

## レーザ流速計による開水路乱流の計測

京都大学工学部 正員 祢津家久  
 群馬大学工学部 正員 富永晃宏  
 京都大学大学院 学生員 小藪 仁

1. まえがき      レーザ・ドップラ流速計(以下LDVと略記)は、従来のホット・フィルム流速計に比べて、流れを乱さないという大きな特徴の他、種々の利点を有し今後様々な流体計測に利用されることが期待されるが、散乱粒子や信号処理などにおいてまだ問題が残されている<sup>1)</sup>。ここでは滑面開水路流においてLDVによる計測を行い、その適用性と問題点を示すとともにコナ2次流の影響について検討した。

2. 実験装置及び実験方法      用いたLDVは前方散乱差動型で、He-Neレーザ光源の3ビーム偏光による2方向流速成分計測システムである。計測される流速は流下方向に対して $45^\circ$ と $135^\circ$ の方向の成分で、これから流下方向成分 $U$ 及び鉛直方向成分 $V$ が計算される。実験水路は幅30cm、高さ20cm、長さ8mで中央から側壁までの断面を計測した。特に中央断面においては2ビームモードによる1成分計測も含めて詳細な計測を行った。なお、散乱粒子は水中に自然に含まれる微小粒子のみで十分であった。

3. LDVによる計測結果の検討      図-1(a),(b)は水深7cmの1成分及び2成分計測による中央断面の平均主流速 $U$ の鉛直分布である。図中の実線はVan Driestによる流速分布であり、直線部分は対数則を示す。1成分計測では粘性底層から水面近くまでこれによく一致し、非常に底面近くまで(0.25mm)精度よく計測できることがわかる。しかし2成分計測では $y^+ \geq 30$  ( $y \geq 2$ mm)では対数則によく一致するが、 $y^+ < 30$ のバッファ層以下ではVan Driestの曲線に一致せず大きな値をとる。この傾向は他のケースにも現われ、底面の反射光の影響が、また今のところ不明である。図-2は乱れ強さ $u'$ 及び $v'$ の鉛直分布を示す。実験値の傾向はおおむね図中の中川・祢津の式<sup>2)</sup>に一致するが、全体に若干大きな値をとる。この $u, v$ のスペクトル分布を図-3に示す。 $u$ のスペクトルは $-5/3$ 乗則に従う慣性小領域の存在が認められるが、 $u, v$ とも $Lx/k \geq 20$  ( $f \geq 25$ Hz)の高周波数成分が大きな寄与を示す。これは測定体積内の散乱粒子の離散的な通過に起因

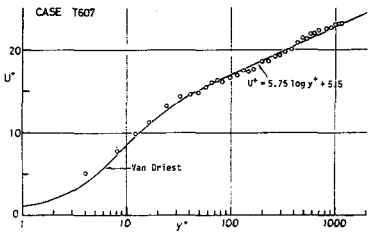


図-1(a)  $U$ の鉛直分布(1成分計測)

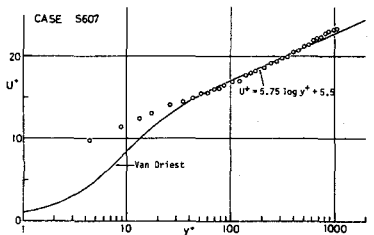


図-1(b)  $U$ の鉛直分布(2成分計測)

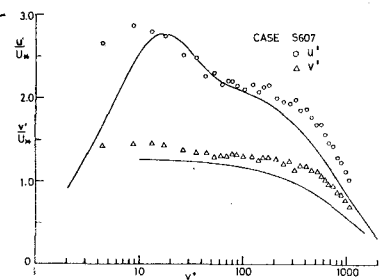


図-2  $u', v'$ の鉛直分布

するノイズと考えられており、乱れ強さの過大評価につながる。次に図-4 はレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直分布である。多少のばらつきはあるがほぼ理論値に一致する。2つのフォトマル信号に含まれるノイズが無関係であるため、ノイズの影響が $-\overline{uv}$ には現れないものと考えられる。図-5 は $-\overline{uv}$ に占める $u, v$ の各象限からの寄与率を示したもので、ホット・フィルムによる結果と同様に、第2象限、次に第4象限が卓越していることがわかる。

