

# 電波流速計による洪水流量観測

山口高志\*・新里邦生\*\*

電波流速計は、橋上等から河川水面に向かって電波を発射し、その反射を受信し、ドップラー効果を利用して表面流速を求めるものである。本論は、2年にわたる融雪出水期を利用した現地観測等により、数点の表面流速値から相当の精度で流量を求めることが可能なこと、流向観測が可能なこと、 $H\sim Q$ のループ特性把握に有効なことなどがわかった。

**Key Words** : radio current-meter, surface velocity, flood discharge observation,  $H\sim Q$  loop, velocity vector

## 1. 目的および経緯

本論では、電波流速計を用いた洪水流量観測法について現地調査を主体に検討した結果を報告する。

河川での洪水流量観測は、他に適当な方法がないこともあって、長年にわたって棒浮子観測が、実施されて来た。これは、プライス等に代表される回転式流速計、あるいは電磁式流速計も含めて、水流の強さ、あるいはゴミ等のために、洪水中に長期にわたって設置できないことよっている。

しかし、浮子観測についても、投下後いつも同じ経路を流れるとは限らないことが大きな欠点である。流量観測は、通常橋梁下流で行われるが、ピアの後流域は、相当長く、浮子がこの後流域に入ると、測定に影響を及ぼす。これは、河岸付近についても、浮子が逆流するなど、実際に経験するところである。また、木下氏は、いつも浮子が流心の流れ、流量を過大評価すると指摘している<sup>1)</sup>。

さらに浮子は、観測員が投下することから、現場到着がおくれるため、洪水途中からしか観測できない、あるいはピークを取り逃す、橋梁が危険になると中止して撤退する、など有効なデータの取得に問題がある。また、テレメータ化されている雨量、水位に比して、すぐにオンラインデータにならないことも、前近代的といえる。

これまでに洪水流量観測を試みた例として、まず木下良作氏の航測を用いて、カメラン効果を利用した表面流速分布観測が有名であるが<sup>1), 2)</sup>、いつも航空機がとべるか、という問題がネックになる。加えてデータ処理を必要とするため、オンラインデータ化は今後の課題といえ

る。河川横断方向に設置されて、横断方向の平均流速を観測する超音波流速計<sup>3)</sup>も、低水、平水には、偉力を発揮するが、洪水になって浮遊物質濃度が大きくなると、音波は反射散乱されて、対岸にとどかず、観測不能になってしまう。あまり洪水向きとはいえない。

ほかに、河床底面から気泡を発生させ、この気泡が水深方向すべての点の流速の影響を受けて水面に達することから、その流下距離より流速を求める方法がある<sup>4)</sup>。低・平水時には、有効と考えられるが、洪水時には気泡の追跡に一工夫必要と考えられる。

このように考えて来ると、やはり、水中に観測機器をいれて測定する方法は、現状では無理なことが推測される。すなわち非接触な手法にたよらざるをえないと考えられる。

非接触な方法という、おのずと水表面から情報をとるということになるが、1つの方法として、水中からの渦の湧きあがりの移動に着目し、これを撮影、画像処理により流速を出そうというものがある<sup>5)</sup>。方法論的には有効と考えられるが、浮遊砂の少ない河川、あるいは、河川の大きな河川の観測方法などが原因と思われるが、実用化には到っていない。

電波流速計は、同様に非接触で、橋上等から、河川水面に電波を発射し、その反射を受けて、ドップラー周波数により、表面流速を測定するものである。相当正確に表面流速をとらえていることは用水路などを使って確かめられているが、情報量が表面流速だけというところにネックがあり、最近までは、あまり河川で用いられていなかった。

電波流速計は、どうしても非接触でなければならない砂防の分野で、15年ほど前から、同じ非接触の超音波水位計と併用されて利用され始めている。

本報では、電波流速計を洪水流量観測用に利用するべく、表面流速からの流量算出法について、現地観測デー

\* 正会員 工博 東京電機大学建設工学科、前(財)河川情報センター河川情報研究所  
(〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

\*\* 正会員 横河ウエザック(株)

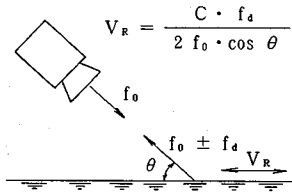


図-1 測定原理

**主な仕様**  
 周波数: 10.525GHz ± 15MHz  
 出力: 65mW ± 50%  
 アンテナ: φ0.3mφ径7777  
 測定範囲: 0.50~10.00m/s  
 分解能: 0.01m/s  
 計測距離: 1~30m

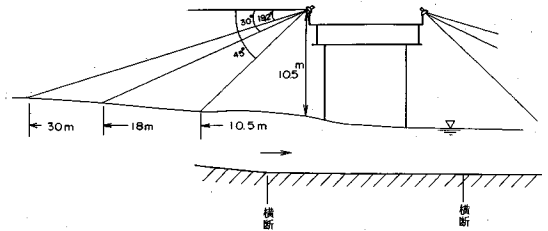


図-3 観測方法概念図

表-1 表面浮子との検証

	1回目	2回目	平均	流速
表面浮子	15.41 sec (3.24 m/s)	15.75 sec (3.17 m/s)	15.58 sec (3.21 m/s)	3.21 m/s
電波流速計	3.23 m/s			3.23 m/s

