

慣性力センサ及び地磁気センサを用いた運動立体視

5 A B - 2

村田 憲彦

nmurata@rdc.ricoh.co.jp

(株) リコー 中央研究所

北口 貴史

kitagu@rdc.ricoh.co.jp

1. はじめに

単眼カメラで撮影した連続画像より、対象物の3次元形状やカメラ運動を復元する structure from motion の研究が盛んに行われている。一般に3次元形状及びカメラ運動復元には、複雑な非線形方程式を解く必要があるが、画像に含まれるノイズにより誤差を含んだ解に陥りやすいという問題点がある。これに対して、対象物までの距離など画像以外の入力情報を併用し、これらの複合情報を融合処理するという、新たな枠組みを持つ視覚システムの研究が見られるようになった^{[1][2]}。しかし、いずれもカメラ運動に制限があり、自由な撮影条件で対象物の3次元形状を復元可能な運動立体視の手法の提案が望まれている。本論文では、携帯可能な単眼カメラに慣性力センサ及び地磁気センサを設置し、各撮影地点でのカメラの姿勢角を求め、簡単な計算により対象物の3次元形状を復元する手法を提案した。

2. システム構成

本システムは、カメラを静止させた状態で撮影した時の姿勢角情報が検出可能である。カメラに作用する重力加速度を測定する小型3軸加速度センサ（測定範囲 $\pm 2G$ ）使用し、また地磁気を検出して水平方位を求める2軸磁気センサを使用し、CCDカメラに各センサを固定した構成となっている。

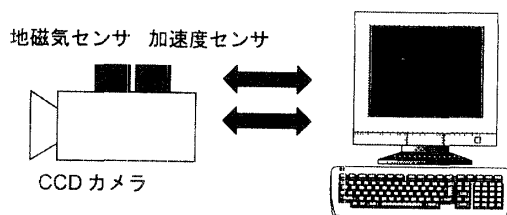


図1 システム構成

3. 方法

本システムは、以下の手順により、カメラの位置・姿勢及び対象物の3次元形状復元を行う。

1. 2画像間の対応づけ
2. カメラ姿勢角の推定
3. カメラの並進成分の推定
4. 3次元形状復元

以下、各手順について説明する。

3.1 2画像間の対応付け

2画像間の局所的パターンの移動量を算出する。画像内のコーナーを特徴量とし、相関法により対応点を求める。

3.2 カメラ姿勢角の推定

地磁気センサ情報、加速度センサ情報より、カメラの回転運動を推定する。重力回りの回転角度は地磁気センサにより算出し、重力方向となす角度（図2）は、次式で算出する。

$$\theta_x = \tan^{-1} \frac{a_z}{a_y}, \quad \theta_z = \tan^{-1} \frac{a_x}{a_y'} \quad (1)$$

ただし、 $v = (a_x, a_y, a_z)$ は加速度センサ値、 a_y' は v を x 軸回りに θ_x だけ回転させた時の v の y 成分である。

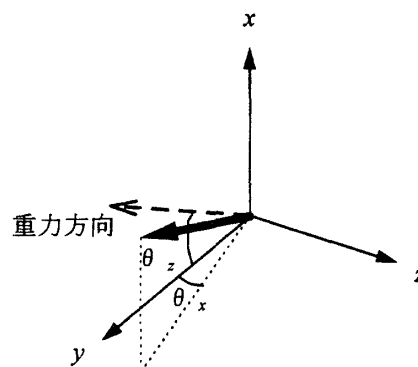


図2 重力方向に対する角度

3.3 カメラの並進成分の推定

画像間の対応付け結果及びカメラ姿勢角より、2画像上の対応する点 P_i の、ワールド座標系に対する視線ベクトル p_{i1} 、 p_{i2} を求めることができる。並進成分を表す単位ベクトル b とすると、幾何学的に p_{i1} 、 p_{i2} 、 b は同一平面上にあるため、この3つのベクトルのスカラー三重積は0となる。したがって、全ての対応付けの組に対して誤差関数 E を

$$E = \sum_{i=1}^N |(p_{i1} \times b, p_{i2})| \quad (2)$$

とスカラー三重積の総和で定義し、 E の値が最小になるようなベクトル b を最小自乗法により算出する。

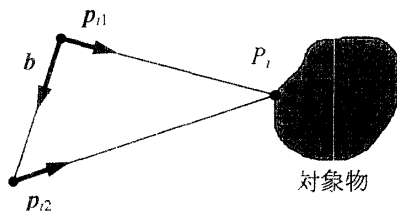


図3 並進ベクトル b の算出

4. 実験結果

本システムを用いて、図5の立方体状の対象物を2視点から撮影し、加速度センサ及び地磁気センサの出力を利用して、カメラの位置・姿勢及び対象物の3次元形状を復元する実験を行った。図4のように、第1視点を基準とした xyz 座標系をとり、各軸回りの回転角を θ_x 、 θ_y 、 θ_z とする。第2視点は、第1視点に対して x 軸方向に40cm平行移動し、カメラを $\theta_x = 3^\circ$ 、 $\theta_y = -10^\circ$ 回転させた。109点の対応点と各センサ信号より求めた姿勢角及び並進成分を表1に、また復元した対象物形状を図6に示す。

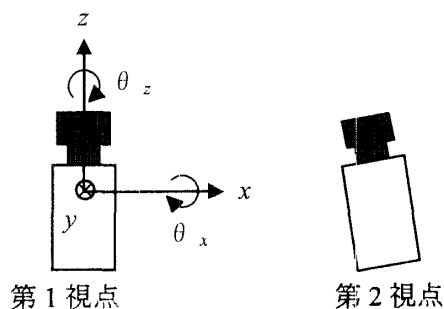


図4 座標系

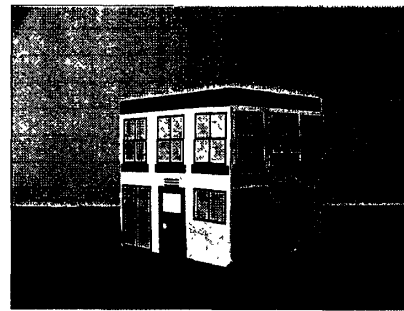


図5 対象物画像（第1視点画像）

表1 カメラの並進・姿勢角の算出結果

	並進ベクトル b			姿勢角	
	x	y	z	θ_x	θ_y
真値	1	0	0	3	-10
実験値	0.99998	-0.00207	-0.00620	2.6161	-9.9528

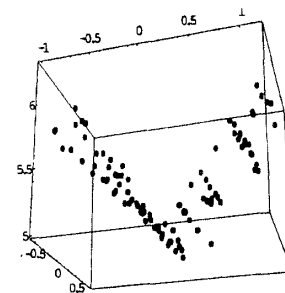


図6 3次元形状復元結果

5. 結論と今後の展開

単眼カメラと慣性力センサ及び地磁気センサを用いて、異なる地点で静止した状態で対象物を撮影した時に、高精度かつ少ない計算コストで、カメラ運動及び対象物の3次元形状を復元することができた。今後は角速度センサなどの別のセンサを用いた、移動撮影時のカメラ運動の検出法を検討する。

参考文献

- [1] 浅田稔: "センサ情報の統合と理解による移動ロボットののための世界モデルの構築", 日本ロボット学会誌, 8巻, 2号, pp.28-38, 1990
- [2] T.Vie'ville, E.Clergue, P.E.D.S.Facao: "Computation of Ego-Motion and Structure from Visual and Inertial Sensors Using the Vertical Cue", 4th ICCV, pp.591-598, 1993