

土 木 研 究 所 資 料

水害時における斜め映像の解析に関する研究

平成4年3月

建設省土木研究所
河川部総合治水研究室

Copyright© (1992) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

水害時における斜め映像の解析に関する研究

総合治水研究室

室 長
研究員

吉 本 俊 裕
笛 田 俊 治
池 田 幸 徳

要 旨

本資料は、水害時における画像情報の有用性について、撮影機材および撮影方向について整理したうえで、特に有用性が高いと考えられる斜めビデオ映像の解析手法について、特殊な機材や熟練を要しないシステムを作成し、その適用性について検討した。

キーワード：水害、ビデオ映像、斜め映像

はじめに

水害発生時には、破堤状況や浸水状況などの様々な情報を収集する必要がある。これらの情報は、いままでは現地からの音声の情報として収集するのが一般的であった。しかしながら、水害時には、道路の冠水によって地上の行動に大きな制約があるため、ポイントとなる地点や広域的な情報を短時間に収集することが難しく、また、本来、イメージデータとして理解すべき災害情報までも音声情報に置き換えているため、水害の全体像や詳細な情報が得られない、あるいは分かりにくいという問題点が指摘されてきた。

こうした中で、近年のニューメディアや航空機を利用した情報収集手段の発達にともなって、画像による情報収集が期待されている。画像情報は、音声情報と比較して情報量が多く、水害の全体像を把握したり、逆に空間的な範囲を絞ってその場所の詳細な情報を収集するのに適している。また、画像情報を伝達することによって、現地での情報収集（画像撮影）と情報分析を分割することができるため、情報収集や情報分析が効率的に行えるものと期待される。

本研究では、画像情報の中で特に収集が容易で取扱いが簡単であると考えられる斜め映像の解析を、特別な機材を使用することなく短時間で解析する手法を検討し、このためのシステムを作成した。また、実際にこのシステムを用いて画像解析を行い、適用性の検討を行なった。

目 次

はじめに

第1章 研究の全体構成	1
第2章 各種画像（映像）情報の特徴と利用の可能性	2
2.1 撮影機材による比較	2
2.2 撮影方向による比較	3
第3章 斜め映像解析システム	5
3.1 基礎式	5
3.2 システムの全体構成	7
第4章 目標物の検討	9
4.1 固定目標物の検討	9
4.2 移動目標物の検討	11
第5章 短時間で変化しない画像の解析結果	15
5.1 画像撮影	15
5.2 氾濫域の解析結果	16
5.3 破堤幅の解析結果	17
第6章 短時間で変化する画像の解析結果	19
6.1 画像撮影	19
6.2 地上観測による流速の側定	25
6.3 流速の解析結果	26
おわりに	64
参考文献	65

第1章 研究の全体構成

本報告書の構成は、以下のようになっている。

まず第2章では、水害時における情報収集・解析に使用できると予想される画像情報（映像情報）にはどんなものがあるかを調査し、その特徴を記録メディアと撮影方向の観点から整理した。

第3章では、斜め映像解析システムに用いる基礎式を示し、システムの基本構成および機器構成を示した。

第4章では、斜め映像を解析するにあたって必要となる目標物について、流域内にはじめから存在するもの、流域内に設置することが望まれるもの、河川・氾濫水内に投入するのが望ましいものの3種類について、それぞれ検討した。

第5章では、情報収集対象物が短時間でそれほど変化しない画像の解析について、その適用性および解析結果を示した。

第6章では、情報収集対象物が単時間で大きく変化する画像の解析について、その適用性および解析結果を示した。

第2章 各種画像（映像）情報の特徴と利用の可能性

2. 1 撮影機材による比較

画像情報の撮影機材の分類としては、画像をどのように認識、記録するかによって、化学的なメディア（フィルムなど）と電気的なメディア（磁気テープ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスクなど）の2種類があり、それぞれについて静止画を扱うもの（スチルカメラ）と動画を扱うもの（ムービーカメラ）がある。それぞれの特徴については、個々の機器や規格によって異なっているが、おおむね以下のようになっている（表-2. 1）。

表-2. 1 撮影機材による比較

記録 メディア	画像の 分類	撮影機材 (規格)	画像（映像）の精度			取り扱い		
			単位長さ 当り	撮像面の 大きさ	総 合	現 像 再 生	伝 達	複 写 解 析
化学的 (フィルム)	静止画	35mm, 6X6など	高い	比較的大	○	○	×	△
		インスタントカメラ	やや高い	比較的大	○	◎	×	×
		航空測量用	高い	大きい	◎	×	×	×
	動 画	8mm, 16mmなど	高い	小さい	△	×	×	×
電氣的	静止画	電子スチルカメラ	低い	小さい	△	△	○	◎
	動 画	8mm, VHSなど	低い	小さい	△	◎	◎	◎

◎：非常に優れている
○：優れている
△：あまり優れていない
×：優れていない

1) 市販のスチルカメラ

機材の単価も低く、最も入手しやすいため、どこでも多数準備することができる。フィルムを記録メディアとしているため、単位長さあたりの画素数に換算すれば通常500本/mm程度であり、テレビ画面の50~75本/mmと比較するとかなり精度が高い。フィルムの大きさにも、35mm、6×6など様々あり、大きいフィルムを使用すれば、一画面あたりの画素数が多くなるため、精度はさらに向上する。しかし、大きいフィルムを使用する場合、現像できる場所が限られ、時間もかかるため、災害時の利用を考えた場合機動性に問題がある。

2) インスタントカメラ

市販のスチルカメラと同様の特徴をもっているが、現像処理が不用であることが特徴である。欠点としては、複製が難しいこと、一般的にはレンズの交換ができないこと、などが考えられる。

3) (航空) 測量用カメラ

大きなフィルムを使用し、かつ機材ごとに補正係数を求めるなどの精度向上のための工夫がなされてい

るため、精度は最も高いと考えられる。その反面、フィルム現像には特殊な機材を必要とするため、全国的にみても現像できる場所が限られ、運搬もふくめた処理に時間がかかるのが欠点である。

4) 8mmムービーなど

現在はほとんど使用されておらず、このため現像にも時間がかかるものと予想される。また、撮影時間も他と比べて短く、取扱いも面倒であるため、水害情報の収集にはあまり適していないと考えられる。

5) 電子スチルカメラ

静止画像を電気信号に変換し、フロッピーディスクなどに保存するものである。現在のところ、専用の再生機材がカメラと別途必要であり、本体・再生機材とも価格が高い。しかしながら、電気信号であり、かつ静止画像であるため、電話回線などを通じて伝達するのは技術的には容易である。

6) ビデオカメラ

動画を扱うものとしては最も一般的であり、静止画としても使用できる。現像の必要がなく、ほとんどの場合カメラに再生機能がついているため、現地での画像の確認ができる。情報量が多いため、リアルタイムで転送する場合には、高度な機器が必要とされる。フィルムと比較すると、精度は落ちる。

2. 2 撮影方向による比較

1) 鉛直撮影

航空写真のように撮影方向を鉛直にした場合、画面の歪みを無視すれば、画面上の位置がそのまま実際の位置となるため、地形図などとの比較が容易である。また、画面上に水平長さが既知のものがあれば、その長さを基準とすることによって、簡単な測量が可能になる。この反面、一般的にヘリコプターや固定翼機などの航空機の窓は開かないため、鉛直撮影をするためには専用の撮影架台（あおぞら号のウェスカムなど）や航空写真用の航空機である必要があるが、これらの条件を満たした航空機はそれほど多くない。また、ある程度広い範囲を撮影しようとする場合には、撮影高度が必要であるため、雲が低くかかっている場合には撮影できない。したがって、気象条件や必要とする場所によっては、撮影できない場合も考えられる。

2) 斜め撮影

一般的な撮影を行なう場合、ほとんどがこの映像になると予想される。報道機関や一般市民が撮影した映像も、ほとんどがこれに該当すると考えられるため、情報源として選択の幅は大幅に広がるものと予想される。また、撮影する地点の高さに比べて広い範囲を写すことができ、雲の高さが低い場合でも撮影できる。さらに、航空機を使用しなくても、見通しさえよければ、小高い山頂やビルの屋上などからも撮影が可能である。しかしながら、定量的な解析を行なう場合には、斜め映像の座標変換をおこなう必要がある。

3) 水平撮影

地上からの撮影がこれにあたる。高さの基準となるものがあれば、湛水深などを簡単に解析できる。この反面、どうしても狭い範囲しか撮影できない欠点がある。

これらを総合すると、水害時の情報収集においては、特に水害発生中に収集する第一次情報として見た場合、情報の精度よりも、むしろ撮影後の解析処理や伝達のしやすさ等を重視した方がよいと考えられるため、電氣的な記録媒体を用いたビデオ映像が適していると考えられる。また、撮影方向としては、それぞれについて有利な点と不利な点があると考えられる。

そこで、ビデオ映像をもとに、定量的な解析が比較的難しい斜め映像の解析を、特殊な機材や熟練を要しない方法で、簡単にかつ迅速に行なうシステムを検討することにした。

第3章 斜め映像解析システム

3.1 基礎式

斜め映像の解析は、氾濫水が概ね水平である（同一平面である）と仮定することによって、以下のような変換式を用いて行うことができる。

図-3.1に示すように映像が傾いていて、カメラの中心O (X_0, Y_0, Z_0) を回転中心として、 X' 軸の廻りに ω 、 Y' 軸の廻りに ϕ 、 Z' 軸の廻りに κ 回転させたとき傾きのない座標になり、かつ X 軸と x 軸が平行になったとする。

このとき、地上の対象物P (X, Y, Z) は $X' Y' Z'$ 座標系では、式-3.1で示される座標を有する。

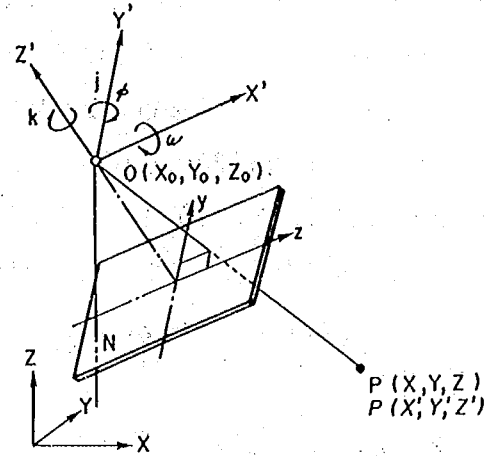


図-3.1 映像の傾きと回転角

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (\text{式-3.1})$$

式-3.1の3つの回転行列の積によって得られる行列をAとすると、式-3.2のようになる。

$$A = \{a_{ij}\} = \begin{pmatrix} \cos \phi \cos \kappa & -\cos \phi \sin \kappa & \sin \phi \\ \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & \cos \omega \cos \kappa - \cos \omega \sin \phi \sin \kappa & -\sin \omega \cos \phi \\ \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa & \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa & \cos \omega \cos \phi \end{pmatrix} \quad (\text{式-3.2})$$

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos \phi \cos \kappa & a_{12} &= -\cos \phi \sin \kappa \\ a_{21} &= \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & a_{22} &= \cos \omega \cos \kappa - \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \\ a_{31} &= \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa & a_{32} &= \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \\ a_{13} &= \sin \phi \\ a_{23} &= -\sin \omega \cos \phi \\ a_{33} &= \cos \omega \cos \phi \end{aligned} \quad (\text{式-3.3})$$

点Pの写真上の点p (x, y) の座標は焦点距離をfとすると、式-3.4で与えられる。

$$\begin{aligned} x &= -f \frac{X'}{Y'} = -f \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \\ y &= -f \frac{X'}{Y'} = -f \frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \end{aligned} \quad (\text{式-3.4})$$

式-3.4はZを与えると、式-3.5のような逆変換が成り立つ。

$$X = (Z - Z_0) \frac{a_{11}x + a_{21}y - a_{31}f}{a_{13}x + a_{23}y - a_{33}f} + X_0 \quad (\text{式-3.5})$$

$$Y = (Z - Z_0) \frac{a_{12}x + a_{22}y - a_{32}f}{a_{13}x + a_{23}y - a_{33}f} + Y_0$$

映像のX' Y' Z' 軸まわりの回転角 ω 、 ϕ 、 κ および焦点距離 f は、撮影時に（その後においても）正確に測定することは難しく、これらの要素は式-3.5を用いて解析的に算定しなければならない。

ただし、回転角 ω 、 ϕ 、 κ を求めることが目的ではないので、式-3.5の $a_{11} \sim a_{33}$ が求まれば、映像上の座標（ x 、 y ）、映像撮影地点（ $X_0 Y_0 Z_0$ ）、およびその点の標高（ Z ）（地形図から推定）を与えれば、その点の平面座標（ X 、 Y ）を求めることができる。

式-3.5の分母分子を $-a_{33}$ で割ると、未知数は $b_1 \sim b_8$ の8個にすることができる。

$$X = (Z - Z_0) \frac{b_1x + b_2y + b_3}{b_7x + b_8y + 1} + X_0 \quad (\text{式-3.6})$$

$$Y = (Z - Z_0) \frac{b_4x + b_5y + b_6}{b_7x + b_8y + 1} + Y_0$$

対象流域の地盤高がほぼ一定と見なせる場合には、標高要素は $b_1 \sim b_8$ の中に含ませることが可能になり、式-3.6は次のように簡略化される。

$$X = \frac{b_1x + b_2y + b_3}{b_7x + b_8y + 1} \quad (\text{式-3.7})$$

$$Y = \frac{b_4x + b_5y + b_6}{b_7x + b_8y + 1}$$

式-3.7は、映像内に基準点（平面図上での座標が既知の地点）が4点以上あれば $b_1 \sim b_8$ を決定できることを示している。

3.2 システムの全体構成

式-3.7で示されたように、斜め映像の解析は、映像上の座標を実際の座標に変換することによって行なわれる。したがって、映像上の任意の点の座標を簡単に設定・記録できる必要がある。そこで、映像をコンピュータの画面と合成し、コンピュータの画面の座標を映像上の座標として利用することを考える。

システムのフローを図-3.2に、機器構成を図-3.3に示す。図-3.3に示すように特殊な機器、特別高価な機器は使用しておらず、工事事務所等においても簡単に整備できる（或は、ほとんどのところで整備されているかもしれない）もので構成されている。以下に、フローチャートについて簡単な説明を行なう。

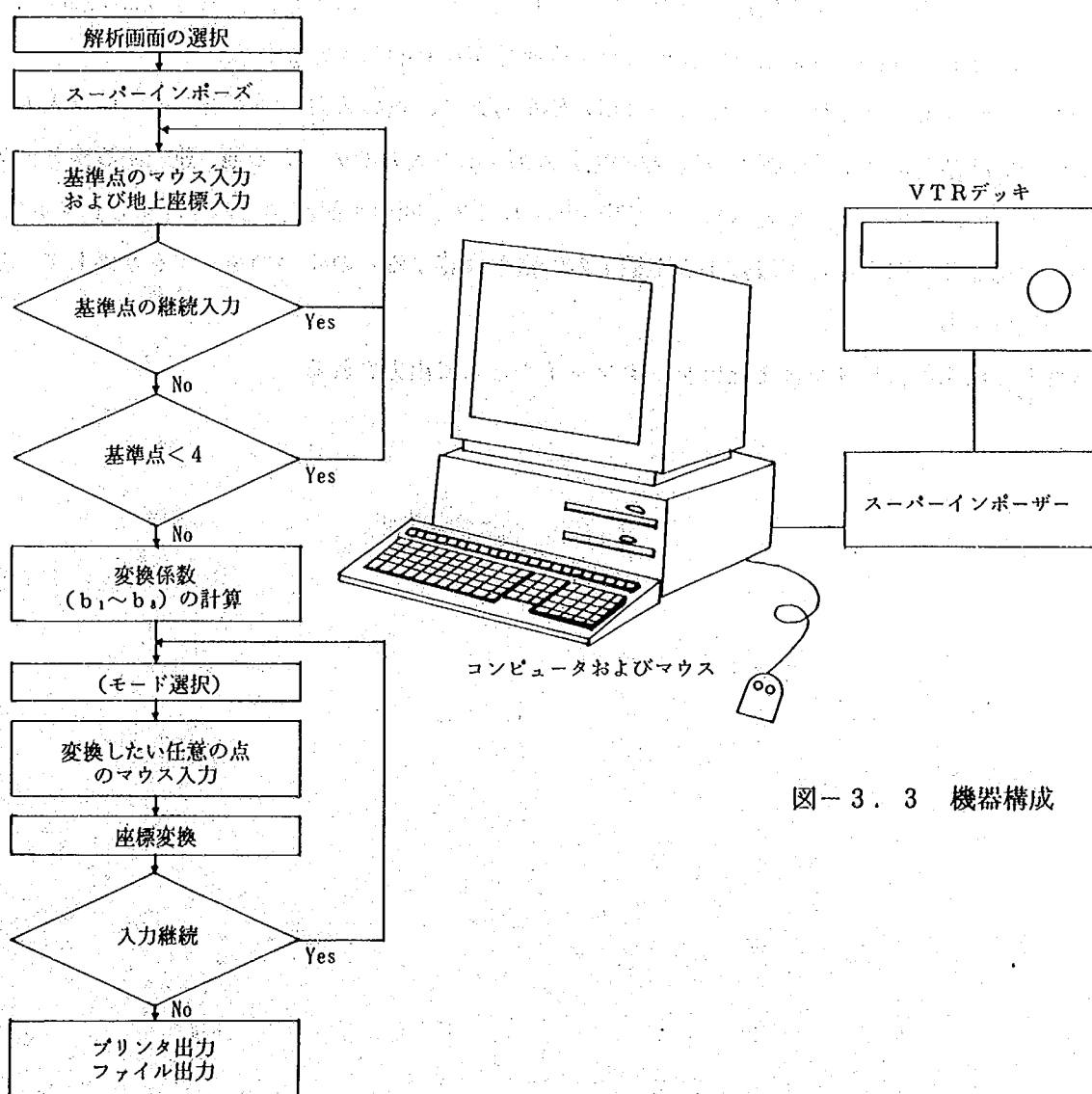


図-3.2 システムのフロー

1) 解析画面の選択

撮影された映像をビデオデッキで再生し、解析する画面を選んで一時停止状態にする。このとき、一時静止状態で画面が乱れない機種にする必要がある。

2) スーパーインポーズ

ビデオやテレビ放送などのアナログデータをデジタル変換し、コンピュータの画面と合成して表示する。

3) 基準点の指定

スーパーインポーズによって表示された映像上で、変換に用いる基準点をマウスによって指定する。これにより、自動的に基準点の映像上の座標が記録される。次に、指定した点の実際の平面座標を入力する。この動作を少なくとも4点について実施する必要がある。

4) 変換係数の計算

式-3.7中の $b_1 \sim b_8$ を最小2乗法によって計算する。

5) 平面座標を求めたい任意の点の指定

平面座標を求めようとする任意の点をマウスで指定する。これにより、指定した点の画面上の座標およびさきに計算した $b_1 \sim b_8$ を用いて計算した平面座標が自動的に記録される。

なお、本研究で開発したソフトでは、利用の便を考えて、点の入力モードとして、単点入力（それぞれの点の画面座標および平面座標のみ）、連続線分入力（単点入力のデータその他、連続する線分の先頭と末端のデータを加え、線分として表示）、2点間距離入力（2点間の平面座標上の距離を計算する）、面積計算入力（連続線分で囲まれた領域の平面座標上の面積を計算する）の4つのモードを準備している。

6) 結果の出力

変換した結果は、プリンタまたはデータファイルとして出力される。

第4章 目標物の検討

水害時において、斜め映像の解析により収集する情報の種類としては、破堤幅、破堤流速、氾濫域、氾濫水の流速、河川の流速などが考えられる。ここでは、これらの物理情報について撮影を行い、その映像の解析に必要な目標物の検討を行う。

