

## 深層学習を用いた画像補完技術の改良 Improvement method for image inpainting based on deep learning

藤川 二千翔<sup>†</sup>      大野 将樹<sup>‡</sup>      獅々堀 正幹<sup>‡</sup>  
Nichito Fujikawa    Masaki Oono    Masami Shishibori

### 1. はじめに

画像補完技術とは、ユーザが指定した領域を処理対象の画像から削除し、削除領域周辺の画像的特徴と類似するように削除した領域を補完する技術である。近年の SNS の普及などを背景に、写真・動画編集の需要が増大する中、その重要性はますます高まっている。特に深層学習を用いた画像補完技術は、近年、活発に研究されており、実用化レベルに達している。しかしながら、削除領域周辺に影などがあると補完部分が黒くなるといった問題がある。本稿では、削除領域を自動補正することで、影による悪影響をできるだけ抑制する補完手法を提案する。

### 2. 従来手法の問題点

画像補完技術は、拡散ベース、パッチベース、学習ベースの3つに分けられる。特に、LaMa[1]に代表される学習ベースは精度が高いことが知られている。しかし、ユーザが指定した領域周辺に影や別のオブジェクトが隣接して存在している場合、それらの画像的特徴もマスク領域に補完され、精度が低下する。図 1 (a)に処理対象の画像、図 1 (b)にユーザが指定した領域 (マスク領域)、図 1 (c)に補完後の画像を示す。マスク領域周辺に食器の影があるため、補完後の画像が黒ずんでいることが分かる。

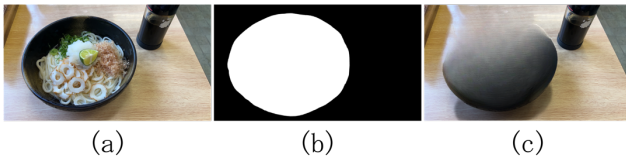


図 1 従来手法の補完結果

### 3. 提案手法

本稿では、画像補完した際に影の悪影響を受けないようにユーザが指定したマスク領域を自動で補正する手法を提案する。マスク領域が影も含むようにマスクを補正した後、LaMaを実行することで補完領域が黒くなる問題を改善する。提案手法の概要を図 2 に示す。

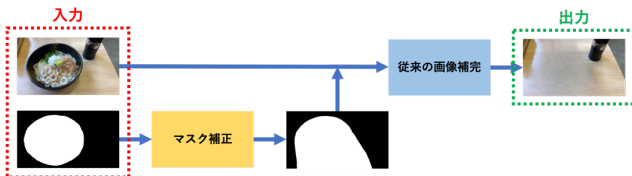


図 2 提案手法の概要

まず、画像補完対象の画像と補完領域を示すマスク画像を入力する。次に、補完領域以外に影などの背景と特徴が大きく異なる物体が写っている場合には、その領域も含む

<sup>†</sup> 徳島大学大学院創生科学研究科 Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University

<sup>‡</sup> 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 Graduate School of Technology, Industrial and Social Science, Tokushima University

ようにマスク補正を行い、マスク画像を修正する。その後、入力画像と修正されたマスク画像を従来の画像補完に入力し、影などの影響を極力少なくした補完画像を出力する。

#### 3.2 マスク補正の手順

マスク補正は、エッジ抽出、ソート、輝度グラフ作成、エッジの膨張・収縮、調整の順に行う。まず、Canny 法[2]によりマスクのエッジを抽出し、エッジを幅 1 ピクセルに調整する。エッジ抽出した画像の白色画素の座標に対して、座標の平均を計算し、マスクの中心座標を求める。この中心とエッジ上のそれぞれのピクセルを結んだ線分の角度を計算し(図 3 (a)), 角度の小さい順にピクセルをソートする。ソートした座標の順番にグレースケール化した原画像の輝度値を取得し、グラフ(横軸: 順番, 縦軸: 輝度)を作成する。このときグラフの極大値と極小値を計算することで、グラフの山になった部分と、谷になった部分を抽出する(図 3 (b))。先ほど求めた、山部分と谷部分の輝度が平均の輝度に近づくようにマスクのエッジを収縮または、膨張させる。

