

# U-PIPSによる実体写真計測の基礎的試み

藤 本 勉\* 田 中 護\*

Fundamental Experiments on Stereoscopic Photogrammetry by Using the Ube Technical College Picture Information Processing System, U-PIPS.

Tsutomu Fujimoto Mamoru Tanaka

## Abstract

The authors are studying the analysis of color aerial photographs by using the Ube Tech. College Picture Information Processing System, U-PIPS.

A lot of results of this research they reported were mainly taken out of chromatic characteristics in a photograph.

In order to improve region segmentation abilities, they are willing to get height or depth informations concerning with the object.

It is necessary for this to process two different photographs, in these photographs, same objects are taken at several centi-meters apart i.e., stereo-photographs.

As the first step in this scheme, they investigated stereo-photographs of building-blocks because of its simplicity in shape.

Two photographs were taken at about 20 centi-meters apart. Next co-ordinates of all vertexes were measured individually in these photographs.

Dimensions of building-blocks were calculated from measured coordinates and compared with actual dimensions.

There were small differences in these dimensions. After some investigations it was found that these errors were mainly caused by measuring errors of coordinates of vertexes.

## 1. まえがき

宇部高専画像情報処理システム (Ube Tech. Coll. Picture Information Processing System, U-PIPS) を用いて、カラー空中写真から湖沼部を抽出して、その面積及び周辺長を計測した結果については報告している。この場合、湖面の色彩情報を利用したが、一般に湖面の色彩は水深の違いや水生植物の有無等に寄り大幅に変化し、又周辺部においては陸地部との区別が難しい。ところで湖面の高度は一定であるので色彩情報に加えて、対象の高度や海拔高に関する情報が利用できればさらに高精度化が期

待できる。

高さを求めるには対象物を異なる位置より撮影した視差を有す複数画像を処理しなければならない。

そして、これらの画像に対して、移動、回転、拡大縮少の線型変換、次いで同一点の認識と高度な処理を含んでおり簡単には出来ない。そこで、これらの処理技術のうち基礎的なものを習得する目的で、最も簡単な構造のブロックを対象として、ステレオ写真を撮影し、その実体写真計測を試みた。実施した処理の概要について述べ、問題点について検討を加える。

## 2. 実体写真計測

### 2-1 概 要

写真1に示す。異なった塗色面を有すブロックを対象

\*宇部工業高等専門学校電気工学科

左側写真 (R画像)

右側写真 (L画像)