#### 4. コーナ領域の計測結果

LDV 計測には上述のような問題点がある。

たが、 $y > 2\text{mm}$  では2成分計測もかなり精度よく行えると判断しコーナ領域の計測を行った。図-6 は水深5cmの場合の $U$ のコンタである。コンタのゆがみから図中の点線のような2次流が推測される。ダクト流に比べて、2次流の範囲、影響<sup>5)</sup>が大きい。

図-7 は底面近くの対数則から求めた摩擦速度 $U_\tau$ の横断分布である。 $z/H = -2$ 付近で極大値、 $z/H = -1$ 付近で極小値をと

り、コーナ2次流によって底面せん断応力が大きく変動することがわかる。次に図-8, 9はそれぞれ、乱れ強さ $\epsilon$ 、レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ のコンタである。 $u'$ のコンタはほぼ図-6の点線の2次流に沿って突出する。 $-\overline{uv}$ はほぼコーナに向かう流れの上側の領域が負となる。また、 $z/H = -2.0 \sim -1.0$ の底面近傍の値がかなり小さくなり、 $z/H = -2.5$ 付近の底面近傍にピークが見られるが、これについてはさらに検討する必要がある。なお本研究は文部省科学研究費一般研究(A)(代表者 岩垣雄一)の補助を受けた。

#### <参考文献>

- 1) LDVの基礎と応用, 流れの計測 懇談会編.
- 2) 中川・林津, 第22回水理講演会 論文集, 1978
- 3) van der Molen, K. & H.R.E. van Manne, Proceedings of the 6th Symposium on Turbulence in Liquids, 1979 など
- 4) 林津家久, 京都大学学位論文, 1977
- 5) 中川・林津・畠永 若井, 第27回水理講演会 論文集, 1983

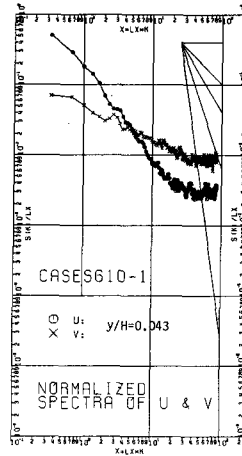


図-3 スペクトル分布

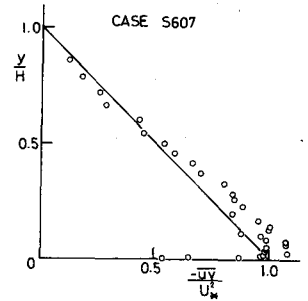


図-4  $-\overline{uv}$ の鉛直分布

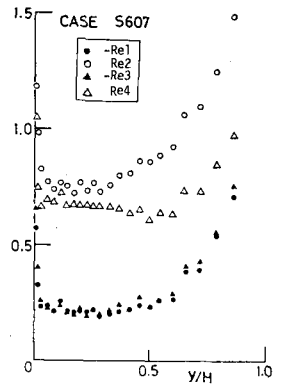


図-5 4象限からの $-\overline{uv}$ への寄与

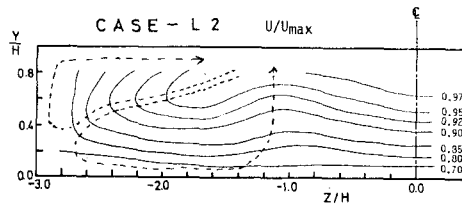


図-6  $U$ のコンタ

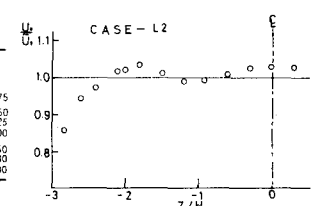


図-7  $U_\tau$ の横断分布

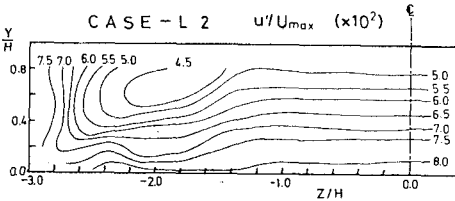


図-8  $u'$ のコンタ

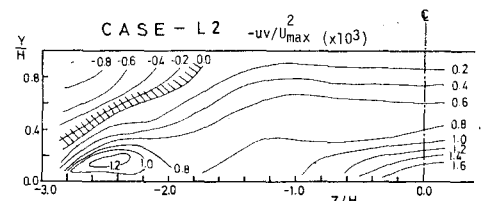


図-9  $-\overline{uv}$ のコンタ