

二次元噴流の乱れの形成領域の三方向からの可視化

西日本工業大学 正員 〇赤司 信義
西日本工業大学 正員 石川 誠
山口大学工学部 正員 斎藤 隆

1. はじめに 噴流やブルームの組織構造に関する研究は、これまでも数多くなされている。噴流の放出口近傍の流れの可視化によって、スパン方向に軸を持つ渦（これを本文では横渦と呼ぶことにする）が形成され、横渦は流下するにつれて大規模化して合体を経て崩壊していくことや横渦の形成には放出条件によって対称モードと非対称モードになる場合のあること等が、明らかにされている。

本研究は、二次元噴流の乱れの形成領域を対象にして、主流に垂直な断面の可視化、主流に平行な方向の縦断面の可視化、及び、斜め前方からの立体的な可視化を蛍光染料注入法によって行い、二次元噴流の組織構造を三次元的に考察したものである。

2. 実験装置と実験方法 実験装置は、図1に示すように、長さ 3 m、高さ 0.7 m、水槽内寸幅 0.2 m の両面ガラス張りの鋼枠製水槽で、水槽中央にアクリルガラスで作製された幅 1 cm のノズルが設置されている。ノズル室内には 4 mm セル、高さ 3 cm のハニカムを設置した。蛍光染料には比重 1.002 のフルオレセインナトリウム水溶液を用いた。この蛍光染料はノズル室上部の管路部より 20 ~ 30 sec (総量で 300 cc 程度) 注入し、ノズルより染料が放出される前に注入を停止した。撮影は、流下方向に垂直な水平断面（横断面と呼ぶ）とそれに直交する水路中央の断面（縦断面と呼ぶ）、及び、水路斜め前方から噴出の全体像について行われた。それぞれの方向からの可視化を横断面視、縦断面視、立体視と呼ぶことにする。横断面視と縦断面視の場合、染料が水槽内で拡散され、ほぼ均一に混合され、ノズルより染料が放出されなくなってから撮影を行った。また、横断面視と縦断面視の場合、可視化には、レーザーライトシートを使用した。立体視の場合は、スライドプロジェクターを使用し、染料が放出されている状態で噴流の片側だけを照射しながら撮影した。撮影には、横断面視、縦断面視、立体視共、接写レンズを装着したビデオカメラを使用した。

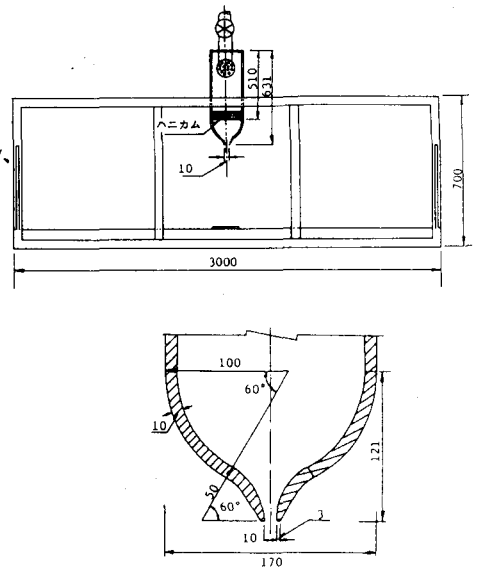


図1 実験装置の概略

3. 実験結果とその考察

写真1、2、3は噴出速度 u_0 が 15 cm/sec の場合の立体視、縦断面視、横断面視を示したものである。立体視はスパン方向の全幅 20 cm が撮影されている。ノズル付近は、非常に滑らかな噴出状態になっていて、スパン方向に軸を持つ渦（横渦と呼ぶ）が、ほとんど横一線に発生し、流下するにつれてその渦が大きくなることが明瞭に認められる。また、横渦に直交する縦筋模様（縦筋をリブと呼ぶ）も明瞭に認められ、流速が小さいほどリブが横渦におおいかぶさる様な構造になっていることが分かる。噴出速度を増大すると、リブは小規模化、低下させると、リブは大規模化していた。写真2、3は、縦断面視と横断面視を示したものである。写真2から分かるように、縦断で観察される横渦はほぼ対称に発生し、合体の後に崩壊していることが認められる。写真3は、ノズルからの距離 $X = 4$ cm の位置の横断面を示しているが、ほぼ等間隔にリ