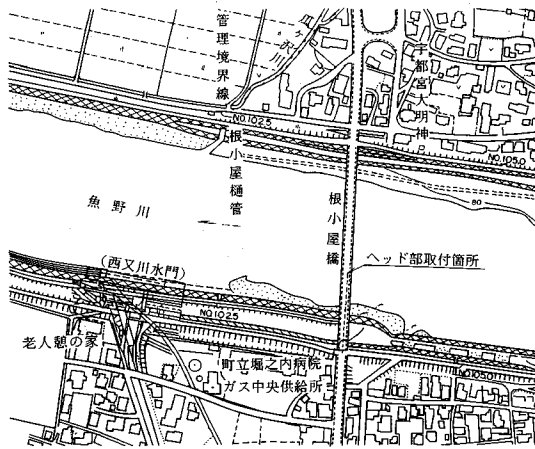


図-2 魚野川堀之内地点平面図



写真-1 電波流速計による観測

タをもとに検討を行った結果を報告する。また、電波流速計の効用、欠点等についてもまとめておく。

## 2. 理論的根拠

電波流速計の理論的根拠は、警察のスピード違反の取締りと同じ原理で、電波によるドップラー周波数を用いた表面流速測定である。具体には、橋梁等より俯角をもって電波を発射し、水面上の波からの反射を受け、その点の表面流速を測定するものである(図-1、 $V_R$ :表面流速、 $C$ :電波伝播速度、 $f_d$ :ドップラー周波数、 $f_0$ :発信周波数、 $\theta$ :俯角)。当初は、水分子の粒子速度と表面波の進行速度のどちらを測っているか、相当疑問があったのであるが、実測を重ねるうちに、前者を測っていることに確信がついて来た。参考までに1例:大井川の用水路でのデータを表-1に示す。

ただし、流速が小さく水面に波がないような場合には電波の反射がないためにデータがとれない。一般的に言えば表面流速が50 cm/s以下では、観測不能になる。

参考までに電波流速計は、10 GHz という波長の短い

電波を使用しているため、降雨(雪)よりの反射電波を受ける。事実データの取得に障害となった経験もある。しかし最近では、調整することによってあまり影響を受けないようになっている。

## 3. 現地観測の経緯と結果

### (1) 経緯および解析対象データ

信濃川水系魚野川堀之内地点(根小屋橋)では、1988年3月から電波流速計が1基設置され観測を開始した(図-2、横断面は図-10参照)。そのデータの活用をはかるべく、3月~4月の融雪出水を利用した現地調査が、1990~91年にわたって実施された。

1990年は、電波流速計がドップラー効果を利用しているため、上下流方向どちらでも計測できることから、上下流両方での観測、加えて俯角を45°、30°、19.2°と変えた場合、および橋が10°ほどスキューであることから、偏角を変えての観測(橋に直角方向および河川法線に平行な場合)など、パラエティをもって観測を実施した(延べ7日間、40ケース)。

観測の具体は、河幅約150mに対して、橋上に5m間隔に測点を設け、約30点で、可搬式電波流速計を欄干上を移動させながら表面流速の横断分布の観測を行った(図-3、写真-1)。橋の高欄高が水面から約10mなので、45°の場合10m前(後)方の表面流速を測定していることになる。

1991年の融雪出水時は、前年度の調査結果をうけて

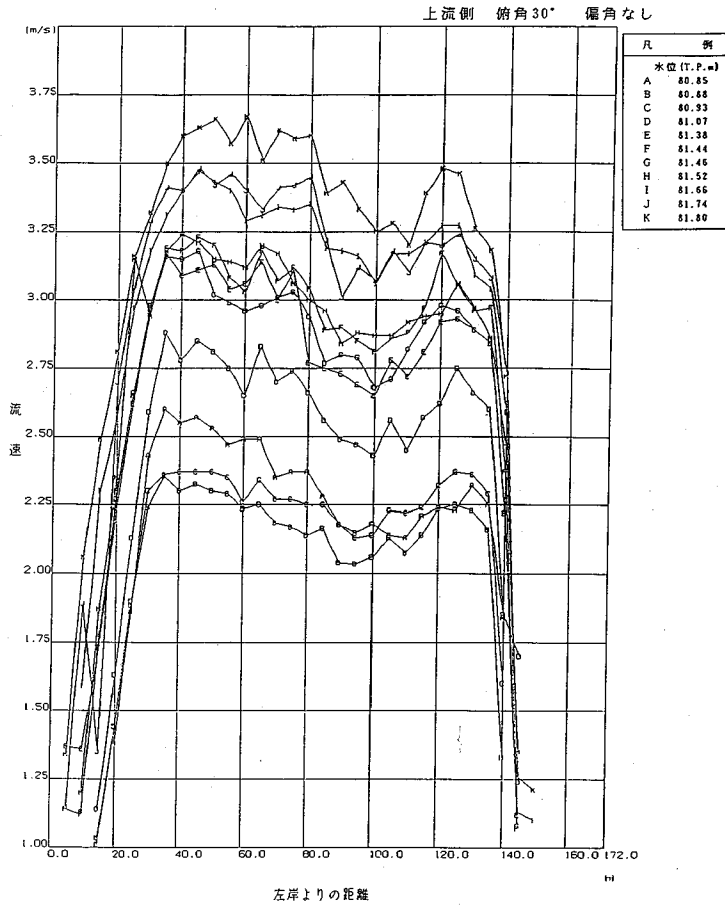


図-4 横断流速分布図

根小屋橋に電波流速計が4基追加されたので(都合5基, 上流向け俯角30°, 偏角10°), 調査の重点を, 上流側俯角30°に移し, 同様の調査を行った。

90~91年にわたる横断方向表面流速分布調査は, 延べ11日間, 53ケースにわたる。また, 上流向け, 30°の観測ケースは, 11ケースとなった。本報告は, 主にこの11ケースの結果の解析ということになるが, この他, 水面1点を橋上2ないし3点から, 観測した流速ベクトル調査, 都市河川下流でのH~Vのループ特性の観測事実等についても報告したい。

なお観測は, 横断方向30点の観測を, 平均して30分(1点移動を含めて1分)かけて実施したが, 融雪出水は, 相対として定常性が強く, 水位変化は0~6 cm/30分がほとんどで, それほどデータの同時性については, 気にならないと考えている。

(2) 観測結果

結果の1例として2年間53ケースの横断表面流速分布から, 前述のように上流向け俯角30°のもの11ケースを選び図示する(図-4)。水位序列に対する, 流速分

布の大きさの序列の関係は, AがB, Cより大きい, FがGより少し大きい, など一部矛盾があるが, 水位測定が量水標で目視していることもあって, 全体としては, ほぼ妥当な結果と言えよう。

