

# 図形の敷き詰めには潜む数理

筑波大学教育開発国際協力研究センター

研究員 矢原 弘樹

## 1. はじめに

エッシャーによる図形の敷き詰めでは、図形に応じた敷き詰めパターンを利用して固有の芸術的表現が生み出されています。ここでは、その敷き詰めパターンを図形に応じて作り出せるソフトウェアを開発しました。

## 2. 使い方

このソフトウェアは、3つのフェーズから構成されます。

- ・ピースのくりぬく形を決める
- ・くりぬいた部分をピースのどの位置に配置するか決定する
- ・作成したピースを複製して敷き詰める

### 2.1 ピースのくりぬく形を決める

図1は起動時の画面になります。この画面でピースのくりぬく形を決めます。

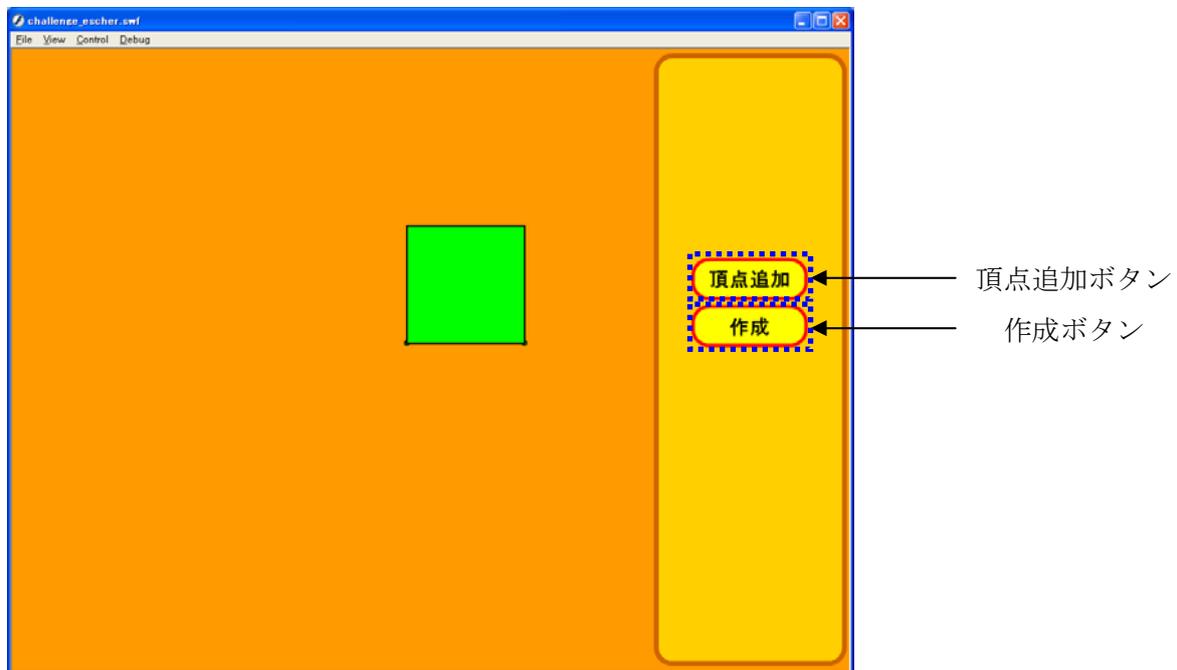


図1 フェーズ1：開始画面

### 2.1.1 始点と終点の決定

始点と終点はピースの下部の辺上のみを設定できます（図2参照）。