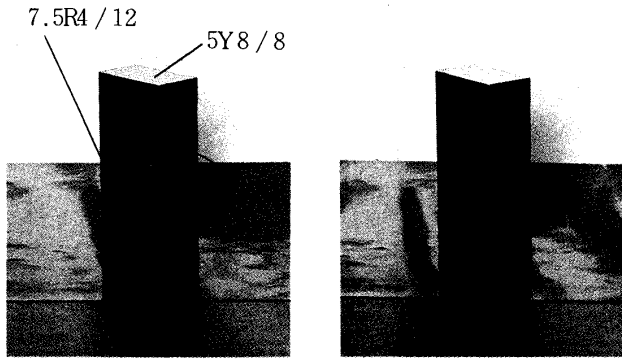


写真1 カラーステレオ写真

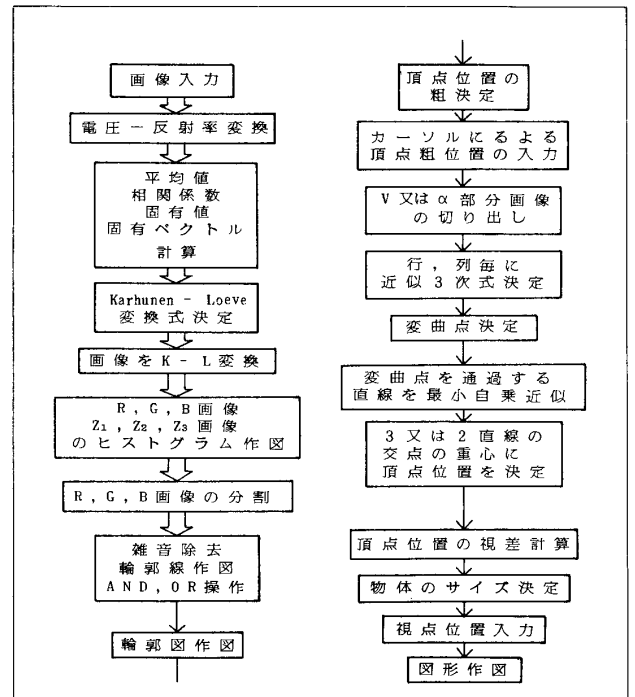


図1 実体写真計測処理

R-PICTURE			L-PICTURE				
MEAN VALUE							
R	G	B	R	G	B		
38.78	39.93	40.41	38.12	39.62	40.76		
CROSS CORRELATION MATRIX							
	R	G	B		R	G	B
R	1.0000	0.9785	0.9595	1.0000	0.9795	0.9707	R
G	0.9785	1.0000	0.9880	0.9795	1.0000	0.9925	G
B	0.9595	0.9880	1.0000	0.9707	0.9925	1.0000	B
KARHUNEN-LOEVE TRANSFORMATION							
Z1	0.3319	0.3351	0.3330	Z1	0.3320	0.3345	0.3335
Z2	-0.5011	0.0878	0.4111	Z2	-0.5013	0.1583	0.3403
Z3	-0.1783	0.4981	-0.3236	Z3	0.1087	-0.4990	0.3923

