電子情報通信学会 1997 年総合大会講演論文集 [2],144(1997.3).

角度量子化光線追跡を用いた計算機合成ホログラム

— 波動光学的検討 —

A Computation of Computer-Generated Holograms by Using Angle-Quantized Ray Tracing

松島恭治†，有安富雄

K. Matsushima† and T.Ariyasu

関西大学工学部電気工学科

Department of Electrical Engineering, Kansai University

1 はじめに

ディスプレイ用の計算機合成ホログラムには，物体表面に配置した点光源からの回折を計算する方法が広く用いられている．しかしながらこの方法では，点光源とホログラム上のセルとの距離計算に乗算と平方根演算が必要であり，多数の点光源からなる物体の光波計算において計算時間の増大が避けられない．

そこで我々は，表面モデルで構築された物体にたいして，その表面 (平面) からの光波を効率良く計算する一つの方法として角度量子化光線追跡を提案している [1]．本報告では，角度量子化光線追跡の波動光学的な検討について述べる．

2 基本原理

ホログラム上の一つのセルに物体から入射してくる光線の入射角をそのホログラムの回折角の範囲内で離散化し，その n 番目の光線の入射角をθ_nとする．この入射角の光線を物体表面まで逆に追跡し，光線と交わる物体表面からの光波を計算する．

以下，水平視差のみのホログラムを考える．$z = 0$ に位置するホログラムの水平軸を x 軸とすると，セル x_mにおける物体表面からの光波は，

$$u(x_m) = \sum_n A_n \frac{\exp\left[-ikr_{m,n}\right]}{r_{m,n}} \tag{1}$$

として表現できる．ここで，$r_{m,n} = r(x_m, \theta_n)$ はセル x_mからθ_n方向の物体表面との距離であり，A_nは振幅である．

図 1 に示したように，どのセルに対しても同じ量子化を適用することにより，同一の角度θ_nで入射する光線は互いに平行になり，三角形の相似則から，$r_{m+1,n} = r_{m,n} + c_1$ の関係が成り立つ．したがって，一定の入射角度θ_nについては，隣接したセルの距離計算は加算のみで可能である．

3 回折積分

物体表面上に十分に密に点光源を配置し，その点光源からの光波をホログラム上で重畳することは，すなわちその物体表面からホログラム面への回折積分を行うことに他ならない．従って，式 (1) もこの様な回折積分と等価でなければならない．図 2 に示したように，物体表面上に座標系 x^s–z^s をとると，ホログラム上の x_m での光波は，

$$u(x_m) = \int_{x_a^s}^{x_b^s} A(x^s) \frac{\exp\left[ikr\right]}{r} \, dx^s \tag{2}$$

†E-mail: matsu@laser.ee.kansai-u.ac.jp

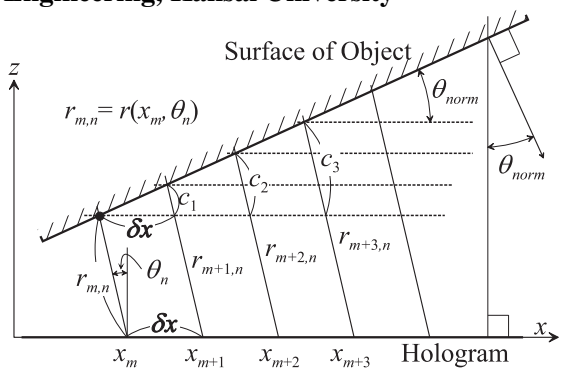

図 1 θ_n方向の物体表面との距離計算

となる．ここで，$r = \sqrt{(x^s)^2 + (z_0^s)^2}$であり，$A(x^s)$ は振幅である．積分を和に書き直すと，

$$u(x_m) = \sum_n A_n \frac{\exp\left[ikr_{m,n}\right]}{r_{m,n}} \delta x^s \tag{3}$$

となる．$r_{m,n}$ は微小間隔 δx^s でとった物体表面上の点 x_n^s とホログラム上の点 x_m の距離である．図 2 と式 (3) より，入射角度を $\tan\theta_n = x_n^s / z_0^s = n\delta x^s / z_0^s$ として量子化し，式 (1) の右辺に δx^s を乗算することにより，式 (1) は回折積分と等価になる．

4 まとめ

平面の幾何学的性質を活かした物体光計算アルゴリズムとして提案している角度量子化光線追跡では，物体表面上で均等な距離になるように角度を量子化することにより，平面からの回折積分と等価になることを示した．

参考文献

[1] 松島, 有安：“ポリゴンモデル 3 次元物体の計算機合成ホログラムに関する検討”, 第 3 回 HODIC 講演会論文集, p. 29 (1996).

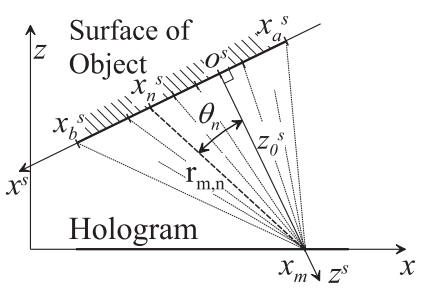

図 2 回折積分と角度量子化