

円柱を過ぎる高レイノルズ数の流れ

東大 エ 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カに近い。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, 渦系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, 渦系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いるわけではないので, 問題は非常にむずかしくなる。渦系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

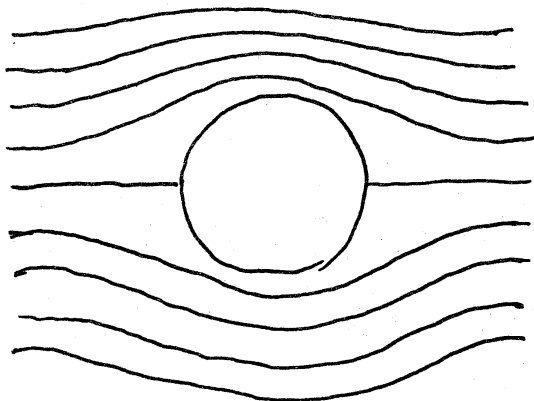


図1

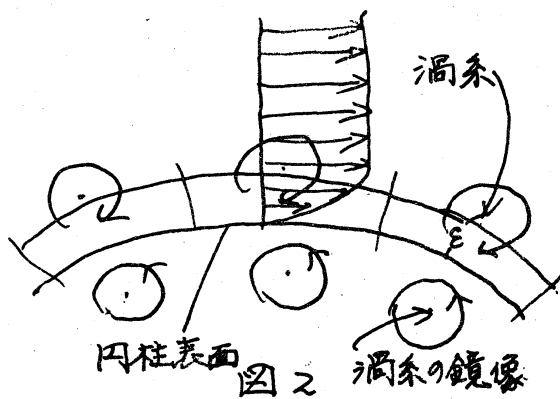


図2

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薄い境界層ができる。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、その各部分を渦系がおきかえる (図2)。このとき、渦系の強さは、その渦系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。渦系をおく位置は、円柱表面からまえもって指定し、小さな距離 ε だけばなれ、流れの方向にはその近

似する境界層の中心としている。

時刻 $t = \Delta t$ の流れは、potential 流れと、境界層を近以

している渦糸間の相互作用である。 $t = \Delta t$ 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、べ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、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言われるが、
 渦糸の数をふやすと、ほぼその二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。

