

東北大学工学部 正会員 佐藤 栄司
 東北大学大学院 学生員 ○田中 博通
 東北大学工学部 学生員 江塚 利幸

1. はじめに 最近、レーザードップラー流速計(LDA)の開発が進みいくつかの研究報告がある¹⁾。本研究においてはDISA Type55X Two-Color LDAを用いて、測定に際してのトレーサーに関する考察を行ない、また乱流におけるLDAのアナログ出力とHot Film 流速計および超小型プロベラ流速計のアナログ出力とを比較した。

2. LDAについて このタイプはアルゴン・イオンレーザーで2つの強力なレーザー光線(Blue 4880 Å, Green 5145 Å)を用い、各々のビームを直角に結ばせることにより2方向流速成分を同時測定することができるようにしたものである。原理としては、Fig.1に示すようにビームの交点を粒子が通過することにより後方散乱した散乱光を集光し、光電子増倍管により電気信号に変え、流速を測定する後方散乱モードである。流速は次式によってドップラー周波数より求めることができる。

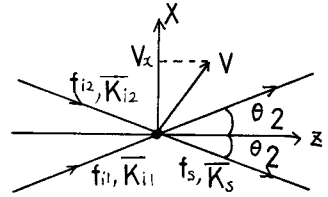


Fig.1 LDAの原理

$$\begin{aligned} f_D &= f_{s1} - f_{s2} \\ &= f_{i1} - f_{i2} + (1/2\pi)[(\overline{K}_{s1} - \overline{K}_{i1}) - (\overline{K}_{s2} - \overline{K}_{i2})] \\ &= (1/2\pi)V \cdot (\overline{K}_{i2} - \overline{K}_{i1}) \\ &= (2V_x/\lambda)\sin(\theta/2) \end{aligned}$$

$f_i, \overline{K}_i$: 入射光の周波数と波数ベクトル

$f_s, \overline{K}_s$: 散乱光の周波数と波数ベクトル

λ : 光線の波長 $[(2\pi/\overline{K}_{i1}) = (2\pi/\overline{K}_{i2})]$

θ : 入射角 V : 粒子の速度

V_x : 2本の入射光面に垂直なX軸方向の流速成分

f_D : ドップラー周波数

Fig. 2 はドップラー信号である。

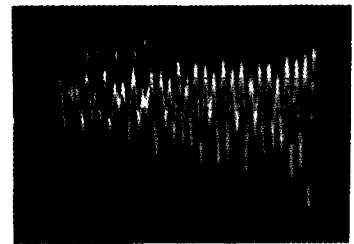


Fig.2 ドップラー信号
(掃引時間 50 μsec)

2. トレーサーについて 後方散乱モードであるため、前方散乱モードよりも散乱光が弱い。したがって、トレーサーが必要である。気体の場合は煙をトレーサーに用いてよい信号を得ることができるようである。水の場合において、水素気泡を用いた。その理由として、流れを汚染することなく、乱れのある非定常流れにおいても流れをかなりよく表わし、気泡の浮力による流れのずれは無視してもよいことが報告²⁾されており、比較的均一粒径が得られ、球形であり、電圧と極板間距離を変えることにより、粒径と発生量を変えることができるからである。Fig.3に電圧と極板間距離を変えたときの粒径を示す。気泡がある測定距離を上昇するに要する時間を測定し、これより上昇速度を求めストークスの式を用いて粒径を求めた。この図より、同じ電圧に対してはパルス間隔が長いほど粒径は小さく、同じパルス間隔に対して電圧が低いほど粒径は小さく

