# 復元誤差によるノンフォトリアリスティックレンダリングの開発

研究代表者 平岡透 長崎県立大学 情報システム学部 教授

### 1 はじめに

本研究では、ノンフォトリアリスティックレンダリングに関する次の三つの研究を行った.

- 復元誤差によるノンフォトリアリスティックレンダリングの開発
- ② 敵対的生成ネットワークによる新しい表現の非写実的な画像の創発
- ③ アイトラッカーを用いた非写実的な画像の整理心理評価

本研究の成果を用いれば, SNS や Website などの見栄えの向上を図ることができる.また,個人情報保護 や情報セキュリティの観点から SNS や Website などで人や商品,看板を特定されたくない場合,単にぼかし やモザイクではなく,アーティスティックな表現が可能となる.

### 2 復元誤差によるノンフォトリアリスティックレンダリングの開発

復元誤差によるノンフォトリアリスティックレンダリングによって,新しいタイプの非写実的な画像を生成する方法を開発した.これまでの画像処理の多くの研究は,フィルタリング処理や誤差拡散法などでの誤差を低減させることに主眼を置かれ,例えば誤差拡散法では画像の高品質化や情報の埋め込みに利用されている.本研究において,発想を逆にして逆フィルタによる復元誤差を強調する.また,単に画像変換における変化量を強調する.このとき,反復計算を用いることによって復元誤差や変化量が蓄積され,自発的なパターンを形成する非写実的な画像が生成される.

具体的には、次の非写実的な画像を生成した.この中で「スムージングフィルタを用いた反応拡散模様風 画像」について詳細に説明するが、その他の非写実的な画像の生成の方法などについては発表資料を参照さ れたい.

- 重みシフトバイラテラルフィルタを用いたイスラム模様風画像
- ・ Circular Slope フィルタを用いた星屑風画像
- 相関係数を用いた一方向 Parallel-Fine-Curve-Line 画像
- スムージングフィルタを用いた反応拡散模様風画像
- ・ バイラテラルフィルタとアンシャープマスクを用いた RGB-D 画像からスムーズなモアレ風画像
- ・領域分割スムージングフィルタを用いた波紋画像
- ・ バイラテラルフィルタを用いた RGB-D 動画からのモアレ風動画
- ・ スペースが可変なストライプアート画像
- テンプレートによる相関係数を用いた波紋画像とチェッカーパターン画像
- 異なるウィンドウサイズの周辺差分フィルタを用いた点光源画像
- ・ ウィンドウサイズが拡張された Prewitt フィルタを用いた RGB-D 動画からのチェッカーパターン動画
- スムージングフィルタと折り返し処理を用いたまだら画像
- ・ RGB 間の相関係数を用いた流線画像
- ポアソン分布とエントロピーを用いたアブストラクトペインティング画像
- ・ 逆アイリスフィルタを用いたセル風画像
- スムージングフィルタを用いたストライプパッチワーク画像
- ・ 縦横スムージングフィルタを用いた流線画像

#### ■ スムージングフィルタを用いた反応拡散模様風画像

#### 2.1 まえがき

コンピュータグラフィックスの手法であるノンフォトリアリスティックレンダリングの研究は 1990 年頃 から行われており[1],現在ではさまざまな表現の非写実的な画像を生成するノンフォトリアリスティック レンダリングの手法が開発されている[2].これらの研究の中に,反応拡散模様風画像を生成するものがある [3][4].反応拡散模様[5]は、反応拡散過程の結果として自然界に形成される模様の一種で、シマウマの縞模様やチーターの斑点模様などの自然模様に似ている.反応拡散模様風画像を生成する研究は、数理科学とコンピュータグラフィックスを組み合わせた学際的な研究でもある.Werth[1]は、Photoshop でぼかしとシャープ化を繰り返して反応拡散模様風画像を生成した.Werth の手法ではランダムノイズを配置したシード画像から反応拡散模様風画像を生成していたため、平岡と浦浜[4]はフーリエ変換のローパスフィルタとアンシャープマスクを用いた反復処理により写真画像から反応拡散模様風画像を自動生成する方法を提案した.従来法[4]で生成された反応拡散模様風画像は、写真画像のエッジに沿って反応拡散模様を生成することで写真画像を再現することができた.しかしながら、従来法で生成される反応拡散模様には微細な凹凸が生じるという問題があった.

