

# 地学教育

第40巻 第6号(通巻第191号)

1987年11月

---

目 次

原著論文

天文教材の開発と新しい指導法の研究(Ⅱ)

—「簡易ミニプラネタリウムの製作と個別投影学習」の実践から—……………  
…………… 池田俊夫・荒木英治・山下正弘・吉水一郎…(157)

食連星ケフェウス座U星の光電測光と教材化…………… 西村彰洋・佐藤文男…(167)

地学教育からみた教育学部学生の実態と問題点…………… 高橋治郎…(177)

感覚的な観察能力の指導について

—地層野外観察学習を通して—…………… 荒井 豊・丸山 巧・加藤尚裕…(183)

会務報告(176, 182)

昭和63年度研究大会第1次案内(表2)

---

日本地学教育学会

184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内

昭和63年度全国地学教育研究大会 開催 第1次案内 (昭和62年11月1日)  
日本地学教育学会第42回全国大会

上記の大会の開催について、次の要項が内定しましたので、ご案内いたします。

日本地学教育学会会長 平山勝美  
全国大会 準備委員長 柳澤一郎

大会テーマ 「郷土の自然に学ぼう」

期 日 昭和63年8月17日(水)～20日(土)

会 場 昌平養学園 いわき短期大学 (〒970 福島県いわき市平鎌田字寿金沢37)

日 程 第1日 見学・講演会 受付(13時)、いわき市石炭・化石館の見学

いわきの地質・恐竜類に関する講演

第2日 受付(9時)、開会式、講演、日本地学教育学会総会、シンポジウム、研究発表(全体)、懇親会

第3日 研究発表(小・中・高校分科会)、全体会、閉会式

第4日 見学・巡検会

Aコース 東京電力原子力発電所(双葉郡大熊町・双葉町・楡葉町・富岡町)、福島県原子力センター(大熊町)、あぶくま洞(田村郡滝根町)など、JR東北新幹線 郡山駅解散(17時頃)

Bコース フタバスズキリュウの化石産地、双葉白亜系の化石、八茎鉱山の鉱物採集など、JR常磐線 平駅解散(17時頃)

Cコース いわき市石炭・化石館(第1日に参加できない方のために設定しました)

※ 費用などの詳細については、第2次案内でお知らせします。

※ A、Bコースとも、15人以下の場合は中止します。(定員48人)

※ A、Bコースとも、都合によって、見学地点を変更することがあります。

研究発表の申し込み要項・締切り期日などの詳細については、第2次案内でお知らせします。(1月末の予定) 発表を予定されている方は、ご準備おきください。なお、ポスターセッションも予定しております。

見学・巡検に関するお願い

第1日の見学・講演および第4日の巡検A、B、Cコースについては、上記により実施を予定しておりますが、会場、バスの確保など準備の都合もありますので、参加ご希望について、調査させていただきます。お手数でも巡検コースA、B、C、ならびに見学・講演会への参加ご希望、氏名、勤務先、住所を“はがき”にご記入の上、昭和62年12月15日までに、下記あてご送付ください。ご協力のほどお願いします。

〒970 福島県いわき市平鎌田字寿金沢37 いわき短期大学内  
日本地学教育学会「全国大会」準備委員会

## 天文教材の開発と新しい指導法の研究(Ⅱ)

### —「簡易ミニプラネタリウムの製作と個別投影学習」の実践から—

池田俊夫\*, 荒木英治\*, 山下正弘\*, 吉水一郎\*

#### はじめに

理科学習の中で、天文教材は難教材のひとつに数えられ、その指導は困難を極めているのが現状である。しかしながら、天体に興味や関心をもつ児童・生徒は多い。

天文学習は手に触れにくい天体を扱った学習であるからこそ、もっと具体的でより直感的に理解できるような学習者の活動が期待される。あわせて美しい星空を眺め、その動きを手にとるように確かめ検証することのできる天文教具の開発も待たれている。

たとえば、天体の位置や動きの観察を、自らの手で自由に再現することのできる「簡易ミニプラネタリウムの製作と個別投影学習」の確立があげられる。

この教材を扱うことにより、天体分野の学習がより一層発展することが望まれるとともに、より素晴らしい理科学習の実践が行われることが期待されるので、その研究概要を報告する。

#### 本教材の学習教材化への特徴

(1) 「簡易ミニプラネタリウム」製作活動は、問題解決の過程そのものである。

児童・生徒が自らの手を使い頭を働かせて「作る、考える、また作る、考え直す、作り直す、……」という *tryal and thinking* の繰り返しだが、教具製作という過程を通じて、空間での天体の位置のとらえ方や把握の仕方、その動き方など、換言すると児童・生徒の(天文分野の)理科教育力を体得させるのである。このことがとりも直さず学習者の理科における問題解決の原動力になるのである。

(2) 自ら作りあげた簡易ミニプラネタリウム(My planetarium と称する)を、自らの手で具体的に操作し、自由試行を経験しながら、学習課題を解決し、思考を深めることができる。

当科学センターが実施しているプラネタリウム学習

(地学教育, 第36巻, 第2号(通巻第163号)73~79ページ参照)は、全国的にも例を見ることの少ない、長年の実績を蓄えた極めて評価の高い学習形態のひとつであり、その天文分野における教育効果の大きさは、他言を要しないものである。しかしながら、プラネタリウム学習はあくまでも指導者が授業を行ない、学習者は教授される立場にたつ学習である。学習者が自主的、積極的に、そして個別学習的に取り組める学習形態ではあり得ないのである。

本教材を活用する学習では、My planetariumを自由に全く自ら欲するままに好きなように操作することができ、活用することができるので、当科学センター実施のプラネタリウム学習(小5・中1に実施)とは、また質の異なる教育効果を生むことが期待されるのである。あわせて、自ら手を使い、頭を働かせて思考を深めさず学習体験は、現代理科教育が求める最も有効な教育方法のひとつであると考えられる。

(3) 自ら製作し、それを使って投影したときの児童・生徒の持つ喜び・感動の大きさは、何物にもかえがたい科学的探究心を呼び起こす。

自作することの楽しさは、様々な識者によって述べられていることであるが、限定された学習時間内でのこの経験は、児童・生徒に素晴らしい科学の芽を生み出させるにちがいない。

製作する楽しさや活用する楽しさの中でこそ、学習者は喜々として理科学習活動を行ない、天文に対する興味や関心を増大させるものである。その意味においても本教材はおおいに魅力あふれる素材である、と言える。

(4) 教材開発の視点から—

a 簡易ミニプラネタリウムは、後述するように紙製で、とても容易に製作することができるように工夫しており、材料も身近にあるものを活用する。それ故、製作法だけではなく、操作的にも無理なく扱えるので、自らの手で作りだし、自らの手で操作し、かつ自ら学習に取り組める教具として開発されている。したがって、学校での理科学習場面で直ちに活用することが可能である。

\* 京都市青少年科学センター指導課指導室所属  
1987年3月25日受付 4月1日受理

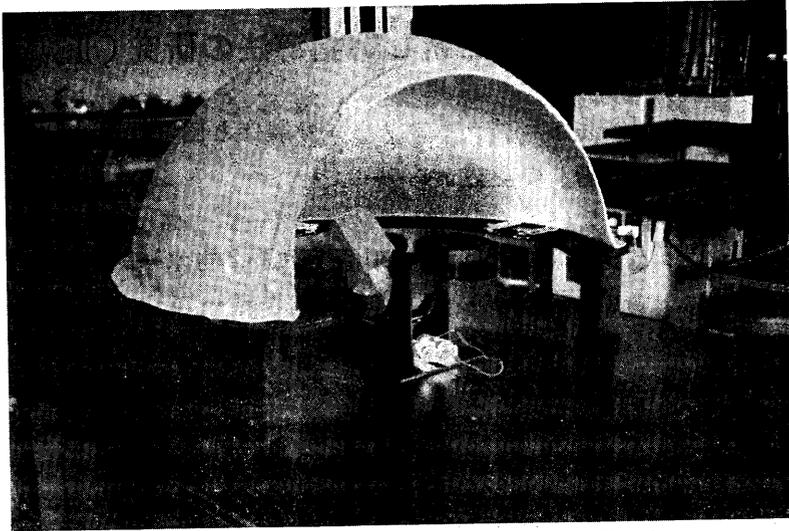


写真 1. 完成した簡易ミニプラネタリウムとミニ天文ドーム

b 星や星座など天体を投影する天球スクリーン（ミニ天文ドーム）は、新しい素材FRP（Fiber Reinforced plastics の略，“繊維強化プラスチック”の意味）を使って製作する。これはとても丈夫で強く、軽くてかつ簡単に作り出すことができる新開発の手法である。

たいへん安価で製作することができると同時に、後述するように製作手法もいたって容易であるから、先生方にはぜひとも取り組んでいただきたい製作活動のひとつである。

この天球スクリーン（ミニ天文ドーム）は、personal use（個別化）に適するように小型化（今回は直径80cmとする）を目指しており、学習者一人一人が自らの手でMy planetarium を操作し、このミニ天文ドームに映し出される天体の位置関係や動きを学んで、学習者各個人の天文学習を確立することができる、いわゆる個別学習を可能にした新しいタイプのミニ天文ドームなのである。

この新開発教具：簡易ミニプラネタリウムとミニ天文ドームを自作し活用することにより、学習者には最も理解し難い天球概念——天球は架空の存在だが地球の自転や公転による天体の動きの相対性に気づき、地球や恒星を取り巻く宇宙についての認識を深める——を体得させ、天文学習でのつまづきや戸惑いを無くすことのできるような、より具体的に効果の高い教具を作りだしたのである。

### 教具の構造・製作法とその特色

#### (1) 簡易ミニプラネタリウムの構造

この装置は、図1のように恒星投影部(ア)と軸の部分(イ)、そして架台部(ウ)より成り立っている。

恒星投影部(ア)は、紙工作で六角柱状の筒をつくり、恒星位置は一等星は千枚とおしで、他は柄付き針で穴をあけてある。紙質は光源からの光の透過の防止も考慮して、片面色ぬり紙（厚口）を使用している。

軸の部分(イ)は、径の異なる種類のパイプ（ひとつはフィルムケースを使用）を組み合わせてあり、日周運動による回転が滑らかに行える。恒星投影部の中央（フィルムケースよりストロー内を通して安定した位置）に固定した豆電球の光が、ピンホールを抜けて外側のドームに投影されるのである。

また、軸の下端を支え台を通して架台(ウ)に取り付け、その位置を変えられるようにしてあり、緯度 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ の範囲で自由に緯度変換できる。架台は強度の点から木製またはアクリル製が望ましい。

#### <特色と工夫点>

1. この天文教具（簡易ミニプラネタリウム）は、前述したようにあくまでも学習者一人一人が自ら個々に学習に取り組めるように personal use を目指したものであって小型化しており、ミニ天文ドームと一体となって天文分野の個別学習を可能にするものである。
2. 恒星投影部は、小・中学生でもできるだけ短時間でしかも容易に製作できるように、紙製の六角柱状にしてある。製作は恒星位置を千枚とおしまたは柄付き針で、切断はハサミまたはカッターナイフで、接着はノリまたはホットキスを使うだけで、いとも簡単に作れるようにしてある。恒星投影部は本来球面型が最適な

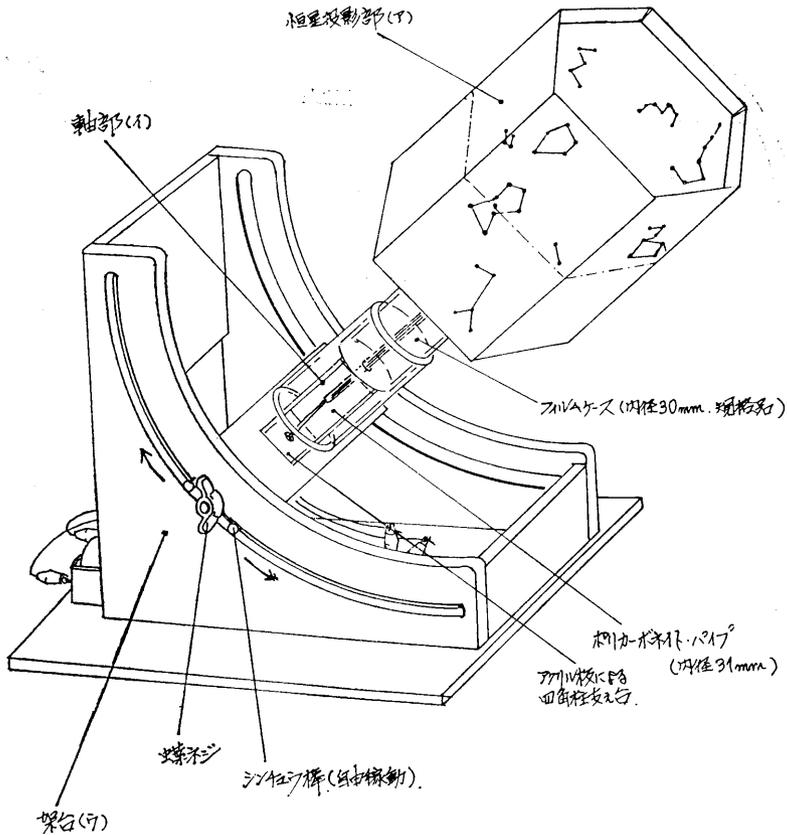


図1 簡易ミニプラネタリウム構造図

のだが、小・中学生の製作技術からは六角柱状型が精一杯のところである。

3. 恒星の日周運動が無理なく滑らかに回転できるようにまた、恒星投影部の動きを安定させるためにもフィルムケースを活用してある。恒星投影部をしっかりと固定させるのにフィルムケースの断面積(広さ)は適当であり、あわせていつでもどこでも誰でもすぐ手にするのできる素材・フィルムケース(径30mm;規格品)を軸部にして、ポリカーボネイトパイプ(内径31mm)を接続させ、回転の安定と滑らかさを工夫した。
4. 緯度の違いによる星の動きを調べるために「緯度の自由変換」がより可能になるような仕組みが施してある。

従来よりプラネタリウムの恒星投影部内の中央にある光源は、その位置をまったく変えることなく固定したままで存在しているものである。本教具(簡易ミニプラネタリウム)でもこのことについては不変であるので、重要な学習内容である緯度変換が無理なく行われるよう

に、架台に取り付けてある軸部の下端部、すなわち四角柱支え台を、光源(ムギ球)を中心とし軸の長さを半径とする円周上(0°~90°内)で回転移動させるように工夫してある。

#### (2) ミニ天文ドームの製作法

今回は実験機の大きさと個別観察実験学習ができるように考えたので、ミニ天文ドームの大きさを直径80cmとした。

以下に述べるのは、ミニ天文ドーム作成のための新開発の手法である。特にFRP(前述のとおり“繊維強化プラスチック”の意味)を活用したことは、個別実験学習としての天文教具・ドームを容易に作り出すための新しい糸口を開いたものでもある。

#### ① 天球儀より原型を作る

- ① 天球儀の表面をきれいに拭いた後、ワックスを塗布する。  
(天球儀のほか、ドームの型になるものならどんなものでもよい)。

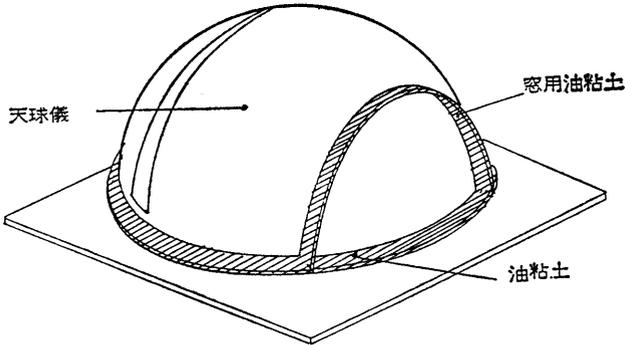


図2

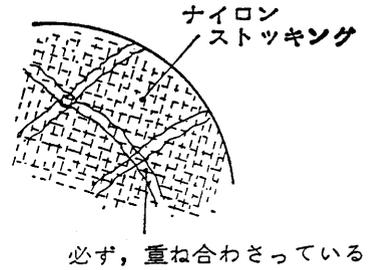


図3

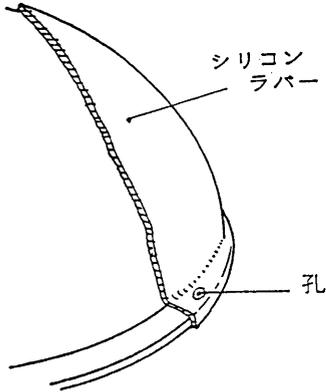


図4

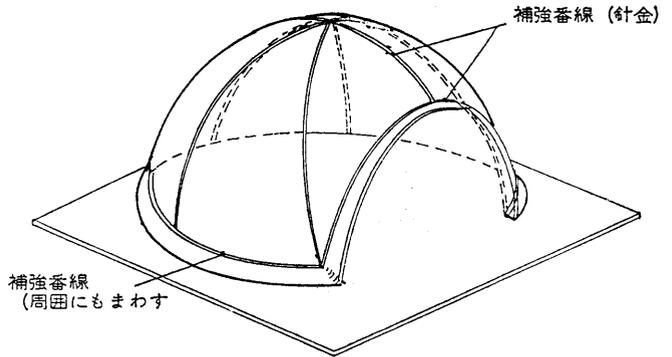


図5

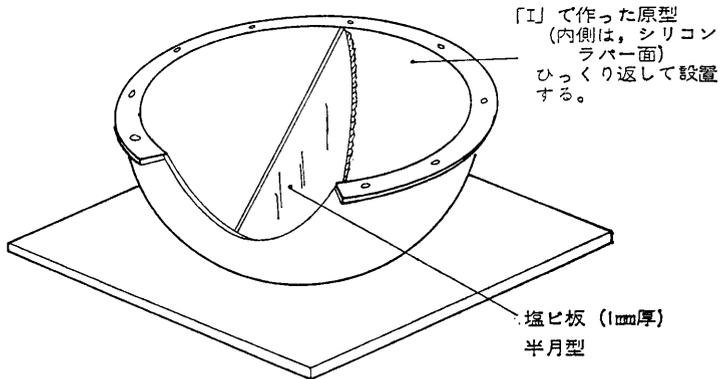


図6

枠は台上にしっかりと固定させ、隙間には油粘土をつめる。窓用にもあらかじめ油粘土で型を作っておく。(図2)

