

パイオニア 10 号のスイングバイ

卒業研究中間報告 B12-006 上杉耕玄

スイングバイとは…

- ・天体の万有引力を利用して、宇宙船や人工衛星の運動の方向を変更する技術です。
- ・天体の公転運動を利用することで宇宙船を増速あるいは減速することができます。
- ・天体の万有引力および公転運動を利用することにより、**燃料をほとんど使わずに軌道の変更、速さの変更**ができるのが特徴です。

スイングバイのサンプル

初速度、位置、質量を適当な数字を入れたサンプルです。(図1)

(-4, -4) から動いている点線がスイングバイする宇宙船、(0, 0) 地点の点が宇宙船に影響を及ぼす天体です。

天体がなければ、与えた初速度に運動し続けます。しかし、図1では、天体の万有引力により天体の方向が変わっているのがわかります。

また、進入する角度によって、変わる方向も変わります。

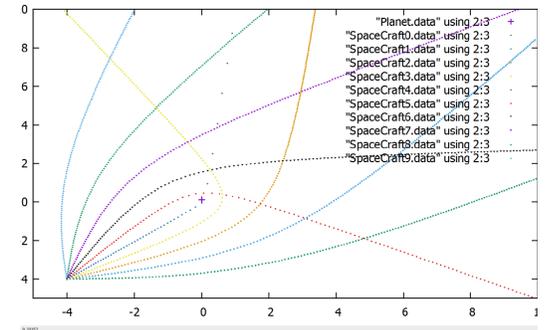


図1 スイングバイのサンプル図

パイオニア 10 号について

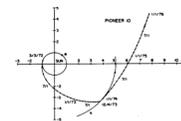
- ・1972年3月2日にケープカナベラル空軍基地第36複合発射施設よりアトラス・セントールロケットに打ち上げられました。
- ・1973年12月4日に、木星へ約20万km 最接近し、木星やその衛星の画像を送信しました。パイオニア10号はこの木星への接近によって太陽系を脱出する双曲線軌道へと乗りました。
- ・2003年3月、NASA はパイオニア10号との成功しました。パイオニア10号は2002年に、地球から119億4,000万km 離れたところにあります。

パイオニア 10 号をシミュレーションする。①

J. A. Allen(2003) よりデータを用いて、シミュレーションをしました。

木星

- ・質量: $1.9 \times 10^{27} \text{kg}$
- ・初速度: 13.5km/s



出典: J. A. Allen, Am. J. Phys71 (2003) 448

パイオニア10号

- ・質量: $2.6 \times 10^2 \text{kg}$
- ・初速度: 9.8km/s
- ・スイングバイ後の速度: 22.4km/s
- ・初速度からスイングバイ後の速度は約2.2857倍速くなる。

パイオニア 10 号をシミュレーションする②

プログラミングで結果を出すため、単位系を設定し数値を決めます。

- 1 「質量」 = $1.9 \times 10^{27} \text{kg}$ (木星の質量)
- 1 「長さ」 = $6.99 \times 10^4 \text{km}$ (木星の半径)
- 万有引力定数Gを1としている。
- 1 「時間」 = 1.64×10^3 (上の3つから導出)

設定後の木星の数値

- ・質量: 1.0
- ・初速度: 3.1705×10^{-1}

設定後のパイオニア10号の数値

- ・質量: 6.32×10^{-26}
- ・初速度: 2.3015×10^{-1}
- ・スイングバイ後の速度: $5.2605 \times 10^{-1} \text{km}$

x-y グラフ

図2のx軸の正の方向に直進しているのが木星です。また、原点(0,0)から、ある角度から移動しているのが、パイオニア10号です。

この図2のグラフでは、木星の万有引力の影響を受け、パイオニア10号がどのような動きをするかわかります。

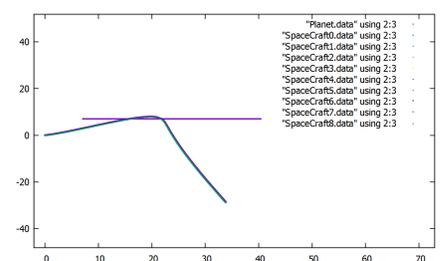


図2 x-yグラフ

v-t グラフ①

図3は速度変化を表すグラフです。

木星に近づくにつれ、速度が速くなっているのが、わかります。

速度が2.2857倍になる角度を探しました。

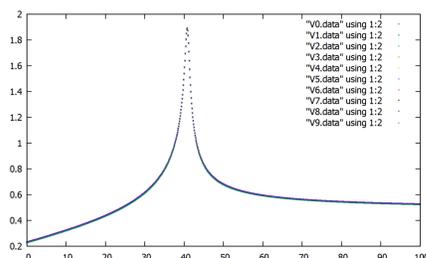


図3 v-tグラフ

v-t グラフ②

図3の最後の点を拡大した図が図4です。

この数値は5桁(小数点第5位)までは正確です。

またこの数値を出すために発射するときの角度を小数点第3位まで設定しました。

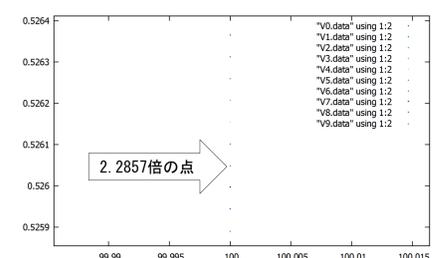


図4 拡大版v-tグラフ

今後の予定としては…

- ・燃料がどれくらい節約できるかを調べる。
- ・太陽系を使ったスイングバイについて調べる。