

I-092

パターン類似度に基づく画像修復法の改善

An Improvement of Image Inpainting by Pattern Similarity

松島 知也

本田 郁二

Tomoya Matsushima Ikuji Honda

1. はじめに

本論文では、写真についた傷や利用意図に沿わない物体など画像内の不要な部分を取り除き、取り除いた部分(欠損領域)を自動的に修復するための手法を提案する。

画像修復法の一例として Wexler や河合氏らのパターン類似度に基づいた修復法が挙げられる。彼らは画像の尤度を与えるエネルギー関数を定義し、それを最大化することで画像を修復した。

しかしこのこれらの手法は、修復処理に必要な時間が長い、という欠点がある。特に動画を修復する場合は、動画の全フレームに対して修復処理を行うため、膨大な処理時間が必要となる。

本論文では、Wexler や河合氏のアプローチを継承しつつ、欠損領域を輪郭追跡によって分割し、修復を輪郭ごとに行う処理を追加することで修復処理の高速化を図る。本論文の手法を用いることで、従来法と同等の画像修復を行うことが出来、かつ処理速度の高速化に成功している。

2. 従来法

2.1 Wexler の画像修復法

Wexler の画像修復では欠損領域 Ω を図 1 のように手動で指定する。そして、画像全体を Ω を含む領域 Ω' と Ω' 以外のデータ領域 Φ に分け、 Ω' 内の画像の尤度を類似度に基づいて Φ 内の画像パターンを用いて定義し修復を行う。画像の尤度に基づくエネルギー関数は以下のように定義される。

$$E_0 = \sum_{x \in \Omega} \sum_{p \in W} \omega_{x+p} \text{Sim}(x, \hat{x}_p) \quad \dots (1)$$

ただし

$$\text{Sim}(x, x') = \exp\left\{-\frac{\text{SSD}(x, x')}{2\sigma}\right\}, \sigma > 0$$

ω_{x+p} : 重み付け係数

$\text{SSD}(x, x')$: x, x' を中心とする二つの正方ウィンドウの輝度値の二乗誤差和

画像の修復は、はじめに各欠損画素 x に対し、対応する画素 \hat{x}_p を求めることで最類似ウィンドウの組を求め、

- I 欠損領域内の画素の更新
- II 各画素に対する類似パターンを持つウィンドウの組の更新

をエネルギー E_0 が収束するまで行い、エネルギーの最小化を図ることにより行われる。

また、画素の更新は各画素の重み付き平均を用いている。

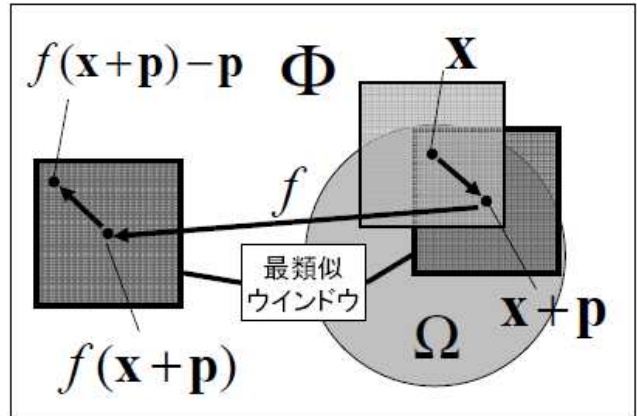


図1 画素値更新における画素の関係

2.2 河合氏らの画像修復法

2.1 の手法では、同一画像内における照明条件の変化やテクスチャパターンの変形に弱い、という欠点が見られた。これに対して、河合氏らは明るさと画素距離を考慮して類似度とエネルギー関数を定義しなおすことで問題の改善を行った。

河合氏らは 2 つの正方ウィンドウの二乗誤差和を輝度値の補正係数 $\alpha_{xx'}$ を用いて以下のように定義しなおした。

$$\text{SSD}'(x, x') = \sum_{p \in W} |I(x+p) - \alpha_{xx'} I(x'+p)|^2 \quad \dots (2)$$

なお、 $\alpha_{xx'}$ には、2 つの正方ウィンドウ内の輝度の比を用いている。

そして欠損画素 x と最適画素 \hat{x}_p の距離 $\text{AD}(x, \hat{x}_p)$ を用いて(1)式のエネルギー関数を以下のように定義しなおした。

$$E_1 = \sum_{x \in \Omega} \sum_{p \in W} \omega_{x+p} \{ \text{Sim}(x, \hat{x}_p) + d \text{AD}(x, \hat{x}_p) \} \quad \dots (3)$$