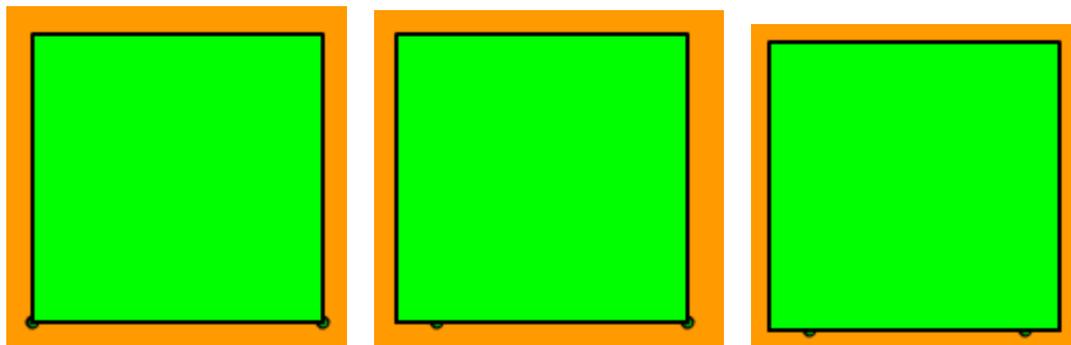


図2 接点の追加

### 2.1.2 頂点を追加する

複数の頂点を移動させてくりぬく図形の形を指定する。[点の追加]ボタンを押して、くりぬく図形を形成する頂点を追加します。追加される頂点は最後に追加された頂点と終点の中点の位置に作成されます（図3参照）。

作成された頂点はドラッグでピースの内側のみ自由に設定できます。

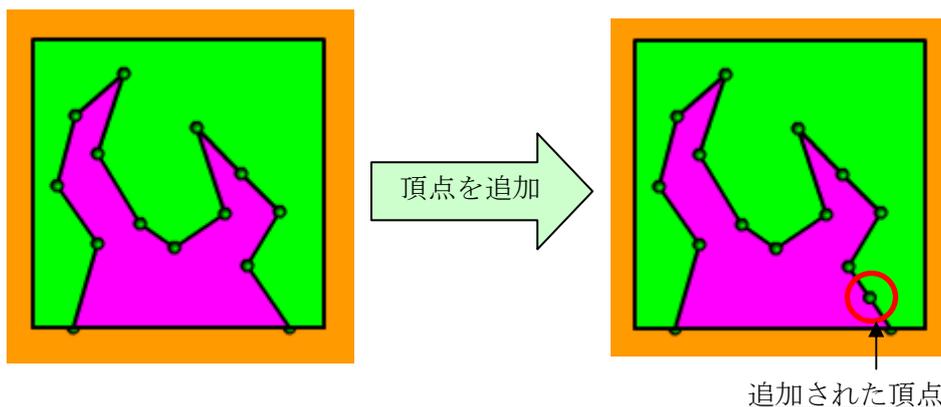


図3 頂点の追加

作りたいピースのくりぬく形が決まったら[作成]ボタンを押して、くりぬく図形を決定します。

## 2.2 くりぬいた部分をピースのどの位置に配置するか決定する

図4はピースをくりぬく形を決めた後、くりぬいた部分をピースのどの一に配置するか決定するための画面です。また、作業中に[印刷ボタン]を押して作業画面を印刷する事も可能です。

