

地学教育

第64巻 第4号(通巻 第332号)

2011年7月

目 次

教育実践論文

地層の野外観察に関する講義と野外観察を組み合わせた教員研修の実践

—香川県高松市の中学校理科教員を対象に—

……………吉川武憲・香西 武・村田 守・藤岡達也…(93~106)

資料

基盤地図情報を活用した立体地形図および立体地質図の作成法……吉富健一…(107~126)

学会記事 (127)

お知らせ (128)

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

地層の野外観察に関する講義と野外観察を 組み合わせた教員研修の実践

—香川県高松市の中学校理科教員を対象に—

Practical Study of In-Service Teacher Training Combined with Lectures and
Geological Field Observations, Based on the Experience of
Junior High School Science Teachers in
Takamatsu, Kagawa Prefecture, Japan

吉川 武憲^{*1}・香西 武^{*2}・村田 守^{*2}・藤岡 達也^{*3}

Takenori YOSHIKAWA, Takeshi KOZAI, Mamoru MURATA
and Tatsuya FUJIOKA

Abstract: Our questionnaire for junior high school science teachers in Takamatsu revealed that 85% of the teachers could not perform basic geological field observations, despite the course of study for science in junior high school. On the basis of their deficit knowledge, and the requirement for them to be able to undertake basic observations, a workshop for the teachers was arranged. This in-service training, combined with lectures and field observations, helped the teachers to better understand the geological features of Kagawa Prefecture, and to develop and undertake their own geological field observations.

Key words: geological field observation, teacher training, junior high school, Izumi group

1. はじめに

地層の野外観察（以下、野外観察と略記する）の実施が難しい原因の一つとして、宮下（1999）は、指導の手順がわからないなど、理科教員側の指導力不足があることを指摘している。

このような課題の解決に向けて、これまで主に次の二つの視点で研究が行われてきた。一つは、それぞれの地域の地学的特徴に合わせた教材の開発に重点を置いた研究である（例えば、天野・品田, 1997; 大久保, 1998; 天野, 2001; 川村, 2001; 森江・立花, 2002; 戸倉, 2003; 吉富ほか, 2003）。これらにより、その地域独自の教材の開発が進むだけでなく、他地域の教材開発に新たな視点を与えた。もう一つは、教員の指

導力を補うために、専門家による支援体制を整えるシステムづくりに重点を置いた研究である（例えば、宮下, 1999, 2008, 2009; 松川・林, 2003; 相場, 2004; 藤岡, 2004b）。これらは、野外観察における専門家の役割の重要性を認識させるとともに、教員の新たな役割を示唆した。

一方、野外観察を主体的に企画・運営する側の小・中学校の理科教員に目を向けると、野外観察の必要性について強く認識しているにもかかわらず、野外観察を必ず実施している者は10%程度で、大多数の教員は野外観察の実施経験がない（三次, 2008）。また、中学校理科教員は、野外観察を実施できない理由として「適当な素材や場所がない」（75.9%）、「授業時間の確保ができない」（56.4%）などの阻害要因を主に

^{*1} 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科 ^{*2} 鳴門教育大学自然系コース（理科） ^{*3} 上越教育大学大学院学校教育研究科 2011年1月18日受付 2011年7月15日受理

挙げたが、「野外観察の手順がわからない」(3.8%)など、理科教員自身の指導力と関連する阻害要因を挙げた者は少なかった(三次, 2008)。

理科教員に対する野外観察の指導力向上に向けた研修などの取組について、松川ほか(1994)、宮下(2001)、藤岡(2004a)らが提案した。一方で、短い研修の時間では、野外観察の指導力向上に結びつけることは困難だとの指摘もある(松川・林, 2003)。そのため、教員研修を野外観察活性化の手立てとするには、教材化と効率的に結びついた研修内容の工夫などが必要であろう。

平成20年に告示された中学校学習指導要領改訂の要点には、科学的な見方や考え方、総合的なものの見方を育成すること、そして、そのために科学的な体験、自然体験の充実を図ることなどがある(文部科学省, 2008)。中学校1年の単元「大地の成り立ちと変

化」では、自然から直接的に学ぶ体験が重要であることなどから、前回の中学校学習指導要領(文部省, 1998)から継続し、地層の野外観察などは必ず行わなければならない活動として位置づけられた。

本研究は、野外観察を活性化させる一つの手立てとして、中学校理科教員を対象とする講義と野外観察を組み合わせた研修に取り組んだ。その実践の内容とその成果について報告する。

2. 実態調査と研修について

野外観察に用いられる地層などの特徴は、地域性が非常に大きい。そのため、地学を専門にしている教員以外にとり、その教材化は難しいと考えられる。そこで、今回の研修は、中学校理科の単元「大地の成り立ちと変化」で実践する野外観察を前提とし、地元の地学的特徴を理解し、それらを教材化に結びつける力を

表1 調査I・II・III, 研修I・IIの概要

	実施日	対 象	時間	内 容
調査I (質問紙)	2008年 6月16日	高松市中学校理科教員36人 (高松市北ブロック各中学校理科主任等)	15分	(a)「大地の成り立ちと変化」の授業に対する生徒の興味・関心の程度と(b)そう考えた理由 (c)「大地の成り立ちと変化」の授業に対する教員自身の満足度と(d)そう考えた理由 (e)生徒の興味・関心や教員自身の満足度を高める方策
研修I (講義型)	2008年 7月29日	高松市中学校理科教員68人 (高松市各中学校理科教員)	1時間	1. 香川を代表する5つの地質ステージの分布域やその形成過程 2. 香川に産する代表的な化石とその産地の関連を用いた授業展開例
調査II (質問紙)	2008年 7月29日	高松市中学校理科教員68人 (高松市各中学校理科教員)	30分	(a)これまでの野外観察の有無 (b)野外観察を実施したい観察地と(c)その周辺の地質概要 (d)そこで生徒に観察させたい内容 (e)野外観察を通して生徒に教えたい内容
研修II (野外観察)	2008年 8月3日	高松市中学校理科教員19人 (高松市中学校理科教員任意参加者)	8時間	1. 観察地I ・和泉層群の基盤である領家花崗岩類 ・和泉層群基底部の花崗岩質砂岩 ・カキ化石密集層と周辺の管状生痕 ・厚い泥岩層 2. 観察地II ・砂岩泥岩互層中の級化層理 ・観察地の地層の走向方向にある飛島の地層の傾斜 3. 観察地III ・領家花崗岩類と和泉層群の大規模な不整合面
調査III (質問紙)	2008年 8月3日	研修II参加者全員19人	15分	(a)野外観察研修が今後の授業づくりに役立ったか (b)野外観察研修で得られたものは何か (c)野外観察研修を終えての感想

育成することに重点を置いた。また、短時間の研修で効果を上げるため、事前に研修の対象となる中学校理科教員の実態について調査し、研修内容の立案などに活かすとともに、参加者が研修で得た知識を、野外のスケール感の中で活かす体験をすることが重要であると考え、講義型研修と内容に関連づけた野外観察研修を組み合わせ実施した(表1)。

2.1 単元「大地の成り立ちと変化」に関する質問紙調査(調査I)とその結果

(1) ねらいと対象

2008年6月16日に、香川県高松市内の中学校理科教員計36人を対象に質問紙調査(調査I)を行った(表1)。調査Iのねらいは、野外観察の実施を含む単元「大地の成り立ちと変化」における調査対象者の授業の現状や内容に対する意識をとらえるためである。

(2) 調査Iの内容

調査Iの質問内容は、(a)単元「大地の成り立ちと変化」の授業に対する生徒の興味・関心の程度と(b)その理由、(c)「大地の成り立ちと変化」の授業に対する教員自身の満足度と(d)その理由、(e)生徒の興味・関心や教員自身の満足度を高める方策の5点である。上記の(b)、(d)、(e)については、自由記述であるため、結果をまとめるにあたり、内容によって筆者らがグルーピングした。なお、「地域教材」と「野外観察」は、両者とも地元の地学教材を活用するが、本

研究では、屋内での授業に用いるものを「地域教材」、野外での授業を「野外観察」と区別した。

(3) 調査Iの結果

(a)「本単元の授業に対する生徒の興味・関心は？」という問いに対して、「非常に高い」「高い」と答えたのは合わせて10人、「あまり高くない」「低い」と答えたのは合わせて26人であった(表2①)。(b)「あまり高くない」「低い」と思った理由として最も多かったのが「生徒が身近にとらえられない」(18人)、次に多かったのが「生徒に空間的・時間的な広がりをうまく伝えられない」(4人)であった(表2②)。(c)「「大地の成り立ちと変化」の授業に対する教員自身の満足度は？」という問いには、「あまり満足していない」「不満」と答えた者が合わせて34人で、全体の90%を超えた(表2③)。(d)その理由は、「教員自身の知識不足」(14人)、「野外観察ができない」(6人)、「本物に触れさせられない」(6人)の順に多かった(表2④)。(e)「生徒の興味・関心や教員自身の満足度を高めたりするために何が必要か？」という問いに対して、「地域教材の開発」(12人)「野外観察を増やす」(11人)が多く、この二つを合わせると全体の60%を超えた(表2⑤)。一方、博物館の活用(1人)など、外部の支援システムを活用することに対する意識は低かった(表2⑤)。

さらに、(e)生徒の興味・関心や教員の満足度を高

表2 単元「大地の成り立ちと変化」に関する質問紙調査の結果(調査I)

①「大地の成り立ちと変化」に対する生徒の興味・関心 (N=36人)

非常に高い	1人
高い	9人
あまり高くない	25人
低い	1人

② 生徒の興味・関心が「あまり高くない」「低い」と思った理由 (N=26人)

生徒が身近に捉えられない	18人
生徒に空間的・時間的な広がりをもたせられない	4人
教員自身の知識不足	2人
実験できる内容が少ない	1人
岩石そのものへの関心が低い	1人

③「大地の成り立ちと変化」に対する教員自身の満足度 (N=36人)

非常に満足	0人
満足	2人
あまり満足していない	30人
不満	4人

④ 教員自身が「あまり満足していない」「不満」と思った理由 (N=34人 複数回答あり)

教員自身の知識不足	14人
野外観察ができない	6人
本物に触れさせられない	6人
実験がなく具体性に欠ける	4人
時間的な制限がある	3人
地域教材が少ない	2人
その他	1人

⑤ 生徒の興味・関心や教員の満足度を高めるために何が必要か (N=36人 複数回答あり)

地域教材の開発	12人
野外観察を増やす	11人
実験の工夫	6人
自己研修	5人
博物館の活用	1人
自由研究の活用	1人
視聴覚教材の開発	1人
思考力を高める教材の開発	1人
生物教材との融合	1人

表3 香川県に分布する五つの地質ステージと教材化の視点

	形成年代	できごと	教材化の視点	参考文献
第5ステージ	約200万年前以降 (第四紀)	・和泉層群の隆起 ・三豊層群の形成	三豊層群は、瀬戸内海海底にも分布するナウマンゾウなどの化石を含む湖沼成の地層。湖沼成の三豊層群が、現在海底にあることなどから、大地の変動を推測させる材料となる。	坂東 (1979) 植木・満塩 (1998) 植木 (2001)
第4ステージ	約1,300万年前 (新第三紀)	・讃岐層群の形成	都市部の中学生にも身近に観察できる凝灰岩類を主体とする地層。木の葉や魚類などの化石を含む。現在、火山のない香川で、当時の火山活動を推測させる材料となる。	坂東 (1979) 長谷川・斉藤 (1989)
第3ステージ	約7,500万年前 (白亜紀)	・和泉層群の形成	浅海成の地層を主体とした、アンモナイトなどの化石の産地。浅海成の地層を主体とする和泉層群が、現在の香川県で最も高い山脈を形成していることから、大地の変動を推測させる材料となる。	坂東 (1979) 西浦ほか (1993) 長谷川・斉藤 (1989)
第2ステージ	約8,000万年前 (白亜紀)	・領家花崗岩類の形成とその後の隆起	現在の香川県の基底の大部分に分布している深成岩の形成。和泉層群堆積当時の基盤であることから、短期間で隆起したことが推定できる。深成岩の隆起から大地の変動を推測させる材料となる。	長谷川・斉藤 (1989)
第1ステージ	約1億5,000万年～2億年前 (ジュラ紀)	・付加体の形成	中学校理科教科書 (三浦ほか, 2005) に使われ始めた重要な概念。プレート運動についての理解を深めるだけでなく、地震や火山の学習と関連づけることができる。	平 (1990)

める方策の中に、「講演などで香川県の地層の成り立ちなどを勉強するが、理科教員自身がわかりにくい部分もある。子どもにわかりやすく身近に感じとらせる工夫を教えてほしい」という記述があった。これは、これまでの研修が参加者の実態に合っていなかったために、教材開発が進まなかった中学校理科教員の存在を示している。

2.2 地元の地質を理解するための講義型研修 (研修I) と参加者の感想

(1) ねらいと対象

2008年7月29日に高松市教育委員会主催の研修会参加者 (高松市内中学校理科教員68人) を対象に、講義型研修 (研修I) を行った (表1)。研修Iは、調査Iの結果を参考に、その難易度を、地学を専門にしていない中学校理科教員にも理解できる程度に設定し、香川県の地学的特徴の概要と単元「大地の成り立ちと変化」に関する教材化の視点の習得をねらいとし

た。講師は筆者の一人 (吉川) が務めた。研修Iの成果は、参加者の感想で判断した。

(2) 研修Iの内容

研修Iは、香川県の地学的特徴と教材化の視点に関する解説を中心とする第1部と、生徒に大地の変動を実感させる授業展開例を示す第2部に分けた。

第1部は、地元の地学的特徴の概要を理解しやすくするため、年代や分布地域を考慮したうえで香川県に関連する地質構造発達史を第1から第5の地質ステージに分けて説明した (表3)。なお、地質ステージの形成年代の表現は白亜紀などの地質年代だけでなく、おおよその絶対年代を付け加えた。絶対年代を概数にしたのは、細かな時代区分の設定よりも、地元の地質の形成過程に重点を置いたためである。

また、教材化の視点は、単元「大地の成り立ちと変化」のねらいの一つである「地学的な事物・現象は長大な時間と広大な空間の中で変化したり生起したりし

ているという見方や考え方を養う」(文部科学省, 2008) ことにつながる地元の地学的特徴を示した(表 3)。

第2部は、坂東(1979)をもとに作成した図1を用いて、中学生を対象とした授業を提案した。この授業は、第3ステージ(約7,500万年前の讃岐山脈に分布する和泉層群)の浅海成層よりアンモナイトなどの海生の動物化石が、第4ステージ(約1,300万年前の讃岐平野に広範囲に点在する讃岐層群)の凝灰岩層よりフウの葉などの陸生の植物化石が、第5ステージ(約200万年前以降の瀬戸内海の海底などに分布する三豊層群)の湖沼成層よりナウマンゾウの歯などの陸生の動物化石が産出することから、現在山地である讃岐山脈が約7,500万年前は海であったこと、そして、約1,300万年前に香川県周辺の広い範囲で火山活動が盛んになり、現在海である瀬戸内海が約200万年前以降

の時期に湖沼の発達する陸域であったことを生徒に推測させる内容である。

(3) 参加者の感想

参加者の感想(原文のまま掲載)は、その内容から次の五つにグルーピングできた。

- ① 「たくさんの新しい情報が得られました」や「学校近くの地質について全く不勉強であったことが恥ずかしい」など、地元の地質についての知識不足に関する内容
- ② 「今までで一番わかりやすかった地質の講演でした」や「あまり地学に詳しくなかったので、とても参考になりました」など、理解しやすい研修であったという内容
- ③ 「地元の教材が広がっていく内容なので、がんばってチャレンジしてみたいと思った」「探せば身近に資料はあるはずなので機会をみつけて調べ