そこで本研究では、反応拡散模様に微細な凹凸を生じさせることなく、写真画像から反応拡散模様風画像 を自動生成できる方法を提案する.提案法は、円型ウィンドウを用いたスムージングフィルタと逆フィルタ [6]を用いた反復処理により実行される.円型ウィンドウのサイズは、写真画像内の位置に部分的に依存す る.従来法では反応拡散模様のサイズを部分的に変更することはできなかったが、提案法では円形ウィンド ウのサイズを部分的に変更することで反応拡散模様の大きさを部分的に変更することができる.反応拡散模 様の大きさを部分的に変えることにより、提案法の反応拡散模様風画像は従来法の反応拡散模様風画像とは 異なる印象を与えることができる.提案法の有効性を検証するために、各種写真画像による実験を行ったと ころ、反応拡散模様に微細な凹凸がないことを目視で確認した.また、提案法のパラメータ値を変化させた ときの反応拡散模様風画像の変化を視覚的に確認する実験を行った.さらに、アンケート調査により提案法 の反応拡散模様風画像と従来法の反応拡散模様風画像の見え方を比較する実験も行った.

### 2.2 方法

提案法は二つのステップで実装されている. Step 1 で写真画像の位置に応じて円形ウィンドウのサイズを 計算し, Step 2 で円型ウィンドウを用いたスムージングフィルタと逆フィルタを使用した反復処理を実行す る.

以下に提案法の手順の詳細を説明する.

- Step 0: グレースケールの写真画像の空間座標(*i*,*j*) (*i* = 0,1,2,…,*I* 1;*j* = 0,1,2,…,*J* 1)の入力画素値 を*f*<sub>*i*,*j*</sub>と定義する. 画素値*f*<sub>*i*,*j*</sub>は0から*U* - 1までの*U*段階の値を持つ.
- Step 1: 最小ウィンドウサイズと最大ウィンドウサイズをそれぞれ $W_{min}$ と $W_{max}$ とする.ここで、 $W_{min} > 0$ ,  $W_{max} > 0$ ,  $W_{min} < W_{max}$ である.平均ウィンドウサイズ $W_{ave}$ とウィンドウ幅 $W_{wid}$ は、次式で計算される.

$$W_{ave} = \frac{W_{min} + W_{max}}{2} \tag{1}$$

 $W_{wid} = W_{max} - W_{min}$ 

空間座標(i, j)から半径 $W_{ave}$ の円に含まれる画素の値 $f_{k,l}$ の集合を $A_{i,j}$ とする.ここで、集合  $A_{i,j}$ には 画素値 $f_{i,j}$ は含まれず、(k, l)は集合 $A_{i,j}$ に含まれる画素の空間座標を表す.集合 $A_{i,j}$ の要素を $f_{i,j,k,l}$ とす る.画素値 $f_{i,j}$ と集合 $A_{i,j}$ 内の画素値 $f_{i,j,k,l}$ の差の絶対値の平均 $g_{i,j}$ は、次式で計算される.

$$g_{i,j} = \frac{\sum_{f_{i,j,k,l} \in A_{i,j}} |f_{i,j} - f_{i,j,k,l}|}{M_{A,i,j}}$$
(3)

ここで、 $M_{A,i,i}$ は集合 $A_{i,i}$ に含まれる画素の数である.

平均値 $g_{i,j}$ を昇順にソートし、平均値 $g_{i,j}$ の順序を $h_{i,j}$ とする.空間座標(i,j)におけるウィンドウサイズ $W_{0,k,l}$ は、次式で計算される.

$$W_{0,k,l} = W_{max} - W_{wid} \frac{h_{i,j}}{v} \tag{4}$$

画素値 $f_{i,i}$ の変化が大きいほど、ウィンドウサイズ $W_{0,k,l}$ は小さくなる.

空間座標(i,j)から半径 $W_{ave}$ の円に含まれる画素のウィンドウサイズ $W_{0,k,l}$ の集合を $B_{i,j}$ とする.ここで,集合 $B_{i,j}$ にはウィンドウサイズ $W_{0,i,j}$ が含まれ、(k,l)は集合 $B_{i,j}$ に含まれる画素の空間座標を表す. 集合 $B_{i,j}$ の要素を $W_{0,i,j,k,l}$ とする.ウィンドウサイズ $W_{0,i,j,k,l}$ は、次式で平滑化される.