4.1 固定目標物の検討

斜め映像上の画面座標を平面座標に変換するためには、画面内に4点以上の基準点（平面座標が既知の点）が必要である。このとき、既に存在するものが画面内にたまたま写ったものを利用する方法と、新たに設置する方法とが考えられる。そこで、それぞれについて、どのようなものが利用できるか、あるいは望ましいかについて検討した。

4.1.1 既に存在する目標物

氾濫域や氾濫水の流速などを計測するために、流域を対象とする場合には、流域内の様々な構造物や地物が利用可能である。実際の洪水時のビデオ映像や、第5章で行った仮想氾濫域でのビデオ映像を見ると、次のような構造物や地物が、画面上で発見しやすく、また地形図などから平面座標を調べやすい。

- 1) 建物の陰になっていない道路の交差点（ガードレールがあれば、ある程度の浸水があっても判別できる）
- 2) 道路の交差点に面した構造物の角
- 3) 河川の橋梁、歩道橋
- 4) 住宅密集地と農地の境界
- 5) 高圧鉄塔、テレビ・ラジオの塔（アンテナ）など
- 6) その他

これらについて、画面上で位置を指示する際には、特に高さがある構造物の場合、氾濫水と同じ高さ（ほぼ地表面）を画面上で示す必要がある。

また、破堤幅や破堤流速、河川の流速などを測定するために、河道付近で目標物をさがす際には、以下のようなものが利用できる。

- 1) 橋梁
- 2) 樋門、樋管
- 3) 水位流量観測所
- 4) 堤防天端の道路と取り付け道路の交差点
- 5) 堤内の特徴ある構造物

しかしながら、流域内と比較すると、撮影範囲が狭いため、これらの目標物がどうしても4点確保できない可能性もある。したがって、河道沿いに限って別途対空標識を設置することが望ましい。

4. 1. 2 新規に設置する目標物

映像内で確認できる流域内の目標物の位置を地形図などで調べて基準座標を設定する方法で、斜め映像の解析を行なう場合、浸水区域については、道路や堤防・橋梁といった目標物を比較的簡単に設定できるため、実用上は問題ないと考えられる。しかしながら、この方法では以下のような問題が発生する可能性がある。

- 1) 基準となる4点以上の点は、できるだけ画面上に散らばっている方が精度が向上する。
- 2) 同様に、できるだけ多く指定することが精度向上につながる。
- 3) 画面にたまたま写っている座標が同定できる目標物が4点以上なければならないので、解析に利用できる画面が制約される。
- 4) 地形図上で位置を調査する労力と時間がかかる。

このような問題に対処するために、空中からの映像で発見しやすく、簡単に位置を特定できる対空標識を流域内に設置することが考えられる。そこで、実際にこのような目標物を作成し、ヘリコプターから撮影した場合の視認性等について検討した。

写真測量に用いる標識としては、図-4. 1に示すようなさまざまな種類がある。このうち、平面的な標識(a~j)では斜めの映像上で発見するのが困難になる可能性があり、立体的な標識を考える必要がある。今回の検討では、作成の容易さ等から、(m)型(三角錐)の標識を段ボールで作成した。大きさは、斜辺が90cm、60cm、30cm(底辺はそれぞれ斜辺の2/3)の3種類とした。それぞれの三角錐は、色彩による識別ができるかどうかを調査するために、上から黄、黒、白の3色で色分けした(写真-4. 1)。

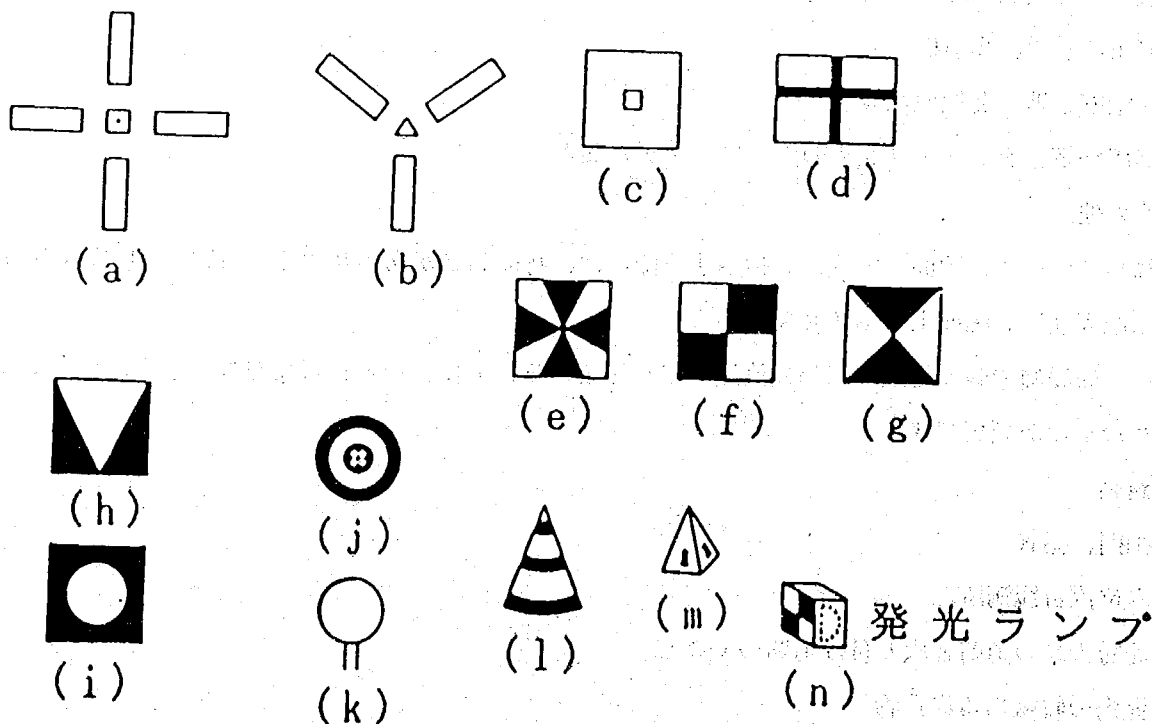
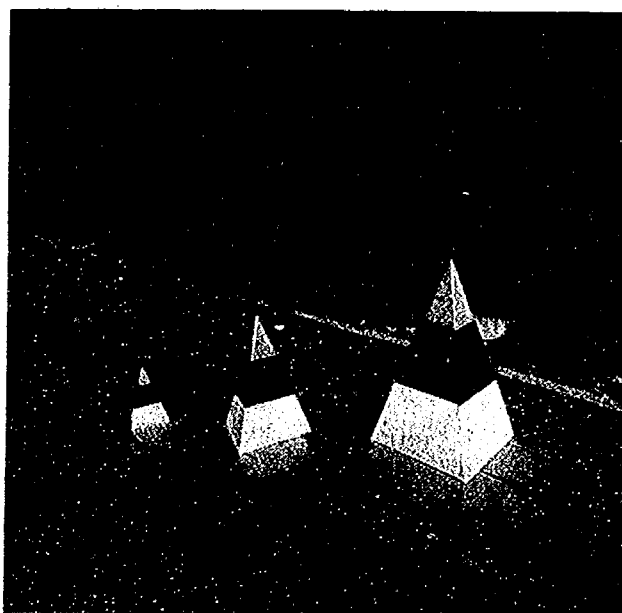


図-4. 1 目標物(標識)の種類



写真－4. 1 目標物の作成

表－4. 1 VTRと目視による目標物の検討

	順光			逆光		
	90	60	30	90	60	30
目視	○	△	△	△	△	×
VTR(ズーム)	○	○	△	○	△	×
VTR(ワイド)	△	△	×	△	×	×

〔凡例〕

- 位置・色とも判別可能
- △ 位置のみ判別可能
- × 位置の判別不可能

撮影は、建設省所有の「あおぞら号」から、これに装備されているウェスカム（耐振動）架台付きのVTRカメラを用いて行なった。撮影時の天候は晴れであったが、ややかすんでいた。飛行中の機体はきわめて安定していた。撮影は、伏角約30度、水平距離約1000mで、4方向から行なった。このとき、カメラの焦点距離をズームとワイドの2通りで撮影し、同時に窓から目視を行なった。

この結果を表－4. 1に示すが、画面を見ながら解析することを考えると、まずVTR（ワイド）によって標識の位置を確認できるかどうかが問題となる。最も条件のよい順光の場合で60cmのものが、逆光の場合で90cmのものがやっと確認できるかどうかの境目にある。水害時の悪条件下において利用することを考えると、90cmよりも大きい標識が必要である。また、色彩についてはVTR（ズーム）で90cmのもので逆光の場合でも確認できるから、まず、VTR（ワイド）により飛行中にその位置を確認できれば、各々をズームアップすることによって判別することはできる。今回の実験によって、流域内の目標物として利用するためには、予想以上に大きさが必要があること、塗料等に工夫が必要であることがわかった。

4. 2 移動目標物の検討

破堤流速、河川の流速、氾濫水の流速などを計測するためには、氾濫水とほぼ同じ速度で流下する目標物が必要なので、このときの目標物について検討した。

4. 2. 1 自然に流れている目標物

洪水時における河道内や氾濫水には、様々な物体が浮遊しているため、これらを利用することが考えられる。しかしながら、実際に洪水時のこれらのビデオを調査してみると、思ったより発見できないため、解析画面の選択に非常に時間を要することが予想される。また、形状が不明なため、その物体の速度と流速の関係（流速更正係数）が分からないといった欠点がある。また、河川表面の水泡などは、ビデオ映像から判別するのは、ほとんど可能性である。

したがって、目標物を別途投入して流速を求めなければならない可能性が高い。

4. 2. 2 流水中に投入する目標物

流水中に投入する目標物を検討する際には、どこから投入するかを考慮しておく必要がある。ヘリコプターであれば、上空から目標物を投入できそうであるが、実際には、ヘリコプターの窓は開かないため、特殊な投下装置が必要になる。また、航空機から物体を投下する場合には、監督官庁（運輸省）の許可を事前に得ておく必要がある。

また、洪水時には、一旦投下した目標物を回収できない可能性もあるため、あまり巨大なもの、流下している際に危険なものは望ましくない。したがって、できるだけ小さく、かつ橋脚等に引っかかりにくい形状のものが望ましい。このような観点から、流水中に投入する目標物を検討した。

目標物はビデオ映像上で、その位置、場合によってはその大きさまでを確認できなければならないので、ビデオ映像の解像度が問題となる。ビデオの解像度とは、映像をどれくらい精密に再現できるかの能力を示し、テレビジョンでは水平解像度および垂直解像度に分けている。テレビ画面の走査線数は525本のものが一般的であり、垂直解像度は有効走査線数（全走査線数から、走査線が1面を走査して始点に戻る時間によるロス分の5～8%を引いたもの）の71.5%となることが分かっている。したがって、以下のよう

$$\text{垂直解像度} \quad 525 \times (1.0 - 0.05 \sim 0.08) \times 0.715 = 345 \sim 355 \text{ (本)}$$

水平解像度については、1走査線上の画素数（ $2 \times \text{映像信号周波数} \times \text{走査時間}$ ）で示されるため、以下のようになる。

$$\text{水平解像度} \quad 2 \times 6.1 \times 10^6 \times 53.8 \times 10^{-6} = 656 \text{ (本)}$$

テレビジョンにおける撮影面（フィルムにあたる部分）の大きさは、図-4.2のようになっているので、画面全体の分解能は、以下のようになる。

$$\text{垂直} \quad 345 \sim 355 \div 6.6 = 52.3 \sim 53.8 \text{ (本/mm)}$$

$$\text{水平} \quad 656 \div 8.8 = 74.5 \text{ (本/mm)}$$

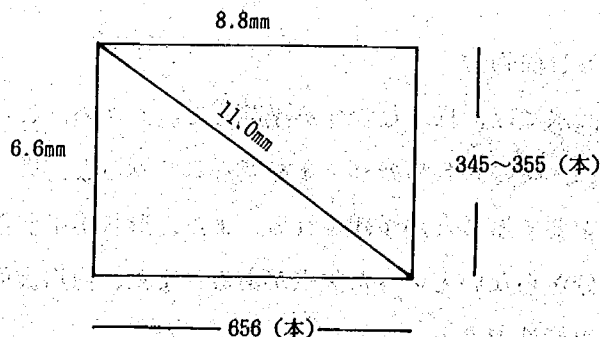


図-4.2 テレビカメラ撮像面

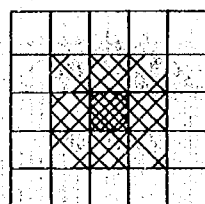
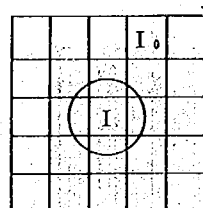
また、これらの視認性は、単に画素サイズだけでなく、図-4.3のように“にじみ”の効果に関与する。 I という輝度の円形の目標物が、 I_0 という輝度の背景におかれているとき、撮影によって得られる画像は以下になる。

$I > I_0$ のとき 3×3 画素の四角い像として視認する。

$I < I_0$ のとき 中央1画素の像として視認する。

すなわち、背景に対して明るい物体は膨張して見え、暗い物体は収縮して見えることになる。いずれの場合も、目標物を形状まで判別しようとする場合には、走査線6本程度のエリアが必要となる。

次に、撮影縮尺については、像面歪曲等を無視すれば、図-4.4のように単純化できる。したがって、撮影高度および撮影した焦点距離によって、縮尺をもとめることができる。しかしながら、現状のヘリコプターには、このような目的のために精度よく高度を計測、記録するシステムはなく、また焦点距離についても、ズームレンズがほとんどであり、このときの焦点距離を正確に知ることは難しい。そこで、撮影高度と焦点距離を調整することによって、必要な画面の範囲を確保することを考える。このときの縮尺で、必要な目標物の大きさが求められる。第6章でおこなった解析（鬼怒川）の場合では、必要な撮影範囲と



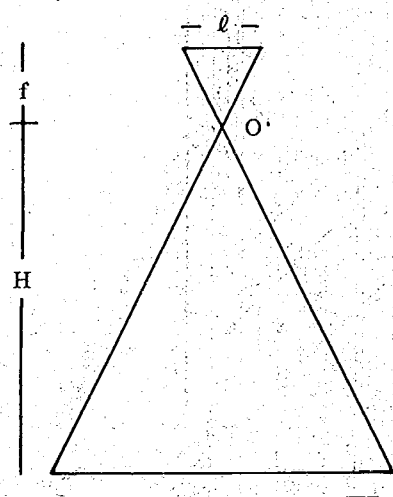
I, I_0 ; 例えば輝度

中心 $= I \times 1.0$

隣接 $= I \times (1 - \alpha) + I_0 \times \alpha$

周辺 $= I_0 \times 1.0$

図-4.3 画像のにじみ



撮像面

焦点

$$\text{縮尺} = \frac{f}{H} = \frac{l}{L}$$

基準面

図-4.4 撮影縮尺

撮影高度、焦点距離の関係は図-4.5で示される。この図によれば、高度400mで鬼怒川の当該地点の低水路幅全体を撮影しようとする場合、焦点距離は25mm程度にする必要がある。このときの縮尺は、 $1/16,000$ であるから、視認できる目標物の大きさは、1画素の大きさの16,000倍、すなわち0.21~0.31mが必要であると考えられる。

色調については、一般に物体表面の色知覚は、以下の3つの心理的属性で示される。

- 1) 色相：赤青黄などの色区分に係わる属性
- 2) 明度：明暗に関する属性
- 3) 彩度：鮮やかさに関する属性

色相については、背景の色相と補色関係にある色相が際だつことが知られている。したがって、洪水流の色相が混入する土粒子の酸化鉄の色を主体とする茶色であるため、この補色である青にすれば判別しやすいと考えられる。しかしながら、時刻によっては、夕焼けで赤みがかった環境のもとで青はほとんど黒と同一になり、明度に関して問題が発生する。したがって、明度に注目すると、どのような環境下でも明度が高く、また茶色に比べて明度が高い白を基調とすることが望ましいと考えられる。

形状については、一般に棒浮子と表面浮子とがあるが、上空から判別しやすいことから、精度は若干落ちるが表面浮子が望ましいと考えられる。このときの更生係数は0.85であり、適用範囲は水深0.7m以下であるため、河川内では適用できない場合が多いと考えられる。

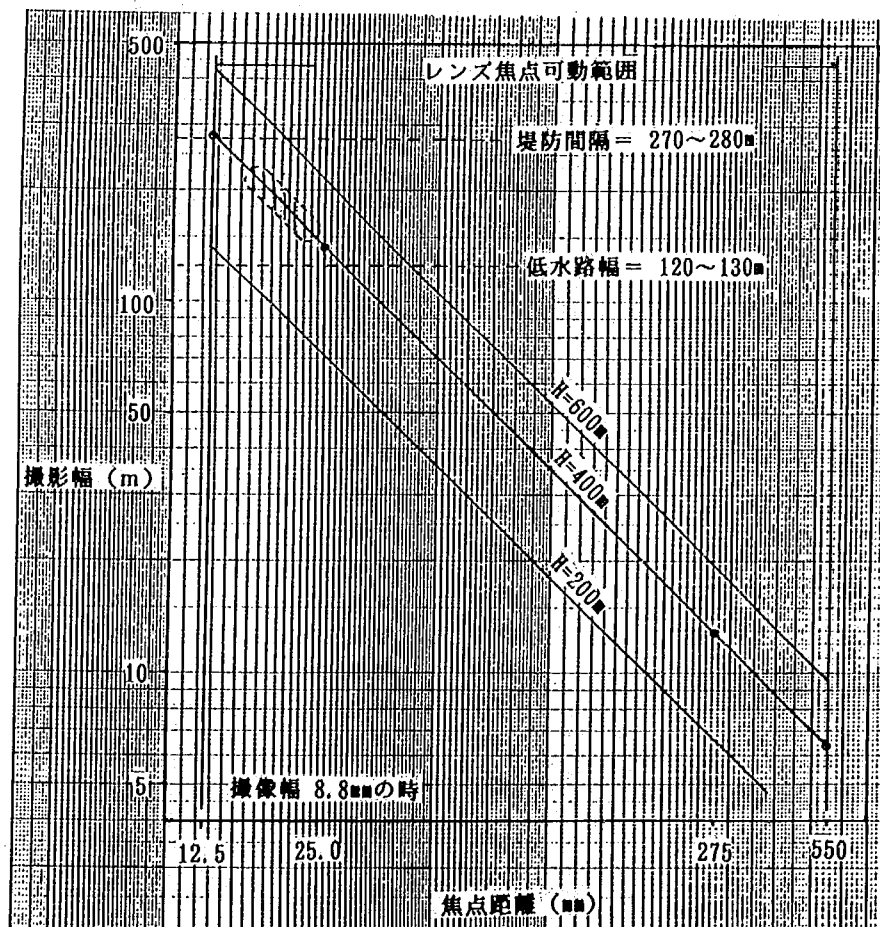


図-4.5 撮影高度別にみた撮影幅

第5章 短時間で変化しない画像の解析結果

短時間でその位置がそれほど大きく変化しない画像の解析対象としては、氾濫域や破堤幅が考えられる。そこで、これらを実際に解析した際に、どの程度の誤差が発生するかについて調査した。

5.1 画像撮影

撮影は、図-5.1で示される、小貝川流域の昭和61年災害の破堤点付近（2箇所）で行なった。また、撮影機材としては、ラジコンヘリに搭載したVHS方式コンパクトカメラを使用した。これらの諸元については表-5.1および表-5.2に示す。

