

中学校地学における地質構造学的内容の教材開発と授業実践

— 断層・褶曲形成モデルからのアプローチを例として —

寺田 昂世*・田中 健太**・津留 ありさ*・田中 均***

Development and Practice of Tectonic Geological Teaching Material for Lower Secondary Schools

— Approaches from Formation Models of the Fault and Fold —

Kosei TERADA*, Kenta TANAKA**, Arisa TSURU*, Hitoshi TANAKA***

(Received October 1, 2015)

The purpose of this study was to examine the validity of “lateral fault model” and “apparent fold model” in aiding lower secondary school children to acquire the concept of fault and fold in their science study. We proposed new “lateral fault model” and “apparent fold model” considering the characteristics of the models proposed thus far. These models were developed to help the children easily visualize the concept of fault and fold, understand it intuitively when manipulating the teaching materials.

Lower secondary school students, after learning the character of fault and fold topography, identified the location of faults and folds using geological maps. Sampling fault topography encourages them to be aware of natural disasters and their prevention.

Key Words : lower secondary school, stratum, lateral fault model, apparent fold model,

1. はじめに

学習指導要領 理科編（平成 20 年）では、『地表付近で見られる地学的な事物・現象として地層及びこれを構成する堆積岩の野外観察などを行い、地層の重なり方や広がり方についての規則性を見いださせるとともに、地層の調べ方を修得させる』と謳われている。しかしながら、学校付近に地層の観察に適した場所がないような都市部付近では、野外で地層観察の実施が見送られる傾向にある。そのため、授業では教科書や理科資料集を用いた座学による学習になりやすい。

ところが、教科書などに掲載されている地層は、そのほとんどが水平な地層として取り扱われているため、生徒が抱く地層のイメージは常に水平なものであるという誤った概念が定着しているようである。実際に多くの露頭で地層を観察してみると、ほとんどの地層は傾斜しており、一見して地層が水平に堆積しているよ

うに見える露頭でも、詳しく調べてみると地層が手前に傾斜していたり、反対側に傾斜していたりする場合が多くある。

地層が水平である場合の断層や褶曲は、引張りの力が働けば正断層、圧縮の力が働けば逆断層（図 1）や褶曲（図 2）が形成されると教科書では記されている。しかしながら、地層が傾斜している場合には、浸食作用による谷や尾根の形成で“見かけの褶曲”が形成されるとともに横ずれ断層が存在している場合では“見かけの正断層”や“見かけの逆断層”が観察される場合がある。そのため地学分野において、生徒自身が既習事項を用いて、自然を科学的に見ることに困難を伴い、授業において言葉で生徒に地層を立体的に捉えさせようとしても、空間把握能力に差がある生徒を、実感が伴った理解へとつなげることは難しい。

そこで本研究では、熊本県の露頭で観察される地層教材を活用し、学習に有効なモデル教材の作成と、それを用いた授業実践を行った。授業実践は、熊本大学

* 熊本大学大学院教育学研究科

〒 860-8555 熊本市中央区黒髪 2-40-1

** 長崎県大村市立富の原小学校

〒 856-0806 長崎県大村市富の原 1-1392-1

*** 熊本大学教育学部理科（地学）

〒 860-8555 熊本市中央区黒髪 2-40-1

と熊本大学教育学部附属中学校との連携事業である「学びの交流会」（平成 22 年度より実施）で行った。「学びの交流会」は附属中学校の生徒が熊本大学に来て、生徒が普段の学校生活の中では経験することのない分野の講座や、興味・関心のある講座などを受講するという内容のものである。様々な講座の中から、中学生が普段経験することがないような分野の講座や、興味・関心がある講座などを自由に選択して受けることで、生徒たちの知的好奇心や向学心を刺激し、自分の適性や将来の進むべき道等を考えることを期待した取り組みである。

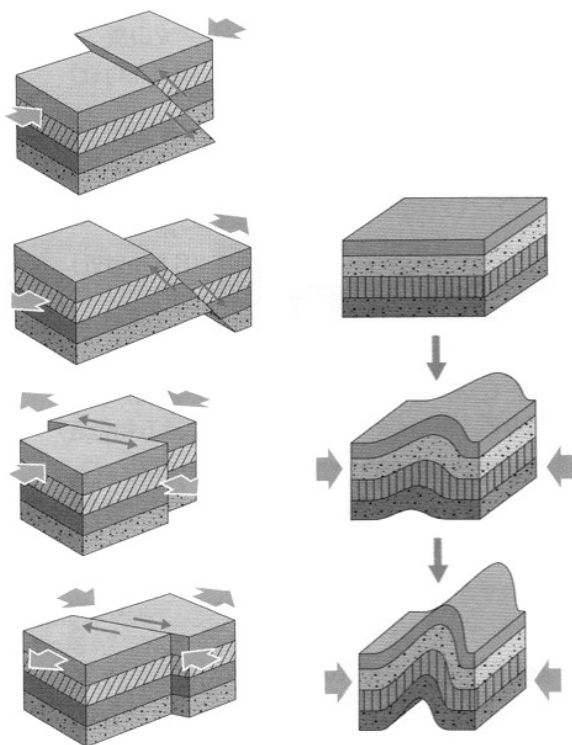


図 1 断層のでき方 図 2 褶曲のでき方
(理科の世界 大日本図書 (平成 23 年) から引用)

