

ポップアップカードを用いた空間図形指導の工夫

山 田 和 美*

数学教育での扱いが不足し、児童・生徒の弱点の一つである「空間図形」でのポップアップカードを使った数学的活動について述べる。この経験は、数学だけではなく、将来彼らがデザインをするときや設計図から建築物をイメージする力にも関係する。

ポップアップカードで立体的なものを作るとき、児童・生徒は、先ず、完成品の空間的な動きをよく観察する。次に、立体を動かしながら、動的で、連続的な立体の動きをイメージすることが徐々にできるようになる。このようにして、自然に、空間認識力を身につけていく。⁽¹⁾

1. はじめに

我が国の数学教育では空間図形の内容が少なく、学校教育のなかで十分に空間認識力を育てているとはいえないのではないだろうか。また、魅力的な教材も少ないと感ぜられる。そこで、教材の一つとしてポップアップカードを用いた授業について以下に述べる。

ポップアップカードで立体的なものを作るとき、児童・生徒は、先ず、作品の空間的な動きをよく観察する。立体を動かしながら、動的で、連続的な立体の動きをイメージすることが徐々にできるようになる。このようにして彼らは自然に、空間認識力を身につけていく。「折り紙建築の作品を見た人は、最初に『1枚の紙（平面）からどうやって立体を作るのか？』と不思議に思う」と“折り紙建築”作家の木原隆明氏は述べている。⁽²⁾

ポップアップカードを授業に取り入れることによって、児童・生徒の知的な好奇心を刺激し、彼らは夢中になって取り組む。「立方体の展開図」の単元が念頭操作の力をはぐくむのに適しているように、ポップアップカードは児童・生徒の空間認識力を育てるには有効な教材である。

空間認識力をはぐくむポップアップカードの教材

2008.12. 1 受理

*新潟大学教育学部

と授業実践について、以下に述べる。なお、ICME11 Mexico 2008で著者はこのことについて発表した（図1参照）。⁽³⁾

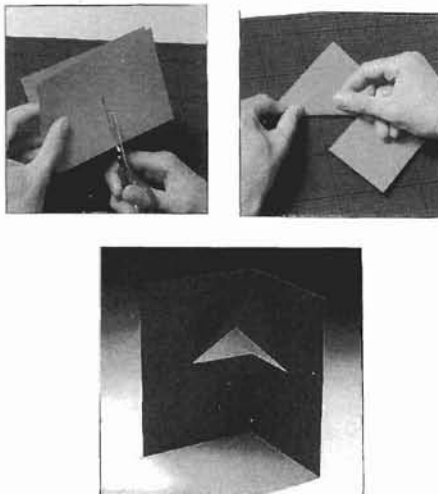
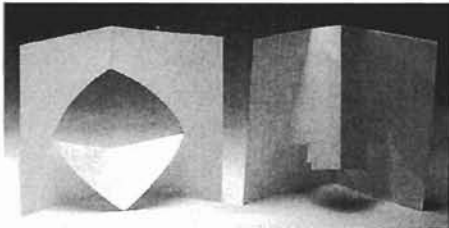
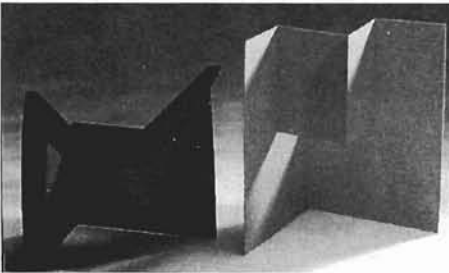
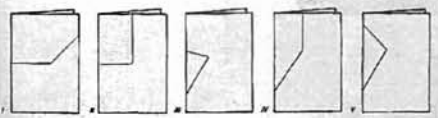
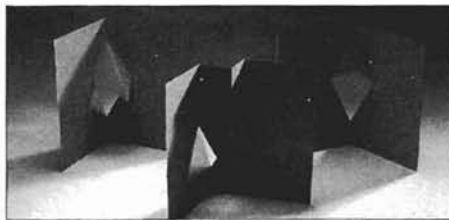


