

## 色情報を用いた多重色分布を持つ物体の3次元画像計測

長 元気 盧 存偉

福岡工業大学工学部

## 1. まえがき

パターン光投影計測方法における強度変調パターン計測手法は、反射パターン縞の強度解析により、縞次数を決定することが特長であり、快速性を持った計測手法であるといえる。

しかし、従来の強度変調パターン計測において、計測物体が多重色分布を持つ場合、計測物体の色特性や反射特性の影響により、理想的な強度分布を持つ反射パターンを得ることが出来ないことが多い。また、カラー投影パターンなど色情報を利用した計測手法などは多く提案されているが、これらの手法の多くは多重色分布を持つ物体に対しては必要な強度分布をもつ反射パターンを得るのは困難である。

本研究では計測物体の色分布に応じて、得られた反射パターンの各画素強度を色チャンネル別に抽出し、計測に用いるパターン縞の合成を行う。これにより、投影パターンの縞次数と線形的な対応関係を持つ強度分布のパターン縞を得ることができ、パターン縞の識別が容易に行える。また、カメラとプロジェクタの非線形問

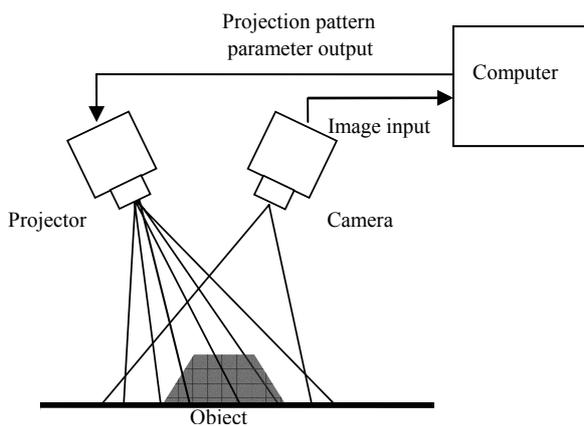


図1 典型的パターン光投影計測システム

Fig.1 System setup of the model projection pattern method

3-D Image Measurement Using Color Information for the Object with a Multiplex Color  
Genki CHO Cunwei LU  
Faculty of Engineering, Fukuoka Institute of Technology

題を解決するために、8ビット計測システムのキャリブレーションも行う。

## 2. 多重色分布を持つ物体計測の問題点

典型的なパターン光投影計測システムは図1のように構成される。

強度変調パターン投影計測において、精度の良い3次元形状を得るためには、入力画像より得られた反射パターン縞の強度が、投影されたパターン縞次数と線形的な対応関係であることが理想である。

図2の(a)は、30~250の強度範囲において線形的に強度変調する25本のグレイパターンである。(a)を、多重色分布を持つ計測物体(b)に投影したときのグレイスケール入力画像が(c)である。反射パターンA-A'ラインの強度分布が(d)である。計測物体の反射特性や色特性の影響により、反射パターンの強度分布は投影パターンの縞次数との対応関係がくずれたので、反射パターンの強度から縞次数を決定することはできない。

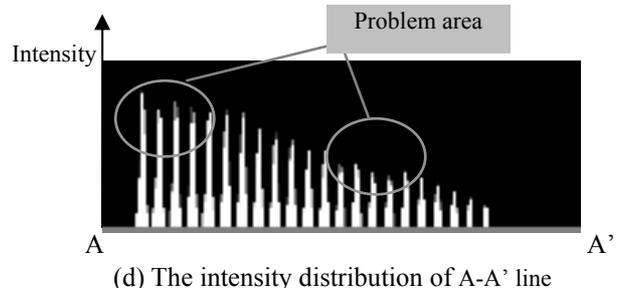
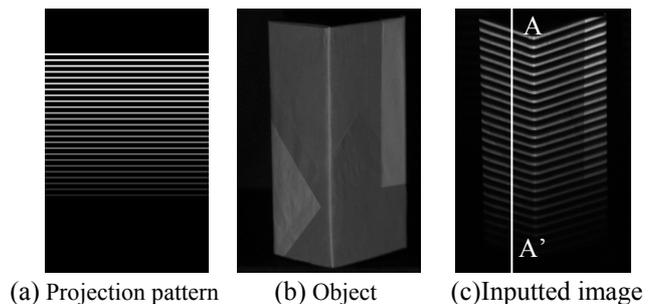


図2 多重色分布を持つ物体の計測の問題点

Fig.2. The problem of measurement when the object with multiplex color

### 3. 色情報を用いた多重色分布を持つ物体の計測手法

提案手法は以下の計測手順で行う。

#### i [色チャンネル選択]

まず、入力画像より画素ごとに計測に使用する色チャンネルと反射強度を抽出し、計算用単チャンネル化画像を合成することで、計測物体の同一部分における他の色成分や表面反射率による影響を軽減する。

