

## 写真測量と地上測量とを結合した誤差調整手法の開発(その10)

A Development of Error Adjustment Methods in Combined Photogrammetry and Land Surveying

近津博文\*・村井俊治\*\*

Hirofumi CHIKATSU and Shunji MURAI

## 1. はじめに

本研究で開発した同時調整法は写真測量において必要とされる基準点の設置に伴う作業を簡略化する利点のあることが確かめられた<sup>1)2)</sup>。特に、橋、堤防、道路等のように長さのわかるものが写真に写しこまれている場合には、この調整法は極めて有効な方法と成りうることが示された<sup>3)</sup>。本報告では長さのわかるものとして橋が写し込まれた実例を用いてその有効性を検討する。

ところで、本研究で開発してきた同時調整法はフィルムを用いたカメラにより撮影された写真を対象としたものであった。しかし、最近のビデオカメラあるいはスティルカメラの普及を考慮すると、これらのフィルムを使わないカメラによる写真測量も今後盛んになると思われる。

本報告では橋が写し込まれた場合のビデオ画像を用いて、ビデオ画像に対する同時調整法の適用を検討した。

## 2. ビデオ画像

本報告で使用した写真(1, 2, 3)は、昭和57年8月3日の台風10号による富士川洪水の状況をヘリコプターからビデオ撮影したものをビデオプリンターによりハードコピーしたものである。

写真1には東海道本線富士川橋梁の橋脚付近が、写真2には同橋梁の下流に発生した砂れき堆が撮影されている。また、写真3は東海道新幹線相模川橋梁の橋脚付近が撮影されたものである。

本報告では橋脚、橋げた等に対する設計図面から、橋脚間の長さ、橋げたの奥行き、トラスの高さ等の長さを利用して、同時調整法により標定を行った。

## 3. 計算方法

写真1~3は以下に示すように、写真測量に使うには極めて条件の悪い例である。

1. 撮影に使用したビデオカメラの種類、焦点距離および撮影高度等が不明である。
2. 写真の上下または左右端における画像が不明瞭で画

角サイズを正確に押えられない。たとえば写真1の上端では走査線が不連続であり、写真3の下端にはノイズが発生している。

3. これらの写真には基準点は設置されていない。
4. 像がボケているため、構造物の角を明確に押えられない。

したがって、これらの写真に対する標定計算では、まず収束解が得られるかが当面の問題であり、次には得られた標定要素に対する信頼性、さらにはこれらの標定要素を使って計算される測点の座標に対する信頼性等が問題になる。

本報告では以下の手順により基準点の仮設、標定計算および計測を実施した。

## (I) 基準点の設置

橋脚、橋げた等に対する設計図面から、橋脚間の長さ、橋げたの奥行き、トラスの高さ等の長さを利用して、写真上に基準点の仮設を行う。

## (II) 標定計算

非測定カメラで撮影された写真を使用する場合には主点のずれ、レンズのディストーションおよびフィルムの平面度に対する補正を考慮する必要がある。しかし、本



写真1

\*東京電機大学理工学部

\*\*東京大学生産技術研究所 第5部



写真 2



写真 3

報告のようなビデオ画像の場合にはフィルムの平面度に対する補正は不要となる (しかし、厳密には座標軸の直交性および軸方向に対するスケール差等も考慮すべきであるが本報告では割愛する)。本報告では

1. (a)主点のずれ,焦点距離,レンズのディストーションを考慮した場合, (b)主点のずれ,焦点距離を考慮した各場合についてセルフキャリブレーション付同時調整法を実施し,収束解の有無および外部標定要素に対する信頼性を検討する。

2. 上記の一連の標定計算を通して焦点距離の値を推定し,それをmm単位に丸めたものを焦点距離の値とする (本報告では $f=95\text{mm}$ とする)。

本報告で使用する写真のように悪い条件下では,主点のずれ,焦点距離,レンズディストーション等内部標定要素を増すことは必ずしも良い結果に到達するとは限らず,むしろ標定要素を少なめにし,計算を簡素化するほうが効率の良いことがわかった。

3. したがって,考慮すべき内部標定要素は主点のずれおよび焦点距離とし,焦点距離を未知数扱いにした場合と既知とした場合の2通りに対して標定計算を行い外部標定要素を算出する。

4. 写真から推定される撮影点の平面座標と3で算出された外部標定要素の内の $X_0, Y_0$ とを比較する。

5. 写真上に検証点を定める。

6. 3により算出された要素を採用して検証点に対する平面座標を算出する。

7. 4および6との総合的判断から外部標定要素および焦点距離の扱い方を決める。

以上により求められた各写真に対する外部標定要素を表1に示す。また,焦点距離は既知扱いとする。

なお,本報告で使用したソフトPMCD (Photogrammetric Measurement Combined with Distance) はパソコン用に本研究で開発したものであり,主なフロー

表 1 外部標定要素

要素	写真 1	写真 2	写真 3
$X_0$	-60.0 m	-43.1 m	-65.5 m
$Y_0$	-207.3 m	-183.5 m	-80.5 m
$Z_0$	61.7 m	48.9 m	34.9 m
$\omega$	-52.17°	-51.96°	-69.91°
$\phi$	1.86°	-0.80°	7.85°
$\kappa$	20.92°	28.36°	43.86°

チャートを図1に示す。また,写真座標の測定は最小読定値 $20\mu\text{m}$ のデジタイザーによる。

#### 4. 結 果

本報告では測点の高さを与えて単写真から測点の平面座標を算出する方法により,橋梁付近の流れの状況 (波,渦等の発生位置) および砂れき堆の位置を計算し,その状況および形状を調べた。

