

単一画素分光イメージング

Single pixel spectral imaging

宇都宮大学オプティクス教育研究センター ^{O(M1)}佐藤諒, 太田一毅, 早崎芳夫

Center for Optical Research and Education (CORE), Utsunomiya University

^{o(M1)}Ryo Sato, Kazuki Ota and Yoshio Hayasaki

E-mail: sato_ry@opt.utsunomiya-u.ac.jp

1. はじめに

単一画素カメラは, 符号化マスクと単一の光検出器から構成され, 単純な光学系と単純な電気的構成を特徴とする. イメージセンサーを使わずに, 単一の光検出器のみで撮像出来ることが最大の特徴である. この特徴は, 既存の高速カメラでは捉えることの出来ない, ギガヘルツ変調された画像の撮像や, X線やテラヘルツの広い波長域での撮像を可能とする. さらに, 光検出器を分光器に変えれば, 簡単に, 分光画像を取得できる.

本研究では, 単一画素カメラを用いた分光画像の取得を行う. 符号化マスク列は, 円盤の円周上に配置された穴パターンであり, ディスクを回転させることで切り替えられる. これは, 空気以外に波長依存せず, 極めて単純な構成で単一画素分光イメージングを実現できる.

2. 単一画素カメラ

単一画素カメラは, 入力画像の空間符号化マスクと単一の光検出器, および計算機内の複合処理ソフトウェアから構成される. 入力画像は, 位置 x_n にある画素値を $u(x_n)$ として, N 画素を有するベクトル $\mathbf{u} = \{u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_N)\}$ で表される. N 個の要素を有する m 番目の符号化マスクを $\mathbf{w}_{mn} = \{w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mN}\}$ とし, M 個の符号化マスクからなる符号化行列は $\mathbf{W} = \{\mathbf{w}_{1n}, \mathbf{w}_{2n}, \dots, \mathbf{w}_{Mn}\}$ と表される. m 番目の出力値 v_m は $\mathbf{u}$ と $\mathbf{w}_m$ の内積 $v_m = \mathbf{W}\mathbf{u}$ と計算される. M 回の光検出により得られた出力信号ベクトルを $\mathbf{v} = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$ とすると, 観測対象 $\mathbf{u}$, 出力信号 $\mathbf{v}$, 符号化行列 $\mathbf{W}$ は, $\mathbf{v} = \mathbf{W}\mathbf{u}$ と表され, $\mathbf{W}$ が正則なら, 入力画像は $\mathbf{u} = \mathbf{W}^{-1}\mathbf{v}$ から得られる.

3. 実験

Fig. 1 は実験光学系を示す. 光源は, ハロゲンランプである. 符号化マスクは, ディスクの円周上に配置された 4×4 の穴パターンである. 符号化マスクの切り替えはディスクを回転させることによって行われた. 空間符号化された光は集光され, 分光器 (浜松ホトニクス, C7473) によって検出される. ディスクの回転

中, 符号化された物体光の強度情報と位置合わせのために用いたタイミング光の強度情報が同時に取得された. マスクがオブジェクトの中心の位置にある時の強度を検出するために, この二つの信号を重ね, タイミング光のピークの位置での物体光の強度値を検出値として用いた. この検出値から逆行列計算を行うことにより, 物体情報が再生された. ここでは, 分光イメージングの基礎実験として, 三色のカラーフィルムから構成される物体を用いた.

Fig. 2(a)は, 測定物体である. Fig. 2(b)は, 得られた波長 600nm における 4×4 画素の分光画像である. 同時に, 分光器の計測範囲全ての分光画像が得られた. Fig. 2(c)は, 分光器により事前に測定された測定物体の分光スペクトルと再生像から得た分光スペクトルを示す. 測定物体と再生像の分光スペクトルは, ほぼ一致した.

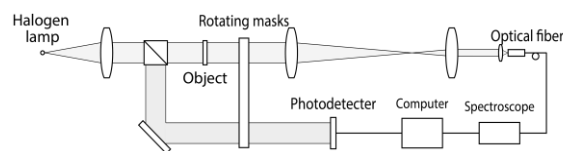


Fig. 1 Experimental setup.

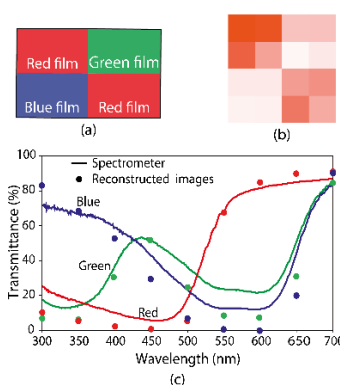


Fig. 2 (a) Object, (b) the reconstructed image with 4×4 pixels at 600nm, and (c) the spectral distributions.

4. 終わりに

回転ディスク型マスクと分光器を用いた単一画素カメラにより広い波長範囲において分光イメージングを実現した.