

カラーラインセンサを用いた高精細 3 次元復元

学籍番号:90136702 谷内田研究室 柴田 龍治

1 はじめに

近年、カーナビや VR などの分野において様々なオブジェクトを対象とした 3 次元モデルが用いられている。これらの分野においては、更なる臨場感を得るために、写実性に優れた高精細実写画像に基づいた 3 次元モデル構築に対する需要が高まっている。本研究は広範囲かつ高精細の 3 次元モデリングを目的とし、ルートパノラマ画像と呼ばれる広範囲な画像の取得・保存に適した画像を高精細カラーラインセンサを用いて生成し、その画像上に現れる色ずれから 3 次元復元を行う手法を提案する。特にカラーラインセンサを対象に対して平行に等速直線移動させた場合と、対象の周りに等速回転移動させた場合について実画像実験を行い、本手法の精度検証を行った。

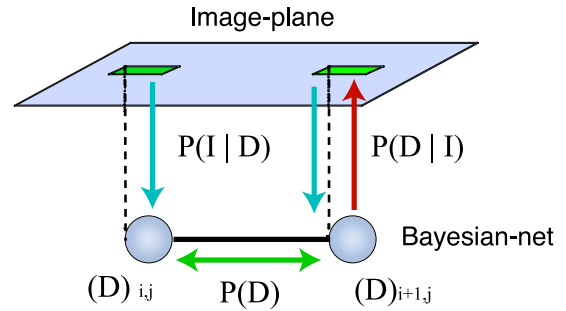


図1 マルコフネットワークモデル

2 色ずれを利用した 3 次元復元原理

復元したい対称点を P とし、センサから対称点 P までの距離を D とする。カラーラインセンサには RGB 間に視線方向のずれ θ があるため、対象点 P を撮像する時刻が RGB 素子でそれぞれ異なる。この撮像時刻のずれを Δt で表す。本研究ではセンサの軌跡を一般的に表現するために、 Δt 間のセンサ移動を回転行列 R と並進ベクトル t を用いて表す。ここでセンサの回転は Y 軸周りの回転のみとし ϕ で表す。また並進ベクトルを $X-Z$ 平面上のベクトルとする。このとき対象点 P までの距離 D は次式で求めることができる。

$$D = t_z + \frac{t_x}{\tan(\theta + \phi)} \quad (1)$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix}, t = \begin{pmatrix} t_x \\ t_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

撮像時刻のずれ Δt はルートパノラマ画像で色ずれとなって現れる。色ずれを d 、センサのスキャンレートを r とすると、 $\Delta t = d/r$ の関係が成り立つ。これより、ルートパノラマ画像の色ずれから (1) 式を用いて 3 次元復元を行うことができる。

3 Belief-Propagation による色ずれ検出

本研究では、ルートパノラマ画像の色ずれ検出に Belief-Propagation によるウィンドウマッチング法 [1] を用いる。これはマッチング問題をマルコフネットワークの事後確率最大化問題に置き換えて考える方法である。画像の輝度値を I 、対象の奥行きを D とすると、事後確率は尤度と事前確率の積で表される (3) 式。尤度はマッチング類似度 R_{RGB} に相関して最大となる関数 (4) 式で、事前確率とは各ノード間の推定値 (D) の相関をとる関数 (5) 式である。図 1 にマルコフネットワークの概略図を示す。

さらに本研究では、画像からガウシアンピラミッドと呼ばれる多段階に解像度を設定した複数画像を生成し、階層的に Belief-Propagation によるウィンドウマッチングを行うことで、大域的な色ずれ情報から局所的な色ずれ情報までを効果的に推定する。

$$P(D|I) = P(I|D)P(D) \quad (3)$$

$$P(I|D) = \prod_s (1 - e_p) \times \exp\left\{-\frac{|2 - R_{RGB}|}{\sigma_p}\right\} \quad (4)$$

$$P(D) = \prod_s \prod_{s \in N(s)} (1 - e_d) \times \exp\left\{-\frac{|(D)_s - (D)_t|}{\sigma_d}\right\} \quad (5)$$

4 実験結果

直動ステージを用いてセンサを等速直線移動させて撮像したときのルートパノラマ画像を図 2 に示す。図 2 に対し色

ずれ検出を行い、(1) 式を用いて 3 次元復元を行った結果を図 3 に示す。結果の図は DepthMap と呼ばれる画像で表示している。DepthMap とは距離を濃度で表した画像のことで、距離が近いほど黒く表示し、距離が遠いほど白く表示している。手前のオブジェクトを Front、奥のオブジェクトを Behind とし、DepthMap をオブジェクトごとの領域に切り出し、真値との差分を 2 乗平均 (RMS) した値を誤差とした。各 DepthMap に対する誤差の評価を表 1 に示す。

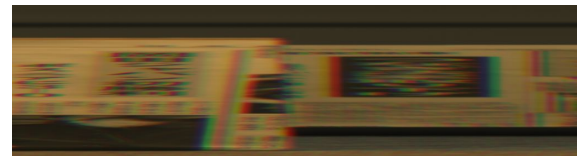


図2 撮像画像

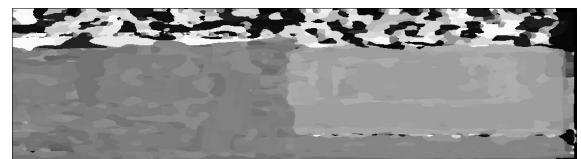


図3 Belief-Propagation 実行後画像

表1 復元結果

	Front	Behind
真値 [mm]	2300	3000
RMS 誤差 [mm]	244.18	188.04
RMS 誤差 [%]	10.62	6.27
分解能 [mm]	40.8	40.8

5 おわりに

本研究では、高精細実写画像からの 3 次元復元を目的とし、カラーラインセンサを用いた高精細 3 次元復元手法を提案した。

参考文献

- [1] J. Sun, N. Zheng, and H. Shum "Stereo Matching Using Belief Propagation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 7, pp. 787-800, 2003.