第 024 講 力のモーメントを読む

この講でできるようになること

- 支点・力の作用点・作用線を区別し、回転させる働きを決める垂直距離を読み取ることができる。
- 力の大きさと向き、支点から作用線までの距離を用いて、力のモーメントの大きさと符号を求めることができる。
- 複数の力のモーメントを符号付きで足し合わせ、回転のつり合いと物体全体の静止条件を区別できる。

1. 同じ力でも、押す場所によって回しやすさが違う

ドアを開けるとき、蝶番に近い場所を押すより、取っ手の近くを押すほうが回しやすい。同じ大きさの力でも、加える場所によって回転させる働きが変わるためである。

さらに、取っ手を押す向きも重要である。ドアの面にほぼ沿って押しても回しにくいが、面に垂直な向きに押すと回しやすい。

このように、物体を回転させる働きには、力の大きさだけでなく、力の作用点と向きが関係する。

本講では、紙面内で力を受ける棒が、指定した固定支点 O のまわりに回転できる場合を考える。回転軸は支点 O を通り、紙面に垂直である。棒は力によって変形しないものとして扱う。

支点と作用点

支点とは、ここでは棒がそのまわりに回転するように固定された点である。一方、**作用点**とは、棒に力が加わる位置である。

例えば、棒の左端 O を固定し、右端 A を上向きに押す場合、支点は O、力の作用点は A となる。

力を矢印で描くとき、矢印の始点を作用点に置く。矢印の向きは力の向き、矢印の長さは指定した縮尺で力の大きさを表す。

2. 力のモーメントと「作用線」

物体をある支点のまわりに回転させる働きを、**力のモーメント**という。

その大きさを求めるには、力の作用点までの距離をそのまま掛ければよいとは限らない。必要なのは、支点から**力の作用線**までの垂直距離である。

©ミライコーチング

力のモーメント

力の作用線とは、力の作用点を通り、力の向きに沿って両方向へ延長した直線である。図に描かれた矢印の線分だけを指すものではない。

支点 O からその作用線までの最短の距離を d、力の大きさを F とすると、支点 O のまわりの力のモーメントの**大きさ** M は、

$$M = Fd$$

で表される。

F の単位は N、d の単位は m である。したがって、力のモーメントの単位は N m（ニュートンメートル）となる。

力のモーメントは力そのものとは異なる物理量であり、単位を N としない。また、本講で扱う力のモーメントの単位を J と書き換えない。

ここでいう「垂直距離」は、支点から作用線に直角に線を下ろしたときの長さである。斜めに測った長さより短くなることがあり、支点から作用点までの距離と一致するとは限らない。

回転方向を符号で区別する

モーメントの大きさ M は 0 以上の量である。しかし、回転させようとする向きまで区別するには符号が必要となる。

本講では、紙面を正面から見て、次の規則を使う。

- **反時計回りを正（$+$）**
- **時計回りを負（$-$）**

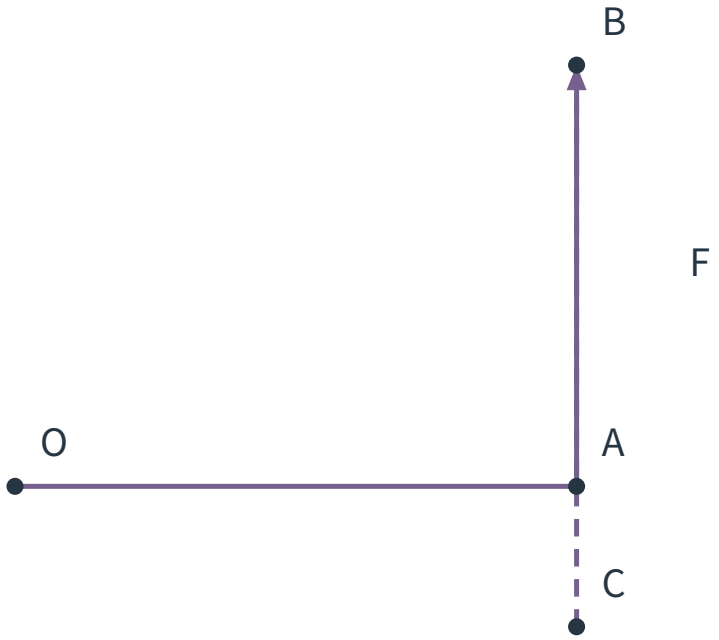
符号付きで表した支点 O まわりのモーメントを M_O と書く。反時計回りに働く力なら $M_O = +Fd$、時計回りなら $M_O = -Fd$ である。

