

男子部中等科・高等科 「たためる構造の研究と応用」

高田 貴

正多面体等の立体は、適当な辺を選んで切り離すこと、及び、面に折る線分を設定することによって、2枚の平面にすることができる（参考文献(1)）。この構造の持っている特徴を立体模型を作りながら考察し、また、その応用例を実際に制作することを通して、課題を発見し解決していくプロセスを体験し、まとめ発表することが、今回の学業報告会におけるこのグループの活動であった。具体的には、正多面体のたためる模型の製作、国立科学博物館の見学、準正多面体のたためる構造の模索、正四面体の各面に三角錐をつけたたためるオーナメントの製作、たためるクリスマスツリーの製作、たためるトランクの製作、重力を利用して上部に引き上げるだけで平面から立体構造になる模型の製作、ミウラ折りのブルーシートへの応用を行った。また、共通の学習内容として、ピタゴラスの定理、三角比の表の使い方などを学習した。

I. 研究の目的と事前準備

今回の学業報告会のメンバーは、中等科1年生5人、中等科2年生2人、中等科3年生1人、高等科2年生2人の10人であった。研究の目的は、「たためる立体構造の条件の研究と実用品への応用の可能性を探る」とした。

はじめに、全員共通の事前学習内容として、正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体、正二十面体の5つの正多面体のたためる模型を製作した。同時に、準正多面体の資料を提示し、どのような形をたためることができるのか、また、たためる構造の応用として、どのような応用が考えられるか、各自考える期間を取った。

ヒントを得るために、国立科学博物館の見学し、また、ホームセンター、百円均一ショップなどで、実際のものを見る機会を取った。

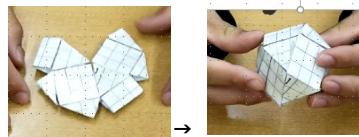
II. 研究の内容とその成果

以下、1～6の活動を行った。

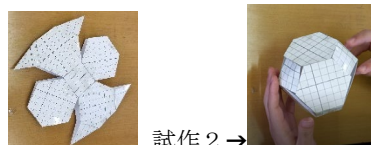
1. 準正多面体のたためる構造の模索

準正多面体を正多面体と同様にたためることができるかどうかは、未知の内容であったため、模型を作りながら、試行錯誤して、以下の2つの形のたためる構造を見つけることができた。中等科2年の生徒の成果である。

①立方八面体（矢印左：たたんだ状態 矢印右：立体にした状態 以下の写真でも同様）

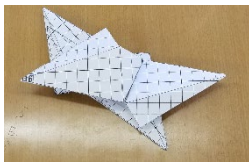


②角切り八面体

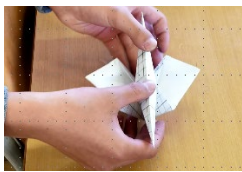


制作にあたっては、まず、面の部品を作り、それを組み立てた状態から、どの辺を切り離し、どの辺を折るとたためるか、ということを試行錯誤した。特に②の角切り八面体では試作1のようなものが最初にできたが、より、スムーズに立体になるように考えて、試作2の形を作ることができた。

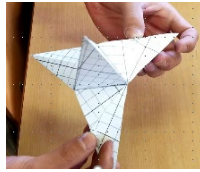
2. 正四面体の各面に三角錐をつけたたためるオーナメントの製作



試作1



試作2 →



中等科3年生が製作した。対称性を利用して、よりシンプルな形を作ることができた。

3. たためるクリスマスツリーの製作

飛び出す絵本の構造を用いて製作した。初めに小さな模型、及び、土台の丈夫な構造を模索して、その後、大きなものを作った。中等科1年生2人が担当した。



開いたところ

たたんだ所
土台からはみ出している点については、今回は手を加えなかった。

高さ約1m

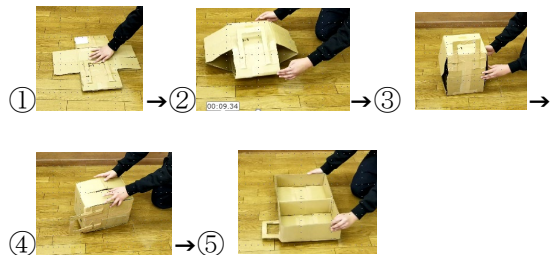
土台はベニヤ板

立体物は段ボールに折り紙を張り付けて装飾した。

小さな模型で作った時には出てこなかった問題点が、高さ1mほどの模型にする際には、色々出てきた。解決をしなくてはならなかった問題点としては、ツリー自体の重さ、また、丈夫にするために材料を重ねてしまうと、段ボール自体の厚さがたたむことのできる角度に影響してくることがあった。ガムテープで貼り付けるだけでは、耐久性が低く、構造として、互いに差し込む構造を作り、材料がずれないようにする方向でテープを使った。また、本体が重くなるため、土台は、ベニヤ板を用いて安定するようにした。

4. たためるトランクの製作

中等科1年生3名が製作した。初めに、小さい模型を工作用紙で作り、それを段ボールで大きくし、さらに、面を全てベニヤ板にして大き目の模型を製作した。下図は段ボールで試作した模型の様子である。①がたたんだ状態で、②、③が組み立てた状態、④、⑤が開いた状態である。



