

単写真を用いた位置情報の簡易的測定方法

谷口 亮・佐藤 昌貴・渡邊 誠 (株式会社東京地図研究社)

1. はじめに

連続する2枚以上の立体視写真を用いて対象物の2次元・3次元位置情報を取得する場合、設備にかかるコストと処理時間が課題となる。一方、取得すべき位置情報が2次元のみで事足りる状況では、1枚の写真から位置情報を簡易的に取得できるならば効率的である(以下、本稿で述べる「位置情報」とは2次元画像上の座標と定義する)。

通常、単写真から被写体の3次元座標を取得することはできない。しかし、比高を持たない対象物が平面上に存在する場合は、必要とする位置情報を簡易に取り出すことができる。そこで本稿では、測定の簡易性、迅速性、経済性の3点に主眼を置き、デジタルカメラとレーザー距離計を用いた測定により、以下のような条件・状況に応える位置情報の取得方法を考案した。

- ・単写真のみを使用
- ・撮影距離の1/100~1/200の精度
- ・簡易な設備
- ・迅速かつ安価に多量のデータを取得
- ・データ処理の簡略化

併せて、その精度や有用性等、実用を想定した検証を行った。

2. 簡易的測定の方法

対象とする被写体を含む平面を想定し、カメラをこれらの被写体に正対させれば、被写体面上の全域は一定の写真縮尺として捉えられる。

写真縮尺は共線条件により、カメラの焦点距

離 f と被写体面までの撮影距離 H で与えられる。そのため、撮影時の f と H を厳密に求め、カメラ画像上で想定した平面上の必要な被写体、あるいは被写体間の座標・距離等を測り、縮尺レベル倍することによって実際の座標・距離を求めることができる(図1)。

したがって、縮尺レベルを m_b としたとき、

$$\frac{1}{m_b} = \frac{f}{H} \quad (1)$$

となる。また、カメラ画像面上の距離 l (pixel) は

$$l = \sqrt{|x_1 - x_2|^2 + |y_1 - y_2|^2} \quad (2)$$

となり、(1)(2) から測定長 L (mm) は、次の式で表すことができる。

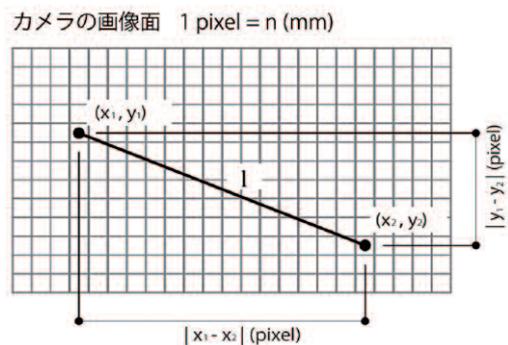
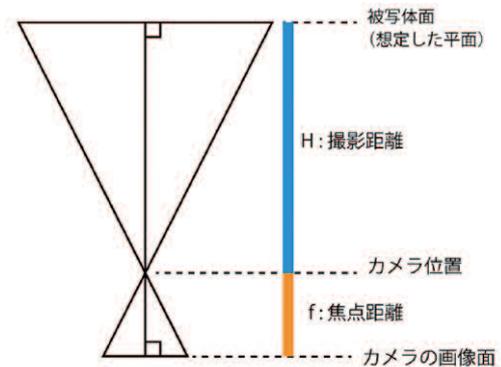


図1 簡易的測定の方法

$$L = l \times n \times m_p \quad (3)$$

ここで、 x_n 、 y_n は被写体の画素座標 (pixel)、 n は画素サイズ (mm/pixel) とする。

3. 簡易的測定実験

3.1 使用機材と手順

検証に使用した機材は以下の4点である。

- ①キャリブレーション済みデジタルカメラ (SONY DSC-HX200V)
- ②レーザ距離計 (BOSCH GLM50)
- ③写真三脚
- ④キャリブレーションファイル読み込み可能

表1 デジタルカメラの諸元

焦点距離	4.7237mm	
画像の大きさ	2592×1944pixel	
画素サイズ	0.0023mm/pixel	
主点位置	x_p	2.8983mm
	y_p	2.3438mm
歪曲補正係数 (放射・接線方向)	k_1	1.7591×10^{-5}
	k_2	9.7118×10^{-6}
	p_1	3.9085×10^{-4}
	p_2	1.8893×10^{-3}