図1 ICME11での筆者

2. ポップアップカードを用いた課題

(1) 左右対象なデザイン

左右対象なポップアップカードを作るために、先ず、1枚の紙を中央で折って重ねる。次に、この紙に1回ハサミで切り目を入れてから1回折る。そして、カードを半分くらい開く（図参2照）。これだけの作業で驚くほど多くの種類のカードを作ることができる（図3参照）。この節でのポップアップカードのデザインは多くをPOUL JACKSON氏の「THE POP-UP」による。⁽⁴⁾ POUL氏のデザイ

図2 鼻⁽⁴⁾図3 いろいろな形⁽⁴⁾

ソを算数的活動の課題として使用したものである。

これらのカードを使って、小学校低学年向けの授業を構想する（新潟大学付属長岡小学校での筆者の公開授業，新潟県見附市立今町小学校での筆者の授業より）。

<導入場面>

図2のようなカードを児童に作らせる。そして、教師は「これから先生がおまじないをします。“鼻よ、長くなーれ！”さー、今みなさんが作ったカードの人の鼻を長くしてください。どーしたらよいか？」と問いかけることから始め、以下のような活動にはいる。

<活動場面>

レベル1：

1枚のカードを中央で折って重ね、次に、いろいろな位置や角度で、このカードに1回ずつハサミで切れ目を入れ、折って作ったいろいろなポップアップカードを用意する。ひとり一人にカードを配り、どのように切ったり、折ったりしたら、配られたカードと同じカードができるか問いかける。配られたカードには触らずに、同じカードを作るように指示をする。追加のポップアップカードは、それぞれの児童の様子にあわせ、難易度の異なるカードを配る。

児童はいろいろな角度から観察し、ハサミの切れ目の入れ方と折り目について試行錯誤しながら作っていく。

レベル2：

ポップアップカードの代わりに、そのカードを写した写真（見取り図）を配る。この場合には、カードにさわることでもできず、念頭操作で写真と同じカードを作る必要がある。

<検討場面>

カードの切れ目の入れ方と折り目の入れ方によって様々なデザインが可能であることに気づかせる。

視点1 切る角度を変えてみる。

切り込みの角度を変えると、鼻の形が変わることに気づかせる（図3参照）。

視点2 切る形を変えてみる。

直線の代わりに円を使ったりして切り込みの形を変える作り方もあることに気づかせる（図3参照）。

視点3 折る角度を変えてみる。

折る線の位置を変えろという発想もあることに気づかせる（図3参照）。

次のようなカエルのポップアップカード作りを、チャレンジ問題として取り上げたり、今週の問題と

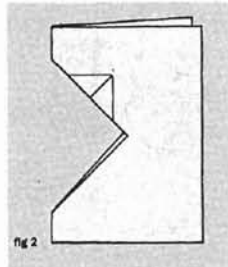
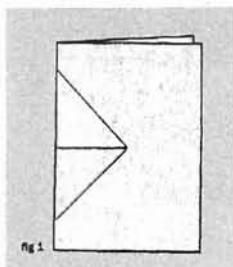
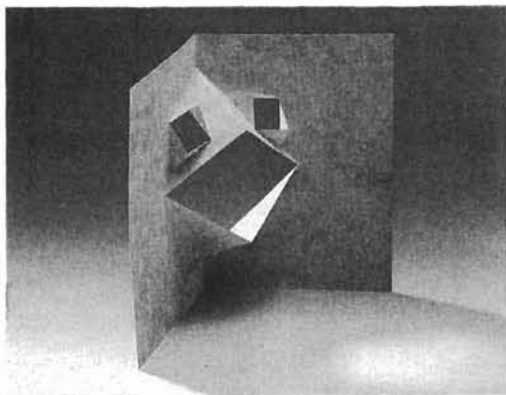


