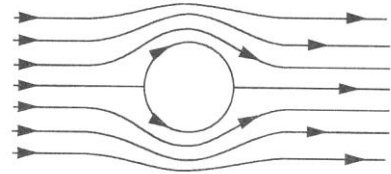
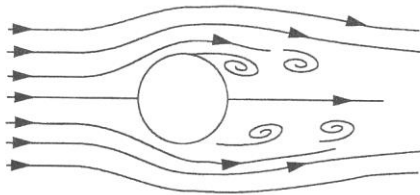


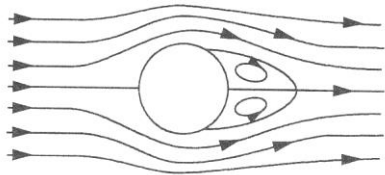
10.8 円柱まわりの流れ



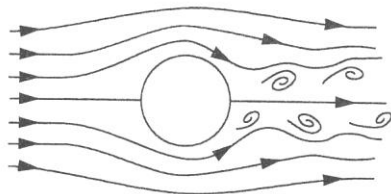
(a) $Re < 1$



(c) $40 < Re < Re_c$



(b) $1 < Re < 40$



(d) $Re > Re_c$

図10.10 円柱まわりの流れ

a. 粘性流体と理想流体の流れ

粘性をもつ一様流中に置かれた円柱まわりの流れの様子は、図10.10のようになる。

図10.10 (a)に示す $Re < 1$ では、流れははく離せずほぼ対称な流れとなり、円柱に作用する圧力抵抗と粘性による摩擦抵抗はほぼ等しい。図10.10 (b)の $1 < Re < 40$ では、対称な1対の渦が生じるが、図10.10 (c)の $40 < Re < Re_c$ では、円柱表面から流れがはく離して、円柱の後方に周期的な回転方向が反対の千鳥状の渦が放出される。さらに、図10.10 (d)に示す $Re > Re_c$ では、はく離点が円柱後方にずれるが、図(c)と同じような上下交互に周期的な渦が放出される。このような周期的な渦の列を**カルマンの渦列** (Kármán's vortex street) という。この渦列は、 $Re = 60 \sim 5000$ の範囲で明瞭に現れる。ただし、 $50 < Re < 200$ の範囲では規則正しい渦列、 $200 < Re < 5000$ の範囲では不規則な渦列となる。

ロシュコ (Roshko) は実験的に

$$St = \frac{fd}{U} = 0.2035 \left(1 - \frac{21.0}{Re} \right) \quad (10.57)$$

なる関係式を見出した。

この St を**ストローハル数** (Strouhal number) という。ここに、 f は渦の発生周波数 (単位時間に円柱から離れる渦の対の数)、 d は円柱の直径、 $Re = Ud/\nu$ であり、ストローハル数はレイノルズ数の関数となる。カルマン渦の発生によって物体は周期的に振動し、音を発生する。このような音の発生を**うなり**、あるいは**エオルス音** (aeolian tone) といい、たとえば電線からの音の発生にみられる。

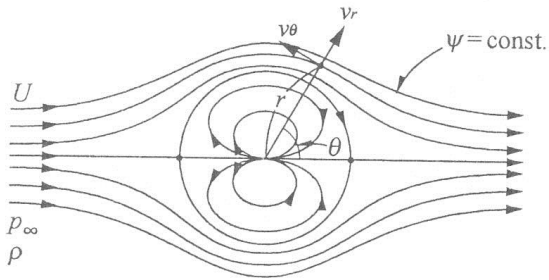


図 9.19 円柱まわりの流れ
(理想流体)

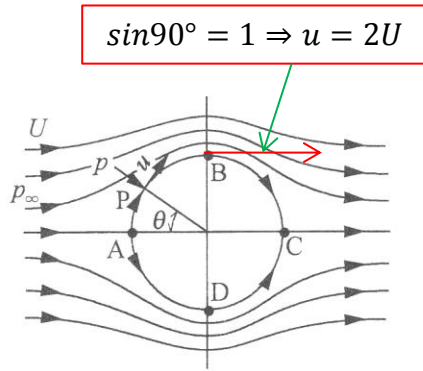


図 10.11 理想流体中に置かれた円柱まわりの流れ

例題 10.5

直径 $d=3\text{ mm}$ の電線に風速 20 m/s の強風が直角に吹いており、ピーというエオルス音が発生している。このときに生じているカルマン渦の周波数 f およびストローハル数 St を求めよ。ただし、空気の温度は $20\text{ }^\circ\text{C}$ とする。

解 まず、レイノルズ数 Re は

$$Re = \frac{Ud}{\nu} = \frac{20 \times 3 \times 10^{-3}}{1.512 \times 10^{-5}} = 3968$$

ストローハル数 St は、式 (10.57) より

$$St = \frac{fd}{U} = 0.2035 \left(1 - \frac{21}{Re}\right) = 0.2035 \times \left(1 - \frac{21}{3968}\right) = 0.202$$

よって、カルマン渦の周波数 f は

$$f = \frac{St \times U}{d} = \frac{0.202 \times 20}{3 \times 10^{-3}} = 1347\text{ Hz}$$

次に、円柱が図 10.11 に示すように、一様な速度 U 、圧力 p_∞ の理想流体の流れの中に置かれた場合を考える。

点 A で、流れはせき止められて速度は 0 となる。ここで流れは上下に分岐して B, D を経て点 C で合流し、下流へ流れ去る。A と C は速度が 0 となる点で、よどみ点 (stagnation point) とい、この点での圧力をよどみ圧 p_0 (stagnation pressure) という。点 P における速度は理論的に (式 (9.68) 参照)

$$u = 2U \sin \theta \tag{10.58}$$

で与えられる。一方、前方と円柱表面の任意の点 P の間にベルヌーイの式を適用すると

$$p_\infty + \frac{\rho U^2}{2} = p + \frac{\rho u^2}{2} \tag{10.59}$$

である。式 (10.58) を式 (10.59) に代入して整理すると

$$\frac{p - p_\infty}{\rho U^2 / 2} = 1 - 4 \sin^2 \theta \tag{10.60}$$

となる。いま

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\rho U^2 / 2} \tag{10.61}$$

とおき、この C_p を圧力係数 (pressure coefficient) と呼ぶ。理想流体の流れでは、理論的に

$$C_p = 1 - 4 \sin^2 \theta \tag{10.62}$$

で与えられる。