

地質図理解のための模型実習 -地形図と地層の走向・傾斜-

青木 一勝・土屋 裕太*・伊達 勇輝**・徳田 蓮**・加藤 大地***

岡山理科大学教育推進機構基盤教育センター

*岡山理科大学非常勤講師

**岡山理科大学理学部基礎理学科

***岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻

1. はじめに

本学には、中学校もしくは高等学校の教員免許取得（数学、理科、情報など）を希望する学生に対し、「教職課程」が設置されている。そのなかで、理科免許に係わる必修科目もしくは選択必修科目の1つとして「地学基礎実験」が開講されている（なお、この科目は理科免許取得不要な学生も履修することができる）。この科目では、岩石・鉱物/化石の観察・スケッチや天気図/地質図の作成、さらにはパーソナルコンピュータを活用した岩石に含まれる鉱物の比率のデータ整理などを行い、実習を通して基本的な地学実験技術の習得を目的としている。これらの項目のなかで、とりわけ「地質図」については、学生にとって必ずしも平易な内容とは言えず、理解が難しい印象を受ける。地質図とは、表層土や建物などの下にどのような種類の地層/岩石がどのように分布しているかを地形図に示したものである。したがって、地質図を理解するためには地形や地層の空間分布イメージが欠かせない。しかし、学生の多くは、地形図や地質図に馴染みがなく、空間分布のイメージが困難になっている。おそらく、このことが地質図理解を阻害する要因の1つになっている。澤田・神田(1984)や鈴木(2011)などでは、そういった学生の地形図/地質図への興味・理解を向上させるため、模型教材を考案・作成し、それらを使った実習を行っている。今回、そういった実践例を参考に「地学基礎実験」の「地質図」の項目に対し、模型教材を作成し実習内容の工夫を行ったので、本論で報告する。

2. 地質図の基礎知識：地形図と走向・傾斜

今回は地質図作成に欠かせない基礎知識である①「地形」が地形図上でどのように表現されるかと、②地層の広がりを示す「走向・傾斜」をクリノメーターでどのように測定するのかの2点に絞り、それらの理解を助ける模型教材を作成した。

2-1 地形図の理解への工夫

地質図を空間的に理解するためには、地形図の読図が欠かせない。地形図とは、測量を基に標高や地形の起伏、河川や海岸線、道路や建物などの状態を等高線や地図記号などで精細に表した縮尺図である。特に等高線は立体的な山などの高まりを2次元の紙に置き換える手段であり、地形を読む上で等高線の表現方法を理解することは地質図理解への重要なポイントの1つである。そこで2次元で示される等高線がどのような地形を表現しているの

かを視覚的に理解してもらうため、先行研究（鈴木, 2011）を参照し、図1（A）のような紙模型（作業用紙）を作成した。まず、学生は用紙に示された展開図をハサミやカッターで切り取り、それを組み立てる。組み立てた模型を横から見た場合、展開図の複数の円弧が直線となって高さ（等高線）を表していることがわかる。また、上から見た場合、等高線を示す曲線の間隔が急な時と緩い時でどのように異なっているのかがわかる。それゆえ、学生自身が、組み立てた模型に記された等高線の配置を上や横方向から確認し、最後にそれぞれの等高線の位置関係を指定された箇所（円）に書き写すことで、地形図の基本である「等高線は同じ高さを結んだ線で表され、傾斜が急であるとその間隔は狭くなる」ことが実習を通して理解できると期待される。

地形図では「尾根」と「谷（沢）」の区別も必要になってくる。尾根とは、「山の一番高いところ（ピーク／山頂など）から低い方に凸に延びる周囲より高くなったひと続きの地形」である。また、谷（沢）とは、「尾根と尾根の間や周囲より標高が低くなったひと続きの地形」である。つまり、尾根と谷（沢）は隣り合わせに並びながら、その性質は逆になる。この識別が地形図に不慣れな学生にとっては難しい。そこで、この性質を視覚的に理解してもらうために、佐藤（2020）で紹介されている展開図を一部改変し、図1（B）を作成した。この展開図を組み立てると、尾根と谷がそれぞれ4カ所で確認できる。それゆえ、学生は図1（B）の切り取り・組み立て作業を行い、完成した模型を上と横方向から観察することで、尾根と谷（沢）が必然的に隣り合うことが視覚的に理解できると期待される。また、等高線配置関係を確認することで「尾根を示す等高線はピークから外に向かって凸になる」こと、「谷（沢）を示す等高線はピークに向かって凸になる」こと、さらには「尾根や谷地形では地形図上で等高線が折れ曲がる」ということも理解できるだろう。実習では、等高線同士を比較した際、どちらの等高線が高いのか、もしくは低いのかを判断するのが苦手な学生も多い。そういった学生も、これら一連の実習を行うことで、地形図上での等高線の高低方向を即座に判断できるようになるだろう。

