

波と流れの共存場における水粒子速度の鉛直分布について

京都大学工学部 正会員 岩垣雄一
 京都大学工学部 正会員 〇 茂野敬之
 間組 藤谷茂

1. 緒言 波と流れの共存場に関する研究は、流れの場において波の特性、特に波高がどう変化するかに注目して行われてきた。そこでは流れの大きさおよび分布を先に定義し、この流れと共存する波の理論解を議論するものが多いが、波動が流れに及ぼす干渉効果については全く考察が行われていない。一方、波と流れの共存場における水粒子速度を実験により調べた研究は、佐藤(1974)、van Hoften & Karaki(1976)があるのみで、しかも流れの向き大きさ、波の諸元について系統的に行ったものではない。本研究は共存場における内部機構を明らかにすることを目的として、ホットフィルム流速計を用いて水粒子速度を測定し、その平均流速および乱れ強度について考察したものである。

2. 実験装置 実験装置の概要は図-1に示すとおりである。出力11KWのポンプにより、水槽内に循環流が形成され、4つのバルブの開閉操作により、流れの向きおよび大きさを変えることができる。流速測定はX型プローブを有するホットフィルム流速計を用いた。プローブの構造上、流れは一方向しか測定できない。波動は往復流であるが、流れが十分大きければ、波と流れが共存した時の水粒子の運動は常に一方向のものとなる。X型プローブは2本のセンサーから成るが、それぞれについて温度-抵抗特性、流速-出力電圧特性について検定を行った。測定にあたって注意すべきことは、使用する水の温度変化と不純物の混入による出力ドリフトである。実験にあたっては、水温をたえず測定し、また水を何度も入れ換えて汚れの除去を入念に行ったが、今回用いた循環流発生装置の構造上、この2つの誤差原因を完全に除去することはできなかった。

3. 実験結果および考察 図-2は流れ単独の場合の平均流速および乱れ強度の分布を示している。乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ 、 $\sqrt{v'^2}$ およびReynolds Stressは水面近くで小さく、水路底部で大きくなっている。この流れに周波数0.8Hzの波が共存した時の平均流速および乱れ強度の分布を示したものが図-3、図-4である。ただし、図-3は波の伝播方向と流れの方向が一致する場合に、波の峰位相における流速値をアンサンブル平均し、その平均値を平均流速、流速の平均流速からのずれを乱れと定義したものであり、図-4は波の伝播方向が流れと逆方向の場合において、波の谷位相における流速値を同様に整理したものである。図-2と比べて水面付近の乱れが大きくなり、その分布は水深を通じてほぼ一様となるが、これは一つには流れの場における造波のばらつきをも、乱れとして取り扱ってしまうことにも原因があり、水面付近になるほど、本来の乱れの大きさより大きな値が記録されることが予想される。図-5は図-3と同じ実験ケースにおいて、平均流速の位相による変化を調べたものである。波の水粒子運動の方向が流れの方向と逆方向の位相においては、平均流速の鉛直分布はくの字型になるようである。図-6および図-7は位相による乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ およびReynolds Stress $\overline{u'v'}$ の変化を調べたものである。ばらつきが大きく、はっきりした傾向は見出せないが、

$\sqrt{u''}$ は位相 $\pi/4$ で大きな値をとっており, また $\overline{u''v''}$ はいくつかの位相で正の値をとること
 が注目される。なお本研究は文部省科学研究
 費(奨励研究)による研究の一部である。

