

## No.11

## 地面に衝突する渦輪の速度場

長田泰一（慶大院）、小尾晋之介、益田重明（慶大理工）

## The velocity field of vortex ring impinging onto a grand surface

T.Nagata\*, S.Obi\*\*, S.Masuda\*\*

\*Graduate School, Keio University,

\*\* Dept. of Mechanical Engineering, Keio University

## ABSTRACT

As a part of the laboratory experiment on a microburst, the instantaneous velocity fields of a vortex ring impinging onto a normal wall have been investigated. The instantaneous velocity fields induced by a vortex ring were measured by employing the PIV in which the cross correlation method was used. The time evolution of velocity vector fields during the impingement was shown.

**Key Words:** Vortex Ring, Flow Visualization, PIV, Microburst

## 1. 緒言

マイクロバーストは、上空で冷やされた空気の塊が強い下降気流となって地表まで吹き降ろす現象で、発生は局所的であり、また、一過性であるため、実験室規模でのシミュレーション研究が不可欠である。これまでの観測結果<sup>[1]</sup>や、実験シミュレーション<sup>[2][3]</sup>により、地上付近では渦輪が重要な役割をもっていることが明らかになっている。平板に衝突する渦輪に関して近年、DNS による解析もされている<sup>[4]</sup>が、実験に関しては、詳細な速度データを測定した例はない。

そこで本研究は、円形オリフィスより発生させた渦輪の水平平板への衝突について実験を行なった。濃度パターン相関法にもとづく画像処理手法（PIV）を用いて、この渦輪の衝突により平板付近に誘起される速度場について検討した。

## 2. 実験装置、方法

実験装置は図 1 に示すように渦輪発生部と測定部からなっている。スピーカーにステップ電圧を加えると、内径 50mm のオリフィスエッジから、剪断層が巻き上がり渦輪が形成される。発生した渦輪は自己誘導速度によってオリフィス面に直角方向に進行し、それに直角に設置された平板に衝突する。エチレングリコール煙を、渦輪発生装置の円筒の中に充填し、ストロボ光源による厚さが 5mm のスリット光を壁面上に平行に照射し、平板の下方から CCD カメラにより撮影した。初期レイノルズ数  $Re_0 = U_0 D_0 / \nu$  は 1150 で、平板位置は  $H = 6D_0$  である。 $D_0$  : オリフィス直径、 $U_0$  : 渦輪の初期進行速度。

PIV のアルゴリズムには、濃度パターン相関法を用いた。また、1 画素未満の精度を持たせるため

に、サブピクセル補間を行った。さらに、たまたま相関係数値が大きいために、偶然誤った対応付けがされてしまったベクトルに対して、周囲の値と比較して  $\pm 60\%$  の範囲外の時はそれを棄却するという処理を行った。

## 3. 結果

図 2 (a) は、無次元時間  $t^* = t(D_0/U_0) = 2.86$  における、垂直断面の可視化画像である。主渦輪により平板上に誘起された境界層が巻き上がることに伴って二次渦輪および、その外側に三次渦輪が形成されている。二次および三次渦輪は、主渦輪と反対方向の渦度を持つので、平板上では半径方向内側の速度があらわれると考えられる。

図 2 (b) に同時刻における平板面内の速度ベクトルを示す。渦輪の中心付近に半径方向内向き流、その外側に半径方向外向き流、さらに外側に半径方向内向き流が、同心円状に分布している。これらは、図 2 (a) の二次渦輪、主渦輪、三次渦輪にそれぞれ対応している。

図 3 は、図 2 (b) の速度ベクトルから、半径方向速度の周方向平均  $V_{rm}$  を計算し、渦輪の中心を原点として半径方向の変化をプロットしたものである。航空機がこのような速度場に進入した場合を考えると、初め背風を受け、その後強い正対風となり、中心付近で再び背風となる。つまり、航空機にとって最も危険性が高いと言われている水平方向の急激な風速変化が、中心に達するまでに 2 回起こることが分かる。

実際のマイクロバーストの観測結果<sup>[5]</sup>では、半径方向外向き流のみが観測されており、本実験結果とは傾向が異なる。これは実際の場合には連続的な下降気流による発散風が支配的になるためと考

えられ、渦輪の影響は外向き流の速度の半径方向変化となって現われる可能性がある。

4. まとめ

マクロバーストの実験室モデルとして、円形オリフィスより発生させた渦輪の水平平板への衝突の際の、速度場の測定を行った。渦輪の衝突により誘起される二次・三次渦輪が地表付近の速度場

