

# 浦島効果とパラドックス

卒業研究中間報告 C20-014 上田 爽斗

## 相対性理論とは

- 時間の進み方が観測者の運動状態によって変わる。(特殊相対性理論)
- 重力によって時間の進み方が変わる。(一般相対性理論)
- 特殊相対性理論は「光の速さに近い運動を行う時の力学」であり、一般相対性理論は「とてつもなく大きな質量が引き起こす重力の理論」
- 今回は特殊相対性理論の効果を考える。

## 浦島効果とは？

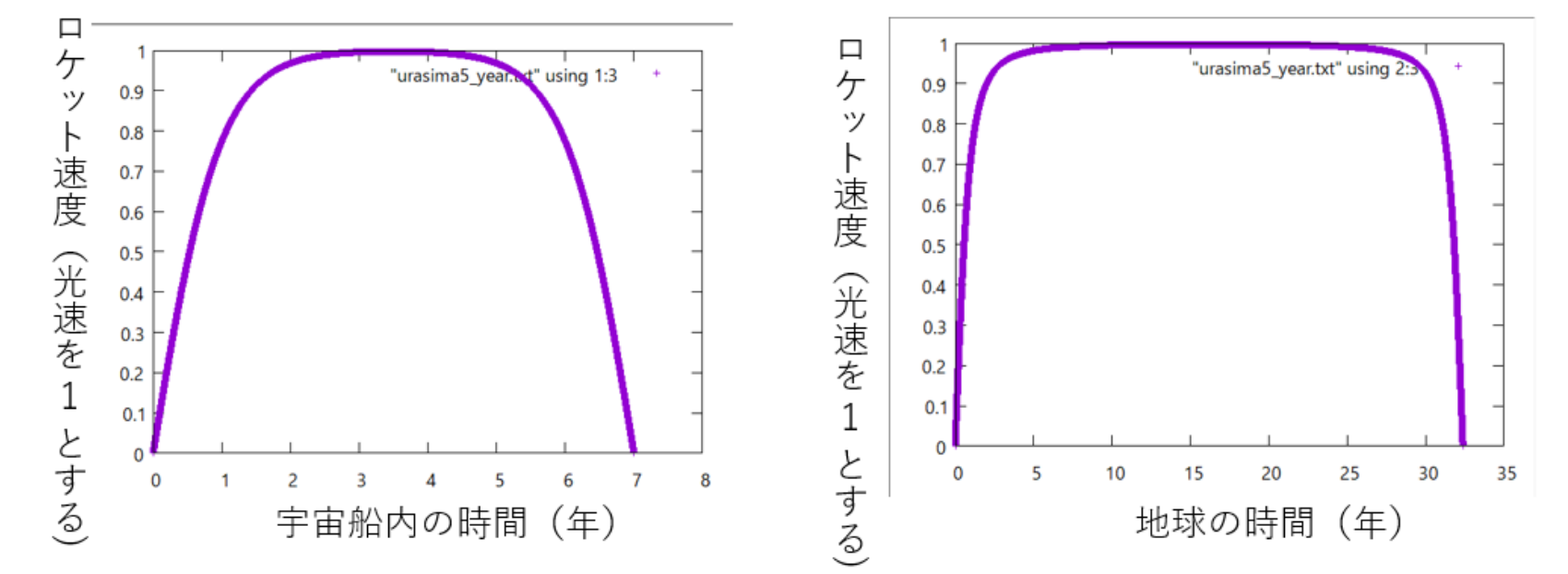
- 浦島太郎はカメを助けて恩返しに竜宮城に連れて行ってもらったが、帰ってくると多くの月日が流れていた。
- これを浦島太郎はロケットに乗って移動したため特殊相対性理論の効果が生じたからと考える。

$$\Delta T' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Delta T$$

$\Delta T'$  = ロケット内の時間  
 $\Delta T$  = 地球での経過時間  
 $v$  = ロケットの速度  
 $c$  = 光速

## ロケットの概要

- 燃料や地球から脱出するときの重力は考えずに、地球の重力加速度と同じ  $9.8m/s^2$  で加速していく。



## パラドックス

- 光速に近い速度で運動する人は時間の進みが遅くなる。
- 地球からロケットが出発し、そのロケットが光速に近くなるほど地球からロケットの時間が遅れているように見える。  
↓ 視点を変えると
- ロケットから見ると地球が光速に近い速度で移動しているため、地球の時間が遅れて見える。
- お互いが相手の時間が遅れていると感じるパラドックスが生じる。

