

地学教育

第61巻 第4号(通巻 第315号)

2008年7月

目 次

教育実践論文

Ia型超新星を使った銀河の距離測定の指導

.....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...(113~122)

中学校理科における断層の推定に関する教材の評価

—地形図と立体画像の導入から—
.....桐生 徹・久保田善彦・西川 純・水落芳明...(123~132)

資 料

人工物を活用した地学学習

—東京ディズニーシーにおける地学素材の活用を例として—
.....相場博明・柊原礼士・鍋島さやか...(133~139)

学会記事 (140)

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

平成 20 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 62 回全国大会

東京大会 第三次案内

日本地学教育学会会長 牧野泰彦
東京大会実行委員長 松川正樹
東京大会事務局長 小荒井千人

大会テーマ：『都市化の進んだ環境の中での地学教育』

期 日：平成 20 年 8 月 17 日(日)～19 日(火)
会 場：東京学芸大学
主 催：日本地学教育学会
共 催：東京学芸大学，東京都地学研究会，東京
都中学校理科研究会，東京都小学校理科
研究会
後 援：文部科学省，東京都教育委員会
日 程

記念講演

- (1) 「地学教育の今日的課題と展望」
日本地学教育学会前会長 下野 洋 (星槎大学)
(2) 「東京の地質と環境の変遷」
松川正樹 (東京学芸大学環境科学分野)

シンポジウム

『都市化の進んだ環境の中で，地学を如何に魅力的
に考えるか』

コーディネーター：内記昭彦 (都立三田高校)

- ・新学習指導要領の概要と地学教育の実践の
重要性： 田代直幸 (国立教育政策研究所)
- ・都市化の進んだ地域での地学教育の実践例
《地 質》… 馬場勝良 (慶應幼稚舎)
《気 象》… 名越利幸 (岩手大学)
《防 災》… 美澤綾子 (県立静岡高校)

研究発表の時間

15 分 (発表 12 分，質疑応答 3 分)

見学旅行

実施日：8 月 19 日(火)

※A・B コースとも参加申込みは締め切りました。

《A コース》多摩川中流域に分布する鮮新-更新統
上総層群の陸成層と海成層の教材化と実践の軌跡
《B コース》伊豆大島

7:10 竹芝客船ターミナル (東京) 集合
7:45 出航 (ジェット船)
9:45 大島着

貸し切りバスにて，三原山噴火口，割れ
目噴火口，地層切断面 (大露頭)，波浮
港を見学予定

16:20 出航 (ジェット船)
18:05 竹芝客船ターミナル (東京) 着・解散

一般発表，ポスター発表の申込み

一般・ポスターとも発表の申込みは締め切りました。

日	時刻	行 事	会 場
17 日 (日)	8:30	受 付	講義棟 S1 階
	9:00	開会行事 学術奨励賞授与式	S410
	9:30	記念講演	S410
	11:00	ジュニアセッション	S410
	12:30	昼休み・休憩 (小集会：若手の集い)	(A 予定)
	13:30	シンポジウム	S410
	15:30	ポスターセッション	S 棟 吹き抜け
	16:30	… 移動 …	
18 日 (月)	17:30	懇 親 会	国分寺駅ビル
	9:00	研究発表 I	A: 高・中 B: 小 C: 大・一般
	12:30	昼食・休憩 (小集会：科研費 (奨励研究)を申請 してみませんか)	(A 予定)
	13:30	研究発表 II	A: 中 B: 高 C: 大・一般
	15:30	休憩	
	16:00 16:30	閉会行事	W110

大会参加費

7月18日(金)までの振り込み分

一般 4,000円 大学生・院生 2,500円

7月22日(火)以降の振り込み分

一般 4,500円 大学生・院生 3,000円

※ジュニアセッションでの発表の高校生以下、および引率教員は無料です

送金方法

郵便振替にて下記口座にご送金下さい。送金の内訳および連絡先を必ずご記入下さい。

口座名称：日本地学教育学会東京大会

口座番号：10180-58886561

- 大会参加費：上記「大会参加費」をご参照下さい。
- 懇親会費：5,000円

発表要旨提出締め切り

- 一般発表：2008年7月12日(土) 必着

(A4で2ページ)

- ジュニア：2008年7月12日(土) 必着

(A4で2ページ)

宿泊案内

各自で手配をお願い致します(JR中央線の国分寺、吉祥寺、立川にビジネスホテル等多数の宿泊施設がございます)。

大会事務局・出張依頼の申込先

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1

東京学芸大学 環境科学分野

日本地学教育学会東京大会事務局

松川正樹

Fax: 042-329-7544

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

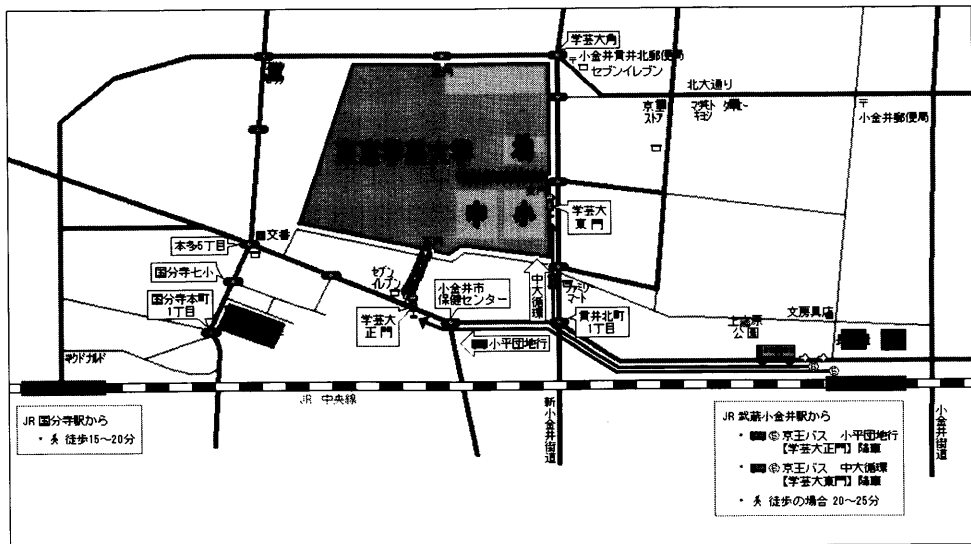
アクセス

JR 中央線 武蔵小金井駅・北口より

京王バス(5番バス停)【小平団地行】約10分 学芸大正門・下車…徒歩約5分

徒歩の場合は約20分

JR 中央線国分寺駅より…徒歩約18分

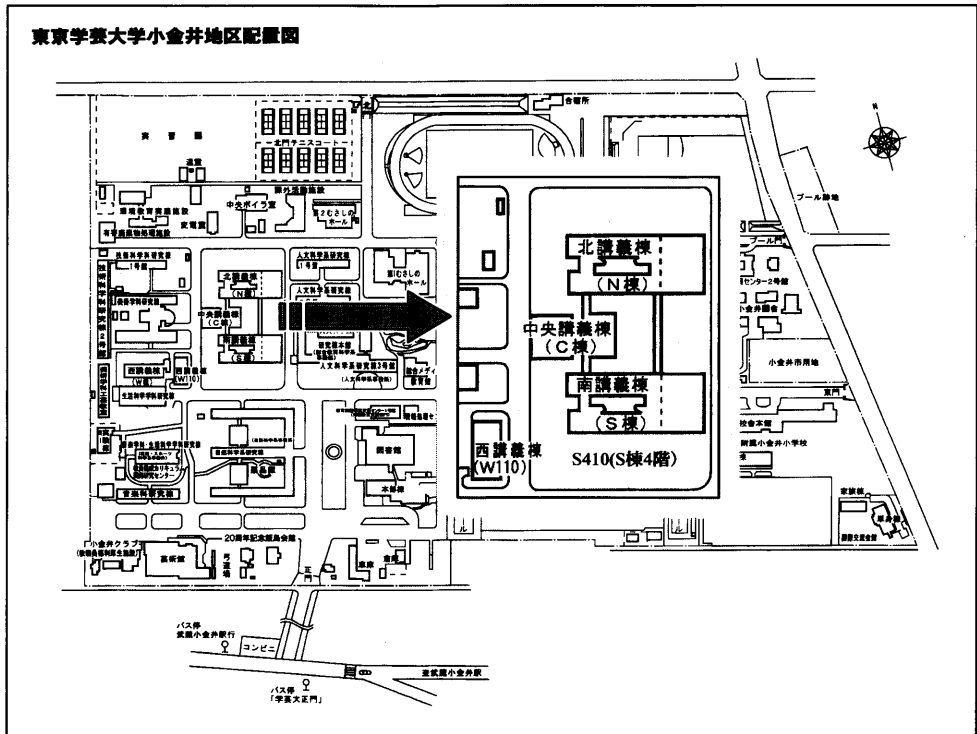


会場案内

開会行事・シンポジウム会場 (S410), 閉会行事会場 (W110)

A会場 (S棟 S102), B会場 (S棟 S103), C会場 (S棟 S101),

ポスターセッション (S棟 吹き抜け), 休憩室 (S棟 S105), 販売 (S棟 S106)



研究発表プログラム

8月17日(日)

【会場 S410】開会行事(9:00~9:30)

【会場 S410】記念講演(9:30~11:00)

ジュニア口頭発表

(1)「地学教育の今日的課題と展望」

日本地学教育学会前会長 下野 洋(星槎大学)

(2)「東京の地質と環境の変遷」

松川正樹(東京学芸大学環境科学分野)

【会場 S410】ジュニアセッション(11:00~12:30)

1J01 太陽活動がアマチュア無線の伝播状況に与える影響

高橋賢彦・田中義彦・辻 修平・伊藤元祐
(巣鴨中学校・高等学校 地学班)

1J02 岩石の密度とテクトニクス

伊東英紀・古宮直季(千葉県立船橋高等学校)

1J03 PS 時間に関する大森係数の考察

高木彩圭・小野純路(東京都立小石川高等学校・中等教育学校)

1J04 学校の地盤と耐震構造についての研究

五十嵐 蓮・岡 健太郎(神奈川県立西湘高等学校理科部地学班)

※ポスターのみの発表

1J05 貝化石産出数に着目した古環境推定指標の作成

加藤悠爾(岡山県立岡山一宮高等学校)

1J06 分光観測で求めた地球照の正体

大熊瞭汰(埼玉県立越谷北高等学校天文部)

**** 《昼食・休憩(12:30~13:30)》 ****

【A会場 S102】

小集会「若手の集い」(12:30~13:00)

近年、地学の採用がほとんどない状況が続いており、その結果、現場には「若手」の地学分野を担当する教員数が激減しています。しかし、毎年、地学教育学会に出席しておりますと、数は多くないものの「若手」の出席者・発表者を見かけます。今後の日本地学教育学会のためにも、「私だけではなかった」ということをお互いに認識するために、この小集会を設けまし

た。今後互いに交流を深めるためのネットワーク構築の第一歩の場としたいと思います。具体的には、各自の紹介、連絡先の交換、現状と展望について意見交換を予定しています。なお、「若手」の年齢制限は特にございませぬ。(世話人:小荒井千人)

【会場 S410】シンポジウム(13:30~15:30)

テーマ『都市化の進んだ環境の中で、地学を如何に魅力的に教えるか』

1S01 新学習指導要領の概要と地学教育の実践の重要性

田代直幸(国立教育政策研究所)

—都市化の進んだ地域での地学教育の実践例—

1S02 《地質》

馬場勝良(慶應義塾幼稚舎)

1S03 《気象》

名越利幸(岩手大学)

1S04 《防災》

美澤綾子(県立静岡高校)

—総合討論—

【会場 S棟 吹き抜け】

ポスターセッション(15:30~16:30)

※ジュニアセッション・ポスター発表も併せて開催

1P01 出雲市平田町河下で実施した紫外線ランプを利用した蛍光鉱物野外観察教室

田中裕一郎(出雲市教育委員会 出雲科学館)・河野重範(島根大学大学院総合理工学研究科)・野村律夫(島根大学教育学部)

1P02 学校を中心とした地域で取り組むエコミュージアム

金柿主税(熊本県 甲佐町立甲佐中学校)

1P03 ビデオによる学校放送と短尺テープ(短尺フィルム)との比較

神原雄太郎(東京学芸大学名誉教授)

1P04 生物として化石をみる—公開講座の実践から—

三村麻子(杉並区立科学館)・川辺文久(杉並区立科学館)

1P05 地球上からの金星の見え方と金星・太陽・

地球の位置関係を同時に表現できるペーパークラフト教材の開発
鎌田正裕・鷹西智子（東京学芸大学理科教育学分野）

8月18日(月)

【A会場 S102】高校I(9:00~10:15)

- 2A01(9:00) 第1回,第2回国際地学オリンピックと国内選抜について
熊野善介(静岡大学)
- 2A02(9:15) 古琵琶湖層中の土石流堆積物の産状と教材化の可能性
多賀 優(滋賀県立堅田高等学校)
- 2A03(9:30) これていいの高校理科・高校地学
田村幹夫(滋賀県立水口東高等学校)
- 2A04(9:45) 世界自然遺産「屋久島」を題材とした授業実践～アースシステム教育の視点から～
小泉治彦(千葉県立柏高等学校)・五島政一(国立教育政策研究所)
- 2A05(10:00) 防災学習テキスト「天地人」を用いた,実践授業報告
國廣 昇・香田達也(神戸市立六甲アイランド高校)

***** 《休憩(10:15~10:30)》*****

【会場 S102】中学校I(10:30~12:15)

- 2A06(10:30) 視点の移動により天体の日周運動の理解を深めるモデル実験
岡本 研(北海道立理科教育センター)
- 2A07(10:45) ゴム製弾丸加速装置を用いたクレーター形成実験
中野英之(獨協埼玉中学高等学校)
- 2A08(11:00) 甜菜バイオエタノールづくりで考える地球環境問題
中野英之(獨協埼玉中学高等学校)
- 2A09(11:15) 様々な粘性率のスライムの作製:溶岩の粘性と火山の形との関係に関するモデル実験への示唆
岡田浩一(明石市立望海中学校)・澁江靖弘(兵庫教育大学地学教室)

2A10(11:30) 自作落射装置付き生徒用生物顕微鏡による放散虫化石の観察
橋本寿夫(松茂中学校)・村田 守(鳴門教育大学)・西村 宏(鳴門教育大学)・藤岡達也(上越教育大学)

2A11(11:45) 中学校選択理科の実践:微化石の採集・観察
久保和弘(西宮市立大社中学校)

2A12(12:00) ウミユリ化石の教材化—現世の棘皮動物との比較を通して—
岡本弥彦(麻布大学)

【B会場 S103】小学校I(9:00~12:00)

2B01(9:00) 教員参加型「野外観察データ共有システム」の新展開
伊藤 孝・吉田 佑・関 友作(茨城大学)・西開地一志・豊田 守(GSI)

2B02(9:15) 石ッコ賢さんの故郷「豊沢川」における小学校教員研修プログラム～2007年9月豊沢川洪水堆積物の教材化～
茂庭隆彦(岩手県立総合教育センター)・照井一明(岩手県立不来方高等学校)・五島政一(国立教育政策研究所)

2B03(9:30) 身近な食品を利用した地学教育—簡易粒度表の作成実習と教育的効果—
相場博明・柗原礼士(慶應義塾幼稚舎)・谷口真也(慶應義塾普通部)

2B04(9:45) 河川の流水と河床堆積物の関係の再考
林 慶一(甲南大学理工学部)・山下浩之(福岡市立南片江小学校)

2B05(10:00) 流速計を用いた「流れる水のはたらき」の学習
山下浩之(福岡市立南片江小学校)・林 慶一(甲南大学理工学部)

***** 《休憩(10:15~10:30)》*****

- 2B06 (10:30) あの山ってどうやってできたの？サイエンスショーで伝える石の世界
境 智洋（北海道教育大学）
- 2B07 (10:45) 児童が堆積物から堆積岩の変化を「感じる」教材の開発と学習展開
茂庭隆彦（岩手県立総合教育センター）・竹林瑞彦（花巻市立湯本小学校）
- 2B08 (11:00) 小学校低学年児童の岩石観察に関する一考察
藤川義範（広島大学教育学部大学院）・林 武広（広島大学教育学部）
- 2B09 (11:15) 東京ディズニーシーにおける人工物を活用した地学教育の実践
柘原礼士（慶應義塾幼稚舎）・小荒井千人（慶應湘南藤沢中・高等部）・馬場勝良（慶應義塾幼稚舎）・相場博明（慶應義塾幼稚舎）
- 2B10 (11:30) 地学・環境教育における桜島地上観測映像の利用
飯野直子（熊本大学）
- 2B11 (11:45) 小中学校における地層の形成過程を示す堆積実験の検討—沈降距離と粒径の組み合わせに注目して—
萩原伸子（東京学芸大学大学院教育学研究科総合教育開発専攻）・小河佑太力（東京学芸大学自然環境科学専攻）・西田尚央（千葉大学大学院理学研究科地球生命圏科学専攻）・松川正樹（東京学芸大学環境科学分野）
- 2B12 (12:00) ホーリスティックな理解としての地動説—教授学習法の提案—
遠西昭寿（愛知教育大学）・大嶋由加（愛知教育大学大学院）・福田恒康（淑徳中学校）