図4 カエルのポップアップカードと作り方⁽⁴⁾

して出題するのは、さらなる探求心を鍛えるのに適している(図4参照)。

(2) 左右非対称なデザイン

カードのデザインが左右非対称な場合には難易度が急に上がる(新潟市立白新中学校, 鳥屋野中学校での筆者の授業より)。

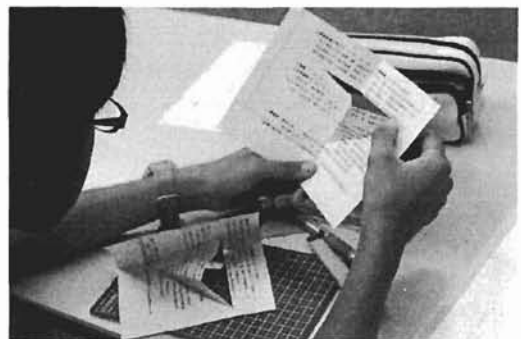
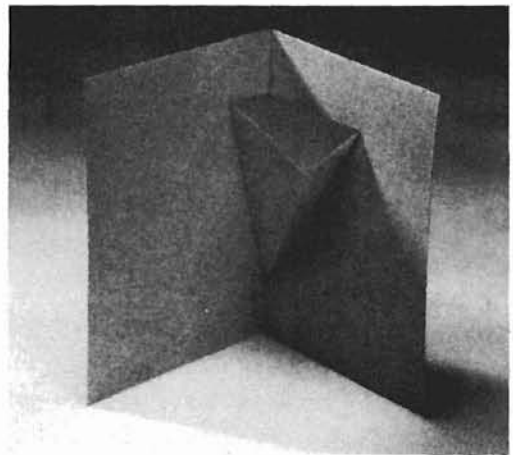


図5 非対称な三角形のカード

課題

次のカードの折り込み線の位置を求め、それが正しいことを証明せよ(図5参照)。

生徒がいつも解く証明問題は平面図形のものがほとんどで、空間図形の場合は静止した状態の立体のもので問題の図も見取り図である。この課題では、開いたときは平面で、畳んでいくと空間になり、そして、閉じると重なり、平面になってしまう。この課題のなかの非対称な三角形を図のように折り畳めることができるということをどのように数学的に受け止め、何を証明したらよいか非常に悩むことになる。特に、与えられたポップアップカードのデザインが単純なだけに考え込む。

カードの代わりに、プリントミスをいらなくなった用紙を何枚も使って実験を繰り返すうちに、等しくなる部分の角度を発見する。次に、それを証明することに思いの外の困難を感じるようになる。

3. 折り紙建築を用いた課題

(1) 折り紙建築の説明

折り紙建築について考案者の茶谷正洋氏は次のように述べている。「折り紙建築は、折り紙の手法を応用して1枚の紙から建築物や動物など様々な立体的な造形物を表現したカードです。」1981年に建築家・茶谷正洋氏が考案したこの折り紙建築は、今では世界中で楽しまれている。

(2) 折り紙建築の作品例

以下の作品は著名な折り紙作家の一人である木原隆明氏のものである(図6～8参照)。(http://www.japandesign.ne.jp/IAA/chatani/about.html)

「これらの作品を作ることによって、展開図というものを理解し、平面から立体がどのように出来るのかを体感してもらう。また一定の条件を満たせば立体図形を折りたたむことができることを知ってもらう。」と木原氏は述べている。

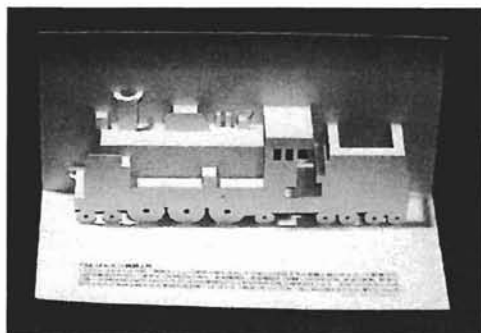


図6 SLの貴婦人 C57 (90° タイプ)