5.3 結果

図3に流れのパターン、図4に抵抗を示す。

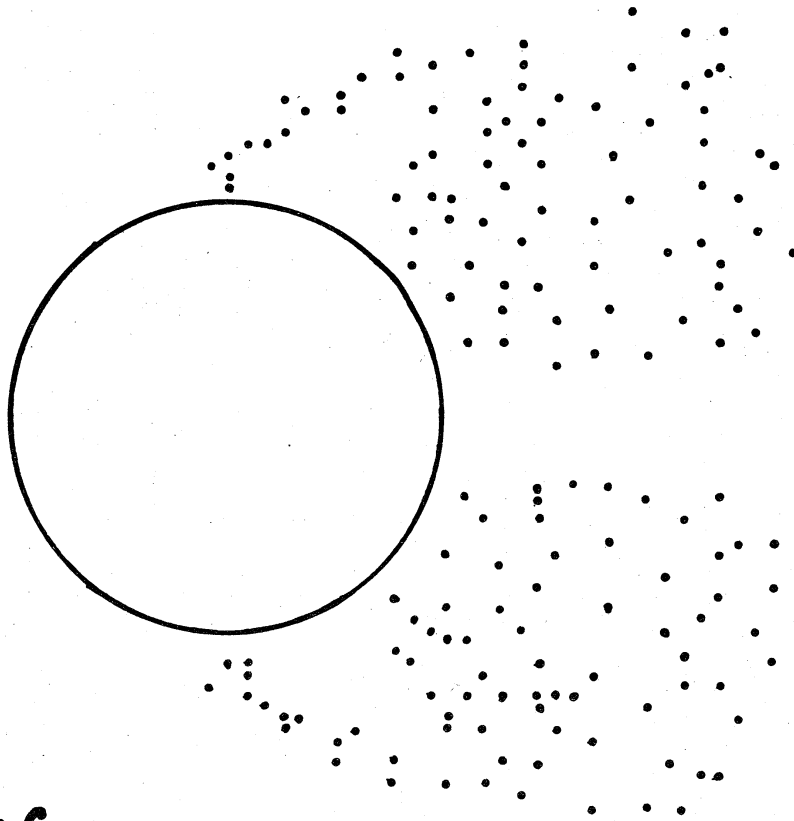


图 3

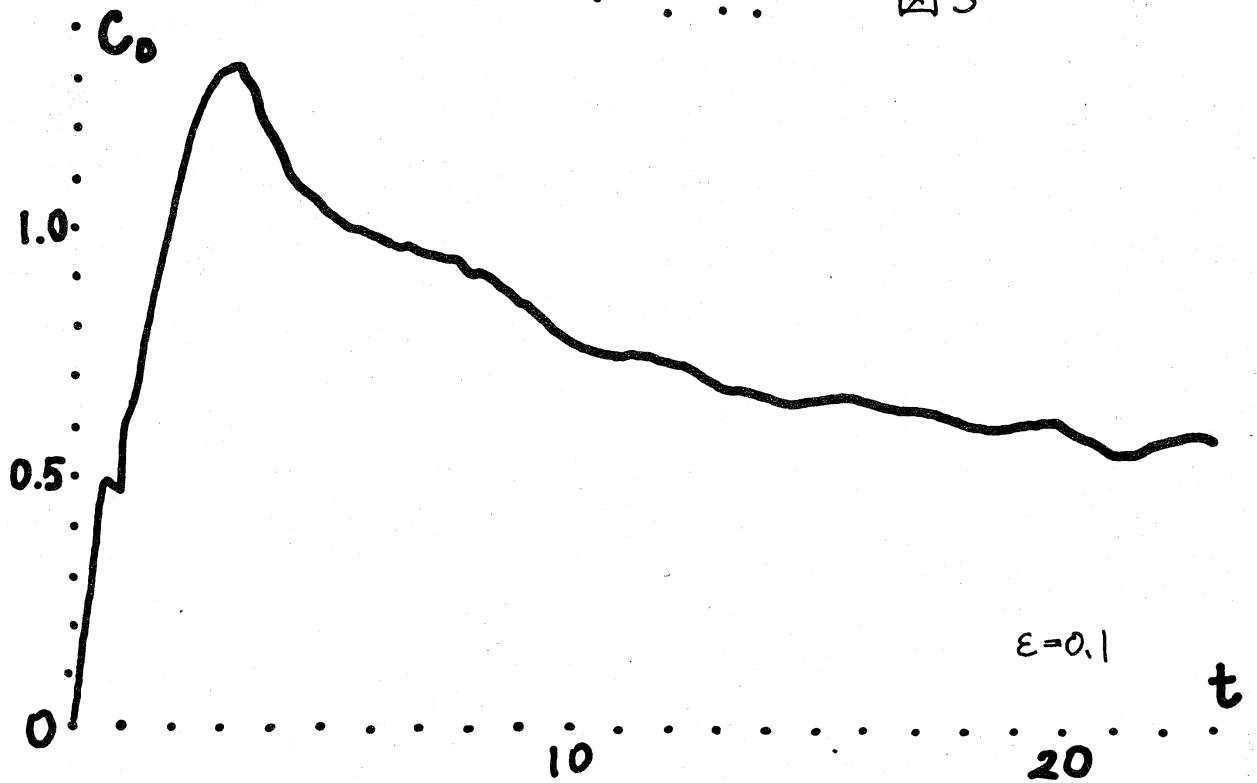


图 4

§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 vortex shedding for transient 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