

風洞水槽における開水路内の2次循環流

広島工業大学大学院	学生会員	○浜本 晃司
広島工業大学大学院	学生会員	三浦 真一
広島工業大学	正会員	水野 信二郎

1. はじめに

海洋において水面上を風が吹き続けると小さな風波(さざ波)が発生し、風からエネルギーを吸収しながら次第に発達して巨大な海洋波に成長する¹⁾。こうした風波の発達過程を室内で再現するものに風洞水槽がある。本研究では、風洞水槽において風を吹かせた場合の水面下の流速断面分布を2成分電磁流速計を用いて測定を行い、吹送流の水平分布と鉛直分布を調べた。解析の結果、予想に反して水槽内の流速は、両側壁で最大となり、中央付近で最小となる面白い流速分布が得られた。この結果から水槽内の吹送流の流速は風の摩擦だけではなく、水面下の水槽断面内に発生する2次循環流の役割も重要であることを報告する。

2. 実験装置と実験方法

(1) 風洞水槽

写真1は使用した長さ 13m、水槽幅 0.3m、高さ 0.55m（水深 0.25m、通風路の高さ 0.3m）の小型風洞水槽である。送風口から 4.8mにトラバース装置を設置し、測定器をトラバース装置に取り付け、水槽断面内を横方向と鉛直方向に自動的に移動させ測定を行った。また、送風口から 0.5m、通風路内中央にピット管をセットし風速値を決定した。

(2) 通風路断面内の風速の測定

風洞水槽の通風路断面内の風速を1成分熱線風速計を用いて測定した。熱線風速計とは熱線の温度が風速の強弱により変化すると、熱線の抵抗値が変化する。この熱損失を利用し風速を検出するものである。水槽に付属する送風機で通風路内に約 7.5m/s の風を吹き続け、風速の測定点は図1に示すように風洞内断面において静水面から 20cm 上方、側壁から 1cm の所を原点と定め、横方向に 2cm 間隔で 15 点、縦方向は 1cm 間隔で 18 点の合計 270 点測定した。なお、データのサンプリング周波数は 500Hz、1 点につき測定時間を 30 秒に設定した。

(3) 水槽断面内の流速の測定

次に水槽断面内の流速を2成分電磁流速計を用いて測定した。電磁流速計とは電導体である水もしくは海水が磁界を横切って通ると、その流体には流速に比例した起電力が生じる関係を利用し流速を検出するものである。送風機で水面上に約 10m/s の風を吹き続け、測定点は図2に示すように、静水面から 2.3cm

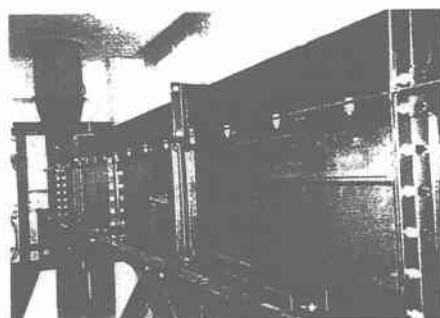


写真1 風洞水槽

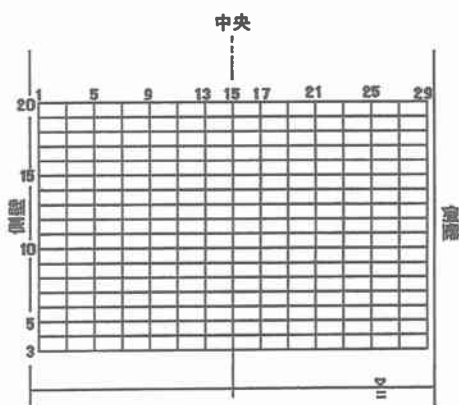


図1 水槽断面内流速測定点

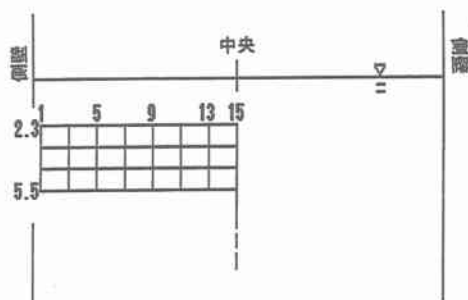


図2 風洞断面内風速測定点

下方、側壁から 1cm の所を原点と定め、横方向 2cm 間隔で水槽中央まで 8 点、深さは 1cm 間隔で 4 点の合計 32 点を測定した。データのサンプリング周波数は 50Hz、1 点につき測定時間を 5 分に設定した。

