

京都大学 学生員 ○金子 峻

京都大学 正会員 山上 路生

名城大学 正会員 岡本 隆明

## 1. はじめに

実測流量に基づいた河川の治水計画の見直しや、適切な河道改修のためには、河川流量を正確に計測する必要があり、計測精度や信頼性の向上が求められる。

河川流量計測方法の一つに、浮子観測<sup>1)</sup>がある。浮子観測は、河川に投下した浮子の流下速度を水深平均流速に変換し、断面積を乗じて河川流量を算出する流量計測方法である。

浮子による流量評価の信頼性は、浮子速度を水深平均流速に変換する更正係数に大きく依存する。更正係数に関しては、実験や理論解析に基づいて様々な案が提案されており、実河川の流量観測に適用されている。

しかし、実際の河川域で無視できない風や波の影響は、浮子観測や更正係数の研究や実用ではほとんど考慮されていない。本研究では、風洞付き実験水路で浮子の主流速計測を行い、PIV計測データと比較することにより、風波の影響下における浮子観測に関する考察や、風波の影響を考慮した更正係数の評価を試みる。

## 2. 実験方法

### (1) 実験水路

本実験には、水路幅40 cm、長さ16 mの風洞付きマルチフェイズ循環式水槽を用いた。逆流の発生が可能であり、以下風と水流の向きが同じ条件を順風条件、異なる条件を逆風条件と表記する。計測は、水路上流端から約9.5 m下流で行った。

### (2) システム構成

図-1のように、計測領域は流下方向1.0 m、横断方向0.40 mの長方形領域とし、順風・逆風ともに計測領域の上流端から上流3.0 mの位置に浮子モデルを投下した。さらに水路上方に設置したWEBカメラで計測領域を撮影し、撮影画像内で物体の輝度を追跡するカラートラッキングシステムにより、流下する浮子の位置を記録して短浮子流速 $U_1$ 、長浮子流速 $U_2$ を算定した。

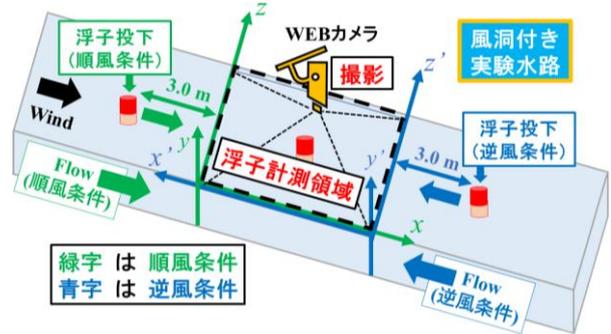


図-1 実験システム

### (3) 浮子模型

浮子模型は、実務の棒浮子を参考に直径1.5 cmの円柱状の木棒を使用した。長さ2.0 cm、質量2.5 g、喫水深1.5 cmの浮子(短浮子)と、長さ6.5 cm、質量8.3 g、喫水深5.4 cmの浮子(長浮子)の2種類の模型を作製した。

### (4) 水理条件

本実験では、静水深 $h$ を8 cmに固定し、断面平均流速 $U_m$ を-30 cm/s~30 cm/sの6通り、断面内最大流速 $U_{a,max}$ を0~10 m/sの範囲で6通りに系統変化させて実験を行った。結果には5回計測の平均を用いた。また、予め同じ水理条件で $x$ - $y$ 平面に対しPIV計測も行い、結果を考察に用いた。以下では、 $U_m=10$  cm/s、 $U_{a,max}=7.0$  m/sの条件のケース名を、U10W7.0のように表す。また、便宜上逆風ケースでは $U_m$ を正值、 $U_{a,max}$ を負値で示す。

## 3. 結果と考察

### (1) 浮子流速とPIV喫水部平均流速

浮子観測では計測した浮子流速を浮子の喫水部平均流速と見なすことを踏まえ、短浮子・長浮子の喫水部平均流速 $U_{da1}$ 、 $U_{da2}$ についてPIV計測データから概算し、 $U_{da1}$ 、 $U_{da2}$ と浮子流速 $U_1$ 、 $U_2$ を比較するために両者の比 $U_1/U_{da1}$ 、 $U_2/U_{da2}$ を検討する。図-2に風速と $U_1/U_{da1}$ 、 $U_2/U_{da2}$ の関係を示す。図中の黒線は浮子流速とPIV喫水部平均流速が一致する状態を表す。また、図中に波の発達程度を表す有義波高と静水深の比 $H_s/h$ の値を示す。