図-4は, 橋上よりわれわれが観測した結果であるが, それとは別に橋梁のガーダーに電波流速計が4台, 左岸から15 m, 45 m (ほぼ流心), 90 m, 135 mの位置に据えつけてあり(その順に測点1~4), これらは, 5分毎に連続的にデータをとっている。91年度融雪出水期3月~5月の毎時データを, 水位をパラメータにしてプロットすると, 図-5が得られる。測点毎に固有の変化をすること, ほとんどの部分で,  $\Delta V=15 \text{ cm/s}$ の幅の中に入ること ( $V=3 \text{ m/s}$ とすると, 誤差は5%以下), 測点3が, 水位上昇とともに測点4を追い抜くこと, などが読み取れる。とくにこの部分では, 測点3の上昇がシャープで, 測点4が鈍化しており, 大きな流況の変化が推定できる。すなわち, 測点3は, 川の中央部にあたり(図-10横断図参照), 右岸の流れが強かったのが水位の上昇とともに, 中央部の直進性が強くなったものと

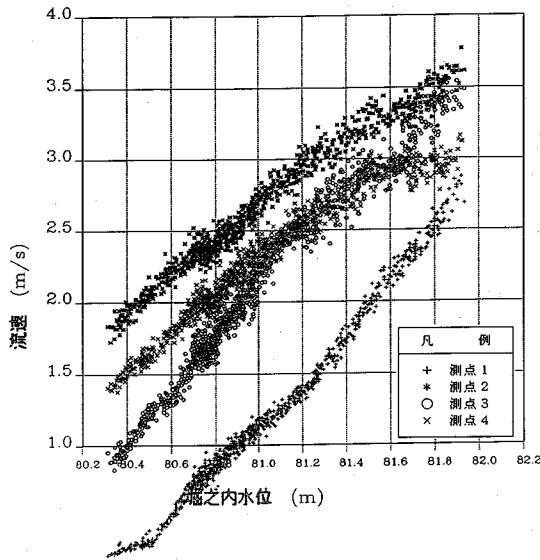


図-5 現地  $H \sim V$  (3月15日~5月18日)

思われる。しかし、この水位までではまだ測点2 (左岸) が最大である。

#### 4. 観測結果の解析

##### (1) 流量換算係数

流量換算係数を以下のように定義する。

$$Q = f_v \sum_{i=1}^{30} V_{si} \Delta A_i \dots \dots \dots (1)$$

$f_v$ : いわば表面流速と鉛直方向平均流速との換算係数

$V_{si}$ : 5 m 毎に観測した表面流速,  $\Delta A_i = \Delta B \times h_i$

$\Delta B = 5 \text{ m}$ ,

$h$ : 水深, 次に

$$\sum_{i=1}^{30} V_{si} \Delta A_i = f_H \sum_{j=1}^4 V_{sj} A_j \dots \dots \dots (2)$$

$f_H$ : 横断方向数点の表面流速を用いて算出される流量と, 30点すべてを用いて算出される流量との比

$V_{sj}$ : 30点の表面流速測定値の中から, 固定測点での測定値1ないし4をえらんだもの

$A_j$ : 1ないし4点それぞれが代表しうる断面積ただし  $A_j = n \Delta A_i$  ( $n = 2 \sim 30$ )

$$Q = f_v \cdot f_H \cdot \sum_j V_{sj} A_j = f \sum_j V_{sj} A_j \dots \dots \dots (3)$$

すなわち

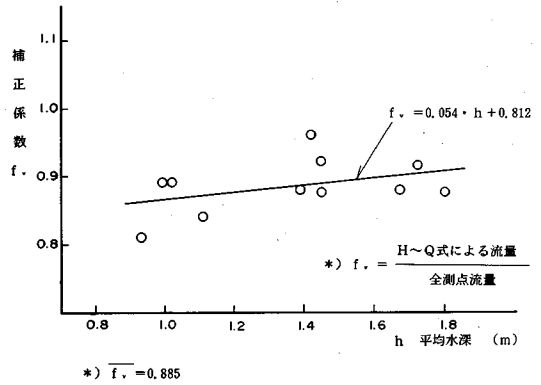


図-6  $h - f_v$

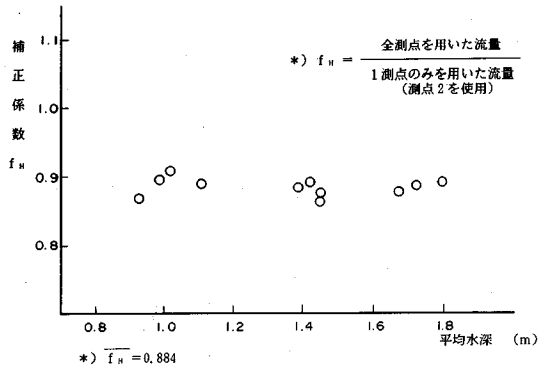


図-7  $h - f_H$  (1測点)

$$\left. \begin{aligned} f_v &= \frac{Q}{\sum_{i=1}^{30} V_{si} \Delta A_i}, f_H = \frac{\sum_{i=1}^{30} V_{si} \Delta A_i}{\sum_{j=1}^4 V_{sj} A_j} \\ f &= \frac{Q}{\sum_{j=1}^4 V_{sj} A_j}, f = f_v \cdot f_H \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

となる。新たに、洪水流量観測システムを設置する場合には、通常数点しか設置しないのでこの  $f$  が重要となる。

これらの換算係数の特性を, 11 ケースの横断方向流速分布の観測値 (図-4) から  $\sum_{i=1}^4$ ,  $\sum_{i=1}^{30}$  等を算出し, 流量  $Q$  については, 信濃川堀の内の  $H \sim Q$  カーブを用いて分析する。なお,  $\sum_{i=1}^4$  の算出も 30 点の流速分布の観測値を利用し, 橋梁に設置された流速計の値は検証用のみ利用する。

