

# 芸術的タイルの作り方

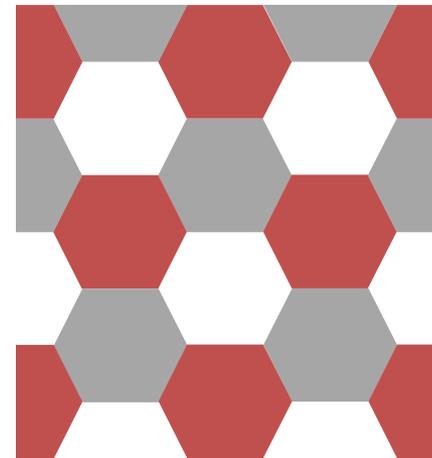
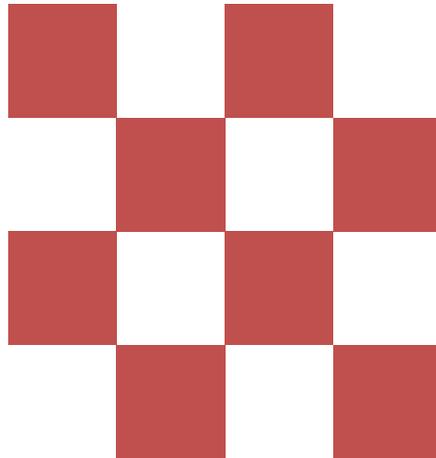
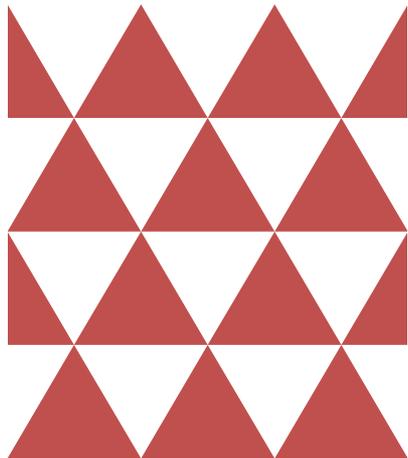
酒井 翔平, 今堀 慎治 | 名古屋大学

# タイルとは？

## タイル

平面を隙間・重なりなく敷き詰める図形

1種類のタイルによる 周期的タイリング

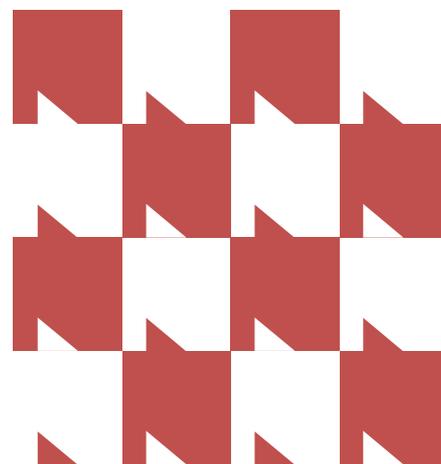
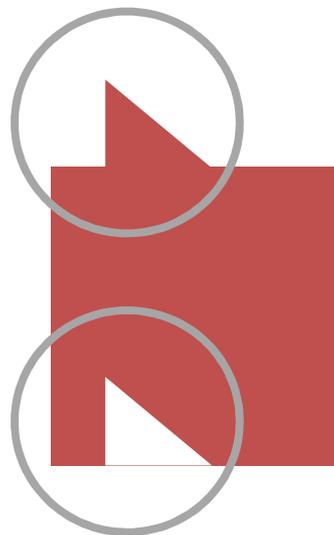
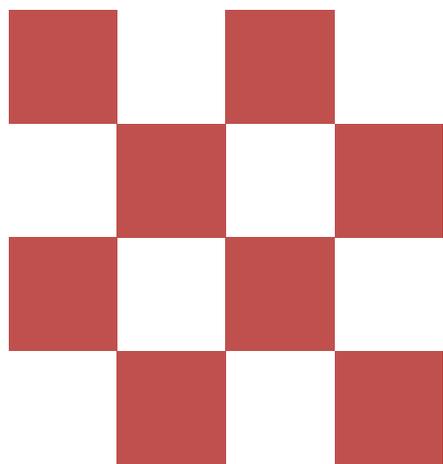


