

Q10 GPS とカメラ画像による物体の動的 3次元位置計測に関する基礎研究

○北村泰宏* 牧野秀夫** 前田義信*** 石井郁夫*

新潟大学大学院自然科学研究科* 新潟大学工学部情報工学科** 新潟大学工学部福祉人間工学科***

1. はじめに

近年のGIS(Geographic Information System)技術の進展に伴い、地形や道路・建造物などの地図情報を簡明に表示する手段として、3次元地図の構築が注目されている[1]。本研究では、物体の3次元形状を取得することを目的に、GPS(Global Positioning System)とカメラ画像を用いて撮影対象における各特徴点の3次元位置特定を行っている。本手法では、カメラの前後2箇所にGPSアンテナを取り付け、RTK(Real-Time Kinematic)方式を用いてカメラの位置と向きを決定している。将来的には、カメラの動作を限定することなく、移動中のカメラにより撮影された画像を用いて撮影対象の動作取得や位置特定を行い、人間の動的動作解析によるリハビリテーションの評価等に用いることも目的としている。本論文では、その為の位置特定アルゴリズムとシステムの動作確認実験について報告する。

2. 方法

2.1 装置構成

図1に本システムの装置構成を示す。基準局に1台のGPS受信機(4000ssi:Trimble)を用い、カメラ(DSR-200:Sony)の位置及びカメラ角度計測用に2台のGPS受信機(MS750:Trimble)を用いる。ここで使用するMS750は4000ssiから補正信号を受け取り、RTK測位を行うことで誤差約2~3cmの測位が可能となる。

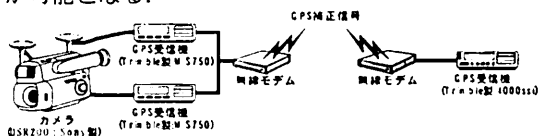


図1. 装置構成

2.2 位置特定アルゴリズム

本研究では、[2]における手法を一般化したアルゴリズムを用いて位置特定を行っている。具体的には、異なる2箇所以上の場所で対象を撮影し、それぞれの位置におけるカメラの位置情報、角度、焦点距離、カメラ画像から物体における特徴点の3次元位置特定を行う。各パラメータは右カメラ座標系で示される(図2)。ここで、X軸は東向きを正、Z軸は北向きを正としており、図中の2つの■はカメラである。

2.3 実験方法

(1) 角度評価実験

等間隔(アンテナ間距離1m)に固定したGPS受信機(Trimble製:MS750)を2台用いて、2つのアンテナを結んだ直線ベクトルが、0度(東向き)、45度、

90度、135度となるように設置したときのデータを取得する。それぞれの位置において約1分間の計測を行い、算出した回転角の精度を評価する。

(2) 位置評価実験

同一の対象(今回は“止まれ”の赤い三角標識)を異なる2箇所から撮影したカメラ画像を用いて、位置特定アルゴリズムの評価実験を行う。今回は高さ方向を固定し、緯度経度平面上において、実際の緯度経度(RTK-GPS測位データ)との誤差を評価する。それぞれの場所においてRTK-GPSデータの取得は1Hzで約1分間行い、取得したデータの平均値を用いてカメラ位置とカメラ角度の決定を行う。カメラの撮影地点から対象までの距離は約12.0mである。対象の位置P(図2)は、以下の連立方程式:

$$Z_P - h = \frac{f \cdot L + h \cdot X_R}{f \cdot \frac{X_L \cos \theta - f \sin \theta}{X_L \sin \theta + f \cos \theta} - X_R} \quad (1)$$

$$X_P = \frac{X_R}{f} Z_P \quad (2)$$

を X_P , Z_P について解くことにより得られる。ここで、右カメラと左カメラのRTK-GPS測位データをそれぞれ (x_1, z_1) , (x_2, z_2) とすると、