(2)

$$W_{i,j} = \frac{\sum_{W_{0,i,j,k,l} \in B_{i,j} W_{0,i,j,k,l}}}{\frac{M_{B,i,j}}{M_{B,i,j}}}$$

ここで、 $M_{B,i,j}$ は集合 $B_{i,j}$ に含まれる画素の数、 $W_{i,j}$ は平滑化されたウィンドウサイズである、隣接する位置のウィンドウサイズを滑らかに変化させることで、滑らかに変化する反応拡散模様を生成することができる.

(5)

Step 2: t回目の反復番号での画像の画素値を $f_{i,j}^{(t)}$ として定義する.ここで、 $f_{i,j}^{(0)} = f_{i,j}$ である.空間座標(i,j)から半径 $W_{i,j}$ の円に含まれるピクセルの値 $f_{k,l}^{(t-1)}$ の集合を $C_{i,j}^{(t-1)}$ とする.ここで、集合 $C_{i,j}^{(t-1)}$ には画素値 $f_{i,j}^{(t-1)}$ が含まれ、(k,l)は集合 $C_{i,j}^{(t-1)}$ に含まれる画素の空間座標を表す.集合 $C_{i,j}^{(t-1)}$ の要素を $f_{i,j,k,l}^{(t-1)}$ とする. 画素値 $f_{i,j}^{(t-1)}$ は、次式で平滑化される.

$$s_{i,j}^{(t)} = \frac{\sum_{\substack{f_{i,j,k,l} \in \mathcal{C}_{i,j}^{(t-1)} f_{i,j,k,l}^{(t-1)}}}{M_{C,i,j}}$$
(6)

ここで、 $M_{c,i,j}$ は集合 $C_{i,j}^{(t-1)}$ に含まれる画素の数、 $s_{i,j}^{(t)}$ は平滑化された画素値である. 画素値 $f_{i,j}^{(t)}$ は、次式による逆フィルタを使用して計算される.

$$f_{i,j}^{(t)} = f_{i,j}^{(t-1)} - s_{i,j}^{(t)} + f_{i,j}$$
(7)

 $f_{i,j}^{(t)}$ が0未満の場合, $f_{i,j}^{(t)}$ を0に設定する. $f_{i,j}^{(t)}$ がU-1より大きい場合, $f_{i,j}^{(t)}$ をU-1に設定する. 上記 Step 2の処理をT回繰り返す. 画素値 $f_{i,j}^{(T)}$ で構成される画像が反応拡散模様風画像である.

### 2.3 実験と結果

3 種類の実験を行った.一つ目の実験では提案法のパラメータ値を変化させて生成される反応拡散模様風 画像の変化を確認し、二つ目の実験では提案法をさまざまな写真画像に適用し、三つ目の実験では提案法の 反応拡散模様風画像と従来法の反応拡散模様風画像の見栄えをアンケート調査により比較した.一つ目の実 験では図1に示すレナ画像を使用し、二つの実験では図2に示す4枚の写真画像を使用し、三つ目の実験で はレナ画像と4枚の写真画像を使用した.実験に使用した写真画像はすべて 512×512 画素,256 階調であ る.



図1 レナ画像



図2 さまざまな写真画像

# 2.3.1 パラメータの値を変化させた実験

反復回数Tを変化させた反応拡散模様風画像を Lenna 画像を用いて視覚的に確認した.反復回数Tは, 10, 20, 50, 100 に設定した.他のパラメータ $W_{min}$ と $W_{max}$ は,それぞれ4と12に設定した.実験の結果を図3 に示す.反復回数Tが増加するにつれて,反応拡散模様が明確になった.





ウィンドウサイズ $W_{min}$ を変化させた反応拡散模様風画像を Lenna 画像を用いて視覚的に確認した. ウィンドウサイズ $W_{min}$ は、2、3、4、5 に設定した. 他のパラメータ $T \ge W_{max}$ は、それぞれ 100 と 12 に設定した. 実験の結果を図 4 に示す. レナ画像のエッジ付近を観察すると、ウィンドウサイズ $W_{min}$ が小さいほど、エッジ付近でより微細な反応拡散模様が生成された.