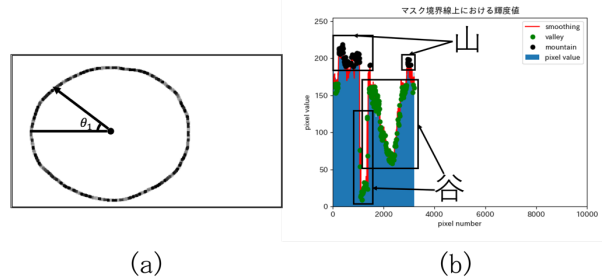


図 3 角度計算のイメージと輝度グラフ

図 4 では、マスク境界線上で輝度グラフにおいて山になっていた部分を収縮(細線)、谷になっていた部分を膨張(太線)する処理における、処理前後のマスクのエッジ画像を示す。その後、膨張操作により更新したエッジのピクセルが画像領域の外側に移ってしまった部分は、エッジの座標が画像内部になるように修正し、エッジを膨張・収縮させたことにより生じたピクセル間の隙間は、その間を埋めるなどの調整を行う。最後に調整したピクセルで囲まれた部分を塗りつぶして新しいマスクとする。以上の操作を繰り返すことで、徐々にマスクを更新していき、最終的に最適なマスクを得ることができる。

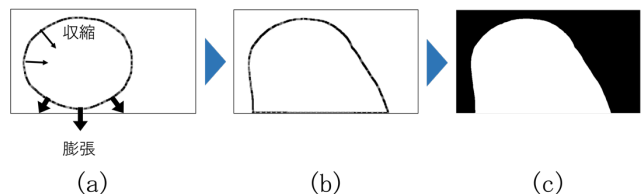


図 4 マスクの膨張と塗りつぶしの例

4. 評価

4.1 実験方法

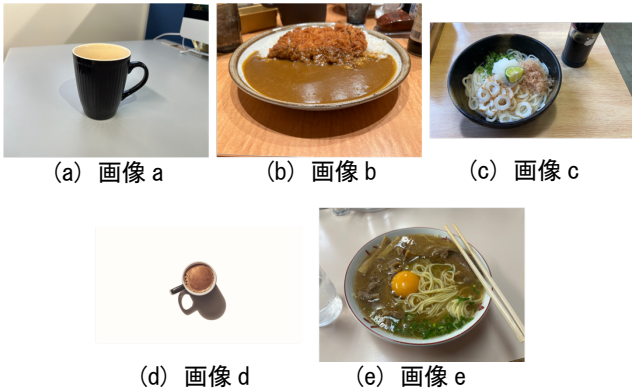


図 5 実験に使用した画像

5 枚の画像 (図 5) に対して、手描きのマスク画像をそれぞれ 1 枚ずつ用意し、次の 2 種類の補完画像を作成する。

- i) マスク画像をそのまま使用し、画像補完した結果
  - ii) マスク補正を実行した後、画像補完した結果
- (i), (ii) をグレースケール化し、それぞれに対し、補完領域の平均輝度を算出する。補完領域に黒色に近いピクセルが多く含まれるほど 0 に近くなるので、(i) と比較して(ii) の輝度値がどれだけ大きくなったかを求めることで、補完領域が黒くなる課題がどの程度改善したかを評価する。また、手描きで最適なマスクを作成し、その画像に対しても合わせて補完結果を比較する。さらに、影の方向以外にもマスク領域を拡大してしまうことを防ぐために画像の下方方向に限定してマスク補正を行うようにした手法 (下方のみ) と Adobe Photoshop 2024[3] を使用して自動マスクと手動マスクで補完した画像も示す。

4.2 実験結果

表 1 に示す数値は、補正前のマスクに対する補完結果の輝度値を 0%，最適なマスクに対する補完結果の輝度値を 100%として正規化した輝度値でこの値が大きくなるほど影の悪影響が抑えられたと考える。補正前と比較して、補正後の結果は、全方向、下方方向ともに 80.87, 54.49 と向上した。