ここで d は重み付け係数を示す。

さらに河合氏らは最類似ウィンドウの探索時に、探索ウィンドウの候補をリスト化することにより、探索の収束を早めている。

3. 提案法

従来法では、最類似ウィンドウの探索と欠損画素の更新をラスタスキャンにより行っている。しかし画像が大きな欠損領域を持つ場合、欠損領域の輪郭部分以外はウィンド

ウ内に欠損画素しか含まないため、正確な修復を行うことが出来ない。

そこで、図2のように画素値の信頼度が高い輪郭部分から類似ウィンドウ探索を行い、画素値修復に必要な類似ウィンドウデータが算出された時点で輪郭ごとに修復を行ってゆく。このように徐々に内側に向かって処理を行うことで探索の無駄を省き、高速化を図る。

提案法では、輪郭抽出を繰り返し行うことで欠損領域の分割を行っている。領域分割処理は修復を始める前に一度行えばよいいため、計算コストはほとんど増加しない。

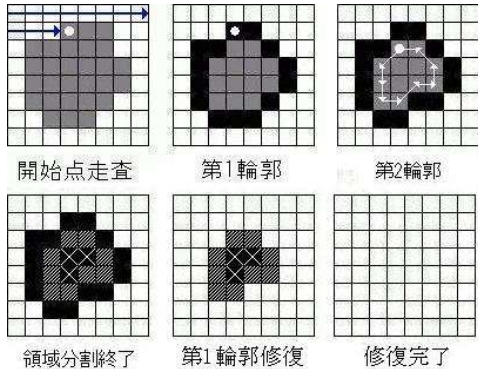


図2 提案法アルゴリズム



図 3.1 欠損画像

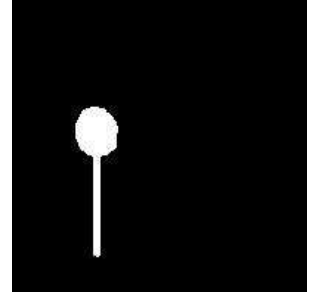


図 3.2 マスク画像



図 3.3 従来法(河合)



図 3.4 提案法

4. 結果

従来法と提案法を比較するため、図 3.1 のような欠損画像に対して PC(Intel Centrino Duo,1.66GHz,メモリ 512MB)にて修復、比較を行った。その結果を図 3.2~3.4 に示す。

修復精度に関しては本論文は画像修復の高速化を要旨としているため、従来法とほぼ同程度の画像修復が行われていることが確認できればよいとする。実験結果を見ると従来法による修復画像と提案法による修復画像の間に主観的に見て大きな差は見られない。

また、処理時間を比較すると表 1 のようになった。これを見てもわかるように、Wexler、河合ともに提案法を用いることで処理時間が短縮されている。これは提案法の領域分割により、一回あたりの修復精度が上昇し、処理の反復回数が減少したためだと考えられる。

	Wexler	河合	Wexler+ 提案法	河合+ 提案法
処理 時間	37分 11秒	61分 29秒	25分 22秒	45分 43秒

表 1 処理時間の比較

5. おわりに

本論文では、パターン類似度に基づく画像内の欠損領域を自動的に修復する手法の高速化を目的とし、Wexler や河合らの手法に領域分割処理を導入して処理の収束を早める手法を提案した。結果、一定以上の広さの欠損領域を持つ画像に対して、従来法よりも高速に修復処理を行えることを示した。

今後の課題としては、修復精度や処理速度の更なる向上、パラメータの自動設定、動画への応用などが挙げられる。

参考文献

- [1] Y. Waxler, E. Shechtman, M. Irani, "Space-Time Completion of Video", IEEE Computer Society, Vol.29, No.3 (2006).
- [2] 河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和, "パターン類似度に基づくエネルギー最小化による画像修復", IEICE Technical Report, Vol.61, No.1 (2007).
- [3] 庄司 竜太, 新田 直子, 馬場口 登, "テロップ消去のための時空間特徴を用いた映像修復", 映像情報メディア学会誌, Vol.61, No.1 (2007).
- [4] 長 真也, 本田 郁二, "局所的と大局的処理の二段階画像インペインティング", 信学技報(2006).
- [5] 伊賀 律子, 紙谷 卓之, 丸谷 洋二, "欠損箇所のある画像修復法の検討", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J88-D-II, No.9 (2005).
- [6] 奥富 正敏, "デジタル画像処理", CG-ARTS 協会