

東京工業大学 正会員 奥島基良 大槻茂雄 正会員 本岡誠一

1. 要 旨 超音波ドプラ流速計を用いて、水路中の流速分布を測定した。2MHzの超音波の反射体として、粒径 200μ の砂を水に混合した。測定の結果、乱流の程度を表わすと思われるドプラ信号の周波数成分の広がりがある場所によって大きく変ること、時間とともに流速が変わるようすがわかった。

上に述べた測定の予備実験のために、既知の速度で反射体を水中で動かす装置を作った。それを用いて、超音波ドプラ流速計による速度(ドプラ速度)と反射体の移動速度とを比較した。その結果、この超音波ドプラ流速計によって、約5%以下の誤差で速度を測定できることがわかった。

また、同じ装置を用いて、送波器の指向性ビームと受波器の指向性ビームとの交点から、反射体の通過位置がずれた場合のドプラ信号の強さ(ドプラ強度)を調べた。その結果、ドプラ強度は、反射体が指向性ビームの交点より2cmはなれた位置を通過するときは、指向性ビームの交点を通過するときより20dB以上小さいことがわかった。また、ビームの交点から、反射体の進行方向に1cmはなれた点からの反射波のドプラ強度も20dB以上小さかった。

2. 超音波送信機と受信機 (Fig. 1) 送波器と受波器には、直径20mm、厚さ1.3mmのチタン酸バリウム磁器振動子を用いた。ドプラ信号は、テープレコーダで録音したのち、周波数分析を行った。

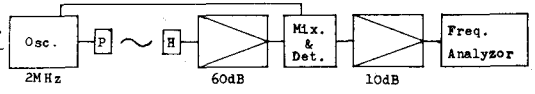


Fig.1 Block diagram of ultrasonic Doppler flow meter

3. 予備実験

3-1. 反射体移動装置 (Fig. 2) 反射体を取付けた水中の円板を、モータで回転させた。反射体の移動速度は、モータの回転速度より計算できる。モータは無段変速である。

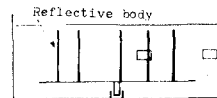
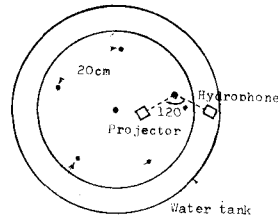


Fig.2 Sketch of transfer equipment

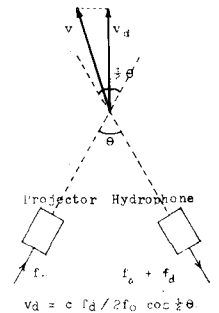


Fig.3 Doppler Velocity

3-2. 反射体の移動速度とドプラ速度との比較
ドプラ速度 (Fig. 3) ドプラ周波数 f_d は、反射体の移動速度 v の、指向性ビームの交角 θ の2等分方向の成分 $v \sin(\theta/2)$ によってきまる。この速度成分 $v \sin(\theta/2)$ を、ドプラ速度と名づける。 v は次の式で与えられる。

