

地層の空間配置の理解を促進するための学習プログラム —異なる空間スケールの学習材の併用に関する予察的研究—

山崎 博史・江川 宣*・久森 洸希**・吉富 健一

(2020年12月7日受理)

A learning program to promote understanding of the spatial arrangement of strata:
A preliminary study of the use of learning materials at different spatial scales

Hirofumi Yamasaki, Sen Egawa, Koki Hisamori and Kenichi Yoshidomi

The purpose of this study is to develop a learning program for estimating the spatial arrangement of the strata based on the measurement of strike and dip by using a desk scale geological block model as an adjunct to field observation practice. In order to estimate the extent of the strata at two outcrops of an isolated small island-like landscape in Fujie, Fukuyama, we devised a learning activity to compare the boundaries of the strata with the actual extent of the strata by drawing the boundaries on the surface of a small square sponge as a model of the island-like landscape. The students' impressions of this method were positive.

Key words : learning program, strata, spatial arrangement, learning material, geological block model

はじめに

理科における「見方」として「地球」を柱とする領域では、自然の事物・現象を時間的・空間的視点で捉えることとされている（文部科学省, 2018）。地層学習においても、その重要な学習内容である地層の成り立ちや広がりを考える上で理科の見方のひとつである時間的・空間的な視点を働かせることが重要であることは言うまでもない。

しかしながら3次元の広がりをもつ地層について、地層学習における野外観察においても2次元の露頭面上での観察に止まることが一般的である。地層の広がりを捉える学習は空間的思考が必要となることから生徒にとって理解することは難解な内容になっている（中野, 2007）。このような状況は、2次元の情報から3次元の広がりを想定するための視覚的透視能力（visual penetrative ability : Kastens and Ishikawa, 2006）に関わる課題（Alles et al., 2011）と捉えられる。この点に関して、小学生から高校生を対象にした松森（1981）の研究では、学習指導要領で地層概念に

関する学習内容が盛り込まれているにも関わらず我が国の学習者における地層概念に関する認識状態の低さが明らかにされている。また、松森・村田（1996）は松森（1981）と Kari & Orion（1996）をもとに、地層概念を認識するためには、視覚可能な層理の形状から視覚不可能な空間の形状を類推する能力、すなわち地層の広がりを類推する能力が必要であるという点を指摘している。

以上のように、地層学習の空間認識の困難さについては多くの指摘があり、指導方法の模索が行われている（林, 1993; 林ほか, 2003; 中野, 2007; 山崎, 2014; 中西・山崎, 2016 など）。層理面を一つの平面と捉えてその空間分布を考える時、机上での図学演習から実際の野外空間まで様々なスケールを想定することが可能である。机上スケールの図学演習では層理面の広がりを俯瞰的に捉えることができるという利点がある一方、それだけでは単なる3次元の幾何学の問題となる（林, 1993）。その課題を解決する方策として、机上スケールと実際の野外空間スケールの間のスケール

* 広島大学大学院人間社会科学科博士課程前期, ** 広島大学大学院教育学研究科博士課程前期



図1 調査位置図

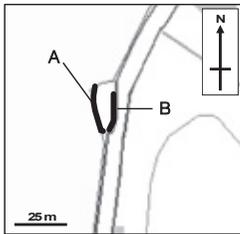


図2 地点1

(中間スケール)での、地層の走向・傾斜に基づいて地層の広がりをつめる学習プログラムが考案されている(山崎, 2014; 中西・山崎, 2016)。

空間概念の育成には広大なスケールの野外に身を置くことが重要であり(恩藤, 1993), 地層の広がりをつめる実習において学習者に走向・傾斜の測定結果の意味を考えさせる必要がある(山崎, 2014)。これらの指摘を受けて、本研究では、学習者が野外実習中に机上スケールの地質ブロックを補助的に併用することで、走向・傾斜の測定値を基に地層の広がりをつ推定できることを目指した学習プログラムの試案を作成した。本稿では試案の概要と試行概要について、特に地質ブロックの併用に関わる内容について記述する。

