

II - 277

振動格子乱流場の空間特性量について

九州大学 工学部 正会員 ○朝位孝二
九州大学 工学部 正会員 小松利光
九州大学 工学部 正会員 柴田敏彦
(株) フジタ 正会員 高原健太郎

1. まえがき

振動格子乱流場は平均せん断流を持たない場であるため乱れと自由水表面の相互作用の過程を純粋な形で抽出できるものと期待でき、自由水表面近の乱流構造を解明する上で有利であると思われる。著者らはこれまで振動格子乱流場において自由水表面近傍の乱れを計測し、いくつかの知見を得ている¹⁾。しかしながら、この計測は点計測であったため、波数スペクトルをはじめとする空間特性量を計測することが困難であった。空間特性量の計測可能な実験装置を新たに作製し水表面近傍の乱れの計測を行った。その中で今回は乱れ強度、波数スペクトル及び積分長さスケールについて考察を行った。

2. 実験装置及び測定方法

本実験で用いた装置の概要を図-1に示す。水槽は長さ200cm、高さ50cm、幅25cmの亚克力製で、水槽底部から20cm上方に1cm幅の角柱正方の格子（格子間隔5cm）を取り付け、それを鉛直に振動させることにより乱れを発生させた。計測にはFLV（Fiber Laser Velocimeter）を使用した。FLVは水槽と独立に設置しているトラバース装置に取り付けられており、水平方向に一定速度で走行させることにより空間特性量を評価した。

本実験では振動格子乱流において水表面が乱れが特性に及ぼす影響及び水表面と固体壁面との相違を検討するために以下の実験を行った。

実験A：水表面が無限遠にある場合（水深を25cmに設定）

実験B：水表面が存在する場合（水深を15cmに設定）

実験C：固体壁面が存在する場合（水深を15cmに設定し水表面に亚克力板を設置）

すべての実験において振動格子のストローク長は6cm、振動数は4Hzで格子間隔は5cmである。振動の中心を仮想原点とし鉛直上方向を正としてz軸を定義する。トラバース装置に取り付けられたFLVの移動速度は16cm/secである。

3. 実験結果

3.1 乱れ強度 実験A、実験Bより得られた水平方向及び鉛直方向の乱れ強度 u 、 w を示したものが図-2であり、図-3には実験Bと実験Cの結果を示している。図-4、5は水表面及び固体壁面が存在する場合の乱れ強度と水表面が存在しない場合の乱れ強度 u_0 、 w_0 との比を $\Delta z/l_{u_{15}}$ に対してプロットしたものである。ここで、 Δz は測定点から水表面もしくは固体壁面までの距離、 $l_{u_{15}}$ は後述の積分長さスケールより得られた、水表面の影響がない場

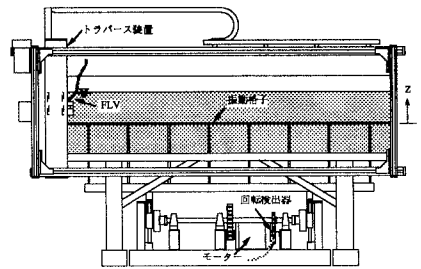


図-1 実験装置の概要

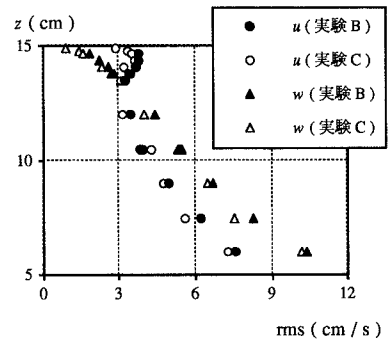


図-2 u 、 w の鉛直分布（実験A、B）

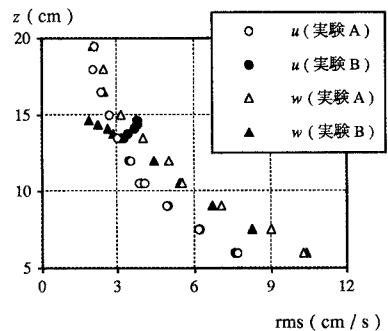


図-3 u 、 w の鉛直分布（実験B、C）

合の $z=15\text{cm}$ における水平乱れの長さスケールである。水表面付近では、そこに水表面が存在しない場合と比べて u は $\Delta z < lu_{15}$ の範囲で増加し、逆に w は $\Delta z < 1.5lu_{15}$ の領域で減少することが分かる。また、 u 、 w ともに固体壁面極近傍では水表面の近傍より大きく減少している様子が読みとれる。