ここは覚える約束である。ただし、右側に上向きの力があるから正、などと形だけで暗記するのではなく、必ず実際にどちらへ回そうとするかを判断する。

1

水平な軽い棒の左端 O を固定し、棒は紙面内で O のまわりに回転できるものとする。O から右へ 0.40 m の点 A に、大きさ 6.0 N の上向きの力 F を加える。

図は指定した力のモーメントを考えるための部分図であり、支点からの力など、表示していない力は描いていない。



棒の模式図。O は支点、A は作用点、B は力の矢印の先端、C は作用線上の補助点である。破線 CB は作用線を示し、別の力ではない。空間位置は 1 座標単位が 0.10 m、力の矢印は 1 座標単位が 2.0 N に対応する別々の縮尺で描いている。

(1) 支点 O から作用線までの垂直距離 d を答えよ。

(2) 上向きの力による、O まわりの符号付きモーメント M_O を求めよ。

(3) 点 A に加える力を、同じ大きさ 6.0 N の鉛直下向きに変更した。この力による M_O を求めよ。

©ミライコーチング

解答・解説

(1) 力は鉛直上向きなので、作用線は点 A を通る鉛直な直線である。水平な線分 OA はこの作用線に垂直である。

したがって、

$$d = 0.40\,\mathrm{m}$$

となる。

(2) 支点の右側を上に押すと、棒を反時計回りに回そうとする。したがって符号は正である。

$$\begin{aligned} M_O &= +(6.0\,\mathrm{N})(0.40\,\mathrm{m}) \\ &= +2.4\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

(3) 力が下向きになると、作用線は同じ鉛直線であるため、垂直距離 d は変わらない。

一方、棒を時計回りに回そうとするため、符号が負となる。

$$\begin{aligned} M_O &= -(6.0\,\mathrm{N})(0.40\,\mathrm{m}) \\ &= -2.4\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

力の大きさと作用線までの距離が同じでも、力の向きが逆なら、符号付きモーメントも逆符号になる。

3. 斜めに引く力では何が変わるか

水平な棒の端を斜め上に引く場合、力のすべてが棒を回す働きに使われるわけではない。

力を棒に平行な成分と、棒に垂直な成分に分けると、棒に平行な成分の作用線は支点を通るため、支点まわりのモーメントは 0 である。棒に垂直な成分が回転させる働きを生む。

作用点までの距離と垂直距離の関係

支点 O から作用点 A までの距離を r とし、O から A への向きと、力の向きとのなす角を θ とする。

このとき、力の作用線に下ろした垂線の長さは、

$$d = r\sin\theta$$

である。

鋭角 θ について、$\sin\theta$ は直角三角形における「向かい側の辺の長さ ÷ 斜辺の長さ」を表す三角比である。$90^\circ < \theta < 180^\circ$ では、$\sin\theta = \sin(180^\circ - \theta)$ として考える。また、$\sin 0^\circ = \sin 180^\circ = 0$、$\sin 90^\circ = 1$ である。この講で扱う 0° から 180° の範囲では、$\sin\theta$ は負にならない。

