

東海大学海洋学部

正員 斉藤 晃 ○ 内田睦美

はじめに

1976 鳥羽は 風洞水槽を使用して 風波に伴う水粒子運動の実測を行ない、風波の峯に相対的な強制対流の存在などを明らかにし、水面下数cmまでの乱流構造を研究した。筆者らの実験では、水面下数10cmまでの乱流構造を解明する目的で、吹送流の時間的な変化について流れの可視化法を用いて実験、観測を試みた。実験に使用した水槽は、サーキット型の風洞水槽であり、直線水槽のように、下層に逆流を生じることがないので、長時間の実験が可能である。

実験方法

使用した風洞水槽は、図1で示すように、一周約68mのサーキット型のもので、水槽断面は巾1m、高さ2m、直線部の内側は高さ1.5mのガラス張りである。図1に示す測点Aにおいて、ガラス面より50cmの所に $\phi = 0.1\text{mm}$ の白金線を、横方向に水面上より水面下60cm付近にまで張って電極とし、水素気泡によって流れの可視化をばかり、ガラス側壁越しに望遠レンズを使用して写真撮影を行ない、得られた水素気泡の移動距離と水素気泡の発生時間間隔より流速を求めた。水深は80cmと一定にし、風洞内平均風速が $\bar{U} = 2\text{m/s}$, 3.6m/s , 4.6m/s の3種類の風速について測定を行なった。

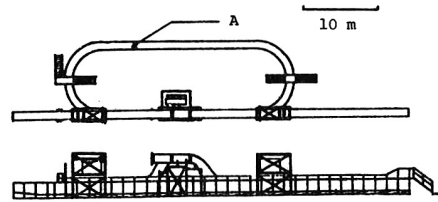


図1. サーキット型風洞水槽の概要

写真-1 $U = 2\text{m/s}$ $T = 10'13''$

結果

初めに、水槽内における吹送流の様子を写真1より、概観すると、風波面下で水粒子の動きは大変複雑であるが、大別すると、ごく水面近くのみ大きな速度勾配をもつ部分、その下の比較的一様な速度分布の部分、さらに最下層の、まだ吹送流が発達していない部分とに区別される。ほぼ一様な吹送流が発達している部分でも、表層近くには波運動に伴う乱れがあり、下層近くには、吹送流の厚さの半分程度の入さまで、動きのゆるりとした渦が存在している。吹送流の様子をもう少し詳しく見てみると、図2は、 $\bar{U} = 2\text{m/s}$ での

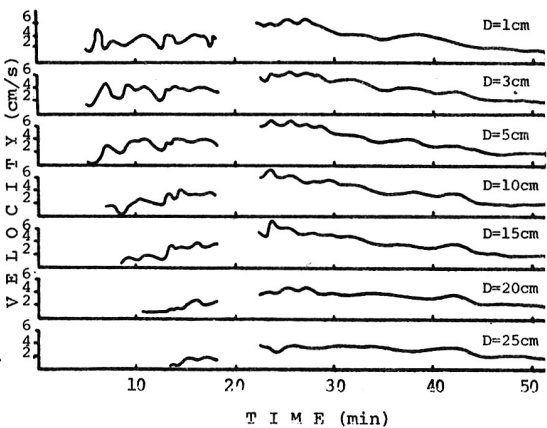


図2. 各水深での吹送流の時間的な変化

水深別の吹送流の時間的変化を表わしたもので、縦軸は吹送流の速度、横軸は吹送開始からの経過時間を示している。吹送流の速度を推定するには、風波面下の水粒子速度が、吹送流と波動との重なり合ったものであると考え、多数の読み取りを使用し、波の位相をも考慮して、周期的な運動を除去するように努めた。各属ともフィルム交換のため、18カから22分の間は測定値がないが、欠損部の前後で流速が急激に変化している。 $U = 3.6\%$ の場合は15分前後で $U = 4.6\%$ の場合は10分前後で流速が変化している。この時間はいずれも、吹送流の底部が水槽の底面に達した時間、すなわち、全断面が流れ始めた時間とよく一致している。これは、吹送流と静止流体との間で失われるエネルギーの方が、吹送流と底面との間で失われるエネルギーより大なるためであると思われる。吹送流の速度は、水面から15cmの深さの点までは、風を止めても すぐには減衰せず風波が消えたころに減衰はじめるという興味ある結果が得られた。なお、