2-2 走向・傾斜を理解させる模型の作成

地質図を空間的に理解するためには、地層の空間的広がりを示す「走向・傾斜」の理解も欠かせない。実習では、学生に走向・傾斜を測定する道具である「クリノメーター」を実際に使用させ、今回作成した模型教材と併用することで「走向・傾斜」を理解してもらう。走向とは、「地層面と水平面の交線の向き」であり、傾斜とは「走向に直角な面の水平面からの傾き」のことである。この走向・傾斜の意味を、知っている／知らないでは理解の速度に差が生じる。そこで実習の前に図2を使って地層の走向・傾斜の意味を学生に説明する（具体的な説明内容は割愛する）。また、本学においてクリノメーターを扱ったことがある学生はこれまでの経験上ほぼ皆無であるため、図3を使いクリノメーターとその測定方法の概要を説明する（具体的な説明内容は割愛する）。その後、実際にクリノメーターを使い、以下で説明する模型教材上で走向・傾斜を測定し、地層の空間的広がりを学生に理解してもらう。

今回考案し作成した模型は、高さ・幅・奥行きいずれも 30 cm の発砲スチロールの四隅を様々な角度で電動カッターを用いて切り取ったものである。形状としては、走向・傾斜の基本となる水平、垂直、急傾斜、緩傾斜の地層の測定が再現できるように、底面は机との設

置面とし、残りの面は、水平、緩傾斜（傾斜角：約 30°）、やや急傾斜（約 60°）、急傾斜（約 70°）、垂直となっている（図 4 A～C）。さらに、この模型表面にホワイトボードシートを張り付け、そのシートに地層の堆積関係（積み重なり）をペンで表現することで（図 4 D）、天然露頭での走向・傾斜測定疑似体験ができるようにした。課題の例としては、地層の積み重なり（整合）を提示し、どの面で走向・傾斜を測定すべきか学生に考えさせ、最後にクリノメーターで測定した結果を測定面に記号で示してもらうことなどを想定している（図 4 E）。また、実習毎に学生らがそれぞれ使用する模型教材の向きを統一させておけば、各々が測定した走向・傾斜の値が正しいかどうかを皆で確認しあうこともできる。さらに、この模型では、発展課題として「見かけの傾斜」を扱うことも可能である（図 4 E）。これまでの実習経験から、クリノメーターの「東（E）・西（W）」の表示が通常のコンパスとは逆に表示されていることが理解できない学生が多いが、このように模型教材を活用して実習を行うことで、その理解も進むと期待される。

3. おわりに

地学学習において、地層の時空間的広がりを把握することは重要な学習内容の 1 つであり、その広がりを示す方法の 1 つが「地質図」といえる。本論では地質図から地層関係をイメージするのに欠かせない基本要素である「地形図」と「走向・傾斜」の理解を助ける模型教材を作成した。この模型を活用した実習は 4 名程度のグループを作り共同で行うアクティブラーニングを想定しており、和気あいあいとした雰囲気中で行われると期待される。そういった雰囲気も学生一人一人の地学への興味を深める役割を果たすと考えられる。また、天然露頭においても地学の醍醐味の 1 つである「地層の時空間的広がり」を学生自身が自発的に理解していくことにつながるだろう。それゆえ、学生には実際の露頭を自分の目で観察し、地形図と照らし合わせながら地層の配置関係を確認していくといった実習（例えば、ルートマップの作成）も必要であろう。しかし、本論の対象科目である「地学基礎実験」の受講者は、毎年 1 クラス 30 から 40 名ほど受講するため、彼らを一度に野外へと引率するのはなかなか難しい現状がある。今後、この問題の解決策を模索し、学生が地層の時空間的関係を実際の露頭で考え理解する実習に結びつけていきたい。

