

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
建設省土木研究所 正員 ○浅野富夫

著者は従来より、ホットフィルム流速計を用いた実験的検討により、主として流れ方向(x方向)の乱れ速度成分 u に関する時空間相関特性を明らかにしてきた。しかしながら、乱れの時空間構造の検討においては、さらに横方向(y方向)あるいは鉛直方向(z方向)の乱れ速度成分 v あるいは w についての知見も必要とされる。したがって、本報告では、4台のホットフィルム流速計により本機のX型プローブを同時に作動させ、乱れ速度 u 、 v 、 w 及びレイノルズ応力 $-uv$ 、 $-uw$ の時空間相関特性について検討を行っている。なお、計測の困難性より、流れ方向に隔たった場合については実験されていない。

1. 時間相関特性

乱流場内の固定点における乱れ速度の時間的変動特性は、時間相関係数によって表される。図-1は、乱れ速度 u 、 v 、 w に関する時間相関係数 $R_u(t)$ 、 $R_v(t)$ 、 $R_w(t)$ の一例を示したものであって、とくにアンサンブル平均回数も著しく増大させており、非常に滑らかな相関係数が得られている。したがって、図中の矢印の位置に発生すると予想される second mild maximum は、平均化により埋没してしまい、あまり顕著ではない。図において、 $R_v(t)$ 及び $R_w(t)$ は、同程度の値をとりながら、 $R_u(t)$ よりも急激な減少傾向を示しており、 v 、 w から評価した平均スケールは、 u に基づき評価した τ_u に較べ、かなり小さくなることが知られる。

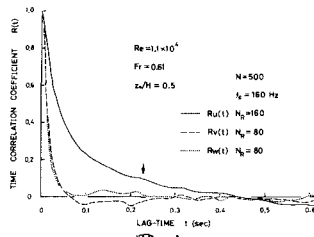


図-1

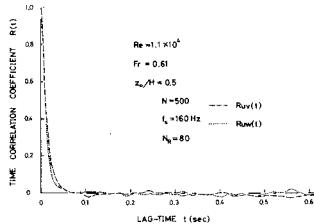


図-2

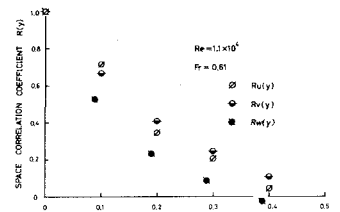


図-3

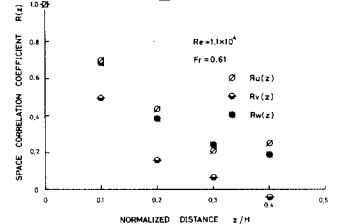


図-4

また、図-2は、レイノルズ応力変動の時間相関係数を示したものであって、いずれも乱れ速度よりさらに急激な減衰を示しており、レイノルズ応力は極めて複雑かつ偶然的な変動をしていることになる。

2. 空間相関特性

空間的に離れた二点における乱れ速度の空間的変動特性を示す空間相関係数として、 u 、 v 、 w に関するものを示すと図-3及び図-4のようになる。横方向の空間相関係数を比較した図-3では、 $R_u(y) \approx R_v(y) > R_w(y)$ という関係が認められるのに対し、鉛直方向に関する図-4では、 $R_u(z) \approx R_w(z) > R_v(z)$ という関係が成立している。また、図-5及び図-6は、それぞれ、 v 及び w に関する二方向の相関係数を比較し

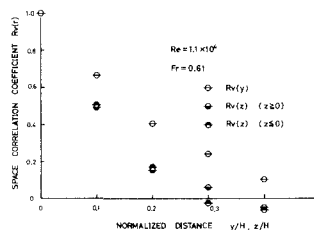


図-5

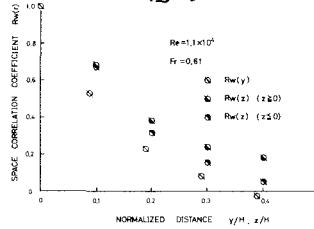


図-6

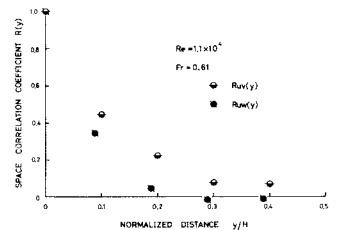


図-7

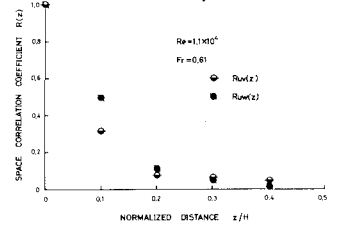


図-8

たものであって、 ν については鉛直方向の方が、また ω については横方向の方が、それぞれ大きな減衰を示している。

したがって、乱れのある方向のスケールは、その方向の乱れ速度成分に基づいて評価すれば最も大きくなることが確かめられるが、そのスケールは、図-9及び10からも知られるように、 ω に基づいて評価したスケールと同程度と予想され、 ω によって乱れの広がりを検討することが可能となる。

