

折り紙で開く万華の彩り

……折ってつくる折り紙カライドサイクル！……

札幌旭丘高校 中村文則

1 カライドサイクルってなに？

万華鏡の無限に広がる花びらの風景には心を奪われる。円筒をちょっと回すだけで色とりどりの小片がカチッと動きガラリと趣きを変えた花園が出現する。テレビドラマ「JIN-仁」で主人公の南方仁が江戸時代にタイムスリップしたように別次元の世界に切り替わるのだ。

万華鏡は円筒に張り合わせた3枚の鏡と小片を入れただけのものであるが、これほど単純でこれほど魅惑的な遊具はない。鏡を2枚平行に立ててその間に入ると鏡の中の自分が見えさらにその鏡の中に映る鏡にまた自分が見えこれが無限に繰り返される。映画「ショコラの見た世界」ではヒロイン竹内結子が合わせ鏡に映る分身に悪戯をする場面があり「鏡と無限」というキーワードが幻想的なシーンを演出していた。これを3枚の鏡にすると無限は多重構造をもって広がる。混沌に過ぎない小片は万華鏡の中ではシンメトリーに組み立てられ、回転することで無限に織りなす複雑な造形を演出する。

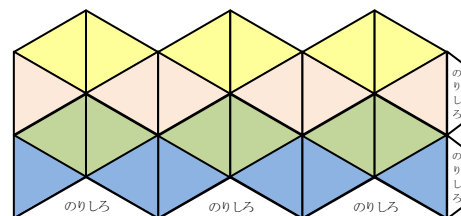


万華鏡の妖かしをペーパークラフトで再現した芸術家がいる。アメリカのグラフィックデザイナーWallace Walker氏は1958年に紙の彫刻「回転するジャバラ(Iso Axis)」を発表した。赤、青、黄、紫に塗られた60個の二等辺三角形を右図のように配置し、短辺と平行な線は谷折り、2つの対角線は山折りにしてジャバラに折り、右端ののりしろ部分で糊付けしてつなぐと不思議なトーラス状の立体オブジェが出来上がるのである。トーラスの中央を引き出すと三角形は多面体を作り、面は花片となって色変わりの花びらが次々に現れる。氏の友人である高校の先生は白紙のIso Axisを生徒に与えて自由に絵やパターンを描かせるデザイン教育に活用しその授業実践は州の芸術教育協会から表彰されている。Iso Axisは日本では坂根巖夫氏が1975年から朝日新聞で掲載されたコラム「遊びの博物誌」の中で紹介し、後に本にまとめられ出版された(上述のIso Axisの紹介は本からの引用である)。



M.C.Escher(1898-1972)は、2つの手がお互いの手を描いている絵や、無限に昇り続ける階段の絵のように有限の中に無限を表現したり、メタモルフォーゼを繰り返す平面充填の模様を描いたりとその独特の絵画の世界観で有名なオランダの画家(版画家)である。その緻密で数学的な画風は、多くの研究者を魅了し、エッシャーの国際会議では、数学者、物理学者、画家、心理学者などいろいろな分野の専門家が集い「Escher学」と評されるレポートを発表している。ペンシルバニア州モラヴィア大学の数学教授Doris Schattschneider氏もEscherに魅せられた一人で、彼女は芸術と数学の関わりを研究するうちに自然にEscherに辿り着いた。そして彼女とWalker氏が協力して作り上げた本が、タッシャージャパン出版の「M.C エッシャー カライドサイクル」(邦訳)である。

カライドサイクル(kaleidocycles)は「kóalos(美しい)+éidos(形)+kýklos(輪)」の造語である。Walker氏が考案したIso Axisの平面の網目状のラインを木の柵のように伸ばしたり、縮めたりして右図のように改良しても同様に円環ができ、その中心でシンメトリーを保ちながら美しい車輪のように回転する。この展開図にSchattschneider氏はエッシャーのだまし絵の一部を描き、その封じ込められた無限は回転することで息を吹き返すのである。エッシャーは版画の模様に関じた輪と終わりのない動きを制作の中心的なテーマとして与えたが、カライドサイクルはまさにそれを実現するものである。Walker氏とSchattschneider氏の出会い、そしてそこから生まれたカライドサイクルはどちらも必然の結果とみることができるのではないだろうか。



万華鏡はカレイドスコープ(kaleidoscope、江戸時代は可列以度斯可布の当て字であり百色メガネとも呼ばれた)のことであり、カライドサイクルはカレイドスコープを立体的に3Dで再現することができる。その回転の動きと数理について調べてみよう。

2 カライドサイクルのしくみ

カライドサイクルを構成する図形は複数の同じ形の二等辺三角形であり、ジャバラ折りすると4枚の二等辺三角形で1つの四面体が作られる。24枚の二等辺三角形からは6つの四面体ができ、これらが四面体の辺(稜)で連結されて円環状の立体になる。

図1では、A1~A4からF1~F4の6個の四面体ができ、円環を真上からみて回転させたとき、数字が同じであるA,B,C,D,E,Fが同じ面で現れる。カライドサイクルは円環の中心に対して回転させると4つの模様が現れ、5回目の回転で元に戻ることになる。

図2では中央に隙間が見えるが、四面体を内側に向かって後ろから押し上げると隙間はなくなり正六角形の輪郭が見え、さらに押し上げると別の面に切り替わるのである。正六角形の輪郭ができるとき、円環を真横からみると図3のようにになっている。このとき、四面体同士を連結している3つの稜は水平な同一平面上にあり、連結する残り3つの稜は水平な平面に対して垂直になっている。

図1

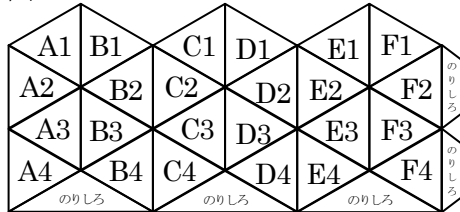


図2

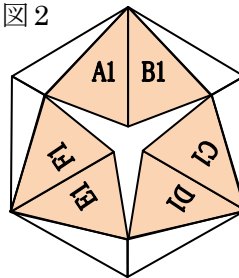
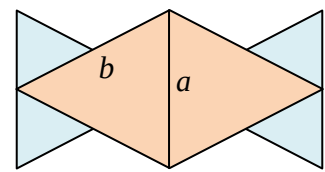


