

8. 運動量と力積, 衝突

キーワード

- 運動量
- 力積
- 運動量保存則
- 弾性衝突と非弾性衝突
- はね返り係数

運動量 (p.119)

質量 m の物体が速度 v で運動しているとき、

質量 × 速度 mv を**運動量**という。

運動量は運動の「**いきおい**」を表す量である。

運動量の単位は、 **$kg\ m/s (= N \cdot s)$** である。

力積 (p.120)

力 F が時間 t のあいだ作用し続けるとき、
力 \times 時間 Ft を力積 (I) という。

$$I = Ft$$

力積の単位は、運動量と同じで $kg\ m/s$ である。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{仕事} = \text{力} \times \text{距離} \\ \text{力積} = \text{力} \times \text{時間} \end{array} \right.$$

運動量と力積

質量 m の物体に力 F が t 秒間作用し続けたため、
速度が v から v' になったとすると、

$$mv' - mv = Ft$$

物体のもつ運動量の変化はその間に物体が受けた力積に等しい。

{ 7章:「仕事」と「エネルギー」
8章:「力積」と「運動量」

運動量と力積

$$mv' - mv = Ft \text{ より,}$$

$$\frac{mv' - mv}{t} = F$$

したがって、単位時間あたりの運動量の変化は
物体が受ける外力に等しい。

開いた系での運動量変化と力積の関係

(p.121)

時間 Δt に質量 Δm の物体の速度が Δv 変化している場合にかかる力 F は、

$$F = \frac{\Delta m \cdot \Delta v}{\Delta t} = \dot{m} \Delta v \left(\dot{m} = \frac{dm}{dt} \right) \quad (8.14)$$

「運動量の変化」が「力積」に相当する、という考え方と同じ。

開いた系とは？

質量の出入り(変化)がある場合のこと

運動量保存の法則 (p.122)

