

空中撮影画像に対するカメラ運動を与えた 因子分解法による構造復元

3E-7

宮川 勲 長井 茂 中村典生 杉村利明
NTTヒューマンインタフェース研究所

1. はじめに

C. Tomasi & T. Kanadeにより提案された正射影型因子分解法^[1]は、透視変換に近似した平行透視変換モデル^[2]に拡張され、カメラ運動復元と物体の構造復元に有効な手段であることが示された。

一方、我々は、センサ情報を外部入力として因子分解法に与え、物体の構造復元について検討してきた^[3]。これによれば、従来の平行透視型因子分解法に比較して、かなりの精度向上が可能であることが分かった。

本研究では、GPSを利用したセンサ情報を採用し、空中撮影した実写画像に対して、本方式を適用した構造復元の実験結果について報告する。

2. カメラ運動行列の生成

ここでは、GPSを利用した角度センサにより、空中撮影カメラの回転運動を検出する。このセンサ情報は、基準となる座標系に対するカメラの回転成分、すなわち、Yaw(α_f)、Pitch(β_f)、Roll(γ_f)値で構成される。各フレームでのカメラ基底ベクトルは、これらの回転成分を用いて、(1)式により計算する。

$$\begin{aligned} i_f &= (\cos \beta_f \cos \gamma_f, \sin \alpha_f \sin \beta_f \cos \gamma_f - \cos \alpha_f \sin \gamma_f, \\ &\quad \cos \alpha_f \sin \beta_f \cos \gamma_f + \sin \alpha_f \sin \gamma_f) \\ j_f &= (\cos \beta_f \sin \gamma_f, \sin \alpha_f \sin \beta_f \sin \gamma_f + \cos \alpha_f \cos \gamma_f, \\ &\quad \cos \alpha_f \sin \beta_f \sin \gamma_f - \sin \alpha_f \cos \gamma_f) \\ k_f &= (-\sin \beta_f, \sin \alpha_f \cos \beta_f, \cos \alpha_f \cos \beta_f) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 i_f 、 j_f 、 k_f は、それぞれカメラ座標系におけるx、y、z軸方向の単位ベクトルである。

次に、カメラモデルを平行透視変換による射影モデルと想定し、因子分解法におけるカメラ運動

行列[M]を求める。カメラ運動行列[M]は、カメラベクトル m_f 、 n_f から構成され、(1)式のカメラ基底ベクトルと、計測行列から得られる物体重心座標値(X_f , Y_f)から、(2)式を使って計算する。

$$m_f = (i_f - X_f k_f) / Z_f, \quad n_f = (j_f - Y_f k_f) / Z_f \quad (2)$$

尚、 Z_f は、物体重心からカメラ座標系原点までの光軸方向の成分であるが、空中撮影でのカメラ運動において、XY方向並進運動に比較して、Z方向(光軸)運動の変動は小さい(図1)と考えることができ、光軸方向の運動を考慮せず、 Z_f に固定的な値を設定した。

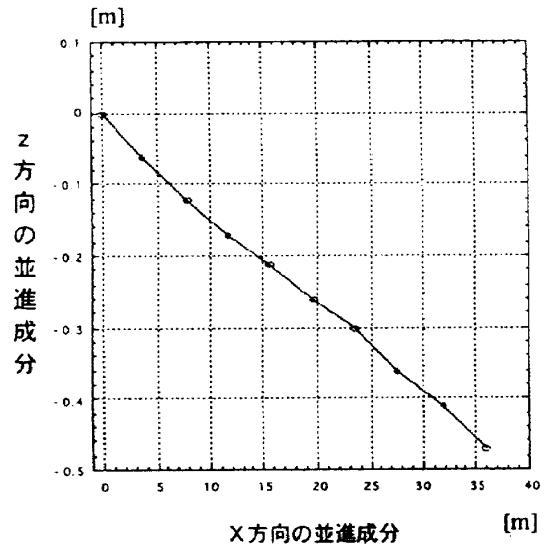


図1 空中撮影時のカメラの並進運動

3. カメラ運動を与えた因子分解法

本方式では、(3)式に示すように、特徴点追跡により得た計測行列[A]を特異値分解し、ランク3により因子分解した行列[U_i]を、(2)式で求めたカメラベクトルで構成するカメラ運動行列[M]へ変換する行列[Q]($= [U_i][M]$ 、但し、 $[U_i]^*$ は $[U_i]$ の擬似逆行列)を求める。

物体形状行列[S]は、求めた行列[Q]の逆行列と行列[W_i][V_i]を作用させて求める。

$$\begin{aligned}
 [A] &= [U][W][V] = [U_1][W_1][V_1] + [U_2][W_2][V_2] \\
 &\cong [U_1][W_1][V_1] = ([U_1][Q])([Q]^T[W_1][V_1]) \\
 &= [M]([U_1]^T[M])^{-1}[W_1][V_1] = [M][S] \quad (3)
 \end{aligned}$$