図3



隙間のないカライドサイクルのとき、正四面体の面である二等辺三角形の2辺の比を求めてみよう。

右図の四面体 $ABCD$ において、

$$AB=CD=a, \quad AC=AD=BC=BD=b$$

とする。 M, N はそれぞれ辺 AB, CD の中点である。

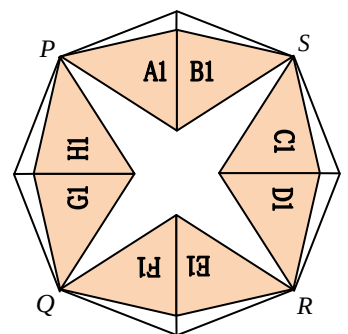
$$BN^2 = DM^2 = b^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 \text{ であり、 } BA=BN \text{ のとき隙間はなくなる。}$$

$$b^2 - \frac{a^2}{4} = a^2 \text{ より } b = \frac{\sqrt{5}}{2}a \text{ これから、 } a:b=2:\sqrt{5}$$

このとき、 $AB=DM$ より二等辺三角形を2つ合わせてできるひし形の対角線の長さの比は2:1になる。

次に図1の展開図で4枚の二等辺三角形が並んだA~Fの縦列にさらにG,H列を加えて折ると右図のカライドサイクルが作られる。星十字の隙間がなくなるとき、 a, b の関係はどうなるだろうか。

カライドサイクルの隙間がなくなるとき、真横(水平方向)からみると、四面体 $ABCD$ の辺 CD は水平面に対して垂直になる。 CD の中点 P を通り CD に垂直な平面 α でカライドサイクルを切ると、残りの3つの四面体で、平面 α に垂直な辺はそれぞれその中点 Q, R, S で平面 α と交わる。このときの四角形 $PQRS$ は正方形である。辺 AB の中点を M 、四角形 $PQRS$ の外接円の半径を r とする。



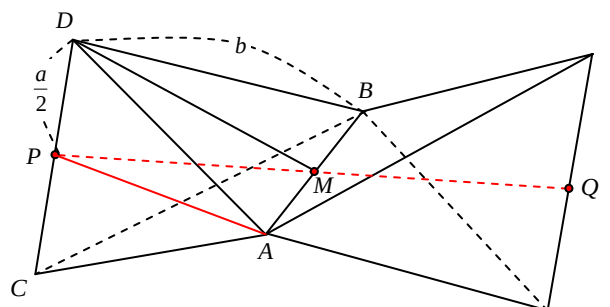
$$AB=CD=a, \quad AC=AD=BC=BD=b \text{ のとき、 } AP = \frac{a}{2}$$

$$\text{よって、 } PM^2 = DM^2 - DP^2 = b^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = b^2 - \frac{a^2}{2}$$

$$\text{故に } r = \sqrt{2}PM = \sqrt{2b^2 - a^2}$$

$r = AP = DM$ のとき、隙間はなくなるから

$$\sqrt{2b^2 - a^2} = \sqrt{b^2 - \frac{a^2}{4}} \text{ より、 } b = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$



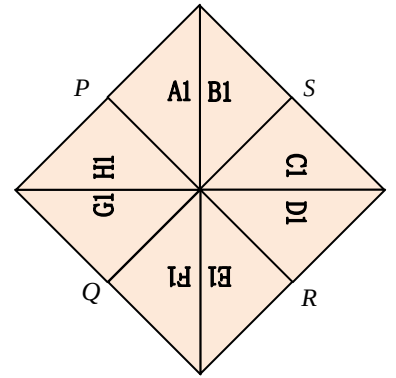
$$\text{このとき } DM = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

すなわち、二等辺三角形を 2 つ合わせてできるひし形の対角線の長さの比は $2:\sqrt{2}$ に

$$\text{なる。また、 } PQ = 2PM = 2\sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2 - \frac{a^2}{2}} = a = AB$$

これから、隙間がなくなったときのカライドサイクルを真上から見たときの形は右図のような正方形である。

このようにカライドサイクルを真上からみるとそのシンメトリーの性質により、同心円が浮かび上がってくる。このことを用いて四面体の連結数を増やしたときにカライドサイクルが回転できるための条件を調べてみよう。



3 カライドサイクルの回転条件

カライドサイクルは 1 辺を共有(連結)する 2 つの四面体を 1 組として構成される。水平方向に対して平行である連結(共有)辺と垂直である連結辺の本数は等しく、面が変わる度に、水平面に対する連結辺の平行と垂直が入れ替わるのである。そこで 2 個 1 組である連結した四面体の個数を n とする。

右図は $n=5$ のときのカライドサイクルである。真ん中の同心円上の 5 点、 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 は水平方向に対して垂直な連結辺の中点である。この 5 点を通る平面を α とするとき、残りの 5 つの連結辺 $A_1B_1 \sim A_5B_5$ は α 上にある。

カライドサイクルが回転できるためには、正確には星形の隙間は必要である。隙間がなければ面が替わるとき、辺同士が重なってしまい動かなくなる。実際にはそのときは図形全体を押し広げて面は入れ替わっているのである。そして入れ替わったとき、水平および垂直な連結辺も入れ替わることになる。

入れ替わるとき、図の例えば A_1B_1 で連結している 2 つの四面体の面は重なる。そして真ん中の同心円 C の半径に P_1B_1 の長さが等しいときに隙間はなくなる。