野外学習プログラム

1. 実習地の概要

野外学習実習地として、広島大学から日帰りで野外学習プログラムを実施可能であること、堆積岩分布域、および野外学習プログラムに適した露頭状況という3つの条件を満たす広島県福山市藤江の松永湾沿岸を選定した。実習地周辺は未命名の古第三紀礫岩および砂岩の分布域である(URL1; 久森, 2019)。このうち本研究では、集団での観察活動が可能な地点1と地点2を実習地点とした(図1)。地点1は小さな島状に孤立して



図3 露頭Aと露頭B

おり、露頭Aと露頭Bの2つの露頭面ではほぼ同一層準の地層観察が可能であるという点で露頭条件を満たしている(図2)。

露頭A(図3A)は、下位から円礫岩層、含礫粗粒砂岩層、シルト岩層、含礫粗粒砂岩層の順に累重する。露頭北端に、走向・傾斜N40W78Sの逆断層が認められ、北側が相対的に約1m下がっている。また、露頭中央付近にはN40W90およびN20W90の2つの断層が確認できる。

露頭B(図3B)は、下位から細粒砂・粗粒砂の薄互層、円礫岩層、含礫粗粒砂岩層、シルト岩層、含礫粗粒砂岩層の順に累重する。露頭中央付近には走向傾斜N34W80Sの逆断層が認められ、北側が相対的に約1m下がっている。

露頭A、Bではともに礫岩主体の岩相の中にシルト層が確認できる。シルト層の走向・傾斜は露頭AでEW18N、露頭BでEW16Nであった。また、露頭Aと露頭Bにおいてシルト層はほぼ同高さに現れている。

表1 野外活動の流れ

野外活動の内容	
1次	活動場所の説明
2次	露頭A観察
3次	野外課題1(1)
4次	走向板でシルト層の走向・傾斜を確認
5次	野外課題1(2)
6次	地質ブロックの活用
7次	野外課題2

2. 野外学習プログラム

本研究では、学習者が野外において走向・傾斜の測定値を基に地層の広がりをつ予想することがで

きる学習活動の考案を目指し、野外活動の内容として机上スケールの地質ブロックを使用した活動を併用した野外活動プログラムとした。野外学習の概要は表 1 の通りである。学習者は、野外で地層観察を行いながら、野外課題 1、地質ブロックの活用、および野外課題 2 に取り組む。

野外学習プログラムの試行

野外活動プログラムの試行は広島大学教育学部で 6 セメスターに開講されている地学教材内容実験の受講者 14 名(欠席者を除く)を対象に 2019 年 11 月 9 日に実施された。受講者は、3 セメスターの授業において、中間スケールの学習プログラム(山崎, 2014)と同様の実習プログラムを受講しており、クリノメーターの使用法や地質図の作成方法などについては学習済みである。また、本実践の実施前までに、地質図学演習(岡本・堀, 2003)の問題を用いて、地質図作成の演習を行っており、走向・傾斜のデータをもとに机上での地質図作成手順について理解している。

試行した野外学習プログラムは、1. 事前質問、2. 野外活動、および 3. 事後質問で構成される。以下でそれぞれについて記述する。

1. 事前質問

野外活動を行う学習者の現状把握を目的とし、野外活動を行う学生を対象に、“走向・傾斜は何のために測るのか、あなたの考えを書いて下さい”という事前質問を実施した。質問の内容は、学習者が考える、走向・傾斜を測る意義や目的を問うものである。学生は、回答の前に走向・傾斜の定義について配布資料で再確認し、野外活動の実習地に向かう前に 5 分程度で回答した。

回答内容として、地層の傾きについての言及や地層の向きについての言及が認められた。

2. 野外活動

1) 野外課題 1

野外課題 1(図 4)のねらいは露頭 A のシルト層の観察を通して、地層の広がりを考えさせることである。この課題で、学習者は、同じ高さのところでは、同じ地層がその走向線上に現れるという点に注目する必要がある。本実践では、実習場所の足場の不安定さと時間の制約の都合上、学生 14 名を 7 名ずつ“前半グループ”と“後半グループ”の 2 グループに分けて野外活動を実施した。学習の流れは表 1 の 3 次から 6 次である。以下、3 次から 6 次の実習状況について詳細を述べる。