3. 実験結果及びその考察

図 3 は取得したデータからの静水面上 3~5cm までの風洞断面内の平均風速分布である。風洞幅中央で最大風速、側壁では壁の摩擦を受けるため最小風速となることを示している。図 4 は水槽片断面内の風向き流速成分 U の平均流速 ($\bar{U}$) 分布である。水深が深くなれば水槽の中央付近では負流速となっている。これは、風洞水槽における吹送流は上・下流端に壁があるために下層で帰還流(負流速)が発生(これを 1 次循環流と呼ぶ)し、その影響を受けているためと考えられる。また、側壁と中央の流速を比較すると水路の中央で最小流速、側壁付近で最大流速となっている。これは、図 3 に示した風洞内の風速分布の結果とは異なり逆の結果が得られている。このことから水槽内の吹送流の流速は風速の強さだけでは決定できないということがいえる。その理由として鉛直流速成分 V の横方向の変化を無視できない。

図 5 は水槽片断面内の鉛直成分 V の平均流速 ($\bar{V}$) 分布である。図に示すように側壁で下降流、水槽の中央で上昇流からなる鉛直循環流(これを 2 次循環流と呼ぶ)が存在する。このことから水槽の中央で最小流速となり、側壁で最大流速となるのは、中央で上昇した水が水面付近で左右の側壁方向へ向かう際に風からの摩擦を受けて加速されるためだと考えられる。

3. おわりに

風洞水槽において風のみを吹かせた場合の吹送流は、1 次循環流(風下側へ向かう吹送流(正)と低層部の上流側へ向かう反流(負)とから成る)と水槽断面内に図 6 にスケッチするような 2 次循環流(水槽側壁で下降し、中央で上昇する一対の循環流)からなることを確認した。この結果は水野等²⁾が行った実験結果を支持している。水槽内の吹送流の水平分布は風の摩擦だけでは説明できず、水面下の 2 次循環流の役割考慮する必要があることが分かった。今後は、風と流れの運動量の交換に果たす 2 次循環流の役割に関して研究を進めるつもりである。

【参考文献】

- (1) 光易 恒：海洋波の物理，岩波書店，pp210，1995。
- (2) 水野信二郎・埜口英昭・木村康隆：A Pair of Langmuir Cells in two Laboratory Tanks (II) On Generation mechanism, Journal of Oceanography, 54, pp77-100, 1998。

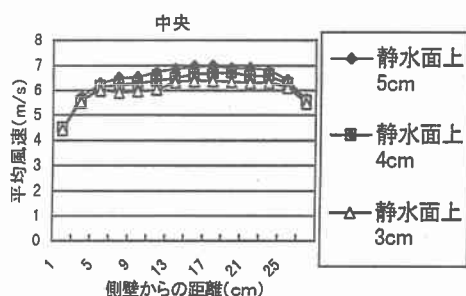


図 3 風洞内の平均風速分布

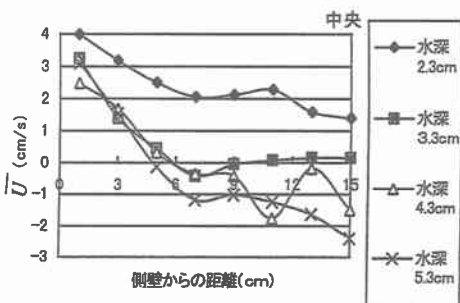


図 4 水平流速分布(片断面)

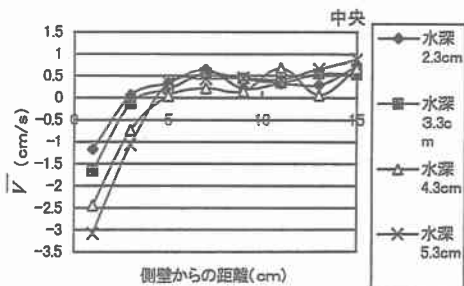


図 5 鉛直流速分布(片断面)

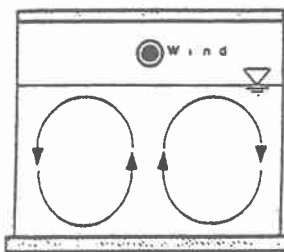


図 6 2 次循環流