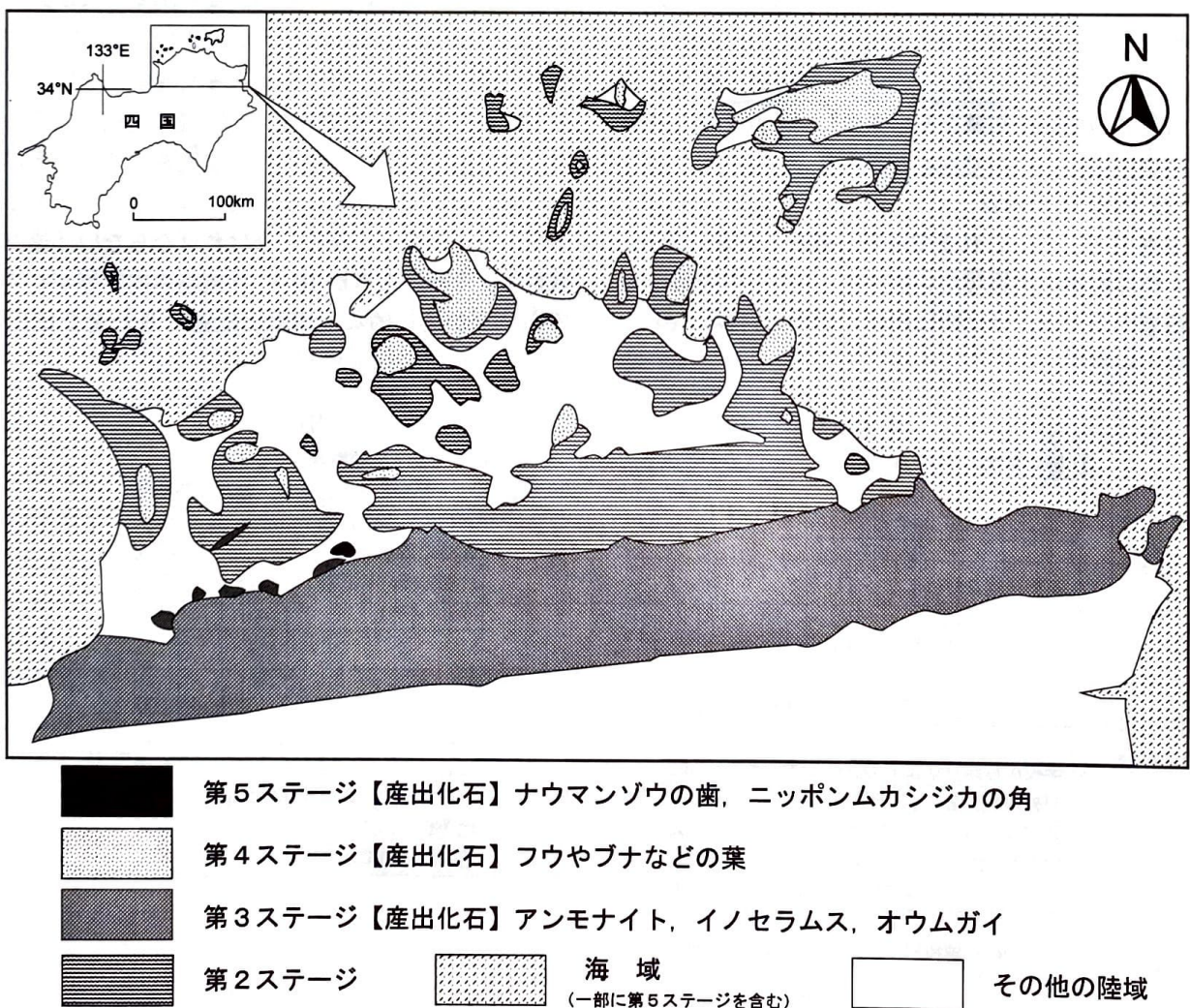


図1 中学生用に作成した香川県に分布する地質ステージと産出化石の説明図

てみたいと思う」など、今後の授業改善への意欲が感じられる内容

- ④ 「香川が地球規模で動き、形成されていることがわかった」「ダイナミックな大地の変化を地元の地質から考えられることを改めて知らされた」など、地元の地質が大地の変動の理解に活用できる実感を得たという内容

- ⑤ 「今日の発表を聞いて、和泉層群など断片的には知っていた事柄がつながりをもって理解できた」や「脳みそが刺激され、ニューロンが2,000個くらいつながった」など、これまで有していた断片的な地元の地質に対する知識が融合して理解が深まったという内容

2.3 野外観察実施計画づくり (調査 II) とその結果

(1) ねらいと対象

研修 I の直後に、研修 I の参加者 68 人全員を対象に、野外観察に対する指導力をどの程度有しているかを把握するための野外観察実施計画づくり (調査 II) を行った (表 1)。これにより、野外観察に関する調査対象者の経験や知識などを把握し、それを補う研修に結びつけることができると考えた。

(2) 調査 II の内容

調査 II は、(a) これまでの野外観察の経験の有無、(b) 野外観察を実施したい観察地と (c) その周辺の地質概要、(d) そこで生徒に観察させたい内容、(e) 野

外観察を通して生徒に何を教えたいかを記録用紙にまとめる作業である (表 1)。この計画づくりは、調査対象者の野外観察に関する知識以外の阻害要因を除くため、授業時間の確保、交通の便、安全性などの外的要因が解決されたと想定した条件のもとで実施した。調査 II の記述内容のうち、野外観察の経験の有無以外は自由記述であるため、結果をまとめるにあたり筆者らが内容によりグルーピングした。また、その計画が野外観察実施可能なものかどうかは、「具体的な観察地が書かれているか」「その観察地で実際にできる観察内容や観察すべきポイントが具体的に示されているか」などを筆者らが検討し判断した。

(3) 調査 II の結果

調査対象者 68 人中、「生徒に対して野外観察を行った経験がある者」は 10 人で、全体の約 15%であった。これらを含め、「野外観察が実施可能と考えられる計画が記述できた者」は 21 人であった (表 4 ①, ②)。これ以外は、「野外観察が実施できないと判断できる者」(47 人) で、「観察地は記述できたが、観察内容等の記述が不十分であった者」が 33 人、「具体的な観察地が記述できなかった者」が 14 人であった (表 4 ②)。また、「野外観察が実施可能と考えられる計画が記述できた者」(21 人) の中で、所属する中学校からバスなどで移動しなければならない「遠方の観察地」を挙げた者が 16 人、「観察の内容等が不十分であったが具体的な観察地は記述できた者」(33 人)

表 4 野外観察実施計画づくり (調査 II) に記載された内容

① 野外観察の経験の有無 (N=68 人)		⑤ 野外観察で生徒に観察させたい内容 (N=68 人 未記入・複数回答あり)	
あり	10 人	岩石や化石の特徴	40 人
なし	58 人	地層の重なり方	15 人
② 実施可能な計画になっているか (N=68 人)		地層の傾き・断層・不整合	7 人
実施可能	21 人	地形の特徴	4 人
観察地は書かれているが		⑥ 野外観察で生徒に教えたい内容 (N=68 人 未記入・複数回答あり)	
観察内容等が不十分	33 人	地元の大地の形成過程	41 人
具体的な観察地が書けていない	14 人	岩石や化石の特徴	10 人
③ 学校から観察地までの交通手段 (N=54 人)		地層の重なり方の規則性	7 人
野外観察実施 徒歩や自転車	5 人	地層観察の方法	6 人
可能 (21 人) バスなどの交通機関	16 人	空間的・時間的な広がり	6 人
観察内容等 徒歩や自転車	18 人		
不十分 (33 人) バスなどの交通機関	15 人		
④ 観察地の地質概要に地質ステージに結びつく 記述があるか (N=68 人)			
ある	10 人		
ない	58 人		

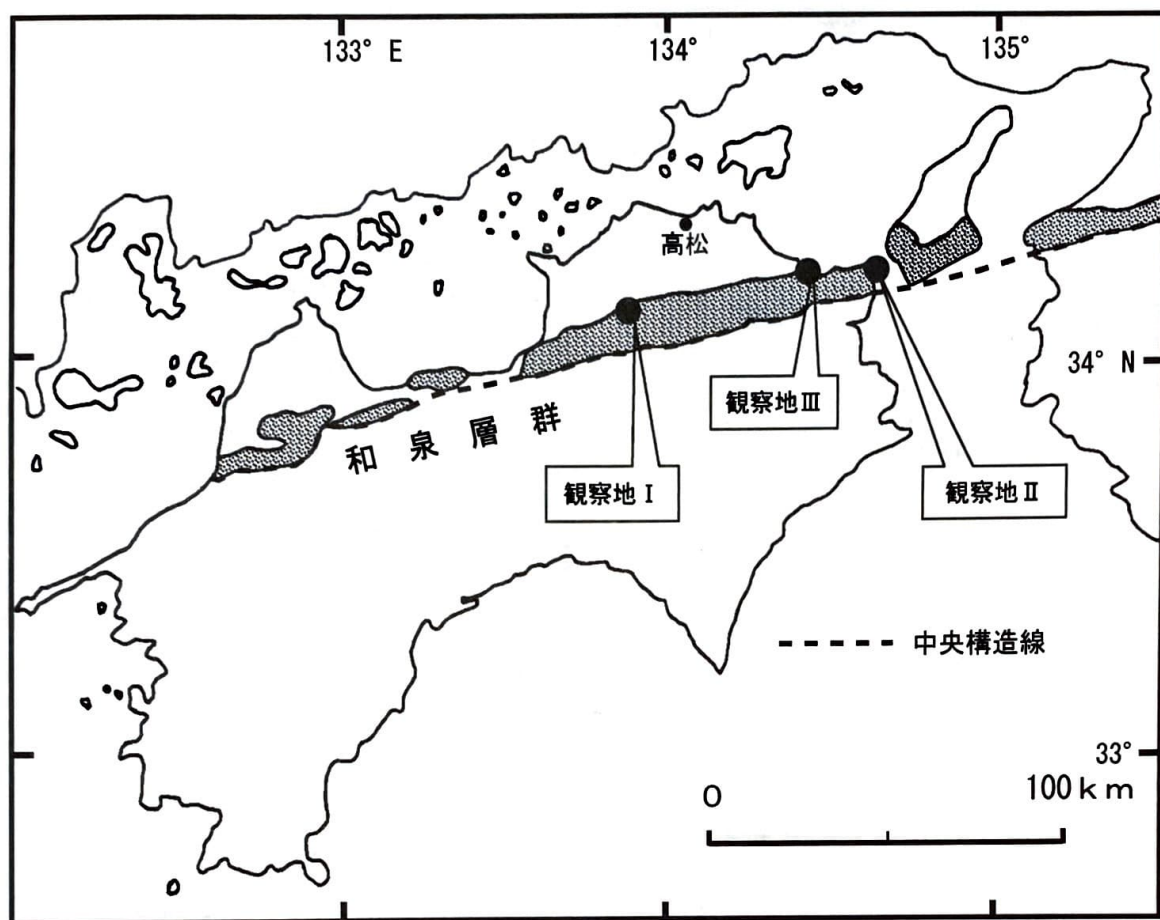


図2 野外観察研修(研修Ⅱ)の観察地

の中で、所属する中学校からバスなどで移動しなければならない「遠方の観察地」を挙げた者は15人であった(表4③)。さらに、観察地周辺の地質概要について、直前の研修Ⅰで説明した第1～第5の「地質ステージに結びつく記述があった者」は、68人中10人であった(表4④)。

観察地で生徒に観察させたい内容は、地層をつくる「岩石や化石の特徴」が68人中40人と群を抜いて多く、続いて「地層の重なり方」(15人)、「地層の傾きや断層、不整合」(7人)が続いた(表4⑤)。また、野外観察を通して生徒に教えたい内容は、「地元の大地の形成過程」が68人中41人と群を抜いて多く、続いて「岩石や化石の特徴」(10人)、「地層の重なり方の規則性」(7人)、「地層観察の方法」(6人)、「空間的・時間的な広がり」(6人)だった(表4⑥)。

2.4 野外観察研修(研修Ⅱ)と質問紙調査(調査Ⅲ)の結果

(1) ねらいと対象

2008年8月3日に任意に参加した高松市内の中学校理科教員19人を対象とし、野外観察研修(研修Ⅱ)

を実施した(表1)。研修Ⅱの参加者は全員研修Ⅰを受講しており、参加者中、調査Ⅱで実施可能な計画が作成できなかった者は8人であった。講師は、筆者の一人(吉川)が務めた。

研修Ⅱは、調査Ⅱ(表4)の結果を踏まえ、野外観察の実施が困難な参加者を想定し、「地元の大地の形成過程」を生徒に理解させるために必要な地層の形成年代や堆積環境の推定に関わる基本的な知識や技能の習得を主なねらいとした。また、研修Ⅰで習得した知識を観察地の具体的な事物・現象と結びつけることで、参加者自身が観察地の地学的特徴を現実的なスケール感の中で実感できるようにした。さらに、身近な野外観察地を知らない参加者に対し、野外観察の候補地選定に役立つ内容についても触れた。

研修Ⅱの成果は、研修Ⅱの直後に質問紙による調査(調査Ⅲ)で確認した(表1)。

(2) 観察地Ⅰ～Ⅲを設定した理由

研修Ⅱでは、第3ステージ(和泉層群)に観察地を設定した(図2)。和泉層群は、構造的な運動により形成された堆積盆に堆積した地層で、その岩相から

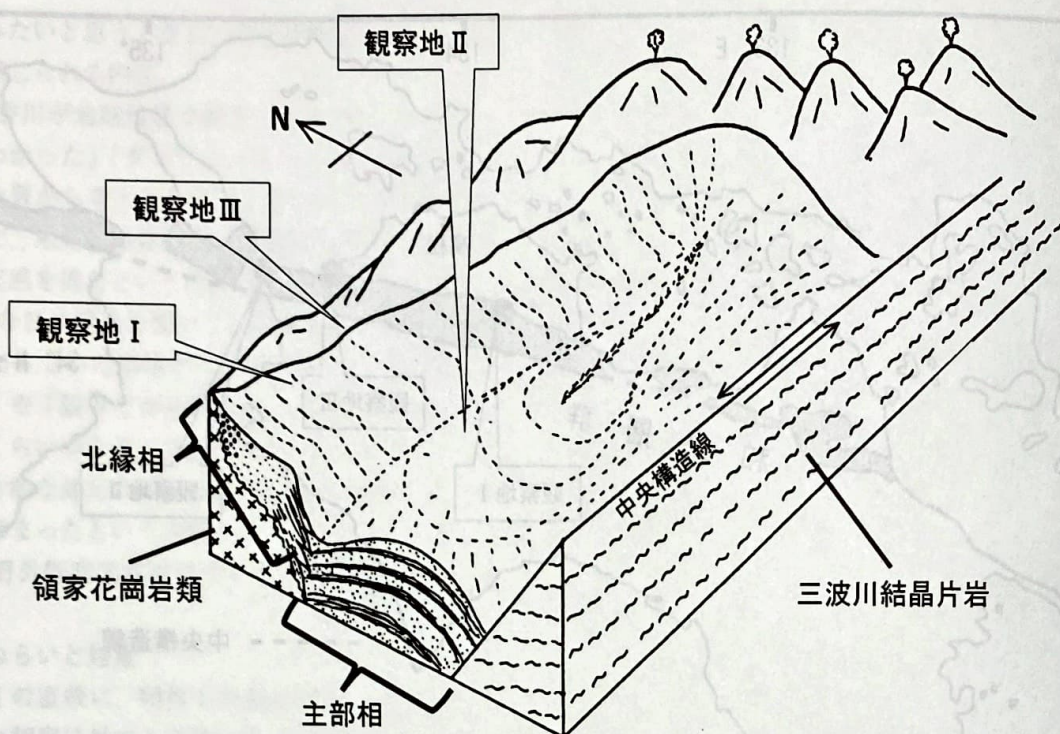


図3 第3ステージにあたる和泉層群堆積場の概念図と観察地I～IIIの想定される位置
→は中央構造線のずれの方向を示す。西浦ほか (1993) を改変。

香川県では北縁相と主部相に区分される(市川ほか, 1979)。そのうち北縁相基底部周辺として、和泉層群の基盤である領家花崗岩類(第2ステージ)の分布、そして、和泉層群北縁相との不整合面付近、その上位の汽水成層、浅海成層の地層の変化を、短時間の徒歩の移動で観察できる香川県まんのう町土器川周辺(観察地I, 図2)(吉川ほか, 2011)、主部相として、タービダイト相の砂岩泥岩互層が観察できる徳島県鳴門市周辺(観察地II, 図2)(奥村, 2001)、領家花崗岩類と和泉層群北縁相の明瞭な不整合面が観察できる引田町周辺(観察地III, 図2)(坂東, 1979)の3カ所の観察地を設定した。

さらに観察地Iでは、カキ化石密集層(吉川ほか, 2011)の観察から、化石を用いた堆積環境推定の方法が習得できる。そして、観察地Iと直線距離で約50 km離れた観察地IIIを比較することで、第3ステージ(和泉層群)の空間的な広がりが実感できる。

また、観察地IIにある和泉層群主部相の砂岩泥岩互層は、中央構造線の左横ずれ運動により構造的に生じた堆積盆の、東側斜面から西側に向かって発生した海成混濁流堆積物である(西浦ほか, 1993; Tanaka, 1993)。これらは、和泉層群を構成する主要な岩相の一つで、讃岐山脈の複数の地点で露出している。この

和泉層群主部相を構成する砂岩泥岩互層と和泉層群北縁相の岩相の違いやその分布域などの理解は、地元の教材を開発する視点となる。

なお、観察地I～IIIの観察は、和泉層群北縁相堆積物の全体像を理解しやすい観察地Iからスタートした。観察地IIIは干潮時でないとは観察ができないため、それ以後は、当日の干潮時刻に合わせて観察地II, IIIの順序で観察した。