表2 レーザ距離計の諸元

光源	レーザダイオード
波長	635nm
出力	1mW以下 (クラス2)
測定範囲	0.05~50m
測定単位	1mm
測定精度	±1.5mm (標準測定時)
使用温度範囲	-10℃~+50℃

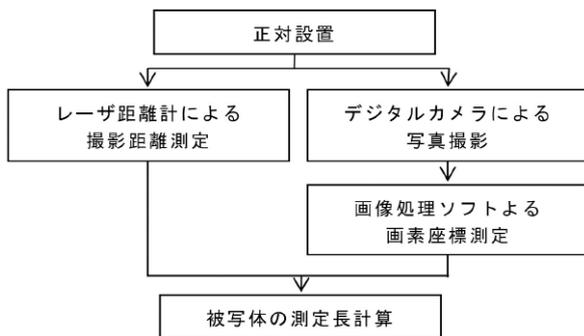


図2 測定手順

な画像処理ソフト (今回は「Image Master ビキナーズ」: 日本写真測量学会・トプコン製を使用)

デジタルカメラの諸元を表1に、レーザ距離計の諸元を表2に示す。

次に測定手順を図2に示す。まず、被写体と画像面を正対するように設置し、写真撮影と距離測定を行う。続いて、画像処理ソフトを用いて撮影画像における画素座標の測定を行う。その際、焦点距離、主点位置、歪曲係数に関するキャリブレーションファイルも読み込んでおく。最後に、画像面上の距離と縮尺レベルから測定長を計算する。

3.2 距離グリッドによる精度検証実験

本測定の前に、妥当性を判断するために精度検証を実施した。

まず、図3のような距離グリッドを描いた平面の格子板を作成した。その上で、デジタルカメラの画像面をこの格子板に正対させて撮影し、撮影地点と同位置からレーザ距離計により撮影距離を測定した。

なお、使用するデジタルカメラはキャリブレーション済みであるため、測定誤差の大きな要因とされる焦点距離、主点位置、レンズ歪みに基づく誤差は無視できるとみなした¹⁾。そのため、誤差要因は大きく分けて、正対状況によるものと、撮影距離の測定精度によるものと考えられる。

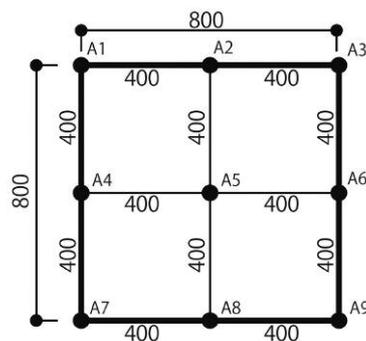


図3 距離グリッド

表3 精度検証実験の結果

測定区間	A1-A3 (上辺)	A7-A9 (下辺)	A1-A7 (左辺)	A3-A9 (右辺)
実長	800.0mm	800.0mm	800.0mm	800.0mm
測定長	814.1mm	812.5mm	822.4mm	795.6mm
誤差	+14.1mm	+12.5mm	+22.4mm	-4.4mm
撮影距離に対する精度	1/243	1/278	1/153	1/788

(1) 精度検証実験

まず、デジタルカメラを目測で格子板に正対設置させ、撮影を行った。撮影距離は3433mmである。四方4辺を測定した結果を表3に示す。今回の測定方法において、各ポイントにおける撮影距離に対する精度は1/153以上となり、目標精度1/100~1/200を満たすことができた。よって、目測による正対設置でも目標精度は確保できると判断した。

(2) 正対撮影実験

次に、理想的な正対状況での精度を確認するために、グリッドの中央部(ポイントA5)にカメラファインダ中心の合焦ポイントを一致させた上で測定を行った。その際、地面からA5までの高さをコンベックスにより測定し、ファインダ中心の合焦ポイントの高さが同一になるように設置した。また、目視でファインダ内を確認し、距離グリッドが左右対称となるように調整した。撮影距離は3416mmである。四方4辺を測定した結果を表4に示す。

この結果、各ポイントにおける撮影距離に対する精度は1/2010以上となり、目標精度を十分に上回っていることが分かった。厳密に正対させることで撮影時の歪みが抑えられ、撮影距離の誤差よりも小さくなるため、この結果が本測定方法における理想的精度である

