

自動実体視の基礎的研究

大嶋, 太市 / Oshima, Taichi / 田中, 總太郎 / 島添, 謙二
/ SHIMAZOE, Kenji / Tanaka, Sotaro

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

15

(開始ページ / Start Page)

121

(終了ページ / End Page)

130

(発行年 / Year)

1979-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004148>

自動実体視の基礎的研究

大嶋太市*・田中總太郎**・島添謙二*

A Fundamental Study of Automatic Stereoscopy

Taichi OSHIMA, Sotaro TANAKA and Kenji SHIMAZOE

Abstract

Space vision of human being comes from unconcious binocular observation which is the principle of photogrammetry. This concept is mathematically identical with the process to find the same points among the successive photographic images.

This study aims at finding a basic theory of its automation by computer. The experiments of automatic correlation were carried out for three models; stereo data on a line, a band and a plane.

概 要

人間が物を両眼で見ると立体的に見えるのは、無意識のうちに実体視をしているからである。この概念が写真測量の基礎となっている。この実体視は、言葉を変えれば、2つの写真(映像)の中から、同一点とみなされる点を捜し出すことであると言っても過言ではない。本研究は、この実体視をコンピュータによって自動化するための基礎研究である。テストデータとして、直線上データ・帯上データ・面上データの順に実験を行なった。

1 はじめに

電子技術の進歩により、これまで使われてきた図化機に代って自動図化機が普及してゆくと思われる。

自動実体視の研究は、世界的には新しいものではなく、すでにこれを応用した実用機がいくつも発表されている。しかしながら、それらを評価したり使用する場合、また応用しようとする場合には、基本的なノウハウを知っておくことが必要である。そこでここでは、自動図化機の基本原理に立ち戻って、基礎的な研究から行なってみようと思う。

2 自動実体視とは

自然実体視・人工実体視および自動実体視という順序で自動実体視を説明すると次のようにな

* 工学部

** リモートセンシング技術センター

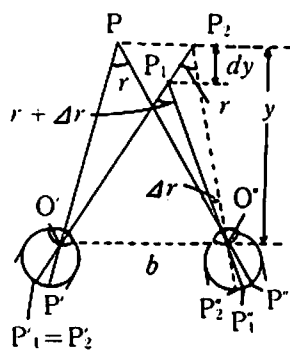


図-1

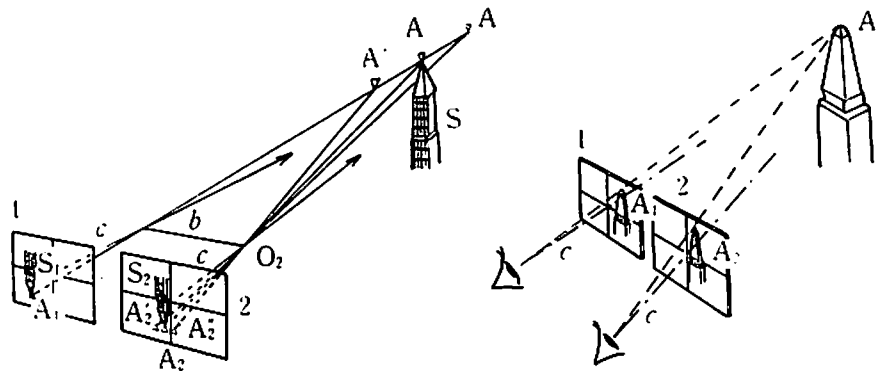


図-2

る。

人間は物体を見る時、誰もが無意識のうちに実体視をしている。これを自然実体視という(図-1)。自然実体視の原理は、左右の眼の網膜上に結んだ、ある物体の一对の中心投影像による刺激が視覚中枢を通して大脳に伝達され、3次元の視覚が与えられるというものである。