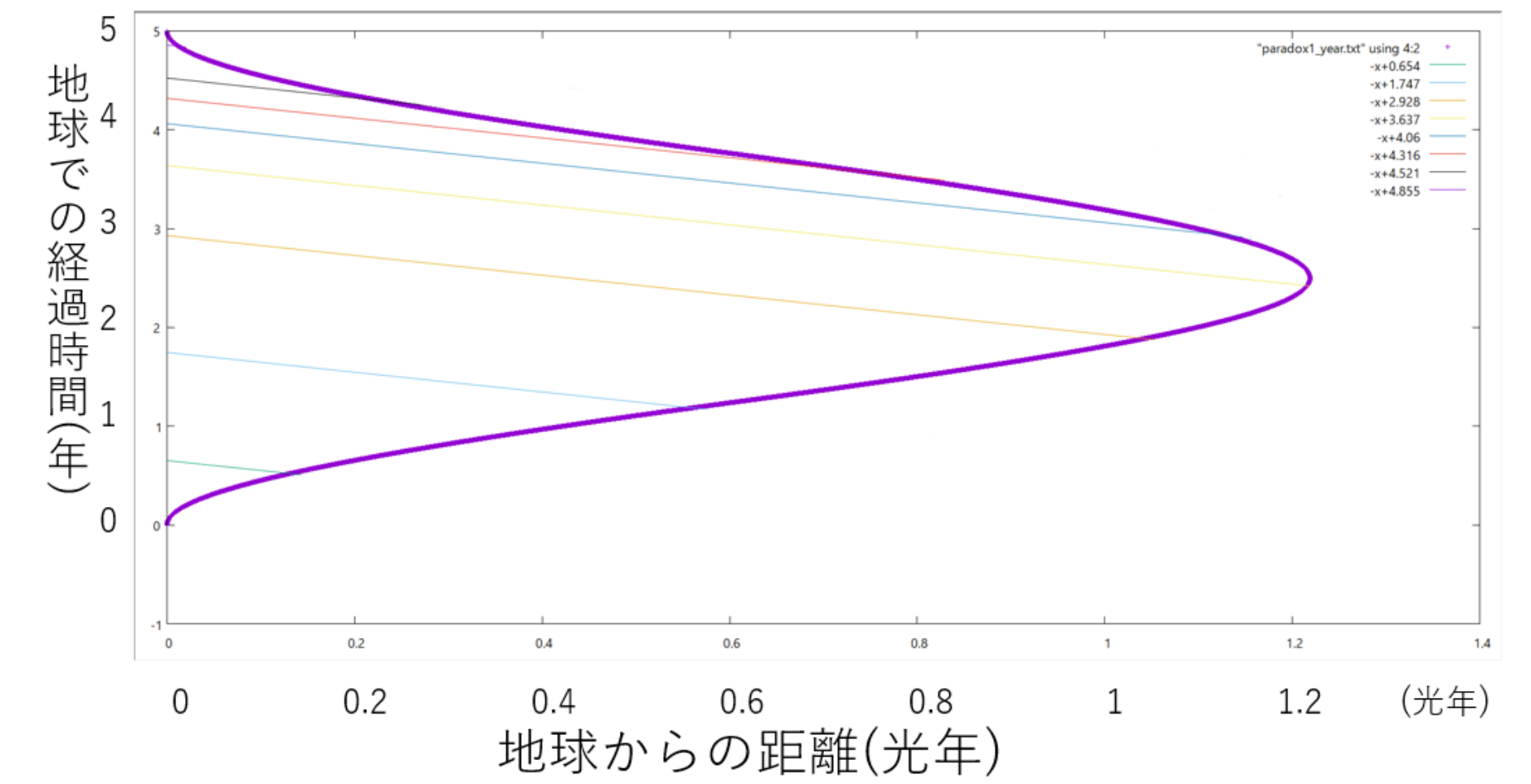