表1 カラーネン・レーベ変換式

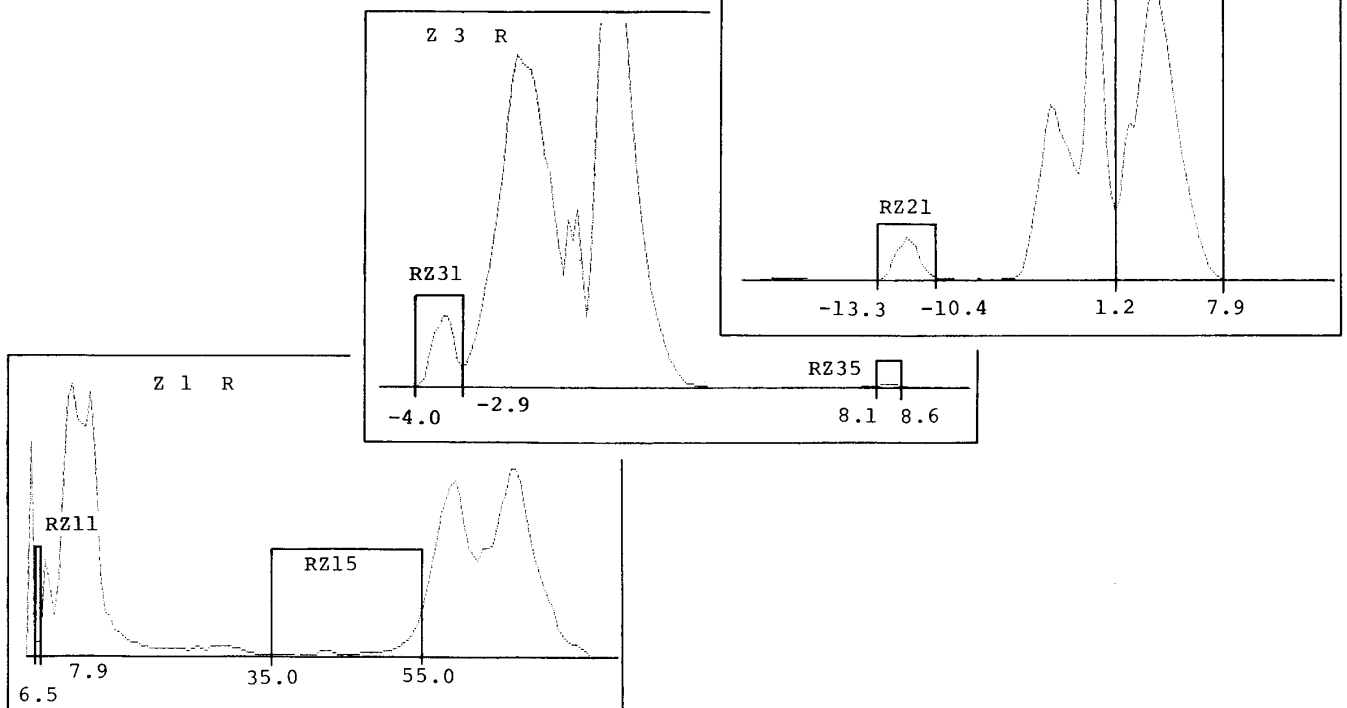


図2 ヒストグラム (R画像)