(3) 研修IIの内容

研修II当日は、まず、観察地Iに着くまでのバスの中で、和泉層群の形成年代と形成過程を研修Iに基づき再確認した。さらに西浦ほか(1993)の和泉層群堆積場の概念図を用いて、観察地I～IIIの推定できる堆積場の説明を加えた(図3)。これは、今回観察する3カ所の観察地を第3ステージの一部としてとらえ、空間的な地層の広がりを意識したうえで、それぞれの観察地の堆積環境のイメージ化を図るためである。

1) 観察地Iでの観察

観察地I(図2, 4)では、和泉層群の基盤の領家花崗岩類の観察(観察地点I-1)に始まり、不整合面上と推定できる和泉層群基底部(観察地点I-2)から、上位層に向かって観察を実施した(観察地点I-3, 4)。



図4 観察地I（香川県仲多度郡まんのう町中通）の地学的特徴

a 和泉層群の基盤にあたる領家花崗岩類

b 和泉層群基底部に分布する花崗岩質碎屑物（スケールは20 cm）

① 花崗岩が散在する塊状花崗岩質砂岩

② 層理のある花崗岩質砂岩

領家花崗岩類との不整合面は、約30 m北方（写真右側）にあり、本露頭では確認できない。

c 砂岩中に挟まれる厚さ約1 mのカキ化石密集層

カキ化石密集層下底面は、層理面に平行である。

d カキ化石密集層の産状（スケールは20 cm）

波線で囲まれた部分が生息姿勢を示す原地性カキ化石の濃集部。

e 生物擾乱の著しい泥質砂岩層の表面の様子（スケールは10 cm）

波線で囲まれた部分は楕円を呈する管状生痕。

f 厚さ約1,000 mの泥岩層の露出部の一部

まず、観察地点I-1（図4a）で、花崗岩を採集し、ルーペで鉱物の状態を観察した。次に、観察地点I-2で、花崗岩礫が散在する塊状の花崗岩質砂岩（図4b

①）を採集し、観察地I-2の岩石に石英や長石が含まれるが、雲母がほとんど含まれない特徴を伝え、全員で観察した。この後、観察地点I-2の岩石は、一度花

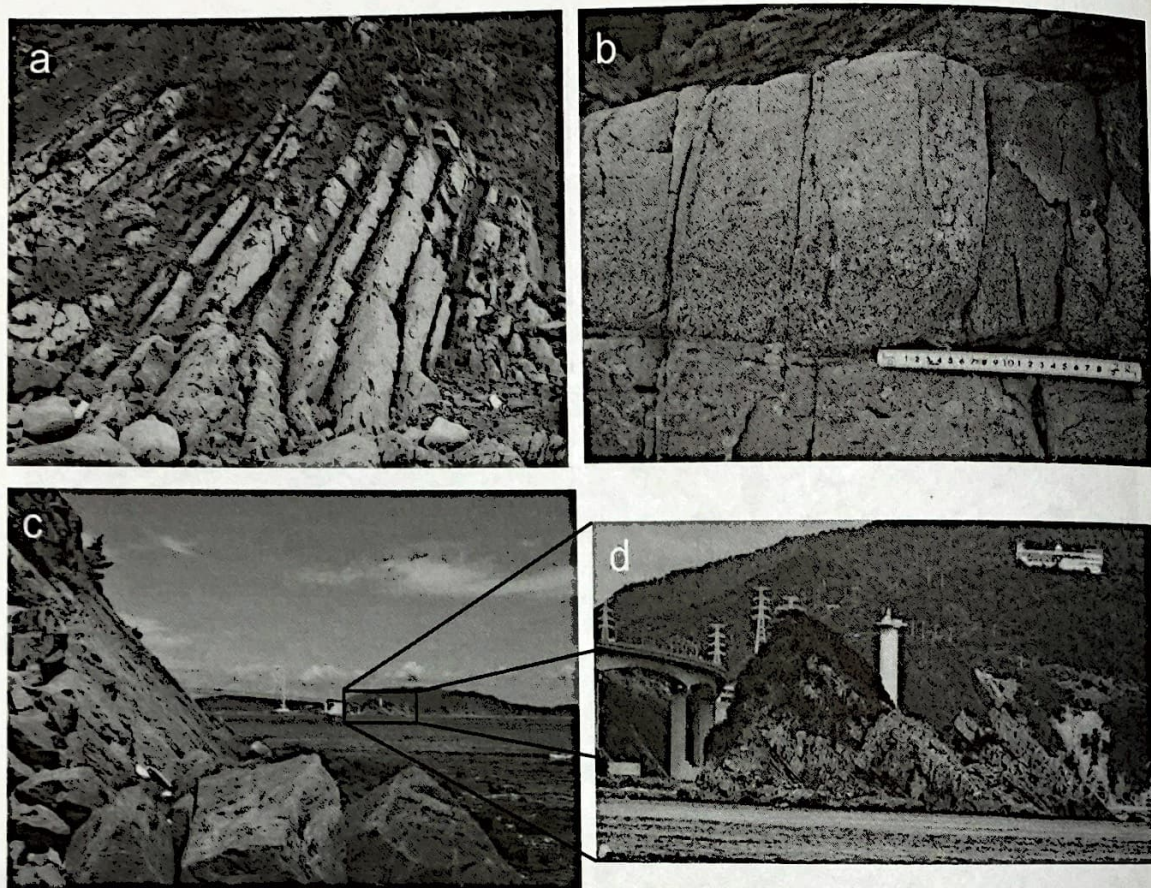


図5 観察地Ⅱ（徳島県鳴門市鳴門町土佐泊浦）の地学的特徴

- a 砂岩泥岩互層
- b 砂岩に見られる級化層理（スケールは20 cm）
- c 観察地点Ⅱ-2の露頭と、その走向方向にある飛鳥
□で囲まれた部分が約1 km 離れた飛鳥。
- d 飛鳥の拡大写真
地層の傾斜がcと一致する。

崗岩が風化された後、河川的作用などで堆積したもので（吉川ほか，2011），その際，風化に弱い雲母が選択的に除かれた結果であると説明した。この内容は，本研修の参加者に対し難易度が高いと想定できるが，第3ステージと第2ステージの境界を把握するために必要だと判断した。

観察地点Ⅱ-3（図4c）のカキ化石密集層周辺の観察では，まず，化石によって堆積環境を推定する場合に原地性かどうかを確認することが大切であることを説明し，カキは生息時は合弁で，その殻を水底に対し垂直に近い角度に保っていること，死後に移動することで離弁になり，水底に平行に堆積することなどを付け加えた。参加者はその後の観察で，カキ化石密集層の中に，地層面に対し垂直に近い角度を保ったまま保存された合弁のカキ殻（図4d）が多産することを確認

した。そして，現生種のカキ類の生息環境から，当時はここが汽水域であったと推測できる（吉川ほか，2011）ことを説明した。

さらに，生物活動が盛んであった証拠として，管状生痕や生物擾乱の著しい泥質砂岩を観察した（図4e）。管状生痕については，干潟にできる生物の巣穴の写真を提示したうえで観察した。観察の要点として，巣穴には上部から粒度などの異なる堆積物が充填していることを説明した。その結果，露出部が円形を呈する管状生痕は容易に見えたが，管と露頭の表面が斜交するために，断面が楕円を呈する生痕化石を確認することは困難であった（図4e）。そこで参加者にどのような断面を観察しているかの意識を促すと，発見が早まった。また，生物擾乱は，生物の活動により粒度の違う碎屑物が混ざり合うことで形成されると

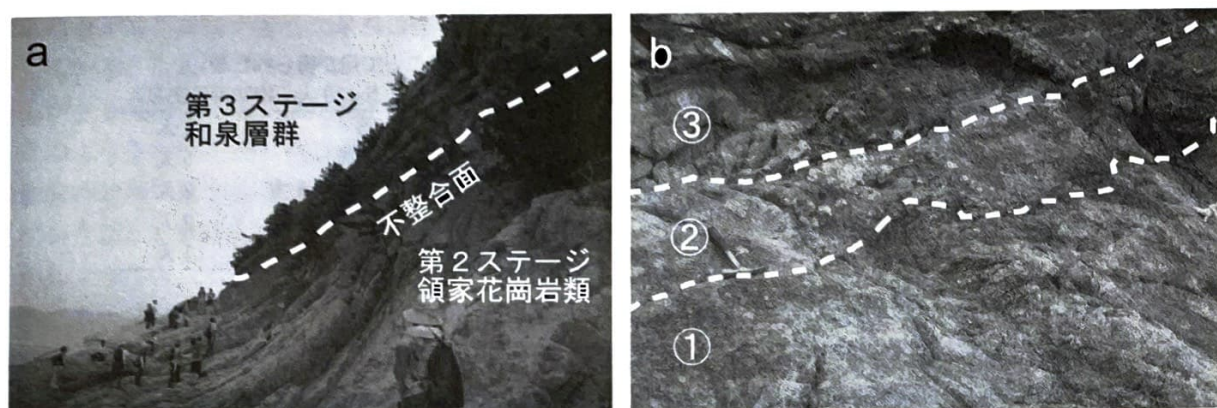


図6 観察地Ⅲ（香川県東かがわ市引田町城山）の地学的特徴

a 領家花崗岩類を覆う和泉層群北縁相

b 不整合付近の拡大写真

① 領家花崗岩類

② 花崗岩礫が散在する塊状花崗岩質砂岩

③ 層理のある花崗岩質砂岩

基底礫岩は認められない。

説明し、むらくも状に見える地層表面の状態を全員で観察した（図4e）。

次に、観察地点Ⅰ-4で厚さ約1,000 mの泥岩層（西浦ほか，1993）の一部を観察し（図4f），この層準から、浅海生の二枚貝化石や年代の特定につながるアンモナイト化石が産出している（Yamasaki, 1986）ことを説明した。

2) 観察地Ⅱでの観察

観察地点Ⅱ-1（図5a, b）では、地層の下位から上位に向け、粒度が細粒化している点に注目し観察した。そして、この地層中に見られる級化層理は中学校理科教科書（例えば、竹内ほか，2005）に示されている礫・砂・泥がほぼ同時に堆積する場合にできる堆積構造の一種であると説明した。さらに観察地点Ⅱ-2から、走向方向に約1 km離れた飛島の地層が観察地Ⅱと同じ傾斜を示していることを観察した（図5c）。そして、飛島（図5d）に観察地Ⅱと同様な砂岩泥岩互層が分布している（Yamasaki, 1986）ことから、同一ステージの地層と推定できることを説明した。これにより、第3ステージの地層の分布域の広がりを実感できると考えた。

3) 観察地Ⅲでの観察

観察地点Ⅲ-1（図6a）では、第2ステージと第3ステージの明瞭な不整合面を観察した。ここでは、観察地点Ⅰ-2と同様に、領家花崗岩類（図6b ①）を、花崗岩礫が散在する塊状の花崗岩質砂岩が覆い（図6b ②）、その上位に層理のある花崗岩質砂岩が累重し

ている（図6b ③）ことを観察した。そして、観察地Ⅰ-2同様に、このような特徴の岩相が第3ステージの基底部に分布する場合があること、観察地Ⅲが観察地Ⅰと直線距離で約50 km離れていることを説明した。

(4) 研修Ⅱ後の質問紙調査（調査Ⅲ）の結果

調査Ⅲによると、野外観察研修会が「今後の授業に大いに参考になった」と感じた者は参加者19人中16人で、「あまり参考にならなかった」「参考にならなかった」と感じた者はなかった（表5 ①）。特に、調査Ⅱの野外観察実施計画づくりで実施可能な計画が作成できなかった8人の参加者のうち7人が、今後の授業づくりに「大いに参考になった」と答えた。

今回の野外観察研修で得られたことについての自由記述をグルーピングすると「空間的な広がりの実感」を挙げた者が11人で、以下「地球の変動に対する実感」（5人）、「マクロ的な地層の見方・考え方」（2人）、「地層の複雑さ・多様性」（2人）などとなった（表5 ②）。

参加者の感想の中には「長い年月がかかってこのような地層がつくられる実感が得られた」「ダイナミックな地球の動きが感じられた」「自然のスケール感を味わうことができた」など、講義だけでは得られないと推測できる感想が含まれた。また、「先日の講演（研修Ⅰ）と今日の野外研修（研修Ⅱ）の2日間セットでわかりやすく話していただき、とても参考になった」や「前時の講演（研修Ⅰ）の理解度がかなり深め

表5 野外観察研修(研修Ⅱ)後の質問紙調査の結果

① 野外観察研修会が今後の授業の参考になったか (N=19人)		② 地層を観察することで何が得られたか (N=19人 複数回答あり)	
大いに参考になった	16人	空間的な広がりの実感	11人
参考になった	3人	地球の変動に対する実感	5人
あまり参考にならなかった	0人	マクロ的な地層の見方・考え方	2人
参考にならなかった	0人	地層の複雑さ・多様性	2人
		知識の深化	1人

③ 研修Ⅱを生かして生徒にどのようなことを教えたいか (一部抜粋)

- ◎ 鳴門の地層を生徒に見せて、距離が離れた地層がつながっていることを教えたい。
- ◎ 今回観察した地層を地形図上で生徒に捉えさせ、その広がりやつながりを感じさせたい。
- ◎ 授業で行った実験(粒の大きさによる沈み方の違いを調べる実験)が、実際の地層にも見られることを生徒に確認させたい。
- ◎ 化石が特定の場所に集まっていること、場所が少し変わると、岩石の様子が違うことを生徒に実感させたい。
- 観察地Ⅰ周辺を利用して、堆積環境が徐々に深くなっていくことを生徒に教えたい。
- 実際に化石がどのような状態で残されているか観察させ、それが、堆積環境の推定に生かされることを学ばせたい。
- 地層そのものを生徒に見せたい。そして、古い時代の地層はかたくしまっていること、層状に広がっていること、重なりを見ると垂直方向に変化があることを教えたい。

◎は、調査Ⅱで実施可能な計画を作成できなかった参加者の記述内容

られたと思う」など、研修Ⅰ、Ⅱを組み合わせた効果についての記述もあった。

さらに、「研修Ⅱを活かして生徒にどのようなことを教えたいか」という問いに対し、参加者の80%以上に相当する16人が、具体的にその内容を記述した。特に調査Ⅱの野外観察実施計画づくりで実施可能な計画が作成できなかった8人の参加者のうち6人は、生徒に教えたい内容を「距離の離れた地層がつながっていること」「粒度による沈み方の違いが実際の地層にも見られること」「化石が特定の場所に集まっていること」など、実際に野外観察で活用できる具体的な内容を記述した(表5③)。

3. まとめと今後の課題

本研究は、香川県の中学校理科教員が地元の地質の特徴を理解し、それらを教材化に結びつけることができるようになることをねらい、教員の実態に即した研修Ⅰ、Ⅱを行った。

講義型研修による研修Ⅰ後の感想から、研修Ⅰが理解しやすい内容であったこと、そして、地元の地質に対する理解が、今後の教材化に向けた意欲化につながったことなどが読み取れる。中学校理科教員の地元の地質に関する知識不足(表2④)を解消し、地元の地質の特徴を利用した教材の開発につなげるために、研修Ⅰのような講義型研修は欠かせないであろう。し

かし、研修Ⅰ直後の調査Ⅱにおいて、実施可能な計画が作成できない割合が高いこと(表4②)などから、講義型研修を受講しただけでは、野外観察の実施には結びつかないことがわかる。これは、調査Ⅱの結果(表4④)にあるように、講義型研修で習得した地元の地質に関する知識が、実際の野外観察地の情報として活かされていないことにある。

一方、研修Ⅰと組み合わせて実施した研修Ⅱのすべての参加者は、今後の授業の参考になったと答えた(表5①)。さらに、調査Ⅱで生徒に観察させたい内容などが具体的に記述できなかった教員8人中の6人を含め、研修Ⅱの参加者の80%以上が、生徒に何を教えたいか具体的に記述した(表5③)。生徒に観察させる内容を教員自身が具体的に選定できることが、野外観察の教材化に欠かせない(松川ほか、1994)と考え、表5③に記述されている内容は、研修Ⅱが教材化に十分結びついたことを示している。今回の調査では、研修Ⅱの結果に研修Ⅰがどの程度影響しているか判断できないが、講義型研修と野外観察研修を有機的に結びつけることが、教員研修の成果を左右するといえるであろう。

地学教材の魅力の一つに長大な時間と広大な空間が挙げられる(林、2004)。調査Ⅲの結果(表5②)からわかるように、研修Ⅱでは空間的な広がりを実感した教員が最も多かった(表5②)。この結果は、