$f_v$ :  $f_v$  を 11 ケースについて算出,  $h = A/B$  によって整理したところ, 図-6 を得た。少しばらついてはいるが, 平均値  $f_v = 0.885$ , 水深の増加とともにわずかに増加する。通常  $\bar{V}/V_s = 0.85$  といわれていること<sup>6)</sup> から, これはほぼ妥当の値といえよう。

他に, 対数流速分布式<sup>7)</sup> より

$$\frac{\bar{V}}{V_s} = \frac{6.0 + 5.75 \log_{10}(h/K_s)}{8.5 + 5.75 \log_{10}(h/K_s)} \dots \dots \dots (5)$$

が得られるが, 適当な数値を代入して表-2 が得られる。

表-2  $\bar{V}/V_s$  (式5)

	h = 1 m	h = 2 m	h = 2.5 m	h = 5 m
$K_s = 0.05^m$	0.844	0.859	0.863	0.875
$K_s = 0.1$	0.825	0.844	0.849	0.863
$K_s = 0.2$	0.800	0.825	0.831	

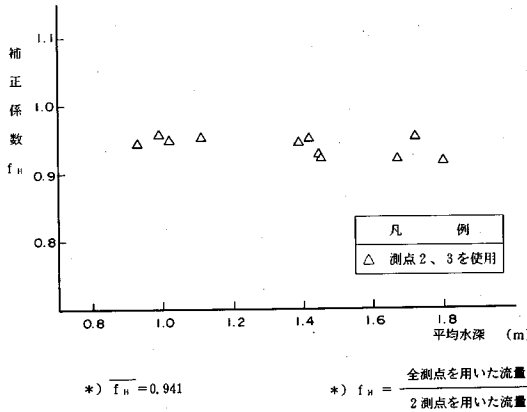


図-8  $h-f_H$  (2測点)

水深(水位)の増加とともに  $\bar{V}/V_s$  が増加する事を裏付けている。

$f_H$ :  $f_H$  については、 $V_s$  として、1点のみ、2点、3点および4点を採用した場合を検討した。1点としては、最大流速と思われる測点2を用いて、 $f_H$  を算出したところ図-7を得た。 $f_H=0.884$ 、ほとんど一定ということであった。2点としては、測点2と3、測点2と4、測点2と測点3,4の中間点の3者で、加えて3点の場合は、測点2,3,4を用いて行ってみたが、それぞれほぼ一定の値を示した。図-8,9にその一部を示す。平均値はそれぞれ  $f_H=0.941, 0.917, 0.918, 0.938$  である。ここまでは、測点1に流れの代表性が小さいと考えて、意識的にはずした結果以上のようなことになった。

最後に4点を用いた場合は、それぞれ4点が代表する断面積を図-10に示すように、測点1と4が少ししか分担しない場合(ケース1)と、相対に大きく分担する場合(ケース3)とに分けて、計算してみたが(図-11)、いずれも  $h(=R=A/B)$  とともにわずかに減少する傾向を示した。一定と言えないこともない。 $f_H$  はそれぞれ  $0.954, 0.930$  であった。

$f_H$  について考察すれば、本来河川が一般的に広矩形断面であることを想定すれば、 $f_H=1.0$  でのよいであろうが、魚野川は、弱い放物線型断面と考えてよく、この観点からは、 $1.0 > f_H > 0.9$  であっても妥当と考えられる。最後に、1点しかも最大流速点で測っている測点2のみの場合には、 $f_H=0.884$  となった。この点は少なく

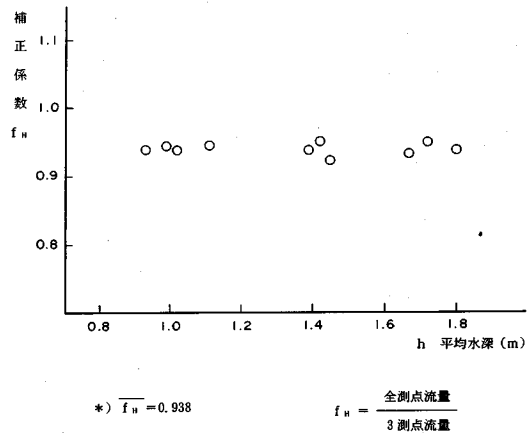


図-9  $h-f_H$  (3測点)

とも観測範囲では最大流速点であり、横断方向の河床の影響を受けて、いわば最小値となったのであろう。これらの  $f_v, f_H$  の数値の性質については、より高い水位でのデータの集積をまって、結論を出して行くべきと考えている。

$f$ : 最後に  $f=Q/\sum$  であるが、図-12のようになり、わずかに増加傾向、 $\bar{f}$  はそれぞれ  $0.834$  (ケース1)、 $0.823$  (ケース3) であった。しかし、前述のように測点1が代表性が小さいこともあるので、例えば  $\sum$  の場合(測点2,3,4)を対象にして見ると、 $f_H=0.938 \approx \text{const}$ 、 $f_v=0.885 \approx \text{const}$  故に  $f=0.830$  という関係になり、これまで述べて来た観点から見て、最もありそうな数値の組合せといえそうである。この  $f$  は、魚野川のような融雪出水が期待できない、つまり  $\sum$  などが調査によって容易に得られない河川にとって重要な指標である。要するに、この  $f$  の値は、魚野川のような単断面的な河川に対する、 $f_H, f_v, f$  の値としてはば妥当と思われる数値を得ることができたが、今後、多様な断面形状の河川での観測結果の集積をまって、水位(深)増加にともなう  $f$  の特性、断面形状の差異にともなう  $f_H$  の特性など、確認していく必要がある。

