

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 16 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700095

研究課題名（和文） 画像修復の概念に基づく事例参照型の非写実的画像合成

研究課題名（英文） Example-based non-photorealistic rendering with a concept of inpainting

研究代表者

中村 剛士 (NAKAMURA TSUYOSHI)

名古屋工業大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90303693

研究成果の概要（和文）：

非写実的画像合成(NPR)の1手法である事例参照型 NPR, とくに Painterly Rendering に関する課題を画像修復問題の1つとして捉え, 出力画像の品質向上を目指した. 事例参照型 NPR は, 処理対象画像にたいし参照事例画像の持つ視覚的特徴を付与することで, 参照事例に類似した表現を持つ出力画像の獲得する. 本研究では, 事例参照型 NPR の処理対象と参照事例それぞれを画像修復問題における欠損領域とデータ領域と見做すことで, 画像修復問題解決のために従来提案されてきたアルゴリズムやエネルギー関数を本研究に応用展開した.

研究成果の概要（英文）：

Our study focuses on example-based NPR to solve the problem of painterly rendering. On the other hand, inpainting is the process of reconstructing lost or deteriorated parts of images. NPR and inpainting have been studied in the different fields, but the approaches are very similar. Our study adopted and applied the algorithm of inpainting to solve the problem of painterly rendering. Our proposed algorithm exploited energy-minimization to address the texture assignment and synthesis for example-based NPR.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：グラフィクス, 非写実的画像表現, テクスチャ合成

## 1. 研究開始当初の背景

近年のコンピュータグラフィクス(CG)表現の進化には目覚ましいものがあり, ハリウッド映画に代表される特殊効果やビデオゲームの視覚的演出でそれを確認することが出来る. これはグラフィクスに関するハード

ウェアの高性能化(とくに GPU)とその作成ツールが充実し, 以前に較べ安価に提供され, CG 作成の裾野が広がっていることがその主な要因と考えられる. そのため, 今後もクオリティの高い CG 作品が数多く提供されることが期待される. しかしその一方, 誰でも一

定レベル以上の CG 表現が作成可能となり、ハイクオリティな CG が当然となったことで、映像表現の差別化が難しくなったという側面がある。現実世界の表現に近いフォトリアルな CG のみを特長とした映像では、人々に関心を持たせ、感動を与えることはほぼ不可能に近いのが現状である。

非写実的画像合成 (NPR: Non-Photorealistic Rendering) は、そのようなフォトリアルな CG にたいするアンチテーゼとして、CG に新しい表現を導入しようとする試みの 1 つである。すなわち、フォトリアルな CG が、現実世界に近い表現を追求し、より実写に近い表現を CG で表現しようとするのにたいし、NPR は油彩画や水彩画等の絵画風表現やイラスト、漫画、墨絵等の人間の手による創作美術の表現を CG によって目指すものである。

NPR の主要な研究には Painterly Rendering という分野が存在し、この解決は 2 つの流れに大別出来る。1 つはフィルタリングを用いた、所謂画像処理アプローチによる解決であり、様々な視覚的効果を演出するフィルタを設計することで、水彩画調、パステル調、墨絵調といった画像変換処理を実現するものであり、Adobe 社の Photoshop に代表されるフォトレタッチツールや GIMP のプラグインであるゴッホフィルタ等が採用する方法である。もう 1 つは、参照事例を用い、参照事例の特長を模倣した表現を実現するアプローチである。この手法は、参照事例を交換することで様々な絵画風表現を実現出来、参照事例制作者の筆遣いや色遣いの特長によって表現を差別化できる。すなわち、例えば油彩画風であっても、モネ風、ゴッホ風といった細分化した画像変換処理が可能となる。このように、表現能力の多様性を考えた場合、事例参照型の画像変換処理は、既存の芸術作品等の数と同じだけの範囲をカバーする表現能力を持つことが期待できる。

## 2. 研究の目的

我々は事例参照型 NPR のポテンシャルに着目し、Painterly Rendering の質感の向上を目指す。事例参照型 NPR のベースとなる概念では、参照事例をテクスチャパッチの集合またはピクセルの集合として扱う。その集合からテクスチャパッチまたはピクセルを取り出し、処理対象上に適切に再配置することで、処理対象を参照事例の持つ特長を持った出力に変換する。ここで課題となるのは、集合

