

地学教育

第63巻 第4号(通巻 第327号)

2010年7月

目 次

原著論文

大型研究機関におけるパブリックアウトリーチについての考察

—国立天文台野辺山の一般公開見学者の意識調査から—

.....下井倉ともみ・伊王野大介・篠原徳之・

御子柴 廣・川辺良平・土橋一仁...(109~123)

礫の摩耗実験による河床礫の分布様式の検討:

秋川-多摩川水系を例として松川正樹・江澤圭子・西田尚央...(125~133)

教育実践論文

小学生向け地震・津波発生装置の製作とその教育実践

.....香月興太・山口飛鳥・松崎琢也・山本裕二・村山雅史...(135~147)

学会記事 (148)

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 22 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 64 回全国大会

鹿児島大会のご案内

日本地学教育学会会長 牧野泰彦
鹿児島大会実行委員長 八田明夫

大会テーマ：郷土の地学的素材の教材化

—野外から何を学ぶか—

期 日：8月21日(土)・22日(日)

会 場：鹿児島大学教育学部講義棟

主 催：日本地学教育学会

後 援：文部科学省，全国高等学校校長会，全国
日本中学校校長会，全国連合小学校長会，
日本私立中学高等学校連合会，日本教育
研究連合会，日本理科教育学会，日本理
科教育協会，鹿児島県教育委員会，鹿児
島市教育委員会，鹿児島県小中高等学校
理科教育研究協議会，鹿児島県地学会

日 程

8月20日(金)：大会記念行事 13:00 教育学部自然棟—体育館の間に集合 テーマ：「郷土の素材を教材化する野外観察」 (鹿児島市内の小河川，田上川を観察する) 参加対象者：学校関係者，野外観察に興味のある方 等(会員でなくても参加できます。参加費：実費千円) 案内者：牧野泰彦(日本地学教育学会会長)		
8月21日(土) 開会式，学会奨励賞授与式，シンポジウム，ポスターセッション，研究発表，懇親会		
時刻	行事	会場：教育学部講義棟
8:30	受付	教育学部講義棟 1 階
9:30	開会行事， 学術奨励賞授与式	教育学部講義棟 204 教室
10:00	シンポジウム：「郷土の地学的素材の教材化 —野外から何を学ぶか—」204 教室	
12:00	昼食	
13:15	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室
14:15	休憩・展示	302 教室，303 教室
14:30	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室，C 会場 204 教室
15:30	休憩・展示	302 教室，303 教室
15:45	ポスターセッション(202, 203 教室) ジュニア・セッション(204 教室)	

16:30	休憩・展示	302 教室，303 教室
16:45	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室，C 会場 204 教室
18:00- 20:00	懇親会	鹿児島大学郡元南食堂 (エデュカ)
8月22日(日) 記念講演，研究発表，閉会式		
8:00	受付	教育学部講義棟 1 階
9:15	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室，C 会場 204 教室
10:15	休憩・展示	302 教室，303 教室
10:30	記念講演：「フィールドミュージアムの構築 と活用 —地域貢献と教材化—」204 教室	
12:00	昼食	
13:15	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室，C 会場 204 教室
14:15	休憩・展示	302 教室，303 教室
14:30	研究発表	A 会場 202 教室，B 会場 203 教室，C 会場 204 教室
15:45-16:00 閉会行事 204 教室		
8月23日(月) 10:00-14:00 見学旅行：桜島 案内：NPO 法人桜島ミュージアム 福島大輔氏		

8月21日(土)

開会式，学会奨励賞授与式，シンポジウム，ポスターセッション，ジュニアセッション，研究発表，懇親会

8:30 受付

9:30-10:00 開会行事，学術奨励賞授与式

10:00-12:00 シンポジウム

「郷土の地学的素材の教材化 —野外から何を学ぶか—」

コーディネーター：八田明夫(鹿児島大学)

シンポジスト：乙須 稔(鹿児島市立星ヶ峯東小学校)

佐藤 亮(鹿児島市立吉野中学校)

成尾英仁(鹿児島県立武岡台高等学校)

三次徳二(大分大学・文科省教科調査官(兼務))

13:15 研究発表
15:45 ポスターセッション・ジュニア・セッション
16:45 研究発表
18:00-20:00 懇親会(郡元南食堂(エデュカ))

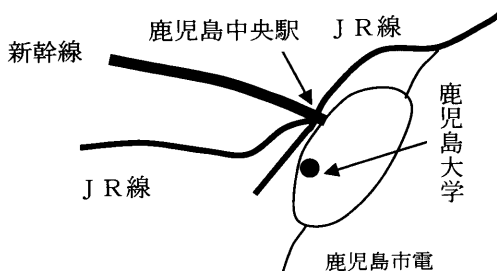
8月22日(日)

記念講演, 研究発表, 閉会式

8:00 受付(教育学部講義棟)
9:15-10:15 研究発表
10:30-12:00 記念講演: 鹿児島大学博物館・館長
大木公彦氏
「フィールドミュージアムの構築と活用 一地域貢
献と教材化一」(204教室)
13:15-15:30 研究発表
15:45-16:00 閉会行事(204教室)

8月23日(月) 見学旅行: 桜島

(案内: NPO 法人桜島ミュージアム 福島大輔氏)
集合場所等: 桜島フェリー桜島側降り場 10時集合
(弁当持参して下さい)
解散 14時 桜島フェリー桜島側乗り場
見学旅行参加費 2,000円 大会参加費: 4,000円
(学生 2,500円)
懇親会: 8月21日(於: 教育学部エデュカ, 会費:
4,000円)
発表申し込み 6月28日に締め切りました
原稿締め切り: 7月16日 発表時間: 1発表, 質疑を
入れて15分
大会事前登録(参加費事前納入) 締め切り: 7月16日
申し込み先: 鹿児島大会事務局
事務局の web ページの URL は,
<http://www-sci.edu.kagoshima-u.ac.jp/~ees2010nenkai/>
原稿の受付メールアドレスは,
ees2010nenkai@edu.kagoshima-u.ac.jp です。
参加費等, 振込先: ゆうちょ銀行
口座記号番号 01750-9-148578



会場案内

新幹線・JR線鹿児島中央駅下車
鹿児島市電「鹿児島中央駅前」郡元行き乗車
工学部前下車 市電の進行方向左手に進む
工学部の丸い建物を左手, グランドを右手に見ながら
約 200m 進むと右側に教育学部正門があります。
正門から入り, 左右の体育館の間を直進すると左前に
3階建ての講義棟が見えます。
鹿児島空港からはリムジンバスで鹿児島中央駅まで来
て下さい。
詳細な地図は大会事務局ホームページを参照して下さい。

宿泊案内

鹿児島市内には多数のホテルがあります。鹿児島大
学の周辺にはありませんので, 鹿児島中央駅や天文館
の周辺のホテルに宿泊して下さい。いずれも市電で
160円(1回の乗車)で工学部前に来ることができます。

大会事務局・出張依頼状の申し込み先
申し込みは下記のとおりですが, 基本的にメールでお
願います。

〒890-0065 鹿児島市郡元 1-20-6
鹿児島大学教育学部 日本地学教育学会鹿児島大会事
務局 事務局長: 土田 理
TEL & FAX: 099-285-7804
E-mail: ees2010nenkai@edu.kagoshima-u.ac.jp

研究発表プログラム

A 会場 202 教室

座長: 川村教一 (秋田大学) 13:15~14:15

- A1 13:15~13:30 津波災害教育モジュールの作成—「稲むらの火」から「チリ地震」まで—: °大辻 永・遠藤 輔 (茨城大学教育学部)
- A2 13:30~13:45 大気・熱環境学習プログラムのための地域素材の収集: °飯野直子¹・小田真莉絵¹・平田達二郎¹・金柿主税² (¹熊本大学・²熊本県甲佐中学校/鹿児島大学)
- A3 13:45~14:00 台風 0416 号の発生やその西日本での降水の地域差を捉える小学校での授業開発: 西川泰永¹, °加藤内蔵進², 戸田直美³, 石井栄二郎³, 大谷和男², 松尾健一², 入江 泉² (¹岡山大学教育学部 (理科), ²岡山大学大学院教育学研究科 (理科), ³高梁市立川面小学校)
- A4 14:00~14:15 日本の春の卓越気象系の特徴と季節感に関する授業開発 (唱歌『朧月夜』の情景を接点に): °加藤内蔵進¹, 加藤晴子², 藤本義博³, 入江 泉¹ (°岡山大学大学院教育学研究科 (理科), ²岐阜聖徳学園大学教育学部 (音楽), ³倉敷市立西中学校 (現在, 倉敷情報学習センター))

B 会場 203 教室

座長 馬場賢治 (京都産業大学) 13:15~14:15

- B1 13:15~13:30 小学校第 6 学年「月と太陽」の教材開発と小学校天文教材の変遷: 木下邦太郎 (帝京短期大学こども教育学科)
- B2 13:30~13:45 ゲストティーチャーによる小学校理科学習の意義—天体学習を中心に—: °間處耕吉 (廣大・教育・院), 林 武広 (廣大・教育)
- B3 13:45~14:00 天体観察活動を中心とした理科学習への関心を高める活動の実践: 森永成一 (指宿市立開聞中学校)
- B4 14:00~14:15 月と太陽の違いについての小学生の認識: °菊池大輔 (東京書籍), 堀哲夫 (山梨大学教育学部)

休憩・展示 (302 教室, 303 教室)

A 会場 202 教室

座長 飯野直子 (熊本大学) 14:30~15:30

- A5 14:30~14:45 地学教育は地域とどう関わっていくのか? —防災教育の授業実践からわかったこと—: 相原延光・ひらつか防災まちづくりの会 (神奈川県立横浜栄高等学校)
- A6 14:45~15:00 GMT を用いた気象教材の開発: °吉富健一 (廣大・教育・院), 林 武広 (廣大・教育), 山崎博史 (廣大・教育)
- A7 15:00~15:15 教職課程学生の地球温暖化に関する意識について: 馬場賢治 (京都産業大学)
- A8 15:15~15:30 高校生の津波に関する認識についてのアンケート調査結果: 2010 年 2 月 27 日チリ中部沿岸の地震による津波を例として: °川村教一・内記昭彦・荒井賢一・宮嶋敏・高木大輔・鈴酒明日香 (秋田大学・東京都立三田高等学校・栄東高等学校・埼玉県立深谷第一高等学校・香川県立三本松高等学校・香川県立丸亀高等学校)

B 会場 203 教室

座長 岡本弥彦 (麻布大学) 14:30~15:30

- B5 14:30~14:45 星空観望アンケートからみた光害と星の見え方の関連: °三島安城 (廣大・教育・院), 島立 翔 (名古屋・若水中), 萱原宏昭 (香川・坂出工高), 林 武広 (廣大・教育), 川端弘治 (廣大・宇宙科学センター)
- B6 14:45~15:00 月の観察から月の運動を科学的に探究させる学習展開: °茂庭隆彦 (岩手県立総合教育センター), 高橋 淳 (平泉町立平泉中学校)
- B7 15:00~15:15 空間概念を定着させる天体学習の実践: 久徳晋也 (鹿児島市立郡山中学校)
- B8 15:15~15:30 「天体」の学習における視点変更モデルによる立体的な空間の把握 II —太陽, 地球, 月の 3 次元表示教材の作成—: °平松良夫・野瀬重人 (°岡山県総社市立総社西中学校・岡山理科大学)

C 会場 204 教室

座長 木下邦太郎 (帝京短期大学) 14:30~15:30

C5 14:30~14:45 中学校理科教科書の地学分野の国別比較—安定陸塊と変動帯における地震・火山分野の扱いについて—: °宮本弥枝・伊藤 孝 (茨城大学教育学部)

C6 14:45~15:00 錦江湾高校におけるSSHの取組〜鹿児島島の豊かな地学素材を活かしたフィールドワーク〜: 樋之口 仁 (鹿児島県立錦江湾高等学校)

C7 15:00~15:15 県立船橋高校におけるSS野外実習の取り組み: 米澤正弘 (千葉県立船橋高等学校)

C8 15:15~15:30 モバイル端末「ジオポケ」の導入—茨城県をフィールドとした「野外観察データ共有システム」の進展—: °伊藤 孝・牧野泰彦・早川唯弘・小野義隆・中村直美・大辻永・郡司晴元・酒井紀美・関 友作・橋浦洋志 (茨城大学)

休憩・展示 (302 教室, 303 教室)

15:45~16:30 ポスターセッションタイム (202, 203 教室)

P1 (202 教室) 砂の安息角を利用したおもちゃ「玉砂舞楼」〜自然の法則の美しさを伝える教材の開発〜: 石浜佐栄子 (神奈川県立生命の星・地球博物館)

P2 (202 教室) アノマロカリスを“折る”—古生物折り紙の創作とその活用—: 小泉治彦 (千葉県立我孫子高等学校)

P3 (202 教室) 生活現象から考える天気予測: °川崎善照, 中野英之, 村上忠幸 (京都教育大学)

P4 (203 教室) 酸性雨が植物の生長に与える影響: °杉尾 充, 中野英之, 村上忠幸 (京都教育大学大学院, 京都教育大学教育学部, 京都教育大学教育学部)

P5 (203 教室) 防災教育の教師教育プログラムの開発: °五島政一, 岡本弥彦, 鈴木克徳 (国立教育政策研究所, 麻布大学, 金沢大学)

ジュニア・セッション (204 教室)

座長: 米澤正弘 (千葉県立船橋高等学校)

15:45~16:30

1) 発表題目「桜島の噴火に伴う火山雷の特徴」(鹿児

島県立錦江湾高校 川添信忠, 西元竣哉, 久保田竜太)

2) 発表題目「皆既日食時における電離層変動のAMラジオ電波観測」(鹿児島県立錦江湾高校 瑠至亜, 天文物理研究部 2人)

3) 発表題目「南九州上空におけるスプライトとその気象場の関連について」(鹿児島県立錦江湾高校 西ノ園太一, 天文物理研究部 2人)

休憩 (302 教室) 展示 (303 教室)

A 会場 202 教室

座長 伊藤 孝 (茨城大学) 16:45~17:45

A9 16:45~17:00 大雪山自然教育研究施設を活用した地学野外実習: °和田恵治・関口朋彦・佐藤鋭一 (北海道教育大学旭川校)

A10 17:00~17:15 環境学習の教材開発の視点: 下野 洋 (岐阜女子大学)

A11 17:15~17:30 富士山一周巡検〜高校生を対象とした野外観察ルートの提案〜: °西楨強 (茨城大学大学院教育学研究科), 伊藤 孝 (茨城大学教育学部理科教育)

A12 17:30~17:45 地域素材を生かした小学校理科自由研究〜岩石採集講習会の実践を通して〜: 原田浩毅 (鹿児島大学教育学部附属小学校)

B 会場 203 教室

座長 廣木義久 (大阪教育大学) 16:45~17:45

B9 16:45~17:00 地学への興味関心を高める工夫〜2009年7月22日 肝付町部分日食観測会を実施して〜: 山下智沙子 (鹿児島県肝付町立高山中学校)

B10 17:00~17:15 地球立体表示装置と衛星データを用いた教育プログラムの開発と実践分析(その1): 熊野善介 (静岡大学), °萱野貴広 (静岡大学), イルマン・アンワリ (静岡大学大学院)

B11 17:15~17:30 研究用データを用いた色等級図作成と星団年齢を推定する教材の開発とその試行: 原 正 (埼玉県立豊岡高等学校)

B12 17:30~17:45 天文台公開イベント参加者の宇宙や星への関心の高まりについて: °林武広¹, 三島安城², 吉田道利³, 植村 誠³, 川端弘治³, 大杉 節³ (°廣大・教育, ²廣大・教育・院, ³廣大・宇宙科学センター)

C 会場 204 教室

座長：五島政一（国立教育政策研究所）

16:45～17:45

- C9 16:45～17:00 時間空間認識を深める課題提示の方法と対話分析：[○]岡田大爾（広島国際学院大学），小野瀬倫也（東京学芸大学附属竹早中学校）
- C10 17:00～17:15 時間・空間概念の系統的構築～第6学年「月と太陽」の学習を通して～：久保博之（鹿児島大学教育学部附属小学校）
- C11 17:15～17:30 反射望遠鏡作製実習を通してものづくりに強い教員を養成する試み：中野英之（京都教育大学教育学部）
- C12 17:30～17:45 3D衛星画像を教材とした高等学校地学教育～九州の火山とその地形～：[○]坂本昌弥（鹿児島玉龍高等学校 & 鹿児島大学大学院人文社会科学部）・木下紀正（鹿児島大学教育実践総合センター）

18:00～20:00 懇親会（郡元南食堂（エデュカ））

8月22日（日）記念講演、研究発表、閉会式

8:00: 受付（教育学部講義棟）

9:15～10:15 研究発表

研究発表

A 会場 202 教室

座長：関友作（茨城大学）9:15～10:15

- A13 9:15～9:30 鹿児島市内の小河川，田上川を観察する：牧野泰彦（茨城大学教育学部）
- A14 9:30～9:45 地域素材を活用した「流水のはたらき」の授業実践：広島県瀬野川流域を例として：山崎博史（広島大学大学院教育学研究科）
- A15 9:45～10:00 電磁流速計の可能性とそれを用いた「流れる水の働き」の実践：[○]山下浩之・林慶一（[○]福岡市立南片江小学校・甲南大学）
- A16 10:00～10:15 小学校5年「流れる水の働き」における流水モデル実験の活用：[○]林武広（広大・教育），土井徹（広大・附東雲小），吉富健一（広大・教育），山崎博史（広大・教育）

B 会場 203 教室

座長 中野英之（京都教育大学）9:15～10:15

- B13 9:15～9:30 中学生の岩石の風化理解に対する土の学習の効果：[○]廣木義久（大阪教育大学）・平田豊誠（大阪教育大学附属池田中学校）
- B14 9:30～9:45 砂浜と海岸砂丘の砂の粒度分析 一宮崎県一ツ葉海岸の事例一：河口智志（千葉県立成田西陵高等学校）
- B15 9:45～10:00 砂の安息角を利用したおもちゃ「玉砂舞楼」～自然の法則の美しさを伝える教材の開発～：石浜佐栄子（神奈川県立生命の星・地球博物館）
- B16 10:00～10:15 高校地学に逆級化層を教材化する必要性を訴える：戸倉則正（京都府立北嵯峨高校）

C 会場 204 教室

座長：和田恵治（北海道教育大学旭川校）

9:15～10:15

- C13 9:15～9:30 人吉盆地南縁断層の最近の活動時期と変位量：[○]内田暁雄¹・三宅由洋¹・田口清行²・村本雄一郎³・早川祐貴¹・田中均⁴（¹熊本大学大学院教育学研究科，²熊本市教育委員会，³熊本県教育センター，⁴熊本大学教育学部）
- C14 9:30～9:45 断層と地形：[○]三宅由洋¹・内田暁雄¹・田口清行²・早川祐貴¹・田中均⁴（¹熊本大学大学院教育学研究科，²熊本市教育委員会，³熊本県教育センター，⁴熊本大学教育学部）
- C15 9:45～10:00 中学生が考える桜島～なぜ桜島はあのような形をしているのか～（仮）：内祥一郎（鹿児島市立紫原中学校（前附属中学校））
- C16 10:00～10:15 高等学校理科課題研究におけるガイドブックの編集とその活用：小泉治彦（千葉県立我孫子高等学校）

休憩・展示（302 教室，303 教室）

10:30～12:00 記念講演

鹿児島大学博物館・館長 大木公彦 タイトル「フィールドミュージアムの構築と活用～地域貢献と教材化～」(204 教室)

12:00～13:15 昼食

A 会場 202 教室

13:15~16:15 研究発表

座長: 林 武広 (広島大学) 13:15~14:15

A17 13:15~13:30 露頭を利用した地質層序の概念形成 ~鹿児島湾北西部沿岸地域の第四系の例~: 佐藤 亮 (鹿児島市立吉野中学校)

A18 13:30~13:45 義務教育段階における地質分野の基本概念としての歴史性の喪失過程—1960年代の欧米の現代化に内在した欠陥との関係—: 林 慶一 (甲南大学理工学部)

A19 13:45~14:00 和歌山県 白崎海岸の地質~付加体と4つの岩石~: 清水直貴 (和歌山県那智勝浦町下里中学校)

A20 14:00~14:15 鹿児島県屋久島の四万十層群にみられる生痕化石について: °桑水流淳二 (鹿児島県立鶴丸高等学校)・中川正二郎 (鹿児島県熊毛郡屋久島町宮之浦)

B 会場 203 教室

座長 山崎博史 (広島大学大学院教育学研究科)

13:15~14:15

B17 13:15~13:30 鉱物形成モデル実験の検討: 宮崎雄一 (愛媛県立松山南高等学校)

B18 13:30~13:45 カルクアルカリ安山岩の成因に関するアナログ実験: °佐藤鋭一 (北海道教育大学旭川校)・和田恵治 (北海道教育大学旭川校)

B19 13:45~14:00 パホイホイ溶岩をつくる: 境智洋 (北海道教育大学釧路校)

B20 14:00~14:15 マイクロスケール実験による鉱物の密度測定: 中川徹夫 (神戸女学院大学人間科学部環境・バイオサイエンス学科)