2. 研究の目的

地質構造に関する教材開発については、個別ごとに“見かけの正断層”（図 3）や“見かけの逆断層”（図 4）について報告していたが（田中ほか, 2007）, “見かけの褶曲”（図 12）については詳しく報告していない。

本論では、球磨村の総合運動公園内の露頭（図 5）で、横ずれ断層に起因する“見かけの正断層”と“見かけの逆断層”が同じ露頭で観察できる理由や葦北郡田浦町の露頭（図 5）で、圧縮力が働かないのに“見かけの褶曲”が観察できる理由をそれぞれ明らかにす

る。また、そのモデル教材の作成方法や、教材を用いた授業による結果について議論するとともに地層に関する学習について述べる。

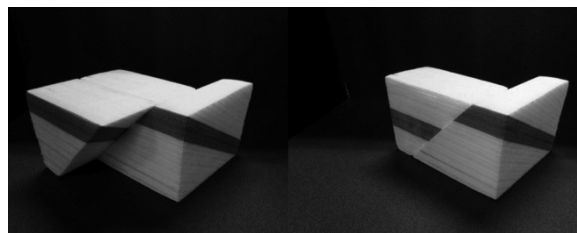


図 3 左横ずれ断層で形成された“見かけの正断層”

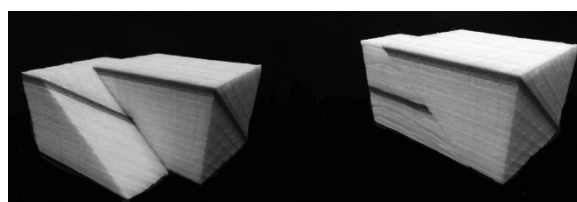


図 4 左横ずれ断層で形成された“見かけの逆断層”

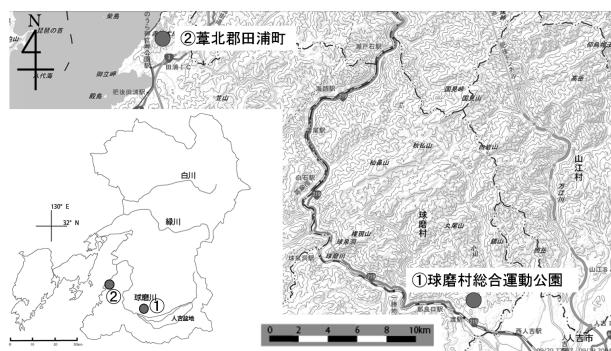


図 5 調査地域（国土地理院地図を引用・加筆）

3. 研究の方法と結果

(1) 球磨村総合運動公園内で観察される “見かけの正断層”と“見かけの逆断層”

運動公園内の露頭では（図 6）, “見かけの正断層”（図 8 の F - 1, F - 2）と“見かけの逆断層”（図 8 の F - 3）が同時に観察される（図 7）。これらの“見かけの正断層や逆断層”は、それらが形成された順番や時期について議論されることがなかった。それでは、どのような順番で形成されたのかを議論する。この運動公園内の地層の一般走向、傾斜は N35 ~ 70° E, 15 ~ 20° S を示している。それぞれの断層は、断層面のスリッケンラインの特徴や礫岩層の分布から左横ずれ断層であることが確認されている（田中ほか, 2007）。図 9 にて各断層に近接して見た様子や、横ずれ断層の証拠であるスリッケンサイドを断層面に確認すること

ができる。運動公園内の露頭で観察される断層は、正断層や逆断層が形成されているのではなく、地層が傾斜していることと、横ずれを起こしたときに、断層面が北傾斜か南傾斜かの違いによって、同じ露頭に“見かけの正断層や逆断層”が形成されたわけである。教材として、これらの地質要素に基づいたモデルを発

泡スチロール製のカラーボードを用いて作成し、左横ずれ断層運動をおこさせた。その結果、図10に示すように左横ずれ運動によって、同時に“見かけの正断層”と“見かけの逆断層”が形成されることが明らかになった。



図6 球磨村総合運動公園内



図7 球磨村総合運動公園内の“見かけの正断層”と“見かけの逆断層（右端F-3断層）”の露頭状況



図8 F-1断層(左)・F-2断層(中央)・F-2断層(右)

