

組立て式地層変形モデル実験装置を活用した授業実践

松田直也¹⁾, 田中里志²⁾

1) 京都教育大学大学院 kyoto_highschool_science@yahoo.co.jp

2) 京都教育大学理学科 stanaka@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：活断層，褶曲，逆断層，概念変容，モデル実験装置

(受付：2019年2月25日)

I. はじめに

日本は地震大国と呼ばれており，地震を身近に感じる人が多い。このことから，地震と関係が深い活断層ないし断層も，その言葉は一般に浸透している。しかし，断層の動きを見ることは難しく，断層の形成を認識している人は少なく思える。そこで，教育現場で用いられる，断層を模擬的に形成することができる断層モデル実験装置が検討されている。

教育用の断層モデル実験装置は，岡本（1999，2000）によるスライドフィルムケースと小麦粉を用いた地層変形実験をはじめとして，多くのものが検討されている。中でも，組立て式地層変形モデル実験装置（川村・山下，2015）は，任意のスケールに設計可能で，材料が安価で揃うことから教育現場で活用しやすい教具といえる。川村・山下（2015）は，同実験装置を用いて，小学生及び中学生の地層変形の概念の認識について調査を行い，断層の学習を行っていない小学生の断層の概念変容が困難であることを指摘している。断層の概念は，学習指導要領解説において，中学校理科「(2) 大地の成り立ちと変化 (イ) 地層の重なりと過去の様子 ㊦地層の重なりと過去の様子」を学習する際に触れられている。

そのことを受け，本論では，断層の概念が形成されていると考えられる大学生及び大学院生の地層変形の概念の認識について調査を実施し，地層変形モデル実験装置を活用した授業実践を行うことでの教育効果について報告する。

II. 装置の説明

本研究で用いる実験装置は，川村・山下（2015）の組立て式地層変形モデル実験装置（図 1）を参考に作成した。装置に用いた部品は量販店にて容易に揃えることができる（図 2）。

組立て式地層変形モデル実験装置は，木の板に力を加えることで地層に見立てた粉体に対して水平に応力が加わり，地層が変形する動きを観察することができる。定規をクリップで挟むことで，地層変形の変移量を計測することも可能である。アクリル板と木材を固定するために 41mm クリップを使用している（図 1）。

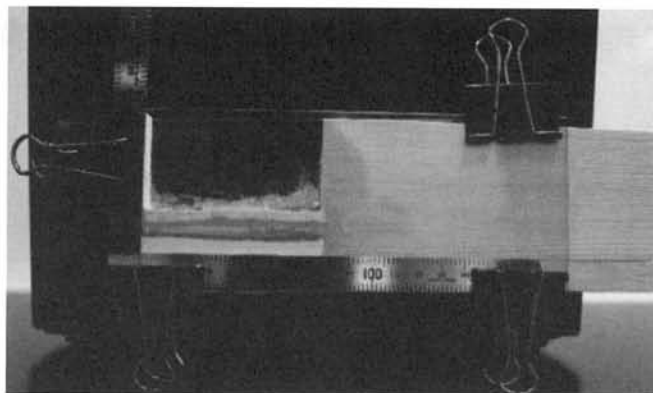


図 1 組立て式地層変形モデル実験装置
横から木の板を押すことで、地層を変形することができる。

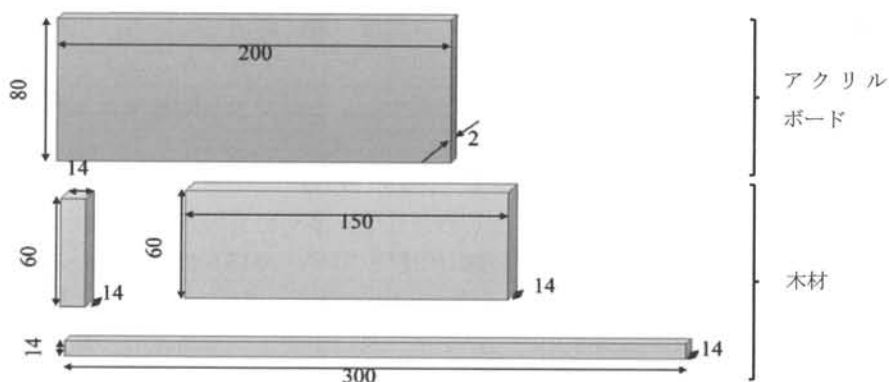


図 2 組立て式地層変形モデル実験装置の部品 (単位: mm)