謝辞

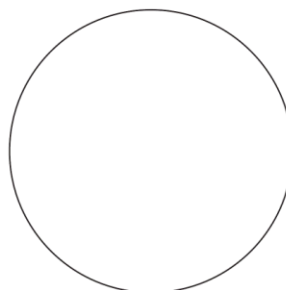
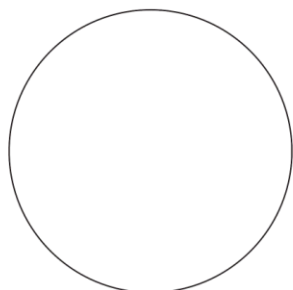
匿名査読者 2 名の建設的な意見は本稿の改善に役立った。

参考文献

- 澤田武美・神田美智枝：4 次元を 2 次元に表現するダンボール，地学教育と科学運動，13，pp77-81 (1984)
- 鈴木禎一：模型を用いた地形・地質の実習，地学教育と科学運動，65，pp90-92 (2011)
- 佐藤崇徳：ペーパークラフト地形模型，<https://user.numazu-ct.ac.jp/~tsato/tsato/geoweb/papercraft/> (accessed September 18, 2020)

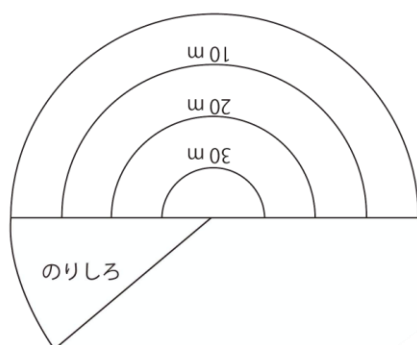
(A) 等高線の見え方

下の展開図①, ②を組み立てたものを、上から見てその等高線の見え方を下の円に書き込んでみよう。

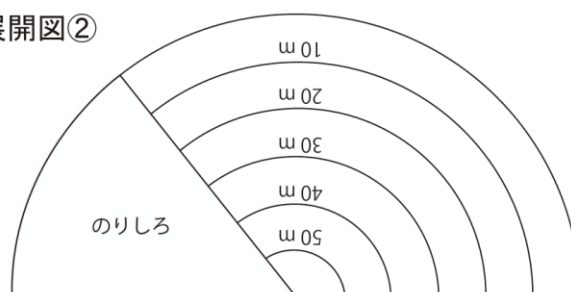


----- キリトリセン -----

展開図①



展開図②



----- キリトリセン -----

(B) 等高線と尾根・谷地形との関係

下の展開図を組み立て、尾根と谷（沢）の違いを見てみよう。

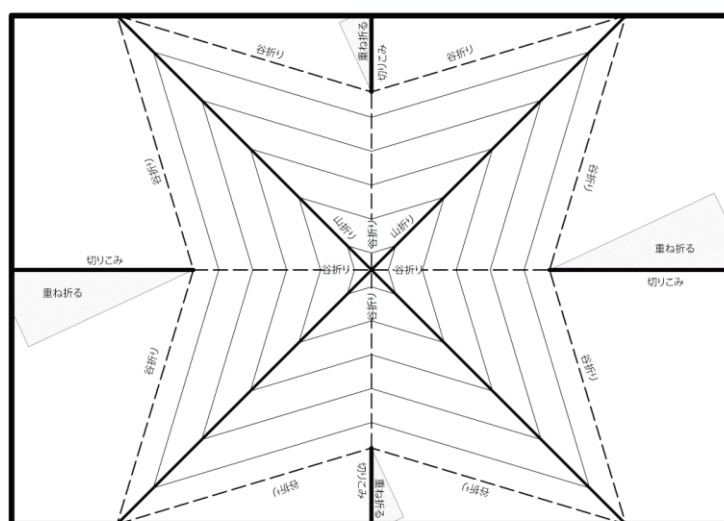


図1. 地形図と等高線を理解するための展開図. (A)等高線の見え方 (B)等高線と尾根・谷地形との関係 (佐藤, online: <https://user.numazu-ct.ac.jp/~tsato/tsato/geoweb/papercraft/>を一部改変)