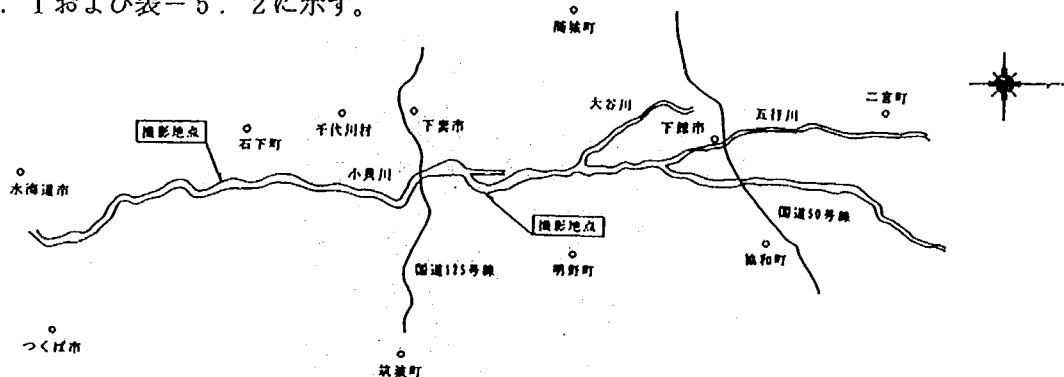


図-5.1 VTR撮影地点

表-5.1 ラジコンヘリコプターの仕様

項目	仕様	項目	仕様
形式	HBKG-65	エンジン	形式 水平対向空冷式 気筒数 2気筒同時点火 排気量 65cc 最大出力 8,500rpm 4.0 PS 発電機 AC付モーター AC 15.5V 4.3A 68W (DC12Vコンバーター内蔵) 重量 3.95kg 使用燃料 混合ガソリン 25:1
機体寸法	全長(ローター回転時) 2,400mm 全長(胴体) 1,830mm 全高(ローターハブトップ) 800mm メインローター径 2,200mm テールローター径 400mm	飛行性能	飛行範囲 半径300m以内 (有視界飛行) 飛行速度 80km/hr 滞空時間 30分 (燃料1,000cc当り) 耐風速性 10m/sec以下
機体重量	自重(ノーマル仕様) 16.0 kg 最大搭載重量 11.0 kg 制御装置 1.3 kg 燃料 0.75kg 最大離昇重量 27.0 kg		
遠隔操縦装置	送受信機 40MHz 7チャンネル 姿勢制御 三軸ジャイロセンサー		

表-5.2 カメラモニタリングシステムの仕様

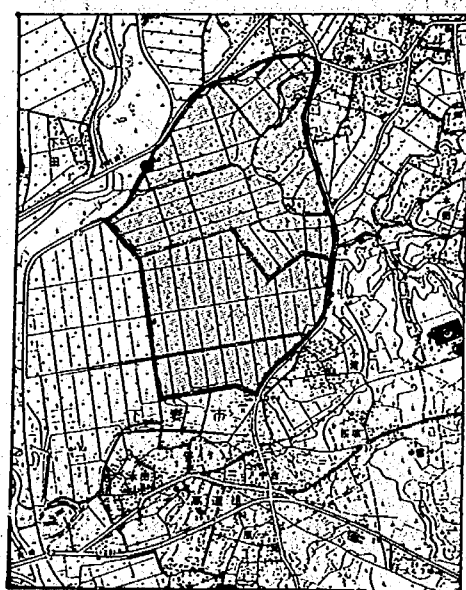
項目	仕様
カメラ	スチールカメラ 4×5版 6×8cm版 6×4.5cm版 35mm版 航測カメラ MK-7.0(70mm/70°) ビデオカメラ VHS 8mmビデオカメラ その他 赤外線その他の計測機器
カメラサーボユニット	型式 CSB-3 旋回範囲 手動360°およびリモートコントロール180°(10sec)の併用 撮影仰角 水平-垂直 90° カメラ上下 200mm リモートコントロール 遠隔操縦 FM 40MHz 0.5W 送受信 モニターカメラ 対ビデオカメラ 焦点距離=8mm ビデオ送信器 UHF 0.5W 本体重量 3.5kg 受信機、サーボモーター、電源電池など 積載重量 4.0kgモーター、撮影用カメラ、計測機器など
モニターユニット	受信アンテナ 全方位型、マイクロアンプ 22dB 内蔵 モニターテレビ 14インチカラー テレビプリンター 5インチ 白黒16階調 280×234ドット 交流変換器 入力 DC12V 30A 出力 AC100V 2A

5. 2 氾濫域の解析結果

解析のためのスーパーインポザーとしては、パーソナルコンピュータに内蔵可能なもので、画面の縦の分解能が200のものを用了。

図5. 2に示すような区域において、実線で示した道路を氾濫域とみなし、ラジコンヘリによって撮影したVTR映像を解析した。この結果を氾濫域の面積として評価するとともに、想定氾濫域の周辺部における誤差についても評価した。この結果を表- 5. 3、および図- 5. 3に示す。

氾濫面積については、撮影高度が約100mの場合で約10%、約200mの場合は約5%の誤差となっている。また、氾濫域の端部の位置の誤差は最大で約50mであり、水害時の第1報の情報を提供することを考えれば、このような解析手法は有用であると考えられる。



想定氾濫区域

図- 5. 2 想定氾濫域

表- 5. 3 解析結果 (氾濫面積・氾濫水の先頭位置)

撮影高度	氾濫面積			氾濫水の先頭の位置
	実測値	解析値	誤差	誤差
約100m	2. 5 9 km ²	2. 7 8 km ²	0. 1 9 km ²	1 0 0 m
約200m	2. 5 9 km ²	3. 3 2 km ²	0. 1 5 km ²	5 0 m

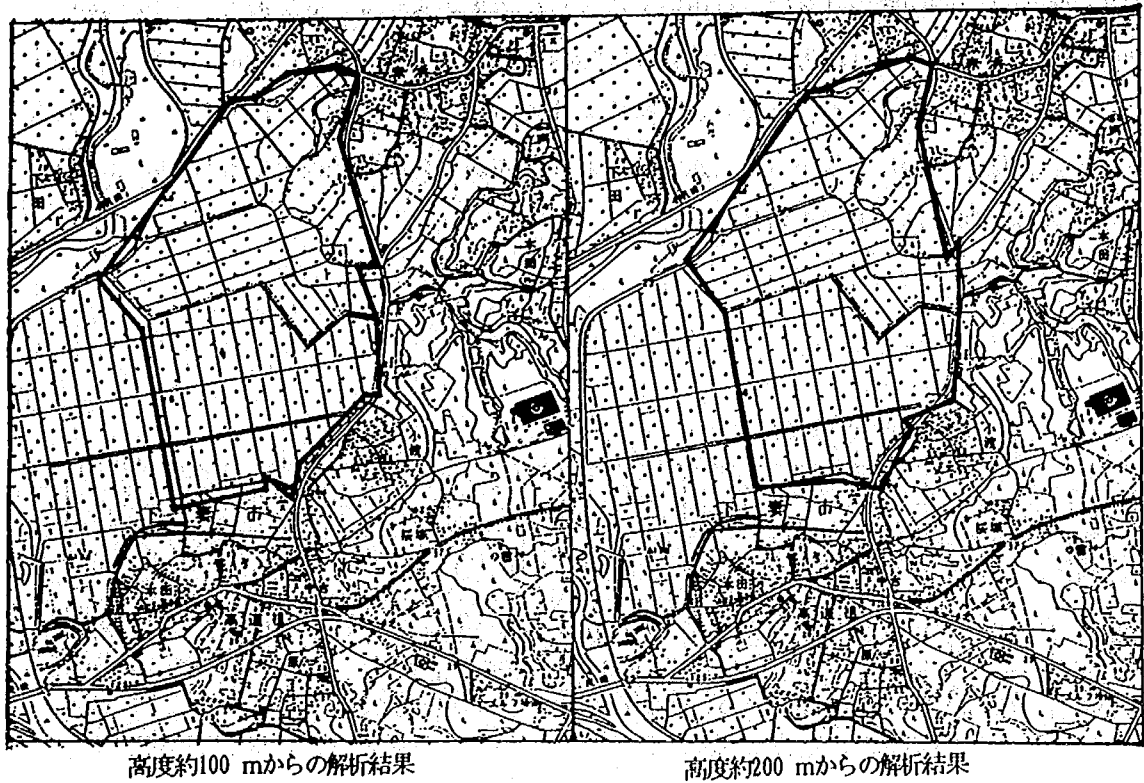


図-5.3 解析結果(氾濫域)

5.3 破堤幅の解析結果

解析のためのスーパーインポザーは、前節で使用したものと同一ものを用いた。

図-5.4に示すようなAB間において破堤したものと想定し、5.2節と同様ラジコンヘリによって撮影したVTR映像を解析した。ABそれぞれに標識を置き、解析に必要な基準点として、1～7に示す点に標識を置いた。実際にはこれら7点のうちの4点を選んで解析を行なった。これらの座標を測量した結果を表-5.4に示す。

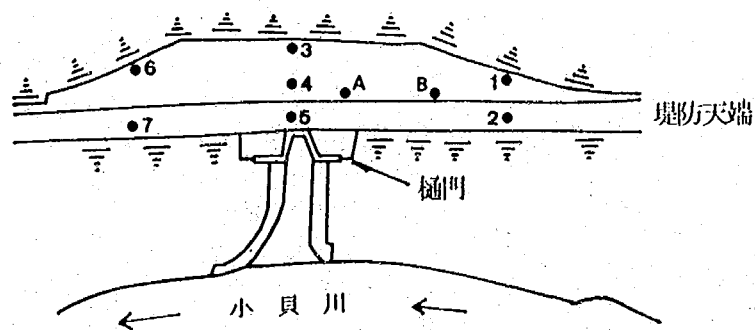


図-5.4 仮想破堤点および計測基準点

本システムの2点間距離の計算機能を用いて解析した結果が表-5.5である。解析の際には、比較的解像度が低い画面の縦方向（縦方向の解像度200に対して、横方向は640）に計測する幅がくるような条件的に厳しい映像を用いた。また、実際の災害時における運用方法を想定して、測定を何度も行なって平均化するという作業は行なわなかった。水害時における破堤幅の概略把握という目的からすれば、10%程度の誤差は許容範囲であると考えられる。

表-5.4 解析基準点測量結果

点 名	A	B	1	2	3	4	5	6	7
X座標	0.00	0.00	-14.69	7.63	-14.25	7.63	7.19	-11.82	8.35
Y座標	0.00	49.90	58.45	60.26	9.51	10.91	10.35	-34.86	-32.77
Z座標	19.93	19.96	19.39	20.62	19.35	19.79	20.62	19.50	20.52

表-5.5 解析結果

撮影高度	解析値	実測値	誤 差
約50m	52m	50m	+2m
約100m	54m	50m	+4m
約200m	47m	50m	-3m

第6章 短時間で変化する画像の解析結果

短時間で変化する画像の解析としては、破堤流速、河川の流速、氾濫水の流速の測定が上げられる。そこで、これを実際に解析した際に、どの程度の誤差が発生するかについて調査した。

6.1 画像撮影

撮影は、図-6.1で示される、鬼怒川豊水橋の直下流で行なった。また、撮影機材としては、ヘリコプター（建設省のあおぞら号）に搭載したウェスカム架台付きのビデオカメラを使用した。

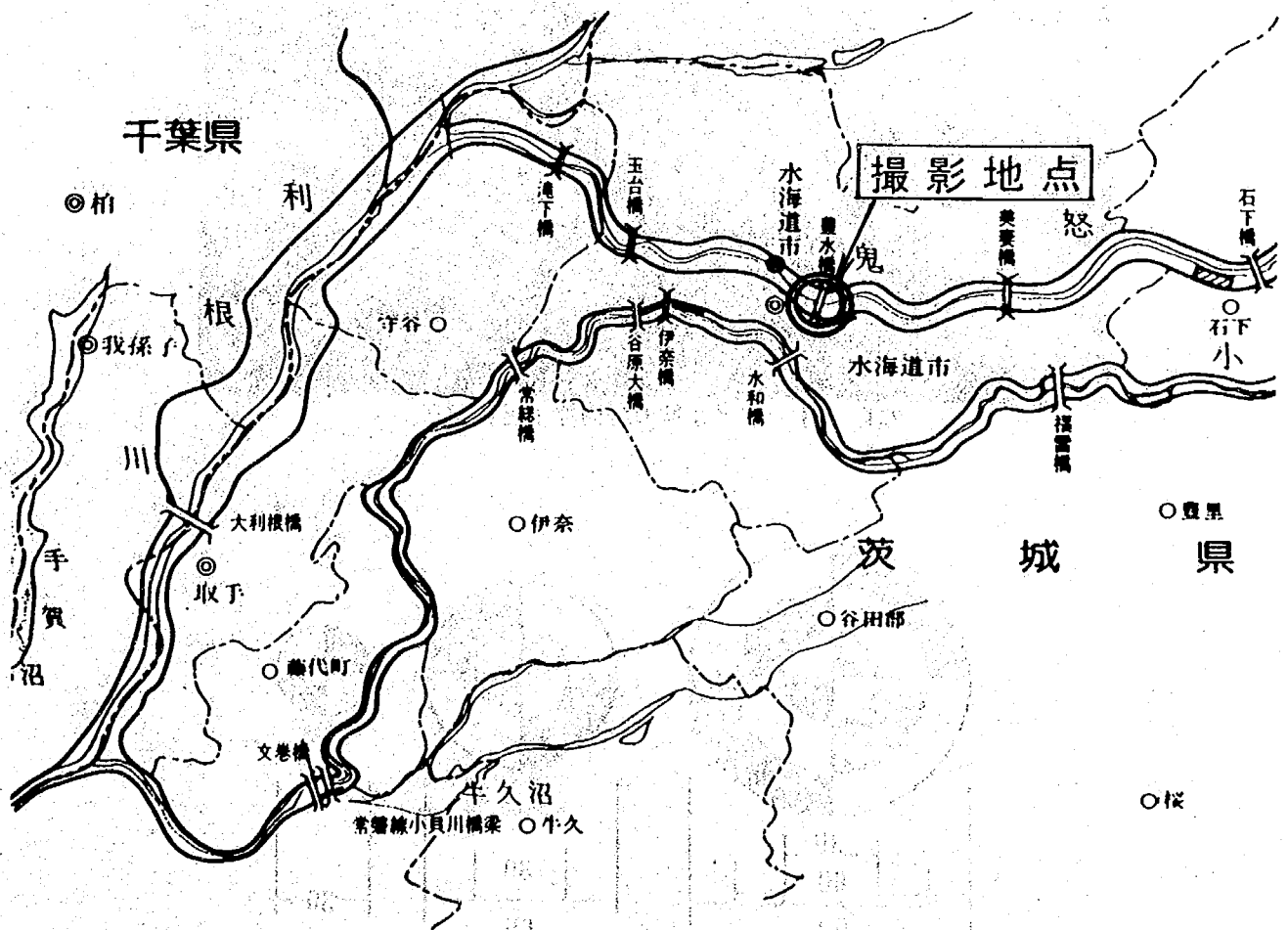


図-6.1 撮影地点

1) 投下する目標物の製作

本検討では、豊水橋より投下した目標物が、川の流れて沿って流下する様子をヘリコプターより撮影した画像を解析し、流速を測定することを目的としている。解析のための座標変換係数を決めるために必要な固定目標物を高水敷に設置することと、使用するカメラの焦点距離が12.5mm～275mmであることなどを勘案した結果、第4章で計算したように、0.21～0.31mの大きさが少なくとも必要なため、30cm、60cm、90cmの3種類とした。また、色彩については、視認性の面からは白が望ましいが、固定目標物を使用せずに解析する場合にズームアップした際に、中心点が分かりやすくなるようにとの配慮から、白黒の市松模様とした。作成した投下目標物を図-6.2および写真-6.1に示す。

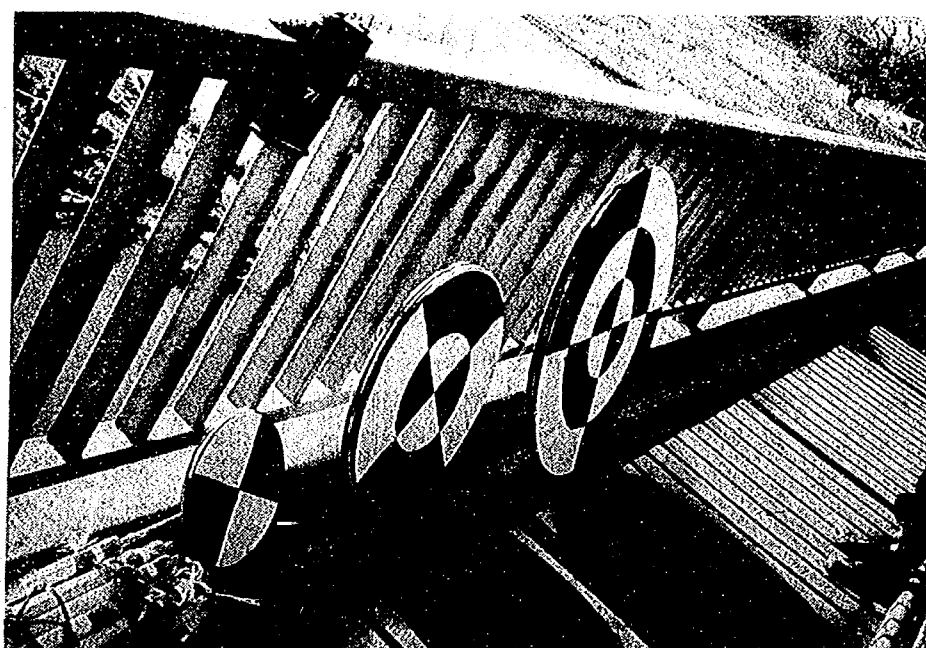


写真-6.1 3種の表面浮子と棒浮子

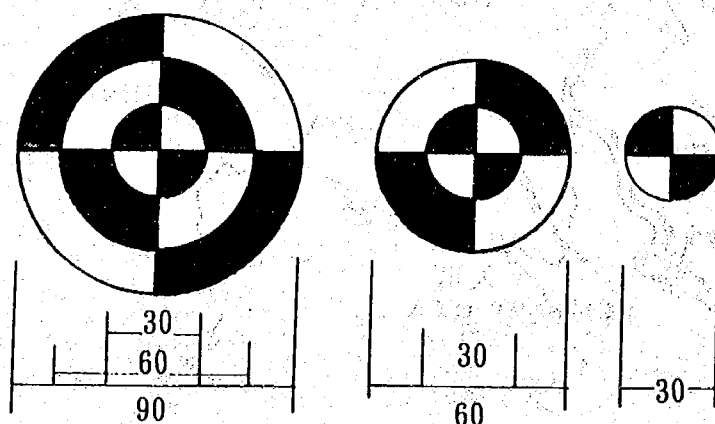


図-6.2 表面浮子の形状(単位cm)

2) 基準点の準備

図-6.3に、現地における基準点配置状況を示した。主基準点のほかに、2箇所の補助基準点、魚道開始点および豊水橋上の2箇所の目標物投下地点の位置をトランシットおよびレベルを用いて簡易計測し、各点間の距離を求めた。

なお、流量観測における浮子法の基準では、流れと、平行な方向の基線間隔が100mとされているが、現地の状況から判断して80mとした。

目標物投下地点については、豊水橋直下流側に残されている旧豊水橋橋脚遺物を避け、その間隙を流下する流れに目標物を投入できるような位置を選んだ。鬼怒川は、豊水橋付近で右に湾曲し、水海道床固に至る。このため、河の流れは左岸寄りに偏心し、左岸寄りの投下地点で大部分投入する状況であった。

