

II-309 風と流れの共存場での吹送流の流速鉛直分布に関する実験的考察

中国工業技術研究所 正員 埜口英昭

1. まえがき 著者らは、流れのある場での風と吹送流に関する研究を行っており、その目的は、風洞水槽実験結果に基づいて、風と流れの共存場での水面抵抗法則および吹送流の発達機構を明らかにすることである。前者についてこれまでに得られた知見は、すでに既報^{1)・2)}に報告しているが、ここではその続報として、吹送流の鉛直分布のフェッチ方向の変化に関する測定結果について報告する。

2. 実験装置と実験方法 実験は、長さ50m、幅60cm、高さ1.2mで水深80cmの風洞水槽を用い、水槽に付属する回流装置で水槽内に様な流れを起こしながら、その上に流れと同じ向きに風を吹かせて行った。回流流量は UW10(断面平均流速10cm/s)、UW20(同20cm/s)、UW29(同29cm/s)の3ケース、設定風速(風洞入口でのモニター値)は NW(風なし)、M2(4.5m/s)、M3(6.2m/s)、M4(8.4m/s)の4ケースとし、合計12ケースの実験を行った。実験装置と実験方法の詳細は、既報²⁾を参照されたい。流れの計測は、水槽ガラス側壁を通して一次元光ファイバーレーザー流速計を用いて行ない、送風口からのフェッチが F1.5m、F6.4m、F11.3m、F21.6m、F26.6mの6断面で、断面中央での流速の鉛直分布を求めた。信号処理器から出力される瞬間流速値を1000個計測して平均流速を求め、一つの測点でこれを3回繰り返してその平均値をその測点での平均流速とした。1000個のデータを計測するのに要した時間は約2分である。

3. 実験結果及び考察 図1は、M2UW10、M3UW10、M4UW10の実験ケースでの、 U^* (風の摩擦速度)および U_s (水面下1cmでの流速)とフェッチの関係を示す。既報で述べたように、同一流速条件であれば風速が小さいほど水面付近の風速分布の減速領域が下流側へ延びていき、その後風速の加速領域が現れる。 U^* の変化もほぼこれに対応しており、減速領域の短い M4UW10では減速領域で U^* は減少し、加速領域になると明らかに増加傾向に転じている。一方、 U_s は、M2UW10と M3UW10では F6.4mより下流側ではフェッチとともに減少傾向にあるのに対し、減速領域の短い M4UW10では加速領域になるとフェッチとともに幾分増加傾向を示す。

次に、図2と図3は、流速鉛直分布のフェッチ方向の変化を示しており、それぞれ M4UW10、M2UW10の実験ケースの例である。図中の NET-FLOWとは、風を与えた場合の流速分布から与えない場合の流速分布を差し引いた正味の吹送流の値を示す。どの実験ケースでも、風を起こすと風の吹き出し口の部分から下流に向かって表層に吹送流が発達していき、風と流れの相対速度差が大きいほどそれは顕著で対数則も成り立っている。風と流れの相対速度差が最も大きい M4UW10(図2)の例でみると、F6.4mで水深20cm程度まで対数則が成り立っている。ところが F11.3mになるとその状況が上流側とは異なっており、水面から4cm付近までのごく表層の流速値は F6.4mでの値とほとんど等しく対数則も成り立っているが、水深4cmから20cm付近までの流速値が増加してその部分では鉛直方向にほぼ様な分布となっている。しかし、さらに下流側では水深の深い部分の流速値がフェッチとともに減少する傾向を示し、その結果、中層部に勾配の緩やかな対数則を適用できる領域が現れるようになる。この領域はフェッチが増加するにつれてより深い部分までのびて、F21.6mや F26.6mでは水深65cm以下までこの対数則が成り立っている。また、表層の対数則が成り立つ領域は、F11.3mより下流側では再び徐々に深くなる傾向を示し、F26.6mでは水深10cm付近までが表層対数則が成り立っている。また、F11.3mより下流側ではほぼ全水深にわたって風の影響が及んでいるようである。一方、風と流れの相対速度差が小さい M2UW10(図3)のケースでは、風の吹き出し口から下流に向かって表層に発達する吹送流の状況や、F11.3m付近で水深4cmから20cmにかけて流速が増加して鉛直方向にほぼ様な分布となる状況は同じである。ただ、この様な鉛直流速分布は F16.7m付近でも存在し、それより下流側でこの部分の流速値が小さくなって風を与えない場合の流速分布にほぼ等しくなること等が、M4UW10のケースとは異なっている。