なお,計算を行うにあたり水位は一定として,写真1,2は第5橋脚天端 (写真1上一番左の橋脚) より7m下,写真3は写真上一番左 (写真のほぼ中央) の橋脚部分のうちのトラス上弦部より16m下とした。また写真2の砂れき堆の高さは水面より1m上とした。

各写真から得られた結果を図2~3に示す。

図2~3より以下のことが理解される。

1. 従来の方法では不可能と思われる写真でも,長さのわかるものが写し込まれていることにより同時調整法による写真測量が可能となることが,また基準点測量は簡略化されるなどこの調整法は極めて有効な方法であることが示された。

2. ビデオ画像に対しても同時調整法を適用できることが示された。

#### 5. 結 語

本研究で開発してきた同時調整法は,基準点測量を簡

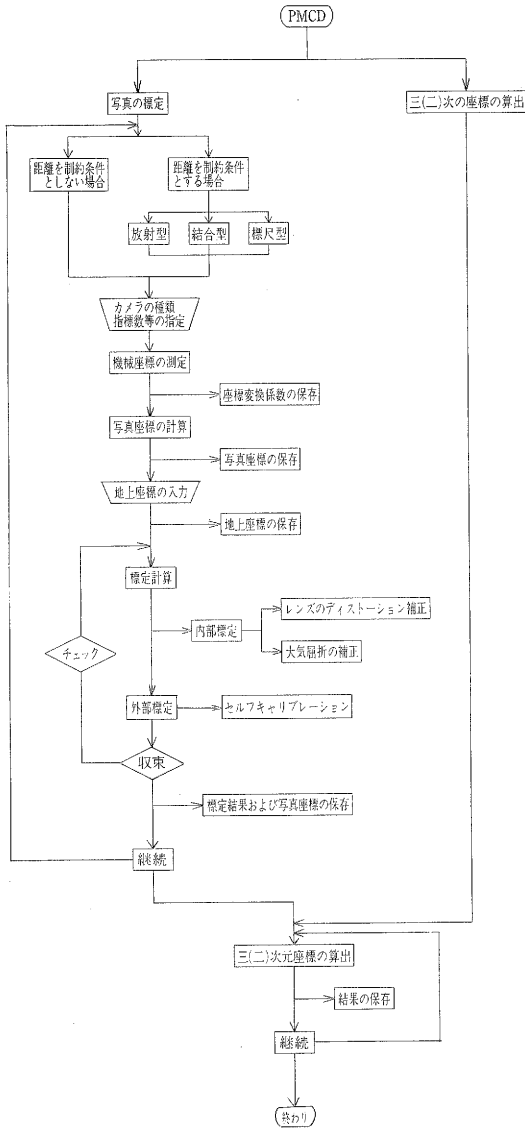


図1 PMCDの流れ図

略化した写真測量を可能とするものであり、この方法はビデオ画像に対しても適用できるなど極めて有効な方法であることが確かめられた。また、本報告のような悪条件下でも同時調整法の利用が可能であったことを考慮すると、この方法は当然ポラロイドカメラに対しても利用できるものと思われる。

これらのことを総合的に考えると、撮影する媒体および基準点の有無に制限されることなく、長さのわかるものが写し込まれるように撮影することにより同時調整法による写真測量が可能となり、その結果写真による非接

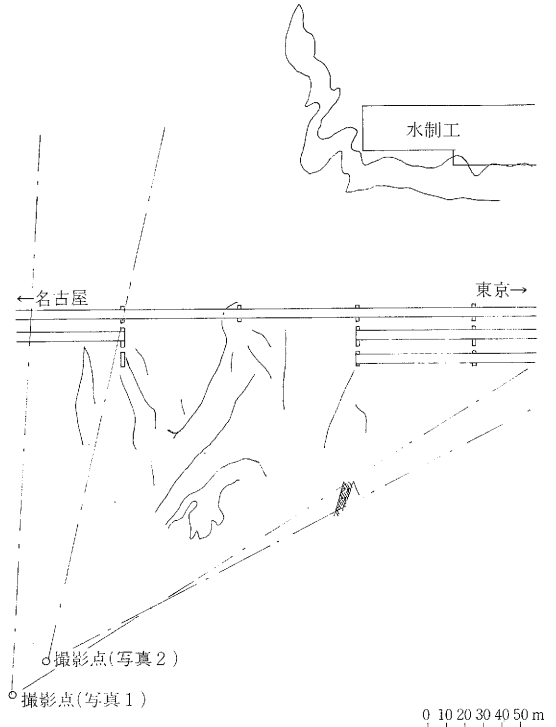


図2 写真1, 2による計測結果 (写真2の結果は砂れき堆の位置だけである)

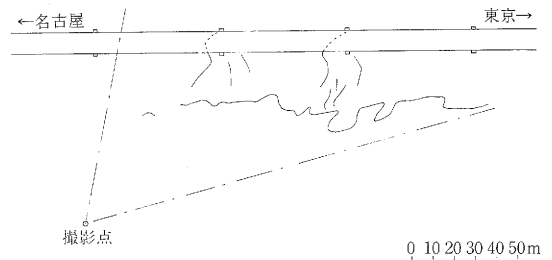


図3 写真3による計測結果

触計測の応用範囲は限りなく広がるものと思われる。

(1989年3月27日受理)

参考文献

- 1) 近津博文・村井俊治：写真測量と地上測量とを結合した誤差調整手法の開発(その4)，生産研究，Vol. 39，No. 3，pp. 35～38，1987
- 2) 近津博文・春日屋伸昌・村井俊治：地上測量の観測条件を結合した写真測量の誤差調整，写真測量とリモートセンシング，Vol. 26，No. 3，pp. 4～20，1987
- 3) 近津博文・村井俊治：写真測量と地上測量とを結合した誤差調整手法の開発(その9)，生産研究，Vol. 40，No. 11，pp. 26～29，1988