

1 はじめに

平成15年度より施行された現行学習指導要領では、基礎的・基本的な内容の確実な定着を図る授業が求められている。その一方で、本校生徒からは進路実現のため、丁寧かつスピード感を持った授業展開が期待されている。日々の指導内容・方法の工夫が、本校だけでなく全ての高等学校の教員に求められている。

表 1

| 大問 | 分野 | 満点 | 平均点(年度) | | | |
|----|-------|-----|---------|------|------|------|
| | | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 1 | 固体地球 | 20 | 12.4 | 13.0 | 15.0 | 13.5 |
| 2 | 岩石・鉱物 | 20 | 12.6 | 15.1 | 12.0 | 13.3 |
| 3 | 地質・地史 | 20 | 10.9 | 13.9 | 11.5 | 10.7 |
| 4 | 大気・海洋 | 20 | 11.8 | 9.9 | 12.3 | 8.6 |
| 5 | 天文 | 20 | 14.7 | 12.2 | 13.2 | 12.4 |
| 合計 | | 100 | 62.3 | 64.0 | 63.9 | 58.6 |

『大学入試センター試験徹底分析』(ベネッセコーポレーション刊)より

表1は、2006～2009年度センター試験(地学I)の自己採点結果(ベネッセコーポレーション刊『大学入試センター試験徹底分析』より)の大問別得点率の推移をまとめたものである。このことから、例年他の分野と比較し「第3問 地質・地史」分野の得点率が低く、生徒にとって苦手分野になっていることが推定でき、それは本校生徒の声と一致する。「地形と露頭の観察を中心に扱い、地質図については初歩的な事項にとどめること」とされる学習指導要領下での大学入試センター試験であっても、褶曲構造の地質図とその問題文を読み取る思考力を問う問題への準備は必須である。苦手対策として、走向・傾斜を読み取る「物理的調査の力」と地層の分布を「空間的に把握する力」をつけさせることが必要と考えられる。

野外観察と地形・地質の単元で大切なのは、野外での露頭観察を通し、その形成を理解させながら地球上で発生している様々な地学的現象をイメージさせることであろう。しかし、現実には学校の近隣に観察に適切な露頭が存在しない場合が多く、また近隣に適切な露頭が存在しても、40名という大人数を教員一人で引率し、野外での授業を展開することは困難を極める。

本研究では、プレゼンテーションソフトと生徒用簡易傾斜地層模型を同時に導入した授業展開を研究し、身近には存在しない露頭の画像で確認するとともに、生徒一人一人が自分の模型を手にしながらか地下の地層面や地層の広がりをイメージできる授業の研究を試みる。

2 研究方法

- (1) アンケートによる生徒の実態把握
- (2) 空間的な地層の分布イメージの理解を助ける教具の開発
 - ア アクリル板を加工した演示用傾斜地層模型の作成
 - イ 生徒用簡易傾斜地層模型と演示用傾斜地層模型の作成

(3) 地層の走向・傾斜が理解しやすい授業展開の研究

(4) アンケートによる授業の検証

3 研究内容

(1) アンケートによる生徒の実態把握

地質分野を学習し終えた生徒に、基本的な確認問題（図1）を解かせた上で、地層を空間的に把握することを困難にしている理由を、アンケート形式で以下の質問に答えさせた。

アンケート

質問 1
次の地質図の分野は、好きか嫌い（得意か苦手か）。答えて下さい。

①走向・傾斜
②地層の厚さ
③全般

質問 2
質問 1 の①～③で「嫌い・苦手」と答えた者は、その理由を答えて下さい。

図1 アンケート実施時に行った確認問題

アンケート回答結果（回答数 25）

質問 1

| | 好き（得意） | 嫌い（苦手） |
|--------|--------|--------|
| ①走向・傾斜 | 14 | 11 |
| ②地層の厚さ | 13 | 12 |
| ③全般 | 16 | 9 |

質問 2

- ・③ : よく理解できなかった
- ・③ : 図を読み取るのが苦手
- ・③ : 空間的・立体的に捉えられず、解答の見通し立たなくなる。
- ・②③ : 計算が苦手。地質図の目的ではない箇所に補助線を引いてしまう。
- ・③ : 地質図（平面）から断面図がイメージできない

回答数は少ないが、センター試験対策で地学の夏期講習を受講した生徒を対象に実施した

アンケート回答結果から、概ね次の苦手理由がうかがえる。

- 1 平面図である地質図から、大まかな立体をイメージすることが難しい。
- 2 計算，特に三角関数に苦手意識がある。

この結果を受けて、「生徒用簡易傾斜模型」の制作，及びそれを用いた授業を実施し，「アクリル製演示用傾斜地層模型」を用いて空間・立体的なイメージを醸成させるとともに，演習を繰り返すことにより考え方を定着させ，苦手意識の払拭を目指す。

(2) 空間的な地層分布イメージの理解を助ける教具の開発

ア アクリル板を加工した演示用傾斜地層模型の作成

まず，演示用傾斜地層模型の材質は，地中にある「走向線」をよりイメージしやすくするために，透明なアクリル板に決定した。次に，走向の定義である「傾斜する地層面と水平面の交線方向」を理解しやすくするために，少しずつ大きさの異なるアクリル板を水平に積み重ねて，模型を作ることとした。図2左が，厚さ5mmのアクリル板を加工する際的设计図である。当初，完全な45°傾斜の地層面をアクリル板で作りたいかったのだが，5mmのアクリル板を45°で削るには，強度の関係で1mmの削り残し(図2左の赤丸)を作らざるを得なかった。しかし，積み重ねる板の枚数を変える際(図3)に扱いが容易で，結果的に都合の良いものとなった。