また、投入した目標物の動きを観察した限りでは、図-6.4に示すような流況であったことが読み取れた。すなわち、旧橋脚の残がいやそこに発達した砂礫堆の影響で河幅が狭くなり、瀬ができ流れを速くしている。そして、床固に入る前に一担澁みを形成し、床固および魚道中で流速が再び大きくなる状況となっていた。なお、魚道部分は、深います状の構造となっており、上下の渦流が強く発生しており、浮流物は流下できない状況となっていた。

図-6.5に、図-6.3に示した局所基準点の座標系を図示した。

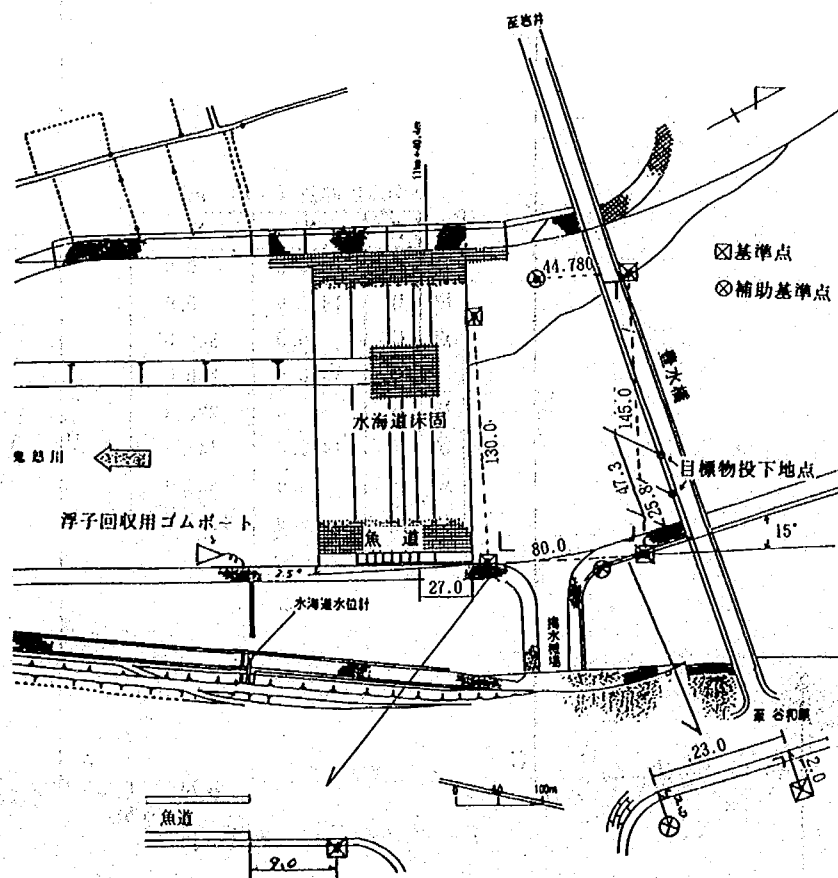


図-6.3 基準点配置図 (単位: m)

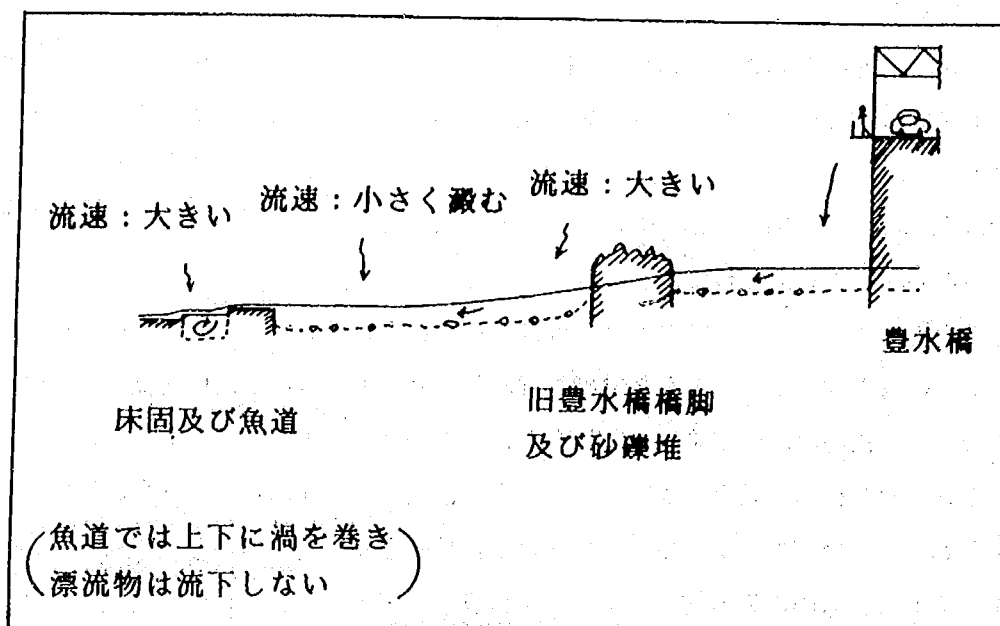


図-6.4 流況概念図

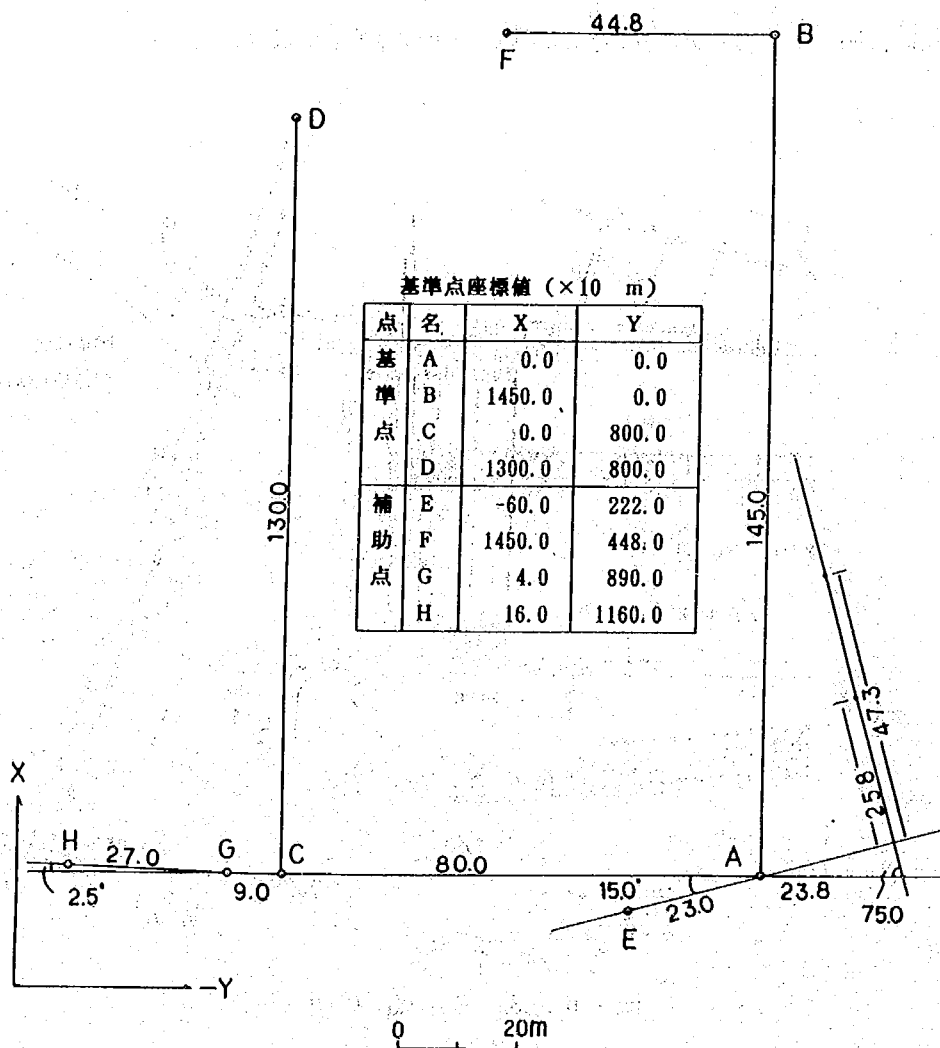


図-6.5 基準点局座標系 (単位：m)

3) 撮影方法

解析素材とする表面浮子のビデオ映像を表－6. 1に示す方法で撮影した。撮影方法をいろいろと変化させたのは、解析用画像としては垂直撮影が基本であるが、斜め撮影（および伏角品）による視認性・精度の違い、および流向に対する撮影方向による視認性の違いなどを考慮したものである。なお、表中飛行方法のポイントA～Eは図－6. 6に対応し、概略のホバリング位置を示す。



図－6. 6 撮影地点位置図

表－6. 1 撮影方法

撮影方法	使用カメラ	伏角の大きさ	撮影高度	撮影位置
鉛直撮影	ウェスカムカメラ	90°	400m	ポイントA
真横撮影	ウェスカムカメラ	60°	300m	ポイントB
	及び他のカメラ	45°	300m	ポイントC
正面撮影	ウェスカムカメラ	60°	300m	ポイントD
	及び他のカメラ	45°	300m	ポイントE

斜め撮影では、伏角60度のときA点より約173m、伏角45度のときは同じく300mの離隔量となる。

今回の撮影では、撮影方向による視認性のほか、撮影縮尺の決め方についても、垂直撮影での基準点を利用する以外に、周辺の地物を利用する場合、目標物自体を基準のスケールとするなど、様々な工夫が考えられるため、適宜拡大撮影などを行うものとした。表-6. 2に縮尺の決定方法と撮影方法の対照表を示した。

撮影実施日は平成3年1月25日で、天候は晴（風向：北～北東、風速：地上2～3m/s、上空5～6m/s）であった。なお、河流は渇水期のため、水位が低く、旧橋脚等が露出し流れは一樣できない状況であった。

撮影飛行は、表-6. 3に示すタイムテーブルで実施した。また、撮影に際しては、高水敷に設置した基準点を同時に4点以上撮し込むように注意するとともに、ビデオ映像と同時に撮影条件等を音声で記録した。

表-6. 2 撮影縮尺の決定方法と撮影の方法

縮尺設定の考え方	必要な映像
a 対地高度・焦点距離による	周辺 ～ 拡大
b 対空標識による	周 辺
c 目標物自体をスケールとする	拡 大
d 周辺の地物をスケールとする	周 辺
e 目分量で見当をつける	周辺 ～ 拡大

周辺：低水路以外の周辺地域をふくむ映像
拡大：目標物を拡大した映像

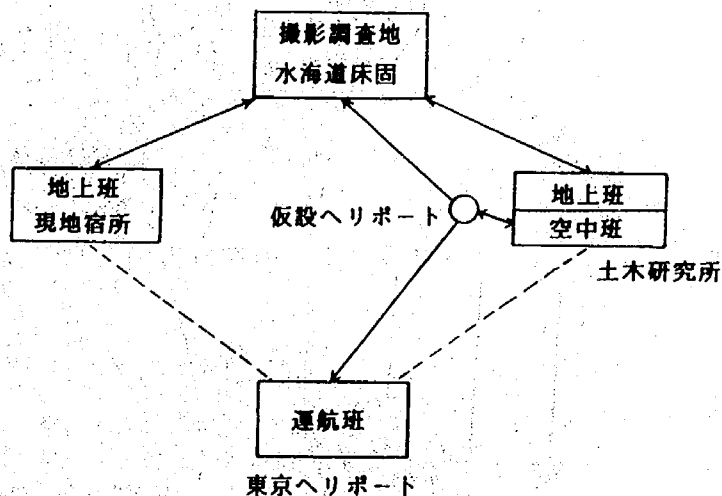


表-6. 3 飛行タイムテーブル

時 刻	作 業 内 容
9 : 00	気象情報収集・検討, 各班へ連絡
10 : 00	機体準備
11 : 45	東京ヘリポート発, 土木研究所仮設ヘリポート着
12 : 15	空中班搭乗
12 : 30	土木研究所発～水海道上空撮影飛行～土木研究所帰投
15 : 30	空中班, 撮影済VTRテープ退出
15 : 45	土木研究所発, 東京ヘリポート着
16 : 15	

6. 2 地上観測による流速の測定

ビデオ映像の解析によって測定した流速を検討するために、まず、図-6. 7のAB~CD間および魚道の導水路部分について、棒浮子および上空から撮影した表面浮子の流速を、地上において測定した。この結果を表-6. 4に示す。以降では、この値の平均値を真値として検討した。

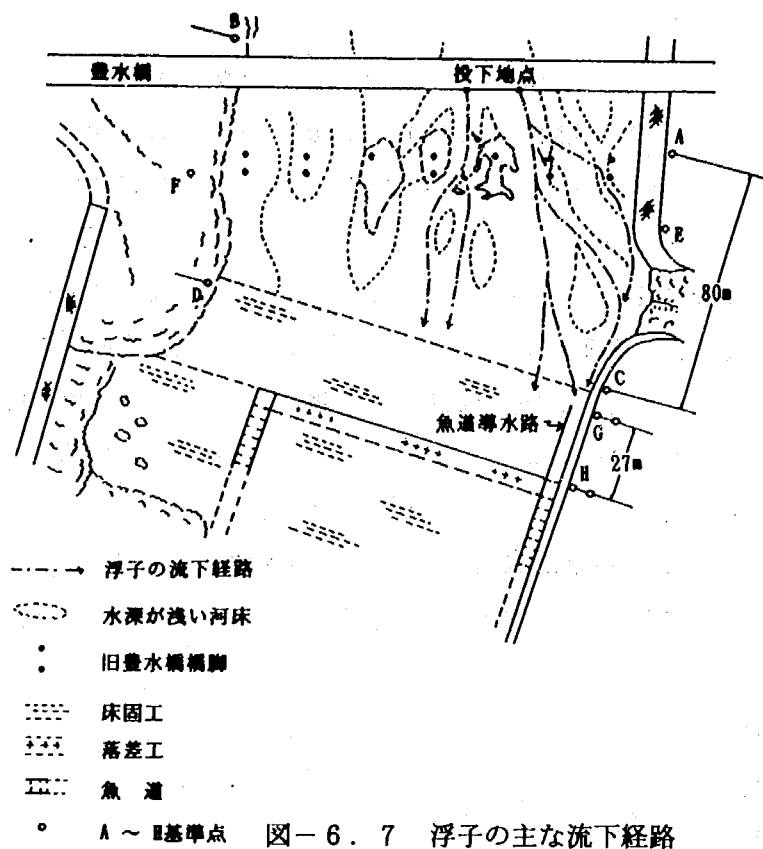


表-6. 4 浮子観測結果

種別	浮子				表面浮子 (円板)							
	本流 (ℓ=80m)				本流 (ℓ=80m)				魚道 (ℓ=27m)			
区分	t	U ₀	α	U	t	U ₀	α	U	t	U ₀	α	U
1	2' 50"	0.471	0.91	0.429	1' 51"	0.721	0.85	0.613	0' 48"	0.563	0.85	0.479
2	2' 52"	0.465	0.91	0.423	2' 16"	0.588	0.85	0.500	0' 54"	0.500	0.85	0.425
3	3' 05"	0.432	0.88	0.380	2' 21"	0.567	0.85	0.482	0' 54"	0.500	0.85	0.425
4	2' 34"	0.519	0.88	0.457	2' 24"	0.556	0.85	0.473	1' 00"	0.450	0.85	0.383
5	2' 42"	0.494	0.88	0.435	2' 39"	0.503	0.85	0.428	0' 52"	0.519	0.85	0.441
6	2' 55"	0.457	0.88	0.402	3' 22"	0.396	0.85	0.337	0' 48"	0.563	0.85	0.479
7	3' 05"	0.432	0.88	0.380	2' 41"	0.497	0.85	0.422	0' 56"	0.482	0.85	0.410
8	—	—	—	—	3' 13"	0.415	0.85	0.353	0' 54"	0.500	0.85	0.425
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0' 51"	0.529	0.85	0.450
平均	2' 52"	0.467	—	0.415	2' 36"	0.530	—	0.451	0' 53"	0.512	—	0.435

t: 経過時間 (分・秒) U₀: 表面流速 ℓ/t (m/s) α: 更正係数

U: 平均流速 α・U₀ (m/s)

tはストップウォッチによる計時。

αは表2-2による浮子のうち1, 2は吃水深1m他は0.5m。

6. 3 流速解析結果

解析のためのスーパーインポザーとしては、氾濫域や破堤幅の計速に用いたものよりも高性能な、画面の縦の分解能が400のものを用いた。また、解析に先立って、ビデオタイマーによる計時を映像に記録しておいた。このビデオタイマーは、下に示すように、任意の解析映像間の相対的な時間が1/100秒単位で読み取れるようになっている。

ビデオタイマー計時の読み取り(例)

初めの映像	00:01:25:02	→	1分25秒05
後の映像	00:01:27:67	→	1分27秒67
経過時間		→	2.62秒

解析にあたっては、事前に設置した基準点だけでは必要な4点を画面内に確保することが難しいため、最も誤差が小さいと考えられる鉛直撮影の画像から、ビデオ映像で視認しやすい地物17点(旧豊水橋橋脚部、護岸、水海道床固など)について予め計測し、その値(表-6. 5)を仮に真値とした。

表-6. 1に示した撮影方法のなかには、これらの追加した基準点(補助基準点)を利用しても、画角が安定しなかったり、基準点がどうしても4点確保できないなどの理由によって、どうしても解析できないケースがあった。このため、最終的に解析できたのは以下の6ケースである。

ケース1) 地上に設置した固定基準点(補助基準点を含む)を4点以上用いて解析

(1-a) 鉛直撮影

(1-b) 真横60度

(1-c) 真横45度

(1-d) 正面60度

ケース2) 投下した目標物を縮尺基準として解析(鉛直撮影)

ケース3) 1つの固定基準点の4隅を縮尺基準として解析(鉛直撮影)

ここでいう、鉛直、60度、45度などは目標とした角度であり、実際の撮影角度とは異なっている。したがって、鉛直撮影による映像でも、実際には斜め映像となっている。

表-6.5 増設点の計測

	地点名	画面座標		実座標	
		X	Y	X	Y
基準点	A	-285	-133	0	0
	E	-278	-65	-60	222
	C	-205	85	0	800
	D	216	-12	1300	800
	F	246	-122	1450	448
増設点	1	-155	-129	350	113
	2	-170	-121	302	127
	3	-151	-116	350	158
	4	-222	-128	165	64
	5	-219	-118	163	98
	6	-177	-90	253	221
	7	-261	-26	-47	366
	8	-147	170	80	1167
	11	111	-137	1088	295
	12	112	-121	1080	347
	13	180	-140	1279	339
	14	179	-125	1267	387
	15	246	31	1360	977
	16	295	51	1490	1090
	17	172	83	1110	1107
基準点	4	-277	126	165	64
	C	-68	111	0	800
	D	-231	-180	1300	800
	17	-108	-152	1110	1107
	6	-250	102	253	221
増設点	9	37	89	-13	1204
	10	54	79	16	1278

地上に設置した固定基準点を4点以上使用して解析する場合である、ケース1-a～ケース1-dについて、それぞれ使用した映像の写真を写真-6.2に、座標変換計算結果を表-6.6に、変換された座標をプロットしたものを図-6.8に、流速計算結果を表-6.7に示す。

