

空間クロスモジュレーションを用いた超解像画像投影手法

Super-resolution Optical Projection Method with Spatial Cross Modulation

北大情報科学¹, 岐阜大教育² ○魯 奔我¹, 岡本 淳¹, 舟越 久敏², 小川 和久¹, 富田 章久¹

GSIST, Hokkaido Univ.¹, Gifu Univ.², ○Yiwo Lu¹, Atsushi Okamoto¹, Hisatoshi Funakoshi²,

Kazuhisa Ogawa¹, Akihisa Tomita¹

E-mail: luyiwo@optnet.ist.hokudai.ac.jp

1. はじめに

本来の分解能を超えた高精細画像の表示を可能とする超解像技術は、光学だけでなく医学や天文学など、様々な分野で応用されている[1]。高精細画像の表示方法として、我々は空間クロスモジュレーション(SCM)[2]を用いた超解像画像投影手法を提案する。この手法は、SCMの空間位相変調技術とデジタル位相共役再生技術を活用することにより、空間光変調器(SLM)の解像度を超える高解像度画像の投影を可能とする[3]。本稿では、SCMを用いた超解像画像の投影表示シミュレーションを行い、本手法による超解像画像の表示性能について評価する。

2. SCMを用いた超解像画像投影手法

図1にSCMを用いた超解像画像投影手法の概念図を示す。まず、コンピュータで計算するデジタルエンコード過程では、入力画像の輝度情報が光波の空間光強度分布として与えられ、仮想ランダムディフューザの空間位相分布を乗算した後、仮想レンズによるフーリエ変換を経てSLM面での散乱画像を求める。次の画像処理過程では、SLMの解像度と同じにするべく部分抽出処理を行い、その位相共役分布を計算しSLMで表示する。最後の光学的デコード過程では、SLMで変調された光波をエンコード過程における仮想光学系と同じとなるよう配置された光学レンズとランダムディフューザを通過させることにより、入力画像と同じ解像度の画像が投影される。

入力画像の情報は、エンコード過程において施されたランダム空間位相変調によって、散乱画像全体に限なく埋め込まれる。部分抽出処理によって元画像の情報はある程度失われるものの、元画像の重要な情報は保持されており、本手法によってSLMの解像度を超える高解像度画像の投影表示が可能である。

3. 超解像画像の投影表示シミュレーション

図2にシミュレーションに用いた入力画像を示す。画像の解像度は256×256ピクセルとし、画像の中心には、1ピクセルの点を囲むように幅1ピクセルの線で正方形が描かれている。画像の周囲8箇所には、幅1ピクセルの線で小さな正方形が描かれている。投影画像の画質について、以下の式で定義されるピーク信号対雑音比(PSNR)を用いて評価を行った。

$$PSNR=10\log_{10}\left(\frac{\max [O(i, j)]^2}{\frac{1}{N_x N_y} \sum_{i=0}^{N_x-1} \sum_{j=0}^{N_y-1}|R(i, j)-O(i, j)|^2}\right)$$

ここで、 $R(i, j)$ と $O(i, j)$ はそれぞれ投影画像と入

力画像である。図3に投影表示シミュレーションの結果を示す。図3より、SLM解像度が32×32ピクセルのSLMを用いて256×256ピクセルの画像を再現できていることが分かり、本手法の超解像画像表示能力が示された。

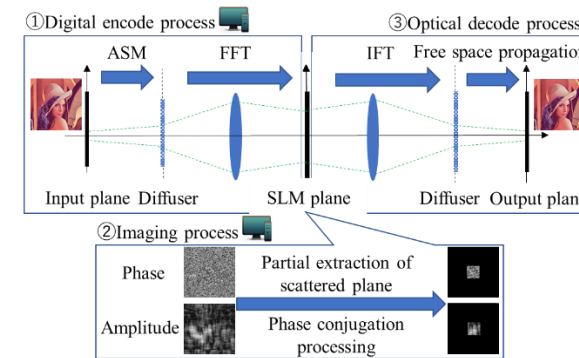


Fig. 1. Conceptual diagram of super-resolution optical projection with spatial cross modulation.

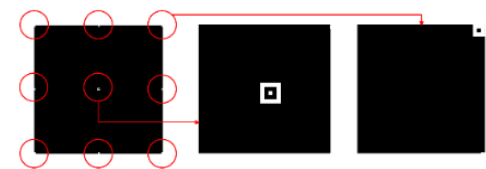


Fig. 2. The pattern of 256×256 original image.

SLM resolution	64×64	32×32	16×16
Center part			
One corner part			
PSNR	33.450	25.585	19.027

Fig. 3. Simulation results. The center and one corner of output image from SLM with a resolution of 64×64, 32×32 and 16×16.

参考文献

[1] L. Yue *et al.*, Signal Processing 128, pp.389408 (2016).
[2] A. Shibukawa *et al.*, Opt. Express 22, 3968 (2014).
[3] Y. Lu *et al.*, ISOM 2019 (投稿中)