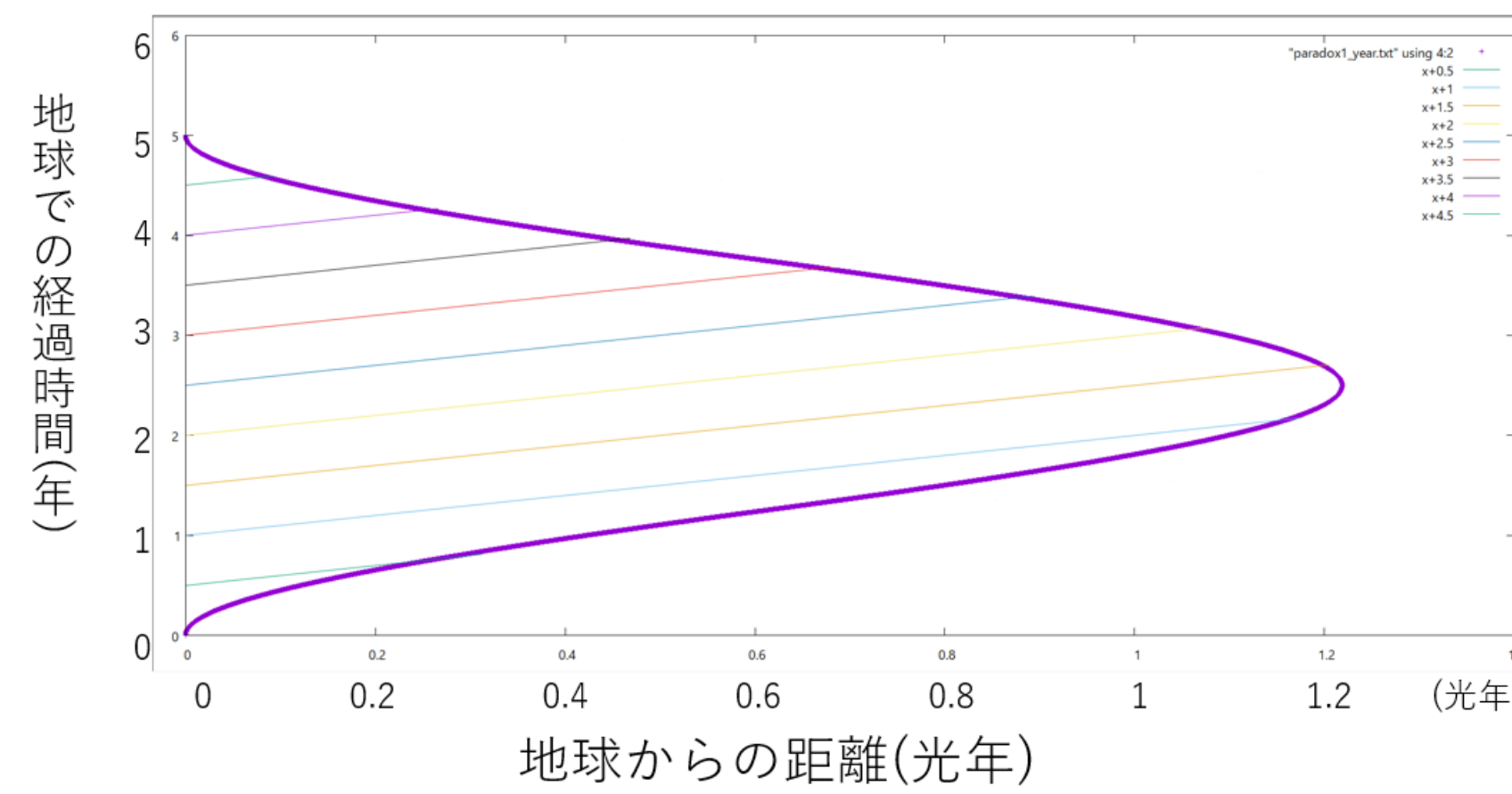
## 双子のパラドックス