3 次では、露頭 A では礫岩主体の岩相の中にシ

野外活動 1

1. 図 1 は露頭 A を模式的に表した図で、図 2~4 は露頭 B を模式的に表した図です。図 1~4 に記されている赤線はシルト層を表しています。露頭 A で見えているシルト層は露頭 B ではどの高さに現れるか図 2~4 のうちから予想してください。また、予想した理由も記述してください。



図 1



図 2 露頭 A と同じくらいの高さ



図 3 露頭 A よりも高い位置

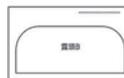


図 4 露頭 A よりも低い位置

回答欄

図 _____

予想した理由

2

野外活動 1

2. 下の図 5~8 は前ページの図 1~4 と同じ図です。露頭 A のシルト層の走向・傾斜を測定したうえで、露頭 A で見えているシルト層は露頭 B ではどの高さに現れるか、図 6~8 のうちから予想してください。また、予想した理由も記述してください。



図 5



図 6 露頭 A と同じくらいの高さ



図 7 露頭 A よりも高い位置



図 8 露頭 A よりも低い位置

回答欄

図 _____

予想した理由

3

図 4 野外課題 1

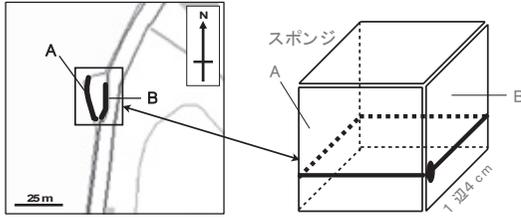
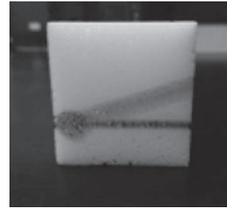


図5 露頭A, Bを想定した地質ブロック

ルト層が観察できること、シルト層が鍵層になっていることを確認した。4次では、学生は各自で露頭Aの観察を行いながら、野外課題1(1)に取り組んだ。学習者が意欲的に露頭の観察を行っている様子が見られた。時間の制約は設けず、考える時間を十分に確保した。5次では、全員が野外課題1(1)を終了したことを確認した後、走向板とクリノメーターを使用しシルト層の走向・傾斜を全体で確認した。本来は、学生全員にシルト層の走向・傾斜を測定することを予定していたが、立地的な都合と時間的な都合により、本実践では指導者がクリノメーターを使用し、学生が測定値を読んだ。実測値は、両グループともN84E18Nであった。6次では、学生は再び各自で露頭Aの観察を行いながら、野外課題1(2)に取り組んだ。4次と同様、学生の考える時間を十分に確保した。

次に、野外課題1の調査用紙の結果について述べる。野外課題1(1)の正答人数(率)は4人(27.8%)であった。理由記述から、同じ高さのところでは、同じ地層がその走向線上に現れるという点に注目している学生は1名のみであった。この点に注目せずに正答しているものとしては、露頭Aと露頭Bの間の露頭を観察して予想をしたもの(1名)、理由相違にもかかわらず正答しているもの(2名)が見られた。今回の課題で、シルト層の走向に着目している学生も2名(14.3%)いたが、正確にシルト層の走向を捉えることはできていなかった。また、9名(78.6%)の学生がシルト層の走向に着目することができなかった。走向に着目していない学生のほとんどが、シルト層の傾斜のみについて言及していた。露頭Aではシルト層の傾斜については、視覚的にとらえやすくなっており、ほとんどの学生がシルト層の傾斜に着目したのだと考えられる。野外課題1(2)の正答人数(率)は10人(71.4%)であった。理由記述において、走向方向では高さが同じ地点では同一の地層が現れることを記述した学生は6名

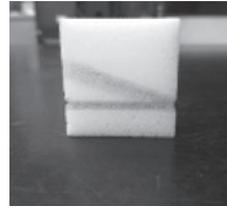
- ① スポンジの露頭Aの面に、油性の青マジックでシルト層を記入する(●から書き始める)。



