

1. はしがき 前回に報告した超音波ドプラ流速計は速度成分の絶対値を測定するものであった。そこで絶対値に加えて方向も検出できる超音波ドプラ流速計を作り、これを用いて造波水路中に発生させたトロコイド波の粒子運動について2次元速度ベクトルを測定した。今回はこれについて報告する。

2. 流速ベクトル測定のためのモデル実験

2-1. 超音波送信機と受信機 (Fig.1) 図に示すような比較周波数を送波の周波数より一定値だけずらした受信機を用いると速度成分の向きを検出でき、2つの受波器の出力により、流速を平面内のベクトルで示すことができる。

2-2. 反射体とその運動 (Fig.2) 反射体として1mm^φの鉄線を7mm間隔に縦横に編んだ金網を用いた。これを図のように取付け、往復運動をさせた。このときの反射体の速度 v は次の式で表わせる。

$$v = r\omega \sin \omega t \left\{ 1 + \frac{k \cos \omega t}{(1 - k^2 \sin^2 \omega t)^{1/2}} \right\}$$

2-3. 測定 (Fig.3) 図に示すように送波器Pから送った2MHzの超音波を2つの受波器 H_1, H_2 で受ければ、それ

ぞれ反射体の運動のx方向、y方向の速度成分が測定できる。

2-4. 測定結果 (Fig.4, Fig.5) Fig.4は $\theta = 20^\circ$ の例である。

曲線bは、反射体の速度のx成分で、中央の直線は速度0を示す約2kHzの線であり、理論値である曲線aとよく一致している。

曲線cは速度のy成分である。2つの曲線bとcにより、各瞬間の速度ベクトル

が測定できる。

速度ベクトルの

角度の実測値と

本超音波ドプラ

流速計による角

度を比較した結

果をFig.5に示

す。これらは

$\pm 1^\circ$ 以内でよく

一致している。

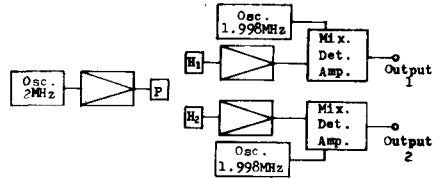
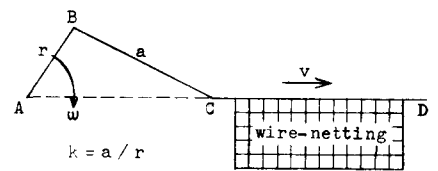


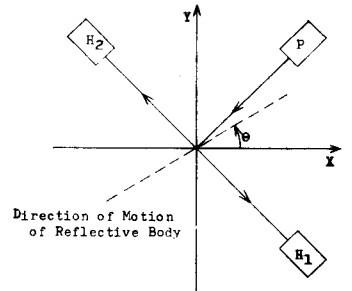
Fig.1 Block diagram of ultrasonic Doppler flow meter



$$v = r\omega \sin \omega t \left\{ 1 + \frac{k \cos \omega t}{(1 - k^2 \sin^2 \omega t)^{1/2}} \right\}$$

Motion of Reflective Body

Fig.2



Arrangement of Projector & Hydrophones

Fig.3

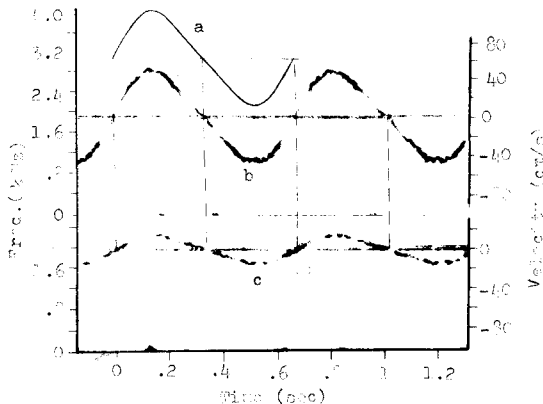


Fig.4 An Example of Frequency Analysis

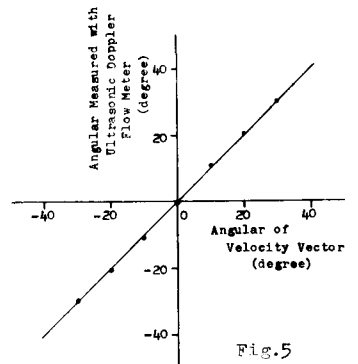


Fig.5

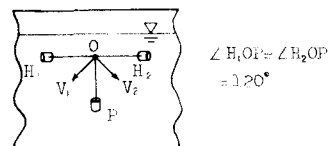
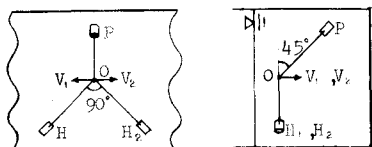
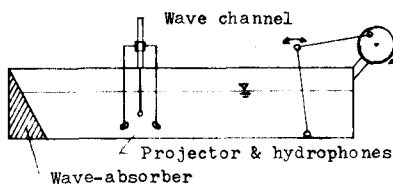