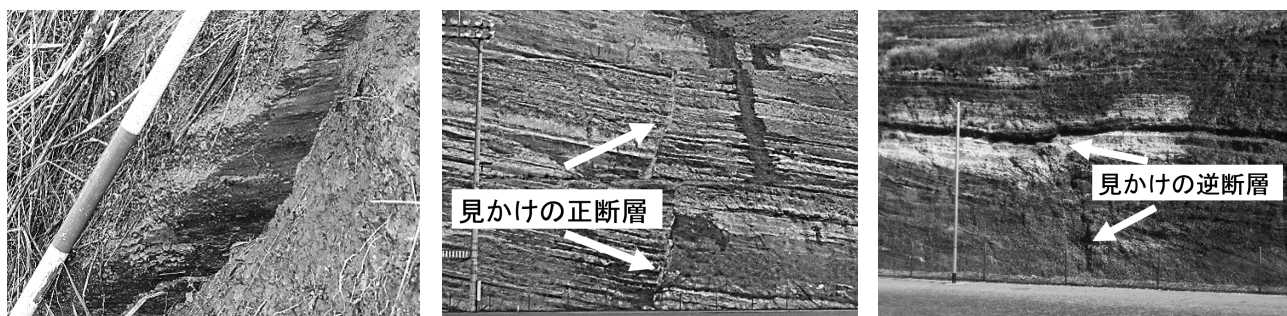


図9 F-1断層近接写真〈スリッケンサイド〉(左)・F-2断層近接写真(中央)・F-3断層近接写真(右)



図 10 傾斜方向が異なる断層面と“見かけの正断層”と“見かけの逆断層”との関係（スケール 15cm）

(2) 圧縮力が働いていないのになぜ“見かけの褶曲”が観察できるのか

熊本県葦北郡田浦町海浦付近の林道において、褶曲を呈しているように見える露頭がある（図 11）。周りの地質体を調べてみると、この地層には褶曲を起こすような圧縮の力は働いていないことが判明した。それでは、なぜ褶曲しているように見えるのか、その理由を考察した。

この地域の地質体は、地層の一般走向・傾斜が N55 ~ 75° E, 45 ~ 65° S を示す単純な単斜構造を呈して

おり、褶曲のように見える場所は、林道の沢や尾根部のカーブしているところで見られることが分かった。

これらの事実に基づいたモデルを発泡スチロール製のカラーボードを重ねて作成した。図 11 に見られる山地地形のように、谷部のところは重ねたカラーボードをくり抜き、尾根部のところは出っ張らせるように作成したところ、図 12 ように“見かけの褶曲”ができた。なお、比較のために水平な地層のモデルも作成した（図 13）

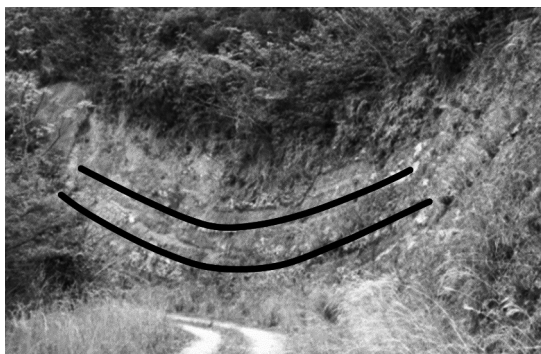


図 11 葦北郡田浦町海浦付近の林道にある褶曲しているように見える露頭

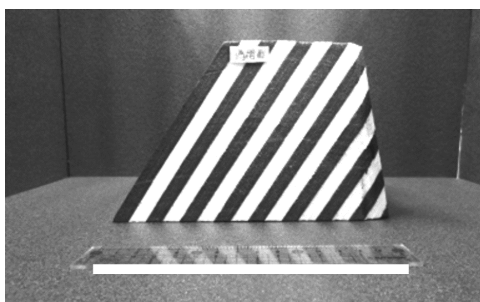
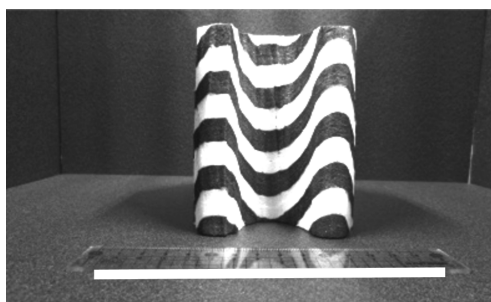


