

## D-46 赤血球ホログラム画像の劣化における深層学習モデルの精度評価

田中浩介\*, 李旻哲\*\*

(\*九州工業大学大学院情報創成工学専攻, \*\*九州工業大学大学院情報工学研究院)

## 1. はじめに

デジタルホログラフィック顕微鏡 (Digital holographic microscopy: DHM) は、光の干渉を利用して撮影したホログラム画像から物体の3次元情報を再構成可能な計測技術である。DHMにおいて、再構成精度はホログラム画像の品質に依存する。特に、低コストの撮像系で撮影された低解像度画像の場合、再構成される3次元情報の正確性が著しく低下するという問題がある。そこで従来手法では、低コストの撮像系でも正確な3次元情報を取得可能にするため、深層学習を用いたホログラム画像の超解像アルゴリズムが提案された。しかし、従来手法は低コストの撮像系で発生する焦点ずれによるボケやセンサーノイズなど、画質劣化に対する考慮が不十分であった。そこで本研究では、こうした画質劣化に頑健な新たな深層学習モデルを提案することを目的とする。

## 2. 原理

## 2.1. デジタルホログラフィック顕微鏡

DHMでは、物体無しの参照画像と物体ありの物体画像の各要素画像に対し、位相差を求めることで物体の高さ情報を取得する。この高さ情報は式1で導出可能である。

$$h(x, y) = \frac{\lambda \cdot \Delta\phi(x, y)}{2\pi(n_S - n_M)} \quad (1)$$

$h(x, y)$ は物体の高さ情報、 $\lambda$ は光源の波長、 $\Delta\phi(x, y)$ は位相差、 $n_S$ は物体の屈折率、 $n_M$ は周辺媒体の屈折率である。

## 2.2. 点像分布関数

点像分布関数 (Point Spread Function: PSF) とは、理想的な点光源がレンズなどの光学系を通して結像した際の光の強度分布を表す関数である。観測される画像は、理想的な画像と PSF の畳み込みで表現可能である。

## 3. 提案手法

本提案手法では、複数の画質劣化処理を用いる。まず、PSFがガウス関数で近似できるとして、レンズの収差などによるボケをガウシアンブラーでモデル化する。また、光子の統計的な変動によって生じるノイズをポアソンノイズで、撮像素子から生じる電子ノイズをガウシアンノイズで、それぞれモデル化する。ノイズによる劣化処理は重畳する。提案手法の概要図を図1に示す。

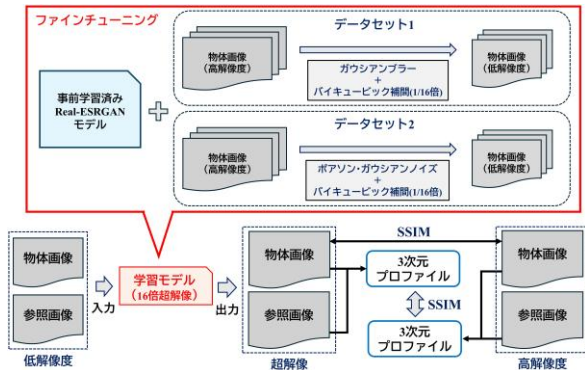


図1. 提案手法の概要図

提案手法では、元の高解像度画像と、それらを各劣化処理及びバイキュービック補間によるダウンサンプリングで低解像度化した画像を、特定の比率で使用することでペアデータセットを作成する。また、画像の超解像モデルであるReal-ESRGANをファインチューニングすることで画質劣化に頑健な新たな学習モデルを生成する。さらに、全ての劣化処理を重畳した検証用データを入力することで、超解像画像を生成し、SSIMを用いた精度評価を行う。

## 4. 実験方法及び実験結果

## 4.1. 実験方法

本実験では、デジタルホログラフィーを応用したマッハ・ツェンダー干渉計を用いて健康な成人男性の血液を観察することで、血球成分である赤血球のホログラム画像を取得する。また、取得した画像データを訓練データ256枚と検証データ14枚に分割する。画像解像度は、低解像度画像が1006px×759px、高解像度画像及び超解像画像が4024px×3036pxである。

## 4.2. 実験結果

従来手法と提案手法によって取得した超解像画像と元の高解像度画像のSSIM値の結果を、表1及び図2に示す。

表1. 検証データにおける平均SSIM値の結果

	従来手法	提案手法
ホログラム画像	0.5600	0.7785
3次元プロフィール	0.5183	0.6204

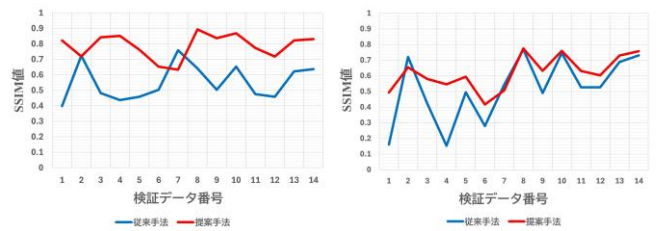


図2. SSIMによる各検証データの数値的評価結果

表1より、ホログラム画像と3次元プロフィールのどちらの結果においても、提案手法の平均SSIM値が従来手法を上回っていることが確認できる。また図2より、提案手法における3次元プロフィールのSSIM値は、従来手法に比べて全体的に高く、どの検証データにおいても超解像の精度が安定していることが確認できる。

## 5. 結論

本研究では、従来手法の問題点を改善するため、画質劣化をモデル化したデータセットを用いて、ボケやノイズに頑健な深層学習モデルを提案した。結果より、提案手法は、画質劣化した画像に対して高い精度で超解像が可能であることが確認できた。今後は、3次元プロフィールの再構成精度向上や、低照度環境など、さらに複雑な画質劣化に対応可能な超解像アルゴリズムの提案などを行い、信頼性及び汎用性の向上を目指す。