② 溶剤シリコンラバーを容器にとり、硬化剤(触媒)を入れてよく攪拌する(このとき硬化剤は重量比で溶

剤の1.0%である)。

③ ②で作ったシリコンラバーをまず一層目として①の上に塗る。

④ 二層目として厚く塗った後、ナイロンストッキングの切ったものを隙間が無いように張り付けていく。

(図3)

- ⑤ ④の上に更にシリコンラバーを塗って厚味をつける。
- ⑥ シリコンラバー硬化後、図4のように枠部分にカッターナイフで切り込みをつけておくとよい。
- ⑦ (シリコンラバーの外型を作るため) 石膏を溶かして攪拌後(5分ぐらいたったもので)それを一層目として⑥の上に塗る。
- ⑧ ソフトクリーム状になった石膏で二層目を塗り、厚味をつける。このとき図5のように補強材として10番線(針金)を入れるとよい。
- ⑨ 三層目はマニラ麻を混ぜて塗布する。約30分間ほど静置する。
- ⑩ 天球儀からはずして原形ができあがる。
- ② 石膏の型をつくる
- ① ①でできた原形の内側シリコンラバー凹面に離型剤を塗る。
- ② 割り型にするため、内側中央部に塩ビ板(厚さ1

写真 2



写真 3



mm)で半月型に切ったものを入れる。隙間は粘土で補修する。(図6参照)

- ③ 石膏を流し込む(①の場合と同様で、三層に分けて作業する。)
  - ④ 硬化後、型をはずし組み立てるとできあがる。
  - ③ FRP(繊維強化プラスチック)で型をつくる。
  - ① ②の石膏による型を組み立て、粘土で補修し、離型剤を塗る。(写真2参照)
  - ② 主剤エステル(不飽和ポリエステル樹脂)に増量剤タルクを混入し、攪拌する。
- ホットケーキの種のような感じで落るくらいになれば白色の着色剤(顔料)を入れる。色彩の程度は眼で見て判断する(写真3参照)。
- ③ 硬化剤パーメック\*を10~20g入れ、よく攪拌する。

\*パーメック:メチルエチルケトン 55% } 混合液  
ジメチルフタレート 45%

- ④ 刷毛で一層目を塗る。(②, ③でつくった混合液を使用する)

⑤ 二層目で厚味をつけ、ガラスクロス(布)を適当な大きさに切ったものを、隙間ができないように張り付けていく。(写真4)

⑥ さらに青色の着色剤(顔料)を入れた混合液を塗布する。(写真5)

⑦ 塗布後30分ほどすると、ほどよく硬化するのでカッターナイフなどで縁どりしておく。(写真6)

(完全に硬化する前の作業として忘れてはいけない点のひとつである)。

⑧ さらに10分間ほどでほぼ完全に硬化するので、石膏の型をはずすと完成する。(写真7)

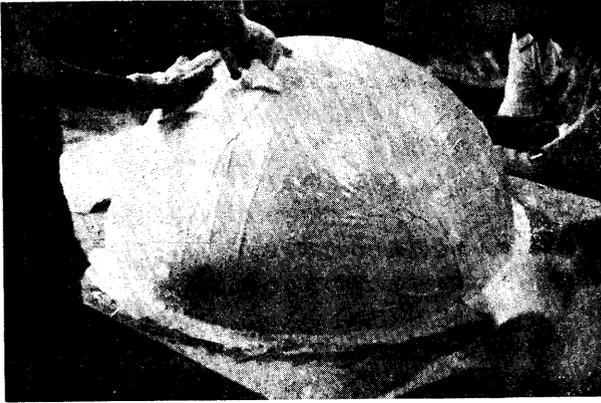
〈特色と工夫点〉

1 本教具ミニ天文ドームは、上に述べたように原形から3段階の手順で型どりをを行い製作するのだが、その手法は「素材を混ぜ合わせて、塗る」という、至って簡単な作業だけなので、誰でも手軽に製作することが可能である。

2 新素材FRP(“繊維強化プラスチック”)を使用しているのも、とても軽くどこへでも持ち運びが自由である、と同時に落しても割れない強度を保っているのも、たいへん耐久性のある教具となっている。

3 前述の②石膏の型ができると、あとは③による手法で、同型同大のミニ天文ドームを幾つでも量産することができる(たとえば一学級生徒分

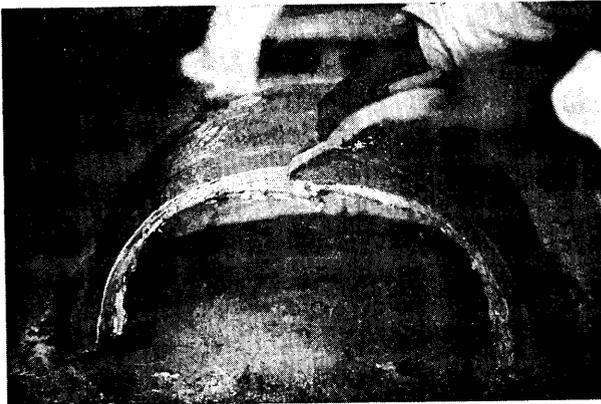
写 真 4



写 真 5



写 真 6



でも)。

### 具体的な学習指導実践例

プラネタリウムによる天文学習の目的は、理科教育の目標に通じるものである。それは天体という自然の現象を素材にして、その中に秘む科学的原理を探究する手段(科学の方法)を学ばせることにある。

プラネタリウムという装置が理科学習に最も効果を発揮するのは、次の場合である。

(1) 天球モデル内での学習であること。

球面内で、実際の天空を観ると同様の感覚で、太陽や月・星の位置と動きの観察ができることは、教室における平面的な学習(教科書・図表・黒板・OHP・スライド投影など)による理解の盲点を、確実に救い補うことができる。

(2) 天体の運行を短時間に示すことができること。

求める年、月、日、時刻の天体の位置を自由に表わすことができ、その動きを時間を縮めて観察することができる。

(例:太陽や星の日周運動、季節の星の動き、月の位相変化など——時間の認識)

(3) 求め得る任意の地点での天体現象が見られること。

地球上での緯度の変化による天文現象の変化を表わすことができる。

(例:赤道、北極、南極の星空など)

上記のいずれも天体の学習に欠くことのできない重要な要素であり、本稿の新たに開発した簡易ミニプラネタリウムとミニ天文ドームを活用した個別投影学習指導も、これらの点を十分にふまえた上で実施している。

ここに新開発教具を活用した学習指導法を、学習指導展開例(案)をもって示す。

この展開例は、当科学センターの昭和61年度センター学習(実験室学習、小学校6年生および中学校2年生対象、年間各5,000人ほど受講)で実施しているものである。

### 学習指導の効果

上述した小学校6年生および中学校2年生に対するそれぞれの学習指導展開例による実験室学習指導から、その教育的効果を挙げてみると、

(1) プラネタリウムの機能や操作の中には、天体

テーマ「星の世界」

1、学習目標

ミニプラネタリウムを製作し、自由に操作して星空をうつし出す活動を通して、星座の形やその位置に気付かせたり、北極星やそれを中心とした星空の動きについての理解を深めさせたりする。また、実際の星空での星座の観察への意欲を高める。

2、展開案

教師の働きかけ	児童の反応・活動	留意点
1、今までに学習した星や、星座を思いだそう  ・星はどんな動きをするのだろう。	☆美しい星座写真等を見ながら5年で星の学習を思い出す  ・太陽や月の動きと似ている。 ・北極星の周りを回っている。	・四季の星座写真をおくま、カシオペアしし、さそり、ベガス、オリオン等
星空を映し出すミニプラネタリウムを作ろう。		
2、美しい星空を映し出すミニプラネタリウムを作って、星座や星の動きを詳しく調べよう	☆ミニプラネのしくみを知る。  ☆ミニプラネを製作する。 ・星座名を書き入れる。 ・ピンホールをあける。  一等星、北極星 ↓ その他の星  ・組み立てる。  ☆星が正しく投影できるか調べる。 ・平面のスクリーンに各星座を投影する。	・演習用大型プラネを使ってしくみを理解させる。 ・期待感、製作意欲を高める。 ・台紙  ・千枚通し、台、針、星の明るさと穴の大きさに注意させる。 ・ピンホールで星や星座をたどり、星座の形等に対する理解を深めさせる。 ・麦球、フィルムケース、ホッチキス ・白色塩ビ板 ・プラネタリウム本体と投影された星座の位置関係をつかませる。
今夜の星空をうつしだそう。		
3、今夜はどんな星や星座が見えるのだろう。 ・星座早見盤で調べよう	☆各方位の空や天頂付近の星や星座を調べ、地平線をもとにしてどの辺りにみえるか考える。 北天…北斗七星、カシオペア 北極星 東天…オリオン	・星座早見盤の使いかたを思いださせる。 ・星座スライド

・プラネタリウムを操作して、今夜の星空をうつしだそう。	西天…わし 天頂付近…ベガス ☆星座を投影する。  ☆正しい星空になるまで、繰り返しプラネタリウムを操作する。 ・北極星はいつも北の方角にあったはずだ。 ・高度はどのくらいだったかな ・それぞれの星座は、調べた位置にきているかな。 ・星を動かしてみたいな。	・投影ドーム、方位板、架台 ・調べた星や星座の位置や、北極星の高度を確認させながら、正しくセットさせる  ・北極星の高度を示し、星空を確認させる。
北極星を北に向け、その高度を35度にする、正しい星空をうつすことができる。		
4、星は、時間がたつとどう動くのだろう。	プラネタリウムを回転させて星の動きを調べよう。	
・北の空の星の動きを調べよう。 ・天頂付近の星はどこから出てどこに沈むのか予想し調べよう。 ・東や西の空の星はどんな動きをするのだろうか、くわしく調べてみよう。 ・空全体の星の動きをまとめよう。	☆北極星を中心とした北の空の星の動きを調べる。 ・北極星、カシオペア座 ☆どのような動きをするのかドームの中で考えてから調べる ・ベガス座 ☆投影した東天、西天の星の連続した動きを、学習ノートに直接記録する。 ・オリオン座・わし座 ☆各方位の日周運動のスライドで星の動きを確認する。	・5年生での学習を想起させ、プラネタリウムを操作させる。  ・北天の動きから、それぞれの動きを予想させる。
星空は、北極星を中心に、空全体が規則性を持って動いている。		

3、研究の視点

ミニプラネタリウムの製作と、それを使って星空をつくりだす活動が、星空やその動きへの関心を高め、理解を深めるために効果的であるかを明らかにする。

- 1、ミニプラネタリウムを製作する活動は、星座の形や星の位置への関心を高め、その理解を深めるのに有効であるか。
- 2、ミニプラネタリウムを使って今夜の星空を投影する活動は、星空を観察する上で、方位や北極星の高度が大切であることを理解させるのに有効であるか。
- 3、東天や西天の星の連続した動きをたどり、記録する活動は、北極星を中心とした天球全体の動きを気付かせ、具体的なイメージを持せるのに有効であるか。

1. テーマ 「世界の星空」

2. ねらい

- ① ミニプラネタリウムで、京都や他の土地での星空を再現し、北極星の高度、出沒星の違い、星の軌跡が地平線となす角などを調べる。また、それらは、緯度により決定することに気づく。
- ② プラネタリウムで緯度の異なる地点での星空を再現するには、回転軸の角度を変えればよいことに気づく。また、回転軸はどの土地でも地軸に平行となることを知る。
- ③ 自分自身でプラネタリウムを製作し、投影する活動を通じて、プラネタリウムをはじめ、星や星座に興味・関心を持つ。

3. 展開

指導過程	学習内容	留意点	教具等
導入	●ミニ・プラネタリウムを作って世界旅行をしよう。		・演示用プラネ
展開1	<p>ミニプラネタリウムの製作をしよう。</p> <p>●ミニプラネタリウムの構造・製作手順を知る。</p> <p>●星座名を書き入れる(CRT表示を見ながら)。</p> <p>●針を使い、ピンホールをあける。(一等星だけ大きくする。)</p> <p>●組み立てをする。</p> <p>●電球の位置の修正を行う。</p> <p>●投影し、光もれの有無、星像の良否を調べ修正する。</p>	<p>●構造を理解させると共に、製作上の留意点を知らせる。</p> <p>●星座の位置関係などに目を向けさせる。</p> <p>●ピンホールをあける活動を通して星座の形になじませる。</p> <p>●個人の作業速度に応じた資料提示</p>	<p>・ミニプラネセット</p> <p>・パソコンによるCRT表示</p> <p>・千枚通し、柄付き針、下敷</p> <p>・手順カード</p> <p>・ホッチキス、接着剤、電球の位置用治具</p> <p>・架台A、投影板</p>
展開2	<p>プラネタリウムで映し出される京都の星空を調べよう。</p> <p>●スライドを見てカシオペア座は没しない星(周極星)であり、こ座は没する星(出沒星)であることを確認する。</p> <p>●スライドを見て、星が東の地平線から昇るとき垂直でなく一定の角度をもつことを確認する。</p> <p>●プラネタリウムをドームに投影し、いくつかの星座が確認できるかを調べる。(時間を区切った自由投影を含む)</p> <p>●ミニプラネを京都にあわせ、カシオペア座やこ座は出沒星か周極星か調べる。</p> <p>●東の地平線から星が昇るとき軌跡を調べる。</p> <p>●京都での北極星の高度を調べる。</p> <p>京都では、カシオペア座は周極星、こ座は出沒星、東の地平線からは斜めに星が昇り、北極星の高度は35度。</p> <p>●京都以外の土地では、どうだろうか。</p>	<p>・京都における北の空の星座とその動きを示すスライド</p> <p>・京都における東の空の星座とその動きを示すスライド</p> <p>●北斗七星、こ座、オリオン座など。</p> <p>●プラネタリウムの操作に慣れさせる。</p> <p>●記録板をドームの東天にあって、サインペンで記入させる。</p>	<p>・ドームをセットする。</p> <p>・スライド</p> <p>・スライド</p> <p>・架台B、赤ランプ、方位板</p> <p>・記録板、サインペン</p> <p>・高度目盛</p>

展開3

ミニプラネタリウムに再現された星空が世界のどの地点のものか調べよう。

- 京都以外の地点での、星座の見え方や動き(日周運動)のスライドを見て、違いがあることに気づく。
- 京都以外の2地点の星空を再現できるように架台をセットする。

- 架台の各セット位置は、マニラ・レーングラードなど、いずれの地点か予想する。

- 各セット位置での星空の様子を調べる。
  - ・カシオペア座は周極星か出沒星か。
  - ・こ座(ベガ)は周極星か出沒星か。
  - ・北極星の高度は何度か。
  - ・オリオン座(ベテルギウス)が出てくるときの星の軌跡は。
- 各座で観察した結果をもとに地点を考察する。
- 北極星の高度、出沒星の違い、星の軌跡が地平線となす角は、緯度により決定することに気づく。

北極星の高度が、その土地の緯度を示すことから、地点を知ることができる

どのようにすれば、このプラネタリウムで世界旅行ができるだろうか。

- 各地点にセットしたときの回転軸の角度を分度器で測定する。
- プラネタリウムで世界旅行をする方法を発表する。

プラネタリウムの回転軸をその土地での北極星の向きに合わせるとよい。

- プラネタリウムで、軸を回転させることや、回転軸の向きは、地球の動きとどんな関係があるだろうか

- いろいろな緯度での軸と地平線のなす角度を模型で見て考える。

プラネタリウムでの軸の回転は、地球の自転にあたる。

- 赤道(オリオン座)などの見え方や動きを示すスライド
- セット位置がどちらの地点かは知らせない。
- 予想をたてるとき、根拠となったことがあれば発表させる。
- 調べる方法を考えさせてもよい。

- 風板に各班の結果を発表させる。
- 緯度と北極星の関係に注目させる。

まとめ

発表

4. 研究の視点

- ① ミニプラネタリウムを製作し、投影する活動は、星座の位置やその動きへの関心を高め、その理解を深めるのに有効であるか。
- ② ミニプラネタリウムを用いて、緯度の異なる土地での星の動きを調べる活動は、地球の形状や地球の運動の理解を深めるのに有効であるか。