- 双子のAさんとSさんがいる。Sさんは地球に滞在し、Aさんはロケットに乗って光速に近い速度で移動し、ある場所を境に速度を反転し戻ってくる。
- Aさん、Sさんはお互いに時計を持っており、相手の時計の時間を確認できるとする。
- お互い相手の時計が遅れていると主張するがそれは矛盾している。

## 双子のパラドックスの解決方法

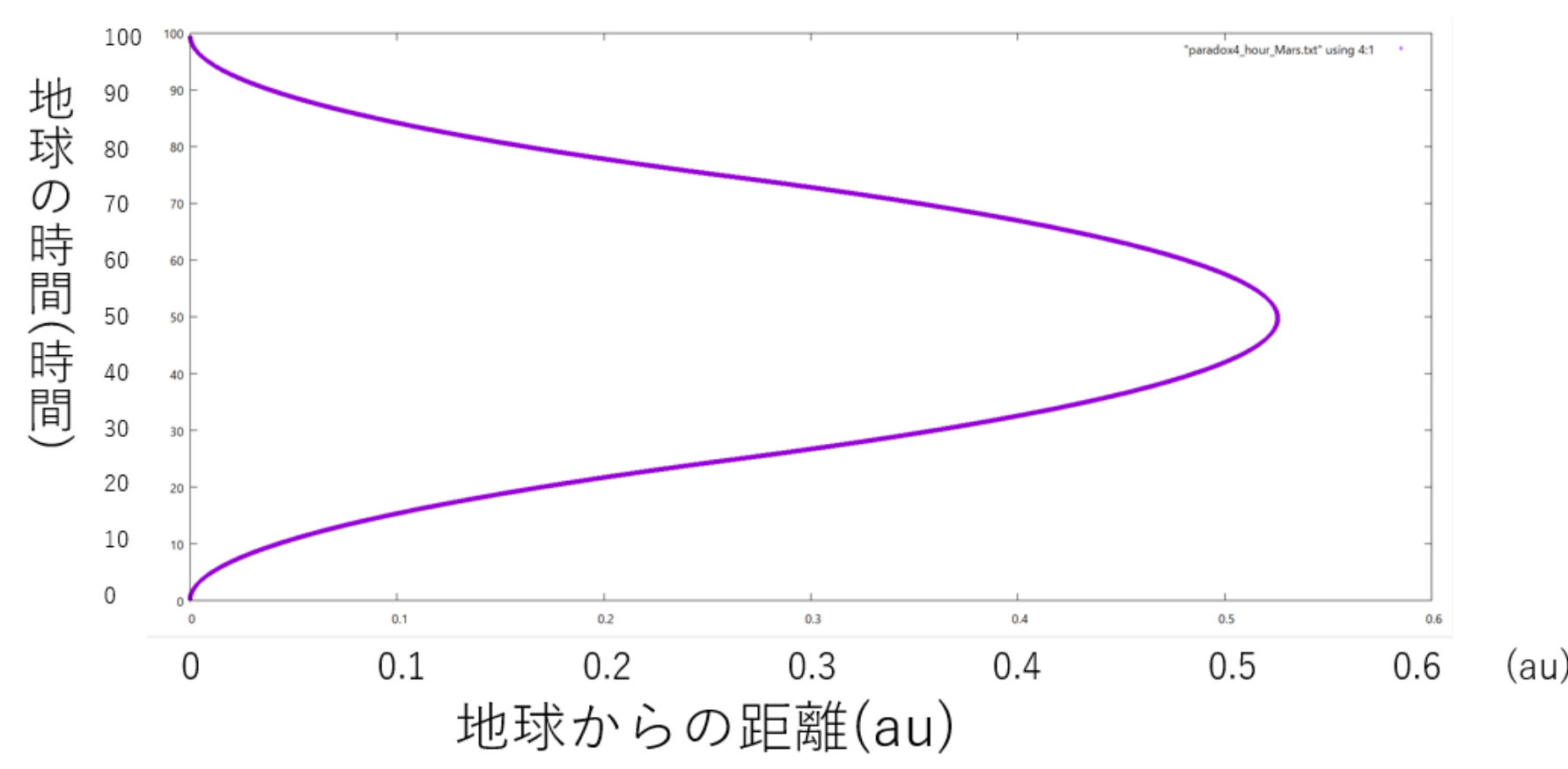
- ロケット内と地球からそれぞれ時間を相手に伝えるために半年的时间ごとに光の信号を発する。
- 光の信号なのでお互いに届くまでに時間がかかる。
- 光の信号の受け取った時間でAさんSさんどちらの主張が正しいか分かる。

