

東北大学工学部 正会員 岩崎 敏夫
東北大学工学部 正会員 佐藤 栄司
東北大学工学部 学生員 大嶋 一成

1. はじめに

レーザードップラー流速計(LDA)は、非接触のセンサーにより、流れの場を乱さずに速度を測定できる等の利点がある。しかし、その反面、光学系の調整に熟練を要すること、散乱粒子の大きさ及び濃度によるドップラー信号の不確定性等、取扱上の問題点がいくつかある。特に、後方散乱形のLDAは、散乱光が弱く、 λ によって有効なドップラー信号を連続的に得ることは困難である。今回は、ドップラー信号の不確定性を重視し、上述した問題について実験的研究を行った。

2. ドップラー信号の不確定性と干渉縞(フリンジパターン)

本実験で利用したLDAは、フリンツモードの後方散乱形である。ガスレーザの安定した2本のコヒーレントな光は、流体中の一点に微小体積の焦点を結ばせることができ、2本のビームの電界ベクトルが同一方向のところで光の強度が最大となり明るい縞が、互いに逆方向のところで打ち消されて暗い部分が構成される。(写真-1) この干渉縞は、入射角の2等分線に平行で、シガモ光線面に直角である。図-1において、フリンツを通過する粒子は、強度の異なる光を散乱させ、その散乱光の強度の単位時間当たりの変化(ドップラー周波数) f_d は、粒子の速度に比例し、フリンツの間隔に反比例する。

$$f_d = v_x / d_f = v_x \cdot 2 \sin \theta / \lambda \quad (1)$$

v_x : 粒子の速度 v のフリンツに垂直な方向の成分 λ : 入射光の波長

θ : ビームの入射角 d_f : フリンツの間隔

又、そのときのバースト信号(写真-2)を検討すると、有効なドップラー信号を得ることが出来るのは、バースト信号の振幅が大きくでているビーム交差部の中心部であり、その周辺からは有効なドップラー信号を得られ無いことがわかる。したがって、この微小体積は、2本の入射光が交差する空間領域のアローブ体積と、ドップラー信号を検出する空間領域の測定体積とに区別して考慮する必要がある。しかし、測定体積の境界は、検出器の性能や信号処理の方法等により、異なるため、本実験においてはアローブ体積により検討する。アローブ体積は、ビーム断面の強度をガウス分布とすると強度境界により定義される。そのときのアローブ体積は回転楕円体となり、その大きさを図-2と次式に示す。

$$V_m = \pi D^2 / 6 \sqrt{2} \sin \theta \quad (2)$$

$$(D = 4\lambda / \pi \Delta \theta)$$

V_m : アローブ体積 D : 焦点におけるビームの径 $\Delta \theta$: 光線の収縮角 ($\Delta \theta \approx d/f$) f : レンズの焦点距離 d : ビームの径

又、その内部にできるフリンツの数 N_f は、次式で表わされる。

$$N_f = \sqrt{2} D / \lambda \tan \theta$$

ドップラー偏倚は、干渉縞を通過する粒子の散乱光に強弱が生じ

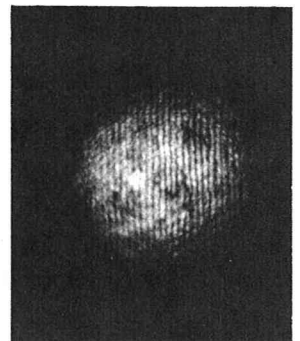


写真-1. 干渉縞

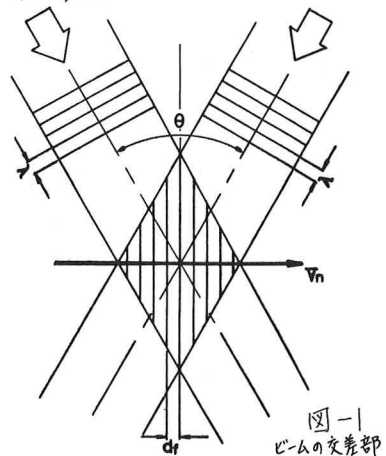


図-1
ビームの交差部

て起る現象であるが、(1)式より明らかなる様に、連続的ドップラー信号を得るためには、粒子が絶えず測定体積(プリンズ)内に存在している必要がある。又、プリンズの間隔及び本数との関連も考慮する必要がある。

3. 散乱粒子の最適条件

ドップラー信号の不確定性は、トラッカータイプのLDAによって決定的な重要性をもつ。水流の測定にあたっては、散乱粒子を入れることによって、有効なドップラー信号を連続的に得られることが多い。本実験では、水質の汚染、S/Mの悪化を考慮し、散乱粒子として水素気泡を用いた。水素気泡の粒径・発生量は前回の報告で明らかなる様に、使用する白金線の径・極板間の距離・印加電圧を変えることによって容易に変えることができる。今回は、白金線の径と極板間の距離を一定にし、極板間の印加電圧を変えることにより、水素気泡の発生量と粒径を変え、そのときのドロップアウトを測定することによって測定体積(あるいは、プリンズの間隔)に對しての散乱粒子の最適の条件を求めた。実験の結果は、当日、会場にて発表する。

4. おわりに

光電子増倍管によって検出されたドップラー周波数を電圧(流速)に変換するのが周波数トラッカーである。このトラッカーを正常に働かせるには、使用するLDAのプリンズや測定体積を認識し、適正なチューニングを施すことによって有効なドップラー信号を連続的に発生させる必要がある。

最後に、実験および解析に協力して頂いた、東北大学工学部土木工学科博士課程、田中博通氏に感謝の意を表します。

<参考文献>

- W.M.Farmer: *Determination of a Third Orthogonal Velocity Component Using Two Rotationally Displaced Laser Doppler Velocimeter Systems*, Appl. Optics, Vol. 11, No. 4, pp 770 ~ 1972
- F.Durst and J.H.Whitelaw: *Optimization of optical anemometers*, Proc. Roy. Soc. A, 324, pp 157 ~ 181, 1971
- T.H.Wilmshurst: *Resolution of the laser fluid-flow velocimeter*, J. Phys. E, Vol. 4, pp 77 ~ 80, 1971
- 佐藤、田中、江塚: レーザ流速計による乱流計測, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, pp 65 ~ 66, 昭和54年

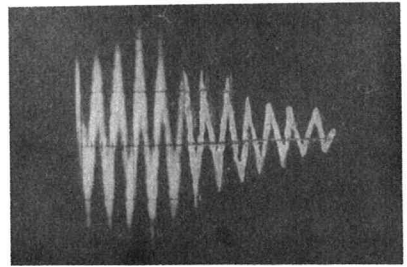


図-1. バースト信号
(掃引時間 50 μsec)

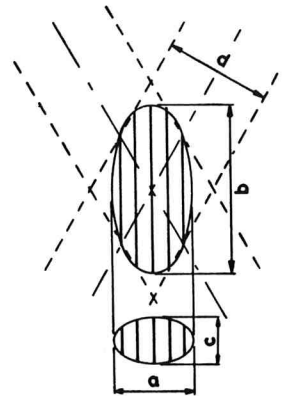


図-2. プローブ体積