

建設省土木研究所 ○ 正員 坂野 章
東京工業大学 土木工学科 正員 石川忠晴
宇都宮大学 土木工学科 正員 須賀亮三

I. はじめに.

最近“画像解析”が種々の分野でブームになりつつある。画像情報の特徴は、言うまでもなく、モノの画的な広がりや運動が一挙に把握できる点にある。しかし情報量があまりに多くなると解析用の装置が普及していなかったことによって、従来はとどめて定性的な情報として活用するにとどまっていた。しかし近年になって小型計算機や、これに接続される安価の解析用装置が普及され、画像を数理解析して定量的な情報として活用しようとする動きが出て来ている。筆者らは、大型の水理模型実験における人海戦術的な測定手法に不便を感じていたため、ビデオ装置を用いた画像解析手法を思い立ち、昨年より準備を進めた。丁度その頃の昭和57年8月に利根川に戦後オ3位という大洪水が来襲した。現地の洪水を見るということは滅多に無い貴重な機会であるためその状況をなんとか記録しようと思いとりあえずビデオカメラを肩に現地へ向かった。撮影は江戸川への分岐点である関宿付近の洪水ビフ時を狙った。撮影中に洪水表面のゴミや泡を見るうち、開発中の手法を修正・応用して解析することになった。以下に紹介する筆者らの手法は、地上から斜めに撮影されたビデオ画像を用いて航空写真解析と同様のことを行おうとするものである。その精度は航空写真解析より大分落ちるが、反面次のような特長をわっている。①、地上から撮影するので航空写真撮影ほどの気象の影響は受けない。②、費用の面で航空写真解析より有利である。③ 写真と異なり時間的な変化をとらえやすい。

II. 解析の原理

1). 基本式

ビデオカメラの姿勢を固定して撮影した特定のビデオ画像係を用いれば、撮影された物体の存在する方向と画面上の位置とは一対一に対応する。つまり

$$\varphi = f(X, Y | f, \gamma, \omega, \alpha) \text{ ----- (1)}$$

$$\psi = g(X, Y | f, \gamma, \omega, \alpha) \text{ ----- (2)}$$

の関係が成立する。ここに X, Y = 目標物の画面上の座標, φ, ψ = 目標物の水平角、俯角, γ, ω, α = カメラの姿勢 (γ = レンズ軸線の水平方向角, ω = レンズ軸線の俯角, α = レンズ軸線まわりの画面回転角) f = 画面スケールに対する仮想焦点距離である。また両者を結びつける関係式を導こう。式を簡略化するためにカメラの姿勢の γ と α を 0 とすると、目標物の方向角 (φ, ψ) と画面座標 (X, Y) は図-1 に示すような関係にある。従って ω は次式で求められる。

$$\tan \omega = \frac{y_h}{f} \text{ ----- (3)}$$

一方目標物の画像を P 点とすると、 φ, ψ は次式で求められる。

$$\tan \varphi = \frac{DB}{OD} = \frac{X}{\sqrt{f^2 + y_h^2} - (f_h - y) \sin \omega} \text{ ----- (4)}$$

$$\tan \psi = \frac{BP}{OB} = \frac{(f_h - y) \cos \omega}{\sqrt{f^2 + X^2 + y^2} - (f_h - y)^2 \cos^2 \omega} \text{ ----- (5)}$$

以上の式は $\gamma = 0, \alpha = 0$ の場合である。 $\gamma \neq 0$ の場合には、

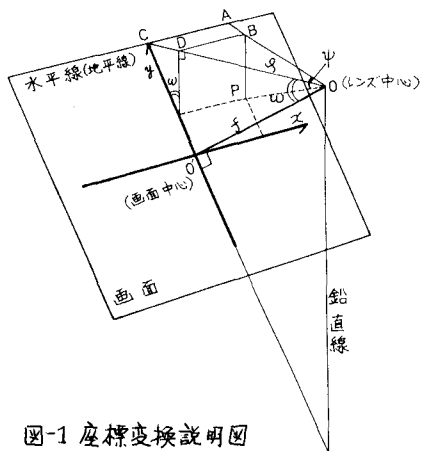


図-1 座標変換説明図

$\varphi = \varphi - \delta$ に置き換えればよい。また $\alpha \neq 0$ の場合には次式により画面座標を変換すればよい。

$$x = X \cos \alpha + Y \sin \alpha \text{ ----- (6)}$$

$$y = Y \cos \alpha - X \sin \alpha \text{ ----- (7)}$$

ここに (X, Y) は傾いている原画面での座標値、 (x, y) は傾きを補正した後の座標値である。

2) パラメータ $(f, \delta, \alpha, \omega)$ の求め方

画面内に入る2物体A, Bの方向角が既知であるとするとき、

$$\left. \begin{aligned} \varphi_A &= f(X_A, Y_A | f, \delta, \alpha, \omega) & \psi_A &= g(X_A, Y_A | f, \delta, \alpha, \omega) \\ \varphi_B &= f(X_B, Y_B | f, \delta, \alpha, \omega) & \psi_B &= g(X_B, Y_B | f, \delta, \alpha, \omega) \end{aligned} \right\} \text{--- (8)}$$

この4式を連立して解くことによって4つのパラメータを同定できる。そこで実際の撮影時には、トランシットをカメラの横に据え対岸の鉄塔や建物の角などの方向角を測定した。

3) 流向、流速の求め方

画面に撮られた洪水表面のゴミや泥の時々刻々の画面座標を計測し、前記の式を用いて方向角を求める。それからその平面位置を算出する。その際にはビデオカメラを基準として水位を知らなければならぬ。水位は次式によって求められる。

$$DA = -LA \tan \varphi_A \text{ ----- (9)}$$

ここに LA は目標物の方向の水際点までの距離、 φ_A はA方向の水際点の水位、 φ_A はA方向の水際点の俯角である。以上の準備の後に洪水流表面のゴミ、泥などの俯角 ψ を求めれば(9)式から距離 L が求まるために、 (L, φ) より平面図上にその位置をプロットできるわけである。

Ⅲ、実測例

図-2は、江戸川流頭部(関宿)での実測例である。図中の線が洪水表面のゴミや流木の軌跡であり、赤字は追跡した時間を示している。カメラから離れているほど誤差が大きき軌跡がギザギザしているが平均的に線を入れれば流れの方向は十分推定できる。図-2から速度ベクトルを求めると図-3となる。一方現地の航空測量結果として図-4に速度ベクトル図を示したが、ほぼ同様の値を示していることがわかる。

Ⅳ、おわりに

解析精度を向上させるには、カメラの設置位置とアングルが重要である。今回の観測はその点準備が整っていたため、必ずしも十分な結果が得られた。またゴミや泥の多い洪水増水期が観測に有利である。(今回は減水期に入っていた。) 次回の洪水期にはあらかじめ観測地点を選定しておき、且つ増水期をとらえるようにしたいと考えている。

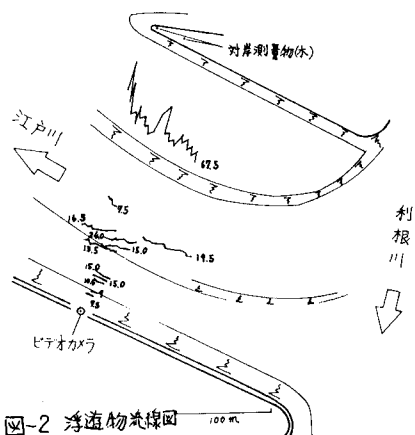


図-2 浮遊物流線図