$$L = |(x_2 - x_1) \sin \phi_1 + (z_2 - z_1) \cos \phi_1| \quad (3)$$

$$h = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} - L^2 \quad (4)$$

である。 ϕ_1 はある基準方位(例えば真東)からの右カメラの角度であり、左カメラの基準方位からの角度 ϕ_2 を用いて、

$$\theta = \phi_2 - \phi_1$$

の関係がある。

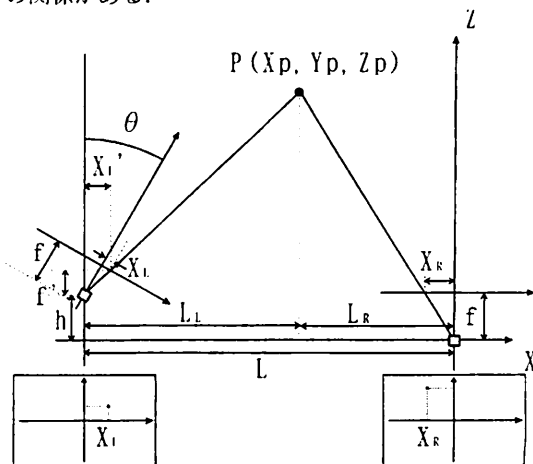


図2. 各パラメータ

3. 結果

(1) 角度評価実験

アンテナ間距離を約 1m に固定して取得した、2 台の RTK-GPS 測位データを用いて、それぞれの位置における角度を算出したときの誤差の平均を表 1 に示す。

表 1. 回転角の比較(度)

向き	0	45	90	135
平均誤差	0.1000	0.0945	0.0688	0.1963

表 1 より、RTK-GPS 測位データを用いて計算した角度データには、平均絶対偏差で約 0.115 度の誤差が生じた。

(2) 位置評価実験

図 3 に異なる 2 箇所を対象を撮影したカメラ画像を示す。それぞれのカメラ位置における測位値の平均値及びアルゴリズムにより算出された対象の位置、RTK-GPS 測位による実際の物体の位置を表 2 に示す。また、カメラの焦点距離、カメラ画像上における物体の座標(X_L および X_R)を表 3 に示す。



図 3. 左右のカメラ画像

表 2. 各位置座標[度分]

位置		緯度	経度
右カメラ	前	3752.037548	13856.33547
	後	3752.037335	13856.33556
左カメラ	前	3752.036982	13856.32836
	後	3752.036764	13856.32827
実際の位置		3752.043125	13856.3312
算出した位置		3752.043214	13856.3316

表 3. カメラのパラメータ[m]

焦点距離	0.0059
X_L	0.0004371
X_R	-0.001016

実際の位置と本アルゴリズムで算出した位置との誤差は、直線距離で約 0.60m となった。

4. 考察

今回作成したアルゴリズムを用いて算出した位置と実際の位置との誤差は直線距離で約 0.60m とな

った。本アルゴリズムにおいて、位置特定の際の誤差要因としては、カメラ位置の誤差、カメラ角度の誤差、カメラ画像から取得する対象物の座標値の誤差が考えられる。

はじめにカメラの位置誤差が与える影響についてであるが、カメラ位置の測定に RTK-GPS 測位を行っている事を考慮すると、それぞれの撮影地点における位置誤差は約 2cm~3cm 以下である。しかし、GPS の測位地点とカメラの CCD 面が異なるために正確なカメラ位置が特定されていない。その為、今後正確な CCD 面の特定が必要であると考えられる。

次にカメラの角度誤差が与える影響についてであるが、表 1 より、本システムにおける角度誤差は平均絶対偏差で約 0.115 度であり、この誤差がアルゴリズムに与える影響は小さいと考えられる。

最後にカメラ画像から取得する対象物の座標値誤差が与える影響についてであるが、本システムでは非球面レンズが使用されているが、レンズ収差が本アルゴリズムに与える影響を今後実験により確認する必要がある。

その他にも、カメラに取り付けた GPS アンテナの配置による誤差やカメラの解像度に起因する影響などが誤差要因として考えられる。その為、今後はより正確な計測を行い、誤差補正を試みる必要がある。

5. まとめ

RTK-GPS 測位により得られたカメラの位置データ、カメラの角度データ、カメラの焦点距離、カメラ画像から取得する対象物の座標値を用いて、撮影対象の 3 次元位置を特定するアルゴリズムを作成し、その動作確認実験を行った。その結果、異なる 2 箇所の地点で撮影した画像を用いた実験において、実際の位置と本アルゴリズムで算出した位置との誤差は直線距離で約 0.60m となった。

6. 今後の課題

今回は高さ方向を固定して実験を行ったが、今後は高さ方向に関する位置特定も行えるようにする為、カメラのチルト方向の傾きも考慮にいったアルゴリズムへと改良を行う必要がある。また、特徴点抽出された後の画像を用いて位置特定アルゴリズムの評価実験を行ったが、カメラ画像における特徴点抽出方法を検討し、本システムに組み込む必要があると思われる。

7. 参考文献

- [1]新谷他：3次元仮想都市景観の構築:3次元地図を目指して、NTT R&D vol.49 No.1 2000 pp11-18
- [2]小田島他：知的車両誘導システムの研究開発，矢崎技術リポート第 22 号 pp36-42