

特殊相対性理論における時間の遅れ

Astrophysics Group, OIT

前田智也

特殊相対性理論での時間の遅れ

時間はどこにいても、どんな運動をしていても過去・現在・未来と同じように流れていると考えられる。

しかし、

- ニュートン力学では時間や空間の概念は絶対的なものであったため、19世紀末で完成された電磁気学では矛盾が生じてしまっていた。
- アインシュタインは1905年に特殊相対性理論を発表し、時間の進み方が運動状態によって異なることを予言した。
- 運動しているものの速度が、光速に近づくにつれて時間のずれが生じるということがわかっていく。

特殊相対性理論での時間の遅れ

等速運動する座標関係の変換（ローレンツ変換）により時間のずれは、

$$dt' = \sqrt{1 - (v/c)^2} dt$$

↑ 運動している人の時間
↑ 運動している人の速度
↑ 静止している人の時間
↑ 光速

加速運動している場合は、瞬間的な等速運動の組み合わせとして考える。

(参考)双子のパラドックス

双子の兄と弟がいた。ある日、兄は弟を地球に残して、光速宇宙船にのって旅立った。そして途中で正反対の方向に向きを変えて、地球に帰ってきた。

- 弟は、兄は運動しているから時間が遅れて見える、兄の方が若く見える。
- 逆に兄からみても、弟は運動しているから時間が遅れて見える、弟の方が若く見える。

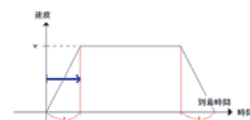
パラドックス！！

- しかし、実際には兄の方が若く、弟の方が老ける。
- 何故なら、兄の宇宙船の加速度を無視して、物理法則上ありえない状態になっていたから。

モデルの設定

- 高速で移動したとき、どれだけ時間が遅れるかを計算するツールを開発した。
- 次のv-tグラフで移動すると仮定し

$$t' = \int \sqrt{1 - (v/c)^2} dt \text{ を計算した。}$$

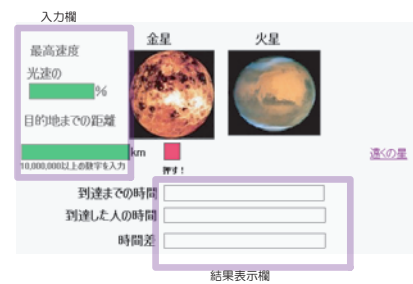


vは最高速度、tは最高速度に達するまでの時間。

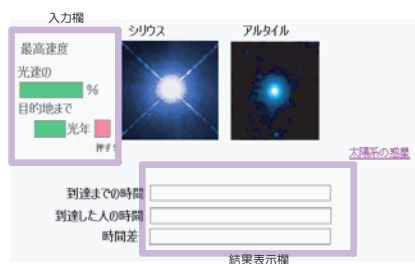
身近な具体例

- 飛行機(時速1000km)のパイロットが1000時間フライトをすると、 1.5×10^{-6} (約100万分の1)秒の時間が遅れる。
- ロケット(秒速8km)で月(地球から約380,000km)を往復すると、 3.36×10^{-5} (約10万分の3)秒の時間が遅れる。
- スペースステーション(高度400km、秒速7.8kmで地球の周回軌道上を運動している)で1年間滞在すると、 1.1×10^{-2} (約100分の1)秒の時間が遅れる。

画面の説明①惑星バージョン



画面の説明②遠くの星バージョン



今後の課題

- 実際のロケットの加速度に近い設定で計算できるようにする。
- アニメーション、グラフを追加して、理解しやすく改良する。
- 時間差から逆に旅行先を求められるような(未来タイムマシン)逆問題的な計算ツールの開発を行う。
- WEBページにアップロードして、多数の人が利用できるようにする。