# 芸術的タイル？

## 基本タイル

17種類の等長変換群

93種類のタイリングタイプ



# 芸術的タイル | エッシャー化問題 [Kaplan, Salesin 2000]

## 芸術的タイル

“タイル” という枠組みの中で  
表現したい 形 (入力図形  $W$ ) がある

## エッシャー化問題

入力図形  $W$     出力図形  $T$

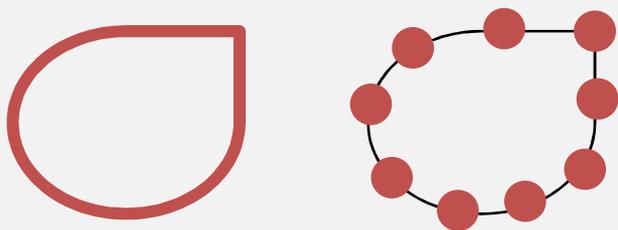
最小化             $W$  と  $T$  の距離

制約条件             $T$  はタイリング可能

# 小泉と杉原の方法 [Koizumi, Sugihara 2011]

## 図形の表現法

図形を点画で表現



## 目的 | 図形の距離

プロクラステス距離

回転, 伸縮, 平行移動を  
適切に施した状態での  
“ずれの二乗”の総和

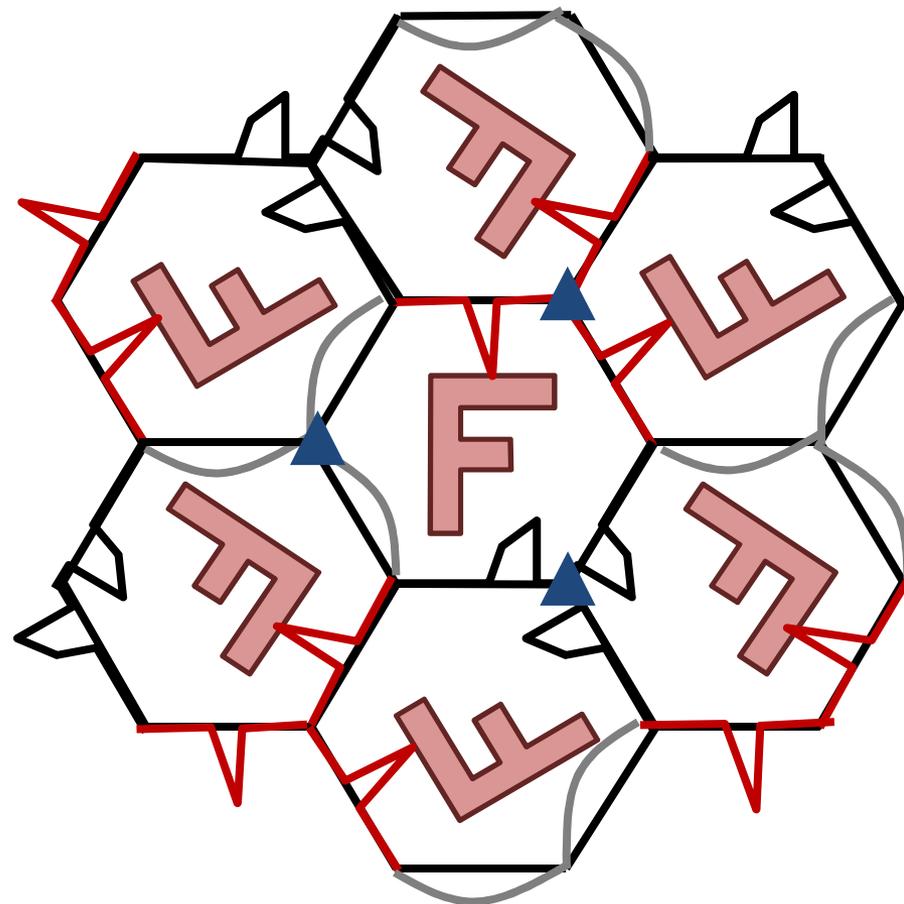
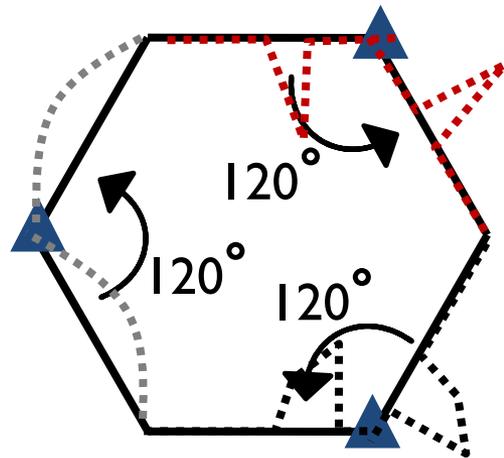
## 制約 | タイリング可能

