

# りきがく 力学ポータル

## 1 導入

このポータルの役割は、力学を公式の一覧としてではなく、何を求めたいかに応じて見方を選ぶ体系として整理することである。同じ運動でも、力を一つずつ追跡するほうが自然な場合もあれば、時間を消去してエネルギーで比較するほうが短い場合もある。短時間の相互作用では力積と運動量が主役になり、回転を含む問題ではトルク、慣性モーメント、角運動量へ視点を移す必要がある。したがって、このポータルでは個別の公式より先に、方針の分岐と読む順序を示す。

## 2 このポータルで見通せること

- 【基礎】まず力を図示し、運動方程式を立てる本線
- 【受験標準】仕事・エネルギー、運動量・衝突へ切り替える判断
- 【受験標準】円運動・単振動・回転を別公式ではなく同じ構造として読む見方
- 【発展】保存則の導出、重心系、束縛条件のような大学への橋渡し

## 3 まず読む5ページ

高校本線を最短で固めるなら、次の5ページから入るとよい。ここでは読む順序だけを示し、カードリンクは直後のルートAでたどれるようにする。

1. 力のつり合いと運動の法則
2. 直線運動と落下運動
3. 斜面・摩擦・ばねの力学
4. 仕事と力学的エネルギー
5. 運動量と力積

## 4 単位表記の約束

この講義では prompt/unit.md に従い、数値だけでなく文字式にも単位を数式内で明示する。基本形は  $X$

である。たとえば位置、速度、力は

$$x, \quad v, \quad F$$

のように書く。計算途中で因子ごとの単位を追うときは、縦棒方式を使う。

$$m \times a = F$$

単位を  $\$ \$ \dots \$ \$$  の外へ分離しない。式そのものを読んだ時点で、量と単位が対応していることを確認できるようにする。

## 5 最初に選ぶ見方

力学の問題では、式を増やすよりも、何を追うかを先に決めるほうが重要である。

| 見方       | 見る量                           | 有効な場面               |
|----------|-------------------------------|---------------------|
| 力と加速度    | $\sum \vec{F} = m\vec{a}$     | 途中の加速度・張力・垂直抗力を知りたい |
| 仕事とエネルギー | $\Delta(K + U) = W_{nc}$      | 始点と終点の高さ・速さを結びたい    |
| 運動量と力積   | $\vec{I} = \Delta\vec{p}$     | 衝突や短時間の相互作用を扱う      |
| 回転の量     | $\tau = I\alpha, L = I\omega$ | 剛体・円運動・角運動量を扱う      |

力の式は局所的に詳しいが、計算が長くなりやすい。エネルギーや運動量は途中を飛ばせるが、保存や外力の条件を満たすかを必ず確認する。

## 6 到達チェック

力学の基本束を読んだあと、次の問いに答えられれば、公式の暗記ではなく見方として身につけている。

- 対象とする物体または系を自分で選べるか
  - 加速度を知りたいのか、速さだけ知りたいのか、衝突前後を比べたいのかを区別できるか
  - $K + U = \text{const}$  を使う前に、非保存力の仕事が0か確認できるか
  - 運動量保存を使う前に、外力の力積を無視できるか確認できるか
  - 回転を含む問題で、基準点や回転軸を明示できるか
- 迷ったら、力の図へ戻る。図で対象・外力・軸が整理できれば、そのあとに使う保存則や束縛条件も選びやすくなる。

## 7 問題文からの逆引き

問題文に出る語から、最初に疑う見方を決めると方針が速く立つ。

| 問題文の手がかり         | 最初に見るもの                  | 進むページ           |
|------------------|--------------------------|-----------------|
| 静止、等速、支える        | $\sum \vec{F} = \vec{0}$ | 力のつり合いと運動の法則    |
| 滑る、摩擦、斜面         | 自由体図と摩擦の判定               | 斜面・摩擦・ばねの力学     |
| 高さ、速さ、ばね、途中を問わない | $K + U$ と非保存力の仕事         | 仕事と力学的エネルギー     |
| 衝突、合体、跳ね返る       | 系全体の運動量                  | 運動量と力積、衝突と運動量保存 |
| 回る、円、中心、糸        | 向心加速度と中心向きの合力            | 円運動と単振動         |
| 棒、はしご、支点、倒れる     | 力のモーメント                  | 剛体のつり合いの基本      |
| 転がる、すべりなし        | 並進・回転・束縛条件               | 回転運動の基本、束縛条件    |