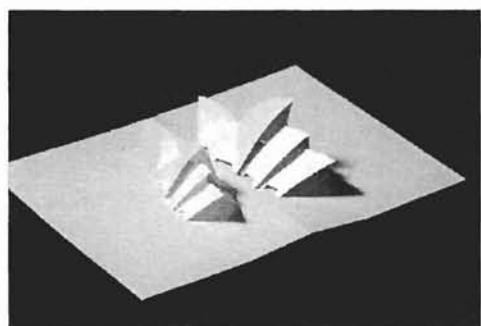


図7 シドニーオペラハウス (180° タイプ)

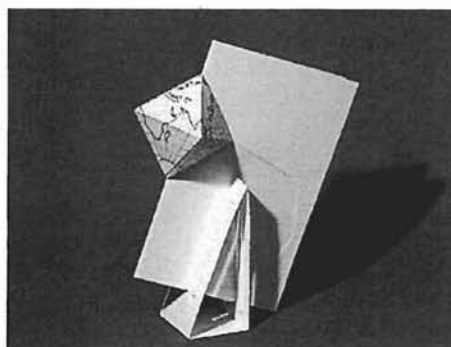


図8 折り畳める地球儀 (360° タイプ)

(3) 折り紙建築を用いた授業

<小学校での授業>

まず、図のような立方体の折り紙建築を作るところから授業を始める。次に、この切り込み線を繰り返して切ってできるデザインを出題してもよい(図9参照)。

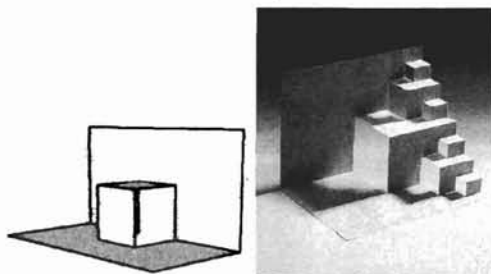


図9 立方体の折り紙建築

次に、図10のような直方体を作るように問いかける。児童は何回作っても、立方体の切り方ではできない立体の大きさが違うだけでしかないことを知る。そこで、直方体の作品をいろいろな角度から眺めることによって、失敗を繰り返しながら作品を完成する。

これを応用した課題が「私の勉強部屋をつくろう。」である(図11参照)。

ここで、作品が正しいことを簡単に見分ける方法(数学的性質)がある。

<見分け方>

- ・ぴったりと折り畳むことができる(折り紙建築の一般的性質)(図12参照)。

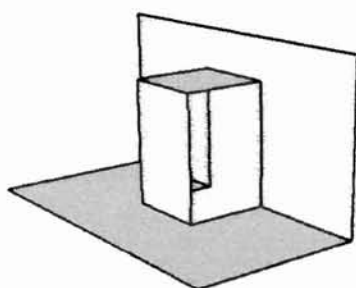


図10 直方体の折り紙建築



図11 私の勉強部屋



図12 折ったとき重なるかチェック

- ・側面から眺めると、切り口が長方形である。
- ・丸い鉛筆を作品の机の天板に乗せると、正しい作品では、鉛筆は転がらない。

＜中学校での授業＞

コンピュータを使用して折り紙建築の作品を作れる三谷純氏の「ポップアップカードデザイナー

PRO」

(<http://www.tamasoft.co.jp/craft/popupcard-pro/index.html>) は非常によくできたソフトである。図13のようにパソコンの画面を操作しながらポップアップカードを作ることができる。

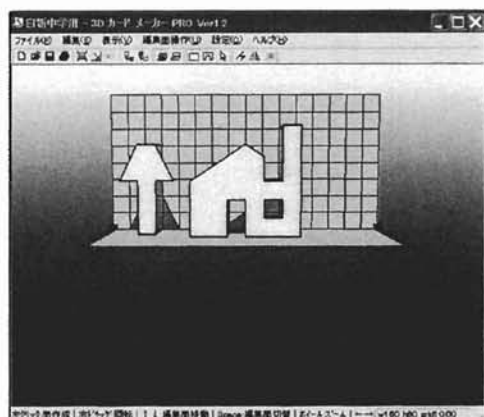


図13 ポップアップカードデザイナーPROの画面

完成後の作品を、カードの開閉動作で確認できる。このことは、カードの作品（立体、空間図形）と、カードの設計図（平面図）を連続変形に観察できることを意味し、パソコンが念頭操作の補助教具として有効であることを示す（図14参照）。