作用点までの距離 r と力の大きさ F を使えば、モーメントの大きさは、

$$M = rF\sin\theta$$

とも表せる。

また、棒に垂直な力の成分の**大きさ**を $F_{\perp}$ とすると、

$$F_{\perp} = F\sin\theta$$

なので、

$$M = rF_{\perp}$$

となる。

つまり、「力の大きさ × 作用線までの垂直距離」と「棒に垂直な力の成分の大きさ × 支点から作用点までの距離」は、同じモーメントの大きさを別の方法で求めている。

距離と角度を混同しない

r は支点から作用点までの距離であり、必ずしもモーメントの腕の長さではない。

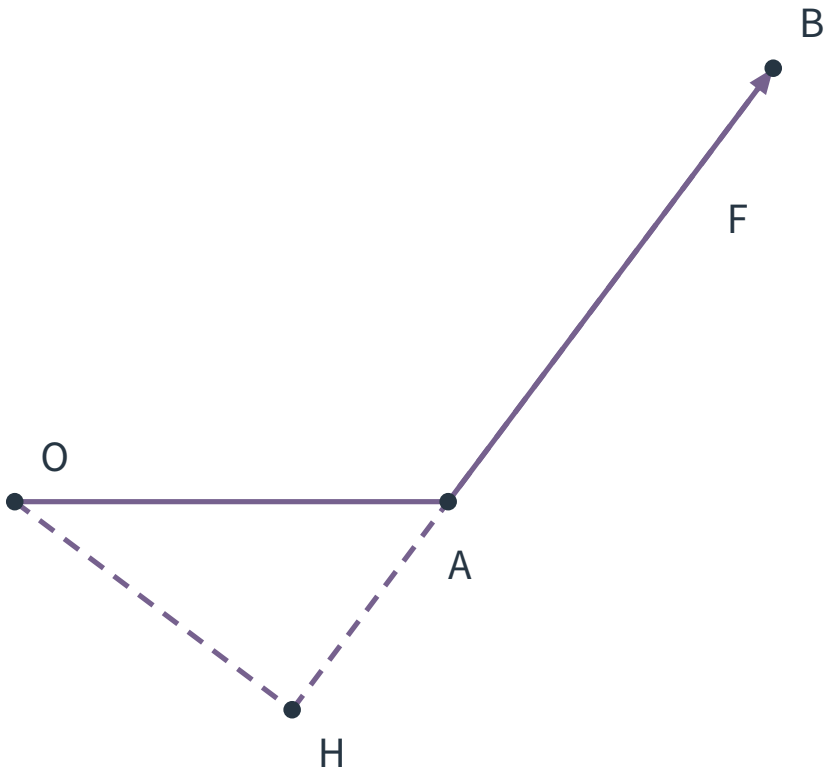
モーメントの腕の長さは作用線への垂直距離 d である。一般には $d = r\sin\theta$ であり、力が OA に垂直なときだけ $d = r$ となる。

また、$M = rF\sin\theta$ は大きさを求める式である。正負は、力が支点のまわりをどちらに回そうとするかで別に判断する。

2

水平な軽い棒の左端 O を固定し、右へ 0.40 m の作用点 A に、右上向きの力 F を加える。

力の大きさは 10 N であり、水平方向右向きの成分は 6.0 N、鉛直方向上向きの成分は 8.0 N である。



斜めの力の模式図。O は支点、A は作用点、B は力の矢印の先端である。H は O から作用線 HB に下ろした垂線の足であり、OH と HB は直交する。H は作用点 A よりも後ろへ延長した作用線上にある。位置の縮尺は 1 座標単位が 0.10 m、力の矢印の縮尺は 1 座標単位が 2.0 N である。

(1) OA と力 F のなす角を θ とするとき、$\sin\theta$ を求めよ。

(2) 支点 O から力の作用線までの垂直距離 d を求めよ。

(3) O まわりの符号付きモーメント M_O を求めよ。

(4) 棒に垂直な力の成分を使って、(3)の結果を確かめよ。

解答・解説

(1) 力の水平方向と鉛直方向の成分を直角三角形の 2 辺として考える。

力全体の大きさ 10 N が斜辺に対応し、角 θ に向かい合う辺は鉛直成分 8.0 N である。

$$\sin\theta = \frac{8.0\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{N}} = 0.80$$

