

# 球面写像による3次元計測 (5)

## 4P-2 — シミュレーションによるアルゴリズムの検証 —

森田俊彦 川上進 内山隆 稲本康 安川裕介

富士通研究所

### 1. まえがき

球面写像を用いた運動立体視を基本とする3次元計測方式に関して、これまでに線状構造物及び多面体を第一の計測対象としその輪郭線分の方位・奥行き等の計測アルゴリズムを示した。(1)(2)ここでは上記アルゴリズムに基づいて線分計測処理をソフトウェアにより実行するシミュレータを開発し、実画像を用いて計測を試みた結果を示す。

### 2. 線分計測処理の概要

図1にカメラを並進しながら得た複数枚の画像を用いて行う線分計測処理の流れを示す。計測は主に球面写像による大円描画と、大円群の集積点抽出との反復よりなる。処理ではこれを、仮想的に球面を表す2次元メモリ上での濃淡処理で実現する。即ち大円描画はメモリ上での濃度加算処理で、集積点抽出はピーク抽出処理で実現する。

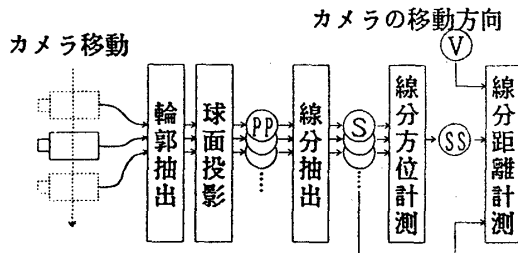


図1. 線分計測処理の流れ

### 3. 線分計測結果

実験は光学特性の評価・較正を終えた視野100度のカメラ(3)で得た本棚とパイプのシーン(写真1)で行い、本棚の輪郭線を計測目標とした。またパイプ(円筒)も、その軸方位は同様の処理で計測できる。画像は、カメラを水平方向に4cmピッチで移動しながら10枚取り込んだ。画素数は256×256である。

#### (1)球面投影結果

まず写真2に球面投影された輪郭画像を示す。この写真は球面を真上から見た様子に相当する。

#### (2)線分抽出結果

シーンの中から線分のみを分離するため、投影された各輪郭点を球面写像し、得られる大円群の集積点(S点)を求めた。S点を再び球面写像して得られる大円はもとの線分と重なる。ここではその一致度から、線分抽出が安定にかつ充分な精度で行われたことを確認した(写真3)。

#### (3)線分方位計測結果

前述のようにS点を再び球面写像すれば、線分を外挿する大円を描くことができる。線分方位計測では各フレームごとのこれら大円を1つの球面上に累積しその集積点SSを求める。大円の累積結果は写真4のようになり、矢指した位置に所望の線分方位を示すSS点がすべて求まった。SS点と球の中心を結ぶベクトルが線分の方角を示す。シー

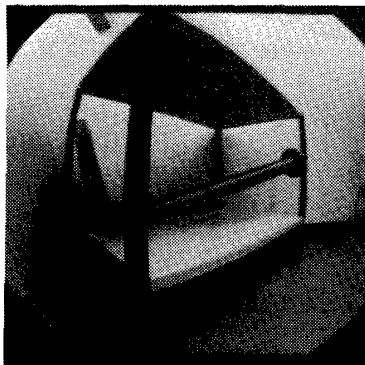


写真1. 原画像 (フレーム6)

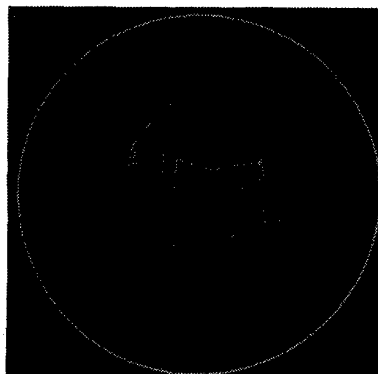


写真2. 球面投影した輪郭画像 (フレーム6)

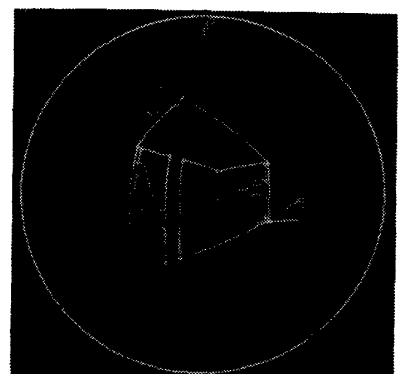


写真3. 線分抽出結果 (フレーム6)

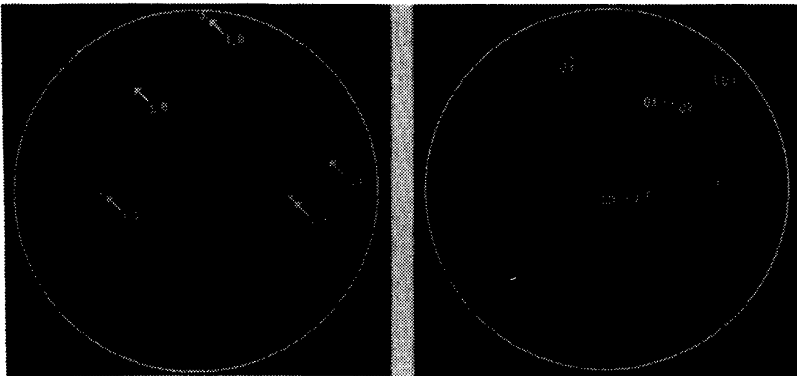


写真4. 線分方位計測結果

写真5. 線分距離計測結果 (方位*i*-0)

