

## 1. はじめに

近年、中高層のマンションが出現により、戸建住宅地域において、それまでの街並みが失われ、また眺望や日照が奪われるというトラブルが起こっている。全国的にも、以前から住まいの周辺でマンションなどの開発が行われると、反対を表明する住民が多く、トラブルになるケースがある。建築時における施工主と住民とのトラブルのために、新たに移り住んだ住民が周辺住民との良好なコミュニティーの形成をできないというケースも多くなってきている。

建造物による日照の影響を事前に評価するシステムが、上記のようなトラブルの緩和の一助となると考えられる。本研究では、魚眼カメラを用いた写真測量の原理で周囲の構造物の高さを割り出し、太陽高度によって注目する地点にどのような影が落とされるかを求める手法を提案する。写真測量を用いる理由は次の通りである。

- 1) 災害現場などの現場に入れない場合も遠隔から測量が可能である。
- 2) データの記録・保存・管理が簡単・軽量になる。
- 3) 即時処理・現地作業の短縮化・効率化につながる。
- 4) 空中写真測量と比較して低コストで撮影時の天候に左右されにくい。
- 5) 撮影時の状況を忠実に再現できる。

## 2. 関連研究

登守らの研究では、三角測量法により周辺の障害物を高さ、位置を把握し、影を面的に評価している<sup>[1]</sup>。また撮影した2枚の写真はで別地点で撮られたものを使用していることに対して、本研究では同地点でカメラの高さを変えた2枚の写真を使用している。利点として、場所を移動せずに、撮影できることやカメラの移動距離が把握し易いことが挙げられる。さらに本研究はより正確に三角測量法を行うために、必要となる画角の校正、カメラの光軸の鉛直方向への補正についても解決を図る。

## 3. 魚眼レンズを用いた三角測量法

三角測量法の流れは以下の通りである。①魚眼写真の高さを変えた2地点で撮影する。②画像補正(画角、光軸)を行う。③2枚の写真において同一と判別した物体の特徴点のずれから、三角測量法を用いて注目物

体の位置、高さを求める。④太陽の位置を計算し、撮影地点周辺にいつどのような影がかかるかを予測する。本研究の三角測量法の処理は、撮影以外は、全てPC上で行うため、計測処理自体は簡便である。さらに現地での撮影にも手間を要さず、対象となる障害物の周辺の位置関係を把握することが可能になる。

### 3.1 魚眼カメラについて

魚眼カメラの画像は、まず注視点を中心とした半径  $R$  の球面に視野全体を投影し、その投影結果を平面に垂直に投影しなおしたもので、投影モデルは図1のように表される。

また魚眼カメラは数種類の射影方法を持ち、各射影方法の式を用いることで簡単に位置計測ができる特徴を持つ。それぞれの射影方法と関係式は以下のようになる。 $r$  は像高(画像内の画像中心から像点までの距離)、 $f$  は焦点距離、 $\theta$  は半画角(被写体がレンズの光軸となす角)を表す<sup>[2]</sup>。

中心射影	$r = f \tan \theta$	(1)
正射影	$r = f \sin \theta$	(2)
等立体角射影	$r = 2f \sin(\theta/2)$	(3)
等距離射影	$r = f\theta$	(4)
立体射影	$r = 2f \tan(\theta/2)$	(5)

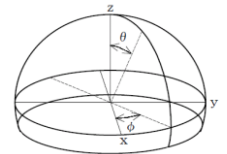


図1.魚眼投影モデル

本研究では等立体角射影方式の魚眼カメラを採用していることから  $\theta$  は以下の式で求められる。

$$\theta = 2 \cdot \sin^{-1} \frac{\sqrt{2} \cdot r}{2 \cdot R} \quad (6)$$

### 3.2 魚眼レンズの初期校正

本手法では、半球以上の視野を持つ魚眼レンズが実空間上で平行な直線群を持つ消失点对を撮影画像上に捉えることが可能であることを利用し、この消失点对の持つ幾何学的性質を利用した構成を行うことにより、魚眼レンズの内部パラメータの初期推定値を獲得する。この手法により  $R$  を定めることが可能になる<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.1 消失点の検出

