

非等方カーネルを用いたコンボリューション法による三次元計測

3D shape measurement using convolution method with anisotropic kernel

埼玉大院理工 [○]李昂陽, 吉川宣一Saitama Univ., [○]Li Angyang, Nobukazu Yoshikawa

E-mail: s11mm337@mail.saitama-u.ac.jp

1. はじめに

フーリエ変換形状計測法(FTP)は, 線形システムの性質から畳み込み積分形式でも表すことができる[1,2]. しかし, 計算時間が実用的でなくなるため畳み込み積分形式が用いられることはほとんどなかった. 本研究では, 二次元非等方カーネルを用いた畳み込み形式の三次元計測法を提案する. さらに変数分離形コンボリューション法を提案し, 実用的な計算時間で安定した三次元計測が可能であることを示す.

2. 原理

FTP はフーリエフィルタリング形式を用いて $g(x) = \mathcal{F}^{-1}[S_{\omega_0}[F(\omega)H(\omega-\omega_0)]]$ のように表すことができる (図 1). ここで $F(\omega)$ は変形格子像のフーリエ変換, $H(\omega)$ はローパスフィルタ, ω_0 は格子周波数, S_{ω_0} は周波数シフトオペレータである. この式の逆フーリエ変換を計算するとコンボリューション形式の FTP が得られる.

$$g(x) = \{f(x) \exp(-i\omega_0 x)\} * h(x) \quad (1)$$

一般に FTP の条件からつくられるカーネルはサイズが大きくなるため実用的な計算時間で実行することができない. 本研究では, 変形格子像が格子ベクトルに関して非等方性を持つことを考慮して $P \times Q$ の非等方カーネルを用いる手法を提案する. ここで $P < Q$ とすると Q の辺が格子ベクトルと平行になるように設定する. さらに非等方性より変数分離条件が成り立つので式(1)は変数分離形コンボリューションに変形することができる (図 1). 変数分離形コンボリューション法による三次元計測は実用的な計算時間で実行することができる.

3. 実験

格子投影計測システムを用いて実験を行った. 物体は黒い紙の前に置かれたマスクを用いた. 図 2(a)は物体の変形格子像である. 背景領域はノイズ除去のために値をゼロに設定した. 図 2(b)-(d)はそれぞれ FTP, コンボリューション法, 変数分離形コンボリューション法により得られた位相分布である. 物体上の位相分布はほぼ同じであった. 一方, FTP の場合の背景領域には周期的な位

相分布が発生した. これはゼロ振幅点において丸め誤差等により不正確な位相情報が得られた影響と考えられ, 形状復元において歪みの原因となる. コンボリューション法ではほぼ一定の位相が得られた. ゆえにゼロ振幅点に影響されずに安定した形状復元が可能である. カーネルサイズが 3×63 程度ならば変数分離形コンボリューション法の計算時間は FTP より 1.3 倍も高速であった.

4. まとめ

非等方カーネルを用いたコンボリューション法による三次元計測を提案し, 高速かつ安定な三次元計測が可能であることを示した.

参考文献

- [1] M.Takeda *et al.*, J. Opt. Soc. Am, 72, 156-160 (1982).
- [2] A.J.Moore *et al.*, Opt. and Lasers in Eng., 23, 319-330 (1995).

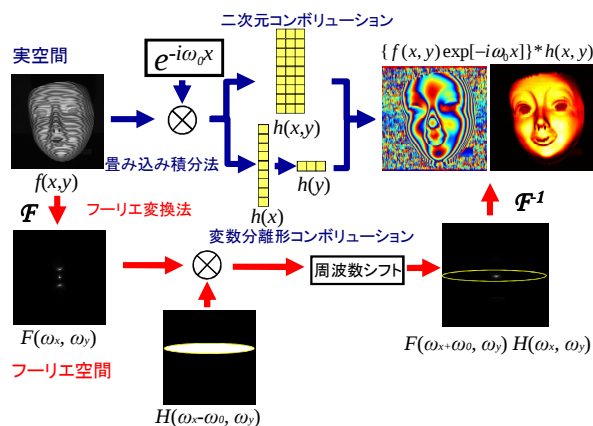


図 1 FTP とコンボリューション法

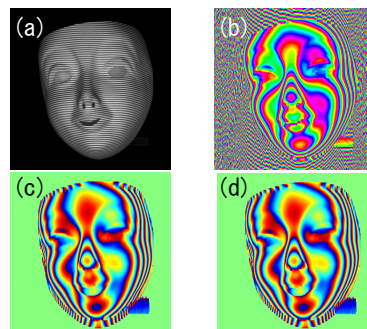


図 2 (a) 変形格子像, (b) FTP, (c) コンボリューション法, (d) 変数分離形コンボリューション法