表 1 実験結果

4.3 考察

	補正前	提案手法	提案手法 下方	Photo Shop (自動)	Photo Shop (手動)	最適なマスク
画像 a	0	47.06	83.26	-64.46	1.1	100
画像 b	0	47.75	84.22	54.23	141.52	100
画像 c	0	105.6	51.74	73.25	124.26	100
画像 d	0	100.18	0.00	-10.97	96.81	100
画像 e	0	103.77	53.24	68.11	96.33	100
平均	0	80.87	54.49	24.03	92.00	100

ここでは、画像 a (図 5 (a)) に映るマグカップを補完する。複数のマスクを適用して画像補完した結果 (下画像) とそのマスク (上画像) を図 6 に示す。マスクはそれぞれ、補完したいオブジェクトのみのマスク (a), 全方向に対して補正を施したマスク (b), 下方方向のみに対して補正を施したマスク (c), 最適なマスク (d), Photoshop の補

完機能を利用した場合のマスク (e), Photoshop を利用して手動でマスク領域を調整した場合のマスク (f) である。表 1 には 5 枚の画像 (画像 a-e) に対するマスクごとの補完結果を示す。画像 a では、オブジェクトの前方にも薄く影が存在する。今回実装したマスク補正の手法では画像内のノイズの影響を抑制するために、輝度の差がある値より小さい場合は、マスクを拡大・縮小しないようにしている。そのため、薄い影に対してはマスク補正が困難である可能性がある。

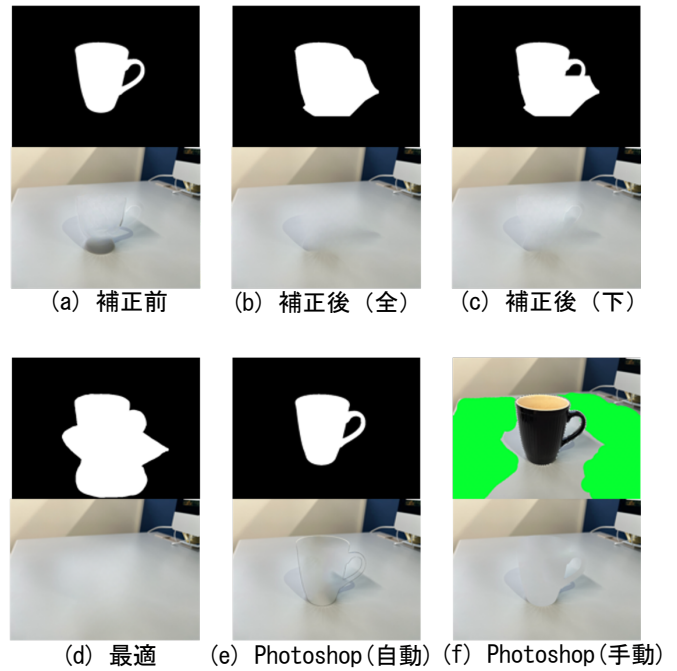


図 6 実験結果例

5. まとめ

学習ベースの画像補完において、原画像のマスク境界線上の色情報に大きな差が見られるような画像 (一部に影やオブジェクトが含まれる画像) を補完する場合、マスク領域内が黒や灰色に近い色で補完されてしまうという課題がある。本稿では、この課題に対して、マスク画像の補正を行うことで、最終的に得られる補完結果を向上させるという手法を提案した。その結果、実験した 5 つの画像すべてに対して、補完結果を改善することが確認できた。今後の課題は、薄い影やマスク領域の近傍にオブジェクトが複数存在するような画像に対して、さらに効果的なマスク補正の手法を確立することである。

参考文献

[1] Roman Suvorov et. al, "Resolutionrobust large mask inpainting with fourier convolutions", 2021. arXiv: 2109.07161 [cs.CV].  
 [2] John Canny, "A computational approach to edge detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679-698, June 1986.  
 [3] Photoshop 2024 version 25.5, <https://helpx.adobe.com/jp/photoshop/using/whats-new/2024-2.html>.