しかし、網膜上に結ぶ一对の像を、ステレオ写真を見ることによって網膜上に再現しても全く同じ実体像が見えるはずであり、これが人工実体視である(図-2)。

ところで、自然実体視では無意識に両眼が物体の同一点を眺めており、人工実体視においても、あくまでも人間の眼が瞬間的に2枚の写真上から同じ点を見つけ出し、脳の中で3次元の視覚を生じているのである。そこで自動実体視は、ステレオ写真(ステレオ映像)から同一とみなされる点を自動的に捜し出す事によって、前方交会の原理によりその点の空間座標値(X, Y, Z)を求めようとするものである。

3 自動実体視を取り巻く現況

3-1 自動図化機の現況

自動図化機の一段階以前の図化機とも言える、Analytical Plotterの商品的価値のあるものとしては、1964年のリスボン会議(I. S. P.)において紹介された、O. M. I. -BendixのAP/Cが最初であろう。これに引き継いで、1972年には同じくO. M. I. -BendixのAP/C-3及びHobrough Ltd.のGestaltが生産され、今日においては、BendixのUS1をはじめ、MatraのTraster 77, OMIのAP/4, ZeissのPlanicomp C-100, GalileoのDigital stereo cartographなど、多くの図化機が生産されている。

3-2 ステレオサット計画

自動実体視が将来応用されるであろう最も有望なものに、ステレオサットがある。このステレオサットという概念は、地形の輪郭、傾斜や筋などを知るために人工衛星によるステレオスキャ

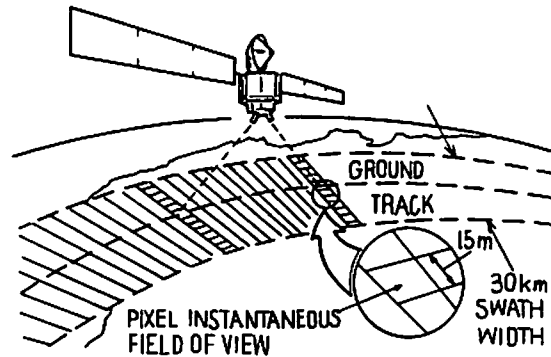


図-3 Stereosat image geometry. (Preliminary Stereosat concept by the Jet Propulsion Laboratory.) (文献4. より引用)

ナー映像が欲しいという，地質学者を含めた多くの地球科学の研究者達の要求に基づいて，Jet Propulsion Laboratory が提案したものである。

この衛星の打ち上げ予定は，1980年である。データは，高度約580 kmより，ステレオで，スキャナー・デジタルデータとして得られ，データの1画素は，地上で約15×15 mの予定である。図-3に，ステレオサットの概念図を示す。

4 自動実体視の数学的基礎

ステレオ写真から同一とみなされる点を数学的に知る方法は，大きく2つに分けられる。

1つは写真濃度の対応づけによるものであり，もう1つは画像の形を対応づけるものである。前者の方が数学的にはやさしく，ここでは，その中から4つの方法を選んで説明する。

写真濃度の対応による同一点の識別方法

1) 相関係数法

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

ここで， x ， y はステレオ写真上のそれぞれの濃度値である。 r は相関係数で， x と y の値が全て一致もしくは正比例をすれば，その値は“1”となる。

2) SSDA法 (Sequential Similarity Detection Algorithm)

$$S = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

x と y の値が全て一致すれば， $S=0$ となる。

3) 正規化されたSSDA法

$$N = \sum_{i=1}^n |(x_i - \bar{x}) - (y_i - \bar{y})|$$

SSDA 法の改良型で、左右の写直の濃度の平均値がずれていても、分散が同じならば $N=0$ となり、同一点と識別される。

4) Binary Matching Method

$$B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i * y_i) \begin{cases} (x=0) * (y=0) = 1 \\ (x=0) * (y=1) = 0 \\ (x=1) * (y=0) = 0 \\ (x=1) * (y=1) = 1 \end{cases}$$