参加者自身が地学教材の魅力の一つを実感できたことを示している。これは、研修内容のわかりやすさや地層の広がりを実感させる工夫などの成果と推測できるが、このような中学校理科教員自身の経験が、野外観察の価値の認識に結びつき、以後の野外観察の活性化に結びつくことを期待したい。

しかし、今回得られた結果は、第3ステージに関する研修によって得られたものである。そのため、野外観察で他の地質ステージを観察対象とする場合は、今回の研修だけでは十分な指導に結びつかない可能性が高い。今回行った研修を一つの例として、他の地質ステージにおいても同様な研修が実施される必要がある。

また、学校近くの観察地を選定できる中学校理科教員は少ない(表4③)。牧野(2006)が指摘するように、学校近くの観察地を設定できる力量をもつことが、野外観察の活性化につながる。このような視点での研修も、今後行わなければならない。

謝 辞 本研究を進めるにあたり、香川県高松市中学校理科部会の皆様にはたいへんお世話になった。また、英文要旨を書くにあたり、Bahria大学のKhan博士に校閲していただいた。さらに、2名の査読者には貴重なコメントをいただき、本稿の改善にたいへん役立った。この場を借りて、厚く感謝申し上げる。

引用文献

- 相場博明(2004):移動教室における地学野外観察の方策と実践。地学教育, 57, 161-173.
- 天野和孝(2001):古環境変動を実感させる教材の開発—現生および化石貝類群の比較を通じて—。地学教育, 54, 225-236.
- 天野和孝・品田やよい(1997):岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義。地学教育, 50, 189-195.
- 坂東祐司(1979):香川県地学ガイド。コロナ社, 東京, 218 p.
- 藤岡達也(2004a):教員研修における地学野外研修について—大阪府教育センターでの河川環境を対象とした実践を例に—。地学教育, 57, 133-142.
- 藤岡達也(2004b):サイエンス・パートナーシップ・プログラム事業における教員野外研修について—研修機関と研究者との新たな連携構築の観点から—。地学教育, 57, 203-216.
- 長谷川修一・斉藤 実(1989):讃岐平野の生い立ち—第一瀬戸内累層群以降を中心に—。アーバンクボタ, 28, 52-59.
- 林 慶一(2004):地学教材の特性と開発の視点。地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会特別セッション講演要旨, 42-52.
- 市川浩一郎・宮田隆夫・篠原正男(1979):和泉山脈の和泉層群の層序区分。日本地質学会関西支部報, 85, 10-11.
- 川村教一(2001):建設廃土中の完新世貝類化石による古環境の授業実践—香川県高松平野を例として—。地学教育, 54, 75-83.
- 牧野泰彦(2006):大地を刻む河川の教材化を探る。地学教育, 59, 137-144.
- 松川正樹・馬場勝良・林 慶一・田中義洋(1994):地質の野外実習教材の開発の視点。地学教育, 47, 99-109.
- 松川正樹・林 慶一(2003):大学・博物館・学校にボランティアを加えた地質の野外観察支援システムの構築。地学教育, 56, 61-67.
- 三浦 登ほか 45 名(2005):新しい科学 2 分野上。東京書籍, 東京, 154 p.
- 三次徳二(2008):小・中学校理科における地層の野外観察の実態。地質学雑誌, 114, 149-156.
- 宮下 治(1999):地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて—東京都公立学校の実態調査から—。地学教育, 52, 63-71.
- 宮下 治(2001):環境学習に関する教員研修の取組について—東京都を例にして—。地学教育, 54, 101-105.
- 宮下 治(2008):理科自然体験の類型化と学習支援の必要性。理科教育学研究, 49, 97-102.
- 宮下 治(2009):理科自然系体験学習における学習支援の類型化とその実践による評価。科学教育研究, 33, 105-117.
- 文部科学省(2008):中学校学習指導要領解説理科編。大日本図書, 東京, 149 p.
- 文部省(1998):中学校学習指導要領。文部省, 104 p.
- 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, 49-55.
- 西浦雅弘・山崎哲司・奥村 清(1993):阿讃山脈西部の和泉層群に見られる堆積構造。堆積学研究会報, 38, 33-44.
- 奥村 清(2001):徳島県地学ガイド。コロナ社, 東京, 208 p.
- 大久保 敦(1998):葉相観を導入した示相化石の指導—古環境を探るツールとしての大型植物化石の活用。地学教育, 51, 13-27.
- 平 朝彦(1990):日本列島の誕生。岩波書店, 東京, 226 p.
- 竹内敬人ほか 47 名(2005):未来へひろがるサイエンス 2 分野上。新興出版社啓林館, 大阪, 149 p.
- Tanaka, J. (1993): Sedimentation and tectonics in the Cretaceous, Strike-slip Izumi basin, Izumi mountains, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, 36, 85-107.
- 戸倉則正(2003):河川堆積物を用いた教材の開発—地層に刻まれた日時を読み試み—。地学教育, 56, 213-223.
- 植木岳雪(2001):香川県中部, 阿讃山地北麓の三疊層

- 群. 地学雑誌, **110**, 708-724.
- 植木岳雪・満塩大洗 (1998): 阿讃山地の隆起過程: 鮮新～更新統三豊層群を指標にして. 地質学雑誌, **104**, 247-267.
- Yamasaki, T. (1986): Sedimentological study of the Izumi group in the northern part of Shikoku, Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Second Series (Geology)*, **56**, 43-70.
- 吉川武憲・安藤寿男・香西 武・近藤康生 (2011): 香川県まんのう地域に分布する上部白亜系和泉層群北縁相の自生・他生混在型カキ化石密集層. 地質学雑誌, **117**, 523-537.
- 吉富健一・林 武広・宮本隆実 (2003): 河川成堆積物の野外観察の視点—下部白亜系関門層群筋ヶ浜層を例として—. 地学教育, **56**, 225-231.

吉川武憲・香西 武・村田 守・藤岡達也: 地層の野外観察に関する講義と野外観察を組み合わせた教員研修の実践—香川県高松市の中学校理科教員を対象に— 地学教育 **64** 巻 4 号, 93-106, 2011

〔キーワード〕 野外観察, 教員研修, 中学校, 和泉層群

〔要旨〕 現行の中学校学習指導要領では, 地層の野外観察などが必修とされている. 香川県高松市の中学校理科教員 68 名に実態を調査したところ, 85%の教員が地層の野外観察の経験がなかった. 中学校理科教員の実態と彼らの要望から, 香川県の地質の特徴を理解し, 教材化に結びつけることができるようにするため, 講義型研修と野外観察研修を組み合わせ実践した. その結果, これらの研修は有効であることがわかった.

Takenori YOSHIKAWA, Takeshi KOZAI, Mamoru MURATA and Tatsuya FUJIOKA: Practical Study of In-Service Teacher Training Combined with Lectures and Geological Field Observations, Based on the Experience of Junior High School Science Teachers in Takamatsu, Kagawa Prefecture, Japan. *Journal of Education of Earth Science*, **64**(4), 93-106, 2011

資料

基盤地図情報を活用した立体地形図および立体地質図の作成法

Proposal of a Method to Make Cubic Diagrams of Topography and
Its Constituting Geology—An Effective Tool in
Earth Science Learning Process—

吉 富 健 一^{*1}

Kenichi YOSHIDOMI

1. はじめに

地学の学習や、防災分野での成果をわかりやすく表現するためには、地形図や地質図などを立体的に表し、学習者に対して提示することが不可欠とされる。地形図や地質図は、三次元を紙面で表現するために便宜上二次元に投影したものであるが、紙面を元に三次元を頭の中で再現するのに困難を感じる学習者は少なくない。

林ほか(2003)は、三次元的に分布・配置している地形や地質の姿をリアルにとらえるための工夫として、パソコンを利用して鳥瞰図や展望図を立体的に描画することの利便性を指摘した。また一般に入手可能な市販ソフトやデータを利用して、地形図および地質図の三次元描画(立体的描画)方法と、それらを地学の学習で活用する意義と方法について提唱している。

従来は、地形や地質を立体的に表現するためには、参考となる資料の少ない市販の3Dモデリングソフトと、国土地理院より発売されている有償の数値地図(標高データ)等を購入して作成するしか方法がなかった。出費が伴ううえに、作成方法についても個人の力量やノウハウに頼る部分が多く、十分な情報が得られてこなかった現状がある。

近年ではフリーソフトが高性能化し、さまざまなフォーマットのデータに柔軟に対応できるようになったこと、後述の経緯から無償の地形・地質データの提供が開始されたことにより、予算的に余裕の少ない学校現場などでも、インターネットに接続されたPCさえあれば、容易に立体的な地図を作成できるようになった。

本論では、立体的な地形図および地質図の作成方法について、ソフトの準備、データの準備、立体図の作成方法と、それぞれの段階をおって解説していく。最後に教員養成系の大学生を対象に、実際にマニュアルに従って操作を行い、問題なく作成できるか、三次元立体図が完成するまでの所用時間について、実際に作業を行った結果を示す。

そもそも詳細な地図データが公開されるようになった背景としては、2002(平成14)年に我が国に世界測地系が導入されたことがきっかけとなっている。これにより2007(平成19)年5月23日に「地理空間情報活用推進基本法」が成立。この中に“国が保有する基盤地図情報等を原則としてインターネットを利用して、無償で提供すること”等が盛り込まれたことが大きく影響しており、これ以降、国土交通省などのホームページから地形の情報や地質の情報が、だれでも自由に使える地理情報システム(GIS)の共通白地図データとして順次公開されてきている。

国土地理院からデータCDの形式で販売されている“数値地図50mメッシュ(標高)”(国土地理院, 2000)は、2万5千分の1地形図の等高線から、計測・計算し求めた数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)である。標高点の間隔は南北方向で1.5秒、東西方向で2.25秒となり、実距離で約50mの規格となっている。

これに対し、2007(平成19)年より国土地理院のホームページから提供が開始された基盤地図情報の標高データは、さらに高密度な数値標高モデルである10mメッシュのDEMとなっている。

本論で利用する10mメッシュ基盤地図情報の標高

^{*1} 広島大学大学院教育学研究科 2011年6月13日受付 2011年7月15日受理



図1 北アルプス別山から見た剣岳の再現 (上: 50 m メッシュ, 下: 10 メッシュ)

データは、従来の 50 m メッシュのデータと比較して、面積比で 25 倍の密度を持つ。このため図 1 に示すように、同じ場所の立体地形図を作成して比較した場合、浸食などの詳細な微地形をよりリアルに表現することが可能となっている。

基盤地図情報の標高データは、基盤地図情報（公開）応用スキーマによって定義された構造を持つデータを、地理情報標準プロファイル (JPGIS: Japan Profile for Geographic Information Standards) 形式に準

拠した形式で符号化した XML 文書ファイルとなっているため、地理情報システム (GIS: Geographic Information System) 等をはじめ、さまざまなアプリケーションで利用しやすい形式となっている。

2. 用意するソフトウェア

立体地形図の作成は、ソフトウェアはカシミール 3D というフリーソフトを利用して行う。DAN 杉本さん作の 3D 地図ナビゲータ (Windows 用: フリー

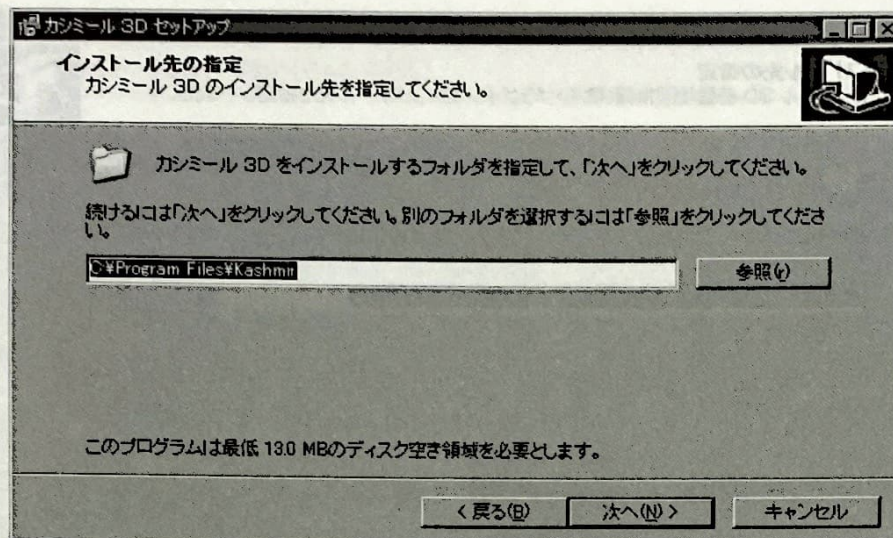


図2 インストール先を指定する画面

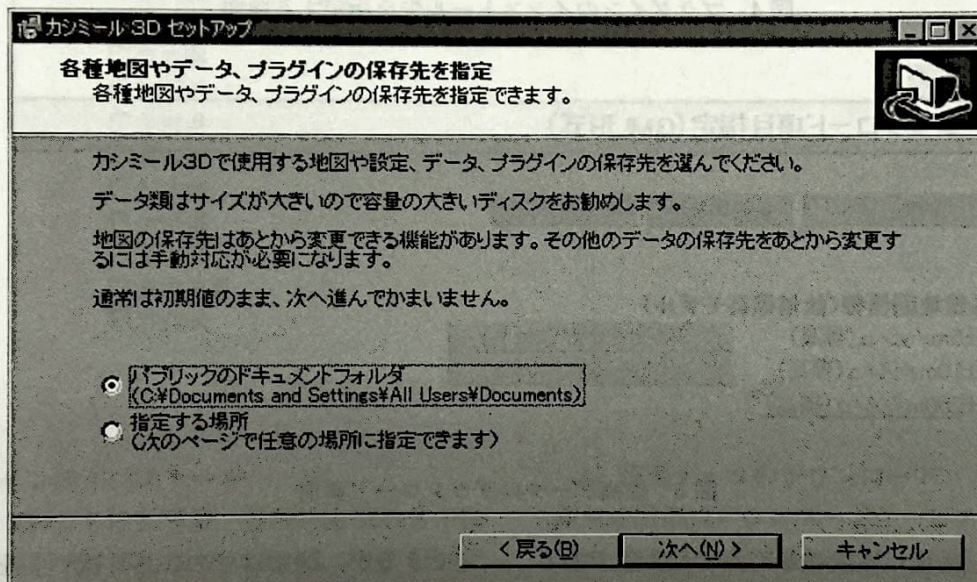


図3 各種地図やデータ、プラグインの保存先を指定する画面

ソフト)であり、地図を表示する機能を基本に、リアルな風景・景観CG作成機能などの多彩な機能を搭載している。また、機能を拡張するために20を超えるさまざまなプラグインが公開されており、国土地理院の数値地図をはじめ、世界中の地図・地形データ、衛星・航空写真を使用することが可能である。

カシミール3Dを利用するために必要な、コンピュータのOSおよび推奨環境は下記ホームページをご参照いただきたい。

ソフトウェアをダウンロードするためには、
<カシミール3D/風景CGと地図とGPSのページ>

<http://www.kashmir3d.com/index.html>

から、「カシミール3Dのダウンロードはこちら…」のリンクをたどり、「カシミール3D本体」をダウンロードする。その際、プラグインのセットの違いからいろいろなダウンロードの種類があるが、よく使われるプラグインがセットされているという説明書のある「カシミール3Dスタータキット」をダウンロードする。国土地理院の10mメッシュの基盤地図情報を利用するために、「カシミール3Dプラグイン」の中から「基盤地図情報(標高)プラグイン」も併せてダウンロードしておく。