- ② 露頭Bに回り込む。

- ③ 露頭Bのシルト層の位置を確認する。

- ④ スポンジの露頭Bの面に、油性の青マジックでシルト層を記入する。



- ⑤ 記入したシルト層に沿ってスポンジを切断し、切断面の走向・傾斜を確認する。

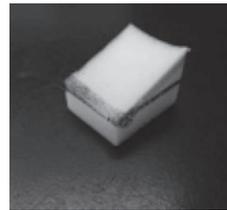


図6 地質ブロックを活用した学習活動の流れ

(42.9%)、走向に着目している学生は7名(50.0%)だった。この7名のうち3名は不正解であった。その3名の理由記述としては、記述中ではシルト層の走向・傾斜に着目しているが、正確にシルト層の層理面を想定できていないもの(2名)、走向・傾斜実測値の結果のみを記述しているもの(1名)だった。野外課題1(1)と野外課題1(2)を通じて、シルト層の走向・傾斜を測定する前に走向・傾斜について科学的用語として理解している学生であっても、2次元平面である露頭観察のみでは走向に着目することは困難であるが、測定作業をすることが走向への意識を喚起する可能性が考えられる。また、走向・傾斜の値から層理面を正確に想定できているかは判断でき

なかった。

2) 地質ブロックの活用

野外課題 1 終了後、地層に関する空間認識を育成する手立てとして、地質ブロックの活用(表 1 の 7 次)を行った。地質ブロックは露頭 A、露頭 B が位置する孤立した小島状の地質モデルである (図 5)。実際の野外空間と地質ブロックという机上スケールの空間を往還できる活動を目指した。地質ブロックの素材としては、加工の容易さという利点を考慮して、市販のメラミンスポンジ (1 辺約 4 cm) を使用した。活動の流れを図 6 に示す。

3) 野外課題 2

野外課題 2 (図 7) は地点 1 と地点 2 の露頭にみられる地層を比べ、上下関係を判断させる課題である。野外課題 2 は「地点 1 にみられる露頭」と「地点 2 にみられる露頭」のどちらかを選ぶ選択問題とし、考えた理由とともに記述させた。野外課題 2 のねらいは、シルト層の走向・傾斜の実測値からシルト層の層理面の広がりを想定し、それを基に上下関係を考えさせることである。この課題では、走向はほぼ EW であるということを前提に、傾斜の角度や向きによって地層面の広がり が表現されるという点に注目する必要がある。

野外課題 2 の正答人数(率)は 14 人 (100.0%) であった。理由記述から、シルト層の走向・傾斜の実測値をもとに層理面の広がりを推定することができている学生は 9 名 (64.3%) だった。これらの学生は、走向・傾斜の実測値をもとに層理面の広がり を正しく想定していると考えられる。シルト層の傾斜に着目することができている学生は 5 名 (28.6%) だった。層理面の広がり を想定している可能性はあるが、理由記述から読み取ることができなかつた。地層の傾斜に着目できていない解答は確認できなかつた。

3. 事後質問

野外活動を通した学習者の変化を見るために、“今日の実習を踏まえて、走向・傾斜は何のために測るのか、再度あなたの考えを書いて下さい”という、走向・傾斜を測る意義や目的を問う事後質問を行った。学生は野外活動終了後すぐに回答した。その結果を事前質問の結果と比較すると、地層の広がりや、地下や他の地点などの見えない地点の地層の推測に関する記述が増えた (図 8)。