適当な写真濃度値を定め、その値以上ならば“1”，未満ならば“0”というように濃度データを“0”と“1”にふり分けを行なった後、 x_i と y_i の値が一致すれば“1”，不一致ならば“0”とし、全データについて計算し平均値を出す。 x と y が全て一致すれば、 $B=1$ となる。

5 簡単なデータによる実験

5-1 線上のステレオ濃度データの相関係数

まず第1段階として、2つの直線の上に対応する濃度データが並んでいる場合を考える。

例えば、図-4のような一对の濃度カウントデータがあって、点A、B及びCが点P、Q及びRに対応しているものとする。LEFT、RIGHTと名付けた直線上のある位置に9、5、7という濃

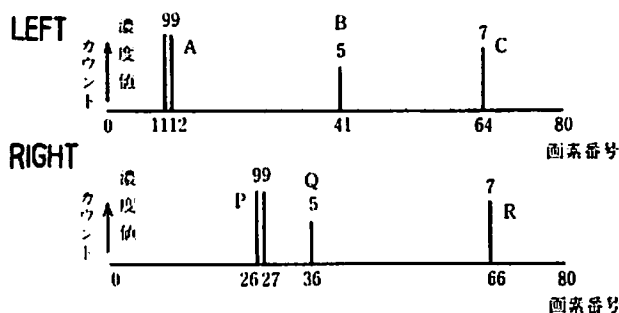


図-4 直線上のステレオデータ

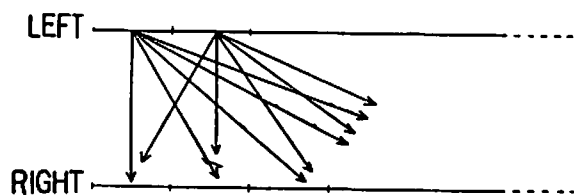


図-5 ステレオデータの対応

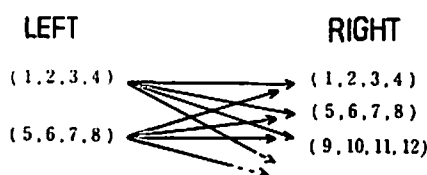


図-6 ステレオデータの対応 (但し、()内の数字は画素番号である。)

度値をもつデータが存在し、他の位置のデータは全て0とする。ここで、LEFTとRIGHTの中から対応する点を探す場合、適当な固まりに分割して、この固まり（ここでは以後、BLOCKと呼ぶ）同志の相関係数を求めるという方法で探し出す事にする。このステレオデータの対応の様を図-5に示す。また、図-5の対応関係を画素番号で表すと、図-6のようになる。

ここで問題となる点が2つある。1つはBLOCKの大きさであり、もう1つはBLOCKのズラシ量である。図-5、6では、BLOCKの大きさは4つであり、ズラシ量は4つずつとなっている。このズラシ量を

1つずつにすると、図-6はRIGHT (1. 2. 3. 4), (2. 3. 4. 5), (3. 4. 5. 6), ……となるわけである。

ここで、BLOCKの大きさを4, ブラシ量を1の場合について実験してみる。

LEFTの(0. 0. 9. 9) BLOCKに対するRIGHTの各BLOCKの相関係数を調べてみると、正確な位置付近では、0.0, 0.58, 1.0, 0.0, -1.0, -0.58となる。

これは、頂点が相関1の上方に凸な曲線を描く。頂点以外の所では、-0.58~0.58の間を曲線が動くといった結果が得られた(図-7)。

LEFTの(5. 0. 0. 0) BLOCKに対しては、RIGHTで3ヶ所に相関係数が1となる所が現われており、しかも正確な位置付近と全く同じ曲線の型をしたところがあり、これだけでは、どこが正しい位置なのか判別することが困難である。

ここで、何故、相関係数が1となるところが3ヶ所も現われるかというところ、相関係数が1であるところはLEFTの(5. 0. 0. 0) BLOCKに対してRIGHTは(9. 0. 0. 0), (5. 0. 0. 0), (7. 0. 0. 0) BLOCKであり、それぞれのデータ濃度値の間に正比例の関係があるためである。この事は、パターン認識をする上で非常に重要なことである。