Fig. 6 Arrangement of projector & hydrophones in a water channel

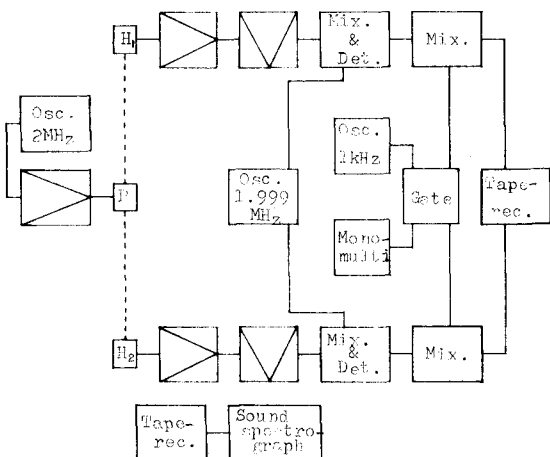


Fig. 7 Block diagram of electric system

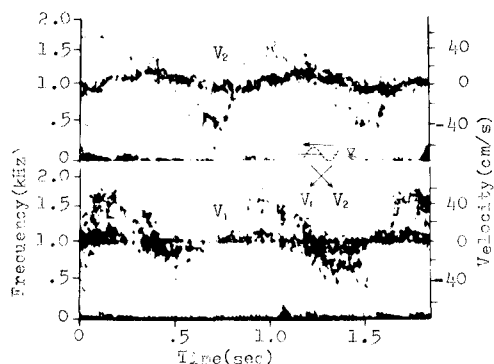


Fig. 8 An example of frequency analysis on particle velocity measurement in the wave channel

3. トロコイト波の粒子速度の測定

3-1. 造波水路と送・受波器支持 (Fig. 6) 幅60cm高さ1m長さ約10mの造波水路に、深さ50cmまで水を入れ、超音波の反射体として粒径が 10μ 以下の粒子をまぜた。0点での粒子速度の分解ベクトル V_1, V_2 がそれぞれ受波器 H_1, H_2 により求まる。

3-2. 超音波送信機と受信機 (Fig. 7)

3-3. 測定 水路中に波長1m、波高10cmのトロコイト波を発生させ、水の波がほぼ進行波となっている位置に送・受波器をおく。送・受波器を5cm間隔で上下移動し、 V_1, V_2 を測定する。

3-4. 測定結果 (Fig. 8, Fig. 9) 周波数分析器を用いて求めた水面下20cmでの V_1, V_2 を例としてFig. 8に示す。この図には、測定点の反射波以外に水面の反射波が記録されている。水面の反射波の確認はパルス法で行われた。

深さを変えて速度ベクトル軌跡を求めた。これを図示するとFig. 9のようになる。これは次のようにして求めた。波の一周期を16等分し、あおのの速度ベクトルを求め、ベクトルの先端を順に結ぶ。

3-5. 結論 本実験における波の粒子運動は楕円に近い運動であることがわかった。しかし、

送・受波器の位置の関係上、水面の反射波が出やすかった。また、反射体が 10μ 以下の粒子であったため超音波の反射は弱かった。

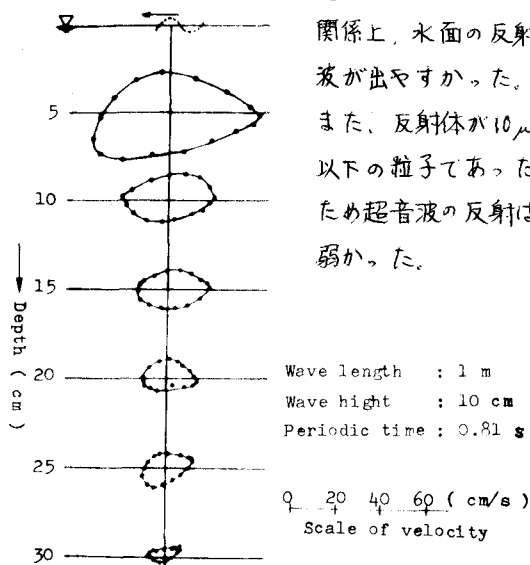


Fig. 9 Particle velocity distribution in the wave channel