

レーザードップラーを用いた速度計

鈴木 悠太

(指導教員 佐藤 憲史)

1.はじめに

レーザードップラー速度計は非接触で流れを乱さない、状態量（温度、圧力）にほとんど影響されないなどの特徴により、従来の速度計では測定不可能であった火炎中の流れの測定や遠く離れた風の流れの測定が可能になる。今回の研究では速度計の小型化と簡易化を目指す。

2.基礎知識

今回の研究ではマイケルソン干渉計を応用する。

マイケルソン干渉計は代表的な 2 光束干渉計である。

図 1 において光源から出た光（実線）はビームスプリッタで二分割されそのまま通過する光（点線）と反射される光（実線）に分かれる。

光（実線）の方はそのまま鏡で反射させ、光（点線）のほうは測定物（測定したい流体）に反射させ、ビームスプリッタによってさらに検出器へと反射させる。その後測定物に反射させた光（点線）と光源からの光（実線）を検出器で測定する。今回の実験ではこの原理を光ファイバーに応用し速度を測定する。

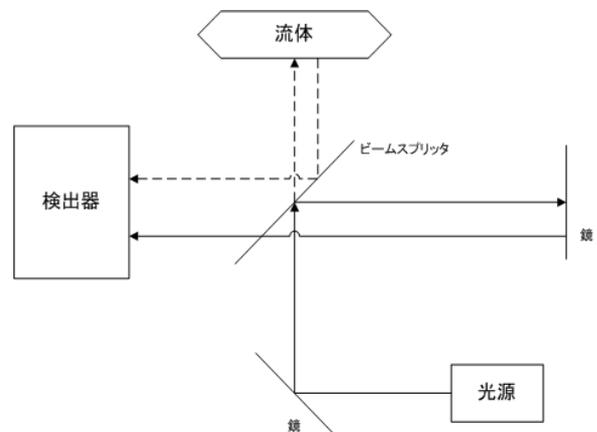


図 1 マイケルソン干渉計

3.流速測定実験

上記の原理を応用し今回は実際に流れている金属粒子（アルミニウム）を混合した水の流速を測定する。

今回の実験では図 2 のような干渉計を用いて実験を行った。

光源から出た光は 3dB カプラ A により 2 分割される。サーキュレーターでは速度 v で流れている水に光ファイバーを平行に当て、反射して戻ってくる光を 3dB カプラ B へと送る。3dB カプラ B では光源からの光と水による反射光が結合される。結合された光をフォトダイオードで検波し、スペクトルアナライザにより 2 つの光の周波数シフトを測定する。ここでドップラーシフトの式は

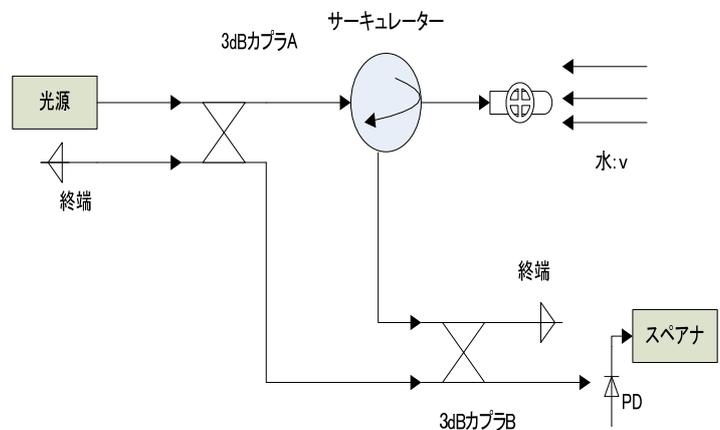


図 2 水の流速測定の実験系

$$v = \frac{\Delta f \lambda}{2n \cos \theta} \quad (1)$$

(v : 水の速度, Δf : 周波数シフト, λ : 波長, n : 屈折率, $\cos \theta$: 測定物とファイバーの入射角)

