

# 隕石はどこからくるのかに関する問題集

2017年9月2日

渡辺規夫

この問題集は実藤清子さんの資料「隕石はどこからくるのか」2017年5月8日小改訂を読み、その中に出てくる問題を、高校の物理の授業で使える形にしたものである。

[質問] 隕石はどこから来るのでしょうか。

18世紀の終わり頃には3つの説がありました。

- ①火山の噴火で飛び出したものが落ちてきた。
- ②月の火山の噴火で飛び出したものが落ちてきた。
- ③宇宙から飛んできた。

どの考えが正しいかをどうやって判断したらいいのでしょうか。

この問題はクラドニという物理学者が18世紀の終わり頃に取り組んだ問題です。私たちもクラドニと一緒に考えてみましょう。

[問題1]

火山の噴火で飛び出した噴石が落ちてきたとすると、その噴石の速さはどのくらいでしょうか。

もちろん噴石の飛び出すときの速さにより、落ちてくる速さも異なるはずです。それでは、地球からずっと離れた月の高さ(約38万km)くらいまで噴石が上がって再び落ちてくるとしたら、飛び出すときの速度(初速度)はどのくらいでしょうか。

予想

- ア、飛行機の速さより速い。
- イ、飛行機の速さくらい。こ
- ウ、飛行機の速さより遅い。

ヒント

旅客機の速さは800 km/h くらいです。秒速に直すとおよそ、200m/s です。

## 計算

火山から飛び出した噴石の質量を  $m$ 、飛び出したときの速度を  $v$ 、地球の質量を  $M$ 、地球の半径を  $R$ 、地球から月までの距離を  $r$ 、万有引力定数を  $G$  とする。飛び出した瞬間の噴石の力学的エネルギーは（空気の抵抗を無視できるとすると）保存されるので、

$$\frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{R} = 0 - G\frac{Mm}{r}$$

ここで、 $GM = gR^2$  に注意して  $v$  について解くと、（ $g$  は地表での重力加速度）

$$v = \sqrt{2gR^2 \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)}$$

$R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$     $r = 3.8 \times 10^8 \text{ m}$     $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  を代入して計算すると、  
 $v = 1.1 \times 10^4 \text{ m/s}$

これは約  $11000 \text{ m/s}$  なので、飛行機の  $200 \text{ m/s}$  よりずっと速い（50 倍強）ということになります。予想のアが正しかったのです。

## [問題 2]

この速さで飛びだした噴石が再び地表に落ちてくるとき、速さはどのくらいでしょうか。空気の抵抗がないとしたらどのくらいでしょうか。

予想

- ア、同じ速さ  $11000 \text{ m/s}$
- イ、それより速い。
- ウ、それより遅い。

## 結果

これは空気の抵抗がないとすると力学的エネルギーが保存されるので、地表に落ちてきたときの速さは、飛び出したときの速さと同じ  $11000\text{m/s}$  になります。

月よりもっと遠くまで行った噴石はどうでしょうか。実は、これ以上遠くまで行っても速さはほとんど変わりません。

科学者は、地上から飛び出して再び落ちてくる速さは  $11200\text{m/s}$  より大きくなることはないと言っています。なぜでしょうか。

それは、 $11200\text{m/s}$  より速い速度で飛び出した物体は、地球に二度と戻って来ないからです。科学者はこの速度を第2宇宙速度と言って、地球の引力を振り切って地球から脱出するのに必要な最小の速度だと言っています。

地上のものは  $11200\text{m/s}$  より速い速度で投げ出されると二度と地球に戻れないのです。

以上の計算は、空気の抵抗がないものとしていましたが、実際には空気の抵抗があるので、月の高さから落ちてきたものは  $11200\text{m/s}$  より遅くなります。

### [問題 3]

クラドニは、隕石の落下速度を求めれば、隕石が宇宙から来たものか、地球から飛び出したものが戻ってきたものかがわかると考えました。隕石が地上から飛び出したものが戻ってきたものだとすると、その速さは  $11200\text{m/s}$  より遅いはずです。もし、隕石の落下速度が  $11200\text{m/s}$  より速ければ、隕石は地球から飛び出したものではない。すなわち宇宙から落ちてきたものだということになります。

クラドニは隕石落下（火球落下）の目撃証言を調べて、そこから隕石の落下速度を推定しました。

クラドニの推定した隕石の落下速度は  $11200\text{m/s}$  より速かったでしょうか。遅かったでしょうか。

### 予想

隕石の落下速度は

- ア、 $11200\text{m/s}$  より速かった。
- イ、 $11200\text{m/s}$  くらいだった。
- ウ、 $11200\text{m/s}$  より遅かった。

### 結果

クラドニが6歳のときの火球の速度は約  $48\text{km/s}=48000\text{m/s}$  でした。 $11200\text{m/s}$  よりずっと速かったのです。これは隕石が地球から飛び出したものが戻ってきたものではないことを示しています。この結果から、クラドニは隕石は宇宙から来たと結論づけました。