【C会場 S101】大学・一般I (9:00～12:15)

- 2C01 (9:00) 温暖化理解に向けた地球史教育の実践—科学館活動から—
川辺文久・茨木孝雄（杉並区立科学館）

- 2C02 (9:15) 温暖化理解に向けた温室効果モデル実験の実践—科学館活動から—
茨木孝雄・川辺文久（杉並区立科学館）
- 2C03 (9:30) 地磁気を感じる実験1・砂鉄を再磁化させる
福岡 孝・矢田猛士（島根県立三瓶自然館）
- 2C04 (9:45) 地磁気を感じる実験2・磁力線を感じよう！
福岡 孝・矢田猛士（島根県立三瓶自然館）
- 2C05 (10:00) レプリカづくりで古生物学の深化・理解増進ができるか—JST 機関活動支援での実践から—
川辺文久・三村麻子（杉並区立科学館）

***** 《休憩 (10:15～10:30)》 *****

- 2C06 (10:30) チョコレートで化石レプリカ作り
福岡 孝・須山裕美（島根県立三瓶自然館）
- 2C07 (10:45) 科学イベントにおける地学系体験プログラム～砂鉄はどこからやってきた？～
鶴飼恵美（千葉市科学館）
- 2C08 (11:00) 実験「混濁流を再現しよう」—飼育ケースを用いた簡単な水槽実験
柴田健一郎（横須賀市自然・人文博物館）
- 2C09 (11:15) 地域の地学素材の教材化—有孔虫化石に注目して—
八田明夫（鹿児島大学教育学部）
- 2C10 (11:30) 岐阜県の木曾川と長良川の河床礫に見られる定向配列
青野宏美（岐阜聖徳学園大学教育学部）・寺本洋子（三重県いなべ市立大安中学校）
- 2C11 (11:45) 砂の形成に関する大学生の理解と教科書分析
廣木義久（大阪教育大学）
- 2C12 (12:00) 簡易水槽を用いた三角州の形成実験

西田尚央・伊藤 慎・島野恭史・
長谷川裕樹（千葉大学理学研究科）

**** 《昼食・休憩・小集会》 ****

【A会場 S102】

小集会「科研費（奨励研究）を申請してみませんか」

（12:30～3:00）

現職教員の方々は研究や生徒指導など活動する際に資金が必要となりませんか。研究費を得るひとつの方法として科学研究費を紹介し、申請文を書くポイントについて説明します。（世話人：下野 洋）

【A会場 S102】中学校Ⅱ（13:30～15:30）

2A13（13:30）生態系を理解する教材の開発とその検討—古生態系復元教材の開発のための基礎として—

小野美智子（横浜市立新羽小学校）・土田直美（東京学芸大学自然環境科学専攻）・福井真木子（横浜市立寺尾中学校）・松川萬里子（八王子市立中山中学校）・松川正樹（東京学芸大学環境科学分野）

2A14（13:45）多摩丘陵の里山の生態系の解析—食物網とエネルギー流に基づく古生態系の復元教材の開発のための基礎として—

福井真木子（横浜市立寺尾中学校）・小野美智子（横浜市立新羽小学校）・土田直美（東京学芸大学自然環境科学専攻）・松川萬里子（八王子市立中山中学校）・松川正樹（東京学芸大学環境科学分野）

2A15（14:00）自然のパターン把握に基づく環境学習

下野 洋（星槎大学）・環境学習研究グループ

2A16（14:15）地学リテラシーを育てる環境学習
山田茂樹（岐阜県美濃中学校）・下野 洋（星槎大学）

**** 《休憩（14:30～14:45）》 ****

2A17（14:45）支援システムを活用した地質野外実習の実施率向上のための試み—八王子市立中山中学校を例として—
小荒井千人（慶應義塾湘南藤沢中・高等部）・松川萬里子（八王子市立中山中学校）・松川正樹（東京学芸大学環境科学分野）

2A18（15:00）公園内の露頭を活用した地質野外実習—神奈川県境川遊水池地公園を例にして—

小荒井千人（慶應義塾湘南藤沢中・高等部）・馬場勝良（慶應義塾幼稚舎）

2A19（15:15）地学の体験がもたらす影響について—町田市中学校不登校生徒に向けた試みに基づいて—

浅倉 努（町田市立町田第三中学校）

【B会場 S103】高校Ⅱ（13:30～4:45）

2B13（13:30）「地球環境」から「地球情報」へ—SSH4年目の展開
相原延光（神奈川県立西湘高等学校）

2B14（13:45）西日本に分布する花崗岩類風化殻の比較と教材化の視点
秦 明德（島根大学教育学部）

2B15（14:00）実験室内での地層観察・実習を可能にする教材の作成と授業への活用
西城光洋（仙台市科学館）

2B16（14:15）持続可能な開発のための教育（自然災害教育）のための教員研修プログラムの開発

五島政一（国立教育政策研究所）・平林隆行（神奈川県立総合教育センター）、平田大二・笠間友博・山下浩之（神奈川県立生命の星地球博物館）

**** 《休憩（14:30～14:45）》 ****

2B17（14:45）高校地学存続の危機を乗り越えて
渡辺拓美（東京都立立川高校）

2B18 (15:00) 小型軽量分光器の製作と観測
直井雅文 (埼玉県立越谷北高等学校)

2B19 (15:15) 隕石を用いた中学生向け科学体験
講座の学習効果
間處耕吉 (広島大学教育学部大学院)・寺田健太郎 (広島大学理学部)・林 武広 (広島大学教育学部)

【C会場 S101】大学・一般II (13:30~15:30)

2C13 (13:30) 国連世界防災戦略 (ISDR) の観点
からみた平成19年新潟県中越沖
地震と学校
藤岡達也 (上越教育大学)

2C14 (13:45) 地域の素材と博物館を活用した教
師教育プログラムの開発
平田大二 (神奈川県立生命の星・
地球博物館) ほか

2C15 (14:00) いわゆる「揚子江気団」に関する問
題点について (日本の春・秋の天
気系の教育の中で)
加藤内蔵進 (岡山大・教育・理科)

2C16 (14:15) 豪雨をもたらす梅雨前線の気候学
的特性に関する附属中への乗り入
れ授業の報告
加藤内蔵進 (岡山大・教育・理科)

***** 《休憩 (14:30~14:45)》 *****

2C17 (14:45) 自然災害の被害を避けるために必
要な知識は何から得られるか 地
学教育の意義を考える
牧野泰彦・直井 誠 (茨城大学教
育学部)

2C18 (15:00) 茨城県沿岸の砂の動き: 自然現象
を見る時間スケールの違いにつ
いて

牧野泰彦 (茨城大学教育学部)

2C19 (15:15) アースシステム教育の視点に基づ
く地学実験授業プログラム
坂田尚子 (常葉学園大学教育学
部)・熊野善介 (静岡大学)・五島
政一 (国立教育政策研究所)

***** 《休憩 (15:30~16:00)》 *****

【会場 W110】閉会行事 (16:00~16:30)

Ia型超新星を使った銀河の距離測定の指導

Teaching Distance Determination for Galaxies Based on Type Ia Supernova

原 正*¹・五島正光*²・洞口俊博*³・縣 秀彦*⁴・
矢治健太郎*⁵・古荘玲子*⁶・金光 理*⁷

Tadashi HARA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI, Hidehiko AGATA,
Kentaro YAJI, Reiko FURUSHO and Osamu KANAMITSU

Abstract: Teaching materials to determine the distance of galaxies from Earth, utilizing observed image data of type Ia supernovae with a new perspective, were developed and utilized in high school astronomy class. The teaching materials employ the distance determination method, using the observed maximum brightness of type Ia supernovae, which has a constant value of -19.5 mag. With practice, most students succeeded in obtaining reasonable estimations of distance of a galaxy. The simplicity of this method makes it advantageous compared with other methods for teaching how to determine the distance of celestial objects. The effect on students was examined utilizing questionnaires administered before and after the class, and results reveal the significance of the teaching materials: although the students did not belong to the science course, their interest in the study astronomy was significantly enhanced as a result of using the materials.

Key words: high school, astronomy education, FITS data, type-Ia supernova, Makali'i, research activity

1. はじめに

天体までの距離を測定するには、いくつかの方法がある。年周視差（三角視差）で測定できないような遠方の天体の距離測定において、最も基本的な方法の一つは、見かけの等級と絶対等級の比較によるものである。現在高校の教科書に載っている分光視差やケフェウス型変光星を用いる方法では、星のスペクトル型や色、変光周期などを測定し、それからその天体の絶対等級を決める手続きを経たうえで、見かけの等級との比較が必要になる。それに対して、Ia型超新星の場合、極大光度の絶対等級は -19.5 等とほぼ一定 (Richardson *et al.*, 2002) なので、絶対等級を推定する余分なプロセスなしに、距離測定の基本である見か

けの等級と絶対等級の直接比較ができ、明るさを使った距離測定の本質を単純に理解させることができる利点を持つ。なお、超新星にはほかにもIb, Ic, II型があるが、これらはIa型とは爆発のメカニズムが異なるためIa型ほど絶対等級が安定しておらず、今回の目的には適さない。

また、Ia型超新星は絶対等級が非常に明るく、相当遠くの現象でも観測できるというメリットがある。現在の観測技術では、ほぼ、人類が見渡すことが可能な宇宙の全域、つまり100億光年にも達する場所でも発見できる。いわば宇宙論的な距離を求めることが可能だという点である。私たちの宇宙像に関係するこのような遠い天体の距離を自分たちで測定するという経験は、生徒にとって知的刺激になると考えられる。

*¹ 埼玉県立豊岡高等学校

*² 巣鴨中学・高等学校

*³ 国立科学博物館

*⁴ 国立天文台

*⁵ 立教大学理学部

*⁶ 早稲田大学 (現 国立天文台)

*⁷ 福岡教育大学

2007年11月27日受付 2008年5月26日受理

一方、高校では長い距離の測定法として、ハッブルの法則を使うやり方を学習する。この方法では、銀河の遠ざかる動きによる赤方偏移という現象を距離との比例関係にあると単純に考える。しかし、その比例関係が非常に遠い銀河まで適用できるとは必ずしもいいきれない。近年、話題になっている宇宙の加速膨張といった現象の発見のきっかけは、Ia型超新星による距離測定結果とハッブルの法則による距離との「ずれ」が重要な役割を果たした。つまり、Ia型超新星の観測は現代の宇宙論の研究に欠かせないものになっている。これは高校生にとって、ハッブルの法則と並んで知っておくことがのぞましい知識の一つであると考えられる。

このように優れた特徴を持つにもかかわらず、これまでIa型超新星は距離の測定は教材として使われていなかった。筆者たちのグループはこの特徴に注目し、実習用の教材を作成するとともに、筆者の高校で実践したので報告する。

2. 教材の構成

この教材を使うにあたって必要な学習事項は、「見かけの等級」、「ボグソンの式」、「絶対等級」、「見かけの等級・絶対等級と距離の関係」、「常用対数の計算法」である。実習を受けた生徒は見かけの等級と絶対等級から距離を求める方法を、分光視差、およびセファイドによる距離の計算を通じてすでに学習している。対数表の使い方も、このとき学習済みである。

教材とした超新星SN2003duはりゅうこつ座の銀河UGC9391に現れたもので、2003年4月22日に発見された。Ia型超新星として標準的なもので、赤化はなく星間吸収はほとんど受けていない(Stanishev *et al.*, 2007)。教材として扱いやすいものである。

教材の観測データは名寄市立木原天文台の佐野康男氏から提供していただいた。2003年4月26日から10夜分のデータを使った。観測期間は60日にわたる。

観測データはFITSという書式で記録されている。FITS形式は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である(Hanisch *et al.*, 2001)。一般に用いられているBMP形式やJPEG形式のデジタル画像などでは、扱うデータのビット数が小さく、天文のような幅広い輝度を扱うには不十分であったり、画像データの圧縮が行われ、撮影時のデータが改変されてしまうこともある。そのようなことがないFITS形式のデータを用いることで天体の明るさを正

確に測定することが可能になる。その一方、測定には解析ソフトが必要となる。筆者らは国立天文台が公開、配布している処理ソフト、マカリ(古荘ほか, 2004; Horaguchi *et al.*, 2006)の使用を前提に教材開発をしている。このソフトは教育用に開発されたもので、Windows上で動作し、操作のためのユーザーインターフェースが初心者にもなじみやすく、簡略化されているのが特徴である。

佐野氏のデータは口径28cmのシュミットカセグレン望遠鏡を用いてSBIG社製のST9Eという冷却CCDカメラでフィルターなしに撮像されたものである。視野角は20分角である。1夜分の観測データとして30秒露光の10枚の画像を、計100枚提供していただいた。教材用データは1夜ごとに10枚の画像をマカリでコンポジットしてノイズレベルを下げた。また、生徒が超新星を同定しやすくするために、恒星の画面上の明るさがほぼ一定となるように補正をした。

筆者らが作成した教材はインターネットで公開しており、だれでもダウンロードして利用することができる(<http://paofits.dc.nao.ac.jp/>)。また、マカリも、非営利の教育普及目的ならばだれでもインターネットからダウンロードして利用することができる(<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/>)。

3. 授業の実践

2006年11月7日と10日に埼玉県立豊岡高校の3年の地学Iの選択者40人に対して、計2時間の授業として試行した。授業を行うまでの準備として、マカリセットアップファイルと超新星のデータを校内のWEBサーバー上に置いた。生徒はデスクトップ型のパソコンを一人1台ずつ利用できるが、プログラムやデータを残すことができない設定なので、授業の冒頭にマカリのセットアップとデータのダウンロードをしなければならない。今回、最初の授業ではPC教室から校内のネットワークへ出るところに設置されたハブの不調があり、2回目の授業では教室内の共有フォルダーにマカリとデータを置くように変更した。

この実習ではワークシートに沿って作業を進めるようになっている。以下にワークシートの概要と実習の手順を述べる(表1)。なお、今回の実習では以下の【設問6】は印刷教材から削除し、実施しなかった。

ワークシートの内容概要と作業の手順は次のようになっている。(ワークシートは全部で5ページ、4章構成で、説明書きと、生徒の活動のための設問からなる。

表 1 2時間の授業の予定の時間配分と実際の時間配分

	活動内容	計画時	実施時の状況	
1時間目				
導入	ワークシート配布	5分	5分	
活動1	授業の目的・概要の説明	15分	30分	
	PCセットアップ 校内のWEBサーバーからマカリセットアップファイル、データのダウンロード			* PC教室のルータが不調のため予定時間を超過
活動2	測光	27分	13分	
	マカリの動作説明			* 超新星探しを割愛
	超新星探し 【設問1】			* 超新星比較星の位置を指示
	測光(4/26画像) 【設問2】		測光(4/26画像)	
まとめ	次回予告・終了の指示	3分	2分	
2時間目				
導入	本時の目標提示・指示	2分	2分	
活動1	PCセットアップ (本校のPC教室のPCは起動時に元に戻るのでインストールから始める)	10分	10分	
	表計算シートのダウンロード			* PC教室内にデータセットを設置しておいた
活動2	見かけの等級計算と光度曲線作成 【設問3】	20分	20分	
活動3	最大光度の読み取りと距離計算 【設問4】【設問5】	15分	10分	
まとめ	次回予告・終了の指示	3分	3分	

設問の内容を「 」で示した.)

