数理解析研究所講究録
293巻 1977年 51-55

円柱を過ぎる高レイノルズ数の流れ

東大 工　桑原邦郎

§1. はじめに

にぶい物体を過ぎる高Reynolds数の流れを数値的に求めようとするとき，Navier-Stokes方程式を直接，差分法で解くという行き方は無力に近い。このような流れにおいて，流れをもっとも特徴づけるものは渦の運動であるので，渦糸近似法が最適と思われる。平板を過ぎる流れの場合には，渦の発生点が確定しているし，その発生する渦の強さも，Kuttaの条件を用いることにより容易に決定できるので，渦糸近似法による数値計算が非常にうまくいく。[1), 2), 3)] しかし，円柱を過ぎる流れの場合には，発生位置および強さとも前もってわかってはいないので，問題は非常にむずかしくなる。渦糸がひとたび発生してしまえば，問題は平板の場合とほとんど同じになってしまうので，円柱を過ぎる流れでは，渦の発生をいかに取り扱うかが最大の問題点となる。

§2. 計算スキーム

ここでは，渦の発生を以下のように扱う。はじめ静止していた円柱が，$t=0$ で急に一定速度 U で動き出したとする（図1）．この瞬間には，外部流は完全流体のpotential流れと同じであり，渦はまだ発生していないが，円柱表面には無限にうすい境界層ができる．この境界層は渦の層と考えることができるので，その境界層を同じ長さの有限個の部分に分解して，その各部分を渦糸でおきかえる（図2）．このとき，渦糸の強さは，その渦糸が代表している境界層の部分と循環が等しくなるように決める。渦糸をおく位置は，円柱表面からまえもって指定した小さな距離 ε だけはなれ，流れの方向にはその近似する境界層の中心としている。

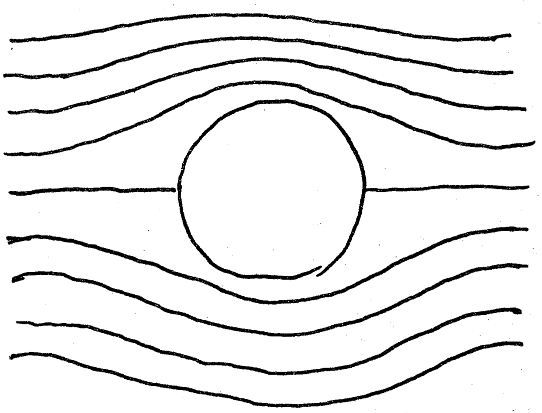


図1

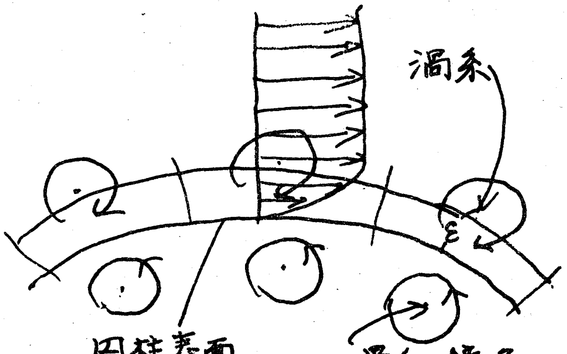


図2

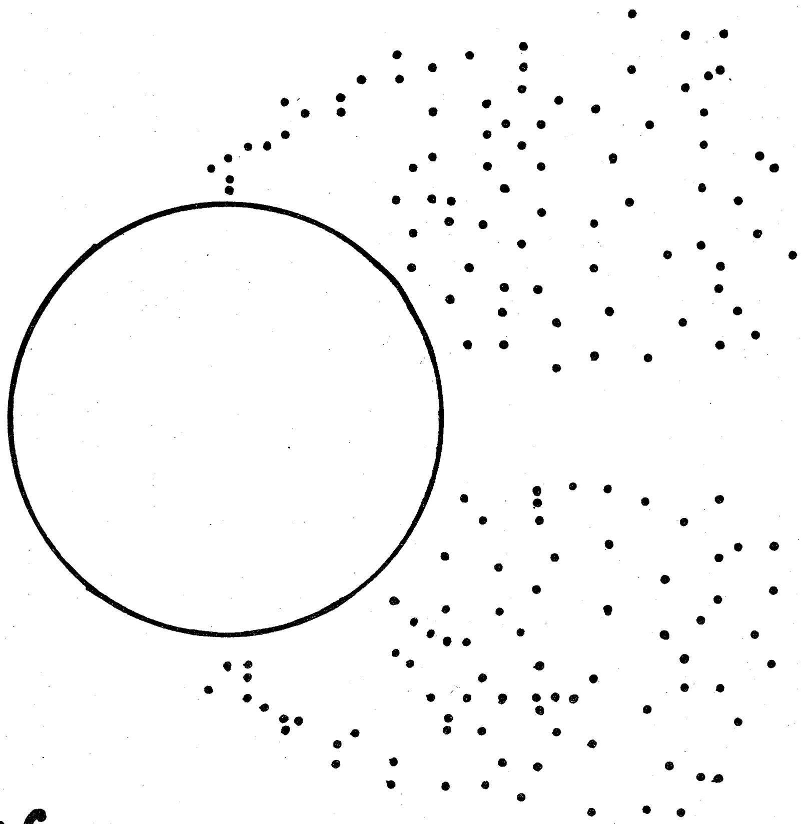
時刻 $t=\Delta t$ の流れは，potential流れと，境界層を近似