LEFT(0. 0. 0. 7) BLOCKについても同様の結果となった。

BLOCKの大きさの違いによる相関係数の変化

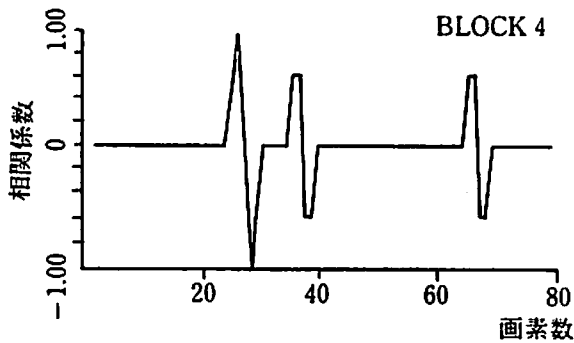


図-7

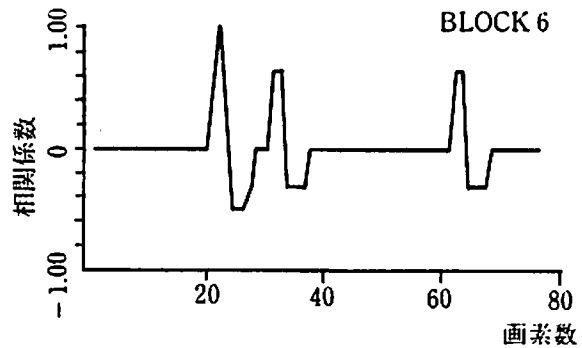


図-8

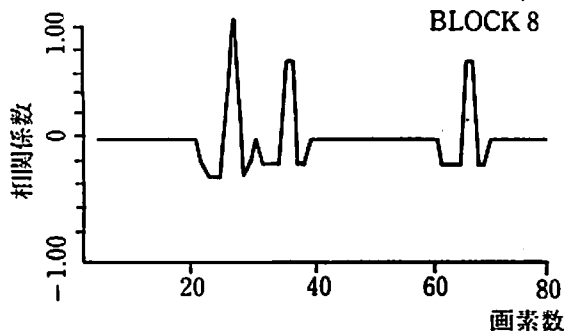


図-9

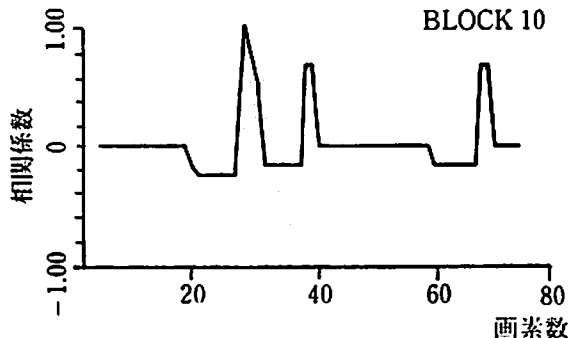


図-10

BLOCKの大きさを4画素(0. 0. 9. 9), 6画素(0. 0. 0. 0. 9. 9), 8画素(0. 0. 9. 9. 0. 0. 0. 0)および10画素(9. 9. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0)にとり, これをRIGHTの上を滑らせると, 図-7~図-10のような相関係数の変動が起こる。その特徴は, BLOCKが大きくなると相関係数の負の部分が小さくなり, また相関係数曲線が丸みをおびてくることにある。

BLOCKのブラシ量について

相関係数をとるとき, BLOCKのブラシ量を大きくとると, 相関係数曲線のデータが部分的に欠落する。速く対応点を探りたい場合は, ブラシ量を大きくしたいが, 然るべき点を見落とす確率が大きくなる。したがって, 効率よく対応点を探すには, 対応点に対して何らかの特徴を持ったデータが欠落しないようにブラシ量をできるだけ大きくとる方がよい。