1) 超新星と比較星の同定

「【設問1】下の図は超新星が現れる前の銀河とその周辺の画像です。画像をいくつか開いて超新星を見つけて記入しましょう。」

マカリで1枚の画像を開き、超新星の位置を確認する。また、見かけの等級の明らかな比較星の位置も確認する(図1)。

2) 超新星および比較星の測光

「【設問2】日付ごとに比較星と超新星の測光をして値を記録しましょう。用いた比較星は設問1の画像の中ではどれですか。わかるように記入しておいてください。比較星の見かけの等級の欄には、その星の等級を記入してください。」

マカリの測光機能により、超新星と比較星の明るさ

を測る(図2)。この段階での明るさは等級ではなく、カウント値として示される。カウント値は、画面上に示される範囲のピクセルが受け取った光子の数に比例している。

3) 見かけの等級への換算

「【設問3】超新星の見かけの等級を計算しよう。」次に示すポグソンの式を利用して、比較星のカウント値 C_s と見かけの等級 m_s を基準として、超新星のカウント値 C_{sn} を見かけの等級 m_{sn} に換算する。

$$m_{sn} - m_s = 2.5 \times \log(C_s / C_{sn})$$

授業では、表計算ソフトに数式を設定したものを利用した。

4) 光度曲線の作成

「【設問4】光度曲線を描いて極大光度(等級)を求



図1 超新星SN2003duと二つの比較星の位置
画像は白黒反転してある。生徒のワークシートには比較星、超新星の記入のないものを使用している。

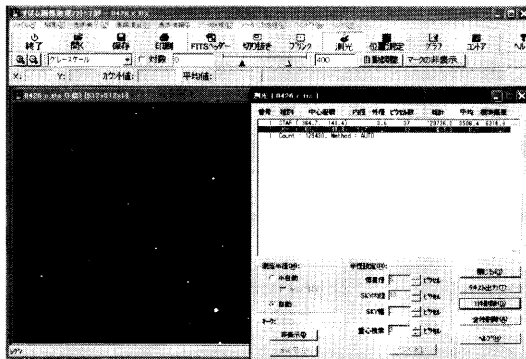


図2 解析ソフト「マカリ」による測光
画面上の測光マークと測光ダイアログが開いたところ

めましょう。縦軸が見かけの等級です。」

縦軸に見かけの等級を、横軸に発見された日からの日数を取り、3)で求めた超新星の見かけの等級をプロットする。そして、光度曲線(図3)を描く。プロットされた点をただ結ぶのではなく、一山の滑らかな曲線になるように注意を促す。

次に、光度曲線から最も明るくなったときの見かけの等級、極大光度を読み取る。必ずしも、プロットされた点のどれかが極大になるわけではないことを、指導者は注意する。

【設問4】 光度曲線を描いて極大光度(等級)を求めましょう。縦軸が見かけの等級です。

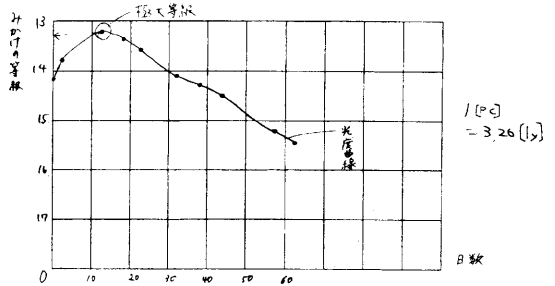


図3 生徒が作成した光度曲線
滑らかな、一山の曲線にすることができた一例。

5) 距離の計算

【設問5】 この超新星までの距離を求めましょう。」
極大光度の絶対等級を-19.5等として、4)で読み取った見かけの等級 m_x から、距離 d pc を求める。

$$5 \log d = m_x - (-19.5) + 5$$

6) 値の検討

【設問6】 この超新星が現れた銀河までの距離は、これとは別の方法で求められた値では32.0 Mpcです。あなたが求めた値と比べてどうですか。」

先述のように、今回は生徒にこの設問の提示をしていない。

4. 授業の評価

1) 評価方法

教材の使用前後で、生徒たちにどのような学習効果が現れるかを見るために、簡単なテスト形式の調査票を用いて事前調査と事後調査を実施した。事前調査票は実習前までに行った授業による知識の理解度を、事後調査票は同様の知識の実習後の理解度を見る目的で、順を変えた同様の設問で行った。また、今回の実習に関する感想等を問うアンケートも行った。

回答者は事前調査票が38人、事後調査票が37人である。また、ワークシートを提出した生徒は36人である。教材の評価の解析に用いるデータは、事前、事後調査票およびワークシートの資料がそろっている32人とした。

2) ワークシートの達成度

最後の課題である距離を導くことができた生徒は27人(84.4%)であった。生徒は今回の実習の一連の作業で、極大光度を13.2~13.4の幅で求めている。距離では、30~33.1 Mpcで、平均は30.9 Mpcであった。

次に、ワークシートの作業を「測光」「日付の通算日数」「見かけの等級計算」「光度曲線」「極大光度の読み取り」「距離計算」の六つの作業に分け、達成度を次のa～dの階級に分けた。

a: ほぼ問題なし 13人(40.6%)

距離計算に至るまで失敗がない、あるいは1,2カ所の失敗があるものの、途中も含め結果に大きな影響を与えずに済んだ場合。

b: 軽い問題あり 9人(28.2%)

計算の誤りがあり、光度曲線の形に典型的な形状からのずれが見られるもの。

c: 問題箇所が多い 5人(15.6%)

上述のような失敗が多く重なり、光度曲線の形が大きく崩れ、極大光度の読み取りに支障が出ているもの。

d: 最後まで未到達 5人(15.6%)

最後の距離計算に手を付けていないもの。

生徒たちの誤答が多かったのは、六つの作業のうち、「測光」「日付の通算日数」「見かけの等級計算」「光度曲線」の四つの作業であった。表2は各作業で問題のある生徒の数を達成度別に集計したものである。今回の授業では時間の関係で対象の超新星の同定は行わず、教員が指示したので分析からはずした。

この中で最も問題点が多いのは「光度曲線」で、分析対象の59%が何らかの問題を抱えている。達成度a以外の大半の生徒の光度曲線に問題があった。ただし、多少のミスがあっても、極大光度付近で致命的なミスが重ならないければ課題を達成することが可能であることがわかる。

この教材で、最も特徴的な作業は、解析ソフトを使って「測光」することなので、さらに詳しく検討する。

画像データは10夜分あるので、超新星と比較星についてそれぞれ10個ずつ、20個の測光データが取れる。生徒が5人いればデータを取る総数は100個の

データを取っていることになる。このうち、測光のミスがある件数を調べ、達成度別にした全測光件数のなかの割合を示したのが表3である。

解析の対象とした生徒32人について、平均4%弱の失敗が見られた。一人あたりワークシートの中に1件あるかないかの割合である。

達成度aの生徒では失敗の割合は2.6%と少なかった。達成度b c dの生徒では、5%前後で平均より多かった。「測光」の操作そのものは、画像上の対象天体をクリックするだけであるので、ミスの原因は測定すべき天体を正しく同定できていないせいだろう。各画像上の比較星、超新星の位置は画像によって多少異なっており、ワークシートの星図を確認しながら作業しなければならない。天体の同定に失敗したのは、星図での確認をおろそかにしたためであると考えられる。

次に、達成度別に作業段階について検討する(表2)。達成度aの生徒では、「日付の通算日数」での失敗が最も多かった。ただし、これは光度曲線上にプロットした位置が1,2日分ずれた程度であり、距離の決定には深刻な影響を与えなかった。

達成度bの生徒については、達成度aの生徒と比較して「見かけの等級計算」と「光度曲線」での失敗が多い。達成度aの生徒には、「見かけの等級計算」での失敗は少なく、「光度曲線」の失敗も達成度bの生徒の半分以下になっているので、「見かけの等級」の段階に光度曲線を歪めた原因があると考えられる。

達成度cの生徒も「見かけの等級計算」と「光度曲線」に失敗が多い。ただし、「極大光度の読み取り」には影響がほとんどなく、正しく距離を求めることはできていた。今回の観測データでは、極大光度と0.1等ほどしか変わらない等級となるデータが2日分あり、いずれをとっても正しい距離に必要な値を得られる。次の距離計算において妥当な値を導き出すことができているのはこのためと考えられる。このように、この教材では光度曲線に問題を抱えていても、距離の算出に

表2 達成度別、作業段階別の失敗のあった人数と全体(32名)に占める割合

ワークシートの作業段階	問題のない 人数	問題のある 人数	問題のある人の達成度別分布			
			a	b	c	d
	13人	9人	5人	5人	5人	5人
比較星の測光	21人(65%)	11人(35%)	4人(14%)	3人(9%)	2人(6%)	2人(6%)
超新星の測光	27人(85%)	5人(15%)	1人(3%)	2人(6%)	1人(3%)	1人(3%)
見かけの等級計算	21人(65%)	11人(35%)	0人(0%)	5人(15%)	5人(15%)	2人(6%)
日付の通算日数	22人(69%)	10人(31%)	5人(15%)	2人(6%)	1人(3%)	2人(6%)
光度曲線	13人(41%)	19人(59%)	3人(9%)	7人(21%)	5人(15%)	4人(14%)
極大光度読み取り	27人(85%)	5人(15%)	0人(0%)	0人(0%)	2人(6%)	3人(9%)
距離計算	25人(78%)	7人(21%)	1人(3%)	1人(3%)	0人(0%)	5人(15%)

表3 達成度別の測光失敗件数と全測光件数に対する割合

測光対象	失敗件数の達成度別分布				全体(32人)
	a(13人)	b(9人)	c(5人)	d(5人)	
比較星	5件/130件 (3.8%)	3件/90件 (3.3%)	2件/50件 (4.0%)	3件/50件 (6.0%)	13件/320件 (4.1%)
超新星	2件/130件 (1.5%)	6件/90件 (6.7%)	2件/50件 (4.0%)	2件/50件 (4.0%)	12件/320件 (3.8%)
合計	7件/260件 (2.6%)	9件/180件 (5.0%)	4件/100件 (4.0%)	5件/100件 (5.0%)	25件/640件 (3.9%)

達することができることがわかる。

達成度 d の生徒は、各段階での失敗が重なり「光度曲線」の形状が歪んでいる。また、前述の理由により「極大光度」は妥当な値であるが、距離の計算ができなかった。「見かけの等級」の算出には表計算ソフトを利用したが、最後の「距離計算」は手計算であったので、手をつけられなかった可能性もある。

3) 理解の変化

テスト形式の調査票を用いて事前と事後の理解の変化の調査を行った。調査に用いた質問の概要は次のとおりである。

- A1. 等級から天体の見かけの明るさを判断。
- A2. 与えられた等級の差は何等か。
- A3. 与えられた等級差は明るさで何倍か。
- A4. 絶対等級の定義。
- A5. Ia 型超新星の個別の絶対等級。
- A6. 地球からより遠い Ia 型超新星の判定。
- A7. 天体の見かけの明るさと距離の関係。
- A8. 見かけの等級から距離の判断。

事後調査は A1～A8 の順で行った。また、具体的な内容は、事前調査と事後調査で少しずつ変えてあり、質問の順番も入れ替えてある。表 4 のように、事前と事後で正答者数にあまり変化が見られず、また、設問も自由記述から選択肢式になっているものもあるので、事前事後の比較は詳細な分析に値しないと判断し、事後の結果のみ考察した。

設問は八つあるが、事前事後とも全問正解者はいなかった。図 4 は事後調査で最初の設問から順に正解者を見ていって、どの設問までを全正解で答えているか生徒ごとに調べその人数を示したものである。正解の生徒の数は A3「等級と明るさの関係」、A4「絶対等級の定義」で急に減っている。今回の調査対象の生徒たちは光量と等級の関係、絶対等級の意味がよく理解できていないことがわかる。このなかで多少改善された

表 4 事前調査票、事後調査票の正答者の数

設問 (事後)	事後 正答者数	事前 正答者数	備考
A1	20 人	21 人	
A2	18 人	13 人	
A3	10 人	3 人	事前は自由記述、事後は選択肢
A4	12 人	10 人	事前は自由記述、事後は選択肢
A5	1 人	—	事前に対応するものなし
A6	16 人	12 人	
A7	1 人	2 人	
A8	3 人	0 人	事前は自由記述、事後は選択肢

と思われるのは A6「より遠い Ia 型超新星の判定」のみであった。

このことから、本教材を用いたからといって直接「絶対等級」や「明るさと距離の関係」等の基礎的な学力向上に繋がることにはなっていない。ただ、そのようなことが理解できていなくとも、A6 のことがわかるようになっているともいえる。ただし、この理解は感覚的な（同じ明るさの街路灯の見え方の経験といったような）ものかもしれない。

4) 生徒の意識調査

(1) 達成感、満足感

達成感をワークシートの課題毎にアンケートでたずねたところ、「極大光度の読み取り」の段階まで、「十分達成した」、「概ね達成した」が合わせて 7 割以上あ

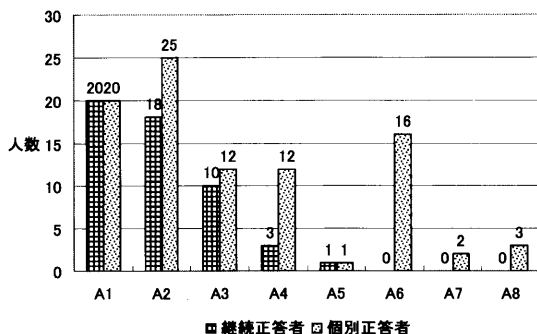


図 4 事後調査票の正解者

設問 1(A1) から正答を続けることができた生徒の数を追跡した。設問 4(A4) で激減し、設問 5(A5) までに全問正答はほぼいなくなった。絶対等級に関する学習内容が定着していないことがわかる。

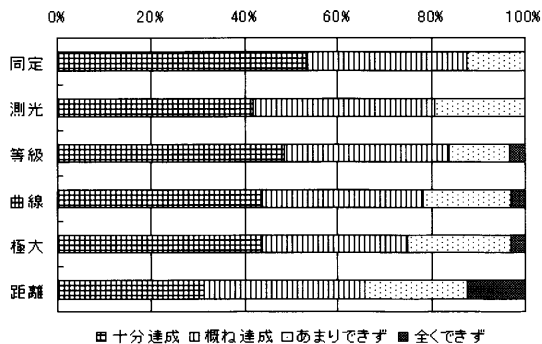


図 5 ワークシートの課題と達成感 (調査対象者に占める割合)

7 割以上の生徒が課題を達成できたと感じている。筆者がワークシートについて設定した達成度と整合性のある結果を得た。

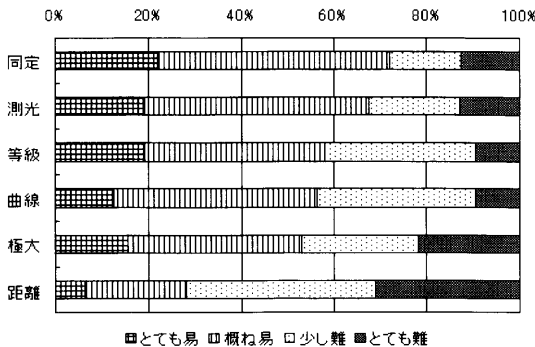


図6 ワークシートの課題と生徒の感じている難易度（調査対象者に占める割合）
距離計算の部分を除いて、各ステップとも6割以上の生徒が易しいと感じている。天文学で使われる本物のデータでも難しくないといいことが伝わればよい。

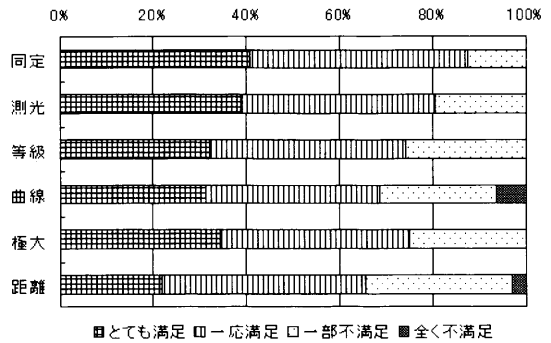


図7 ワークシートの課題と満足感（調査対象者に占める割合）
比較的困難さを感じていた距離の計算の部分も満足感につながっている。結果が出せた生徒が多いので、苦労しても結果がでていれば満足感につながるといえる。

り、「距離」を求める部分は6割強であった（図5）。また、達成感と課題の達成度には有意確率 98.7% の相関が見られた。達成度と達成感がほぼ一致することからもわかるように、達成度の低い「距離の計算」は生徒の達成感も低い。

次に、難易度については、「とても易しい」「おおむね易しい」という回答が「距離の計算」の段階を除いて6割前後であった。生徒たちにとって、この課題はさほど困難ではなかったと判断できる（図6）。

