

折り紙の設計

I 研究動機

僕は幼い頃から折り紙を続けてきました。その中で、とても複雑で完成まで何時間もかかるようなものや、一見単純そうでも不思議で奥が深いものなど、様々な作品を見てきました。そしてこのような作品はどのようにして考え出されているのだろうかといつも疑問に思っていたので、この機会に明らかにしたいと思いました。

II 研究方法

1. 文献調査

- (1) 折り紙の専門用語を調べる。
- (2) 折り紙作品がどのように分類されているか調べる。

2. 考察

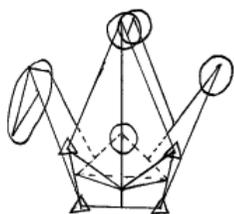
- (1) 文献調査で気になったところを、さらに深く調べ、考察する。
- (2) 文献調査などで分かったことから、自分なりの折り紙作品の設計方法を考える。

III 研究内容

1. 文献調査

(1) 専門用語

- カド 専門用語として扱われることはあまりないようだが、折り紙におけるカドが特別な意味を持っていると思ったので調べた。

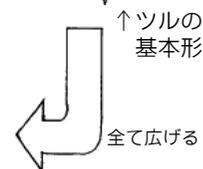
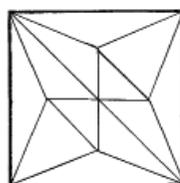


ツルの場合、頭・尾・2枚の羽・背中の5つのカドがある（丸印）。三角の印の部分もカドのように見えるが、構造上は羽の一部だったり尾の一部だったりするので、カドとは呼ばないことが多い。

- 基本形 必要なカドが出そろった形。仕上げを行う前の形。ツルの場合、右図にあたる。まだツルには見えないが、すでに頭・羽などになる5つのカドに分かれている。



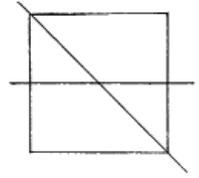
- 展開図 一般的には立体図形を切り開いて平面にした図をいうが、折り紙では折り畳んだ形を広げたときについている折り筋の図を指す。普通は基本形までの折り筋のみが描かれる。



↑ツルの基本形

←ツルの展開図

- 対称軸 左右対称な題材の作品（動物・乗り物・建物など）は、展開図も左右対称であることが多い。正方形には2本の対称軸があり、多くの場合そのどちらを使うかを決めることから創作が始まる。



- 円領域 展開図上で、折り畳むとカドの先端になる部分とそのカドの長さを表す円やおうぎ形のこと。

直感的な例として、傘が挙げられる。開いた傘の半径は、閉じた傘の長さにあたる。

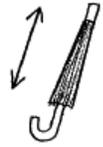
円領域も同じように、

- 円の半径=カドの長さ
- 円の中心=カドの先端

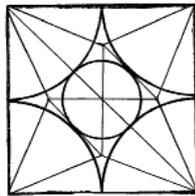
となっている。



開いた傘
||
円領域

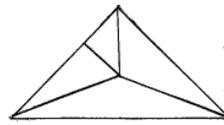
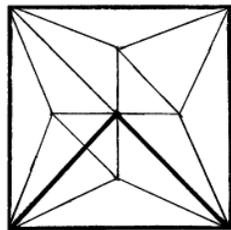


閉じた傘
||
カド



左の図はツルの基本形の展開図に円領域を描き込んだもの。5つのカドの位置と長さが示されている。

- 原子 展開図を構成する形の最小単位。内部に折り線を持たない領域。
- 分子 展開図上の要素をまとめたもの。いくつかの「原子」をまとめて扱いやすい形にしたものが多い。例えばツルの展開図は、内部の折り線まで全く同じ4つの直角二等辺三角形に分けられる。その三角形こそが「分子」である。



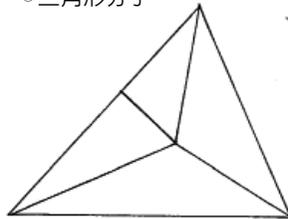
分子



原子まで分けたもの

〈いろいろな分子〉

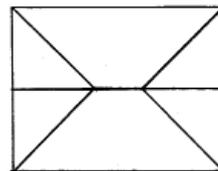
- 三角形分子



- Yパターン分子



- 長方形分子



(2) 折り紙作品の分類

これは一番初めに書いたほうが良かったかもしれないが、今回は折り紙の中でも、「不切正方形一枚折り」（1枚の正方形の紙を切らずに折る）という種類のものについて研究している。なので、紙を2枚以上使ったり、正方形ではない紙を使ったり、切り込みを入れたりするものは、今回の自由研究では扱わない。