次のスライドで！

## 得られる結果

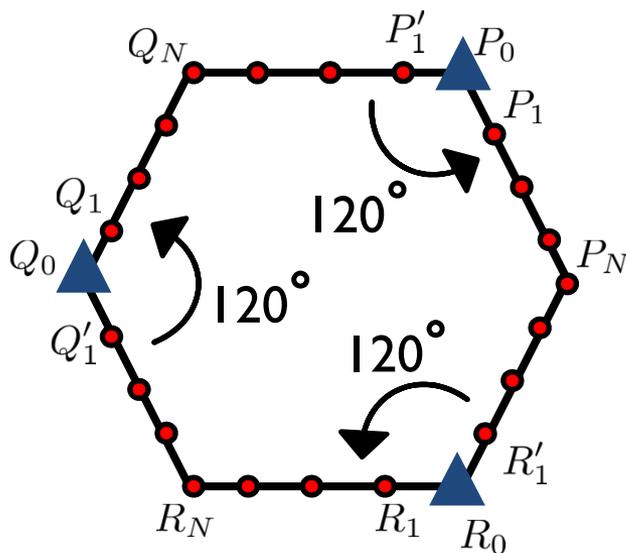
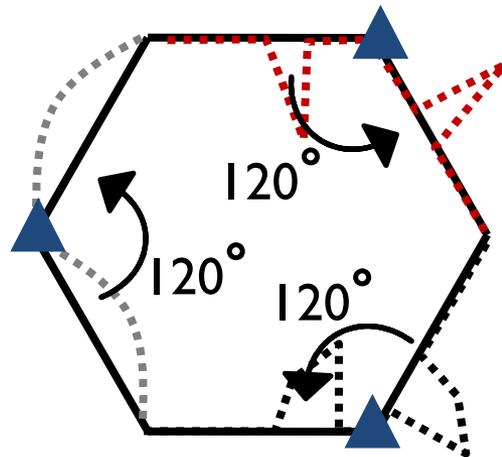
# 制約条件 | タイリング可能性

タイリングタイプ IH07



# 制約条件 | タイリング可能性

タイリングタイプ IH07



$$\begin{cases} S(P'_k - P_0) = P_k - P_0 (k = 1, \dots, N-1) \\ S(Q'_k - Q_0) = Q_k - Q_0 (k = 1, \dots, N-1) \\ S(R'_k - R_0) = R_k - R_0 (k = 1, \dots, N-1) \end{cases}$$

