

徳島大学工学部 正員 宇都宮英彦

徳島大学工学部 ○渡辺 浩司

徳島大学工学部 正員 長尾 文明

徳島大学工学部 田中 伸也

1. はじめに 近年、渦点法は特異点分布法を用いることにより、任意の形状をした物体周りの流れが解析可能となり、流れの数式化が他の手法と比べて容易であるため、高レイノルズ数領域の剥離流に対する効果的な数値解析法として広く用いられるようになった。しかし、流れのモデル化が不十分なため、実現象と定量的に食い違う点が依然として残っている。そこで、本研究では、渦度の減衰モデルに着目し、流体力学上、基本的な断面である円柱物体を用い、その後流での風速分布を円柱表面上に配置した粘性渦の半径 CORE の値を変化させて解析すると共に、実験値との比較により、その妥当性を検討する。

## 2. 静止円柱周りの流れの解析と実験値との比較

2.1 渦度時間減衰モデルの概説 物体後流に形成されるカルマン渦列における渦度は、剥離直後のせん断層内で作り出される渦度の約 60%ないしはそれ以下であることが、種々の実験より報告されているが、この原因として、次の3つが考えられている。

1. 物体表面との干渉によるエネルギーの損失
2. 異符号の渦点同士の混合による渦度の相殺
3. 流れの粘性による散逸

そこで、本研究では、上記の1,2,3を考慮し、Fageの実験<sup>(1)</sup>を参照し Fig2.1 の減衰曲線に対応する次式のような時間減衰モデルを導入した。

$$\Gamma_{it} = \Gamma_{i0} \times \left\{ 1 - \exp \left( - \frac{K_t}{T_i \times U / 2R} \right) \right\} \quad \text{Eq(1)}$$

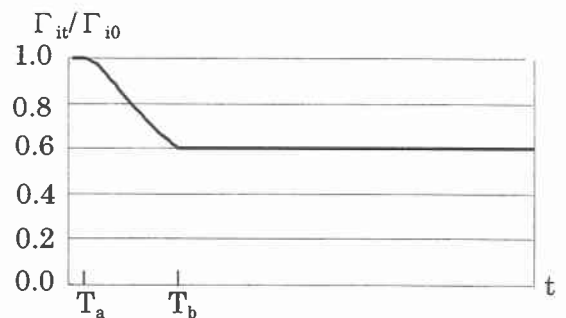


Fig2.1 渦度の時間減衰モデル

ここに、 $T_a$  : 放出渦の減衰し始める無次元時間  $T_b$  : 放出渦の渦度が 60%まで減衰した無次元時間

$\Gamma_{it}$  :  $i$  番目の渦点の放出される瞬間から  $t$  時間経過した渦度

$\Gamma_{i0}$  :  $i$  番目の渦点の放出される瞬間における渦度

$T_i$  :  $i$  番目の渦点の放出される時刻からの経過時間  $K_t$  : 減衰率を決めるパラメータ

$U$  : 一様流速  $R$  : 円柱の半径

2.2 解析条件 解析条件は、円柱の直径を  $D=1.0$ 、渦点配置間隔  $DS=0.1$ (物体表面上に 30 個の渦点を配置)とし、減衰率に関するパラメータ  $K_t$  は、渦度が約 60%に減衰する無次元時間に対応した値として 13 を選び、レイノルズ数は  $10^2$  のオーダーでも十分カルマン渦が見られることより 500 として解析を行った。これらのパラメータを用い本研究では、主流方向を  $X$  座標、主流直角方向を  $Y$  座標とし、 $X$  座標が 25, 50, 75, 100 ( $X/D$ ) のそれぞれの位置で、 $Y$  座標が -10 から 10 ( $Y/D$ ) までの風速を 0.5 刻みで計算した。なお、物体表面上の CORE 半径は、 $DS$  の 1/100、1/10、1/4 及び 1/2 倍(それぞれ 0.001、0.01、0.025、0.05) と変化させている。