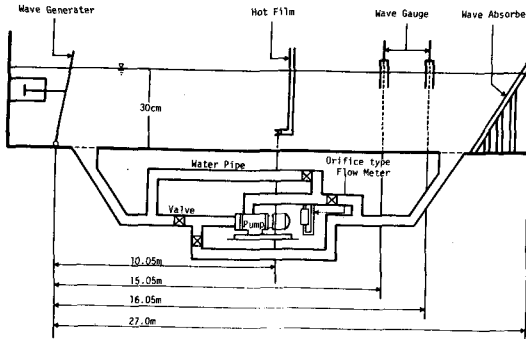


図-1 実験装置の概要

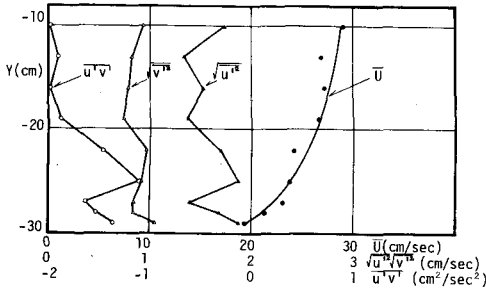


図-2 流れ単独の場合の平均流速および乱れ強度の鉛直分布

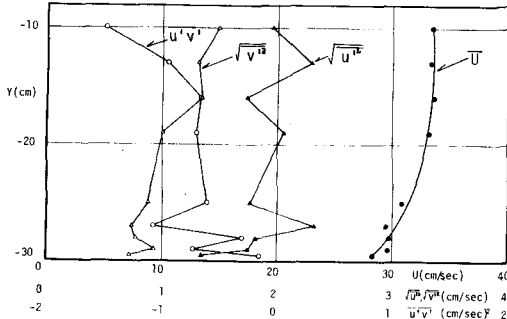


図-3 波と流れの共存時における平均流速・乱れ強度の鉛直分布 ($f=0.8\text{Hz}$, 順流, 同位相)

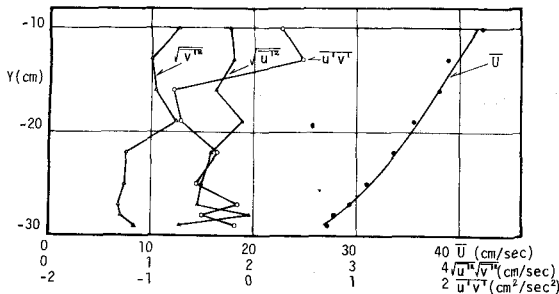


図-4 波と流れの共存時における平均流速・乱れ強度の鉛直分布 ($f=0.8\text{Hz}$, 逆流, 各位相)

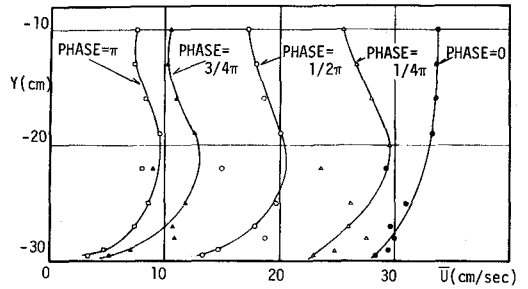


図-5 波と流れの共存時における平均流速の位相による変化 ($f=0.8\text{Hz}$, 逆流)

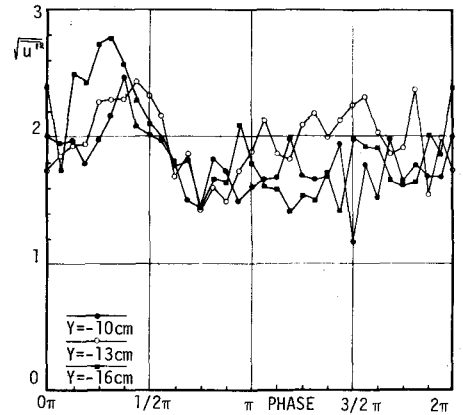


図-6 波の位相と乱れ強度 $\sqrt{u''}$ の関係 ($f=0.8\text{Hz}$, 逆流)

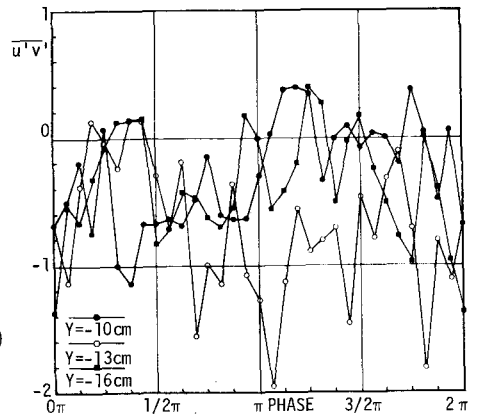


図-7 波の位相と Reynolds Stress の関係 ($f=0.8\text{Hz}$, 逆流)