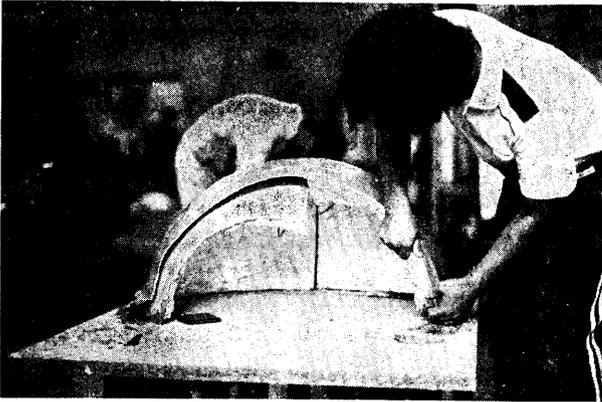
・スライド

・マグネット、記録用黒板、大型分度器

・分度器

・地球儀、地球の断面模型、架台

## 写真 7



の運動の規則性が秘められてあり、したがってプラネタリウムを製作することや使用すること自体が、重要な天文概念形成の場になり得る。

とりわけ、個人個人が活用することができる個別学習としてのミニ天文ドーム内で、たとえば①天頂、地平線はどこか、②方位はどうか、③天球の中における地球(≒学習者)の位置は?④天球の中に地球(≒学習者、すなわち自分)を置いて考えるとどうなるか、など、教師が教え込むのではなく、生徒自身が操作したり、いろいろ考えたり、また友だちどうし議論したりして、自ら学習に取り組む中で、そしてできるだけ具体的な操作を通して学習する過程の中で、抽象的な概念が形成されるのである。

(2) プラネタリウムは夜空に輝く星座の光景を、丸天井のドームに表わす大きな投影機であるが、あの美しい星空を自分の手で自由に納得のいくまで映し出すことが可能な本稿の簡易ミニプラネタリウムは、生徒に星空への関心度を増大させ効果は勿論のこと、「星空を、天空に輝くあの星々を自分のものにして、まったく身近な我が物として、学習教材として扱うことができる」から、その理解度は、教師が演示したり解説的な授業をするよりは比較にならないほど高まっている、ことは間違いないところである。

(3) ミニプラネタリウムを製作し投影する活動は、星座の位置やその動きへの関心を高め、その理解を深めるのに有効である。

特に小学生において、今夜の星空を投影する活動は、星空を観察する上で方位や北極星の高度が大切であることを理解させるのに効果的である。

(4) 小学生において、東天や西天の星の連続した動きをたどり記録する活動は、北極星を中心とした天球全体

の動きを気付かせ、具体的なイメージを持たせるのに有効である。

(5) 中学生において、緯度の異なる土地での星の動きを調べる活動は、地球の形状や運動の理解を深めるのに有効である。

(6) 本教具を学習者個人個人がMy planetariumとして扱い、自分の手で星空を映し出したときのあの喜び・感動は、生徒に強い感銘と深い印象を与え、今後の理科学習に積極的に取り組む意欲と自発性を養わず最良の実験モデル教具となっている。

## おわりに

小学校、中学校、高等学校の天文分野の学習指導の困難さは、ますます厳しくなっている。この窮状を克服するため現在より具体的でより実際的な教材教具を開発し、その学習指導実践に取り組んでいるところである。

この取り組みを通して、願わくばより素晴らしい理科学習が展開されるための、良い結果・効能が得られることを期待している。

先生方には、ぜひこれらの教材開発に取り組まれ、改良を加えられて、指導実践に励まれるよう望んでいるところである。

## 謝辞

本教具の開発および学習指導実践に、絶えず御指導、御教示をいただいた当科学センター学術顧問、宮本正太郎(京都大学名誉教授)、中沢圭二(京都大学名誉教授)、荻原真一(日本地学研究会会長)、江上賢三(元京都市教委指導主事)各先生に心より厚く感謝申し上げます。

また、学習開発およびその施行に際し、種々御指導、ご配慮をいただいた井上福造(前科学センター指導課長)、橋本康二(科学センター指導課長)両先生にも記して深く感謝する次第である。更に、ミニ天文ドームの製作に際し多大の御指導、御助力をいただいた小篠和代(元京都府宇治市南宇治中学校教諭)氏に改めて感謝申し上げます。

## 参考文献

- |         |           |      |
|---------|-----------|------|
| 概論天文学   | 宮本正太郎著    | 地人書館 |
| 天文学通論   | 鈴木敬信著     | 地人書館 |
| 天文の工作百科 | 天文と気象編集部編 | 地人書館 |

池田俊夫・荒木英治・山下正弘・吉水一郎：天文教材の開発と新しい指導法の研究〔Ⅱ〕——「簡易ミニプラネタリウムの製作と個別投影学習」の実践から——*地学教育* 40巻, 6号, 157~166, 1987

〔キーワード〕 天文学習 簡易ミニプラネタリウム 簡易ミニ天文ドーム 個別学習 実験観察能力 学習指導例

〔要旨〕 天文学習の効果を高めるために、より具体的でより直観的に理解することが可能な教具を新しく開発した。

「簡易ミニプラネタリウム」は紙製であるので児童・生徒は自らの力で容易に製作することができ、自由試行が可能である。また、天文ドームも新しい素材を使った個別学習が可能なミニドームとなっており、学習者一人一人の実験観察能力が十分効果的に発揮できるようにしてある。なお、この新開発教具を活用した学習指導例も紹介してある。

Toshio IKEDA, Eiji ARAKI, Masahiro YAMASHITA and Ichiro YOSHIMIZU : Development of an Astronomical Teaching Materials and Study of a new Guidance Method〔Ⅱ〕——From Practice of 「Making a simple planetarium and operating it by themselves in Laboratory work」——; *Educat. Earth Sci.*, 40, 6, 157~166, 1987

## 食連星ケフェウス座U星の光電測光と教材化

西村 彰洋\*・佐藤 文男\*\*

### はじめに

ケフェウス座U星 (U Cep) は赤経1時2.3分, 赤緯+81度55.6分 (2000年分点) にあるアルゴル型食連星 (食外の光度がほぼ一定の食変光星。この型の代表がアルゴル [ペルセウス座β星] なので, こう呼ばれる) である。通常の実視等級は6.8等であるが, 約2.49日の周期で9.1等に減光する。このときが主極小である。副極小時には0.1等減光する。

伊藤・佐藤 (1985) は, さきに U Cep の写真測光を行い, その結果と教育への活用について報告した。

筆者らは, U Cep を光電測光し, 1986年3月~10月に, 3回の食を観測できた。得られた光度曲線から極小時刻を決定し, 伊藤・佐藤 (1985) 以後の周期変動の様子を調べた。あわせて, U Cep の観測データを使った高校地学又は大学教養課程用の実習案を紹介する。

### 1. 食連星ケフェウス座U星の光電測光

#### 1. U Cep について

Batten (1974) によると, U Cep の主星はB7型の主系列星, 伴星はG8型の巨星である。分光視差によって求められた距離は150パーセクである。二星間の間隔は太陽半径の14.7倍である。

このような近接連星系では, 伴星から主星へのガスの移動がよく起こる。そのため光度曲線が食によって違った形を示すことがある。U Cep では, 皆既が約2時間継続する場合は, 光度曲線はどれもよく似ていて, 正常な食 (undisturbed eclipse) と呼ばれる。皆既がこれよりかなり短い食が観測されることがあり, これは異常な食 (disturbed eclipse) と呼ばれる。

アルゴル型連星の多くは, 公転周期が数年のうちに無秩序に増減している。U Cep でもそのような変化が見られるが, 長期的に見ると, 1880年の発見以来, 周期が増大している。

周期変動は, 食の予報時刻 (C) と実際に食が観測さ

れた時刻 (O) とのずれ (O-C) から, 調べることができる。予報時刻Cは次の式(1)で表せる。

$$C = T_0 + P \cdot E \quad (1)$$

ここで,  $T_0$  は公転の回数Eを数える起点となる主極小の時刻 (元期) であり, Pは周期である。

前に述べたように, U Cep では長期的な周期の伸びに, 周期の無秩序な増減が加わる。1970年以後の周期変動のようすを図1に示す。縦軸は1963年9月18日の主極小を元期とするO-Cを, 横軸は元期からの公転回数Eを表す。予報時刻は次の式(2)で求められている。

(Kukarkin et al. 1969)。

$$\text{Hel. JD Min I} = 2438291.5020 + 2.4930410E \quad (2)$$

Hel. JD は日心ユリウス日の略号である (日心時刻およびユリウス日については, 例えばそれぞれ伊藤・佐藤 (1985) および理科年表1987年版暦部 p.74参照)。

Olson et al. (1981) によると, 皆既食の継続時間が0.075日 (1.8時間) より短い異常な食では, O-Cの値が正常な食のそれよりも大きくなることが多い。正常な食のみを考慮すると, 図1の黒丸のようにほぼ直線に乗る。しかしいくつかの例外も見られる。

一定の周期が続いている場合, O-Cと公転周期Eとは一次の関係となり, 観測点は一本の直線上に乗る。図1の直線は, 1972年頃, 1974年頃, 1979年頃, 1982年頃に折れ曲がっている。これは, そのときにそれぞれ周期変動が起こったことを意味する。1972年, 1979年の折れ曲がり, それ以前に比べて, 周期の減少を, 1974年, 1982年の折れ曲がり, は周期の増加を示す。

#### 2. 観測と整約

兵庫教育大学の50cm反射赤道儀 (西村製作所製:  $f = 600\text{cm}$ ) に光電測光装置 (西村製作所製) を装着してUBV式 (ジョンソンシステム) の三色測光を行った (UBV式については例えば理科年表1987年版天文部 p.37, p.52, p.54参照)。光電子増倍管は浜松ホトニクス製の1P21である。フィルターは東芝製のガラスフィルターで, V:Y-51 (厚さ3.2mm), B:L-39 (厚さ2.3mm) とV-42 (厚さ2.6mm), U:UV-D36C (厚さ2.0mm) である。

\* 兵庫教育大学 \*\* 東京学芸大学  
1987年3月30日受付, 4月15日受理

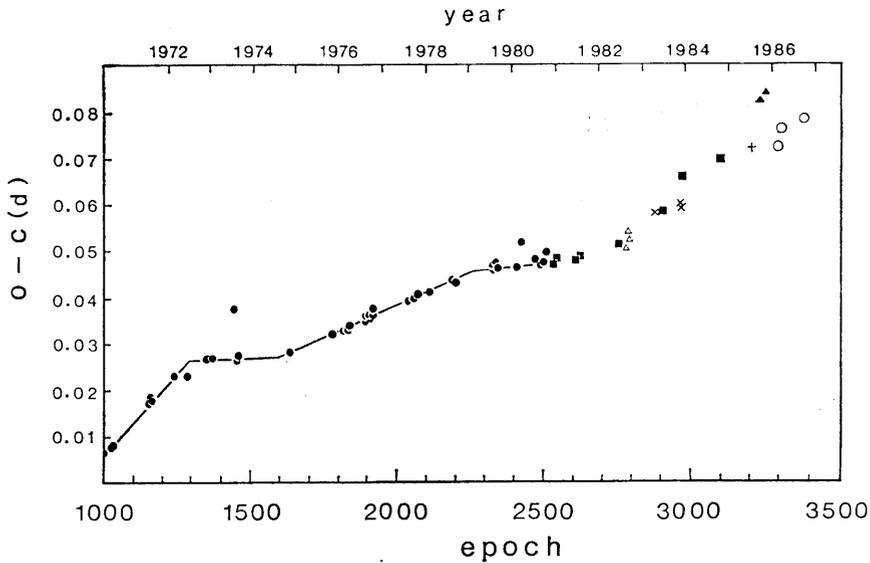


図1 U Cep の主極小時刻のO-C

● : Olson et al. (1981)    △ : Faulkner and Kaitchuck (1983)    × : Sato and Ito (1984)  
 ■ : Olson et al. (1985)    ▲ : 池田 (1986)    + : Rafert et al (1986)    ○ : 本研究

横河製作所製のパーチカルペンレコーダーで、記録紙を1分間に2cmの速さで送って記録した。

U Cep の光度変化は、U Cep のすぐ近くにある比較星との光度差から求めた。その結果は、標準星を観測してジョンソンシステムに変換した(整約法については、例えば Henden and Kaitchuck (1982) 参照)。

また、観測時刻は日心ユリウス日に変換した。

3. 観測結果

(1) U Cep の比較星の等級と色指数

U Cep とその比較星を図2に示した。比較星のV等級と色指数B-V, U-Bは、ジョンソンの標準星リスト中のHR285 (HD5848,  $\alpha = 1^h 8^m 44.6^s$ ,  $\delta = +86^\circ 15' 26''$  [2000年分点],  $V = 4.27$ ,  $B - V = 1.21$ ,  $U - B = 1.33$ ) との等級差を観測して求めた。その結果が表1である。

(2) 光度曲線

図3は今回の全観測値を位相Pに対して示したV, B, Uの光度曲線である。Pは観測時刻と最も近い主極小時刻との差を周期2.4930679日 (Olson et al. 1981) で割ったものである。

(3) B-V曲線

全観測値に基づく色指数B-Vの変化を図4に示す。

(4) 食中の光度曲線

図5~図7は3回の食でのVの光度曲線である。横軸に平行な線分については次に述べる。

(5) O-Cについて

3回の主極小時刻とO-Cを表2および図1に示す。予報時刻Cは、Kukarkin et al. (1969) の式(2)を使って計算した。主極小時刻は、次のような中点法によって決定した(下保1970)。図5~7に示したように食のときの光度曲線を0.1等級ごとに横軸に平行な線分で切る。これらの線分の中点をなめらかな曲線で結ぶ。この曲線と光度曲線とが交わった点を主極小時刻とする。

4. 考 察

(1) 光度曲線とB-V曲線

図3を見ると、光度曲線が非対称になっていることがわかる。すなわち、主極小の前の肩(第一接触の近く)が後の肩(第四接触の近く)よりやや暗い。これは、伴星から主星へ移動しているガスのためであるとするStruveの説が広く受け入れられている(Batten 1974)。

主極小時には2時間ほど大きな光度変化がなく、皆既食が起こっている。皆既食中は伴星の光が観測されている。そのとき、 $B - V = 0.6 \sim 0.8$ で、伴星であるG 8 III型星の色指数とほぼ一致する。

食外と食中の光度差はV等級で約2.5等である。すなわち、食外では皆既中に比べて約10倍明るい。そのとき、 $B - V \approx 0$ で、主星のB 7型星の色指数に近い。食外では、主に主星の光を観測しているといえる。

(2) 食の性質

4月5日(図6)、10月19日(図7)の食は皆既食の

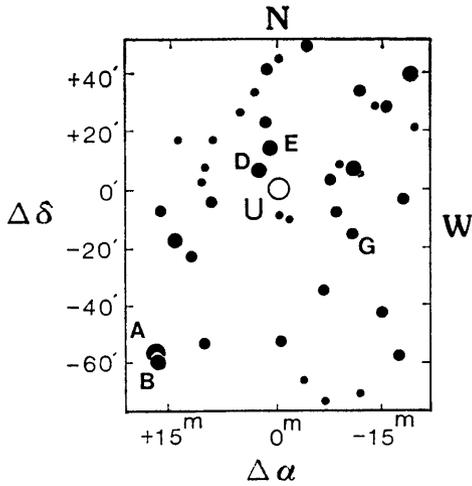


図2 U Cep とその比較星

U Cep :  $\alpha(2000)=1^h 2^m 3, \delta(2000)=+81^\circ 55.6'$

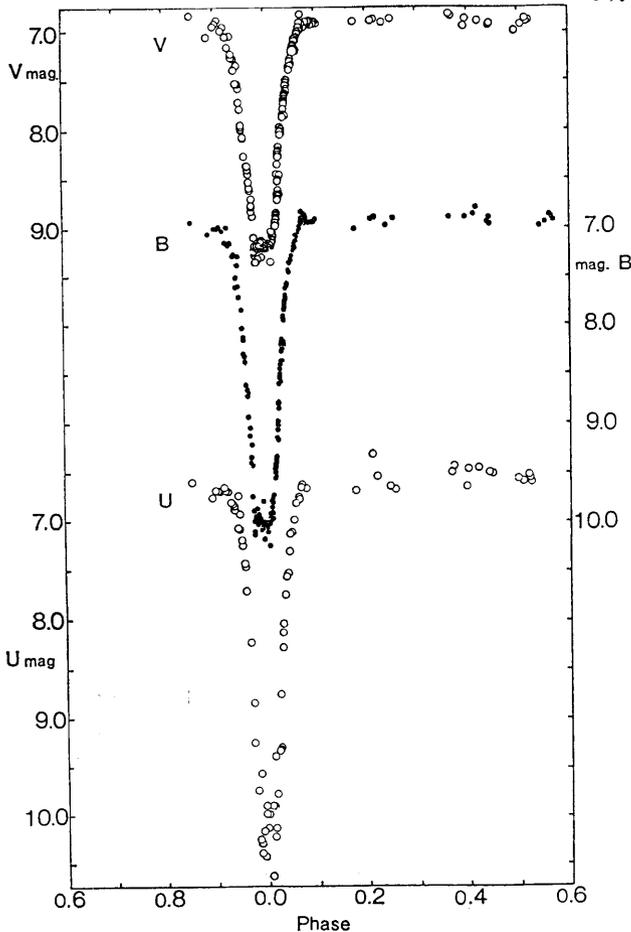


図3 U Cep の光度曲線

表1 U Cep の比較星

比較星	V 等級	B - V	U - B
A	6. 7 1	0. 0 0	0. 1 5
B	7. 2 4	0. 3 3	0. 1 2
D	7. 9 7	0. 0 0	0. 0 1
E	8. 4 4	0. 5 8	- 0. 1 0
G	8. 9 2	0. 4 5	0. 3 3

継続時間からみて, 正常な食であるといえる。

3月6日(図5)の食は, 観測の数が少なく正常な食か異常な食かを判断することが難しい。観測の数が少ないのは, 雲のため中断したからである。

(3) 周期変動

Sato and Ito (1984) は, 観測結果が Olson et al. (1981) の観測値から予想されるものより15分程度遅れていたことから, 1980年11月から1983年4月の間にU Cep に周期変動が起こったと結論した。Olson et al. (1985) は, 1982年前半に周期変動が起こったとしている。