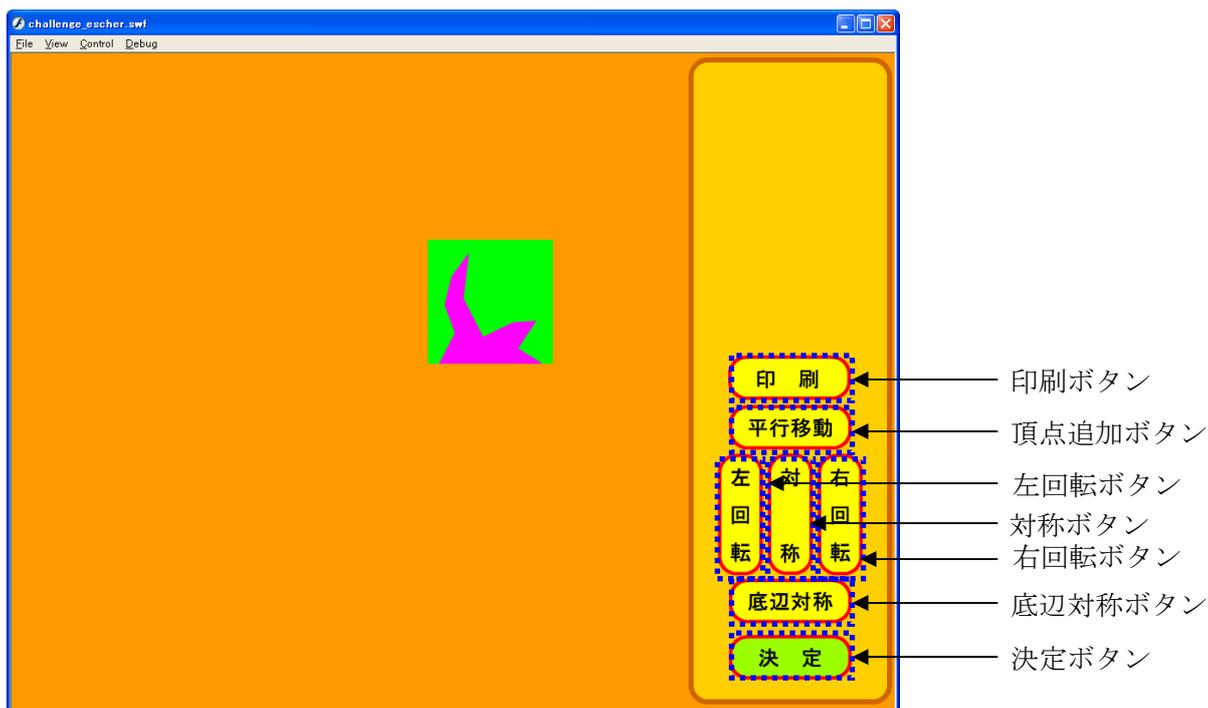


図4 フェーズ2：くりぬいた部分の配置

## 2.1 左回転、右回転、平行移動、底辺対称

はじめに、くりぬいた部分（ピンク色の部分）をどの位置に移動させるか決定する。操作は左回転[左回転ボタン]、右回転[右回転ボタン]、平行移動[平行移動ボタン]、底辺対称[底辺対称ボタン]の四種類あります。それぞれ、図5のように移動する。

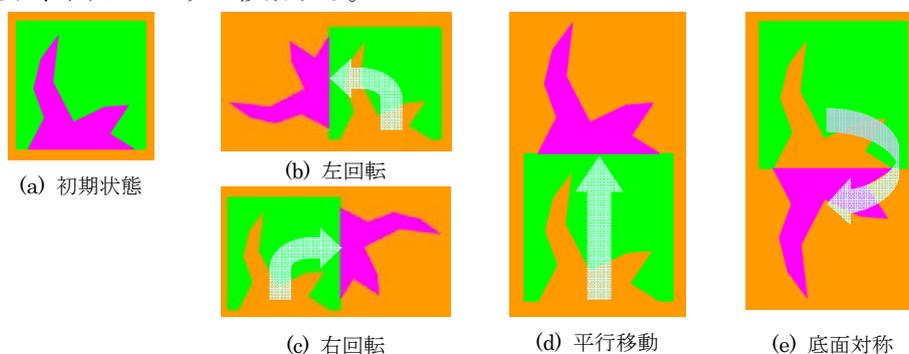


図5 左回転、右回転、平行移動、底辺対称

## 2.2 くりぬいた部分の対称移動

次に、必要に応じてくりぬいた部分を底辺の垂直二等分線で線対称となるように図形を対称移動させる。図6は、左回転、右回転、平行移動、底辺対称後の対称移動の結果になります。