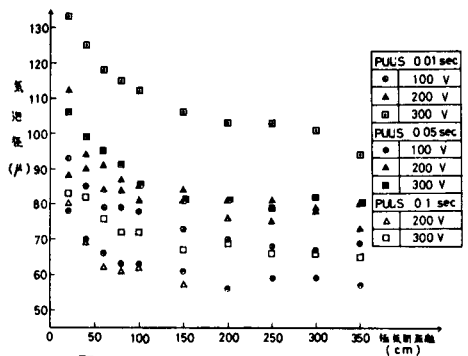


Fig.3 気泡径について

なる。極板間距離が大きくなるにつれ粒径は小さくなり、 1 m 以上においては粒径はほぼ一定となる。トレーサーとして $1\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ のものがよいとされているが、実際、気泡が白金線($300\text{ }\mu\text{m}$)を離れるにつれ上昇速度は急速に減少し、また急速に再溶解するので図の値よりもメジャーポイントを通過する粒子は小さいといえる。また、上昇速度は 0.73 cm/s ($133\text{ }\mu\text{m}$)から 0.14 cm/s ($57\text{ }\mu\text{m}$)の範囲となり、今回測定した 30 cm/s の流速がある場合は浮力による誤差は 0.03% から 0.002% 位となり無視してもよいといえる。実際、浮力による影響が生じてくるのは数 mm/s 以下の非常に低流速の場合である。以上から、水素気泡は、高分子化合物などに比べて、よいトレーサーであるといえる。測定する時は、ドップラー信号を連続的にする必要から濃度も考慮しなければならず、この図を目安としてシンクロスコープを見ながら最良のドップラー信号を得るようにするのが重要である。

3. LDA, Hot Film流速計とプロペラ流速計との比較

Fig. 4はLDA, Hot Film流速計とプロペラ流速計($\phi 5\text{ mm}$)のアナログ出力を(A), (B), (C), (D)4種のハイパスフィルターを通して得たものである。これより、プロペラ流速計は 50 Hz で変動成分がなく、LDAはかなり高周波までの変動がある。また、高周波になるにつれ、レベルが小さくなり、この現象はFig. 5のスペクトルからも裏付けられる。

4. おわりに LDAは非接触であることと、補正することなく流速を求めることができ、かなり高周波までとらえることができる利点はあるが、光学系の調整が難しく、ノイズも大きく、トレーサーなども考慮しなければならず電気系を含めて今後更に検討する必要がある。

<謝辞>

本研究を行なうにあたり御指導していただいた東北大学 岩崎敏夫教授に厚く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 流れの動的計測シンポジウム; 昭和53年12月4・5日
- 2) 浅沼強・武田定彦; 水の電気分解による流れの可視化について, 日本機械学会論文集, 31巻222号, pp. 223~pp. 232, 昭和40年
- 3) 小橋安次郎; レーザーによる流速の測定, 日本機械学会誌, 第77巻, 第664号, pp. 277~pp. 303, 1974
- 4) 岩崎敏夫; 応用水理学下巻I, p. 118~p. 120, 丸善

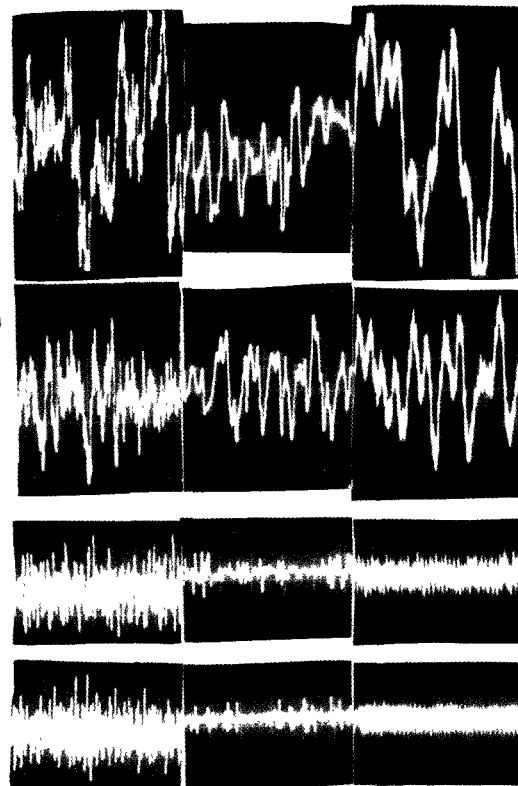


Fig. 4 ハイパスフィルターによる流速変動の変化 (掃引時間 0.1 sec)

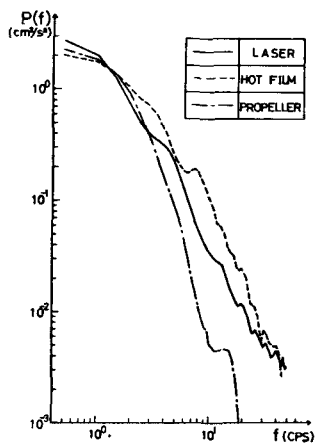


Fig. 5 スペクトル