すでに図-6.4で示したように、地上観測で流速した区間(80m)のなかでも、微小な区間ごとに流速が変化している様子が観測されている。そこで、実際に河道流下方向の距離(Y軸)を横軸に、流速を縦軸にグラフを描いてみると、図-6.9のようになる。このように微小な区間によって流速が大きく異なっているため、真値とした地上観測での値と比較するためには、全区間(80m)での平均流速を計算する必要がある。この結果、表-6.8に示すように、最も精度よく解析できたのは、鉛直撮影であり、その誤差は5%程度であった。これ以外では、真横60度で15%、45度で30%もあるため、あまり精度がよい。また、ケース1-d(正面60度)については、全区間(80m)での平均ができないため、直接地上観測との比較ができないが、40～80m区間や80m～区間の平均流速を他のケースと比較すると、ケース1-d(真横60度)と同程度か若干高い精度ではないかと推定される。

次に画面内に固定した目標物がない場合を想定し、計測に用いる2つの時刻の画面において、画面方向、縮尺が同一であると仮定し、流下する目標の大きさから移動距離を求める場合であるケース2について、使用した映像の写真を写真-6.3に、座標変換計算結果を表-6.9に、変換された座標をプロットしたものを図-6.10に、流速計算結果を表-6.10に示す。

計算結果の平均流速1.360はもちろん、真値に近い方の流速である0.746についても、魚道の流速の真値とした地上計測結果の0.435と比較して、きわめて大きいといえる。これは、さきに延べた仮定が成立せず、ヘリコプターのホバリングの安定の限界から、画面方向や撮影範囲が同一でなくなったためと考えられる。

最後に、固定された対空標識(90cm×90cm)の4隅を4つの基準点として用いて解析する場合であるケース3について、使用した映像の写真を写真-6.4に、座標変換計算結果を表-6.11に、変換された座標をプロットしたものを図-6.11に、流速計算結果を表-6.12に示す。

このケースの場合、ケース2と比較して画面方向が同一でなくても良い利点があるが、ケース1と比較した場合、変換に用いる4点が画面の1部に集中してしまう欠点がある。

真値とした0.435と比較すると、平均で0.317、真値に近い方の流速は0.446であり、ケース2と比較すると、解析の基準として用いた対空標識の大きさが90cm四方であった割には、かなり良くなっているといえる。

以上より、以下のようなことがわかった。

- 1) 斜め映像の解析によって精度良く流速を測定しようとする場合には、できるだけ画面全体に広がった基準点を用い、撮影角度も鉛直に近いことが望ましい。
- 2) 基準点が4点確保できない場合には、大きさが既知の地物を画面内に入れることによって、ある程度精度が向上できること。

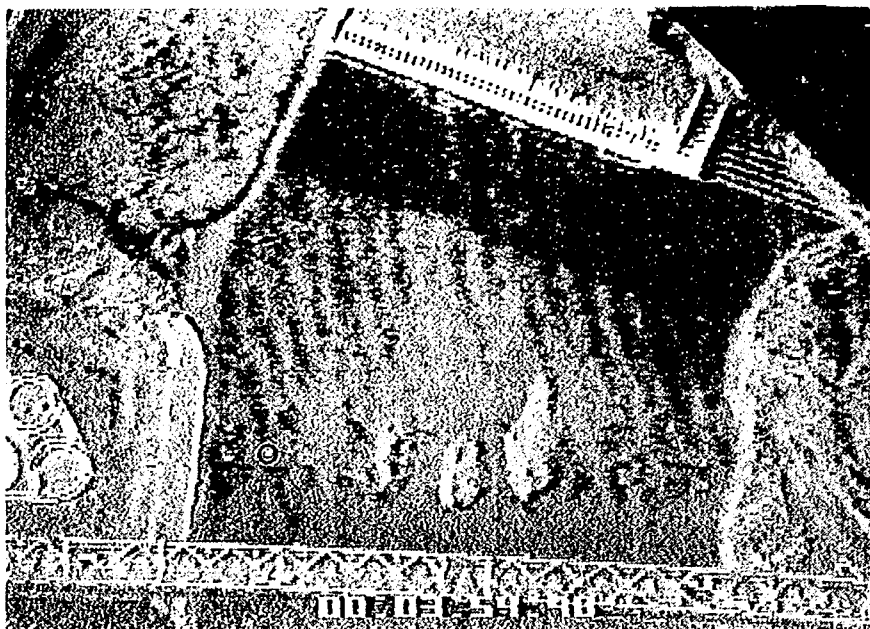


写真-6. 2(a)-(1) 表面浮子の映像

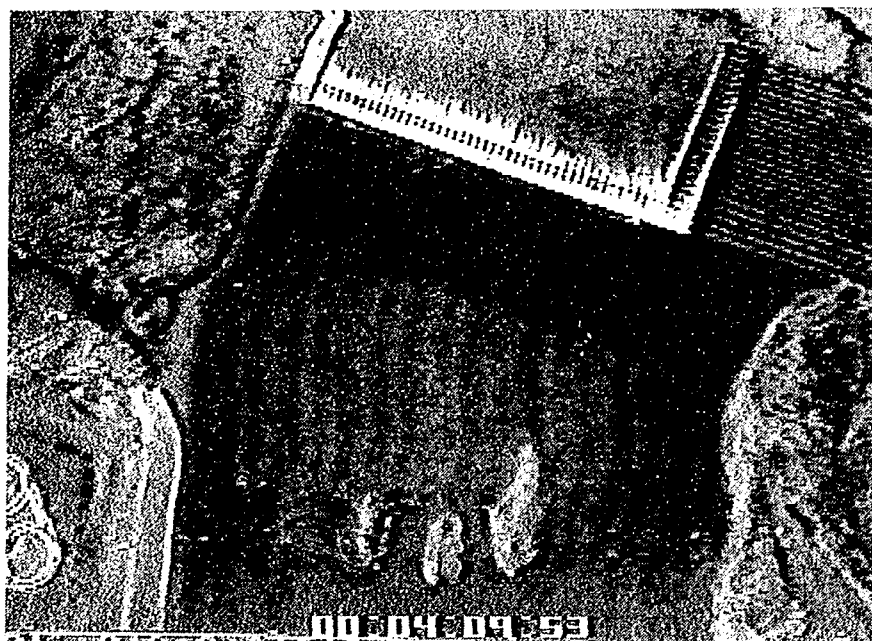


写真-6. 2(a)-(2) 表面浮子の映像

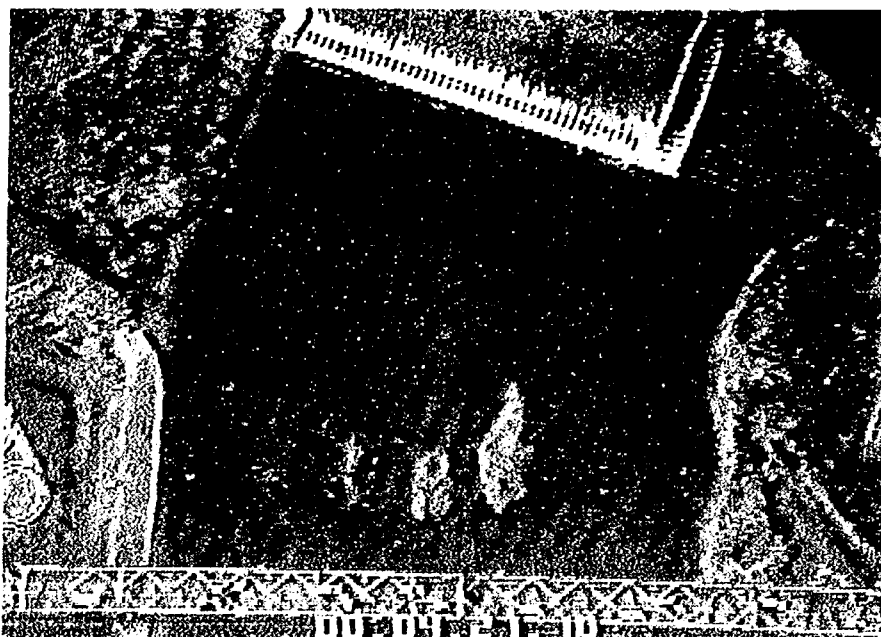


写真-6. 2(a)-(3) 表面浮子の映像

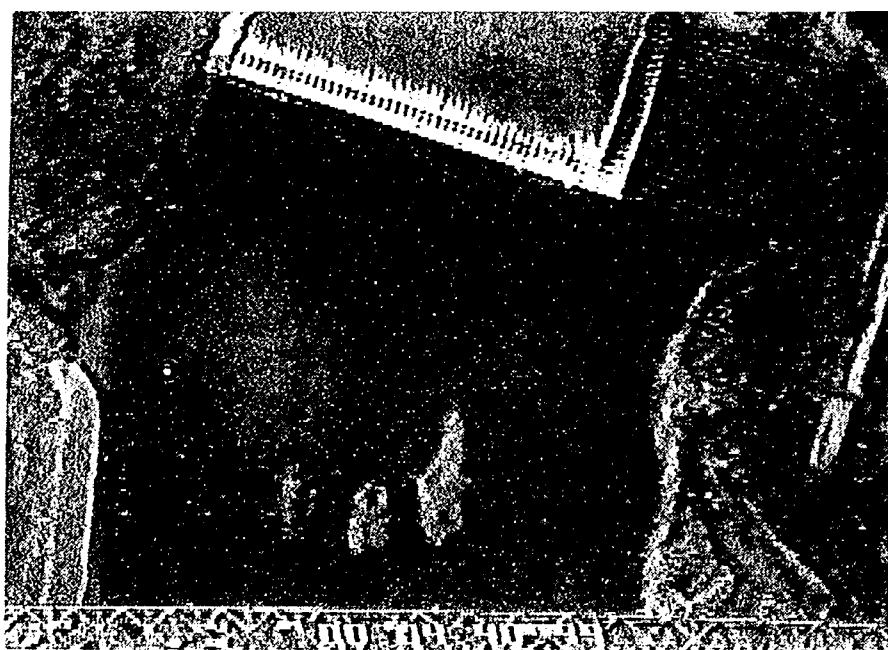


写真-6. 2(a)-(4) 表面浮子の映像



写真-6. 2(a)-(5) 表面浮子の映像

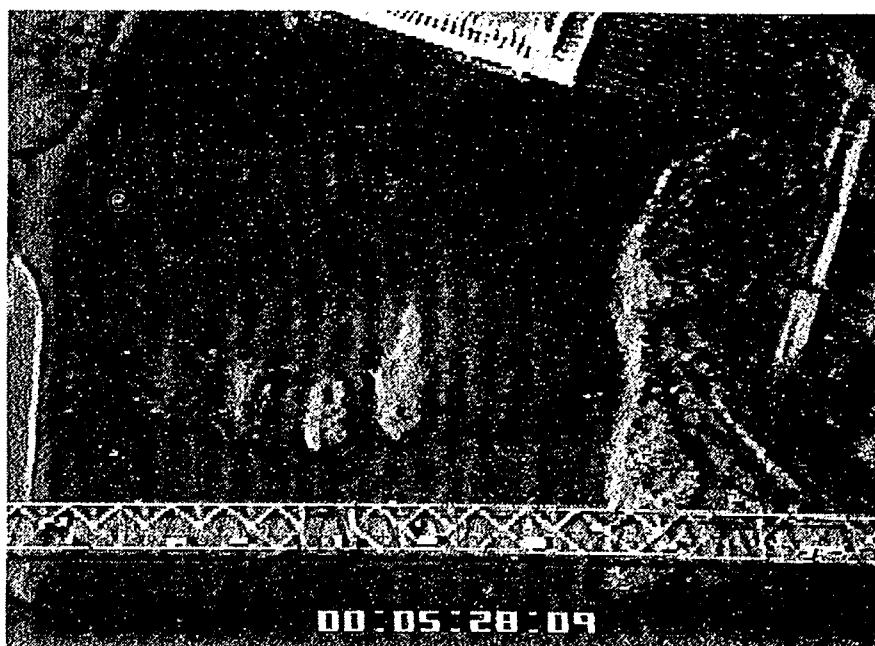


写真-6. 2(a)-(6) 表面浮子の映像

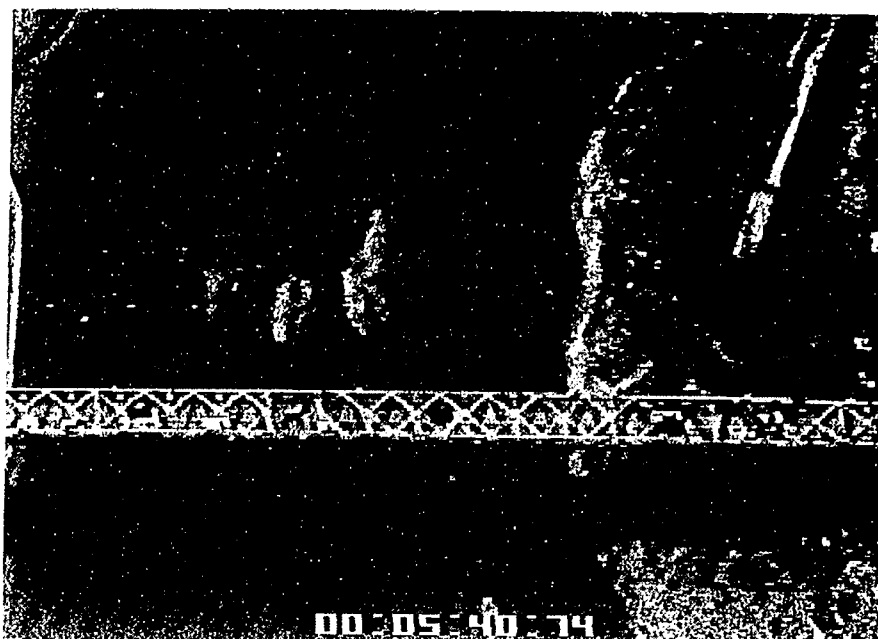


写真- 6 . 2(a)-(7) 表面浮子の映像

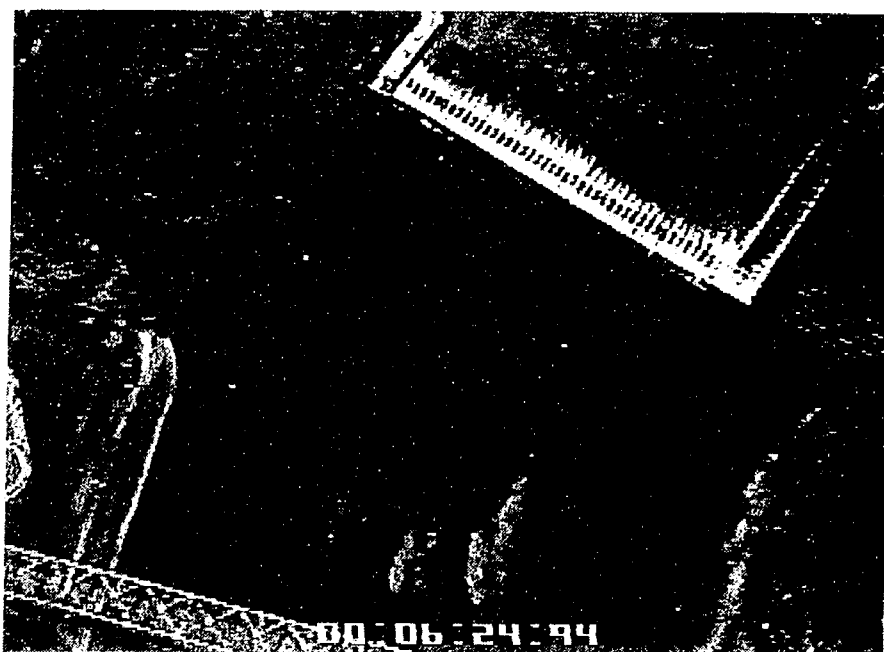
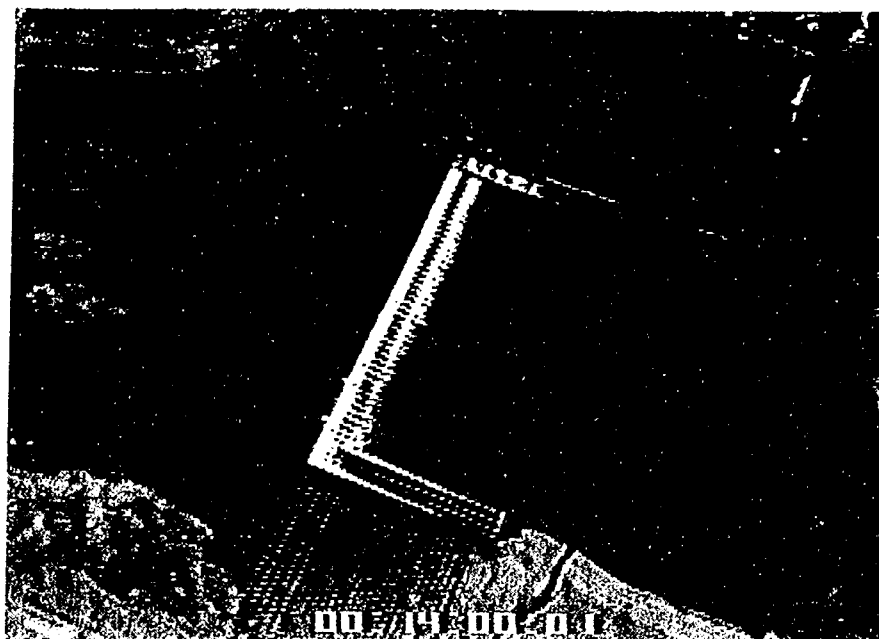