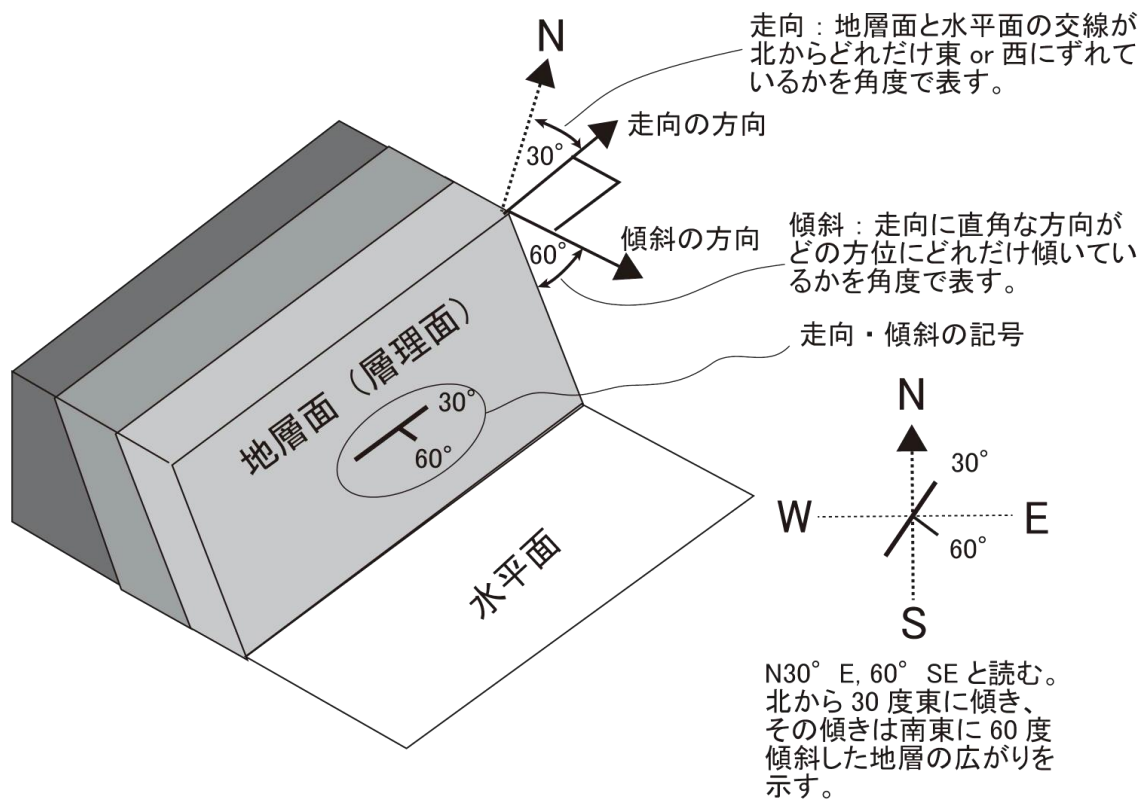


図 2. 走向・傾斜の意味とその表現法

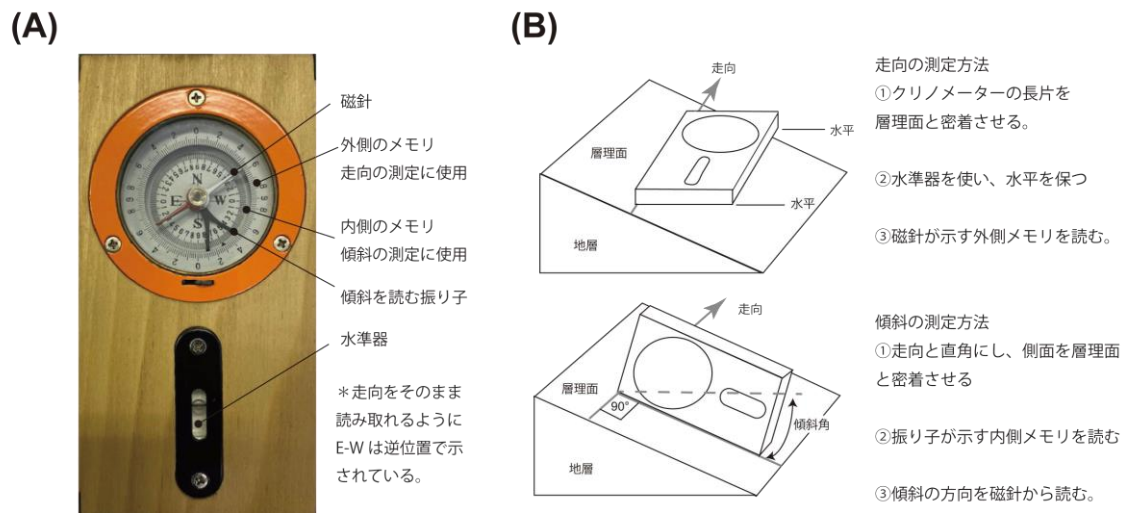


図 3. (A) クリノメーター. (B) クリノメーターを使った走向・傾斜の測定方法