C 会場 204 教室

座長 三次徳二 (大分大学) 13:15~14:15

C17 13:15~13:30 星砂の教材化: 西 健一郎 (鹿児島県総合教育センター)

C18 13:30~13:45 生徒の興味・関心を高める授業の実践 ~身近なもの, 地域の教材をいかして~: 小牟禮 翼 (指宿市立北指宿中学校)

C19 13:45~14:00 地学教育現場での学生の理解の傾向: 泊 芳英 (鹿児島大学教育学部)

C20 14:00~14:15 地域に根ざして学ぶ高校「地学I」: 小尾 靖 (神奈川県立相模原青陵高等学

校)

休憩・展示 (302 教室, 303 教室)

A 会場 202 教室

座長: 林 慶一 (甲南大学理工学部) 14:30~15:30

A21 14:30~14:45 中学生での活用をめざす堆積相に着目した堆積環境推定の方策: °吉川武憲 (兵庫教育大学大学院連合)・香西 武 (鳴門教育大学)・村田 守 (鳴門教育大学)・藤岡達也 (上越教育大学)

A22 14:45~15:00 ESDの実践としての地学教育の可能性: °五島政一 (国立教育政策研究所), 岡本弥彦 (麻布大学), 鈴木克徳 (金沢大学)

A23 15:00~15:15 生涯学習としての親子化石掘り教室の実践: 三次徳二 (大分大学教育福祉科学部)

A24 15:15~15:30 喜界島から産出する有孔虫化石を教材化するための基礎的研究: 八田明夫 (鹿児島大教育)

B 会場 203 教室

座長 佐藤鋭一 (北海道教育大学旭川校)

14:30~14:45

B21 14:30~14:45 iPadを用いた岩石鑑定マニュアルのマルチメディア化: °吉富健一 (広大・教育・院), 林 武広 (広大・教育), 山崎博史 (広大・教育), 鈴木盛久 (比治山大・現代社会)

B22 14:45~15:00 地域の素材を活かした習得・活用・探究型自然体験プログラム~なぜミグマタイトはしましまなのか?~: °金柿主税¹・飯野直子² (1°熊本県甲佐中学校/鹿児島大学・2°熊本大学)

B23 15:00~15:15 炭酸塩鉱物の多様性と共通性: 岡本弥彦 (麻布大学 生命・環境科学部)

B24 15:15~15:30 茨城県五浦を題材にした教育プログラムの開発: 嶋田一樹¹, 伊藤 孝¹, 牧野泰彦¹, 天野一男², 安藤寿男², 小野義隆¹, 中村直美¹, 早川唯弘¹, 小泉晋弥³, 関 友作¹, 鈴木 敦³, 澤畑哲吏¹, 成島仁美¹ (1°茨城大学教育学部, 2°茨城大学理学部, 3°茨城大学人文学部)

C 会場 204 教室

座長 境 智洋 (北海道教育大学釧路校)

14:30~15:30

C21 14:30~14:45 小学生・中学生・高校生を
対象とした化石を用いた実習 —境川遊水地公
園を例として—: °小荒井千人 (慶應義塾湘南藤
沢中高等部), 馬場勝良 (岐阜聖徳学園大学教育
学部)

C22 14:45~15:00 地球科学関連情報の市民へ
の広報に関する研究 —ニュージーランド,
オークランド・ウェリントンの事例—: °関
友作, 伊藤 孝 (茨城大学 教育学部)

C23 15:00~15:15 小中学校における地学的領
域の学習指導の改善~鹿児島県総合教育セン
ターにおける教員研修を通して~: °鮫島敦
浩・山田吉夫 (鹿児島県総合教育センター)

C24 15:15~15:30 新しい研修のカタチ「高校×

研究機関×博物館」—平成21年度神奈川県高
等学校教科研究会理科部会 春季地学研修
—: °小尾 靖¹, 小俣珠乃², 河尻清和³, 石浜佐
栄子⁴, 平田大二⁴, 高島清行⁵, 相原延光⁶, 田中
芳信⁷, 山下真一⁸ (°¹神奈川県立相模原青陵高等
学校, °²独立行政法人海洋研究開発機構, °³相模
原市立博物館, °⁴神奈川県立生命の星・地球博
物館, °⁵神奈川県立西湘高等学校, °⁶神奈川県立
横浜栄高等学校, °⁷川崎市立橘高等学校, °⁸神奈
川県立秦野総合高等学校)

15:45~16:00: 閉会行事 (教育学部講義棟 204 教
室)

8月23日(月) 見学旅行: 桜島 (案内: NPO 法人桜島
ミュージアム 福島大輔氏)

大型研究機関における パブリックアウトリーチについての考察

—国立天文台野辺山の一般公開見学者の意識調査から—

A Study of the Public Outreach at a Large Astronomical Observatory

下井倉ともみ^{*1,2}・伊王野大介^{*1}・篠原徳之^{*1}

御子柴 廣^{*1}・川辺良平^{*1}・土橋一仁^{*2}

Tomomi SHIMOIKURA, Daisuke IONO, Noriyuki SHINOHARA,
Hiroshi MIKOSHIBA, Ryohei KAWABE and Kazuhito DOBASHI

Abstract: Since 1983, the Nobeyama Radio Observatory (NRO) has had a tour course on the premises. The course is open to the public all year round, and many citizens visit the facility, including the large radio telescopes. In order to research visitors' satisfaction with the course, and to also investigate what they expect of the NRO, we conducted a visitor survey. The survey revealed that many visitors are interested in astronomy and have a high level of satisfaction with the self-guided tour. These results suggest that material provided at the self-guided tour course on the NRO campus is sufficiently suited for the needs of the general public. Through statistical analyses, we also found that most visitors believe that radio astronomy is difficult to understand. However, our results also suggest that the required high level of understanding in fact stimulates many of the visitors' curiosity about science. In addition, our analyses show that the level of visitor satisfaction is significantly different depending on the visitor's gender and fundamental interest in astronomy. Such differences should be taken into account for future public outreach activities at large astronomical observatories like the NRO.

Key words: public outreach, astronomy education, radio astronomy, questionnaire survey

1. はじめに

大学共同利用機関法人自然科学研究機構 国立天文台野辺山 (以後 NRO) は、宇宙電波観測所と太陽電波観測所の二つの観測所からなる共同利用研究機関であり、日夜、電波天文学研究およびそれにかかわる装置開発が行われている。毎年、国内外から多くの研究者が訪れ、宇宙・太陽電波の観測を行っている。

NRO におけるパブリックアウトリーチ (市民サー

ビス) の一つに、『一般公開』がある。これは、濤崎ほか (2009) や西浦ほか (2007) によって紹介されている研究者養成を目的とした高度に専門的なアウトリーチとは異なり、広く一般市民を対象にしている。この一般公開は、観測所内の一部に見学コースを設置し、一般市民が自由に散策しながら見学できるようにしたものであり、NRO に宇宙電波観測所が開所された次年度の 1983 年より実施されている。見学コース内には観測装置や研究成果を説明した解説パネルが随所に設

構内案内図

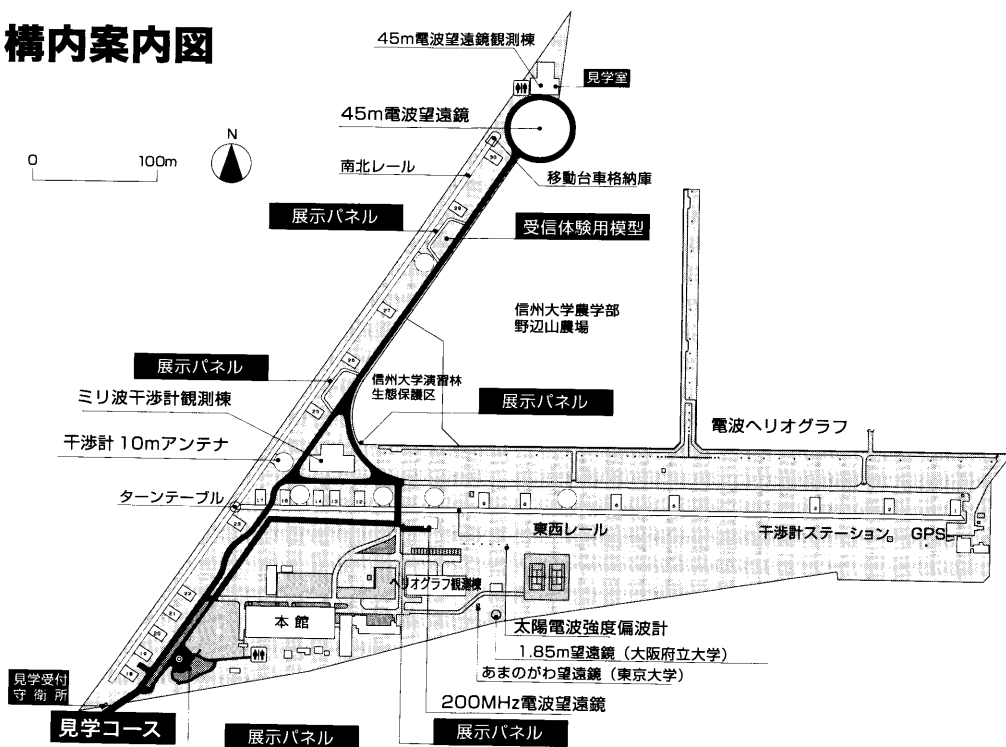


図1 NRO 見学コース概要

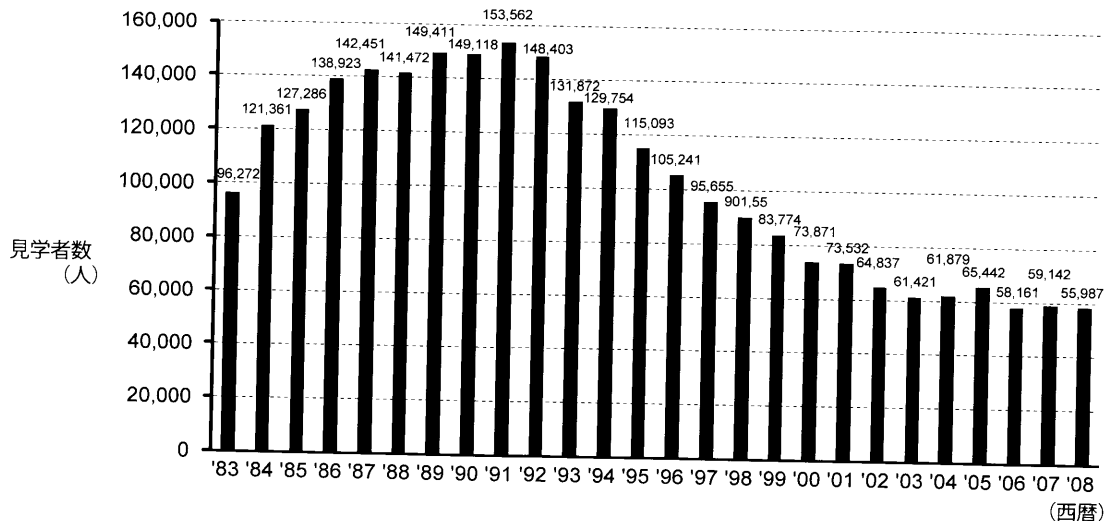


図2 1983年から2008年の年度別の見学者数

置されており、見学者が各種電波望遠鏡を間近に見ながら最先端の天文学に触れることができるようになっている。見学コースの概要を図1に示す。

図2に、NROの一般公開が始まった1983年から2008年までの年度別の見学者数を示す。見学者数は、バブル景気の拡大に足並みをそろえるように年間15

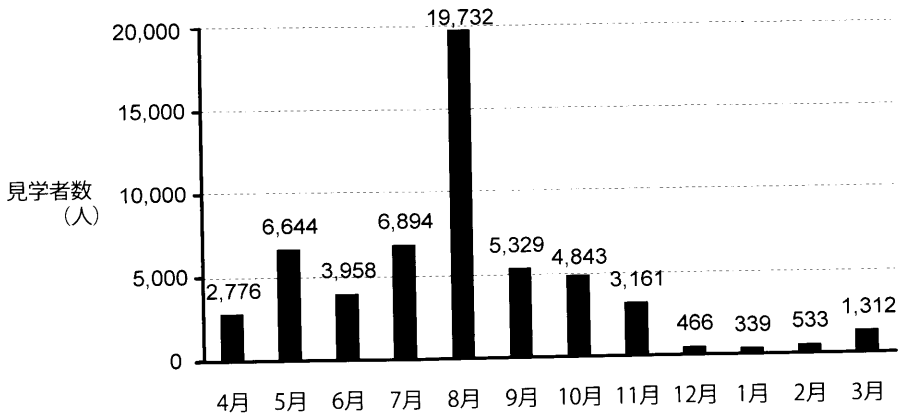


図3 2008年度の月別見学者数

万人強まで増加した後、2000年頃までに6万人前後まで減少した。その後は大幅な増減は見られない。2008年度までの累計は、延べ269万人を超えている。2008年度は55,987人が訪れた。2008年度の月別見学者数を図3に示す。図から分かるように、8月の見学者数が最も多い。これは、見学者の大半が児童生徒を含む家族連れであるからである。同じ理由で、大型連休のある5月や9月も、見学者コースは家族連れで賑わう。

NROの一般公開には、年末年始以外の年間を通じて常時行われているという大きな特徴がある。これは、一般市民が最先端の研究に頻繁かつ気軽に触れられるようにするためである。大型の研究機関によるこのような常時公開の取り組みは全国的に増えつつあるものの、年に一度(数日間)だけの特別なフェスティバルとしての施設公開にとどまっている研究機関もいまだに多い。

NROをはじめとする公的な研究機関においては、その活動内容を説明して研究成果を分かりやすく社会へ還元することが重視されている。公的な研究機関は、研究資金を提供している市民の支持や理解なくしては成立しないからである。NROの一般公開のような活動は、パブリックアウトリーチという言葉とともに、その重要性が認識されつつある。

パブリックアウトリーチが推進され定着してきた今日、研究成果を還元される側の立場にある市民は、研究機関の活動に対してどれくらい満足し、また、研究機関にどのようなことを期待しているのだろうか。われわれ科学者・技術者は、社会の要求をどう反映させていくかを考える必要がある。しかし、NROは常時公

開を行っている大型研究機関であるが、市民の意識や社会の要求を知るための定量的な調査はこれまで行っていなかった。自然科学についての情報はさまざまなところにあふれており、その情報の受け手側のニーズも多様化している。今後のパブリックアウトリーチを推進するうえで、市民の属性(性別・宇宙への興味度合別)ごとの意識を調査分析し、研究機関へ期待することや満足度などの意識実態を定量的に把握することは極めて重要である。

以上を踏まえ、筆者らは今後のパブリックアウトリーチ推進の手掛かりを得るために国立天文台野辺山を訪れた一般見学者を対象にした意識調査を行った。調査は2009年4月～8月の間に行った。本論文では、その調査結果について述べる。さらに、NROのような大型研究機関がパブリックアウトリーチを推進していくうえで考慮すべき課題と、その方向性についても考察する。

2. 一般見学者への意識調査

NROでは、パブリックアウトリーチを推進するための広報委員会が設置されている。本調査は、この広報委員会が中心となって行った。調査の概要は、以下の(1)～(3)のとおりである。

(1) 調査対象および目的

NROを訪れた一般見学者を対象に、次の2点を目的としてアンケート形式の調査を実施した。調査対象は、アンケートの質問内容を理解できる10歳以上の見学者である。

- ① 個人の意識実態(NROへ期待することや満足度等)を定量的に把握する。

表1 A項目とB項目の質問(回答者へ配布した調査用紙から抜粋)

A 以下の質問にお答えください。

A1 どなたと一緒にいらっしかったですか。

- ①1人で ②家族と ③友人と ④団体・サークルで ⑤学校の行事で

A2 今回、いらっしまった一番の目的は何ですか。

- ①宇宙・天文に興味があって ②電気工学に興味があって ③知人に勧められて
④学習・研究のため ⑤観光 ⑥その他()

A3 これまでに、国立天文台野辺山へいらっしまったことはありますか。

- ①ある(回数: 回) ②ない

A4 普段、宇宙・天文についての情報はご覧になりますか。

- ①はい ②いいえ

「はい」の方はA~Dから当てはまるものをお選び下さい。(複数回答可)

- A、科学雑誌 B、インターネット C、テレビ・ラジオ D、その他()

A5 普段、意識して星空を眺める機会がありますか。

- ①ある ②ない

「ある」の方はA~Dから当てはまるものを一つお選び下さい。

- A、1週間に1回以上 B、1か月に1回くらい C、半年に1回くらい D、1年に1回くらい

B 国立天文台野辺山を見学されていたいかがでしたか。お選び下さい。

		そう思う	まあそう思う	言えない どぎげんか	思わない さうだとは あまり	そう思わない
B1	十分楽しむことが出来た	1	2	3	4	5
B2	いろいろ学ぶことができた	1	2	3	4	5
B3	よそでは体験できない	1	2	3	4	5
B4	新しい発見があった	1	2	3	4	5
B5	驚きや感動が得られた	1	2	3	4	5
B6	宇宙の研究はロマンがある	1	2	3	4	5
B7	宇宙の研究は文化の発展につながる	1	2	3	4	5
B8	電波天文学が身近になった	1	2	3	4	5
B9	また来たい	1	2	3	4	5
B10	電波天文学は難しい	1	2	3	4	5
B11	展示パネル・解説の意味が分からないものがある	1	2	3	4	5
B12	もっと解説を付ける必要がある	1	2	3	4	5
B13	宇宙の研究は自分とは無関係だ	1	2	3	4	5

表2 調査実施日の概要

調査日	時刻	回答者数	見学者の総数
4月27日	10:00-15:00	18人	60人
4月29日	10:00-15:00	57人	120人
4月30日	10:00-15:00	55人	99人
5月15日	10:00-12:00	8人	122人
6月5日	13:30-14:30	15人	99人
6月6日	13:30-14:30	29人	334人
6月12日	13:30-14:30	29人	225人
7月22日	10:00-12:30	165人	877人
8月24日	10:00-15:00	86人	310人
8月25日	10:00-15:00	69人	243人
合計		531人	2,489人

② 調査結果を分析し、今後のアウトリーチの方針・戦略・施策などを立案するためのヒントや情報を得る。

(2) 調査内容

調査内容は、自由記述を含め全31項目を設定した。このうち、本論文の解析に関係する重要な項目を、以下のA項目とB項目に分けて表1にまとめる。

A項目：見学の目的などを尋ねるものである。この項目は回答者がどのくらい宇宙に興味があるかを調べるためのものであり、5項目（表1のA1～A5）からなる。

B項目：満足度を調査する5段階選択式のものである。この項目では見学を終えての満足度を13項目（表1のB1～B13）に分けて調査した。各質問項目について「そう思う」、「まあそう思う」、「どちらとも言えない」、「あまりそうだとは思わない」、「そう思わない」の五つから選択させた。

項目B1～B9は「そう思う」の回答選択はプラス評価であり、満足度も高いことになる。項目B10～B13は「そう思う」の回答選択はマイナス評価であり、満足度が低いことになる。以後、項目B1～B9はプラス評価項目で、項目B10～B13はマイナス評価項目と呼ぶ。

(3) 調査方法および期間

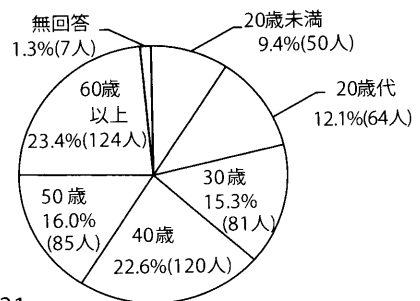
見学を終えたばかりの見学者に対して、広報委員がアンケート調査への協力を呼びかけた。調査に応じた見学者へ調査表を配布し、その場で記入してもらい回収した。調査は見学者が増えるゴールデンウィークと週末（土・日）を中心にのべ10日間行った（表2）。7月22日は皆既日食のあった日で、外部団体の企画

したツアーの見学者が多く訪れた。7月22日の回答者が団体ツアーでの見学者かそれ以外か、また、来所目的が日食現象の観察か施設の見学かどうかは、調査票不備のため明確に分別できなかった。なお、筆者らはこの日の回答者に対して、皆既日食に合わせた特別な施設公開を行ってはいない。本調査の全回答者数は531人である。全調査実施日の見学者総数は2,489人であり、そのうち約2割の見学者から回答を得たことになる。

3. 調査結果

3.1 回答者の年齢・性別の分布

回答者の年齢の分布については、「10～19歳」が9.4%、「20歳代」が12.1%、「30歳代」が15.3%、「40歳代」が22.6%、「50歳代」が16.0%、「60歳代以上」が23.4%であり、1.3%が無回答であった（図4）。性別による内訳については、「女性」が46.9%、「男性」が52.4%、無回答が0.8%となった（図5）。



N=531

図4 回答者の年齢内訳。Nは被験者数を示す。

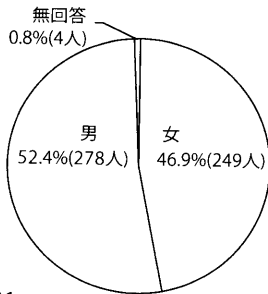
3.2 A 項目の結果

(1) A1「どなたと一緒にいらっしゃいましたか」

結果を図6に示す。60.8%が「家族と」となり、多くの家族連れが訪れている。以降、「友人と(20.7%)」、「団体・サークル(9.6%)」、「一人で(8.1%)」となった。