 (a)  $W_{min} = 2$  (b)  $W_{min} = 3$  (c)  $W_{min} = 4$  (d)  $W_{min} = 5$  

 図4 ウィンドウサイズ $W_{min}$ を変化させた場合の反応拡散模様風画像

ウィンドウサイズ $W_{max}$ を変化させた反応拡散模様風画像を Lenna 画像を用いて視覚的に確認した. ウィンドウサイズ $W_{max}$ は、8、10、12、14 に設定した. 他のパラメータ $T \ge W_{min}$ は、それぞれ 100 と 4 に設定した. 実験の結果を図 5 に示す. 写真画像の濃度変化が小さい部分を観察すると、ウィンドウサイズ $W_{max}$ が大きいほど、反応拡散模様が大きく表現された.



 (a)  $W_{max} = 8$  (b)  $W_{max} = 10$  (c)  $W_{max} = 12$  (d)  $W_{max} = 14$  

 図 5 ウィンドウサイズ $W_{max}$ を変化させた場合の反応拡散模様風画像

### 2.3.2 さまざまな写真画像を用いた実験

提案法を図2に示す4枚の写真画像に適用した.パラメータT, W<sub>min</sub>, W<sub>max</sub>は,それぞれ100,4,12に設定した.実験の結果を図6に示す.すべての反応拡散模様風画像は,自動的に生成され,部分的にサイズが可変の反応拡散模様で構成された.反応拡散模様は写真画像のエッジ付近で細かく表現され,写真画像の濃度変化が小さい領域では反応拡散模様が大きく表現された.



図6 さまざまな反応拡散模様風画像

図1と図2の5枚の写真画像から従来法で生成した反応拡散模様風画像を図7に示す.従来法による反応 拡散模様風画像(図7)の反応拡散模様の詳細を見ると、反応拡散模様に微細な凹凸が生じていた.一方、提 案法の反応拡散模様風画像(図3(d)、図6)の反応拡散模様には微細な凹凸は発生しなかった.



図7 従来法によって生成された反応拡散模様風画像

### 2.3.2 アンケート調査による従来法との比較実験

提案法と従来法により生成された反応拡散模様風画像の見栄えをアンケート調査により比較した. 被験者 には提案法として図3(d)と図6の反応拡散模様風画像群を,従来法として図7の反応拡散模様風画像群を提 示し, 提案法と従来法の反応拡散模様風画像群のいずれかで綺麗に見える反応拡散模様風画像群を選択し てもらった. 綺麗に見えるとは,反応拡散模様が明確に表現され,写真画像を想起しやすく,反応拡散模様 風画像全体が綺麗に見えることを意味する. 反応拡散模様が明確に表現されているということは,反応拡散 模様が微細な凹凸なく表現されていると考えられる. 対象者は73名であり,うち男性39名,女性34名で、 年齢は18歳が22名,19歳が36名,20歳が15名であった. アンケート調査の結果,72名が提案法の反応 拡散模様風画像群を選択し、1 名が従来法の反応拡散模様風画像群を選択した. すなわち,提案法の反応拡 散模様風画像は従来法の反応拡散模様風画像よりも綺麗に見える.

## 2.4 むすび

写真画像から部分的に反応拡散模様の大きさが可変な反応拡散模様風画像を自動生成するノンフォトリア リスティックレンダリングの方法を提案した.提案法は、従来法を拡張したものであり、円型ウィンドウを 用いたスムージングフィルタと逆フィルタを使用した反復処理により実行される.さまざまな写真画像を用 いた実験により、従来法と比較して、提案法は微細な凹凸のない反応拡散模様を生成できることがわかった. また、提案法はパラメータの値を変えることで異なる反応拡散模様風画像を自動生成でき、例えば反応拡散 模様の大きさを部分的に変えることができることがわかった.さらに、アンケート調査により、提案法は従 来法に比べて見栄えを改善できることもわかった.

今後の課題は、提案法をカラーの写真画像や動画に拡張して適用することである.

### 3 敵対的生成ネットワークによる新しい表現の非写実的な画像の創発

敵対的生成ネットワーク(GAN: Generative Adversarial Network)の一つである DCGAN (Deep Convolutional GAN) [7]を用いて、セル風画像[8]とParallel-Fine-Curve-Line 画像[9]を合成し、新しい表現の非写実的な画像を創発させる研究を行った. 学習データとして、 512 画素×512 画素で 256 諧調のグレースケールの写真画像を用意し、セル風画像と Parallel-Fine-Curve-Line 画像をそれぞれパラメータの値を変えて 36 種類生成した. さらに、セル風画像と Parallel-Fine-Curve-Line 画像に対して特徴強調(2パターン)やコントラスト強調(4パターン)、拡大縮小(4パターン)を行い、学習データを増やした. 実験の結果得られたセル風画像と Parallel-Fine-Curve-Line 画像の合成画像の一例を図 8 に示す.



