

## J-35 レンジ画像によるビデオ画像の近似標定法とその適用

### Approximate orientation method of video image using range image data and it's application

星 仰†  
Takashi Hoshi

#### 1. はじめに

宇宙開発に伴うリモートセンシング技術は、スプー  
トニックの打ち上げから50年に満たない半生に、調  
査範囲を地球陸域を基盤にして、海洋そして大気域へ  
と進み、太陽惑星そして銀河系へと繰り広げられて  
いる。調査体の画像データ取得もミッションやセンサ  
ーのシステム化が進み、高解像度の画像解析を可能に  
してきている。このリモートセンシング技術を社会に還  
元することが今や巨額投資の見返りとして要求される  
のは当然のことである。ところで、IT産業の中でエ  
キスパートシステムのCAD/CAMやゲーム制作での問  
題点の1つはコンピュータで生成するモデリングのた  
めの入力データの抽出に手数と労力が必要なことは周  
知の通りである。この入力データを如何に簡略化し  
て取得するかという問題を解決する新技術が必要であ  
る。この点に注目してリモートセンシング技術の能動  
式センサーのプロファイラによるレンジ画像データ取  
得に視点を置き、レンジ画像データを用いたビデオ画  
像の近似標定方法を示し、ビデオ画像の計測誤差から適用  
性を検討する。

#### 2. レンジ画像データ収集装置の概要

レンジ画像データは画面上すべての画素に対する  
諸物体までの斜距離  $s$  を取得することが可能である。  
また、同時に水平角  $\alpha$ 、鉛直角  $\beta$  も取得できるので、  
各画素に投影される被写体の位置を3次元座標に変  
換したデータとして取得し、距離画像を生成するこ  
とができる。この研究のレンジ画像データを抽出す  
る装置は、図1に示すRIEGL社の3D Laser Mirror  
Scanner LMS Z210である。

#### 3. ASCIIデータ利用

レンジ画像データは画像生  
成ソフトウェアを介して観測  
点からオブジェクトまでの距  
離  $s$  と観測点-オブジェク  
トの水平・鉛直角  $\alpha$ 、 $\beta$  を画  
素単位にASCIIデータに変換  
することができる。既存の建  
築構造物のマンションやアパ  
ートの外形を設計図なしでワ  
イヤーフレームとしてモデリ  
ングするとき、画素単位のAS  
CIIデータが駆使されている。  
これは標定点を用いない  
直接的な利活用である。

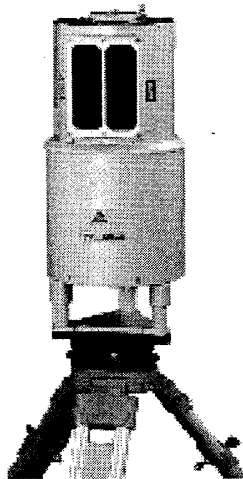


図1.レンジ画像装置

この研究のためのワイヤーフレームのモデリン  
グテストによれば、ワイヤーフレームのフレーム長： $l$ 、  
その精度： $h$ の関係は、文献1)の実験で実測値  $l \approx$   
 $20$  mで  $h \approx 1/100$  程度であった。これは、ワイヤ  
ーフレームの両端点を直接使用した事例である。その  
後の実験では、 $l$  がさらに大きく、近距離のオブ  
ジェクトでは、 $h \approx 1/1,000$  が期待できる。

#### 4. 画像上での遠近法

動画像の特徴は時間軸に画像を収集できる点にあり、  
リアルタイム処理のニーズに添うものである。このビ  
デオ画像を静止画像の計測技術と関連させることによ  
って、タイミングの特性要素をコントロールすること  
ができる。このためには、ビデオ画像のフレーム単位  
で計測するためのコントロールポイント  $p_{it}(x, y)$  を定  
め、これを現地データ  $P_i(X, Y, Z)$  と時刻  $t$  において下  
記の式によって関係づける。

$$p_{it}(x, y) = P_i(x, y) = P_i(X, Y, Z) \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $P_i(x, y)$  は距離画像上の画素の座標である。  
 $P_i$  に相当するビデオ画像のフレーム  $p_{it}$  は、画面座  
標  $(x, y)$  の  $y$  座標で建築構造物の位置を標定して、遠  
近法で既知の建築構造物の位置・高さを基準にして未知  
点を推定する。ビデオ画像の奥行き方向に進むにした  
がって、建築構造物の位置と高さの推定値が低下する  
ため、標定以降は時刻  $t + \Delta t$  において次々と現れる  
建築構造物の位置と高さを最大撮影縮尺になるフレ  
ームで推定する。なお、 $P_i(X, Y, Z)$  は地上座標である。