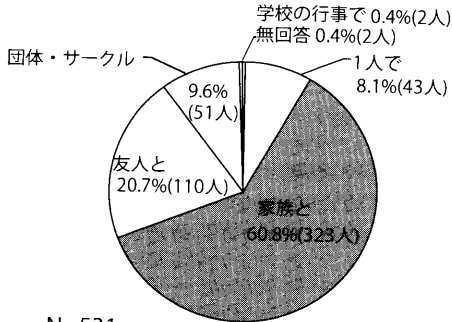
(2) A2「今回、いらっしゃった一番の目的は何ですか」

結果を図7に示す。「観光」が38.6%と最も多く、



N=531

図5 回答者の性別内訳。Nは被験者数を示す。



N=531

図6 誰と一緒に来たか。Nは被験者数を示す。

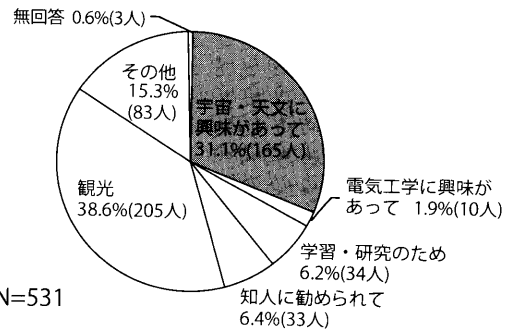
次に「宇宙・天文に興味があって」が31.1%となった。「宇宙・天文に興味があって」、「電気工学に興味があって」、「学習・研究のため」を合わせると、「観光」目的とほぼ同じ割合(39%)になる。

(3) A3「これまでに、国立天文台野辺山へいらっしゃったことはありますか」

この結果と、再訪問者の過去の訪問回数を図8に示す。22%が再訪問者であることが分かった。過去の訪問回数は、1回が63人、2~4回が39人、5~9回が8人、10回以上が2人となった。

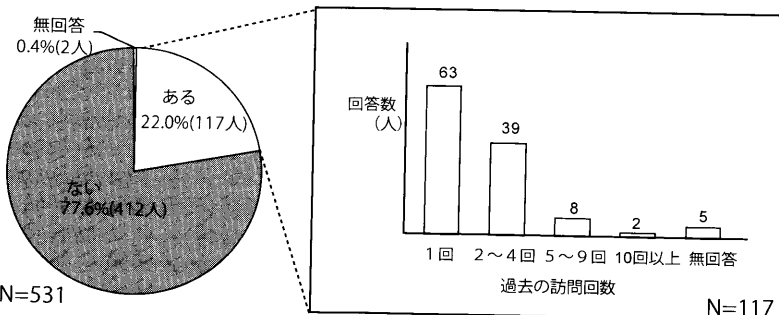
(4) A4「普段、宇宙・天文についての情報はご覧になりますか」

宇宙・天文についての情報取得の習慣の有無と、習慣がある回答者にはその情報源を尋ねた。結果を図9に示す。情報取得習慣の有無については、「習慣あり」が54.6%、「習慣なし」が42.2%となった。「習慣がある」と答えた人の情報源としては「インターネット」「テレビ・ラジオ」の回答が多い。「その他(記述式)」としては、「新聞」との回答が多かった。



N=531

図7 見学目的の内訳。Nは被験者数を示す。



N=531

N=117

図8 過去のNROへの見学経験の有無(左)と、「ある」と答えた回答者の過去の訪問回数(右)。Nは被験者数を示す。

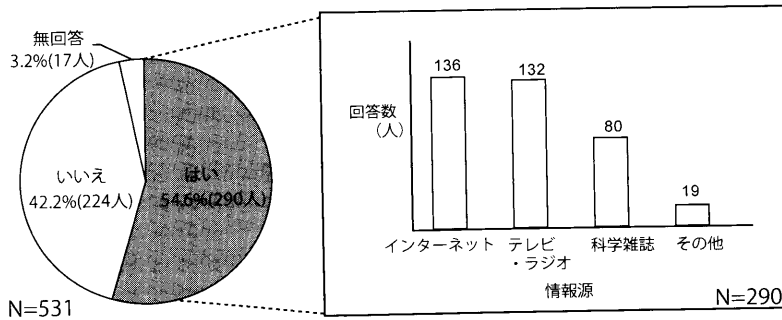


図9 宇宙に関する情報取得習慣の有無(左)と、「はい」と答えた回答者のその情報源(右). N は被験者数を示す.

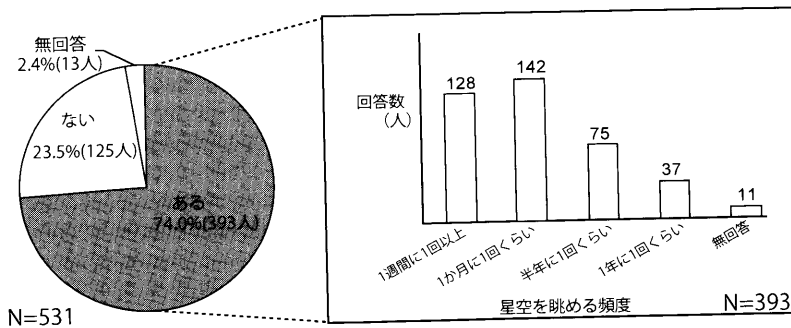


図10 星空を眺める習慣の有無(左)と、「ある」と答えた回答者のその頻度(右). N は被験者数を示す.

(5) A5 「普段、意識して星空を眺める機会がありますか」

星空を眺める習慣の有無と、習慣がある回答者にはその頻度について尋ねた。結果を図10に示す。「眺める習慣あり」が74.0%、「眺める習慣なし」が23.5%となり、習慣がある回答者が多い。「習慣がある」と答えた人のうち「1カ月に1回くらい」が最も多く、142人であった。それに次いで多いのは、選択肢の中で最も頻繁に星空を眺めている「1週間に1回以上」の128人であった。

3.3 B項目の結果

(1) プラス評価項目: 項目 B1~B9

結果を図11(a)に示す。全項目において「そう思う」と「まあそう思う」を合わせると70%以上を占める。全体的に満足度は高い結果となった。「そう思う」の割合が大きいのは、項目 B3, B6, B7 である。

(2) マイナス評価項目: 項目 B10~B13

結果を図11(b)に示す。「電波天文学は難しい(B10)」では、「そう思う」と「まあそう思う」を合わせた結果が80%を超えている。項目 B11, B12 は、見学コースに設けてある解説パネルについての質問であ

る。「そう思う」「まあそう思う」を合わせた割合は、55%程度であった。「宇宙の研究は自分とは無関係だ(B13)」では、「あまりそうだとは思わない」「そう思わない」を合わせると48%となった。

3.4 B項目間の相関係数

項目 B1~B13 の間の相関関係を定量的に示す指標として、相関係数を算出した(例えば、中澤, 2003)。表3がその結果である。項目 B13 以外の項目間の大部分で相関係数 0.8 以上の強い相関があった(例えば、赤間・山口, 2006)。項目 B9 の「また来たい」と特に相関が強い項目は、「新しい発見があった(B4)」、「驚きや感動を得られた(B5)」など、知的欲求を満たす項目である。また、「電波天文学が身近になった(B8)」とも相関が強い一方で、興味深いことに、「電波天文学は難しい(B10)」とも相関が強い。項目 B10 は B9 以外のプラス評価の項目(B3~B7)とも強い相関を示している。

4. 統計分析

B項目の調査結果をさらに詳細に分析するため、この章では、性別や宇宙への興味の度合によって回答結

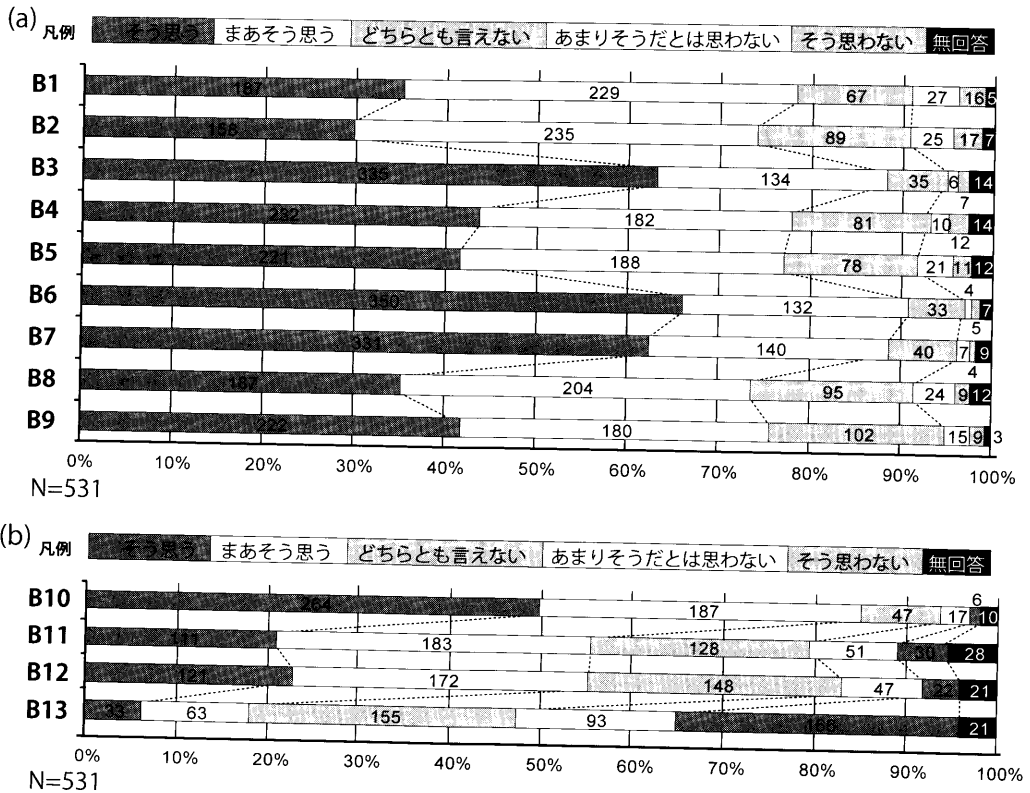


図 11 B 項目の結果 (B 項目の内容は表 1 を参照). N は被験者数を示す.
 (a) プラス評価項目, (b) マイナス評価項目

表 3 B 項目間の相関係数 (B 項目の内容は表 1 を参照)

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12	B 13
B 1	1.000												
B 2	0.985	1.000											
B 3	0.786	0.685	1.000										
B 4	0.948	0.904	0.924	1.000									
B 5	0.966	0.926	0.907	0.997	1.000								
B 6	0.778	0.675	0.999	0.919	0.901	1.000							
B 7	0.805	0.708	0.999	0.936	0.920	0.999	1.000						
B 8	0.985	0.977	0.808	0.970	0.981	0.800	0.827	1.000					
B 9	0.945	0.915	0.891	0.993	0.992	0.887	0.906	0.979	1.000				
B 10	0.930	0.862	0.958	0.986	0.985	0.953	0.966	0.935	0.963	1.000			
B 11	0.877	0.940	0.495	0.783	0.808	0.485	0.525	0.905	0.833	0.697	1.000		
B 12	0.834	0.896	0.518	0.785	0.802	0.511	0.547	0.890	0.846	0.688	0.984	1.000	
B 13	-0.366	-0.281	-0.504	-0.408	-0.409	-0.492	-0.493	-0.341	-0.328	-0.489	-0.086	-0.037	1.000

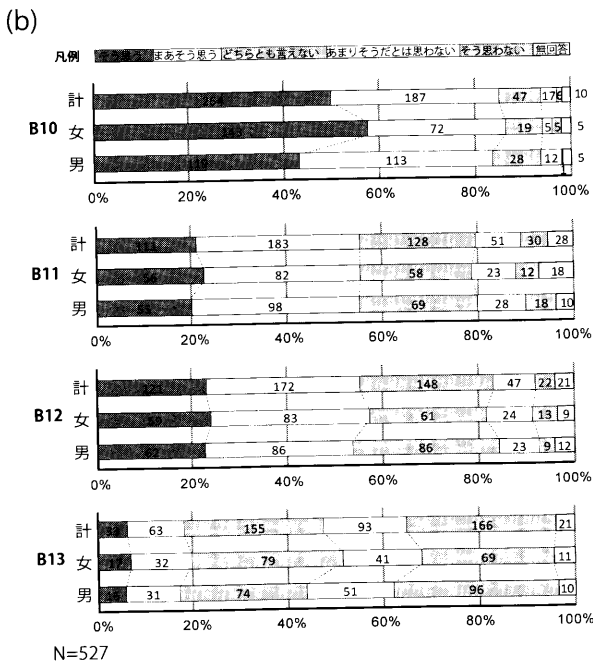
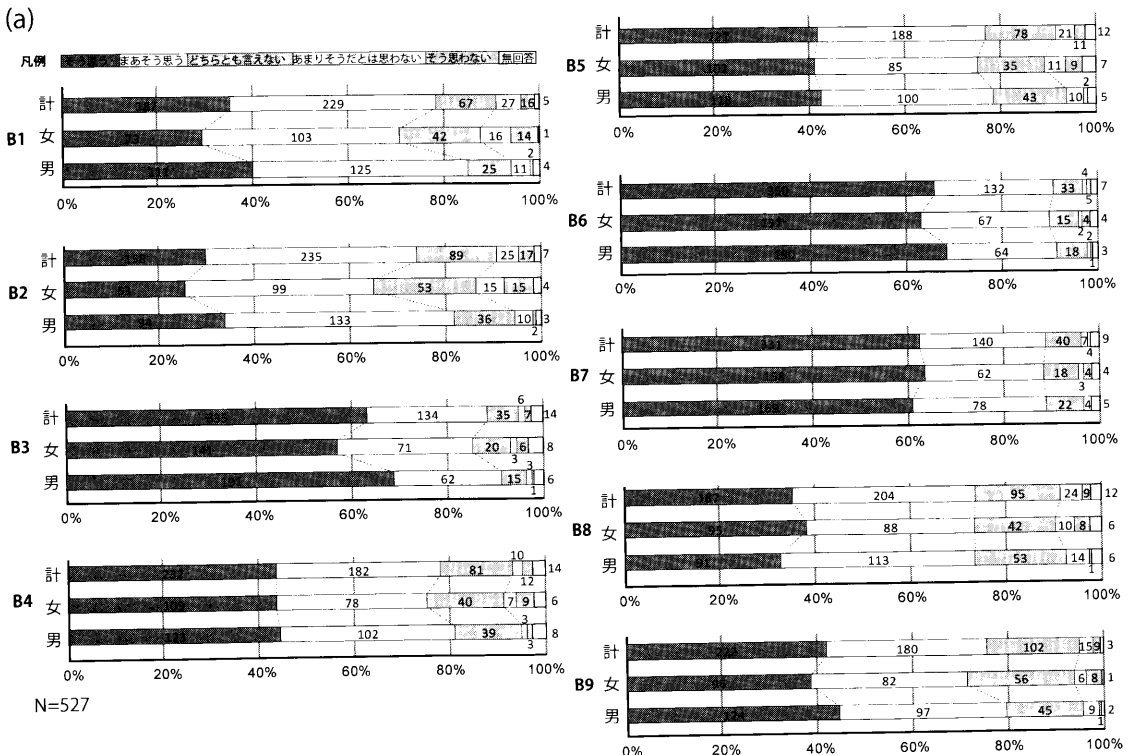


図 12 男女別に見た B 項目の結果 (B 項目の内容は表 1 を参照). N は被験者数を示す.
 (a) プラス評価項目, (b) マイナス評価項目

果に違いがあるか否かを分析した。標本集団は以下の①、②とし、統計的手法によって分析を行った。さらに、天文現象（皆既日食）のあった日の回答者とそれ以外の回答者（標本集団③）との統計分析も行った。

- ① 性別：「女」「男」の2グループ
- ② 宇宙への興味の度合別：宇宙への興味の度合の大きさによって分別した4グループ
- ③ 天文現象の有無別（回答日の違い）：「皆既日食のあった日の回答者」「それ以外の日の回答者」の2グループ

4.1 性別による満足度の違い

B項目の男女別の結果を、プラス評価項目について図12(a)に、マイナス評価項目について図12(b)に示す。いくつかの項目において男性のほうが「そう思う」と「まあそう思う」との回答に偏っている。この偏りについて統計的に検討した。

性別による差についての検討法は、項目ごとに2標本Kolmogorov-Smirnov検定を用いた。この検定は、一つの集団から二つの標本を取り出し、これらが同じ母集団から採られているのかどうかを判断する検定法である（例えば、Press et al., 2007）。まず、無回答を除いた527サンプルから「女（サンプル数249）」、「男（サンプル数278）」の二つの標本集団を作った。そしてこの二つの標本集団についてそれぞれ

累積確率分布曲線 S （女）と S' （男）を作り、その距離が最大になるところの差 D （統計検討量、2標本の違いを示す。）を求めた。

次に、 D の値が有意であるかどうかを確かめるための指標値 D' を算出した。 D' の算出には、乱数を用いたモンテカルロシミュレーションを行った。すなわち、527サンプルを性別に関係なくランダムにサンプル数249と278の二つのグループに分け、同様のKolmogorov-Smirnov検定を1,000回行った後に差の平均値 D' と、標準偏差 SD' を求めた。そして、 D 、 D' 、 SD' の値から、2標本の有意差についての判断値 $\sigma(=(D-D')/SD')$ を算出した。一般的に正規分布に従っていると仮定した場合、95%検出が平均値から 2σ 以内に分布していることになる（例えば、Bevington and Robinson, 2003）。筆者らは結果に対して 2σ 以上を有意差があると判断した。全項目の結果を表4に示す。

この結果によると、「十分楽しむことができた(B1)」については、 D は D' に比べて3倍以上の差があり、「女」「男」の二つの標本集団は、項目B1について 4σ 以上の有意差で母集団が違うことが分かる。つまり、女性と男性とで項目B1について『そう思う』～『そう思わない』の割合に差がある、すなわち、男性のほうが満足度が高いことが実証された。

表4 性別（2グループ）でのKolmogorov-Smirnov検定の結果

B項目	D	D'	SD'	判断値(σ) ($D-D'$)/ SD'
B1	0.149	0.043	0.021	4.9
B2	0.158	0.044	0.021	5.3
B3	0.092	0.04	0.022	2.3
B4	0.071	0.044	0.023	1.1
B5	0.04	0.044	0.023	-0.2
B6	0.056	0.037	0.022	0.7
B7	0.032	0.038	0.022	-0.3
B8	0.059	0.045	0.022	0.6
B9	0.087	0.045	0.023	1.8
B10	0.159	0.041	0.022	5.2
B11	0.041	0.05	0.023	-0.4
B12	0.029	0.047	0.023	-0.8
B13	0.091	0.05	0.024	1.6

D は全回答者を女・男の2グループに分けた時の統計検討量。2グループの違いを示す。

D' は全回答者をランダムに2グループに分けて1,000回検定を行った平均値。指標値とする。 SD' は標準偏差。

同様の手法ですべての項目について性別による差を調べると、以下の結果となる。

- ① 項目 B1, B2, B3 については、「男性と女性とでは NRO を訪れた満足度に差があり、男性のほうが満足度が高い(女性のほうが満足度が低い)」ことが 2σ 以上の有意差で実証された。
- ② 項目 B10 については、「女性のほうが『電波天文学は難しい』と思っている」ことが 5σ の有意差で実証された。
- ③ それ以外の項目 (B4~B9, B11~B13) については、結果に性別による有意な差は見いだされなかった。

4.2 宇宙への興味の度合による満足度の違い

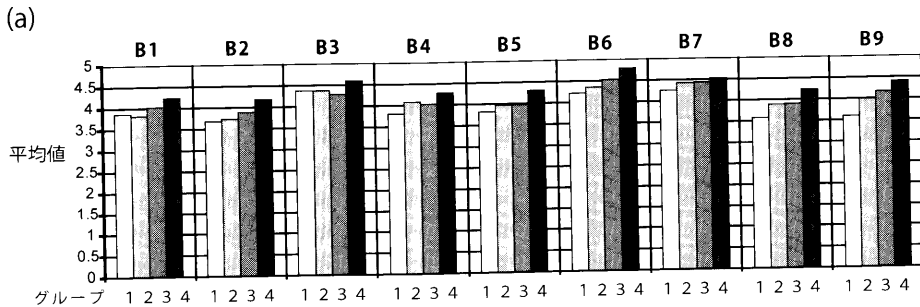
次に、宇宙・天文への興味の度合によって、B 項目の回答に差があるのかを調べた。まず、A 項目から宇宙・天文への興味度合の大きさを次の①~④の手順で決め、四つのグループに分けた。

- ① 項目 A2 について、「宇宙・天文に興味があっ

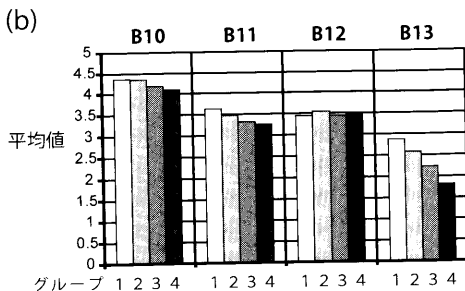
て」「電気工学に興味があって」「学習・研究のため」の回答者へ 1、それ以外の「観光」「その他」などの回答者へ 0 の重み付けをした。

