

IV-219

熱映像による河川表面流速測定手法の研究

アジア航測(株) 成ヶ沢憲太郎(正会員),
五味謙隆, 小宮謙
建設省岩手工事事務所 藤澤寛, 中村巖, 工藤勝

1. はじめに

河川の平水時及び洪水時の流速測定は、一般的には流速計や浮子により行なわれている。流速計や浮子による測定は、(1)測定現場に人が行かねばならず、場合によっては危険を伴うこと、(2)一回の測定に1時間から2時間(川幅による)を要すること、(3)浮子の場合は橋などの浮子投下の場所や、投下施設があること、(4)流速計の場合は舟による測定が可能なこと等の制限により測定頻度、洪水測定等に不便があった。また、洪水は一度起こると2、3日は続きそのうち半分は夜間となるため洪水の流速調査や監視には支障となっていた。

2. リモートセンシングによる方法

そこで、(1)夜間も流速測定と監視ができること、(2)無人で常時監視ができること、(3)オンラインで事務所にデータを転送できること等の条件を満たす方法が調査され、リモートセンシングを利用する方法が検討された。その結果、熱映像(サーマルスキャナ)を利用すれば、以上の条件をほとんどクリアできる可能性がある事が分かったので実験を行なった。

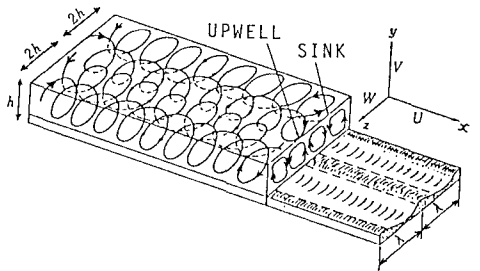


図1. 螺旋流模式図(木下, 1967)

3. 新しい測定の方法

河川は図1に示すように並列螺旋流(縦渦)、或いはこれに類似した構造で流れており、渦の発生と消滅を繰り返している。この渦の規模は水深に相当するといわれている。洪水時にはこの湧き上がりによって、多くの泡が発生するため更に渦が明瞭になる。この渦の移動量から流向や流速などの流況を測定するのがあたらしい原理である。すなわち図2に示すように、 t_0 秒から t_1 秒間に移動した渦の距離 l から流速 V を求める方法である。移動距離の測定方法は、写真1に示すように位置関係が明確な標定点が入るようにカメラ等のセンサを固定し、 t_0 秒から t_1 秒に撮影を行なう。この2つの画像を単写真測量の手法により解析することにより、流向・流速が求められる。

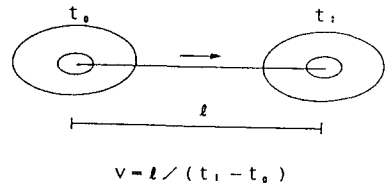


図2. 渦バタンの移動による流速測定概念図
V: 流速. l: 移動距離. t_0, t_1 : 測定時間

4. 熱映像による撮影の原理

図3は水面でのフレネル反射を示すもので、水面を入射角 85° で見た場合60%程度は鏡面反射になることを示している。これは熱赤外線について表わすと式(1)ようになる。

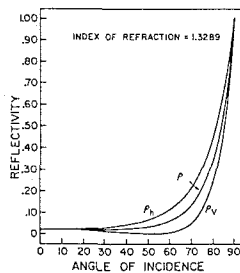


図3. フレネル反射

h: 水平偏波.
v: 垂直偏波.

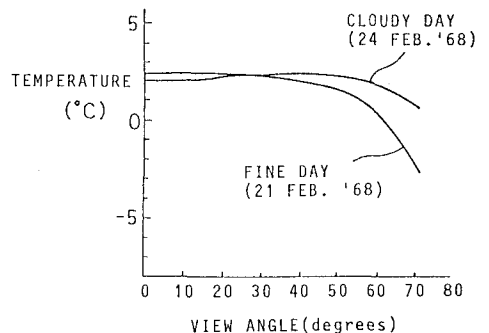


図4. 放射温度計の観測角度による水温のみかけ温度の変化(木村他, 1969)

$$R = \epsilon \sigma T_w^4 + \rho R_a \dots\dots\dots (1)$$

R : 熱映像装置に入る放射

ϵ : 放射率

σ : Stefan-Boltzmann定数

ρ : フレネル反射率

T_w : 水温 (° K)