図 12 見かけの褶曲モデル（スケール 15cm）

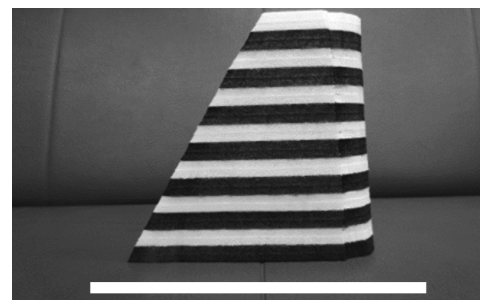
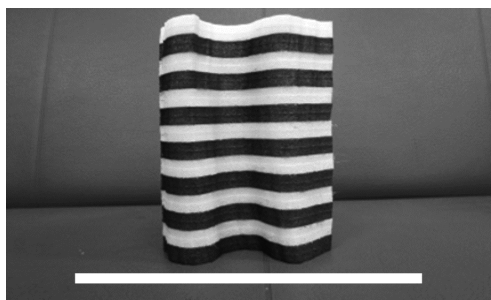


図 13 地層が水平な場合（スケール 15cm）

(3) モデル教材の作成方法

【材料】

- ・ COLOR BOARD カラーボード
サイズ：約 400 × 450 × 厚さ 10mm
DAISO JAPANで購入
- ・ セメダイン SUPERX G (ゴールド)
セメダイン株式会社より販売

【見かけの正断層・逆断層モデル（個別型）】

横ずれ断層によって、正断層や逆断層のように見えてしまう要因は次の2つである。

- ① 地層が傾斜している（手前から奥に向かって地層が傾斜している）。
- ② 地層が横ずれを起こしている。

つまり、傾斜した地層に走向を切るような横ずれ断層が形成された後、工事等で法面が形成されたり風化・浸食を受けたりして地形が整形されることで見られるようになる。この二つの要因を反映させながら、モデルを作成した（図3・図4）。

カラーボードを、一辺が 15cm の正方形に切り分ける（赤・青それぞれ一枚ずつ、白 13 枚用意する）。それぞれのパネルを貼り合わせていき、図 14 のように底辺とパネルの角度（★部分）が約 40° になるよう調節する。このとき赤・青のカラーボードのセットを白いカラーボードの中に挟み入れることで、断層によってずれたときの地層の変化を観察しやすくしている。接着剤が乾いたら、発泡スチロールカッターを用いて図 15 のように立方体の形に成形する。これが立体モデルの全体となる。この立方体を図 16 の最上部の図のように斜めに切断し、左側のブロックをさらに A ブロックと B ブロックの 2 つに切り分ける。図 16 は下に向かってモデルの活用方法を示している。モデルを左横ずれさせ、その後突出した B ブロックを取り除くことにより、地層が傾斜しているために、残された A ブロックと C ブロックに正断層が形成されたように見えるという仕組みである。これは球磨村総合運動公園にて実際に見かけの正断層が観察される法面を個別に表現している。また、モデルを右横ずれさせ、同様の手順で反対側から見ると、見かけの逆断層を表現することができる。