4. 事後アンケート

今回の野外活動の評価を行うために、野外活動に関するアンケートを行った。5 段階評価の質問を 7 題 (表 2)、自由記述の質問を 3 題 (1. 本実

図 7 野外課題 2

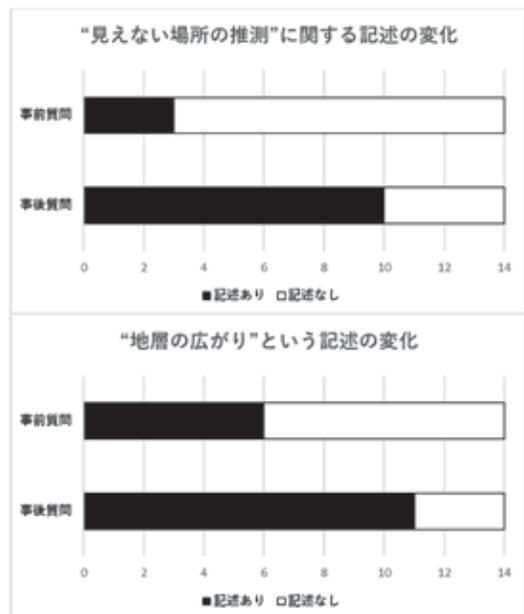


図 8 質問への回答の変化

表 2 事後アンケート結果

	質問内容	5. そう思う	4. どちらかといえばそう思う	3. どちらともいえない	2. どちらかといえばそうわない	1. そうわない
①	今回の実習は問題なく行うことができたと思う。	14.3	64.3	0	7.1	14.3
②	今回の実習を通して走向・傾斜の理解は深まったと思う。	50	28.6	7.1	0	14.3
③	走向・傾斜の理解を深めるためには野外活動の実習が効果的だと思う。	57.1	28.6	0	0	14.3
④	スポンジ教材は、走向・傾斜の理解を深めるのに役に立ったと思う。	57.1	28.6	0	0	14.3
⑤	スポンジを切る作業は問題なく行えたか。	71.4	14.3	0	0	14.3
⑥	走向・傾斜を理解させるには教室内の指導だけで十分であると思う。	0	14.3	50	35.7	0
⑦	本実習は高校生を対象に行う際の難易度は適切だと思う。	28.6	28.6	14.3	28.6	0

習で難しいと感じたこと, 2. 本実習で疑問に思ったこと, 3. その他, 気付いたこと, 意見, 感想等)を設定した。

5段階評価のアンケート結果は表2の通りである。また, 自由記述1の記入率は85.7%だった。主な記述内容としては, 以下のようなものが見られた。

- ・走向・傾斜の実測値から地層の広がりを想定すること
- ・クリノメーターの使用法
- ・野外課題1(1)の視点の見つけ方
- ・地点1の足場の悪さについて

・教材としての場所の選定方法について

自由記述2の記入率は35.7%だった。主な記述内容は, 教材としての場所の選定する方法について言及する回答が中心だった。また, 野外課題1

(1)の必要性について言及する回答も見られた。自由記述3の記入率は92.9%だった。本実践を通して理解が深まったという感想, 意欲的に取り組むことができたという感想, および本実践に関する指摘が中心だった。理解が深まった要因としては, 野外で地層の広がりを考えたこと, 地質ブロックを用いたこと, および体験的な活動だったことなどが挙げられた。

考察：地質ブロックの併用について

野外活動では, 地層に関する空間認識を育成する手立てとして, 地質ブロックを併用した学習活動を行った。ここでは, 野外活動に関するアンケートの結果のうち地質ブロックに言及した回答および先行研究における示唆を基に野外活動の中で地質ブロックを併用することの意義について考察する。

空間認識を育成する教授方策として地層の学習を取り扱っている先行研究は多い(林, 1993; 堀・早川, 2005; 加藤・二階堂, 1999; 香西ほか, 2016; 中西・山崎, 2016; 中野, 2007; 柴山・岸田, 1984; 山崎, 2014; 吉川, 2019など)。松森・村田(1997)はそれらの教授方策を“マクロな空間での教授方策”と“日常的なスケールの空間での教授方策”に大別できると指摘している。前者は本研究における「実際の野外空間スケール」, 後者は同じく「机上スケール」に対応する。また, 上記の2者以外に, 簡易露頭模型を校舎周辺に配置した活動(山崎, 2014)や校舎の壁を利用した活動(中西・山崎, 2016)などの“中間的なスケールの空間での教授方策”も報告されている。この3者の関係は, 松森・村田(1997)の作成した図に基づく図9のように示すことができる。教授方法を大別することについて「実際の地層観察が先か(マクロな空間→日常的なスケールスケールへと移行する教授方策), 地層モデルによる学習が先か(日常的なスケール→マクロな空間へと移行する教授方法)といった2者択一の問題を提起しようとするものではない」(松森・村田, 1997)と指摘されている。同様に, 本論でもスケールの異なる教授方策にはそれぞれ利点があり, それらを同時に併用したり, あるいはそれらを往還することにより, 一層の効果が期待されると考える。