R_a : 天空または対岸の放射

例えば、入射角85°で斜めから熱映像装置により水温を測定すると、水面からの熱放射は40%、鏡面反射による天空や対岸の熱放射は60%となり、水温よりも天空や対岸の温度に近くなる。

図4は水面の放射温度の角度によるみかけ温度の変化の例である。

このような現象は、水面が渦や乱流により乱れたパターンを持っている場合、パターンによって水面の微小な傾斜が異なるため水面形がみかけ上の温度差を持つようになり、熱映像装置に温度分布として捉えられることにより説明される。

5. 実験結果

実験は熱映像装置、計測用カメラ、TVカメラを用い、同時に浮子観測を行なって実施した。撮影は、写真1に示すように川の兩岸に基準点を設置して実施した。写真2は夜間に川岸から熱映像により渦を撮影した連続写真である。左の写真と2秒後に撮影した右の写真を比較すると、量水標の上流側にあった [1] の渦が2秒後には量水標の下流側まで移動していることがわかる。この実験から、渦のできている所と無い所では表面の形態が異なるため、みかけの熱の放射率が異なり、結果として温度差として捉えられることがわかる。熱映像ではビデオ画像として連続再生できるため、不明瞭な渦もその移動の様子がはっきり表われる。この手法によれば、容易に多くの渦を測定できるので、1分間程度の撮影で浮子観測に相当するデータが得られる。

実験により測定された渦による流速と、浮子観測による流速の比較を図5に示す。浮子測定のパラツキを考えると良くあっているといえる。

今後、種々の角度から手法の精度検証を行なう予定である。

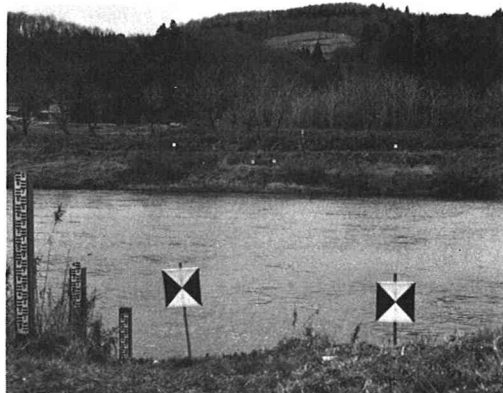


写真1. 河川兩岸の基準点設置状況

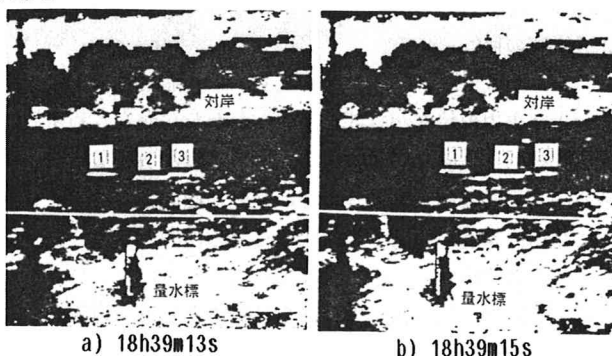


写真2. 熱映像でとらえた渦の移動

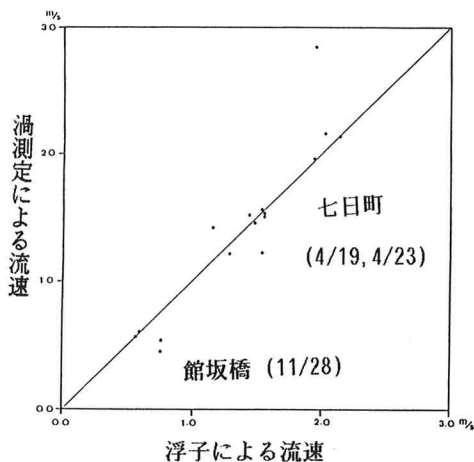


図5. 熱映像の渦測定による流速と浮子による流速の比較（1986年 4月，11月）