この表は最終判断ではなく、最初に試す入口である。条件を確認して合わなければ、力の図へ戻って方針を選び直す。

## 8 章をまたぐ同型の見方

力学では、違う章に見える内容が同じ構造をもつことが多い。

|                           |                            |                 |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 直線・並進                     | 回転・角量                      | 保存の見方           |
| $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ | $\sum \tau = I\alpha$      | 外から変える作用を見る     |
| $\vec{p} = m\vec{v}$      | $L = I\omega$              | 力積・モーメントの力積で変わる |
| $K = \frac{1}{2}mv^2$     | $K = \frac{1}{2}I\omega^2$ | 仕事で変わる          |
| 重心の並進                     | 重心まわりの回転                   | 全体と内部を分ける       |

この対応を意識すると、新しい公式を別々に覚えるより、何が何を変えるかという関係で理解できる。

## 9 推奨読書ルート

### 9.1 ルート A: 高校本線を固める

力を図示して立式する基本線を先に固め、必要に応じてエネルギーと運動量へ切り替える読み方である。

受験標準の問題を安定して解くには、この順が最も自然である。

→ 講義 力のつり合いと運動の法則 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/力のつり合いと運動の法則-講義/>

→ 講義 直線運動と落下運動 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/直線運動と落下運動-講義/>

→ 講義 斜面・摩擦・ばねの力学 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/斜面・摩擦・ばねの力学-講義/>

→ 講義 仕事と力学的エネルギー [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/仕事と力学的エネルギー-講義/>

→ 講義 運動量と力積 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/運動量と力積-講義/>

→ 講義 衝突と運動量保存 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/衝突と運動量保存-講義/>

→ 講義 円運動と単振動 [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/円運動と単振動-講義/>

### 9.2 ルート B: 保存則を先に固める

時間を細かく追うより、始点と終点、衝突前後、系全体の量に注目したい読者向けの読み方である。方針

選択の理由が見えやすい。

→ 講義 仕事と力学的エネルギー [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/仕事と力学的エネルギー-講義/>

→ 講義 **運動量と力積** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/運動量と力積-講義/>

→ 講義 **衝突と運動量保存** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/衝突と運動量保存-講義/>

→ 講義 **保存則の導出** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/保存則の導出-講義/>

→ 講義 **重心の基本** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/重心の基本-講義/>

## 9.3 ルート C: 回転と剛体に先に入る

剛体の静止条件、回転の記述、慣性モーメント、角運動量を一続きで読みたい場合の経路である。高校後半から大学初年級への橋渡しとして有効である。

→ 講義 **剛体のつり合いの基本** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/剛体のつり合いの基本-講義/>

→ 講義 **回転運動の基本** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/回転運動の基本-講義/>

→ 講義 **慣性モーメントの基本** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/慣性モーメントの基本-講義/>

→ 講義 **角運動量の基本** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/角運動量の基本-講義/>

→ 講義 **万有引力と惑星運動** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/万有引力と惑星運動-講義/>

## 10 束ごとの見取り図

### 10.1 【基礎】力と運動方程式

この束では、自由体図を描き、軸を設定し、成分ごとに式を立てる基本動作を固める。静止条件、等加速度運動、斜面・摩擦・ばねの問題を解けるようになる。

→ 講義 **力のつり合いと運動の法則** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/力のつり合いと運動の法則-講義/>

→ 講義 **直線運動と落下運動** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/直線運動と落下運動-講義/>

→ 講義 **斜面・摩擦・ばねの力学** [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/斜面・摩擦・ばねの力学-講義/>

この束でよく使う数学:

→ [講義](#) [微分法の基本](#) [lecture](#) [math](#) [calculus](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/calculus/微分法の基本-講義/>

→ [講義](#) [積分法の基本](#) [lecture](#) [math](#) [calculus](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/calculus/積分法の基本-講義/>

## 10.2 【じゅけんひょうじゅん受験標準】うんどりょうエネルギー・しょうとつ運動量・衝突

そくこの束では、じかん時間を消したいとき、け短時間相互作用を扱いたいとき、たんじかん系全体を考えたときに何をあつか選ぶかを学ぶ。けいぜんたい落下、かんが斜面、なに衝突、えら反発係数の問題に強くなる。

→ [講義](#) [仕事と力学的エネルギー](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/仕事と力学的エネルギー-講義/>

→ [講義](#) [運動量と力積](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/運動量と力積-講義/>

→ [講義](#) [衝突と運動量保存](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/衝突と運動量保存-講義/>

## 10.3 【じゅけんひょうじゅん受験標準】えんうんどう円運動・たんしんどう単振動

そくこの束では、こうしんかそくど向心加速度、とうそくえんうんどう等速円運動、たんしんどう単振動を別々の公式ではなく、べつべつ同じ微分方程式的構造として理解する。おな円軌道とばね振動の問題がつながる。

→ [講義](#) [円運動と単振動](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/円運動と単振動-講義/>

そくこの束でよく使う数学:

→ [講義](#) [三角関数](#) [lecture](#) [math](#) [trigonometry](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/trigonometry/三角関数-講義/>

→ [講義](#) [二階線型定数係数微分方程式の基本](#) [lecture](#) [math](#) [differential-equations](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/differential-equations/二階線型定数係数微分方程式の基本-講義/>

## 10.4 【じゅけんひょうじゅん受験標準 ~大学への橋渡し】だいがく重心・はしわた剛体・じゅうしん回転

そくこの束では、けいぜんたい系全体の並進を1点にへいしん圧縮する重心の考え方と、てん剛体のつり合い・あ固定軸回転・こていじくかいてん角運動量保存かくうんどりょうほぞんを扱う。あつか回転を含む問題の基本視点を与える。

→ [講義](#) [重心の基本](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/重心の基本-講義/>

→ [講義](#) [剛体のつり合いの基本](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/剛体のつり合いの基本-講義/>

→ [講義](#) [回転運動の基本](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/回転運動の基本-講義/>

→ [講義](#) [慣性モーメントの基本](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/慣性モーメントの基本-講義/>

→ [講義](#) [角運動量の基本](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/角運動量の基本-講義/>

この束そくでよく使うつか数学すうがく:

→ [講義](#) [ベクトルと内積](#) [lecture](#) [math](#) [vector](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/vector/ベクトルと内積-講義/>

→ [講義](#) [外積の基本](#) [lecture](#) [math](#) [vector](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/vector/外積の基本-講義/>

## 10.5 じゅけんひょうじゆん 【はってん 受験標準 ぼんゆういんりよく ~きどう 発展】 ばんゆうりきときどう 万有引力と軌道

この束そくでは、地上ちじょうの落下らっかと天体運動てんたい うんどうを同じ中心力おな ちゅうしんりよくで捉え直す。宇宙速度うちゅうそくど、円軌道えんきどう、束縛軌道そくばく きどう、面積速度一定めんせき そくど いっぺいの見方みかたへ進むすす。

→ [講義](#) [万有引力と惑星運動](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/万有引力と惑星運動-講義/>

この束そくでよく使うつか数学すうがく:

→ [講義](#) [三角関数](#) [lecture](#) [math](#) [trigonometry](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/trigonometry/三角関数-講義/>

→ [講義](#) [積分法の基本](#) [lecture](#) [math](#) [calculus](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/calculus/積分法の基本-講義/>