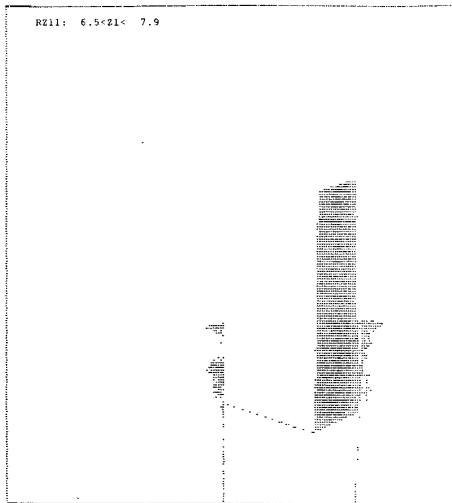


図 3-1 RZ11 : 6.5<Z 1<7.9

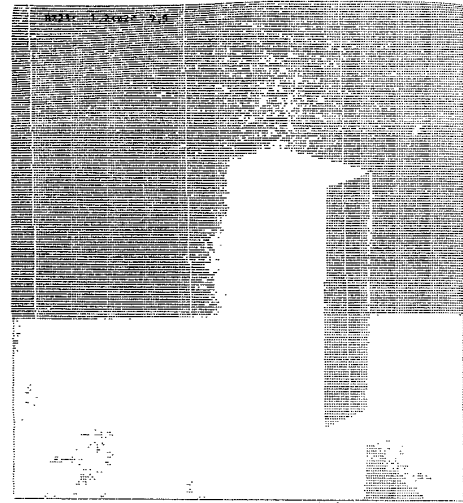


図 3-4 RZ23 : 1.2<Z 2<7.0

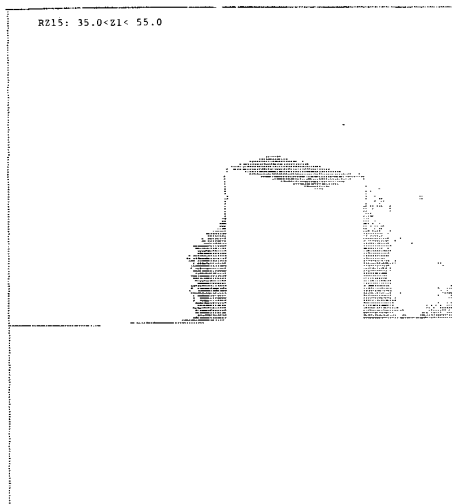


図 3-2 RZ15 : 35.0<Z 1<55.0

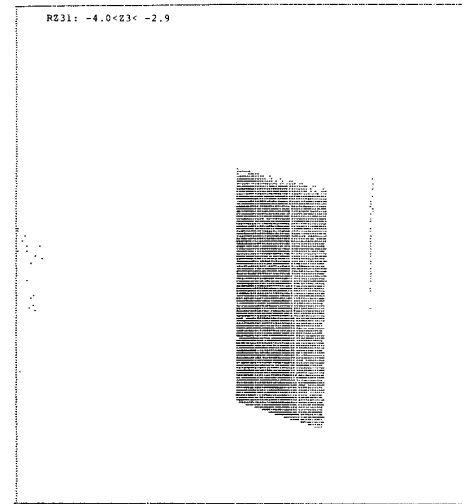


図 3-5 RZ31 : -4.0<Z 3<-2.9

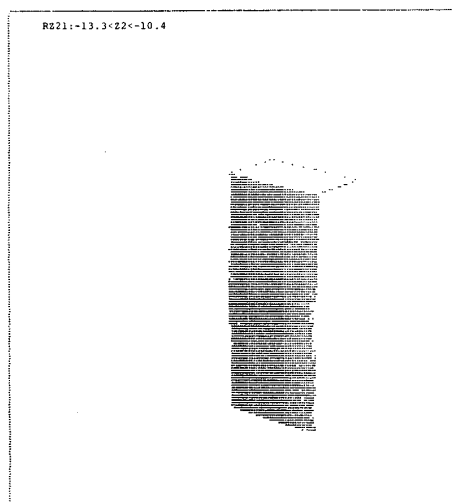


図 3-3 RZ21 : -13.3<Z 2<-10.4

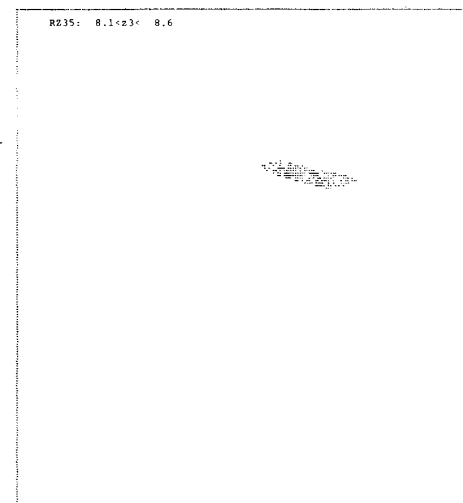


図 3-6 RZ35 : 8.1<Z 3<8.6

とした。このブロックを市販のカメラを用い、20 cm 程撮影位置を平行に移動して、ステレオ写真を撮影した。95×73 mm の大きさのステレオ写真を別々に U-PIPS の回転ドラム、走査子移動型のカラーメカニカルスキャナーに貼付し、計算機に画素間隔 0.238 mm, 走査線間隔 0.213 mm, 符号+11ビットで入力した。

図 1 に示している処理過程に従って述べる。

### 2-2 対象の頂点座標解析

既に報告している場合と同じく、ステレオ写真を計算機に入力するに当っては、メカニカルスキャナーの光電変換特性の補整を行い、次いで、画像の相関係数を求め、これにより画像のカルーネン・レーベ変換を行う。

本例の場合の諸係数を表 1 に示している。

次に、カルーネン・レーベ変換された画像のヒストグラムを描き、ヒストグラムの谷部に閾値を設けて、画像を分割する。カメラ位置を左へ移動して撮影した写真(R 写真) の場合のヒストグラムを図 2 に示している。全ての谷部を閾値にして画像を分割した結果、同図中実線の部分のみで対象物が構成できる。各部分に対応する領域

