

令和7年度長崎大学大学院総合生産科学研究科博士前期課程一般入試（夏季募集）
 共生システム科学コース 電気・機械システム分野（機械系）
 海洋未来科学コース（機械系）

流体力学

1 図(a)に示すように、水平面内の固体壁にばねを介した平板が取り付けられ、そこにノズルからの水（密度 $\rho = 1,000\text{kg/m}^3$ ）の噴流が衝突し、ノズルからの流速 u と同じ流速で流出している。このとき、以下の問いに答えよ。なお、ノズルからの噴流の直径は 400mm とする。

- (1) 噴流の流速 u が 5m/s のとき、質量流量 m を求めよ。
- (2) 噴流の流速 u が 5m/s のとき、平板にかかる力 f を求めよ。
- (3) (2) で求めた力を平板が受けている場合、ばねのたわみ x を求めよ。ただし、ばね定数は $8 \times 10^4\text{N/m}$ とする。
- (4) ばねのたわみが $5 \times 10^{-2}\text{m}$ となっている。このときの噴流の流速を求めよ。ただし、ばね定数は $8 \times 10^4\text{N/m}$ とする。

2 速度が $u(x, t) = [u, v, w]^T = \left[\frac{\partial \phi}{\partial x}, \frac{\partial \phi}{\partial y}, \frac{\partial \phi}{\partial z} \right]^T$ のように与えられるとき、一般化 Bernoulli 定理は次式で与えられる。

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho} + \Omega = f(t)$$

ここで、 x は座標、 t は時間、 p は圧力、 ρ は密度（一定）、 Ω は外力のポテンシャルとする。 $f(t)$ は積分定数に相当するもので、時間の任意の関数である。上式が成り立つものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) ϕ, p および Ω の単位を SI 基本単位を用いて答えよ。
- (2) 一般化 Bernoulli 定理が成り立つ流れの条件を2つ挙げよ。
- (3) 一様な重力で、 $\Omega = gz$ が成り立つものとする。ここで、 g は重力加速度、 z は鉛直上向きにとった座標である。流体運動が定常な場合、一般化 Bernoulli 定理はどのように簡易化されるか記述せよ。
- (4) 図(b)に示すような円錐管の流れを考える。質量保存則より、流量 $Q(t)$ が $Q(t) = w(z, t)A(z)$ のように記述できるとき、以下の問いに答えよ。ここで、 $A(z)$ は円錐管の断面積である。
 - 4a $A(z)$ を図にある記号を用いて答えよ。
 - 4b $\phi(z, t)$ を図にある記号および $Q(t)$ を用いて答えよ。
 - 4c 圧力差 $p(z_1, t) - p(0, t)$ を図にある記号および $Q(t)$ を用いて答えよ。