要素であるテクスチャまたはピクセルの再配置であり、いかに最適な配置を行うかが出力画像の品質に大きく影響する。すなわち、この問題を出力品質に関する最適化として捉え、エネルギー最適化問題として解決することが出来ると考えられる。

本研究の貢献は、画像修復と事例参照型 NPR における画像変換の類似性に着目し、画像修復で提案されるエネルギー関数の設計概念を事例参照型 NPR に導入したことにある。とくに、テクスチャの局所類似性の概念をエネルギー関数に取り入れ、本研究の課題である絵画風出力画像の質感向上を試みる。具体的には、従来の Painterly Rendering では困難または試みられてこなかった「参照事例のカラーテクスチャを利用した絵画風画像の合成」について解決の方向性を示す。

## 3. 研究の方法

本研究では、画像修復アルゴリズム及びエネルギー関数を事例参照型 NPR に応用する。以下、本提案手法の処理の流れを述べる。

提案手法は従来の事例参照型 NPR 同様に、処理対象画像 Target と参照事例画像 Source を用意し、参照事例 Source 内のテクスチャパッチを用いて処理対象 Target 上に配置し、出力画像 Output を獲得する。

図 1 に提案手法の処理の流れを示す。まず、(a) 処理対象 Target を局所画像に分割し、解像度レベルに基づく各局所画像集合  $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{k-1}$  を構成する。つぎに、(b) 参照事例 Source から初期シードとなるテクスチャパッチをユーザが指定し、最も解像度の低い局所画像集合  $T_0$  上の適当な位置に、初期シードを配置する。さらに、(c) 参照事例のテクスチャパッチを局所画像集合  $T_k$  に、エネルギー関数を用いて最適なテクスチャパッチを配置し、各解像度レベルの局所画像集合  $T_k$  にたいする出力画像  $O_k$  を獲得する。この処理を各解像度レベルごとに繰り返す。なお、各  $T_k$  では、一つ前の  $T_{k-1}$  までに獲得した出力画像  $O_0 \sim O_{k-1}$  を初期シードとして利用し、出力画像 Output を合成する。

処理対象 Target 上の領域は各局所画像集合  $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{k-1}$  に分割されるが、図 2 に示すように、 $T_k$  を  $\Omega$  とし、 $\Omega$  を含む第  $k$  レベル以下の解像度の局所集合族  $\{T_0, \dots, T_{k-1}, T_k\}$  を  $\Omega'$  とする。これにより、第  $k-1$  レベル以下の局所画像集合族  $\{T_0, \dots, T_{k-1}\}$  は、 $\Omega' \cap \overline{\Omega}$  と表現できる。また、残りの第  $k$  レベルより高い解像度の局所画像集合

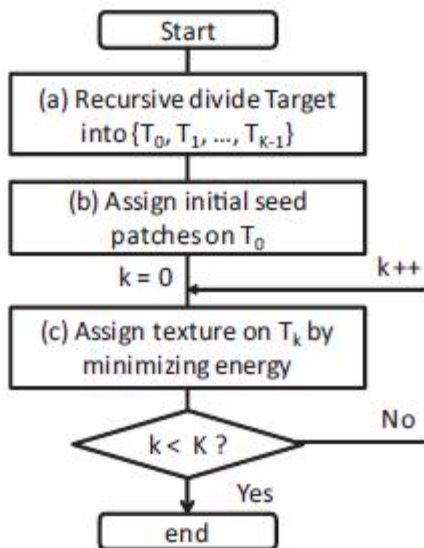


図 1 提案手法の処理の流れ

族 $\{T_{k+1}, \dots, T_{K-1}\}$ を $\Omega'$ とするが、第  $k$  レベルのテクスチャ割り当て処理には関係しない。  $k=0$  の場合は、ユーザが割り当てる初期シードを含む  $T_0$  を  $\Omega'$  とし、  $T_0$  から初期シードを除いた領域を  $\Omega$  として扱う。また、参照事例 Source を  $\Phi$  として再定義し、  $\Omega$  上の  $x_i$  に対応する  $\Phi$  内のテクスチャパッチ  $\hat{x}_i$  のサイズは局所画像  $x_i$  と同じとする。