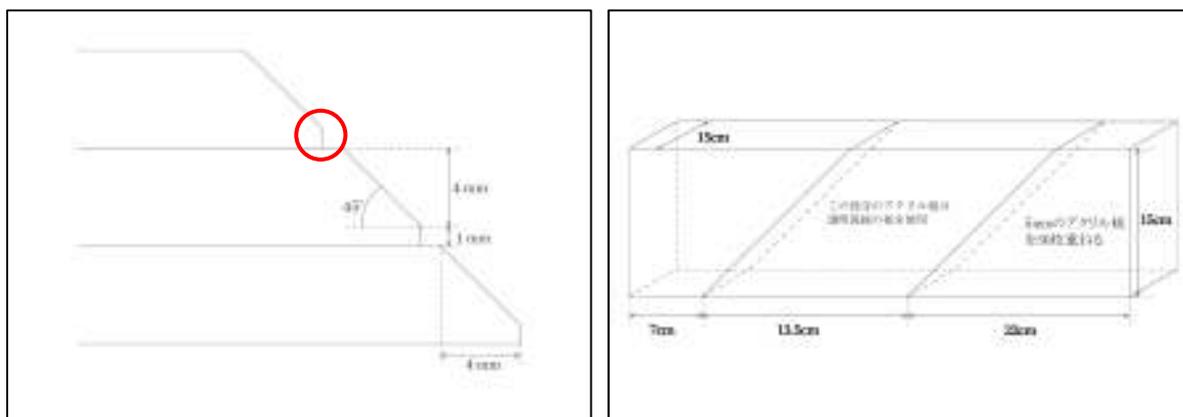


図2 アクリル板設計図 (左：傾斜面 右：全体)

走向・傾斜を計測する際，使用する道具がクリノメーターであるが，生徒にはその使い方が難しい。この模型(図3)を使ってクリノメーターの使用法を説明(図4)してからは，容易にクリノメーターを扱えるようになった。「透明なアクリル板が水平面を表し，走向線(図3と図4の赤線)がイメージしやすくなった」と生徒の多くが，授業后感想を話してくれた。

この模型は，地層の厚さやボーリング・トンネルの問題を考えさせる際や，断層面の広がりなどの地中イメージを醸成させる際にも活用が期待できる。透明アクリル板を使用したため，高価な演示装置になってしまったが，量販店で購入可能な発泡スチロール板を積み重ねても，透明である利点を除けば，同様の効果を得ることも可能と考える。