3.2 波数スペクトル 図-6、7は実験Bの水平流速変動及び鉛直流速変動の水平方向の波数スペクトル $Fu(k)$ 、 $Fw(k)$ である。いずれの場合も波数 k の $-5/3$ 乗則に従う慣性領域が存在することが分かる。 z が大きくなって振動格子から離れると $Fu(k)$ も $Fw(k)$ も全波数領域で減少するが、水表面近傍では $Fu(k)$ はあまり変化せずむしろ $z=14.7\text{cm}$ の場合低波数側でパワーが増大している。これに対して $Fw(k)$ は低波数側で急激な減少傾向を示している。

3.3 積分長さスケール 図-8は u 、 w の水平方向の積分長さスケール lu 、 lw を実験Aと実験Bと比較したものであり、図-9は実験Bと実験Cで比較したものである。これらの図から lu 、 lw とも原点より離れていくに従い線形に増加するが、それぞれの勾配は若干異なっている。 lw は原点で0をとるのに対して lu の方はややばらつきがあるものの原点より上（ $z=3\text{cm}$ あたり）で0となるようである。 lu は境界面近傍で一度大きな増加傾向を示した後減少するが、 lw は境界面近傍で急激に減少する。また自由水表面近傍と固体壁面近傍の乱れのスケールに与える影響

を比較したとき固体壁面の方が壁面極近傍において lu 、 lw とも自由水表面のそれよりも小さいことが分かった。

4. あとがき

FLVを水平方向に等速度で動かすことにより振動格子乱流場の空間特性量を高精度に計測することが可能となった。ここでは割愛したがエネルギー散逸率も波数スペクトルから算定された。今後より詳細な計測や考察を行う予定である。

参考文献

- 1) 小松ら：水工学論文集、第39巻、pp.819-826、1995

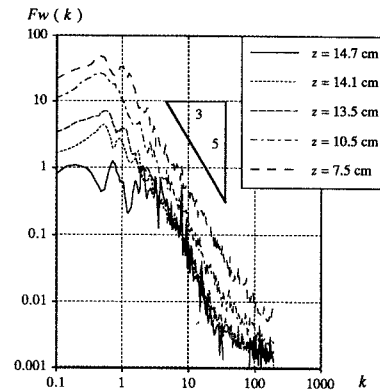


図-6 u の波数スペクトル

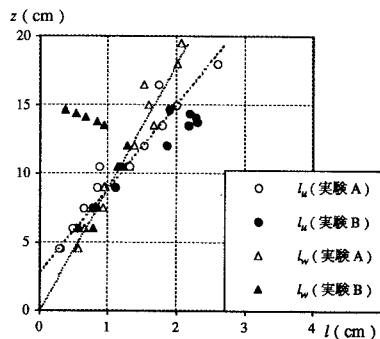


図-8 長さスケール（実験A、B）

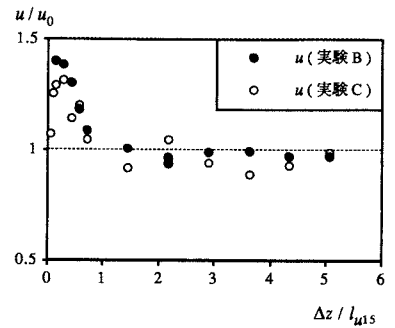


図-4 境界面近傍の u （実験B、C）

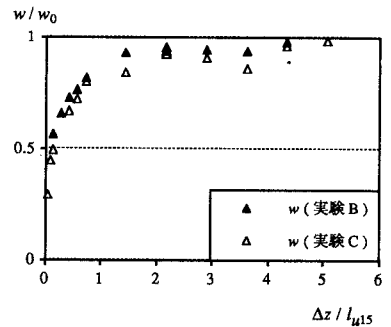


図-5 境界面近傍の w （実験B、C）

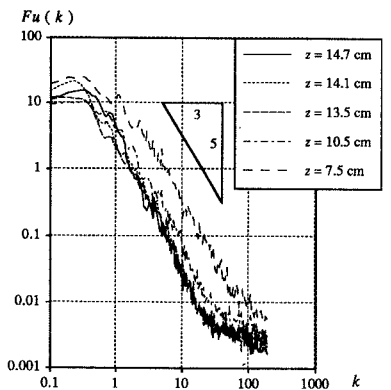


図-7 w の波数スペクトル

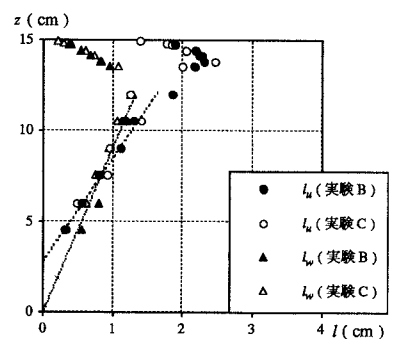


図-9 長さスケール（実験B、C）