テクスチャ割り当ては、図 1(c) に示すように、最も低解像度の第 0 レベルである  $T_0$  から開始する。各レベルの割り当て完了後に、一つ上の高解像度レベルの局所画像集合について割り当て処理するという再帰的処理を実行する。図 1(c)、すなわち  $T_k$  におけるテクスチャ割り当ての詳細を図 3 に示す。まず、(a)  $\Omega$  を左上から右下にスキャンし  $\Omega' \cap \Omega$  に隣接する  $x_i$  にたいし、テクスチャパッチを割り当てる。  $x_i$  にたいしては、エネルギー関数を最小化する  $\hat{x}_i$  を割り当てるものとする。なお、1 回のスキャンの結果、  $\Omega' \cap \Omega$  に隣接する  $x_i$  を 1 つも発見できない場合には、テクスチャ未割り当ての  $\Omega$  内で最も左上の  $x_i$  にテクスチャパッチを割り当てる。つぎに、(b) 割り当て

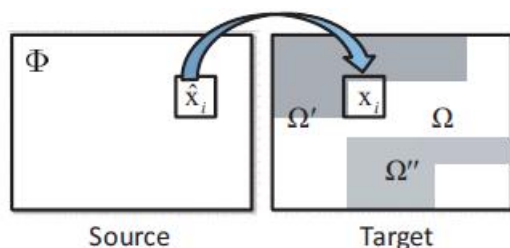


図 2 第  $k$  レベルのテクスチャ割り当て

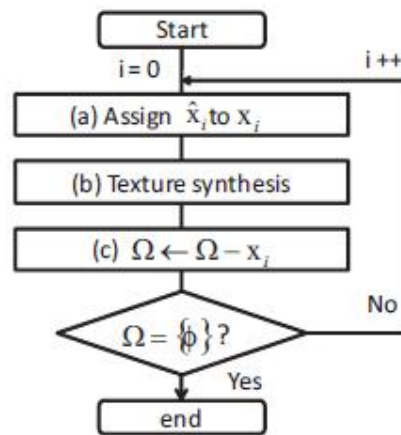
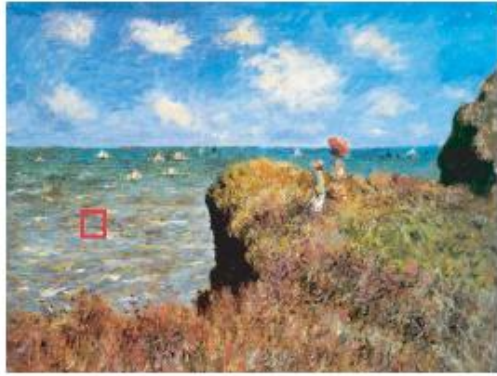


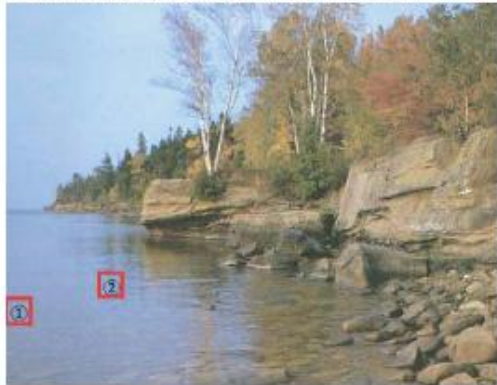
図 3 第  $k$  レベルのテクスチャ割り当てが決定した  $\hat{x}_i$  を  $x_i$  上にテクスチャ合成によってシームレスに合成する。続いて、(c)  $\Omega$  から割り当てが完了した  $x_i$  を取り除き、  $\Omega$  を更新する。これに伴い、  $\Omega' \cap \Omega$  も更新される。  $\Omega$  内に割り当てべき  $x_i$  が無くなったなら第  $k$  層での処理を完了する。