を変化させること、その結果、半径方向外向き流と内向き流が同心円状に交互にあらわれることが分かった。

参考文献

1. Fujita, T.T.: *The Downburst*. Univ. Chicago Press. 1985
2. Lundgren, T.S., et al. *J. Fluid. Mech.*, 1992, Vol. 239, 1992, 461-488.
3. Alahyari, A. et al.: *AIAA*. 1995, Vol.33, No.11, 2128-2136.
4. Orlandi, P., et al.: *J. Fluid Mech.* 1993, Vol.256, 615-646
5. Wilson, J. W., et al.: *J. Climate and Applied Meteorology*, 1984, Vol. 23, 898-915

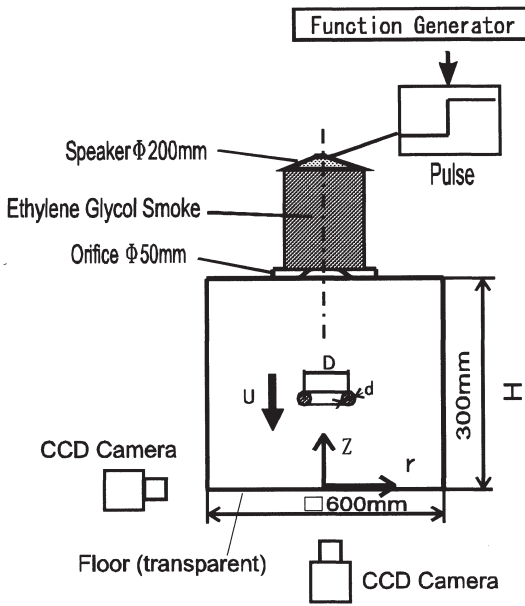


Fig.1 Experimental apparatus

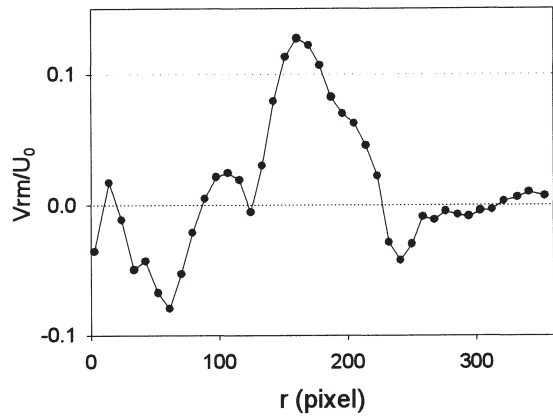


Fig.3 Circumferential averaged radius velocity,  $V_{rm}/U_0$  vs.  $r$ ,  $Re_0=1150, H=6D_0$ , times  $t^*=2.86$

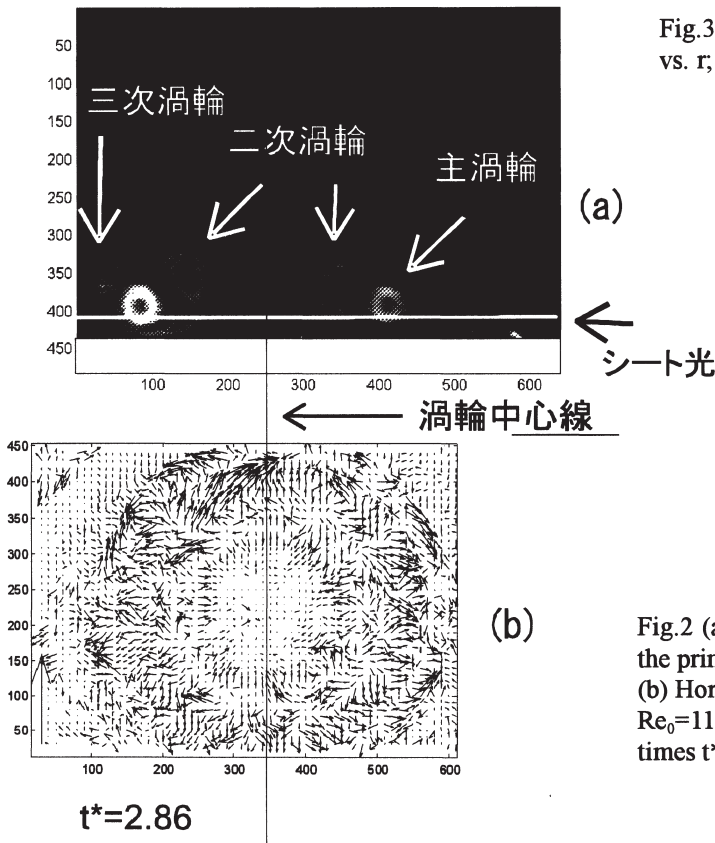


Fig.2 (a) Flow visualization of vertical cross section of the primary and secondary vortex rings.  
 (b) Horizontal cross section of the velocity field.  
 $Re_0=1150, H=6D_0$ ,  
 times  $t^*=t/(D_0/U_0)=2.86$ , 1pixel=0.18mm