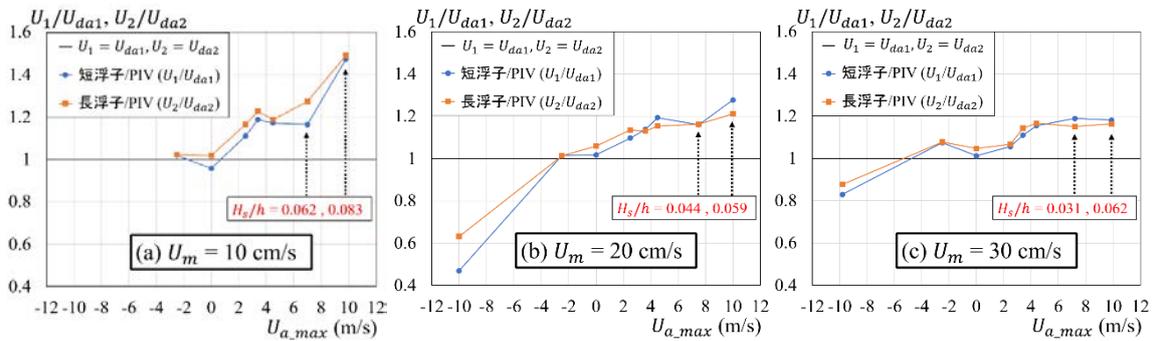


図-2 風速と  $U_1/U_{da1}$ ,  $U_2/U_{da2}$  の関係

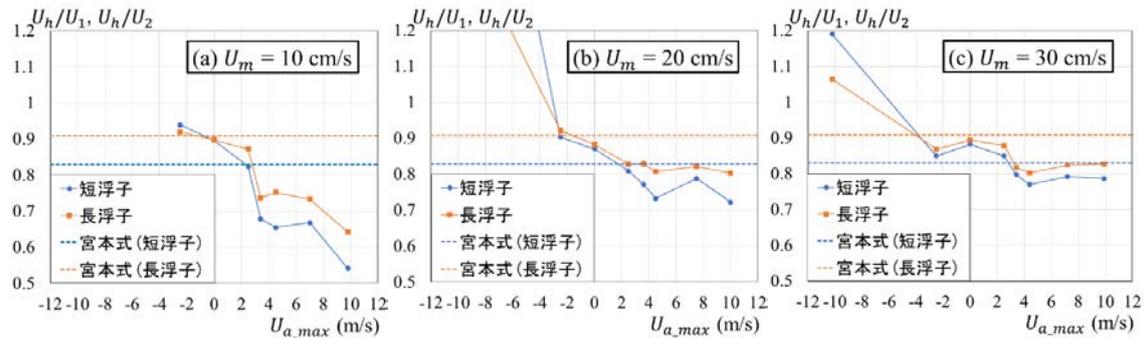


図-3 風速と修正係数の関係

順風条件では、風速増加に伴い浮子流速が PIV 喫水部平均流速から乖離する傾向にある。これは、浮子を加速する風による抗力の効果が、水中流速を加速させる風と水のせん断摩擦の効果よりも大きいことが原因と考えられる。また、水流速が遅く波の影響が強い U10 のケースで大きな乖離が見られた。

逆風条件でも、浮子流速と PIV 喫水部平均流速の乖離が発生した。特に、波の影響で浮子が複雑な運動を示す U20 のケースで大きな乖離が見られた。

(2) 修正係数

風の存在下における浮子の修正係数の評価を行う。ここでは水深平均流速として PIV 計測によって得られた水深平均流速  $U_h$  を用い、修正係数を水深平均流速と浮子流速の比  $U_h/U_1$ ,  $U_h/U_2$  として算出した。また、修正係数の実験式であり、浮子の喫水と水深の比の関数で表される宮本式<sup>1)</sup>に基づいて修正係数を計算し、本実験で得られた修正係数と比較した。図-5 に風速と修正係数の関係を示す。

順風条件では、風速増加に伴い修正係数が減少し、長浮子より流速が速い短浮子の方が小さい値となった。特に浮子流速と喫水部平均流速の乖離が大きい U10 のケースで修正係数が顕著に減少した。しかし、修正係数は風や波を考慮せずに設定されているのが現状である。

日本で用いられる修正係数<sup>2)</sup>や宮本式の修正係数は、風の存在下では本実験で得られた修正係数よりも大きい傾向があり、風の影響を十分に評価できていない。

逆風条件では、逆風が強くなると修正係数が増加し、U20W-10, U30W-9.8 のケースで修正係数は 1 を超える。このような場合、1 以下の値となる従来の修正係数および宮本式では水深平均流速を評価できるとは言い難い。

4. おわりに

本研究では、風洞付き実験水路において浮子の流下実験を行った。実験結果から、風が存在する条件下では浮子流速による喫水部平均流速の過大評価や修正係数の従来の値からの乖離が発生し、特に高風速域ではこの傾向が顕著になることが明らかになった。したがって、風・波の存在下での浮子観測による流量推定は難しく、従来の方法では精度の面で大きな問題がある。

参考文献

- 1) 二瓶泰雄・酒井雄弘, 実河川洪水流における浮子の修正係数, 土木学会論文集 B, Vol.66, No.2, pp.104-118, 2010.
- 2) 水位及び流量調査作業規程準則(昭和二十九年総理府令第七十五号)