図2は、式(1)の関係を中心投影の座標系で示した  
もので、カメラの画面距離： $c$ を用いて、物体  $PQ$  が  
ポジ画像面に投影したものを  $pq$  で表現している。

物体の面を構成する直線を考えるとき、消点  
(vanishing point)  $P_0(X, Y, Z)$  に収束するその直線群  
は、方向余弦を  $n_i$  とすると式(2)で表される。

$$(X-X_0)/n_1 = (Y-Y_0)/n_2 = (Z-Z_0)/n_3 \quad \dots\dots (2)$$

また、ポジ画像上では、式(3)の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} x &= (1-z_0/Z)cn_1/n_2 + cX_0/Z & \dots\dots\dots (3) \\ y &= (1-z_0/Z)cn_2/n_3 + cX_0/Z \end{aligned}$$

これにより実空間で抽出困難とされている消点を、画  
像上では消点  $p(x_\infty, y_\infty)$  として算出できる。

$$x_\infty = cn_1/n_3, \quad y_\infty = cn_2/n_3 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、方向余弦は  $n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 = 1$  の関係にある。

これらの関係を用いるとビデオ画像上の座標点  
 $p_{it}(x, y)$  から地表物体の  $P_i(X, Y, Z)$  を算出できる。

$$\begin{aligned} X &= f(x_0, x_1, Z_0, Z_1, X_0) = f(x_0, x_1, x_\infty) \\ Y &= f(y_0, y_1, Z_0, Z_1, X_0) = f(y_0, y_1, y_\infty) & \dots\dots\dots (5) \\ Z &= f(x_0, x_1, x_\infty) = f(y_0, y_1, y_\infty) \end{aligned}$$

† 茨城大学 Ibaraki University

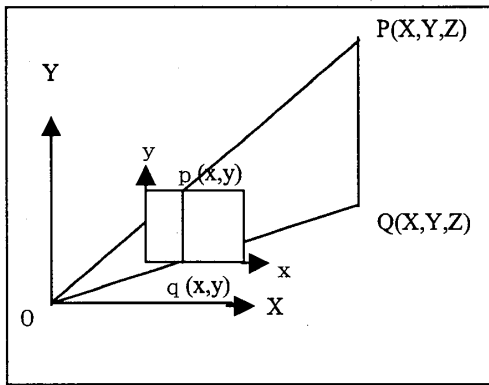


図2. 中心投影の座標系 (x,y)

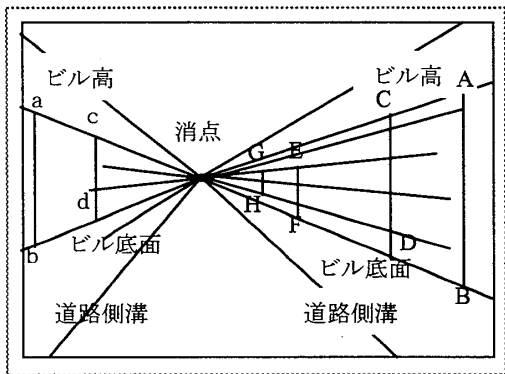


図3. 消点とビル高と底面の直線群

5. ビデオ画像の近似標定法の適用

距離画像とビデオ画像の  $n$  個の標定点  $P_i(x, y), p_{it}(x, y), (i=1, 2, \dots, 4n)$  は、建築構造物  $ABDC$  に対してワイヤフレームを想定したもので、2点の垂直ペア  $AB, CD$  でビデオ画像の  $z$  軸の回転量を補正し、2点の水平ペア  $AC, BD$  を用いて生成される直線群は遠近法の原理で消点で交会する。図3の画像の左右側において水平ペアを取得できる場合は、推定消点の1点で介さないで、計測誤差の調整は最小二乗法を適用する。ビデオ画像の4個の標定点から建築構造物  $ABDC$  の幅の長さ  $Y_0$  を基準にして街並みの構造物底

