

## 人工衛星の打ち上げの秘密

( )組( )番氏名( )

人工衛星になる条件とは ☞ 「第一宇宙速度」を超える速度をもつこと！

**第一宇宙速度** 人工衛星になるための最小の速度

**第二宇宙速度** 地球を脱出するための最小の速度

**人工衛星の打ち上げ基地の条件** ☞ 「アメリカの打ち上げ基地はフロリダ」、「日本は種子島」

世界各国の打ち上げ基地は、米国がフロリダ(アメリカ合衆国の最南部で東は大西洋)、日本が種子島(鹿児島島の南の島で東は太平洋)である。なぜ、そのような場所を打ち上げ基地に選んだのか、その根拠があるはずだ。物理的な理由により選ばれた場所なのだが、その理由を調べてみよう。

## 人工衛星の打ち上げの秘密 (解答・解説) ( ) 組 ( ) 番 氏名 ( )

人工衛星になる条件とは ☞ 「第1宇宙速度」を超える速度をもつこと!

円運動の向心力が地球との万有引力になる。また、地球の半径 ( $6.4 \times 10^6$  [m]) の半径で円運動する人工衛星が最も高度が低い人工衛星である。このときの速度を「第1宇宙速度 **7.9km/s**」(詳細後述) という。

※トピック 地球から離れて宇宙への旅立ち → 「第2宇宙速度 **11km/s**」

**第1宇宙速度** 人工衛星になるための最小の速度

地球の質量  $M$  [kg]、地球の半径  $R$  [m]、人工衛星の質量  $m$  [kg]、万有引力定数  $G$  [ $\text{Nm}^2/\text{kg}^2$ ] とする。地上すれすれに速度  $v$  [m/s] で水平に進む物体がある。空気の抵抗などは無視して考える。向心力は万有

引力だから、 $G \frac{Mm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$  …①が成立する。よって、このときの物体の速度は  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  になる。また、

地上での万有引力の大きさは重力であるから、 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$  …② である。これより、

$v = \sqrt{gR} = \sqrt{9.8 \times (6.4 \times 10^6)} = 7.9 \times 10^3$  より、7.9[km/s] のとき、地上すれすれを飛ぶ人工衛星が作られた。この7.9[km/s] を第1宇宙速度という。

**第2宇宙速度** 地球の引力圏から脱出して宇宙に飛び出して行くことが出来る速度。万有引力による位置

エネルギー  $U = -G \frac{Mm}{R}$ 、運動エネルギー  $\frac{1}{2} mv^2$  だから、力学的エネルギー保存の法則より、無限遠

方に飛び出すためには  $-G \frac{Mm}{R} + \frac{1}{2} mv^2 > 0$  だから、 $v > \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR} = 11 \times 10^3$  である。よって、

第2宇宙速度は 11[km/s] である。

**人工衛星の打ち上げ基地の条件** ☞ 「東側が海」、「赤道に近い」

- 1 最初は垂直上向きに打ち上げ、徐々に東向きに変えてゆく打ち上げシーンが見られる。これは、空気抵抗がある大気圏を通過する距離を少なくし、空気が薄くなった上空で加速するほうが有利だからだ。
- 2 東の方向に向かって人工衛星を打ち上げる。地球が東に向かって動いているから東に向かってロケットを打ち上げると、地球の自転速度を利用することが出来る。  
ロケットの速度と地球の自転の速度が加算されるため、第1宇宙速度に達することが容易になり、打ち上げるためのコストが少なくなる(ロケットの推進力が小さくてよいため)。
- 3 赤道に近い低緯度地方ほど地球の自転による速度が大きくなる(地球の自転の角速度は同じだから、回転軸からの距離が長い赤道に近いほうが自転による速度が速くなる)。したがって、その国の領土のうち最も低緯度地方に打ち上げ基地を設けるほうが有利になるのだ。
- 4 打ち上げるためのロケットは多段式ロケットである。燃料使用済みのロケットを切り離してゆくため、ロケットが地上に落下してくる。そのため、実際の打ち上げ基地は、推進ロケットの残骸などが落下しても良いように、打ち上げ基地の東方が海、砂漠などの非居住地域であることが必須条件になる。
- 5 その他、天候が安定していること、物資の供給に便利なことなどの諸条件がそれらに加わる。

以上の条件をもとに打ち上げ基地を考えて、米国はフロリダ(アメリカ合衆国の最南部で東は大西洋)、日本は種子島(鹿児島島の南の島で東は太平洋)なのだ。フランスなどのヨーロッパの国では他の国と近接しており、東側が隣国だから、上の条件を満たすことが難しい。打ち上げ基地をどこに設置しているのだろうか?