## 地球の5年間でロケットが返ってくる



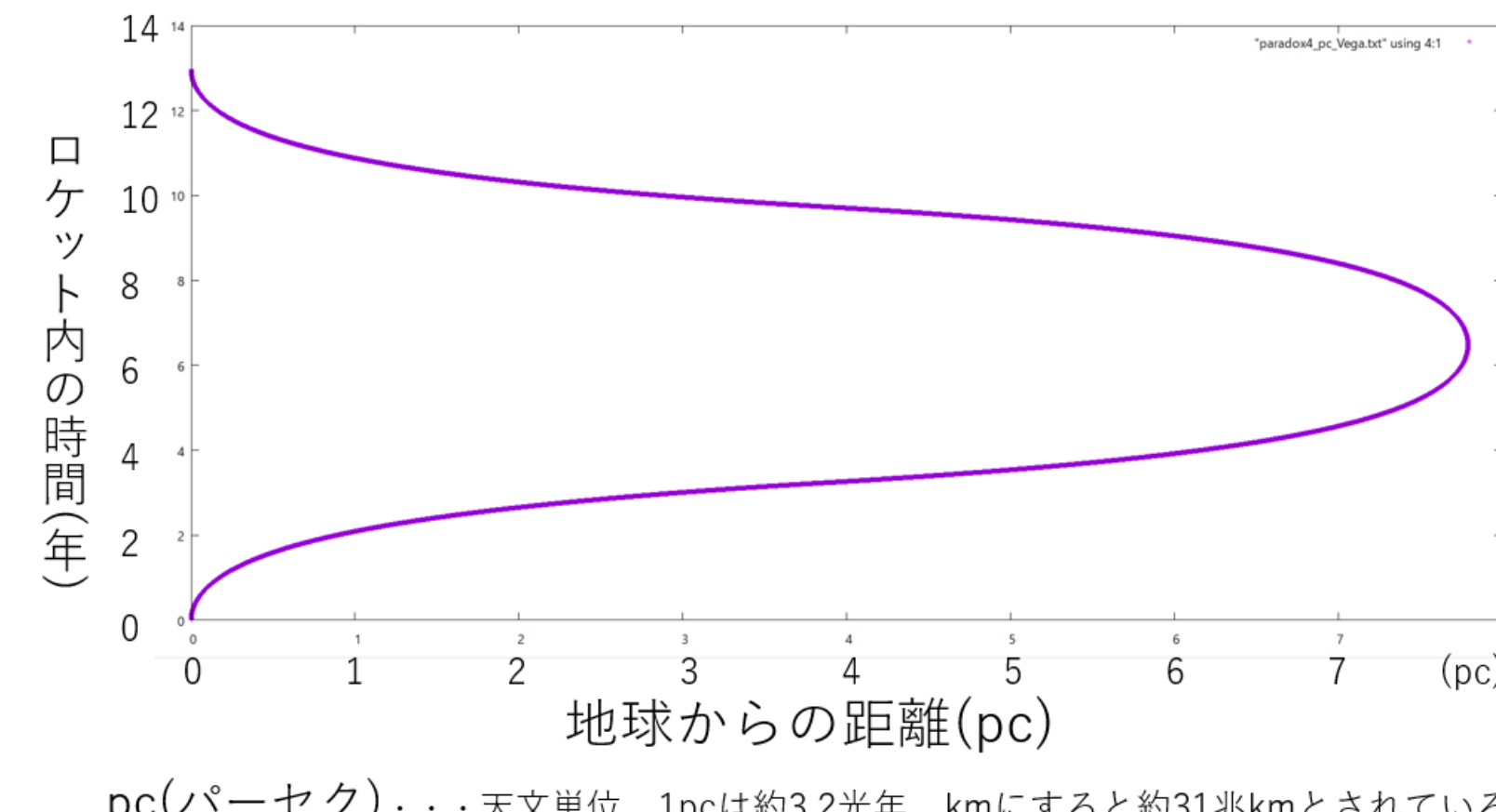
# 実際に存在する惑星に行く場合の時間と距離の推移

## 火星に向かった場合



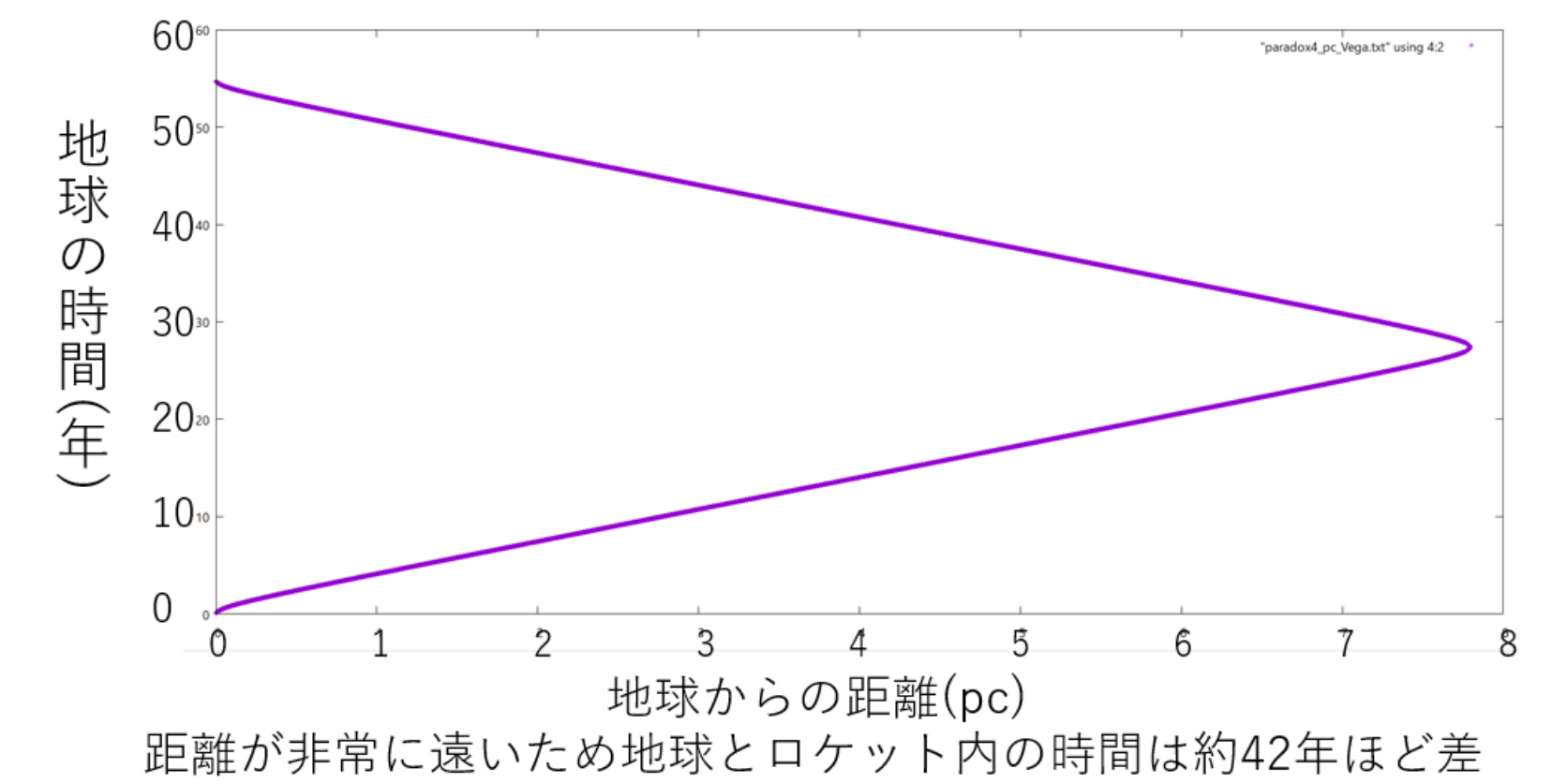
au・・・天文単位。1auは約1億4959万7870.7kmとされている。

