

複数の全方位画像センサを用いた環境の 3次元モデルの作成

2M-1

山下 敏行 山澤 一誠 竹村 治雄 横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

近年、仮想現実感や複合現実感の研究において実空間の構造を仮想空間へ取り込む要求が高まっている。一般のカメラを用いて実環境から3次元モデルを作成する場合、従来手法としては複数のカメラを使ったステレオ視による方法 [1, 2, 3] がある。しかし、一般のカメラを使ったステレオ視には以下のような問題点がある。

- (1) 複数の画像からステレオ視を行なう場合、撮影時のカメラの位置の計測が必要である。
- (2) 一度に広い領域を3次元モデル化するには多くの画像を必要とする。

以上のような問題に対して本手法では全方位画像センサを用いたステレオ視を行なうことにより少数の画像で周囲の環境を仮想空間へ取り込む手法を提案する。

2 全方位画像センサ HyperOmni Vision

本研究では全方位画像センサとして透視投影の光学特性を持つ HyperOmni Vision [4] を使用する。このセンサは図1のように鉛直下向きに設置した二葉双曲面ミラーと鉛直上向きに設置した CCD カメラで構成される。HyperOmni Vision はその光学特性

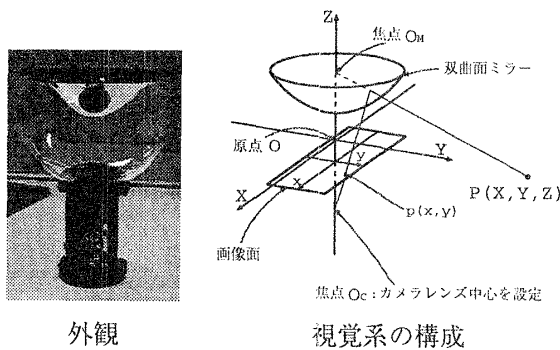


図 1: HyperOmni Vision の外観と視覚系の構成

からステレオ視を行なうために必要な透視投影画像を簡単に得ることができる。

図1のように定義された空間内の任意の点 $P(X, Y, Z)$ に対する画像上での写像点を $p(x, y)$ としたとき、ふたつの間には次のような関係がある。

Generating 3D-models of a real environment using omnidirectional image sensors
Toshiyuki YAMASHITA, Kazumasa YAMAZAWA, Haruo TAKEMURA, Naokazu YOKOYA
Nara Institute of Science and Technology

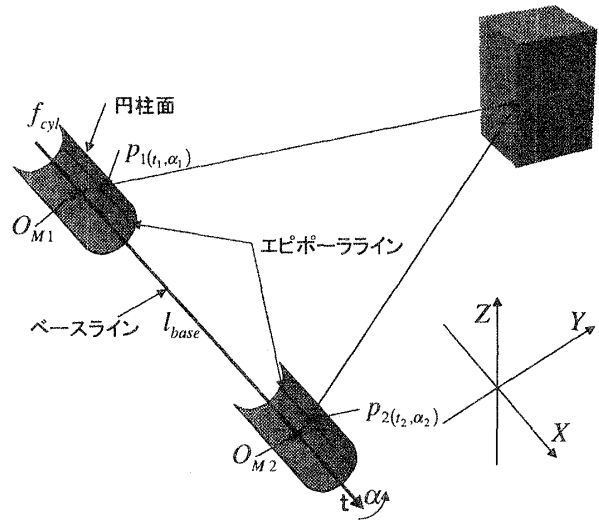


図 2: ステレオ撮像系

$$\begin{aligned}
 x &= X \times f \times \frac{(b^2 - c^2)}{(b^2 + c^2)(Z - c) - 2bc\sqrt{X^2 + Y^2 + (Z - c)^2}} \\
 y &= Y \times f \times \frac{(b^2 - c^2)}{(b^2 + c^2)(Z - c) - 2bc\sqrt{X^2 + Y^2 + (Z - c)^2}}
 \end{aligned}$$

(ただし a, b, c は双曲面のパラメータ,
 f は CCD カメラの焦点距離)

(1)

3 全方位画像によるステレオ視

全方位ステレオ画像を取得する最も単純なセンサ配置として HyperOmni Vision を水平方向に配置する方式と垂直方向に配置する方式 [5] が考えられる。垂直には位置する方法に対して水平方向に配置した場合はエピポーラ線が複雑になるが、基線を垂直方向に配置するよりも長くとることが可能であり、さらに3つ以上のセンサを用いたステレオに容易に拡張することができる。そのため、本手法では HyperOmni Vision を水平方向に配置したステレオ撮像系を採用する。