Ⅲ. 平成 30 年度学習指導要領における「断層」の扱い

平成 30 年度学習指導要領は、『科学と人間生活』の単元「自然景観と自然災害」と『地学基礎』の単元「火山活動と地震」及び『地学』の単元「地震と地殻変動」において断層を扱うことを明示している。その中の『科学と人間生活』の内容「(2) 人間生活の中の科学 (エ) 宇宙や地球の科学 ④自然景観と自然災害について」において、断層や褶曲のモデル実験を行うことと示してある。このモデル実験については、組立て式地層変形モデル実験装置を用いることで可能となる。また、『地学基礎』、『地学』においても断層を学習する際には活用可能である。

Ⅳ. 組立て式地層変形モデル実験装置を用いた授業実践

組立て式地層変形モデル実験装置が、授業内でどのように活用したら良いかを検討した。そのため、2018 年 1 月 9 日に京都教育大学理科教育専修の大学院生 7 人（以下、院生）に対して、同装置の組み立て、粉体を使って模擬となる地層の敷き詰め、そして地層の変形実験を行う流れで授業実践を行った。授業は、著者の田中が行う授業「理科教育特別演習Ⅰ」の中で補助をする形で行ったものである。

(1) 授業の流れ

授業の流れを以下に示す。

A. 導入部

組立て式地層変形モデル実験装置(=以下、モデル実験装置)に地層に見立てた粉体を敷き詰めるが、実際に地層をつくる位置、変形が起きるであろう場所、観察する位置などを確認する。

B. モデル実験装置の組み立て

モデル実験装置の部品を4グループ(1~2人)に配布し、装置を組み立てるように指示する。次に装置内に粉体を1.7cmの高さになるよう自由に敷き詰めて模擬の地層を作る。なお、粉体は、識別しやすくするため、安全で色がはっきりしているものを選んだ。ここでは、片栗粉(白色)、ココアパウダー(茶色)、きな粉(黄色)を活用した。

C. 地層変形の概念調査

一連のモデル実験装置の準備が終わったら、圧縮することでどのように地層が変化するか、どのような地層変形概念を持っているかを調査する。地層に対して水平方向に圧縮応力を加えたとき、地層がどのように変形するか予想図を描く。

D. モデル実験装置を使った実験

モデル実験装置に敷き詰めた地層に対して、水平方向の力を加えると地層が何らかの変形をしている様子を観察できる。多くの場合、逆断層の特徴を示している。

E. 実験後の地層変形の認知調査

地層中に逆断層が形成され、それをしっかりと逆断層と認知できているかを確認するため、それぞれの装置内に発生した地層のスケッチを行う。逆断層と認識できていない場合には、ただ単に地層が壊れたあるいは変形したような図として表現される。

