

回転球の乱流遷移におけるら旋渦の特性とはく離

小林 陵 二*

回転している軸対称体の表面に形成される三次元境界層の乱流遷移について系統的研究が進められている。静止流体中の回転円板については、理論と実験の両面からこれまで多くの研究によって詳細に調べられている¹⁾。回転円すい体が静止流体中ないし一様流中にある場合についても取り扱われた^{2,3)}。

静止流体中の回転球における境界層の遷移領域は、球の直径 $D (=2R)$ 、回転角速度 ω の大きさによらず、局所レイノルズ数 $\tilde{x}r\omega/\nu$ の臨界点および遷移点と回転レイノルズ数 $Re_r (= \omega R^2/\nu)$ の関係で与えられる⁴⁾。ここに、 x は球の極から母線に沿って測った距離、 r は x 位置の回転半径である。

図1は、直径 $D = 250\text{mm}$ の球が回転数 $N = 1500\text{rpm}$ の状態にあり、一様流の流速 U_∞ を0から増したときの測定結果を示している。 θ は球の極から母線に沿って測った角度である。流速 U_∞ が小さいとき、境界層は臨界点 θ_c と遷移点 θ_t で

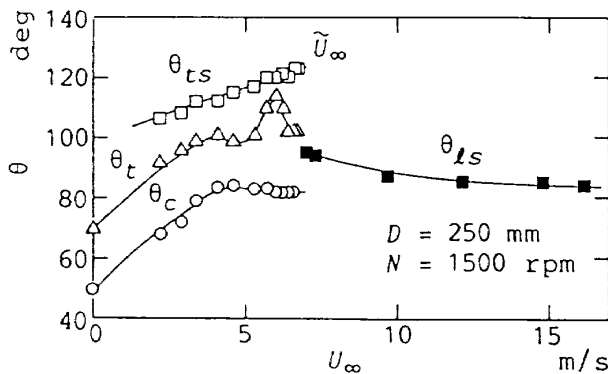


図1 主流速度 U_∞ と臨界点 θ_c 、遷移点 θ_t 、乱流はく離点 θ_{ts} 、層流はく離点 θ_{ls} の関係

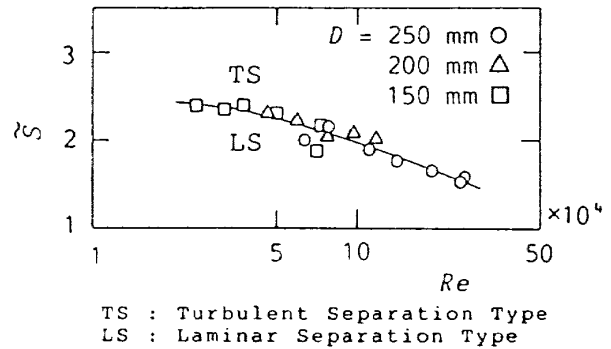


図2 主流レイノルズ数 Re と移行回転速度比 \tilde{S} の関係

示されている乱流遷移を経て θ_{ts} において乱流はく離する。流速がある大きさ \tilde{U}_∞ より大になると乱流遷移を生じないで、境界層は θ_{ls} において層流はく離に移行する。この乱流はく離から層流はく離に移行する条件は、図2に示す通り、球の直径 D 、流速 U_∞ 、回転数 N によらず、移行回転速度比 $\tilde{S} (= 2\omega R / (3\tilde{U}_\infty))$ とレイノルズ数 Re ($= D\tilde{U}_\infty/\nu$)の関係によって表わすことができる。

図3は、遷移領域に発生するら旋渦の数 n および

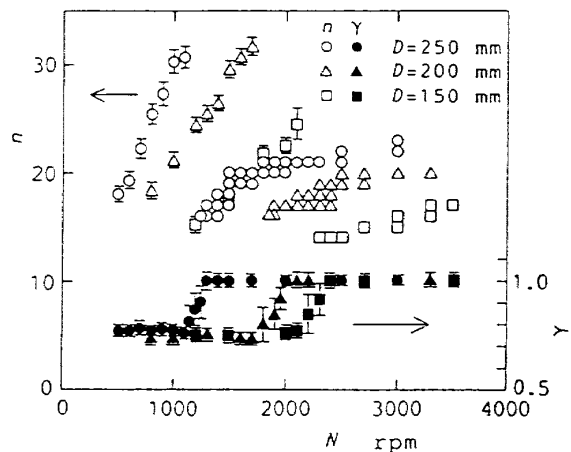


図3 回転数 N によるら旋渦の数 n および γ の変化 ($U_\infty = 0$)

びら旋渦群の回転角速度 ω' を測定した結果の一例である。 $\gamma = \omega' / \omega$ として図示してある。図からわかるように、球の回転 N が大きいたとき、 $\gamma = 1.0$, すなわち、ら旋渦は回転する球の表面に沿って相対的に固定されているが、 N がある値 N' とする)以下になると $\gamma \approx 0.75$ となり、ら旋渦は球表面より遅れて回転するようになることが見出された。この $\gamma = 1.0$ から 0.75 に移行するときの N の値は、結局、主流レイノルズ数 R_0 と回転レイノルズ数 R_1 の関係によって与えられる。次に、ら旋渦の数 n について見ると、球の回転数 N が N' の前後において n の値に著しい変化が生じる。 γ の値の変化も含めてその理由については未だ明らかでないが N' 前後においてら旋渦の構造になんらかの変化が起こっていることが推察される。今後、さらに実験と理論の両面から検討しなければならない。

参考文献

- 1) M. R. Malik, S. P. Wilkinson and S. A. Orszag : Instability and Transition in Rotating Disk Flow, AIAA J., Vol. 19, No. 9 (1981-9), pp. 1131-1138.
- 2) R. Kobayashi and H. Izumi : Boundary-Layer Transition on a Rotating Cone in Still Fluid, J. Fluid Mech., Vol. 127 (1983-2), pp. 353-364.
- 3) R. Kobayashi, Y. Kohama and M. Kuroswa : Boundary-Transition on a Rotating Cone in Axial Flow, J. Fluid Mech., Vol. 127 (1983-2), pp. 341-352.
- 4) Y. Kohama and R. Kobayashi : Boundary-Layer Transition and the Behaviour of Spiral Vortices on Rotating Spheres, J. Fluid mech., Vol. 137 (1983-12), pp. 153-164.