

球面写像による3次元計測 (10) —線分距離計測ハードウェア—

5T-6

安川 裕介, 川上 進, 稲本 康, 森田 俊彦, 石井 聡

富士通株式会社

1. まえがき

人工環境で使用するロボットの視覚に用いる目的で、3次元空間中の直線成分(線分)を計測するシステム(線分計測システム)を試作した。このシステムは、運動立体視の原理により、球面写像[1]の手法を繰り返し適用して計測を進めることを特徴としている。

今回は、距離計測を高速に実行する専用ハードウェア(線分距離計測ユニット)を製作した。これまでに開発済の線分抽出ユニット、線分の3次元方位計測ユニット[2]と共に使用することにより、線分の3次元情報を全て計測することが可能となった。

2. 線分計測の原理

線分の計測は、以下の処理手順による。
①魚眼レンズをつけたカメラから入力した画像の輪郭を抽出し、球面に投影した球面輪郭像を得る。②輪郭像を線分抽出ユニットに通し、球面写像処理(大円の描画と収束交点の検出)により線分を写像点(S点)

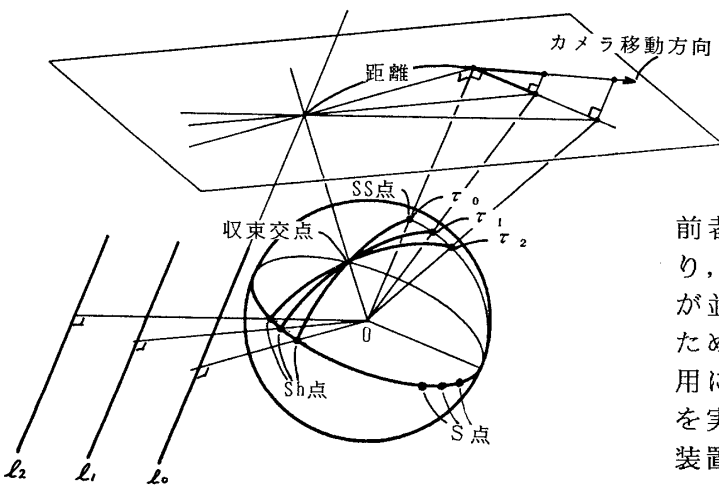
として検出する。③カメラを移動しながら、フレームごとにS点をもとめ、それを線分の3次元方位計測ユニットに入力して球面写像処理を行い、線分方向を写像点(SS点)として計測する。④線分距離計測ユニットにS点、SS点およびカメラの位置を入力し、線分までの距離を計測する。

3. 線分距離計測ユニットの処理内容

線分距離の計測は、計測対象の線分を線分方位ごとにグループわけして計測する。グルーピングは線分方位を指定し、そのSS点を極とした大円上に乗るS点を選択することで実現する。このS点とSS点を外積し球面投影することで、計測対象の線分に降ろした垂線の足の球面への投影点(Sh点)を求める。Sh点と、そのフレームを撮影したカメラ位置を球面投影した点(τ 点)を結ぶ大円を描画する。 τ 点は、カメラの移動方向に対する線分方向の角度により投影位置を修正する必要がある。(図1)。

描画された大円群より大円の収束交点を抽出し、その点をカメラ初期位置を通り線分方位に垂直な平面に逆投影することで、線分までの距離を求める。

以上の処理は、大円描画位置を計算する部分と、大円の描画と交点の抽出を実行する部分に分けることができる。前者は逐次演算を主体とするプロセスであり、順序処理である。後者は計算量は多いが並列処理に適するプロセスである。このため、線分距離計測ユニットは、高速演算用に設計した外積プロセッサと、並列処理を実行するマッピングプロセッサの2台の装置からなる構成とした。



計測対象線分 図1 線分距離計測の方式

4. 距離ハードの構成

(1)外積プロセッサ

緯度，経度，濃度の3変数を組とするデータを高速に自在に処理するため，新アーキテクチャの演算装置を製作した。(図2)開発性と高速性を両立させるため，市販のCPUボードを制御ボードとして使用し，リードライトパルスとアドレスを含めて命令として演算ボード群を制御する方式とした。演算ボード群は，CPUボードとはバスを独立させ，リードライトパルスをトリガとして全演算ボードのデータ処理を同時に実行することにより高速化を図った。