写真1 斜め前方からの立体視

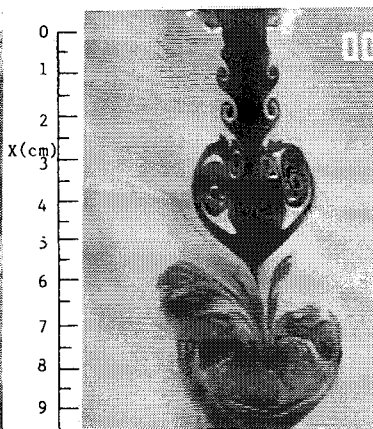


写真2 縦断面視

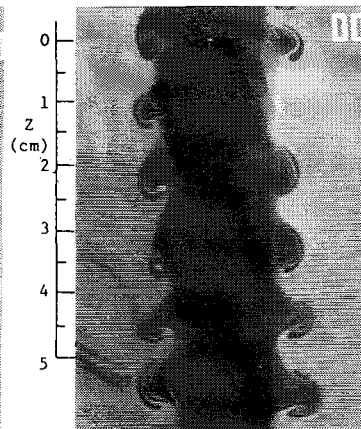


写真3 横断面視

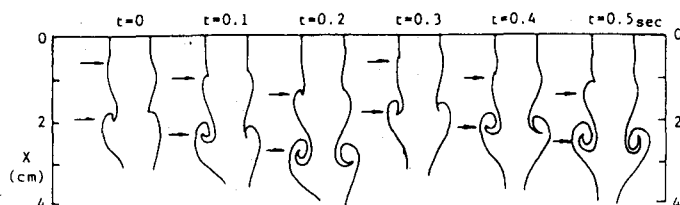


図7 横渦の形成過程

ブが形成されていて、その構造は縦渦の形成を思わせる構造になっていることが分かる。なお、写真3の横断面視の結果は、二次元混合層の組織構造を横断面、縦断面、平面について可視化した Roshko らの画像¹⁾と非常に良く似ている。この類似は、ノズル近傍でのポテンシャルコア領域では左右独立に発生した渦同士の相互干渉が少ない事に起因しているものと考ええる。

図7は、縦断面視を基に横渦の形成過程を時間的に追いかけたもので、ポテンシャルコア部に周期的にくさびを打ち込む様にして、横渦が発生する事が認められる。図8は、横断面視を基に、縦渦の形状を 1/60 秒毎にトレースして示したものである。t = 0 の場合、縦渦と言うよりは、単に界面が湾曲しているだけとみても差し支えない。しかし、時間が経過するにつれて、流れ方向に軸を持ち、互いに回転の向きの異なる渦対になっていくことがよく分かる。

図9は横断面視の変形の過程を模式的に描いたもので、スパン方向の噴出速度のわずかな違いによって、高速流体は低速側へと押し広がるように流下しながら、主流方向に軸を持つ螺旋渦を形成し、きのこ状の縦渦対を形成するものと考ええる。

4. おわりに 二次元噴流の乱れの形成領域における組織構造を横断面視、縦断面視、並びに立体視によって、可視化し、横渦、縦渦の構造が明瞭に観測された。横断面視、縦断面視の結果を基に、縦渦構造の形成過程を考察し、スパン方向の速度差に起因して、縦渦構造が観察されるものと推察された。なお、本研究は、文部省科学研究費総合研究(A)の補助を受けて、進められたもので、記して謝意を表する次第である。

参考文献 1) Bernal, L.P. and Roshko, A. : Streamwise vortex structure in plane mixing layers, J. Fluid Mech., Vol.170, 1986.

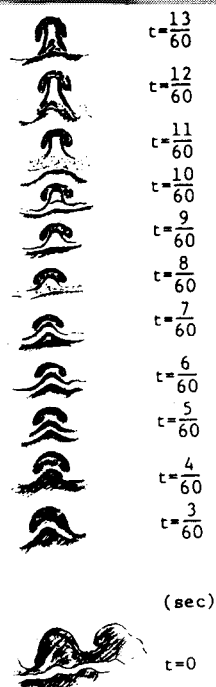


図8 縦渦の形成過程

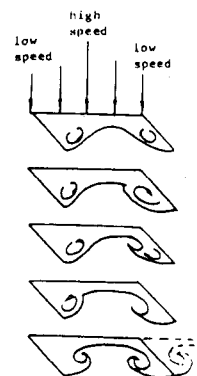


図9 縦渦対の形成