

現地観測と室内実験による電波流速計の計測精度の検証

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科
国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所
パシフィックコンサルタンツ(株)

学生員 根岸 大介
正会員 二瓶 泰雄
非会員 利根川 誠
非会員 片山 直哉

1. 序論

河川計画上、最も重要な河川流量の計測における流速計測法としては、戦後直後から標準法として用いられている浮子やプライス流速計に加えて、計測技術の進展に伴い電磁流速計や ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)、電波流速計、画像解析法等が実用化されつつある。このうち電波流速計は、空中から水表面に向かって電波を放射し、水表面からの反射電波を計測し、そのドップラー効果を利用して表面流速を非接触計測することが可能である。元々、設置型として開発されていたが、最近では安価な可搬型タイプも製品化され、今後、より幅広い条件下における河川流量観測が大いに期待できる。電波流速計は一級河川の 20 か所以上の地点に既に設置されているが、その計測精度の検証例は多くなく¹⁾、その精度や計測深度、風速依存性の知見が不十分であり、結果として、電波流速計データから流量換算時に用いられる更正係数に全ての曖昧さが集約されている。本研究では、風洞付開水路実験や現地観測を行い、電波流速計による表面流速値と他の流速計による流速鉛直・横断分布を詳細に比較・検討し、電波流速計の計測性能を検証する。ここで、室内実験ではピトー管や浮子、現地観測では ADCP や超音波ドップラー流速計 (ADV) を用いた。

2. 研究方法

(1) **電波流速計の概要**：電波流速計は、ある角度に傾けられて電波を水表面上に照射する(図1、本研究では 45 度を採用)。その際、電波の広がりを考慮すると、後述の現地観測(電波流速計から水表面までの高さ約 10m)の場合には、計測範囲が縦 4.25m、横 2.10m まで広がる。注意すべきことは、水表面上の波紋が無いと反射電波は非常に小さく計測できず、計測範囲内でも波紋が存在する反射電波の強い部分の計測を行うため、必ずしも同範囲の平均流速を計測できるわけではない。また、計測対象となる波紋の移動速度がどの深度の流速かは不明である。

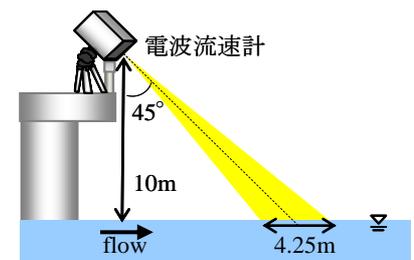
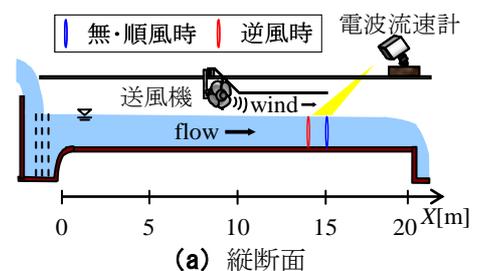
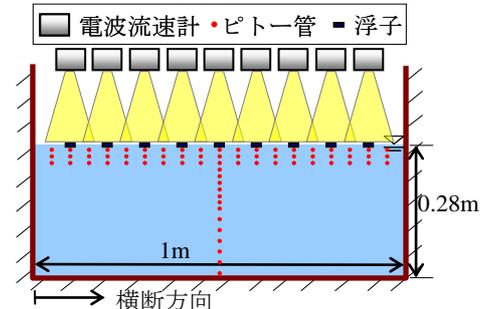


図1 電波流速計の概要

(2) **室内実験概要**：室内実験では、東京理科大学所有の小型開水路(全長 4m)とパシフィックコンサルタンツ(株)所有の風洞付水平開水路(図2、水路長 20m、水路幅 1m)を用いた。前者で予備実験、後者で本実験とした。本実験では、電波流速計及び検証用としてピトー管と浮子(縦 3.0cm、横 2.6cm、高さ 0.5cm の木片)を用いた。水理条件は流量 0.220[m³/s]、水深 0.280~0.286[m]で固定し、風条件は無風・順風(+3.6[m/s])・逆風(-4.2[m/s])の3つとした。計測断面は無風・順風時は流下距離 X=15m(吹送距離 5m)、逆風時は吹送距離を合わせた X=14mとした(同図(a))。横断面内の計測位置は、電波流速計と浮子は表面流速の9地点、ピトー管は中央部の鉛直分布と水表面から 1, 3, 5[cm]の3つの高さの横断分布とした(同図(b))。



(a) 縦断面



(b) 横断面

図2 実験水路の概要と計測位置

(3) **現地観測概要**：江戸川野田橋下流側において電波流速計、ADCP、ADVによる比較観測を行った。また、同時に、橋上中央部にて風向・風速観測も行った。計測高さは ADCP では水深 0.35m から 20cm 毎であり、ADV は ADCP の未計測範囲(=0.18m)などとした。観測横断位置は低水路の複数地点である。観測日は出水時(2012/6/21、水位 7.41Y.P.m) 平常時(同年 10/2, 11/21)である。

キーワード：電波流速計, ADCP, ADV, 更正係数, 流速鉛直分布, 吹送流

連絡先 : 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL : 04-7124-1501 (内線 4069) FAX : 04-7123-9766

3. 結果と考察

(1) 流速鉛直・横断分布：電波流速計の計測状況の基本特性を把握するために、本実験における水路中央部での流速鉛直分布を図3に示す。ここでは、順風・無風、逆風における電波流速計とピトー管、浮子の計測結果を表示する。また、ピトー管により得られた水深平均流速も図示する。これより、電波流速計の計測値は、風速条件に依らず浮子と一致する。一方、これらとピトー管の計測値は順風では概ね一致するが、無風・逆風では差は広がる。