(1) ソフトウェアのインストール

ダウンロードが完了したら、カシミール3Dのイン

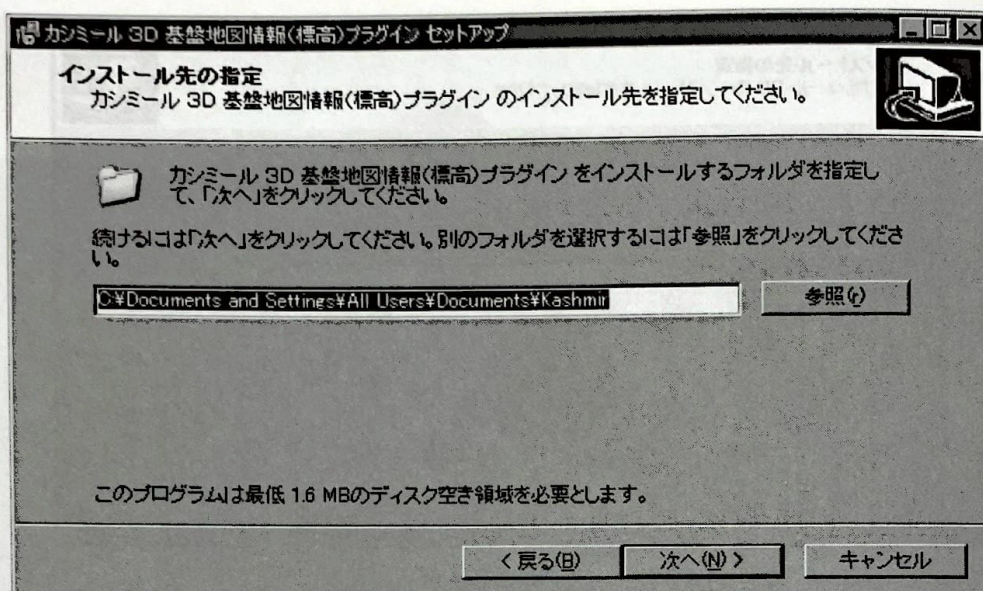


図4 プラグインのインストール先を指定する画面

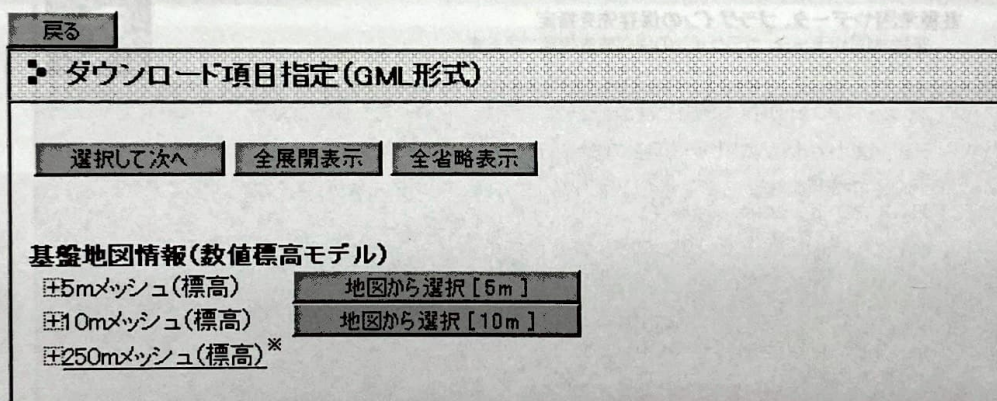


図5 標高データのダウンロード画面

ストールを行う（画面は本論執筆時点で最新版であるバージョン 8.9.1 を参考にしている）。

使用許諾契約書が表示されるので「同意する」をクリックして次へ進む。

インストール先を指定する画面（図2）が表示される。初期設定ではCドライブのProgram Filesの中に“Kashmir”というフォルダを作成して、その中にインストールされる設定となっている。初めてインストールする際には、“Kashmir”フォルダを作成してよいかどうか尋ねてくるので、「OK」を押して次に進む。

カシミール 3D では、使用する地図や設定、データ、プラグインをどこに保存するかを指定できるようになっており（図3）、通常は初期値として指定されている“パブリックのドキュメントフォルダ”を選択して次に進む。

次の画面でプログラムアイコンを作成する場所を指

定できるが、通常はそのまま「次へ」を押して先に進む。

デスクトップにカシミール 3D のアイコンを作成するかどうか聞かれるので、作成する場合はそのまま「次へ」を、作成しない場合は“デスクトップにアイコンを作成する”のチェックを外して次へ進む。

インストール前の確認画面が表示されるので、表示されている設定で問題なければ「インストール」を、設定の変更を行う際は「戻る」を押して、適宜設定の変更を行う。

インストールを開始すると、ファイルが展開され、やがてインストールが終了すると、カシミール 3D セットアップウィザードの完了画面が表示される。ここで必要に応じてマニュアルや初心者ガイドを読み、「完了」を押して、カシミール 3D のインストールを終了する。

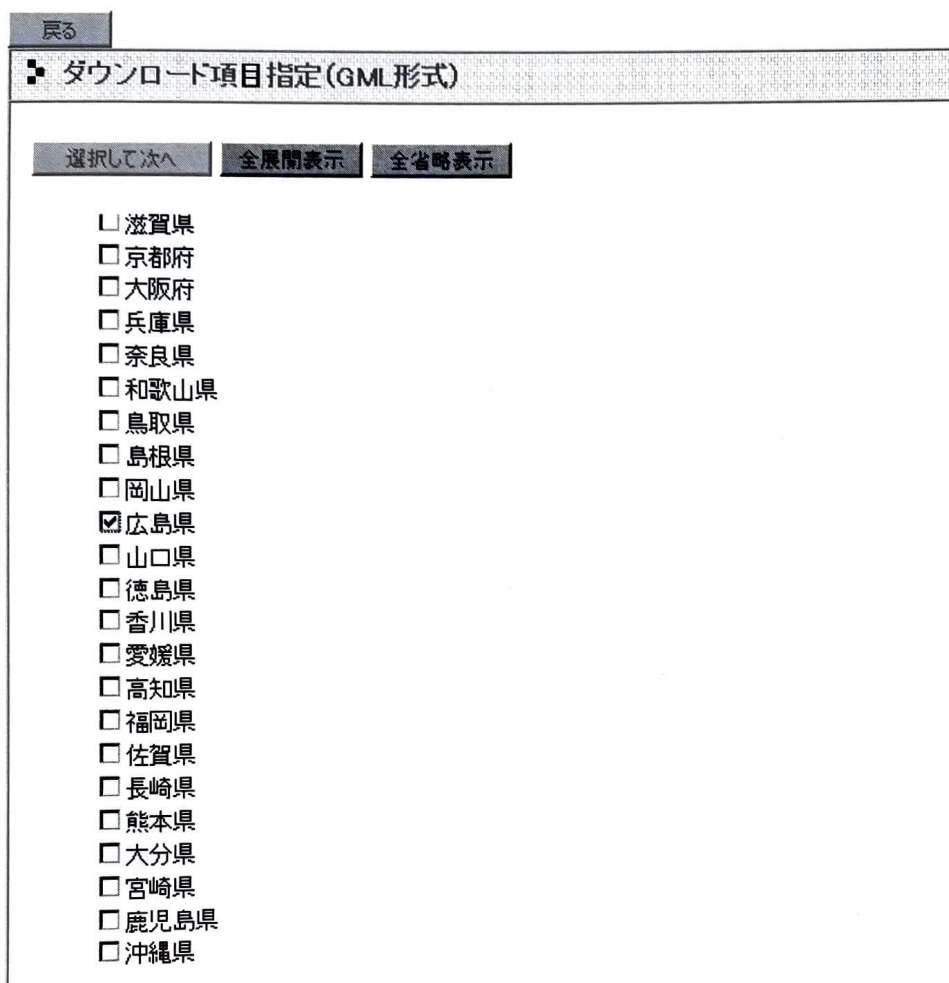


図6 標高データのダウンロード項目を指定する画面

(2) プラグインのインストール

カシミール 3D の本体と同様、使用許諾契約書が表示されるので「同意する」をクリックして次へ進み、インストール先の指定画面(図4)が表示されるが、基本的には初期値として表示されているものから変更する必要はない。

インストール準備が完了したら「インストール」を押して、「カシミール 3D 基盤地図情報(標高)プラグイン」のインストールを開始する。

プラグインのインストールが終了すると、セットアップウィザードの完了画面が表示されるので、必要に応じて使い方説明書を読み、「完了」を押して、プラグインのインストールを終了する。

3. 標高データの準備

本論では、広島県の地形データをダウンロードする場合を例として示す。

(1) 標高データのダウンロード

〈基盤地図情報ダウンロードサービス〉

<http://fgd.gsi.go.jp/download/>

より、「基盤地図情報 数値標高モデル」の「JPGIS (GML) 形式」を選択する。

「ダウンロード項目指定 (GML 形式)」のページ(図5)が表示されるので、基盤地図情報(数値標高モデル)のうち、「10 m メッシュ(標高)」の左側の「+」をクリックして、下方向にスクロールする。

広島県のチェックボックスにチェックを入れ選択した後(図6)、上に表示されている「選択して次へ」のボタンをクリックして次へ進む。

図7に示すようなダウンロード画面が表示されるので、メタデータとダウンロード項目指定リストを除く、全てのファイルのダウンロードを行う。広島県の場合、FG-GML-5****-DEM10B.zip というファイルを13個(277 MB)ダウンロードする。

ダウンロードされた zip ファイルをすべて解凍す

ファイル名	基盤地図情報種別	項目分類	項目名	容量(KB)	ダウンロード
FG-GML-5032c-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	8624	ダウンロード
FG-GML-5032d-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	17585	ダウンロード
FG-GML-5132a-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	17149	ダウンロード
FG-GML-5132b-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	11831	ダウンロード
FG-GML-5132c-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	29648	ダウンロード
FG-GML-5132d-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	28469	ダウンロード
FG-GML-5133a-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	4306	ダウンロード
FG-GML-5133c-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	22774	ダウンロード
FG-GML-5232a-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	27612	ダウンロード
FG-GML-5232b-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	28218	ダウンロード
FG-GML-5232d-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	28048	ダウンロード
FG-GML-5233a-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	29729	ダウンロード
FG-GML-5233c-DEM10B.zip	基盤地図情報(数値標高モデル)	10mメッシュ(標高)	広島県	30638	ダウンロード
fmdid0-5.xml	メタデータ	10mメッシュ(標高)		-	確認
SELECT-DATA.txt	ダウンロード項目指定リスト(任意)			0.1	ダウンロード

※メタデータを保存したい場合は、ブラウザで名前をつけて保存をしてください。

図7 標高データのダウンロード画面(例: 広島県)

基盤地図情報(標高)の変換

XMLデータをXEM形式に変換します。

変換にはしばらく時間がかかります。
元のXMLファイルは変更しません。

変換後のXEMファイルの保存先を指定してください。

変換後の保存先フォルダ

C:\Documents and Settings\domi\Desktop\広島県

☐ すでに変換済みの地形データは無視する(Q)

☒ 同じフォルダのすべてのXMLファイルを変換する(A)

前へ(B) 次へ(N) キャンセル

図8 変換後のデータの保存先を指定する画面

る。この際、解凍された FG-GML-****-**-dem10b-20090201.xml という名前のついた DEM ファイルを、一つのフォルダにまとめておくと後で変換する際に便利である。zip ファイル解凍後のファイルサイズは、広島県の場合で 2.45 GB になった。

(2) 標高データの変換

カシミール 3D で変換したファイルを保存するためのフォルダを作成しておく。名称は任意であるが、ここでは「JPGIS_GML 変換済」とする。

次に、スタートメニューよりカシミール 3D を起動する。

起動する際に、インターネットに接続して、カシミール 3D の最新情報を取得してよいかどうかのダイアログが表示されることがあるが、必要に応じて「はい」か「いいえ」を適宜選択する(標高データを変換するだけであれば、インターネットに接続する必要はない)。カシミール 3D が起動すると、北アルプス穂高連峰の立体段彩図をバックに、カシミール 3D の開始ウィザードが表示される。

DEM ファイル変換のために、「ツール」メニューから、「基盤地図情報(標高)」→「標高データ変換」を選択する。ファイルを開くダイアログが表示される

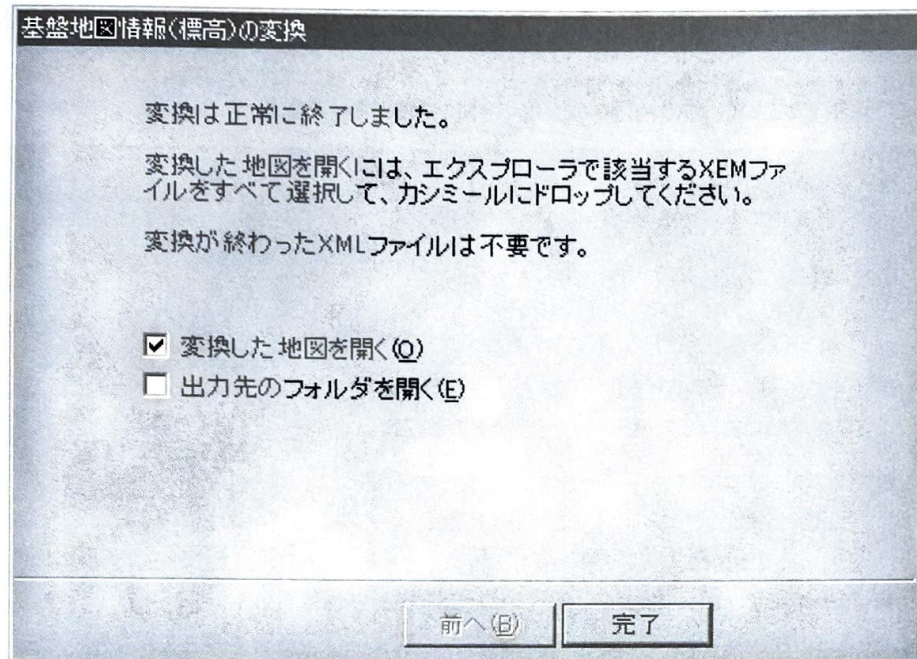


図9 ファイル変換の終了画面

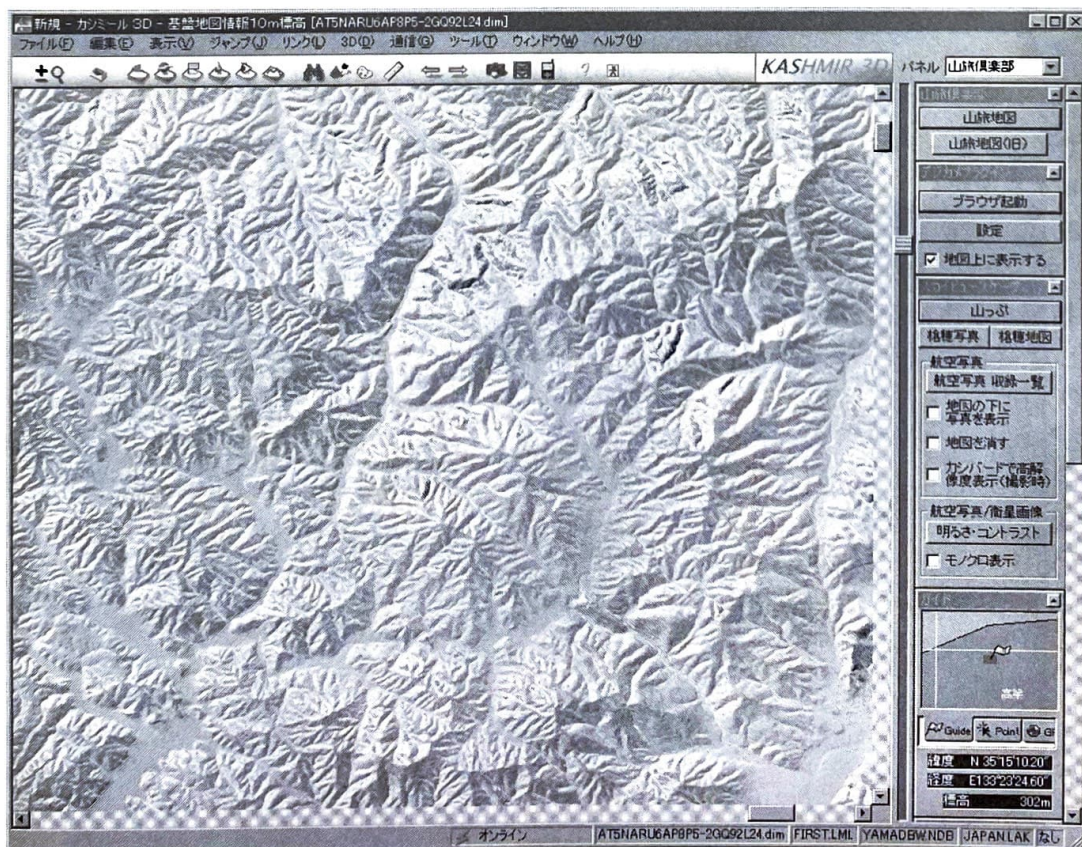


図10 陰影図の表示例

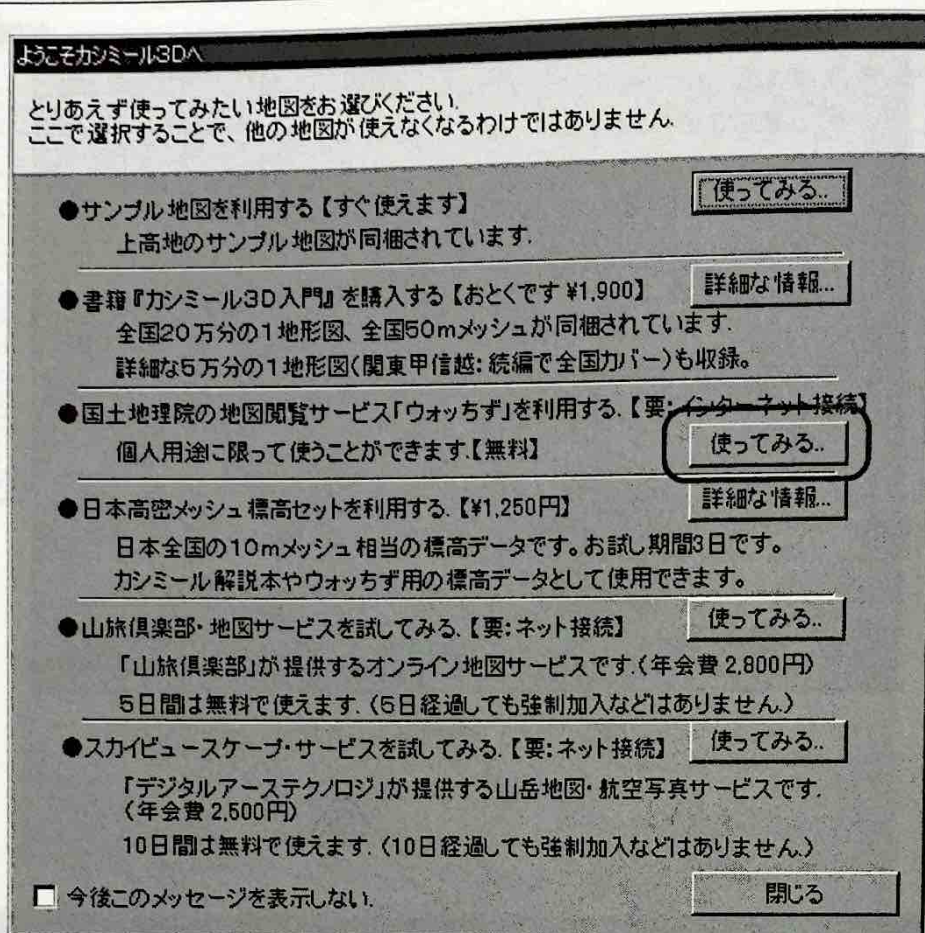


図 11 カシミール 3D 起動時のウィザード画面

ので、前節でダウンロードし、解凍したファイルをまとめたフォルダを選択し、XML ファイルを適宜一つだけ選択する。

次に XML データを XEM 形式に変換したファイルの保存先を指定する画面が表示されるので (図 8)、先ほど作成した「JPGIS_GML 変換済」を選択し、ダイアログ下の「同じフォルダのすべての XML ファイルを変換する」にチェックが入っていることを確認して次へ進む。この操作により、同じフォルダの他の XML ファイルも全部選択され変換される。