## 10.6 はってん 【こうしき 発展】 はいご 公式の背後と してん へんかん 視点変換

この束そくは高校本線こうこうほんせんからは一段外れるが、方針いちだんはずの理由ほうしんを深く理解りゆうするために有効ふかである。保存則りかいの導出ゆうこう、じゅうしんけい 重心系そくばくじゅうけん、束縛条件こうしき あんきは、公式暗記おで終わらないための橋渡しはしわたを担うにな。

→ [講義](#) [保存則の導出](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/保存則の導出-講義/>

→ [講義](#) [重心系での衝突](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/重心系での衝突-講義/>

→ [講義](#) [束縛条件](#) [lecture](#) [physics](#) [mechanics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/mechanics/束縛条件-講義/>

## 11 りきがく 力学 ほうしん の方針マップ

- ちから 力を逐一追ちくいちいやすい → うんどうほうていしき 運動方程式
- じかん 時間を消けしたい → しごと 仕事と りきがくてき 力学的エネルギー
- たんじかん 短時間の相互作用そうごきやうを扱あつかう → りきせき 力積と うんどうりやう 運動量
- けいぜんたい 系全体の量りやうを考かんがえたい → ぼんそく 保存則・ じゅうしん 重心

- 回転を含む → トルク・慣性モーメント・角運動量
- 軌道や 中心力を扱う → 万有引力・角運動量保存

## 12 難度の見方

- 【基礎】 高校物理の本線として最初に読む
- 【受験標準】 入試 標準 問題までを安定して解くために必要
- 【発展】 本線の理解を深める補助線
- 【大学への橋渡し】 学部初年級の見方へ接続する内容

## 13 関連リンク

→ 講義 物理ポータル [lecture](#) [physics](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/physics/物理ポータル-講義/>

→ 講義 数学ポータル [lecture](#) [math](#)  
<https://study.bem130.com/lecture/math/数学ポータル-講義/>

## 14 文字式にも単位を書く

数値代入の前から単位を見えるようにする。運動エネルギーなら、結果だけでなく構成要素にも単位を入れる。

$$K = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

無次元の係数は  $\frac{1}{2}$  [1; 1] のように扱う。和と差では、足す項がすべて同じ単位をもつかを確認する。

## 15 問題を解く前の三段階

力学の問題では、計算を始める前に次の3点を決める。

| 段階 | 決めること | 例                    |
|----|-------|----------------------|
| 1  | 系     | 1 物体だけか、2 物体をまとめるか   |
| 2  | 時間範囲  | 衝突中 だけか、衝突前後まで含めるか   |
| 3  | 見る量   | 力、仕事、力積、モーメントのどれを見るか |

この3点が決まると、使う式はかなり自然に決まる。物体を1つだけ見るなら 接触力を外力として書く。

2 物体を系に含めるなら、その 接触力は内力になり、全体の運動量には現れにくくなる。

同じ現象でも、系と時間範囲を変えれば式の姿が変わる。この自由度を意識することが、公式の丸暗記か

ら抜ける第一歩である。

## 16 図を式にする共通手順

力学の図は、見たまま眺めるものではなく、式へ変換するための情報である。図から式へ移るときは、次の順序で確認する。

| 見るもの | 式に入るもの   | 典型例   |
|------|----------|---|
| 位置の差 | 変位・高さ    | $x$ [m; L], $h$ [m; L]                      |
| 傾き   | 力の成分     | $mg \sin \theta$ [N; $MLT^{-2}$ ]           |
| 接触   | 垂直抗力・摩擦力 | $N$ [N; $MLT^{-2}$ ], $f$ [N; $MLT^{-2}$ ]  |
| 回転軸  | 腕の長さ     | $r$ [m; L]                                  |
| 時間幅  | 力積・変化量   | $F_{\text{avg}} \Delta t$ [Ns; $MLT^{-1}$ ] |

図に描かれている矢印が、すべて力とは限らない。速度や加速度の矢印は運動の情報であり、自由体図の力とは分けて扱う。

## 17 演習前の最終確認

力学の演習では、計算の速さよりも、最初の設定が正しいかが結果を決める。式を立てる前に、次の項目を確認する。

|        |                |
|--------|----------------|
| 確認すること | 見落とすと起こること     |
| 正の向き   | 速度や力の符号が逆になる   |
| 系の範囲   | 内力を外力として二重に数える |
| 時間範囲   | 衝突中と衝突前後を混同する  |
| 接触の有無  | 垂直抗力や摩擦力を誤って残す |
| 単位     | 足せない量を足してしまう   |

