

## PTV 法による全断面魚道の流速計測

北九州市役所 正員○草野尚嗣  
 岡山大学環境理工学部 正員 前野詩朗  
 岡山大学環境理工学部 正員 名合宏之  
 ランデス（株） 正員 野村修治

**1 はじめに** 名合ら<sup>1)</sup>は、図 1 に示すような表面にかなり凹凸があるブロック上の複雑な流れの PTV 法による流速計測法を提案し、その有効性を示すとともに、魚道ブロックを単列に配置した場合の水理特性を明らかにしている。本研究は、これらの魚道ブロックを複列に組み合わせてできる自然の早瀬をイメージした全断面魚道の流速計測法として、名合らが用いた PTV 法による方法を適用し、その適用性を検討するとともに、提案した全断面魚道の水理特性を明らかにする。

**2 実験条件** 実験に用いたブロックは実物の 1/10 縮尺を想定している。こう配 1/10 の落差工に 15cm 四方の表面に異なる 4 種類の凹凸を持ったモルタル製ブロック 100 個を 10 列に配置し、流量を 2.00l/s、4.00l/s、5.97l/s の 3 段階に変化させて行った。これらの流量は、低水、平水、豊水流量を想定したものである。

**3 実験方法** 本研究では、魚道全体の表面流速分布と各ブロックの中央水深を計測している。流速分布は、高速ビデオカメラ（1 コマ 1/120 秒、シャッター速度 1/500 秒）を用いて撮影した画像中のトレーサー粒子を個別に追跡することにより速度場を得ることのできる PTV 法を採用した。トレーサー粒子は赤坂ら<sup>2)</sup>の研究を参考にして直径 4mm の発砲スチロールビーズを用いている。

また、本研究では対象とする領域がかなり大きい  
ため全体を 4 つの領域に分けて計測した後、重ね合わせることで全体の流速分布を得ている。

実験により得られた画像には、図 2 に示すようにかなりの濃淡レベルの変動が含まれていたため、画像中の粒子を抽出するには、得られた画像を処理して図 3 に示すように濃淡レベルの変動を小さくする必要があった。そこで本研究では、移動平均法を改良した方法によって画像の濃淡レベルを小さくことにした。考えている画素を中心とした  $n \times n$  画素のうち、中心部分  $m \times m$  画素を除いた周辺部(斜線部)の濃淡レベルの平均値をとり中心画素の濃度値からその平均値を差し引いた値を

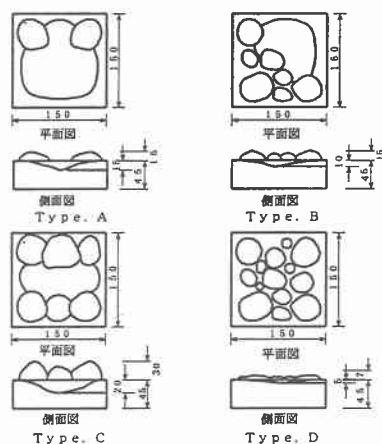


図 1 ブロック形状図

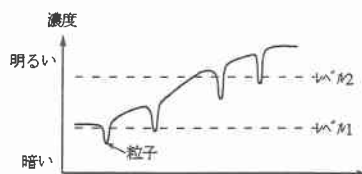


図 2 濃淡レベル変動が大きい画像の模式図

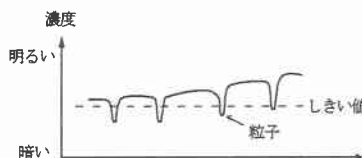


図 3 濃淡レベル変動が小さい画像の模式図

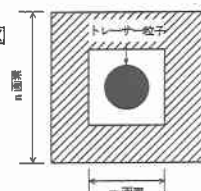
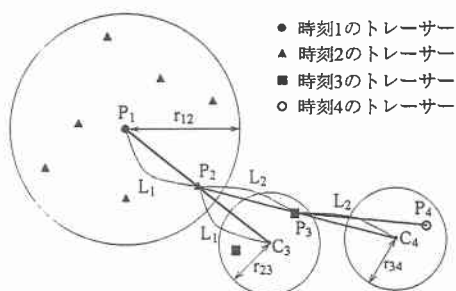


図 4



$$r_{23} = (2/3)L_1, \text{ but } r_{23} < r_{\min} \text{ のとき } r_{23} = r_{\min}, r_{23} > r_{\max} \text{ のとき } r_{23} = r_{\max}$$

$$r_{34} = (2/3)L_2, \text{ but } r_{34} < r_{\min} \text{ のとき } r_{34} = r_{\min}, r_{34} > r_{\max} \text{ のとき } r_{34} = r_{\max}$$

