

4 アポジモーター、軌道用制御燃料の推算

4.1 仮定

1. 構造系質量は機器重量の総和の 10% とする。
2. 計装、配線重量は機器重量の総和の 7% とする。
3. システムマージンとして上記合計の 7% をとる。
4. 姿勢制御用 ΔV は 10m
5. 姿勢制御用 ΔV マージンは 5%
6. Isp:起動姿勢制御用 (ヒドラジン) 170s、アポジモーター (個体) 280s
7. タンク重量は燃料重量の 10% と仮定する。
8. マージン (2%) も含めて GTO 投入時の総重量を求める

4.2 ドライ重量の計算

仮定より、以下ようになる

$$\begin{aligned} \text{タンク重量: } W_T &= 0.1W_{prop} \\ \text{機器重量: } W_E &= 810[kg] + W_T \\ \text{構造重量: } W_S &= 0.1W_E \\ \text{計装・配線重量: } W_W &= 0.07W_E \\ \text{ドライ質量: } W_D &= 1.07(W_E + W_S + W_W) = 1.07 \times 1.17W_E \end{aligned}$$

4.3 燃料重量の計算

燃料重量を M_{prop} とすると

$$M_{prop} = M_{dry} \exp(\Delta V / gIsp - 1) \Leftrightarrow \Delta V = gIsp \ln \frac{W_{dry} + W_{prop}}{W_{dry}} \quad (1)$$

姿勢軌道制御用、アポジモーターとして必要な ΔV をそれぞれ ΔV_{sk} 、 ΔV_{ap} とすると、1 章より、

$$\begin{cases} \Delta V_{sk} = 1.05(\Delta V_{NS} + \Delta V_{ES} + 10[m/s]) = 399.06[m/s] \\ \Delta V_{ap} = 1869.1[m/s] \end{cases} \quad (2)$$

(1) より、

$$\begin{cases} M_{skfuel} = (W_D) \exp(\Delta V_{sk} / gIsp - 1) \\ M_{apfuel} = (W_D + M_{ofuel}) (\exp(\Delta V_{ap} / gIsp - 1)) \end{cases} \quad (3)$$

これを解くと、

$$\begin{cases} M_{skfuel} = 338.48[kg] \\ M_{apfuel} = 1551.2[kg] \end{cases} \quad (4)$$

となる。

4.4 タンク重量・体積の計算

タンク重量 M_T は仮定より、

$$\begin{cases} M_{Tsk} = 0.1M_{skfuel} = 33.85[kg] = 16.924 \times 2 \\ M_{Tap} = 0.1M_{apfuel} = 155.12[kg] \end{cases} \quad (5)$$

ヒドラジンの密度 ρ_{sk} と、個体燃料 (過塩素酸アンモニウムと仮定) として、その密度 ρ_{ap} は、

$$\begin{cases} \rho_{sk} = 1011[kg/m^3] \\ \rho_{ap} = 1950[kg/m^3] \end{cases} \quad (6)$$

である。それぞれのタンク体積 V は、

$$\begin{cases} V_{sk} = \frac{M_{skfuel}}{\rho_{sk}} = \frac{338.48[kg]}{1011[kg/m^3]} \approx 0.3348[m^3] \\ V_{ap} = \frac{M_{apfuel}}{\rho_{ap}} = \frac{1551.2[kg]}{1950[kg/m^3]} \approx 0.7955[m^3] \end{cases} \quad (7)$$

球形タンクの半径 r は、

$$\begin{cases} r_{sk} > \sqrt[3]{\frac{3V_{sk}}{4\pi}} \approx 0.3419[m] \\ r_{ap} > \sqrt[3]{\frac{3V_{ap}}{4\pi}} \approx 0.5748[m^3] \end{cases} \quad (8)$$

を満たさなければならないから、

$$\begin{cases} r_{sk} = 35[cm] \\ r_{ap} = 58[cm] \end{cases} \quad (9)$$

4.5 打ち上げ重量の計算

以上より打ち上げ重量 W_{pL} は、

$$\begin{aligned} W_{PL} &= 1.02(W_D + M_{skfuel} + M_{apfuel}) \\ &\approx 3203.1[kg] \end{aligned}$$

となる