P_1P_2 の中点を M とすると、

$$P_1M = \sqrt{b^2 - \frac{a^2}{2}}$$

$$\angle A_1OP_1 = \theta \text{ とすると、}$$

$$\angle OMP_1 = 90^\circ \text{ より、 } r = \frac{P_1M}{\sin \theta}$$

$r > P_1B_1$ のとき、隙間ができるから、

$$P_1B_1^2 = b^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 \text{ より、}$$

$$\sqrt{b^2 - \frac{a^2}{2}} > \sqrt{b^2 - \frac{a^2}{4}} \sin \theta$$

両辺を平方して整理すると、

$$(1 - \sin^2 \theta) b^2 > \frac{a^2}{4} \quad (1)$$

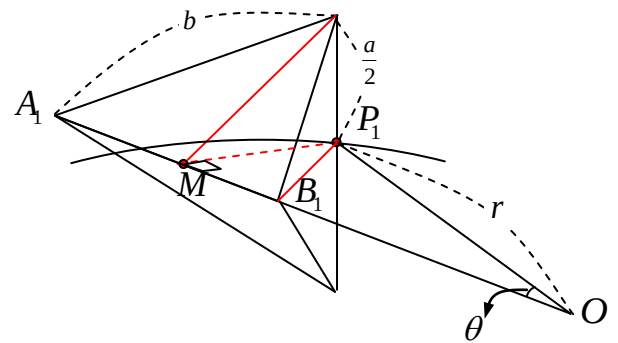
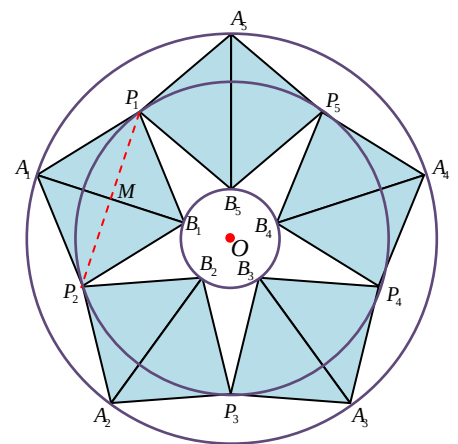
$$\cos^2 \theta b^2 > \frac{a^2}{4} (1 + \cos^2 \theta) \quad b^2 > \frac{a^2}{4} \left(\frac{1}{\cos^2 \theta} + 1 \right) = \frac{a^2}{4} (\tan^2 \theta + 2)$$

$$\text{以上より、 } b > \frac{\sqrt{\tan^2 \theta + 2}}{2} a$$

ここで、 $\theta = \frac{180^\circ}{n}$ であることに留意すると、隙間ができないときの a, b の関係は、

$$\frac{b}{a} = \frac{1}{2} \sqrt{\tan^2 \frac{180^\circ}{n} + 2}$$

よって、2 辺 a, b の比は、 $a:b = 2:\sqrt{\tan^2 \frac{180^\circ}{n} + 2}$ である。



$$n=3 \text{ のとき、} a:b=2:\sqrt{\tan^2 60^\circ+2}=2:\sqrt{5}$$

$$n=4 \text{ のとき、} a:b=2:\sqrt{\tan^2 45^\circ+2}=2:\sqrt{3}$$

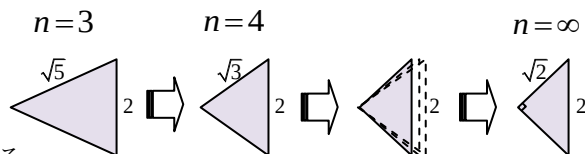
$$n=5 \text{ のとき、} a:b=2:\sqrt{\tan^2 36^\circ+2}=2:\sqrt{(5-2\sqrt{5})+2}=2:\sqrt{7-2\sqrt{5}}$$

$$n=6 \text{ のとき、} a:b=2:\sqrt{\tan^2 30^\circ+2}=2:\sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2+2}=2:\sqrt{\frac{7}{3}}$$

四面体の連結個数が増えると、 b の値は小さくなっている。

$$n \rightarrow \infty \text{ とすると、} \tan \frac{180^\circ}{n} \rightarrow 0 \text{ であるから、} a:b=2:\sqrt{2}$$

すなわち、四面体の面は直角二等辺三角形に近づいていくのである。



4 展開図のひし形の対角線の長さ

カライドサイクルを作るには、展開図で2つの斜線が交差してできるひし形の対角線の長さの関係が分かっている方がよい。対角線の長さを右図のように $2p, 2q$ とすると、