4. 物体形状行列からの構造復元

空中撮影の実写画像においては、構造物の底辺の座標値を獲得することが非常に困難であり、図2に示すように、アース面と称する基盤の平面と、各構造物の上面の座標値を因子分解法により獲得する。次に、獲得した座標点をアース面で形成する平面(法線ベクトル n_3)へ射影して底面の座標点を求め、直方体状に構造を復元する。

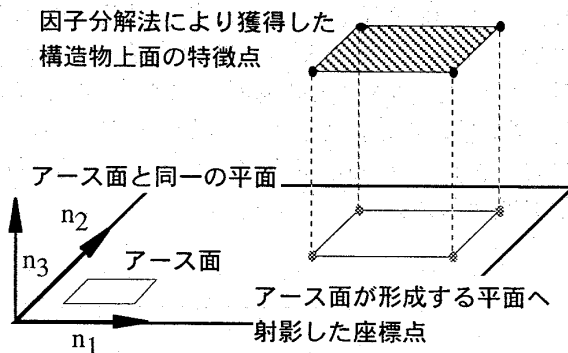


図2 アース面からの構造形状獲得

5. 実験結果

本実験では、焦点距離20mmのレンズを付けたKodak社製カメラ: Megaplus Model4.2i/10をヘリコプターに搭載して空中撮影し、同時に、角度センサによりカメラ運動のYaw/Pitch/Rollの回転角度値

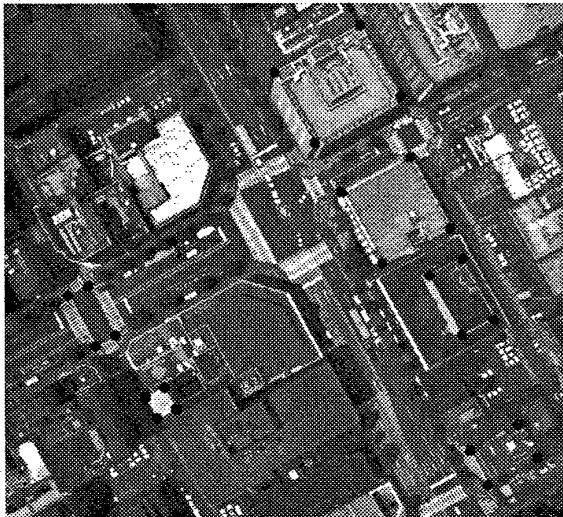


図3 特徴点の配置

を測定した。この空中撮影画像は、縦横2000画素×2000画素、8ビット濃淡の高精細画像である。

また、特徴点追跡には、図3に示すような点の座標を各フレーム画像上にて手動により行い、図3に示した画像サンプルを含むフレーム数10の時系列画像から、24点の特徴点を測定し、計測行列を得た。尚、空中撮影時に用いた焦点距離20mmのレンズによるレンズ歪みは、カメラキャリブレーション⁹⁾により解析し、各フレーム画像に対して、レンズ歪み等の補正を行っている。

図4は、特徴点追跡により得た計測行列から、カメラ運動を与えた因子分解法により形状を獲得し、4.にて説明した構造復元(図3ではアース面は交差点)を行い、CG上に表示したものである。

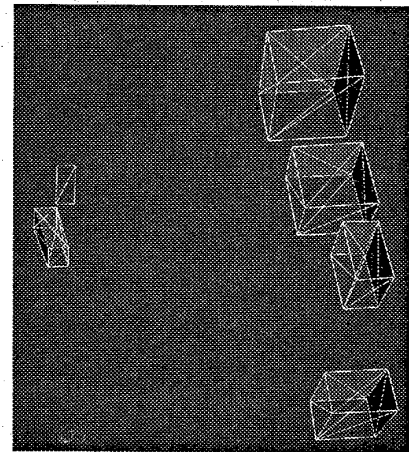


図4 構造復元結果

6. まとめ

センサ情報を与えた因子分解法を空中撮影画像に適用し、構造獲得、並びに構造復元を行った。今後は、獲得した形状の精度を評価するとともに、汎用的なカメラモデルによる構造獲得へ方式拡張する予定である。

参考文献

- [1] Shape and Motion from Image Streams: a Factorization Method Full Report on the Orthographic Case, C. Tomasi & T. Kanade, CMU-CS-92-104
- [2] A Paraperspective Factorization Method for Shape and Motion Recovery, C. J. Poelman & T. Kanade, CMU-CS-93-219
- [3] センサ情報を与えた因子分解法による構造復元, 宮川, 長井, 中村, 杉村, 秋季信学会全大, 1998
- [4] An Effect and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision, R. Y. Tsai, CVPR, 1986