(2) 支点から作用線への垂直距離は $d = r\sin\theta$ である。

$$d = (0.40\,\mathrm{m}) \times 0.80$$
$$= 0.32\,\mathrm{m}$$

この距離は OH の長さである。支点から作用点までの 0.40 m をそのまま用いない点が重要である。

(3) 棒の右端には上向きの成分が働いており、反時計回りの回転作用を生む。水平右向きの成分は支点まわりの回転作用を生まない。

$$M_O = +(10\,\mathrm{N})(0.32\,\mathrm{m})$$
$$= +3.2\,\mathrm{N\,m}$$

(4) 棒に垂直な成分は鉛直上向きの 8.0 N である。

$$M_O = +(0.40\,\mathrm{m})(8.0\,\mathrm{N})$$
$$= +3.2\,\mathrm{N\,m}$$

(3)と同じ結果が得られた。

なお、$\sin\theta = 0.80$ に対応する角度は約 53.13° である。53° ちょうどではないため、正確な値として置き換える必要はない。今回のように成分が与えられていれば、角度を求めなくてもモーメントを計算できる。

ミライポイント｜2 つの計算方法を使い分ける

力が斜めのときは、次の 2 つの見方が使える。

- 作用線が分かる場合：作用線までの垂直距離 d を求め、$M = Fd$ を使う。
- 力の成分が分かる場合：棒に垂直な成分 $F_\perp$ を求め、$M = rF_\perp$ を使う。

どちらも同じ物理量を求める方法である。最後に、回転の向きから符号を決定する。

4. 力が働いていても、モーメントが 0 になる

力を加えれば必ず棒が回るとは限らない。力の作用線が支点を通る場合、回転させる働きは生じない。

次の図では、棒の左端 O を固定し、右端 A を棒に沿って右向きに押している。



支点を通る作用線の模式図。$OA = 0.40\,\mathrm{m}$、A に働く力は右向き $6.0\,\mathrm{N}$ である。B は力の矢印の先端であり、作用点ではない。位置の縮尺は 1 座標単位が $0.10\,\mathrm{m}$、力の矢印は 1 座標単位が $2.0\,\mathrm{N}$ である。

作用線は水平な直線 OA の延長上にあり、支点 O を通る。したがって、支点から作用線までの垂直距離は $0\,\mathrm{m}$ である。

$$
\begin{aligned}
M_O &= (6.0\,\mathrm{N})(0\,\mathrm{m}) \\
&= 0\,\mathrm{N\,m}
\end{aligned}
$$

これは、力が $0\,\mathrm{N}$ になったという意味ではない。力は実際に $6.0\,\mathrm{N}$ 働いているが、指定した支点まわりを回転させる働きが 0 なのである。

同様に、力が支点 O そのものに作用する場合も、作用線は支点を通るので、O まわりのモーメントは 0 となる。

作用線上で力の位置を移した場合

同じ向き・大きさの力を、同じ作用線上の別の位置に移しても、指定した支点から作用線までの垂直距離は変わらない。

したがって、変形しない棒などの剛体について、その支点まわりの回転作用だけを考えるなら、モーメントは同じとなる。ただし、柔らかい物体の変形など、回転作用以外の影響まで同一になるわけではない。