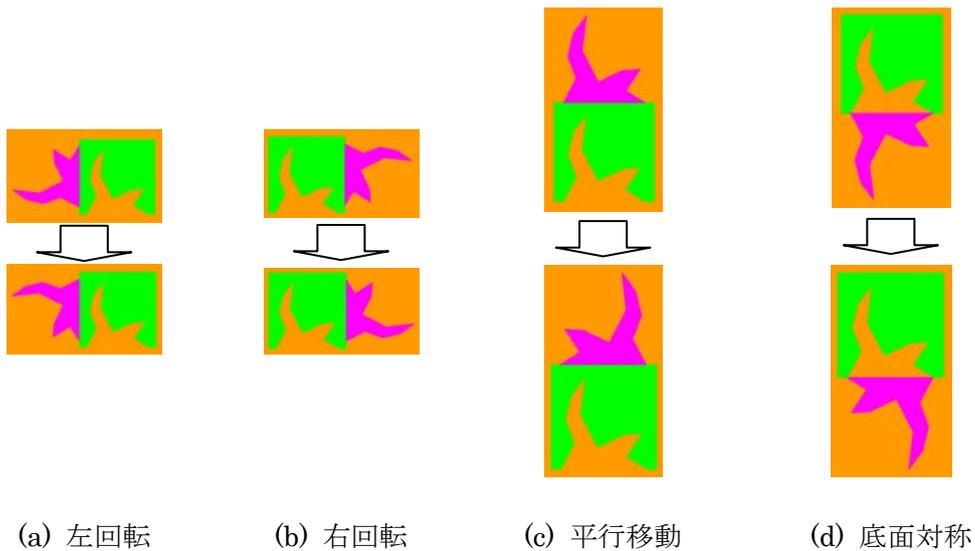


図6 対称移動

くりぬいた部分をピースのどの位置に配置するか決定したら[決定ボタン]を押してピースの形を確定させる。

### 2.3 作成したピースを複製して敷き詰める

図7は作成したピースを複製して敷き詰める画面になります。また、作業中に[印刷ボタン]を押して作業画面を印刷する事も可能です。

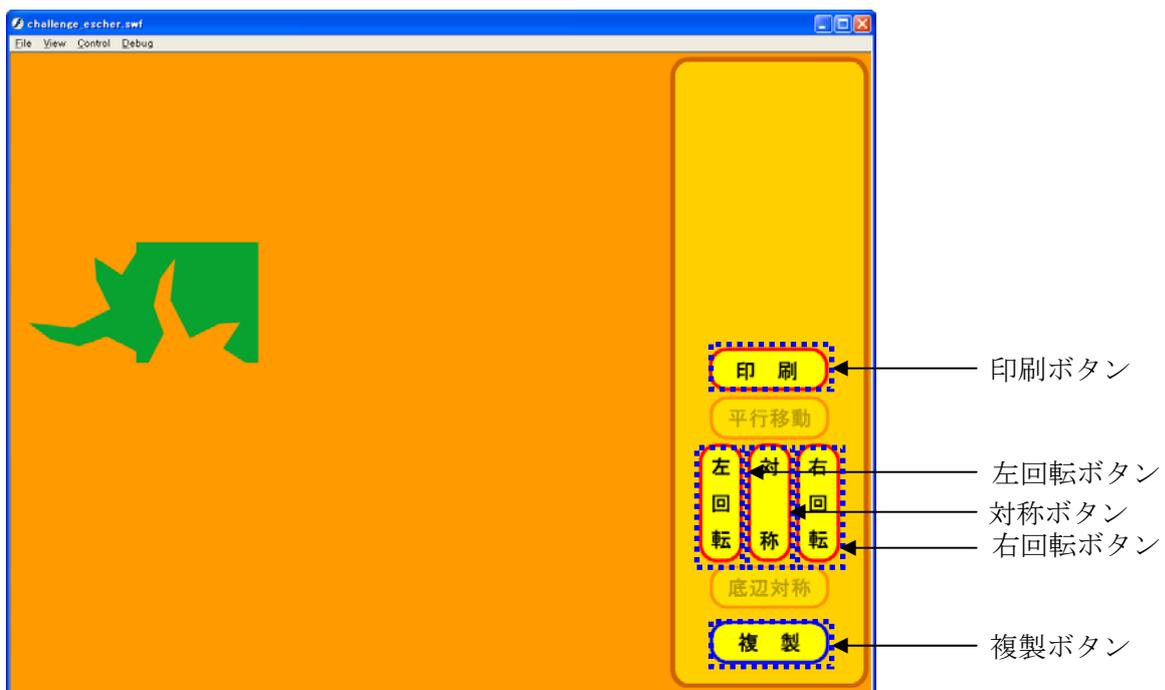


図7 フェーズ3：作成したピースを複製して敷き詰める

### 2.3.1 ピースへの操作

はじめに、ピースの上でクリックします。そうするとピースが選択されます。その後、[左回転]、[右回転ボタン]、[対称ボタン]を押してピースを回転、対称変形させる事が出来ます。図8は左回転、右回転、対称変形の結果を表しています。