で与えられる。今回の実験では測定物が水であり、ファイバーを平行に挿入したため $n = 1.3$ $\theta = 0$ である。また、測定に用いたレーザー波長は $\lambda = 1535\text{nm}$ である。

実験の結果を図 3,4,5 に示す。横軸は周波数 (MHz) であり、縦軸は強度 (dBm) である。

図 3 は流れていない水にファイバーを挿入して測定したスペクトルであり、シフトは観測されない。低周波の帯域に出ているフロアはスペ

クトルアナライザのノイズである。

図 4、5 はアルミニウムを混合した水をファイバーに当て測定したスペクトルである。図 4 では約 0.6MHz、図 5 では約 1.3MHz に周波数シフトが観測できる。この結果を (1) 式に代入すると

図 4 $v = 0.46 \text{ m/s}$ 図 5 $v = 1.00 \text{ m/s}$

という結果が得られた。

今回の実験では容器とホースを使用し、手作業での測定だったため測定中の速度に変化が生じており、シフトの変化が観測された。

ファイバーでの測定の精度を確認するため、容器に入れた水を 2L のビーカーに流し、かかった時間から速度を求めたところ

$V = 0.96 \text{ m/s}$ となり上記の実験で得られた速度とほぼ同一の結果が得られた。

この他の実験では容器の中でファイバーを横ゆれさせて観測した。その結果、周波数シフトは起こらず図 4,5 のシフトは水の速度によるものであることを確認することができた。

4. 今後の課題

今回の実験では金属粒子を混ぜた水でないと信号が出ず、安定して速度が測定できないものとなってしまった。理由としては水だけの散

乱による反射が小さいこととレーザーのビートノイズのレベルが大きかったことが挙げられる。今回使ったファイバーは単一モードファイバーであり結合が小さくなってしまったと考えられる。このことからファイバーの先端を加工し反射光の結合を高いものに仕上げるなどの改善策が必要であることが分かった。

参考文献

- 1) 小保方富夫：レーザー計測
- 2) 黒川隆志：光機能デバイス
- 3) 血管内の血流を測る 局所血流速度測定システム <http://jstshingi.jp/abst/p/08/03/kansai7.pdf>

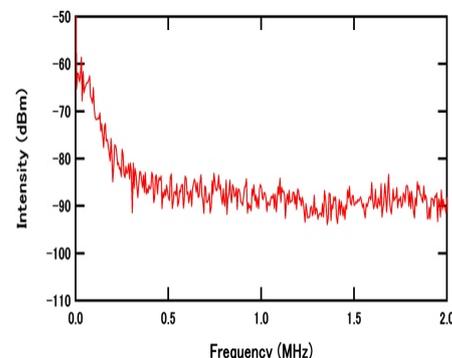


図 3 静止した水のスペクトル

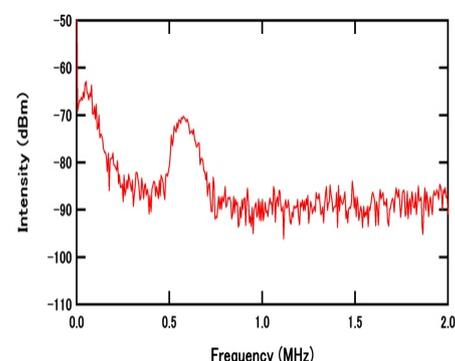


図 4 流水のスペクトル

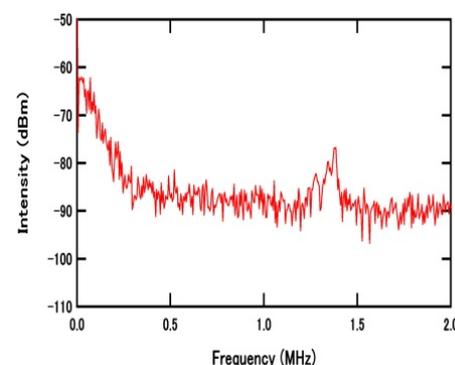


図 5 流水のスペクトル