$$a=2q, b^2=p^2+q^2 \cdots (*)$$

である。

$$b > \frac{1}{2}\sqrt{2+\tan^2 \theta} a \text{ であるから両辺を平方すると}$$

$$4b^2 > (2+\tan^2 \theta) a^2$$

(*)を代入すると、

$$4(p^2+q^2) < 4q^2(2+\tan^2 \theta) \text{ より}$$

$$q^2 < \frac{p^2}{1+\tan^2 \theta} = p^2 \cos^2 \theta$$

以上より、 $q < p \cos \theta$ を得る。

よって隙間がないときカライドサイクルの対角線の長さの比は、

$$p:q=1:\cos \theta$$

となる。

なお、 $\angle A_1 B_1 P_1 = \theta'$ とすると、右図において、

$$C_1 M = P_1 B_1, A_1 M = B_1 M = q$$

よって、ひし形の対角線の長さの比は、

$$\frac{q}{p} = \frac{A_1 M}{C_1 M} = \frac{B_1 M}{P_1 B_1} = \cos \theta'$$

として得られる。

これからカライドサイクルが回転できるための条件は、 $\angle A_1 O P_1 = \theta$ より

$$0^\circ < \theta < \theta' < 90^\circ$$

と考えることができる。余弦関数は鋭角では単調減少より、

$$\cos 0^\circ > \cos \theta > \cos \theta'$$

$$\text{以上より、} 0 < \frac{q}{p} < \cos \theta$$

となる。

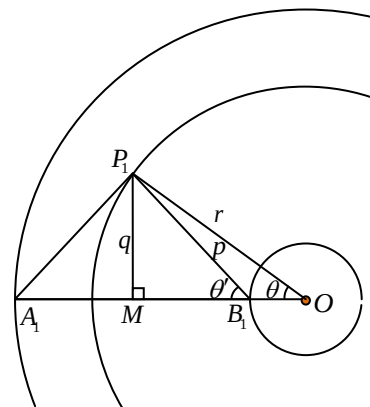
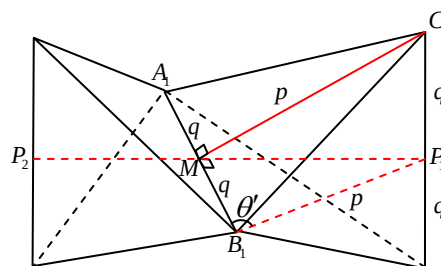
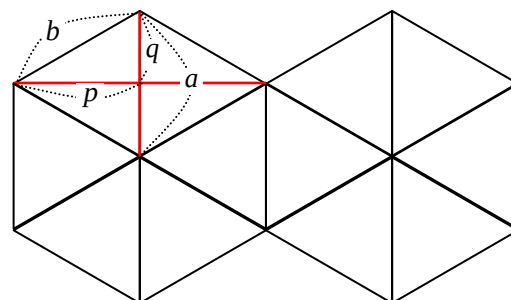
ここで値 $\pm \frac{q}{p}$ は、カライドサイクルの展開図で、斜め直線の傾きを表している。

n 組で構成される隙間のないカライドサイクルで、 $p=2$ のときの q の値を右表に示す。カライドサイクルの展開図はこの比になるように、斜線を引いていけば簡単に作ることができる。

n	3	4	5	6	8	10	12
q	1	$\sqrt{2}$	$\frac{1+\sqrt{5}}{2}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{2+\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{10+2\sqrt{5}}}{2}$	$\sqrt{2+\sqrt{3}}$
近似値	1	1.41	1.61	1.73	1.84	1.90	1.93

$$\text{また、} \theta = \frac{180^\circ}{n} \text{ として、} n \rightarrow \infty \text{ とすると、} \cos \theta = \cos \frac{180^\circ}{n} \rightarrow 1$$

斜線の傾きは 45° 、すなわち前述したように四面体の面である三角形は直角二等辺三角形に近づいていく。



5 折って作るからいどさいくる

カライドサイクルを作成する手順を示す。

n 組の四面体が連結した(四面体は $2n$ 個)カライドサイクルでは、1列の三角形の個数は6個であり、これが $2n$ 列ある。右図は $n=3$ の場合である。

また、そのときのひし形の縦と横の比は隙間のないカライドサイクルは前述した表の値であるからこれより小さい値を設定すればよい。

ケント紙のようなすこし厚めの用紙を用意し、縦線および斜め線を引き、のりしろをつけて、紙から切り離す。次に、

縦線は谷折り、斜め線は山折り

にして、ジャバラにまとめる。最後にのりしろ部分で接着すると完成である。

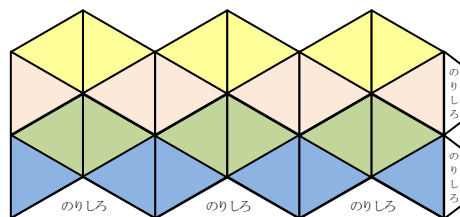
それほど難しい作業ではないが、型を切り抜く、厚めの用紙を正確に折る、糊付けする、といったところで多少の時間を要する(といっても大した時間ではないが)。

ところがこのカライドサイクルを驚くほど巧妙にそして面白いほど簡単に作成する方法がある。

北海道の折り紙サークルで紹介された「折って作るからいどさいくる」がそれである。

その特徴は次の通り。

折り紙だから、型を切り抜く必要はない
折り紙だから、簡単に折れる
折り紙だから、糊付けは必要ない



では具体的に、「折って作るからいどさいくる」の作り方を紹介しよう。 $n=3$ の展開図を右図に示す。

1列の二等辺三角形の個数は5個、列数は7列であり、普通のカライドサイクルの展開図と比較してどちらも1つ多い。さらに上部の白い部分は切り抜いてはいないし、下部の白い部分ものりしろとして使うわけではない。

ただの長方形の紙(折り紙)に、縦線および斜め線を入れただけの展開図なのである。もちろんその長方形はカライドサイクルが回転できるように縦横比の設定が必要だから、例えば西洋紙で作るのならその縦横は切らなければならない(折り紙で余計な部分を折り込んでしまえばそれもない)。ちなみに、私の場合は、裁断機で40枚程をいっぺんに作っている。

次に、等間隔に、縦方向に谷折り、斜め方向に山折りをしていく。折り紙や西洋紙のように薄く柔らかく紙ではこの作業もラクである。

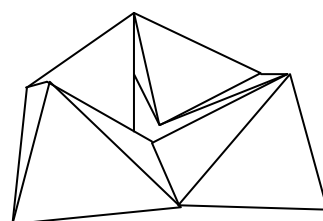
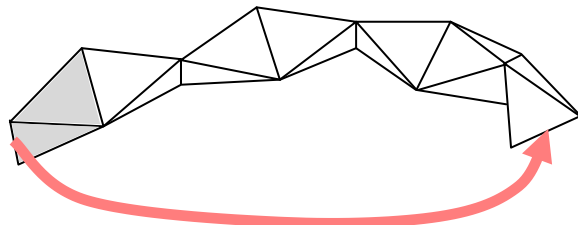
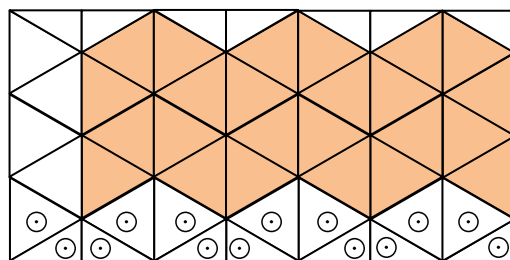
そして、折ったものをジャバラにまとめる。四面体を作るには面の二等辺三角形が1つ多いが、図の下部の◎の付いている三角形は、ジャバラにすると四面体の内部に巻き込まれて見えなくなってしまう。実はこの部分はなくてもジャバラにまとめることはできる。しかしこれらの三角形は、四面体の強度の補強という重要や役目を担っている。柔らかい紙は折るのは簡単だが、作られたカライドサイクルは回転を加えると変形しやすい。この部分の三角形がその欠点を補うまさに縁の下の力持ちなのである。また、上部の本来切り取る部分は、四面体の1つの面に被さり、晒される状態になる。切り取ってもいいのだが作ってみるとあっても支障は感じない。

