渡部景隆奨励賞」について

「地学教育功労賞」および「渡部景隆奨励賞」ともに、提出期限までに推薦がなかったことから本年度授与は行わないことになった。次年度以降は、「地学教育」誌等での同賞の周知・広報につとめる。

5. 学術奨励賞について

林学術奨励賞選考委員長から、本年度学会賞・学術奨励賞についての選考結果が紹介され、討議、承認が行われた。日本地学教育学会学会賞・優秀論文賞についてはそれぞれ該当者なし、また教育実践優秀賞については、中野英之会員 論文題目：外惑星の位相変化と視運動を理解するための教材の開発 地学教育 第61巻 第2号に授与されることが決定した。

また、林学術奨励賞選考委員長から受賞規程の一部を見直しする案がだされ、今後検討していくことになった。

6. 入会者・退会者について

今回は入会者8名、退会者8名が承認された。
入会者：山縣 毅(東京)・大串健一(兵庫)・吉川武憲(香川)・高木大輔(香川)・井上康(東京)・北沢俊幸(北海道)・星 博幸(愛知)・渡辺径子(新潟)

退会者：赤羽久忠・加藤賢一・京都女子高校地学科・中原伸幸・福岡 孝・渡辺 隆・藤井 健・杉本 剛

7. その他

1) JST電子アーカイブ事業ジャーナルアーカイブへの「地学教育」誌の登録を本年度も見送ることにした。

2) (財)全国高等学校文化連盟自然科学専門部から、五島会員を通して本学会との連携の依頼があり、討議・検討のうえ承諾することになった。来年度以降開催される日本地学教育学会全国大会にも後援を依頼する予定である。

3) 学会誌「地学教育」の内容見直しについて検討され、たとえば2ページ程度の資料ページの充実など複数案がだされ、今後も検討していくことになった。

報 告：

1. 各種常置委員会から

1) 教科「理科」関連学会協議会および12月12日(土)に開催されるCSERS第14回シンポジウム(テーマ：高等学校新学習指導要領について)報告があった。の報告が馬場勝良副会長からあった。本学会からは、宮嶋 敏会員(埼玉)に講演を依頼する。

2) 編集委員会(代読高橋)から62-3号および62-4号の編集状況について報告があった。

3) 牧野会長の委嘱により日本地学教育学会将来構想委員会が発足。今後、小・中学校および高等学校教員のメンバーを募り、夏の大会の時に三重で第一回の会合をもつ予定である。

2. その他

1) 日本地球惑星科学連合の代議員選挙に関する日程と会員登録。

日本地球惑星科学連合代議員は会員から選ばれ、それぞれの領域における日本の地球惑星科学の今後の方針を策定する上で大きなリーダーシップを発揮することになる。本学会の多くの方に会員登録をしてもらい、あわせて代議員への立候補をお願いしていく。

3. 寄贈交換図書

- ・産業技術総合研究所 (2009): 産総研 TODAY, 通巻 101 号, Vol.9 No. 6
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2009/5): 地質ニュース, 第 657 号
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2009/6): 地質ニュース, 第 658 号
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2009/7): 地質ニュース, 第 659 号
- ・立正地理学会 (2008/12): 地域研究, 通巻 89 号, Vol.49 No. 2
- ・日本理科教育学会 (2009): 理科の教育 06, 通巻 683 号, Vol. 58
- ・日本理科教育学会 (2009): 理科の教育 07, 通巻 684 号, Vol. 58
- ・日本地理教育学会 (2009): 新地理, 第 57 巻 1 号
- ・秋田地学会 (2009/5): 秋田地学, 第 62 号
- ・熊本地学会 (2009): 熊本地学会誌, 151 号
- ・地震調査研究推進本部事務局: 地震本部ニュース, 平成 21 年 2-5 月号
- ・産業技術総合研究所 (2009): Synthesiology, 2 巻 2 号
- ・山口県立山口博物館 (2009): 山口の自然, 69 号
- ・山口県立山口博物館 (2009): 山口県立山口博物館研究報告, 35 号

* 次回は 10 月 2 日 (金) 開催予定。

平成 21 年度 第 2 回評議員会議事録

日 時: 平成 21 年 8 月 21 日 (土) 16 時 00 分~17 時 15 分

場 所: 三重大学教育学部

出席者: 牧野泰彦・荻原 彰・馬場勝良・松川正

樹・遠西昭寿・野瀬重人・藤岡達也・八田明夫・渋谷 紘・米澤正弘・伊藤 孝・林慶一・林 武広・廣木義久・五島政一・戸倉則正・岡本弥彦・三次徳二・高橋 修

はじめに本評議員会は、出席者 18 名・委任状 11 名で計 29 名となり、現評議員数 38 名の過半数を超えているため成立することが確認された。

議 題:

1. 三重大会について

荻原彰三重大会実行委員長から、三重大会についての概要およびこれからのスケジュール等の説明があった。

2. 大会宣言文について

三重大会実行委員会から三重大会宣言文 (案) が提出され、それについて討議、承認が行われた。

3. 次期 (平成 22 年度) 開催地 (鹿児島) の紹介

八田明夫鹿児島大会実行委員長から鹿児島大会の紹介と現在までの進捗状況についての説明があった。鹿児島大会は、鹿児島大学において、平成 22 年 8 月 21 日 (土) ~ 22 日 (日) の期間で開催される予定である。

報 告:

1. 本年度学術奨励賞について

林 慶一学術奨励賞選考委員長から本年度学術奨励賞について報告があった。学会賞および優秀論文賞については該当者なし。教育実践優秀賞: 中野英之「外惑星の位相変化と視運動を理解するための教材の開発」地学教育, 61-2, 49-57 に授与されることが報告された。

2. その他

1) 「地学教育功労賞」および「渡部景隆奨励賞」について

渋谷常務委員長から「地学教育功労賞」および「渡部景隆奨励賞」について本年度は応募がなく、該当者なしという報告があった。

2) 日本地質学会岡山大会について

同大会における地学教育関連の催しについて、野瀬重人会員から紹介があった。

※前回議事録 (平成 21 年度第 1 回評議員会議事録) の訂正。

第 1 回議事録の出席者リストから青野宏美会員の名前が抜けているので追加。

編集委員会より

今年の論文の投稿数は夏過ぎから増加傾向にありましたが、再び減少してきました。「地学教育」は会員の皆様の投稿によって支えられております。引き続き投稿をお待ちしております。

地 学 教 育 第 6 2 卷 第 5 号

平成 21 年 9 月 25 日印刷

平成 21 年 9 月 30 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 牧 野 泰 彦

〒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. 62, NO. 5

SEPTEMBER, 2009

CONTENTS

Original Article

Improvements and Effects of Comic Teaching Materials in Science Education
.....Reiji KUKIHARA and Hitomi SAITO...139~149

Practical Article

Development and Practice of the Teaching Materials to Study Hubble's Law Based
on Galactic Spectra
.....Tadashi HARA, Koji HATA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI,
Osamu KANAMITSU, Reiko FURUSHO, Kentaro YAJI and PAOFITS WG... 151~165

Survey Report

Issues Made Clear in "RIKA KISO" after a Year Experience of Teaching the Subject
.....Masahiro YONEZAWA... 167~174

Proceeding of the Society (175~176)

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