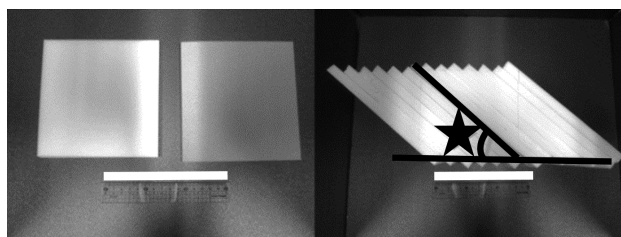


図 14 切り分けたパネルと貼り合わせかた（スケール 15cm）

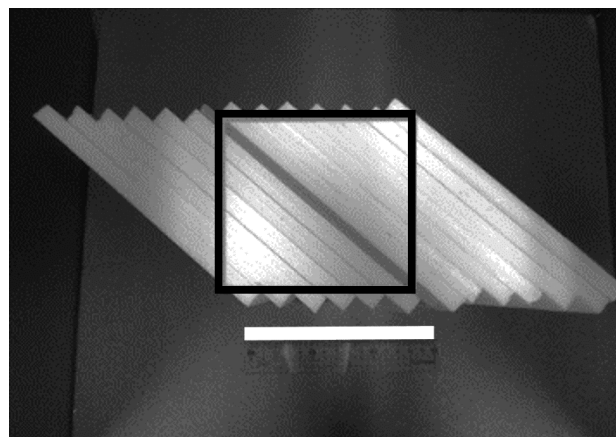


図 15 立方体の成形箇所

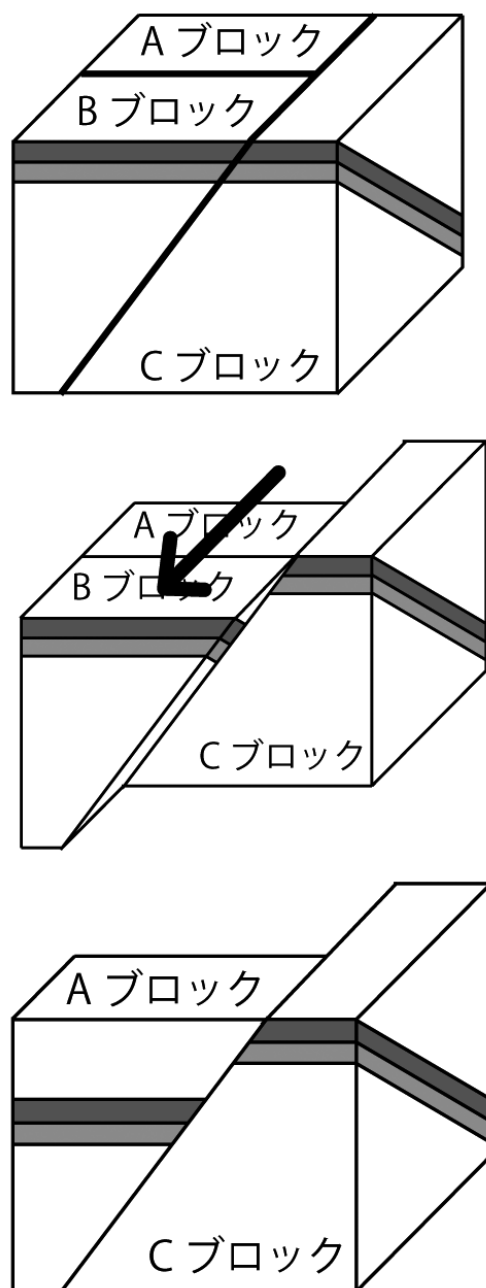


図 16 個別型断層モデルの構造

【見かけの正断層・逆断層モデル（一体型）】

同様の作成手順で、立方体ではなく直方体の状態にして、大きさを個別型断層モデルより大きくした。断層の傾斜方向を、“見かけの正断層”は右上から左下に向かって、“見かけの逆断層”は左上から右下に向かって切ることで、同じ面に見かけの正断層と見かけの逆断層が同時に見られるようにした（図10）。3つのブロックを作成したことで見かけの正断層と見かけの逆断層が同時に見られるようにしたが、これは断層の傾斜方向とブロックのずれの大きさによるものである（図17）。最初に中央と左のブロックがまとまってずれる。その後左のブロックがさらにずれ、それぞれ突出したブロックを同じ面で揃えるように取り除くことで、地層のずれが正断層や逆断層のように見えるという仕組みである。

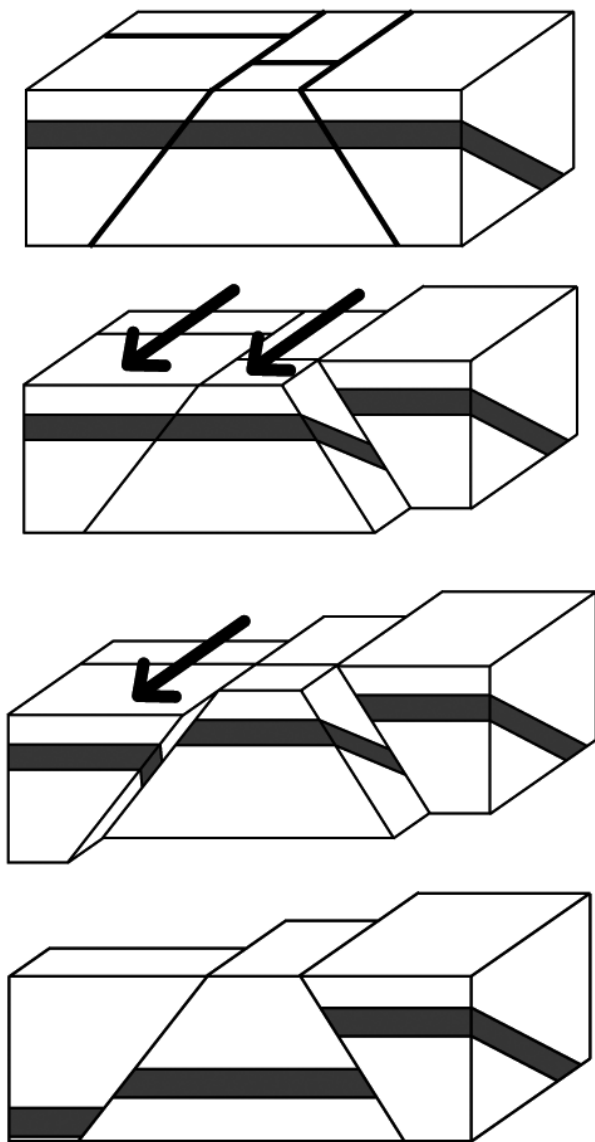


図17 一体型断層モデルの構造

【見かけの褶曲モデル】

この露頭で褶曲構造のように見えてしまう要因は次の2つである。

- ① 地層が傾斜している（手前から奥に向かって地層が傾斜している）。
- ② 山に林道をつくるために切り開いた。

つまり、実際には地層が褶曲しているわけではなく、露頭の切り取り方によって地層が褶曲して見えたということである。この二つの要因を反映させながら、見かけの褶曲モデルを作成した（図12）。