## ベガに向かった場合 (ロケット内の時間)



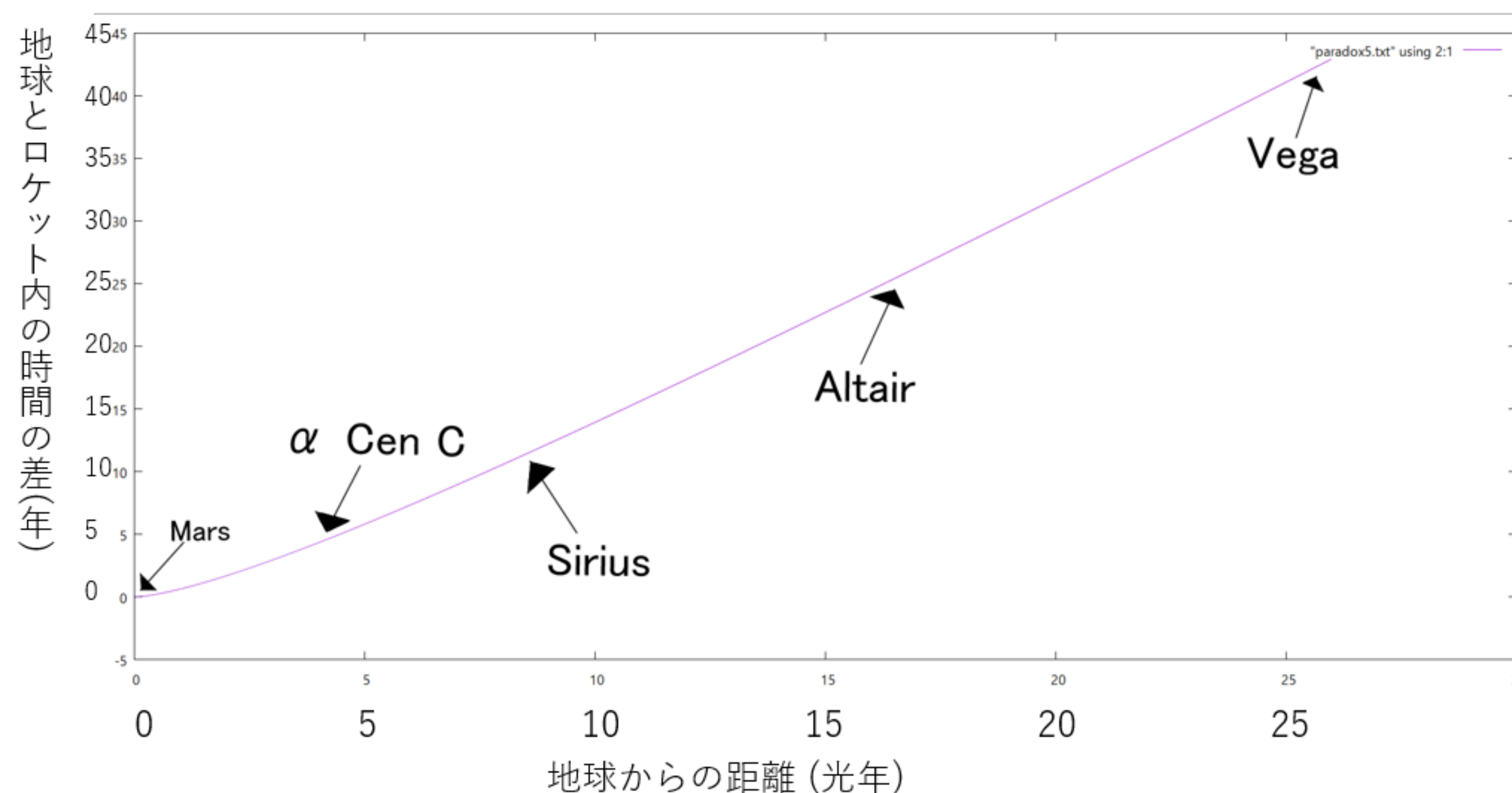
pc(パーセク)・・・天文単位。1pcは約3.2光年。kmにすると約31兆kmとされている。

## ベガに向かった場合(地球での時間)



距離が非常に遠いため地球とロケット内の時間は約42年ほど差ができてしまっている

## 他の惑星と地球で往復した際に地球とロケットでどれだけの時間の差が生まれるか



## 参考資料

真貝寿明・林正人・鳥居隆  
「一歩進んだ物理の理解 (3) 原子・相対性理論 編」(朝倉書店)  
西暦2023年 11月

American Journal of Physics 76, 360-373 (2008)  
A trip to the end of the universe and the twin "paradox"  $\boxtimes$   
Thomas Müller; Andreas King; Daria Adis  
西暦2008年 4月1日