

複眼撮像システムを用いた多重化計算イメージング

Computational Multiplex Imaging Using Compound-Eye Imaging Systems

阪大院情報 ○谷田 純

Osaka Univ. ○Jun Tanida

E-mail: tanida@ist.osaka-u.ac.jp

はじめに ライトフィールドカメラ¹⁾に対する高い関心が示すように、計算イメージングは大きな可能性を秘めている²⁾。計算イメージングでは、信号理論、撮像光学系、演算処理の三要素の組み合わせが重要である。応用物理の立場からは、撮像光学系が最も興味深く、多くの貢献が期待される。我々は、生物の視覚器官に着想を得た複眼撮像システム TOMBO³⁾を開発し、その応用に関する研究を進めている。本講演では、複眼撮像システムを有効に活かした二つのイメージング手法について報告する。

多重化計算イメージング イメージングは、空間的に隔離された物体情報を何らかの物理的操作を介して再構成する過程である。一般には、レンズなどの光学素子により光の自由空間伝播を制御し、出力面において画像情報を再構成する。物体情報を効率的に取得し、可視化する普遍的な技術である半面、光伝播の瞬時性、物理過程に起因する信号劣化などの制約が存在する。多重化計算イメージングは、撮像光学系の多重化により、結像光学系で制限されていた信号容量を拡張する手法である。

図 1 に多重化計算イメージングの枠組みを示す。物体情報に対して、複数の光学系によりそれぞれ異なった信号変調を行い、それらを多重化信号として観測する。この過程は、信号符号化に相当する。観測信号に対して、変調情報を利用した復号処理を行い、必要な物体情報を再構成する。信号理論に基づいて、符号化／復号の組み合わせを工夫することにより、多様な情報取得が可能になる。

CS 復号処理による多次元情報取得 物体情報に対して観測情報が少ない場合、不良設定の逆問題となり、物体情報の復元は難しい。しかし、物体情報の多くの要素が零、あるいは零とみなせる（スパースと仮定できる）場合、コンプレックスセンシング (CS) の枠組みにより、物

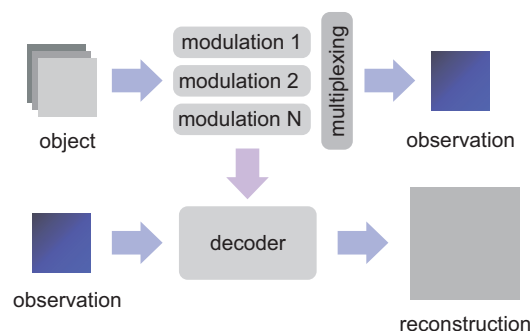


図 1: 多重化計算イメージング

体ベクトルを高い確率で推定できる⁴⁾。一般に、画像情報は適当な基底行列とスパースな係数ベクトルの積として表現できるため、係数ベクトルを推定対象とすることで、CS が適用可能になる。具体的には、多重光学系における符号化情報を組み入れたシステム行列を構成し、CS に基づく復号処理により、物体情報を再構成する。本手法は、2次元の物体情報に限定されるものではなく、多次元情報に拡張可能である⁵⁾。

位置不変化によるロバストイメージング

イメージングでは、光学システムの収差やアライメントにより物体信号が劣化する。視野内の各点で結像特性は異なり、合焦位置からのずれによっても変化する。このような場合、簡単な演算処理では修復できないが、物体信号を重畳撮像し、結像特性を位置不変化することにより、デコンボリューション演算を用いた信号回復が可能になる。重畳撮像には、複眼の一種である重複像眼が利用できることを確認している⁶⁾。本手法により、合焦状態や光学系の収差に対してロバストなイメージングが実現される。

参考文献

- 1) M. Levoy and P. Hanrahan: *SIGGRAPH* (1996) p.31.
- 2) 谷田: 応用物理 **81**, 1041 (2012).
- 3) J. Tanida, *et al.*: *Appl. Opt.* **40**, 1806 (2001).
- 4) Y. Tsaig and D. Donoho: *IEEE Trans. Info. Theory* **52**, 1289 (2006).
- 5) R. Horisaki, *et al.*: *Opt. Express* **18**, 19367 (2010).
- 6) T. Nakamura, *et al.*: *Opt. Express* **20**, 27485 (2012).