5-2 長方形のステレオ濃度データによる実験

ここでは, LANDSAT-MSSデータの中から適当な試験データを抽出し, これにより対応する映像の識別効果を調べてみた。

抽出した試料は, 写真-1に示す1976年7月29日撮影の東京地方のMSS5ビデオデータより, 26画素×10行の行列データを抜き出したものである。これを表-2に示す。

BLOCK(視野)の大きさの違いによる相関係数

視野の大きさを5×5, 5×8, 5×10, 8×8, 10×10画素の5通りについて, 実験を行なった結果を図に示したものが図-11~図-15である。この図から, 相関係数値の大きい方から3つ取り出して表にしたものが表-1である。この表より, 視野の大きさは8×8画素, または10×10画素程度が適当であると思われる。その理由は, 対応点の両側の値, すなわち表-1における2番目,

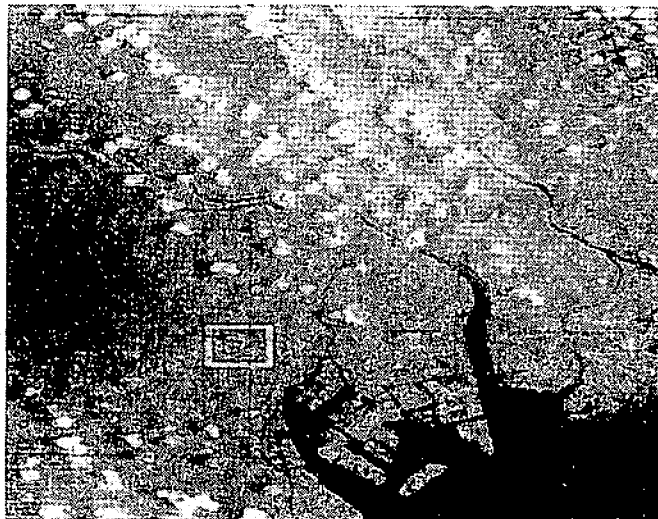


写真-1 実験データの抽出領域(皇居付近)

表-1 BLOCK（視野）の大きさの違いによる相関係数

縦×横	5×5	5×8	5×10	縦×横	5×10	8×8	10×10
1 番大きな相関係数值	1	1	1	1 番大きな相関係数值	1	1	1
2 //	*0.54	0.68	0.72	2 //	0.72	0.80	0.77
3 //	0.47	0.65	0.70	3 //	0.70	0.76	0.77

* この値はピーク値付近とは違った場所では出現している。

表-2 長方形の実験データ

LEFT AND RIGHT

42 42 42 46 42 42 40 40 38 40 40 40 46 54 40 40 48 54 54 48 54 54 60 56 42 42
 40 40 40 48 54 44 38 40 38 38 38 40 48 50 44 40 38 40 40 44 48 54 62 54 48 48
 40 40 40 48 54 44 38 40 38 38 38 40 48 50 44 40 38 40 40 44 48 54 62 54 48 48
 42 38 38 38 42 38 38 38 38 38 38 42 42 42 50 56 50 52 52 56 56 44 50 50 50 50
 44 40 40 40 38 38 38 38 40 44 44 40 44 48 54 56 62 50 50 44 50 50 50 54 54 54
 42 42 42 42 42 42 42 42 42 46 46 42 46 60 60 60 54 54 54 54 54 56 60 64 70 70
 56 44 44 40 40 44 42 44 44 44 44 44 58 80 84 78 58 42 42 44 52 58 50 50 56 56
 42 42 42 42 46 42 46 48 48 46 46 42 54 60 74 74 54 42 42 54 60 56 46 54 54 54
 48 44 44 44 48 48 48 48 54 48 48 38 40 40 50 58 48 50 50 58 66 58 54 58 50 50
 52 44 44 44 44 42 42 44 44 44 44 42 42 42 44 50 50 52 52 60 64 60 64 70 60 60