入力された画像の各画素  $(i,j)$  における、計算用単チャンネル化画像の画素強度  $I_s(i,j)$  は次の条件式により求める。

$$I_s(i,j) = \begin{cases} I_r(i,j) & \text{if } I_r(i,j) \geq I_g(i,j) \text{ and } I_r(i,j) \geq I_b(i,j) \\ I_g(i,j) & \text{if } I_g(i,j) > I_r(i,j) \text{ and } I_g(i,j) \geq I_b(i,j) \\ I_b(i,j) & \text{if } I_b(i,j) > I_r(i,j) \text{ and } I_b(i,j) > I_g(i,j) \end{cases} \quad (1)$$

ただし、 $I_r(i,j)$ ,  $I_g(i,j)$ ,  $I_b(i,j)$  はそれぞれ強度変調カラーパターン投影による入力画像の RGB チャンネルにおける強度値である。

#### ii [色チャンネル修正]

[色チャンネル選択] 部分より決定された各画素の色チャンネルに対して、ノイズや反射特性による影響を考慮して、計算用単チャンネル化画像の修正を行う。

修正は以下の条件式により求める。ここでは、[色チャンネル選択] により R チャンネルが選択された場合における条件式を例として示す。

$$\begin{aligned} \text{when } I_s(i,j) = I_r(i,j) \\ I_s(i,j) = I_g(i,j) & \quad \text{if } D_g > D_r \text{ and } I_g(i,j) / I_r(i,j) > \lambda \\ I_s(i,j) = I_b(i,j) & \quad \text{if } D_b > D_r \text{ and } I_b(i,j) / I_r(i,j) > \lambda \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 $D_r(i,j)$ ,  $D_b(i,j)$ ,  $D_g(i,j)$  は  $(i,j)$  の周囲において [色チャンネル選択] で選択された各 RGB チャンネルの画素強度の和であり、 $\lambda$  は最初に選択された  $I_r(i,j)$  を  $I_g(i,j)$ ,  $I_b(i,j)$  と入れ替える場合に必要な割合である。今回は  $\lambda = 0.8$  と設定している。

#### iii [計測システムのキャリブレーション]

また、投影パターンの縞次数と線形的な対応関係を持つ反射強度分布を得るために、投影するカラー変調パターンを色チャンネル別に調節して [計測システムのキャリブレーション] を行う。

今回は白色の標準物体に対して、各色チャンネルの縞強度分布が図 4 のように強度 30~230 において線形的に分布するように、投影パターンの色強度を 1 本ずつ調節する。

これによりパターンの縞次数に対応した目的

の反射強度が得られるようになり、複数の色チャンネルを用いて計測に使用するパターン縞を合成しても、カメラの色チャンネル間の入力影響を軽減し、目的の反射強度分布を得ることができる。

### 4. 多重色分布を持つ物体の計測結果

図 5 は、図 2 と同一の計測シーンに対して、提案手法を用いた計測結果である。(c) から分かるように、画素強度は投影パターンの縞次数と、ほぼ線形的に対応して分布している。

### 5. むすび

本研究では、色情報を用いた多重色分布を持つ物体の 3 次元画像計測手法を提案した。これにより、投影パターン縞次数と線形的な対応関係を持つ強度分布のパターン縞を得ることができ、多重色を持つ物体の 3 次元計測は変調投影パターン光方法により実現することができた。

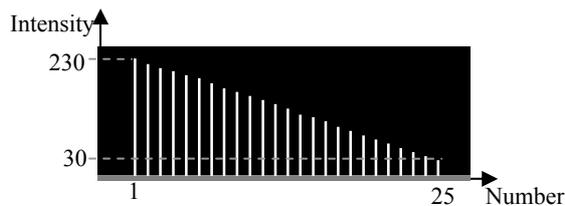


図 4 キャリブレーションした強度分布  
Fig4. The intensity distribution after calibration

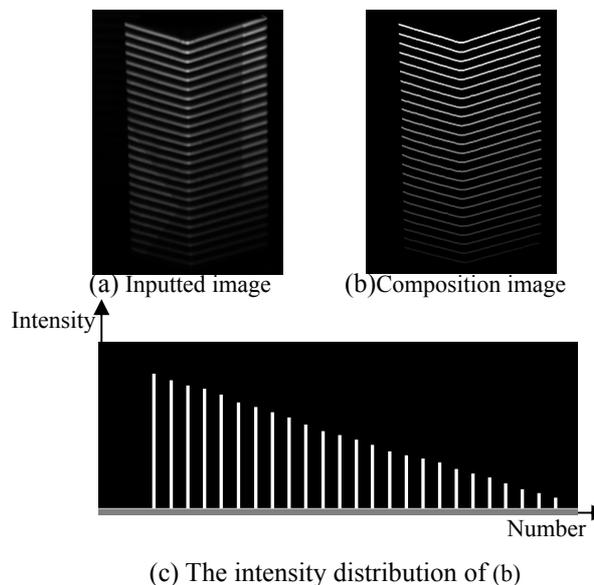


図 5 提案手法における多重色分布を持つ物体の計測結果

Fig5. The measurement result when the object with multiplex color by presented method