また、前段階の作業課題の達成感と、その次の作業段階の難易度の間には強い相関が見られた。例えば「見かけの等級計算」の達成感と次の作業である「光度曲線作成」の難易度には、有意確率 100% の相関係数 0.75 の相関が見られた。他の相前後する段階でも同様の結果が得られた。これらは、前段階の作業がうまくできていれば、次の段階が容易に感じることを示している。

次に満足感については、「満足」「一応満足」を足し合わせると、どの段階でも6割を超えている（図7）。満足感と達成感には有意確率 99.9% の相関が見られた。これは課題が達成できたことで満足感を得られたことを示している。

また、難易度と満足感については、「測光」「見かけの等級計算」に有意な正の相関があり、「光度曲線」「極大光度読み取り」にそれより強い有意な正の相関が見られる。「易しい」と感じる段階は「満足できた」と感じていることを示している。

以上のことから、本教材は「測光」から「見かけの

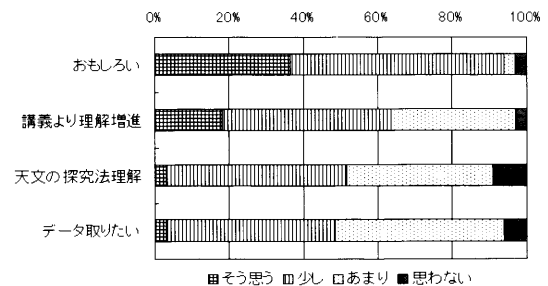


図8 生徒の感想（調査対象者に占める割合）
おもしろいと感じる生徒が圧倒的である。自らデータを取りたいと思う割合も半数近くに達する。従来のテキストだけの実習では望めない数である。

等級計算」までと、「光度曲線作成」から「極大光度読みとり」までに、つまりく箇所のあることが明らかとなった。それぞれを「難しい」と感じさせることなく達成できれば、生徒の達成感や満足度を満たすことができると考えられる。

(2) 興味、講義形式と比較したわかりやすさ

研究用データを使うことで「おもしろい」と感じる生徒がほとんどで、「講義よりもわかりやすい」と答えたものが半数以上であった（図8）。「天文学の探究法を理解」については、生徒が考える「理解」の意味が、アンケート作成時の意図であった「このような手段で天体から情報を得ることができる」ではなく、「課題の内容が自分のものになる」という意味にとらえられていた可能性がある。

「おもしろいと感じる」と達成度の関係を見る。

表5 おもしろいと感じることと講義よりわかりやすいと感じることとの関係

		講義よりわかりやすい			
		そう思う	少し思う	あまり思わない	思わない
おもしろい	そう思う	3人	5人	3人	1人
	少し思う	3人	9人	7人	
	あまり思わない		1人		
	思わない			1人	

表6 おもしろいと感じる理由、そうでない理由

肯定の理由	否定の理由
特別教室だから	15人 特別教室だから
講義でないから	25人 実習だから
本物のデータだから	8人 本物使いにくいから 1人
画像からデータがとれたから	6人 画像の意味が不明だから 1人
天文学の方法がわかったから	自分に必要ない分野だから
パソコン得意だから	2人 パソコン苦手だから 1人
数の扱いが得意だから	数の扱いが苦手だから 1人

「おもしろい」「少しおもしろい」と感想を述べた中で、達成度 a b の生徒の割合は 62%，達成度 c d の生徒にも 31% いた。達成度が低くてもおもしろいと感じている生徒も多かった。生徒たちが「おもしろく感じた」理由は「特別教室使用」「講義でなかった」であった。

「講義よりわかりやすい」と「天文学の探究法を理解」したと感じていることには有意確率 99.9% の正の相関が見られた。また、「講義よりわかりやすい」と「自分でデータを取りたい」には有意確率 99.1% の正の相関が見られた。「講義よりもわかりやすい」と感じた生徒は、受動的に知識を得ることよりも自分でいろいろ手を動かしてやってみたいと考えていると考えられる。したがって、そのような気持ちの強い生徒に、「天文学の探究法」や「観測」といった行為に向かうきっかけを、今回の授業が与える可能性を示唆している。

おもしろいと感じている生徒と講義よりわかりやすいと思う生徒の関係は、おもしろいと強く思うほどわかりやすいと感じているようである(表5)。

(3) 研究用のデータを使うことの価値

今回の授業の特徴は、研究用の観測データを使っていることにある。このことを生徒はどのように感じたのか、アンケートには感想をとともに回答の理由を複数回答可で尋ねる部分も設定した。

①今回の授業をおもしろいと感じた理由(表6)

研究用データを使うことがおもしろかったと答えた 27 人のほとんどが、その理由として「講義ではないから」を選んだ。また、データを理由として挙げた者は、

表7 講義形式の授業だけよりもわかりやすいと思う理由、そうでない理由

肯定の理由	否定の理由
特別教室だから	6人 特別教室だから
時間をかけたから	6人 時間に追われたから 8人
本物のデータだから	12人 データより文字がよい
画像からデータがとれたから	6人 画像の意味が不明だから 2人
天文学の方法がわかったから	1人 自分に必要ない分野だから 1人
パソコン得意だから	パソコン苦手だから 2人
数の扱いが得意だから	数の扱いが苦手だから 6人
実習が得意だから	実習が苦手だから

表8 天文学の探究法が理解できたと思うこと、そうでない理由

肯定の理由	否定の理由
時間をかけたから	5人 手順に追われたから 12人
講義でないから	4人 実習だから
本物のデータだから	8人 本物のデータはわからないから
画像からデータがとれたから	4人 画像の意味が不明だから 2人
もともと興味があったから	自分に関係ない分野だから 2人
パソコン得意だから	パソコン苦手だから 4人
数の扱いが得意だから	数の扱いが苦手だから 2人

「画像からデータが取れること」が 6 人、「データが本物だったから」が 8 人で、おもしろいと感じた生徒の約 40% であった。これらの生徒について、達成度との関係を見てみると、達成度が高い生徒も低い生徒も同じ 22% と、その割合は変わらなかった。

②今回の授業がわかりやすかったと思う理由(表7)

「講義だけの授業よりわかりやすかった」と答えた生徒 18 人があげた理由として、最も多かったのは「本物のデータを使ったから」が 12 人(66%)、「画像からデータがとれたから」が 6 人(33%)であった。ここで、本物の画像とは今回使った FITS データのことを指している。

反対に、「講義だけより理解しにくい」と答えた 11 人は、「時間に追われた」を 8 人、「数字やグラフは苦手」を 6 人が挙げたものの、「画像の意味がわからない」を挙げた者は 2 人にとどまっていた。つまり、研究用の画像を利用することは理解しにくい原因ではないと判断できるのではないだろうか。

③天文学の探究法を理解できたと思う理由(表8)

「天文学の探究法を理解できた」と答えた 15 人のうち、最も多かった理由は「本物のデータを使う」で 8 人、次は「時間をかけたから」が 5 人、そして「画像からデータがとれた」は 4 人であった。これらも研究用の画像データを利用した効果と思われる。

逆に「理解できない」と答えた 14 人が挙げた理由

表9 自分でデータを取ってみたいと思う理由、そうでない理由

肯定の理由	人数	否定の理由	人数
誰のかわからないデータだから	4人	機械苦手だから	16人
観測したいから	9人	観測はいやだから	
研究の全てを体験したいから	3人	天文は必要ないから	3人
自分だけのデータで結果出したいから	4人	結果に自信が持てないから	7人
課外授業受けたいから		授業以外拘束されたくないから	3人

は、「手順に追われた」が最も多く12人で、画像を理由に挙げたのは一人のみであった。課題の遂行が精一杯で、考えながら作業を進める時間的余裕がなかったことが伺える。もし、ネットワークの不調による時間ロスがなかったならば、「手順に追われた」の結果は違っていたかもしれない。今後の改善の手がかりとしたい。

④データを自分で取りたいと思う理由(表9)

「自分でもデータを取りたい」と答えた者は13人であった。その理由として「教材は誰が撮ったかわからない」「天体観測もしたい」「天文研究のすべてを体験したい」「自分のデータで結果を出したい」などを挙げ、「課外授業が楽しそう」という本質的でない理由を挙げた者は全くいなかった。

「自分でデータは取りたくない」と答えた生徒16人は、その理由として、全員が「機械を操作する自信がない」を挙げ、「自分のデータで結果は出せない」を7人が挙げた。

以上から、「研究用のデータを利用する」ことが生徒の興味を喚起したり、内容の理解を促進したり、また、もう一歩進んで取り組んでみたいといった気持ちを引き出す可能性があると考えてよいだろう。今回の試行授業の対象が文系の生徒であったことを踏まえると、このことは特筆すべきことである。

5. 結論と課題

今回の授業実践では、8割を超える生徒たちが銀河の距離を1割程度の範囲で求めることができた。筆者らが整約したIa型超新星のデータは、大きな問題なく授業で使うことができることも確認できた。また、文系の生徒たちにもあまり難しく感じさせることなく課題を達成でき、興味をもって取り組ませることができたことなどを挙げたい。これらのことから、Ia型超新星を素材に距離の決定をするという教材が高校の授業で十分活用できることがらであることが明らかになったと思う。

今後の課題として、重要なポイントは「見かけの等級を求める」の段階にいかにも到達させるかにあるだろう。

まず、測光の失敗を少なくするためには、対象をしっかり見極めさせる必要がある。今回の授業では超新星の位置の概略を授業中に指示したのみであり、そのために周辺の天体の配置に注意が及ばず、対象以外の天体の測光をしていた可能性がある。測光すべき対象天体をワークシートに明示し、画像ごとに確認をしながら進めることで、この失敗を少なくできる。

また、マカリの測光ダイアログに表示される情報が多すぎるために(図1)、記録すべきカウント値を取り違えた可能性もある。その都度、どの値を読むべきかを指示することによって、失敗を少なくできる。

また、測光は正しかったものの、見かけの等級の算出で失敗した生徒が9人いた。この中の7人は半数以上の等級計算で失敗し、うち二人はすべて誤答した。この失敗の原因は、測光したカウント値を表計算ソフトに正しく入力できなかったためである。より細かい指導あるいはワークシートの改良の余地がある。

事前事後の調査票の結果では、「絶対等級」などの用語の理解が不十分の状況であるにもかかわらず、超新星の距離を求めることができた生徒(ワークシートの課題達成の階級でa b cの生徒)は88%に達している(表1)。データの整約を十分に行い、配布教材に手順を丁寧に記述したことが功を奏したと思われる。より多くの者に理解させるためには、超新星の同定や、表計算ソフトの扱い方など、本質的でないところで生徒がつまづいていることもあるので、このような箇所での記述を詳しくするなど、改善すべき点も明らかになった。

事前、事後調査票の結果があまり改善されなかった点については、講義で行ってきた学習内容と、この教材の取り扱う内容、さらにはアンケートと実習で取り扱う内容に多少のずれがあったためと思われる。また、事前と事後で回答形式が異なるなど、教育効果を検討するうえでの技術的な問題点もあった。調査票の設問についても検討しなければならないだろう。

また、時間不足を訴える生徒も多くいたが、今回の実習では、PC教室のネットワーク回線の不調があり、データの取得などの授業内容に直接かかわらない部分で無駄な時間を費やした。このことも、生徒の課題の達成度や感想に影響を及ぼしたと考えられる。

今回の調査を通じて明らかになったことは、ワーク

シート作業の達成度が高いほど満足度が高く、研究用のデータを使うことによって、講義だけ行うより理解が深まると感じさせることができる点である。したがって、大半の生徒は満足して課題に取り組めたということになる。天体観測を自分でやりたいと思う生徒も何人かできてきているので、天文学の手法を身近にさせたともいえるだろう。このことを一歩進めて、「絶対等級」や「明るさと距離の関係」といった基礎学力の向上に結びつけていくことができれば、より望ましい教材になると思う。これをどう結びつけるのか、今後の課題としたい。

今回の試行授業をうけた生徒が1年間の最後の授業で書いた包括的な感想では、研究用の画像データで実習したことがとても印象深いか、よいことだ、と記述した生徒が少なくなかった。研究用の画像データを用いた授業が生徒の印象に残るものであることは確かといえよう。

謝 辞 今回の授業に利用した SN2003du の FITS データは、名寄市立木原天文台の佐野康男氏に提供いただいた。深く感謝する。

また、本研究は文部科学省科学研究費補助金「本格的な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

- 古莊玲子・原 正・洞口俊博・PAOFITS WG (2004): リアルデータを教室に一公開天文台ネットワーク PAOFITS WG の活動一。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.
- 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.
- Reichardson, D. Branch, D., Casebeer, D., Millard, J., Thomas, R. C. and Baron, E. (2002): A Comparative Study of the Absolute Magnitude Distribution of Supernovae. *The Astronomical Journal*, **123**, 745-752.
- Stanishev, V., Goobar, A., Benetti, S., Kotak, R., Pignata, G., Navasardyan, H., Mazzali, P., Amanullah, R., Garavini, G., Nobili, S., Qiu, Y., Elias-Rosa, N., Ruiz-Lapuente, P., Mendez, J., Meikle, P., Patat, F., Pastorello, A., Altavilla, G., Gustafsson, M., Harutyunyan, A., Iijima, T., Jakobsson, P., Kichizhieva, M. V., Lundqvist, P., Mattila, S., Melinder, J., Pavlenko, E. P., Pavlyuk, N. N., Sollerman, J., Tsvetkov, D. Yu., Turatto, M. and Hillebrandt, W. (2007): SN2003du: 480 days in the life of a normal type Ia supernova. *Astronomy & Astrophysics*, **469**, 645-661.

原 正, 五島正光, 洞口俊博, 縣 秀彦, 矢治健太郎, 古莊玲子, 金光 理: Ia 型超新星を使った銀河の距離測定の指導 地学教育 61 巻 4 号, 113-122, 2008

〔キーワード〕 高校, 天文教育, FITS データ, Ia 型超新星, マカリ, 調査活動

〔要旨〕 Ia 型超新星は極大光度がほぼ一定で、距離決定の原理が明快である。その Ia 型超新星の研究用画像データを解析し銀河の距離を測定する実習を、高校3年生の地学Iの授業で実践した。ほとんどの生徒が距離を求めることができ、その値は想定した範囲に納まっていた。また、アンケート調査から、研究用のデータを利用することが、天文学の探究法を理解させ、生徒の興味を少なからず喚起することが明らかとなった。

Tadashi HARA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI, Hidehiko AGATA, Kentaro YAJI Reiko FURUSHO and Osamu KANAMITSU: Teaching Distance Determination of Galaxy Based on Type Ia Supernova. *Educ. Earth Sci.*, **61**(4), 113-122, 2008

中学校理科における断層の推定に関する教材の評価

—地形図と立体画像の導入から—

Evaluation of Junior High School Teaching Material
for Estimating the Existence of Faults Based on Analysis
of Topographical Map Data and the Three-Dimensional Image

桐生 徹*¹・久保田善彦*²・西川 純*²・水落芳明*²

Toru KIRYU, Yoshihiko KUBOTA, Jun NISHIKAWA
and Yoshiaki MIZUOCHI

Abstract: Junior high school students identified the location of faults using not only topographic maps, but also 3-dimensional images drawn on a computer. The 3D image method is effective in helping students to locate faults, and also encourages them to be aware of natural disasters and their prevention.