黒と白のカラーボードをそれぞれ、縦15cm、横10cmのパネルに切り分ける（黒7枚、白6枚用意する）。それぞれのパネルを交互に貼り合わせていき、図14のように底辺とパネルの角度を揃えて貼り合わせる。先ほどと異なりこちらは、★部分が約60°になるよう調節する。角度を約60°にしたのは、実際の地層が示す傾斜45～65°Sに対応しており、生徒が違いを捉えやすいモデルにしたかったためである。その後発泡スチロールカッターを用いて、図18・19のように斜めにカーブさせながら切っていく。比較を行うために傾斜が30°・45°・60°の三種類のモデルを作成したが、奥へと地層を削り取っていく構造であるため、やはり角度の大きい60°が最適であると判断した（図20）。

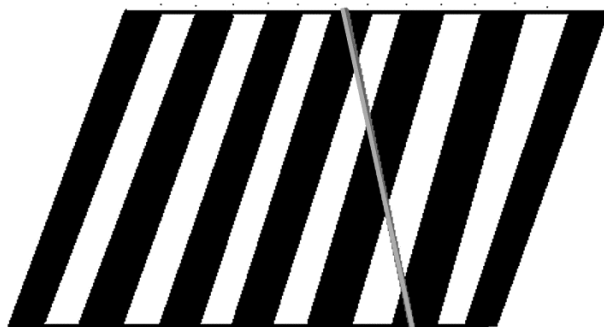


図18 横から見た図

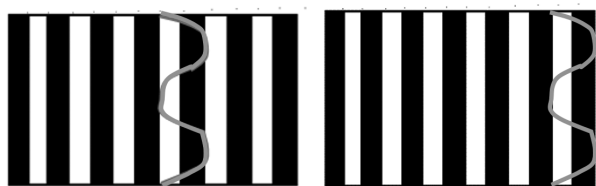


図19 上部（左）と下部（右）から見た図

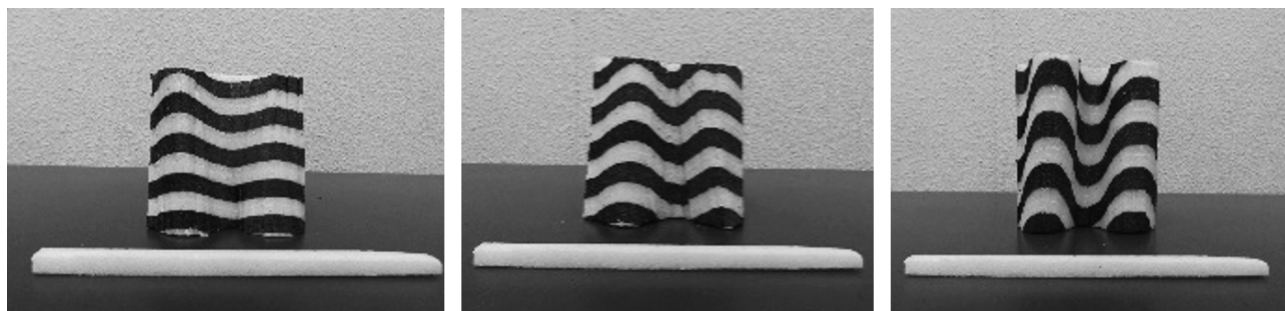


図 20 褶曲モデル 左から傾斜 30°, 45°, 60° (スケール 15cm)

4. 授業実践

1) 対象および実施期間

対象：熊本大学教育学部附属中学校の三年生

(18 名) 及び、その保護者 (9 名)

実施期間：平成 26 年 9 月 22 日 月曜日

14 時 00 分～15 時 30 分

場所：熊本大学教育学部 2 階 2-A 教室

2) 授業内容

授業の導入では地層の概念や断層の種類など中学校の既習事項の復習を行った。その上で、球磨村総合運動公園や葦北郡田浦町海浦付近の地質情報を判り易く提示するとともに露頭写真を用いながら生徒達にそれぞれの地域の地質構造について考えさせた。生徒達は既習事項と結びつけながら、それぞれの地層や断層の性状について正断層や逆断層あるいは褶曲であることなどを答えていた。次に、そのような構造はどのようにして形成されたかを質問すると、多くの生徒達は“正断層は引張りの力”が働き、“逆断層や褶曲は圧縮の力”で作られると既習事項と結びつけて答えた。

