

ホログラフィによる乱流計測

神戸大学工学部 正員 筧 源亮
神戸大学大学院 学生員○藤田一郎

1. まえがき

流れの任意断面の流速分布を求めるために、ホログラフィ干渉を利用する方法をこれまで行なってきた。この方法の大きな特徴はトレーサーとして水中に自然に混入している微粒子群（ミクロンオーダーの気泡）を用いている点と、照射光として一平面内にのみ拡げた厚さの非常に薄い光束を用い水中に光膜面を形成させている点であった。この場合、光膜面上に干渉縞が現われる条件を、露光間隔と露光間隔中の粒子の移動距離との関連から求め微粒子群そのものについての検討は行なわなかったが、この条件は粒子の影響を大きく受けることがわかった。本研究では上述の干渉縞の鮮明度を高めるために任意粒径の土粒子をトレーサーとして流れに加え、干渉縞が鮮明に現われる条件を粒径、微粒子濃度、露光間隔との関連から調べた。また、これまでは層流を主体とした流れを取扱ってきたが本研究では乱流の流れを対象とした。さらに、鮮明な干渉縞が現われたものについては流速の二次元解析を試みた。

2. 微粒子に関して

本研究では物体光として微粒子から発する散乱光を用いている。散乱光には粒子の大きさによりレイリー散乱とミー散乱が考えられる。レイリー散乱は粒径が照射光の波長に比べ十分小さい場合、ミー散乱は粒径が大きい場合にそれぞれ生ずるものである。一般にホログラフィで物体光として利用する散乱光はレイリー散乱光であるとされている。本研究においては、水中の微粒子群の中心を成す微細な気泡に加えて照射光の波長（約 $0.7\mu\text{m}$ ）に比べ粒径が数 μm の大きな粒子を混入させるので、散乱光はレイリー散乱からミー散乱に移行する光であると考えられる。また、散乱光中には粒子の物性により原光の周波数とは異なるブリルアン散乱或いはラマン散乱による分光が生じることがあるが、本研究では同一物性の土粒子を用いたのでこの点に関しては検討をまだ行っていない。今後粒子の物性の違いによる効果についても調べる予定である。

トレーサーとして用いる土粒子は粒径を3通りに変えた。その土粒子の収集には沈降分

		露光間隔 (μs)			
		30	50	70	90
濃度 (μcc 粒子量 当り $\times 10^{-6}$)	5.4	×	×	×	×
	10.9	◎	◎	○	×
	21.8	○	○	○	◎
	32.6	×	×	○	○

図1 粒径 $1\mu\text{m}$

		露光間隔 (μs)			
		30	50	70	90
濃度 (μcc 粒子量 当り $\times 10^{-6}$)	3.1	○	○	×	×
	6.3	○	○	○	○
	12.5	×	○	◎	○
	25.0	×	△	△	×
	37.5	×	×	×	×

図2 粒径 $3\mu\text{m}$

		露光間隔 (μs)			
		30	50	70	90
濃度 (μcc 粒子量 当り $\times 10^{-6}$)	1.7	×	×	×	×
	3.4	○	○	○	◎
	6.7	△	○	△	△
	10.1	×	○	○	△

図3 粒径 $8\mu\text{m}$

析を利用し、正確な粒径や粒子の形は金属顕微鏡による写真で確かめた。(写真1)その結果、中心の粒径が約1, 3, 8 μm の3種類の粒子の原液が得られた。

3. 実験

実験には幅10cm 長さ220cmの開水路を用いた。ホログラフィ用光源としては、ホログラム作成時には波長6943 $\text{\AA}$ のダブルパルスルビーレーザー、再生時には波長5145 $\text{\AA}$ のアルゴンレーザーを使用した。実験に際しては粒径は前述のように3種類、粒子濃度は4~5種類、露光間隔は4種類とした。干渉縞の鮮明度の判別に関してはある程度の主観は入ると思われるが次の四段階に分類した。即ち1全く干渉縞の見えないもの($\times$ で表わす) 2)かすかに干渉縞が見えるもの(Δ) 3)干渉縞は見えるが縞次数を明確に数えられないもの($\circ$) 4)干渉縞の縞次数が数えられるもの($\odot$) 以上の実験による結果をまとめると図1~3が得られる。得られた鮮明な干渉縞の1つを写真2に示す。

4. 考察

図1~3より干渉縞が鮮明に現われるには諸条件がある範囲に入る必要があることがわかる。この中でも特に大きな要因となっているのは粒子濃度で、これが高すぎても低すぎても干渉縞は現われにくくなるが、適度な濃度であれば露光間隔を変えても干渉縞が現われることがわかる。粒径に関して言えば、どの粒径の粒子を用いても濃度と露光間隔のある条件のもとで干渉縞は現われている。但し、粒径が大きくなると光膜面が粗くなって縞次数の判別が困難になるほか、壁面付近の境界層内で粒子が減速して沈殿するなど好ましくないことがわかった。露光間隔に関して言えば、例えば露光間隔が90 μs の場合粒子は平均的に13 μm と粒径の数倍の距離を移動しているにもかかわらず干渉縞は現われた。これは粒子が完全には分離せず雲状の固まりとなって流れているためかとも思われるがまだその原因は明確でない。また、求めるべき条件の範囲にある程度のばらつきが見られるのは、ダブルパルスによる二度の照射光の強度が必ずしも一致していなかったためと考えられる。

5. 結論

本研究では、トレーサーとして土粒子を用いたが前述のラマン散乱などの影響を調べるには物性の異なる粒子を用いる必要がある。従って例えば黒鉛粉末などを用い同様の実験を行ない最も鮮明な干渉縞が得られる条件を求める必要がある。今後はその条件のもとで多くのホログラムを得て乱流の流速を解析していく方向に発展させるべきであると考えられる。

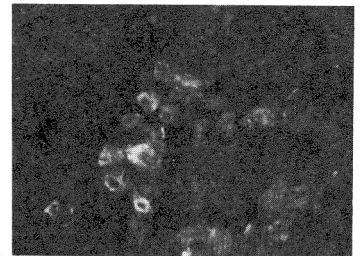


写真1 土粒子の形状
(1目盛は2.5 μm)



写真2 干渉縞の例

参考文献 梶源亮、木佐幸佳 光膜法ホログラフィによる流速測定 流れの可視化
シンポジウム 4 141~144 (1976)