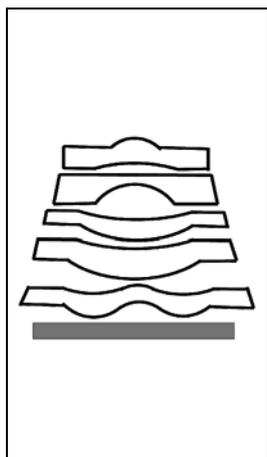


レンズレスカメラについて

株式会社 日立製作所
島野 健



1. はじめに

カメラの歴史は、紀元前に暗い部屋の壁にあいたピンホールが外の景色を映すことを発見したこと
から始まったと言われる¹⁾。その後、長い時を経て、16世紀ルネサンス期のイタリアでピンホールの
代わりにレンズを置くと像が鮮明になることが見出され²⁾、19世紀の感光材料の発明と合わせてカメ
ラの原型ができあがった³⁾。さらにレンズの設計加工技術の進歩によりレンズ枚数を増やして画質や
明るさの改善が進み、20世紀末の半導体イメージセンサの導入を経て、今日のデジタルカメラ（デジ
カメ）へとつながっている。デジタル化に伴い、撮影後の画像処理が容易となったことから、色補正、
手振れ補正などの画像処理が一般的になり、近年では画像処理を前提にして特殊な光学系を用いるコ
ンピュータショナルフォトグラフィという分野の研究開発も活発化している³⁾。そのような技術に
は、撮影した後でピント調整（リフォーカス）が可能なライトフィールドカメラ⁴⁾や、レンズを用い
ずに撮影するレンズレスカメラ^{5,6)}などがある。

一方で今日、持続可能で安心安全な社会の実現にむけて、あらゆるモノがインターネットにつな
がるIoT (Internet of Things) の活用が進んでいる。そこではセンサーデバイスとしてのカメラの重要
性が増しており、その普及には低コスト化が不可欠となる。しかし今日の一般的なデジカメは複数枚
の組レンズを用いていることから、低コスト化に向けたキー技術として我々はレンズレスカメラに
着目した。レンズを用いないという意味では、言わばカメラの歴史の原点に回帰する取り組みであるが、
ピンホールカメラでは受光光量が激減し、S/N比の低下が懸念される。そこでレンズレスカメラでは、
レンズの代わりに符号化開口を用い、有効径を確保したまま、画像処理によって再生像を得る。米
国ランバス社は符号化開口として渦巻状の回折格子を用い、すでにセンサと評価キットの出荷を進めて
いる⁷⁾。米国のライス大学も2次元バーコード状の開口を用いる方式を提案している⁸⁾。前者は画像
処理の方法の詳細が明らかでないが、いずれも画像処理の演算量が大きく、リアルタイムな動画出力
が困難になるのではないかと推定される。

我々は、フレネルゾーン開口 (FZA : Fresnel Zone Aperture) を符号化開口として用いると、フー
リエ変換という高速な計算アルゴリズムが確立された画像処理で再生像が得られることに着目し、原
理検証を進めてきた⁸⁻¹⁰⁾。この方式は、ライトフィールドカメラと同様にリフォーカスも可能である。
本稿ではその原理と評価状況、および課題について解説する。

2. フレネルゾーン開口を用いるレンズレスカメラの原理

図1に我々が提案しているレンズレスカメラの原理説明図を示す。開口に対して十分遠い被写体に
対向して配置した画像センサの前に、4領域で明暗の位相が 90° ずつ異なるFZAが配置されたマス
クを置く。一般に被写体はたくさんの点光源の集合体と仮定できるので、それら点光源群に照らされ
たFZAは、センサ上に各点光源の位置を反映した位置と、距離を反映した大ききで射影像を落とす。
すべての点光源からの影は重畳されるため、画像処理時にそれぞれの影が分解できるだけのダイナミッ