Key words: fault, landform, junior high school student, 3D image, aerial photograph

1. はじめに

地学教育は、自然災害に関する学習や防災教育の一環を担ってきた(藤岡 2001)。特に、平成7年の兵庫県南部地震や平成15年の中越地震を機に、防災意識の高まりもあり、地震やそれに関連する断層の学習は重視されている。それは、平成17年教科書検定で、現行学習指導要領(1999)のはじめの規定を超えた「発展的な学習内容」の記述が認められた。例えば小樽市教育会(2004)では「発展的な学習では、断層、褶曲など地震や過去の地殻変動にも視点を広げるなど「(7)自然と人間」への関連を密にして防災への関心を深め、「生きてはたらく科学の知恵」を積極的に育てます。」という扱いを推奨し、防災と大地の変化との関連した視点の広がりを発展的な学習として位置づけている。また、東京書籍の改訂教科書「新編 新しい科学」(2006)では、地震の発生の扱いが3ページから5ページに増え、断層の解説図が再び登場している。東京書籍以外の改訂教科書においてもページ数の差異はあるが同様な措置が見られる。そこで、本研究では、予備調査を旧学習指導要領(1989)における「大地の

変化」の単元で3年生に実施し、現行学習指導要領(1999)の本調査では、「自然と人間」の単元で3年生対象に「断層らしき地形を見つける学習」を実施した。

断層に関する実践報告として森江・立花(2002)は、露頭観察に関連させた断層の学習を行っている。また、林(1993)は、空中写真を用いた地質判読と野外実習を組み合わせ、ルートマップ作成をすることで断層を気づかせている。しかし、多くの学校では、観察に適した場所は近隣に必ずしもあるわけではなく、そのため観察を伴わない断層学習も視野に入れる必要がある。

断層を観察せずに推定する方法として、地形図を利用する地形図判読法、空中写真を用いて立体視から判読する空中写真判読法、あるいは両者を組み合わせた方法が試みられている。

地形図判読法として土質工学会(1995)は「いくつかの谷や尾根を横切るリニアメントや直線的に続く山地の急斜面の麓に沿って、そこに活断層が想定される」としている。実際に、柴山ほか(1982)は、2,5000分の1地形図を用いて大阪平野と北摂山地を分けている断層崖を見つけさせることで断層の位置を推定す

*1長野県松川町立松川中学校

*2上越教育大学

2007年8月22日受付 2008年6月9日受理

る実践を行っている。地形図判読法は、地形図の入手が容易なことが利点であることから、身近な地域の断層を推定するには、地形図判読法は容易な方法といえる。ただし、柴山ほか(1982)は、地形図判読法の課題を「子どもはヒントを与えなければ三角末端面などの地形変異を読み取ることができなかった。」としている。また、榎ほか(1967)は、「子どもは平面で示された地形図から立体を推測しにくく、地形図の尾根と谷を間違える子どももいるなど地形図の読み取り能力に課題がある。」としている。以上から地形図判読法を行ううえで、平面図から立体的な地形を子どもは認識しにくいことが課題である。

一方、空中写真判読法について、池田ほか(1996)は、「航空測量用に撮影された空中写真を立体視しながら、断層変異地形を探したり追跡したりすること」と定義している。この方法は断層の推定の精度は高くなるが、空中写真の入手に手間と費用がかかる問題や立体視のために隣り合う空中写真を2枚用意し実体鏡を使う等の操作上の問題がある。また、この方法は、空中写真の特性から垂直方向からの視点での立体画像であり、垂直以外の方向からの視点で地形を推測しにくい。そこで、林ほか(2003)は、地形図をいろいろな角度から立体的にとらえる比較的容易な方法としてコンピュータによる3次元地形図の紹介と、それらを地学学習で活用する意義と方法を提案している。また、鹿江・林(1998)は、実際の授業場面で、数値地図をコンピュータ処理し地形図を鳥瞰した画像を観察させ、断層谷が多数並走する地形の特徴を明らかにすることができたと報告している。

以上のように断層を推定するには、さまざまな方法がある。しかし、中学校の学習に適した教材については実証されていない。そこで本研究では、予備調査で中学生が断層を推定するために適した教材の選定や組み合わせを明らかにし、本調査では、予備調査で選定された教材の効果を検証する。

2. 調査1「予備調査」

(1) 目的

先行研究より地形の読み取りから断層を推定する授業実践として用いられた複数の教材を子どもに提供し、その活用状況を明らかにする。

(2) 調査方法

授業参観者による参観の記録とテープレコーダによる子どもの発話プロトコル、授業後に行った質問紙の

内容をもとに複数の教材の活用状況を分析した。

(3) 授業実践

(a) 実践校の地域特性と実践校の実態

調査実践校は、長野県阿智村立A中学校である。調査時期は、1996年11月である。A中学校の地域特性として小木曾(1982)は、「飯伊地方は、断層が多く存在することが知られており、大規模地震の地震防災対策特別強化地域に指定されている。」としている。ここでの飯伊とは、伊那谷断層帯として注目を集めている地域のことである。特に、伊那谷西南に位置する阿智村には、松島(1995)、天竜川上流域地質調査委員会(1984)、信濃毎日新聞社編集局(1998)および活断層研究会(1991)によって、昼神断層や駒場断層をはじめとして、いくつかの断層が判明したり推定されたりしている(図1)。

上記のように阿智村は、断層推定の学習を実施するに有効な地域素材がある。しかし、この地域の子どもは、断層が存在することや断層に関連する変異地形の特徴を理解していない。また、他地域で大きな地震が起こっても、改めて地域の断層を調べようという意欲は生まれてこなかった。

(b) 断層を推定するために提示した教材

断層を推定するために子どもに提示した教材は以下のとおりであり、教材①～⑥を自由に利用できる状態で授業を行った。

教材① 立体画像(杉本(2002)作成のカシミールを使用し、国土地理院(1995,1997)のデータを用いて上空から見下ろす方向や高さを変えて、断層らしき地形を眺めたように描いた立体画像を教師が複数作成((図2)、教室壁面へ掲示))

教材② 空中写真(国土地理院発行、CB-88-3Y中津川: C1-11, C1-12, C2-11, C2-12, C2-13, C2-14, C2-15, これらを複製し4セット用意)

教材③ 地形図(平成8年阿智村発行「阿智村全図」, 5万分の1, 一人1枚配布)

教材④ コンピュータ画面上への地形の絵画(カシミールを使用し、ラウンドサット画像のような上空から真下の地形を見下ろしたように描いた図をコンピュータ画面2台に提示)

教材⑤ 立体視を行うための用具(簡易ステレオループ)とステレオ写真(上記②の空中写真の複製を同一縮尺にして2セットずつ用意)

教材⑥ 立体模型(25,000分の1模型を1台用意)

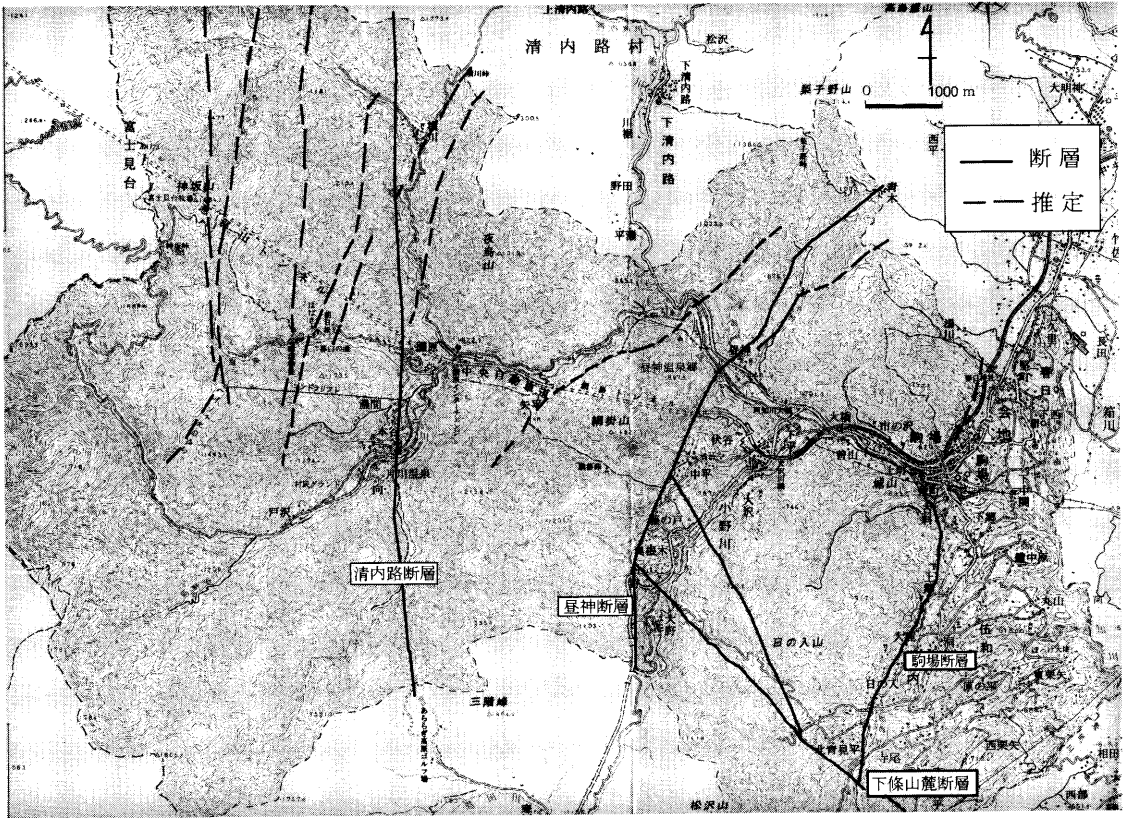


図1 阿智村に推定される断層の分布図

松島(1995)、天竜川上流域地質図調査委員会(1984)、信濃毎日新聞社編集局(1998)、活断層研究会(1991)が提示している断層や推定断層を、平成8年阿智村発行「阿智村全図」5万分の1地形図に筆者がまとめた。

表1 調査対象者の属性

	対象校	学年	男子	女子	合計
予備調査	長野県A中学校	3	18	15	33
本調査	長野県H中学校	3	13	15	28

(4) 授業の概要

単元「阿智村の大地の変化」は全19時間(表2)である。単元の目標は「地形、地層、岩石などの観察を通して、地表に観られるさまざまな事物・現象が、地球内部からの大いなる力に関連つけてみる見方や考え方を養い、その力は自らが住む阿智村にも及び、防災や避難や備蓄といった近未来について考えられる力を養う。」である。

学習課題1で、浸食や堆積、学習課題2で、断層の推定方法や立体視の方法など、学習課題3で地震やその原因、学習課題4で火山や火成岩、および学習課題5で地域の地形の成因を扱った。



図2 網掛山方面を眺めたときの立体画像

予備調査と本調査2で子どもに提示や配布をしている。子どもに示したものはカラー画像。

学習課題5(表3)では「阿知川に花崗岩が多いのはどうしてなのか」で地域の断層らしき地形を推定する学習を行う。学習課題5の第1時では、地下深部で形成された花崗岩が現在地表で見られるのは、大地が隆起し、その後山が侵食されたためではないかという仮説を立て、「大地が隆起すればそこに亀裂として断層などが表れるのではないか」という予想の実証として、地形図のみを活用して断層を子どもに推定させ

表2 単元「阿智村の大地の変化(全19時間)」における学習課題(時数)とキーワード

学習課題(時数)	キーワード
1 平野はどんなところでできるのだろうか (5時間)	・川の作用(運搬, 浸食, 堆積) ・堆積岩の粒, 化石(示準化石, 示相化石)
2 山は削られても山として存在しているのはどうしてか (4時間)	・地形の隆起, しゅう曲, 断層, ランドサット衛星画像
3 地震とはどんな特徴があるのか (3時間)	・阪神淡路大震災、震度、マグニチュード ・地震の波と初期微動継続時間 ・プレートテクトニクス
4 プレートの動きによって発生するマグマの正体はどんなものだろうか (3時間)	・マグマの粘性, 火山の形, 火山噴出物 ・火成岩, 火山岩, 深成岩
5 阿知川に花崗岩が多いのはどうしてなのか (4時間)	・花こう岩, 隆起, 証拠, 断層推定

表3 予備調査 学習課題5の小単元展開

時	学習活動	教材・実験等
1	野外観察: 阿知川に花こう岩が多いのは本当か確かめに行こう 阿知川に花崗岩が多いのはどうしてか 予想: 川の upstream が隆起をして地下深くの花こう岩が持ち上がり, やがて水の浸食と運搬によっていま見えるのか 予想の確かめ方法: 隆起したとすれば亀裂として断層があるのではないか。断層を見つけてみよう 阿知にも断層があるか調べよう ・地形図が欲しい ・この地形が断層だと思う	野外観察 地形図 5万分の1
2	断層らしいところが本当か証拠をたくさん見つけよう	この展開は表4参照
3	阿智村が隆起した証拠は他にもあるのか	カシミール 地形図 空中写真
4	地層を見て, どのように大地が動いたのか予想をしよう。 ・動いたことがちゃんと残っているんだ。	断層断面図

た。第2時で前出6教材を子どもが自由に活用し, 前時に推定した断層らしき地形を対象にして子ども自らが他に断層としての証拠を見いだす授業(表4)を行った。

(5) 教材活用状況の分析結果

(a) 地形図の活用

学習課題5の第1時に, 地形図のみから推定した断層が図3の①から④である。第2時に, 推定した断層を地形図に書き表すために地形図とその他の教材を配布し, 子どもらが推定した断層を図4の①から⑤に示す。なお, 図3と図4は子ども全員が地形図に表した推定断層を筆者が1枚の地形図に表したものであり, 図中の数字は, 識別のために表した数字である。

阿智村の断層分布図(図1)と比較すると, 駒場断層(図3の①), 下條山麓断層(図3の②, 図4の⑤), 屋神断層(図3の③, 図4の④)を推定している。そこで, 断層分布図(図1)の断層とほぼ同じ断層を1本以上推定できた「断層推定者」, 断層を推定できなかった「非断層推定者」, 記入のない「未記入者」とした。未記入者は断層推定できなかった者と同様と見なし, その人数を比べた(表5)。2×2分割表を用いた両側検定の結果, 5%水準で有意な差が認められた。したがって, 地形図とその他の教材を組み合わせた授業において断層を推定できる子どもが有意に増えることが明らかとなった。

(b) 最も活用した教材

「授業内で最も活用した教材はなにか」を質問紙法で調査した。よく活用した教材は, 立体画像11名, 立体視を伴わない空中写真11名である。立体視を伴う空中写真の教材を選択したのは2名である(図5)。

以下は, 教材の活用状況を示す例として生徒Kと生徒KOの学習状況と発話プロトコルを示す。

生徒Kは, 第1時(表6)に, 断層らしき地形を地形図のリニアメントからみつけ, 三角末端面, 川の蛇行に着目して推定断層と考えている。第2時(表7)で「この写真(教室後方に掲示した立体画像を指しながら)で見ると, 戸沢のほうから見ると, 線がはっきり見えました。」と言い, 第1時にとらえた推定断層を立体画像により自信を持って断層と推定していることがうかがえる。

生徒KOの発話プロトコル(表7)でも, 「空中写真あれ…立体写真(教室後方の立体画像を指し)で見るとすごい尾根がはっきりくっきり三角形になっていてくっきり並んでいる。」と言い, 立体画像によって確信

表4 予備調査 学習課題5 第2時の展開

- 1 主眼 山が隆起した証拠を断層であると考えた生徒が、パソコン絵画、空中写真、地形図、パソコン画面等を観察することを通して、その生徒なりの断層の証拠をみつけ断層らしいと判断することができる。
- 2 指導上の留意点
- ・断層の線状構造がわからない生徒には、途中発表を聞いて、自信をつけさせ、追究させる。
 - ・パソコン操作に不慣れでそれだけで終わらないように、深入りさせない。3次元絵画を利用させる。
 - ・カシ米尔を用いて、教室内には、立体画像を映し出す。

3 展開

過程	学習活動	予想される生徒の反応	指導・助言	時間	備考・評価
課題を確認し	1 本時の自分の活動計画の確認をする。	・空中写真を使って、直線状に見えるところを探し、その所でいろいろな地形の変化があれば断層じゃないかな。 ・パソコンを使って、直線的なところを探して証拠を見つける。	○阿智が川に花崗岩が多かったのは、智里付近が隆起した結果じゃないのか、その証拠として断層があるんじゃないのか、と予想したんだよね。どうやって調べようとしているか発表してください。	4	○自分の探索方法を確認できたか。 (ノート、表情) 探索方法クラス一覧表
	2 探索中の諸注意を連絡する。	・ぼくと同じ方法で探そうとしているんだ。	・探索方法一覧表配布 ・人と相談しても良いこと ・途中報告会をすること。	2	
	3 探索活動を開始する	○断層らしいところを見つけその証拠を探し出そう		10	
観察し追究を深め	○断層らしいと考えるために(線状構造となっている地形を探そうとする) ・線のように見えるから、ここが断層じゃないのか、 ・どうしてもわからない。 ☆空中写真の利用 ・地形図の利用 ・川が曲がっているところを探す。 ・谷の曲がっているところを探す。 ・立体地形図を作りながら、直線的なところを見つける。 3次元絵画の利用 ・線状に見えるところを探す。	・昼神から浪合にかけて線のように見えるから断層じゃないかな ・あそこが断層だったんだ。 ・私と同じ所だ。 ・証拠を探せばいいんだ。 ・川が曲がっていたぞ。今度はパソコン画面で確かめてみよう。 ・地形図はどうなっていたかな。 ・立体的に観てみたいな。	・それぞれの考えているところを発表する。 ・だれがどこを調べているのか、挙手をして確認をする ○断層らしいとわかった人はそこが断層であるという地形の変化している証拠を見つけよう。どうしてもわからなかった人は、みんなの意見を参考にして、ここかなと思うところの断層の証拠を見つけよう。	7	○計画した物を利用し、既習内容を使って探しているか。(発言葉掛け) ○他の人にかかるように発表できたか。(発言阿智村の略図) ○自分の考えをもてたか。(挙手)名札
	4 途中報告会をする。			7	
まとめ	5 探索活動を行う。	○断層があると断定するために証拠探しをする。 ・立体の画像で観ると、三角形の形がよくわかるな。 ・地形図では、川が、石廊崎の中木のように山を迂回しているぞ。 ・断層があったんだ。きっと ・家の人がここあたりについていたのは本当だったんだ。	証拠としてあがること ①線に沿って谷が似た方向に曲がっている。 ②尾根の先端が、三角形をしている。 ③尾根が、似た方向に曲がっている。 ④川が迂回するように流れている。 ⑤川が同じように曲がっている。 ⑥家で聞いてきたんだ。	15	○証拠を地形図に書き込めたか。(地図)
	6 証拠を発表する。	・川がすごく曲がっていたのでここが断層ではないだろうか ・尾根の先が、三角形にみれるので断層ではないか。 ・川が、皆同じ方向に流れている ・やっぱりそうだったんだ。 ・うわ!、こんなにあったんだ ・これじゃ大変だ。地震が起きるかもしれないな。	・同じ断層を調べた生徒をグループにして発表を助けさせる。	8	○協力して発表できたか。(話し合)
まとめ	7 まとめる	・川と隆起が作る地形ってどんなものだろう。	・専門家が調べた「断層じゃないか」という地図を見せる	2	
	8 次の学習内容を知らせ、自己・他己評価をする		・河岸段丘、海岸段丘、リアス式海岸のとき方。	2	