XML から XEM へ変換中のダイアログが表示され、変換が開始される (Core 2 Duo/2.6 GHz, メモリ 3 GB の環境で、広島県全域を変換するのにおよそ 4 分を要した)。

すべてのファイル変換が正常に終了すると、図 9 のダイアログが表示される。

「変換した地図を開く」にチェックが入っていることを確認のうえ「完了」を押して、カシミール 3D に図 10 に示すようなグリーンの陰影図が表示されていたら、変換作業は成功である。

(3) 標高データのみを表示する

浸食地形など微妙な地形のニュアンスを表現するためには、後述するように表面に地形図や地質図を表示させず純粋に地形だけの情報として表示させたほうがわかりやすい場合がある。

その場合、カシミール 3D を起動させた状態で、ウィザード画面を利用せず、「ファイル」メニュー→「地図を開く…」→「基盤地図情報 (標高)」→「基盤地図情報 10 m 標高」を選択すると図 10 に示すような標高データのみを反映させた表示を行うことができる。

4. 地形図の立体表示

地形図を立体的に表示するためにはさまざまな方法があるが、ここではカシミール 3D を起動したときに表示されるウィザード画面 (図 11) から利用できる「国土地理院の地図閲覧サービス「ウォッチず」」を利用して、前節で変換した標高データを重ね合わせる方法を紹介する (要インターネット接続)。

まず、ウィザード画面から「国土地理院の地図閲覧



図 12 ジャンプ先の登録画面の例

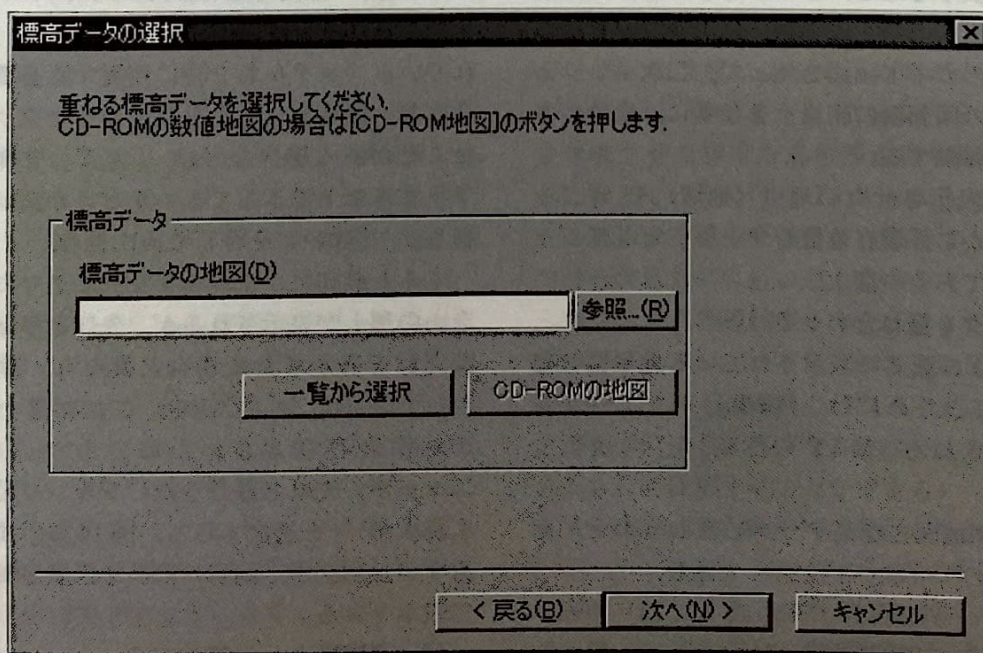


図 13 標高データの選択画面

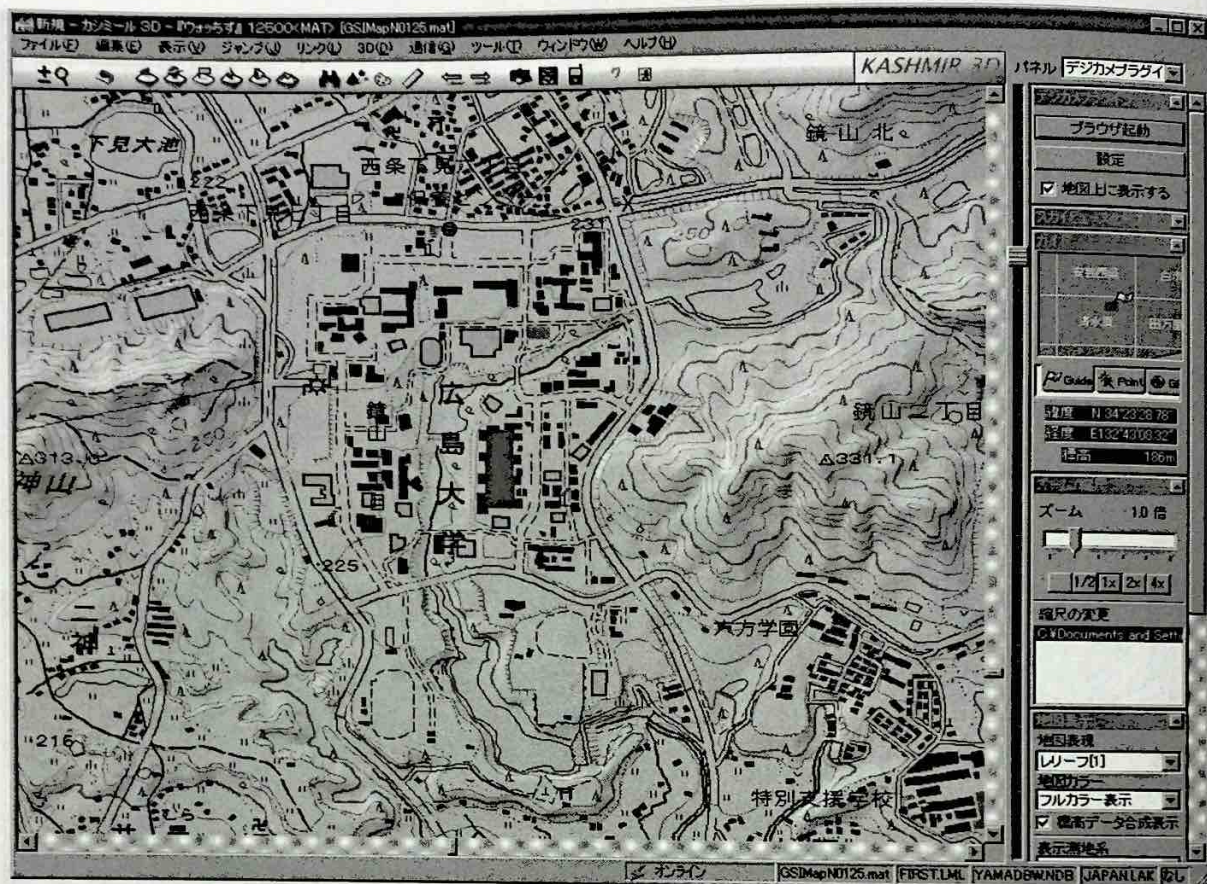


図 14 陰影図の表面に地形図を投影した場合の表示例

サービス「ウォッチず」の「使ってみる」をクリックして地形図を表示させる。ウォッチずのデータが読み込まれると、最初は富士山の頂上付近が表示されるので、画面右側のガイド画面を使って、二次メッシュ(1/2.5万地形図の図郭割に相当)を参考に、自分の表示したい地域に移動する。

ここで、立体表示させたい地点(地域)を、「ジャンプ」メニューから「現在位置をマーク」としてジャンプ先に登録しておく(図 12)。

(1) 標高データを重ね合わせる

カシミール 3D の画面に表示されている地形図に標高データを重ねるためには、「編集」メニューから「標高データを重ねる (MAT の作成)…」を選択する。

“ビットマップ地図と標高データの重ね合わせ”画面が表示されるので「次へ」を押して進む。

重ねる標高データを選択する画面(図 13)が表示されるので、ここでは“参照”ではなく、“一覧から選択”をクリックして、“基盤地図情報 10m 標高”を選択すると、パブリックのドキュメントフォルダに

保存されている標高データが自動で選択される。

その際、“出力する MAT のファイル名を指定してください”という画面が表示されるが、標準で入力されているファイル名で特に変更する必要はない。

以前、標高データを重ね合わせたマップを表示させたことがある場合などは、「完了」を押すと、以前のファイルを上書きしてよいかどうか聞いてくることがあるが、「はい」を押して次に進む。

すると最初にウォッチずを表示させたときと同じ富士山の頂上が表示されるが、先ほどウォッチずの地形図だけを表示させた場合と異なり、薄くブルーがかかった表示となっている。これは富士山周辺の標高データが存在しないためであり、「ジャンプ」メニューから先ほど登録した“ジャンプ位置(ここでは広島大学)”を選択すると、図 14 に示すようにウォッチずの地形図が、地形の凹凸を反映させた陰影図として表示される。

(2) 鳥瞰図として表示する

標高データを重ね合わせた地形図を、鳥瞰図(上空から斜めに見下ろしたような形式の図)として表示さ

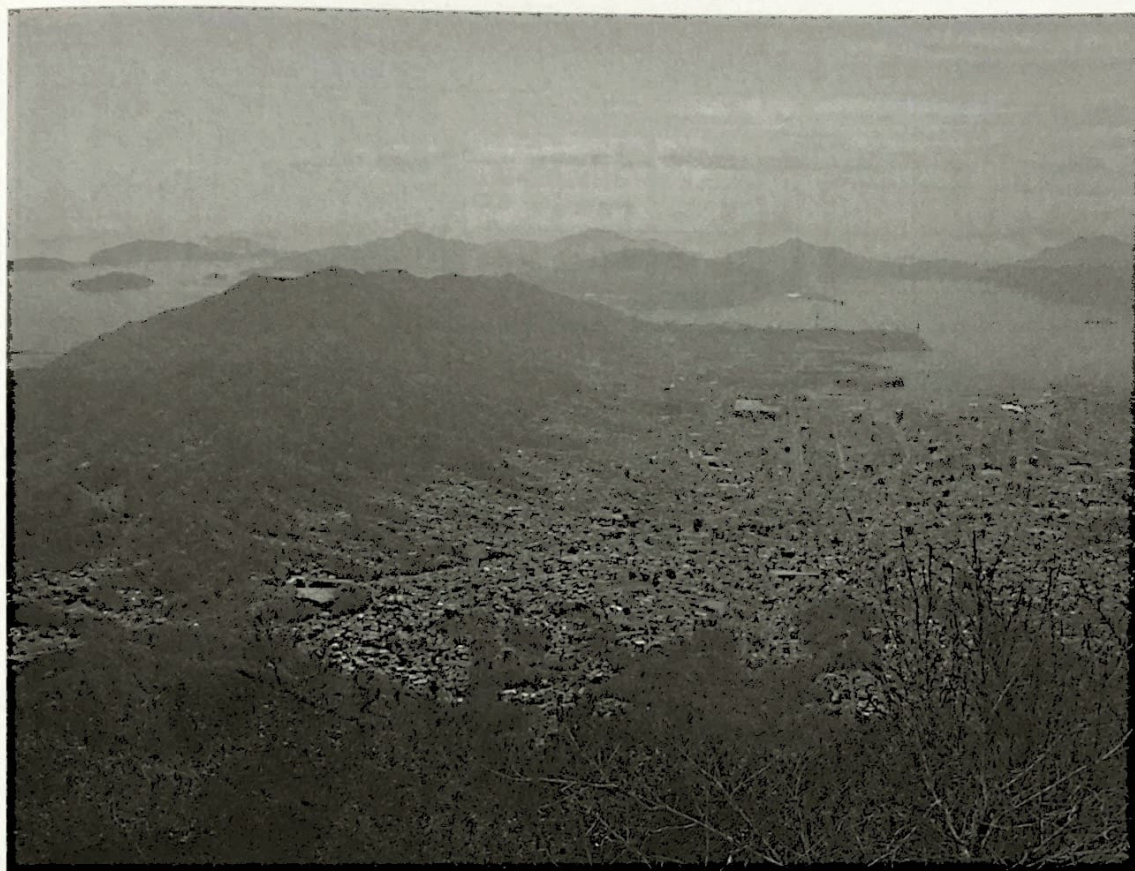


図 15 灰ヶ峰から見える呉市内

せるためにはカシミール 3D の“カシバード”機能を利用する。

ここでは試しに広島県最高の夜景スポットとして有名な呉市の灰ヶ峰から見える景色（図 15）を、カシバードを使って再現する。

前節で説明したウォッチーズの地図に標高データを重ね合わせたものを、スクロールさせて灰ヶ峰の頂上あたりで、画面を右クリックして「カシバード起動」を選択する。新しい画面でカシバードが起動し、図 16 に示すようなプレビュー画面が表示される。

カシバード機能を利用するのが初めてだった場合には、図 17 に示すような DirectX のどのバージョンを利用するか聞いてくることがあるので、適宜選択する（通常はより新しいバージョンを利用するのが適切と思われる）。“次へ”をクリックすると、プレビューに反映する機能の選択画面や、プレビューのデータ量を設定する画面が表示されるが、通常の性能の PC であれば、初期設定の状態に変更する必要はない。

図 18 に示すカシバードの設定画面を使って、

- ・カメラを向ける方角
- ・地上からの高度

・撮影範囲

をおおまかに決定する。

最初に表示されているのは図 19 に示すようなプレビュー画面なので、『撮影』ボタンをクリックすると、パソコンの性能によっては時間がかかる場合もあるが、図 20 に示すような 10 m メッシュの標高データを反映させた詳細な鳥瞰図が得られる。ただ、図 15 と比較していただければわかるように、実際に目で見える地形は、植生や霞などの影響で、プレビュー画面で得られるものに近いこともある。

(3) カメラ各種設定

ここではカシバードを使って鳥瞰図を作成するうえで必要となるそれぞれのパラメータの解説を行う（カシバードではさまざまな鳥瞰図を、カメラの設定を変えることで撮影することができる）。