$S$  120°回転行列,  $N = n/6$

$$Au = 0$$

$A$  IH07固有の行列

$u$  出力図形 T

$$u = B\xi$$

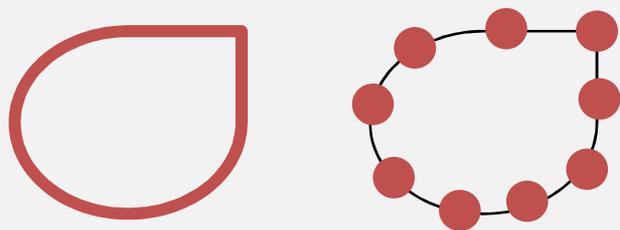
$B$  Ker  $A$ の正規直交基底を並べた行列

$\xi$  任意のベクトル

# 小泉と杉原の方法 [Koizumi, Sugihara 2011]

## 図形の表現法

図形を点画で表現



## 目的 | 図形の距離

プロクラステス距離

回転, 伸縮, 平行移動を適切に施した状態での“ずれの二乗”の総和

## 制約 | タイリング可能

$$u = B\xi$$

## 得られる結果 | 最適解

タイリング図形  $T$   $BB^T w$

プロクラステス距離  $\frac{\|B^T w\|^2}{\|w\|^2}$

$w$  入力図形  $W$

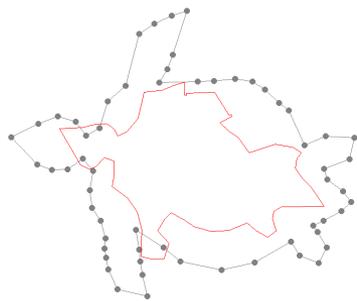
# 小泉杉原法の成果と課題

## 成果

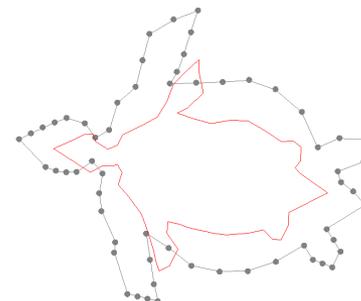
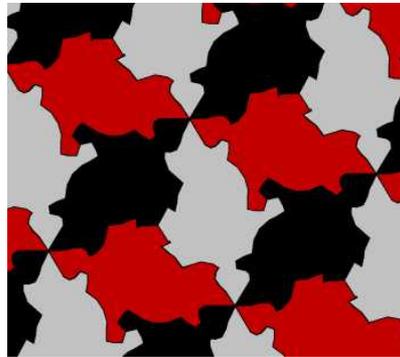
入力図形（点画）に対して“最適な”出力図形  
しばしば入力図形に近いタイルが得られる

## 課題

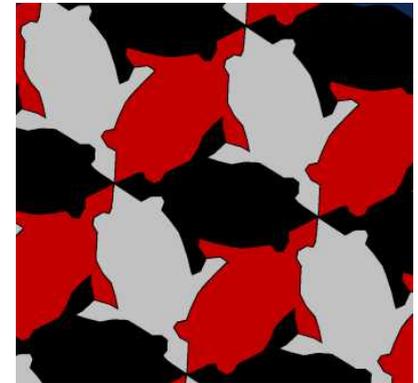
しばしば入力図形にほど遠いタイルが得られる



● 入力 — 出力

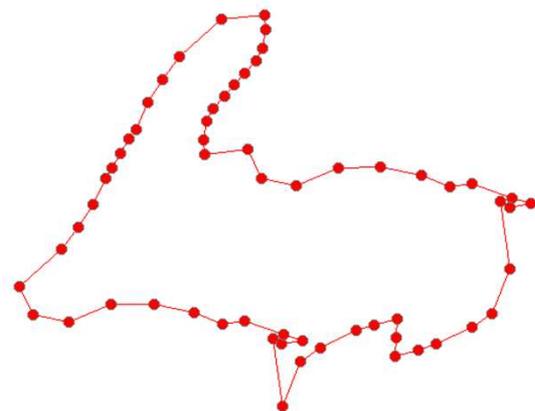
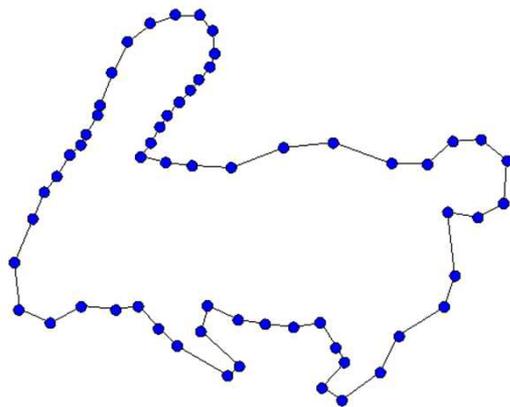
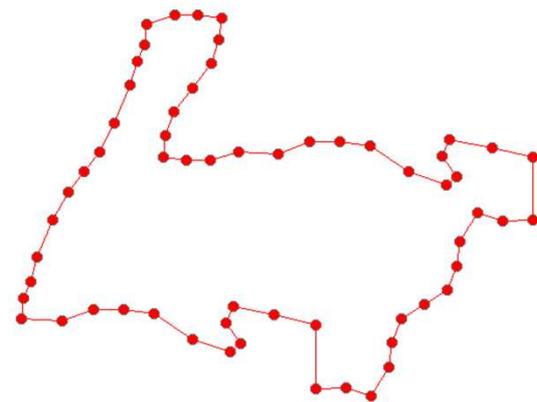
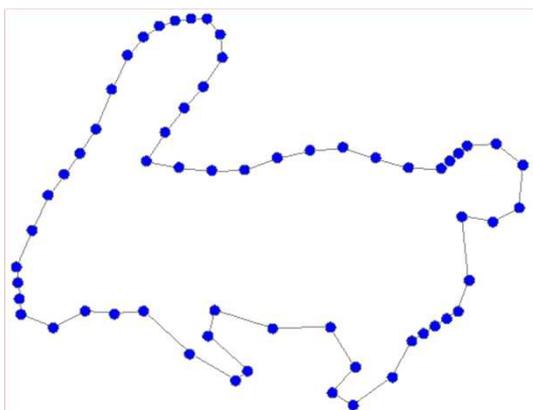
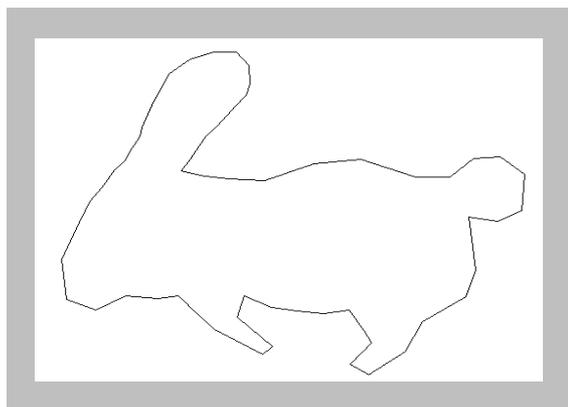


