

CDVP を用いた開水路混相流の測定法の提案

広島大学 学生会員 ○稲田景
 広島大学 正会員 川西澄

1. 背景と目的

近年、河川や海での流動と物質輸送を把握するために ADCP（超音波ドップラー流速分布計）を用いた研究が盛んに行われており、流速とともに測定される散乱強度から、浮遊物質濃度の推定も可能となっている。ADCP は流速・散乱強度の鉛直分布を測定することが可能であるが、1.5MHz の場合、水面から約 1m の範囲は測定できない。水深が数 m 程度しかない水域における物質輸送や流動を把握するためには、水面付近の流速と散乱強度分布を測れない事が大きな問題となる。そこで、本研究ではマイラーフィルムを用いることにより、この問題を解消し、水面付近を含んだ流速と散乱強度分布を測定する方法を考案する事を目的としている。なお、本研究では流速レンジと最大測定距離が制限されるが、高い精度で流速を測ることのできる CDVP を用いた。

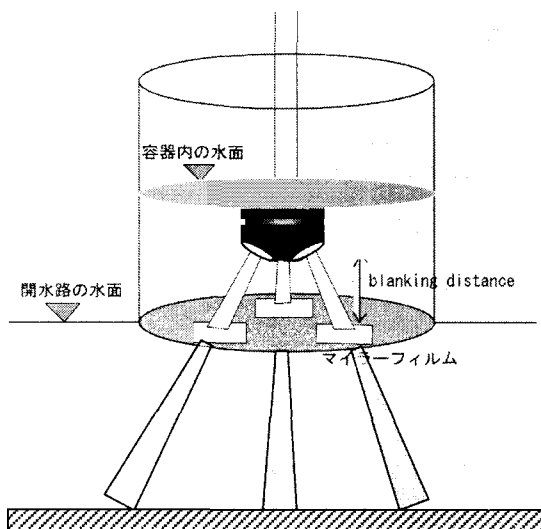


図1 実験容器と CDVP の設置図

2. 実験方法

図1に実験に用いた容器と CDVP の設置図を示す。マイラーフィルム(化学品名：二軸延伸ポリエステルフィルム、磁気用途、工業用途、包装用途等に幅広く使用)を容器底部に貼り付け、その中に水を満たす。そして、この容器を実験水路の水面にマイラーフィルムが接するように設置する。その後、超音波がマイラーフィルムを通るように CDVP を容器内に固定し、流速・散乱強度分布を測定する。この時、トランスデューサー近傍の測定不能領域 (blanking distance) が容器内に収まるように設置することで、水面から流速・散乱強度分布を測ることが可能になると考えられる。しかし、超音波がマイラーフィルムを透過する際には、反射などにより超音波の減衰が起こる事とトランスデューサー近傍領域 (40cm の範囲) では超音波の拡散が球面拡散からずれる事の2つの問題があるため、両者の補正を行わなければならない。また、近傍領域での超音波強度の減衰具合は、距離によって異なるので補正係数は距離の関数になっていると考えられる。また、流速分布については、超音波が物質を透過しても周波数が変わらないために、補正は考えなくても良いと考えた。実験に用いたマイラーフィルムは $5\mu\text{m}$ の厚さのものを使用した。次に、補正係数の導出法を説明する。CDVP で測定される体積後方散乱係数 S_v と濁度計で測定される濁度 (Turbidity) とでキャリブレーション実験を CDVP の各測定層で行った。また、広範囲の濃度分布を作り出す為に、水路上流から高濃度のカオリン溶液を流し込んでよく攪拌し、粒子が通過する前から通過し終わるまでのデータを記録した。実験の様子を図3に示す。

3. 結果

実験で得た各測定層での補正係数の値を用いて求めたトランスデューサーからの距離と補正係数の関係を図2に示す。この補正係数 a は、濁度 (Turbidity) と体積後方散乱係数 (S_v) の比であり、この関係式を以下に示す。

$$Turb = a \times Sv(\times 10^{-3})$$

$$\begin{cases} a = 0.00139x^2 - 0.104x + 2.03 & (x=0 \sim 40[\text{cm}]) \\ a = 0.1 & (x=40 \sim [\text{cm}]) \end{cases}$$