図1に示したように, 1982年以降のいろいろな観測者の結果は, 池田(1986)を除いて, ほぼ一直線上にのる。前述のように, 公転周期EとO-Cとが一次の関係にあれば, 一定の周期が続いている。したがって, 1982年前半から1986年10月までに, 新たな周期の変動は起こっていないといえる。

1982年の周期変動後の観測値から最小二乗法によって食の予報式を求めると次式(3)が得られる。

$$\text{Hel. JD Min I} = 2438291.4294 + 2.4930859E \quad (3)$$

この周期から, 1982年の周期変動率は  $\Delta P/P = +1.5 \times 10^{-5}$  と求められる。これが伴星から主星への質量移動によって引き起こされたかとする, その質量移動量はケ

表2 U Cep の主極小時刻のO-C

観測年月日	公転回数 (E)	観測値(O) +2446000	O-C day
1986. 3. 6	3291	496.173	0.073
1986. 4. 5	3303	526.092	0.076
1986.10.19	3382	723.044	0.078

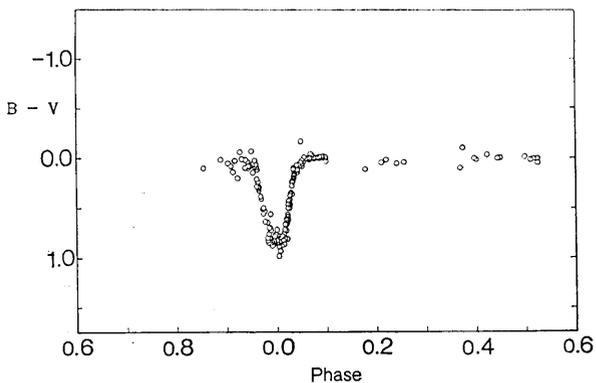


図4 U Cep のB-V曲線

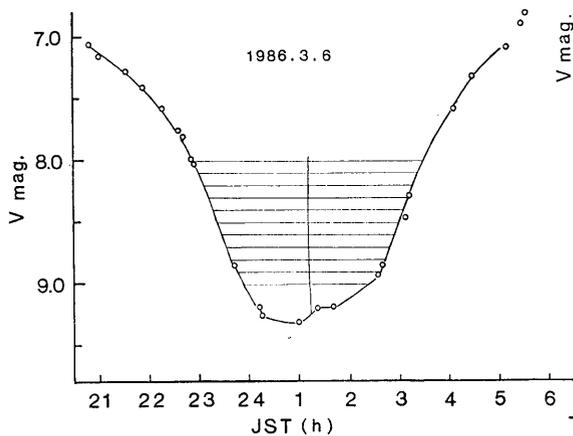


図5 1986年3月6日の主極小付近の光度曲線

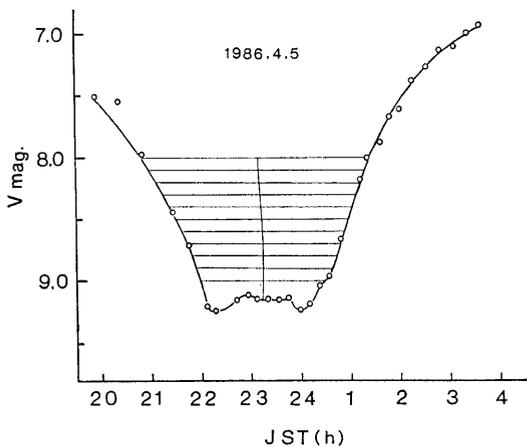


図6 1986年4月5日の主極小付近の光度曲線

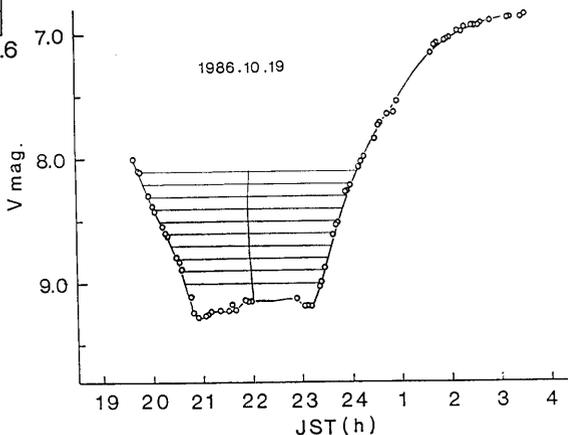


図7 1986年10月19日の主極小付近の光度曲線

表3 スペクトル型と色指数と表面の色

スペクトル型 (主系列)	表面の色	色指数 B-V
		m
O 5	青	-0.3
B 0		-0.3
B 5	青白	-0.16
A 0	白	0.00
A 5		+0.15
F 0	クリーム色	0.33
F 5		0.45
G 0	黄	0.60
G 5		0.68
K 0	オレンジ色	0.81
K 5		1.15
M 0	赤	1.4
M 5		1.6

プラーの第三法則から太陽質量の  $4.2 \times 10^{-5}$  倍となる。

池田 (1986) の  $O-C$  は、他の観測値から予想される  $O-C$  より10分程度大きい。池田の観測した食の光度曲線を再検討してみると、1985年11月29日の食は、皆既の時間が短く、正常な食でない可能性が高い。前述のように、皆既の時間が短い異常な食では、 $O-C$  が大きくなることがよくある (Olson et al. 1981)。1985年10月15日の食は正常であるが、正常な食でも  $O-C$  が大きくなることがあるので、そのためかと思われる。

## 2. 教材化の検討 —— 星の質量・半径を求める実習 (U Cep を使って) ——

### 1. はじめに

恒星の質量が直接測定できるのは、星が連星系をなす場合だけである。特に食連星では比較的高い精度で大きさが求められることがある。このように、食連星は恒星の物理量を研究する上で貴重な存在である。

連星の中で食連星の占める割合はそう高くないが、連星自体は珍しいものではない。主系列星の半数近くは、連星であると推定されている (山崎, 北村 1980)。また、1等星21個のうち10個は連星系をなしている (北村 1982)。

このような点から見れば、高校の地学及び大学の教養課程で連星について学習することは有益であるといえよう。

### 2. 目的

この実習では、U Cep の観測データなどを使ってその距離、公転軌道半径、主星と伴星の半径・質量、表面の色を求めさせる。そのためにはすでに学習した、ケプラーの法則、スペクトル型、ドップラー効果、HR図、距離指数などについての理解を必要とする。本実習を通してこれら基礎的事項についての理解を深めること、また、宇宙の大きさを認識させること、さらに、直接手に触れることのできない星の半径や質量が観測データからどのようにして求められるかを理解させることをねらいとしている。

### 3. 準備

(1) 教師は次のものを用意する。

- ① 食連星 U Cep のデータ (本研究および Batten 1974から)

光度曲線 (図8参照)、周期 (2.493日)、主星と伴星の色指数 ( $B-V=0.00, 0.80$ )、両星の視線速度の振幅 (主星: 120km/s, 伴星: 180km/s)

- ② 主系列星のHR図用のデータ

理科年表1987年版天文部 p. 54 から求めた主系列星の

絶対等級と  $B-V$

- ③ 色指数と星の色の表 (表3参照)  
④ 食連星の主星と伴星の半径の求め方を説明した図 (図9・10参照)  
⑤ 半径5cmと3cmの二つの円の図 (主星と伴星のモデル)

(2) 生徒は、色鉛筆、はさみ、ものさしを用意する。

《付記》—— 連星系の視線速度の振幅について ——

連星系を成す二星は、軌道運動のため視線速度が変光周期と同じ周期で増減する。それは両星のスペクトル線の波長の変化として観測される。視線速度の最大値と最小値の差の半分が振幅である。

### 4. 実習

#### (1) 距離

##### ① 原理

みかけの等級  $m$  と絶対等級  $M$  との差 (距離指数) とパーセクで表した距離  $D$  との間に次の関係がある。

$$m - M = 5 \cdot \log D - 5 \quad (4)$$

分光観測から U Cep の主星は主系列星であることがわかっている (Batten 1974)。また、主星の  $B-V$  がわかっているため、この二つのことから、主系列星のHR図を使ってその絶対等級  $M$  を知ることができる。 $m$  は観測によって求めることができるので、 $D$  が計算できる。

##### ② 方法

ア. 与えられた U Cep の主星の  $B-V$  の値を使って、HR図から主星の食外での絶対等級  $M$  を読み取る。

イ. 光度曲線から食外でのみかけの等級  $m$  を読み取る。

ウ.  $M, m$  を式(4)に代入して、距離  $D$  を計算する。

##### ③ 結果

HR図から U Cep の主星の色指数  $B-V=0.0$  に対応する絶対等級を読み取ると、 $M=0.5$  が得られる。式(4)に  $m=6.8, M=0.5$  をそれぞれ代入すると、 $D=182$  となり、約180パーセク、すなわち約600光年であることがわかる。

#### (2) 連星系の軌道半径

##### ① 原理

食連星の変光周期は公転周期に等しく、変光周期は光度変化の観測から知ることができる。また、分光観測によって、視線速度を知ることができる。U Cep の場合、ほぼ軌道面内から見ているので、観測された視線速度の振幅は公転速度と見なせる。また、主極小の位相を0.0とすると、0.5で副極小となることは公転軌道が円であることを意味する (山崎, 北村 1980)。すなわち、U

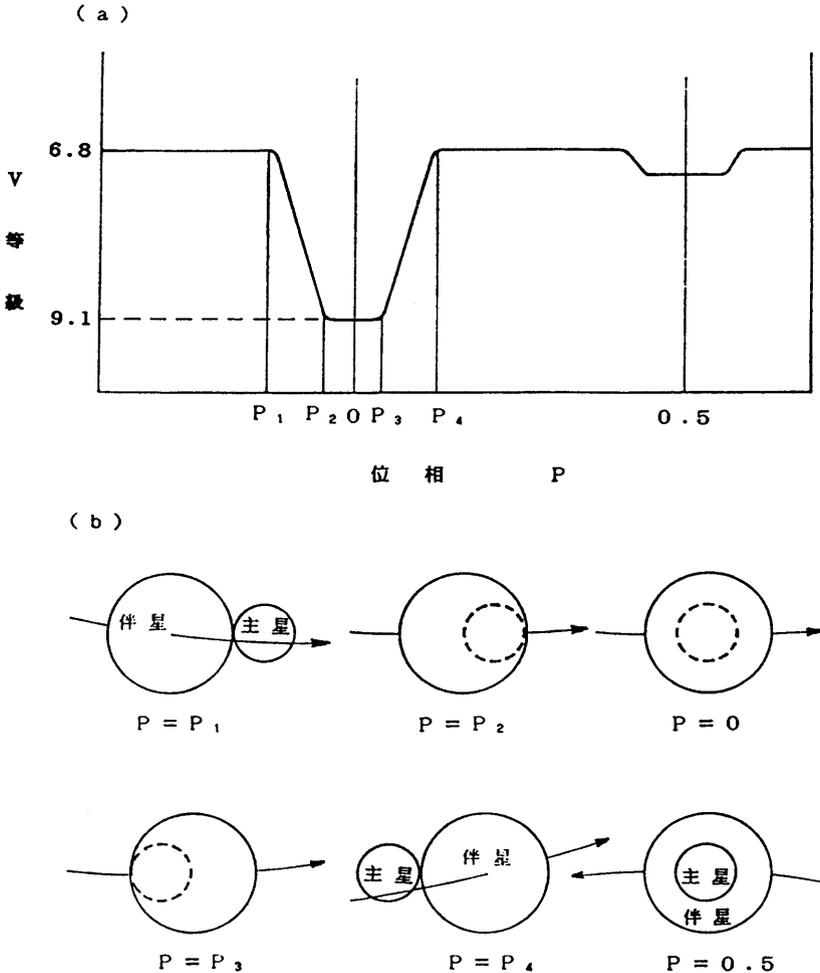


図8 (a) U Cep の模式化した光度曲線 (b) 各位相における両星の位置関係

Cep の二星は共通重心の周りの円軌道上をを120km/s と 180km/s の速度で公転している。

共通重心の周りの軌道半径を  $a_i$  (主星  $i=1$ , 伴星  $i=2$ , 以下同じ), 公転周期を  $T$ , 公転速度を  $v_i$  とすると,

$$2\pi a_i = v_i T \tag{5}$$

が成り立つ。 $v_i$  と  $T$  は観測によって求めることができるので,  $a_i$  が計算できる。 $a = a_1 + a_2$  は両星間の距離である。

② 方法

与えられた視線速度の振幅  $v_i$ , 周期  $T$  の値を式(5)に代入して, 軌道半径  $a_i$  を求める。

③ 結果

式(5)に  $v_1=120\text{km/s}$ ,  $v_2=180\text{km/s}$ ,  $T=2.493$  日を代

入すると,  $a_1=411$  万km,  $a_2=617$  万km が得られ,  $a = 1030$  万km となる。太陽半径は696000kmであるから, 両星間の距離は太陽半径の約14.8倍である。

(3) 主星と伴星の半径

① 原理

図8-(b)は, 同図(a)の光度曲線に示した位相P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, 0, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, 0.5における主星と伴星の位置関係を模式的に示したものである。図9, 10は, 位相P<sub>3</sub>とP<sub>4</sub>のときの, 軌道面およびそれと直角の方向から見た図である。両星間の距離を  $a$ , 両星の半径を  $r_1, r_2$  で表す ( $r_2 > r_1$ )。

図9-(a)について説明する。AB, O<sub>1</sub>C は地球からの視線方向を表しており, 明らかに

$$AB // O_1C$$

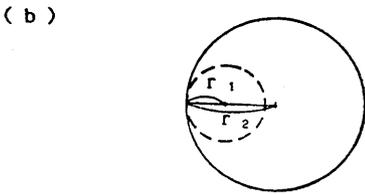
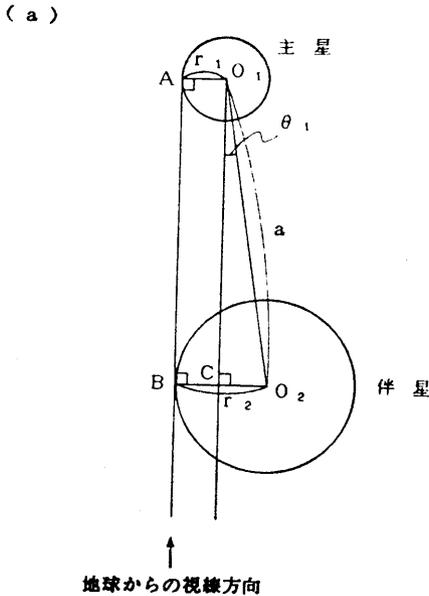


図9 位相  $P_3$  における両星の位置関係  
(a) 軌道面と直角の方向から見た図

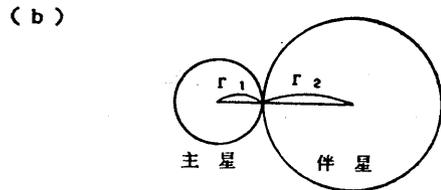
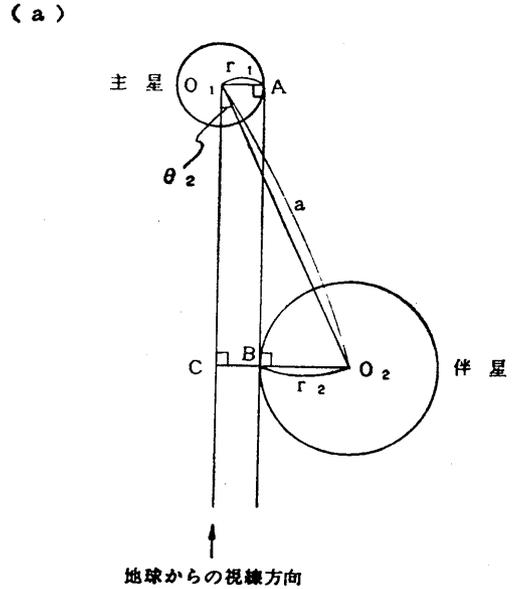


図10 位相  $P_4$  における両星の位置関係  
(b) 軌道面の方向 (地球からの視線方向) から見た図

$O_1A \perp AB, \quad O_2B \perp AB$   
 $O_1A = r_1, \quad O_2B = r_2$   
 四辺形  $O_1ABC$  は長方形であるから,  
 $AO_1 = BC$   
 $\therefore O_2C = r_2 - r_1$

また,  
 $O_1C \perp O_2C$   
 そこで,  
 $r_2 - r_1 = a \cdot \sin \theta_1$  (6)

が導かれる。  
 同様に、(図10-(a)参照)

$$r_1 + r_2 = a \cdot \sin \theta_2 \quad (7)$$

さて、 $\theta_1$  は位相  $P_3$  のときの、 $\theta_2$  は位相  $P_4$  のときの中心角である。位相は主極小時を0として、1公転したときが1で、再び位相は0となる。そこで、

$$\theta_1 = 360^\circ \cdot P_3 \quad (8)$$

$$\theta_2 = 360^\circ \cdot P_4 \quad (9)$$

式(6)~(9)より、  
 $r_2 - r_1 = a \cdot \sin(360^\circ \cdot P_3)$  (10)

$$r_1 + r_2 = a \cdot \sin(360^\circ \cdot P_4) \quad (11)$$

$P_3, P_4$  は光度曲線図8-(a)から読み取る。式(10), (11)を解いて、 $r_1, r_2$  を得る (北村 1965)。

〔付記〕

食連星の光度曲線から、主星の半径と伴星の半径をいつも容易に求められるわけではない。しかし、U Cep の場合は、公転軌道が円軌道であり、軌道面傾斜角が $90^\circ$ に近い (軌道面傾斜角を  $i$  とすると、軌道半径は  $\sin i$  のかかった式で表される。U Cep では  $i = 86.4^\circ$  [Batten 1974] で  $\sin i \approx 1$ ) ので、単純なモデルに基づいて計算しても、かなりよい値が得られる。