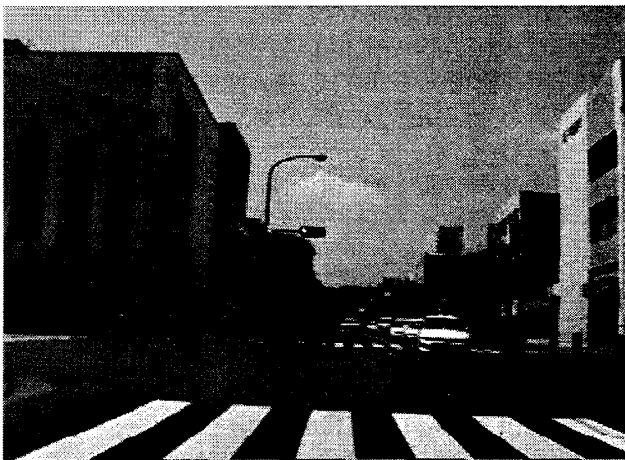


図4. ビデオ画像のビルの風景

面方向から進行方向の建築構造物  $EFHG$  の高さ  $Y_0$  を式(4)の消点を用いて算定する。この算定法の適用条件は、都市部の傾斜の少ない道路沿いのエリアである。この近似標定法の利点は、法線ベクトル方向の距離計算が迅速であり、かつ時間軸に対して街並みの建築構造物が変化するため、連続した町並みの位置算定に対しては精度を低下を少なくさせながら、次々とビデオ画像を接続標定できることである。

図4はビデオ画像の中から短時間内の画像をキャプチャでフレーム単位に取り込んだものである。しかし、ここでは1フレームのみを用いて、道路側溝線を参照しながらビル高点と底面点を選定し、図3に示したビル高さ  $AC$  線とビル底面  $BD$  線を数回に分けて抽出した。次に、図3の  $EFHG$  に相当する計測点は、 $AB, DC$  線を基準にして、未知ビル高さ  $EF$  と  $GH$  を算出した。

6. 建築構造物高さ推定の評価

距離画像データによるビデオ画像の建築構造物の位置と高さは、ビデオ画像からの計測値が時間とともに誤差が累積し高低差の変動も誤差を助長することになる。そこで、図3の建築構造物  $ABDC$  を基準にして建築構造物  $EFHG$  で新たにレンジ画像データを収集して、ビル高さの評価をするために、 $Y_0 = EF$  の高さの残差  $\epsilon$  を算出してみた。この結果、構造物間の走行距離  $AE = 75$  m に対して残差が  $\epsilon \approx 0.7$  m となった。

この結果、ビデオ画像データの適用制限を求めることができ、距離画像データを基準にすれば、平坦地の街並みでは、距離  $S = 200$  m 間隔で基準点を準備すれば、ビデオ画像を使用しても精度  $h = 1/100$  を確保することができ、補完法により時間軸にフィードバック可能なときは精度  $h = 1/200$  程度に向上できよう。

7. おわりに

距離画像データを基準にして、ビデオ画像の1フレームを標定する近似解法を示し、この標定点より時間軸に連続するビデオ画像から建築構造物の位置・高さを推定する方法を示した。また、ビデオ画像からの計測値が時間とともに誤差が累積するためビデオ画像を収集する走行距離  $S$  での高さの誤差  $\epsilon$  を実測より算出し、近似標定法の精度を算出した。この結果、平坦地の街並み等の簡易モデルに対して実用性があることを裏付けたといえよう。この研究では、Visual C++言語を用いてビデオ画像の標定点抽出と直線群の算出のアルゴリズムを元茨城大学情報工科学学生金一瑞君の協力で作成した。このアルゴリズムは平坦地の都市域の街並みに適用可能である。今後は傾斜地や曲率ある街並みにも適用できるように拡張する予定である。

参考文献

- 1) 星 仰: "ノンミラー・レーザーレーダ画像データの3D計測誤差とその応用", 土木学会関東支部技術研究発表会講演集, IV-3, pp.570~571, 2000.3.
- 2) 星 仰, 米倉和彦, 本島学: 距離画像用基本モジュールの開発, 情報処理学会全大会, 2001.3