ジャバラは右図のように7個の四面体が辺で連結されたものになるが、四面体の個数は通常の場合より1個多い。図では左端の色の付いている四面体が余計である。これをどうするかというと、円環状にしたときに右端の四面体の内部にねじ込んでやる。柔らかい紙で作られた四面体だから、簡単に変形ができ、容易にねじ込むことが可能である。ねじ込まれた四面体は柔らかいからすぐに元の形に復元しクサビを打ち込んだように抜けにくくなる。これが糊付けの替りになるのである。

さらに折ったものはもちろん展開することができる。

白紙の西洋紙で作成し、出来上がったカライドサイクルの面に書き込みをして展開すればカライドサイクルの性質を調べるのに役立つだろう。デッサンを描き、展開してから絵や模様を色付けして仕上げる。そして再び組み立てるとより美しい万華の彩りを楽しむことができるだろう。

このように「折って作るからいどさいくる」は、台紙である長方形の1片として無駄なく活かすよう巧妙に設計されており、そのシンプルな展開図にも関わらず仕上がり造形は実に楽しく興味をそそるものなのである。



6 Excel で設計図を作る(参考)

学校現場で数学教育やデザイン教育の一環として生徒にカライドサイクルを作成させるのであれば、その用紙は A4 西洋紙が適当であろう。

芳賀先生は、Microsoft 社の Office-software である Excel による設計図を提示している。

まず、シートの 6 行 2 列(1 行から 6 行、A 列と B 列)に右図のように縦線と斜め線を罫線で入れる。これで、1 辺で連結する 2 つの四面体を組み立てることができる。

n 組の連結した四面体を作る場合はこれをコピーして作ればよい。

次にひし形の縦横の比を設定するが、Excel では行の高さはポイント(pt)、列の幅は標準フォントの文字数であり単位が異なっている。したがって、行や列を指定して「行の高さ」、「列の幅」で調整することはできない。そこで行と列に共通した単位であるピクセルを用いて設定する。

まず、Excel のシートの左上の▲をクリックするとシート全体が選択される。

次に左端の行番号のある行と行の間をドラックすると、高さ(ポイント)とピクセルが表示されるので、ピクセルを見ながら行の高さを変更すると、全行に適用される。

同様に、列についても、アルファベットのある列と列の間をドラッグすると、列幅(文字数)とピクセルが表示されるので、列全体を変更する。

1 ピクセルは解像度により異なり、パソコンの解像度が 72ppi の場合は約 0.35mm であるが、縦横幅の単位を揃えるために利用するだけなので、列幅は 200 ピクセルで固定し、縦の高さだけを調整する。

例えば $n=4$ では 141 ピクセルで隙間のないカライドサイクルを作ることができる。あとは見やすいようにシート画面をズームで調整し、印刷のサイズはプレビューで確認しページ設定で調整すればよい。

面である二等辺三角形の表面に模様や絵を描くには、Excel で図形(オートシェイプ)を挿入しよう。

ただ、図形は二等辺三角形を合わせたひし形の部分に挿入したほうがよい。辺で連結された 2 面が同時に回転で変化するからである。

ひし形の図形を選択したら、右クリックをし、「図形の書式設定」で、「塗りつぶし」を選択し「塗りつぶし(図またはテキスト)(P)」にチェックを入れる。

図の挿入ができるようになるので、ファイル、クリップボード、クリップアートから適当な図や模様を選んで挿入する。

挿入した図形はコピーして引き伸ばしや回転をして設計したカライドサイクルのセルに貼り付けていく。図形は、同心円の中心に向かって点対称になるように配置していくと、シンメトリーな変化を楽しむことができる。

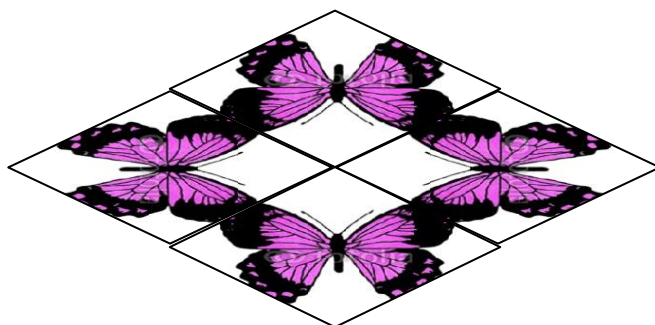
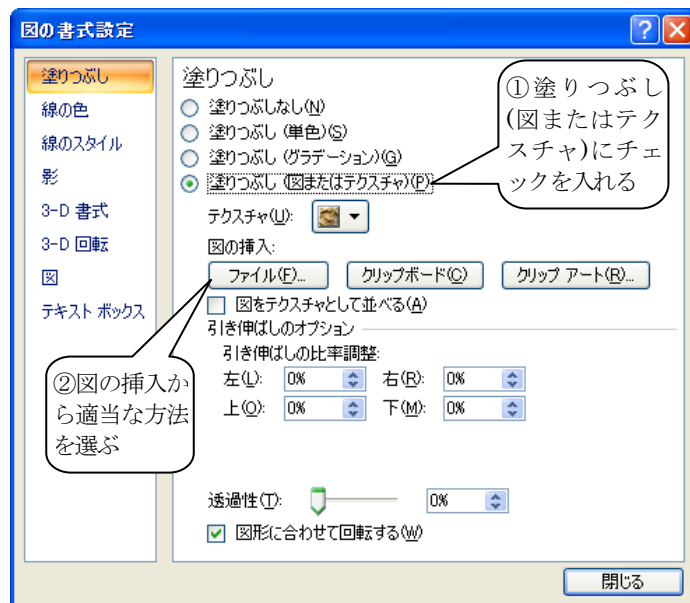
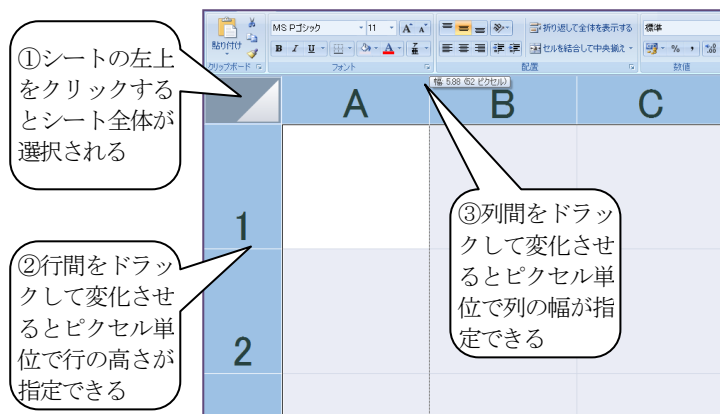
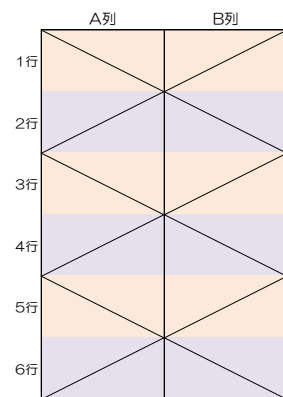
なお、図形を細かく動かす場合は、図形を選択した状態にしてから、矢印キー(カーソルキー)「→↓←↑」で動かして調整をする。

