

瞬時三次元形状復元のための多重2次元符号化コード光投影法

学籍番号：09C07090 佐藤研究室 土屋 寛

1 はじめに

物体の密な形状を計測することは工学だけでなく、医療、考古学など様々な分野で必要とされている技術である。例えば、自動車が衝突した瞬間の形状の変化や、人体の筋肉の運動の解析、文化財のデジタルアーカイブなどが挙げられる。静止物体に対する三次元形状復元の手法は工業分野を中心に実用化されつつあるが、動物体に対する形状復元には精度に問題があり、また対象が静止物体であれ全周形状を復元するには複数回に分けて復元を行う必要がある。そこで、本研究では重畳・分離可能な2次元符号化コード光を複数同時に投影することによって、1回の計測で動物体の密な全周三次元形状復元を行う手法の確立を目指す。

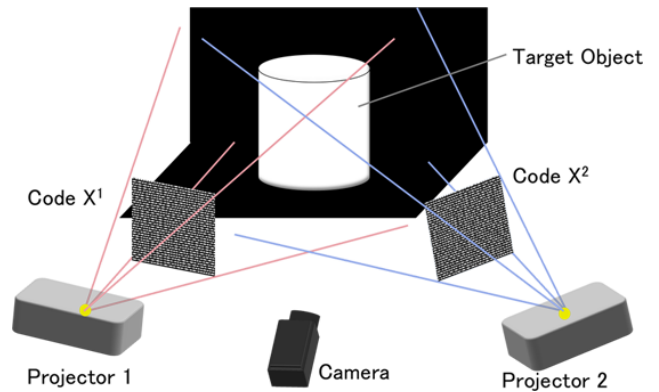


図 1: システム構成

2 提案システム

提案システムの最小構成を図1に示す。複数のプロジェクタから異なる時不変の $N \times N$ pixel の2次元符号化コードパターン(面コード) X^i を対象物体に投影する。面コードは自己相関性の高いマンチェスタ符号化M系列信号を用いて生成する。面コード X^i を構成する $N/2$ 本の1次元信号列を線コードと呼び、 $x_j^i(n), j = 1, 2, \dots, N/2$ と定義する。各線コードは -1 (灰), $+1$ (白) の2値の信号列であり、面コード中で信号が存在しない領域は信号値 0 (黒) とする。

k 枚の面コードが重畳しているカメラ画像に2次元離散フーリエ変換(2D-DFT)を行うと、画像中央で直交する2本の輝線の組が k 組得られる。1組の輝線だけを残すように2D-DFT画像にマスクを掛けて2次元逆離散フーリエ変換(2D-IDFT)を行うことで、各面コードの位置を示す画像 $P^s, s = 1, 2, \dots, k$ が得られる。次に、 X^i を構成する $x_j^i(n)$ と、 P^s から読み取った $N/2$ 本の1次元信号列 $p_t^s(n), t = 1, 2, \dots, N/2$ を用いて相関関数 R_{line} を求める。

$$R_{\text{line}}(s, i, t, j, n) = \frac{1}{r_t^s} \sum_{\tau=0}^{r_t^s-1} p_t^s(\tau) x_j^i(\tau - n) \quad n = 0, 1, \dots, r_t^s - 1 \quad (1)$$

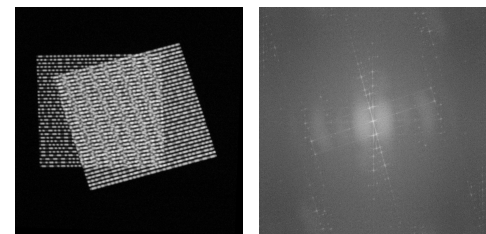
$$r_t^s = \min(f_t^s N, l_t^s) \quad (2)$$

ただし、 p_t^s の長さを l_t^s とし、 r_t^s は式(2)で定義する。また、 x_j^i は x_j^i を p_t^s の基本周波数 f_t^s で伸縮させた信号列である。 R_{line} は -1 から $+1$ までの値を取り、 $+1$ に近いほど p_t^s と x_j^i は相関していると言える。すると、 $N/2$ 本の線コードで構成される各面コードに対して式(3)で定義される j_{near} が t と一致、つまり線コードのIDが一致した割合から対応関係を決定する。

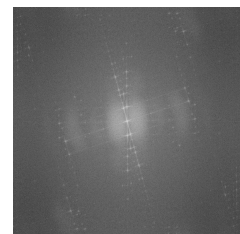
$$j_{\text{near}} = \underset{j}{\operatorname{argmax}} R_{\text{line}}(s, i, t, j, n) \quad (3)$$

一致した割合が閾値 α を上回れば、対応関係が一意に定まり、重畳した面コードが識別できたとする。

面コードの分離と識別が可能となることで、各面コードを投影しているプロジェクタの方向情報が求まり、カメラとプロジェクタの外部・内部パラメータから、三次元形状復元が可能となる。各面コードについて求めた三次元形状データを統合することによって、最終的に密な三次元形状復元が得られる。



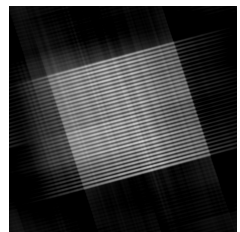
(a) 入力画像 I



(b) (a) の 2D-DFT



(c) P^1



(d) P^2

図 2: 重畳面コードの分離

表 1: 線コード一致率

	P^1	P^2
X^1	9.37%	75.0%
X^2	93.7%	0.00%

3 実験と結果

2枚の面コード X^1, X^2 を平面に投影したカメラ画像について面コードの分離及び識別を行った(図2)。閾値 $\alpha = 50\%$ とした。結果を表1に示す。表1から明らかに X^1 と P^2 、 X^2 と P^1 がそれぞれ対応関係にあることがわかる。

4 結論と今後の課題

本研究では瞬時三次元形状復元のための重畳2次元符号化コードの分離及び識別を行った。今後は平面以外の対象物体に対する2次元符号化コードの重畳・分離や実際に三次元形状復元を行う。