

東京工業大学工学部	正員	沢 本 正 樹
東京工業大学工学部	正員	日 野 幹 雄
東京工業大学工学部	正員	山 下 俊 考
日本科学工業(株)		玄 永 勝 治

1. はじめに

レーザー・ドップラー流速計(Laser Doppler Velocimeter, 以下LDVと略記)は、非接触測定可能、低流速測定可能、速度の方向判別可能、高分解能などの特徴を有し、次第に数多く利用される様になってきている。しかし、原理上測定流体中にレーザー光を遮断する物体が存在する場合と光減衰の大きい流体の場合には測定不能となること、また実用上、測定点のトラバースが大変であること、使用できる本路は側面ガラスばりの2次元のものに限られること等の欠点を有し、その使用が制約されている。

最近、これらLDVの問題点を克服するため光ファイバを用いることが試みられて^{1),2)}あり、著者らも昨年2つの型式(単ファイバLDV, フリンジモードファイバLDV)の1成分流速測定方法について報告した^{3),4)}。本研究では、後者の型式であるフリンジモードファイバLDVの原理を2成分流速測定に適用し、2成分の流速、乱れとレイノルズ応力の同時測定システムを開発し、その性能試験を行なった。この2成分光ファイバレーザー流速計を用いれば、従来限られた範囲でしか行なわれていなかった2成分乱れ測定、レイノルズ応力の測定が可能となるとともに、レーザー流速計の利用範囲を拡大できる。

2. 構成

昨年のフリンジモードファイバLDVは、原理的にはデュアルビーム方式(フリンジモード)のうち後方散乱型式のLDVを光ファイバ系に適用したものである。今回の光ファイバLDVは、2種類のレーザービーム(15mW He-Ne $\lambda=633\text{nm}$, 15mW Ar $\lambda=488\text{nm}$)を用いて昨年ものを2成分に拡張したものである。すなわち、He-Ne, Ar各々2本の入射ビームを4本の光ファイバーでプローブの先端まで導き、He-Ne, Arビームを各々直角な面内で同一点に交差させフリンジ(測定点)を作成する。測定点からの散乱光は5本目の中央のファイバで受光し、波長分光ユニットのダイクロックミラーで分光し、各々の散乱光をフォトマルチプライヤで受ける。この光ファイバプローブは容易にLDVに装着可能であり、その構成を図1に示す。入射側のファイバには定偏波型単モードファイバ(SSPM)を、受光側には散乱光の強度変化を効率よく伝えるためにコア径の大きい(50 μm)屈折率分布型多モードファイバ(GI)を用いた。

プローブに使用した光学系は散乱強度およびSNRが従来のLDV(焦点距離100mmの後方散乱)とほぼ同じになる様にした。写真1にプローブ及びファイバの外観を示す。プローブの直径は12mm、長さはサポート部

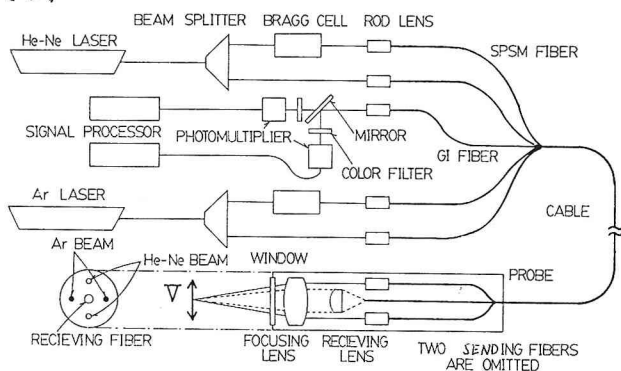


図-1 2成分光ファイバLDVシステム

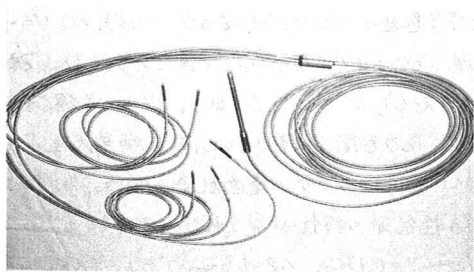
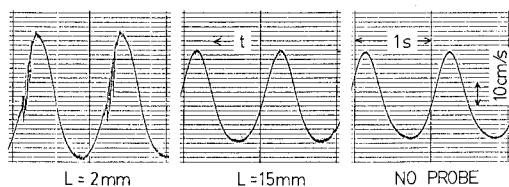


