拡散モデルを活用したレンズレスイメージング

大阪大学　大学院基礎工学研究科
中村友哉

1．はじめに

カメラは私たちの生活に欠かせない道具であり，スマートフォンから医療機器，産業用検査装置まで幅広く使われている。通常のカメラでは，レンズが入射光を集めてセンサ上に像を結ぶ。レンズは撮像に不可欠な素子であるが，同時にカメラの小型化や軽量化を制約する主要因でもある。特に複数枚のレンズで構成される光学系は，厚みや重量，コストの増大を招く。

こうした制約を根本的に解消するアプローチとして注目されているのが「レンズレスイメージング」である[1)]。レンズレスイメージングでは，レンズの代わりに符号化開口や位相マスクと呼ばれる薄型の光学素子をセンサの直前に配置し，入射光を符号化して記録する。得られるセンサ画像はそのままでは像として認識できないが，画像再構成処理を適用することで，元の物体像を復元できる。レンズが不要であるため，カメラの厚みを数ミリメートル以下にすることも原理的には可能であり，ウェアラブルデバイス，IoT センサ，医療用内視鏡，セキュリティカメラなど，小型化や低コスト化が求められる応用において大きな可能性を持つ。レンズレスイメージングの原理に基づくレンズレスカメラの実現例を図 1 に示す。35 mm 幅のイメージセンサに対して 2 mm の間隔を空けて配置した板状符号化マスクを介した撮像により，一般的な拡散反射物体を視認できる精度で撮像できることが実証されている[2)]。

しかし，レンズレスイメージングの実用化には，画像復元の品質と速度という大きな課題がある。センサ上の符号化画像から元の物体像を復元する処理は，しばしば悪条件な逆問題となり，復元画像にはノイズやアーティファクトが残りやすい。近年，この課題に対して生成AI技術の一つである拡散モデルを活用する手法が登場し，復元画像の品質を飛躍的に向上させている。本稿では，レンズレスイメージングの原理と復元手法の分類を概説した上で，拡散モデルを活用した高品質かつ高速な復元手法について紹介する。

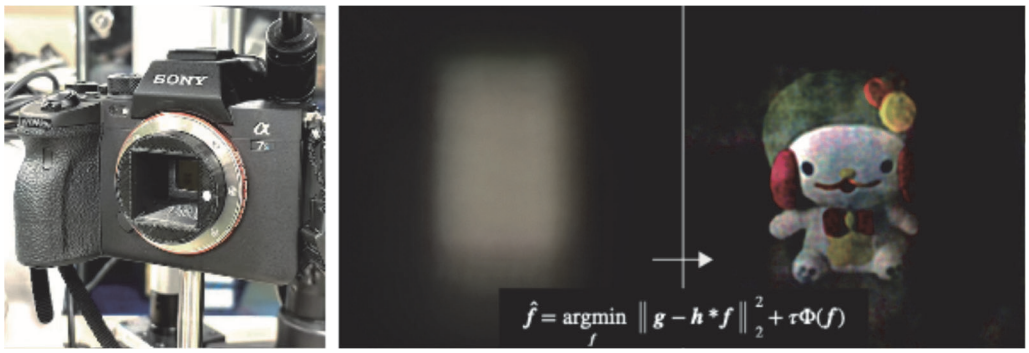

図 1　レンズレスイメージング