$u = \frac{\pi^2 H^2}{9T^3} e^{2\pi y/H} \quad (1972, \text{鳥羽})^{(2)}$ より、水面下1cmで $u = 1.25\%$ 5cmで 0.65% である ($H = H/3 = 4\text{cm}$, $T = T/3 = 0.7\text{sec}$)。時間の経過と共に流速のほぼ一様な部分が水槽底面までひろがり、てゆくのは、エンドレスリサーキット型風洞水槽の特徴であろう。図3は 吹送流の厚さの時間変化を風速別に表わしたもので、縦軸は吹送流の厚さ(cm)、横軸は経過時間(min)である。これからわかるように、吹送流の厚さは風速及び経過時間とともに増大しており、ほぼ比例関係にあると思われる。

次に、ごく表面の皮流とでも呼ぶべき部分の運動をみる。

図4は $U = 2\%$ の場合の経過時間4分45秒と12分30秒の時の

表面付近における速度分布を表わし、縦軸に静水面よりの深さ(mm)、横軸に水平流速(cm/s)をとったものである。この流速は、波面が静水面を横切る地点の直下、つまり水平方向には、波の影響がわるとわ少ない地点での水平方向水粒子速度である。風波が未発達の場合には非常によく対数分布に従っている事は(1976, 鳥羽)⁽¹⁾ により、指摘されているが、風波が発達している場合でも、皮流においては対数分布に従うという例を示したものである。 $u_z = -\frac{u_{*w}}{K} \log z + C$ なる直線上に測定値が分布していると仮定し、図4のベストフィットラインより u_{*w} を求めてみると、それぞれ 0.46% と 0.94% であり、 $T = \rho_a u_{*a}^2 = \rho_w u_{*w}^2$ より、 $u_{*a} = 14.54\%$, 29.70% となった。ただし ρ_a は空気密度、 ρ_w は水の密度、 u_{*a} は入気側の摩擦速度、 u_{*w} は水側の摩擦速度を示す。($K = 0.4$)

参考文献 (1) 鳥羽他、1976 風波面下の吹送流の実験的研究 海洋学会秋季講演会

(2) 鳥羽、1972 海面境界過程における局所平衡 海洋学会誌 Vol. 28

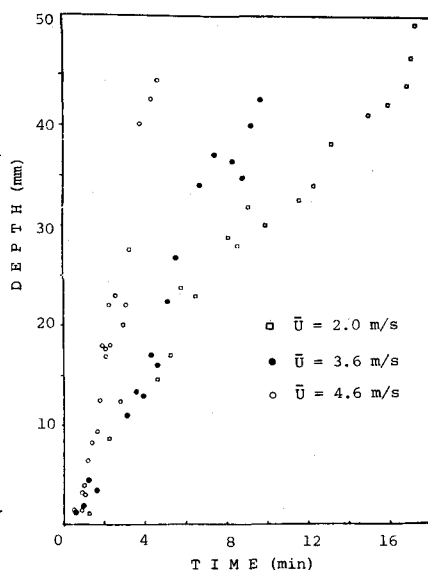


図3. 吹送流の厚さの時間的変化

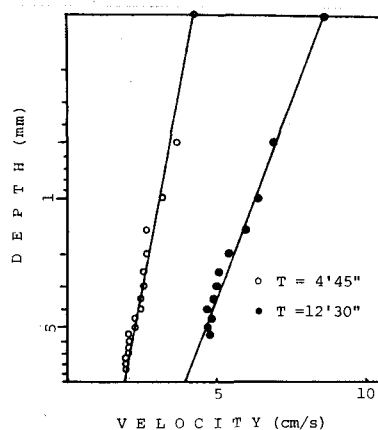


図4. 皮流内における流れの速度分布