(Excel2010 では、Shift キーと Ctrl キーを組み合わせることで細かい回転、移動、伸縮が可能である)。

右図は、ひし形の図形に蝶を挿入し、回転させたものを組み合わせている。資料として作成したカライドサイクルの図案を何点か載せたので参考にいただきたい。

ただ、このように図形を挿入してこちらが描くことはカライドサイクルの本来の目的ではない。

カライドサイクルを作って楽しむのは生徒であり、生徒のアイデアが万華鏡のように色とりどりに咲く誇る様を何より鑑賞したいものである。



あとがき、そして謝辞

空間図形の単元では、空間的思考力を養うために生徒にカライドサイクルを提示しています。本当は、生徒にカライドサイクルを作成させて仕組みを理解させるのが一番いいのですが、ケント紙で図案を作成すること、それを生徒に折らせることは時間がかかることでもあり二の足を踏んでいました。購入したタツシエンジャパン出版の「M.C エッシャー カライドサイクル」は本をばらして切り抜くことに抵抗があり、カライドサイクルの絵が載ったオブジェと化してしまっています。インターネット上では数種の型紙が公開されており、「M.C エッシャー カライドサイクル」の中の1つもサンプルとしてあるので、そこでこれを組み立てていつも生徒に見せています。さすが芸術家が図柄をデザインしているだけあり、回転による4面だけでなくカライドサイクルを裏返しして回転させても万華は開きます。これほどの図は素人には難しい。

インターネットで公開されているカライドサイクルの図柄を紹介しましょう。

$n=3$ のときはひし形3面が同時に変化します。そこで3ヶ月毎のカレンダーを描き、押し出して回転させることで四季の移り変わりを示す絵とカレンダーが現れる実用的なものがあります。

$n=4$ のときはひし形4面が同時に変化します。4面は正形状になるので、その中に四季の星座を星座盤のように円形に描き、回転させると四季の星座が楽しめるようになっているものがあります。ただ、これは市販品であり、「手作りプラネタリウム(星座表)」という製品名(1枚100円)で売っていますがネット上ではいつも売り切れ状態。時折、このカライドサイクルを用いて市民セミナーが開催されているので、どこかのルートでは入手可能なかもしれません。これ以外にもPDFで公開されているものがあるので興味があればぐぐってみてはいかがでしょうか。

ただ、本当は自作のものを生徒に提示できれば理想的であり、そんな想いに耽りながらいつものように職員室でエッシャーのカライドサイクルをくるくる回していたところ、当時職場の同僚であった芳賀幸枝先生が近づいてきて、「面白いね」と言って興味を示していただきました。

芳賀先生は数実研ではお馴染みの加藤渾一先生と一緒に折り紙サークルで中心的な活動をしている先生だったので、「カライドサイクルは折り紙で折れないでしょうか」とお聞きしました。数日経った頃、芳賀先生の机の上には「折って作るからいどさいくる」がまるで手招きするように乗っていたのです。折り紙サークルで紹介(参考文献を参照)されたものをわざわざ持ってきてくれたのです。悩みが雲散霧消し、課題が一気に解決して扉が開きます。そして実現したのが本レポートであり、折り紙を興味津々で折る生徒達の姿でした。芳賀先生そして折り紙サークルの皆様深く感謝!!!!。

「折って作るからいどさいくる」のすごいなと思うのは、回転するときの四面体の強度まで配慮した繊細さと、ジャバラの端にある四面体を他端の四面体にねじ込むといった強引さ、すなわち緩急併せ持つところであり、何かしら教育の姿勢にも似ています。オリガミクスには、思考を真似ること、練ること、育てること、これからの新しい数学の可能性がいっぱい詰まっているのです。

カライドサイクルは、有限の中に無限をみる遊具です。四季を図柄にあしらうカライドサイクルが多いのは4面が四季を表すと同時に四季のめぐりが無限であるからです。だから、4回の回転で変化が完結してしまうのではなく「終わりは始まり」、「出口は入口」、「終焉は再生」であるように、無限を示唆して物語が進むものが描かれればいいと思います。例えば4面に漫画を描いて「4コマ漫画」を作るという実践報告もありますが、エンドロールの後にまた幕があがるものは作れないかと考えます。また、カライドサイクルの作成は平面充填図形やオイラーの多面体定理といった問題にも応用出来ないかと考えます。このように生徒に循環する思考(アルゴリズム)や発展・応用する思考を「有限と無限」というキーワードで与えてやると、やがて面白いカライドサイクルが生まれてくるのではないのでしょうか。