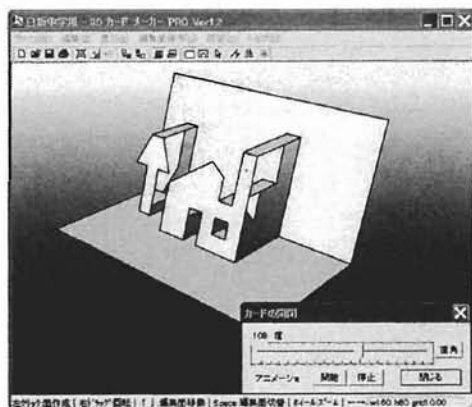


図14 開閉して確認

次の展開図は「ポップアップカードデザイナーPRO」でプリントすることもできるが、生徒に書かせることもよい（図15参照）。これは、空間図形

の正面図と側面図をまさに学んでいることになる。この例では、2つの物体の置かれた位置や高さが異なっているため展開図を書く際にはこのことに気がつく必要がある。

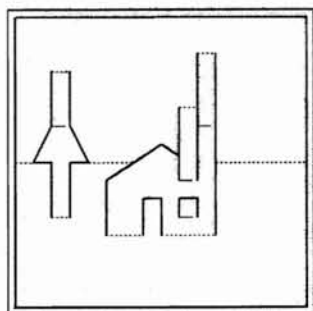


図15 展開図

いくつも作品を作るうちに、正しく作ったカードはいつも折り重ねると、ぴったりと重なるという「折り紙建築の定理」を発見する。そして、生徒はこの定理を証明(説明)する誘惑に駆られる。

4. しかけ絵本を用いた課題

ここまで述べてきたポップアップカードは「切る、折る」ということしか使われていないが、しかけ絵本では「折る、切る、貼る」が許される。Robert Sabuda氏の名著は見るものを思わず引きつける⁽⁵⁾。この本を何回も動かし、しかけのメカニズムを考えることは、空間を動的にイメージし数学的に科学するための有効な課題である。

5. おわりに

ポップアップカードで空間認識力をはぐくむために筆者は次のような活動をしている。出前授業、新潟大学の公開講座『ポップアップカードを使った親子教室』、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(SPP)、地域のコミュニティースクールでの

講師。このような活動を通して感じることは、数学の学力と空間認識力は必ずしも相関関係がないということである。すなわち、日頃の授業でこの領域の学習が十分になされていないため、学力の差は他の数学の分野に比べて少ないということである。空間認識力は大人になってからではなく子どもの頃に身に付くと言われている。カリキュラムについて考える必要があると感じている。

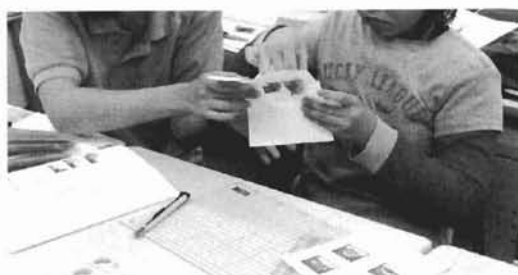


図16 親子教室

参考・引用文献

- (1) 山田和美(2006),『空間認識力をはぐくむ図形教育』, P1, 「算数教育」第10号, 日本数学教育学会
- (2) 新潟大学公開講座(2005~2008),『第1~4回ペーパークラフトで広がる算数・数学の世界テキスト』
- (3) Kazumi Yamada(2008),『The improvement of teaching of space figures using pop-up cards.』, ICME11
<http://www.icme11.org/node/801>
- (4) Paul Jackson(1994),『ThePop-Up Book』, Owlet
- (5) Robert Sabuda(2003),『Alice's Adventures in Wonderland』, Little Simon