##### (1) パターン撮影

平行な直線群の持つ消失点对を撮影画像に映しこむために、魚眼レンズで図2に示すような平行直線パターンを魚眼レンズで撮影する。図3に示すように実

空間上での直線は撮影画面上には曲線として現れる。



図 2. 平行直線パターン

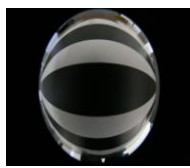


図 3. 平行直線パターンの魚眼写真

#### (2) 曲線パラメータの獲得

消失点は実空間において平行な直線が無遠慮で交わる点であるから、撮影画像上での消失点の位置は、画像上に現れた曲線群の交点として算出できる。(図 4 参照) 算出の結果、R 値は 477.48 [pixel] である。

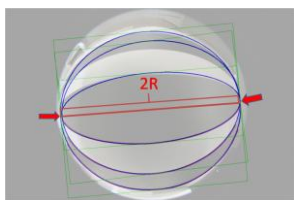


図 4. 曲線フィティングの様子

### 3.3 鉛直補正

本研究で用いる三角測量法は各撮影において魚眼写真が鉛直を中心に撮影されることを前提とした計算式である。しかし魚眼カメラを物理的に、正確に鉛直上方向きに設置するという作業は容易ではない。本研究では、撮影後に、カメラの光軸を鉛直方向に補正する独自の手法を用いる。図 5 に示すように、魚眼カメラの上で糸を垂らし複数の鉛直線を画像に記録する。鉛直方向の消失点は、画像上で各糸がなす直線の交点として観測できる。求めた交点を画像の中心として補正する。さらに補正された中心を基準として三角測量法の計算を行う。



図 5. 中心点の補正作業

### 3.4 三角測量法

本手法では、魚眼写真より得ることができる座標情報より障害物の位置関係を把握し、高さを求める。

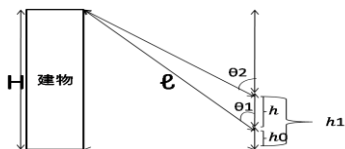


図 6. 2 枚の魚眼写真による障害物の高さの算出

$$H = \frac{h \times \sin(\pi - \theta_2) \times \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_1\right)}{\sin(\theta_2 - \theta_1) \times \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} - h_0 \quad (7)$$

#### 3.5 日影の予測

写真の撮影地点における任意時間の太陽の高度角 T を求めることで影の長さ C を求めることができる。

$$C = \frac{H}{\tan T} \quad (8)$$

### 4. 実験

提案した三角測量法の有効性を検証するために、実環境において実測実験を行った。実測では屋外の地面に魚眼カメラを上向きに設置し、比較写真(画像取得サイズ 4368pixel×2912pixel)は地面から 0.69m (図 6) と 0.81m (図 7) の地点にカメラを上向きに設置して撮影した 2 枚の魚眼写真を使用し、本提案による三角測量法を行った。以上のデータをもとに構造物の高さ H を求める。算出の結果、構造物の高さ H は 16.75m であった。レーザ距離計による実測の高さは 16.10m であることから、計測誤差は約 4% であった。同時に、建物までの距離は 8.99m として算出され、構造物に壁との位置関係が得られる。



図 6 計測画像 (低い視点)



図 7 計測画像 (高い視点)

#### 4. おわりに

本研究では、高さを変えて同じ位置で撮った魚眼画像による高さ測量とその基本校正法について提案した。大学環境で実験を行い、影を予測することで、時間に応じてどのような違いが出るかを評価した。結果として、ビルなど形状が把握し易いものに関しては、本研究の手法により、三角測量を含めた日陰影響の算出が容易にできる可能性を確認できた。本研究での実験では座標が 1 変わると障害物の高さが 2m 変化する結果が出た。本手法での計測分解能についての詳細な検証が必要である。また今回取得した画像が (3) 式で表す射影方式に対する整合性を解析し、必要ならば射影式を校正することも、今後の課題として挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 登守利征, 写真測量法による太陽光発電システムの日照障害特性の推定, 平成 11 年度日本太陽エネルギー学会, 1999 年 11 月 25 - 26 日
- [2] 山田麻樹, 複数の魚眼カメラを用いた立体視による屋内監視システム, 2009 年
- [3] 中野誠士, 李仕剛, 千葉則茂, 球面画像獲得のための魚眼カメラ校正, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-II, No. 9, pp1849-1850