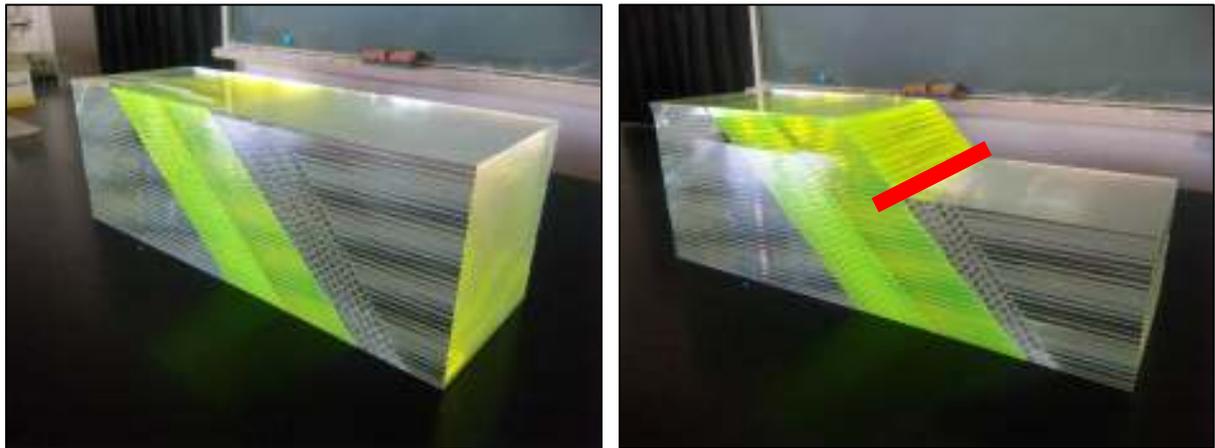


図3 アクリル製傾斜地層模型（右は、地層面を露出させた様子）

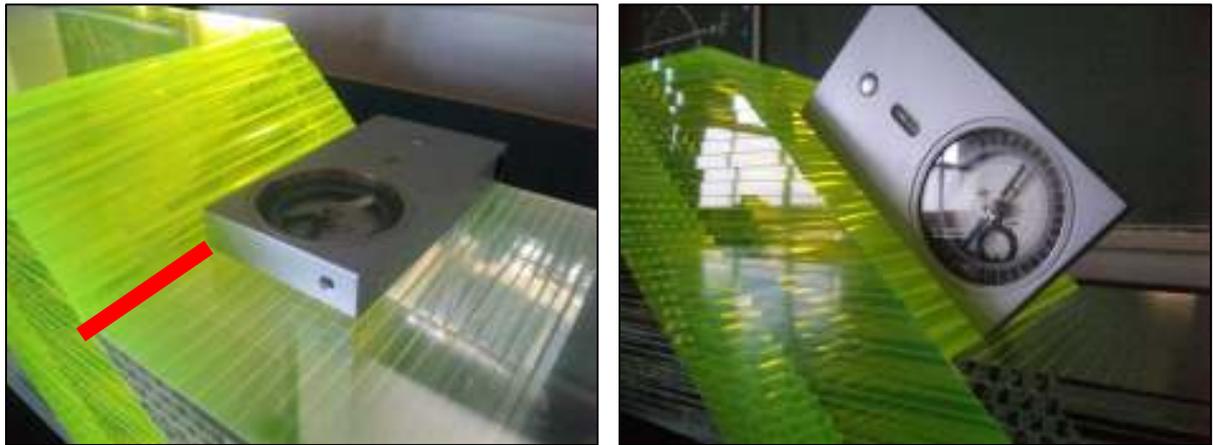


図4 クリノメーターの使い方の説明（左：走向 右：傾斜）

イ 生徒用簡易傾斜地層模型と演示用傾斜地層模型の作成

（ア）生徒用簡易傾斜地層模型の必要性

平面図である地質図から走向と傾斜を読み取るために、本研究で注目したものが水平面と傾斜する地層面の交線のことである『走向線』である。走向線は、地質図を読む上で重要な事項である。しかし、走向の定義をしっかりと把握していないと、なぜそれが地質図の走向になるか理解されず、空間的把握となると尚のこと理解できないものであった。この理由の多くは、「イメージが頭に浮かばない」というものであった。そこで、授業中に生徒一人一人が手元に置いて、イメージを膨らますことのできる模型の必要性を感じ、『生徒用簡易傾斜地層模型』を作成しようと考えた。

（イ）『走向線』の理解を助けるための活用

図5が生徒用簡易傾斜地層模型の設計図と、それを切り抜いて貼り付ける台紙である。この模型は、授業で配布する実習プリント内の地質図と対応するよう工夫した。授業の中で走向・傾斜を考えさせる地層に生徒任意の色を塗り、組み立てさせたものが図6である。

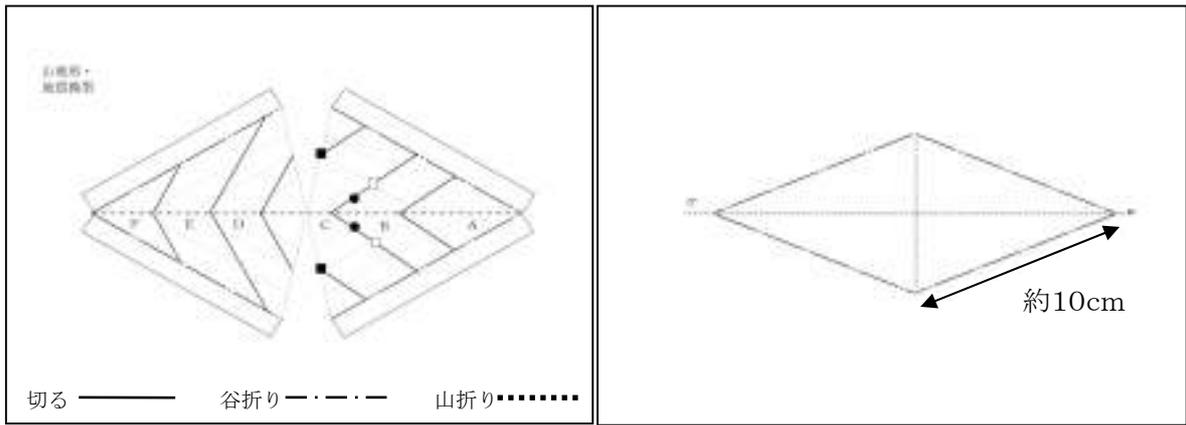


図5 簡易傾斜地層模型の設計図（左）と台紙（右）

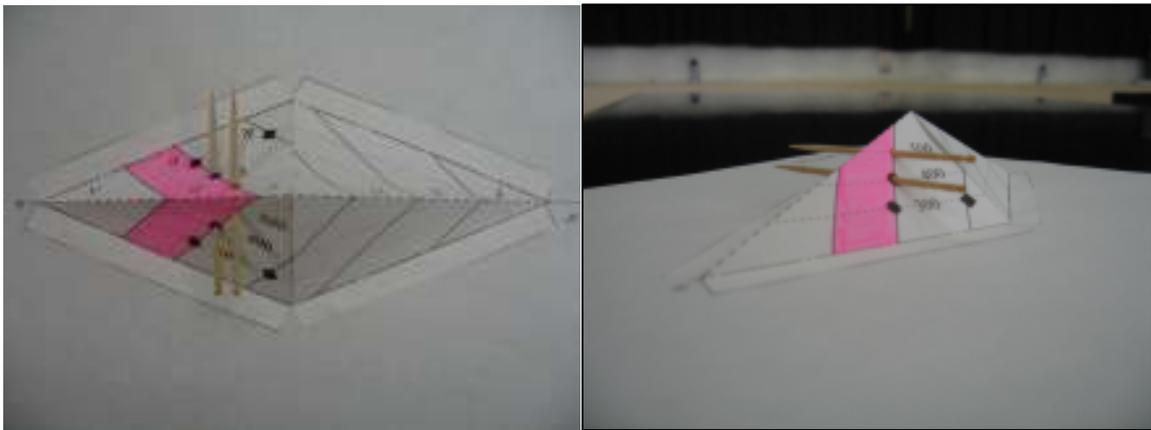


図6 簡易傾斜地層模型

図6に見られる楊枝が『走向線』になる。『等高線は必ず水平面になる』ことを強調しながら、地質境界線（露頭線）と等高線の交点を楊枝で貫かせる。その際、演示用傾斜地層模型（図7）を使いながら説明すると、生徒の反応と定着が良かった。