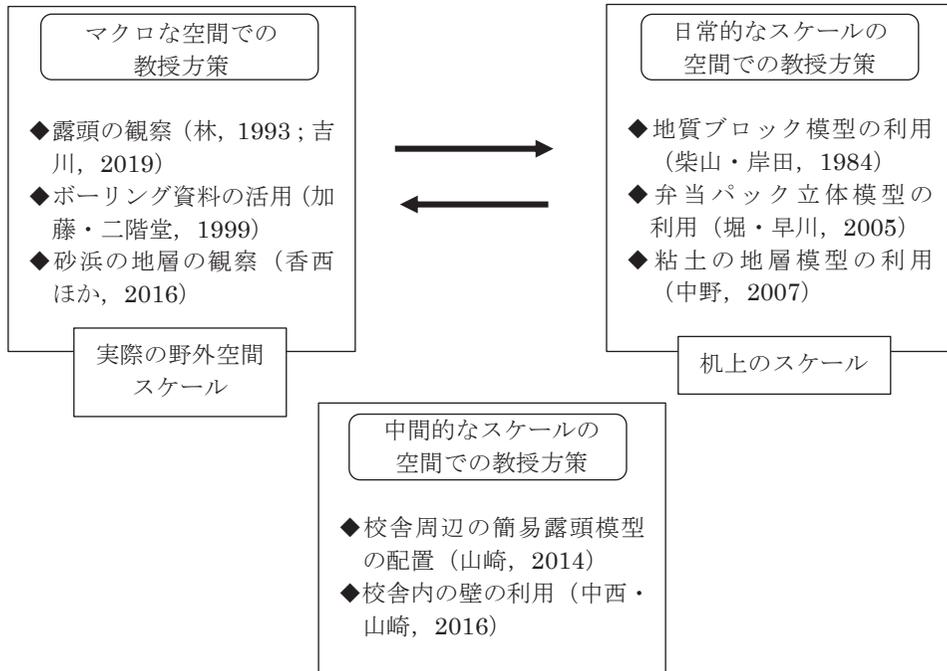


図9 異なる空間スケールでの教授方策

野外活動における地質ブロックの活用の強調すべき特徴は、野外というマクロな空間の中で、地質ブロックという日常的なスケールの空間の教具を用いたという点である。恩藤(1993)は、走向・傾斜の概念を理解していても野外で生かされない原因として、地層の走向・傾斜を、野外で直接捉える場合と解説図や模型によって捉える場合の視点の使い分けの困難さにあると指摘している。ここで言う視点の移動とは、マクロな空間の視点と日常的なスケールの空間の視点の移動と言い換えることができるだろう。野外活動における、地質ブロックの活用は、マクロな空間と日常的なスケールの空間をその場で往還できるという点からも魅力的な活動であると考えられる。このような視点移動の繰り返しは、視覚的透視能力の育成にも繋がることを期待される。

野外活動に関するアンケート(表2)の④、⑤の地質ブロックに関する質問では、④(5:57.1%, 4:28.6%)と⑤(5:57.1%, 4:28.6%)ともに85.7%の学生が“5. そう思う”あるいは“4. どちらかといえばそう思う”を回答しており、自由記述3においても、「スポンジ(地質ブロック)を用いることで理解が深まった」などの回答も見られる。これらより、地質ブロックを併用するこ