● 入力 — 出力



# 芸術的タイルにつながる点画

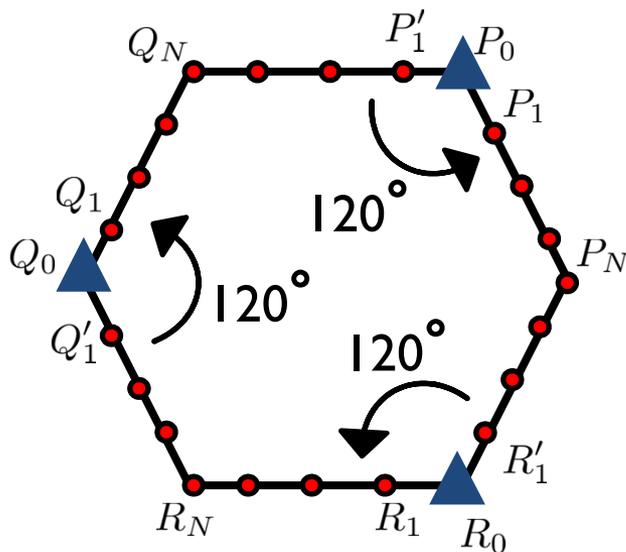
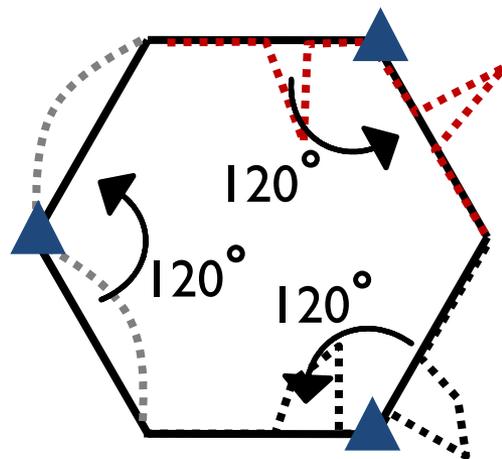
## 入力図形



## 点の打ち方の決定

図形の特徴を変えなければ何をやっても良い  
局所探索を用いていろいろ試してみる

# 制約条件再考



$$\begin{cases} S(P'_k - P_0) = P_k - P_0 (k = 1, \dots, N-1) \\ S(Q'_k - Q_0) = Q_k - Q_0 (k = 1, \dots, N-1) \\ S(R'_k - R_0) = R_k - R_0 (k = 1, \dots, N-1) \end{cases}$$