HyperOmni Vision を水平方向に配置した場合はエピポーラ線が複雑になる。そこで本手法では、図2のように基線を軸とする円柱側面にふたつの全方位画像を投影する。この投影された2つの円柱画像は一種の標準ステレオ撮像系となり、エピポーララインは円柱の軸（基線）に対して並行となる。

次に投影された円柱画像間で対応を求める。本手法では周囲の環境を仮想空間へ取り込むことを目的

とするため、比較的正確率が高いエッジ部のみで対応を求めることにする。そこで一方の円柱画像から sobel フィルタにより微分画像を求め、さらに固定閾値の2値化によりエッジ画像を求める。そして、抽出されたエッジ部のみ円柱画像同士で対応点を求める。そのうえで対応点の探索方法として 3×3 の画素の窓を用いた正規化相互相関によるブロックマッチングを行なう。

二つの円柱画像上の $p_1(t_1, \alpha_1)$ と $p_2(t_2, \alpha_2)$ が対応するとして求められた場合、以下のような式により O_{M1} を原点とした環境中の点 $P(X, Y, Z)$ の位置を求める。

$$\text{視差} : d = t_1 - t_2 \quad (2)$$

$$\text{奥行き} : r = \frac{l_{base} f_{cyl}}{d} \quad (3)$$

(ただし l_{base} は基線の距離、
 f_{cyl} は円柱の半径)

$$\begin{aligned} X &= \frac{rt_1}{f_{cyl}} \\ Y &= r \sin \alpha \\ Z &= -r \cos \alpha + c \end{aligned} \quad (4)$$

上の式を対応の求められたすべての点で計算し、環境中の点の位置を求める。最後に求められた環境中の点の間を三角形パッチにより補間しポリゴンを作成する。

4 実験および考察

実際に二つの全方位画像を円柱面に投影し、視差を求めた。図3に HyperOmni Vision からの入力画像を示す。提案した手法により円柱面に投影した画像は図4のようになる。この画像からエッジ情報だけを取り出した画像とエッジ上の視差をとった画像は図5のようになる。視差画像は明るいほど視差が大きく、暗いほど視差が小さいことを示す。以上の結果から視差の精度が低いことが分かる。原因としては画像を円柱面に投影したことによる解像度の偏りなどが考えられる。



図3: 入力画像

5 おわりに

本報告では、水平方向に並べた全方位画像センサ HyperOmni Vision の入力画像より環境の3次元モデルを作成する手法を提案した。また、実験により

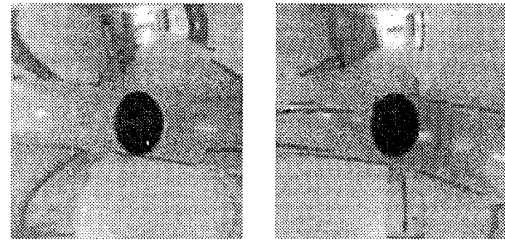


図4: 円柱面への投影画像

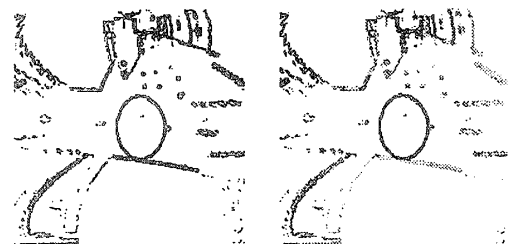


図5: ステレオ結果

環境中の点の奥行きを求めた。実験により求められた視差は3次元モデルを作成するためには精度が不十分なものであったが、今後の手法の改良により十分なものにできると考える。

今後の課題としては求められた視差の精度の向上、ポリゴン作成の実装などがあげられる。

参考文献

- [1] 横矢: "多重スケールでの正則化によるステレオ画像からの不連続を保存した曲面再構成", 信学論 (D-II), Vol. J76-D-II, No. 8, pp. 1667-1675, 1993.
- [2] T. Kanade and M. Okutomi: "A Stereo Matching Algorithm with an Adaptive Window: Theory and Experiment", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 16, No. 9, pp. 920-932, 1994.
- [3] 井口, 佐藤: 三次元画像計測, 昭晃堂, 1990.
- [4] 山澤, 八木, 谷内田: "移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚系 HyperOmni Vision の提案", 信学論 (D-II), J79-D-II, No. 5, pp. 698-707, 1996.
- [5] 茶園, 山澤, 横矢, 竹村: "全方位ステレオ視による3次元情報の獲得", 映像情報メディア学会誌, Vol. 51, No. 10, pp. 1745-1753, 1997.
- [6] 守屋, 大場: "全方位ステレオ画像から得られる距離画像情報の精度向上に関する研究", 信学技報, PRMU98-237, 1999.