「遊びの博物誌」を著した坂根厳夫氏は、そのあとがきを次のように結んでいます。

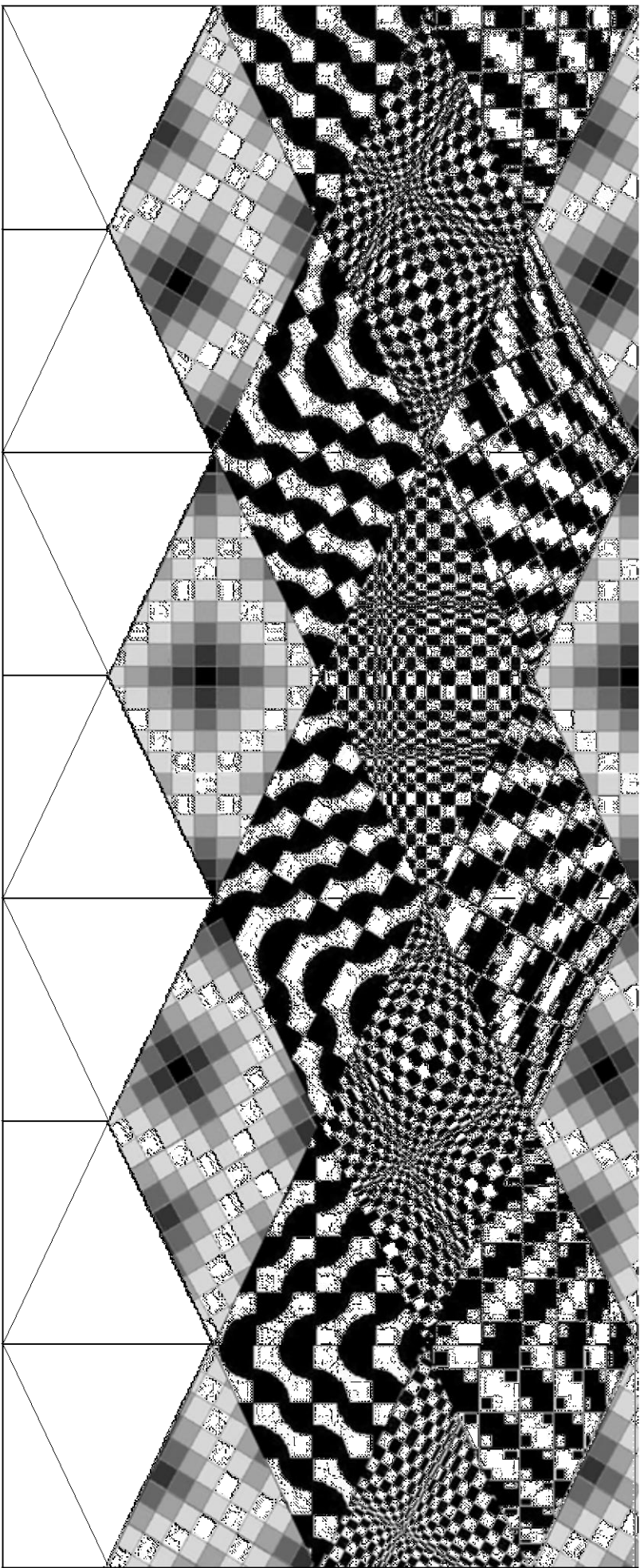
遊びが商業主義にまみれ、通俗化していくといいながら、しかし、その半面ではこんなふうに、ゆっくりと遊びの概念の文化的拡張が進み、人々の創造活動が活性化しているのを知ることができます。現代というのは、その意味からすると、実に興味ある時代だといえるでしょう。できれば、風俗化する遊びの世界と同時に、このもうひとつの現代の拡張された”遊び”の世界にも、これから先、人々の意識が向かっていくことを、私はひそかに期待しているのです。

坂根氏のいうひそかに期待した現代は1985年の頃。それから30年近く過ぎた現代においては、残念ながら拡張された”遊び”の世界は少し損なわれているようです。だからこそカライドサイクルが、有限のネットワークを通して遊びの無限的思考の可能性を徐々に引き出していくことを期待したいのです。