演示用傾斜地層模型は、厚さ3cmの発泡スチロール板をなだらかな山型になるよう成型し、10枚接着して作成した。



図7 演示用傾斜地層模型

(ウ) 地質図の理解を助けるための活用

模型の走向線を使い，走向と傾斜の求め方が理解できたところで，実習プリントの地質図に取り組みさせる。地質図に2本の走向線を引かせ，模型での説明を反復して，平面に描かれた地質図から走向・傾斜を求めさせる。

自分の手元にある模型を様々な角度から見ながら，地質図と見比べている生徒の様子には，困難さと向き合いながら理解しようと努めている姿があらわれていた。

(3) 地質図から，地層の走向・傾斜を把握する授業展開の工夫

プレゼンテーションソフトを使用した授業展開を研究し(図8)，空間的イメージの醸成を補助する画像を授業展開に導入し，生徒用簡易傾斜地層模型・演示用傾斜地層模型と対応した説明を行うことにより，より理解を深めさせる授業展開の実践例を以下に示す。

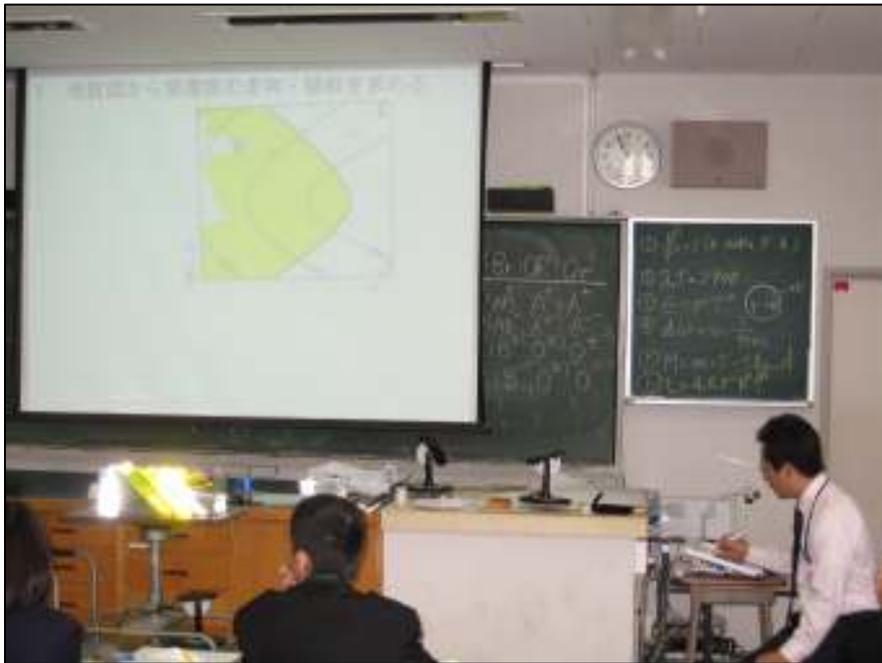


図8 授業でプレゼンテーションソフトを活用

ア 本時の学習目標

- (ア) 地質図から走向を，断面図から傾斜を求める。
- (イ) 傾斜を，三角関数を用いて求める手段を学ぶ。
- (ウ) 走向・傾斜より，地層の広がり(地質境界線の作図)を推定する。

イ 準備

- (ア) アクリル製傾斜地層模型
- (イ) 演示用傾斜地層模型と棒(1 m程度) 2本
- (ウ) 生徒用簡易傾斜地層模型と楊枝2本

ウ 使用機材

- (ア) 液晶ペンタブレット(Wacom DTF-520)(図9)
- (イ) 演示撮影ビデオカメラ(ELMO DOCUMENT CAMERA L-1ex)(図10)
- (ウ) 液晶プロジェクター・デスクトップパソコン



図9 液晶ペンタブレット



図10 演示撮影ビデオカメラとパソコン

エ 導入 (5分)

(ア) 前時の内容確認

a 走向・傾斜の測定方法はどうであったか。(図11)



図11 前時のクリノメーターを使った測定実習 (左: 走向 右: 傾斜)