(2) モデル実験装置を用いた結果

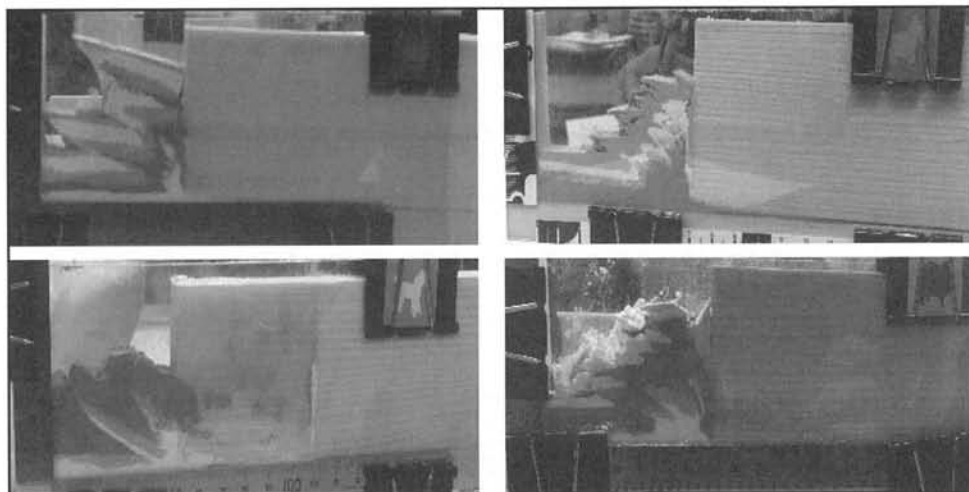


図3 組立て式地層変形モデル実験装置を用いて発生した逆断層

左上:1班の実験結果、右上:2班の実験結果、左下:3班の実験結果、右下:4班の実験結果

大学院生を対象に行った実験では、すべてのグループで逆断層ができる過程を確認できた（図3）。地層に見立てた粉体を敷き詰める順番や異なる層厚であっても、逆断層が発生することがわかった。

（3）地層の変形の予想図

授業で地層に対して水平に応力を加えたらどのように変形するかを予想して図示させたところ、図4に示すような回答を得た。それらの予想図を「逆断層を示す図」、「正断層を示す図」、「褶曲を示す図」、「隆起を示す図」「それ以外」に分け、それぞれを「逆断層型」「正断層型」「褶曲型」「隆起型」「その他」として回答を分析した。

比較調査として、2018年2月8日に田中が行う学部向け実験授業「地学実験」の中で、理科教育専攻1年生18人に対して同様の予想図を描かせた結果も分類別に分析した（表1）。

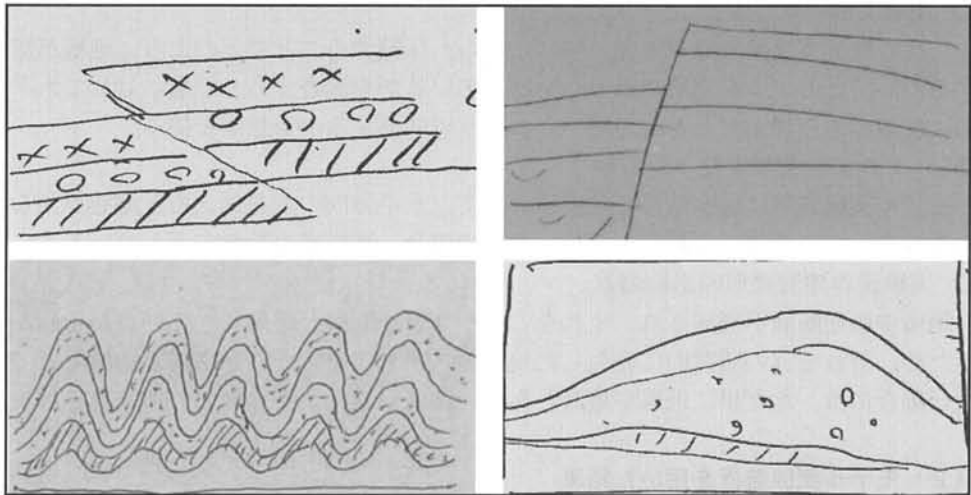


図4 学習者が描いた予想図の例

左上：逆断層の図，右上：正断層の図，左下：褶曲の図，右下：隆起の図

表1 大学生及び大学院生の実験前に描いた予想図の内容（川村・山下，2015を改編）

類型	図の記述内容	大学生 [N=18]	院生 [N=11]
逆断層型	断層が描けており、さらに断層面上部の地層が上部へあがっている逆断層を描いたもの	1	1
正断層型	断層が描けてはいるものの、断層面上部の地層が下部へ下がっている正断層を描いたもの	0	0
褶曲型	地層面に波長のようなしわのはいった褶曲を描いたもの	0	4
隆起型	地表面が隆起しており層厚が増した様子を描いたもの	15	4
その他	上記5つ以外の状態を描いたもの	2	2