表5 予備調査における断層推定者数と非断層推定者数

	断層推定者数	非断層推定者数 (未記入者を含む)
第1時 (N=32)	2	30 (23)
第2時 (N=33)	16	17 (2)
両側検定結果 $p=0.0001$ ** ($p<.01$)		

注) () 内の数字は未記入者数

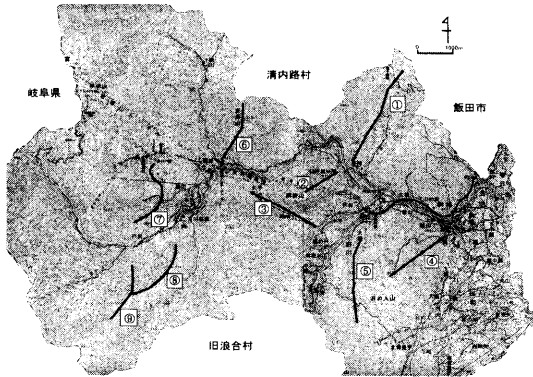


図3 予備調査第1時で、子どもが推定した断層
平成8年阿智村発行「阿智村全図」5万分の
1使用。

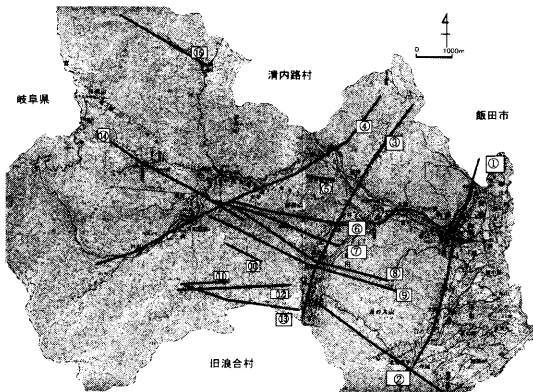


図4 予備調査第2時で、子どもが推定した断層
平成8年阿智村発行「阿智村全図」5万分の
1使用。

を持ったことがわかる。また、生徒 KO の地形図に描かれた記録 (図6) には、等高線を目安に推定した断層と変異地形が書き表されていた。

表6 予備調査第1時における生徒Kの発話プロトコル

T: じゃ、その K 君から授業をサボするね、K 君の発表を聞きながらもう一度復習してみようね。
K: 最初日の入り山の下の方が線に見えていて、よく見たら尾根が三角に切れていたのが断層があると思いました。もう一つは、網掛山のところの下のところも線に見えていて、見てみると川の曲がりが少し変わったことと、尾根がきれていたところが見つかりました。

表7 予備調査における生徒Kと生徒KOの発話プロトコル (下線は筆者)

T: 他にどうですか、・・・S君、地図をもって前に来てくれるかな。
S: この三角形のところに、日の入りのところで、この三角形のところに尾根の三角形が見えてちょっと直線の先の方に川の曲がりを見えました。
K: えーと、この写真 (教室後ろに貼った立体画像を指さす) で見ると、戸沢の方から見ると、線がはっきり見えました。
T: 他にどうかな、KOさん
KO: 大野があって、その少し左に中野というところがあるんだけど、そこの上をまっすぐ通る断層がある。中野というところの下にすごく細かい川があるんだけど、くっきりと曲がっていて、少し行くと戻っている。尾根の先の三角形が並んでいる。空中写真あれ・・・立体写真 (教室後方の立体画像を指す) で見るとすごい尾根がはっきりくっきり三角形になっていてくっきりと並んでいる。
H: 中野のところを通っている川がはっきりと曲がっていたので、そうかなと思いました。

(6) 考察と課題

予備調査によって以下の考察ができる。

(a) 地形図の活用

子どもは、地形図のみを用いて断層と推定できる地形を見いだすことは困難である。また、子どもは、地形図とその他の教材を併用することで、断層に伴う変異地形を読み取り断層を推定できる。

(b) 最も活用した教材

子ども自らが地形図以外に最も活用した教材として、立体画像か立体視を伴わない空中写真であった。

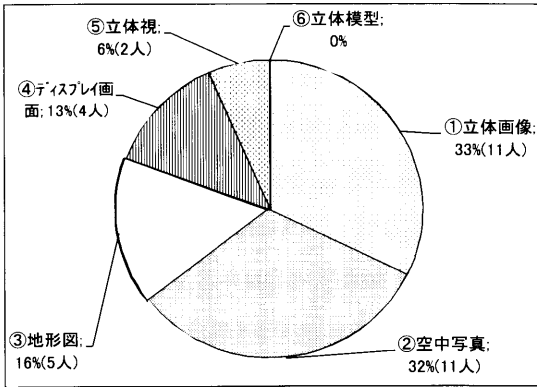


図5 予備調査で子どもが最も活用した教材。

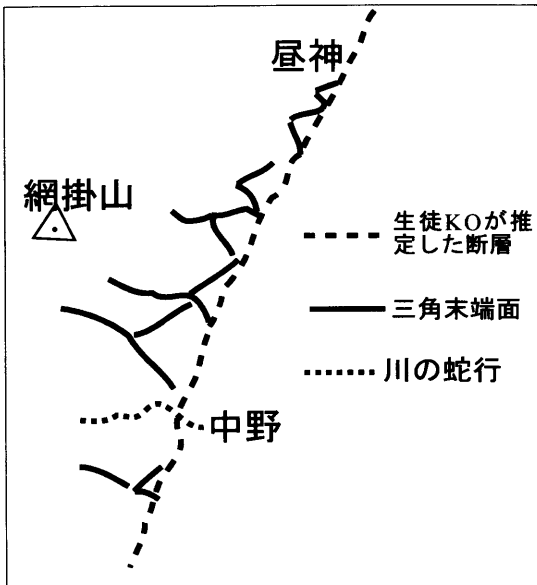


図6 地形図に描かれた生徒 KO の記録
生徒 KO が記入した部分を筆者が抜き出し表記。

3. 調査2「本調査」

(1) 目的

予備調査により最も活用したことが明らかになった立体視を伴わない空中写真や立体画像は、断層を推定する教材として有効であるか否かを評価する。

(2) 調査方法

子どもに見つけさせたい断層は、予備調査で子どもが最も推定した駒場断層と屋神断層である。なお、断

表8 本調査の単元展開と内容

学習課題	内容
断層はどのような痕跡を地形に残すのか (1時間)	①地震が発生するメカニズムは？ ・プレート境界型地震 ・活断層による地震 ②根尾谷の断層による移動はどんなズレだったのだろうか？ ・写真を動かしてみよう ③何回も断層が動くときどんな痕跡が地形に残っているのか。 ・Google Earth による空中写真から見つけよう ④ リニアメントの他に地形にはどんな痕跡が刻まれているのか ・自作教材から判断しよう
断層らしき地形を見つけられる人になろう (1時間)	①中央構造線(東予土井)を見つけよう ・地形図を見せて探す ・地形図の中から三角末端面、リニアメントを確認する。 ・空中写真を使って断層を探す ・立体画像を使って断層を探す ②身近な地域の断層を捜そう ・地形図から探す ・地形図と空中写真から探す ③身近な地域の断層を探そう ・地形図から探す ・立体図形から探す ④振り返りをしよう

層を推定している間、一人の力で探究するように子どもへ伝え、子どもも相互による断層を推定しあったり、教えあったりしていない。

(a) 本調査 1

駒場断層付近の地形図(略称:本調査 1A)と屋神断層付近の地形図(略称:本調査 1B)の2種類の地形図を子どもに配布し、断層を推定した部分を地形図に記入させた。

(b) 本調査 2

空中写真(国土地理院 CB-88-3Y 中津川 C2-15)と立体画像(図2)を子どもに配布し、断層を推定した部分を地形図に記入させた。

(c) 質問紙調査と自由記述による授業評価

授業終了時に4件法による質問紙調査で肯定的回答数と否定的回答数にまとめて比較した。また、授業の感想を自由記述で記入させた。

(3) 授業の展開

調査対象校は、長野県飯田市立 H 中学校で、予備調査で行った阿智村と隣接する飯田市にあり、小木曾(1982)が述べる飯伊地区に所属し、阿智村についての知識がある子どもが通う中学校である。調査対象者は、3年生 28名。調査時期は、2007年3月である(表1)。

調査は、同一の子どもに複数の教材を用いて行った。本調査では学習指導要領の「(7)自然と人間」において「断層を自ら推定することが防災意識への向上に役立つこと」を目標とし、単元名「身近な断層を見つけよう」で全2時間扱いである(表8)。

第1時では、地震の発生原因から断層の仕組みについて学習し、空中写真を使ってリニアメントの地形変異を探った。

第2時では、一斉指導により東予土井付近の中央構造線による変異地形を地形図・空中写真・立体画像から探った後、身近な断層を推定した。

(4) 結果

(a) 本調査1の結果

地形図だけから断層を推定できた子どもは、本調査1Aで3名、本調査1Bで4名(表9)である。別の地点を記入した者と無記入者を合わせた人数と断層を推定できた人数から2×2分割表を用いた両側検定の結果 $p=0.9999$ であり、どちらの調査も有意差はないことから、断層発見のために用いた2地点の地形図から断層地形の読み取りによる差がないことが明らかとなった。

(b) 本調査2の結果

本調査1の後、空中写真と立体画像をそれぞれ与え本調査2を行ったところ、本調査1で断層が推定できず本調査2で推定できた人数は、空中写真で5名、立体画像で11名であった(表10)。そこで、断層を推定できた子どもの人数と断層ではない地点を記入した者と無記入者を合わせた人数で、2×2分割表を用いた

両側検定の結果 $p=0.0617$ で有意傾向があることから、地形図と立体画像を用いる教材が断層推定に有効であることが明らかとなった。

(c) 子どもによる授業評価の結果

質問紙調査の質問と結果を示す(表11)。また、授業終了時に授業の感想を自由記述させた結果に基づく、子どもによる授業の評価を示す。

「1 断層らしき地形を自ら探す授業は、楽しかったですか」、「2 断層らしき地形を自ら探す授業は、難しかったですか」は共に多くの子どもが肯定的に評価していた。子どもは「難しい。でも発見できたときはうれしかった。」「探すのはなくしたものを探すほどに難しかった。でも楽しく見つけられることができた。」と言い、難しさの中に断層を見つける楽しさを見いだしている。

表9 本調査1における断層推定者数と非断層推定者数

	断層推定者数	非断層推定者数 (未記入者を含む)
本調査1 A (N=25)	3	22 (7)
本調査1 B (N=25)	4	21 (4)
両側検定結果 $p=0.9999$ ns ($.10 < p$)		

注) () 内の数字は未記入者数

表10 本調査2における断層推定者数と非断層推定者数

	断層推定者数	非断層推定者数 (未記入者を含む)
空中写真 (N=22)	5	17 (6)
立体画像 (N=21)	11	10 (3)
両側検定結果 $p=0.0617$ + ($.05 < p < .10$)		

注) () 内の数字は未記入者数

表11 本調査後の質問紙調査の結果

発問内容	肯定的	否定的
1 断層らしき地形を自ら探す授業は、楽しかったですか	22 (85%)	4 (15%)
2 断層らしき地形を自ら探す授業は、難しかったですか	25 (96%)	1 (4%)
3 断層らしき地形を自ら探す授業は、役に立ちましたか	22 (85%)	4 (15%)
4 断層らしき地形を自ら探す授業によってこれから他の場所の断層を探してみようと思いましたか	16 (62%)	10 (38%)
5 身近に発生するであろう地震に興味・関心がある	22 (88%)	3 (12%)
6 家族と防災について話をすることがある	10 (40%)	15 (60%)

「3 断層らしき地形を自ら探す授業は、役に立ちましたか」では、多くの子どもが肯定的に評価していた。また、「4 断層らしき地形を自ら探す授業によってこれから他の場所の断層を探してみようと思いましたか」では、あまり差はなかった。本実践が子どもの役に立っていると実感されているが、他の場所を探すまでの気持ちには到達していない実態が明らかとなった。

「5 身近に発生するであろう地震に興味・関心があるか」では、多くの子どもが肯定的に評価していた。「6 家族と防災について話をする事ができる」では、あまり差はなかった。子どもの記述には「機会があれば探してみたいけれど、難しい。身近に断層があるとわかって恐ろしくなった。」「ここらは、もう今、濃尾地震を超える地震が起きてもおかしくないというところで、少しでも触れたことで、危機感が増してよかった。」とあり、授業で地震への興味関心は高まったが、家族で地震や防災について話題する子どもは少ないことが明らかとなった。

(5) 考察と課題

調査2の結果から、以下の考察が得られた。

- (a) 子どもは地形図だけで断層を判断することは困難である。
- (b) 子どもが断層を推定するための教材として、地形図と空中写真の教材よりも地形図と立体画像を使用した場合の方が、断層を推定できる。
- (c) 断層を自らの手で見つける授業形態は、子どもは難しさの中に楽しさを見いだしている。また、地域の断層を推定する授業であったため、身近な地域への地震に対する関心意欲が高まった。
- (d) 予備調査と同一学年で「自然と人間」の単元へ導入し防災意識への高まることをねらいとして3学年で実践をしたが、現行学習指導要領での単元として中学1年で実施される「大地の変化」の単元内で本調査を試みる事が課題となる。また、断層や地震に対する興味関心を高めることはできたが、家族や身近な大人と防災について話し合う機会が少ないことが明らかとなり、保護者を含め防災への高まりを喚起する実践を仕組む必要がある。

4. おわりに

今回の研究は、旧学習道要領では「大地の変化」、新学習指導要領では「自然と人間」の単元の中で「断層」

に視点を当て、自らの手で断層を推定するために必要な教材を探った。

地形図だけでは、その読み取りが不十分で断層を推定するに至らないが、立体画像や空中写真を利用すれば断層を推定できることが明らかになった。断層を推定する場合、一般的には立体視による空中写真判読法で地形を立体的にとらえるが、子どもは立体視ができにくい。しかし、コンピュータによる立体画像を利用すれば、地形を立体的にとらえ、子どもであっても断層を推定でき、自ら探究する学習を行うことができるといえる。

今日では、インターネットから地形図だけでなく、空中写真や立体画像が無料で手に入る。このような資料を利用することで、断層の推定ができるならば、地学の専門的な知識が少ない人であっても、断層を身近に感じられ、地震や地域の大地への興味関心が高まると考えられる。よって、今後社会人にも、この教材の活用方法を普及させることを課題とした。