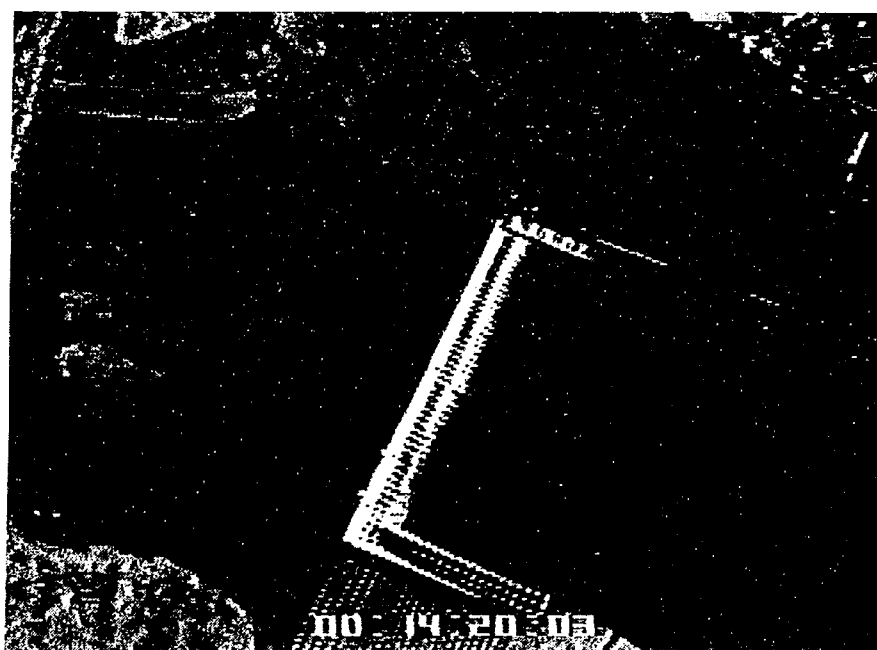
写真- 6 . 2(a)-(8) 表面浮子の映像



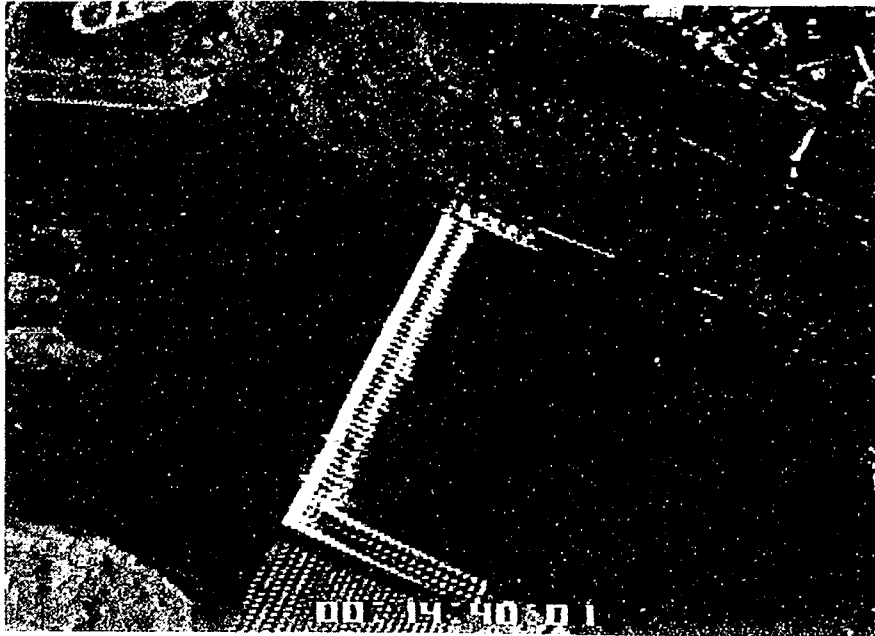
写真－ 6 . 2(a)－(9) 表面浮子の映像



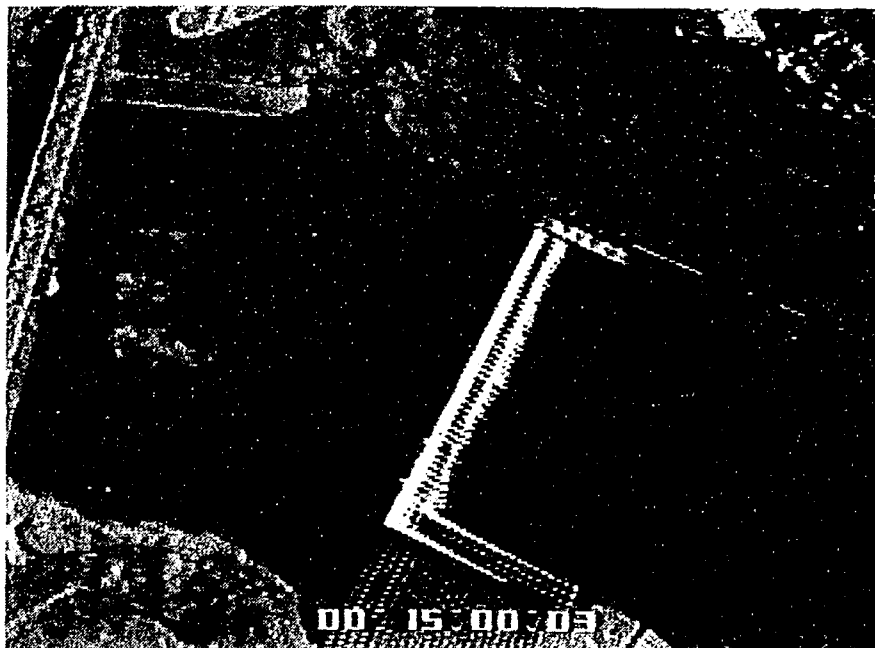
写真－6．2(b)－(1) 表面浮子の映像



写真－6．2(b)－(2) 表面浮子の映像



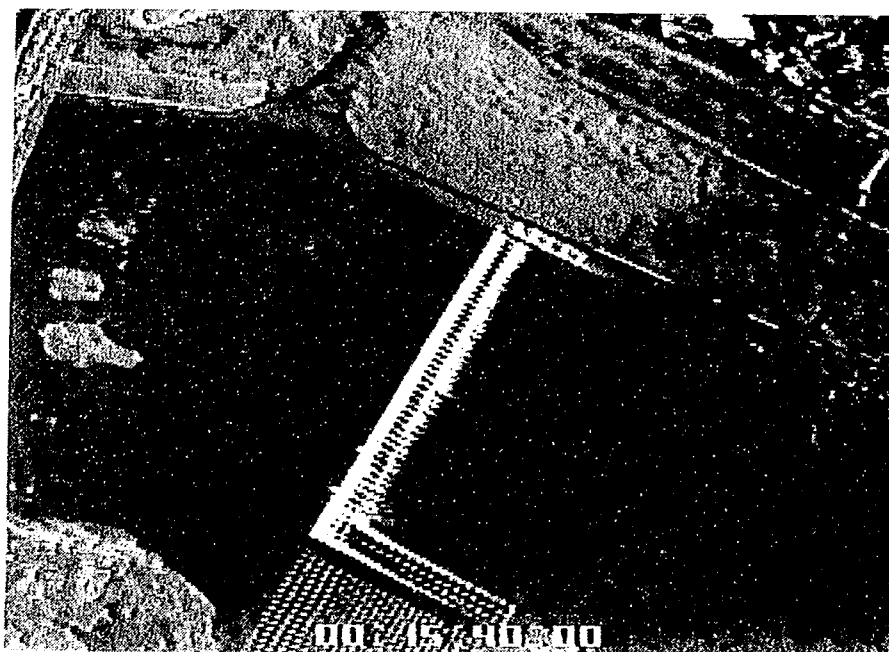
写真－ 6 . 2 (b)－(3) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 2 (b)－(4) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 2 (b)－(5) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 2 (b)－(6) 表面浮子の映像

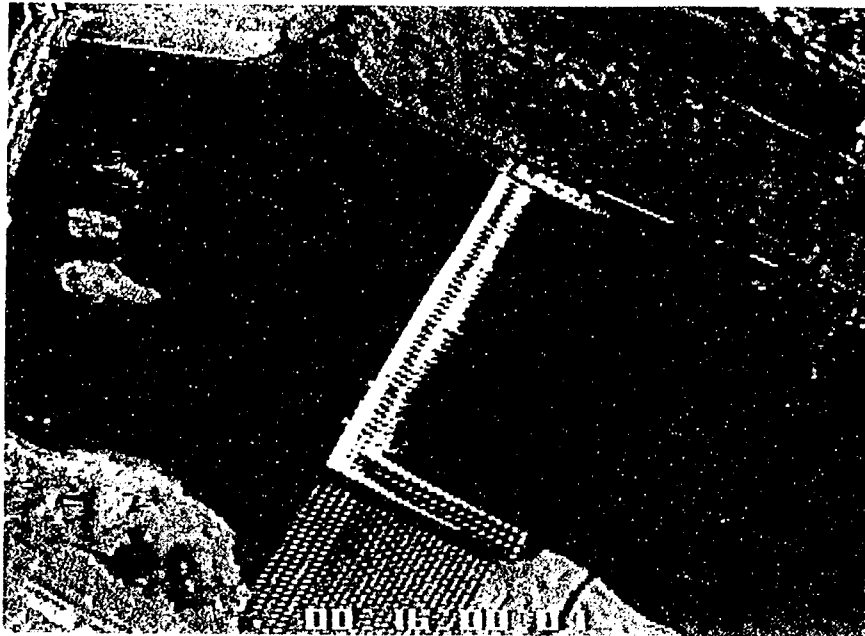


写真-6. 2(b)-(7) 表面浮子の映像

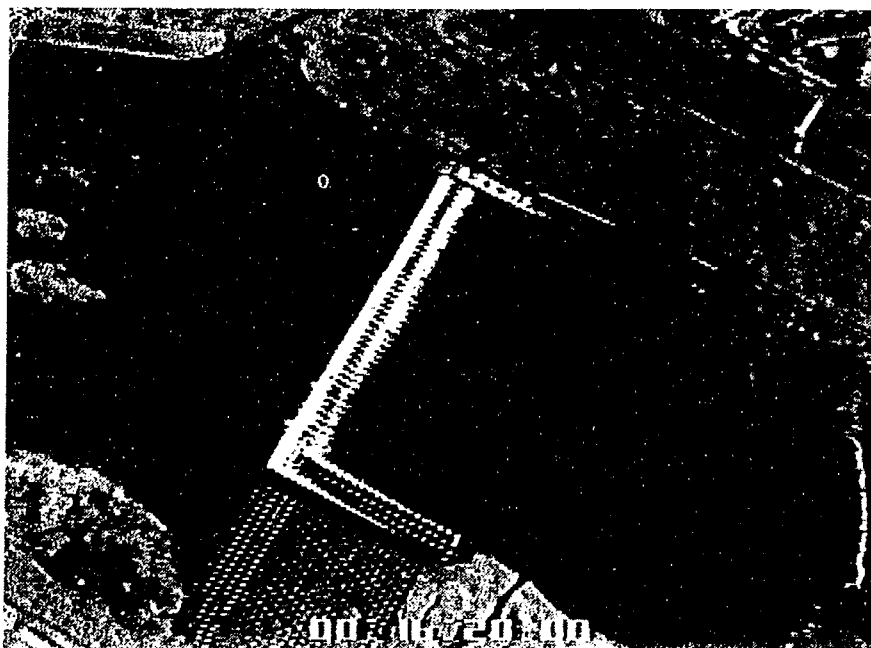


写真-6. 2(b)-(8) 表面浮子の映像

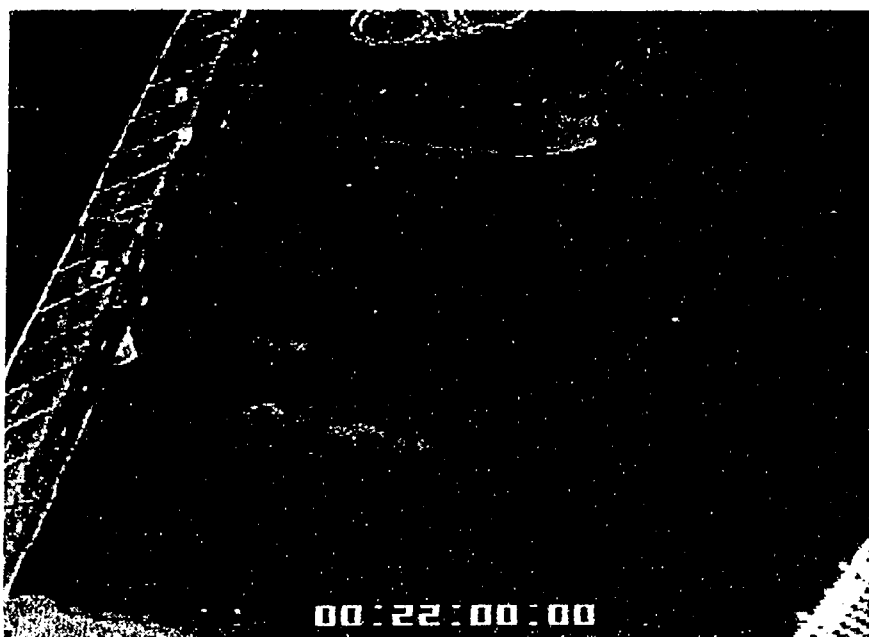


写真- 6 . 2(c)-(1) 表面浮子の映像



写真- 6 . 2(c)-(2) 表面浮子の映像



写真-6. 2(c)-(3) 表面浮子の映像

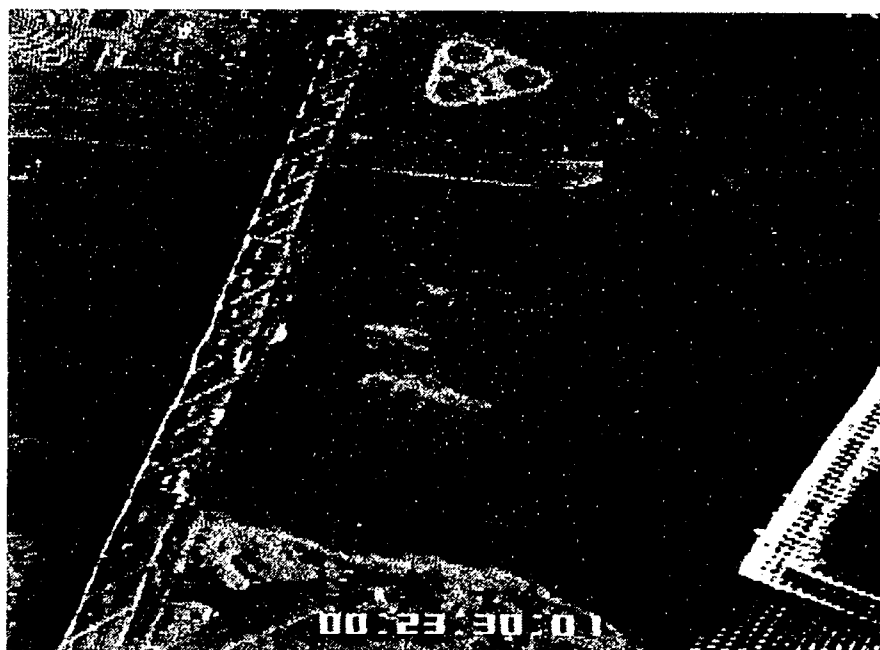
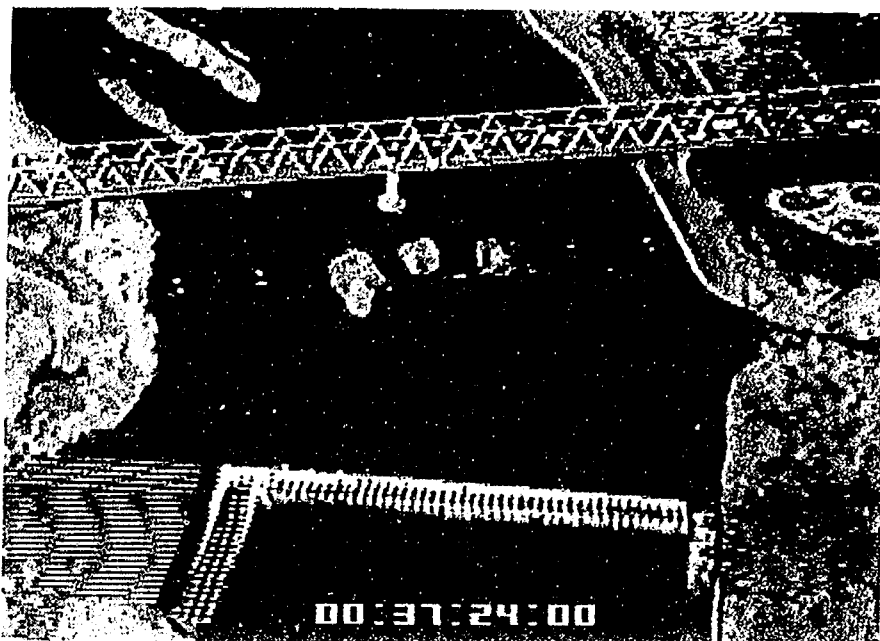
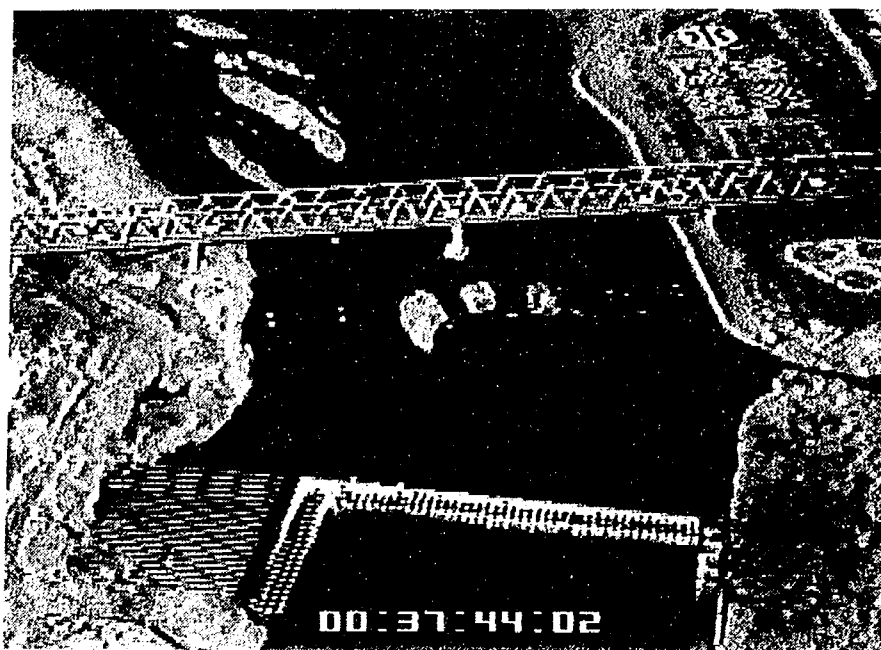


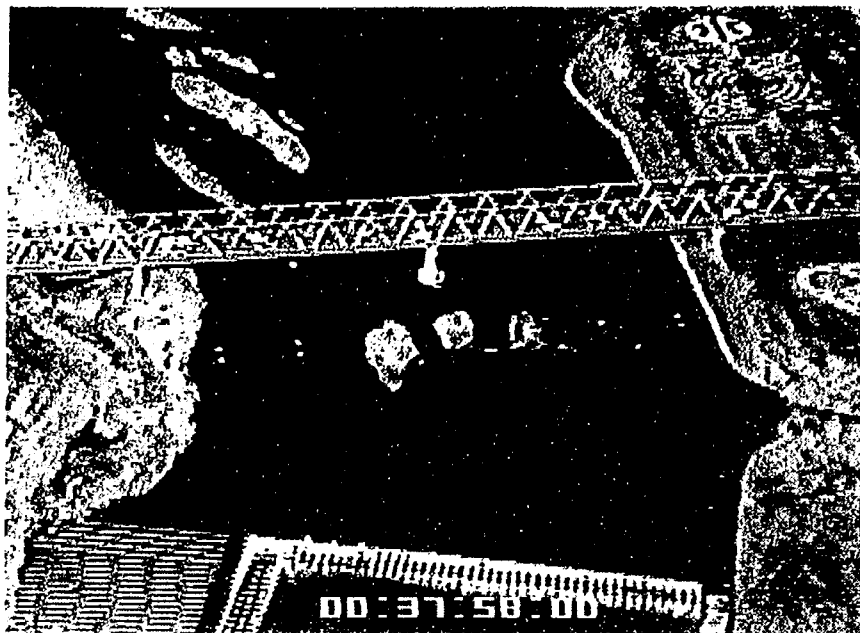
写真-6. 2(c)-(4) 表面浮子の映像



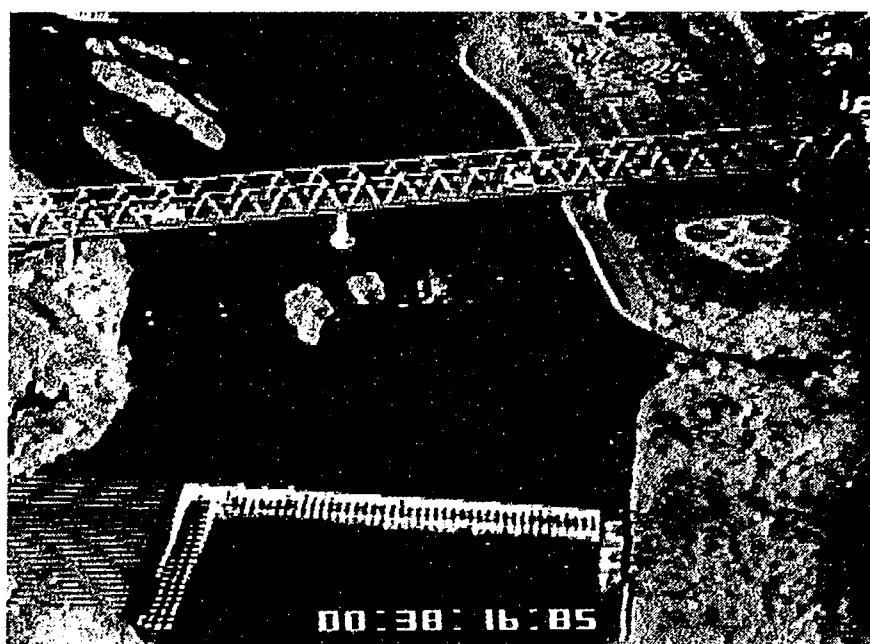
写真－6． 2(d)－(1) 表面浮子の映像



写真－6． 2(d)－(2) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 2 (d)－(3) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 2 (d)－(4) 表面浮子の映像