このように、F11.3mあたりで中層の流速が膨らみ、それが下流側へ減衰していく現象は、M2UW20、M2UW29、

M3UW29 以外の全実験ケースで観察された。なぜこのような現象が生じるのか明らかではないが、そのひとつの可能性として2次流の影響が考えられる。榑津ら³⁾は、アスペクト比が小さい開水路において詳細な2次流の計測を行い、水路底面の隅角部と水面付近で乱れの非一様性に起因する強い渦度が生じ、その結果生じる水面付近の2次流で水路中央部に下降流が生じることを明らかにした。また、水野⁴⁾は、風洞水槽で水面に風を吹かせた場合にも同様な2次流が生じるが、この場合はその向きが逆で水路中央部では鉛直上向きの上昇流が存在することを示した。今回の実験においても、前者の開水路と同様の2次流が水槽内に生じ、その結果、水槽の断面中央部で水面から水槽底面に向かう下降流が表層の大きな運動量を下方へ輸送したと仮定すると、水深の深い部分での水平方向の流速が増加した理由を説明することが出来る。ただ、それだけでは中層で膨らんだ流速が下流側へ減衰していく理由を説明できない。いずれにしても、このような現象を明確にするには、鉛直断面内の流速の三次元分布を明らかにすることが必要で、今後、そのような実験を行っていく予定である。

4. 謝辞 今回の実験結果の検討の過程で、広島工業大学工学部教授水野信二郎氏には2次流の存在の可能性などについて懇切丁寧なご教示をいただいた。ここに、深く感謝の意を表します。

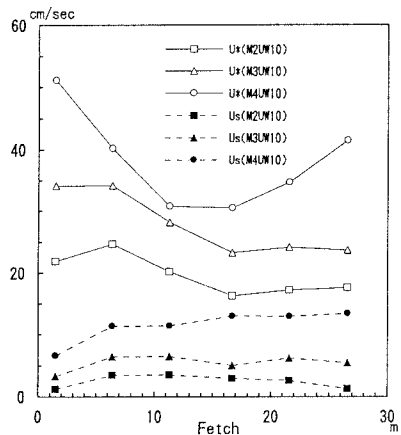


図1. U^* および U_s とフェッチの関係

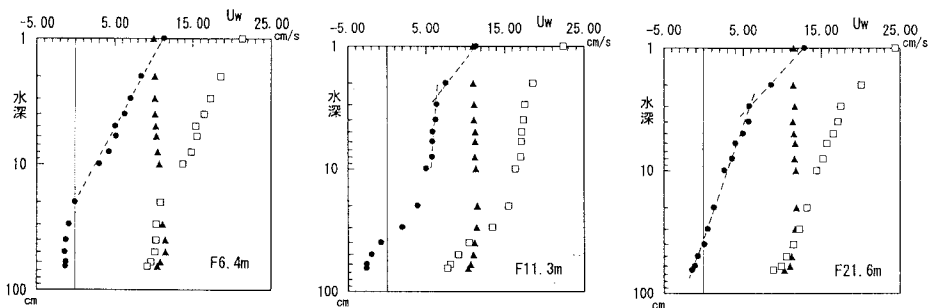


図2. フェッチによる流速鉛直分布の変化 (M4UW10; □:風と流れが共存, ▲:風なし, ●:NET-FLOW)

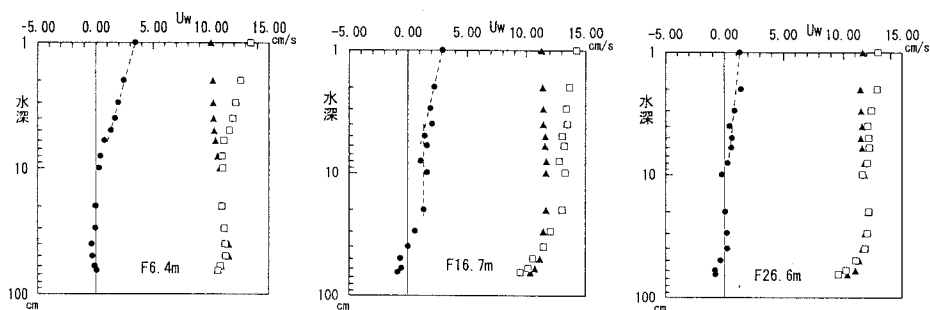


図3. フェッチによる流速鉛直分布の変化 (M2UW10; □:風と流れが共存, ▲:風なし, ●:NET-FLOW)

- <参考文献> 1) 埜口英昭・肥後竹彦:土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部, p. 823, 1993. 9.
2) 埜口英昭:中国工業技術試験所報告第41号, p. 1-31, 1993. 9.
3) 榑津家久・中川博次:土木学会論文集第369号/II-5, 1986. 5.
4) 水野信二郎:1993年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, p. 305, 1993. 10.