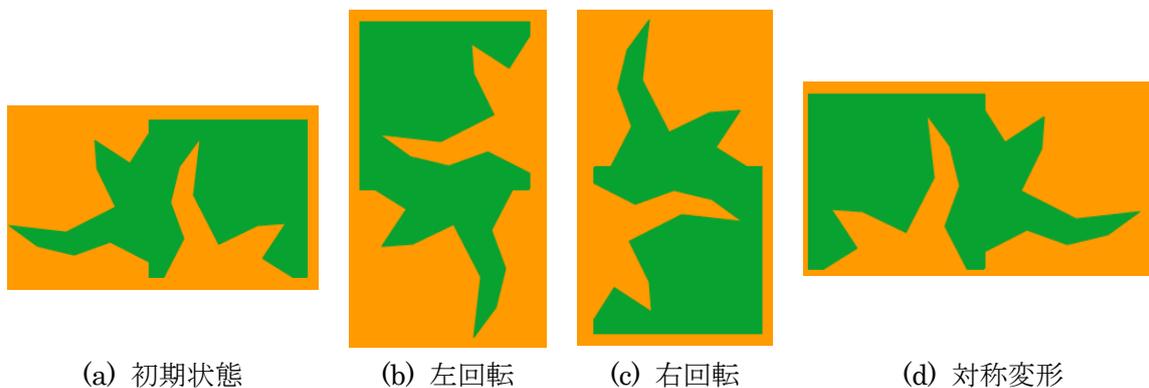


図8 ピースへの操作（左回転、右回転、対称変形）

ピースの上にカーソルを持ってくると、ピースをドラッグすることができます。ドラッグでピースを好きな位置に移動させることができます。

### 2.3.2 ピースの複製

[複製ボタン]を押す事でピースを複製する事が出来ます（図9参照）。

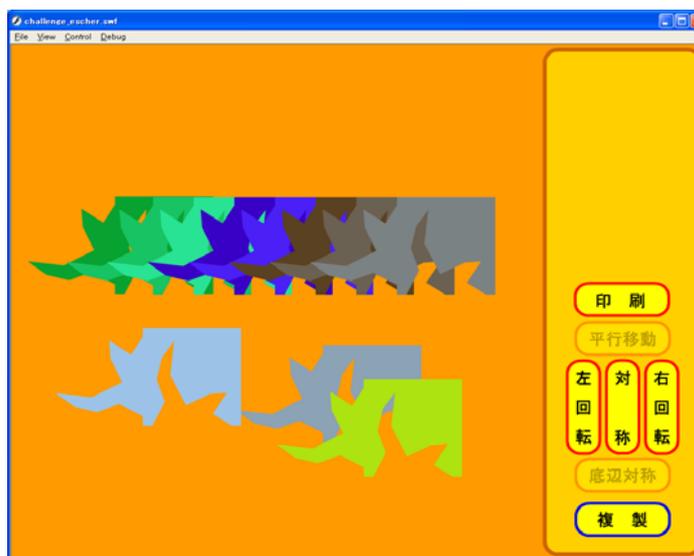


図9 ピースの複製

### 3 おわりに

複製したピースを配置して、隙間なく埋めていきましょう。くりぬいた部分の配置によって敷き詰めパターンに変化が出てきます（図10参照）。このソフトウェアはピースの構造と敷き詰めパターンの変化を学習する教材として使う事が期待できます。

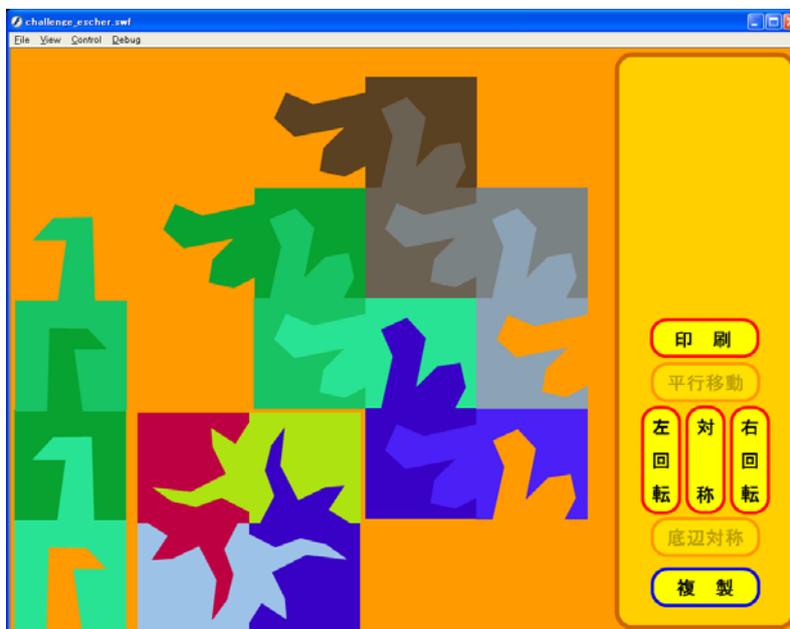


図10 図形の敷き詰め例

### 謝辞

このソフトウェアを開発するにあたり、常磐大学コミュニティ新興学部町英朋講師から多大な協力を賜りました。この場を借りて御礼申し上げます。

### URL

<http://math-info.criced.tsukuba.ac.jp/museum/tessellation/>