- ② 項目 A4 について、宇宙についての情報を普段見るかとの問いに「はい」の回答者へ 1、「いいえ」の回答者へ 0 の重み付けをした。
- ③ 項目 A5 について、意識して星空を見る機会はあるかとの問いに「ある」の回答者へ 1、「ない」の回答者へ 0 の重み付けをした。
- ④ ①から③の総数によって 3, 2, 1, 0 の 4 グループに分けた。すなわち、数値が高いほど宇宙への興味の度合が大きいことになる。数値の低い順にグループ 1, 2, 3, 4 とする。

この四つのグループ間で比較しやすくするために、各項目の平均値を次のように算出した。回答に重み付け(『そう思う』=5, 『まあそう思う』=4, 『どちらとも言えない』=3, 『あまりそう思わない』=2, 『そう思わない』=1)をして、これを無回答を除いた回答総数で



N=531



N=531

図 13 宇宙への興味度合別による B 項目の平均値。興味度合が低い順に 1, 2, 3, 4 グループである。N は被験者数を示す。

(a) プラス評価項目, (b) マイナス評価項目

除して、項目ごとに平均値を出した。プラス評価項目（項目 B1～B9）においては平均値が高いほど満足度が高いことになり、マイナス評価項目（項目 B10～B13）においては平均値が高いほど満足度が低いことになる。

結果を、プラス評価項目について図 13(a) に、マイナス評価項目について図 13(b) に示す。このグラフでは、四つのグループ間で平均値の高低に差が現れた。プラス評価項目においては、興味の度合の大きいグループほど各項目の平均値が高くなり、右上がりの傾向を示す。マイナス評価項目においては、興味の度合の大きいグループほど平均値が低くなり、右下がりの傾向を示した。

この数値の差が有意なものであるかどうかは χ^2 検定を用いた（例えば、広津, 1983, 1992; 辻・有馬, 1987）。四つのグループ間での独立性の検定を行うため、一般化 Mantel 検定を行った。これは、定量値を大きさの順番に置き直し、その平均順位の違いを吟味する検定法である。まず、帰無仮説として「宇宙への興味の度合別のグループ間には、『そう思う』～『そう思わない』の回答の割合に差がない」を設定した。そして帰無仮説が正しいと仮定して、各グループの各回答への期待値を求めた。次に、求めた期待値と、各グ

ループの各回答の実際値との差を求めた。また、回答の順序（『そう思う』～『そう思わない』）を重み付けするために Wilcoxon スコアを用いた。これらの値から、 χ^2 値を求め、その確率を自由度 3 (=4-1) の χ^2

表 5 宇宙への興味の度合別(4グループ)の一般化 Mantel 検定の結果

B 項目	χ^2 値	p 値
B 1	9.88	0.019
B 2	12.85	0.004
B 3	8.88	0.03
B 4	12.02	0.007
B 5	14.85	0.001
B 6	12.02	0.007
B 7	14.3	0.002
B 8	23.05	3.9E-05
B 9	44.99	9.3E-10
B 10	6.506	0.089
B 11	3.687	0.297
B 12	1.359	0.715
B 13	41.23	5.8E-09

p 値は χ^2 分布における有意確率であり、求めた χ^2 値以上の統計量が得られる確率である。

表 6 全回答者を皆既日食のあった日とそれ以外の調査日の 2 グループに分けて行った Kolmogorov-Smirnov 検定の結果

B 項目	D	D'	SD'	判断値 (σ) (D - D') / SD'
B 1	0.049	0.024	0.080	1.3
B 2	0.050	0.024	0.067	0.7
B 3	0.041	0.023	0.051	0.4
B 4	0.049	0.026	0.058	0.4
B 5	0.049	0.025	0.056	0.3
B 6	0.041	0.024	0.041	-0.1
B 7	0.042	0.024	0.043	0.1
B 8	0.048	0.024	0.025	-0.9
B 9	0.049	0.024	0.035	-0.6
B 10	0.045	0.026	0.034	-0.4
B 11	0.054	0.024	0.093	1.2
B 12	0.051	0.024	0.091	1.7
B 13	0.055	0.024	0.040	-0.6

D は全回答者を調査日の違いによる 2 グループに分けたときの統計検定量。2 グループの違いを示す

D' は全回答者をランダムに 2 グループに分けて 1,000 回検定を行った平均値。指標値とする。SD' は標準偏差。

分布で近似した。全項目の検定結果は表5に示す。

項目B1については、この場合の有意確率 p 値(求めた χ^2 値以上の統計量が得られる確率)は0.019となる。この結果は、設定した帰無仮説は有意水準が0.05(5%)で棄却できる。つまり、四つのグループ間で比較すると、『そう思う』～『そう思わない』の割合に差があると言える。すなわち、項目B1については、宇宙への興味度合が大きいほど、十分楽しめたことが実証された。

同様の手法ですべての項目について、有意水準0.05(5%)で検定する(帰無仮説を棄却とする)と、以下の結果を得る。

- ① 項目B1～B9については、グループ別に満足度に差があり、度合が大きいグループほど満足度が高い(度合が小さいグループほど満足度が低い)ことが実証された。
- ② 項目B13については、グループ別に回答差があり、宇宙への興味の度合が小さいグループほど、宇宙の研究は自分とは無関係であると考えていることが推測される。
- ③ 項目B10～B12については、求めた χ^2 値とその確率から帰無仮説を棄却はできない。グループ間の回答に差があるかどうか(宇宙への興味度合の大小による満足度の差)は分からない。

4.3 天文現象日の回答者とそれ以外の日の回答者の比較

皆既日食現象のあった7月22日の回答者数(165人)は全回答者(531人)の3割を占める。この日の回答者の特性が、他の日の回答者と比較して偏りがあるかどうかを調べた。この調査には、標本集団を7月22日の回答者(サンプル数165)と、それ以外の日の回答者(サンプル数366)とし、4.1と同様のKolmogorov-Smirnov検定を用いた。この結果(表6)から有意な差を見いだすことができなかったため、7月22日の回答者の特性に偏りがないことが実証された。よって第5章では、前述の第3章の結果および4.1と4.2の結果をもとに考察する。

5. 考察

5.1 母集団の特質と傾向

本調査の回答者は、A項目の見学の目的(図7)や、宇宙・天文についての情報閲覧(図9)、および星空を眺める習慣の有無(図10)の結果から、もともと宇宙について興味・関心を持つ人が多いと考えられる。B

項目の結果によると、回答者のNROの見学についての満足度は全体的に高かった。NROには、45m電波望遠鏡や84台のヘリオグラフなど特色ある複数の電波望遠鏡が設置されている。これら本物の観測装置を間近に見ることができるのが、満足度の高さに影響していると考えられる。事実、アンケート調査には見学を終えての感想や意見を聞く自由記述欄も設けたが、その中には「45m電波望遠鏡の迫力に驚いた」、「ヘリオグラフが84台もあるのに圧倒された」といった記述がよく見られた。これは、実際に稼働している特殊な観測装置の一般公開が、パブリックアウトリーチとして有効であることを物語っている。また、「よそでは体験できない(B3)」の結果は、『そう思う』と多くの回答者から強い支持を得た(図11(a))。このことから、実際の観測現場で得ることのできる満足度は非常に高いことが伺える。

一方で、80%以上の回答が「電波天文学は難しい(B10)」との結果となった(図11(b))。相関関係を調べた結果では、項目B10と「展示パネル・解説の意味が分からないものがある(B11)」、「もっと解説をつける必要がある(B12)」との相関は他項目と比較して高くない。それどころか相関が最も高いのは「新しい発見があった(B4)」、「驚きや感動が得られた(B5)」であった(表3)。これらのことから、電波天文学が難しいと回答したことは必ずしも負の気持ちと結びつくわけではないことが分かる。また、再訪問の意向との相関も「新しい発見があった(B4)」、「驚きや感動が得られた(B5)」が最も高い。以上のことは、電波天文学は難しいが、知的好奇心を満たしたことで「また来たい」となったと考えられる。

5.2 性別・宇宙への興味度合別のアウトリーチ手法の必要性

今回の調査から、項目によっては属性による満足度に有意な差があることが明らかとなった。このことは、それぞれに対応したアウトリーチ手法を考える必要があることを示している。

性別では、女性のほうが満足度が低い。女性を意識した見学コースの充実が必要である。文部科学省による「女子中高生の理系進路選択支援事業」などにより、各地で女子学生を対象にした催しが開催されているが、このような活動は、将来的な問題解決の糸口になると期待される。

宇宙の興味の度合別の分析では、興味の度合が大きいグループほど満足度が高く、度合が小さいグループ

は満足度が低いことが分かった。普段宇宙・天文に興味を持っていない層に対して、今後どのようにアウトリーチ活動を行っていくべきか、その方法を考えていく必要がある。例えば、項目 A4 の結果 (図 9) から推測されるように、「インターネット」や「テレビ」を用いた広報活動は有効であると考えられるので、これらのマスメディアをより積極的に利用すれば、電波天文学をより身近な存在として感じさせることが可能かもしれない。

5.3 大型研究機関のパブリックアウトリーチに期待されること

NRO は常時公開を行っているまれなケースであるので、本調査による結果を他の大型研究機関へ単純に一般化することは危険かもしれないが、今後のパブリックアウトリーチ推進に重要な手掛かりになるだろうと考え、以下に考察する。

大型の研究機関においては、社会からいっそうのパブリックアウトリーチが求められ、今後ますますその重要性が増すと考えられる。本調査の結果では、パブリックアウトリーチとして大型研究機関の公開の有効性が示された。本物の観測装置や実際の観測の現場をそのままパブリックアウトリーチの場として活用することは、訪問者にとっては科学館や博物館と同様の気軽さで出向くことのできる学習の場となっているのかもしれない。また、研究現場そのものをパブリックアウトリーチに使う方法は、コスト的にも極めてメリットが大きい。

さらに本調査では、専門的な科学研究を難しいと考へても、そのことが今後の学習活動に消極的になるわけではなく、かえって知的好奇心を刺激することも示唆された。われわれ科学者・技術者には、最先端の研究結果を更新し続け、その難解な内容を分かりやすく平易な言葉で公表していくなおいっそうの努力が期待されている。

6. ま と め

本研究では、国立天文台野辺山における一般見学者への満足度調査を行い、統計的手法を用いた解析を行った。本研究の主な結論を、以下の①～③にまとめる。

① 見学者の満足度は全体的に高い。

② 性別にかかわらず、「電波天文学は難しい」と感じる見学者の割合は高い。しかし、そう感じる人ほど満足度は高く、再訪問の意向も強いことが分かった。難しいと感じることは必ずしも負の気持ちとは直結せず、むしろ見学者の知的興味を刺激しているものと考えられる。

③ 性別、宇宙への興味の度合別に、満足度に差があることが明らかとなった。今後、属性別のアウトリーチ方法を考える必要がある。

謝 辞 調査にご協力いただいた見学者の皆様には感謝いたします。また、本研究を進めるにあたり、国立天文台野辺山の全職員に調査準備、実施、集計に至るまで多大なるご協力をいただきました。厚くお礼申し上げます。この研究の一部は、科学研究費補助金 (No. 21650205, 22700785) による資金的な支援を受けました。ここに感謝致します。

引用文献

- 赤間世紀・山口喜博 (2006): R による統計入門。技報堂出版株式会社, 東京, 82 p.
- Bevington, P. R. and Robinson, D. K. (2003): *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*, 3rd Edition. McGraw-Hill Higher Education, New York, 251 p.
- 広津千尋 (1983): 統計的データ解析。(財)日本規格協会, 東京, 321 p.
- 広津千尋 (1992): 実験データの解析—分散分析を超えて—。共立出版, 東京, 432 p.
- 中澤 港 (2003): R による統計解析の基礎。ピアソンエデュケーション, 東京, 117-120.
- 西浦慎吾・中田好一・三戸洋之・宮田隆士 (2007): 高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成。地学教育, 60, 53-66.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T. and Flannery, B. P. (2007): *Numerical Recipes*, 3rd Edition—The Art of Scientific Computing—. Cambridge University Press, Cambridge, 736 p.
- 溝崎智佳・久野成夫・樋口あや・梅本智文・高野秀路・澤田剛士 (2009): 学部教育のための電波天文学実習用教材の開発—アンモニア分子輝線を題材として—。地学教育, 62, 9-20.
- 辻 新六・有馬昌宏 (1987): アンケート調査の方法—実践ノウハウとパソコン支援—。朝倉書店, 東京, 165-177.

下井倉ともみ・伊王野大介・篠原徳之・御子柴 廣・川辺良平・土橋一仁：大型研究機関におけるパブリックアウトリーチについての考察—国立天文台野辺山の一般公開見学者の意識調査から— 地学教育 63 巻 4 号, 109-123, 2010

〔キーワード〕パブリックアウトリーチ, 天文教育, 電波天文学, アンケート調査

〔要旨〕1983 年より国立天文台野辺山が継続的に行っている一般公開（常時施設公開）を訪れた見学者を対象に、宇宙に対する興味関心や見学後の満足度等を調査した。その結果、見学者の多くが宇宙に興味関心を持ち、全体的に満足度が高いことが分かった。これは、大型研究機関の日常を施設公開することが、パブリックアウトリーチとして有効であることを示唆している。統計解析の結果からは、大部分の見学者が年齢や性別にかかわらず「電波天文学は難しい」と感じていることが明らかになった。意外なことに、そう感じる見学者ほど満足度は高く再度訪れたいという意識も強いことが分かった。また、見学者の属性（性別および宇宙への興味度合別）による満足度に差が見いだされた。今後、それぞれの属性に対応したアウトリーチ方法を工夫する必要がある。

Tomomi SHIMOIKURA, Daisuke IONO, Noriyuki SHINOHARA, Hiroshi MIKOSHIBA, Ryohei KAWABE and Kazuhito DOBASHI: A Study of the Public Outreach at a Large Astronomical Observatory. *Journal of Education of Earth Science*, 63(4), 109-123, 2010

礫の摩耗実験による河床礫の分布様式の検討： 秋川-多摩川水系を例として

An Experimental Examination of Gravel Abrasion in the
Akigawa-Tamagawa River System, Tokyo, Japan

松川正樹¹・江澤圭子²・西田尚央³

Masaki MATSUKAWA, Keiko EZAWA and Naohisa NISHIDA

Abstract: Variations in grain size and roundness of gravels collected from the Akigawa-Tamagawa River system in Tokyo, Japan were examined by using a concrete mixer. The experiment examined weight and diagonal-length of sandstone, limestone, diorite, and phyllite clasts from the gravels; these measurements were then modified into a cubic shape for quantitative analysis. As a result, variations in the weight and diagonal-length of the gravels showed systematic responses to run-time in the experiments. This suggests that morphological characteristics of river gravels may be a useful estimator of both hinterland and downstream variations in the river gravels. The results also imply that the river gravel itself is a potentially useful tool for understanding downstream variations of river-system gravels in relation to dynamic fluvial processes, such as erosion, transportation, and deposition.

Key words: river gravel, experimental examination of gravel abrasion, concrete mixer, Akigawa-Tamagawa River system

1. はじめに

河床礫の大きさと形は、河川水の営力により上流から下流へ変化する。河川礫のこの特徴が、戦後の小学校の理科教育では常に取り上げられている。例えば、すでに先行実施されている小学校の新学習指導要領(平成20年公示)では、第5学年で流れる水による侵食・運搬・堆積作用について、河床礫の上流-下流変化に注目して学習することが定められている(文部科学省, 2008)。

河川の上流から下流にかけて分布する河床礫の大きさや円磨度などの変化については、Sternberg (1875) 以来多数の研究が行われてきた。これは、一般にも経験的に理解しやすい特徴である。しかし、天然の河川

で特定の河床礫の挙動に注目し、その大きさや円磨度が変化する現象を直接観察することは、ほぼ不可能である。これは、礫の移動が主に増水時に行われるため、より細粒な碎屑粒子により水が濁ることや、礫の観察に危険を伴うためである(Miall, 1996)。したがって、水流による礫の特徴や移動様式については、例えば、河床礫の特徴の上流-下流方向の空間変化に基づいて検討されてきた(例えば、Parker, 1991; 松川ほか, 2010)。このうち、松川ほか(2010)は、東京都を流れる秋川-多摩川水系を対象とした野外観察により、河床礫の特徴の空間的・時間的变化について検討した。その結果、河床礫の大きさと円磨度は、上流から下流方向へ特徴的な空間変化を示すことが認められた。また、それらの特徴は、大きな経年変化を示さず、地点

¹ 東京学芸大学・環境科学分野 ² 東京学芸大学大学院教育学研究科総合教育開発専攻環境自然科学サブコース (現所属: 東京都調布市立深大寺小学校) ³ 産業技術総合研究所地質情報研究部門
2010年5月25日受付 2010年6月28日受理

による傾向がおおよそ一定であることが表された。一方、このような研究手法に加え、実験的手法(例えば、Bradley, 1970; Kodama, 1994), または天然の河床礫をペンキで識別する「マーキング法」(廣木ほか, 2006)などにに基づいた検討も行われてきた。このうち実験的手法として、ミキサーあるいは回転ドラムを使用した河床礫の摩耗実験がある。例えば、Kodama (1994) は、自作の回転ドラムを用い、渡良瀬川に分布するチャートと安山岩の破碎と摩耗の様式を検討し、摩耗係数を見積もり、その値が渡良瀬川の河床礫と一致することを述べた。

そこで、本論では、板場ほか(2000)や松川ほか(2010)により秋川-多摩川を対象として河床礫の特徴の空間的・時間的変化が検討されてきたことを活かし、野外観察により認められた河床礫の大きさや円磨度について、これらと運搬距離との関係に注目して実験的に検討する。特に、ミキサーを用いた実験により、大きさや運搬距離、円磨度と運搬距離のそれぞれの関係を回帰式で示し、実験から移動距離を見積もり、実際の観察結果と比較し、供給源からの運搬様式の特徴について議論する。そして、これらの教材への適用の可能性について検討する。

2. 摩耗実験

(1) 材料・準備

東京都を西から流れ東京湾に注ぐ秋川-多摩川(図1)に分布する河床礫のうち、最も大きな割合を占めるのは泥岩、砂岩および礫岩の礫で、上流から下流にかけて広く分布する(松川ほか, 2010)。このほかに、チャート、閃緑岩、ホルンフェルス、千枚岩および石灰岩などの礫も認められる。特に、千枚岩ならびに閃緑岩の礫は主に上流部の秋川流域に分布し、チャート

の礫は主に中・下流部に分布する(松川ほか, 2010)。ミキサーを用いた実験では、砂岩、石灰岩、閃緑岩、千枚岩の大きさと円磨度の変化の程度を調べる。そのため、それらの岩石をあきる野市武蔵五日市荷田子付近の秋川河床(松川ほか(2010)のA3地点)より採取し、岩石用カッターで立方体に整形した。なお、同地点ではチャートとホルンフェルスも認められるが、いずれも硬質で次に述べる試料の整形が困難であったことから、検討対象から除外した。

河床礫の摩耗様式について検討するため、本研究では建築用のコンクリートミキサーを使用した(「ポットミキサー PM-3」, タケムラテック社製)(図2)。これは、ニッケン社からおおよそ5万円で10日間レンタルした。容量は90 L, 内径が0.65 mで、深さは0.65 m, 回転数が10 rpmである。ミキサー部分の角度は水平面に対して 60° に設定した。内部には攪拌用の羽