と考えられる。

3.3 車長測定実験

「対象物への近接が困難」、「静止時間が短い」ため迅速な撮影が必要」等、本測定方法で実際に測定作業を行うような場面を想定し、交差点停車時の車長測定を題材として実証実験



図4 車長測定に使用した撮影画像

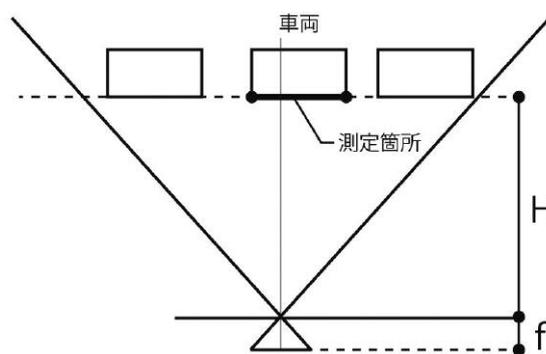


図5 車長測定の方法

表4 正対撮影実験の結果

測定区間	A1-A3 (上辺)	A7-A9 (下辺)	A1-A7 (左辺)	A3-A9 (右辺)
実長	800.0mm	800.0mm	800.0mm	800.0mm
測定長	798.4mm	798.4mm	800.0mm	801.7mm
誤差	-1.6mm	-1.6mm	0mm	+1.7mm
撮影距離に対する精度	1/2135	1/2135	0	1/2010

を行った。

目測で車両の側面に画像面が正対するようにカメラを設置して、レーザ距離計により車両側面までを測定した(図4、図5)。

写真正面の普通自動車を対象に、該当車種を特定した上、メーカーの公称値を真値として使用した。なお、撮影距離は16645mmである。測定結果を表4に示す。

この結果から、撮影距離に対する精度は1/185と想定内に収まっていることが分かった。なお、218の車間距離データを取得するのに、機材設置から4.5時間で作業を完了した。仮に本実験のような条件下において3次元測量を行う場合、測定手続きの複雑さや機材設置空間の制約性などの点を考慮する必要がある。短時間での測定は難しい。このように、簡便に多数のデータを取得する必要がある場合、本簡易的測定手法は有効であると言える。

4. まとめ

本稿では、簡易かつ迅速に位置情報を取得する方法として、単写真による簡易的測定手法を提案し、実証実験からその有用性について検証した。その結果、測定値の精度は撮影距離の1/100~1/200程度は得られ、当初設定した目的を満たすことができた。これにより、車長・車間距離測定に限らず、同一平面上に存在するあらゆる被写体の測定に応用可能だと考えられる。

5. 今後の課題

さらなる実用性向上のためには、異なる状況下において多数のサンプルでの精度検証を行い、本方法の精度と正確度を確認する必要がある。

また、今回は測定の簡易性と迅速性を主眼に置いたため、被写体面と画像面の正対は目測で行うことを想定した。しかし、正対状況

表5 車長測定実験の結果

被写体の画素長	564pixel
1画素の大きさ	0.0023mm
画像面上の被写体長	1.2972mm
縮尺レベル	3523.7
車両の実長	4480.0mm
車両の測定長	4570.0mm
誤差	+90mm
撮影距離に対する精度	1/185

は測定誤差に大きく寄与すると考えられるため、作業手間を見極めた上でより正確に正対させる方法の考案も必要である。

撮影距離の測定方法に関しても、レーザ距離計は雑踏の中で使用することができない等の制約があるため、様々なシーンで本測定方法を用いるためには、予め撮影距離を測定しておく等の工夫が望まれる。加えて、撮影距離測定の精度向上と高解像カメラ等の使用による精度検証も今後の課題である。

■参考文献

- 1) 高橋洋二、近津博文：民生用デジタルカメラの内部標定要素と計測精度の関係に関する研究、写真測量とリモートセンシング 47(5)、pp.71-76、2008

■執筆者

谷口 亮 (たにぐち りょう)
株式会社東京地図研究社
ジオ・ソリューショングループ
taniguchi@t-map.co.jp



(共著者)

佐藤 昌貴 (さとう まさたか)
株式会社東京地図研究社 企画開発室
m_sato@t-map.co.jp

渡邊 誠 (わたなべ まこと)
株式会社東京地図研究社 顧問
watanabe@t-map.co.jp