$S$  120°回転行列,  $N = n/6$

$$Au = 0$$

$A$  IH07固有の行列

$u$  出力図形 T

$$u = B\xi$$

$B$  Ker  $A$ の正規直交基底を並べた行列

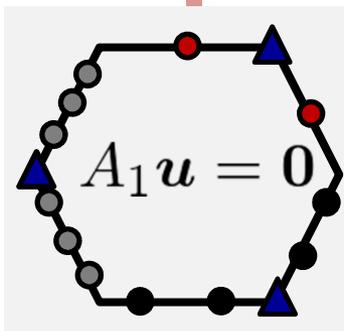
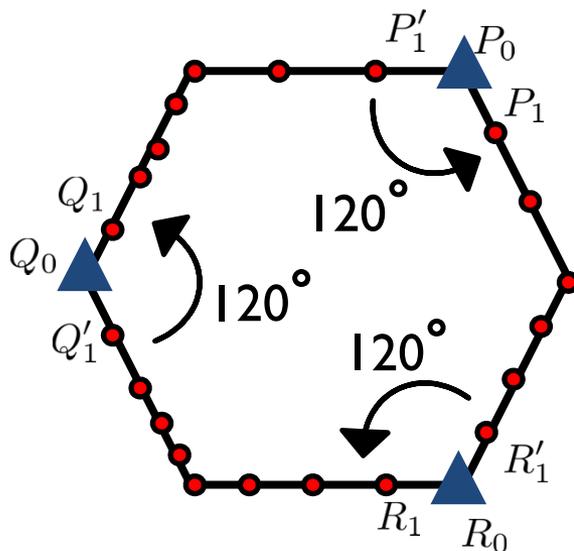
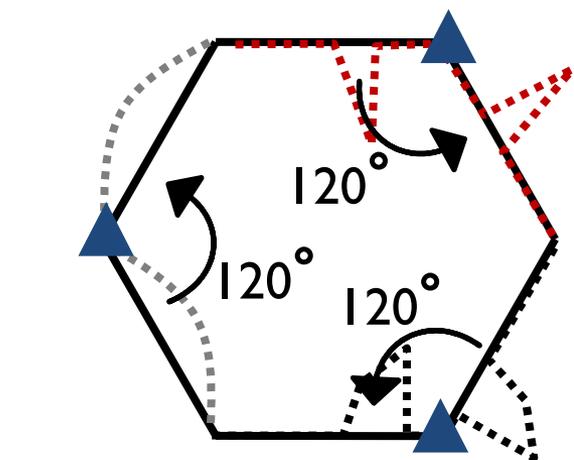
$\xi$  任意のベクトル

# 制約条件再考

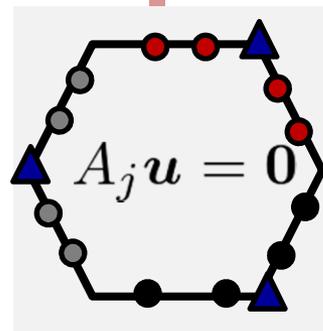
## 制約条件の緩和

影響のないところには自由度を  
 $F \mid P, Q, R$  の組合せの数

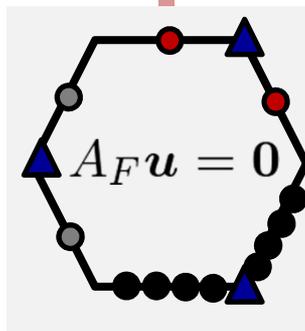
$$\begin{cases} S(P'_p - P_0) = P_p - P_0 & (p = 1, \dots, P) \\ S(Q'_q - Q_0) = Q_q - Q_0 & (q = 1, \dots, Q) \\ S(R'_r - R_0) = R_r - R_0 & (r = 1, \dots, R) \end{cases}$$