b 実習プリント (図12) を配布し、本時の内容を確認させる。

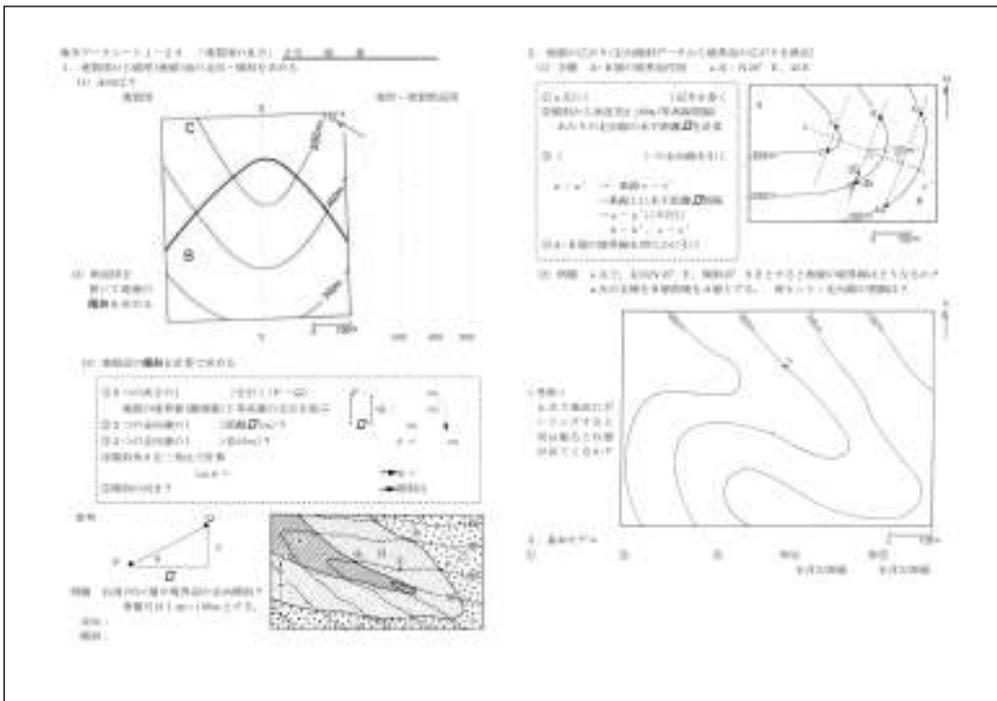


図12 実習プリント

c 簡易傾斜地層模型（図6）を使用した実習は，1人ずつ行う。

エ 展開（40分）

（ア）地質図から走向を，断面図から傾斜を求めさせる。

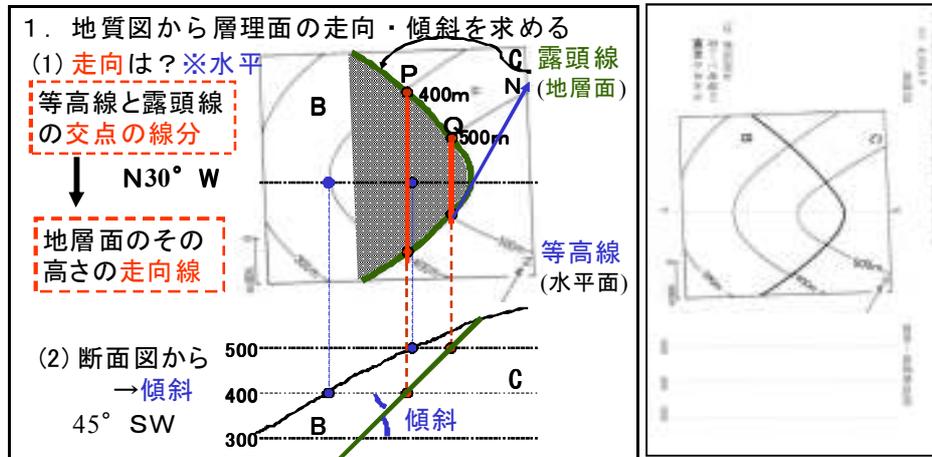


図13 板書スライド①（左）と実習プリントの該当箇所（右）

a 露頭線（地質境界線）と等高線（水平面）の交線方向が「走向」であることを，演示用傾斜地層模型を使用して説明。（図14）



図14 走向の授業風景

b 簡易傾斜地層模型に楊枝を刺させ，演示で模型に刺した棒と生徒が刺した楊枝が同じ走向線を意味することを説明する。（図15）

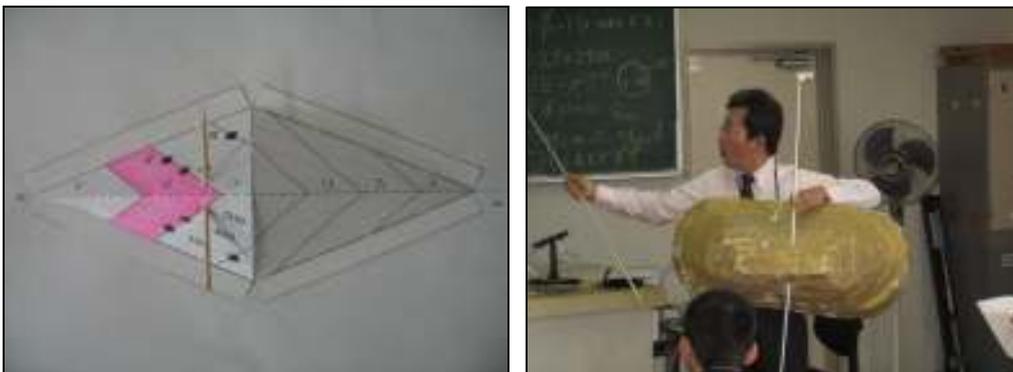


図15 走向線に相当する楊枝（左）と棒（右）を生徒模型と演示模型に刺したところ

- c 地質図の露頭線（地質境界線）と等高線（水平面）との交点から走向線を引かせ、その走向線に等高線の値を書き入れさせる。その走向線が真北から東又は西にずれている角度を計測させ、それが走向となることを確認させる。
- d 地質図から断面図を作成し、傾斜を求めさせる。(図13左)