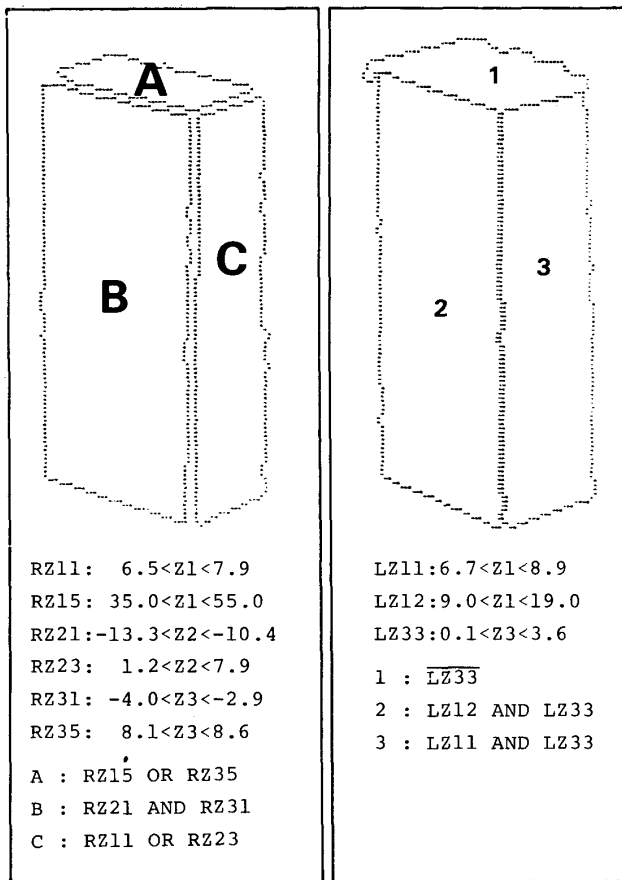


図 4 ステレオ写真の骨組み

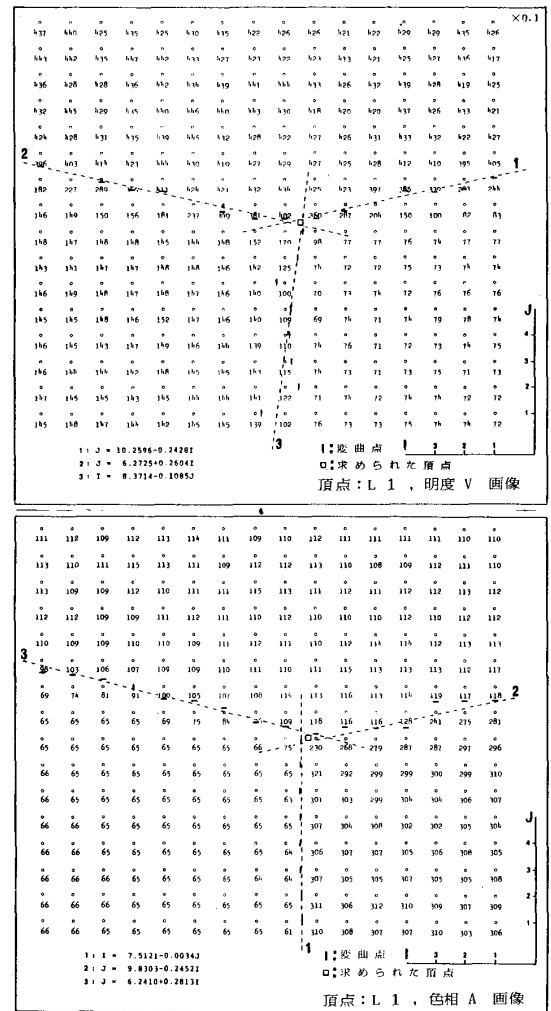


図 5 頂点 1 (L 画像) の部分画像

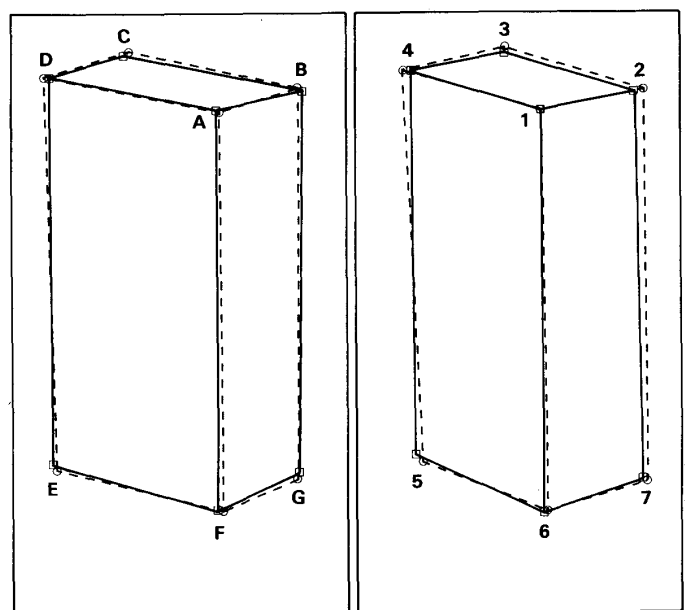


図 6 明度 (実線), 色相 (点線) により求められた画像の各頂点

を U-PIPS の白黒画像出力装置で出力した結果を図 3—1 から図 3—6 に示している。

次にこれらの部分画像間に論理演算を施し、雑音除去操作を行って、その後、輪郭線作図を行い、対象物の骨格図を作図する。例えば図 4 において、R 画像上面 A は RZ 15 部分画と RZ 35 部分画の論理和を取り、輪郭線を描いて、骨格図を得たものである。