図 8 DCGAN によるセル風画像と Parallel-Fine-Curve-Line 画像の合成画像の一例

### 4 アイトラッカーを用いた非写実的な画像の整理心理評価

非写実的な画像を生理学的側面から評価する方法を検討し、非写実的な画像を見るときの視線動作を用いた基礎実験を行った.基礎実験の被験者は、日本人 20 名(男性 10 名,女性 10 名;20 歳 4 名,21 歳 5 名,22 歳 8 名,23 歳 2 名,25 歳 1 名)とした.

非写実的な画像として、パラメータ値を変更して生成されたセル風画像[2]を用いた.6枚の写真画像を用 意し、一枚の写真画像に対してパラメータの値を変えて5種類のセル風画像を生成した.二つのセル風画像 を左右に並べて配置し、アイトラッカー(Tobii Pro Lab)で被験者の視線を追跡し、どちらの細胞様画像が より綺麗に見えるかを回答してもらった.このとき、一枚の写真画像から生成されたセル画像を左右に並べ て配置する組み合わせは、20通りである.すなわち、6枚の写真画像に対して組み合わせは120通りとなり、 20名の被験者に対して実験を行うため2400の回答が得られることになる.また、ディスプレイと被験者の 目との距離は55cmから60cmに設定した.一つの組み合わせを7秒間表示した後、白地の中央に黒い点が描 かれた画面を1.5秒間表示し、被験者に回答を求めた.白地の中央に黒い点を表示する理由は、組み合わせ を切り替える際に視点を中央に移動させるためである.

各パラメータのセル風画像が表示される回数は960回となり、被験者がより綺麗に見えると回答した回数 を $p_i(i = 1,2,3,4,5)$ とすると、評価値 $a_i$ は $p_i$ /960となる、すなわち、 $a_i$ は各パラメータ値におけるセル風画像の 評価値であり、 $a_i$ が 0.5 より大きい場合、そのパラメータ値に対するセル風画像が比較的綺麗に見えると評 価されたことを意味する、また、各パラメータ値におけるセル風画像の注視時間の平均を $t_i$ (i = 1,2,3,4,5)秒 とする、評価値 $a_i$ と注視時間の平均 $t_i$ を用いて、被験者の嗜好と注視時間の関係を明らかにする.

評価値 $a_i$ と注視時間の平均値 $t_i$ を表1に示す.表1より,評価値 $a_i$ を降順に並べると, $a_i$ は0.809,0.631,0.442,0.417,0.201となり,注視時間の平均値 $t_i$ は3.596,3.489,3.095,3.053,2.894であり,このときのパラメータ番号iは2,1,5,3,4であった.パラメータ番号1,2は評価値が0.5以上であり、パラメータ番号3,4,5は評価値が0.5未満であった.すなわち,パラメータ番号1,2のセル風画像は比較的綺麗に見えることがわかった.また,評価値 $a_i$ が高いほど注視時間の平均値 $t_i$ が長くなることもわかった.すなわち,セル風画像を2枚並べた場合,被験者はより綺麗に見えるセル風画像をより長く注視する傾向がることもわかった.

パラメータ番号i	評価值 $a_i$	注視時間の平均値t <sub>i</sub>
1	0.631	3.489
2	0.809	3.596
3	0.417	3.053
4	0.201	2.894
5	0.442	3.095

表1 評価値a<sub>i</sub>と注視時間の平均値t<sub>i</sub>の関係

# 【参考文献】

- [1] Paul Haeberli, "Paint by Numbers: Abstract Image Representations", ACM SIGGRAPH Computer Graphics, vol.24, no.4, pp.207-214, 1990.
- [2] Paul L. Rosin, Yu-Kun Lai, David Mould, Ran Yi, Itamar Berger, Lars Doyle, Seungyong Lee, Chuan Li, Yong-Jin Liu, Amir Semmo, Ariel Shamir, Minjung Son and Holger Winnemoller, "NPRportrait 1.0: A Three-Level Benchmark for Non-Photorealistic Rendering of Portraits", Computational Visual Media, vol.8, no.3, pp.445-465, 2022.
- [3] Andrew Werth, "Turing Patterns in Photoshop", Proceedings of Bridges 2015: Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture, pp.459-462, 2015.
- [4] 平岡透, 浦浜喜一, "フーリエ変換による反応拡散模様風画像の生成", 画像電子学会誌, Vol.46, No.1, pp.218-221, Jan. 2017.
- [5] Shigeru Kondo and Takashi Miura, "Reaction-Diffusion Model as a Framework for Understanding Biological Pattern Formation", Science, vol.329, pp.1616-1620, 2010.