表-3 視野

*** BLOCK 10×10 GO 1

LEFT ** 0 ** (38 40 40 40 46 54 40 40 48 54)
 (38 38 38 40 48 50 44 40 38 40)
 (38 38 38 40 48 50 44 40 38 40)
 (38 38 38 42 42 42 50 56 50 52)
 (40 44 44 40 44 48 54 56 62 50)
 (42 46 46 42 46 60 60 60 54 54)
 (44 44 44 44 58 80 84 78 58 42)
 (48 46 46 42 54 60 74 74 54 42)
 (54 48 48 38 40 40 50 58 48 50)
 (44 44 44 42 42 42 44 50 50 52)

表-4 相関係数

CORRELATION COEFFICIENT

0.16 0.19 0.18 0.07 0.06 0.20 0.44 0.77 1.00 0.77
 0.38 0.06 -0.05 0.02 0.09 0.13 0.18

表-5 SSDA の結果

SEQUENTIAL SIMILARITY DETECTION ALGORITHM

722.00 720.00 742.00 794.00 764.00 758.00 658.00 422.00 0.0 408.00
 736.00 950.00 1028.00 1070.00 1052.00 964.00 900.00

表-6 正視化された SSDA の結果

NORMALIZED SSDA

713.67 687.19 709.39 735.79 157.11 765.19 675.03 431.72 0.0 419.43
 735.99 931.15 953.11 944.87 939.19 895.67 799.99

表-7 BMM の結果

BINARY MATCHING METHOD

0.61 0.57 0.57 0.53 0.56 0.61 0.67 0.82 1.00 0.82
 0.65 0.54 0.47 0.44 0.45 0.50 0.54

