



# 科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)  
http://www.city.himeji.lg.jp/atom/

## 天文シリーズ

飛び出せ宇宙へ!

### 宇宙速度

Space Velocity

姫路科学館 学芸・普及担当 安田 岳志

#### ■ロケットのスピードはどれくらい?

時々、ロケットの打ち上げのニュースをテレビや新聞で目にする事もあると思います(写真1)。打ち上げの様子を動画で見ると、最初はゆっくり上がっていくように見えますが、どれくらいのスピードがあれば、宇宙に行くことができるのでしょうか。同じように空を飛ぶ、飛行機の何倍くらいのスピードが必要なのでしょうか?



写真1 打ち上げ前のイプシロンロケット(2016年12月鹿児島県にて著者撮影)

#### ■地球を回る人工衛星になるには

キャッチボールで、ボールを投げる様子を想像して下さい。ボールを投げると、そのうち地球の重力に引かれて地上に落ちます。もし、ものすごい力でボールを投げる事ができれば、速度が増してさらに遠くへ飛んで行きます。そして、ある速度を超えると、地球は丸いので地球を1周してそのまま落ちずに地球の周りを回り続けるようになります。これが人工衛星の原理です。

この時、ボールに働く地球の重力と回転に伴う遠心力が釣り合うことになるので、それを基に計算をすると、ボールの重さに関係なく地表では秒速約 7.9km=時速約 2万 8500km になります。この速度を「第一宇宙速度」と呼びます。実際には、

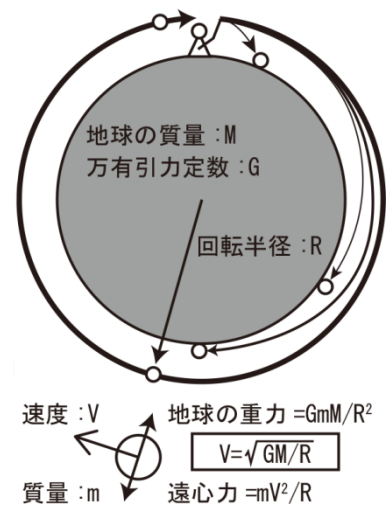


図1 第一宇宙速度

は、地表では空気抵抗があるので第一宇宙速度を超えても人工衛星にはなりません、空気抵抗のない宇宙では、この速度を超えると、地球を回り続ける人工衛星になります(図1)。

新幹線のおよそ 100 倍、飛行機と比べても 30 倍以上のスピードにならないと、人工衛星にはなれないのです。

ロケットはずっと上に昇っていくイメージがありますが、実際は、空気抵抗の大きい大気圏を抜けると、地球の円周に沿って水平方向に飛んで行きます。

### ■地球から太陽系の別の天体へ

第一宇宙速度よりも人工衛星を加速すると、軌道がだんだん楕円になって、地球から遠く離れた場所まで行けるようになりますが、地球の引力を振り切って別の天体に行くためには更に速い速度が必要です。その速度は計算すると、第一宇宙速度の $\sqrt{2}$ 倍＝秒速 11.2km になります。この速度を「第二宇宙速度」と呼びます。

2017 年 9 月に役目を終える土星探査機「カッシーニ」や、2018 年夏に小惑星「リュウグウ」に到着する「はやぶさ 2」はこの速度を得て、それぞれの天体に向かいました。

### ■別の恒星へ

さらに宇宙の遠く、他の恒星に向かうためには、太陽の引力を振り切る必要があります。地球が公転している軌道上では、その速度は秒速約 16.7km＝時速約 6 万 km にもなります。この速度を「第三宇宙速度」と呼びます。これまで、太陽の重力圏を離れた探査機は 4 機（パイオニア 10 号・11 号、ボイジャー 1 号・2 号）がありますが、ロケットの力だけではこの速度には届かないので、惑星の重力を利用した「スイングバイ」という方法で加速してこの速度を得ています。

### ■ほかの天体では？

天体の質量と大きさが分かれば、それぞれの天体上の宇宙速度を計算することができます。その天体の重力圏から離れる事ができる、第二宇宙速度を計算してみると表 1 のようになります。

表 1 色々な天体の宇宙速度

天体	質量	半径	第二宇宙速度
月	$7.3 \times 10^{22}$ kg	1737km	秒速 2.4km(地球の 0.22 倍)
木星	$1.8 \times 10^{27}$ kg	71429km	秒速 60km(地球の 5.3 倍)
小惑星イトカワ	$3.5 \times 10^{10}$ kg	160m(平均)	秒速 17cm

地球より質量が小さい月では、小型のロケットでも宇宙に飛び出すことができますが、逆に質量の大きい木星では強力なロケットが必要な事が分かります。

また、2005 年に小惑星探査機「はやぶさ」が到着した小惑星「イトカワ」では、ボールを軽く投げた程度でも引力を振り切ってしまうので、表面のサンプル採取には様々な工夫が施されました。