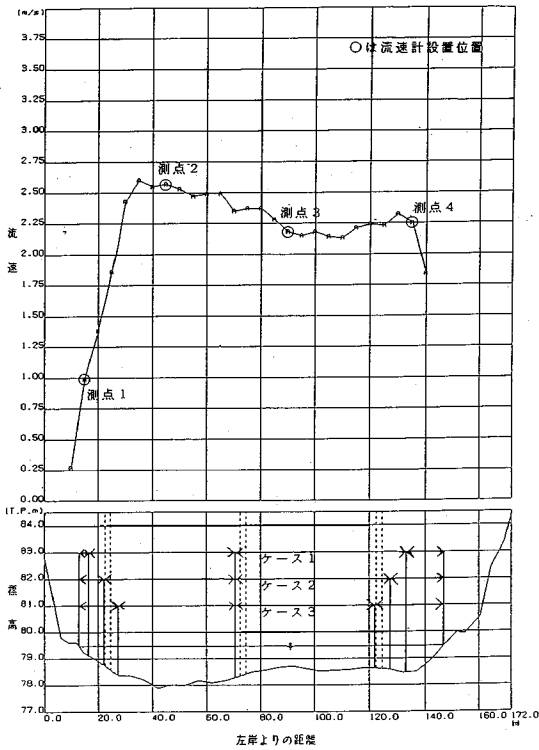
(2) 補正係数の適用性の検証

上記の検討によってえられた関係を、91年3月現地に設置された4台の流速計のデータ(つまり図-5の値)を用いて、検証を試みる。ただし

$$Q = f_v \cdot f_H \cdot \sum_{j=1}^4 V_{sj} \Delta A_j \cos 10^\circ \dots \dots \dots (6)$$

すなわち、流速計は橋に対して、 $10^\circ$  偏角をつけてあるので、 $\cos 10^\circ$  がかかっている ( $\cos 10^\circ = 0.985$ )。

以下図-13に結果を示す。左上の図は、 $f_H, f_v$  とも  $h$  の関数とした場合、右上は、 $f_v=f(h)$  の場合、左下は  $f_H, f_v$  とも平均値を用いた場合、右下は、3点(測点2,3,



図一10 4測点観測における流量算定ケースごとの断面の設定

4) のみを利用した場合である。

それぞれ応分の一致度であるが、 $\bar{f}_H$ ,  $\bar{f}_V$ を用いても、誤差が小さいことがわかる。ここでは、観測水位の変化幅が1.5mであり、もっと範囲がひろがれば、もっと正確なことがわかる。

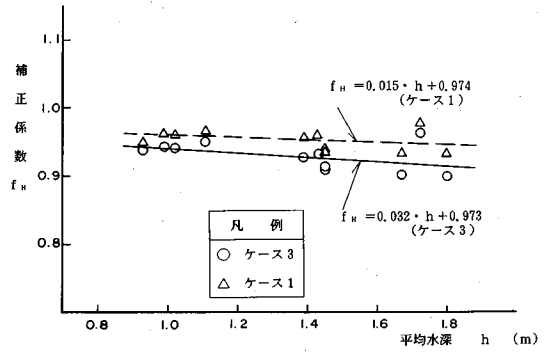
まとめ： $f_v$ ,  $f_H$ ,  $f$ の値として、 $f_v=0.85\sim 0.90$ ,  $f_H=0.92\sim 0.94$  (測点数2~4),  $f=0.80\sim 0.85$ 等の値は、ほぼ妥当と考えられる値であり、通常の単断面と考えられるような河道に対しては、今回のような詳細調査が必ずしも必要ないことが推定された。これは、大きな収穫だったといえる。

本論ひいては解析のいやな点は、欠点をあげつらった浮子法による  $H\sim Q$  カーブを利用して、推論を進めている点である。例えば、ある地点に新たに流量観測システムを設ける場合、少なくとも2~3年は、 $H\sim Q$  カーブの観測の継続が望ましい。

参考までに次に触れる太田川水系古川での調査結果<sup>8)</sup>でも、 $f=0.80$ が応分の一致度を示している(河幅約40m, 単断面, 電波流速計1台)。因みに $f_v=0.85$ ,  $f_H=0.94$ とすると、 $f=0.80$ となる。

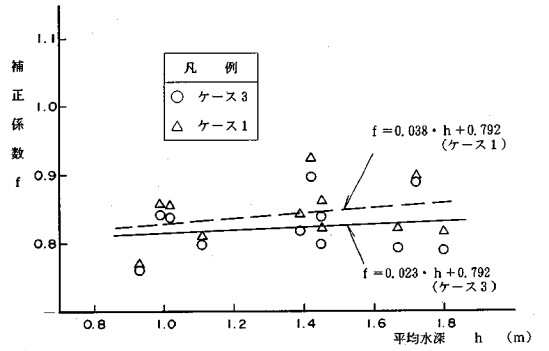
(3)  $H\sim Q$  カーブのループ特性

$H\sim Q$  カーブは、本質的にはループを描くものであり一本とみなせるかは、程度の問題であろう。実際に浮子法によっても、ループを観測した例はあるが、電波流速



\*)  $\bar{f}_H = 0.930$  (ケース3)      \*)  $f_H = \frac{\text{全測点流量}}{4 \text{ 測点流量}}$   
 \*)  $\bar{f}_H = 0.954$  (ケース1)

図一11  $h-f_H$  (4測点)



\*)  $\bar{f} = 0.823$  (ケース3)      \*)  $f = \frac{H\sim Q \text{ 式による流量}}{4 \text{ 測点流量}}$   
 \*)  $\bar{f} = 0.844$  (ケース1)

図一12  $h-f$  (4測点)

計でも観測することができたので簡単に報告しておく。

観測されたのは、中国太田川水系の古川の松原橋で、広島市内にあり、流域は現在急速に都市化が進行している(約70km<sup>2</sup>)。松原橋地点は、河幅が40~50mのほぼ単断面の河道であり、電波流速計が1台橋のガーダーに設置されて連続観測を行っている(写真-2)。ループの1例を図-14に示す。ほかの例については、文献<sup>9)</sup>などを参照にされたい。図-14上図は  $H\sim V$ , 下図には、 $Q=0.8VA$ より  $Q$ を求めて、 $H\sim Q$ が示してある。 $H\sim V$ の大きなループ、 $H\sim Q$ についても、例えば水位2.0mのとき、上昇時は、 $Q=90\text{ m}^3/\text{s}$ , 下降時には、 $Q=65\text{ m}^3/\text{s}$ と30%も小さくなる。このループ特性は、古川の上流部安川が急勾配なため流出が早く、太田川の旧河道である古川に入って緩勾配になることもあって、古川の河道上流に貯留されて、下流に向かって水面勾配がついた結果、このような流速差が発生したものと考えられる。いずれにしてもこのような河川では、 $H\sim Q$ カーブで対処すべきではなからう。またこれは、都市河川では、多かれ少なかれ起こっている現象と予想される。な