図2 実験で用いたコンクリートミキサー。A: 外観。B: 実験時の内部の様子。攪拌用の羽根(しきり)が3枚ある(矢印)。

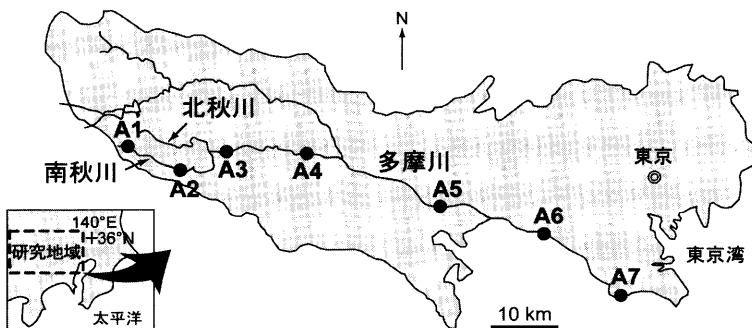


図1 秋川-多摩川および松川ほか(2010)における河床礫の調査地点(A1~A7)。

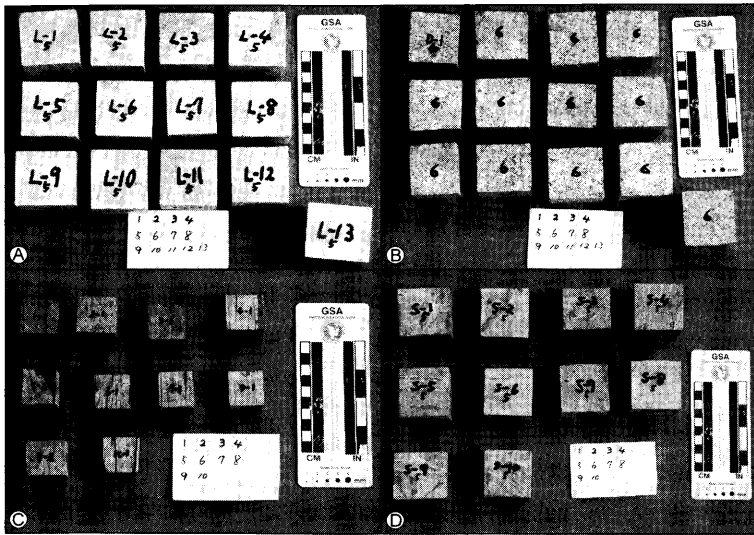


図3 立方体状に整形した河床礫。いずれもあきる野市武蔵五日市荷田子付近の秋川河床から採取した。A: 石灰岩。B: 閃緑岩。C: 千枚岩。D: 砂岩。

根(しきり)が3枚あるため、ミキサーの回転により礫が持ち上げられ、落下する動きが繰り返され、河川の増水時における礫の躍動に類似した挙動が再現される。また、ミキサーが1回転する間に、礫は底部から内壁に沿って全周の半分、およそ1.02 m 移動し、最高点の近くから底部に0.65 m(ミキサーの内径)落下することになる。すなわち、およそ6秒間におけるミキサー1回転あたりの礫の移動距離は、1.67 m となる。したがって、ミキサーの回転時間により、礫の「移動相当距離」を求めることができる。ミキサーの開口部は、水が飛散して内部の水量が減少することを防ぐため、透明のビニールで覆った。

実験で用いる岩石は、変化の程度を等しい条件で定量的に見積もるため、それぞれ一辺がおおよそ5 cm の立方体に整形した(図3A, B, D)。千枚岩のみ、硬質であるために一辺の長さをおおよそ3 cm とした(図3C)。実験試料には、礫種ごとに通し番号(L-10, S-2 など)をマーカーで記した。さらに、1つの実験試料における6つの面を識別するために、マーカーで各面の番号(1~6)も記した。

(2) 方法

実験試料の大きさおよび円磨度の変化様式を明確にするため、実験試料の重量および対角線の長さの時間変化について、次のような手順を繰り返した。すなわち、

表1 各計測におけるミキサーの回転時間、ミキサーの回転数、および見積もられる礫の移動相当距離。

計測	ミキサーの回転時間(分)	ミキサーの回転数(回)	礫の移動相当距離(km)
1	15	150	0.25
2	45	450	0.75
3	75	750	1.25
4	105	1,050	1.75
5	135	1,350	2.25
6	165	1,650	2.76
7	210	2,100	3.51
8	240	2,400	4.01
9	270	2,700	4.51
10	300	3,000	5.01
11	345	3,450	5.76
12	405	4,050	6.76
13	465	4,650	7.77
14	525	5,250	8.77
15	555	5,550	9.27

- 1) 50 L の水と実験試料をミキサーに投入した。
- 2) ミキサーは、15分の稼働につき15分の休止時間を設けた(ミキサー管理上の規定)。
- 3) 任意の稼働時間後、試料を取り出し、重量と大きさの計測、さらに写真撮影をした。

このうち、実験試料とともに投入した水の量は、実験試料が完全に水に浸るとともに、ミキサーの回転中に内部で実験試料が一定の落下速度を得るための空間を確保できるように設定した。

また、重量と大きさの計測は、ミキサーの回転開始から555分経過するまで(およそ9.27 km 移動相当)に、15~60分間隔で行った。このうち、実験試料の乾重量(0.01 g 単位)の計測は15回、対角線の長さ(0.01 cm 単位)の計測は14回実施した(表1)。このうち対角線の長さは、一つの立方体状の実験試料における6つの面すべての対角線(合計12本)の長さを計測し、この平均を求めた。実験の過程で角が摩耗さ

れていった場合は、その部分を除いた長さを計測した(図4)。また、実験途中で破砕により分割された試料は、その時点で計測を中止した。

(3) 結果

各計測値に基づいて、重量および対角線の長さの時間変化を見積もった。ここでは、それぞれ実験前の状態に対する減少の割合((実験前の計測値-各経過時間における計測値)/実験前の計測値)を求め、これを実験試料の岩石種ごとに平均化して検討した。その結果、時間の経過に伴い、岩石種ごとの特徴的な摩耗様式が観察された(図5)。まず、重量の変化について示す。ここでは、重量の減少割合を重量損失率と呼ぶ。

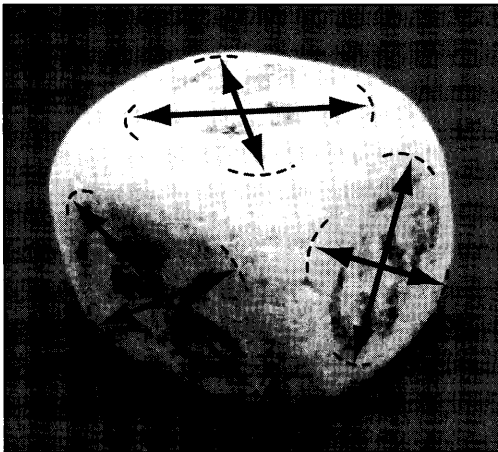


図4 摩耗した試料の「対角線の長さ」の測定部分(矢印)。

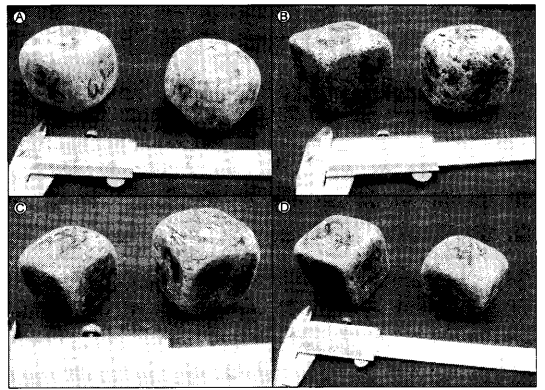


図5 実験終了後の試料。A: 石灰岩。B: 閃緑岩。C: 千枚岩。いずれも上面が片理面。D: 砂岩。左は層理(ラミナ)面が認められず、右は層理(ラミナ)面が認められる。

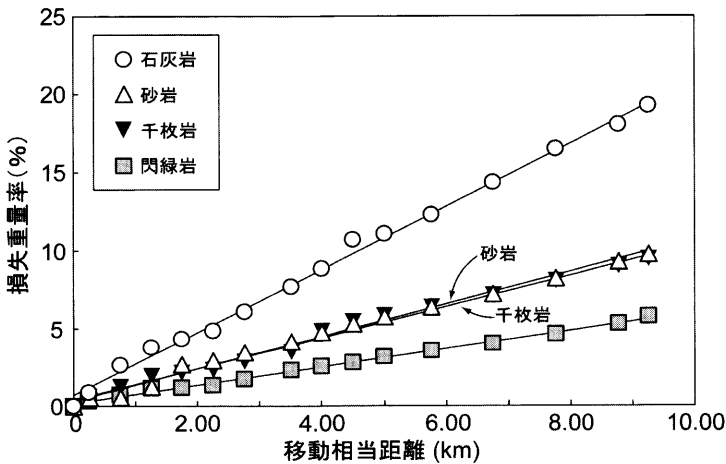


図6 礫種別の重量損失率の変化。

いずれの実験試料においても、時間の経過に伴い重量損失率はほぼ一定の割合で増加する傾向が認められた(図6)。このうち、555分経過後(およそ9.27 km 移動相当)において、他に比べ顕著に大きかったのは石灰岩の試料で、19.2%であった(図6)。石灰岩の試料は、実験を通じて7個の試料が破碎した(表2)。このうち1個は、少なくとも0.25 km 移動相当で破碎により2個に分割した。また、3個は実験終了時には多数の小片に分割された。一方、重量損失率が最も小さいのは閃緑岩の試料であった。すなわち、9.27 km 移動相当で5.72%であった(図6)。破碎に伴い複数に分かれた試料は2個であった(表2)。また、砂岩の試料ならびに千枚岩の試料はほぼ同程度の重量損失率で、それぞれ9.77%、9.43%であった(図6)。これら2つの岩石試料は、555分経過後までの変化の割合もほぼ同様な傾向を示した。ただし、破碎に伴い複数に分かれた試料は、砂岩の試料が1個であったのに対し、千枚岩の試料は0個であった(表2)。

次に、対角線の長さの変化について示す。いずれの試料の減少率も、時間の経過に伴い、初期、特に1~2 km 移動相当で急激に増加し、その後はほぼ一定の割合で徐々に増加する傾向が認められた(図7)。近似曲線により、それぞれの移動相当距離と対角線の長さの減少率が次の関係式で表される。

石灰岩: $y = 17.69x^{0.42}$

砂岩: $y = 15.50x^{0.36}$

千枚岩: $y = 13.29x^{0.42}$

閃緑岩: $y = 10.54x^{0.45}$

ここで、 y は対角線の長さの減少率、 x は移動相当距離である。ただし、試料が割れて断片化したものもあるため測定の限界があり、礫種により適用範囲は限られる。例えば、石灰岩は9 km が限界である。

減少率が最大であったのは石灰岩で、8.77 km 移動相当で46%であった。また、初期の急激な増加後も、

表2 摩耗実験を通じて割れた試料の数。千枚岩で割れた試料は認められなかった。

計測	礫の移動相当距離 (km)	石灰岩 (個)	閃緑岩 (個)	砂岩 (個)
1	0.25	1		
2	0.75	1		1
3	1.25			
4	1.75			
5	2.25			
6	2.76			
7	3.51			
8	4.01	1	1	
9	4.51			
10	5.01	1		
11	5.76			
12	6.76	2		
13	7.77			
14	8.77	1		
15	9.27		1	

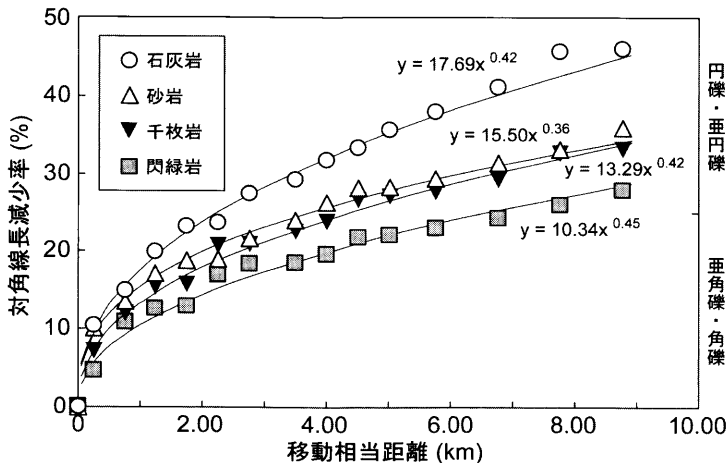


図7 礫種別の対角線減少率の変化。対角線減少率がおよそ25%までは角礫-亜角礫に相当し、これ以上は垂円礫-円礫に相当する。

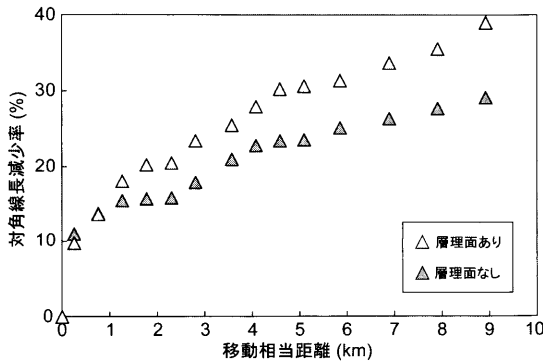


図8 砂岩礫における層理面やラミナ面の有無による対角線減少率の変化の相違。

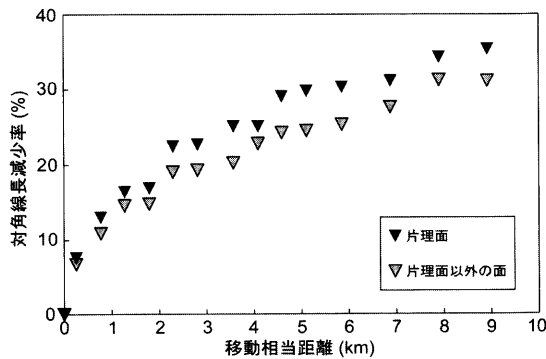


図9 千枚岩礫における片理面の有無による対角線減少率の変化の相違。

他の3種に比べ変化の割合が大きいことが認められた。

一方、減少率が最小値を示したのは閃緑岩で、8.77 km 移動相当で27.9%であった。また、8.77 km 移動相当において砂岩は36.0%、千枚岩は33.2%で、いずれも基本的には石灰岩と閃緑岩の中間的な傾向を示した。しかし、いずれも試料の特徴により、摩耗の様式に顕著な違いが認められた。このうち砂岩は、層理面あるいはラミナ面のある試料が著しく摩耗されやすい傾向が認められた。すなわち、8.77 km 移動相当において、層理面あるいはラミナ面が露出している試料の対角線の長さの減少率は、平均で38.9%で、これ以外の試料の平均が29.2%であるのに対し顕著に大きい(図8)。同様に千枚岩は、片理面が摩耗されやすい傾向が認められた。すなわち、8.77 km 移動相当において、片理面以外の面の平均が31.1%であるのに対し、片理面のみの平均は35.4%であった(図9)。実際

の河床では、千枚岩の礫が扁平な形状でしばしば観察される。この要因は、一般に、片理面に沿って破碎しやすいと考えられる。一方、本実験の結果を踏まえると、このような片理面での破碎に加え、片理面は選択的に摩耗されやすいことも要因の一つと考えられる。

(4) 重量損失率および対角線の長さの減少率の特徴

ミキサーを用いた実験の結果、礫種により変化の割合は異なるものの、重量損失率および対角線の長さの減少率の特徴的な変化様式が読み取れた。このうち、重量損失率は、時間の経過とともにいずれもほぼ一定の割合で増加することが特徴である。このことは、河川におけるさまざまな物理的条件が一定と仮定した場合、1つの河床礫の大きさは、運搬距離の増加に伴い一定の割合で減少すると解釈される。ただし、今回の実験による重量損失率は、破碎に伴い1つの礫が複数個に分かれた場合の大きさの変化を反映していない。特に、石灰岩は実験終了に至るまで、25個中合計で7個が分割し、このうち3個は多数の小片に分かれた。一方、それ以外で破碎により分割した実験試料は閃緑岩が25個中3個、砂岩が10個中1個、および千枚岩が10個中0個であった。したがって、少なくとも破碎に対して比較的強度が大きいもの(例えば閃緑岩、砂岩、千枚岩)は、運搬距離と大きさには一定の相関が成り立つ可能性が考えられる。

一方、対角線の長さの減少率は、実験開始から初期は急激に増加し、その後は一定の割合で徐々に増加することが特徴である。したがって、一般に河床礫の摩耗の指標として用いられる円磨度(Pettijohn, 1975)の変化に対応させた場合、角礫あるいは亜角礫の状態(減少率およそ0~25%)は摩耗の進行が速く、その後、亜円礫や円礫(減少率およそ25%以上)あるいは超円礫に至るまでの摩耗は、比較的長い運搬距離で行われると解釈される。

3. 摩耗実験の結果と秋川-多摩川の河床礫分布の比較

摩耗実験の結果を、実際の秋川-多摩川に分布する河床礫の特徴と比較する。秋川-多摩川の河床礫の特徴は、上流から下流にかけての7地点において、礫種、大きさ、円磨度、ならびに球形度について、詳しく検討された(松川ほか, 2010)。ここでは、礫種ごとのこれらの特徴の変化に注目して検討する。特に、摩

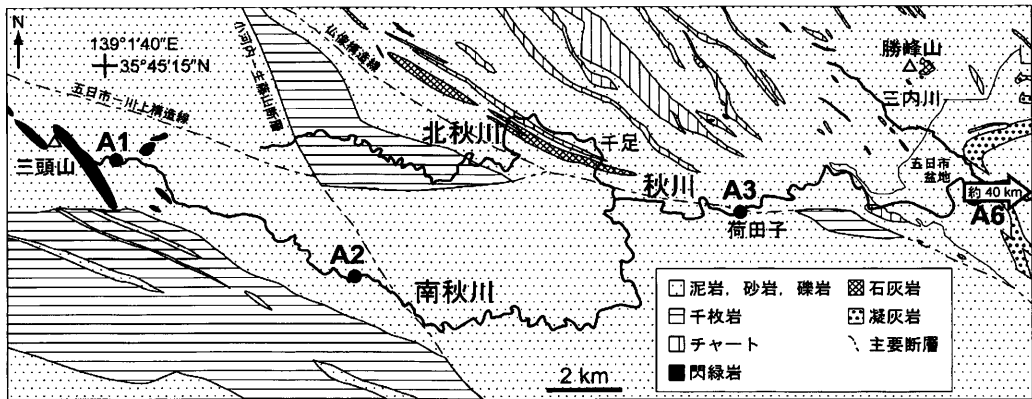


図 10 秋川上流域における岩相分布図 (酒井, 1987 を簡略化)。

耗実験により得られた運搬距離に対する重量損失率と対角線の長さの減少率の関係式に基づいて議論する。ただし、本実験では 9.27 km の移動相当距離までしか検討していないため、これ以上の運搬距離の議論については、一つの可能性として考える必要がある。

(1) 石灰岩

石灰岩礫は、A3 地点で最も多く、ほかに A5 地点および A6 地点で認められる。しかし、いずれも全体に対する割合は小さく、1 地点における調査対象 100 個当たり 1~9 個である (松川ほか, 2010)。A3 地点における石灰岩の円磨度は円礫と超円礫を示す。

ミキサーによる実験の結果、石灰岩は最も破壊と摩耗が激しく、1 辺 5 cm の立方体の重量損失率は、1 km の移動相当距離で約 2%、5 km で約 10%、10 km で約 20%、20 km で約 40% である。重量損失率 (y_w) と運搬距離 (x) の関係は、

$$y_w = 2.09x$$

の一次式で回帰されるので、計算上は約 48 km で 100% が損失することになる。一方、対角線の長さの減少率から得られた近似式 $y = 17.69x^{0.42}$ では、10 km の移動相当距離で 1 辺 5 cm の立方体の減少率は 47% が算出される。この減少率は、実験では円礫-超円礫の円磨度として観察された。

実際の秋川-多摩川においては、A3 地点よりおよそ 5 km 上流の千足付近の河床に石灰岩が分布する (酒井, 1987) (図 10)。したがって、A3 地点で観察される石灰岩は、この地点が供給源である可能性が高い。一方、ミキサーによる摩耗実験では、5 km 移動相当における対角線の長さの減少率は 35.3% で、円磨度はおよそ円礫に相当する。したがって、実験結果と実

際の河川で認められる石灰岩礫の特徴は、よく一致することが示される。一方、石灰岩礫は A6 地点まで認められた。A6 地点は、千足付近から 55 km 下流に位置し、計算上では 100% が損失する 48 km を上回る。これは、千足付近より計算上で少なくとも 7 km 以上下流地域に分布する石灰岩から供給されたことによると考えられる。このため、例えば、日の出町の勝峰山周辺に分布する石灰岩が秋川支流の三内川を流れ、また、大久野の水口、玉の内に分布する石灰岩が平井川を流れ、多摩川を通じてもたらされた可能性が考えられる。またこの他の可能性として、日向和田の多摩川河床に露出する石灰岩も考えられる。さらに、石灰岩の破壊は、実際には実験よりも激しく進行しない可能性も考えられる。

(2) 閃緑岩

閃緑岩礫は、最も上流の A1 地点で卓越し、平均で全体の礫種構成の 20% 前後を占め、最大でおよそ 60% である (1996 年の調査) (松川ほか, 2010)。この割合は下流方向に減少傾向を示し、下流側の分布の限界は 1996 年の調査で A3 地点、2001 年の調査で A6 地点、2007 年の調査で A5 地点である (松川ほか, 2010)。このうち、A1 地点の閃緑岩礫は、亜角礫から亜円礫、円礫および超円礫にいたる幅広い円磨度の特徴を示す (松川ほか, 2010)。この地点における閃緑岩礫の供給源は、およそ 200~300 m 上部で露出する閃緑岩分布域 (酒井, 1987) (図 10) が考えられる。一方、実験結果に基づく、200~300 m 移動相当では、対角線の長さの減少率は 10% に及ばず、およそ角礫-亜角礫の円磨度に相当する。逆に、対角線の減少率が亜円礫や円礫に相当する 30% 前後にな

るためには、およそ 10 km の移動を要することになる。したがって、円磨度に注目した場合、対角線の長さの減少率から予想される運搬距離と実際の閃緑岩礫の分布の特徴は、一致しないことになる。この理由として、①閃緑岩の礫の供給露頭が、A1 地点周辺とは異なり、より遠方地域であること、あるいは、②実際の閃緑岩の破壊と摩耗は、実験よりも激しく進行すること、などが考えられる。