$$u = B_1 \xi$$



$$u = B_j \xi$$



$$u = B_F \xi$$

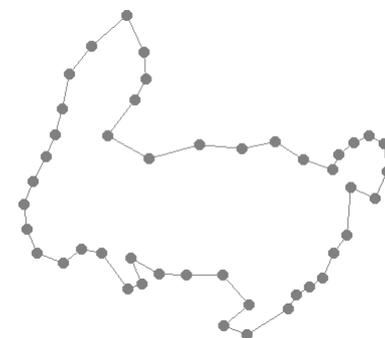
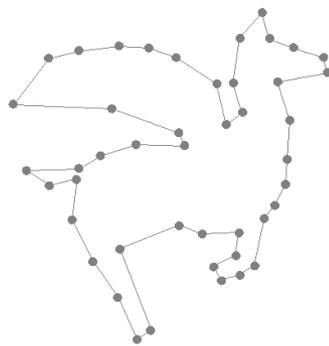
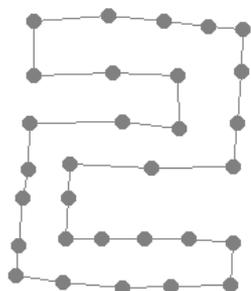
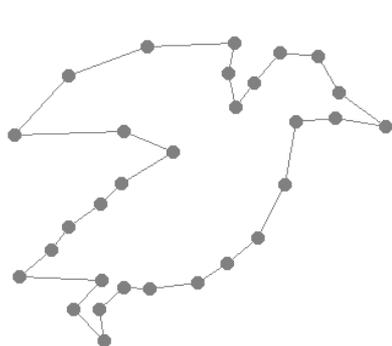
# 数値実験

## 実験内容

小泉杉原法と提案法の比較

## 入力図形

$n = 30$  Bird, 30 Two, 45 Pegasus, 45 Rabbit



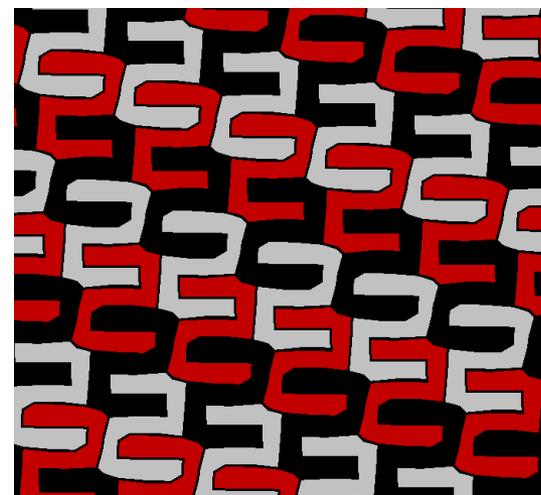
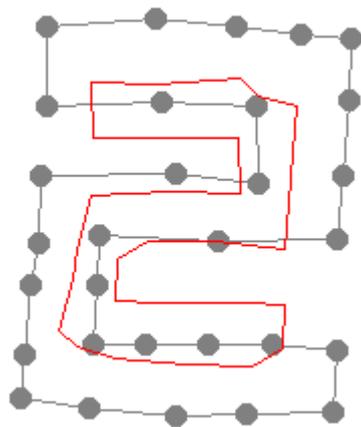
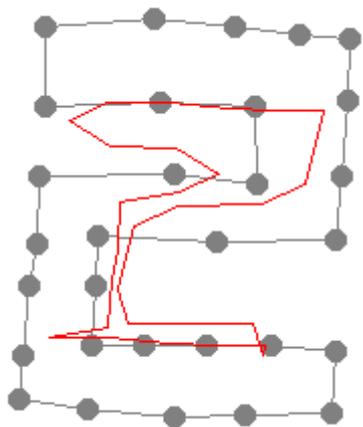
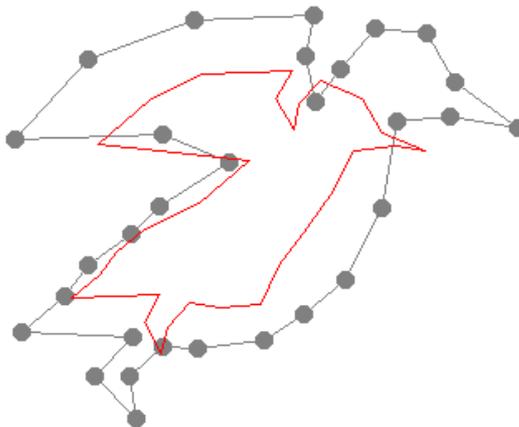
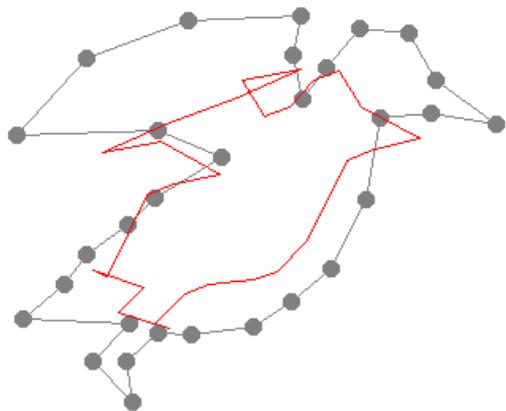
CPU	Intel Core i5-2400 (3.1GHz)
メモリ	8 GB
OS	Windows 7 Professional
言語	Java

