

H-044

3D スキャンによる物体認識の基礎実験

Fundamental experiment of object recognition using 3D scanning

田中 麻美† Asami Tanaka
 堂園 浩† Hiroshi Douzono
 築地 浩† Hiroshi Tsukiji

1. はじめに

CGH(Computer Generated Hologram)を用いたパターン認識の一つとしてマッチトフィルタリングがある。入力信号と参照信号の相関を検出するフィルタを光学的マッチトフィルタと呼び、一般にフーリエ変換ホログラムが用いられる[1]。この原理をフレネルホログラムを用いて3次元的に応用すれば、物体認識の可能性が期待できる。さらに光学的マッチトフィルタリングの一連の演算を全てPC上で行えば、システム全体の軽減化が図れる。

本研究ではこの提案にもとづき、マッチトフィルタを用いた3Dスキャンによる物体認識を試みている。今回、そのシステムを試作し、基礎実験を行ったので報告する。

2. CGHの計算とマッチトフィルタリング

2.1 CGHの計算方法

図1に球面波と平面波の干渉を示す。CGHの計算は被写体を点光源の集合体とみなし、物体光を点光源からの球面波、参照光を平面波として計算する。なお、CGHとは3次元を扱う計算機生成フレネルホログラムである。

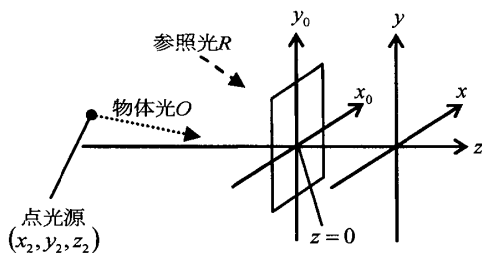


図1：球面波と平面波の干渉

参照光 R の振幅を a_1 、伝播方向の方向余弦をそれぞれ $\cos \alpha_{x1}$ 、 $\cos \alpha_{y1}$ 、 $\cos \alpha_{z1}$ とし、点光源 O の振幅を a_2 、位置を (x_2, y_2, z_2) とする。いま $z=0$ の x_0y_0 平面内で2次元的な干渉縞を観測し、その範囲が点光源からの距離 z_2 に比べて十分に狭いとすると、

$$R(x_0, y_0, 0) = a_1 \exp\{-ik(x \cos \alpha_{x1} + y \cos \alpha_{y1})\} \quad (1)$$

$$O(x_0, y_0, 0) = \frac{a_2}{z_2} \exp\{-ikz_2\} \exp\left[-\frac{ik}{2z_2} \{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2\}\right] \quad (2)$$

となる。ここで k は波数、 α はホログラム面と参照光 R のなす角であり、 z 方向は奥行きとする。よって干渉縞は、

$$I(x_0, y_0, 0) = |R^2 + O^2|^2 = a_1^2 + \frac{a_2^2}{z_2^2} + \frac{2a_1a_2}{z_2} \cos\left[k\left\{\frac{(x_0-x_2)^2 + (y_0-y_2)^2}{2z_2} - (x_0 \cos \alpha_{x1} + y_0 \cos \alpha_{y1}) + z_2\right\}\right] \quad (3)$$

となる[2]。

2.2 マッチトフィルタリングの演算

マッチトフィルタリングに使用するホログラムを物体光 O_1 、参照光 R で作成したとするとホログラムの透過光分布は $|O_1+R|^2$ と表される。ここで入力画像の物体光を O_2 とし、このホログラムを通過させる。このときホログラムからの透過光は、

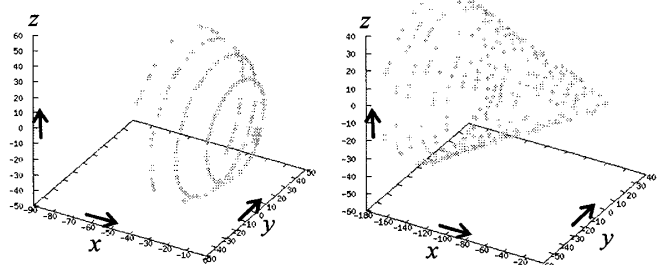
$$|O_1+R|^2 \cdot O_2 = |O_1|^2 O_2 + O_1 O_2 R^* + O_1^* O_2 R + |R|^2 O_2 \quad (3)$$

と表される。ここで*は複素共役を表す。ここで式(3)の右辺第3項に注目する。入力情報とホログラム内のモデルが同一の場合 $O_1=O_2$ となるため、第3項は $|O_1|^2 R$ となる。これは参照光 R に比例した透過光であり、参照光は平面波であるためフーリエ変換を施すと相関スポットが得られる。このスポットの有無により認識を行う[3]。

3. 3Dスキャンによる立体情報の取得

実空間から CGH の被写体となる物体の形状構成要素である点光源の配置情報(以下、物体情報と称す。)を取得するにあたり、市販の DAVID Laser scanner を使用した。

実際に3Dスキャンすることにより得られる点の数は非常に多く、CGH作成の際の解像度や計算時間を考慮し、適度に点の間引きを行い最終的な物体情報とする。これをCGH作成とマッチトフィルタリングに使用するモデルとする。物体情報の取得例を図2に示す。