(3) 千枚岩

千枚岩礫は、主に A2, A3 地点に認められる(松川ほか, 2010)。この千枚岩礫の供給源は、A2 地点のすぐ南側の千枚岩分布域(酒井, 1987)(図 10)が考えられる。対角線の長さの減少率に注目すると、片理面に沿って摩耗しやすいため扁平になりやすい。実際の河床においても、例えば A2 地点で観察される千枚岩礫の 70~90% は、円盤あるいは小判の球形度を示す(松川ほか, 2010)。

(4) 砂岩

砂岩礫は、秋川-多摩川の上流から下流にかけて広く分布することが特徴である。最も上流に位置する A1 地点の砂岩礫は、主に大きさが $-9 \sim -8 \phi$ 、円磨度は角礫から亜円礫の特徴を示す(松川ほか, 2010)。一方、これより 37 km 下流の A4 地点では、ほとんどの砂岩礫の円磨度は、円礫あるいは超円礫である(松川ほか, 2010)。これらの砂岩礫の供給源として、秋川全流域、多摩川本流の上流部および浅川を含む各支流に広く露出する砂岩層(酒井, 1987)(図 10)が考えられる。このため、A4 地点で観察される砂岩礫の中には、A1 地点の上流部を供給源として運搬されたものが含まれると考えられる。一方、実験による砂岩礫の対角線の長さの減少率は、移動相当距離の関係式($y = 15.50x^{0.36}$)に基づくと、30 km の移動相当で 53.4% を示し、この円磨度は円礫あるいは超円礫に相当する。したがって、実験結果と A4 地点の砂岩礫の特徴は、よく一致することが理解される。

4. 河床礫の特徴の教材への応用の可能性

ミキサーを用いた実験的検討の結果、河床礫は破碎・摩耗作用により、おおよそ規則的に大きさや円磨度が減少することが示された。したがって、観察される河床礫の特徴を読み取るにより、その供給源について予想することが可能である。逆に、その河床礫の大きさや円磨度について、下流側への変化を予想することも可能である。これらのことは、小学校第 5 学

年における流水の働きについての単元で、発展的に扱うことができると考えられる。特に、新学習指導要領(平成 20 年公示)では、「流水の働き」の学習項目として、新たに河床礫の上流-下流変化が加えられている(文部科学省, 2008)。また、同様に高等学校の新学習指導要領(平成 21 年公示)においては、新たに「理科課題研究」が加えられている。したがって、応用可能な場面が多くあると期待される。すなわち、本研究による結果を踏まえた学習により、上流-下流方向での大きさの減少および円磨度の増加で示される河床礫の特徴の単純な空間変化のみでではなく、水流による侵食・運搬・堆積作用に伴う礫の形成、破壊・摩耗、運搬、堆積で示される動的な現象について理解を深めることができると考えられる。特に、地域の河川に観察される礫を対象とすることで、その供給源としての地質の特徴を理解するきっかけにもなると考えられる。

5. まとめ

建築用のコンクリートミキサーを用いた実験的検討により、秋川-多摩川(東京都)に分布する河床礫の特徴の変化様式を検討した。実験は、秋川河床から採取した石灰岩、砂岩、閃緑岩、千枚岩の四つの種類の河床礫を立方体に整形し、実験による大きさ、重量と各面の対角線の長さの減少率を測定した。その結果、実験対象の 4 種類の岩石の実験試料のうち、石灰岩が重量および対角線の長さの減少率が最大であった。また、閃緑岩はいずれの減少率も最小であった。砂岩および千枚岩は、石灰岩と閃緑岩の中間的な特徴を示した。一方、重量および対角線の長さの減少率は、礫種により変化の割合が異なるものの、いずれも特徴的な変化様式を示した。すなわち、重量の減少率は、時間の経過とともにいずれもほぼ一定の割合で増加する傾向が認められた。また、対角線の長さの減少率は、実験開始から初期は急激に増加し、その後は一定の割合で徐々に増加する傾向が認められた。さらに、これらの実験結果を用いて、秋川-多摩川水系における河床礫の特徴の空間分布を解釈したところ、河床礫の供給(侵食)・運搬・堆積を合理的に理解することができた。このように河床礫の特徴を定量化することにより、上流から下流への変化を、流水による侵食・運搬・堆積作用に伴うより動的な現象として理解を深めることができると考えられる。

謝辞 実験を行うにあたり、東京学芸大学松川研究室の院生・学生諸氏には多数のご協力をいただきました。2名の匿名の査読者からは、的確なご指摘を多数いただき、本論文が改善されました。以上の方々に厚く御礼申し上げます。本研究に当たり、文部科学省科学研究費補助金(課題番号: 1830026, 22300269, 代表 長谷川 正)を使用した。

引用文献

- Bradley, W. C. (1970): Effect of weathering on abrasion of granitic gravel, Colorado River (Texas). *Geological Society of America Bulletin*, **81**, 61–80.
- 廣木義久・坂本 綾・吉川 剛 (2006): マーキング法による河川礫の移動調査: 川の増水による礫の移動を実感させるために. *地学教育*, **59**, 121–129.
- 板場 修・馬場勝良・小荒井千人・松川正樹 (2000): 自然の多様性から生じる児童の認識の違い—太平洋側と日本海側にある3つの河川の河床礫の特徴を例として—. *地学教育*, **53**, 9–24.
- Kodama, Y. (1994): Experimental study of abrasion and its role in producing downstream fining in gravel-bed rivers. *Journal of Sedimentary Research*, **A64**, 76–85.
- 松川正樹・江澤圭子・小野郁子・西田尚央 (2010): 秋川-多摩川水系における河床礫の特徴の経年変化: その教材化としての意義. *地学教育*, **63**, 57–73.
- Miall, A. D. (1996): *The geology of fluvial deposits: Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer-Verlag, Berlin, 582 p.
- 文部科学省 (2008): 小学校学習指導要領. 東京書籍, 東京, 237 p.
- Parker, G. (1991): Selective sorting and abrasion of river gravel. II: Applications. *Journal of Hydraulic Engineering*, **117**, 150–171.
- Pettijohn, F. J. (1975): *Sedimentary rocks* (3rd edition). Harper & Row, New York, 628 p.
- 酒井 彰 (1987): 地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅: 五日市地域の地質. 地質調査所, 谷田部町, 70 p.
- Sternberg, H. (1875): Untersuchungen über längen- und Querprofil geschiebeführender flüsse. *Zeitschrift für Bauwesen*, **25**, 483–506.

松川正樹・江澤圭子・西田尚央: 礫の摩耗実験による河床礫の分布様式の検討: 秋川-多摩川水系を例として *地学教育* **63** 巻 4 号, 125–133, 2010

〔キーワード〕河床礫, 摩耗実験, コンクリートミキサー, 秋川-多摩川

〔要旨〕河床礫の摩耗による大きさおよび円磨度の変化様式について, 秋川-多摩川を対象として実験的に検討した. 実験では, 河床から採取した砂岩, 石灰岩, 閃緑岩, 千枚岩を立方体状に整形し, コンクリートミキサーの中で回転させ, 重量ならびに対角線の長さを計測した. その結果, 重量および対角線の長さの減少率とともに, ミキサーの回転時間に対応して一定の割合で変化する傾向が認められた. したがって, このような変化の特徴により, 河床礫の特徴からその後背地を理解することや, より下流方向へそれらの変化を予想することが可能と考えられる. このことは, 河床礫の特徴に注目した教材としての可能性を示唆する. すなわち, 河床礫の特徴に基づくと, 河床礫の上流-下流変化を, 流水による侵食・運搬・堆積作用に伴うより動的な現象として理解を深めることができると考えられる.

Masaki MATSUKAWA, Keiko EZAWA and Naohisa NISHIDA: An Experimental Examination of Gravel Abrasion in the Akigawa-Tamagawa River System, Tokyo, Japan. *Journal of Education of Earth Science*, **63**(4), 125–133, 2010

小学生向け地震・津波発生装置の製作とその教育実践

Construction and Application of Teaching Models of Earthquake and Tsunami Generation Mechanism for Elementary School Students

香月興太*・山口飛鳥*・松崎琢也*・山本裕二*・村山雅史*

Kota KATSUKI, Asuka YAMAGUCHI, Takuya MATSUZAKI,
Yuhji YAMAMOTO and Masafumi MURAYAMA

Abstract: Simple teaching materials were created to explain earthquake and tsunami generation mechanisms to elementary school students. These teaching materials put emphasis on visual appeal in order to capture the attention of the students during lectures. Such an approach ensures that student interest in the mechanism of earthquake and tsunami generation is maintained throughout the lecture. Furthermore, these teaching materials were produced using low-priced and easily obtained items. The availability and affordability of the necessary resources will allow others interested in teaching the mechanisms of earthquake and tsunami occurrences to make these materials with ease.

Key words: teaching materials, earthquake, tsunami, elementary school students

1. はじめに

理科教育の衰退が指摘されるようになって久しいが、地学教育を取り巻く現状はさらに深刻である。理科教育全般の衰退要因の一つとして、「ゆとり教育」による絶対的な授業時数の減少が挙げられている(中井・中井, 2008)。1992年度および2002年度実施の学習指導要領では、小学校・中学校・高等学校を通じて理科の授業時数が以前の学習指導要領よりも減少しており(文部省, 1989, 1998)、従来義務教育で取り扱っていた内容の一部は高等学校の教育内容に含まれている。しかしながら、高等学校自体の授業時数も減少しているため、多くの高等学校では履修できる理科学科目を1~3科目に限定しているのが現状である。一方、現在日本の大学受験制度は理系大学では物理・化学中心、農学や医学系大学においても生物を加えた3科目が中心であり、理科の授業時数の削減は大学受験と関連が薄い地学授業の削減という形で現れている。

事実、1993年から1998年にかけての高校地学教員の採用率は新規採用教員数の0.2%以下であり(根本, 2000)、2009年1月に高等学校教員を対象に行われた調査においても、地学を担当する高等学校教員数はそのほかの理科学科目(理科総合A, 物理, 化学, 生物)を担当する教員数と比べて、兼任教員を含めても1~3割程度しかいないことが明らかになった(科学技術振興機構, 2010)。2009年度から移行期間に入った現行の学習指導要領では、「ゆとり教育」からの脱却を図り理科授業時数は増加したが(文部科学省, 2008a)、高等学校における地学系授業の開講数の少なさは今のところ改善されていない(科学技術振興機構, 2010)。このような理科教育の偏りにより、現在の理科教員および理科教員免許取得を目指す理系学生の間では、実験・観察経験が不足し、地学教育への苦手意識が生じること、さらには地学嫌いの教員が地学嫌いの児童を生み出すという悪循環が生じることが懸念されている(中井, 2000)。

2. モデル教材開発の必要性

プレート収束帯に位置するわが国では、地震・津波・火山噴火などの自然災害が頻発する。災害に関連する情報は、内閣府や各自治体のホームページ上でも広く公開されているが、それらの情報は必ずしも国民に浸透していないのが現状である。国民一人一人の防災意識を向上させるためには、それらの災害がなぜ起こるかを学ぶ必要があり、そのために初等・中等教育における地学教育は必要不可欠なものである。とくに高知県では、南海トラフで100～150年の再来周期をもって発生する南海地震からすでに50年以上が経過しており、地震・津波災害の実際の様子と、それを引き起こす機構とを直観的に理解することが教育上非常に重要であると考えられる。このため、初等教育において、児童が地学現象を理解するために、自然体験や実験を行うことが現行の学習指導要領（文部省，1998）、および、2011年度から全面実施される小学校学習指導要領（文部科学省，2008a, 2008b）で推奨されている。

その一方で、高等学校教育および教員免許取得のための大学教育課程で地学講義を受講したことがなく、地学に苦手意識を持つ小学校理科教員が現在増加している（中井・中井，2008）。筆者らが所属する高知大学海洋コア総合研究センター（以下、コアセンターと略記）においては、小・中学校の教員から学習指導要領「生命・地球」領域に関する課外授業実施の要請がたびたびなされている。地学教育の置かれている上記の現状を鑑み、課外授業への対応を協議する中で筆者らは、アウトリーチの一環として、地震や津波のメカニズムを直観的に理解するうえで助けとなるシンプルなモデル教材を開発することにした。教材開発にあたっては、児童の地学離れを防ぎ、地震・津波災害への理解を深めることはもとより、小学校の教員が短時間で製作でき、それを用いることでわかりやすい授業を行うことが可能なものになるよう留意した。

3. 地震・津波のモデル教材

地震・津波を扱った模型はこれまでいくつか考案されているが、その大部分は造波装置などを用いた大規模な学術研究用模型である（例えば、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部所有の潮汐・津波発生装置付平面水槽（35×30×0.5 m）など：加藤ほか，2005）。地震による家屋や屋内家具の倒壊を対象とし

たもの（例えば、沼尻・里，2003）を除くと、市民向けの防災学習用を目的とした簡単な模型はほとんど存在しない。数少ない例外として、プレート境界型地震をこんにゃくの弾性反発で再現した「こんにゃくモデル」や、水槽の底板を持ち上げることで津波を再現する模型がある（川端・福田，2004；佐武ほか，2008, 2009）。しかし、これらの模型は地震、津波、またはそれらによる被害のいずれかの過程のみを再現するものであり、地震や津波の発生メカニズムからその被害までの一連の流れを総合的に説明するものではない。

そこで今回開発したモデル教材では、児童学習用ということを念頭に、これまでの模型では別々に再現されていたプレートの動き、地震・津波の発生機構、およびそれらによる被害を関連づけて説明できるように工夫を凝らした。「沈み込み帯におけるプレート境界型地震は、2枚のプレートの相対運動によって蓄積された弾性ひずみの反発が原因となるずれにより引き起こされ、その地震の結果として、海面が押し上げられて津波が発生する。」という基本的な理解に基づき、地震や津波の仕組みとそれらによる被害をわかりやすく提示している。これまでの教材と比較した本教材の特色と期待される効果は、以下のとおりである。

- ①安価で手に入りやすい材料で構成されている。
 - ②2～3名の理科教員が3時間以内で製作可能である。
 - ③このモデル教材を使い、児童が自分で地震や津波を再現させることが可能である。
 - ④地震・津波の発生原因を児童が視覚的に理解できる。
 - ⑤地震や津波が被害を引き起こす理由を、児童が視覚的に理解できる。
- ④、⑤に挙げた事項は本来、中等教育以降の知識が要求されるところであるが、本モデル教材は児童に対してもその理解をうながすことができる。

4. モデル教材の仕組み・製作方法

モデル教材に用いた材料一覧を表1に示した。モデル教材は、地震発生用と津波発生用の2種類製作し、それぞれの模式図と製作過程の写真を図1～5に示した。

(1) 地震発生装置 (南海クン1号): 図1

1) モデル教材の仕組み

本モデル教材は南海地震のようなプレート境界型地震の発生機構を模式化したものである(図1(a), (b)). 海洋プレート(フィリピン海プレート)に見立てた板Aで、大陸プレート(ユーラシアプレート)に見立て

た発泡ポリスチレン板BおよびスポンジCをたわませ、板Bの弾性により陸上の地震をジオラマ用玩具Fの揺れや転倒で再現するという仕組みである。以下の手順で再現を行う。

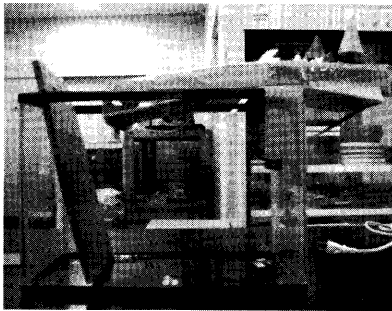
①板Aを水平面から約30°で押し込み、ピンEを板Bのa'にあてる(図1(b)).

表1 モデル教材(南海クン)材料一覧

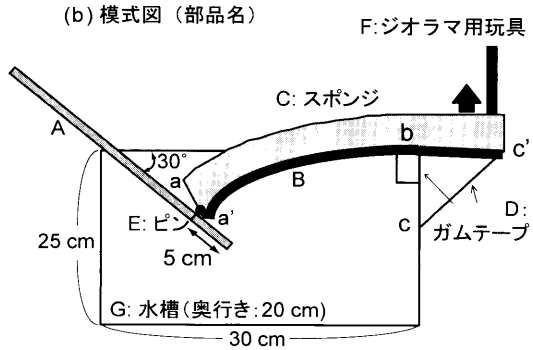
モデル教材名	品目	材質	個数	備考	
地震発生装置 (南海クン1号)	板 (30×21×1 cm)	エチレン酢酸ビニル	1枚	図1A, 購入価格105円	
	板 (45×30×0.5 cm)	発泡ポリスチレン	1枚	図1B, 購入価格105円	
	スポンジ	ウレタンフォーム	3個	図1C, 堆積物試料梱包用スポンジ片	
	ビニール袋	ユニパックL4	1枚	図1C	
	カラーガムテープ (2000×5×0.05 cm)	ポリ塩化ビニル	2個	図1C, D, 購入価格550円	
	ピン	柄: プラスチック, 先端: 鉄	1個	図1E	
	ジオラマ用玩具 (ミニチュア 建物, 樹木など)	プラスチック	1セット(4個入)	図1F, 購入価格105円(直径3.5×高さ8 cm)	
	水槽 (20×35×25 cm)	プラスチック	1個	図1G, 購入価格1,800円	
	津波発生装置 (南海クン2号)	棒 (40×1.5×1 cm)	木	1個	図2H
		板 (29×21×1.4 cm)	アクリル樹脂	1枚	図2I, 購入価格210円
スポンジ		ウレタンフォーム	4個	図2C, 堆積物試料梱包用スポンジ片	
ビニール袋		ユニパックL4	1枚	図2C	
カラーガムテープ (2000×5×0.05 cm; 耐水性)		ポリ塩化ビニル	---	図2C, 図1Cと共用	
板		発泡ポリスチレン	---	図2J, 図1Bの余り	
ブロック (39 and 19×19×10.5 cm)		コンクリート	各1個	図2K, 購入価格150円	
ジオラマ用玩具 (ミニチュア 建物, 樹木など)		プラスチック	1セット(4個入)	図2F, 図1Fと共用(2×2×8 cm)	
水槽 (20×90×30 cm)		ガラス	1個	図2L, 購入価格8,800円	
入溶剤		Na ₂ SO ₄ , NaHCO ₃ , 青1ほか	1セット(6個入)	必需品ではない。市販入溶剤, 購入価格105円	

その他装飾

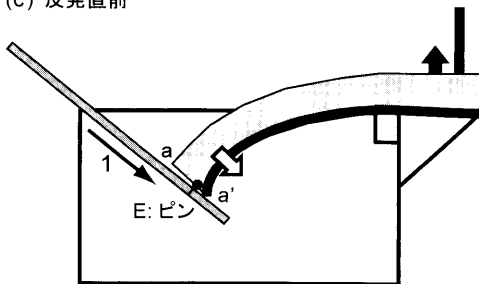
(a) モデル教材: 南海クン1号



(b) 模式図 (部品名)



(c) 反発直前



(d) 反発後 (地震再現)

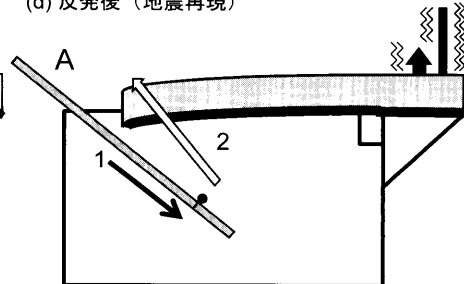
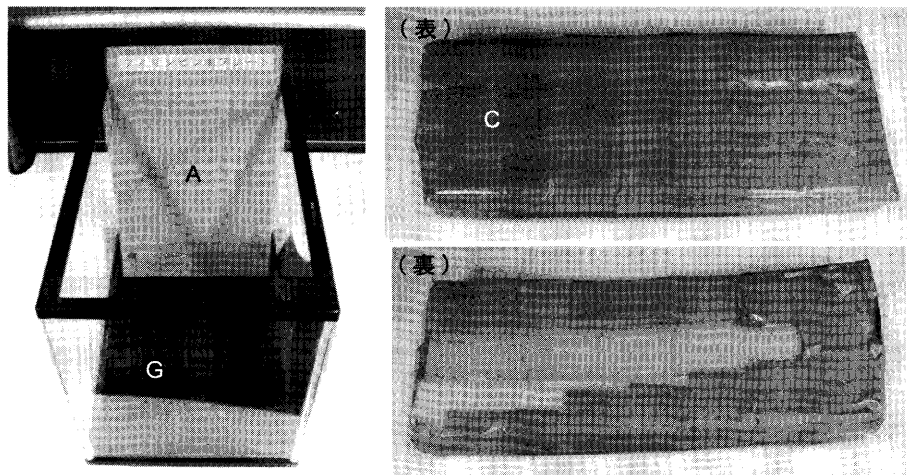


図1 地震発生装置(南海クン1号)

(a) 完成写真. (b) 模式図. A-G: 模型部品名. a-c: 稼働上における力点・支点. (c) 反発直前, 矢印1は板Aの差し込み方向. (d) 反発後. 板BおよびスポンジCが矢印2方向に反発する.