5. 力の大きさと腕の長さを比較する

力のモーメントの大きさは $M = Fd$ で決まる。したがって、力が小さくても、作用線までの垂直距離が長ければ、同じ大きさのモーメントを生むことがある。

例えば、次の 2 つの条件を比較する。

条件	力の大きさ F	垂直距離 d	モーメントの大きさ M
A	6.0 N	0.40 m	2.4 N m
B	3.0 N	0.80 m	2.4 N m

条件 B では力は半分だが、垂直距離は 2 倍である。その結果、モーメントの大きさは条件 A と等しくなる。

ただし、この表が比較しているのはモーメントの大きさである。実際の符号付きモーメントを比較するには、どちらの力がどちら向きに回そうとするかも確認する必要がある。

6. 複数の力が働くときの回転のつり合い

1 本の棒に複数の力が働く場合、それぞれの力のモーメントを同じ支点のまわりで求め、符号付きで足し合わせる。

この合計を**合モーメント**と呼び、$\sum M_O$ と表す。

$$\sum M_O = M_{O1} + M_{O2} + \cdots$$

反時計回りのモーメントと時計回りのモーメントが打ち消し合う場合、合モーメントは 0 となる。

固定支点まわりの回転作用がつり合う条件は、

$$\sum M_O = 0$$

である。

ただし、これは回転についての条件である。自由に動ける物体の完全な静止には、すべての外力を加えた**合力が 0** であることも必要となる。また、合モーメントが 0 であることだけから、すでに回転している物体が停止すると結論づけることはできない。

3

水平な一様の棒を、中央付近の固定支点 O で支える。棒の重さは無視でき、棒は変形しないものとする。

支点から左へ 0.30 m の点 L に鉛直下向き 8.0 N、支点から右へ 0.40 m の点 R に鉛直下向き 6.0 N の力を加える。

支点は棒の移動を防ぎ、必要な支点反力を及ぼすことができる。ほかに外力は働かず、棒は初め静止している。

(1) 左側の力による、O まわりの符号付きモーメントを求めよ。

(2) 右側の力による、O まわりの符号付きモーメントを求めよ。

(3) 合モーメントを求め、回転させる働きがつり合っているか答えよ。

(4) 棒が静止するために、支点 O が棒に及ぼす鉛直方向の力を求めよ。

解答・解説

(1) 支点の左側を下向きに押すと、棒は左端が下がる向き、すなわち反時計回りに回ろうとする。

$$M_{O1} = +(8.0\,\mathrm{N})(0.30\,\mathrm{m})$$
$$= +2.4\,\mathrm{N\,m}$$

(2) 支点の右側を下向きに押すと、棒は時計回りに回ろうとする。

$$M_{O2} = -(6.0\,\mathrm{N})(0.40\,\mathrm{m})$$
$$= -2.4\,\mathrm{N\,m}$$

(3) 符号付きで足し合わせると、

$$\sum M_O = (+2.4\,\mathrm{N\,m}) + (-2.4\,\mathrm{N\,m})$$
$$= 0\,\mathrm{N\,m}$$

したがって、2 つの力による回転作用はつり合っている。

(4) 2 つの下向きの力を合わせると、

$$8.0\,\mathrm{N} + 6.0\,\mathrm{N} = 14\,\mathrm{N}$$

となる。棒が静止するには鉛直方向の合力も 0 N でなければならないので、支点は棒を鉛直上向きに 14 N の力で支える必要がある。

この支点反力は支点 O に作用するため、その作用線は O を通り、O まわりのモーメントは $0\,\mathrm{N\,m}$ である。

よって、棒の回転作用は打ち消され、並進方向の力もつり合う。今回のように初め静止している理想化した棒では、その静止状態を保てる。

ミライポイント｜力のモーメントを読む順序

力のモーメントの問題では、次の順序で判断すると混乱しにくい。

1. **支点を決める。** どの点のまわりのモーメントかを確認する。
2. **作用点と作用線を見つける。** 力の矢印の先端を作用点と間違えない。
3. **垂直距離を決める。** 支点から作用線までの最短距離を使う。
4. **大きさを計算する。** $M = Fd$、または $M = rF_{\perp}$ を使う。
5. **回転の向きから符号を付ける。** 複数の力なら符号付きで足し合わせる。

特に重要なのは、**「支点から作用点までの距離」と「支点から作用線までの垂直距離」を区別すること**である。

演習問題

各問では、指定した固定支点 O を通る紙面垂直方向の軸のまわりのモーメントを考える。反時計回りを正とし、時計回りを負とする。棒は変形しないものとし、特に断りがなければ棒の重さを無視する。