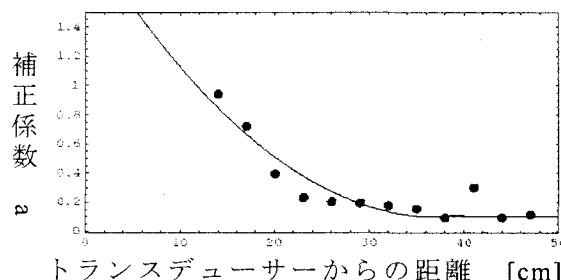
ここで、補正係数を 40cm で場合分けした理由を説明する。トランスデューサー近傍領域では、それぞれの超音波ビームが互いに干渉してしまい、球面拡散からずれてしまう為に超音波強度を正しく測ることができない。この近傍領域は、トランスデューサーから 40cm の距離までであるので、40cm まではトランスデューサー近傍領域とマイラーフィルムによる影響が出る。一方、40cm 以降はマイラーフィルムのみによる影響しかでない。これらの理由より 40cm を境に二種類の場合分けを行った。図 2 を見ると、40cm 以降、つまり、マイラーフィルムの影響のみを受けるときでは補正係数が一定になる傾向が見られた。これより、マイラーフィルムが超音波強度に与える影響は、距離に関係なく一定であることが分かった。次に、この補正式を用いて異なる実験でのデータの補正を行った。同じ時間帯において CDVP で測定された流速・ Sv ・補正式を用いて補正した濁度の経時変化を比較したものを図 4 に示す。ここで、図 4 は、水路中にチューブを固定した状態で水路床からの高さ 21cm の位置に粒子を投入し、この測定点を粒子が通過する際に三秒間隔で測定したもののデータを表しており、水路床からの距離は、0cm の位置が水路床、40cm の位置が水路水面である。また、時間は、■→×→○の順に経過している。図 4 を見ると、流速と濁度の瞬間的な分布が連続的に把握できていることが分かる。同じ時間と場所において採水などにより直接濁度を測っていない為に分布の精度を確認することはできない。

4. 結論

実験で得られた補正係数を用いることでおよその浮遊粒子濃度分布を求めることができたが、ピークのずれが生じたりしてしまう問題点があるので改善しなければならない。しかし、本研究の手法を用いることにより、非定常混相流での浮遊粒子濃度分布及び流速を水面付近から測定することが可能である事が示された。

参考文献

D.HURTHUR AND U.LEMMIN : A Correction Method for Turbulence with a 3D Acoustic Velocity Profiler, JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC TECHNOLOGY, p446-456, 2001



トランスデューサーからの距離 [cm]
図 2 トランスデューサーからの距離と補正係数の関係

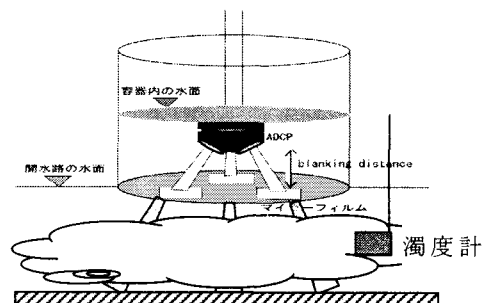


図 3 キャリブレーション実験

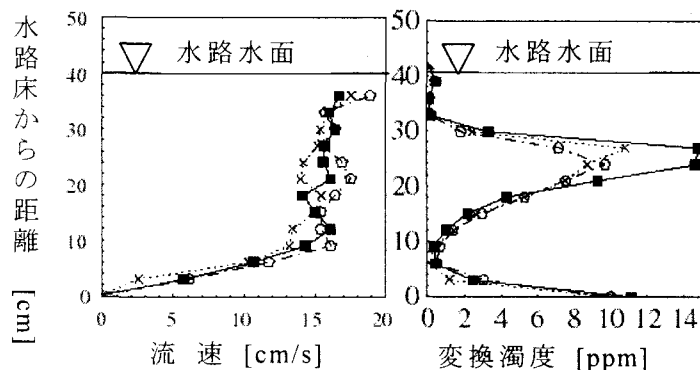


図 4 流速と変換濁度の経時変化