

## デジタル写真測量を用いた蝶型ターゲットの自動計測

京都大学大学院 学生員 片山 将

### 1. はじめに

デジタルカメラを用いた写真測量は、橋梁ブロックやトンネルのようにかなり大きな規模をもった工業製品や構造物の3次元形状や変位を精密に測定する方法として有効である。その測定方法としては、ターゲットを対象物に貼って、そのターゲットの中心位置を計測するのが一般的であるが、その際に、画像に写ったターゲットの座標を高精度で測ることが必要となる。しかし、大きな規模をもった工業製品や構造物を対象とするため遠方観測を余儀なくされることもあり、近接撮影のような精度の高い画像が得られないこともある。

本研究では、ターゲットの中でも、これまで十分に研究されてこなかった蝶型ターゲットの計測を対象を絞り、このターゲットを遠方観測により撮影した画像を用いて、そこに撮影されている蝶型ターゲットの画像座標を高精度かつ自動で計測する方法の開発と精度検証を行った。

### 2. ターゲットの計測方法

本研究で使用する画像は遠方撮影されているので、撮影された画像にはターゲットが非常に小さくしか写っておらず、また、不鮮明なものも含まれている。そこで画像の認識精度を向上させるために、平滑化フィルタ、メディアンフィルタを使用して画像に含まれる雑音(noise)除去を行う。

蝶型ターゲットの画像座標としては、図1のように蝶型ターゲットは直線で構成されているという特徴を利用して、対角線の交点を計測する。そこで、ターゲット画像からエッジ(輪郭)を抽出する必要がある。

まず、エッジは画像の濃度値が急激に変化

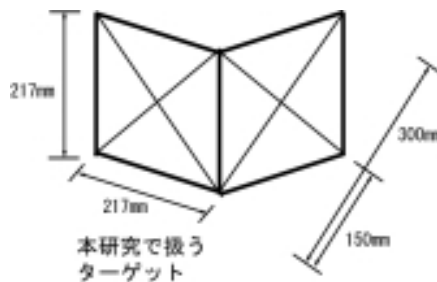


図1: 本研究で使用するターゲット

する部分であるので、一次微分(グラディエント)フィルタによりエッジの方向が求まり、二次微分(ラプラシアン)フィルタによりエッジの強さが求まる。

エッジの位置は、画像の輝度値の二次微分が正から負、または負から正へ変化する場所(これをゼロ交差と呼ぶ)と同じである。したがって、ゼロ交差点を見つけることによりエッジ点を検出できる。

画像からエッジ点が抽出されると、それを使ってターゲットの輪郭(境界線)を求めることができる。本研究のエッジ線は直線であり、直線の方程式は垂角 $\theta$ と、原点からの符号つき距離を $\rho$ を用いて

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (0 \leq \theta < \pi) \quad (1)$$

で表すことができる。すなわち、直線を求めることは $\rho-\theta$ 空間で1点を決めることである。

この考え方に従って考案されたのが、ハフ変換(Hough transform)である。ハフ変換はパラメータ空間(ハフ空間ともいう)を細かいセルに分割し、それぞれのセルの通る線の数を記録する。その数の多いセルがあれば、 $xy$ 空間の直線は求まることになる。ハフ変換では、画像内の複数の直線を同時に求めることが可能である。

このようにして、エッジ直線を求め、その交点として蝶型ターゲットの中心画像座標を求める。その後、バンドル調整計算により対象物の3次元形状(相対座標)を求める。

### 3. 計測結果と考察

本研究の対象である大阪光学の社屋壁に取り付けたターゲットは、6カ所の撮影位置からカメラの角度と高さを変えて計57枚撮影してある。今回の計測で使用したのは、その中の画像11枚で、3次元形状(相対座標)を求めたターゲットの個数が16個、ターゲット画像の枚数は135枚である。一つのターゲット当たり、7～10枚の画像に撮影されている。撮影日時は2000年1月13日である。また、使用したカメラはKodak社製のDCS420でレンズとして300mmの望遠レンズを使用している。撮影位置の詳細は図2に記載してある。

本研究の対象である蝶型ターゲットは図1のようにターゲットの中心が左右に2つ存在するが、本研究ではそのうちターゲットに向かって左側の中心を計測するものとする。

画像によっては、大気中の埃などによる光の散乱やカメラの焦点距離が固定されていることによるピントのずれ、撮影時の手ブレなどの原因によりエッジ線の交点が一点で交わらないものが多く含まれるが、その場合は図3のように交点A, B, C, Dの重心をもってターゲットの中心点とした。

まず、バンドル調整計算の収束状況であるが7回の繰り返し計算で収束と判定された。なお、調整計算には対象点座標の平均分散を最小とする内的拘束法を採用した。内部標定要素は画面距離とカメラのレンズ中心からフィルム面に下した垂線の足の位置の3点とし、カメラのレンズ歪み係数は含めなかった。この時の単位重みの係数は事前誤差 $\sigma_0 = 0.0005\text{mm}$ の9.515752倍であった。また、画像面上の残差の標準偏差は0.0047579mmであった。画像上では1pixelとしての大きさが0.009mmであ

るので、およそ1/2pixelの精度がえられたことになる。

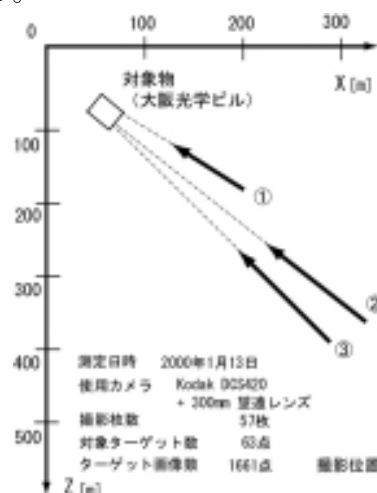


図2: 撮影位置

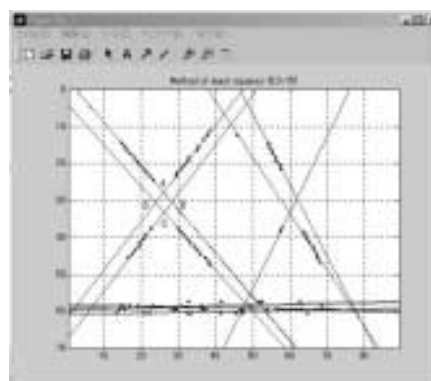


図3: エッジ線による中心座標の求め方

### 4. 結論

蝶型ターゲットの画像座標を自動で計測する方法を開発し、その精度を検証した。これらによって中心座標をエッジ直線から自動で求めることができた。

得られた中心座標の精度1/2pixelは目標精度1/10pixelには達しなかったが、遠方観測による撮影状況の悪さを考慮すると比較的良好な結果であると言える。

今後は、精度が観測状況に大きく左右される事を考慮に入れた計測方法の検討をおこなっていく必要がある。

**参考文献** 1) 秋元 圭一 服部 進: 画像計測の基礎、岡山職業能力開発短期大学校紀要 第11号、1997.P23-P38