

## 台車の衝突～変位が合わない？～ 村田憲治（加納高校）

先日の官製研究会の集まりで、こんな問題が話題になりました。高校2年生が受けた『進研模試』の物理の問題に関して生徒さんが次のような質問をしてきたのだそうです。

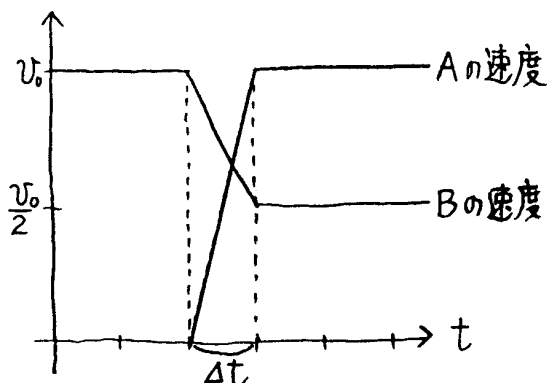
「A, B 2つの台車の衝突中、それぞれの台車の変位が一致しないのはなぜ？」

どんな衝突かというと、「静止した質量  $m$  の台車Aに、質量  $2m$  の台車Bが速さ  $v_0$  で衝突（2つの台車が接触している時間は  $\Delta t$  秒間）した。はねかえり係数  $e$  は 0.5 である。」というものです。  $v-t$  グラフを書いてみると右図のようになります。

ただし接触している間、A, B は一定の力を及ぼし合っているとします。

さて、衝突中（ $\Delta t$  秒間）のA, Bの変位をグラフから求めてみましょう。

台車Aの変位は  $\frac{1}{2} v_0 \Delta t$ 、台車Bは

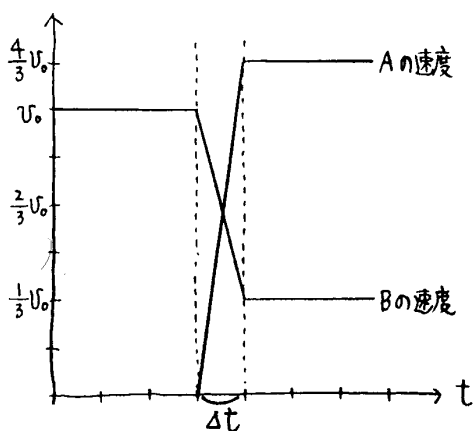


$\frac{3}{4} v_0 \Delta t$  となり、なぜだか一致しません。これに気がついた生徒さんが、「なぜ衝突中の台車A, Bの変位が一致しないのか？」と質問してきたのです。台車Bが台車Aにめり込んでるんでしょか？ そんなバカな。

このグラフの  $v$  は、台車A, Bそれぞれの重心の速さなのだ

実は、はねかえり係数  $e \neq 1$  なら、台車A, Bの衝突中の変位が一致しないのは仕方のないことなのです。上の  $v-t$  グラフを見て、私たちはふつう簡単に「A, Bの速度は・・・」などと言っていますが、正確に言うとこれは「A, Bそれぞれの重心の速度」なのです。

A, Bの衝突中の変位が一致するのは、はねかえり係数  $e=1$  のときだけです。右の  $v-t$  グラフが  $e=1$  であるときのものですが、衝突中の変位は、どちらも



$\frac{2}{3}v_0\Delta t$ で一致しているのがわかります。

$e \neq 1$ である場合は力学的エネルギーの一部が熱エネルギー（重心に対する原子・分子の運動エネルギー）に変わりますから、先のように重心の速度だけを取りあげて  $v-t$  グラフを書き、変位を計算しても意味がないのです。

### めりこまなくても $v-t$ グラフはああなる

どうもうまく説明できないので、「めりこまなくても  $v-t$  グラフがああなる」例をひとつあげておきます。下図のように、質量  $m$  の A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> の3つの剛体があって、B<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>はバネでつながっており、この2つをあわせて「物体B」と呼ぶことにします。

さて、物体Bを物体Aに速さ  $v_0$  で衝突させます。

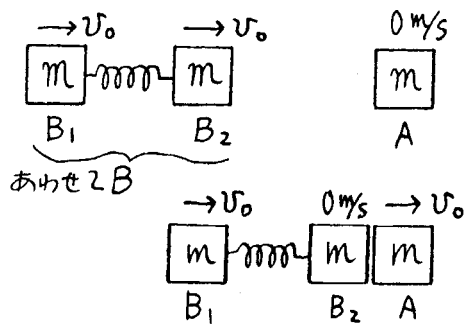
B<sub>2</sub>とAは、 $e=1$ の衝突をします。

$e=1$ なのでB<sub>2</sub>とAは、速度を交換し、

B<sub>2</sub>の速度は0、Aの速度は  $v_0$  になります。

衝突直後、B<sub>1</sub>の速度は  $v_0$  のままなので、物体B

の重心の速度は  $\frac{v_0}{2}$  です。



物体B、すなわちB<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>は振動しながら、右方へ進みます。重心の速度は  $\frac{v_0}{2}$  です。

つまり物体Bは  $\frac{v_0}{2}$  で等速度運動をは

じめることとなります。

このB<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>の振動は、〈熱振動〉とよんでもよいでしょう。これが熱エネルギーの正体です。

$v-t$  グラフを描くと、右のようになります。物体B<sub>2</sub>に着目すれば、 $\Delta t$

秒間の変位は、物体Aと同じです。つまり

物体BはAにめりこんだりしてません。…こんなところで生徒さんには納得してもらえないでしょうかね。ところで、この問題を研究会に持ってきた先生が、進研模試（ベネッセ）に電話して聞いたら、「めりこんだっていいんじゃないですか？」などと、わけのわからないことを言ってきたそうです。うーむ、なんだかなー。