(イ) 地層面の傾斜を計算で求めさせる。

(3) 地層面の傾斜を計算で求める

① 2つの高さの(走向線)を引く(P・Q) 地層の境界線(層理面)と等高線の交点を結ぶ
 P : 400m
 Q : 500m

② 2つの走向線の(水平)距離(縮)を測る
 縮 : 100m

③ 2つの走向線の(高度)差(h)を測る
 h : 100m

④ 傾斜角 θ を三角比で計算

$$\tan \theta = \frac{h}{縮} = \frac{100\text{m}}{100\text{m}} = 1 \quad \theta : 45^\circ$$

⑤ 傾斜の向き?
 傾斜は 45° SW

図16 板書スライド②

傾斜を求める関数

$\tan \theta = \frac{h}{縮}$

図17 板書スライド③

- a 簡易傾斜地層模型にもう1本楊枝を刺し、地質図に引いた2本の走向線と模型の2本の楊枝(図18)が対応することを確認させる。

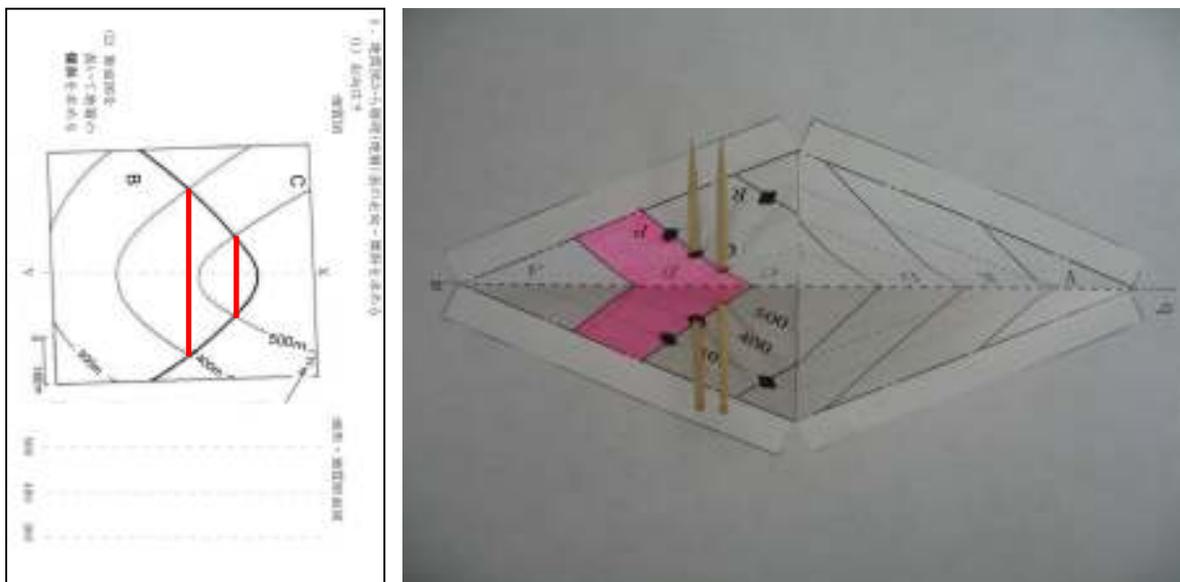


図18 地質図に引いた走向(左)と模型の楊枝(右)の比較

- b 隣り合う2本の走向線の水平間隔(L)を測定させ(縮尺を考慮)、落差(H)を求めさせる。
- c $\tan \theta = H/L$ を計算させる。(図16と図17)
- d 三角関数表より θ を求めさせる。
- e 地層は走向線の値の小さくなっていく方角へ傾斜していることを確認させる。(図19)