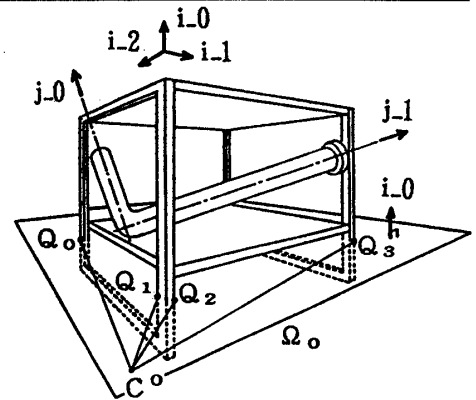


図2. 計測結果とシーンの対応

ンとの対応は図2のように、*i*-0, *i*-1, *i*-2 が本棚の持つ3方位、*j*-0, *j*-1 が円筒の軸方位である。特に円筒の軸方位計測は本方式の特徴である。

(4)線分距離計測結果

線分距離は各線分方位ごとに、その方位を持つ線分への垂線の足を計測することにより求める。<sup>(2)</sup> 写真5は方位*i*-0の場合の結果である。*C*<sup>0</sup>, *C*<sup>1</sup>, ... はカメラの移動位置を示す点で、大円は各位置から垂線の足が見えた方向へ引いた直線に相当する。大円の集積点*Q*<sub>0</sub>~*Q*<sub>3</sub>が垂線の足の位置を与える。その座標から、図2の平面*Ω*<sub>0</sub>(カメラの初期位置*C*<sup>0</sup>を通り方位*i*-0に垂直な面)上における*Q*<sub>0</sub>~*Q*<sub>3</sub>(各線分と平面*Ω*<sub>0</sub>の交点即ち垂線の足)の位置が一意に求まる。即ち写真5は平面*Ω*<sub>0</sub>での断面を球の上で表現したものと考えてよい。従って、*Q*点の位置と線分方位とから、各線分を含む直線が3次元空間で一意に定まる。

他の方位*i*-1, *i*-2についても計6本の線分が計測できた。大円の集積度が示すように、これらの計測結果の信頼性は高く、シーンが複雑化しても安定な計測が期待できる。

尚、距離計測に必要なカメラの移動方向は、既報<sup>(2)</sup>で示したアルゴリズムに基づいてやはり本シミュレータで計測し利用した。

4. 評価

今回の実験では以下の方法によりおよその精度を評価した。まず線分方位については、各方位間の相対角度を調べた(表1)。実際の相対角度が正確に90度であるとすれば誤差は最大3度である。線分距離についても計測値から線分間の相対距離を算出し実測値と比較した(表2)。線分距離の計測誤差は画素換算でおよそ±2画素以内であった。ただし、理論的に有する分解能は、線分方位0.6度、線分距離2%である。

得られた精度は充分なものとは言えない。特に、

遠い線・カメラの移動方向に近い方位の線等については、球面上での動きが少なく計測の安定性及び精度ともに低下することが判明した。これを補うにはカメラの移動方向・移動距離等を調整する必要がある、今後の課題である。

5. むすび

以上の実験によって、線分の3次元計測アルゴリズムを具体化し、実画像を用いてそれを検証した。本方式によれば、線状構造物(細いパイプ・階段・手摺等)及び多面体(床・壁等)の輪廓線が3次元的に計測できる。今後はさらに平面・円筒・円などの計測技術を開発していく予定である。

尚、本研究は工業技術院大型プロジェクト「極限作業ロボット」の一環として行ったものである。

文献(1)昭和60年度電子通信学会情報システム部門全国大会96  
 (2)情報処理学会第33回(昭和61年後期)全国大会4P-1  
 (3)昭和60年度電子通信学会情報システム部門全国大会97

表1. 線分方位計測結果と相対角度の評価

方位計測結果 (経度, 緯度)	相対角度の評価		
	項目	計測値	実測値
<i>i</i> -0 (87.4°, 86.8°)	<i>i</i> -0 ~ <i>i</i> -1	89.4°	90°
<i>i</i> -1 (355.3°, 46.9°)	<i>i</i> -1 ~ <i>i</i> -2	93.0°	90°
<i>i</i> -2 (181.1°, 46.3°)	<i>i</i> -2 ~ <i>i</i> -0	90.5°	90°
<i>j</i> -0 (121.9°, 63.3°)	<i>j</i> -0 ~ <i>j</i> -1	92.5°	~90°
<i>j</i> -1 (15.2°, 65.0°)			

表2. 線分距離計測結果と相対距離の評価 (方位*i*-0の場合)

垂線の足の計測結果		相対距離の評価		
方位(経度, 緯度)	距離	項目	計測値	実測値
<i>Q</i> <sub>0</sub> (189.0°, 15.5°)	48.8 <sub>cm</sub>	<i>Q</i> <sub>0</sub> ~ <i>Q</i> <sub>1</sub>	60.1 <sub>cm</sub>	61.5 <sub>cm</sub>
<i>Q</i> <sub>1</sub> (352.2°, 31.5°)	25.3 <sub>cm</sub>	<i>Q</i> <sub>2</sub> ~ <i>Q</i> <sub>3</sub>	36.4 <sub>cm</sub>	38.1 <sub>cm</sub>
<i>Q</i> <sub>2</sub> (353.0°, 36.2°)	26.8 <sub>cm</sub>	<i>Q</i> <sub>1</sub> ~ <i>Q</i> <sub>2</sub>	2.6 <sub>cm</sub>	2.6 <sub>cm</sub>
<i>Q</i> <sub>3</sub> (354.0°, 43.0°)	86.6 <sub>cm</sub>	<i>Q</i> <sub>0</sub> ~ <i>Q</i> <sub>3</sub>	73.8 <sub>cm</sub>	74.8 <sub>cm</sub>