カメラの種類＝「カメラの種類」を選択する。通常は

「STD: コンパクトカメラ」。ほかにプロ用高級カメラや 360 度カメラなどを選択可能であるが、処理にたいへん時間がかかる。

詳細設定＝特に変更する必要はない。起伏の少ない地形をより強調して表示したい場合は、“高

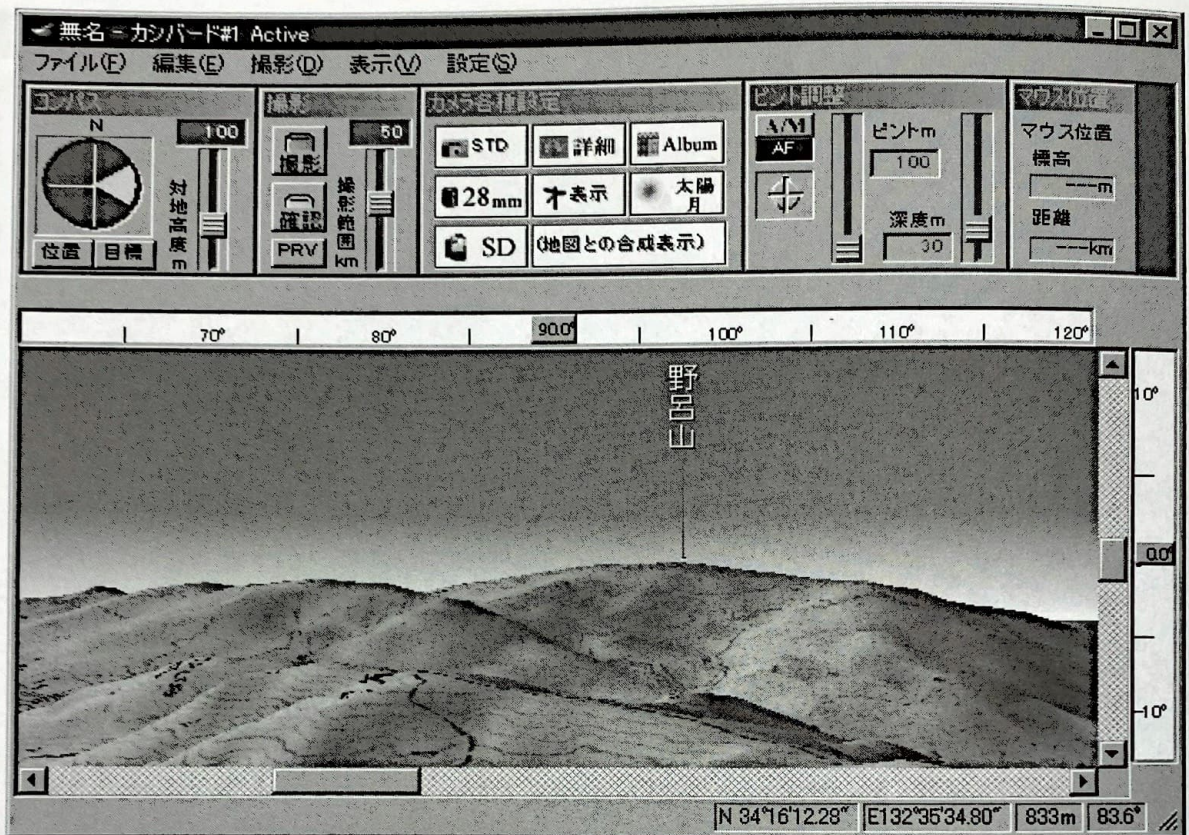


図 16 プレビュー画面の例

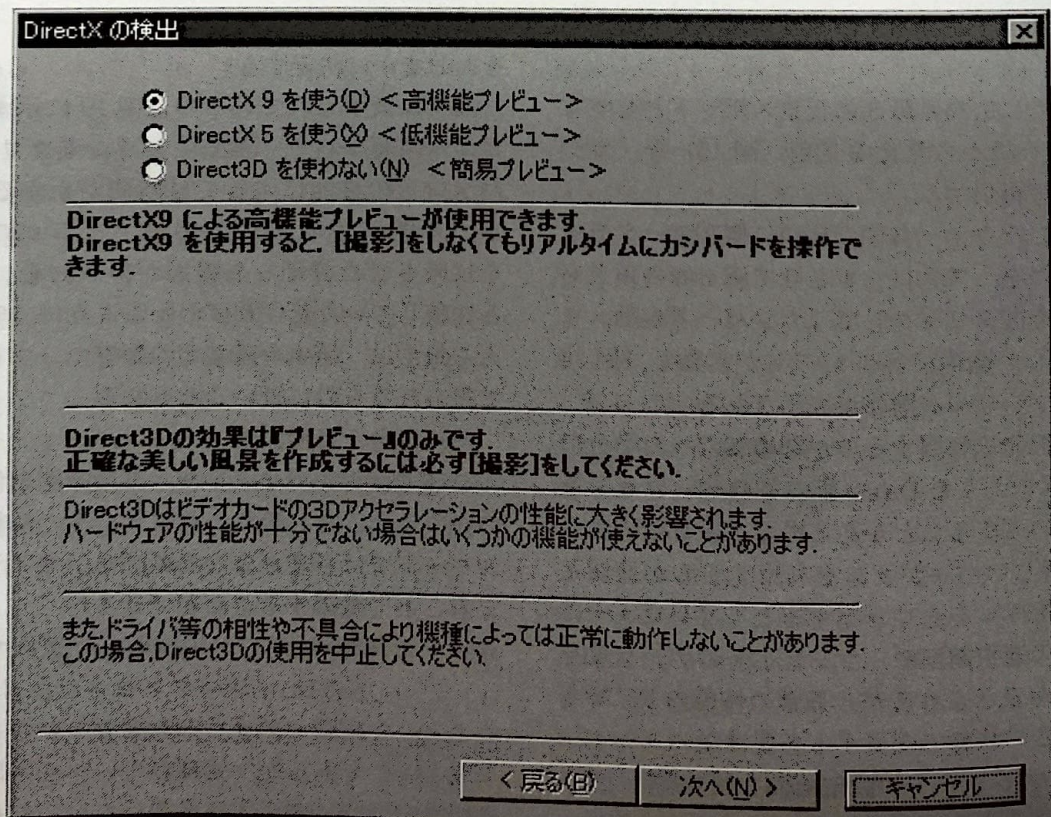


図 17 DirectX のバージョンを指定する画面



図 18 カシバードの設定画面



図 19 カシバードのプレビュー画面

「強調」の倍率を上げることで、上下に高低差が強調された画像を得ることができる。

アルバム＝撮影した画像を保存するためのボタン。

焦点距離＝初期設定では、28 mm の焦点距離のレンズ（広角レンズ）の画角と同等の範囲が表示される設定となっている。写る範囲を変更したい場合は、焦点距離を変更する。一般的なコンパクトカメラのレンズは 28～35 mm であるが、肉眼で見たとおりの風景を撮影しようと思った場合、標準レンズの 50 mm を選択する。数値が小さいほうが「広角」で、より広い範囲が写り、焦点距離の数値が大きくなるほど「望遠」となって、より小さい範囲を拡大して撮影できる。

表示＝地名の表示を、どの程度まで細かく表示さ

せるか選択する。

太陽/月＝太陽の位置や軌跡を表示できる。日時の指定もできるので、理科の学習などに応用可能。

SD＝「フィルムの種類」を選択する。ハイグレードなフィルムを選択すると、画像を美しく残せるが、撮影に時間がかかる。

地図との合成表示＝「風景の設定」ボタン。このボタンをクリックすると風景の設定のウィンドウが表示され、その下にある「詳細」ボタンをクリックすることで、風景の表示の仕方を細かく設定できる。

5. 地質図の準備

立体的な地質図を作成するためには、従来は紙媒体の地質図をスキャナで読み取って地道に貼り合わせるか、地質調査総合センター発行の数値地質図などを購



図20 撮影実行後のカシバードの画面

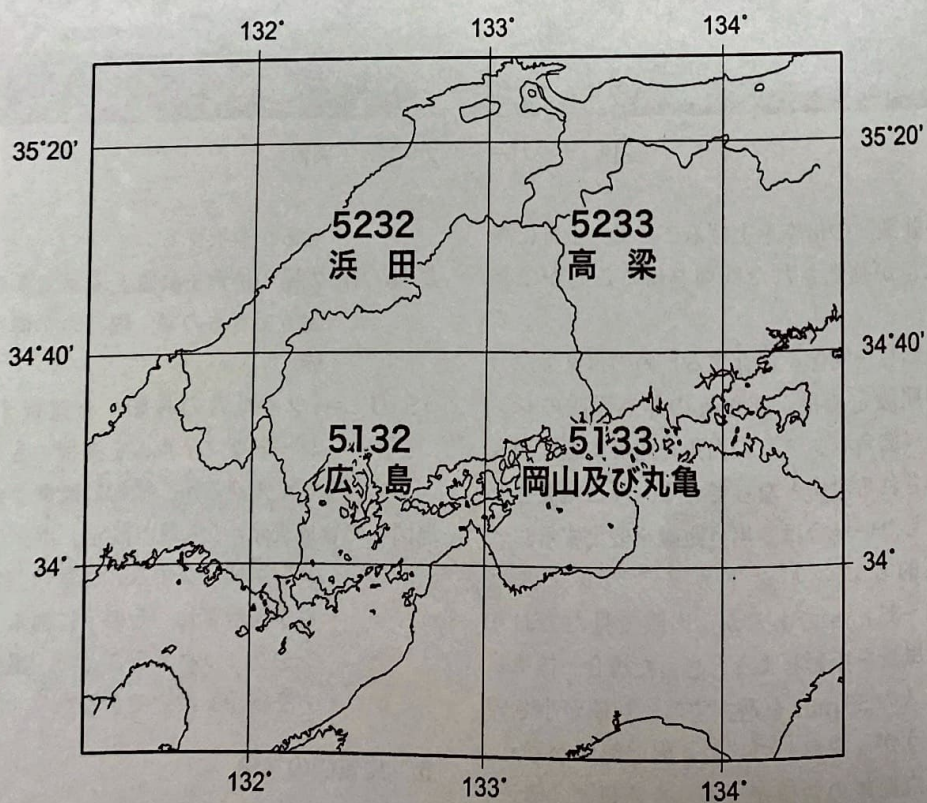


図21 一次メッシュ区分と対応する地勢図名

入する必要があった。

2005 (平成 15) 年より、産業技術総合研究所地質調査総合センターのホームページより“20 万分の 1 日本シームレス地質図 (産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2010)” が公開されており、JAVA アプレットを使用した J-iView や、地形図上に地質図を表示する WebGIS、グーグルマップ上に地質図を重ねて表示することができるグーグルマップ版なども整備され、Web ブラウザで全国の地質図をシームレスに表示することが可能となっている。

本論では、ダウンロード用のデータを利用する。地質図幅をデジタル化した数値地質図幅も発売されているので、より詳細な地質図を必要とするときは、これらを購入して利用することや、自作の地質図等を利用することも可能である。

(1) 必要ファイルのダウンロード

〈20 万分の 1 日本シームレス地質図データベース〉

<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/>

のホームページで、左側のメニューにある“ダウンロード”を選択する。

次のページで“20 万分の 1 日本シームレス地質図データベース”を利用するにあたっての著作権等の注意事項が表示される。条件に合意して「はい」を押して次へ進むと、全国を一次メッシュ (おおむね 20 万分の 1 地勢図の範囲ごと) にダウンロードできるよう

になっている。

広島県全域をカバーするためには、図 21 に示すように 5132 (広島)、5133 (岡山および丸亀)、5232 (浜田)、5233 (高梁) の四つのラスター画像の詳細版 (png 形式のほう) をダウンロードする。特に立体図を作成する場面では必要としないが、立体表示した地質図の凡例として必要となるため、同じ画面の上にある“凡例詳細版”も同じようにダウンロードしておく。

(2) 画像の結合と変換

画像編集ソフトを利用して、ダウンロードした PNG 画像を、ビットマップ画像が扱えるアプリケーションを使って 4 枚貼り合わせ、1 枚の画像にする。フォトショップ等のソフトを利用すれば容易に加工できるが、Windows に標準でついている“ペイント”などのソフトでも、キャンバスのサイズを変更して貼り合わせていくことは可能である。

保存する際は、カシミール 3D で利用できるようビットマップ地図のファイル形式である BMP 形式で保存する。

JPEG 形式で保存した場合も、ビットマップ地図として利用することが可能だが、JPEG 形式は多くの色数を必要とする写真の表現には向いているものの、地質図のような境界とコントラストがはっきりした画像を保存するには不向きである。

地図情報の設定

ビットマップに緯度経度情報を追加します。この情報は *.HDR ファイルに保存します。

地図のタイトル(N)

左上(北西)の位置

緯度(L) 参照

経度(O) 参照

右下(南東)の位置

緯度(M) 参照

経度(E) 参照

USGS30秒メッシュ

標高の単位(U)

グレースケール

1階調の標高(R) m

基底標高(B) m

☐ 色を無視する

複数ビットマップ/グレースケール

複数の地図を連結する(これはファイル名に番号が必要です)

横の個数 × 縦の個数

地図測地系(D)

地図のタイプ(T)

作成(S) キャンセル

図 22 ビットマップデータの緯度経度を指定する画面

6. 立体地質図の作成

前章で準備した地質図と、標高データをカシミール3D上で重ねていく。

(1) 地質図の設定

結合した地質図のBMPファイルを、カシミール3Dで開く。ここで開く地質図は、いわゆるラスター画像なので、「ファイル」メニュー→「開く」→「形式を指定した地図」→「ビットマップ地図…」を選択する。

最初に関く際は、図22のようにビットマップに緯度・経度情報を追加するためのウィンドウが表示される。

開こうとしている地質図の左上(北西)および右下(南東)の緯度・経度を入力する。広島県全域をカバーする地質図(4.2節で貼り合わせた地質図)の場合は、緯度経度は以下ようになる。

左上(北西) 緯度 35° 20' 経度 132° 00'

右下(南東) 緯度 34° 00' 経度 134° 00'

地勢図ごとの緯度・経度は、国土地理院から提供されている

〈ウォッチズ〉

<http://watchizu.gsi.go.jp/>

の検索画面などで確認できる。基本的に地勢図1図葉の緯度差は40分、経度差は1度である。

地図測地系は、世界測地系(JGD2000)を選択し、「作成」を押す。

ビットマップ地図の緯度経度を指定する作業は、一度登録すると定義ファイル(ビットマップ地図と同名のファイル名で拡張子が.HDR)を作成して保存されるので、二度目に関くときは不要である。逆に失敗してやり直したい時などは、ビットマップ地図と同じ場所に生成されている定義ファイルを削除すると、再度、地質図の位置情報を設定する画面が表示されるようになる。

正しく緯度・経度が設定できていた場合は、図23に示すように右上のガイドに、開いた地質図のちょうど真ん中にあたる部分が表示される。

(2) 標高データを重ねる

地質図が表示されたら、変換した標高データを反映させる作業を行う。

「編集」メニューから「標高データを重ねる

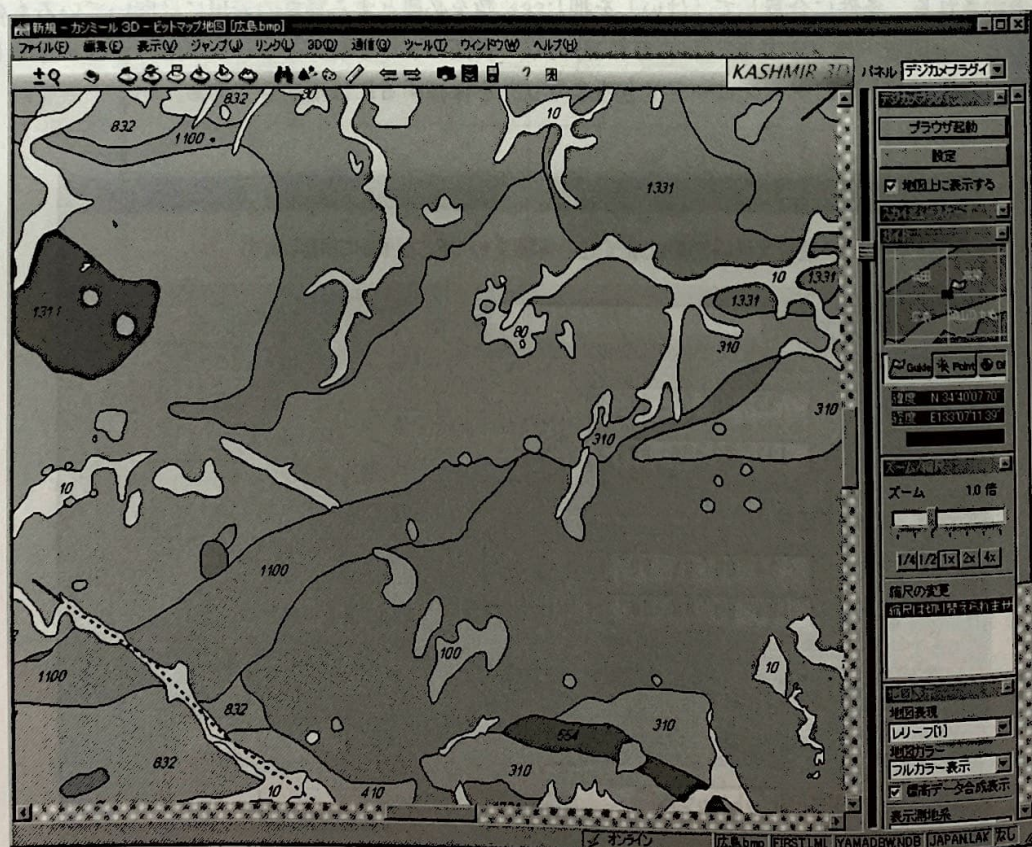


図23 表示された地質図

(MAT の作成)…」を選択すると、「ビットマップ地図と標高データの重ね合わせ」画面が表示されるので「次へ」を押して進む。重ねる標高データを選択する画面(図 24)が表示されるので、ここでは「参照」ではなく、「一覧から選択」を押して、「基盤地図情報 10m 標高」を選択する。標高データを変換した際に、パブリックのドキュメントフォルダに作成されたデータが自動で選択される。