しかしながら、球磨村総合運動公園で観察される断層面に水平に延びるスリッケンラインから、横ずれ断層運動が示唆され、正断層をつくる引張りの力による鉛直方向の運動が無かったことを説明した。また、葦北郡田浦町海浦付近で観察される地層は、ほぼ一定の走向・傾斜を示す単斜構造を呈し、褶曲をつくるような圧縮の力は働いていない事を説明した。

ここで以下の 3 つの課題についてグループ協議にて考えさせる流れとしたが、時間の関係上次の課題②については取り扱うことが出来なかった。

課題①『引っ張りや圧縮の力が働いていないのになぜ、正断層や逆断層のように見えるのか。』

課題②球磨村総合運動公園の露頭では『正断層と逆断層の両方が観察されるが、どのような順序で形成されたのだろうか。』

課題③田浦町海浦付近の露頭では『圧縮の力が働いて

いないのに、なぜ褶曲のように見えるのか。』

グループ協議では、調査した二つの地域とも地層が傾いており、“この地層の傾斜に意味があるのではないか？”と地層の傾きに注目することができている生徒がいた。また、“正断層では上面が下がっているのだから絶対鉛直方向に落ちているはず”や“正断層と逆断層は一方が引張りでもう片方が圧縮で全く逆の力が働くことになり、サッパリ理解できない！順番などどうしたら判るの！”などいろいろな意見が出された。褶曲にみえる露頭については、“力を加えて曲げなきゃ褶曲はできないよ”とか“地層の傾斜が褶曲をつくるような働きをしているのではないかと思うがよく判らない”という今一步という意見もあった。このあと、班毎にグループ協議したイメージ図を発表させて自分たちの意見を集約させるようにした。

生徒から出た考えをいくつか紹介する。まず図 21 に示すのは、見かけの正断層がつくられる要因についての生徒の考えである。図 21 のように生徒は、地層の傾斜と地層を奥に切ったときの地層の見え方の変化について捉えることができていたが、惜しくも断層と考えを繋げることが出来ていなかった。

図 22 と図 23 は見かけの褶曲の要因に関する生徒の考えである。図 22 の方は、圧縮ではないが、地層の上方から力が加わったという考えを示している。褶曲の成因としてこのようなものもあるため、よく話し合い気づくことができていたが、今回はどの方向からも力は加わっていないので正解ではない。図 23 は、傾斜した地層をカーブさせながら奥へと切り取った場合について考えることができており、葦北郡田浦町海浦付近の露頭の形成要因について見事に考察することができていた。このように地層の傾斜に注目し、グループ協議の中で、見かけの褶曲の成因について考えることのできていた班もあった。

以上のような考えをラミネート加工した用紙に班ごとにまとめさせ、全体で共有した。その後、それぞれの地層モデル教材（図3、4、10、12）を提示して、地層と地形の見方、地層変位と地形の考え方について補助的解説を加えながら、もう一度話し合いの活動を行った。

