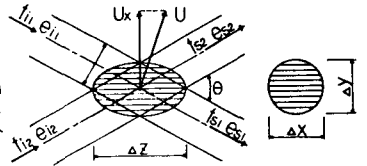


(財)電力中央研究所 正員 片野尚明
 日本大学生産工学部 正員 基合 実*

1. はじめに 近年 多くの分野の流体計測において、レーザドップラ流速計(Laser Doppler Velocimeter)が用いられてきた。このLDVは、流れを乱さずに瞬時に流速を測定することが可能な計測器であり、また従来 流体の乱れ計測に用いられてきた熱線流速計とは異なるが、取扱におよび適用面を検討する問題も多い。そこで本文は、LDV計測の原理と特徴について簡単に述べ、ついで水流を用いた鉛直上向き噴流に適用して得られた結果を報告する。

2. LDV計測の基本原則 LDVは、光のドップラ効果を利用して流体中に存在する散乱粒子にレーザ光を入射させ、その散乱光のドップラ周波数変化を測定し、流速測定する方法である。散乱光のドップラシフト周波数は、一般に次のように表わされる。



$$f_D = f_s - f_i = U \cdot (e_s - e_i) / \lambda = 2 \cdot U_x \cdot \sin \theta / \lambda \quad \text{----- (1) 図-1 ビーム交差部(フリンジ原理)}$$

ここで、 f_s, f_i : それぞれ散乱光、入射光の周波数、 e_s, e_i : それぞれ散乱光、入射光の単位ベクトル、 U : 速度ベクトル (U_x, U_y, U_z : x, y, z 方向の速度)、 λ : 入射光の波長、 θ : ビーム交差角である。そこで単色でコヒーレントなレーザ光を用いると、 f_i と入射角が決定でき、流速と f_D は、直線関係となる。之本のレーザ光が交差すると図-1 のようにフリンジが生じ、レーザ光強度は、ガウス分布を成しているこのレーザ光の直径を $d_{0.5}$ (光の相対強度が $1/2 \approx 0.15$ 以上における寸法) とすると、焦点でのビーム径 w は、 $w = 4 \cdot \lambda \cdot f / \pi \cdot d_{0.5}$ となる。ここで、 f : フロントレンズ焦点距離、プローブ体積寸法は、 $\Delta x = w, \Delta y = w / \cos \theta, \Delta z = w / \sin \theta$ とする。

3. LDV計測の特徴 一般にLDVの特徴として、1) 無接触測定が可能、2) 出力が流速と直線関係であり、3) 流体の性質に無関係、4) 応答性が良く、瞬間値が連続的に測定可能、5) 空間分解能が良い (約 $1mm^3$)、6) 流速測定範囲が広い (約 $1mm \sim 1000 \text{ m/sec}$) という流速計としては優れた長所を持つ。一方短所として、1) 光の入射、観測のための窓が必要で、かつ光路長が時間的に変動しないこと、2) 散乱粒子が必要であり、またその多少により信号出力が大きく影響されること、3) 光学系の調整が面倒なことなどがある。

4. LDVによる噴流計測 1) 噴流実験装置

本実験に用いた装置の概要を、図-2に示す。試験水槽は、 $0.9 \times 0.9 \times 1.1$ の規模を有する四面がガラス張りの三次元水槽で、そのほか安定した流量を供給するために高置水槽と低置水槽が設けられている。LDVの信号は、流体中に含まれる散乱粒子の影響を大きく受けるので、本装置では、浮遊装置 ($10 \mu m, 1 \mu m$) を用いて粒子を制御した。噴流は、試験水槽の中心部に取付けられた内径 $20mm$ の単一円管により鉛直上向きに放出される。

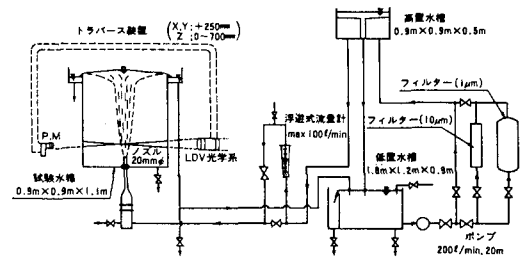


図-2 実験装置概略図

2) LDV装置 本実験に用いたLDV装置は、DISA製、前方散乱型、差動型法LDVである。レーザ光源は、Arレーザ(最大出力 $2W$) であり、光学系を介して、 $\lambda = 4880nm$ と $514.5nm$ の2カラー、3ビームによる2方向流速成分が同時計測できるシステムである。また信号処理装置は、シフターおよびトラッカにより成る。図-3に、用いたLDVシステムを示す。レーザ光源、光学系、光の検知器は、トラバース装置 (x, y 方向 $\pm 250mm$, z 方向 $0 \sim 700mm$ 移動可能) に設置され、一体で動くようになっている。このLDVは、 $f = 600nm$ 、 $\theta = 5.5^\circ$ 、 $\Delta x = \Delta y = 0.17mm$ 、 $\Delta z = 3.7mm$ のプローブ体積寸法である。

