4P-1

球面写像による3次元計測(4)
— 点・線分距離計測方式 —

稲本 康　川上 進　内山 隆　安川裕介　森田俊彦

㈱富士通研究所

1．まえがき

ロボットの視覚技術に関し，球面写像による線分の抽出と線分方向の計測の原理については既に報告した[1]。本報告では，点および線分の距離の計測について，その原理を述べる。

本方式では，1眼の運動立体視により距離を計測する。時系列の画像を球面上で処理することにより，無限遠までの距離を有限の距離と同様に扱えることが特徴である。

2．カメラの3次元移動方向の計測

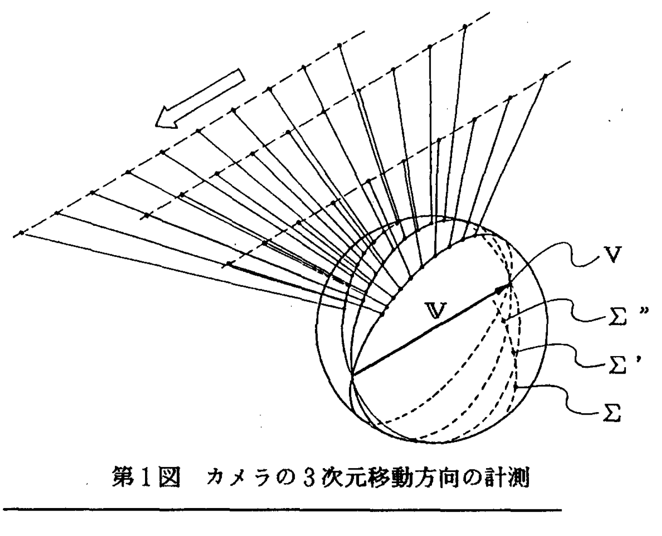
点・線分の距離計測では，カメラの移動方向を知る必要がある。この情報は他から得てもよいが，以下の方法により，入力画像からカメラの移動方向を計測できる。

複数の点を見ながらカメラを直線移動させ，これらの点を球面写像すると，点の軌跡に当たる大円の極Σ，Σ'，Σ"，…が得られる(第1図)。これらの極を球面写像して得られる大円の交点vは，点の軌跡の無限遠点に相当するため，球の中心と点vを結ぶベクトル𝕧はカメラの移動方向ベクトルに一致する。したがって，点vのアドレスからカメラの3次元移動方向を計測できる。

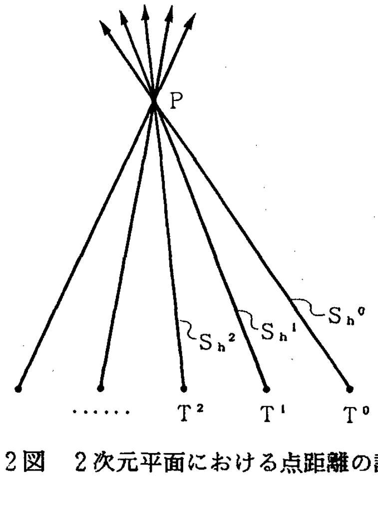
3．点距離の計測

まず，2次元平面上でカメラTから点Pまでの距離を計測する方法について考える。第2図は点Pに対するカメラの動きを示す。いまカメラがT^0の位置にあるとすれば，点Pはカメラから矢印$S_h{}^0$の視線方向に見える。次に，カメラをT^1に移動させたとき，点Pを見る方向は$S_h{}^1$となる。このようにカメラをT^0，T^1，T^2，…と直線移動させてゆくと，点Pの見える方向が$S_h{}^0$，$S_h{}^1$，$S_h{}^2$，…と変化してゆく。各時点におけるカメラの位置から点Pが見える方向に直線を引くと，これらの直線は1点すなわちPで交わる。そこで，交点Pを求めれば，カメラの最初の位置T^0から目的の点Pまでの距離は線分T^0Pの長さで与えられる。

同様の操作を球面上で行う。第3図において，右の平面は第2図と同じものであり，線分OΣと垂直に置かれている。また，平面から球面への対応を点線で示している。カメラの移動方向を𝕧とする。カメラをΔx_0進めるごとに点PがP^0，P^1，P^2，…と移動して見えたとし，その球面上への投影を$S_h{}^0$，$S_h{}^1$，$S_h{}^2$，…とする。ベクトル



第1図　カメラの3次元移動方向の計測



第2図　2次元平面における点距離の計測

3-D Measurement by Spherical Mapping (4)　Ranging of Points and Line Segments

Yasushi INAMOTO, Susumu KAWAKAMI, Takashi UCHIYAMA, Yusuke YASUKAWA, Toshihiko MORITA
FUJITSU LABORATORIES LTD.

$\mathbf{v}$の端点vと垂直方向に点Σがある。点vと点Σを通る大円の，点Σから点vに至る1/4 円周上に時間軸（τ軸）をとり，点Σを$\tau=0$すなわち点T^0とする。以下，点T^0からの弧の長さが，

$$\tau = \tan^{-1}(i\eta), \quad i=1,\ 2,\ \cdots \qquad (1)$$

となる点をT^iとする。ここで，ηは，

$$\eta = \Delta x_0 / R_0 \qquad (2)$$

と表されるスケールファクタである。またR_0は距離係数と呼ぶ任意の値である。この手続きは，第3図の右の平面上にある$\mathrm{T}^0, \mathrm{T}^1, \mathrm{T}^2, \cdots$の間隔を$1/R_0$倍して球面上にプロットすることに相当する。(1)式で$i \to \infty$とすればわかるように，点vはτ軸の無限遠点である。