二つ(あるいはそれ以上)の物体をひとつの系としてみるときは、系内で相互に力が作用し合っている、系外からの力が働かない限り系の運動量は一定に保たれる。

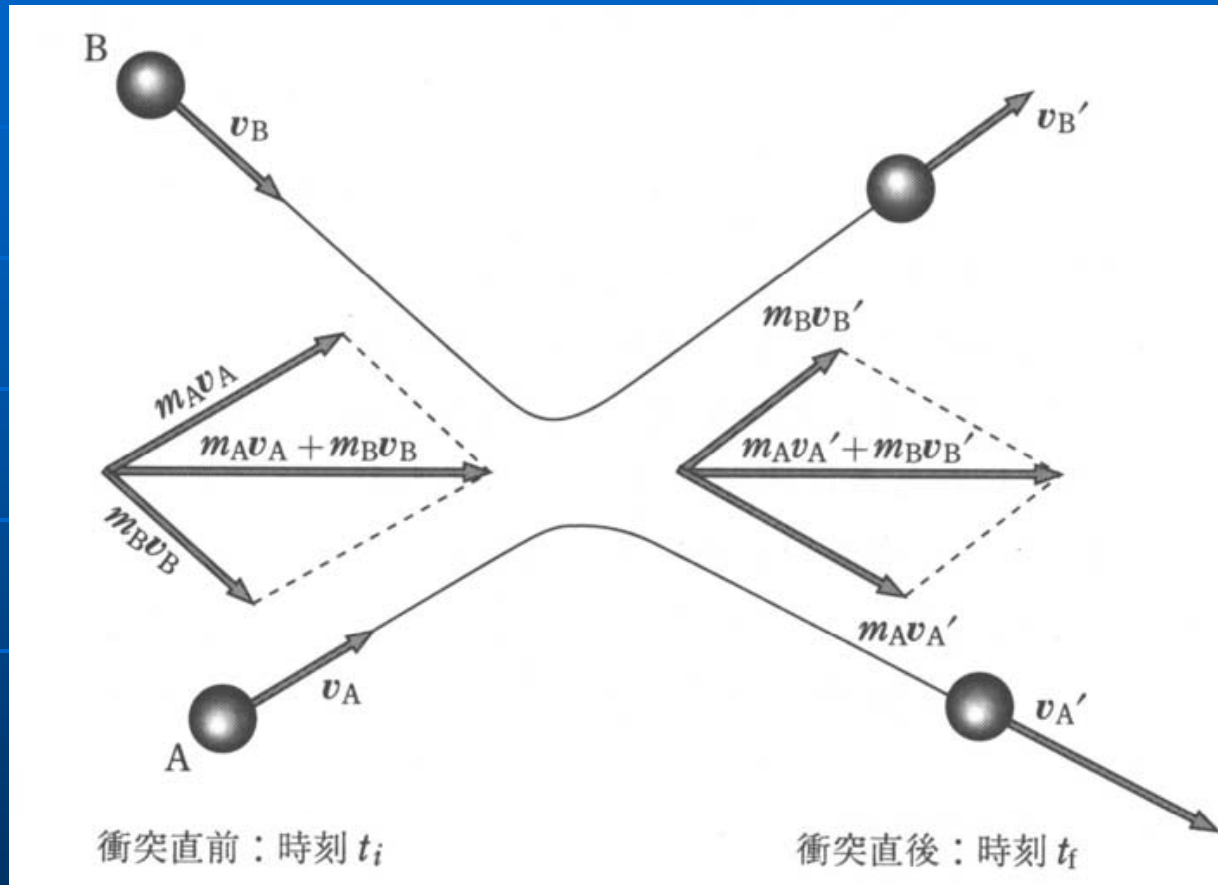
これを運動量保存の法則という。

衝突前の運動量の総和 = 衝突後の運動量の総和

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \quad (8.17)$$

(教科書p.122, 図8.6参照)

運動量保存の法則 (p.122)



衝突前の運動量の総和 = 衝突後の運動量の総和

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \quad (8.17)$$

弾性衝突と非弾性衝突 (p.124)

弾性衝突：完全にはね返る衝突。熱，音，振動などの発生は無視できる。運動量保存則と力学的エネルギー保存則が成立する。

非弾性衝突：衝突により熱が発生したり変形したりして，運動エネルギーが減少する衝突。力学的エネルギー保存則は成立しないが，運動量保存則は成立する。

一般的には，ほとんどが非弾性衝突である。

一直線上の弾性衝突 (p.124)

静止している質量 m_B の球 B に質量 m_A の球 A が速度 v_A で正面から弾性衝突する場合、衝突直後の球 A, B の速度 v_A', v_B' はそれぞれ以下のようなになる。

$$v_A' = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A, \quad v_B' = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A$$

(教科書p. 124, 例題4参照)

弾性衝突なので、「**運動量保存則**」と「**力学的エネルギー保存則**」が成立する。

はね返り係数 (非弾性衝突)

はね返り係数: はね返りの程度を示す.

