

II-217

密度躍層中の3次元物体の後流

東工大 学生員 岸 弘之
 東工大 福西 祐
 東工大 正 員 日野 幹雄

1 はじめに

大気は多くの場合に密度成層をなしており、地表付近の流れに大きな影響を及ぼしている。さて、密度成層中の2次元物体の後流に関しては、これまで、理論的、実験的研究が数多くなされてきた。しかしながら、実際に存在する地形は3次元的なものが多く、その後流については不明な点が多い。そこで本研究では、3次元物体の代表的なものとしての球及び円錐形（孤立峰の模型として）の密度躍層中の後流について可視化法により検討を加えた。さらに、渦糸近似法によるシミュレーションをあわせておこなった。

2 実験方法

食塩濃度の異なる二層の密度躍層を形成させ、その位置で球（直径＝3.8mm）及び円錐形（頂角60°、及び90°）をステッピングモーターにより移動させた。密度分布は図に示すように一定とし、球の場合は密度躍層の中心を通るようにし、円錐形の場合は密度躍層の位置及び移動速度を様々に変化させ、その後流を色素、粒子、水素気泡の各手法により可視化した。

3 実験結果及び考察

3-（a） 球

写真1は密度勾配のない様な流体中で球を移動させたときの後流である。写真2は密度勾配が存在するときに生じる後流である。密度が一樣な場合には3次元の複雑な流れ生じたが、密度層中では安定な2次元のカルマン渦となる。つまり、密度層には3次元運動を水平面内の2次元運動に抑える効果がある。これは、成層が安定型の密度分布をしていることにより、鉛直方向の運動が浮力により抑制され、流体は物体を乗り越えられずに横を回り込むように流れるからである。

3-（b） 円錐形

円錐形の場合も球と同様な現象が観察され、密度が一樣な場合と密度躍層が存在する場合では、かなり異なった流れとなる。写真3は密度躍層よりも上の層のみを、写真4は下の層のみをそれぞれ可視化したものである。上の層としたの層では渦の発生間隔が異なっていることがわかる。これは密度躍層が流体力学的境界面となり得る事を示しており、密度が急激に変化している層の上と下の層の渦管が連続していないと思われる。また、下の層に発生する渦に関してレイノルズ数とストローハル数の関係を表1に示す。頂角が異なる2種類の円錐形にもかかわらず両者はほぼ一致している。さらに、密度が一樣な流体中での円柱の値に近く、2次元性の強い流れであるといえる。さらにレイノルズ数が大きい場合には、内部重力波が

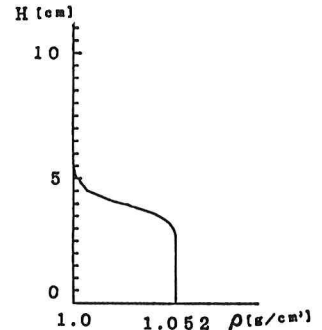


図1 密度分布

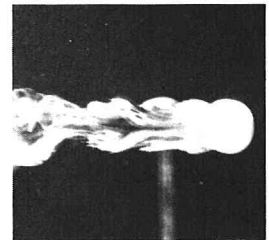


写真1 密度が一樣な場合（球）

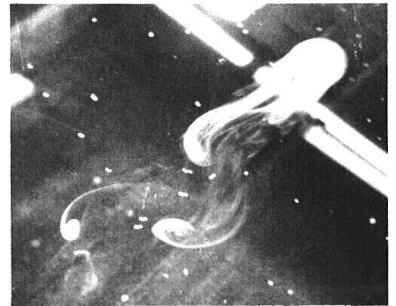


写真2 密度躍層中（球）

発生し、シップウェーブのような形になることが観察された。密度勾配が大きくレイノルズ数が小さい場合には、2 次元的な流れとなりカルマン渦が発生する。逆に密度勾配が小さくレイノルズ数が大きい場合には内部重力波が卓越する。

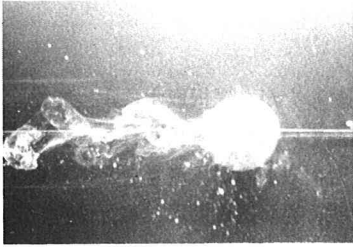


写真3 密度躍層の上層（円錐形）

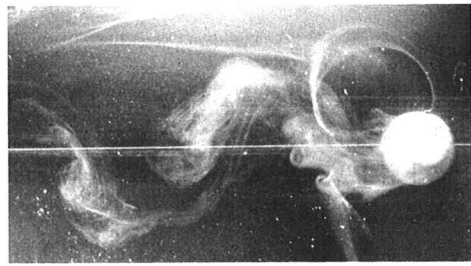


写真4 密度躍層の下層（円錐形）

4 渦糸近似法

密度層中では流れは2次元になる。カルマン渦は、物体の左右から交互に渦が放出される現象であるが、物体の後流によって出来るせん断流が時間的に発展してカルマン渦に成長するようにも見える。そこで、せん断流を物体背後に2列の互いに逆向きの渦点をおくことで表現し、渦糸近似法によりその時間的な変化をシミュレートした。図2にみられるように渦列は時間と共に変形し、流速ベクトルを見るとわかるように逆対象配列の渦列に成長する。ただし、その配列の規則性は低い。しかし、時間の経過と共に、配列の規則性が強化される傾向がある。

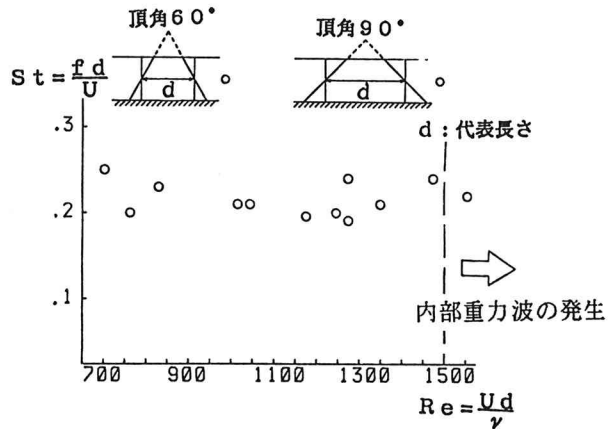
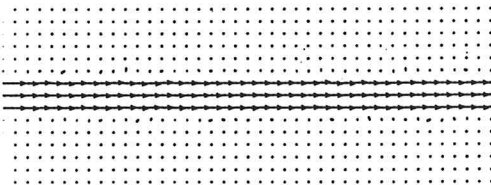
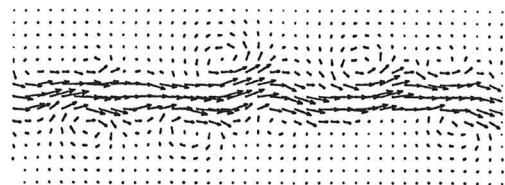


表1 レイノルズ数とストローハル数の関係



(a) 初期状態



(b) 渦列の発生

図2 渦点の分布と流速ベクトル