

第3回

速度が変わる運動

物理基礎 監修
野口 禎久

今回学ぶこと

速度が変わらない等速直線運動の $x-t$ グラフは直線、 $v-t$ グラフは t 軸に平行な直線でした。今回は、速度が次々変わる運動の $x-t$ グラフや $v-t$ グラフを調べ、それらのグラフから速度が変わる運動を考察します。また、速度変化の違いを表すために用いる加速度について学習し、その計算方法や $v-t$ グラフと加速度の関係についても考えます。

学習のポイント

- 速度が変わる運動を調べる
- 次々変わる瞬間の速度
- 加速度の表し方

point

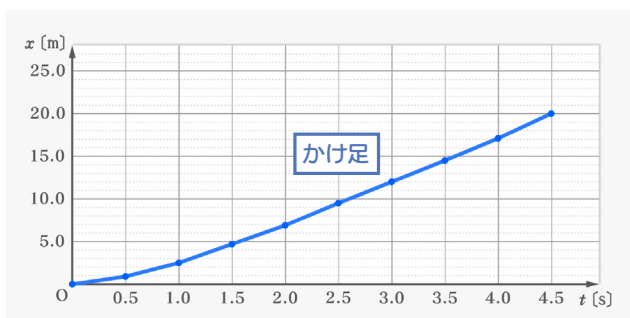
1 速度が変わる運動を調べる

人がかけ足で走る場合と自転車で走る場合ではどちらが速いでしょうか？ナナさんとココさんが 20 m で競争すると、かけ足で走ったナナさんの方が自転車で走ったココさんより先にゴールしました。2人の運動の違いを考えてみましょう。



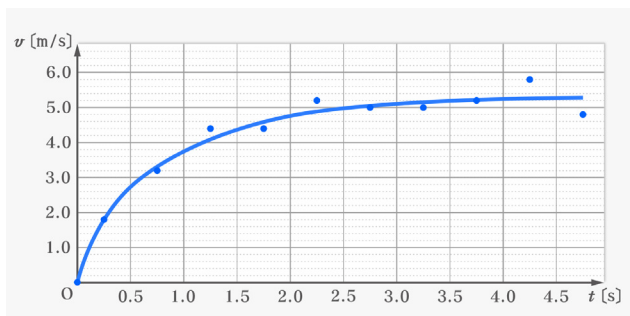
【図1】

まず、かけ足のナナさんの運動を $x-t$ グラフにしてみます。スタートした時刻を $t=0$ s として、スタートしてから 0.50 s 毎のスタート地点からの変位 x [m] をグラフにすると、



【図2】

【図2】のようになります。 $x-t$ グラフの傾きが速度を表すので、初めは速度が小さく、その後徐々に大きくなり、最後は一定になっていくように見えます。



【図3】

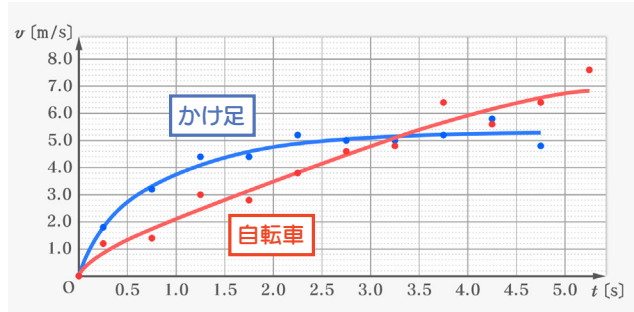
そこで、0.50 s 毎のそれぞれの区間の平均の速度 v [m/s] を計算し、 $v-t$ グラフを描いて速度の変化を詳しく調べてみます。 $v-t$ グラフは図3のようになり、初めは速度が急激に増加し、その後は変化しなくなっていることがよく分かります。

このページ掲載の文章・画像の無断転載及び商用利用を固く禁じます。

point

2 次々変わる瞬間の速度

ココの自転車の運動の $v-t$ グラフも同様に描いてみると【図4】のようになります。初めの速度変化は自転車の方がかけ足より小さいですが、自転車の速度はその後ほぼ一定の割合で増加しています。自転車の速度はゴールするまで次々変化し、加速し続けていたことが分かります。



【図4】

point

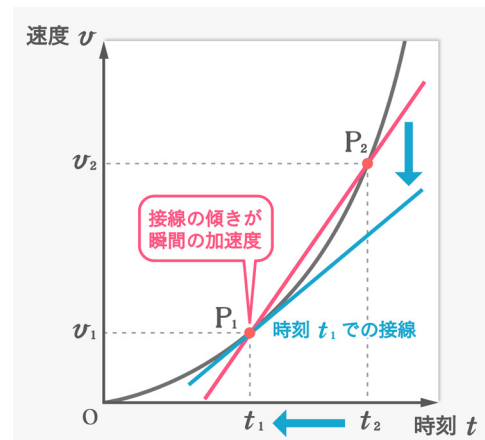
3 加速度の表し方

【図4】の $v-t$ グラフから分かるように、速度の変化は時刻によって異なります。その速度変化の違いを比較するために用いる量が加速度です。加速度は単位時間あたりの速度変化で表します。時刻 t_1 での速度が v_1 、時刻 t_2 での速度が v_2 のとき、その区間の平均の加速度 a は