壁などに衝突する場合,

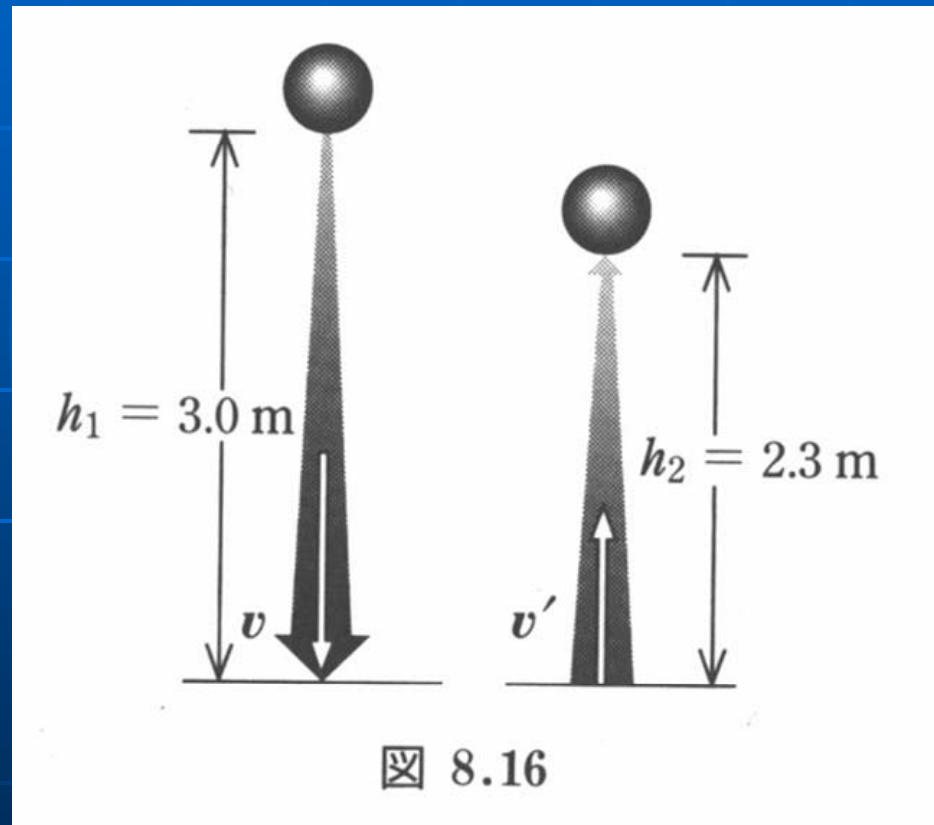
壁から離れていく速さ v' (はね返った後) が壁に近よる速さ v (はね返る前) の何割であるかの比がはね返り係数 e である.

$$e = \frac{v'}{v}$$

※ 弾性衝突の場合, $e = 1$ となる.

はね返り係数 (非弾性衝突)

p.126 例題5



はね返り係数 (非弾性衝突) (p. 125)

運動している二つの球の衝突(一直線上の衝突)