(4) 逆断層の認知

モデル実験装置を使った地層の変形実験の結果、ただ単に地層がぐちゃぐちゃに乱れている、壊れている、変形していると観察するのではなく、地層が切れてどちらか一方へずれてのし上がっていることに気付き、それが断層であることを認識できているかの確認を行った。その確認のため、実験後に地層の状況をスケッチとして描くように促した。

記載されたスケッチは全て、地層が 45 度未満の低角度で切れており、それらはどちらかにのし上がる逆断層の特徴で描かれていた (図 5)。そのことから、しっかりと逆断層を認識していることがわかった。

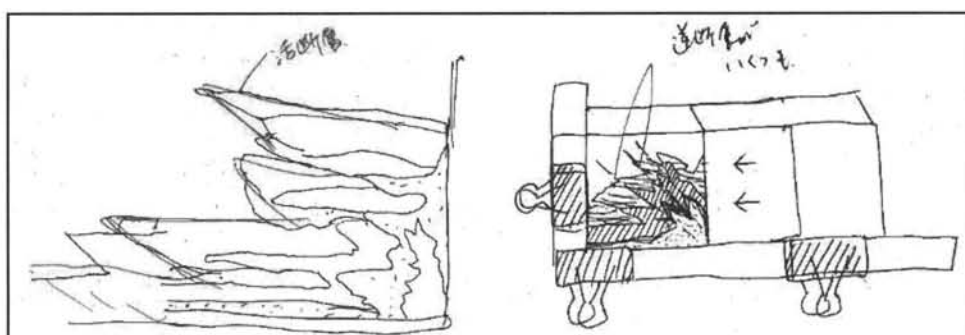


図 5 学習者が描いた実験後の地層の様子

(5) 地層の変形を予想する遅延テスト

モデル実験装置を用いた大学院と学部での授業の中で、地層変形を予想させそれを図に描かせることを大学院では最初の授業時と 10 ヶ月後の授業で、学部では最初の実験授業時と約 9 ヶ月後の授業でそれぞれ行った。これは断層概念の定着度を確認するためのもの (遅延テスト) である。これらは、川村・山下 (2015) を参考にしている。この結果は、スケッチ結果に基づき分析を行っており表 2 に示す。

地層変形モデル実験装置を使う前に、逆断層の図を正確に描いた受講者は「固い地層であることがわかっていたため、クッキーの様にパキッと割れることが想像できた。」

表 2 大学生及び大学院生の実験後に描いた予想図の内容 (川村・山下, 2015 を改編)

類型	図の記述内容	大学生 [N=18]	院生 [N=7]
逆断層型	断層が描けており、さらに断層面上部の地層が上部へあがっている逆断層を描いたもの	14	6
正断層型	断層が描けてはいるものの、断層面上部の地層が下部へ下がっている正断層を描いたもの	3	0
褶曲型	地層面に波長のようなしわのはいった褶曲を描いたもの	0	0
隆起型	地表面が隆起しており層厚が増した様子を描いたもの	0	0
その他	上記 5 つ以外の状態を描いたもの	1	1

「押す方向が決まっていたことで、押された地層が割れた面に乗ると考えることができた。」などと回答している。

一方、それ以外の図を描いた学習者は「粉体が柔らかいことから、地層が焼き餅の断面のように膨らむのではないかと想像した。」と回答している。

(6) 実践授業の結果

モデル実験装置を用いて地層の変形を観察することで、「地層が圧縮されたら逆断層ができる」ことを、どの程度理解し、またその知識の定着が行われたか否かを評価するため、大学院生は10ヶ月、学部学生は9ヶ月以上の期間を空け、遅延テストを行い、実験前と実験後の予想図を描かせ比較した。その結果、モデル実験装置を使った地層の変形が、逆断層であることが「正しい地層の変形概念」とすると、大学生の正答率は6%から78%に上がっており、大学院生の正答率は9%から86%に上がっている。