写真1 2成分光ファイバプローブ

を含めて218mmである。

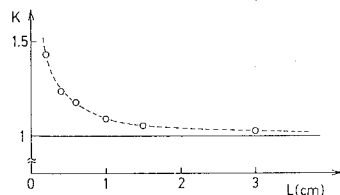
3. 性能試験

製作した2成分光ファイバプローブの性能を調べるために以下の3点について造波水路で実験を行った。測定にはHe-Neビームのみを用いた。



(i). プローブの流れへの影響 実験は、流速の鉛直方向成分ひがあまりなり所 ($U_m=18.0\text{cm/s}$, $U_{\text{rms}}=2.8\text{cm/s}$) に前方散乱型LDV (5mW He-Ne) のフリンジを作り、そこにプローブを真上から近づけて行き、LDVの出力からプローブの影響を調べた。図2にその結果を示す。図2(a)を見ると、プローブとフリンジとの距離LがL=2mmの所でプローブによる制速の影響が出ていることがわかる。L=4mmでは制速の影響はなかった。

図2(a) プローブの影響



また、Lが小さい程流速振幅が大きくなっており、プローブにより流れが加速されていることがわかる。図2(b)にその加速率 $K (= U_m(\text{プローブあり}) / U_m(\text{プローブなし}))$ を示す。プローブのレンズの焦点距離は16mmと25mmのものがあるが、これらのプローブを用いて測定する際には少し(4~5%)流速が大きくなるがほぼ妥当なデータが得られることがわかる。ただし、今回の測定はV方向成分が小さい場合であり、大きい場合には写真1に示したタイプのプローブではプローブの影響は無視できないと思われる。このようなV方向成分が大きい場合には、プローブのサポートの先端に90°ビーム変向アダプターを装着し、光軸を直角に曲げることにより、プローブの影響を小さくできる。

図2(b) プローブの影響(加速率)

(ii). LDVとの同時測定 今回の光ファイバLDVの性能を試験するために、同一点に前方散乱LDVと光ファイバLDVのフリンジを作り同時測定を行った。その結果の一例を図3に示す。図3(a)は、強い乱れの存在する碎波帯内(ただし気泡なし)の同時測定結果である。両者はかなり高周波の変動までよく一致していることがわかる。定量的に調べるために、横軸にLDVの出力、縦軸に光ファイバLDVの出力をとり比較した(図3(b))。

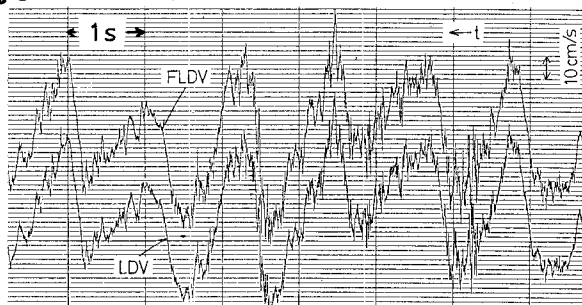


図3(a) LDVとの同時測定

両者は45°の線に並びよく一致していることがわかる。ただし、両者ともプローブの影響を受けたものを測定しており、その影響の程度と知ることはできない。気泡、浮遊砂等のビームを遮断する物体が存在する場合には、光路長の短い光ファイバLDVの方が有利である。

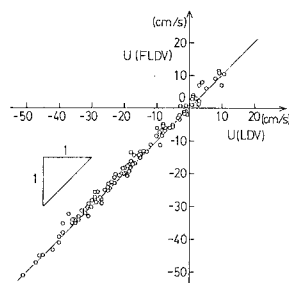


図3(b) LDVとの比較

(iii) シーディング 今回の光ファイバLDVは後方散乱形式のため散乱光が弱くシーディングが必要がある。シーディングには市販の白色ポスターカラーを用いた。実験より、濃度2~10ppmの広い範囲で安定したデータがとれることがわかった。

本研究に対し昭和59年度文部省科学研究費試験研究(2)研究代表者沢本正樹)の補助を受けた。ここに謝意を表す。

〔参考文献〕： 1) 広永勝治：光ファイバの速度計測の応用について、流水の計測懇談会，1981

2) 吉田静男・塚田昌司：水流流速測定に用いる光学的手法の改良，第26回水理講演会論文集，1982

3) 日野幹雄：他3名：光ファイバを用いたレーザ・ドップラ流速計の汎用化，第27回水理講演会論文集，1983

4) 日野幹雄：他2名：光ファイバを用いたレーザ・ドップラ流速計の試作，第1回流れの計測大阪シンポジウム，1983