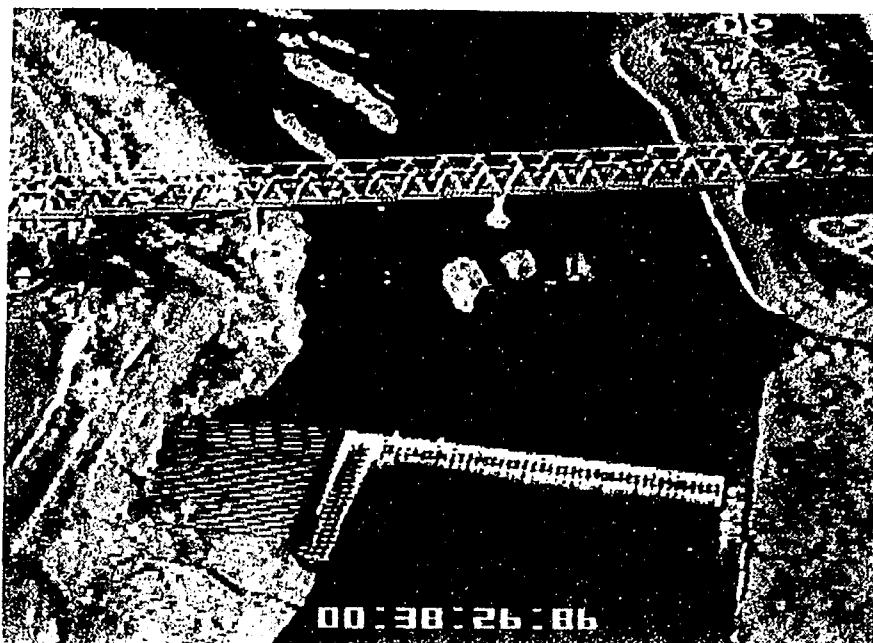


写真-6. 2(d)-(5) 表面浮子の映像

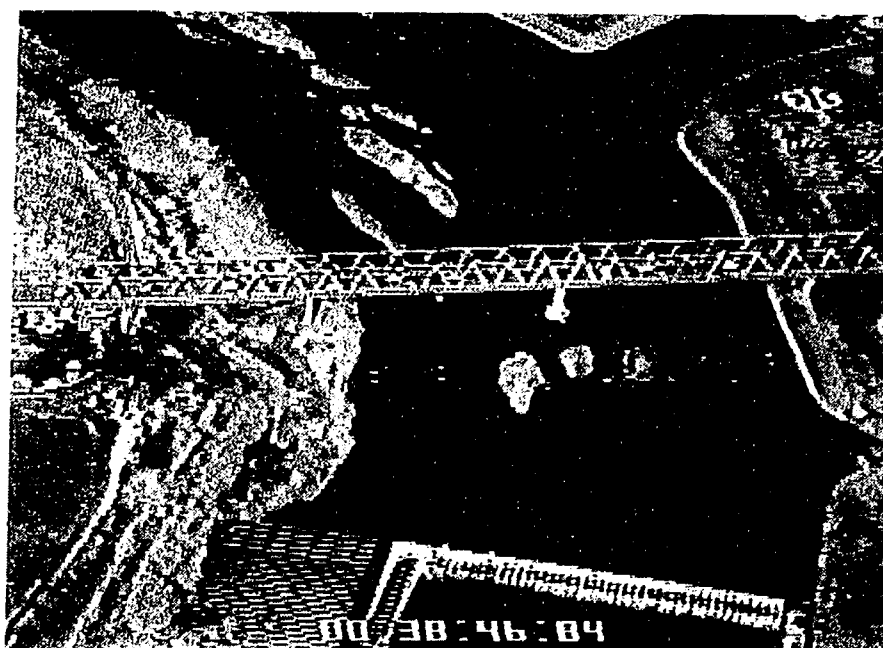


写真-6. 2(d)-(6) 表面浮子の映像

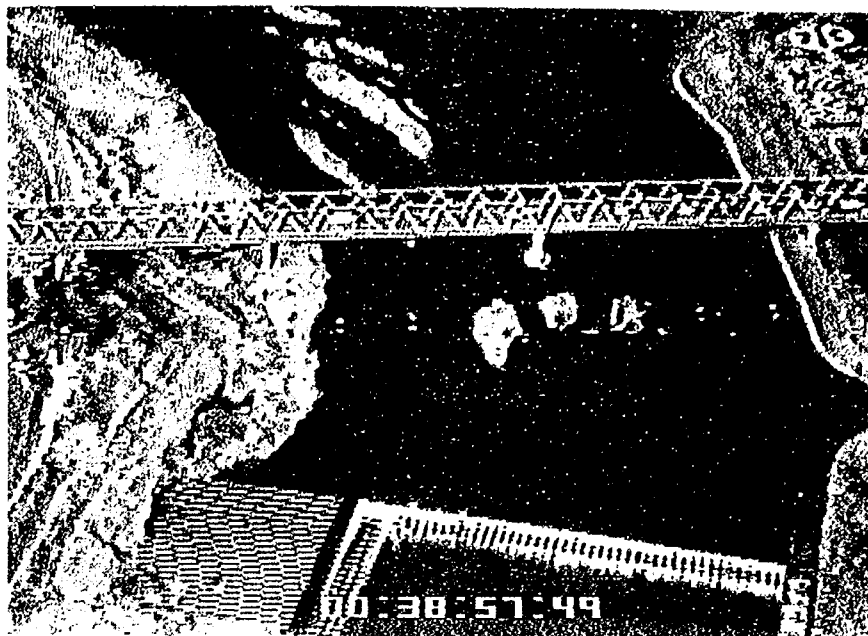


写真-6. 2(d)-(7) 表面浮子の映像

表-6. 6(a)-(1) 座標計算書 (鉛直撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	A	-257	- 99	0	0
	C	-175	109	0	800
	D	236	5	1300	800
	F	260	-100	1450	448
計 測 点	①	-161	- 93	259	103
基 準 点	A	-276	-146	0	0
	C	-194	73	0	800
	D	228	- 24	1300	800
	F	255	-134	1450	448
計 測 点	②	-182	-101	213	217
基 準 点	A	-286	-103	0	0
	C	-209	114	0	800
	D	215	16	1300	800
	F	242	- 91	1450	448
計 測 点	③	-193	- 37	191	289
基 準 点		-279	-118	235	97
	C	-264	97	0	800
	D	163	3	1300	800
	F	191	-106	1450	448
計 測 点	④	-245	- 22	207	411
基 準 点		-312	-129	235	97
	C	-294	96	0	800
	D	150	1	1300	800
	F	178	-112	1450	448
計 測 点	⑤	-272	3	177	510

表-6. 6(a)-(2) 座標計算書 (鉛直撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	1	-253	- 59	350	113
	C	-317	166	0	800
	D	136	73	1300	800
	B	126	-177	1450	0
計 測 点	⑥	-285	85	152	557
基 準 点	1	-274	18	350	113
	6	-299	58	253	221
	D	98	144	1300	800
	B	94	- 94	1450	0
計 測 点	⑦	-309	168	137	563
基 準 点	A	-304	- 96	0	0
	C	-159	100	0	800
	D	245	- 75	1300	800
	F	240	-191	1450	448
計 測 点	⑧	-138	59	131	697
基 準 点	A	- 83	- 75	0	0
	E	- 62	- 32	- 60	222
	D	291	-105	1300	800
	F	278	-183	1450	448
計 測 点	⑨	86	64	140	1009

表-6. 6(b)-(1) 座標計算書 (真横60° 撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	6	-273	142	253	221
	C	-101	155	0	800
	9	1	135	-13	1204
	15	-197	-144	1360	977
	D	-243	-120	1300	800
計 測 点	①	-302	126	355	160
基 準 点	E	-212	168	-60	222
	C	-67	117	0	800
	15	-165	-198	1360	977
	D	-215	-169	1300	800
計 測 点	②	-220	81	357	374
基 準 点	6	-287	112	253	221
	C	-107	119	0	800
	17	-148	-141	1110	1107
	D	-269	-167	1300	800
計 測 点	③	-229	73	359	489
基 準 点	E	-171	167	-60	222
	C	-31	113	0	800
	D	-179	-158	1300	800
	F	-303	-156	1450	448
計 測 点	④	-124	62	369	593
基 準 点	E	-187	144	-60	222
	C	-47	90	0	800
	D	-217	-192	1300	800
	12	-305	-95	1080	347
計 測 点	⑤	-127	32	343	658

表-6. 6(b)-(2) 座標計算書 (鉛直撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	4	-274	149	165	64
	C	-71	124	0	800
	10	47	86	16	1278
	17	-126	-134	1110	1107
	D	-246	-155	1300	800
計 測 点	⑥	-131	63	360	729
基 準 点	1	-269	145	350	113
	C	-53	157	0	800
	15	-178	-141	1360	977
	D	-224	-112	1300	800
計 測 点	⑦	-88	90	385	826
基 準 点	6	-274	158	253	221
	C	-99	159	0	800
	10	13	123	16	1278
	15	-234	-136	1360	977
	D	-273	-110	1300	800
計 測 点	⑧	-88	74	370	1024

表-6. 6(c) 座標計算書 (真横45° 撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	A	- 64	164	0	0
	E	44	156	- 60	222
	C	303	81	0	800
	14	-184	-194	1267	387
計 測 点	①	- 92	100	256	64
基 準 点	A	- 52	73	0	0
	E	54	66	- 60	222
	C	312	- 16	0	800
	1	- 77	- 25	350	113
計 測 点	②	53	6	132	318
基 準 点	4	- 38	98	165	64
	E	41	130	- 60	222
	C	225	73	0	800
	D	39	-173	1300	800
	13	-133	-122	1279	339
計 測 点	③	105	82	97	480
基 準 点	4	- 16	131	0	0
	E	61	124	- 60	222
	C	245	68	0	800
	D	62	-179	1300	800
	13	-108	-131	1279	339
計 測 点	④	169	67	99	610

表-6. 6(a)-(1) 座標計算書 (正面60° 撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	13	-233	31	1279	339
	15	-283	-70	1360	977
	4	147	63	165	64
	9	218	-132	-13	1204
計 測 点	①	198	-24	28	602
基 準 点	13	-161	9	1279	339
	15	-210	-78	1360	977
	4	169	31	165	64
	10	218	-147	16	1278
計 測 点	②	205	-55	49	688
基 準 点	13	-200	-19	1279	339
	15	-258	-121	1360	977
	4	176	4	165	64
	9	229	-197	-13	1204
計 測 点	③	215	-107	35	723
基 準 点	13	-254	11	1279	339
	15	-306	-81	1360	977
	4	88	41	165	64
	10	142	-144	16	1278
計 測 点	④	129	-72	45	847
基 準 点	13	-119	36	1279	339
	15	-165	-44	1360	977
	4	194	52	165	64
	C	243	-45	0	800
計 測 点	⑤	227	-63	53	935

表-6. 6(a)-(2) 座標計算書 (正面60° 撮影)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	13	- 79	-- 23	1279	339
	15	-127	--110	1360	977
	4	240	- 8	165	64
	9	287	-189	- 13	1204
計 測 点	⑥	269	-154	45	1010
基 準 点	13	-102	0	1279	339
	15	-159	- 94	1360	977
	4	253	13	165	64
	9	293	-184	- 13	1204
計 測 点	⑦	278	-154	36	1052

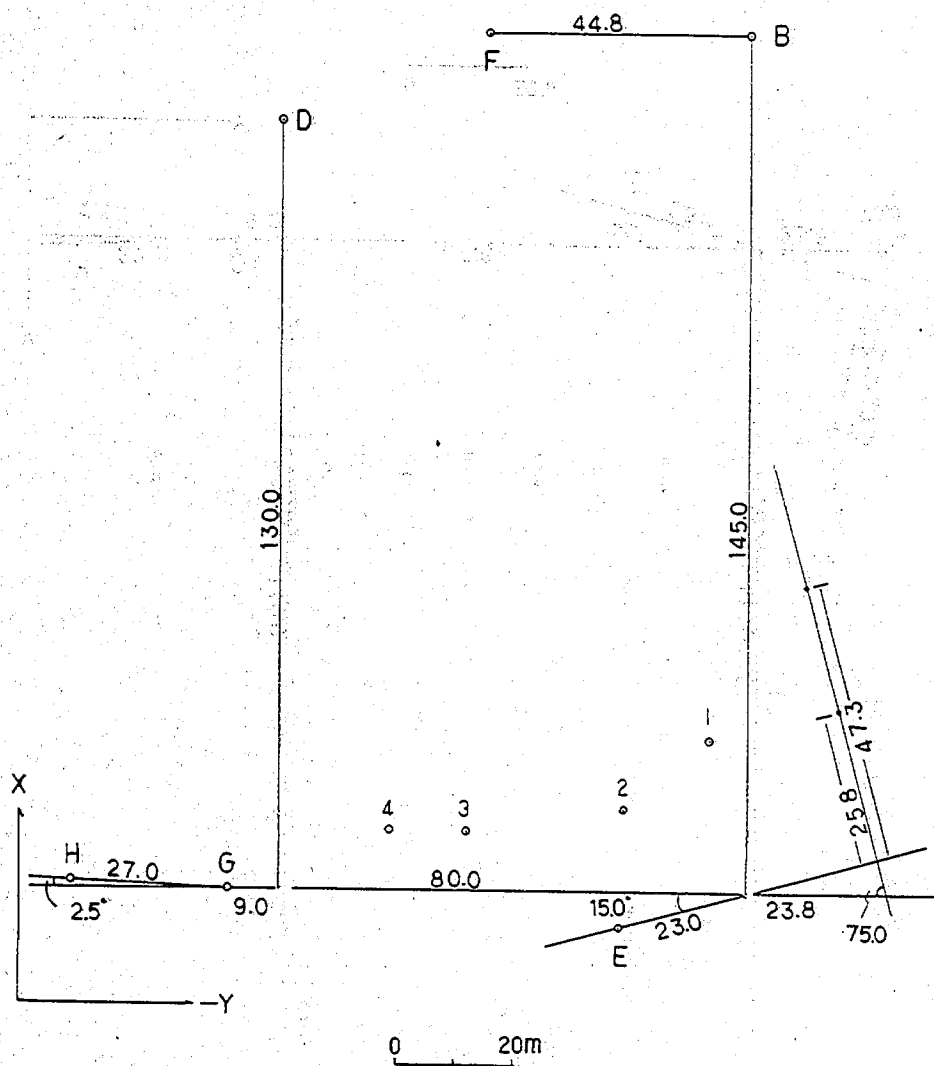


図-6. 8(c) 計画点プロット図 真横撮影(45°)

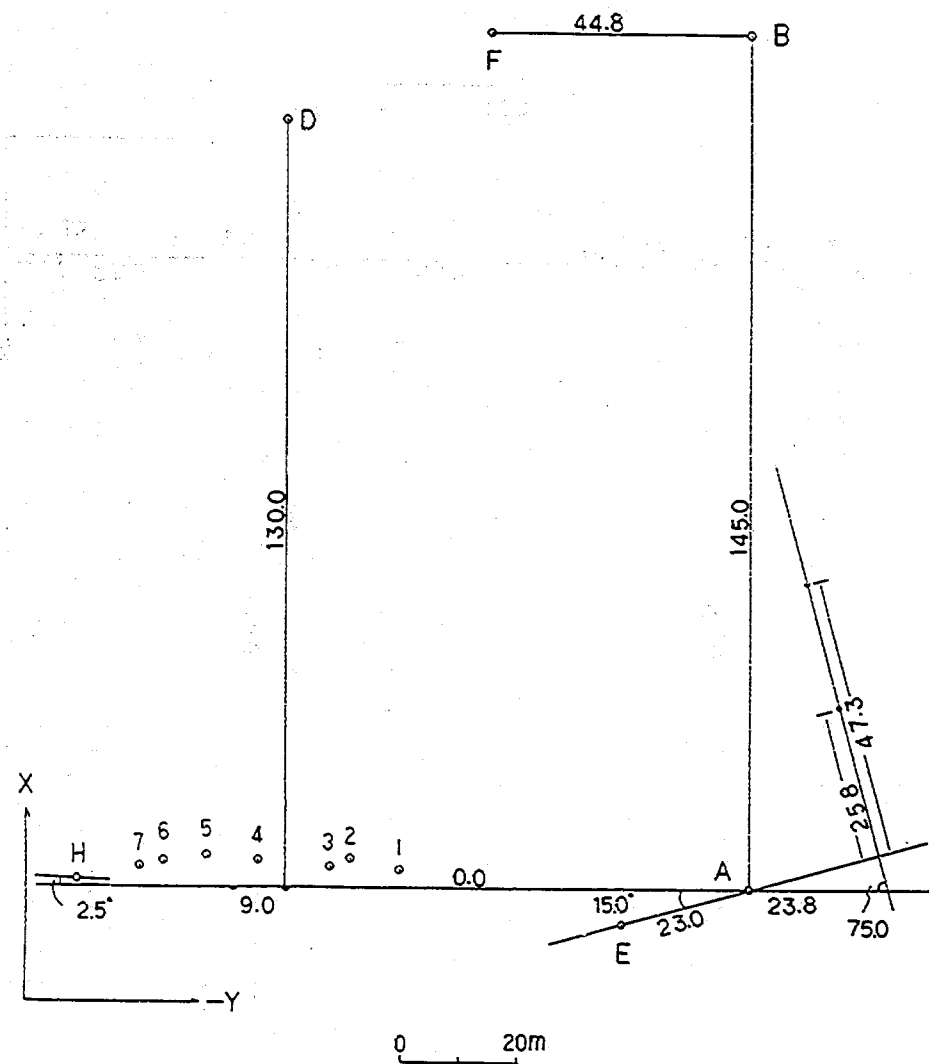


図-6. 8(d) 計画点プロット図 正面撮影

表-6. 7(a) 流速計算書 (垂直撮影)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m/s	流速 V m/s
1	03:54:98				
		14:55	12.293	0.845	0.744
2	04:09:53				
		11:57	7.529	0.650	0.553
3	04:21:10				
		19:89	12.304	0.619	0.526
4	04:40:99				
		29:09	10.345	0.356	0.303
5	05:10:08				
		18:01	5.324	0.296	0.252
6	05:28:09				
		12:65	1.616	0.128	0.109
7	05:40:74				
		44:20	13.413	0.303	0.258
8	06:24:94				
		61:82	31.213	0.505	0.429
9	07:26:76				
		:	.	.	($\bar{V}$ = 0.397)
10	: :				

表-6. 7(b) 流速計算書 (真横60° 撮影)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m/s	流速 V m/s
1	14:00:01				
		20:02	21.401	1.069	0.909
2	14:20:03				
		19:98	11.502	0.576	0.490
3	14:40:01				
		20:02	10.448	0.522	0.444
4	15:00:03				
		19:98	7.001	0.350	0.298
5	15:20:01				
		19:99	7.301	0.365	0.310
6	15:40:00				
		20:01	10.017	0.501	0.426
7	16:00:01				
		19:99	19.57	0.993	0.844
8	16:20:00				
		:	.	.	($\bar{V}$ = 0.532)
9	: :				
		:	.	.	
10	: :				

表-6. 7(c) 流速計算書 (真横45° 撮影)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m/s	流速 V m/s
1	22:00:00				
		30:02	28.265	0.942	0.801
2	22:30:02				
		30:00	16.574	0.552	0.469
3	23:00:02				
		29:99	13.002	0.434	0.369
4	23:30:01				($\bar{V}$ = 0.549)
5	: :	:	.	.	.
6	: :	:	.	.	.
7	: :	:	.	.	.
8	: :	:	.	.	.
9	: :	:	.	.	.
10	: :	:	.	.	.