“出力する MAT のファイル名を指定してください”という画面(図 25)が表示されるが、標準で入力されているファイル名で特に変更する必要はない。

「完了」を押すと、図 26 に示すように先ほど表示させた地質図に、地形の凹凸が反映されて表示されていれば、標高データの重ね合わせは成功である。

(3) 立体図として表示

地形図の鳥瞰図を作成したのと同じ手順で、カシ

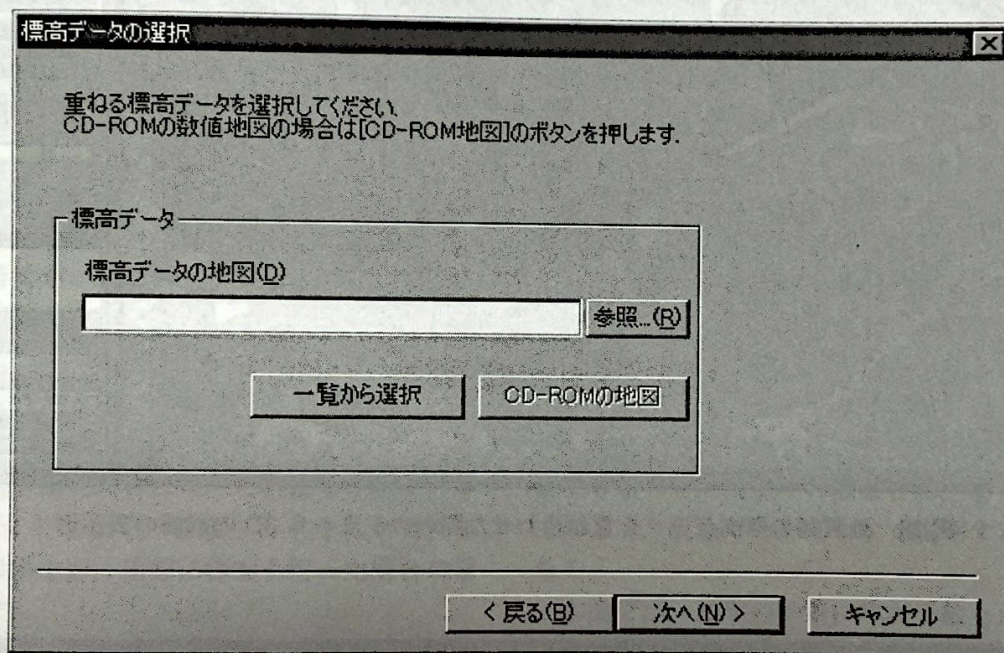


図 24 標高データの選択画面

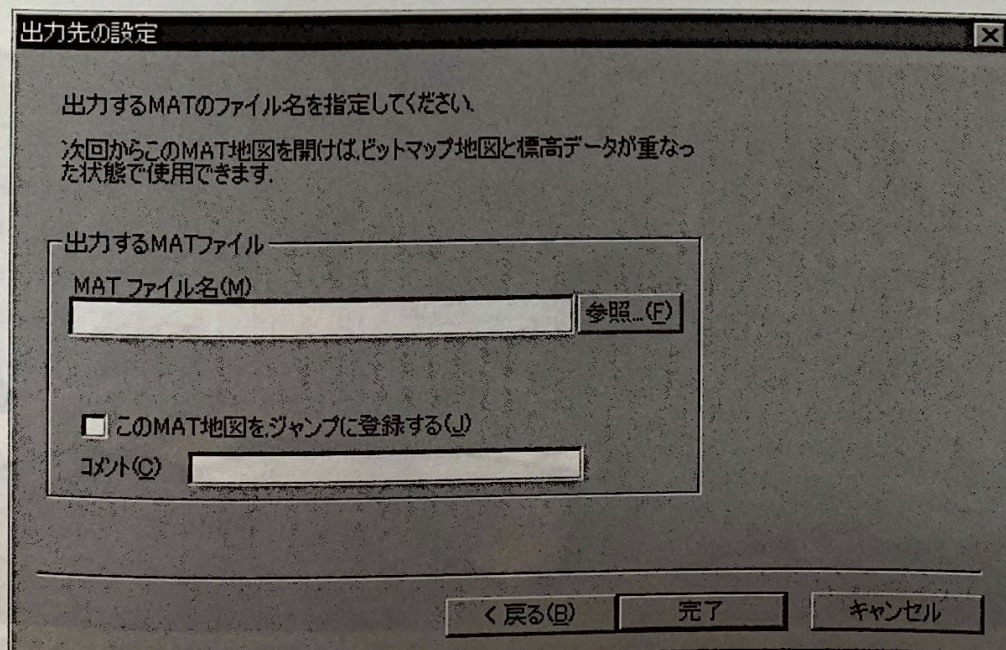


図 25 MAT ファイル名の指定画面

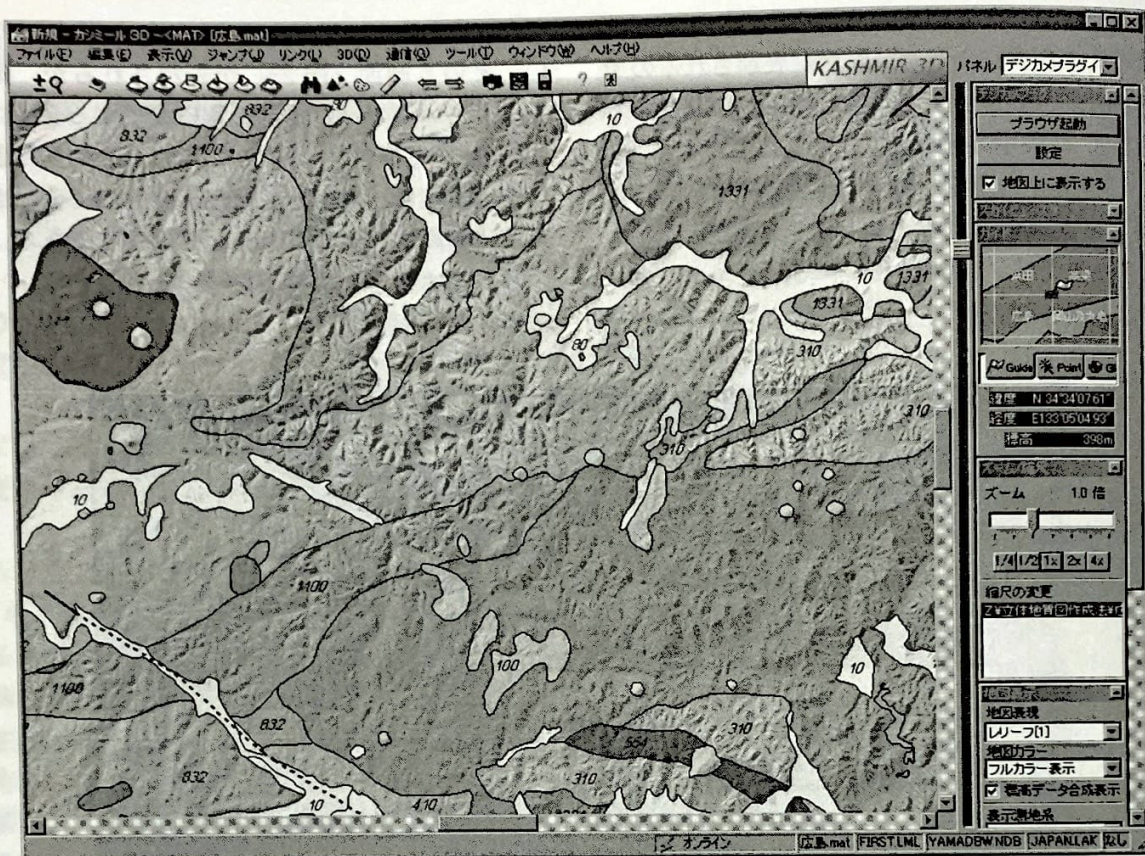


図 26 地質図の標高データを重ね合わせた際のカシミール 3D の画面の表示例

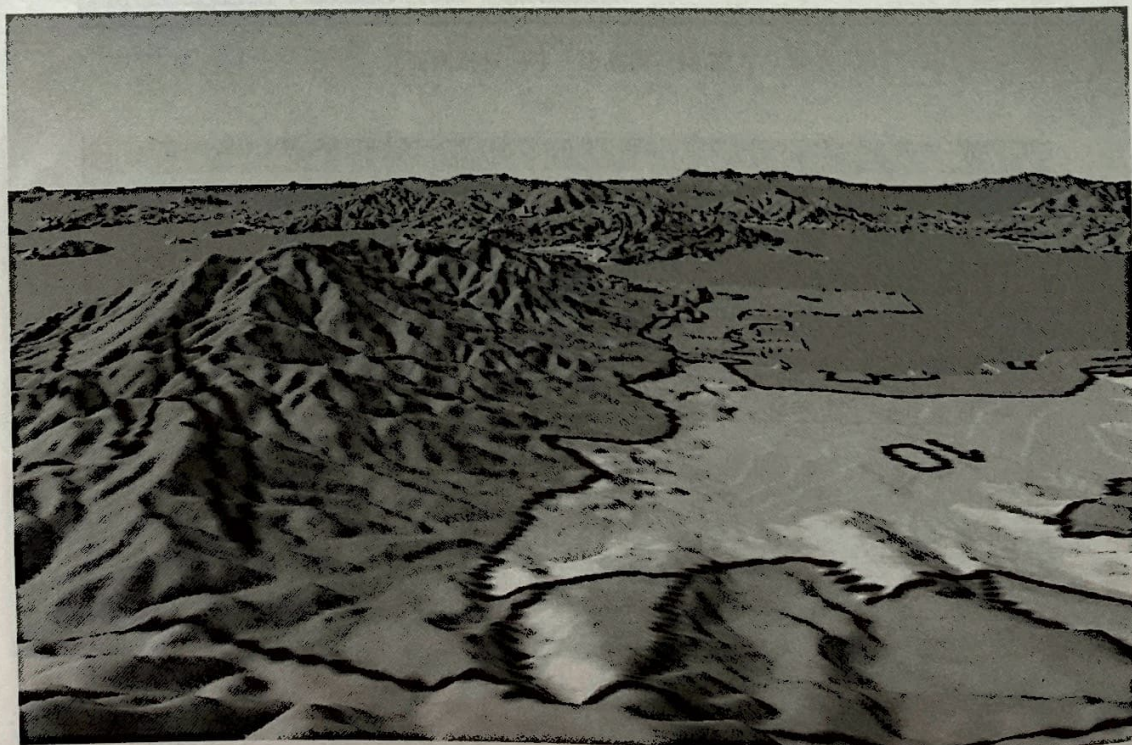


図 27 地質図を立体表示させた場合のカシバードの撮影実行後の画面

バードを使って灰ヶ峰から見た地質図の鳥瞰図を作成する。図 27 に示すような、地質図を立体地形図の表面に投影したような立体地質図が作成できる。図 27 の左手に見える休山から沖合の倉橋島から江田島にかけてグレーになっている部分は花崗岩で構成されているのに対し、呉市の市街地で白抜きになっている部分は沖積層、海岸沿いに薄く色がついている部分は、埋め立て地からなっている。立体地質図を作成することで、地形と地質の違いとその対比が非常にわかりやすく表現できるようになる。市街地付近に大きく“10”と表示されてみえるのは、凡例に従うと完新世の海成ないし非海成層であることを示している。

7. 所要時間と注意するポイント

実際にマニュアルに従って作業を行った場合、

- ・どのくらい時間がかかるのか
- ・わかりにくいところはどこか

を調べるために、地学研究室の3・4年生および博士課程前期の学生(計8名)の協力を得て、実際に作業を行ってもらった。

一連の作業の所用時間として、これまでカシミール3Dを利用したことはなく、普段ワードやエクセルを利用する程度の学生が、実際に作業を行った場合の目安を以下に示す。

カシミール3Dのインストールに約10分。標高データのダウンロード、展開および変換作業に最も時間がかかり約40分程度を要した。地質図のダウンロードと結合に10分程度を要し、最初だけ必要とされる準備段階でおよそ1時間程度を要した。地形図や地質図と標高データを重ね合わせて、立体表示するまではそれぞれ15分程度であった。ソフトのインストールから最後の地質図の立体表示作成まで、おおよそ1時間半程度であった。

インストールや標高データの変換はいったん行ってしまうと次回からは不要で、カシミール3Dを起動させて立体表示させたい場所を選ぶだけなので、カメラの設定等を行ったとしても20分程度あれば作成可能である。

作業を行う上で注意するポイントとして、標高データをダウンロードして、変換を行う場面で苦労している学生が最も多かったことが挙げられる。標高データが多数あるので、どのファイルをダウンロード・解凍したかわからなくなる場面があったこと、解凍したxmlファイルを一つのフォルダにまとめるのを忘れ

て、一部の標高データしか変換されないなどの場面が見られた。実際に作業をされる場合の参考にされたい。

8. ま と め

地学分野の学習においては、地形および地質を立体的な概念としてとらえることが必要となる場面が少なくない。そのために発泡スチロールや、弁当のふたなどを活用して、等高線と地図との対比づけを可能にしている教材(堀・早川, 2005)なども存在する。人数や時間、経費などの問題もあり、すべての学習者がそのような教材を作成して、地形と地質に対する理解を深めることができるというわけではない。

そのような場合でも、カシミール3Dと基盤地図情報の標高データを利用して立体図を作成して提示することで、地形と地質の理解に対する手助けになるばかりでなく、先に述べた教材を利用可能な場合でもその導入の部分として利用することができる。

また、山の頂上などで実際に目に見えるのと同じ視点・視野の鳥瞰図や立体地質図を容易に作成することができるので、山登りの際などに、事前に準備しておくことで、現地でわかりやすく説明することが可能となる。

本論では、地学の学習に焦点を絞ったので、地形図と地質図を立体的に表示させる方法について説明を行ったが、位置情報の明らかな衛星写真の画像などを入手することができれば、立体地質図の作成と同様の手順で、リアルな景観をパソコン内で再現することも可能である。

謝 辞 本論の内容に関して、広島大学大学院教育学研究科の林 武広教授および山崎博史教授には終始ご指導いただき、貴重なご意見を賜った。また同地学研究室の学生のみなさんには試行作成のため貴重な時間を割いていただき、作成方法や所要時間について有益な情報をいただいた。ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 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。
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。
国土地理院(2000): 数値地図50mメッシュ(標高)日本III。CD-ROM。

産業技術総合研究所地質調査総合センター (2010) : 20
万分の1日本シームレス地質図データベース (2010年
11月11日版). 産業技術総合研究所研究情報公開デー

タベース DB084, 産業技術総合研究所地質調査総合セ
ンター.

吉富健一：基盤地図情報を活用した立体地形図および立体地質図の作成 地学教育 64 巻 4 号, 107-126,
2011

〔キーワード〕 立体, 地形図, 地質図, 鳥瞰図, 基盤地図情報

〔要旨〕 地学の学習には, 地形や地質を立体的に表現し, 提示することが不可欠とされる. しかし, 従来,
立体図を作成するために, 有償のソフトウェアや標高データを購入するしかなかった. 本論では, フリー
ソフトウェアとフリーのデータを利用して, 立体地形図および立体地質図を作成する方法を解説する. イ
ンターネットに接続された Windows の PC さえあれば, 最初だけ必要な準備に 1 時間を要し, その後は
15 分程度で容易に立体的な地図を作成できる.

Kenichi YOSHIDOMI: Proposal of a Method to Make Cubic Diagrams of Topography and Its Constituting
Geology—An Effective Tool in Earth Science Learning Process—. *Journal of Education of Earth Science*,
64(4), 107-126, 2011