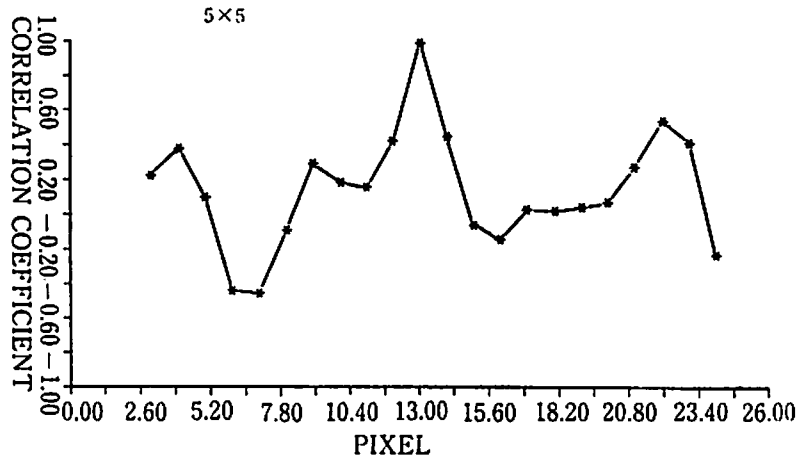


図-11

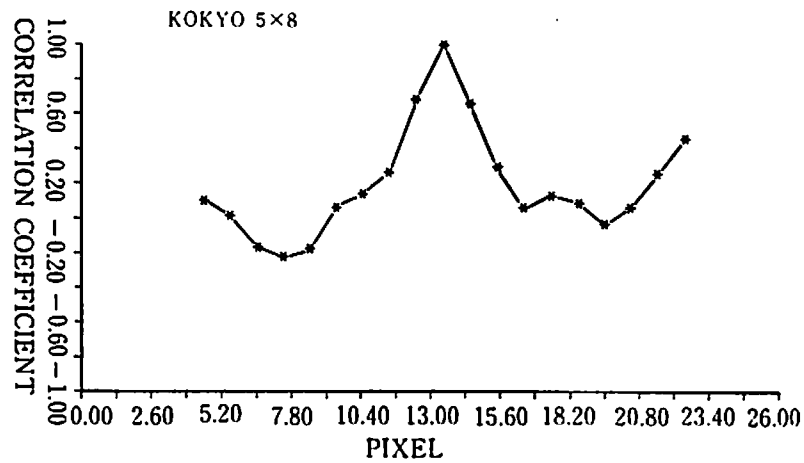


図-12

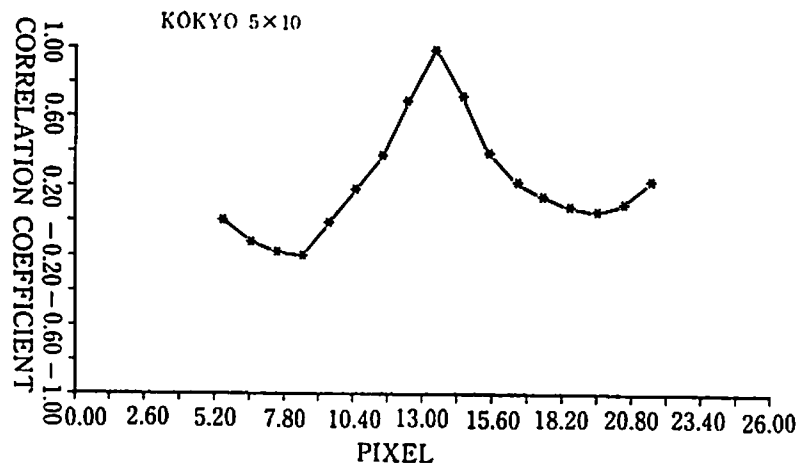


図-13

3番目の相関係数値が、他の場所の相関係数値よりもより大きな値であるからである。というのは、これらの値が、対応点を探す場合にその付近に対応点があることを意味するデータとなるからである。