以上の操作により、対象の頂点の概略の位置は求まるが、その精度は実体視をするには不十分である。特に、上面の部分は正確に抽出されていない。後の検討の結果、実体視における誤差は、頂点の座標の正確さに大部分依存するので、正確に頂点の位置を決定する必要がある。そのため、今回は次の手続きを行った。

まず、骨格図より得られた概略の頂点を含む 16×16 画素の R.G.B の 3 部分原画像を切り出す。

既報の方法により、これを明度画像 (V 画像という) 及び色相画像 (A 又は  $\alpha$  画像という) に変換する。位置を右へ移動して撮影した写真 (L 画像) の第 1 頂点 (頂点の番号は図 6 に示している) を含む部分原画像を図 5 に示している。

この部分画像について走査線方向に各画素の値を調べ、その値が別に設定したいき値を越えて変化した場合、各面の境界を通過したと判定する。境界線を正確に決定するため、閾値を越えて変化した所の前後、4 画素を抽出して、3 次曲線を作り、その変曲点に境界を決定した。この操作を、走査線方向、画素方向、全ての範囲にわたって行う。同図中に「□」印で変曲点=境界点の位置を

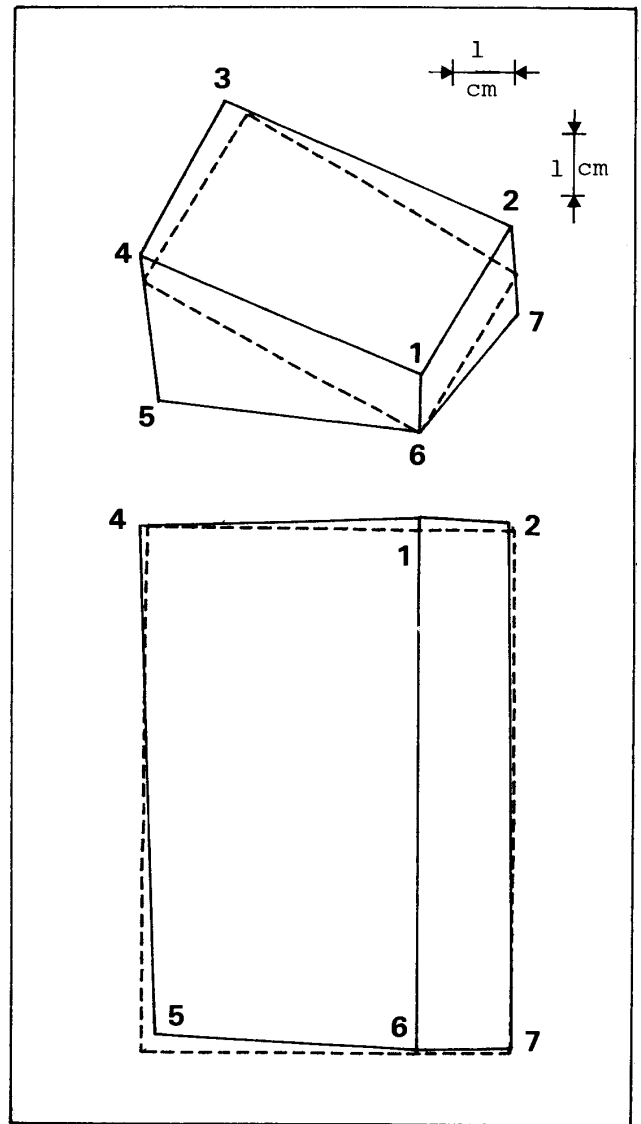


図 8 再現された対象の平面図 (上図) 正面図 (下図) 実線 (計算値)、破線 (真値)