答えが出たあとも、極限を考える。たとえば摩擦係数を0にしたら摩擦なしの結果に近づくか、質量と同じにしたら対称な結果になるかを見る。この検算は、長い計算より誤答を早く見つけることがある。

## 18 全章共通の文字式と単位

力学では、式を覚えるだけでなく、左辺と右辺の単位が同じかを毎回確認する。代表的な対応は

$$F = ma$$

$$W = Fx$$

$$p = mv$$

である。単位を数式の外へ置くと、どの量に付いている単位かが曖昧になるため、 $x$  [m; L]、 $F$  [N;  $MLT^{-2}$ ] のように文字式と同じ数式内で扱う。

文字式では、記号の直後に単位を数式内で添える。代表的な量は

$$x, t, v, a, F, W, p$$

である。式の各項は、足し合わせる前に同じ単位でなければならない。たとえば等加速度運動では

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

となり、全項が長さでそろおう。この確認を全章で共通の検算として使う。

## 19 典型問題を分解する型

複合問題は、1本の公式で最初から最後まで解くのではなく、場面ごとに分ける。落下、衝突、圧縮、回転、

離脱のように現象が切り替わる点を境界にする。

各場面で選ぶ式は、知りたい量で決める。時間や加速度なら運動方程式、速さや高さならエネルギー、

衝突直後の速度なら運動量、回転の変化ならモーメントや角運動量を使う。

単位は式の中で読む。たとえば、速度を求めた結果なら  $v$  [m/s;  $LT^{-1}$ ]、力なら  $F$  [N;  $MLT^{-2}$ ]、エネルギー

なら  $E$  [J;  $ML^2T^{-2}$ ] と確認する。

## 20 未知数の置き方

力学の解法では、最初に何を未知数にするかを決める。位置を知りたいなら  $x$  [m;  $L$ ]、速さを知りたいなら

$v$  [m/s;  $LT^{-1}$ ]、力を知りたいなら  $F$  [N;  $MLT^{-2}$ ]、時間を知りたいなら  $t$  [s;  $T$ ] を置く。未知数を置かずに

式を探すと、何を解いているのかが曖昧になる。

未知数の数と独立な式の本数を比べることも重要である。未知数が2つなら、原則として独立な式が2本

必要である。運動方程式、保存則、束縛条件、接触条件のうち、どれが独立な情報を与えているかを見分ける。

単位は未知数を置いた時点で添える。 $x$  [m;  $L$ ]、 $v$  [m/s;  $LT^{-1}$ ]、 $a$  [m/s<sup>2</sup>;  $LT^{-2}$ ]、 $F$  [N;  $MLT^{-2}$ ]、

$E$  [J;  $ML^2T^{-2}$ ] のように読めば、式を立てる前に足せる量と足せない量を区別できる。

## 21 理想化を意識して読む

力学の公式は、現実をそのまま写したのではなく、重要な要素だけを残したモデルの上で成り立つ。

質点、剛体、なめらかな面、軽い糸、質量のない滑車、空気抵抗なし、という仮定は計算を可能にするた

めの選択である。

問題文に「なめらか」「軽い」「伸びない」「十分短い時間」「摩擦を無視する」といった語があるとき、そ

れは式を減らす条件である。たとえば軽い糸なら両端の張力を同じ  $T$  [N;  $MLT^{-2}$ ] と扱いやすい。なめ

らかな面なら摩擦力  $f$  [N;  $MLT^{-2}$ ] を消せる。

仮定を外すと、使う式も変わる。糸に質量があれば張力は場所が変わりうる。滑車に慣性モーメントがあ

れば、回転の運動方程式が必要になる。公式を使う前に、どの理想化を採用しているかを確認する。