(a) 板を水槽の幅に切りそろえる (b) 角型スポンジをビニールテープで固定する



(c) 板 B, スポンジ C, および水槽 G の固定

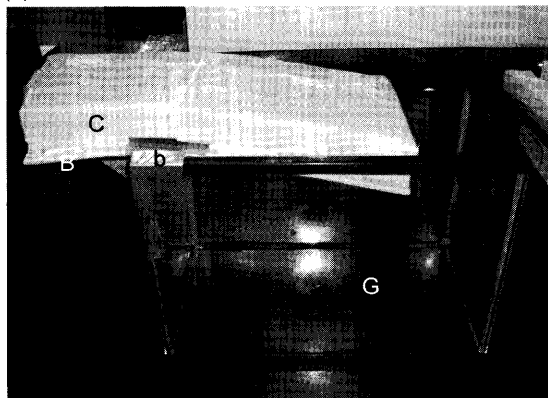


図2 モデル教材「南海クン1号」製作過程

(a) 水槽の幅に切りそろえた板 A, (b) ビニールテープで固定したスポンジ, (c) 板 B, スポンジ C, および水槽 G の固定.

②板 A を矢印 1 方向へ秒速 1 cm 程度で移動させ、a-a' 間の摩擦とピン E 部分の固着により板 B をたわませる (図 1(c)).

③板 A を矢印 1 方向へ押し続けることにより、板 B の弾性が原因でピン E 点の脆性破壊が起こり、板 B は矢印 2 方向へ反発する (図 1(d)).

④板 B の弾性振動により、陸上 (ジオラマ用玩具 F) が振動し、地震が再現される.

2) モデル教材の製作過程

①水槽 G の幅に合わせて、板 A をカッターで切り落とす (図 2(a)). 板 B も同様に切り落とす.

②カラーガムテープで角型スポンジを全面に巻く

(図 2(b)).

③板 B を、長辺方向のおよそ 3 分の 1 にあたる箇所まで水槽の縁 (図 1(b)b) にカラーガムテープで固定する. 陸地にあたる部分を水槽底面と平行にするため、板 B の水槽外側の端 (図 1(b)c')) を水槽側面 (図 1(b)c) と固定する (図 2(c)).

④板 B の上に②で作ったスポンジを乗せ、ガムテープで固定する (図 2(c)).

⑤板 A にピン E をさし、スポンジ C 上の b-c' 部分にジオラマ用玩具 F を乗せる (図 1(a)).

3) モデル教材の留意点・創意箇所

i) 材質の異なる二つの部品 B, C により陸上ブ

レートを製作し、岩層(B)と堆積層(C)とした。これにより板Bの弾性振動がスポンジCで増幅され、ジオラマ用玩具Fが大きく振動し、地震の影響を児童の視覚に強く訴えられる。今回の教材ではカラーガムテープで板BとスポンジCを固定したが、この固定をマジックテープでの固定にすることもできる。この場合、Cを取り外し可能にすることができ、BとCとを固定した場合と固定しなかった場合との比較実験が可能になる。これにより、地盤を構成する物質の違いにより地震動の違いが見られることを理解し、説明することが可能になると期待される。

本教材では災害規模を表すマーカーとして高さ8 cm、直径3.5 cm、重さ10 gのプラスチック製樹木玩具(ジオラマ用玩具F(図1(b)))を用いた。スポンジCがある場合、振動により玩具Fは容易に倒れる。逆にスポンジCを取り除き板Bの上に直接玩具Fを置いて振動させた場合、玩具Fは倒れず、目視できる動きはほとんどない。

ii) 板AにピンEを刺し、ピンEにより板B(およびスポンジC)をたわませることにより、抵抗を a' 点のみに集中させて板Bの反発が容易に起きるようにした。ピンEを用いない場合、実際の海洋プレートの沈み込みと異なり板Aは直線的な動きをする。板Aを矢印1方向に動かした場合、その動きに応じて接地面 $a-a'$ と固定点bの距離は短くなり、接地面 $a-a'$ にかかる垂直応力が大きくなり、そのままでは板Bは反発しづらくなる。

(2) 津波発生装置(南海クン2号): 図3

1) モデル教材の仕組み

本教材は南海地震により引き起こされる高知県の津波被害の様子を模式化したものである。海洋プレートに見立てた棒Hで、大陸プレートに見立てたアクリル板Iおよびビニールに入れたスポンジJをたわませた後、板Iの弾性およびスポンジJの浮力により、板I上の水面を上昇させることにより津波を再現する(図3)。再現の手順は下記のとおりである。なお、海洋プレートを棒で見立てた理由については、模型内の水の動きの説明とともに2)と3)で後述する。

- ①棒Hをアクリル板IおよびスポンジJと接触させた後、秒速1 cm程度で矢印3方向へ押し込み、アクリル板Iおよびビニールに入ったスポンジJをたわませる(図3(a), (b))。
- ②ある程度まで棒Hを矢印3方向へ押しこんだ後

に棒Hから手を放すと、板Iの弾性およびスポンジJの浮力により、板Iは矢印4方向へ反発する(図3(c))。教材内の水を便宜的に大陸プレート上の水 α 、海洋プレート上の水 β 、および大陸プレート内の水 γ とすると(図3(b), (c))、板Iの反発およびスポンジJの浮力により水 α は押し上げられて矢印5方向へ移動する。

- ③押し上げられて陸上に入流した水 α により、陸上のジオラマ用玩具Mが流され、津波が再現される。

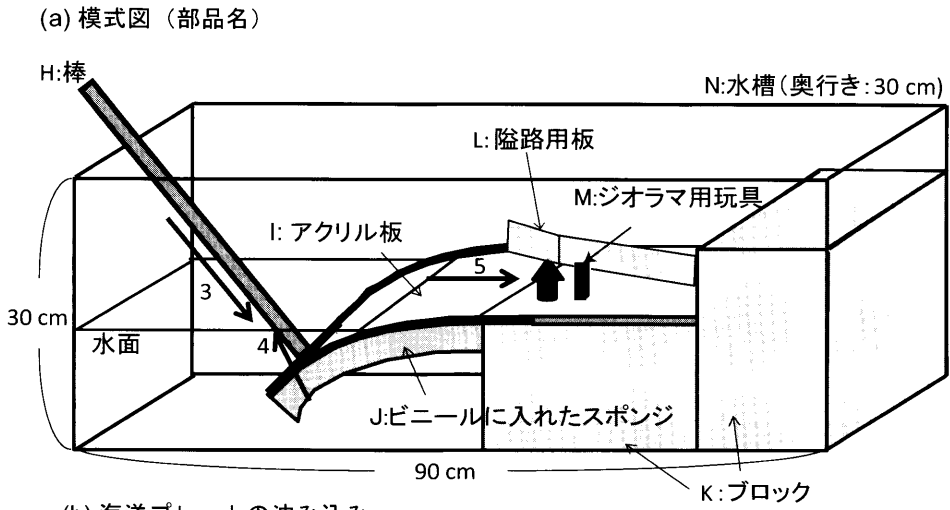
2) モデル教材の製作過程

津波発生装置(南海クン2号)の製作方法について述べる(図3, 図4参照)。

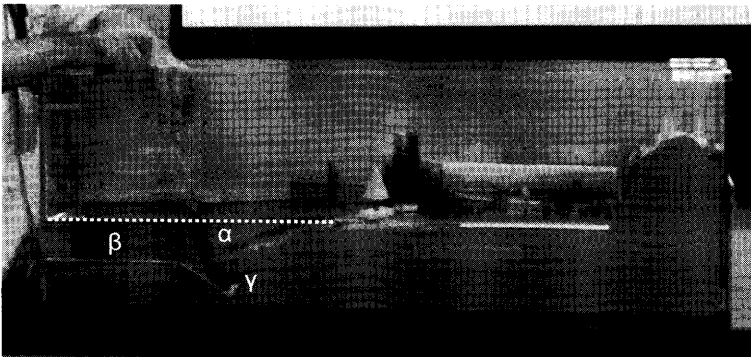
- ①アクリル板Iの短辺方向を水槽Nの奥向きと同じ長さになるように、アクリルカッターで切り落とす。
- ②ビニール袋の中に角型スポンジを詰め(図4(a))、アクリル板Iとスポンジ入りビニールJを耐水性カラーガムテープで固定する(図4(b))。ビニール内に水が入らないようにきつく密閉する。
- ③補強のためカラーガムテープを巻きつける。この際Jの幅が板Iの幅より狭いと、実際に津波を再現する際に板の側面に隙間が生じて水が回り込み(図3: AからJに水が移動)、津波が起こりにくいので、Jの幅のほうを少し広くする。
- ④ブロックKを水槽Nに入れる際、水槽を傷つけないようにブロックの水槽との接触部分は耐水性カラーガムテープで覆う(図4(c))。
- ⑤スポンジ入りビニールJの長辺方向の端8 cmほどをブロックKと耐水性カラーガムテープで固定する。固定箇所のスポンジは押しつぶす(図4(b), (d))。スポンジ入りビニールJを固定したアクリル板IとブロックKの高さに少々差ができるため、気になる場合は厚さ1 cmほどの板をブロックの上に乗せる。
- ⑥水槽Nの中にブロックKを入れる。その後、付属していた水槽のふたを利用し、ブロックの幅に合わせて水槽の中に仕切りを作った(図4(e))。
- ⑦水槽に水を入れ、陸路用仕切り板Lやジオラマ用玩具Mを配置する。さらに装飾を施す(図3(b), (c))。

3) モデル教材の留意点・創意箇所

- i) まず、大陸プレートが反発する際に部分 α の水面を急激に上昇させる必要があるため、大陸プレート



(b) 海洋プレートの沈み込み



(c) 大陸プレートの隆起と津波の発生

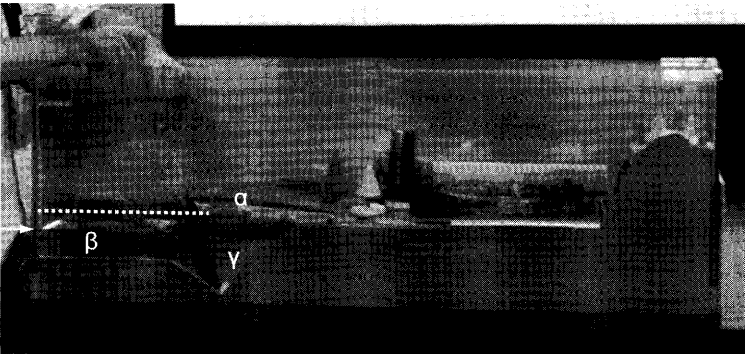
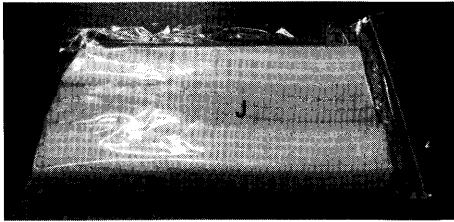


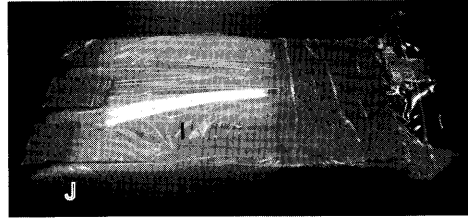
図 3 津波発生装置 (南海クン 2 号)

(a) 模式図. H-N: 模型部品名. 3-5: 模型の動き. (b) 棒 H により, スポンジ J およびアクリル板 I を押し込んだ状態. (c) 大陸プレート反発直後. α, β , および γ はそれぞれ, 大陸プレート上, 海洋プレート下, および大陸プレート下の水. 破線は元の水位線で, 矢印が減少後の水位線.

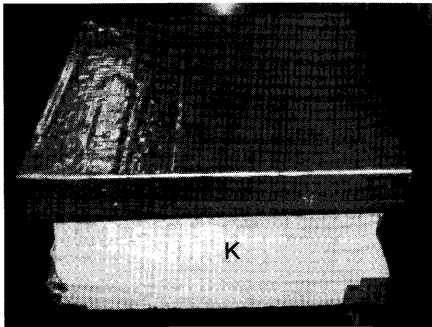
(a) 大陸プレート (図 3J) の作製 1



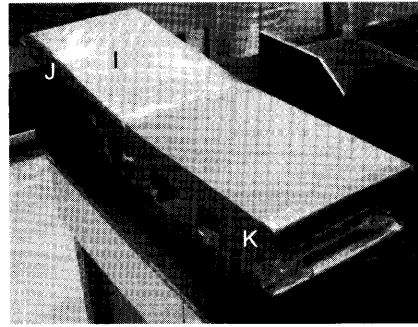
(b) 大陸プレート (図 3I, J) の作製 2



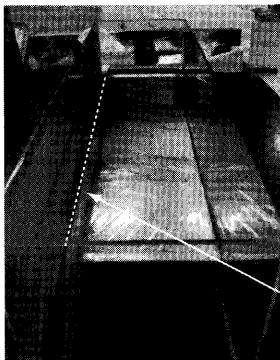
(c) ブロック K のコーティング



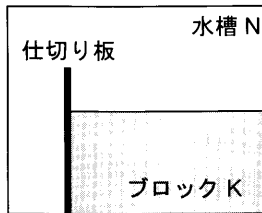
(d) 大陸プレートとブロックの結合



(e) 仕切り板とブロックの挿入



側面図



水槽付属のふたを
利用した仕切り板

図 4 モデル教材「南海クン 2 号」製作過程

(a) 大陸プレートの作製その 1, ビニールに詰めたスポンジ, (b) 大陸プレートの作製その 2, アクリル板とスポンジの結合, (c) ブロック K のコーティング, (d) 大陸プレートとブロックの結合, (e) 仕切りとブロックの挿入, およびその断面図。

の上部には上層として弾性率の高いアクリル板 I を用いた。模型では、実際の海中に相当する水で満たされている領域 (図 3(b, c), 図 5(a), 部分 α) に加えて、本来はアセノスフェアにあたる海洋プレートの下部 (部分 β) および大陸プレートの下部 (部分 γ) も水で満たされている。模型において大陸プレートが海洋プレートに押された際、部分 γ の水は部分 α および部分 β に移動する (図 5(a))。大陸プレートの反発が起きる際は部分 γ の体積が急激に増加するが、大陸プレートに十分厚みがない場合 (図 5(b)), 部分 γ の体積を補完

するため部分 α の水がすぐに回り込み水面は十分に上昇しない。そこで、この水の回り込みを遅らせるために、大陸プレート部分としてアクリル板の下にビニール袋に入れたスポンジの層 J を製作した。このスポンジの層は、たわんだアクリル板の反発力を補う浮力を作りだす役割も持つ。なお、当然ながら実際の大陸プレートには海水による浮力などないことには留意すべきである。

同様の水の流れは海洋プレートを構成する部品によっても影響される。海洋プレートを地震発生装置

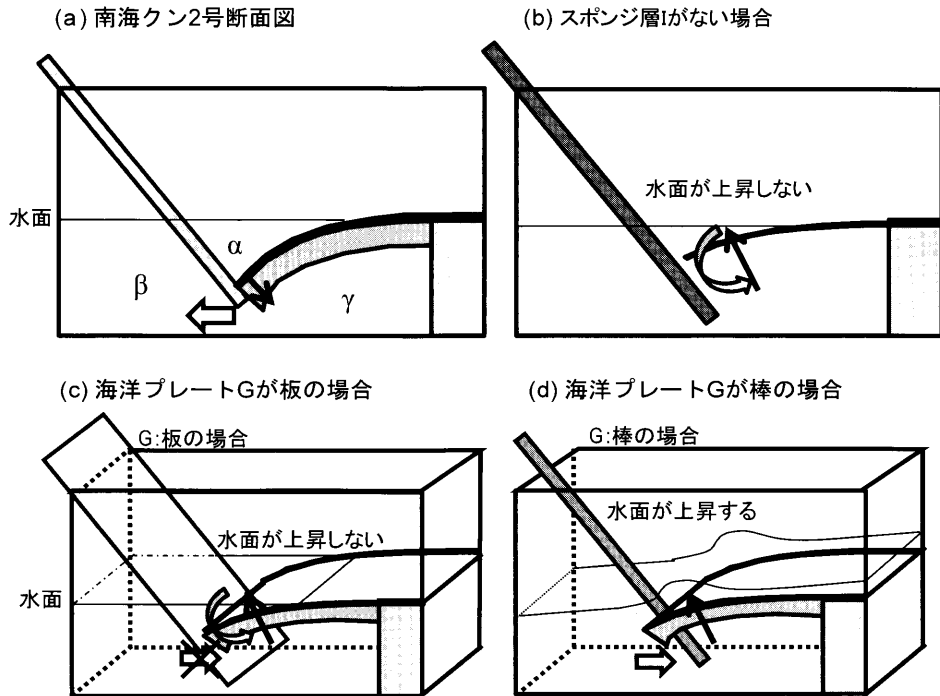


図5 「南海クン2号」における水の動き

(a) プレート反発前. (b) プレート反発後. スポンジJがない場合. (c) プレート反発後. スポンジJがあり, かつ海洋プレートHが板の場合. (d) プレート反発後. スポンジJがあり, かつ海洋プレートHが棒の場合. 大陸プレート反発直後. α , β , および γ はそれぞれ, 大陸プレート上, 海洋プレート下, および大陸プレート下の水.

(図1)と同様に板にした場合(図5(c)), 部分 β - α 間の水の流れが不十分になる. この場合, 大陸プレートの反発を起こした際に部分 γ の体積が急激に増加すると, やはり部分 γ の体積を補完するため部分 α の水が回り込み水面は十分に上昇しない. そこで海洋プレートの部品を棒にすることで部分 β - α 間の水の流れを自由にし, 水面の上昇が起きやすいように工夫した(図5(d)). 図4(c)では実際に部分 γ を補うために部分 β の水位が一時的に減少し, 部分 α の水が持ち上げられている様子を観察することができる.

ii) 大陸プレートを反発させた際に上昇した水は陸上部分に流入する. 陸上部分に仕切り板を設置し, リア式海岸に見立てた隘路を作ることにより(図3(a)L), 津波の高さを増幅し視覚的に津波の影響がわかりやすいように工夫した. 仕切り板は取り外し可能で, 平野とリア式海岸における津波の影響の違いを説明可能なように配慮した.

iii) 発生可能な津波の規模は, 隘路用板Lを使用

しなかった場合で波高5mm以下, 板Lを使用して水路の幅を約10cmにした状態で波高5~15mmとなった. この波高は水面高度に依存し, 陸上がりぎりまで水を張った場合の実測値である. 災害規模を表すマーカーとして置いたジオラマ用玩具M(図3(b): ジオラマ用玩具Fの足場部分を縦2cm, 横2cm, 高さ1cmのエチレン酢酸ビニルに置き換えたもの)は, 隘路用板Lを用いた場合, 転倒もしくは15cm以上移動した. しかし, 板Lを使用しなかった場合ほとんど動かなかった.

iv) 児童の視覚に訴えるため, 水槽の前面に発泡スチロール板を張り海洋・大陸プレートをイメージしやすくしたほか, ブロックの上にも発泡スチロール板を置き四国山脈を再現した. また水の動きを視覚的にわかりやすくするため, 本モデル教材では使用する水に青色の入浴剤を入れた. 青色の絵の具で水を薄く着色してもよい.