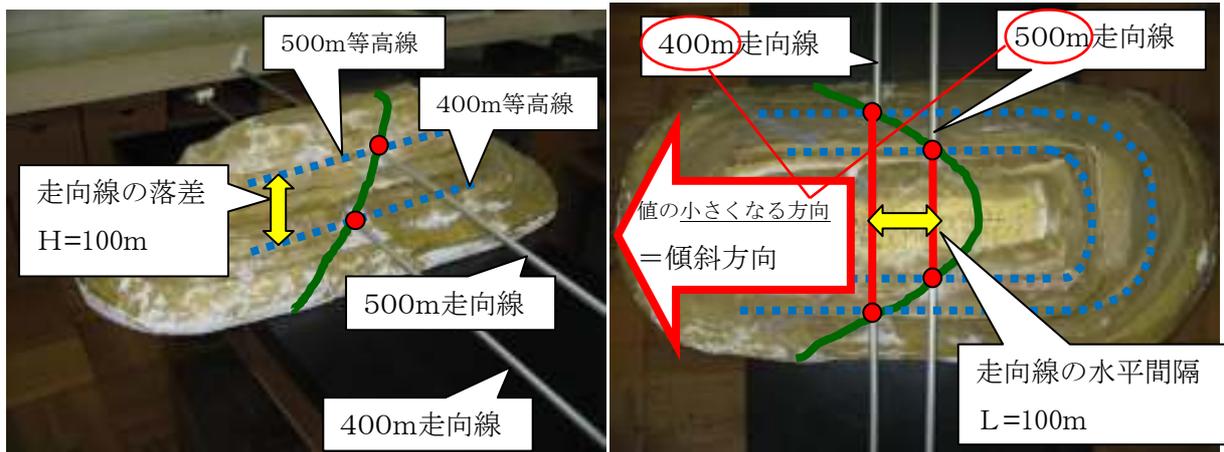


図19 演示用傾斜地層模型での説明

f 類題も、三角関数 $\tan \theta$ の計算で地層傾斜角度を求めさせる。

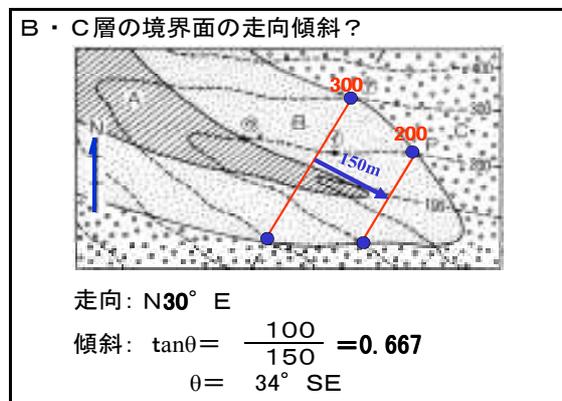


図20 板書スライド④

地質図に走向線を2本引き、走向と傾斜を求めることを確認させる。(図20)

(ウ) 地層の広がり(走向傾斜データから露頭線の広がり(推定))を作図から求めさせる。

- a 地質図に現地で計測した走向傾斜記号を記入させる。(図21)
- b 傾斜から高度差Hあたりの走向線の水平距離Lを計算させる。(図22)

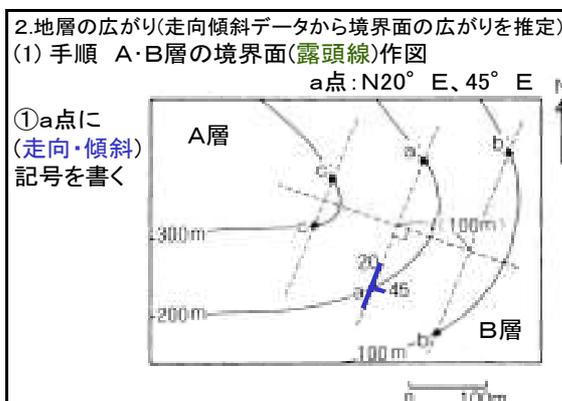


図21 板書スライド⑤

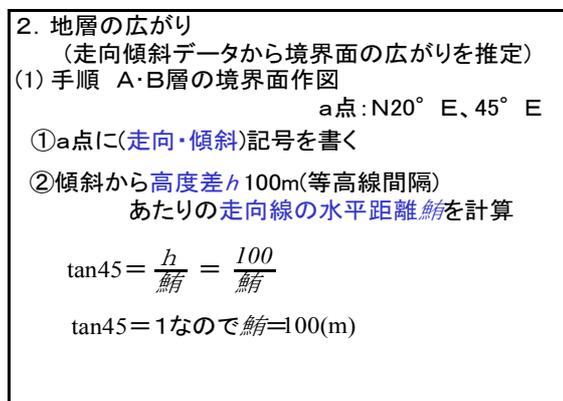


図22 板書スライド⑥

- c 地質図に水平距離L間隔で走向線を引き、それぞれに高さの値を記入させる。(図23)
- d 同じ高さの走向線と等高線の交点に印を記入し、露頭線を滑らかに引かせる。(図24)

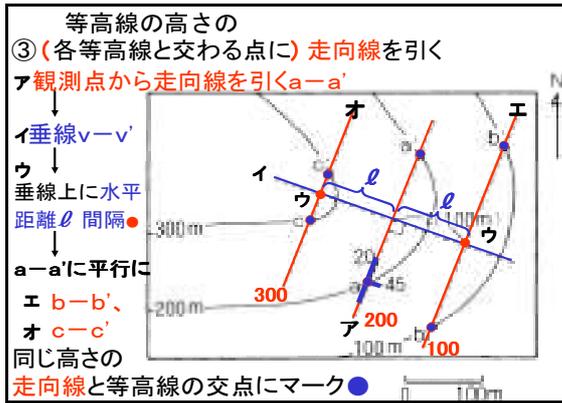


図23 板書スライド⑦

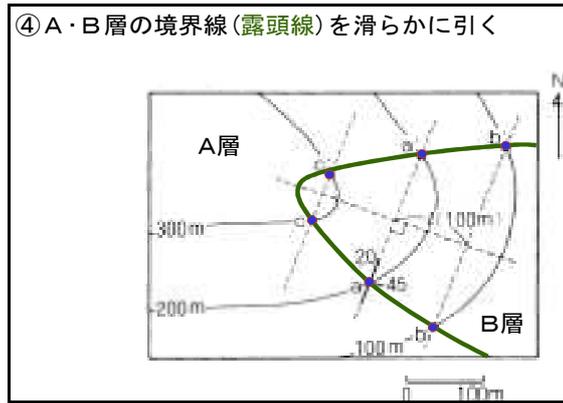


図24 板書スライド⑧

(オ) 類題で、地質図に露頭線を引きさせる。

前述 (エ) と同様に、地質図に露頭線を引きさせる。(図25)