とによって、走向・傾斜の理解を深めることができたとの学生の実感に繋がったと考えたい。

おわりに

本研究では、地層の広がりを考えさせる机上スケールの教具として地質ブロックを考案し、それを野外活動の中で併用する学習プログラムの試行を実施した。結果として、地質ブロックの学習材としての可能性は少なからず見出すことができた。しかし、地質ブロックの活用が学習者の地層の広がりや類推能力、特に視覚的透視能力の育成に寄与したかについて、評価するための十分なデータを得ることは出来なかった。今後は、学習者を実験群と対照群の2つに分けるなど、地質ブロックを用いたことによる学習効果の違いを検討する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、2019年度の地学教材内容実験の受講生の皆さんとティーチング・アシスタントの武永有岐子さんに協力いただいた。本研究の一部はJSPS科研費19K03144, 19K02708および17H01980の助成を受けて行われた。記して感謝申し上げる。

引用文献

- Alles, M. and Riggs, E. M., 2011, Developing a process model for visual penetrative ability. *in* Feig, A. D. and Stokes, A. eds., *Qualitative Inquiry in Geoscience Education Research: Geological Society of America Special Paper* **474**, 63-80.
- 林 慶一, 1993, 野外調査と空中写真の組み合わせによる地質図作成の実習. *地学教育*, **46**, 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**, 37-45.
- 久森洸希, 2019, 広島県福山市松永湾周辺の古第三系に関する堆積学的研究-地学教材としての活用を目指して-. 2018年度広島大学教育学部第二類自然系コース卒業論文, 37p.
- 堀真季子・早川由紀夫, 2005, 弁当パック立体模型を使った授業実践. *群馬大学教育実践研究*, **22**, 57-77.
- Kali, Y. and Orion, N., 1996, Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, **33**, 369-391.
- Kastens, K. A. and Ishikawa, T., 2006, Spatial thinking in the geosciences and cognitive sciences: A cross-disciplinary look at the intersection of the two fields. *in* Manduaca, C. A. and Mogk, D. W. eds., *Earth and Mind: How Geologist Think and Learn about the Earth: Geological Society of America Special Paper* **413**, 53-76.
- 加藤尚裕・二階堂朝光, 1999, 地層の広がり を推論させる指導事例-ボーリング資料とグラフィックソフト(KID98)の利用を通して-. *地学教育*, **52**, 79-86.
- 香西 武・川真田早苗・新廷貴弘・吉川武憲・廣田将義・福田智亮・松本 卓・寺島幸生, 2016, 海岸の砂浜を活用した地層観察の実践. *鳴門教育大学授業実践研究-学部・大学院の授業改善を目指して-*, No. 15, 87-89.
- 松森靖夫, 1981, 児童・高校生の空間認識に関する考察-地層学習に関連して-. *地学教育*, **34**, 1-9.
- 松森靖夫・村田美由紀, 1997, 高校生の地層概念の認識に関する一考察-Kari and Orion (1996)の調査問題を用いて-. *地学教育*, **54**, 1-13.
- 文部科学省, 2018, 中学校指導要領(平成29年告示)解説 理科. 学校図書, 東京, 183p.
- 中西裕也・山崎博史, 2016, 校舎の壁を利用した地層観察のための模擬体験授業-地層の広がり を把握するための高等学校地学基礎での実践-. *地学教育*, **69**, 73-83.
- 中野英之, 2007, 粘土の地質モデルを使った地形図・地質図の学習指導. *地学教育*, **60**, 179-185.
- 岡本 隆・堀 利栄, 2003, 地質図学演習. 古今書院, 56p.
- 恩藤知典, 1991, 地学の野外観察における空間概念の形成. 東洋出版, 228p.
- 柴山元彦・岸田容司郎, 1984, 地質ブロックモデルでの授業. *地学教育と科学運動*, No. 13, 82-91.
- 山崎博史, 2014, 地層の広がり を把握するための地質図作成実習: 簡易模型を校舎周辺に配置して野外と机上の中間スケールで地質構造を把握する“野外調査”とペーパークラフトの活用. *地学教育*, **66**, 93-103.
- 吉川武憲, 2019, タブレットPCを用いた地層観察および顕微鏡観察による観察記録作成の試み. *近畿大学教育論叢*, **30**, 99-112.
- [URL1] 20万分の1日本シームレス地質図V2 (産総研地質調査総合センター, データ更新日: 2020年4月6日, <https://gbank.gsj.jp/seamless/>).