図 5 本研究で用いた粒子追跡のアルゴリズム

ある基準濃度に加えることにより、中心画素の濃度値を設定するという方法である(本研究では $n=11$ 、 $m=5$ 、基準濃度の値は200とした)。このようにして得られた画像を2値化することで殆どの粒子の重心位置を認識できるようになり、その結果、この方法は濃淡レベルの変動が大きい画像に対して極めて有効であるということがわかった。

抽出した粒子は、連続した4時刻の粒子をトレースし、誤追跡が少ないことを示している瀬津ら<sup>3)</sup>が提案した方法を参考にして図5に示すアルゴリズムを用いて追跡を行った。粒子追跡の際必要となる3つのパラメーター $r_{12}$ 、 $r_{\min}$ 、 $r_{\max}$ は誤追跡が最小となるように流量条件・ブロック条件により以下のように値を変更した。

$$r_{12}=5.0\sim 10.0\text{mm}, r_{\min}=2.0\sim 4.0\text{mm}, r_{\max}=4.0\sim 8.0\text{mm}$$

以上によって求めた流速ベクトルは、任意点におけるものであり、そこで格子点での流速ベクトルに重み付き平均を用いて補間した。重みは補間する格子点との距離の2乗の逆数を用いた。

**4 実験結果** 以上のようなアルゴリズムを用いた結果、図6に示す流速分布が得られた。この流速分布は中央部の滞筋部分の速い流れや左右両岸の緩やかな流れなど実際に観察した流れの様子とほぼ同様であった。以下に実験結果についての考察を行う。

まず、流れは上流端からタイプC以外のブロックから緩やかに流入してくる。上流端から3～5ブロックほど流下した部分ではタイプAやタイプDのブロックを流下方向に連続して配置した部分で流速が大きくなっている。タイプAが連続して配置されている部分では、水深はある程度確保されるのだが、流速が流量の大きいケースで最大110cm/s(実物換算で350cm/s)となり魚の遡上は難しいと判断される。逆に左右両岸のタイプCとタイプBあるいはタイプDのブロックを交互に配置している部分や、左岸下流域のタイプBのブロックが左右対称に配置されている部分は、魚類の巡航速度範囲内の流速域と魚が遡上する際に休憩場所となる静穏域が交互に存在しており、水深もある程度確保されているということから魚の遡上に適した領域であるといえる。

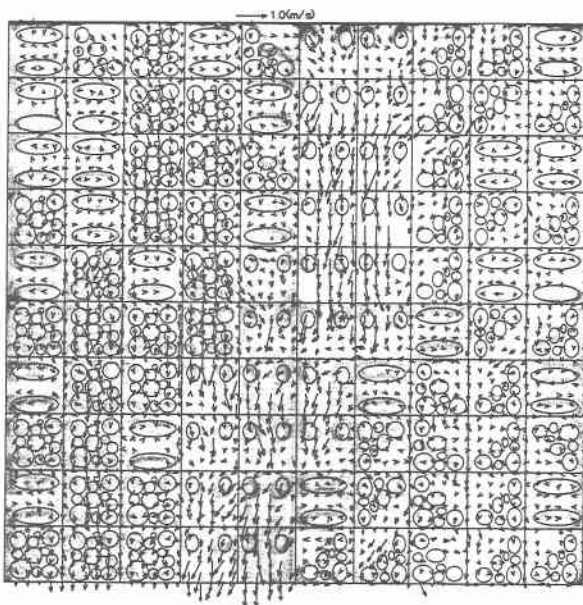


図6 流速分布 流量:2.00l/s

以上のことから、タイプAやタイプDのブロックを流下方向に3、4ブロック連続して配置すると滞筋を形成する役割を果たすものの、流速がかなり大きくなってしまったため、魚がこの流域を遡上するためにはタイプCやタイプBのブロックを用いて流れを減勢させる必要があると考えられる。

**5 結論** 本研究の結果によって名合らが示した流速分布の計測方法は、様々な流況が存在する複雑な流れにも適用可能であるということが証明された。今後は、本研究で対象とした全断面魚道を実際の河川に施工し魚道を遡上する魚種や、その個体数などを追跡調査することにより、ブロックの組み合わせの検討や形状そのものの改善も行っていく必要がある。

**参考文献** 1)名合ほか：全断面魚道水理に関する実験的研究,第49回中国支部年講,pp.145-146,1997 2)赤坂ほか：全断面魚道の流況に関する実験的研究,土木学会第50回年講,pp.258-259,1995 3)瀬津ほか：PTV法による複断面開水路流れの時空間相関解析,土木学会論文集, No.539, II-35, pp.89-98, 1996