1

水平な棒の左端 O を固定し、O から右へ 35 cm の点 A に、大きさ 8.0 N の鉛直上向きの力を加える。

(1) OA の長さを m で表せ。

(2) 支点から力の作用線までの垂直距離 d を求めよ。

(3) O まわりの符号付きモーメント M_O を求めよ。

(4) 同じ作用点 A に加える力を鉛直下向き 8.0 N に変更した場合、M_O を求めよ。

2

水平な棒の左端 O を固定し、右へ 0.25 m の点 A に、右上向きの力 F を加える。

力の大きさは 10 N であり、水平方向右向きの成分は 6.0 N、鉛直方向上向きの成分は 8.0 N である。

(1) OA と力の向きのなす角を θ とするとき、$\sin\theta$ を求めよ。

(2) 支点から作用線までの垂直距離 d を求めよ。

(3) 符号付きモーメント M_O を求めよ。

3

水平な棒の左端 O を固定し、右へ 0.60 m の点 A に、大きさ 5.0 N の力を右上向きに加える。

OA から反時計回りに測った力の角度は 30° である。$\sin 30^\circ = 0.50$ を用いてよい。

(1) 支点から作用線までの垂直距離 d を求めよ。

(2) O まわりの符号付きモーメント M_O を求めよ。

(3) 支点から作用点までの距離 0.60 m を、そのまま $M = Fd$ の d に代入してはいけない理由を説明せよ。

4

それぞれ別の水平な棒について、左端 O を固定し、右側の作用点に鉛直上向きの力を加える。棒には、以下に示した力のほかに、O まわりのモーメントを生む力はないものとする。

条件	力の大きさ	支点から作用点までの距離
A	6.0 N	0.40 m
B	3.0 N	0.80 m
C	6.0 N	0.20 m

(1) それぞれの符号付きモーメントを求めよ。

(2) A、B、C をモーメントの大きい順に並べよ。同じ大きさのものは等号で示せ。

(3) A と B のモーメントの大きさが等しくなる理由を説明せよ。

©ミライコーチング

5

水平な軽い棒を固定支点 O で支える。支点から左へ 0.20 m の作用点に鉛直下向き 9.0 N、支点から右へ 0.30 m の作用点に鉛直下向き 4.0 N の力を加える。

棒には、これら以外に O まわりのモーメントを生む力は働かない。

(1) 左側の力による O まわりの符号付きモーメントを求めよ。

(2) 右側の力による O まわりの符号付きモーメントを求めよ。

(3) 合モーメントを求めよ。

(4) この合モーメントは、棒を時計回りと反時計回りのどちらへ回そうとするか答えよ。

6

重さを無視できる水平な棒を、固定支点 O で支える。棒は初め静止している。

支点から左へ 0.25 m の点 L に鉛直下向き 12 N、支点から右へ 0.50 m の点 R に鉛直下向き 6.0 N の力を加える。

支点は棒の位置を固定し、必要な支点反力を及ぼすことができる。棒に働く外力は、この 2 つの力と支点反力だけである。

(1) 左右の力による O まわりのモーメントをそれぞれ求めよ。

(2) 合モーメントを求め、回転作用がつり合っているか答えよ。

(3) 棒を静止させるために支点が及ぼす鉛直方向の力の大きさと向きを求めよ。

(4) 支点反力を考えず、(2)で合モーメントが 0 になったことだけを理由に、すべての力がつり合っていると判断してよいか。理由を説明せよ。

7

水平な棒の左端 O を固定し、右へ 0.50 m の点 A に、大きさ 10 N の右向きの力を棒に沿って加える。

(1) 支点から作用線までの垂直距離を答えよ。

(2) この力による O まわりのモーメントを求めよ。

(3) (2)の結果から「棒には力が働いていない」といえるか。理由とともに答えよ。

(4) 一般に、ある物体の合モーメントが 0 であれば、その物体は必ず静止していると判断できるか。理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