している渦糸間の相互作用できまる。$t=\Delta t$においては，$t=0$に発生した渦糸だけでは$t=\Delta t$における境界層を近似しえなくなってしまうので，新たに$t=0$のときと同様に渦糸を発生させる。ここではいったん発生した渦糸の消滅は考えないので，渦糸の数は$t=0$に発生したものと，$t=\Delta t$に発生したものとの和になる。以下同様にして，円柱の境界層から発生した渦糸の群によって流れが形づくられる。

境界層を近似する渦糸の数は多いほどよいと思われるが，渦糸の数をふやすと，ほぼその2乗に比例して数値計算の時間がかかるので，むやみにはふやすことができない。ここでは，もっとも簡単に，円柱の上半分の境界層を1個の渦糸で，また下半分の境界層を1個で近似した。したがって渦糸の数は，Δtごとに2個（鏡像の分をふくめると4個）ずつふえていく。ただし，$t=0$における境界層は非常につよいので，この時だけは，上半分を32個，下半分を32個，計64個の渦糸で境界層を近似した。

§3 結果

図3に流れのパターン，図4に抵抗を示す。



ε=0.1
t=5

図3

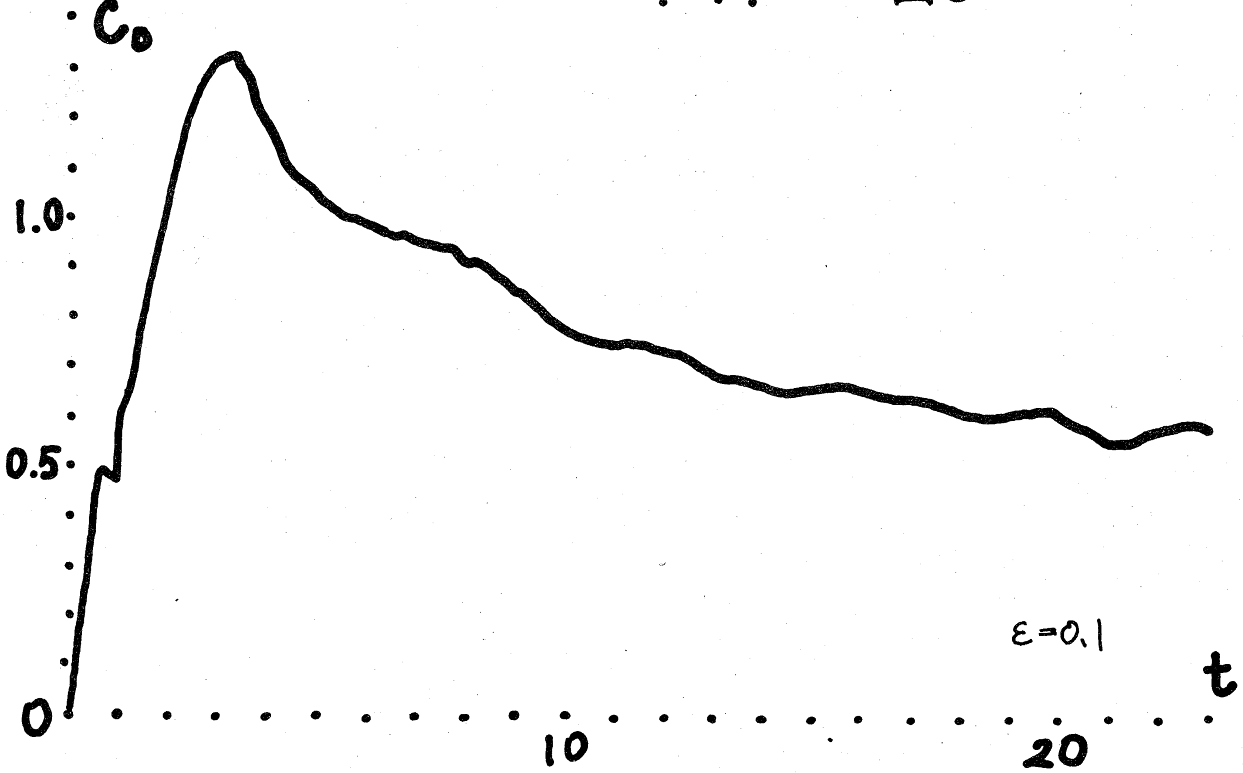


図4

§4. 文献

1) Kuwahara, K. (1973) Numerical Study of flow past an inclined flat plate by an inviscid model.
J.Phys.Soc.Japan 35 1545-51.

2) Sarpkaya, T. (1975) An inviscid model of two dimensional rortex shedding for travsient and asymptotically steady separated flow over an inclined flat plate.
J.Fluid Mech. 68 109-128

3) 木谷勝, 有江幹男 (1976) 傾斜平板に対する非粘性渦放出モデルに関する一寄与
日本機械学会講演論文集 760-5 139-150