#### 4. 研究成果

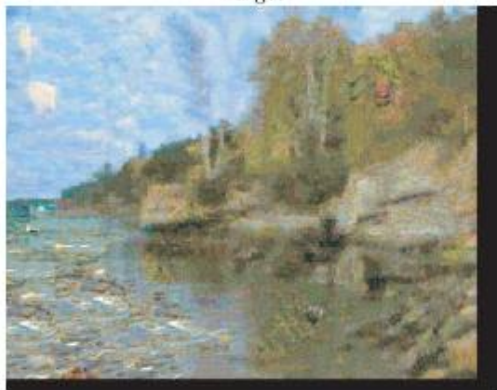
提案手法を用いて作成した出力結果を図 4 に示す。図 4 の最上段が参照事例 Source を示す。なお、Source 上の赤い正方形で囲まれた領域がユーザが指定した初期シードを示す。また、2 段目が Target である。Target 上の正方形は各 Source で指定したシードを配置した位置を表す。Source 上で指定したシードが 1 つしかなく、Target 上に複数配置されている場合は、同一シードを複数位置に配置していることを表す。Target 上のシードの番号は Source 上のシードの番号に対応する。続いて、3 段目は提案手法による出力であり、上段の Target と Source を用いて出力した例である。さらに、比較のため、最下段には従来手法同様に輝度パターンの類似性を用いた出力を示す。提案手法では、色彩類似性を評価しているが、先行研究では、  $x_i$  と  $\hat{x}_i$  については両者の輝度パターンベクトルを用いた類似性評価を行い、テクスチャパッチの割り当てを実施している。輝度以外の色彩情報は Target の情報を用いた。下段 2 つの出力には色彩に差異があることや、割り当てられたテクスチャが異なることが分かる。また、上から 3 段目の提案手法の出力については、出力画像内の空や水面等の領域を観察すると、Source のテクスチャを利用して構成されていることが容易に見て取れる。なお、各出力の右端または下端に黒い領域があるが、これは最初の最低解像度の領域



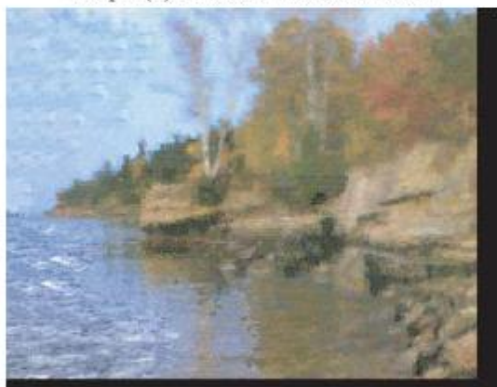
Source (Claude Monet : Cliff Walk at Pourville, 1882)



Target



Output(a) based on the cost of color



Output(b) based on cost of brightness pattern

図 4 提案手法による出力例

分割の際、局所画像を正方形で構成できなかった領域である。現状では、このような

領域は処理の対象としていないが、当然ながら改善の余地がある。

本研究では、画像修復で用いられるテクスチャ局所性の概念を Painterly Rendering に導入した。これにより、参照事例のテクスチャの色彩情報を除去することなく、不自然でない絵画風出力画像の獲得を試みた。出力例に示すとおり、テクスチャ割り当てやシームレス処理が一部効果的に働いていない箇所があるものの、一定の質感は確保できたのではないかとと思われる。しかしながら、エネルギー関数の各コスト項の値域を含む定義や重み付け、さらに今回処理時間を考慮し逐次的な局所評価のみのエネルギー関数利用については検討すべき課題である。今後は、これらを見直し、さらなる出力品質の向上に努めたいと考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 中村 剛士, Impressionist-Painterly Style Transfer Based on Texture Localization, ACM SIGGRAPH ASIA 2011, 2011 年 12 月 13 日, Hong Kong Convention & Exhibition Centre
  - ② 西山 昂志, 画像修復の概念を導入した事例参照型非写実的画像合成, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2011), 2011 年 7 月 20 日, 金沢市文化ホール
  - ③ 川嶋 裕之, テクスチャ合成による点描が画像生成, FAN シンポジウム 2010, 2010 年 9 月 26 日, 首都大東京大沢キャンパス
- [図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：

取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 剛士 (NAKAMURA TSUYOSHI)  
名古屋工業大学・工学研究科・准教授  
研究者番号：90303693

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：