また、図-7及び8は、レイノルズ応力に関する空間相関係数を示したものであって、いずれも乱れ速度に関するものよりも急激な減少を示しており、同じ渦の中においても激しい混合が行われていると予想される。

3. 時空間相関特性

乱れ場内の二点において遅れ時間を考慮した ω に関する時空間相関係数は、従来から指摘されているように、図-9及び10のような特性をもっている。すなわち、 $R_u(y)$ は $\tau=0$ において最大値をとるのに対し、 $R_u(z)$ は、 z に応じた最適遅れ時間 τ において最大値を示している。このような特性は、 ν あるいは ω に関するものについても同様であるが、その減衰傾向は、図-11及び12に示されるように、 ω に関するものに較べ著しくなっている。

また、図-13及び14は、レイノルズ応力に関するものであって、いずれも乱れ速度の場合と同様に、 $\tau=0$ 付近では高い相関をもつものの、 τ の増加とともに急激に減少しており、低周波数の変動は小さいようである。

4. 時空間スペクトル特性

時空間スペクトルの一例として、 ω に関する横方向及び鉛直方向のコヒーレンシ $Co_h(y; k)$ 及び $Co_h(z; k)$ を示すと図-15及び16のようになり、いずれも流れ方向のコヒーレンシの場合¹⁾と同様に、生成領域では一定値をとり、粘性領域では k の $-2/3$ 乗に、また粘性領域では -2 乗に比例して減少する傾向が認められる。したがって、寿命時間のスペクトル特性が予測される乱れの崩壊過程¹⁾において、乱れは横方向あるいは鉛直方向にも、流れ方向と同様の崩壊をするものと考えられるが、詳細については今後の課題としたい。

参考文献：今本・浅野・阪本：南木路流れにおける乱れの空間構造について(5)，京大防災研年報，208-2，1977。

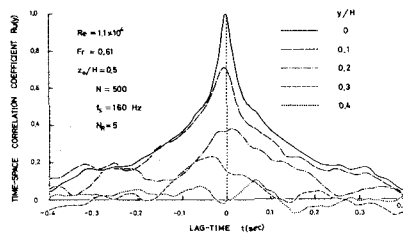


図-9

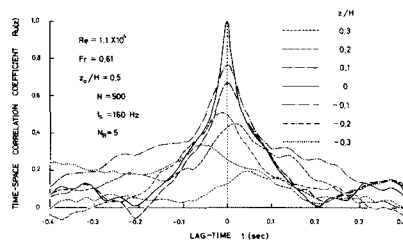


図-10

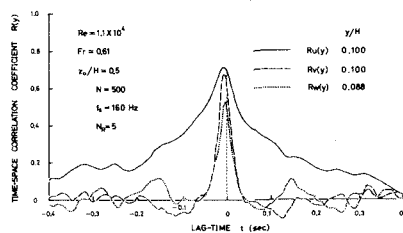


図-11

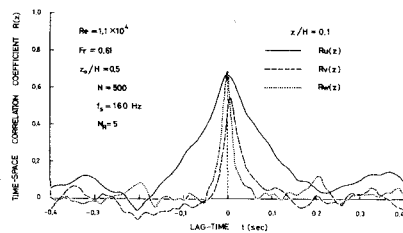


図-12

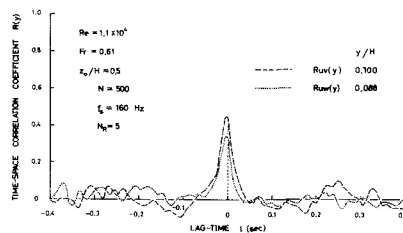


図-13

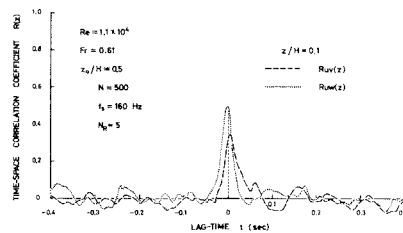


図-14

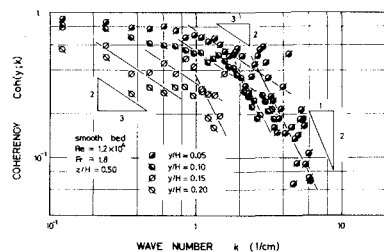


図-15

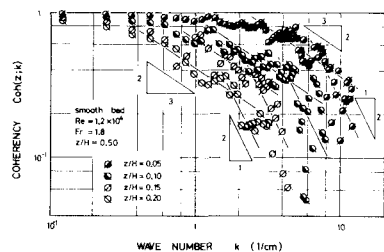


図-16