引用文献

- 土質工学会(1995):土のはなしI.土質工学会編,技法堂出版株式会社,東京,129.
- 林 慶一(1993):野外調査と空中写真判読の組み合わせによる地質図作成の実習.地学教育,46(6),199-215.
- 林 武広・小倉泰史・岡崎敬之・前田卓巳・永田雄一・山崎博史・鈴木盛久(2003):パソコンによる3次元地形図・地質図の描画.地学教育,56(1),37-45.
- 藤岡達也(2001):「理科学習」と「総合的な学習」との関連を踏まえた「自然災害に関する学習」や「防災教育」について一兵庫県南部地震以降の動向を中心に一,理科教育学研究,41(3),13-20.
- 池田安隆,島崎邦彦,山崎雄雄(1996):活断層とは何か,東京大学出版会,東京,73-109.
- 鹿江宏明・林 武広(1998):身近な地学的事象を調べる中学校理科学習におけるコンピュータ活用.学校教育実践学研究,4,59-66.
- 活断層研究会(1991):新編日本の活断層—分布図と資料,東京大学出版会,東京,222-229.
- 国土地理院(1995):数値地図50mメッシュ(標高),「飯田」「中津川」「時又」「伊那駒場」「浪合」.国土地理院,茨城.
- 国土地理院(1997):数値地図50mメッシュ(標高)日本-II. CD-ROM版,国土地理院,茨城.
- 榎 誠一・伊藤一磨・本多研章(1967):中学校理科・地学教育特集指導地形図を利用した地表変化の指導.地学教育,20(3),99-104.
- 松島信幸(1995):伊那谷の造地形史—伊那谷の活断層と第四紀地質—.飯田市美術博物館,長野.
- 文部省(1989):中学校学習指導要領(平成元年3月).大

- 蔵省印刷局, 東京.
- 文部省 (1999): 中学校学習指導要領 (平成 10 年 12 月) 解説—理科編一. 大日本図書, 東京.
- 森江孝志・立花志津 (2002): 徳島県阿讃山地南麓の露頭での野外観察授業. 地学教育, **55**(2), 49-55.
- 小木曾勝弥 (1982): 1981 年 8 月 18 日に長野県最南端で発生した $M5$ の地震について. 地学教育, **35**(6), 169-178.
- 小樽市教育会 (2004): 小樽市教育会所報「環流」, 102 号, 小樽市教育会, 北海道.
- 三浦 登ほか 45 名 (2006): 2 章 ゆれる大地, 新編 新しい科学 2 分野上, 東京書籍, 東京, 60-69.
- 柴山元彦・稲川千春・平岡由次・岡島明保・長尾 直・増谷 宣 (1982): 「理科 I」(自然界の平衡) に生かす地域地質の教材化. 地学教育, **35**(4), 123-131.
- 下伊那郡阿智村 (1996): 「阿智村全図」, 長野.
- 信濃毎日新聞社編集局 (1998): 信州の活断層を歩く. 信濃毎日新聞社, 長野.
- 杉本智彦 (2002): カシミール 3D 入門. 実業之日本社, 東京.
- 天竜川上流域地質図調査委員会 (1984): 天竜川上流域地質図 (5) 阿南. 社団法人中部建設協会, 愛知.

桐生 徹, 久保田善彦, 西川 純, 水落芳明: 中学校理科における断層の推定に関する教材の評価—地形図と立体画像の導入から— 地学教育 61 巻 4 号, 123-132, 2008

〔キーワード〕 断層, 地形, 中学生, 立体画像, 空中写真

〔要旨〕 中学生に対し断層を推定するための教材の評価を行った結果, 地形図とコンピュータによる立体画像の活用が有効であることを明らかにした. また, この方法で防災意識を高めることもできた.

Toru KIRYU, Yoshihiko KUBOTA, Jun NISHIKAWA and Yoshiaki MIZUOCHI: Evaluation of Junior High School Teaching Material for Estimating the Existence of Faults Based on Analysis of Topographical Map Data and the Three-Dimensional Image. *Educat. Earth Sci.*, **61**(4), 123-132, 2008

人工物を活用した地学学習

—東京ディズニーシーにおける地学素材の活用を例として—

Utilizing Artificial Materials in Earth Science Education

—A Utilizing Example of Earth Science Materials at Tokyo DisneySea—

相場博明*1・柘原礼士*1・鍋島さやか*2

Hiroaki AIBA, Reiji KUKIHARA and Sayaka NABESHIMA

1. はじめに

人工物とは言うまでもなく人力によって作られた物である。これを教材として考えた場合、模型とレプリカが存在する。広辞苑によると模型は実物と構造を同じにして大きさの異なるものと定義される(新村編, 1991)。それに対してレプリカは模写・複製と訳され(松村編, 1998)、本物と同じ大きさで色や手触りなどもできるだけ正確に複製したものとすることができる。

地学教育においては、野外において実物に触れさせて実習を行うことが求められているが、実施が困難な場合は模型やレプリカを活用して実習が行われている。模型に関しては本物の構造やしぐみを理解するために用いるので、大きさや質感を忠実に再現する必要がない。したがって、地層模型、地質構造模型、火山模型、鉱物結晶模型、断層模型などの教材が利用されてきた。その実践例としては馬場(1996)の、火山の噴火モデルの方法などがある。それに対してレプリカは、本物を忠実に再現する必要がある。そのため大きさが本物と同じになり、大規模なものについては作成自体が困難で、教室にそれを持ち込むことも不可能な場合が多い。授業でレプリカを用いる場合は複製が比較的容易で教室に持ち込むことが可能な大きさの物に限られる。実践例として相場ほか(2002)の翼竜の足跡化石のレプリカを使っただけの報告などがある。

人工物は、本物ではなく偽物であるので本物と比べて情報量も少ない欠点がある。しかし、人工物を本物の代替として済ませてしまうという視点ではなく、あえて偽物を提示して、本物との相違を考察させ、そ

から本物に対する興味・関心を高めるといった活用方法も考えられる。

また、教材としての人工物は、教材として市販されているものだけとは限らない。都会にある建造物を探してみると、地学的素材の人工物を目にすることができる。とくに東京ディズニーランド、東京ディズニーシー、大阪のユニバーサルスタジオ、福岡のスペースワールドなどの大型アミューズメントパークには教材となる人工物を各所に見ることができる。これらのアミューズメントパークは多くの学校により遠足や修学旅行などで利用される機会が多いので、そのような機会にそれらの人工物を地学教育の教材として活用できる可能性がある。

本資料では、その東京ディズニーシーを例として、その地学的素材について紹介する。そして、その教材化を行い、試行的な実践を行ったのでその報告をする。

2. 東京ディズニーシーの地学的素材

東京ディズニーシーは、千葉県浦安市の東京ディズニーランドの南側の71.4 haの敷地に総事業費3,380億円をかけて2001年9月に作られた。中央にプロメテウス火山がそびえ、その周りを水路が取り囲んでいる。東京ディズニーシーは、入り口にあるディズニーシー・プラザと七つのエリアから構成されている(図1)。

相場(2002)は、東京ディズニーシーには多くの地学的素材の人工物があることを報告し、教育利用の可能性を述べている。また、小山・林(2005)はプロメテウス火山について、火山学的な解説を行っている。こ

*1 慶應義塾幼稚舎

*2 太田区立馬込第二小学校

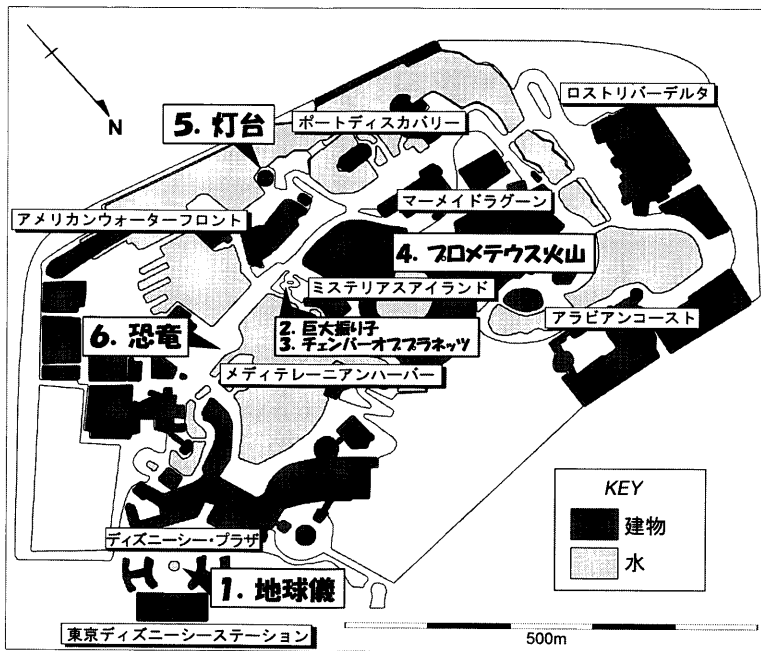


図1 東京ディズニーシーのエリア図
番号は、表1の地学素材のある位置を示す。

表1 東京ディズニーシーにおける地学素材

No.	エリア	場所及び建築物	地学的素材
1	ディズニーシー・プラザ	ディズニーシー・アクアスフェア	地球の自転、地軸の傾き
2	ディズニーシー・プラザ	床(マンホール、月の満ち欠け)	黄道12星座、月の満ち欠け、蛇紋岩、大理石(貝化石)
3	ディズニーシー・プラザ	トイレ床タイル	アンモナイト、モノチス、魚化石、シダ化石
4	ミステリアスアイランド	プロメテウス火山	火山、噴火、火口、水蒸気爆発
5	メディテレーニアンハーバー	ミステリアスアイランド入り口	玄武岩、柱状節理、海岸地形 波食洞
6	メディテレーニアンハーバー	北側湖沼	侵食地形、蜂の巣状構造
7	メディテレーニアンハーバー	北側階段	安山岩、結晶質石灰岩
8	メディテレーニアンハーバー	サンダイヤルデッキ	日時計
9	メディテレーニアンハーバー	チェンバーズオブプレイン	フーコ振り子
10	メディテレーニアンハーバー	テレスコープ	望遠鏡
11	ミステリアスアイランド	プロメテウス火山南側斜面	溶岩、火山弾、縄状溶岩
12	ミステリアスアイランド	海底2万マイル入り口付近	間欠泉、温泉、硫黄化合物
13	ミステリアスアイランド	海底2万マイル入り口北側	火山灰、スコリア
14	マーメイドラグーン	マーメイドラグーン運河北側	花崗岩、方状節理
15	ロストリバーデルタ	南東部分の水辺付近	球状風化、マサ
16	ロストリバーデルタ	吊り橋付近	ポットホール、蜂の巣状構造、堆積岩
17	ポートディスカバリー	エレクトリックレールウェイ下	潮間帯、潮の干満
18	アメリカンウォーターフロント	灯台	花崗岩の造岩鉱物、岩脈

相場(2002)を修正加筆した。

のように東京ディズニーシーには多くの地学的素材があることが知られている。しかし、その教育実践例はまだ報告されていない。

ここでは相場(2002)が示した地学的素材(表1)をもとに、その解説を行う。

①ディズニーシー・プラザ

ディズニーシー・プラザで目に付くのは地球を象徴する巨大な球体、ディズニーシー・アクアスフェア(図2A)である。このアクアスフェアはゆっくりと自転しているが、地軸は傾いていない。このアクアス

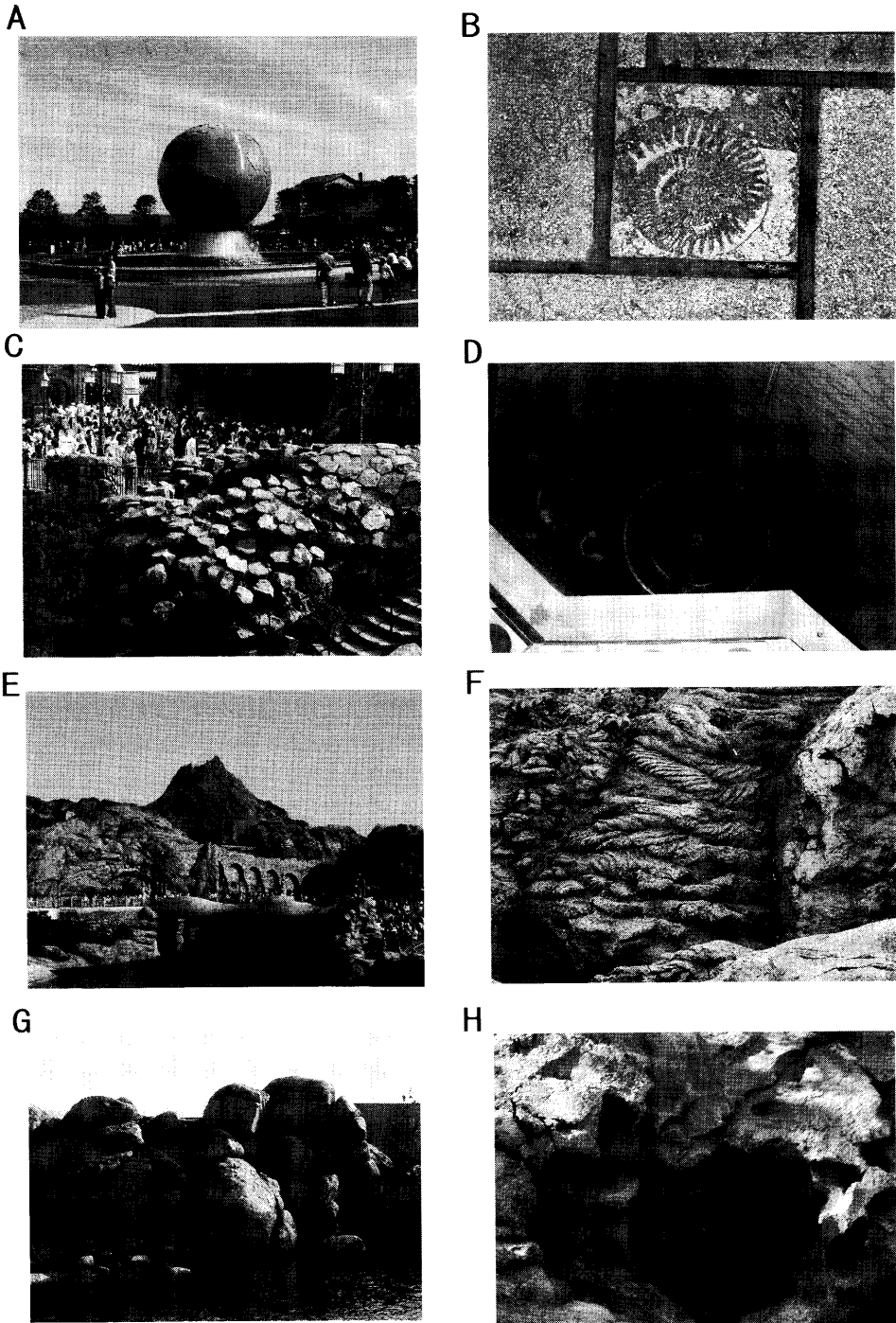


図2 東京ディズニーシーの地学素材

A: ディズニーシー・プラザにある巨大なディズニーシー・アクアスフィア, B: 男子トイレの床にある化石,
 C: 大規模な柱状節理, D: フーコー振り子, E: プロメテウス火山, F: 精巧に造られた縄状溶岩, G: 花崗岩
 とその方状節理, H: ポットホール.