表-6. 7(a) 流速計算書 (正面60° 撮影)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m/s	流速 V m/s
1	37:24:00				
		20:02	8.853	0.442	0.376
2	37:44:02				
		13:98	3.770	0.270	0.230
3	37:58:00				
		18:85	12.440	0.660	0.561
4	38:16:85				
		10:01	8.836	0.883	0.751
5	38:26:86				
		19:98	7.543	0.378	0.321
6	38:46:84				
		10:65	4.295	0.403	0.343
7	38:57:49				($\bar{V}$ = 0.430)
8	: :	:	.	.	.
9	: :	:	.	.	.
10	: :	:	.	.	.

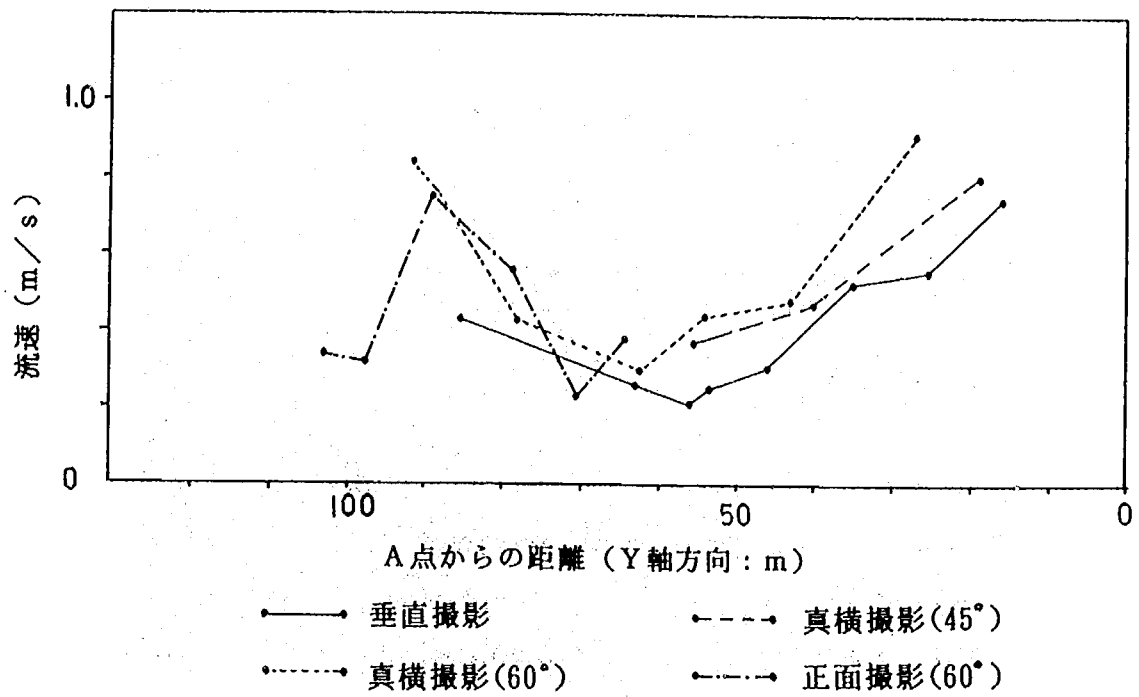


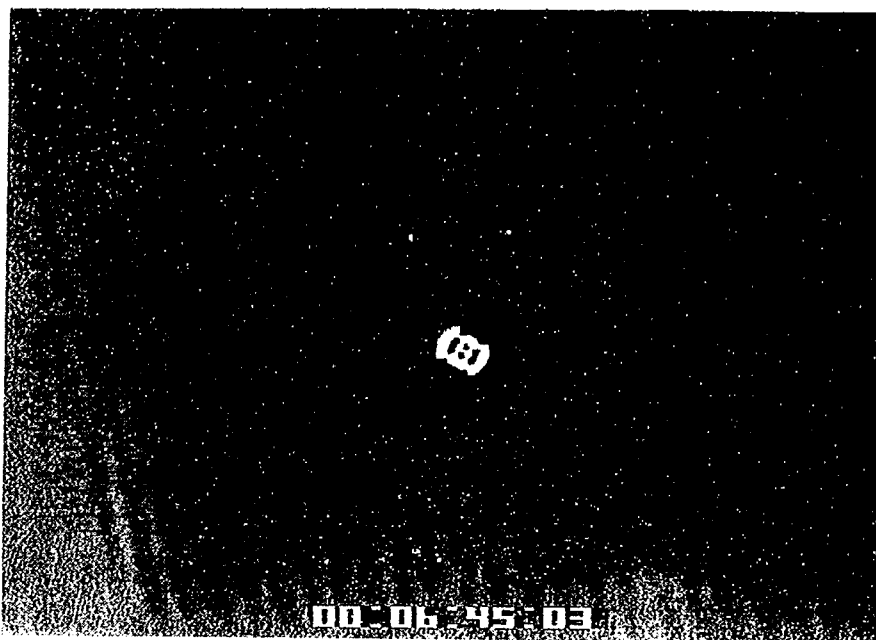
図-6.9 Y軸に沿う流速分布

表-6.8 区間別流速分布

単位 : m/s

区 間	鉛 直	真横60°	真横45°	正面60°	実 測	
					浮 子	表 面
0~40m	0.608	0.909	0.801	—	—	—
40~80m	0.231	0.394	0.419	0.389	—	—
80m以上	0.429	0.844	—	0.472	—	—
0~80m	0.392	0.480	0.546	0.389	0.415	0.435

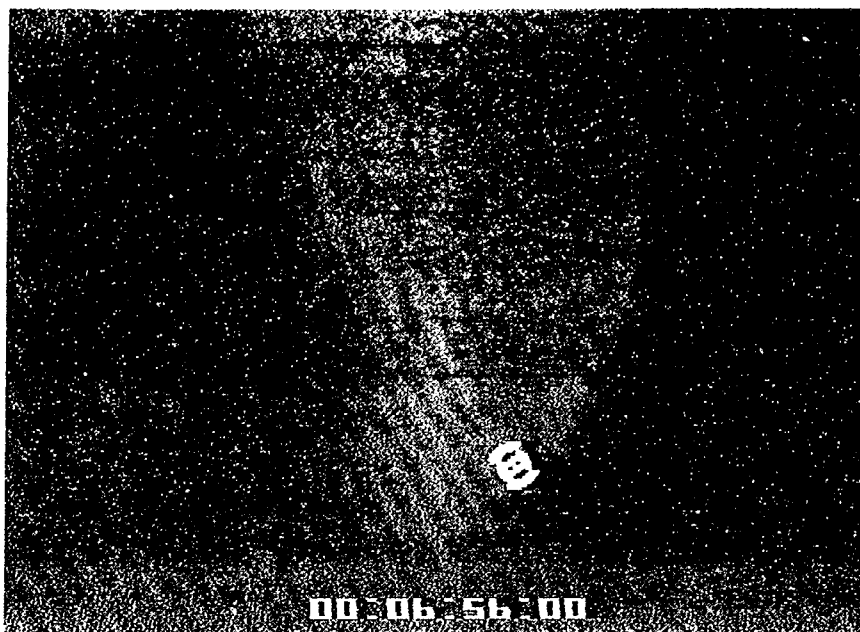
区間内の計測点の平均



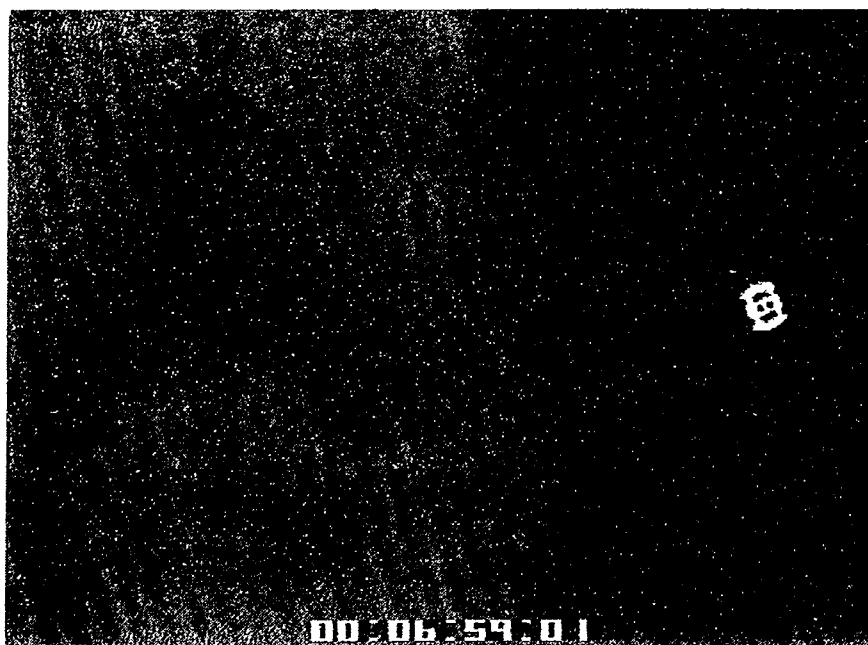
写真－6．3(1) 表面浮子の映像



写真－6．3(2) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 3 (3) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 3 (4) 表面浮子の映像

表-6.9 座標計算書 (浮子基準)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	浮 子	- 6	1	0	45
	"	19	- 11	45	0
	"	1	- 34	0	- 45
	"	- 25	- 22	- 45	0
計 測 点	①	- 1	- 17	3	- 2
	②	132	107	380	269
基 準 点	浮 子	52	- 82	0	45
	"	70	-103	45	0
	"	38	-118	0	- 45
	"	24	- 98	- 45	0
計 測 点	③	47	-101	4	- 1
	④	249	23	172	203

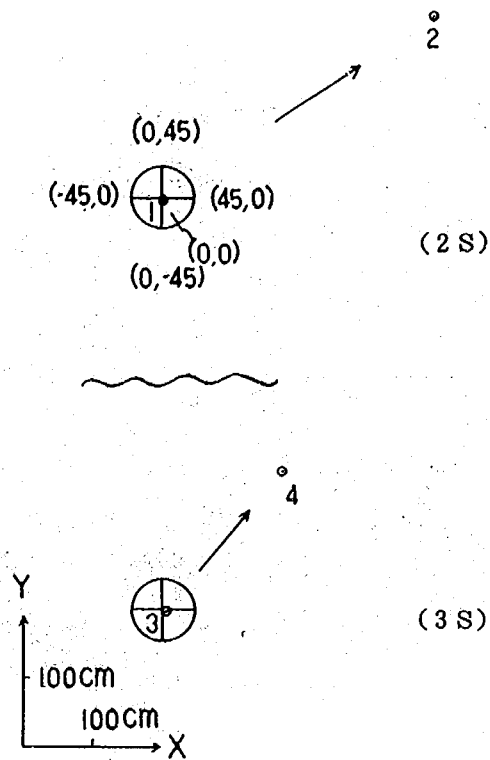


図-6.10 計測点プロット図 浮子基準

表-6.10 流速計算書 (浮子基準)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m/s	流速 V m/s
1	06:45:03				
2	06:47:03	2:00	4.643	2.322	1.974
3	06:56:00				
4	06:59:01	3:01	2.643	0.878	0.746
5	: :				($\bar{V} = 1.360$)
6	: :				
7	: :				
8	: :				
9	: :				
10	: :				

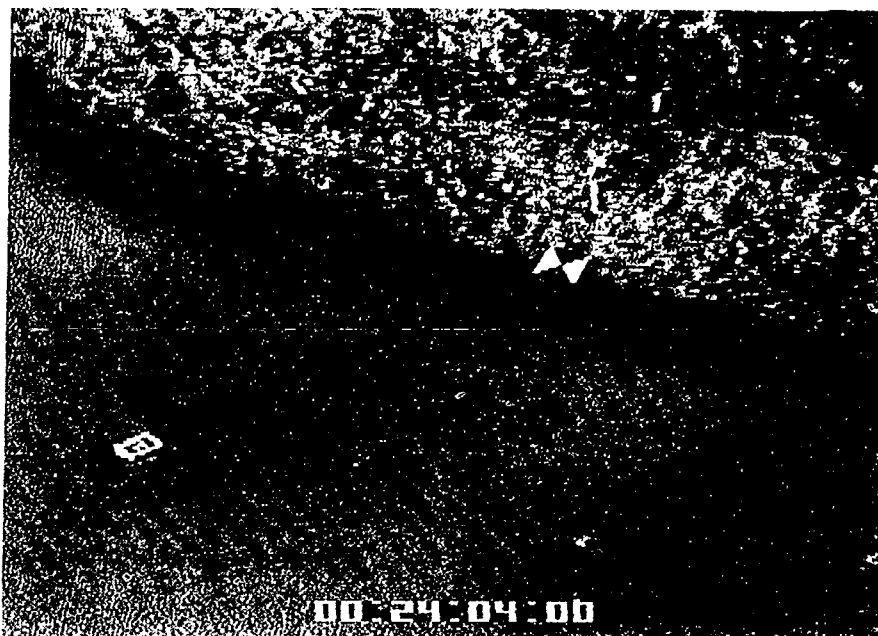


写真- 6 . 4 (1) 表面浮子の映像

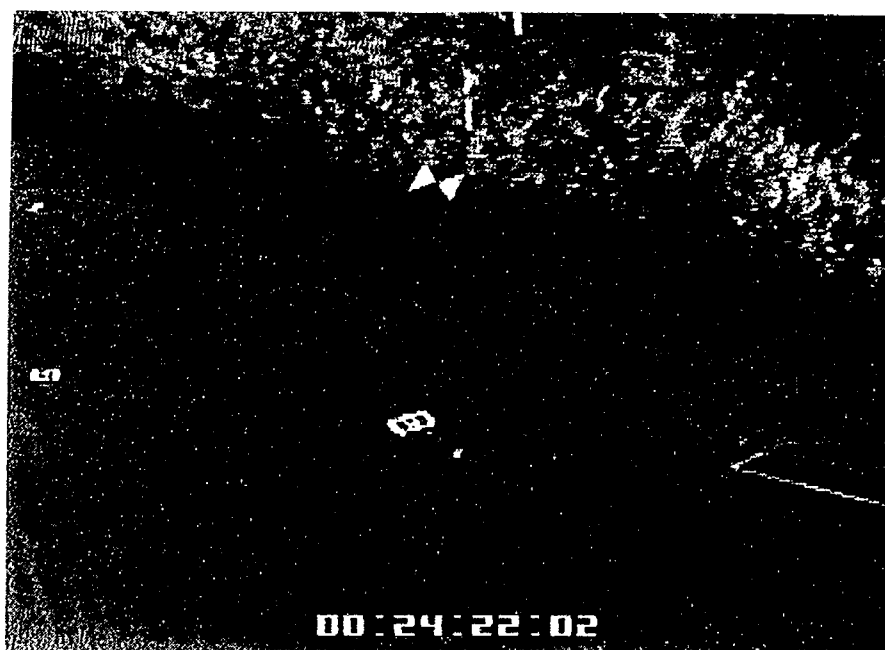


写真-- 6 . 4 (2) 表面浮子の映像



写真－ 6 . 4 (3) 表面浮子の映像

表-6.11 座標計算書 (対空標識基準)

	地 点	画 面 座 標		実 座 標	
		X	Y	X	Y
基 準 点	対空標識	54	34	0	0
	"	74	55	0	90
	"	107	48	90	90
	"	91	26	90	0
計 測 点	①	-263	- 86	-229	-332
基 準 点	対空標識	- 54	97	0	0
	"	- 38	118	0	90
	"	- 3	112	90	90
	"	- 15	91	90	0
計 測 点	②	- 44	- 60	169	-351
基 準 点	対空標識	-256	111	0	0
	"	-239	133	0	90
	"	-205	126	90	90
	"	-219	104	90	0
計 測 点	③	-152	- 60	376	-386

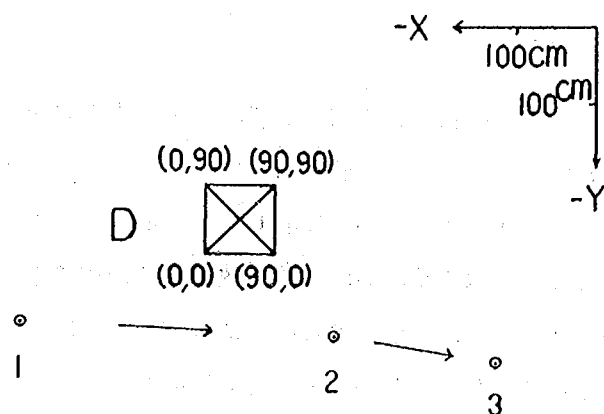


図-6.11 計測点プロット図 対空標識基準

表-6.12 流速計算書 (対空標識基準)

地点 No.	時刻 分 秒	時間 秒	距離 m	流速 V_0 m / s	流速 V m / s
1	24:04:00				
		18:02	3.985	0.221	0.188
2	24:22:02				
		4:00	2.099	0.525	0.446
3	24:26:02				
		:	.	.	($\bar{V} = 0.317$)
4	: :				
		:	.	.	.
5	: :				
		:	.	.	.
6	: :				
		:	.	.	.
7	: :				
		:	.	.	.
8	: :				
		:	.	.	.
9	: :				
		:	.	.	.
10	: :				
		:	.	.	.

おわりに

本研究によって、水害時における情報収集手法として、画像情報の収集手法について、その特徴及び適用性について調査した。また、ビデオの斜め映像については、その有用性が高いことから、これを解析し、簡単な測量を行うためのシステムについて作成した。このシステムをもちいることによって、専門的な機材や熟練を要することなく、水害時における第1報として使用できる程度の精度を確保しながら計測できることなどが分かった。また、流域内の目標物について、特に河道沿いなどに、斜め映像にも利用可能な航空標識を設置することが望ましいことなどを指摘した。

参 考 文 献

- 1) 日本写真測量学会編：写真による三次元測定、共立出版、1983
- 2) 長坂、小野、渡辺、小山：現代テレビ放送技術、オーム社、1989
- 3) 久保田、浮田、會田：光学技術ハンドブック、朝倉書店、1968

水害時における斜め映像の解析に関する研究

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3097号

平成4年3月 (1992)

総合治水研究室 吉 本 俊 裕
笛 田 俊 治
池 田 幸 徳

要 旨

本資料は、水害時における画像情報の有用性について、撮影機材および撮影方向について整理したうえで、特に有用性が高いと考えられる斜めビデオ映像の解析手法について、特殊な機材や熟練を要しないシステムを作成し、その適用性について検討した。

キーワード：水害、ビデオ映像、斜め映像



郵便はがき

3 0 5 - □ □

切手を
はって
下さい

建設省土木研究所

河川部総合治水研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第3097号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印