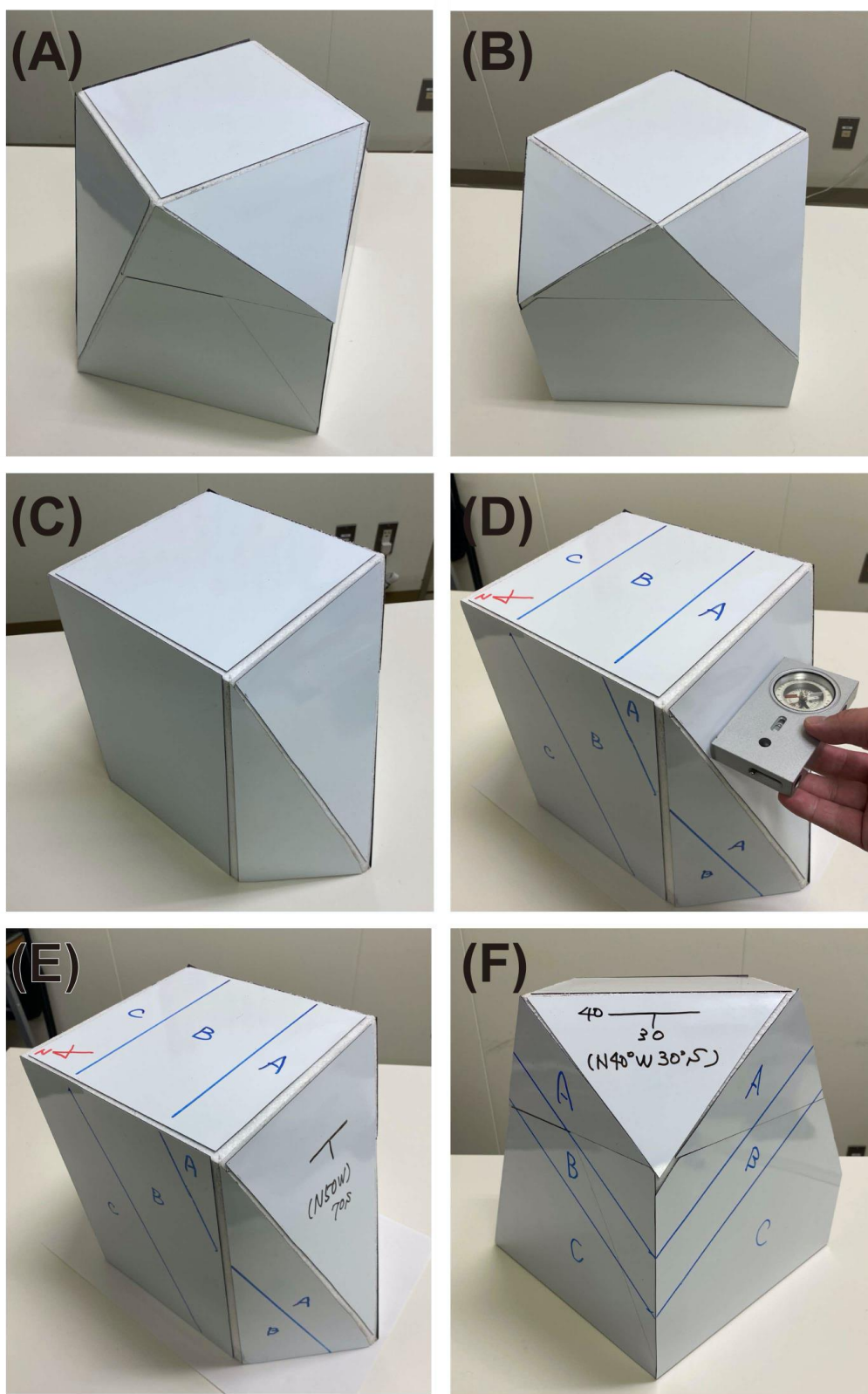


図4. 模型教材 (A)正面から. (B)右上から. (C)左後ろから. (D)走向・傾斜の測定例. (E) 測定記号の記入例. (F) 見かけの傾斜の課題例