

## 3次元環境モデルを用いたカメラ位置計測

5 M-7

野口哲也

橋本周司

早稲田大学理工学部応用物理学科

## 1. はじめに

移動能力を有した機械が周辺環境に対して作業を行う場合、環境中の自己の位置を知ることは重要な問題である。自律移動ロボットでは、オプティカルフローや、駆動機構の回転量などを用いて自己位置の変化を計測するが、計測誤差、床面摩擦などによって移動量と共に誤差は拡大し続けるため、補正手段なしには連続して運用することが困難である。

ロボットが発散することなく自己位置を知るためには、内部に環境情報を保持する必要がある。カメラを用いる方法としては、ロボットに備えたカメラからの取得画像を、事前に蓄積した環境の画像データと比較する方法が提案されている[1]。移動経路が定まっている用途では、経路上の画像を蓄積しておくことが可能であるが、移動経路が未知の場合は、全ての状況に必要な画像を蓄積しておくことは現実的でない。

本論文では、環境の3次元モデルを用いて任意視点のCG画像を生成し、これを実画像と比較することでカメラ位置を計測する手法を説明する。

## 2. 3D-Matching

実画像とCG画像を比較する場合、実画像は照明条件によって大きく変化し、また、実物と同様のテクスチャ・光沢を持ったCG画像を生成できる環境モデルを準備するには多大な労力を要する。3次元マッ

ングにおいて重要なのは、構造情報の比較であるので、実画像からエッジの抽出をおこない、画像比較を行った。

3次元物体のマッチングは2次元に比して自由度が多いため、探索空間が広大である。カメラ位置の探索初期値が与えられていない場合、ほとんど全探索を行わなければならない[2]。

本論文では、カメラの存在する探索初期値が与えられている場合を考える。この場合、実画像が単純であれば最急降下法などを用いることもできるが、画像が複雑であるとエッジの誤検出などによって局所解に陥ることが多い。これを避けるために次のような条件で、探索初期値を中心にしてその周囲を探索した。

環境モデル中のカメラパラメータ  $\omega(R, t)$  ( $R = (\theta, \phi, \psi)$ ,  $t = (x, y, z)$ )、から生成されるCG画像  $P(\omega)$ 、に対するマッチング評価値を  $E(\omega)$  とする。この評価値  $E(\omega)$  はエッジ量によって正規化されていて、最大値と1/分散が一定値以上をとらない場合には、探索範囲・ステップを拡大して再度探索する。

## 3. 検出位置の不確定性

理論的には、唯一のあるカメラパラメータでマッチング評価値  $E(\omega)$  は最大値をとる。しかし、実際には取得画像と生成画像の量子化精度の問題、ノイズなど

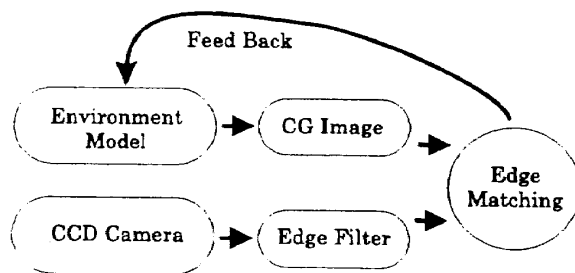


図1 マッチング

"3D Model Based Detection of Camera Position",  
Tetsuya Noguchi, Shuji Hashimoto, Dept. of  
Applied Physics, School of Science and  
Engineering, Waseda University,

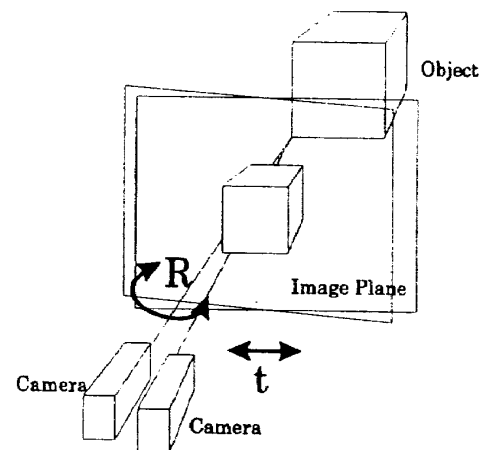


図2 カメラ位置の不確定性

のため、導出したカメラの回転量  $R$  と並進量  $t$  は決定することのできない不確定性を持つ。

この不確定性の範囲は、入力デバイスの画像分解能、環境モデルの精度、及び、オブジェクトとカメラの距離によって決定される。分解能と環境モデルの精度を向上すると、計算コストが急速に増大する。ここでは、システムの不確定性はオブジェクトとカメラの距離にのみ起因すると限定する。

