

卒業研究課題 準光速ロケットでのブラックホール旅行における時間の遅れ

学生番号 B02-050

氏名 木村 龍一

概要 (1000字程度)

指導教員

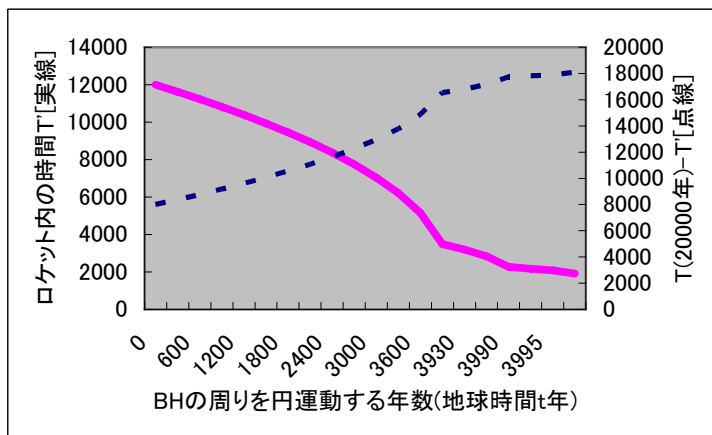
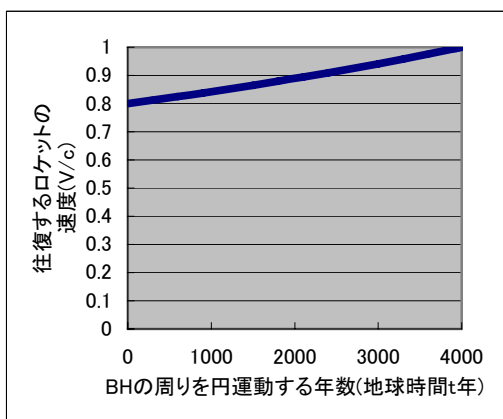
真貝 寿明

印

本研究では、光速に近い速度で運動した場合の時間の遅れと、強い重力場における時空の歪みから生じる時間の遅れの2つの効果について考察した。具体的には、ブラックホール(BH)へ旅行して帰ってきた人と地球上にいた人との経過時間の差を計算するプログラムを java で作成した。

アインシュタインの特殊相対性理論によれば、時間の進み方は運動状態によって異なり、静止している人の時間 dt と速度 v で運動している人の時間 dt_1' の関係は $dt_1' = \sqrt{1 - (v/c)^2} dt$ という式で表すことができる。ここで c は光速を表している。また一般相対性理論によれば、強い重力場が存在する天体「BH」傍では、重力によって時間の進み方が遅れる。質量 M の BH を中心に半径 R の円運動をしている人の時間 dt_2' は同様に $dt_2' = \sqrt{1 - r_g/R} dt$ で表すことができる。ここで r_g はシュヴァルツシルト半径と呼び、 $r_g = 2GM/c^2$ で表され光でも脱出することができない時空領域の境界である。BHの周りを円運動するのに必要な最小半径は $3r_g$ であり、その半径を円運動した場合のロケット内の時間の遅れは、地球時間の約 $1/2.3$ 倍である。

これらの時間の遅れを表す 2 つの式を用いて宇宙旅行のモデルを仮定し、計算するプログラムを作成した。下図は、現在BH候補である、太陽系から 8000 光年先にある白鳥座X-1 を往復し、20000 年先の未来へ行くことを仮定し、BHの周りを半径 $3r_g$ で t 年間円運動した場合のロケットの速度とロケット内の時間 T' がどのようになるか計算した例である。



図より、 t の値が増加すれば、往復するのに必要なロケットの速度 V も増加し、 T' は減少しているのが分かる。円運動せず単に往復しただけでは、 T' は約 12000 年だが、4000 年近く BH の周りを円運動した場合では、 V は $0.99c$ と光速にかなり近づき、 T' は約 2000 年と遅れが大きくなっているのが分かる。

本論文では、この他に 2 つの宇宙旅行モデルを仮定し、計算するプログラムを作成した。また 2006 年の橋の卒業論文「特殊相対性理論における時間の遅れ」ではロケットの加速度は一定だったのに対し、少しでも実際のロケットの加速に近づけるよう関数形を仮定した。