フィアの自転の向きは本物の地球の自転の向きと同じかどうかを考えさせたり、また地軸が傾いていないことが本物と違うことに気づかせるような学習ができる。

また、このディズニーシー・プラザのマンホールは太陽系と黄道12星座がデザインされている。その中心に地球が描かれているので、天動説の考えに基づいて作られたデザインであることがわかる。また、アクアスフィアの周りには直径2mほどの月の満ち欠けをデザインした円形のタイルが八つ配置されている。月の影にあたる部分を蛇紋岩、光のあたる部分には大理石が使われている。この岩石を、よく観察すると大理石部分には巻き貝や二枚貝の化石がある。また、ここにあるトイレの床タイルには、人工のアンモナイト、モノチス、筆石の化石がデザインされている(図2B)。ただし、女子トイレは身障者用トイレの床タイルだけに使われている。

②メディテレーニアンハーバー

ディズニーシー・プラザから直進すると南ヨーロッパの港町をテーマとしたメディテレーニアンハーバーがある。この湾から北側に登る階段床には安山岩の石材が敷かれている。しかし、その階段側面に積まれている石材は安山岩の人工石材である。階段を上ると結晶質石灰岩の石材がたくさん積み上げられている。しかし、この石材はどれも人工である。さらに、ミステリアスアイランド入り口近くに進んでくると大規模な玄武岩の柱状節理(図2C)があり、大きさや形も本物とそっくりに作られている。また、海岸で侵食された地形や波食洞や、蜂の巣状構造なども精巧に作られている。

湾の南側の一角に望遠鏡、日時計、フーコー振り子(図2D)などの教材として利用可能な地学的素材が展示されている。しかし、これらの展示物にはほとんど説明書きがなされていない。特にフーコー振り子は、振り子の振動面の回転により、順に杭が倒れていくしくみになっている。それが地球の自転によるものとは気づかない見学者も多く、その現象を不思議そうに眺めている。

③ミステリアスアイランド

ミステリアスアイランドは、ジュール・ヴェルヌのSF小説をモチーフにした、南太平洋の火山島をテーマとしている。

ここにはプロメテウス火山(図2E)があり、この火山は東京ディズニーシーのシンボルである。高さ51

mあり、東京ディズニーランドの「シンデレラ城」と同じ高さである。火山は北側のドーナツ状の火山と、南側の円錐形の火山の二つの火山の複合火山になっており、北側の火山は、直径70mの火口湖を持つ。この火口湖には「海底2万マイル」のアトラクションがあり、時どき、火山ガスが放出され、水が吹き上がっている。また、硫黄化合物などが見られ、またその周りには火山灰、スコリア、火山礫などの堆積物が精巧に造られている。南側の火山は、現在活動中の火山で時どき水蒸気が出る演出になっている。山頂と山腹からは黒色の溶岩流が出ている。また、火山弾、縄状溶岩なども造られている(図2F)。

④マーメイドラグーン

ディズニー映画「リトル・マーメイド」をモチーフにした場所である。水域の周りには人工の花崗岩が配置されている(図2G)。花崗岩の方状節理、風化されていく様子などが本物とよく似せて造られている。

⑤ロストリバーデルタ

ここは中央アメリカの熱帯雨林を想定した場所である。吊り橋から、層理のはっきりした堆積岩が観察できる。また、ここは他の場所の水路と異なり、「ロストリバー」という自然の河川であるという設定であるのでポットホールも造られている(図2H)。

⑥ポートディスカバリー

ここは、東京湾を借景とするように設計された場所である。風景的には東京湾とつながっているように見えるが実際はつながっていない。潮間帯の様子を再現した場所があり、サザエやコンブ、フジツボまでが人工的に造られており、実際に海とつながっているような錯覚に陥るが、当然この水は海水ではなく潮汐の影響も受けていない。

⑦アメリカンウォーターフロント

ここにあるケープコッド灯台の土台に使われている花崗岩は人工物であるが、岩脈までも精巧に作られている。また、S.S.コロンビア号の近くには、トリケラトプスの頭骨のレプリカ標本がある。

3. 実践と評価

中学校1学年の「大地の変化」の単元の発展的内容と補充的内容としてワークシートを作成した(図3A, B)。ワークシートには合計10個の課題を提示し、生徒がこのワークシートを持って東京ディズニーシーの中を自由に歩いて課題を解いていく方式にした。

実践は、「大地の変化」の学習を終えている中学校2

ディズニーシーワークシート

年 組 氏名

ディズニーシーで以下の10の課題について考えてみよう。友達と相談しないで、自分の力でやってみよう。

課題1 地球儀の動きは本当の地球の動きと同じだろうか。

さて、この地球儀をよく見てください。この地球儀は動いています！さて、どっちの方向に動いていますか。本物の地球の動きと同じだろうか違うだろうか。例えば日本は右(東)から左(西)に動いているか？その反対か？

この地球儀の動きは 正しい・正しくない 日本は から に動いている どちらかを○でかこむ

課題2 メインエントランスにあるトイレで化石をさがせ

さっそく申し訳ないが、ちょっとトイレに行つてほしい。そこには化石があります。どんな化石がありますか。名前がわからなかったら、あとで図鑑で調べてみよう。ただし、女子トイレにはないので、この問題は男子のみ答えてください。

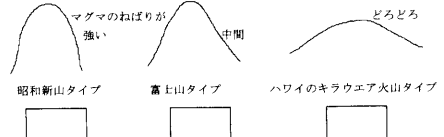
見つけた化石のスケッチ

Three empty boxes for drawing fossils.

ヒント アンモナイト、魚の化石、シダの化石、モノチスというものがある。示準化石という言葉をあつて調べてみよう

課題3 メディテレーニアンハーバーでプロメテウス火山を見てみよう

この火山の形は、つぎのどの火山の形に似ていますか。火山の形からマグマの性質を予想することを学んだと思います。さて、次のどのタイプでしょうか。



課題4 メディテレーニアンハーバーで柱のような岩石を探せ

なんだか、すごい柱みたいな石がたくさん見つかりましたか。こんな岩つて自然にも本当にあるのでしょうか。実はあります。有名なのが玄武洞というもの。あとで調べておきましょう。さて、よく観察してみましょう。この柱の断面は何角形が多いでしょうか。多かったものに○をつけてください。

- 3角形 4角形 5角形 6角形 7角形

さて、どうしてその形になったのだろう。実は、これは溶岩が冷却するときに熱収縮(体積が小さくなる)するために規則的な割れ目できたもので柱状節理といいます。田んぼや水たまりが乾いてできるひび割れは、乾燥する(水がなくなる)ことによって体積が小さくなってできますね。それと同じ。縁の縁も亀のこうらも何角形かな???

課題5 メディテレーニアンハーバーで、巨大なふりこを見つけろ

巨大なふりこを見つけたら、このふりこが回転していることに気づきましたか。さてどっち回りに回転したでしょうか。

- 右回り(時計まわり) 左まわり(反時計まわり)

図3A ワークシート その1

さて、このふりこは実は地球の自転を証明するためのフーコーのふりこといひます。こんなふりこで地球が動いていることが証明できるのです。もし、このふりこを北極点にもつていったら、ふりこは一日に1回転動き、赤道に持ていったら実は全然回転しないこととなります。なぜだかわかりますか。難しいけど考えを書いてみよう。

Large empty box for writing an answer.

課題6 メディテレーニアンハーバーで、日時計をさがせ

日時計を見つけることができましたか。日時計で大切なのはなんだろう。本当の時間と日時計の時間とを比べてみよう。だいたい合っていましたか。ただし、くもつていたらだめですね。

日時計の時間 本当の時間

課題7 ミステリアスアイランドで、縄の模様をした岩を見つけろ

実は縄の模様をしたのは溶岩です。溶岩が急に冷えるとこんな模様がつくことがあります。これを縄状溶岩といいます。この溶岩のあたりにはいろいろなおもしろい形をした岩石がたくさんあります。どれも本物そっくりに作つてあるので驚きます。おもしろいと思った岩石を一つでいいからスケッチしておこう。

Box for drawing a rock.

課題8 ミステリアスアイランドで、温泉が出ているところをさがせ

日本はたくさん温泉がわいています。ここにも温泉がわいています。岩石が黄色くなつてますね。これを硫黄をいひます。また、ときどき水が噴き出しているところがあるのに気づきましたか。これを間欠泉といひます。さて、間欠泉は何秒に1回吹き出しているでしょうか。

Box for writing an answer.

課題9 エレクトリックレールウェイの下にある浅い海を見る

この潮だまりには、海藻やらサザエやら、フジツボまでとてもリアルに湧つてあります。でもどう頑張つてもこの水は本当に海につながっていないという証拠を探してください。それは何でしょうか。なめてみることはできません。

Box for writing an answer.

課題10 灯台をさがせ

この灯台のまわりを巡っている岩石は何という名前でしょうか。ミカゲ石とかいひます。繋の階段はほとんどこの石、お墓もだいたいそうです。ただし、この石は本物がどうかとも判定してください。

石の名前 本物かどうか

おつかれさま! ティズニーシーで理科の勉強までしてしまつた欲張りな皆さん。たいへん立派です。

これ以外にもおもしろいもの、勉強になりそうなものに気づいたら教えてください。

Box for writing an answer.

感想・その他

Large box for writing a感想 or other notes.

図3B ワークシート その2

表2 評価結果

課題		評価の観点	男子A	男子B	女子A	女子B	女子C
課題1	地球の動きの確認	地球の動きを理解したか	○	○	○	○	○
課題2	化石の観察	化石に気づいたか	○	○	—	—	—
課題3	火山の形状とマグマ	火山の形の意味を理解したか	○	○	×	×	×
課題4	柱状節理の観察	柱状節理を観察できたか	○	○	○	○	○
		意味を理解できたか	×	×	×	×	×
課題5	フーコー振り子の観察	観察できたか	○	○	○	○	○
		意味を理解できたか	×	×	○	×	△
課題6	日時計の観察	観察できたか	○	○	○	○	○
課題7	溶岩の観察	観察できたか	×	○	○	○	△
課題8	火山地形、現象の観察	観察できたか	○	○	○	○	○
課題9	潮汐の観察	偽物との違いを指摘できたか	○	△	△	△	△
課題10	花崗岩の観察	偽物との違いを指摘できたか	×	△	×	×	×

○：十分理解できている，△：半分程度理解できている，×：理解できていない，—：不明。

年生5名（男子2名，女子3名）を対象に実施した。お互いに相談はしないようにして，自分の考えだけで記入するように指示した。

評価は，ワークシートの分析と生徒へのインタビューによって行った。そして，十分理解していると判断できたものは○，半分程度理解できていると判断したものは△，理解できていないと判断したものを×とした（表2）。

全員がよく理解していたのは，課題1の地球の動き，課題4の柱状節理の観察，課題5のフーコーの振り子の観察，課題6の日時計の観察，課題8の火山地形，火山現象の観察である。これらは，どれも生徒自身で探すことができ，また観察も容易であったと判断できる。逆に理解するのが困難だったのは，課題4の柱状節理の成因，課題5のフーコーの振り子の意味，課題10の花崗岩の偽物との違いの指摘である。柱状節理の成因とフーコーの振り子の意味については，高等学校で学習する内容であり，中学校で習得する知識では理解するのは困難であったと言える。ただし，本物の花崗岩と人工の花崗岩の区別ができなかったのは，学校の授業で花崗岩の等粒状組織の観察が十分でなかったためかもしれない。

また，課題3の火山の形状の意味や課題9の潮汐の観察などはよく理解できた生徒と理解できなかった生徒がおり，ばらつきが見られた。

生徒の感想は，東京ディズニーシーで地学の学習ができたことを驚く声が一番多かった。また，柱状節理や火山地形などは本物そっくりに造ってある偽物であることに驚いていた。そして，自然がこのような地形を造ることを初めて知り，より興味・関心を深めたと

いう声が多かった。

4. おわりに

今回の実践は，中学生わずか5名だけのものであり，試行的な実践である。しかし，今回の評価結果を見ると，地学教育の教材として十分利用価値があると判断できる。今後はさらに，多くの人数での実践と評価が必要である。また，小・中・高の発達段階ごとのワークシートの開発とその実践も今後の課題である。

また，東京ディズニーシー以外のアミューズメントパークでもこのような視点から教材に使えるような人工物を探し出して教材化することも可能である。そして，アミューズメントパーク以外でも，都市の中にある人工物もこのような利用の方法があると考えられる。例えば，東京都の品川駅前に地層モデルのオブジェが最近できた。これなども地学教育への利用の可能性がある。

相場(2007)は，理科教育における直接経験と間接経験を四つのカテゴリーに区分した。模型やレプリカを観察することは，その四つのカテゴリーの中の人為的間接経験に相当する。模型やレプリカを観察させた場合と，実際の本物を観察させるという直接経験との教育効果の比較研究も今後の課題である。

引用文献

- 相場博明(2002): アミューズメントパークを利用した地学教育. 日本地学教育学会第56回全国大会講演要旨, 32-33.
- 相場博明(2007): 理科教育における直接経験と間接経験の類型化と地学教育の果たす役割. 地学教育, 60, 137-148.

相場博明・八幡麻衣子・松川正樹(2002): 足跡から絶滅生物の推理と「知識の引き出し」の拡大—翼竜の教材化と実践に基づいて—, 地学教育, 55, 27-36.

馬場勝良(1996): “のり”の実験, さ・え・ら書房, 63 p.
小山真人・林 信太郎(2005): 東京ディズニーシー 知

れば知るほどイマジネーションの旅, ディズニーファン, 9月号, 講談社, 東京.

松村 明, 編(1998): 大辞泉, 小学館, 東京, 2864 p.

新村 出, 編(1991): 広辞苑第4版, 岩崎書店, 東京, 3010 p.

相場博明・柘原礼士・鍋島さやか: 人工物を活用した地学学習—東京ディズニーシーにおける地学素材の活用を例として— 地学教育 61 巻 4 号, 133-139, 2008

〔キーワード〕人工物, レプリカ, 模型, 東京ディズニーシー, 本物と偽物

〔要旨〕東京ディズニーシーにはさまざまな地学素材の人工物がある。本資料ではそれらの紹介を行った。

また、試行的な実践を中学生対象に実施した。その結果、教材として十分活用できる可能性を見いだすことができた。

Hiroaki AIBA, Reiji KUKIHARA and Sayaka NABESHIMA: Utilizing Artificial Materials in Earth Science Education—A Utilizing Example of Earth Science Materials at Tokyo DisneySea—. *Educ. Earth Sci.*, 61(4), 133-139, 2008

学 会 記 事

第 1 回 常務委員会議事録

日 時：平成 20 年 5 月 2 日(金) 18 時 10 分～19 時 50 分

場 所：日本教育研究連合会 会議室

出席者：牧野泰彦・馬場勝良・渋谷 紘・相場博明・濱田浩美・南島正重・高橋 修

議 題：

1. 前回議事録の承認
 前回(第 6 回常務委員会)議事録の承認がなされた。
2. 平成 21 年度以降の大会について
 平成 21 年度三重大会について現在までの進捗状況の確認を行い、大会委員長(副会長兼務)には本田 裕会員が就任することが報告された。平成 22 年度大会の開催地についても非公式にいくつかの候補があげられ、検討が行われた。
3. 入会者・退会者について
 今回は退会者 4 名が承認された。
 退会者：足立富男・澤田庄一郎・屋鋪増弘・吉富庸四郎(5 月 1 日現在：名誉会員 6 名、正会員 576 名、学生会員 19 名、在外会員 8 名)
4. その他
 - 1) 日本地学教育学会「功労賞」(新設)についての検討が行われた。

2) 会員の今後の動向を把握するために(シニア会員の新設等検討のため)、会員の年齢構成について調査することの検討が行われた。

3) 学会 HP についてリニューアルすることの検討が行われ、今後、茨城大学の伊藤 孝会員に HP の管理をお願いすることになった。

報 告：

1. 各種常置委員会から
 - 1) 編集委員会から 61-2 号の編集状況について報告があった。
 2. 寄贈交換図書について
 - 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2008): 地質ニュース, 第 645 号
 - 日本理科教育学会(2008): 理科の教育, 通巻 670 号
 - 産業技術総合研究所(2008): 産総研 TODAY, Vol. 8, No. 4
 - 熊本地学会(2008): 熊本地学会誌, No. 147
 - 日本地理教育学会(2008): 新地理, 55, Nos. 3/4
 - 立正地理学会(2008): 地域研究, 48-2
 - 山口県立山口博物館(2008): 山口県立山口博物館研究報告, 34
 - 山口県立山口博物館(2008): 山口県の自然, 68

編集委員会より

第4号は出版までの手続きが順調に進み、予定どおりの出版となり、ホッとしております。出版待ちの受理原稿を常に持っていたいと思っております。本年の論文投稿数は、一昨年と昨年の同時期と比べて、少なくなっております。

現在ですと掲載までに待ち時間が少なくて済みますが、ご投稿の前に原稿を何方かに読んで頂くとさらに待ち時間は少なくなるかと思います。

皆様の投稿をお待ちしています。

地学教育 第61巻 第4号

平成20年7月25日印刷

平成20年7月31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. 61, NO. 4

JULY, 2008

CONTENTS

Practical Articles

- Teaching Distance Determination for Galaxies Based on Type Ia Supernova
.....Tadashi HARA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI,
Hidehiko AGATA, Kentaro YAJI, Reiko FURUSHO
and Osamu KANAMITSU...113~122
- Evaluation of Junior High School Teaching Material for Estimating the Existence of
Faults Based on Analysis of Topographical Map Data and the Three-Dimensional
Image
.....Toru KIRYU, Yoshihiko KUBOTA, Jun NISHIKAWA
and Yoshiaki MIZUOCHI...123~132

Note

- Utilizing Artificial Materials in Earth Science Education
—A Utilizing Example of Earth Science Materials at Tokyo DisneySea—
.....Hiroaki AIBA, Reiji KUKIHARA and Sayaka NABESHIMA...133~139

Proceeding of the Society (140)

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