2.3 解析結果 減衰の有無に対して、円柱表面上の CORE 半径のみを変化させた時の抗力係数の変化を Fig2.2 に示す。

ここで、円柱の抗力係数はレイノルズ

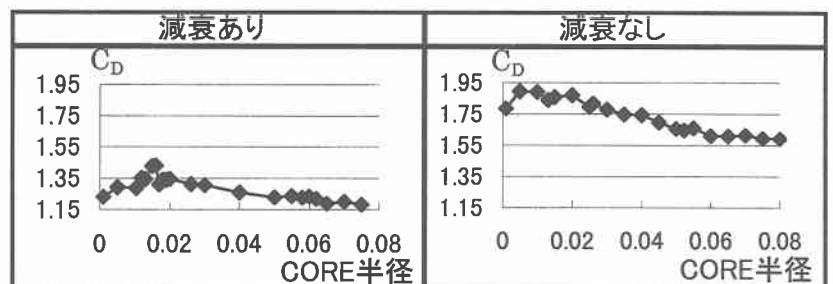
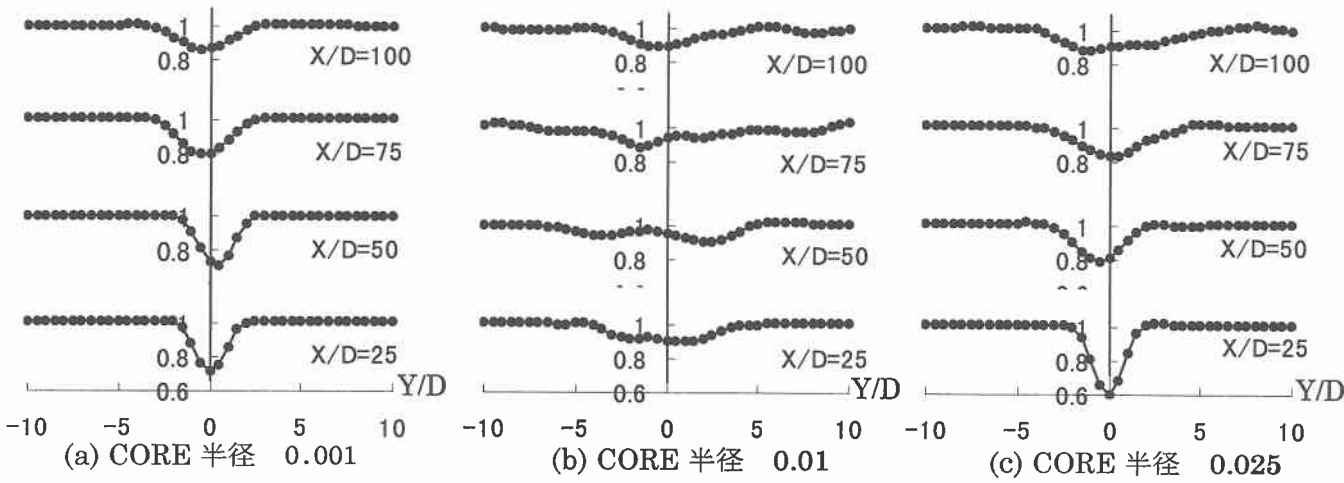
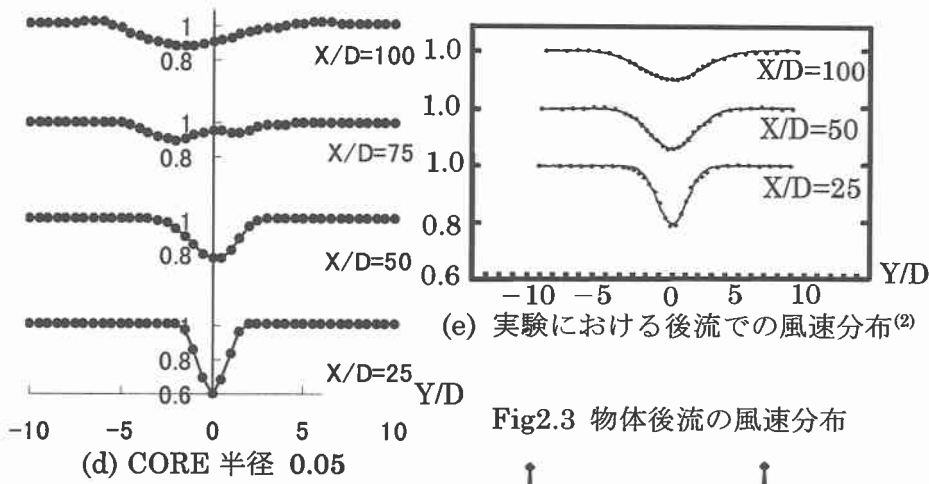


Fig2.2 物体表面上の CORE 半径の変化による抗力係数の変化

数 500 においては約 1.2 であり、このことより現段階での解析モデルを用いて数値シュミレーションを行う場合、減衰を考慮したものが最も円柱の流れを的確に表現していると考えられる。そこで、減衰を考慮し、物体後流の風速分布及び揚力のパワースペクトルを解析した結果を、Fig2. 3、Fig2. 4 に示す。



まず、物体表面上の CORE 半径が 0.01 のケースについては、他のケースと比べ、明確な風速の最小値となるポイントが見られていないのが分かる。これは、現段階の再付着の処理として、物体内部に貫入した位置からの最短距離で物体表面上に戻しているが、この処理では、物体に入った渦を強制的に物体表面上に戻すため、再付着の個数が極端に



増加すると、流れの連続性が保たれなくなり、そのため全体の流れも異なり、実現象では見られないノイズが Fig2. 4 の様にストローホール数成分(約 0.2)より高周波で発生したためと思われる。

他の 3 ケースについては、多少の再付着はあったものの、Fig2. 4 を見ても、特に大きなノイズの混入はなく、全体の流れへの影響はほとんどないと考えられる。そのため、速度欠損量に違いはあるが、実験値と同様な曲線が描かれている。

以上のことより、現段階で、どの CORE 半径の値が最も最適であるかということを考察するのは難しいが、物体表面上の CORE 半径の変化により、全体の流れの様子が異なることが確認できた。

**3. 結論** 現段階の解析モデルを用いて数値シュミレーションを行う際、渦度時間減衰モデルを組み込むことにより、円柱周りの流れの再現が可能であることが確認できた。また物体表面上の CORE 半径が全体の流れに及ぼす影響は非常に大きく、従って物体表面上の CORE 半径は慎重に選択すべきパラメータである。

**参考文献** (1) 永野三郎、内藤雅彦、高田浩之：「うず点法による長方形柱まわりの流れの解析」日本機械学会論文集 (1981). B 編. 47 巻. 413 号  
(2) JHON M. CIMBALA、HASSAN M. NAGIB、ANATOL ROSHKO：Large structure in the far wakes of two-dimensional bluff bodies J. Fluid Mech. (1988). vol. 190. pp. 265-298