- [6] Zihan Yu and Kiichi Urahama, "Iterative Method for Inverse Nonlinear Image Processing", IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.E97-A, no.2, pp.719-721, 2014.
- [7] Alec Radford, Luke Metz and Soumith Chintala, "Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks", 4th International Conference on Learning Representations, arXiv:1511.06434, pp.1-16, 2016.
- [8] Toru Hiraoka and Kohei Maeda, "Generation of Cell-like Images Using Euclidean Distance from Edge", Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol.8, No.1, pp.14-17, 2021.
- [9] Toru Hiraoka, Tetsuya Katayama and Kiichi Urahama, "Generation of Parallel-Fine-Curve-Line Images by Iterative Calculation Using Correlation Coefficient", ICIC Express Letters, Vol.12, No.11, pp.1131-1136, 2018.

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Quality Improvement for Generation of Islamic-Pattern-Like Images Using Weight-Shifted Bilateral Filter	ICIC Express Letters	Apr. 2023
Generation of Stardust-Like Images Using Circular Slope Filter	ICIC Express Letters	May. 2023
Generation of One-Orientated Parallel- Fine-Curve-Line Images by Iterative Calculation Using Correlation Coefficient from Average Value	ICIC Express Letters	Jun. 2023
Generation of Reaction-Diffusion- Pattern-Like Images with Partially Variable Size	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Jun. 2023
Generation of Smooth Moire-Like Images from RGB-D Images	ICIC Express Letters	Jul. 2023
Generation of Width-Changing Ripple Images Using Region-Divided Smoothing Filter	ICIC Express Letters	Aug. 2023
バイラテラルフィルタを用いた RGB-D 動 画からのモアレ風動画の生成	産業応用工学会誌	Sep. 2023
Generation of Stripe-Art Images with Variable Stripe Spacing	Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	Oct. 2023
Underwater Image Enhancement by Linear Contrast Transform with Gray World Assumption	Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	Oct. 2023
Generation of Ripple and Checkered- Pattern Images Using Correlation Coefficient with Template	ICIC Express Letters	Nov. 2023
A Method to Improve the Quality of Point-Light-Style Images Using Peripheral Difference Filters with Different Window Sizes	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Nov. 2023
Fundamental Experiments for Gaze Evaluation of Non-Photorealistic Images Generated by NPR	ICIC Express Letters	Dec. 2023
Generation of Checkered-Pattern Videos from RGB-D Videos	ICIC Express Letters	Dec. 2023
Quality Improvement of Mottled Images Generated Using Smoothing Filtering and Extension / Return Processing	ICIC Express Letters	Jan. 2024
An Iterative Raster Scan Algorithm for	Journal of the Institute of	Jan. 2024

〈発表資料〉

~		
Superpixel Segmentation	Industrial Applications	
	Engineers	
	Linginoons	
Generation of Streamline Images Using	ICIC Express Letters	Feb 2024
Correlation Coefficients Between RGB	1010 Express Letters	reb. 2024
Generation of Abstract-Painting Images		
Using Poisson Distribution and Entrony	ICIC Express Letters	Feb. 2024
Using Foisson Distribution and Entropy		
Generation of Flowing-Line Images	The 2024 International	
Using Vertical and Horizontal Smoothing	Conference on Artificial Life and	Feb 2024
E'h		100.2021
Filters	Robotics	
Quality Improvement of Cell-Like		
Images Generated Using Inverse Iris	ICIC Express Letters	Mar. 2024
Filter		
High Quality Method for Stripe-		
Patchwork Images Generated Using	ICIC Express Letters	Mar. 2024
Smoothing and Inverse Filters"	*	
High Quality Method for Stripe- Patchwork Images Generated Using Smoothing and Inverse Filters"	ICIC Express Letters	Mar. 2024