識別方法による対応点の比較

表-4~表-7は、表-3の視野を表-2の長方形の実験データの上で、それぞれの識別方法によっ

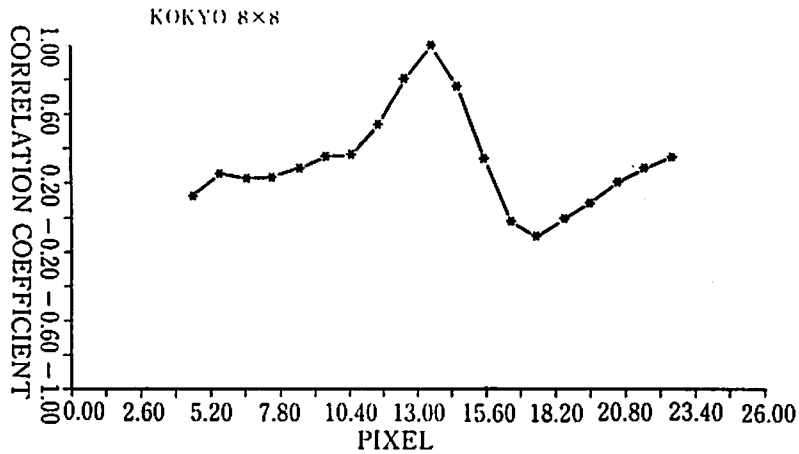


図-14

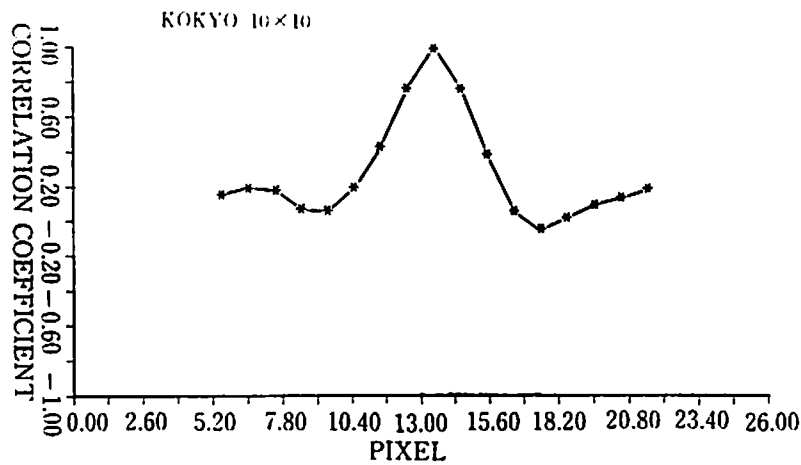


図-15

て滑らせた結果である。

相関係数法は、得られた曲線が正規分布のような形をするため、対応点の近傍より捜しやすい。図-15 がそれである。

SSDA 法では、対応点において曲線が著しく突起するようである。計算時間は短くて済む。

BMM 法の結果は、相関係数法の結果に似ているが、一度0又は1に変換しなければならず、どの値を境にしてふり分けるかにより結果が違って来る。表-7は、視野の平均値でふり分けた結果である。

6 まとめ

線上のステレオ濃度データの相関の実験から、2つの問題点が明らかとなった。それは、対応点を捜してゆく場合のBLOCKの大きさとズラシ量である。この問題はそのまま、長方形のステレオ濃度データによる実験の場合にもあてはまる。BLOCKの大きさは、今回の実験では8x8画素または、10x10画素程度が良いという結論が出た。また、ズラシ量は、相関係数法に関しては、対応点付近で相関係数曲線がほぼ正規分布に近い型をとることを考えることによって、定めることができそうである。しかし、今回は皇居付近のデータでしか実験を行なっておらず、こ

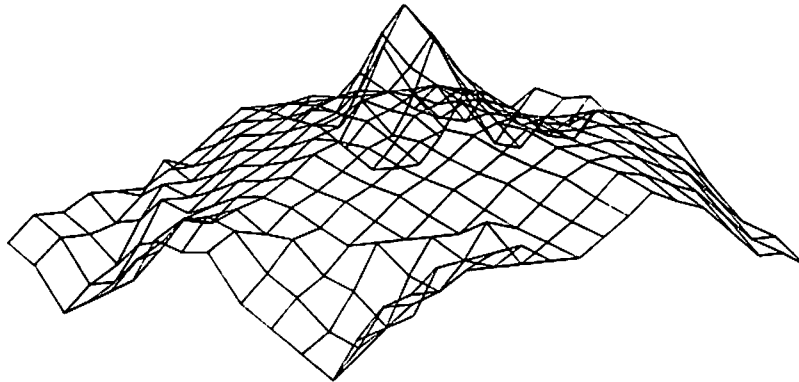


図-16 ステレオデータによる相関係数の立体図

これらの問題の完全な解決のためには、多くの環境の違った場所の濃度データで実験を行なってみる必要があるように思える。

また、長方形のステレオ濃度データによる実験からは、識別方法の違いを比較することができた。

最後に、相関係数法によるステレオデータの相関係数を立体的に描いたものを図-16に示す。山頂が対応点であり、相関係数は1である。これより遠ざかるにつれ、相関係数は減少する。

今後の問題点としては

1. いかにしてデータを計算しやすい値に変換するか
2. いかにして対応関係を示す係数値(例えば相関係数値等)を速く計算するか
3. いかにして対応点のある場所を速く見つけ出すか

以上3つの事が考えられ、これらを解決しながら、山頂に合理的に登る方法を研究しようと思う。

参 考 文 献

- 1) 土屋清・中村博行・田中總太郎, “ランドサットデータの処理法—その1 GCPの検討” 宇宙開発事業団所内発表会 1678, 6
- 2) Gottfried Konecny, “Software Aspects of Analytical Plotters” Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 43, 1977
- 3) W. A. Fischer and Ruth Y. Herbert, “Remote Sensing Progress and Plans 1976—1978” I. S. P. Commission I Symposium, 1978, Tokyo
- 4) Frederick B Henderson III. and Donald J Qndrejka, “Geosat ; Geological Industry Recommendations on Remote Sensing from Space” Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 44, 1978