V. 議論

(1) 地層の変形概念の変容

川村・山下(2015)によると、組立て式地層変形モデル実験装置を使って、地層の変形の予想をさせたところ、小学6年生の半数が、地層が押されて背斜構造を予想するとされており、児童の素朴概念としている。これ以外の回答した児童は、様々な回答をしており、これは、生活経験で素朴概念を持つ機会が乏しいことが原因であると報告されている。本研究では、川村・山下(2015)における背斜構造の予想を「隆起」と置き換えて示している。

こうしたことを、本研究に置き換えて考えてみると、学習者が、地層の変形に対するあやふやな知識や考えを素朴概念と位置づけることができる。この地層の変形に対する素朴概念を、モデル実験装置を用いて「科学的概念」に変容及び再構成することができるかを見てみる。ここで言う科学的概念は、正断層・逆断層・横ずれ断層の違いの理解を指し、科学者が提唱する「科学概念」とは異なる。この地層の変形における科学概念は、断層には、本来「ずれる」以外の意味はなく、正断層・逆断層・横ずれ断層は、断層を見る位置の違いで分けられていることで教科書に掲載されていない考え方を指す。学習者の地層変形概念を形成するためには、「科学概念」よりも「科学的概念」の形成を促すのが適当だと考える。Posner *et al.* (1982) は、概念変化が起こる条件を4つ挙げている。それらは、「学習者が保持する概念に対して不満がある」「学習者にとって新しい概念がわかりやすい」「新しい概念がもっともらしい」「新しい概念に実りが多い」である。この4つの考え方に則ると、一般的ではない「科学概念」よりも、教科書で取り扱われたり、広く使われ一般にも受け入れられる「科学的概念」となる。そうになると、概念そのものが分かりやすいものとなり、概念の変容が起こりやすくなると考えられている。

初期の授業時には、大学生・大学院生ともに8割以上が木の板を押し込むと大きく中央が膨らむ、ここでは「隆起」と回答している。このことから、大学生は小学生よりも素朴概念を持っていると読むことができる。特に大学院生では、素朴概念の中に

「褶曲」が含まれるようになり、褶曲の概念が強く印象に残っていると考えられる。

これら大学生・大学院生の素朴概念は、実験後のスケッチでは、断層をしっかりと認識していることから、地層の変形概念の変容が行われたのではないかと考えられる。このことから、モデル実験装置は、概念変化を起こすことができる教具となりうると考えられる。

また、遅延テストの結果より、9ヶ月、10ヶ月とモデル実験装置を見ていなかった学習者であったが、約8割が実験結果である逆断層を記憶していたことから、変形概念として定着していることがわかる(表2)。このことから、モデル実験装置を使った地層変形の結果(逆断層の形成)は、長期記憶として保存されることができる。ただし、学習者全員に対して有効ではなく、Posner *et al.* (1982) のデータを一時的に保持する反応をする者に対しては、長期記憶する手立てとはならないことも指摘されている。この場合、断層に関する知識を再度繰り返し反復することで、長期の記憶として獲得されるのであろう。

Ⅶ. まとめ

組立て式地層変形モデル実験装置を使った地層を変形する実験によって、大学生及び大学院生の素朴概念が判明し、また、科学的概念への変容が認められた。さらに、変容した科学的概念は、長期記憶として保存されることから地層の変形に関する学習をする際、基礎知識として培われることが予期される。

文献

- 川村教一・山下清次 2015. 児童生徒が持つ地層変形の概念：組立て式地層変形モデル実験装置による粉体の変形実験結果をもとにして. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要 教育科学, 37, 37-45.
- 文部科学省 2018. 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編.
- 岡本義雄 1999. 続・教室でできる地学実験 ココアと小麦粉で断層を作ろう!!!. 日本地震学会広報紙「なるふる」, 13, 7.
- 岡本義雄 2000. 小麦粉を用いた断層モデル実験. 大阪と科学教育, 14, 13-16.
- Posner, G.J.・Strike, K. A.・Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. 1982. Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, 2.