実際の授業ではこれについて特に説明する必要はない。

② 方法

ア. 光度曲線と主星・伴星の位置関係を理解する。

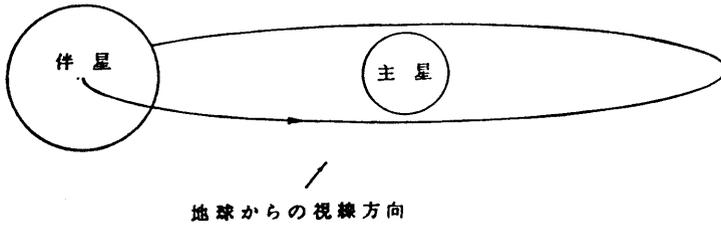


図11 U Cep の模式図

(ア)図11を見て、伴星の公転の向きを知る。

(イ)主星は主系列星で、伴星は巨星であることを知る (教師が教える)。

(ウ)図8の光度曲線を見て、位相  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , 0.5 のときに、地球から見たときの主星と伴星の位置関係はどうなるか考え、その模式図を描く。(わかりにくい場合は次のようにする。与えられた大小の円の図をはさみで切り取る。これらを伴星・主星と見なして、二つの円を重ねたり離したりして考える。)

イ. 半径を求める原理を知る。

(ア)位相  $P_3$  と  $P_4$  のときの、軌道面およびそれと直角の方向から見た図(図9, 図10)を描く。両星間の距離を  $a$ , 両星の半径をそれぞれ,  $r_1, r_2$  で表すことにする ( $r_2 > r_1$ )。

(イ)式(10)(11)の説明を聞く。(あるいは自分で式(10)(11)を導き出す。)

ウ.  $r_1, r_2$  を計算する。

(ア)与えられた光度曲線から  $P_3, P_4$  を読み取る。

(イ)式(10)(11)に  $P_3, P_4$  を代入して  $r_1, r_2$  を計算する。

③ 結果

光度曲線からものさしを使って  $P_3, P_4$  を読み取ると、

$$P_3 = 0.017$$

$$P_4 = 0.074$$

が得られる。

式(10)(11)に代入して計算すると、

$$r_1 = 0.17 \cdot a$$

$$r_2 = 0.28 \cdot a$$

$a$  は太陽半径の14.8倍であるから、両星の半径は太陽の半径の2.5倍、および4.1倍であることがわかる。

(4) 主星と伴星の質量

① 原理

連星の公転周期を年単位で表したものを  $T$ , 両星間の距離を天文単位で表したものを  $a$ , 主星・伴星の質量をそれぞれ  $m_1, m_2$  (単位は太陽質量) とする。このときケプラーの第三法則は、次のように表される。

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{T^2} \tag{12}$$

$T$  は観測によって知ることができる。また  $a$  は、4-(2)の方法で求める。

一方、両星の視線速度の振幅から質量の比が得られる。それは、前述のように U Cep の場合視線速度の振幅は公転速度に等しく、その比は軌道半径の比に等しい。そして軌道半径は星の質量に反比例するからである。そこで、式(13)が成り立つ。

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2} \tag{13}$$

$v_1/v_2$  は観測によって知ることができる。式(12), (13)を解くと  $m_1, m_2$  が得られる。

② 方法

与えられた  $T, v_1/v_2$  の値と、先に求めた  $a$  の値を式(12)(13)に代入して、 $m_1, m_2$  を計算する。

③ 結果

U Cep の場合、 $T$  は観測から0.00683年(2.493日)が得られ、また  $a$  は先に求めたように、0.0689天文単位(1030万km)となる。よって、

$$m_1 + m_2 = 7.0 \tag{14}$$

Batten (1974) によれば、 $v_1 = 120 \text{ km/s}, v_2 = 180 \text{ km/s}$  である。よって、

$$\frac{m_2}{m_1} = 0.67 \tag{15}$$

式(14), (15)を解くと、

$$m_1 = 4.2$$

$$m_2 = 2.8 \quad (\text{単位は太陽質量})$$

(5) U Cep の様式図

① 方法

ア. 与えられた主星と伴星の  $B-V$  の値を使って、表3から主星と伴星の表面の色を調べる。

イ. 太陽の半径を0.5cmとして、U Cep の模式図を描き、色鉛筆で色を塗る。

このような連星が約600光年かたにあり、約600年前(14世紀)に出た光から、星の半径や質量、距離を導きだしたことを示唆してまとめとする。

### 3. まとめ

本研究で次のことが明らかになった。

- (1) U Cep は1982年に周期増加を起こしたとされているが、1986年10月現在その周期が続いている。食の時刻の予報式として次式が得られた。

$$\text{Hel. JD Min I} = 2438291.4294 + 2.4930859 E$$

- (2) 高校地学又は大学の教養課程で、U Cep の光度曲線、色指数、周期、視線速度のデータから、U Cep の、地球からの距離、公転軌道半径、主星と伴星の質量、半径、表面の色を調べる実習案を示すことができた。

謝辞 有益な助言を頂いた東京大学東京天文台名誉教授北村正利先生に深甚の感謝の意を表す。

### 文 献

- 池田昌司, 1986: 食変光星ケフェウス座U星の光電測光観測と教材化: 兵庫教育大学修士論文.
- 伊藤文男, 佐藤文男, 1985: 食変光星ケフェウス座U星の写真測光と教育への活用: 地学教育, 38巻, 1号, 1-7.
- 下保 茂, 1970: 変光星の観測 (恒星社), 85-86.
- 北村正利, 1967: 第IV章 変光星: 藤田良雄編, 恒星の世界 (新天文学講座 6, 恒星社), 172-173.
- 北村正利, 1982: 星の物理 (第2版) (東京大学出版会).
- 東京天文台, 1987: 理科年表 (丸善).
- 山崎篤麿・北村正利, 1980: 第5章 連星: 小平桂一編, 恒星の世界 (現代天文学講座 6, 恒星社), 181-236.
- 西村彰洋・佐藤文男: 食連星ケフェウス座U星の光電測光と教材化 地学教育 40巻, 6号, 167-175, 1987  
 [キーワード] 食連星, 恒星, 光電測光, 天文教材, 高校・大学生  
 [要旨] 食連星ケフェウス座U星のUBV三色光電測光を行い, その周期変動の様子を調べた。1986年3月から10月の間に観測した3回の主極小時刻をそれ以前のいろいろな観測者の結果と合わせて検討したところ, 周期は1983年初め以降変わっていないことが明らかになった。ここで得られた光度曲線や文献から得た視線速度などのデータを使って, この星の距離, 二星の公転軌道半径, 質量, 半径などを求める, 高校地学又は大学教養課程用の実習案を提示する。
- Batten, A. H., 1974: A New, Unified Interpretation of U Cephei: Publ. Dominion Astrophys. Obs., 14, 191-269.
- Faulkner, D. R., and Kaitchuck, R. H., 1983: Epochs of Minimum Light for Several Eclipsing Binaries: Inf. Bull. Var. Stars, No. 2321.
- Henden, A. A., and Kaitchuck, R. H., 1982: Astronomical Photometry: Van Nostrand Reinhold Co., Ch. 2, Ch. 4 & Appendix.
- Kukarkin, B. V., Kholopov, P. N., Efremov, Yu. N., Kukarkina, N. P., Kurochkin, N. E., Medvedeva, G. I., Perova, N. B., Federovich, V. P., and Frolov, M. S., 1969: General Catalogue of Variable Stars (Moscow).
- Olson, E. C., Crawford, R. C., Hall, D. S., Louth, H., Markworth, N. L., and Pirola, V., 1981: Further Period Changes in U Cephei: Publ. Astron. Soc. Pacific, 93, 464-469.
- Olson, E. C., Hickey, J. P., Humes, L., and Paylor, V., 1985: New Times of Minima, and a Recent Period Increase, in U Cephei: Inf. Bull. Var. Stars, No. 2707.
- Rafert, J. B., Smith, E., and Markworth, N. L., 1986: U Cephei: an Unusual Development: Inf. Bull. Var. Stars, No. 2872.
- Sato, F. and Ito, F., 1984: Photographic Photometry of Eclipsing Binary U Cephei with Small Equipment; 兵庫教育大学研究紀要, 第4巻, 第3分冊, 85-100.
- Akihiro NISHIMURA and Fumio SATO: Photoelectric Photometry of the Eclipsing Binary U Cephei and Application to Science Education; *Educ. Earth Sci.*, 40, 6, 167-175, 1987.

## 会 務 報 告

### 第2回常務理事会

日 時 昭和62年7月6日(月)18時～20時

場 所 港区立青山中学校会議室

出席者 大沢啓治常務理事長, 石川秀雄・熊谷勝仁・下野洋・鈴木秀和・渡嘉敷哲・茂木秀二・柳橋博一・横尾浩一常務理事, 事務局より岡村三郎・石井醇・榊原雄太郎常務理事, 平山勝美会長, 佐藤暎一副会長, 出席14名, 委任状4名。

### 議 事

#### 1. 昭和62年度全国大会準備状況の件

佐藤暎一大会準備委員長より, 大会準備についての説明があった。発表者が予定より増えたので, 発表時間を1件15分とする。懇親会は労政会館内の会場で開く。大島巡検の参加者が多く, 宿舍や帰路の航空機の座席の都合で抽選を行った。38名の参加者名簿は作成中である。大会要録は印刷中である。

#### 2. 昭和62年度理事会の件

7月26日(日)13時30分～15時に開催する。

#### 3. 昭和62年度総会の件

総会の運営について相談した。総会における承認事項および会計決算報告, 審議事項の項目は地学教育40巻, 4号に掲載した。

#### 4. 学術奨励賞委員会報告の件

同委員会の横尾浩一審査委員長より, 審査結果の報告があった。「昭和62年度は該当者なし」を承認した。なお, 受賞基準について今後検討を要する事項についての指摘があった。この件については, 次回審査委員会発足前までに検討し結論をだすことにした。

#### 5. 入会者承認の件(62. 4. 15～62. 7. 6)

次の4名が承認された

大江文雄 愛知県教育センター  
小沢詳吾 埼玉県行田市立忍中学校  
熊谷勝仁 東京都狛江市立第五小学校  
小倉義雄 三重大学教育学部地学教室

#### 6. 日本気象学会より依頼の第21回夏期大学「新しい気象学」の後援名義の使用の件

従来通り承認する。

#### 7. 昭和61年度会計決算の件

#### 8. 昭和62年度会計当初予算案の件

#### 9. 昭和63年度会計暫定予算案の件

以上3件原案通り承認した。昭和61年度会計決算報告, 昭和62年度会計・初予算案については, 地学教育40巻, 4号, 119ページを参照。

### 報 告

#### 1. 寄贈および交換図書(62. 6. 16～62. 7. 6)

次の5点の報告があった。

山口博物館研究報告 13号	山口県立山口博物館
山口県の自然 17号	〃
理科の教育 7月号	日本理科教育学会
学術研究報告 35巻	高知大学附属図書館
地質ニュース 6月号	地質調査所

### 第3回常務理事会

日 時 昭和62年9月28日(月)18時～20時15分

場 所 港区立青山中学校会議室

出席者 大沢啓治常務理事長, 買手屋仁・熊谷勝仁・鈴木秀義・茂木秀二・柳橋博一・横尾浩一常務理事, 平山勝美会長, 小林学・佐藤暎一副会長, 事務局より岡村三郎・石井醇・榊原雄太郎常務理事。出席13名, 委任4名。

### 議 題

#### 1. 昭和62年度東京大会の件

東京大会について, 佐藤暎一大会実行委員長より次のような報告があり了承した。大会は巡検を含めて7月27日～30日の4日間にわたり開催, 全国からの参加者234名に及び盛会のうちに終了することができた。また, 会場については東京都八王子労政会館に費用その他大変便宜を計っていただいた。

#### 2. 昭和63年度全国大会の件

平山会長から, 福島県いわき市で開催にいたる経過報告があり, 第一次開催案内について検討した。次にその主な内容の案を示す。

期 日: 昭和63年8月17日(水)～20日(土)  
会 場: いわき短期大学(福島県いわき市平鎌田字寿金沢37)

日 程: 〔第1日〕見学会と講演会, 〔第2日〕開会式・シンポジウム・研究発表会・懇親会, 〔第3日〕研究発表会・全体会・閉会式, 〔第4日〕見学・巡検

(182—(26) ページに続く)

## 地学教育からみた教育学部学生の実態と問題点

高橋 治郎\*

### 1. はじめに

昭和54年度から始まった大学入学者選抜共通一次学力試験(以下、共通一次試験)を利用する入学者選抜は、受験機会の複数化および受験科目数の軽減をうたう新しい入試制度の導入により、昭和62年度から大きく様変わりした。周知のように、この新しい入試制度の導入により、入学者選抜にこれまでにない混乱を国公立大学のみならず社会全般に与えた。本論文では新しい入試制度そのものについてはコメントを差し控えるが、教員養成学部で地学教育に携わる者として、理科の受験科目数がこれまでの2科目から1科目に変更されたことにおおきな不満、さらには危機感をいだいているということは言明しておきたい。

大学入試センターの発表(昭和62年2月17日)によれば、共通一次試験(本試験)で理科を受験した者356,224人の科目別受験者数は、物理:108,115人、化学:115,325人、生物:111,530人、地学:20,526人、理科I:588人、受験番号誤り等:140人となっている。地学の受験者数が物理、化学、生物の受験者数の5分の1なのである。このことが、高校での地学教育の現状をどう反映しているのか、また今後の大学における地学教育にどのような問題となってはね返ってくるのか、これらについては時間をかけて検討する必要がある。その検討のためにも昭和61年度以前の入学者の実態と問題点をまとめておく必要があると考える。

本論文は、昭和59年10月2日に高知大学で開かれた日本教育大学協会第二部会研究会で発表したものに、前述の主旨に沿ってその後の資料を付け加えてまとめたものである。

上記研究会で御教示、御助言くださった参加者各位、地学教育等について常に御指導、御助言いただいている愛媛大学教育学部河淵計明教授、同教養部鹿島愛彦教授に心より感謝の意を表わします。

### 2. 学部学生の実態と問題点

昭和54年度から共通一次試験が実施されるようになる

や、大学関係者等によって「入学してくる学生の学力が低下した」、「能力が平均化し、学習意欲に欠ける学生が多くなった」、「思考力や観察力が足りない学生が多い」等々の発言がなされ、その一方では受験生の国公立大学離れが問題化してきた。また、大学の序列化が進み、受験産業が急成長した。

筆者は、'専門課程における「小学校教材研究 理科」(以下、小研理科)の地学領域を担当しているが、気の付いた共通一次世代の学生の問題点をあげると次のようなものがある(高橋, 1983)。

- ・ 理科(物理・化学・生物・地学)の知識量が学生間できわめて不ぞろいである。そのなかにあって、地学の知識量が他に比べ貧弱である。
- ・ 科学用語を知らなさすぎる。また、正しく使えない。
- ・ 小学校で学習する程度の実察や観測の方法をほとんど知らない。したがって、実験および観察器機を正しく使用できない。
- ・ 科学的に物事を考える訓練を受けていないので、実験や観察レポートの考察にあたる部分が満足に書けない。文章を書くこと自体苦手なようである。
- ・ 板書したこと以外はノートに書かず(書けず)、ノートのとり方も下手である。他人のノートのコピーで済ます学生も多い。
- ・ 科学読み物は無論のこと、教科書以外の本をほとんど読んでいない。
- ・ 配布した資料等のプリントの文章を声を出しては満足に読めない。
- ・ 計算力が劣る。

これらの問題点は、高等学校では教育学部進学希望者を文系クラスに組み入れ、共通一次試験に必要な理科のうちの2科目を中心に、あるいは2科目だけしか指導していないことや、共通一次試験が記述式ではなくマークシート法であることなどが原因しているものと考えられる。また、「高校1年のとき、学年末試験で地学の先生から、『この試験で○点以上とれなかった者は、地学はあきらめて、生物を選択しなさい』と言いつ渡されて、あっさりあきらめてしまいました。努力が足りないと言われてればそれまでですが、『理科は苦手だ』ということが

\* 愛媛大学教育学部理科教育研究室  
1987年5月10日受付 5月25日受理

頭のすみにいつもあるような気がします」という一女子学生の言葉にみられるように、成績のよくない科目を学習努力もさせずに切り捨てさせる指導がおこなわれている実例がある。学生の多くは、勉強（調査・研究）の方法、物事を科学的に考える訓練、「地学」なら地学のもつおもしろさというものを教えられることなく、共通一次試験の成績が1点でもよくなるような進学のための教育しか受けていない。東京学芸大学の稲森潤先生の言葉をかりれば「教育学部としては、学生に、高校時代に理科の全科目をとってきてほしいのに対し、高校側では科目の選択性をより一層強めている」（昭和59年度日本教育大学協会第二部会研究会での筆者へのコメント）。そして最近、年とともに地学の授業をやらない高校が増加している。次掲の表は、愛媛大学教育学部の最近4ヶ年の「小研理科」受講生の共通一次「理科」受験科目と科目別受験者数を調べたものである。