そして、ここでは不切正方形一枚折りからさらに分類する方法を調べた。

①平坦か立体か

- 正方形が折り畳まれて平坦になるもの。
- 正方形が折り目によって立体になるもの。

折り紙の作品はこの2つに分類できる。
しかし、注意しなくてはならないことが2つある。

- 紙の厚みはないものとする。

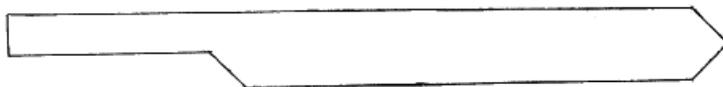
数学における平面に厚さが無いのと同じ。

- 「基本形」の段階で判断する。

例えば右上の写真の「バイオリン奏者」は見た目は立体的だが、基本形まで戻すと下図のような平面になるので構造上は平坦に分類される。



↑バイオリン奏者



次の項目で詳しく書くが、平坦に折り畳む構造の作品には「分子」と関係があるものがある。なので今回の自由研究では「平坦に折り畳む構造の作品」について考える。

↑バイオリン奏者の基本形（平坦である）

②展開図による分類

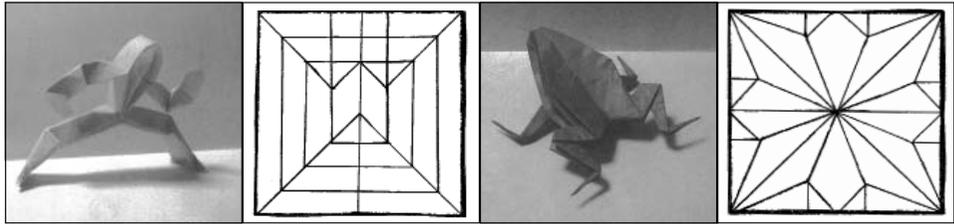
展開図には様々な種類がある。また、文献には「展開図には、実際に折る前に構造を検討する設計書という側面もあります。」と書かれていた。なので、展開図の種類の違いは、作品の設計方法の違いによるものと思われる。

- 蛇腹 縦・横に等間隔の折り筋をつけて方眼紙のようなマス目をつくり、それに沿って折り筋を入れていくという種類のもの。
- 角度系 折り筋が交わる角度が決まった角度で構成されているもの。
22.5度(90度×1/4)・15度・45度・30度(90の約数)などが多い。
- 分子系 主に「分子」を組み合わせて作られているもの。角度系と同じ性質も持っているものもある。また、平坦か立体かによる分類では、分子系の作品の多くが平坦に分類される。これは、分子の1つ1つが平坦に折り畳めるため、それを組み合わせた作品も折り畳めるからである。
- その他 いろいろな構造が混ざったもので、逆に、分子を使わず角度も不揃いな作品などがある。

〈展開図の例〉

◦ 人間／蛇腹

◦ かえる／分子系・角度系（22.5度）

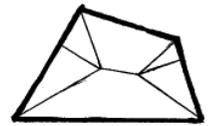


今回は「円領域を用いた設計方法」を考えてみようと思ったので、自動的に分子系の作品について考えることになった。詳しくは次のページ。

2. 考察

(1) 分子系の作品の設計の際に、分子などの組み合わせを容易にする方法を考える。

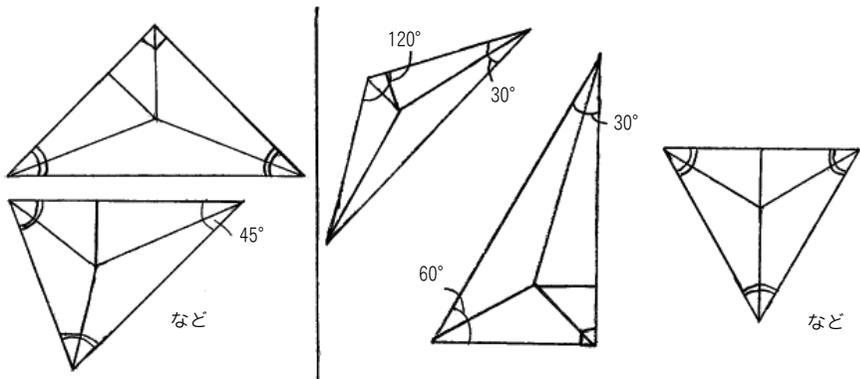
- 一値性 文献調査で見つけた用語。内部の折り線で折ると、その平面図形の全ての辺が一直線上に集まること。一軸性とも呼ばれる。一値性を持つ分子がいくつか組み合わせたものも一値性を持つ。そのため、一値性を持つ分子は連結が容易だと考えられる。
- 角度の規格化 前にも書いたが、分子系の作品の中には角度系の性質も持つものがある。