4. 複数画像による性能向上

カメラ分解能や環境モデルからの精度に拠らずにカメラ位置検出精度を向上させる方法として、相対位置関係が既知である複数のカメラから取得した  $n$  枚の画像を用いて、検出精度の向上を図った。

複数枚の画像でのマッチングで、カメラ画像ごとに生成する画像  $P(\omega_i)$  のパラメータ  $\omega_i$  は、カメラ相対位置  $\alpha_i$  によって  $\omega_i = \omega_0 + \alpha_i$  と表せる。よって、CG 画像を生成するために必要なカメラの自由度は、カメラ個数  $n$  に関係しない。マッチングの評価には、

$$E(\omega) = \sum_i E_i(\omega) / n$$

$$D(\omega) = \sum_{i,j} |E_i(\omega) - E_j(\omega)| / n$$

を求め、

$$\frac{E(\omega)}{1 + D(\omega)}$$

が最大になるように探索を行った。

5. 実験

表1に示す3箇所のカメラ位置から撮影した画像を用いて比較実験を行った。

	Camera 1	Camera 2	Camera 3
x	0.00	0.20	0.30
y	0.60	0.60	0.60
z	-0.40	-0.40	-0.50
$\theta$	-45.0	-45.0	-45.0
$\phi$	-5.0	0.0	5.0
$\psi$	0.0	0.0	0.0

表1 カメラ位置 (x, y, z[m],  $\theta$   $\phi$   $\psi$  [degree])

y成分、 $\theta$ 成分、 $\psi$ 成分の3自由度は固定してマッチングを行った結果、カメラの位置推定の結果は表2のようになった。実験に使用した画像サイズは 320×243 pixel で、図3に実画像とCG画像をしめす。

	複数方式 Camera 2	単画像方式 Camera 2
x	0.21±0.005	0.23 -0.010~+0.015
y	0.60±0.005	0.61±0.005
$\phi$	0.4±0.05	1.1 -0.2~+0.3

表2 計測結果 (x, y[m],  $\phi$  [degree])

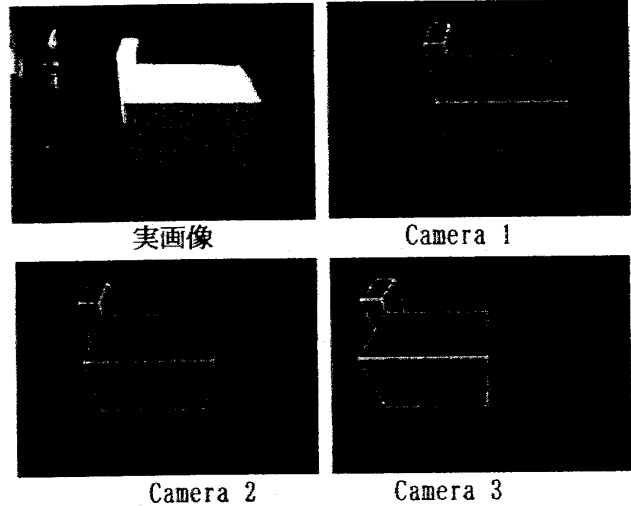


図3 エッジ画像

結果として、複数枚の画像を用いた方が、より確度の高いカメラ位置を得ることができた。また、複数のカメラ位置を利用する方法では、カメラ毎の評価値の比較を行うことで、探索空間を減少させることが可能となると思われる。

6 まとめ

環境モデルからCG画像を生成してカメラ画像を認識する手法は、入力データと蓄積データ、また画像ごとの特徴点対応を考慮せずに実行できるため、環境の構造に対して汎用性がある。ただし、精度の高い入力デバイスと環境モデルが求められ、探索空間も拡大する。本論文では、相対位置が既知の複数のカメラ画像を用いて精度を向上させる方法を示した。

よりロバスト性を向上させるためには環境モデルの構造解析を行い、ステレオなどの空間認識手法と組み合わせていく必要があり、今後検討していきたい。

Reference

[1] 松本吉央, 稲葉雅幸, 井上博允, "視野画像列を利用した経路表現に基づくナビゲーション", 日本ロボット学会誌 Vol.15 No.2 pp.236-242, 1997  
 [2] G. Barequet, M. Sharir, "Partial Surface and Volume Matching in Three Dimensions", IEEE Trns. PA&MI pp. 929-948, 1997