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

となります。加速度の単位は、速度変化の単位 m/s をさらに時間の単位 s で割った単位になるので m/s^2 と書き、メートル毎秒毎秒と読みます。時刻 t_1 と t_2 の区間の平均の加速度は、図5の点 P_1 と点 P_2 を通る直線の傾きになります。

t_2 を t_1 に近づけて、平均する区間を無限に小さくしたときの加速度を時刻 t_1 での瞬間の加速度といいます。 t_2 を t_1 に近づけていくと、 P_1 と P_2 を通る直線は P_1 での接線に近づくので、時刻 t_1 での $v-t$ グラフの接線の傾きが時刻 t_1 での瞬間の加速度を表すことになります。

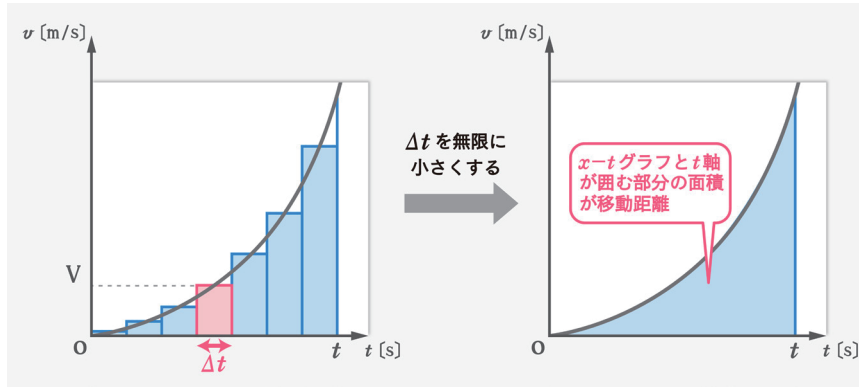


【図5】

memo

速度が変化するときの移動距離と $v-t$ グラフ

等速直線運動の移動距離は、 $v-t$ グラフと時刻 t の軸が囲む部分の面積で表されました。では、速度が変化する場合の移動距離はどのようにして求められるのでしょうか。



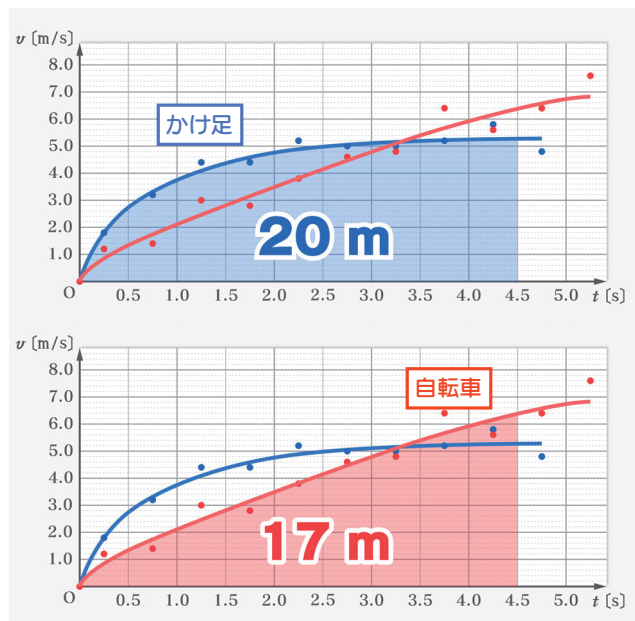
【図 6】

まず、【図 6】の左の図のように速度が階段状に変化する運動を考えます。このとき、時間 Δt の間の速度 V は一定なので、この区間の移動距離は縦が V 、横が Δt の長方形の面積になります。したがって、時刻 $0 \sim t$ の間の移動距離は、時刻 $0 \sim t$ の間のそれぞれの区間の長方形の面積の和になります。ここで、速度を一定とした時間間隔 Δt を無限に小さくすると実際のなめらかな速度変化の運動に近づきます。このとき、長方形の面積の和は $v-t$ グラフと時刻 t の軸が囲む部分の面積に近づきます。このように、速度が変化する場合も $v-t$ グラフと時刻 t の軸が囲む部分の面積が移動距離を表すことになります。

図 3 の $v-t$ グラフから分かること

ナナさんがかけ足でゴールした時刻は $t = 4.5$ s です。【図 3】から分かるように、このとき、自転車のココさんの方が速くなっています。ココさんの自転車が速くなったのに、なぜナナさんの方が先にゴールしたのでしょうか。

それは、時刻 4.5 s までに自転車のココさんの進んだ距離がゴールまでの距離 20 m に達していないからです。このことは、 $v-t$ グラフから考察できます。【図 7】の上の $v-t$ グラフの 20 m 部分の面積は 4.5 s 間にナナさんがかけ足で走った距離 20 m を表しています。一方、【図 7】の下の $v-t$ グラフの 17 m 部分の面積は 4.5 s 間にココさんが自転車で走った距離を表しています。この面積を求めると約 17 m となります。つまり、かけ足でナナさんがゴール



【図 7】

したときに、ココさんの自転車はまだゴールの約 3 m 手前であったことがわかります。ナナさんの走りは加速がよく、初めのうちにココより大きな速度で長い距離を進んでいたため、先にゴールできたということです。

このページ掲載の文章・画像の無断転載及び商用利用を固く禁じます。