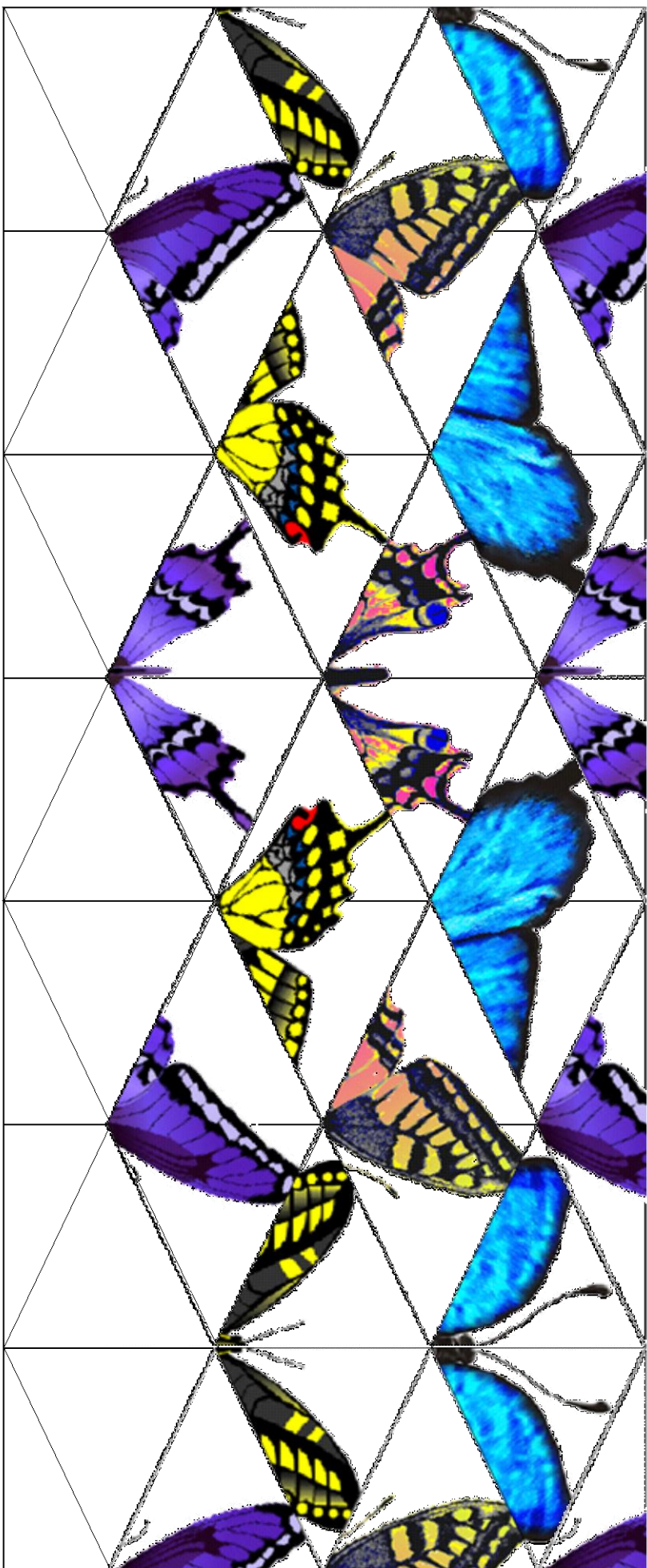
《参考文献》

- 「おりがみ工房 おりがみ ねじり折り 藤本修三ワールド」 誠文堂新光社 藤本修三著
藤本氏の折り紙は日本のみならず広く外国にも知られ、「フジモトキューブ」、「フジモトアップル」など氏の名前を冠するものもあります。カライドサイクルは「ぐるぐる三角」という名前でこの本で取り上げられています。また、2009年9月には正方形のカライドサイクルが折り紙サークルで実演されました。これらの資料は芳賀先生から提供していただきました。
- 「カライドサイクル(Kaleidocycle)について」
「Super Science Seminar ―紙工作との数学の関係― 無限に回転できる不思議な立体・カライドサイクルの数理」
以上、大西俊弘氏。氏はカライドサイクルに関する研究・報告をインターネット上に数多く公開しています。カライドサイクルを教育現場に広めたのは氏であり、本レポートでもずいぶん参考・参照させていただきました。
- 「カライドサイクル(Kaleidocycle)」 堀部和経氏
数実研では友田勝久先生とともに夏期セミナー、北数教では全道大会講演、いろいろお世話になった先生です。氏は、友田先生開発の3D-GRAPESのスク립トを用いてカライドサイクルのアニメーションも作っています。
そして、何よりカライドサイクルを考案したWallace Walker、Doris Schattschneiderの両氏に深く感謝します。

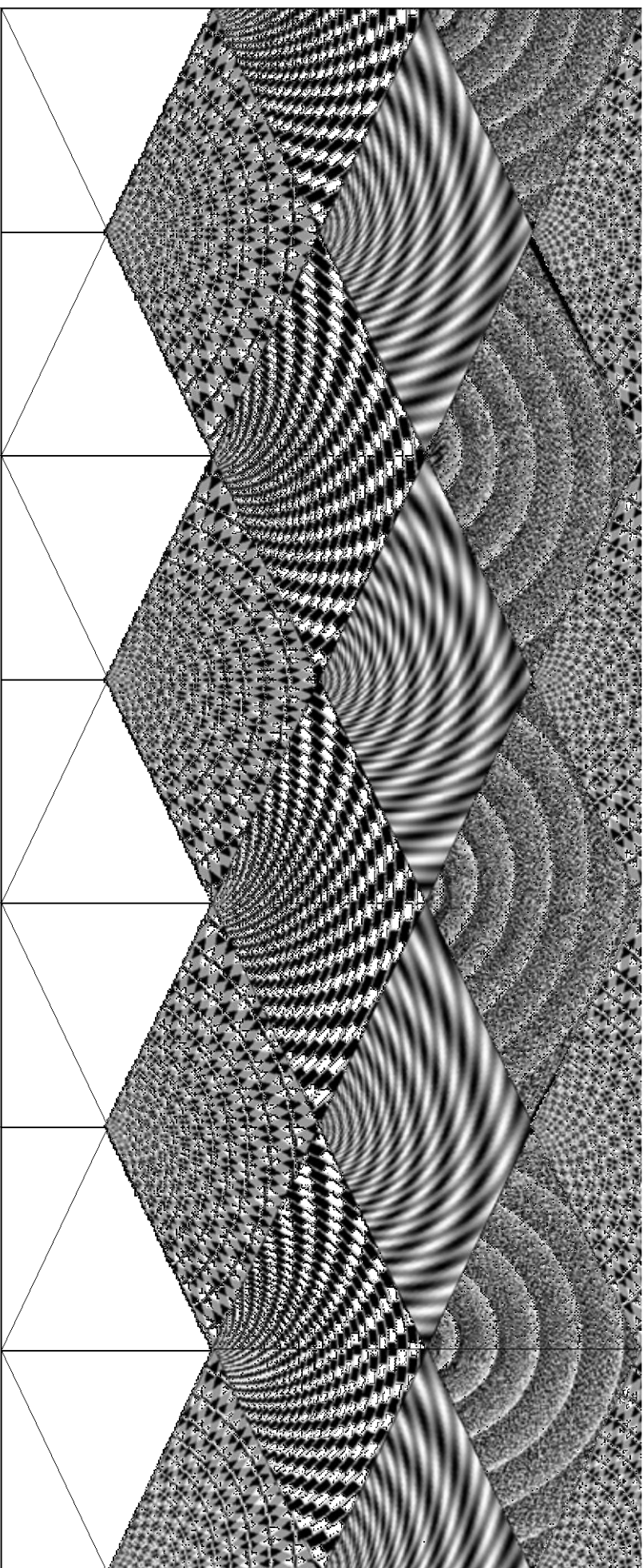
ドットパターンからいざせいへる



蝶が舞うからいぜさいくる



洞巻くからいぜさいくる



ぴらねたからいざさいくる