これらの表をみて明らかのように地学Iで受験する学生は20～33.9%と少ない。また、地学Iが59年度受講生で33.9%と多くなっているが、これは前年度（56年度）の共通一次試験の地学Iの平均点が他の科目に比べ高かったため、受験者数が増えたもので、その後は減少して

いる。

小研理科受講生は、教養部時代に自然科学系は、「物理学又は化学」と「生物学又は地学」のそれぞれ4単位ずつ計8単位を、教育学部では「基礎物理I・II又は基礎化学I・II」と「基礎生物学I・II又は基礎地学I・II」のそれぞれ2単位ずつ計4単位を修得することになっている。しかし、教育学部の履修方法が「教養課程で履修していない方を選択するのが望ましい」となっているため、学生の多くは共通一次受験科目と同じ科目を教養部および教育学部の「理科」で選択し、自分の苦手なあるいは高等学校以来履修したことのない科目を選択しようとはしない。また、理科で卒業研究を行う（すなわち理科専攻、専修）学生以外は、大学において天文学（60年度から教養部で集中講義で開講されたが受講者数制限がある）や気象学を受講する機会がないこともあって、これらの知識量についてはきわめてわずかしかもっていない。

各学生に資料として持たせている「小学校指導書 理科編」の各学年における「C 地球と宇宙」の内容のうち、どの内容が理解できておらず、自分が教壇に立った場合指導しづらいと考えるのかを受講生にたずねると6

58年度受講生

受験科目 \ 男女別	男	女	計
化学I・生物I	35	127	162
物理I・化学I	39	32	71
生物I・地学I	12	27	39
化学I・地学I	5	11	16
物理I・地学I	1	3	4
物理I・生物I	2	1	3
計	94	201	295

59年度受講生

受験科目 \ 男女別	男	女	計
化学I・生物I	34	120	154
生物I・地学I	13	55	68
物理I・化学I	22	13	35
化学I・地学I	7	16	23
物理I・地学I	3	4	7
物理I・生物I	1	1	2
計	80	209	289

60年度受講生

受験科目 \ 男女別	男	女	計
化学I・生物I	33	118	151
生物I・地学I	22	62	84
物理I・化学I	36	19	55
化学I・地学I	4	9	13
物理I・生物I	1	3	4
物理I・地学I	3	0	3
計	99	211	310

61年度受講生

受験科目 \ 男女別	男	女	計
化学I・生物I	28	160	188
生物I・地学I	8	53	61
物理I・化学I	25	14	39
化学I・地学I	5	3	8
物理I・生物I	1	1	2
物理I・地学I	0	0	0
計	67	231	298

58年度受講生

科目\男女別	男	女	計(%)
化学 I	79	170	249 (84.4)
生物 I	49	155	204 (69.2)
物理 I	42	36	78 (26.4)
地学 I	18	41	59 (20.0)

59年度受講生

科目\男女別	男	女	計(%)
生物 I	48	176	224 (77.5)
化学 I	63	149	212 (73.4)
地学 I	23	75	98 (33.9)
物理 I	26	18	44 (15.2)

60年度受講生

科目\男女別	男	女	計(%)
生物 I	56	183	239 (77.1)
化学 I	73	146	219 (70.6)
地学 I	29	71	100 (32.3)
物理 I	40	22	62 (20.0)

61年度受講生

科目\男女別	男	女	計(%)
生物 I	37	214	251 (84.2)
化学 I	58	177	235 (78.9)
地学 I	13	56	69 (23.2)
物理 I	26	15	41 (13.7)

割以上が「月の満ち欠け」、「星の明るさや色の違い」、「星の動き」、「温度計や方位磁針の使い方」、「地層の観察の方法」等をあげ、このままでは小学校の地学領域を満足には指導できないと言う。学生の多くは、これまでに夜空の星を、あるいは野外で地層を観察した経験がないのである（これは教育学部の学生にかぎらず、例年100名程いる理学部、農学部の「理科教育法」受講生についても同様である）。

小研理科受講生のうち理科が好きだと答える男子学生は、60年度で66%、61年度で67%（以下同じ年度）、同じく女子学生では、38%、47%、同様に地学については男子学生63%、55%、女子学生59%、44%となっている。このように女子学生に理科や地学の好きな者が少ない、すなわち嫌いな者が多い。次に受講女子学生（3回生）の生の文章を示す。

「理科は好きではありません。小学校の頃は全然わからないまま終わっていたし、中学、高校とも入試の足を引っ張るいやな科目でした。化学の実験なども、昔は火がこわくて見ているだけだったように思います。」

「小学校時代は、理科は好きだったのですが、中学校に入って食塩水の濃度を求めるところからよくわからなくなりました。第1分野と第2分野にわかれていたのですが、どちらかというのと第2分野が好きでした。植物とか人の体に関すること、例えば耳の名称とか神経の名称とかは100点をとったことがあるのが好きでした。嫌いな分野は、電流とか電圧をはかる回路と天体とか宇宙とかいうところでした。回路がなぜ嫌いかというと、どこをどうつなげばよいかかわからないからです。地学をやる

前に物理で実験があったのですが、説明書を読んでもわからず、100分で終わらせるはずが6時間もかかってしまいました。おそらく、中・高校では男の子と一緒にだったので全部実験は任せていたから、今全くわかっていないのだと思います。天体とか宇宙が嫌いな理由は、身近になく遠い所に存在しているので手にとって見れないのが原因だと思います。このレポートを書くために小学校指導書を読んでいたのですが、わかったつもりでいたことが全く説明できないのです。『月の満ち欠けはどうしてできるのですか?』という質問をされても、納得させることができないのです。星のこともよくわからないし他の惑星などはなおさらわかりません。小学校の時にもっと星や月など天体のことに興味をもって空を観察していればよかったと思います。理科で好きだったのはあそびやお育てたり、卵をかえしてひよこにしたりすることでした。小学校ではこの様にいろいろ実験したり観察したりして自分の体を使っての学習が好きでしたが、中学、高校へ行くに従って暗記するほうが好きになってきました。それは実験の意味や理論自体がわかってなく、その上方法もわからなくなっていたからだだと思います。「地学は好きか嫌いかと聞かれて、『どちらかという嫌いの方です』と答えるしかありません。高校では地学の先生がいなかったため、地学は一切やりませんでした。ですから私の能力は中学生並です。いや、中学生のことも忘れていますが、ほとんど地学はわかりません。マグマや火成岩のあたりはほのかに覚えていますが、堆積や浸食によって変わった地形になるというのは、社会科地理ででてくるのでまだわかるのですが、や

は「地球と太陽系」とか「宇宙の構成」とかになってくるともうわかりません。宇宙のことになると「見る」ということさえなかなかむづかしくなって、頭の中での理解だけにおわってしまうからです。」

「私の高校では地学を受験にとる人が全くいないことが多いので、地学の授業は開講されておらず、もし受験にとる人がいる場合は、その人たちを特別に教えるようになっていました。ですから、私の地学に対する知識はほとんどありません。講義についていけるかどうか不安で、自分で勉強しようと高校の地学の参考書を買いました。頑張りますので講義の際にはできるだけ詳しく説明してください。お願いします。」

「高校の時には地学の授業は開講されておらず、高校生の時に地学を学んでいないため、地学がどういうものかよくわかっていません。小中学生のころは、地層や岩石などはおもしろいなと思っていたのですが、気象や天体はその理論がとてむづかしくて嫌いでした。」

「地学は理科の中では最も好きなものです。星については興味もあったし楽に頭に入りました。高校では地学を全くしなかったのが難しい計算はわかりませんが、小、中学校の地学はとて好きでした。」

「地学は好きか嫌いか。これははっきり言ってよくわかりません。でも多分好きです。私は高校の時、理数科というところだったのだけれども、ここでは地学という教科は一度もやらないので、高校の3年間、地学に関しては白紙の状態。だから大学に入って教養、専門と地学を学ぶたびに、「これはたいへんだ。全くわからない・・・」と言っている有様です。でもやはり、天文などは考えているときがないけど、空をいつまでもながめているのは飽きないし、地層や岩石などについては全く苦手なだけ、山登りして汗を流しながら学習するのも素敵だと思います。地学という教科を学問的に考えるのはおいておいて、「地学」というのは、今理科を専修している私が考えるのにすごく「夢」があるっていうか「ロマン」があるっていうか、そういう感じがして好きです。」

### 3. 今後の課題

上述してきた現状をふまえ、小学校または中学校で望ましい理科指導のできる教師を養成するためには、大学でどう教育すればよいのか、また、そのためには「小研理科」で教官がどのような授業を担わなければならないのか、こういったことが筆者にとっての大きな研究課題である。さいわい、愛媛大学教育学部理科教育研究室には、物理学、化学および地質学を専攻した3人の教官がおり、加えて、生物学教室からの応援を受け、それぞれ

の専門領域を「小研理科」で指導することができている。したがって筆者の場合は、地学領域だけを取り扱うことができる。

本学部では、3回生前期に「小研理科Ⅰ」（1単位）と4回生後期に「小研理科Ⅱ」（1単位）として開講しており、学生はこの2科目を必修として履修する。したがって、3、4回生の間に100分授業をそれぞれ15週ずつ、合計30校時分が「小研理科」として用意されており、このうちの4分の1、7～8校時分が地学領域の授業にあてられている。受講生数は小学校課程の学生を中心にすべての課程にわたり、入学定員355人の約9割にものぼり、例年300人前後である。このように受講生が多いので、4クラスに別けて実験・実習を中心に授業をおこなっている。したがって4回同じ授業をくり返すことになる。

地学領域には、地質学、気象学および天文学が含まれその内容は多種多様である。また、小学校で指導する内容は地学領域が多い。そこで筆者の授業においては、手足を動かし実物を観察したり実習することによっていかに理解が助けられるかを体験できるような地質・気象・天文の各領域、例えば「松山市城山の地質調査」、「天気図の作成」、「星図の作成」等々、を指導している（高橋、1980、1982、1983）。一方で、これらの授業と「小学校指導書 理科編」の内容との対応についても学生に考えさせるよう指導している。ところが最近、学生のなかから、これまでの学校教育において実験や実習をほとんどやることがないので「小学校で教えなければならぬ実験や実習を中心に教えてほしい」という意見がでてくるようになった。また、かつて高橋(1983)は、小研理科受講生の中に「山岳部、ワンダーフォーゲル部、サイクリング部、ヨット部等の大学のサークルで天気図を書いたことのある学生が300余人中8～10人、中学校や高等学校時代に書いたことのあるもの2～3人が毎年いる」と述べたが、最近の学生の多くは前述のような鍛えられる、あるいは訓練を要するようなサークルには入部せず、お遊び同好会に入るため、大学のサークルで天気図の書き方をマスターしたものがいなくなってきている。

授業時間数に制約があるため、受講生の希望や実状にあった授業内容になっていないが、一方では、小・中・高の各学校で実験・実習をとまなう地学の内容がきちんと指導されていることがいかに不可欠であるかを痛感している。地学（理科）嫌いの教師が、地学（理科）好きの子供を育てられるわけがない。「小研理科」受講生をどうやって地学（理科）好きにさせるか、また、望まし

い教師に育てるためにはどうすればよいのか、大きな課題である。

### おわりに

今日、地学教育は危機に直面している。これをどう打開してゆくかは地学教育に携わる我々に課せられた大きな課題である。幸い我々には諸先輩が第二次大戦後、日本の地学教育を刷新したという歴史がある。この間の事情をあまねく伝えるもの一つに小林(1979)の「地学教育刷新の五年史(その1~3)」がある。この中に「地学教育刷新の革新座談会」(日本教育第6巻第3号, 昭和21年7・8月合併号)の記事が引用され、地学教育の重要性が各出席者から述べられたのを受け、小林氏がこれらの発言をまとめ「これまで地学者自身も割合教育に力を入れなかった、これには地学者数も足らなかった。その他いろいろな理由がありますが、最近では地学者もこの方面に努力して、この難局を救う為に奮闘しております。地学教育そのものを取上げて、研究会でも作ろうという声がある位です。したがって、これから先、実際に教鞭を取っておられる方や、文部省の方と協力して、改善して行かなければならぬと思います」と述べている。この言葉こそ今の我々がやらねばならない事を言いつくしている。当時と違って今日では、地学教育に携わっている人口も多いし、日本地学教育学会もある。何はさて、高校の教育課程で「地学」が生徒全員に履修されるように関係方面に訴えてゆかなければならない。

一方、渡部(1983)も「地学の成立と地学教育の将来像私論」を小林(1979)との重複をさけつつ亡くなられた藤本治義先生の業績を紹介しながら論じている。そして最後を「・・・御苦勞はあるにしても、地学関係教育が進んで理科Iを担当していただきたい。そうして相対的には物理・化学よりも興味関心を持つといえる地学を主に総合的な扱いを加味して、地学学習の関心を高めることができれば、第2・3年次の選択地学を履修する生

徒数も次第に増し、地学教育の振興に連なると思う。これが現在の私のねがいである」と結んでいる。「理科I」がどうなったかは言うまい。教育課程審議会が昭和61年10月20日に発表した「教育課程の基準の改善に関する基本方向について(中間まとめ)」によれば、「高等学校については、生徒の能力・適性、進路等に応じた指導を一層充実する観点から、現行の科目に加えて、例えば、応用物理、応用化学、応用生物、応用地学など多様な科目を設け選択履修させることを検討する。また、現行の科目を含め、これらの科目の名称や内容についても検討する。その際、「理科I」については、自然についての総合的な見方の育成に一層重点を置いた内容に再構成し、「理科II」については、その目標や内容を生かした課題研究などを内容とする方向で検討する」とこととしている。「進路等に応じた指導」ということになると、ますます「地学」が開設されなくなることは必至である。渡部氏の前述の発言を謙虚に受けとめ、学校教育の場で地学教育が実践でき、地学を履修する生徒、学生数が増えるよう努力してゆかなければならない。

### 文 献

- 小林貞一, 1979: 地学教育刷新の五年史(その1~3)  
: 地学教育, 第32巻, 第4, 5, 6号, 137-146, 161-168, 197-210.
- 高橋治郎, 1980: 教員養成大学・学部における地学教育への一提言: 愛媛大教育学部紀要(教育科学), 第26巻, 165-191.
- 高橋治郎, 1982: 小学校教材研究「理科」における地学野外実習の試み: 教科教育の体系的研究(15), 愛媛大教育学部教科教育研究会, 13-20.
- 高橋治郎, 1983: 教員養成学部における地学教育: 愛媛大教育実践研究指導センター紀要, 第1号, 35-42.
- 渡部景隆, 1983: 地学の成立と地学教育の将来像私論—藤本名誉会長追悼の辞にかえて—: 地学教育, 第36巻, 第2号, 25-37.

高橋治郎: 地学教育からみた教育学部学生の実態と問題点 地学教育 40巻, 6号, 177~181, 1987.

[キーワード] 地学教育, 教育学部, 共通一次試験, 学生の実態と問題点

[要旨] 昭和62年度から国公立大学の入試制度が大きく変わった。これを機会に、昭和61年度以前入学の共通一次世代の教育学部学生の実態と問題点を、彼らが理科でどのような科目を受験に選択し、理科や地学に対してはどのようなイメージを持っているのか、授業をおこなってみてどうだったかなどから論じた。そして彼らを望ましい教師に育てるためには、大学のみならず小中高の各学校できちんと地学が教えられることが不可欠であり、特に高校で地学が生徒全員に履修される必要のあることを述べた。

Jiro TAKAHASHI: The actual condition and some problems of the undergraduate student in the Faculty of Education on the earth science education; *Educat. Earth Sci.*, 40, 6, 177~181, 1987

## 3. 昭和62年度役員の一部変更の件

昭和63年度の大会を福島県いわき市で開催することになったので、副会長として柳沢一郎理事の就任を承認した。なお、理事1名補充についての人選は事務局に一任した。

## 4. 昭和64年度以降の全国大会の件

平山会長より、昭和64年度の全国大会については愛知教育大学に依頼した旨の報告があり、先方からの返事を待つこととした。

## 5. 学術会議推薦人候補者の選出の件

去る6月末、日本学術会議に学術研究団体の登録を申請した件について、このたび「登録学術研究団体」として認定された。また、第14期学術会議会員候補者の推薦人2名を指定して届け出ることを承認した。

本学会としての、学術会議会員候補者及び学術会議会員推薦人候補者の選出規定（内規）を作成することにした。

## 6. 入会者及び退会者の件（62.7.7.～62.9.28）

次の入会者17名と退会者1名が承認された。

高橋直文 秋田県立秋田西高等学校  
 坪内秀樹 東京・芝浦工業大学中・高等学校  
 児玉正彦 神奈川県畑野市立東中学校  
 留岡 昇 京都市立日吉が岡高等学校  
 榑原篤彦 東京都品川区立日野中学校  
 金子 稔 群馬県立桐生西高等学校  
 寺木秀一 上越教育大学大学院  
 加藤賢一 大阪市立電気科学館  
 栗野俊昭 東京都立教育研究所  
 阿部善雄 東京都新宿区立四谷第一中学校  
 大原一男 東京都大田区立大森第十中学校  
 屋鋪増弘 奈良女子大学文学部附属高等学校  
 山田辰明 東京都立南平高等学校  
 内記昭彦 東京都立大森高等学校  
 中村泰久 東京都立駒場高等学校  
 福田倫弘 横須賀市立北下浦小学校  
 高原まり子 東京工業大学理学部