1

(1) $100\,\mathrm{cm} = 1\,\mathrm{m}$ であるため、

$$35\,\mathrm{cm} = 0.35\,\mathrm{m}$$

となる。

(2) 力は鉛直上向きで、棒は水平である。したがって、作用線は点 A を通る鉛直線となり、線分 OA がそれに垂直である。

$$d = 0.35\,\mathrm{m}$$

(3) 支点の右側を上に押すので、反時計回りのモーメントとなる。

$$\begin{aligned} M_O &= +(8.0\,\mathrm{N})(0.35\,\mathrm{m}) \\ &= +2.8\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

(4) 力を下向きに変更すると、時計回りに回そうとする。垂直距離は変わらないので、

$$\begin{aligned} M_O &= -(8.0\,\mathrm{N})(0.35\,\mathrm{m}) \\ &= -2.8\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

である。

力の向きが逆になっても、作用線と支点の位置関係は変わらないため、モーメントの大きさは同じで符号だけが逆となる。

2

(1) 棒の向きは水平右向きである。力の鉛直成分が角 θ に向かい合う辺に相当するため、

$$\sin\theta = \frac{8.0\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{N}} = 0.80$$

となる。

(2) $OA = 0.25\,\mathrm{m}$ なので、

$$\begin{aligned} d &= r\sin\theta \\ &= (0.25\,\mathrm{m}) \times 0.80 \\ &= 0.20\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

となる。

(3) 上向き成分により、棒は反時計回りに回ろうとする。

$$\begin{aligned} M_O &= +(10\,\mathrm{N})(0.20\,\mathrm{m}) \\ &= +2.0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

棒に垂直な成分から確かめると、

$$\begin{aligned} M_O &= +(0.25\,\mathrm{m})(8.0\,\mathrm{N}) \\ &= +2.0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

となり、同じ結果が得られる。

3

(1) 支点から作用線までの垂直距離は、OA の長さに $\sin 30^\circ$ を掛けた値である。

$$\begin{aligned} d &= r\sin 30^\circ \\ &= (0.60\,\mathrm{m}) \times 0.50 \\ &= 0.30\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

(2) 力は右上向きであり、棒の右側を上げようとするので、モーメントは正となる。

$$\begin{aligned} M_O &= +(5.0\,\mathrm{N})(0.30\,\mathrm{m}) \\ &= +1.5\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

(3) $M = Fd$ の d は、支点から**作用線までの垂直距離**を指すからである。

今回、支点から作用点までは 0.60 m であるが、力は斜めに働いているため、垂直距離は 0.30 m となる。0.60 m をそのまま代入すると、回転させる働きを過大に計算することになる。