次に，$i=0,\ 1,\ 2, \cdots$について点T^iと点$\mathrm{S_h}^i$を大円で結ぶと，これらの大円は1点すなわちQで交わる。これより，カメラの最初の位置T^0から点Pまでの距離は，$R_0 \tan$(弧$\mathrm{T}^0\mathrm{Q}$の長さ）で与えられる。

4．線分距離の計測

計測対象の線分をLとする。カメラから線分Lに下ろした垂線の足に着目する。第4図のように，カメラをΔx_0進めるごとに線分Lが$\mathrm{L}^0, \mathrm{L}^1, \mathrm{L}^2, \cdots$と移動して見えたとし，各時点で線分Lを球面上に投影した大円の極である点$\mathrm{S}^0, \mathrm{S}^1, \mathrm{S}^2, \cdots$と，線分Lの3次元方向を表す点SSを，文献(1)の方法で求める。点SSを極とする大円上で点$\mathrm{S}^0, \mathrm{S}^1, \mathrm{S}^2, \cdots$と垂直方向に点$\mathrm{S_h}^0, \mathrm{S_h}^1, \mathrm{S_h}^2, \cdots$をとる。この点列は，各時点でカメラから線分Lに下ろした垂線の足$\mathrm{P}^0, \mathrm{P}^1, \mathrm{P}^2, \cdots$の球面上への投影である。カメラの移動方向ベクトル$\mathbf{v}$の端点$\mathrm{v}$と点SSを通る大円と，点列$\mathrm{S_h}^0, \mathrm{S_h}^1, \mathrm{S_h}^2, \cdots$が並ぶ大円との交点を$\mathrm{S_h}^\infty$とする。点SSから点$\mathrm{S_h}^\infty$に向かう1/4 円周上に$\tau$軸をとり，点SSを$\tau=0$すなわち点$\mathrm{T}^0$とする。以下，点$\mathrm{T}^0$からの弧の長さが，

$$\tau = \tan^{-1}(i\eta \sin\gamma), \quad i=1,2,\cdots \qquad (3)$$

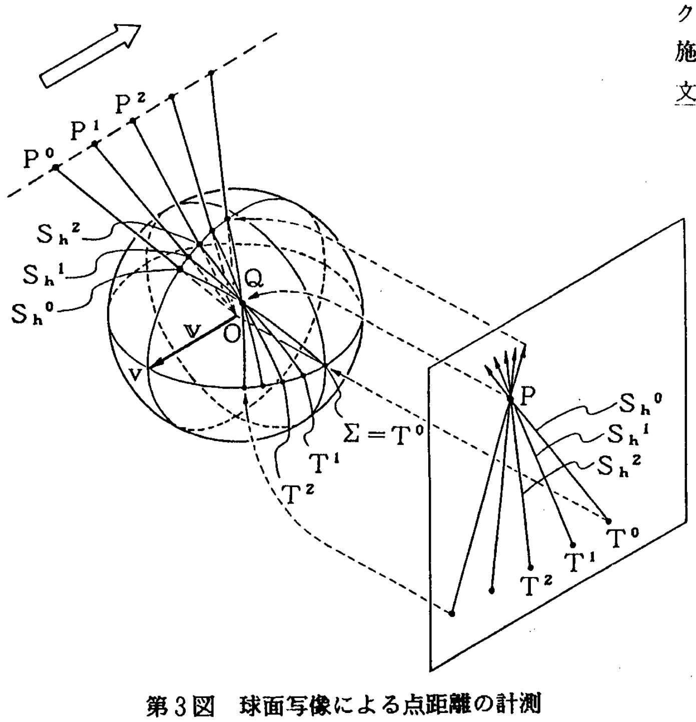
となる点をT^iとする。ηは(2)式のスケールファクタであり，γは点vと点SSがなす角度である。$i=0,\ 1,\ 2, \cdots$について点T^iと点$\mathrm{S_h}^i$を大円で結ぶと，これらの大円は1点すなわちQで交わる。これより，カメラの最初の位置から線分Lまでの距離は$R_0 \tan$(弧$\mathrm{T}^0\mathrm{Q}$の長さ）で与えられる。ただし，線分Lがカメラの移動方向ベクトル$\mathbf{v}$と同じ平面内にあるときは距離測定ができない。

5．むすび

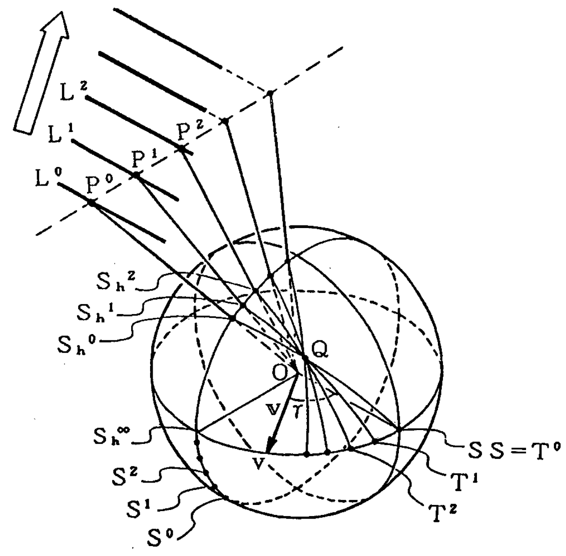
本方式は，大円の描画方法が従来の基本的な球面写像とは異なるが，従来と同様に並列処理が可能である。今後，ハードウェア化について検討してゆく予定である。

なお，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。

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



第3図　球面写像による点距離の計測



第4図　球面写像による線分距離の計測