# 数値実験の結果

小泉杉原法

提案法

- 入力
- 出力

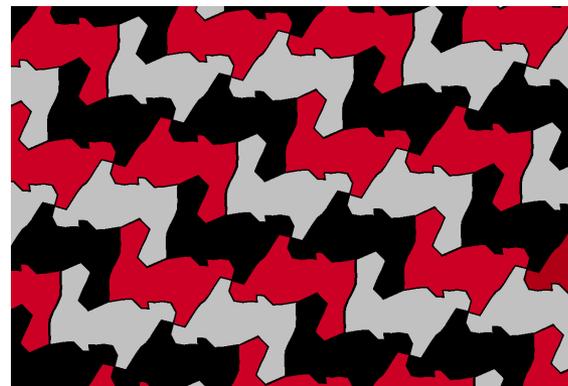
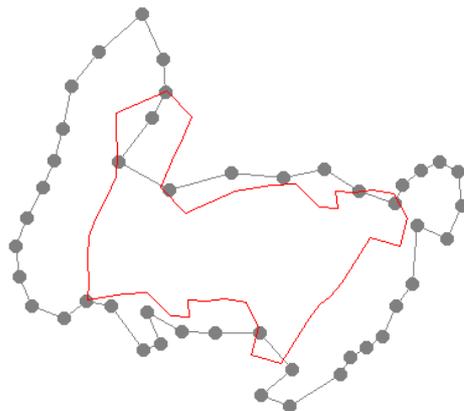
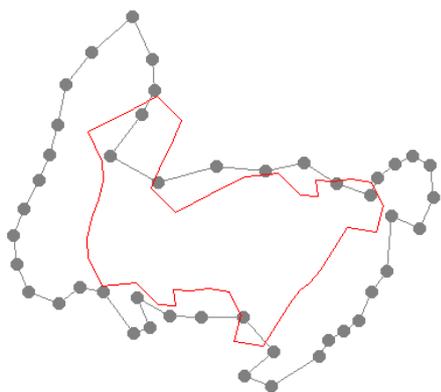
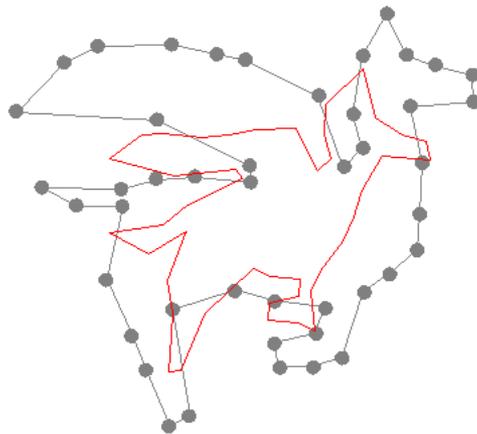
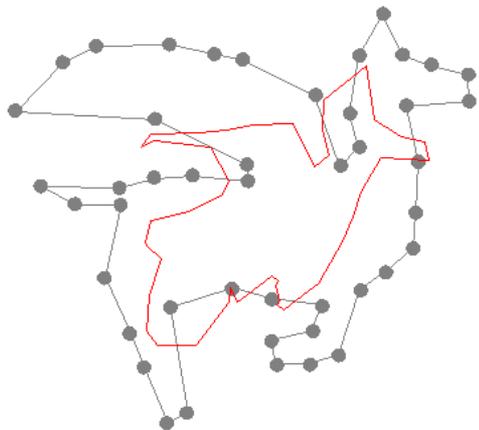


# 数値実験の結果

小泉杉原法

提案法

- 入力
- 出力



# まとめと課題

## まとめ

芸術的なタイル作成（支援）システム  
小泉と杉原の方法の発展を探っています

## 課題

計算時間の改善 ⇒ カーネルの計算手法の改善  
カーネル計算回数の削減

計算時間	Bird	Two	Pegasus	Rabbit
小泉杉原法	0.003[sec]	0.001[sec]	0.004[sec]	0.001[sec]
提案法	29.4[sec]	29.5[sec]	9.64[sec]	211[sec]