$$v = c f_d / 2 f_0 \cos \frac{\theta}{2}$$

ただし、 c は水中の音速である。

反射体、速度の測定 (Fig. 2) 反射体(8mm ϕ の鉄の丸棒)の移動速度はモータの回転速度より求めた。

測定結果 (Fig. 4) ドプラ速度は、反射体の移動速度より、約5%大きいことがわかった。

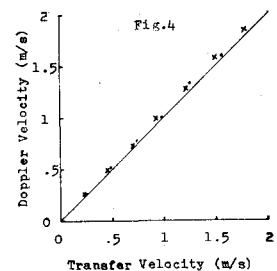


Fig.4

3-3. 反射体位置が 送・受波器

指向性ビームの交点からずれたとき

のドプラ強度に及ぼす影響

反射体の取付と測定 (Fig. 5) 反射

体として直径1mmの銅線を用いた。

測定結果 (Fig. 6, Fig. 7) $d_i = 2$

cmでのドプラ強度は、 $d_i = 0$ cmのところに比べて20dB以下であっ

た。 $d_i = 0$ cmでの進行方向にそってのドプラ強度は、反射体が約

2cmの距離を進むうちは強いが、それ以上はなれたところでは20

dB以上小さくなった。

4. 流速分布の測定

4-1. 水路 (Fig. 8) 水路に面した水槽の側面は、厚さ2mmの

アクリル板である。超音波の反射体として、粒径200 μ の

砂を水に分散させて水路に流した。

4-2. 送・受波器の移動装置 送・受波器は、指向性

ビームの方向が水平面内で水流方向に45°になるように

したまま、水流方向に移動できるようにした。水槽の水

深は15cmで、送・受波器は底から7.5cmの位置にある。

4-3. 測定 (Fig. 9) 流速は2つの成分、すなわち、

水流方向と、水流と直交する方向の成分について測定し

た。

4-4. 測定結果 (Fig. 10) 矢印は、平均流速をベクトル

で示したものである。矢の先の楕円の径は、測定した

ドプラ速度の広がり的大小を示している。この径は、

乱流の程度を表わすも

のと思われる。ブロッ

クの背後は、流速も下

り、激しい乱流が起

ていることがわかる。

測定したドプラ信号の

周波数分析の例をFig.

11とFig. 12に示す。そ

れらから、水路の中央

付近では、流速が時間

とともに大きく変動す

ることがわかる。

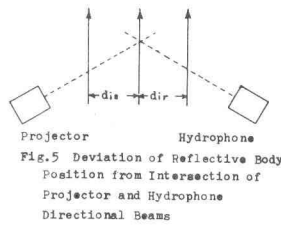


Fig. 5 Deviation of Reflective Body Position from Intersection of Projector and Hydrophone Directional Beams

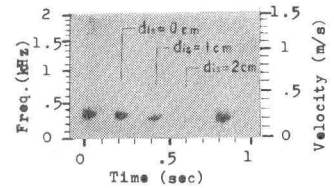


Fig. 6 Deviation for the projector

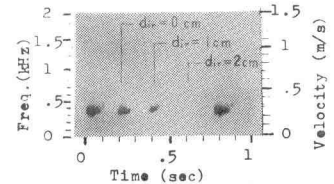


Fig. 7 Deviation for the hydrophone

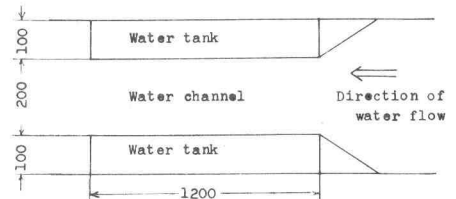


Fig. 8 Water Channel

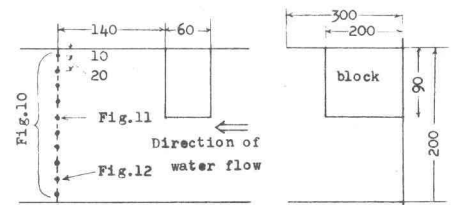


Fig. 9 Measured points in the water channel

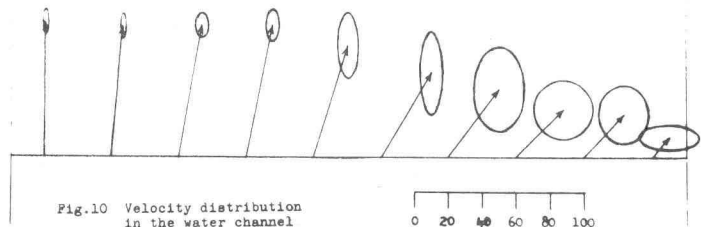


Fig. 10 Velocity distribution in the water channel

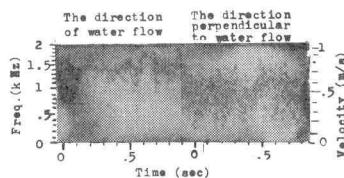


Fig. 11 A typical frequency-analysis of the measured Doppler signals

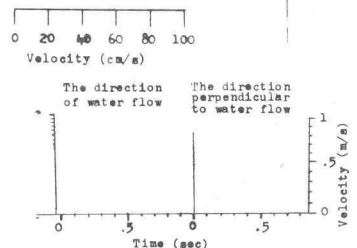


Fig. 12 A typical frequency-analysis of the measured Doppler signals