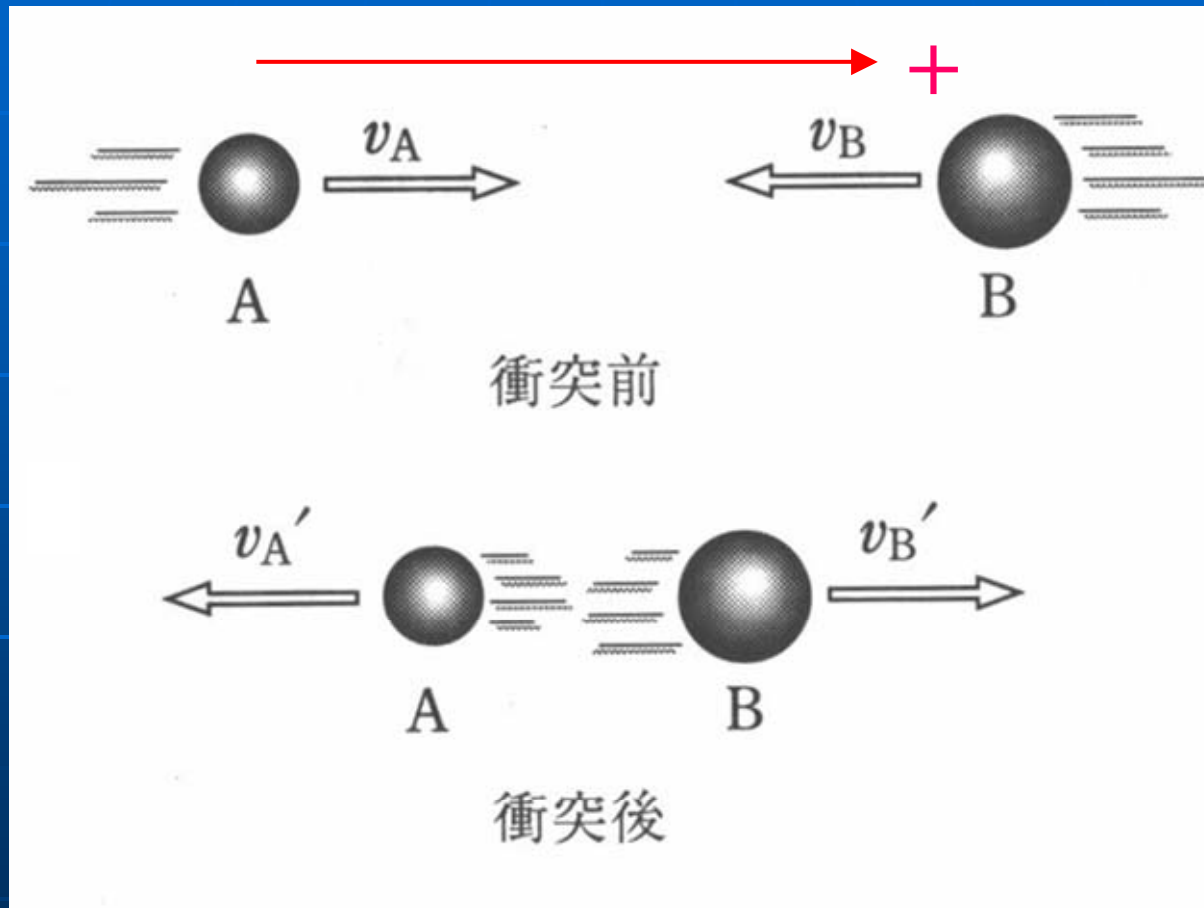
一直線上を右向きに速さ v_A, v_B で運動している質量 m_A と m_B の球が次第に近づき、触れ、速度をそれぞれ v_A', v_B' に変え、運動する場合、はね返り係数は以下のようになる。

$$e = \frac{v_B' - v_A'}{v_A - v_B}, \quad v_B' - v_A' = e(v_A - v_B)$$

$$m_A v_A' + m_B v_B' = m_A v_A + m_B v_B$$

→ これら2式より, (8.37)式が導かれます。

はね返り係数 (非弾性衝突)



8. 運動量と力積, 衝突

キーワード

● 運動量 = 質量 × 速度

● 力積 = 力 × 時間

● 運動量保存則

衝突前の運動量の総和 = 衝突後の運動量の総和

● 弾性衝突と非弾性衝突

運動量保存則と力学的エネルギー保存則: 成立, 不成立

● はね返り係数

はね返りの程度, 球と壁・床, ふたつの球同士の衝突

演習問題 8-A-2

等加速度運動によって速度が減少し、 0 m/s になると考える。これにより平均の加速度を求めることができる。

演習問題 8-A-3

演習問題8-A-2と同じ考え方で解くことができます。

演習問題 8-A-4

速度より運動量が，力の時間変化より力積を求めることができる。

演習問題 8-A-6

運動量保存則を用いて解ける問題.

演習問題 8-A-7

- (1). 運動量保存の法則を用いる.
- (2). 力学的エネルギー保存則を用いる.

演習問題 8-A-8

力学的エネルギー保存則と弾性衝突の考え方(例題4, p.124)を参考にして解くことができます.

演習問題 8-A-9

p. 126, 例題5を参考にして問題を解くことができます.

演習問題 8-B-1

- (1). 力学的エネルギー保存則を用いる.
- (2). 等加速度運動で減速すると考える. この時, 足が胴体におよぼす力 F は $ma + mg$ で与えられる.

演習問題 8-B-5

- (1) 力学的エネルギー保存則
- (2) 振り子の運動を考える
- (3) 非弾性衝突による速度の変化→(8.37)式
- (4) 力学的エネルギー保存則