その結果、生徒も頭の中のイメージを手元のモデルで表現することが可能になり、互いに説明がしやすくなったり、考えを整理しやすくなったりしたためか、

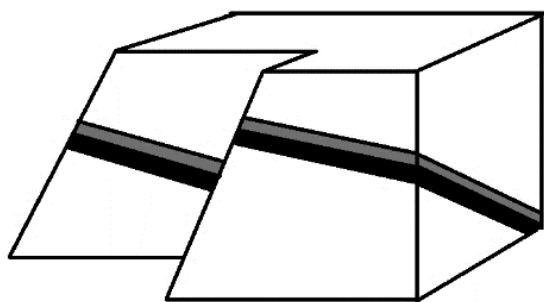


図21 見かけの正断層に関する生徒の考え

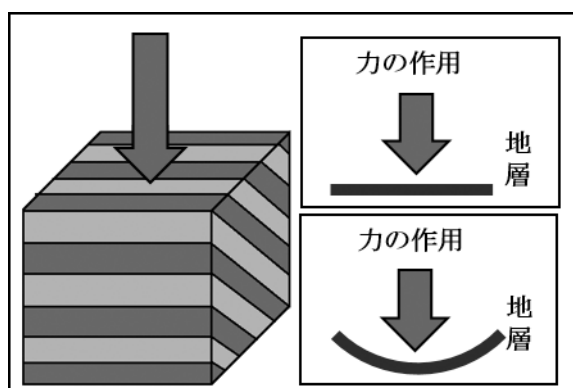


図22 見かけの褶曲に関する生徒の考え①

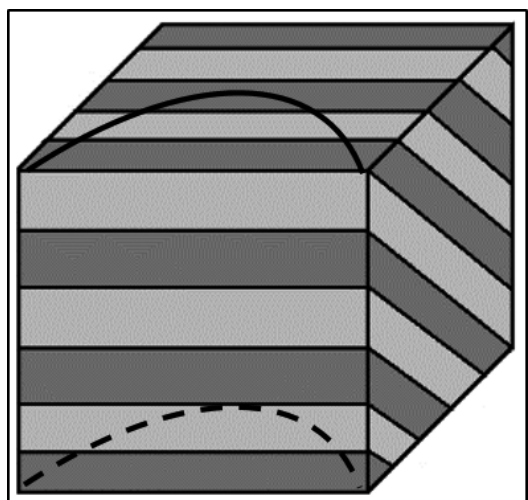


図23 見かけの褶曲に関する生徒の考え②

話し合い活動がより活発になった様子であった（図24・25）。生徒はモデルを用いて自分の考えの検証を行っており、立体地形について想像で捉えることが苦手そうな生徒は、特にモデル教材を熱心に取り扱い、様々な角度から観察していた。生徒達からはこの地層モデル教材について“スッゲ！判りやすい”とか“褶曲にみえるのは、何にも力が加わらなくても谷地形のように削られるだけでできるとはビックリした”との感想が得られた。

3) アンケート結果

事後アンケート調査の結果（表1）から、モデルの活用が非常に生徒の理解の助けになっていることが明らかになった。特に、モデル教材を活用する前から地質構造をイメージすることができたとはっきり答える生徒が約28%に対して、モデルを活用したことでイメージしやすくなったと答える生徒が100%であることから、モデル教材が理解の助けになっていたことが窺われる。



図24 生徒が話し合いを行っている様子①



図25 生徒が話し合いを行っている様子②

また、地元の熊本県内に実在する露頭に見られる地質構造を取り扱ったことにより、生徒の興味・関心を高めることに繋がったのではないかと考える。その地質構造に対する生徒それぞれの考えをお互いに述べ合っており、生徒同士で自然に言語活動を行うことができていた。さらにモデル教材を用いて最後には考えを検証し合う場面では、より話し合いが活発になっており、アンケートにおいて“楽しかった”と答える生徒が多数であることから、生徒が積極的に授業に参加したことが判る。

モデルを活用し現在の地形・地質と関連を持たせた授業は、生徒の理解度向上の他にも、論理的思考力の向上や科学的な自然観の育成等、様々な教育効果が期待できると考える。なにより、地形・地質構造について考察できたときに、生徒が自分に対する自信を高め、自然に対する興味・関心も高まると考える。

表 1 事後アンケート結果

	そう 思う	少しそ う思う	あまり 思わない	思わな い
楽しかったか	18 人	0 人	0 人	0 人
理解できたか	16 人	2 人	0 人	0 人
難しく感じたか	3 人	11 人	3 人	1 人
モデルを使う前から地層の構造を頭の中でイメージできたか	5 人	7 人	5 人	1 人
使ったことでイメージしやすくなったか	18 人	0 人	0 人	0 人

4) まとめ

地層の調べ方や、自然の見方・考え方について生徒に身につけさせるためには、やはり現場に出て実物を観察することが一番であるが、野外活動に適していない教育現場である場合には、図や写真を用いた授業を行うしかない現状である。しかしその際には、教科書だけに頼るのではなく、教師自身が足を運び、地元の地層や地形を扱った授業を展開することが望ましいと考える。例として本研究のような見かけの正断層・逆断層・褶曲について扱うことで、生徒の思考活動においても効果的であると考え、そして生徒への手立てとしてモデル教材を作成して活用することで、さらに教育効果が期待できる。また、断層地形の特徴を把握することで、地域における生徒の自然災害への防災意識を高めることにも繋がると考える。

教科書では、引張りの力で『正断層』、圧縮の力で『逆断層』、『褶曲』、ずりの力で『横ずれ断層』が形成されると記されている。ところが、地層が傾斜していれば、横ずれ断層で“偽正断層”“偽逆断層”、圧縮の力が働かなくても地形的要因で“偽褶曲”が観察されることがある。これらの“偽〇〇〇〇”を“みかけの正断層”“見かけの逆断層”および“見かけの褶曲”と呼称する。

文献

- 有馬朗人ほか, 2012, 理科の世界 1 年, 大日本図書, 283.
- 田中均・田口清行・村本雄一郎・高橋努・岩永拓也・林智洋, 2006, 横ずれ断層による“正断層”および“逆断層”の形成－熊本県人吉盆地に分布する人吉層を例として－, 理科の教育, 654 号, 58-61.