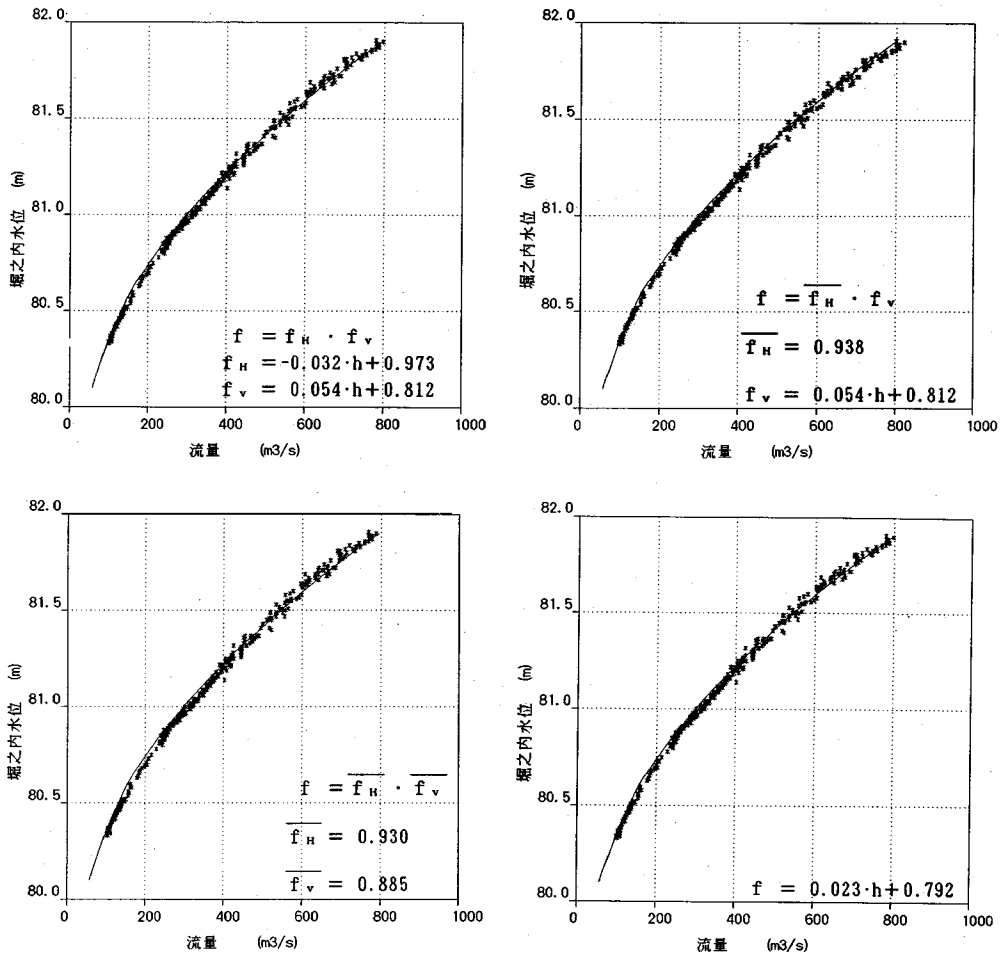


図-13 H-Qカーブとの比較

お、このようなときの鉛直方向流速分布がどうなっているかの問題もあり、 $f=0.80$ 一定でよいかは残された問題であろう。古川の場合、流域が小さく、到達時間が短いため、流量観測が水位下降時に行われることが多いが、これはともすると流量の過小評価につながると考えられる。

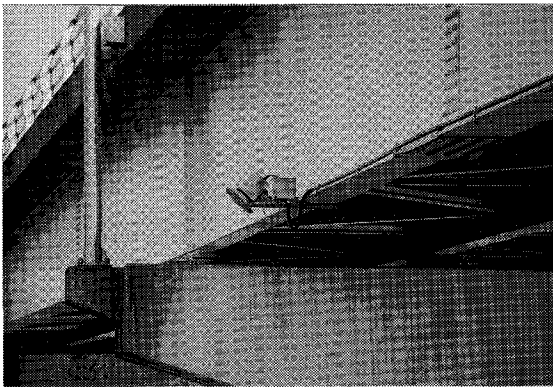
(4) 偏角をもった観測 (含む流向観測)

a) 偏角をもった観測

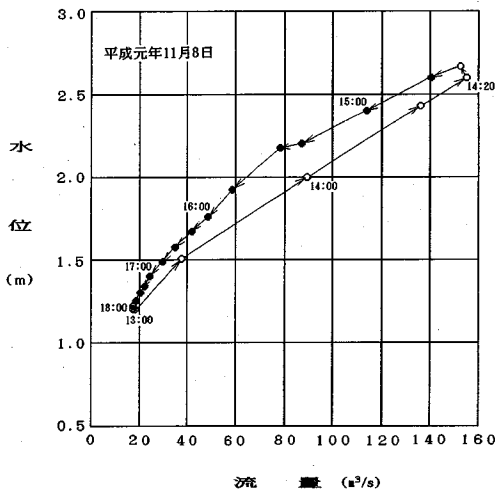
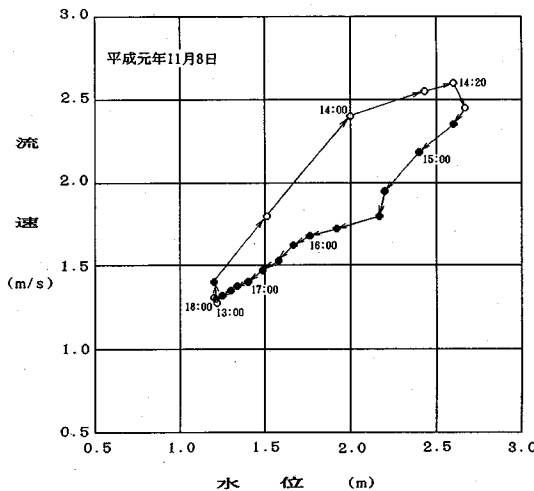
橋のような横過構造物のないところで、岸から流速がはかれないか、橋がスキューにかかっている場合はどうか、という問題がある。魚野川の根小屋橋も $10^\circ$ ほどスキューであったので、橋に直角に打った場合と $10^\circ$ 偏角をもたせた場合の比較を行い、問題がないことを確かめた<sup>10)</sup>。