(a) 球 (b) 円錐

図2：取得した物体情報の例

† 佐賀大学大学院工学系研究科先端融合工学専攻

‡ 佐賀大学大学院工学系研究科技術部

4. 物体認識システムの基礎実験

マッチトフィルタリングに使用する CGH は、図 2 に示した物体情報を図 3 に示すような直交座標系に置いて作成している。CGH を作成する際の各パラメータを表 1 に示す。CGH 作成には先行研究の手法を使用している[4]。

システムに入力するモデルと CGH の情報がともに同一である場合のマッチトフィルタリングの結果を 3次元表示にて図 4(a)に示す。図 4(a)の画面上左端に現れている最も出力の高い部分が相関スポット、中央に現れているのは 0 次の透過光成分である。

一方、入力モデルと CGH の情報が異なる場合のマッチトフィルタリングの結果を 3次元表示にて図 4(b)に示す。図 4(a)と比較すると、0 次の透過光成分の出力が高くなっており、画面上左端には相関スポットが現れていないことが分かる。

よって、相関スポットの出現する周辺部と任意の閾値を設定し比較することにより、相関スポットの有無を判定する。相関スポットが存在する場合を同一の形状として認識し、存在しない場合を異なる形状として認識する。

5. まとめ

今回、単純な物体の形状情報を 3D スキャンを用いて実空間より取得し、その情報をもとにフレネル変換 CGH を作成しマッチトフィルタリングを行った。結果として、形状が同じ場合には相関スポットが出現し、一方、形状が異なる場合には相関スポットが出現しないことから、形状を区別できることが確認された。これらの結果により、実空間における物体の 3D スキャンによる CGH の作成が確認されるとともに、本手法による物体認識の可能性が示された。

今後の課題として、より複雑な物体での認識が挙げられる。しかし物体が複雑になるほど物体情報は増加するため、CGH そのものが複雑になり CGH 作成やマッチトフィルタリングの演算処理における時間的問題が生じる。また、再スキャン時において物体の配置状態に変化がある場合、その相関スポットへの影響も考慮すべきである。今後これらの点を検討し、本手法による物体認識を検討していく。

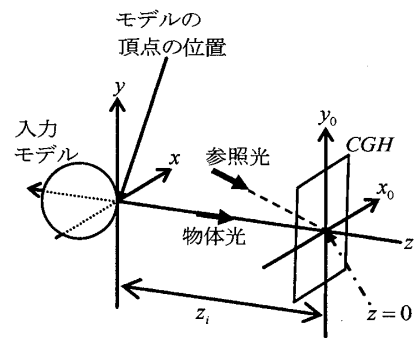
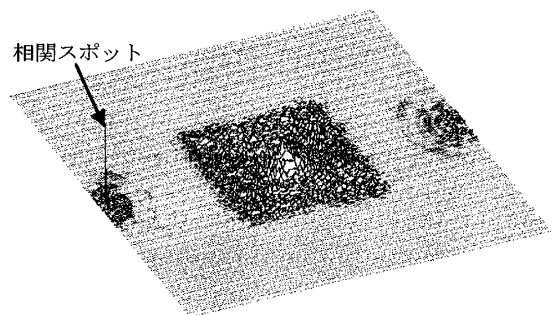
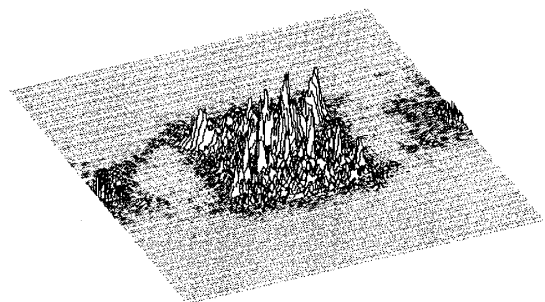


図 3: フィルタ用フレネル変換 CGH の作成



(a) 入力モデルと CGH 情報が同一の場合



(b) 入力モデルと CGH 情報が異なる場合

図 4: フィルタリング結果の 3次元表示

表 1: CGH の各パラメータ

入力モデルの要素数	約 200~300
参照光の強度	$1 \mu W/1\text{pixel}$
物体光の強度	$100nW/1\text{pixel}$
CGH サイズ	$512\text{pixel} \times 512\text{pixel}$
干渉縞の計算間隔	$10.16 \mu m$
波長	$633nm$
CGH とモデル間の距離	200
物体光に対する参照光の角度	9°

参考文献

- [1] 久保田敏弘：“ホログラフィ入門”，朝倉書店，pp.8-10, pp.56-57, p.122 (1995)
- [2] 木下健治：“シミュレーションによる CGH 再生像の検討”，映情学技報，Vol.29, No.48, pp.9-12 (2005)
- [3] 飯塚啓吾：“光工学 新訂増補版”，共立出版株式会社，p.145 (1989)
- [4] 西嶋信也：“フレネルホログラムを用いた空間情報認識の基礎研究”，佐賀大学 (2008)