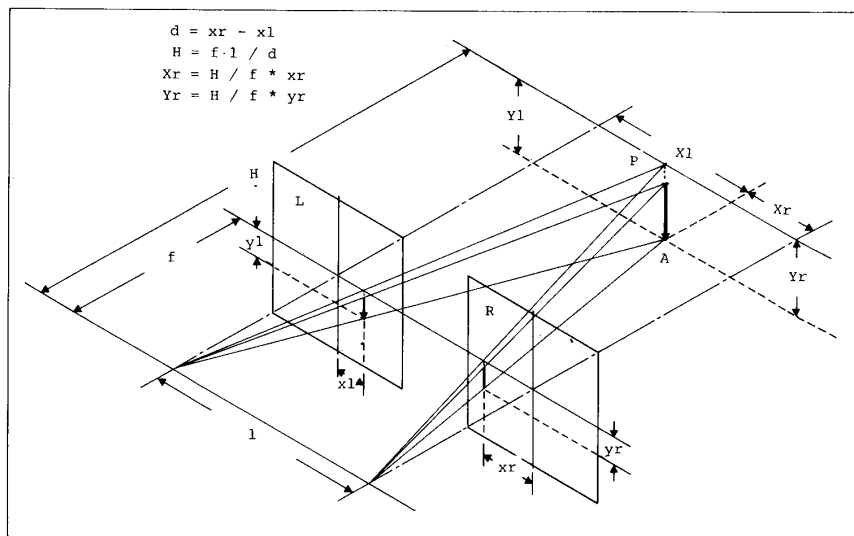


図 7 実体写真計測の原理図

示している。

今例は直方体であるので、境界線は直線となるはずであるから、次に各境界点を最小自乗誤差で通過する、直線を作り、これを境界線と決定する。同図中点線で示している。次に、この2又は3本の境界線の交点の重心を求めて、頂点位置を決定する。

明度画像及び色相画像より求めた頂点位置より再構成された対象物の骨格図を図6に示している。

2-3 実体写真計測

航空写真測量の場合と同じく、ステレオ写真における座標点の視差を基にして対象物の寸法を実測可能である。

本例においては、使用した写真はネガ密着印画ではなく、引伸し印画であるので、写真計測に関する原理図は図7のようになる。

即ち、印画紙上に撮影されている物体は対象の点写像であり、焦点距離  $f$  が解れば対象物の水準面からの位置は幾何学的計算により決定出来る。しかし、焦点距離は撮影時のカメラ諸元及び写真引伸し時の条件によって決定されるため、正確にはは握することは難しい。

よって、対象物と一緒に位置の解っている数個の指標を同時に撮影し、写真中の画面距離から逆算する方が簡単であろう。

本例では対象物の高さ、画面中の高さを基にして焦点距離の概略値を求めた。正確な焦点距離ではないが、後述の検討の結果、焦点距離のわずかな違いは、実体測量された結果に重大な影響は及ぼさないことが判明している。