ここでは、偏角をもっと大きくした場合の結果について報告する。利用した水路は、大井川左岸の用水路で、ほとんど一定流量が流れている(約 $33 m^3/s$ 、水路幅9 m)。この水路で浮子との検証も行っている(表-1)。

観測は、図-15に示すように、両岸より偏角を変えて同一地点を打っている。観測条件および結果を表-3に示す。A'点の流速は $3.23 m/s$ 、 $2.5^\circ$ 右岸よりの流向ということがわかっているが、それはすべて右岸側の測定値が大きいことでもわかる。それ故補正値は、右 $2.5^\circ$ までの偏角を用いて計算してある。この結果より、 $30^\circ$ 程度の偏角までは、河岸より河川法線方向の流速は河岸1点のみからでも相当の精度で測定できることがわかる。流向をとらえるためには、少なくとも河岸2点からとらなければならない。10%程度の誤差を許せば $40^\circ$ 程度まで可能であろう。参考までに、下流橋梁3点より図-15中B, C, E点の観測結果を用いて、作図法で3点からそれぞれ流速ベクトルを求めたものを図-16に示す。2点からの垂線の交点、流速ベクトルの推定値になるが、ほとんど一点近傍に集中している。偏角の中に $31.2^\circ$ 、 $57.1^\circ$ が入っているが、それほど誤差は与えていない。また、流向がB, C, Eと徐々に、右岸寄りになっていくことがわかる。



写真—2 古川松原橋の電波流速計

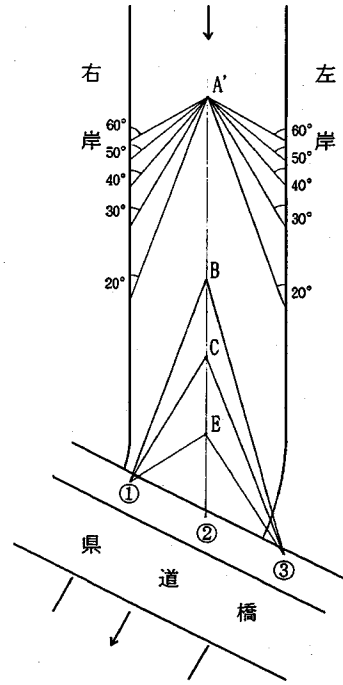


図—14 H-Vおよび、Q-H図(古川)

b) ピアー後流域の観測

前に触れたように、ピアー後流域は、相当にピアーの影響を受けて、流速が減少する。これは、1990年3月

大井川用水本川



図—15 偏角をもった観測位置平面

表—3 観測値(用水路)

右岸	偏角	20°	30°	40°	50°	60°
	俯角	13.3°	17.7°	22.3°	26.2°	28.6°
よ	測定値	2.97m/s	2.73m/s	2.43m/s	2.16m/s	1.76m/s
	補正值 (偏角、俯角)	3.16m/s	3.26m/s	3.40m/s	3.66m/s	3.76m/s
左岸	偏角	20°	30°	40°	50°	60°
	俯角	12.4°	17.7°	22.3°	26.2°	28.6°
よ	測定値	2.86m/s	2.58m/s	2.09m/s	1.88m/s	1.47m/s
	補正值 (偏角、俯角)	3.20m/s	3.23m/s	3.05m/s	3.32m/s	3.64m/s

の根小屋橋下流側の5m間隔の観測にも認められた(図省略)<sup>10)</sup>。そこで、左岸から3番目のピアー下流部について、測点を2.5mおきに設け(図—17)、俯角を3種変え、1地点を5mずつはなれた3点からうつ方法で各点のベクトルを求めて見た。例えば、0点前方10mの地点は、俯角45°にして、L5, 0, R5から同一点を打っている。ベクトルの方向が違うので、つなぐべきではないが、わかりやすくするためにつなぐと図—17が得られる。前述のように、橋がスキューなためもあるが、流速の遅い部分が右岸側にずれていくのがわかる。因みに、3点から測っているのは、2点からのみでは、解が1つなので、確認の意味も含めてとっている。



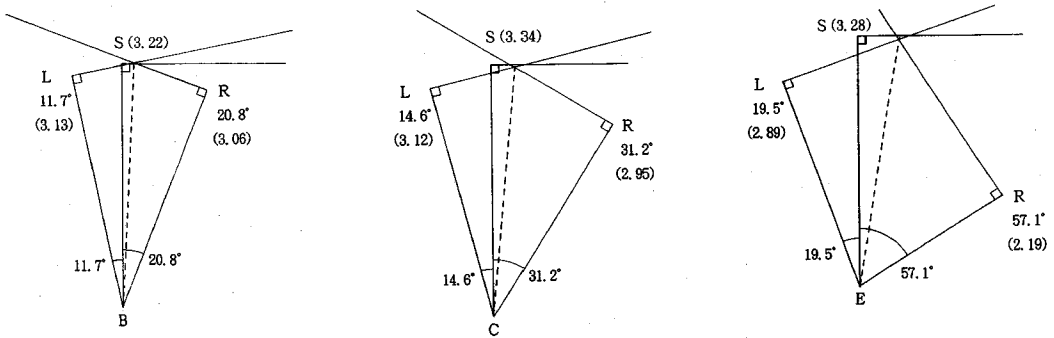


図-16 B, C, E 点のベクトル合成図

### 5. 結 論

以上の結果より、

a) 固定した数台の電波流速計による表面流速の観測値に妥当な補正係数を適用することにより、精度数%以下で、流量が得られる。

b) 補正係数は、魚野川に対しては、 $f_v=0.85\sim 0.90$ ,  $f_H=0.92\sim 0.94$ ,  $f=0.80\sim 0.85$  等が得られたが、これは、ほぼ妥当な値と思われる。なお、古川についても  $f=0.80$  が得られている。