(2)マッピングプロセッサ

大円を描画し，収束交点を抽出する球面写像処理を実行する装置である。同じ目的で開発した線分抽出ユニット〔2〕を基に，改良設計・製作した。並列処理は，マイクロプログラム制御の演算回路78枚により実現している。

5. 距離計測実験

線分距離計測ユニットの精度測定を行った。精度限界を計測するため，シーンは数本の線材からなる単純なものとした。精度は，球体の中心より対象線分までの距離をdとして $\Delta d / d$ で定義した。絶対距離の始点となる仮想球の中心の決定は困難なので，線材の相対距離をもとに測定した。

精度は，撮影時に定まるカメラ移動方向の画素の分解能(a)と，大円の描画時の収束交点の計測分解能(b)，及び，大円に幅が有ることに起因する分解能(c)の3原因により決定する。理論精度のグラフを図3に示す。図より，目標とする精度1%以内で測定できるのは，球体の中心より30cm～1mの範囲であることがわかる。

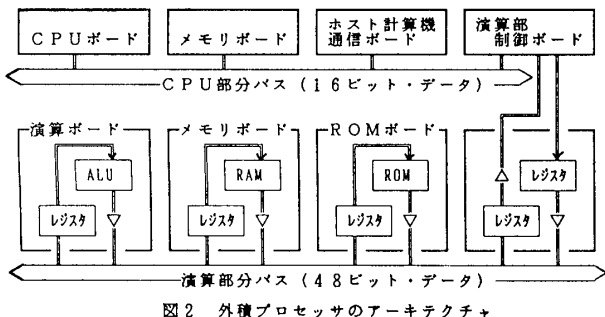


図2 外積プロセッサのアーキテクチャ

精度の測定結果を表1に示す。精度を評価するため，表1より相対距離に対する理論精度を求め，計測精度/理論精度の比を計算した。表1の10種類の計測に対して求めた比の単純平均は0.55であった。理論精度は量子化分解能を根拠とするため，統計的にはこの比は0.5が期待できるものである。0.55はこの比に近く，線分距離計測ユニットは，所期の目標を満たす計測精度を持つことが確認できた。

6. むすび

線分距離を，球面写像に基づき高速に計測するハードウェアを製作した。「線分計測システム」は，線分までの距離を目的の精度を満足して計測する性能を有することが確認できた。今後は，より一層の性能の向上をめざすとともに，線分以外の計測の研究を進める予定である。

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」の一環として実施したものである。

参考文献

- 〔1〕 稲本 他，情報処理学会CV研究会45-2, 1986
- 〔2〕 安川 他，情報処理学会第35回全国大会10-1, 1987

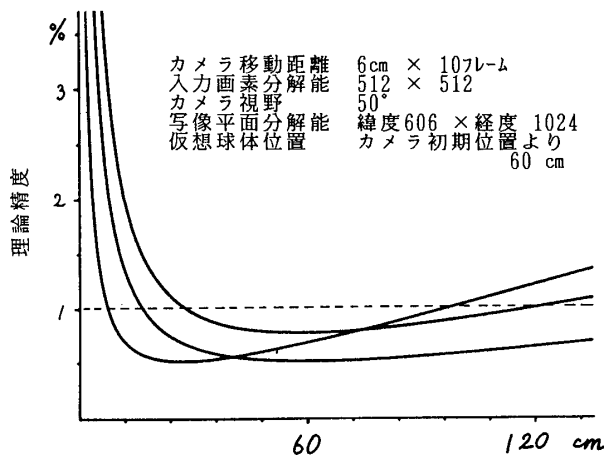


図3 線分距離と理論精度

表1 線分距離計測精度

対象線分	絶対距離計測値	相対距離計測による計測精度			
		線分2	線分3	線分4	線分5
線分1	28.6cm	0.11%	0.52%	1.51%	0.68%
線分2	48.7cm		0.51%	1.37%	0.57%
線分3	68.1cm			0.84%	0.79%
線分4	96.5cm				1.28%
線分5	149.5cm				