同様に、3つの計測法による流速横断分布を図4に示す。ここで、水面下1[cm]のピトー管の結果を採用する。これより、電波流速計と浮子の結果は概ね一致するが、水面下1[cm]におけるピトー管の結果とは明確に差が生じており、流速鉛直分布の結果と対応している。浮子の喫水が4[mm]であることを考慮すると、電波流速計は水表面極近傍 (<5[mm]) における流速を正確に計測しているものの、水面下1cm 以深の結果とは異なること、その様子が風速条件により変化することが明らかとなった。

(2) 電波流速計と他の流速計の比較：上記の本実験結果と観測結果を用いて、電波流速計と他の流速計による流速値を比較したものを図5に示す。他の流速計としては、実験結果では浮子とピトー管（水面下1[cm]）、観測結果では ADCP（同35[cm]）、ADV（同18, 20, 27[cm]）を表示する。これより、電波流速計は浮子とほぼ一致する結果となるが（相対差のRMS値3.2[%]）、ピトー管とは順風（同6.4[%]）から逆風（20[%]）に行くと差が大きくなる。さらに、ADCPやADVのRMS差はそれぞれ24[%]、26[%]となり、実験値よりもその差は大きい。これは、ADCPやADVの計測位置がピトー管よりも深いためであると考えられる。これらより、現地・室内スケール共に、電波流速計の計測値は水表面極近傍の流速を捉えていることが示唆された。

(3) 電波流速計の表面流速に対する更正係数：電波流速計の表面計測値から流量算出時に用いる更正係数 α （=水深平均流速/電波流速計の表面流速）と風速 U の関係を図6に示す。更正係数算出に用いる水深平均流速は、室内実験ではピトー管の結果、現地観測ではADCPの結果よりそれぞれ求める。また、風速 U としては、下流向きを正とする。実験結果では、順風時に標準値（=0.85）と近いが、無風・逆風時では大きく異なり、特に逆風時では1.03となる。一方、観測値では、実験値のような風速依存性は見られないものの、その更正係数の多くは1を越えた。このように、表面流速の更正係数の風速依存性はよく知られているが¹⁾、上記では室内実験と現地観測でその様子が異なる。その影響因子の一つとして水面波状況が挙げられ、今後、検討する予定である。

参考文献：1) 深見ら：流量観測に関する技術基準の課題と新しい技術開発への対応，土木技術資料，Vol.45，No.2，pp.22-29，2003。

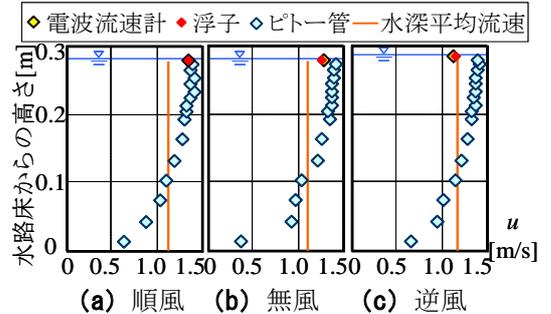


図3 水路中央部での流速鉛直分布（本実験）

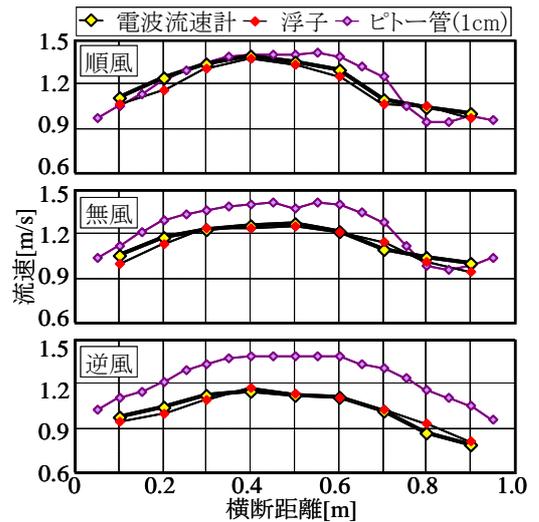


図4 水表面近傍の流速横断分布（本実験）

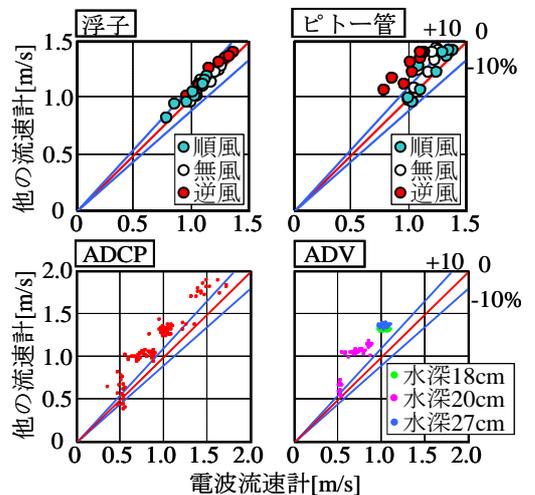


図5 電波流速計と他の流速計の計測値の比較（上：室内実験，下：現地観測）

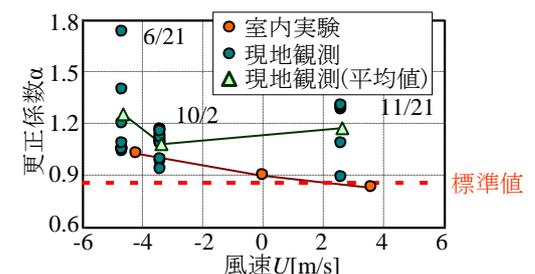


図6 電波流速計の更正係数 α