5. コアセンターにおける授業実践

(1) 授業の概要

1) 授業の目的

まず、授業では基礎知識の解説を行う。その目的は、地震や津波の発生において重要なキーワードとなる「プレートテクトニクス」の概念と「プレートの沈み込み」現象に関する理解をうながすことである。始めに、地球表面は複数のプレートで構成されていることを解説し、プレートの動きが地震や津波を引き起こす原因になることを、写真やモデル図を用いながら解説する(図6(a))。次に、日常のニュースなどで耳にする地震に関する用語(マグニチュードや震度など)の解説を行い、地震や津波に関する情報を児童が支障なく受け取れるようにする。

南海クン1号を使った学習では、児童が地震の仕組みを視覚的に理解することと、地震が引き起こす建造物の被害を理解することを目的とする。とくに、プレートの運動が地震の規模と関連があることや、大陸プレートにあたる発泡ポリスチレン板B(図1)のひずみの大きさによってジオラマ用玩具F(図1)に与える影響が異なることに気づくようにする。

南海クン2号を使った学習では、津波の仕組みを視覚的に理解することと、地震と津波の関連を理解することを目的とする。地震と同様に津波の規模もプレートの運動と関連があることに気づいてもらう。津波を考えるうえでは陸の地形も重要であるため、大陸プレートにあたるアクリル板I(図3)に同程度の衝撃を与えても、陸上部分の模型(隘路用板L)配置によってジオラマ用玩具M(図3)に与える影響が異なることについて理解を深めてもらう。

以上は主に児童を主体と考えたときの目的であるが、これらとは別に、引率の小学校教員にも、使用しているモデル教材が簡素にできていることを体感してもらい、自身でモデル教材を用いた授業が可能であると感じてもらうことも目的とした。

2) 目的別授業項目

コアセンターで行う授業実践では、地震や津波に関して児童が理解を深めるため、以下の項目別に児童の到達目標を設定した。

i) 地震に関して

- ①大地震が起こす被害について学ぶ。
- ②過去に地震が起きた場所が集中していることを学ぶ。

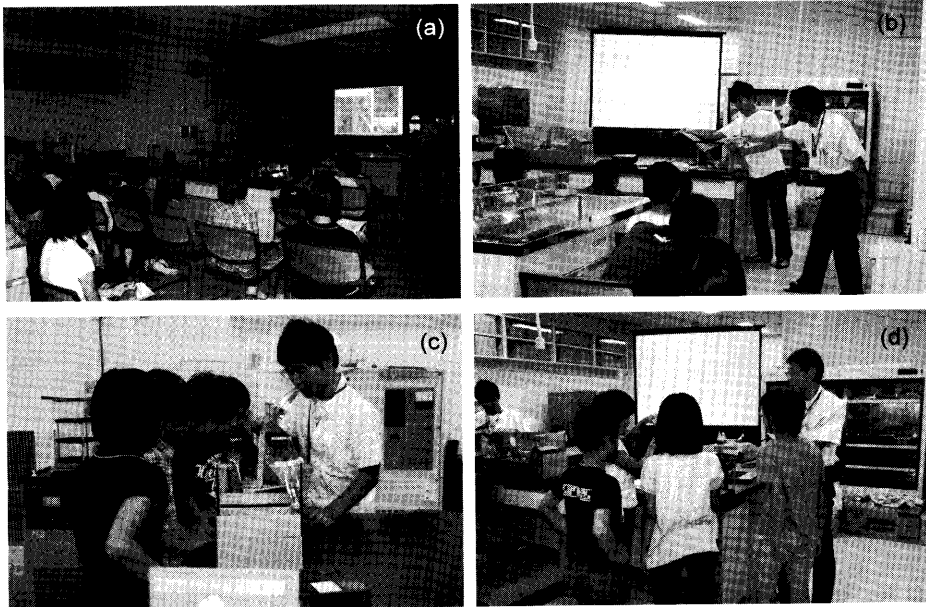


図6 モデル教材を用いた授業実践の様子。(a) コアセンター教員による地震や津波の概念や影響に関する解説。(b) モデル教材「南海クン1号」の実演。(c) モデル教材「南海クン2号」の実演。(d) 「南海クン1号」を扱う児童の様子。

②-1: プレートテクトニクスと地震の関係について学ぶ。

②-2: 日本周辺のプレートについて学ぶ。

③地震発生の仕組みについて学ぶ。

③-1: プレートの移動について学ぶ。

③-2: プレートのひずみと地震の関連を学ぶ。

④地震に関する用語を学ぶ。

ii) 津波に関して

①津波の仕組みについて学ぶ。

①-1: 津波が起きる仕組みを学ぶ。

②-2: 津波と地形の関係について学ぶ。

iii) 災害対策

①地震発生時に負傷が起きる要因について学習し、予防について考察する。

②避難用具について学ぶ。

③地震が起きたときの行動について学ぶ。

③-1: 屋内での避難方法について学ぶ。

③-2: 波への対策について学ぶ。

3) 授業の流れ

2009年9月8日に高知県香南市立夜須小学校の6年生40名の児童を受け入れ、授業を行った。その際に用いた解説実行案を表2に示す。実践授業の流れは以下のとおりである。

i) 基礎知識解説

最初に、地震と津波の基礎的な知識の説明やその影響に関する解説を30分行った(図6(a))。その際、地

震や津波による被害と災害時の心得や対策についても理解を促した。また、地学についての児童に興味を喚起するため、大地震の発生機構解明に関する最先端の研究を15分の動画で簡単に説明した。その後、40名の児童を各20名の2グループに分けた。

ii) 試料観察

片方のグループの児童には、海底の堆積物や津波堆積物、地震により生じた変形岩などの試料に実際に触れてもらい、解説した事柄を実感できるように配慮した(45分)。

iii) モデル教材学習

もう一方のグループの児童には、南海クン1号・2号を用いて地震や津波の影響に関する理解をうながす体験学習を実施した。南海クンを用いた説明は筆者らが二人一組で行い、解説を加えながらモデル教材の実演を行った(図6(b))。その後、南海クン1号・2号を実際に児童たちが扱い地震や津波の再現体験をしてもらった(45分)。モデル教材学習は、目視することと体験することが目的であるので、それぞれのモデル教材で一度に説明する児童の数は4,5名程度とした(図6(c), (d))。

試料観察とモデル教材学習のグループは、それぞれ児童が十分学習した後入れ替えを行った。

(2) 教育効果

実践授業実施の1週間後に、夜須小学校教員の方か

表2 コアセンターにおける児童向け地震・津波学習授業例

	学習内容	教員留意点
基礎知識解説 (45分)	(1)地震・津波の基礎的な知識を得る (2)地震・津波の問題点・被害について (3)地震・津波予防に関する最先端研究紹介	「分かりやすさ」が最も重要。 絵や写真を多用した説明をする。 専門用語は平易な単語に置き換える。 模型での学習につなげるため、「プレートの沈み込み」を理解してもらう。
試料観察 (45分)	(1)海底の堆積物に関する知識を得る (2)津波が堆積物に与える影響を知る (3)地震により形成された岩石の観察	海の底に色々なものが溜まっていることに注目してもらう。 地震や津波が環境を変えることを知ってもらう。 過去の地震の現場で起きた現象に興味を持ってもらう。
モデル教材学習 (45分)	(1)解説されたことを思い返ししながら模型を動かしてみよう (2)模型を使って地震・津波について考えてみよう ・地形や地盤は関係するだろうか？	模型を動かしながらもう一度要点を解説する。 ジオラマを使い、地震や津波が被害を伴うことを理解してもらう。 被害は地形や環境と関連があることに気づいてもらう。

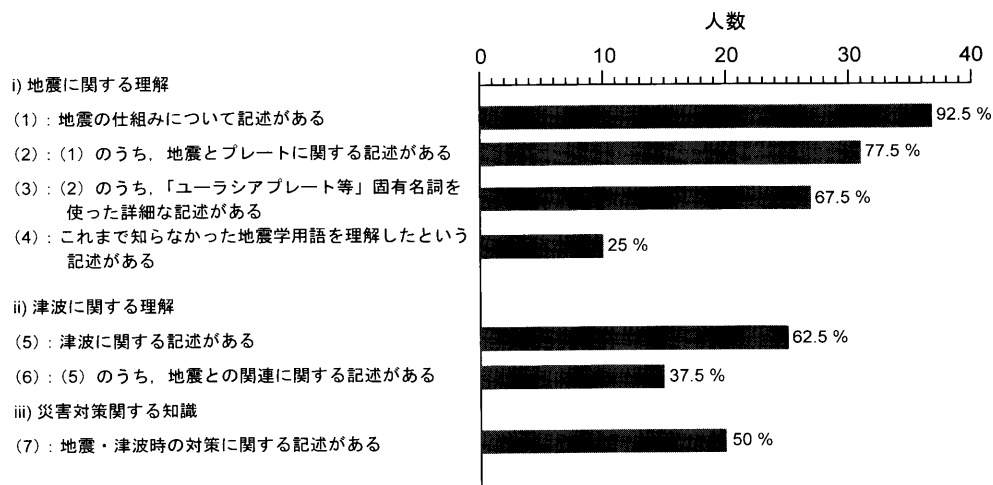


図7 授業感想文の分析・集計結果

ら児童全員の授業に対する感想文を送付していただいた。児童の授業理解度を知るため、感想文の内容を授業項目別に関連する内容で分析・集計を行いグラフに示した(図7)。このグラフは分析項目に対応する記述があるかどうかについて分析・集計した結果を並べたもので、「記述がない」イコール「理解できなかった」ということではない。実際に「理解が難しかった・できなかった」という感想文は一つもなかった。

地震に関する記述があった37名(92.5%:総児童数に対する割合、以下同様)の感想文のうち、「授業を聞いて、地震がなぜ起こるのかわかりました」などの簡単な内容であったものが6名(15.0%)、「海洋プレートが大陸プレートに沈み込む反発で地震が起きることがわかった」など、プレートの動きに関する感想を述べた児童が31名(77.5%)であった(「」内は感想文原文から抜粋、以下同様)。この31名のうち27名(67.5%)は「日本列島の下にある四つのプレートのフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んで、エネルギーがたまって限界を超えたら、ユーラシアプレートが元に戻ろうとして地震が起こり、それと一緒に津波が起こるとということがわかりました」など詳細に記載していた。また10名(25.0%)については、震度とマグニチュードの違いなど地震学用語について書いていた。ほかにも、「地震が起きる仕組みなども実際にやってみることでよくわかりました」などの感想が記述されていたことから、モデル教材を用いた授業が一定の効果を上げたと考えられる。これらの結果から、授業の目的とした地震に関する基

礎知識の習得は十分に達成されたと考えられる。

津波に関しては、感想文の中で津波について述べた児童は25名(62.5%)おり、そのうち10名(25.0%)が「津波についてよくわかりました」などの簡単な記述であった。一方、「津波はプレートが盛り上がってできることがわかりました」など、津波の仕組みについて感想を述べた児童は15名(37.5%)であり、その多くは「地震後魚がいても浜に近寄ってはいけないと知りました」など、地震と津波の関連に関する感想や防災意識に関する感想も記されていた。これは南海クン2号が津波のみを再現する模型ではなく、地震時の海底の隆起による海水の上昇が津波を引き起こすという、地震に伴う津波を再現する模型であることが効果を示したと考えられる。また模型を使った授業は自然現象の仕組みを理解しやすいだけでなく、被害についても想像しやすかったと思われる。実際「地震を起こす実験や津波の実験では、建物や木が倒されて津波や地震の恐ろしさを改めて思いました」などの記述もあった。実際に説明する側にとっても地震後の津波の影響について解説しやすく、災害対策に関する説明も行うことができた。20名(50.0%)の児童が「いつ地震がきてもいいように水や食料・運動ぐつを準備しておきたいと思いました」など、災害対策に関する感想を述べており、防災意識の向上にも役立つ可能性が示された。

(3) 授業実践を通して判明した留意点とモデル教材の改善点

表3にモデル教材学習における教員留意点を示す。模型を使用した解説は子どもたちの興味を喚起しやすく、実際に楽しく学習するのに役立ったと思われるが、一方で児童らの関心は「(模型内で)いかに大きな地震や津波を引き起こすことができるか」など脇道にそれやすく、指導側が目標に沿って児童の注意をうながす努力が要求される。児童らの関心が脇道にそれやすい原因の一端として、災害状況を示すために置いたジオラマ用玩具が目につくということが考えられる。実際に筆者らがモデル教材を使って解説を行った際には、最初から複数のジオラマ用玩具を模型に設置しておいたが、児童らの注意がジオラマ用玩具の動きのみとられることを避けるため、次のような対策を行ったほうがよいと考えられる。すなわち、最初に教員が模型を使い地震や津波の発生メカニズムを説明する際にはジオラマ用玩具を置かない、地震や津波災害を説明する際に用いるジオラマ用玩具も数を減らす(1~2個)、などである。また細かな点ではあるが、当初高さ60cmの机の上にモデル教材を置いて授業を行ったところ、一部の児童らには高さ20cm程度の足場が必要となることが判明した。児童らにスムーズに模型を扱ってもらうためには、彼らの身長に合わせて高さ40cmの台の上で行うのが適切であることが明らかになった。

モデル教材の耐久性に関しては、授業での使用後、津波発生装置(南海クン2号)の部品J(図3)のスポンジ部分に水が浸水していたことが判明し、一考の余地があることがわかった。スポンジ部分の浸水は浮力の低下や悪臭の発生を招くことが考えられるため、後日モデル教材を解体してスポンジをビニール袋から取り出して乾燥させた。モデル教材の繰り返し利用を考慮する場合は、ビニール袋・カラーガムテープによってスポンジの外装を強化する必要がある。特に棒Nとの接触による摩耗を防ぐため接触部分を強化する必要があると考えられる。ほかにも、南海クン1号の発泡ポリスチレン板B(図1)および南海クン2号の亚克力板I(図3)が曲がっていることが確認された。これらの変形は大陸プレートを繰り返したわませた際に生じた非弾性変形であり、そのまま装置を使用し続けると地震や津波の発生規模が低下すると考えられる。亚克力板Iは再組み立ての際に前回とは上下裏返すことで反発力の低下を起こさないようにすることができるが、板I,Bは共に教材の主要部であるため、繰り返し使用する際には定期的に新品と取り換えたほうが望ましいと思われる。

6. おわりに

本稿では、地震ならびに津波に関する小学生向けモデル教材「南海クン1号」および「南海クン2号」の製作方法と、これらを用いたコアセンターにおける授

表3 モデル教材学習における指導例追記事項

学習内容	教員留意点
モデル教材学習 (45分)	模型を動かしながらもう一度要点を解説する。 ① 地震や津波の仕組みを説明する際と被害を説明する際には注目点が異なるため、最低2回は模型を動かしてそれぞれ解説を行う。 ② 沈み込み帯に注意を向けるため、地震や津波のメカニズムを説明する際にはジオラマ用玩具は設置しない。 ③ 模型の破損を防ぐため、ジオラマ用玩具をおくのは教員が行う。 ジオラマを使い、地震や津波が被害を伴うことを理解してもらう。 被害は地形や環境と関連があることに気づいてもらう。 ④ 児童の注意が「大きな揺れや波を起こすこと」のみにとらわれないようにする。 ⑤ 体格が小さな児童向けに足場があるとよい。
(1)解説されたことを思い返しながら模型を動かしてみよう	
(2)模型を使って地震・津波について考えてみよう ・地形や地盤は関係するだろうか？	

業実践の様子について述べた。

「南海クン」を用いた授業は、高知県香美市立山田小学校、香美市立大桁中学校の児童や生徒に対しても行っており、いずれも高い評価を得た。「南海クン」は小学生だけでなく中学生に対するモデル教材としても有効であると考えられる。「南海クン」は比較的簡単な構造をしているため、教員による学校での製作に向いている。「南海クン」が小中学校における理科教育の助けになれば幸いである。

なお、南海クン1号および2号は、わかりやすさを優先するため地震や津波のプロセスを最も簡単なモデルで説明することが設計の原点であり、そのため物理的な厳密性が低下している。児童らの誤解を招かないように、わかりやすさを損なうことなく、より厳密な発生機構を再現できる後継模型の開発が今後の課題である。

謝 辞 本モデル教材は筆者の一人である村山雅史准教授の研究費により製作されました。本稿の執筆過程において、岡山大学大学院教育学研究科の宇野康司講師に有益なコメントをいただきました。モデル教材の製作にあたり、海洋コア総合研究センターの技術補佐員の方々には、教材の装飾をはじめいろいろとお世話になりました。これらの方々には厚く感謝の意を表します。また、論文提出に際し丁寧な査読を行っていただいた2名の査読者の方々、本モデル教材製作および論文執筆のきっかけになりました高知大学海洋コア総合研究センターを見学して下さった小学校の方々にこの場を借りて御礼を申し上げます。

引用文献

- 科学技術振興機構 (2010): 平成 20 年度高等学校理科教員実態調査報告書 (平成 22 年 3 月), 319 p.
- 加藤史訓・稲垣茂樹・福濱方哉 (2005): 津波により海岸堤防に作用する波力に関する大型模型実験. 海岸工学論文集, **52**, 756-760.
- 川端紹義・福田修武 (2004): 防災教育を意識した地震のモデル実験について. 和歌山県教育研修センター研究紀要, **7**, 64-75.
- 文部省 (1989): 小学校学習指導要領 (平成元年 3 月), 大蔵省印刷局, 113 p.
- 文部省 (1998): 小学校学習指導要領 (平成 10 年 12 月), 大蔵省印刷局, 97 p.
- 文部科学省 (2008a): 小学校学習指導要領 (平成 20 年 3 月), 117 p.
- 文部科学省 (2008b): 小学校学習指導要領解説 理科編 (平成 20 年 6 月), 90 p.
- 中井睦美 (2000): 初等教育学系大学における理科教育の問題点と地学教育の重要性. 地学教育と科学運動, **33**, 25-38.
- 中井睦美・中井均 (2008): 現在の理科教育と教員養成の問題: 主に初等教育について. 地質学雑誌, **114**, 170-179.
- 根本泰雄 (2000): 最近 20 年間 (1979~1998) の小学校教員新規採用状況と中学校・高等学校での理科・地学教員新規採用状況とについて. 地学教育, **53**, 239-248.
- 沼尻 淳・里嘉千茂 (2003): 小学校低・中学年児童とその保護者を対象とした新しい教育観に基づく地震防災教育の試み. 東京学芸大学紀要 4 部門, **55**, 59-72.
- 佐武直紀・太田賢治・飯沼博幸・福和伸夫 (2008): 地震防災意識啓発の為の津波模型の開発. 2008 年日本建築学会大会学術講演梗概集, 683-684.
- 佐武直紀・福和伸夫・原 徹夫・太田賢治・飯沼博幸 (2009): 地震防災教育のための津波実験装置の開発. 日本建築学会技術報告, **15**, 321-324.

香月興太・山口飛鳥・松崎琢也・山本裕二・村山雅史: 小学生向け地震・津波発生装置の製作とその教育実践 地学教育 63 巻 4 号, 135-147, 2010

〔キーワード〕 モデル教材, 地震, 津波, 小学生

〔要旨〕 地震・津波の発生機構を児童が簡単に理解可能なモデル教材を製作し, 教育実践を試みた。児童の興味を喚起するため, このモデル教材は視覚的にわかりやすいものになるよう設計されている。また, 安価で手に入りやすい材料と簡単な工具のみで製作可能で, 小学校教員が製作しやすいものである。児童を対象とした授業実践の中で, モデル教材を用いた体験学習を行ったところ, 地震・津波の発生に関する基礎知識の習得や, 防災意識の向上に効果が見られた。

Kota KATSUKI, Asuka YAMAGUCHI, Takuya MATSUZAKI, Yuhji YAMAMOTO and Masafumi MURAYAMA: Construction and Application of Teaching Models of Earthquake and Tsunami Generation Mechanism for Elementary School Students. *Journal of Education of Earth Science*, **63**(4), 135-147, 2010

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第 1 回 常務委員会議事録

日 時 平成 22 年 5 月 21 日(金) 18 時 30 分～19 時 45 分

場 所 国際文献印刷社 会議室

出席者 牧野泰彦・馬場勝良・渋谷 紘・伊藤 孝・濱田浩美・高橋 修

議 題:

1. 平成 22 年度以降の大会について
鹿兒島大会の進捗状況が八田副会長(代読: 高橋)から報告された。次号の「地学教育」に 2 次案内が掲載される予定である。
2. 日本地学教育学会学会賞・学術奨励賞の選考について
平成 22 年度日本地学教育学会学会賞・学術奨励賞の選考委員長を廣木義久委員に依頼, 廣木委員長を中心に編集委員 1 人を含む委員 4 人の選考を進めることになった。
3. 入会者・退会者について
入会者 4 名, 退会者 6 名が承認された(平成 22 年 5 月 20 日現在: 名誉会員 5 名, 正会員 529 名, 学生会員 17 名, 在外会員 3 名)。
入会者: 朴 大光(韓国)・関川弘子(埼玉)・中川徹夫(兵庫)・山根悠介(静岡)
退会者: 今川一彦・大越 治・宮嶋衛次・三浦郁夫・高木知里・大里俊一

4. その他

- 1) 本年度, 渡部景隆奨励賞の申請〆切りを 2010/6/1 から 2010/6/30(必着)に延長することになった。

報 告:

1. 各種常置委員会から
 - 1) 松川正樹編集委員長(代読: 高橋)から, 63-2 号の編集状況について報告があった。
 - 2) 内記昭彦委員から, 教科「理科」関連学会協議会の報告があった(代読: 高橋)。
 - 3) 本年度の地球惑星科学合同大会(幕張)会場に, 本学会の入会案内を掲示する。
2. 寄贈交換図書
産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2010/5): 地質ニュース, 第 669 号
日本理科教育学会(2010): 理科の教育 05, 通巻 694 号, Vol. 59
海洋政策研究財団(2010): 海洋白書 2010
大阪環境防災ネットワーク(2010): 河川を題材とした環境防災教育教材集
東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科(2009): 学校教育学研究論集, 21
* 次回代回常務委員会開催日 7 月 16 日(金)

編集委員会より

「今月号は、夏の大会のプログラムを掲載しました。予定通りに出版できホッとしています。新規投稿の数が大変少なくなってきております。皆様の投稿をお待ちしています。」

地 学 教 育 第 63 卷 第 4 号

平成 22 年 7 月 25 日印刷

平成 22 年 7 月 30 日発行

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

〒263-8522
千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33
千葉大学教育学部理科教育教室内
電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)
振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8
電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 63, NO. 4

JULY, 2010

CONTENTS

Original Articles

A Study of the Public Outreach at a Large Astronomical Observatory
.....Tomomi SHIMOIKURA, Daisuke IONO, Noriyuki SHINOHARA,
Hiroshi MIKOSHIBA, Ryohei KAWABE and Kazuhito DOBASHI...109~123

An Experimental Examination of Gravel Abrasion in the Akigawa-Tamagawa
River System, Tokyo, Japan
.....Masaki MATSUKAWA, Keiko EZAWA and Naohisa NISHIDA...125~133

Practical Article

Construction and Application of Teaching Models of Earthquake and
Tsunami Generation Mechanism for Elementary School Students
.....Kota KATSUKI, Asuka YAMAGUCHI, Takuya MATSUZAKI,
Yuhji YAMAMOTO and Masafumi MURAYAMA...135~147

Proceeding of the Society (148)

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