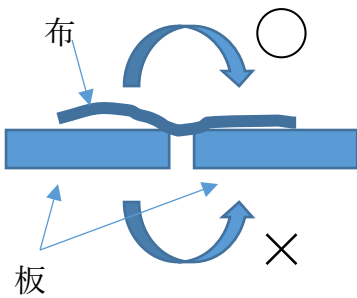
これを元に、下図のようなトランクを製作した。側面はベニヤ板、板と板の接続は布に木工用ボンドをつけて蝶番の役割にして、開閉する必要がある部

分は、ファスナーを取り付けた。また、下の部分には、4つタイヤを取り付けた。



製作の段階で次のような課題があった。

2つの板を布で接続する際に、布を表、裏のどちらに張り付けるかで、板が折れ曲がる方向が決まり、そのことを間違えると、予定した形にたたむことができなかつた。下図では、○方向にのみたたむことができる。



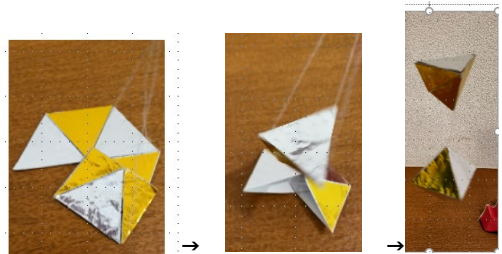
また、ファスナーの端を、板の可動域の途中にためてしまうと、板が十分に開かず、力をかけて布が破れてしまう事があつた。



予想していた事とは異なる形で様々な課題が与えられ、それに対して試行錯誤した。中心部のファスナーは非常に長いものが必要だったため、布団用のものを購入して用いた。

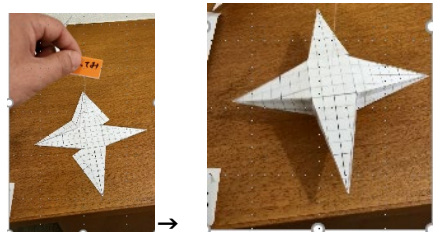
5. 重力を利用して上部に引き上げるだけで、平面から立体構造になる模型の製作

立体模型の接続部には、セロテープを用いると、テープ自身が持っている抵抗で形を保持するのに力が必要である。立体の構成面の頂点から糸を出して、その糸同士を結び合わせるようにすると、面の継ぎ目にほとんど抵抗のない形で2つの面をつなぐことができる。この構造を用いて、中等科3年生が、上に引っ張り上げるだけで、正四面体、正八面体を生成する模型と、4つの四角錐を立方体の側面につけた形の平面にたたむことのできる立体を作成した。



上図 正四面体と正八面体の模型

下図、4つの正四角錐を側面につけた立方体



6. ミウラ折りのブルーシートへの応用

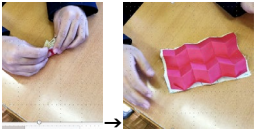
ミウラ折りとは、対角線上の2点を引きのばすだけで、平面が広がる折り紙の手法である。台風被害などで屋根を飛ばされた家屋にブルーシートをかける時に、このような構造を使うことができたらよいのではないかと考え、ブルーシートをどのようにしたらミウラ折りにできるか、を中等科2年2名が試行錯誤し



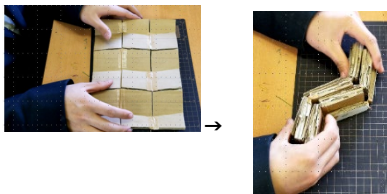
た。以下のような活動を行った。

①ブルーシートに直接折り目をつけられるか実験してみたが、ただ折っただけでは恒久的な折り目を付けることは出来なかった。

②小さなミウラ折りをした厚紙に布を張り付けてみると、うまく広げることができた。

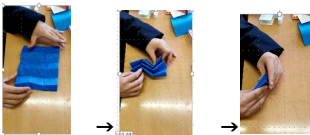


③厚紙の代わりに段ボールを用いると、大きさと厚さの関係で最後までたたむことができなくなった。

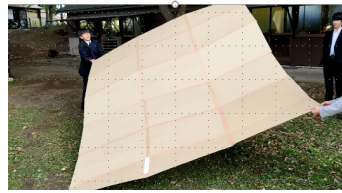


左図の上下方向にはたたむことができない。

④ブルーシートを小さく切って厚紙をつけた模型では、うまくたためることが確認できた。



⑤最後に大きなミウラ折りを段ボールで試作した。うまく広げることができたが、時間の関係で、ここにブルーシートをつけることは出来なかった。



広げた所

III 総括

どの活動に対しても、自ら課題を発見してその解決を模索し、実験して確かめる、という研究の過程をそれぞれ踏むことができた。どのような準正多面体をたためるか、たためるトランク、ミウラオリのブルーシートの実用化、更に一般にどのような構造をたたむことができるかという条件の探求は、今後の課題である。

参考文献

- (1) 高田 貴「正多面体：たためる模型の作り方&見取り図の描き方」『数学教室』2016年5月号 数学教育協議会／国土社 No.742
- (2) 銀林浩、野崎昭弘、小沢健一編「家庭の算数、数学百科」日本評論社 2005
- (3) 谷克彦「美しい幾何学」 技術評論社 2019年
- (4) デーヴィッド・ウェード「シンメトリー 対称性が紡ぐ不思議で美しい物語」創元社 2010年