## 申出による退会者

稲垣幸弘 三重県鳥ヶ原村立鳥ヶ原中学校

## 7. その他

日本科学技術情報センターより、本会の会誌寄贈の依頼があり承認した。

日本出版会より、著作権集中的処理に関する講習会開催の案内があった。

## 報告

## 1. 寄贈及び交換図書（62.7.7～62.9.28）

郷土と科学 No.98	北海道教育大学札幌分校
東京大学教育学部紀要 26巻	東京大学教育学部
地域研究 28巻1号	立正地理学会
新地理 35巻1号	日本地理教育学会
森田潔研究論文抄録	森田利春氏
理科教育研究 26巻, 4号, 5号, 6号	千葉県総合教育センター
熊本地学会誌 No.85	熊本地学会
理科の教育 8.9月号	日本理科教育学会
地質ニュース 7～10月号	地質調査所
研究紀要 27巻, 3号	日本理科教育学会
研究集録 77集	神戸大学教育学部
地学研究 36巻7～12号	日本地学研究会
理科教育研究年報 1982, No.6	
私たちの岩石園	

都市における地域地学教材の開発（第1・2報）  
 大阪府及びその周辺部から産出するボウスイ虫化石について（第1・2報）  
 以上5冊 大阪教育大学山際延夫氏  
 香川県高等学校理科部会々誌 23号  
 香川県高等学校理科会誌編集委員会

## &lt;訂正&gt;

地学教育 40巻 5号 表3ページ、常務理事会報告中の新入会員中村由博氏の勤務先を文教大学付属文教高等学校と訂正いたします。お詫びいたします。

（編集係）

## 感覚的な観察能力の指導について\*

——地層野外観察学習を通して——

荒井 豊\*\* 丸山 巧\*\*\* 加藤尚裕\*\*\*\*

### 1 はじめに

理科教育において、どのような指導理念に立脚した目的や目標を設定するにせよ、児童生徒に生の自然を対象とする観察活動をさせる大切さは変わらない。現行の教育課程改訂にあたって従来以上に直接経験の重要性が叫ばれ、理科指導の手引書として文部省より昭和55年に「親近な自然を重視した理科指導<sup>1)</sup>」、続いて昭和59年に「観察・実験の技能を重視した理科指導<sup>2)</sup>」が出され、特に、中学校での第2分野の生物・地学領域において野外における観察活動を主とする学習がいっそう強調されてきている。

筆者らも、このような立場から地質教材を中心に、野外に行く前の事前学習に工夫を加えたり<sup>3)</sup>、地質事象の中で観察する場所と観点の明確化を図ったり<sup>4)</sup>、実際の地層観察とボーリング資料とを融合した指導<sup>5)</sup>、古期岩石群の御荷鉾緑色岩類を利用した野外観察指導法の開発<sup>6)</sup>などを行ってきた。

また、荒井は、先に地質教材における野外観察の効果的な指導法として AAAS<sup>7)</sup> と ESS<sup>8)</sup> の中間的指導理念の立場から野外観察活動(フィールドワーク)における階層性、構造的関係の明確化を通して、具体的な3つの試案(①プロセス・スキル構造図 ②カリキュラム模式図 ③地質教材における主な観察基準表)を示し、これらの試案をもとに地層を対象に実践している<sup>9),10)</sup>。

しかし、筆者らの従来実践してきた野外観察学習は、児童生徒の地質事象に対する観察活動の実態や観察する能力の程度等を配慮した授業展開でなかった。教師側の授業実践によるフィードバックにより、改善を加えるだけであった。

そこで、加藤、荒井は、石、砂、土を材料にして児童生徒(小4年から中3年、N 539名)の地質事象に対す

る観察活動の実態についての調査研究を試み、その結果をもとに今後の野外観察指導をより効果的なものにして行こうと考えた。

この調査研究の結果、数多くの有益な知見が得られた<sup>11)</sup>。その中で特記すべき点の一つは、観察活動に使われた感覚的なもの(A<sub>1</sub>)<sup>12)</sup>の観察基準(従来の観点または観点項目)に五感をすべて利用している児童生徒がほとんどなく、視覚のみという児童生徒も数多く見られた点である。言うまでもなく、観察活動で視覚による作業が重要であるが、さりとて、他の触覚や味覚等の五感と複合した形でないと真の直接経験活動と言いがたい。この点について先に、石川・栗田氏らも「五感をフルに活用しない観察活動は、真の観察活動とは言えない。これは、使える観察用具を使わないでいると同じで観察能力に欠ける<sup>13)</sup>」と強調されている。

このような背景から筆者らは、生徒達が自然事象、特に地質事象の観察活動を行う際、観察基準に自分で持っている触覚や味覚を利用できる点に自ら気づき、体得できるような野外学習のシステムを作成しようとした。

そこで、上記の研究のねらいを達成させるための視点から、本地域に存在する地質事象の教材化及び指導方法の開発を行い野外学習のシステムを作成し、それにそって実践し、相応の効果が認められたのでここに報告する。

## II 五感による観察能力の実態と解決への手だて

### 1. 調査方法の概略

昭和59年6月~7月、小学4年から中学3年(川越市中央小学校、4年113名、5年76名、6年108名、東松山市立北中学校、1年74名、2年88名、3年80名)までの児童生徒539名を対象に、石、砂、土について自由な観察活動をさせ、調査した。

石……粒度は、最大8~10cm、最小3~4cmで大部分が大レキであり、角レキ~亜角レキのものである。色は、黒灰色~灰白色が多く、緑色岩も多少混じっている。また、いくつかの赤色チャー

\* 本稿は、日本地学教育学会第39回全国大会埼玉大会で発表したものに加筆したものである。

\*\* 埼玉県東松山市立北中学校 \*\*\*埼玉県東松山市立東中学校  
\*\*\*\*埼玉県川越市立中央小学校 1987年5月26日受付 6月20日受理

トなども見られる。

砂……粒度は、粗粒砂～中粒砂であり、粗粒砂の割合が多い。一粒々々は、角が丸いので川砂と考えられる。全体の色は、灰白色をしている。

土……国際法<sup>14)</sup>による土性名によれば、おおよそ砂65%微砂25%、粘土10%であるから砂壤土ということになる。

指示の方法は、児童・生徒に記録用紙3枚(石、砂・土のそれぞれの分)を配布し「観察場所に1㎡のわくの中に石を入れ、別のわくに砂を入れて、さらに、別のわくに土を入れたものを提示し」観察活動をさせた。観察は、石、砂、土のどれからでも自由にさせた。伝える言葉は、次のように統一をはかった。

ここに、いろいろな石(砂、土)があります。石(砂土)を自由に観察して下さい。今見ている石(砂、土)から気づいたことをできるだけたくさん書いて下さい。

2. 調査結果及び考察 (本実践に関する所のみ)

観察活動において五感をどの程度利用しているかの調査結果を石川・関らの分類項目<sup>15)</sup>を一部引用しながら整理を行って見た。特に、『触覚』のところで足感の項目を入れ「足でふんだ感じ」というものも集計した。

『情報処理』とは、データの解釈、問題の発見、予想・予測をする等である。例えば、「この石は、角がとれているから、川原の石と同じである」というものを集計

した。『その他』の項目は、「土の中にごみが入っている」「赤い石は美しい」などを集計した。

(1) 項目でとらえた学年別変化

表1は、石に対して行った観察活動の集計結果である。表から読み取れるように小4から中の3学年に関係なく観察記録の約70%前後が視覚に関する観点項目であった。

この傾向は、砂や土に対しての観察活動にも同様であった。

(2) 視覚と視覚以外の五感で観察された平均指摘数の学年別変化(石の例)

図1から読み取れるように、学年が上がるにつれて視覚による指摘する数が増して行くが、視覚以外の五感(触覚、聴覚、味覚、嗅覚)による指摘数は、学年に関係なく低い数値で横ばいである。

(3) 解決への手だて

表1、図1が示めすように児童・生徒達の大部分は、観察活動時に視覚による観点項目に依存し、他の五感による観点で観察を行っていないことが明らかになった。

そこで、筆者らは、東松山市内にある地質教材の開発を行い、その地質事象を対象に、感覚的なものの観察基準(観点項目)の中で視覚以外の五感を使う有効性が児童生徒に理解できるような野外学習を立案しようとした。具体的には、触覚や味覚の観察基準をもとにしても、地質事象を比較したり、分類したり、さらに同定したりできることを習得させたいと考えた。

東松山市内に存在する地質事象の中から、その適地を探し、次次に示すような地質概念と観察能力の習得が分離しない形での授業目標を設定し、野外観察学習を設計した。

表1 項目でとらえた学年別変化(石の例(加藤, 荒井1985<sup>16)</sup>)

(単位: %)

項 目	学 年	小 4	小 5	小 6	中 1	中 2	中 3
		N = 110	N = 76	N = 103	N = 74	N = 87	N = 80
視 覚 (目)	石の色	20.1	17.6	16.3	16.9	18.3	12.7
	石の外形	25.4	20.2	20.4	16.9	20.1	10.3
	全体のようす	15.8	33.7	27.7	37.2	28.2	31.4
	石の大きさ	10.4	1.0	4.6	7.2	10.4	5.7
触 覚 (皮膚)	かさかさ	9.6	2.2	5.6	4.3	3.7	16.7
	つめたさ	0.5	10.9	0	0.5	0	0
	表面の感じ	8.6	4.5	8.3	6.6	2.3	4.2
	足でふんだ感じ	0	0	0	0	0	0.8
嗅 覚 (鼻)	手で持った時の重さ	5.1	3.8	2.7	3.8	2.9	2.5
	たたいた時の音	0.8	0.3	0.2	2.0	0.8	4.1
味 覚 (舌)	味	0	0	0	0	0	0
嗅 覚 (鼻)	におい	0	0	0	1.5	0.5	1.4
情 報 処 理 力		0.3	0.3	5.6	0.3	2.6	0.5
そ の 他 *		3.4	5.5	8.6	3.8	10.2	9.7

III 野外観察授業の設計

1. 授業目標の設定

- (1)観察基準としての触覚(手ざわりによるザラザラ、カタサ、シメリケ、ツメタサ etc)、味覚(舌ざわりによるザラザラ、ツルツル、カライ、アマイ、スイツク etc)を使い、地層が分けられることを知り、その中のいくつかの基準を使って実際に分けられる。
- (2)ある離れた2つの地層を観察事実をもとに同じものであると同定でき、地層の対比ができる。
- (3)過去の既習した知識と野外観察活動をもとに、地質事象の中から簡単な推論がで

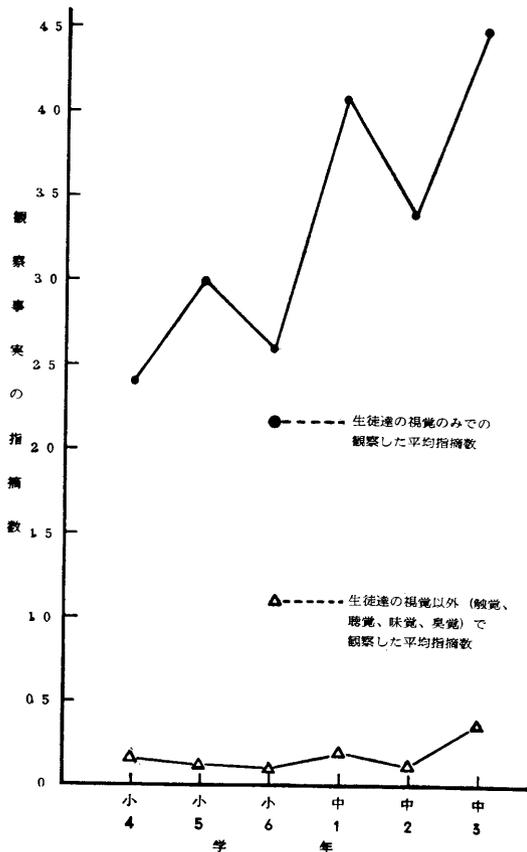


図1 観察と視覚以外の五感で観察された平均指摘数の学年別変化

きる。

2. 観察場所の決定

埼玉県東松山市高坂地区にある岩殿山正法寺の境内に見られる露頭を中心とし、主に新第三紀中新世<sup>17)</sup>の凝灰岩、泥岩であり、その上部に第四紀洪積世初期<sup>18)</sup>の礫層が不整合に覆っている。

3. 物見山付近の野外観察用ワークシート(生徒用)

観察場所 1

作業 1 白印①と白印②の間には二つの地層があると判断できます。この二つの地層に分けるのにどんな基準が考えられますか。自分で自由に観察してこの基準を3つ以上あげて下さい。

観察場所 2

作業 2 観察場所 2から10m離れている白線が見つかりましたか。この白線から白印③と白印④の間を見なさい。この白印③と白印④の間に四つの地層

があることがわかります。この白印③と白印④の間に四つの地層があることを何を基準に分けたのでしょうか。

作業 3 こんど手にふれられる位置まで移動しましょう。さきほどの白印③と白印④の間の4つの地層に分けられる基準を2つ以上あげてください。

課題 1

作業 4 観察場所 1の地層と観察場所 2の地層とは同じ地層だろうか。同じと考えるにはどんな手がかりが必要だろうか。観察場所 1と観察場所 2を自由に観察してその手がかりになる事実を2つ以上あげて下さい。

自分の観察を通して観察場所 1と観察場所 2の地層とは同じ地層と考えてよいか。

課題 2

作業 5 物見山の山頂付近やその下の採石場に石ころがたくさん見られますね。これらの石ころは、現在、流れている都幾川の川原の石ころと比べてどうか。このことからどんなことが考えられるでしょうか。思ったことを自由に書いて下さい。

\*ごくろう様でした。一つの作業が終了したならば、先生の所へ行ってチェックを受け、次の指示にしたがって下さい。

4. 野外観察学習のための教授フローチャート(指導案)(ただし、生徒用ワークシートの作業のみ)

\* 作業 2～作業 5についても、ほぼ同様の学習の流れで行われるため省略する。

①「これから観察場所 1から4にて、地層観察をしてもらいますが、次の点について注意して下さい」と言う。

1)観察はワークシートの順序、ないしは先生の指示に従うこと。

2)各観察場所とも自分で観察し、他の人と相談しないで答えること。

3)何か問題があるときには先生に相談しなさい。

4)どの観察場所においても予定時刻になると笛で合図をしますので、すみやかに次の指示に従って下さい。

「では、観察場所 1で作業 1をはじめて下さい」と指示をする。

②生徒達は、ワークシートに従い、観察活動を行い、3つ以上の基準が書けたら先生にチェックを受けに行く。

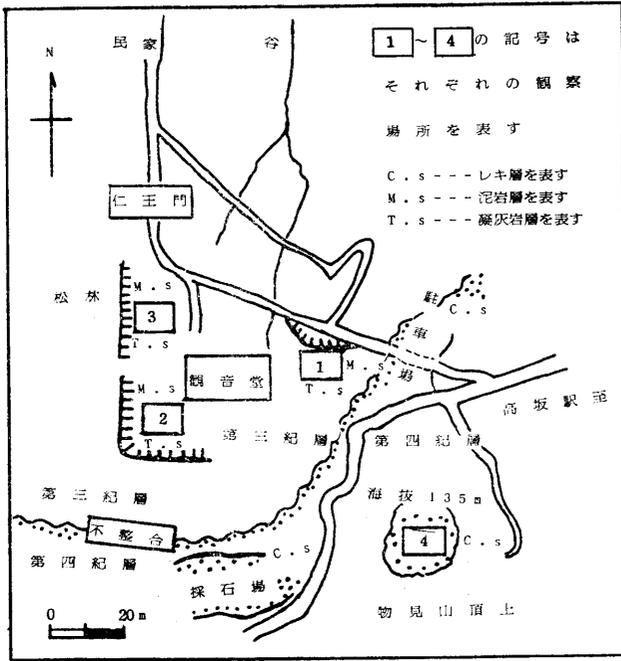


図2 岩殿山正法寺境内の様子と観察場所地点

③手ざわりや舌ざわりに関する観察基準が書かれていれば合格にする。教師が生徒1人1人のワークシートをチェックする。

④「見た目、目で見る以外に地層を分ける手だては本当はないのかな」、「岩や土には、味があるのかな」、「みんなが分けた地層が同じ色だったらどうする」、「分けた地層が粒の大きさが同じだったら」などのヒントを生徒の記録状況に応じて行う。

⑤名簿によって生徒1人1人の作業状況を記入する。

⑥5分前に作業が終了できた生徒は、課題提示、スケッチへ。各作業とも20分間。

⑦ワークシート記録用紙の観察場所3を見て下さい。

この観察場所の様子を自分でスケッチしましょう。いままでいろいろな基準をもとにして地層を観察してきましたね。これらの学習をもとにして、この場所に見



写真1：観察場所1の露頭風景

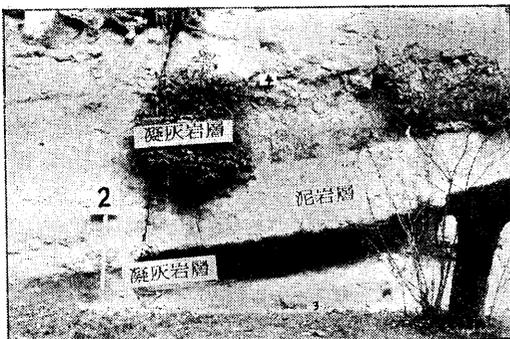


写真2：観察場所2の露頭風景

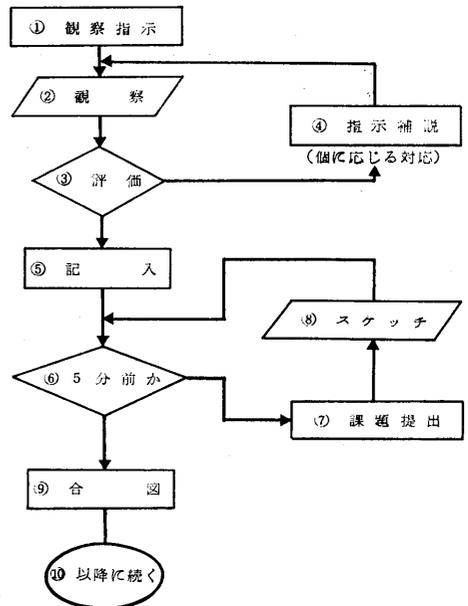


図3 フローチャート

られる切り通しの地層を詳しく書き表してみして下さい。

\* スケッチをしながら、感じられたこと、ふしぎに思われたこと、気付いたこと、疑問に思ったことな

ど, 何んでもこの欄にメモしておきましょう。

- ⑧各作業が5分前に終了した生徒は, そのつど観察場所3のスケッチを行う。
- ⑨合格できない(作業ができない)生徒達に手ざわりや舌ざわりの有効性について説明し, 再観察をさせる。

