

## 問題 1

ジェットによる力は

$$F_x = -\dot{m} \cdot v_x$$

ここで、

$$\dot{m} = 3.8 \quad (\text{kg/s}) \quad v_x = 44 \quad (\text{m/s}) \quad F_x = -\dot{m} \cdot v_x = -167 \quad (\text{N})$$

Water cannon は 2 基あるからジェットによる力は後ろ向きに 334 (N) である。

## 問題 2

ジェットによる力は  $\dot{m} = 50$  (kg/s)、 $v = 24$  (m/s) から

$$F = -\dot{m} \cdot v = -1.2 \cdot 10^3 \quad (\text{N})$$

点 A を回転中心とするモーメントアームの長さは  $r = 1 \cdot \cos(40^\circ)$  (m) だから、

ジェットによるモーメントは

$$M = r \cdot F = 919 \quad (\text{Nm})$$

## 問題 3

$\dot{m} = 30$  (kg/s)、 $v_0 = 40$  (m/s) が与えられている。板に受ける力の公式は下

で与えられるから

$$-\vec{F}_P = \vec{F}_D + \vec{F}_E = \dot{m} \cdot v_0 \cdot \begin{pmatrix} 1 - \cos(\theta) \\ \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

(a)

$$-\vec{F}_P = \vec{F}_D + \vec{F}_E = \dot{m} \cdot v_0 \cdot \begin{pmatrix} 1 - \cos 45^\circ \\ \sin 45^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 351 \\ -849 \end{pmatrix} \quad (\text{N})$$

(b)

$$-\vec{F}_P = \vec{F}_D + \vec{F}_E = \dot{m} \cdot v_0 \cdot \begin{pmatrix} 1 - \cos 90^\circ \\ \sin 90^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1200 \\ -1200 \end{pmatrix} \quad (\text{N})$$

(c)

$$-\vec{F}_P = \vec{F}_D + \vec{F}_E = \dot{m} \cdot v_0 \cdot \begin{pmatrix} 1 - \cos 180^\circ \\ \sin 180^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2400 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (\text{N})$$

## 問題 4

板は 20 m/s でジェットノズルから遠ざかる方向に動いているので、板から見れば入ってくるジェットの速度は相対速度となり  $v_0 = 80 - 20 = 60$  (m/s) である。  $\dot{m} = 6$  (kg/s) が与えられているので、

(a) 板の受ける力は公式から、

$$-\vec{F}_P = \vec{F}_D + \vec{F}_E = \dot{m} \cdot v_0 \cdot \begin{pmatrix} 1 - \cos 70^\circ \\ \sin 70^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 267 \\ -338 \end{pmatrix} \quad (\text{N})$$

(b) 出てゆく水の板からの相対速度は

$$\vec{v}_f = v_0 \cos 70^\circ \cdot \hat{i} + v_0 \sin 70^\circ \cdot \hat{j} = \begin{pmatrix} 20.5 \\ 56.4 \end{pmatrix} \quad (\text{m/s})$$

で、その大きさは

$$v_f = |\vec{v}_f| = \sqrt{20.5^2 + 56.4^2} = 60 \quad (\text{m/s})$$

## 問題 5

スプリンクラーは回転していないものと仮定して問題を解く。 ノズル 1 個からの水ジェットの噴出速度の大きさは 7.5 m/s で、質量流量は 3/9.8 kg/s である。したがって、ノズル 1 個の受ける反力の大きさは

$$F = |\dot{m} \cdot v| = 2.296 \quad (\text{N})$$

ノズル 1 個の受ける反力ベクトルは

$$\vec{F} = F \begin{pmatrix} 1/\sqrt{3} \\ -1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.326 \\ -1.326 \\ 1.326 \end{pmatrix} \quad (\text{N})$$

ノズルの位置は

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} 18 \\ -13 \\ 13 \end{pmatrix} \quad (\text{cm})$$

であるから、ハブ中心の受けるトルクは

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{pmatrix} 18 \\ -13 \\ 13 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1.326 \\ -1.326 \\ 1.326 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 22.137 \\ 22.137 \end{pmatrix} \quad (\text{Ncm})$$

で、z軸まわりのトルクは 22.137 Ncm である。ノズルは 4 個あるから、z 軸まわりのトルクは 88.55 Ncm となる。

#### 問題 6

ロケットの燃料一杯のときの全質量  $m_0$  と燃料を使い切ったときの全質量  $m$  をもとめて、ロケット速度算出の式に代入する。

$$v_f := 1000 \quad m_0 := 40000 + 2000 \quad m := 40000 \cdot (1 - 0.8) + 2000$$

$$v := v_f \ln\left(\frac{m_0}{m}\right) \quad v = 1.435 \cdot 10^3 \quad \text{m/s}$$

#### 問題 7

第 1 ブースターが切り離される直前の速度は

$$v_f := 1000 \quad m_0 := 40000 + 2000 \quad m := 40000 \cdot (1 - 0.4) + 2000$$

$$v_1 := v_f \ln\left(\frac{m_0}{m}\right) \quad v_1 = 479.573 \quad \text{m/s}$$

第 1 ブースターが切り離されてから第 2 ブースターの燃料を使い切る直前の速度は

$$v_1 = 479.573 \quad m_0 := 20000 + 2000 \quad m := 20000 \cdot (1 - 0.8) + 2000$$

$$v := v_f \ln\left(\frac{m_0}{m}\right) + v_1 \quad v = 1.779 \cdot 10^3 \quad \text{m/s}$$