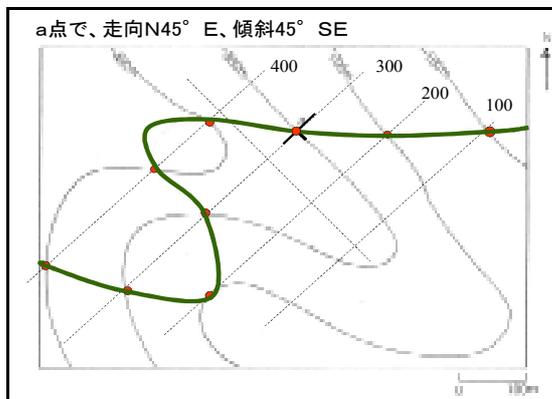


図25 板書スライド⑨

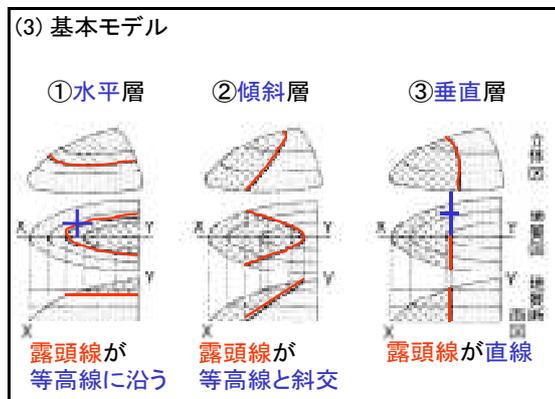


図26 板書スライド⑩

(カ) 水平層、傾斜層、垂直層の露頭線が、地質図にどのように現れるか確認させる。

地質図に露頭線は、水平層は等高線に沿い、傾斜層は等高線と斜交に、垂直層は直線に現れる事を確認させる。(図26)

(4) アンケートによる授業の検証

授業を終えた生徒41名を対象に、無記名で下記のようにアンケートを実施し、アンケート結果を表2と表3にまとめた。

- ・ 走向・傾斜と地層の広がり単元で、理解度を5点満点で自己評価する。
- ・ 良かった点や改善して欲しい点があれば、記入する。

表2 アンケート結果 (理解度自己評価5点満点)

| 走向・傾斜 | 0点 | 1点 | 2点 | 3点 | 4点 | 5点 | 合計 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 男子 (人) | 0 | 0 | 3 | 10 | 4 | 0 | 17 |
| 女子 (人) | 0 | 0 | 6 | 8 | 9 | 1 | 24 |
| 合計 | 0 | 0 | 9 | 18 | 13 | 1 | 41 |
| 地層の広がり | 0点 | 1点 | 2点 | 3点 | 4点 | 5点 | 合計 |
| 男子 (人) | 0 | 0 | 3 | 9 | 5 | 0 | 17 |
| 女子 (人) | 0 | 0 | 2 | 8 | 13 | 1 | 24 |
| 合計 | 0 | 0 | 5 | 17 | 18 | 1 | 41 |

表3 アンケート結果（生徒感想抜粋）

| 良かった点 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・アクリル模型は、走向・傾斜をイメージするのに役立った。 ・手元の模型と先生が説明に使う模型を見比べることにより、理解がしやすかった。 ・楊枝の走向線が、地質図の傾斜を考える際に役立った。 ・平面と立体を、頭の中で展開するのが楽しかった。 ・三角関数は苦手だけど、これはわかりやすかった。たくさん練習すれば、スラスラできると思った。 ・作った模型とプリントの地質図をあわせて授業を進めてくれて、わかりやすかった。 ・一つ一つの作業・実習に時間を取ってくれたので、わかりやすかった。 |
| 改善を求める点 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・$\tan \theta$ を使った計算が難しかった。 ・クリノメーターは難しく感じた ・先生が言っていることは、だいたい分かるような気がするけど、自分一人の力で走向・傾斜を求めたり、走向線を引いたりできるかが、とても不安。 ・露頭線を引くとき、コツがわからず、最初は戸惑った。 |

表2から、理解度の自己評価は平均3～4点で、女子の方が高かった。このクラスは、これまでの定期考査の得点も女子の方が高く、アンケート結果はその点と相関がある。つまりアンケート結果は、積極的に授業に取り組む女子の方がより理解が深まったことを示し、この授業が「空間的な地層の分布イメージの確立」に有効であったことを裏付けるものと考えられる。表3からは、手元の模型、特に楊枝の走向線に対する評価が高く、作った模型とプリントを見比べながら理解を深めていくことができた様子が伺える。また「改善を求める点」での意見は、例題の演習を増やす等、「分かった気がする」という不安を「分かる」という自信に変える更なる工夫が、まだまだ必要である事を示している。

4 おわりに

本研究は、本校での授業の中で特に苦勞した「野外観察と地形・地質」の単元の授業実践をまとめたものです。自分が理解している地層の空間的・立体的イメージを、地層が『無限に広がる一枚の板』だという概念を、生徒に興味・関心を持たせつつ、どのように伝えたらよいか悩んできました。今回このような機会に恵まれ、イメージを助ける教具・教材があれば、生徒の理解は飛躍的に向上することを学び、大変有意義な経験となりました。これからも生徒にわかりやすい授業を提供できるよう、努力を継続させたいと心を新たにいたしました。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導・御助言をいただいた教育庁教育振興部指導課〇〇〇〇先生、〇〇〇〇先生、〇〇〇〇先生、前指導課の〇〇〇〇先生、教科指導員の〇〇〇〇先生、〇〇〇〇先生並びに教科研究員の諸先生方には心よりお礼申し上げます。

そして、プレゼンテーションソフト・走向線を使う地質図の授業展開に御指導・御助言をいただいた〇〇〇〇先生、現在は市立〇〇高校に勤務されている〇〇〇先生をはじめとする〇〇高校の同僚・元同僚の先生方に、心よりお礼申し上げます。

5 参考文献

2006年度～2009年度 大学入試センター試験徹底分析 ベネッセコーポレーション
 高等学校学習指導要領 文部科学省
 理科年表 丸善