5. 本時の評価方法

本時の授業目標がどの程度達成しているかを測定するために, 下記のような事前(後)調査を作成し測定しようとした(模範解答の記入されたもの)。

設問1(手ざわり, 舌ざわり)

ある地層の見られる切り通しで, 色の違いや土壌の粒の大小という基準でいくつかの地層に分けることができない時, ほかにどんな地層に分けるための基準が考えられますか。

設問2(色, 粒の大小, 手ざわり, 舌ざわり, 地層の傾き)

A点で見られる地層とA点から遠く離れたB点で見られる地層が同じかどうか判断するには, どんな観察事実が必要ですか。その手がかりになる事実を2つあげなさい。

設問3(都幾川や荒川の河原の石ころと同じような丸い石がゴロゴロしているから等)

物見山の山頂は, 昔, 河原でした。このことは, どんな観察の事実から言えますか。

設問4(後述)

今日の野外観察で疑問に思ったこと, 何でも書いて下さい。

6. 授業の実施及び考察

- (1)日時 昭和60年3月10日  
午前10時から午前11時40分まで(100分間)
- (2)対象生徒及び生徒数  
埼玉県東松山市立東中学校第3学年  
3年4組 41名(男20名, 女21名)  
・ 観察場所の収容人数から3クラス中で1クラス抽出で行った。
- (3)所要時間
  - ①事前調査……5分(ただし設問1のみ)
  - ②観察作業1~3までが約50分  
(作業1が20分, 作業2と3合わせて30分)
  - ③観察作業4, 5で約30分  
(作業4が20分, 作業5が10分)



写真3: 作業1の観察活動風景



写真4: 作業4の観察風景(観察場所2の所で, 舌ざわりの観点で観察場所1の凝灰岩層と同じかどうか調べているところ)

④事後調査……10分(すべての設問)

(4)事前(後)調査の結果及び考察

設問1について

模範解答は, 手ざわり, 舌ざわりである。生徒達の個々の達成度を下記に示す評価マトリックスで評価したい。

\* 評価マトリックス法

$Pr_{(+)}$ …事前調査で正解  $Pr_{(-)}$ …事前調査で不正解  
 $Po_{(+)}$ …事後調査で正解  $Po_{(-)}$ …事後調査で不正解  
 ( $Pr_{(-)}$  で  $Po_{(+)}$ ) の生徒数

$$\text{正答率} = \frac{\text{正解の人数}}{\text{総人数}} \times 100$$

( $Pr_{(-)}$  で  $Po_{(+)}$  +  $Pr_{(-)}$  で  $Po_{(-)}$ ) の生徒数

・ 「手ざわり」について

	$Po_{(+)}$	$Po_{(-)}$
$Pr_{(+)}$	1	0
$Pr_{(-)}$	38	2

$$\text{正答率} = \frac{38}{40} \times 100 = 95\%$$

・「舌ざわり」について

	Po(+)	Po(-)
Pr(+)	1	1
Pr(-)	33	6

正答率 =  $\frac{33}{39} \times 100 = 85\%$

・「かたさ」について

	Po(+)	Po(-)
Pr(+)	3	0
Pr(-)	27	11

正答率 =  $\frac{27}{38} \times 100 = 71\%$

事後調査用紙を集計してみると、「かたさ」という表現がめだつた。この「かたさ」は、感覚的基準の「舌ざわり」に属する。しかしながら、生徒達は、単に手で触れる、さわる行為と手の指などで強く押ししたりした時の感覚を区別したらしい。「かたさ」は後者を示すものと思われる。そのため、「舌ざわり」と「かたさ」を区別して記述した生徒もいた。また、集計にあたって、「つめたさ」という表現の生徒2名については、「舌ざわり」の中に入れた。

この設問において「舌ざわり」、「かたさ」及び「かたさ」の項目の中から2つの項目をあげられた生徒達は、41人中38人で93%であった。この結果から判断して大部分の生徒達が授業目標(1)を達成できたと思われる。

設問2について

模範解答は、色、粒の大小、舌ざわり、舌ざわり、地層の傾き、かたさなどである。

事後調査の集計結果は、下表に示した通りである。地層の広がりや認識するための観察基準として「舌ざわり」、「舌ざわり」を記述した生徒数は、かなり多いことがわかる。地層の対比をするにも触覚と味覚の感覚を観察基準に使用したことが読み取れる。

・生徒達の解答を項目の数の多い順に集計してみた。

順位1	色	41人のなかで30人が記述した
順位2	舌ざわり	41人のなかで21人が記述した
順位3	粒の大小	41人のなかで12人が記述した
順位4	舌ざわり	41人のなかで9人が記述した
順位5	地層の傾き	41人のなかで6人が記述した
順位6	かたさ	41人のなかで3人が記述した

以上の結果から判断すると、授業目標(2)のみならず授業目標(1)のねらいが十分に身につけていると考えられる。

設問3について

模範解答は、荒川や都幾川(東松山市内を流れる河川

事例1. 野外観察で疑問に思ったこと、不思議に思ったこと、何でも書いて下さい。

正法寺の川かけにあるくぼみはどうしてできたか?  
物見山は隆起してできたのか? 山と川との関係か?

事例2. 野外観察で疑問に思ったこと、不思議に思ったこと、何でも書いて下さい。

正法寺にある地層がしゃげかたけれど  
少し移動して探してみたらしゃげかたには  
感じさなかった

事例3. 野外観察で疑問に思ったこと、不思議に思ったこと、何でも書いて下さい。

遠くはなれた場所なのに、同じ  
続いた地層だということにびっくり!!

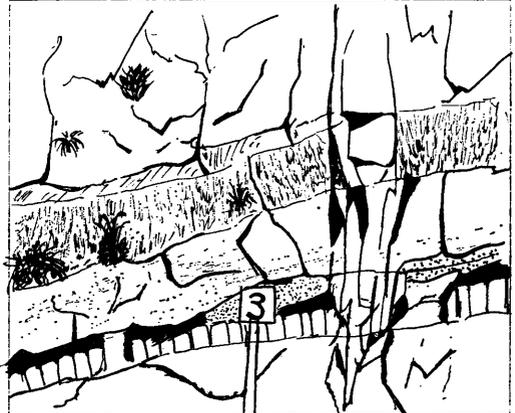
事例4. 野外観察で疑問に思ったこと、不思議に思ったこと、何でも書いて下さい。

物見山の山頂は石が  
川原だ、たぶん。びっくりした。

図4：野外観察で疑問に思ったことの実例

観察場所3

この観察場所の様子をスケッチしましょう。いままでいろいろな基準をもとにして地層を観察してきましたね。これらの学習をもとにして、この場所に見られる切り通しの地層を詳しく書き表してみてください。



※スケッチをしながら、感じられたこと、ふしぎに思われたこと、気付いたこと、疑問に思ったことなど、何でもこの欄にメモしておきましょう。

あまりさう味水があるが、ほとんどさう味水が出ない  
地層がこゝに「網ヶ谷」のあるところでは思わなかった  
見ると、いろいろ所に気がついて、さうして、ふしぎな  
ところなれたのは、いやだったが、よかったです。

図5：観察場所のスケッチ図

名)にある河原の石ころと同じように丸い石ころがゴロゴロしているからなどである。

41人のなかで33人の生徒達が、これらの石ころが人為的なものでなく山頂に河原の石ころが存在していることに気づいた。解答できなかった生徒達は、石ころの丸みの意味について理解できてなかったものがいた。

#### 設問4について

この設問のねらいは、生徒達自身に生の自然から直接疑問や不思議なことを発見してもらうために設定したものである。代表的な事例図5を紹介したい。

### IV 結語

児童生徒の観察活動の実態調査から、五感の中でも視覚以外のものを利用した活動が非常に乏しいことが明らかになった。そこで、筆者らは、中学の生徒達が自然事象、特に地質事象の観察活動を行う際、観察基準(従来の観点)に自分で持っている触覚や味覚を利用できる点に自ら気づき、体得できるような野外学習のシステムを作成した。

そして、その野外学習システムに従って、中学3年生を対象に実践することによって検証した。

検証により、次の諸点が明らかになった。

- (1)事前(後)調査の設問1の結果等より、生徒達は、地層の観察活動の際、触覚と味覚を観察基準に利用できるようになったと判断できる。
- (2)事後調査の設問2の結果等より、生徒達は、地層を対比したり同定したりするにも触覚と味覚の観察基準が利用できるようになったと判断できる。
- (3)地層野外学習の活動状況、事後調査の設問3, 4

及びスケッチ記録等より、生徒達は、地質事象の中から簡単な推論ができたと判断できる。

その結果から、次の結論を得た。

本論文に提示した野外学習のシステムを利用することにより、他校の生徒達にも本実践と同様に、地質事象における観察活動の観察基準(従来の観点)に自分で持っている触覚や味覚を利用できる点に気づかせ、体得させることができるかと判断できる。

### V あとがき

石・砂・土を材料にした児童生徒の地質事象に対する観察活動の結果より得た一つの知見、「五感をフルに利用した観察活動ができにくい」という事実をふまえて、視覚に加えて触覚と味覚を利用した観察活動の大切さと必要性に気づかせ、その知的な技法を体得させるための野外における学習のシステム化をはかろうとしたもので

ある。

筆者らの日々の授業実践においても、自然事象・現象から出発する分野の生物、地学領域の授業設計においてややもするとAV教材(VTR, VD, スライド etc)にたよりがちである。しかしながら、AV教材は、一種のモデル世界<sup>19)</sup>であり、フルに五感を使った直接経験を通して体感した現実の世界との相互作用がないかぎり、リアリティー(Reality)さは薄れ、間接的な経験としても成立しにくいように思われる。

今後、コンピューターグラフィックスによるサイエンスリタラシー等の理科的な能力もますます必要とされる時代になる<sup>20)</sup>と思われるが、その能力の基礎となるべき五感による観察能力を小・中学時代に十分に指導する必要がある。

今後も、児童生徒1人ひとりに生の自然を対象にした観察活動を保障し、観察・実験の技法や科学的思考力を習得させるための野外学習のシステム化を続けて行きたい。

本研究は、筆者の1人である荒井が、兵庫教育大学大学院在学中(徳山明研究室)からの継続的な研究であり、当該地域における「教育課程専門職」(Curriculum Specialist<sup>21)</sup>)として野外観察指導を中心とした教育課程の構築を目指す一つの研究である。

#### 謝辞

本研究に際し、終始懇篤な御指導をいただいた兵庫教育大学徳山明先生、授業の実施にあたり観察場所をこころよく提供していただいた岩殿山正法寺住職中島政海氏に厚く謝意を表したい。

#### 引用参考文献

- 1) 文部省:「中学校理科指導資料, 身近な自然を重視した理科指導」, P1~14, P133~P171, 1980, 大日本図書
- 2) 文部省:「中学校理科指導資料, 観察・実験の技能を重視した理科指導」, P1~21, P119~P208, 1684 全教図
- 3) 荒井豊・中村次郎:「野外観察における事前指導の授業設計」, 日本理科教育学会第29回全国大会発表要項, P46, 1979
- 4) 荒井豊:「効果的な地層野外観察を目指した指導計画とその実践」理科の教育, Vol.28, No.8, 1979, 東洋館
- 5) 加藤尚裕・荒井豊:「小学校6年, ボーリング資料を活用した指導例」日本理科教育学会第32回全国大会発表要項, P89, 1982

- 6) 荒井豊・西川正己：「御荷鉢緑色岩類の産状とその観察指導演法」, 日本地学教育学会第31回全国大会発表要項, P27~P28, 1981
- 7) Commission on Science Education, AAAS Commentary for teachers a process approach, 1965 AAAS Miscellaneous Publication, 65-22.
- 8) Hawkins: David Messing about in Science, Science and children 1965.
- 9) 荒井豊：「埼玉県横瀬地域の御荷鉢緑色岩類の研究と理科野外観察授業のプロセス・スキル」, 兵庫教育大学大学院修士論文, 1982.
- 10) 荒井豊：「理科におけるプロセス・スキル習得の指導演法に関する一考察, 一地質教材フィールドワークに関して」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 23, No. 3, P101~P108, 1983
- 11) 加藤尚裕・荒井豊：「石・砂・土の観察能力の調査に関する一考察」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 26, No. 2, P69~P78, 1985
- 12) 10)と同じ, P103~P104.
- 13) 石川正・栗田良一：「地層の観察能力に関する一考察」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 23, No. 3, P19, 1983
- 14) 大森昌衛：「地学野外調査の方法」P22, 1974, 築地書館
- 15) 石川正・関利一郎：「岩石の観察能力に関する調査」日本理科教育学会研究紀要, Vol. 22, 1981
- 16) 11)と同じ, P72
- 17) 松丸国照・林明：「関東山地東縁の新第三系の層序」日本地質学会, 地質学雑誌, No. 86, No. 4 P225~P242, 1980
- 18) 堀口万吉ほか：「埼玉の自然をたずねて」, P184, 築地書館 1987
- 19) 佐伯胖：「コンピュータと教育」, P127~P138, 岩波新書, 1986
- 20) 買手屋仁・菊田英一・佐伯胖・長洲南海男・中村次郎：「座談会/21世紀に生きる子どもの理科教育のあり方」, 理科の教育, Vol. 35, No. 1, 東洋館, 1986
- 21) 徳山明：「教科内容論序説」, 兵庫教育大学研究紀要, Vol. 6, P84, 1986

荒井豊・丸山巧・加藤尚裕：感覚的な観察能力の指導演法について——地層野外観察学習を通して—— 地学教育 40巻, 6号, 183~190, 1987

[キーワード] 生の自然, 真の直接経験活動, 五感, 触覚, 味覚観察基準(従来の観点), 体得, 野外学習システム

[要旨] 石・砂・土に対する観察能力の実態調査から, 児童生徒が観察活動の観察基準(従来の観点)として, 視覚を多く利用しそれ以外の五感の利用が少なかった。そこで, 地質事象を観察するのに触覚や味覚も有効な観察基準に成り得る点に気づかせ, さらに, 体得させるための野外学習システムを開発した。そのシステムに従って, 中学3年生を対象に地層観察授業を実施した。その結果, 特徴ある結果が得られたので, ここに報告する。

Yutaka ARAI, Satoshi MARUYAMA and Takahiro KATO: A Study of how to Develop the Sensual Observing Abilities——Through the Field Observing Learning of Stratum——*Educat. Earth Sci.*, 40, 6, 183~190, 1987

Abstract: We, the authors investigated the fact about the observing ability for stones, sands, soil; and we found that the pupils and students often used the sight and hardly used the other five senses except for it as the standard of observing activities.

So, we pioneered the field learning system which make them notice and realize that the sense of touch and the taste can be effective standard. According to this system, we made the field learning of stratum on the third year students of junior high school.

In result we could get the distinctive data. So, we report it here.

お詫び

地学教育第40巻第3号に掲載された「地学教育の改善に関する一つの提案」における図1の写真は、当方の不手際で上弦の月との入れ替えが間に合わず大変失礼いたしました。

この場をお借りしてお詫びいたします。

1987年10月 国立教育研究所 下野 洋

# EDUCATION OF EARTH SCIENCE

---

VOL. 40, NO. 6.

NOV. 1987

---

## CONTENTS

### Original articles :

- Development of an Astronomical Teaching materials and Study of  
a New guidance Method (II) —From Practice of “Making a simple  
planetarium and operating it by themselves in Laboratory work.”……  
……Toshio IKEDA, Eiji ARAKI, Masahiro YAMASHITA  
and Ichiro YOSHIMIZU…157
- Photoelectric photometry of the Eclipsing Binary U Cephei and  
Application to Science Education……  
……Akihiro NISHIMURA and Fumio SATO…167
- The actual condition and some problems of the Undergraduate  
student in the Faculty of Education on the Earth science education.  
……Jiro TAKAHASHI…177
- A Study of how to Develop the Sensual Observing Abilities  
……—Through the Field Observing Learning of Stratum——……  
……Yutaka ARAI, Satoshi MARUYAMA and Naohiro KATO…183
- Proceedings of the Society (176, 182)

---

All Communications relating this Journal should be addressed to the  
**JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION**  
c/o Tokyo Gakugei University; Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan

昭和62年11月20日 印刷 昭和62年11月25日 発行 編集兼発行者 日本地学教育学会 代表 平山勝美  
184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内 電話0423-25-2111 振替口座 東京6-86783