前節で得られた、対象物の対応する各頂点の位置座標の違い、すなわち、視差を求め、これより対象物を再構成した。

図8に、上面図及び正面図を示している。同図に於て、実線が計算の結果得られたものであり、点線が実際の図形である。

正面図においては大略の一致が見られるが、上面図においては、精度は低い。これは撮影時のカメラ位置が正確に記録されていなかったことによると思われる。

3. 計測誤差についての検討

発生した誤差は、撮影時のカメラの諸元の不確かさ、及び求められた頂点座標の不正確さに基因する。

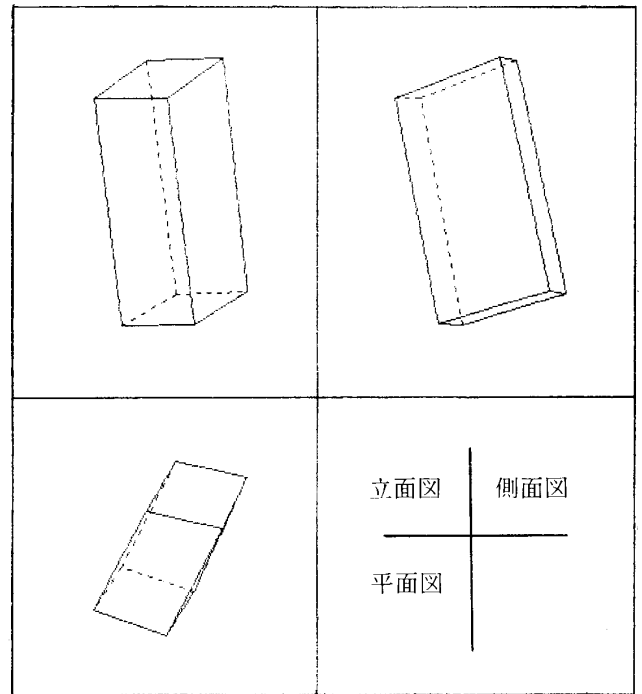


図9 追実験結果  
立面図、正面図、平面図

これを確認するため同一のブロックを用いて追実験を行った。

先ず、撮影時の諸元を明らかにするために、写真に4個の指標を同時に写し込んだ。そして、頂点位置は特にブロックの上面が、彩度の低い黄色の塗色をしているために同領域の抽出が難しかったため、赤、青、緑色に塗色を変更した。

この場合に於ても、印画引伸し操作が行われるので、写像中心と印画面及び物体間の距離は正確に決定出来ないが、図7の式において

$$H = \frac{f\ell}{d}$$

$$f = \frac{d}{\ell} H$$

一方

$$\begin{aligned} X_r &= \frac{H}{f} \times x_r \\ &= \frac{H}{\frac{d}{\ell} H} x_r = \frac{\ell}{d} x_r \end{aligned}$$

又、

$$Y_r = \frac{H}{f} y_r = \frac{H}{\frac{d}{\ell} H} y_r = \frac{\ell}{d} y_r$$

$d$  : 視差

$\ell$  : カメラ位置差

となって  $X, Y$  の値の実測値は焦点距離には依存せず、写像中心と対象物との距離  $H$  により変化する。従って、作図された物体の形状は距離  $H$  すなわち奥行寸法のみ変化しても、大幅には変わらないことが確認された。

次に頂点の座標の不正確さについては、これにより作図される物体の形状が大幅に変化する。そこで、各頂点を含む切り出された小画像を詳細に調べ、正確な頂点座標を決定した結果図9に示すように、かなり高精度に作図可能であった。

このことより、頂点座標決定アルゴリズムに改良すべき点のあることが判明した。

本例においては物体の各面の境界線に於いては、塗色の不均一さ等により、又画素が両方の領域にまたがるため、著しく異なった色信号値を呈す。

このことを考慮せずに、三次曲線を決定したことに問題があると思われる。

#### 4. むすび

以上、実体写真計測について行った基礎的試みについて概説した。一応、満足すべき手順は確立され初期の目的は達成された。本法は非常に多くの処理過程を含んでいる。これは既に著者らの開発蓄積しているプログラムを利用して実施したためである。本例では最も簡単な構

造を有すブロックを対象に取り上げたが、対象が自然画像に及ぶと無数とも言える対象点を相手にしなければならない。そのためにも実体写真計測のみを主目的とするプログラム体系に再構成する必要があるだろう。計測誤差については、追実験を行って検討した結果、特に頂点の座標を正確に決定する手法を開発する必要があることが判明した。

さらに対象物の形態に関する知識も考慮する必要があるだろう。これらの点については、現在検討を加えているので近い機会に報告する。

最後に、本文第3章の追実験は昭和58年度卒業研究において、小川善弘、赤井孝文両君によって行われた所が多い。ここに銘記して両君に感謝する。

#### 5. 参考文献

- 1) 藤本, 田中: U-PIPSによる実体写真計測の基礎的試み, 昭和58年度電気四学会中国連大, 62119, p.133 (1983)
- 2) 石原, 森: 測量学応用編, 丸善 (1965)
- 3) 小川善弘: 三次元情報を用いるカラー画像処理の研究, 昭和58年度宇部高専電気工学科卒業論文 (1983)
- 4) 赤井孝文: 実体写真計測における基礎的研究, 昭和58年度宇部高専電気工学科卒業論文 (1983)

(昭和59年9月17日受理)