↑四角形の4本の辺が、内部の折り線によって一直線上に集まる様子。

↓
これは、組み合わせる分子の角度が揃えられているからなのではないか。

↓
分子を自分なりに15度と22.5度で規格化してみる。
◦ 22.5度の分子 ◦ 15度の分子



このような、一値性や角度の規格化により、実際に作品を作るときにも扱いやすいと思われる分子などのパーツを作ることが出来た。

(2) 円領域を用いた分子系の作品の設計方法を考える。

最後に、前川淳さんの「トラ」の展開図がどのように設計されたかを、これまでの研究をもとに考察する。

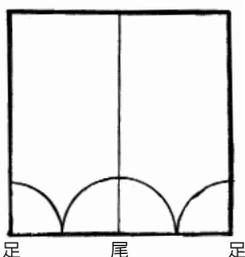
①トラに必要なカドを数える。

- 大きなカドは頭・足×4・尾の6つ。
- 小さなカドとして、耳を加える。

②対称軸を決める。

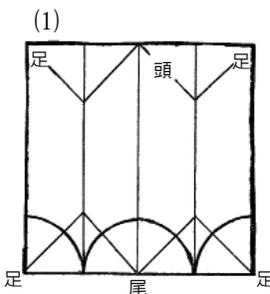
この展開図では、正方形の辺の垂直二等分線が対称軸になっている。

③円領域を描く。



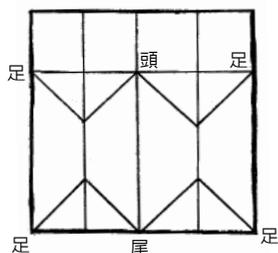
まず、下の方に足・尾になる3つの円弧を描く。

④分子を並べる。



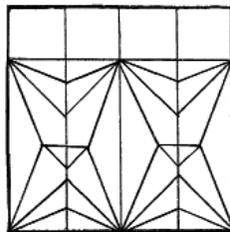
(1) 一値性を持つ分子や角度が規格化された分子を組み込んでいく。ここでは長方形の分子が使われる。

(2)



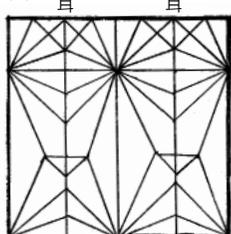
次に、上部に耳を作るためのスペースを作る。

(3)



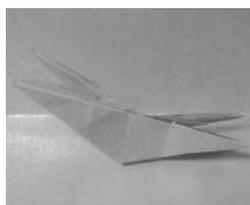
さらに、足や尾のカドを細くするため、長方形の分子の構造を変え、22.5度系の構造にする。

(4)

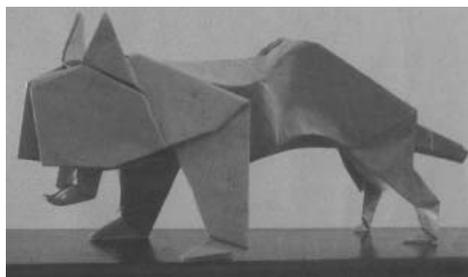


最後に、耳になる直角二等辺三角形の分子を入れる。

⑤折り畳む



この展開図を折ると左写真の基本形になり、さらに仕上げを行うと下写真のようになる。



IV まとめ

- 今回は、折り紙→不切正方形一枚折り→平坦に折り畳む構造の作品→分子系と絞って考えた。
- 円領域を用いた分子系の作品の設計方法を、以下のようにまとめる。
 - ①カドの数や大きさについて考える。
 - ②対称軸を決める。(左右対称な作品のみ)
 - ③円領域によって、カド配置を決める。
 - ④円領域に沿って、分子などを並べる。

このとき「一値性を持つ分子」や「角度が規格化された分子」などを使うことで、秩序だった構造にすることができる。
 - ⑤実際に折り畳む。

V 感想

初めの「折り紙作品はどのように考え出されているのだろうか」という疑問に対し、分子系の作品には自分なりの答えが出て良かったです。また、分子系まで絞っても研究することがたくさんあったので、折り紙はとても奥が深いと改めて思いました。

VI 参考文献

- 「神谷哲史作品集」 神谷哲史 おりがみはうす 2005年1月20日
- 「創作アイデアの玉手箱 神谷流創作折り紙に挑戦！」
神谷哲史 ソシム株式会社 2010年7月30日
- 「本格折り紙」 前川 淳 株式会社日貿出版社 2007年7月23日
- 「やさしい折り紙」 編者：主婦の友社 株式会社主婦の友社
- おりがみはうすー神谷哲史作品集
<http://www.origamihouse.jp/book/original/kamiya/kamiya.html>
- 折り紙ーWikipedia
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E3%82%8A%E7%B4%99>