

宇宙理工学概論 レポート

(1)講義で紹介した「宇宙利用」あるいは「宇宙探査」に関し、興味を持った話題について、自分で調べ、その内容について紹介してください (A4 の 1 ページ程度)。

宇宙利用の一つとして、宇宙太陽光発電システム (SSPS) がある。宇宙太陽光発電システムは 1968 年に米国の Peter.Glaser 博士によって提唱されたのが、始まりである。宇宙空間に巨大な太陽電池とマイクロ波送電アンテナを配置し、太陽光エネルギーを電気に変換した後にマイクロ波に変換して地球上に設置した受電アンテナへ送電、地上で電力に変換し、エネルギー源として用いる構想のことである

メリットについて、4 点ほど上げる。

一つ目は、二酸化炭素排出量が小さく、環境にやさしくかつ化石燃料の価格急沸の影響が小さいことである。

二つ目は、地球上の約 1.4 倍の強度の太陽光を利用でき、昼夜、天候の影響を受けにくく、エネルギー源として安定していることである

三つ目は、電力を必要とする地域へ無線により柔軟に送電でき、地上送電網への依存性が低いことである。宇宙から送電するため望んだ場所に送電することができる。

四つ目は、発電の場所が宇宙にあるため地震等の地上の自然災害の影響を受けにくい。

以上のように、制裁可能エネルギーの一つとして、エネルギー、気候変動、環境等の人類が直面する地球規模の課題解決の可能性が大いにある。

次に SSPS が抱える課題について述べる。大きな問題が二点ある。まず、高効率で安全な発電・送電・受電である。この方法は 2 つある。一つはマイクロ波による無線エネルギー伝送技術である。マイクロ波により宇宙から地上までエネルギーを送るためには、電力からマイクロ波そして電力へ高効率での変換技術及び高精度なマイクロ波ビーム方向正常技術等の研究開発が必要になっている。マイクロ波は雲や雨を透過する。エネルギー密度等により安全性を確保しやすい。二つ目はレーザー無線エネルギー伝送技術である。太陽光からレーザー光そして電力への高効率の技術および高精度なレーザービーム伝搬制御技術 (方向、強度分布) 等の研究開発が必要になる。レーザー無線エネルギーは、装置・システムを小型化しやすく、地上の太陽光発電設備をそのまま受光サイトとして活用可能でできる。がしかし、天候の影響を受けやすく、人特に眼への安全配慮が必要となる。

二つ目の課題は、大型構造物組立技術である。現在、人類が構築した最大の宇宙建造物は、ISS で幅 100m、質量は約 340t である。しかし、SSPS は km 級の大きさの宇宙構造物の軌道上無人組み立て技術が必要とされる。これは、今現在不可能なのでまずは数十 m~数百 m 級の大型宇宙構造物の組立技術の確立が必要となっている。

このシステムは将来的に人類に多大な寄与をもたらすことが予想される。

(2)講義資料を読んで、高度が 500km で、地球の周回を円軌道で運行している人工衛星が、地球を 1 周するのに要する時間（周期）が何分程度になるか、また速さが何 m/s になるのか、計算して結果を示しなさい。地球の質量など計算に必要な定数は各自で調べ、その数値も適宜説明しながら解答してください。また、計算過程も記載してください。（有効数字は2桁とする）。

万有引力を G 、地球の質力を M 、半径を R 、人工衛星の高さを h 、重さを m 、速さを v 、地球を一周する時間を T とし、数値を以下のようにする。

$$\begin{pmatrix} G: 6.67 \times [m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}] \\ M: 5.97 \times 10^{24}[kg] \\ R: 6380[km] \\ h: 500[km] \end{pmatrix}$$

人工衛星に働く万有引力と向心力が釣りあっているので

$$G \frac{M \cdot m}{(R + h)^2} = m \frac{v^2}{R + h}$$

整理すると

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$$

よって

$$v = 7.6077 \dots [km/s] \cong 7.61 \times 10^3 [m/s]$$

また、 $2\pi(R + h)$ の円軌道より

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi(R + h)}{v} \\ &= \frac{2\pi(6380 + 500)}{7.61} \\ &= 5680.46 \\ &\cong 5.680 \times 10^3 [s] \\ &= 95 [min] \end{aligned}$$

よって

速さは $7.6 \times 10^3 [m/s]$

周期は $95 [min]$

となる。

(3)超新星爆発を起こした天体のガスの温度が数千万度になることを説明した．実際に講義で与えられた数値を用いて，超新星爆発を起こした天体のガスの温度が数千万度程度になることを示しなさい．プロトンの質量など計算に必要な定数は各自で調べ，その数値も適宜説明しながら解答してください．

プロトンの質量を m_p ，速さを v ，温度を T ，さらにその温度で内部エネルギーを u ，ボルツマン定数を k_B をすると

$$\left(\begin{array}{l} m_p: 1.67 \times 10^{-27} [kg] \\ k_B: 1.38 \times 10^{-23} [J \cdot K^{-1}] \\ v: 10^6 [m/s] \end{array} \right)$$

となる．質量 m_p ，速さ v の運動エネルギー K は

$$K = \frac{1}{2} m_p v^2$$

温度 T の下でプロトン1個分の内部エネルギー u は

$$u = \frac{3}{2} k_B T$$

爆風の運動エネルギーがすべて熱エネルギーになるとすると

$$K = u$$

$$\frac{1}{2} m_p v^2 = \frac{3}{2} k_B T$$

よって

$$T = \frac{m_p v^2}{3 \times k_B}$$

$$\approx 4.03 \times 10^7 [K]$$

となり，約四千万度とわかる．