なお、棒に垂直な成分の大きさは、

$$F_\perp = (5.0\,\mathrm{N}) \times 0.50 = 2.5\,\mathrm{N}$$

である。したがって、

$$(0.60\,\mathrm{m})(2.5\,\mathrm{N}) = 1.5\,\mathrm{N\,m}$$

となり、成分を用いても同じ大きさが得られる。

4

(1) すべての条件で、棒の右側に上向きの力が働くため、モーメントは正となる。力は棒に垂直なので、各条件の d は表の支点から作用点までの距離と等しい。

条件 A：

$$M_{OA} = +(6.0\,\mathrm{N})(0.40\,\mathrm{m}) = +2.4\,\mathrm{N\,m}$$

条件 B：

$$M_{OB} = +(3.0\,\mathrm{N})(0.80\,\mathrm{m}) = +2.4\,\mathrm{N\,m}$$

条件 C：

$$M_{OC} = +(6.0\,\mathrm{N})(0.20\,\mathrm{m}) = +1.2\,\mathrm{N\,m}$$

(2) 大きい順に並べると、

A＝B＞C

となる。

(3) B の力の大きさ 3.0 N は A の 6.0 N の半分である。一方、B の垂直距離 0.80 m は A の 0.40 m の 2 倍である。

モーメントの大きさは力と垂直距離の積で決まるため、両者の積が等しくなる。

したがって、力の大きさが違っても、モーメントの大きさが同じになる場合がある。

5

(1) 支点の左側を下向きに押すと、棒の左端が下がり、反時計回りに回そうとする。

$$M_{O1} = +(9.0\,\mathrm{N})(0.20\,\mathrm{m}) = +1.8\,\mathrm{N\,m}$$

(2) 支点の右側を下向きに押すと、時計回りに回そうとする。

$$M_{O2} = -(4.0\,\mathrm{N})(0.30\,\mathrm{m}) = -1.2\,\mathrm{N\,m}$$

(3) 合モーメントは、それぞれの符号付きモーメントを足す。

$$\sum M_O = (+1.8\,\mathrm{N\,m}) + (-1.2\,\mathrm{N\,m}) = +0.60\,\mathrm{N\,m}$$

(4) 合モーメントが正なので、**反時計回り**の回転作用となる。

この問題では、左右ともに下向きの力が働いているが、回転させる向きは逆である。力の上下だけで符号を決めず、支点の左右と力の向きを合わせて考える必要がある。

6

(1) 左側の下向きの力は反時計回りの回転作用を生む。

$$\begin{aligned} M_{OL} &= +(12\,\mathrm{N})(0.25\,\mathrm{m}) \\ &= +3.0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

右側の下向きの力は時計回りの回転作用を生む。

$$\begin{aligned} M_{OR} &= -(6.0\,\mathrm{N})(0.50\,\mathrm{m}) \\ &= -3.0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

(2) 合モーメントは、

$$\begin{aligned} \sum M_O &= (+3.0\,\mathrm{N\,m}) + (-3.0\,\mathrm{N\,m}) \\ &= 0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

である。したがって、左右の力による回転作用はつり合っている。

(3) 2 つの下向きの力の合計は、

$$12\,\mathrm{N} + 6.0\,\mathrm{N} = 18\,\mathrm{N}$$

である。

棒が静止するには鉛直方向の合力も 0 N である必要があるため、支点は棒に**鉛直上向き** 18 N の反力を及ぼす。

この反力は支点 O に作用するので、O まわりのモーメントは 0 N m である。

(4) **判断してはいけない**。

合モーメントが 0 であるという結果は、回転作用がつり合っていることを示す。しかし、支点反力を考えなければ、棒には合計 18 N の下向きの力が残っている。

力そのもののつり合いと、回転作用のつり合いは異なる条件である。

今回の固定支点が上向き 18 N を及ぼすことによって、合力も 0 N となる。初め静止している棒では、こうして静止状態を保つ条件がそろう。

7

(1) 力は棒に沿って右向きに働いている。力の作用線は棒と同じ水平線上にあり、支点 O を通る。

したがって、

$$d = 0\,\mathrm{m}$$

である。

(2) モーメントは、

$$\begin{aligned} M_O &= (10\,\mathrm{N})(0\,\mathrm{m}) \\ &= 0\,\mathrm{N\,m} \end{aligned}$$

となる。支点まわりの回転作用がないため、正負の区別を必要としない。

(3) **いえない**。

棒には点 A で右向き 10 N の力が働いている。ただし、その作用線が支点 O を通るので、O まわりのモーメントが 0 になるのである。

つまり、「力が 0 であること」と「指定した支点まわりのモーメントが 0 であること」は別の意味を持つ。

(4) **必ず静止しているとは判断できない**。

合モーメントが 0 でも、自由に動ける物体では合力が 0 でない場合がある。また、すでに回転している物体が、合モーメント 0 になっただけで直ちに停止するわけではない。

したがって、物体の静止を考えるには、回転作用だけでなく、物体に働く力全体と初めの運動状態にも注意する必要がある。