c) 洪水時の  $H\sim V$ 、ひいては  $H\sim Q$  のループ特性が観測されたことから、都市河川等  $H\sim Q$  のループ特性が予想される河川、あるいは非定常特性の強い河川では、本法の採用が望まれる。

d) 河岸等から偏角をもった観測は、 $30^\circ$  程度までは十分な精度で可能なことがわかった。

e) 流向観測も、水面1点を橋上2ないし3点から観測することにより、流速ベクトルが得られることがわかった。

f) 電波流速計の観測方向、上流か下流かは、後流域の再確認により、また、台数をへらす意味からも、上流が相対には好ましいことがわかる。この場合至近の水位計の位置が問題になるが、原則としては、超音波水位計などを流量観測専用にするべきと考える。

### 6. 今後の方向

最近、電波流速計の河川への採用が、徐々に進みつつあるが、今後、以下のようなことが望まれる。

a) 洪水の始めから終わりまで、連続的にオンラインでデータが得られることから、多くの地点で、採用されること。

b) 種々の断面形状で、流量換算係数  $f$  の特性が明らかにされていくこと。

c) 今後設置を計画される方には、できることなら、必要と思われる台数の倍ほど設置いただき、数年間きめの細かい観測を行って、その地点の特性を把握してのち、

下流側ピア付近データ  
91. 4. 8 堀之内水位 81.70m

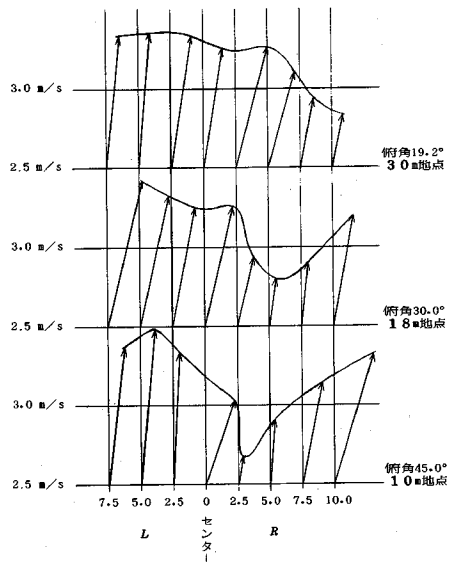


図-17 ピア後流域ベクトル平面

余分なものを他河川に設置換えるのも、河川水理学の発展につながると考える。大量データが得られると、水位毎での流向変化なども読みとることができる。また、個々の点の  $H\sim V$  関係の変化から、河床変化も読みとれるようになると考えられる。可搬式電波流速計による洪水時実測による補完も、もう一つの方法である。

d) 電波流速計が、急流に向いていることから、ダム上流部の流入河川に設置する方法について検討したい。

e) 表面流速であるから、当然風向風速の影響を受ける。魚野川については、一応の補正法を用いてはいるが、データの集積をまって、完全なものにしていかなければならない。

### 謝 辞

この一連の調査のキッカケを作って頂いた、建設省河川局治水課、土木研究所水文研究室、中国および北陸地

建の方々に心からの謝辞を申し上げたい。また、図表等の作成について五十嵐剛君（河川情報センター研究員）に盡力いただいた。同よう感謝の意を表したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 木下良作：航空写真による洪水時の流況測定，水工学シリーズ68～12，1968.
- 2) 木下良作：航空写真による洪水流解析の現状と今後の課題，土木学会論文集 345号，1984.
- 3) 建設省利根川下流工事事務所・河川情報センター：利根川下流部流量把握方法検討業務委託報告書，1992.
- 4) 吉川秀夫・佐々木六造・仲村 学：上昇気泡による流量測定のための基礎的研究，土木学会第 47 回年次学術講演会論文集，pp.318～319，1992.
- 5) 建設省：河道特性に関する研究，第 41 回建設省技術研究会論文集，pp.58～67，1987.
- 6) 建設省水文研究会：水文観測，p.167，(社)全日本建設技術協会，1985.
- 7) 土木学会：水理公式集，pp.12～13，(社)土木学会，1985.
- 8) 山口高志：太田川水系古川および安川水文資料，河川情報センター，1991.
- 9) 山口高志ほか：電波流速計を用いた洪水流量観測システムに関する調査，河川情報研究所報告第 5 号，pp.91～113，1991.
- 10) 山口高志ほか：電波流速計を用いた洪水流量観測システムに関する調査，河川情報研究所報告第 4 号別冊一2，1990.

(1993.7.6 受付)

## FLOOD DISCHARGE OBSERVATION USING RADIO CURRENT METER

Takayuki YAMAGUCHI and Kunio NIIZATO

Radio current meters, which are installed on bridges or similar locations, emit radio waves at the surface of the river water and measure the surface velocity from the reflected waves using the Doppler effect. Fieldtest of Radio current-meter has been done on the Uono river for flood discharge measurement during snowmelt flood seasons in 1990 and 1991. In addition, 4 radio current-meter were set on the same bridge in 1991. All of the data were analysed and the estimation method of discharge from surface velocity data obtained, was proposed. The flow velocity and its direction (velocity vector) at a given point can also be obtained from the observation of the water surface at the point from two points on a bridge. Rooping characteristics of  $H\sim Q$  relation could be measured on the Furu-River.