

光速に近い状態での運動の可視化

光速に近い速度で運動する物体を見た時の光景と、逆にその物体から外を見た時の光景を可視化した。
(伊藤 誠)

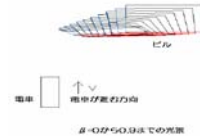
特殊相対論

特殊相対論とは、光速不変の原理・特殊相対性原理の2つの原理をもとにつくられた力学である

- 光速不変の原理：全ての観測者にとって、光の速さは一定である。
- 特殊相対性原理：全ての観測者にとって、物理法則は変わらない。

光速に近いところで、ニュートン力学を修正する構造になっている。

モデル2 光速に近い速度で電車の運転手が見る光景



電車に乗っている観測者が見るビルは、進行方向にローレンツ短縮し、しだいに小さく見えてくる。さらに、段々つぶれて見えてくるように見える

ローレンツ短縮

速度を v 、光速を c 、 $\beta = v/c$ とする時、次の行列で表される座標変換をローレンツ変換という。

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ \gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

静止して見える座標系での長さを、その物体の「本当の長さ L 」だと定義すると、動いている物体の長さである L' は、本当の長さよりも短く測定される。

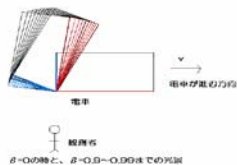
$$L' = \sqrt{1 - \beta^2} \cdot L$$

モデル2の見かけの形の変化



上の図は $\beta = v/c$ とした時の見かけの形の変化を表したものである。
赤はビルの前から見た部分、青は横から見た部分である。
ビルの横側がしだいに短くなっているのがわかる。

モデル1 電車が目の前を横切る時の光景



観測者が見る電車は、進行方向にローレンツ短縮し、電車の後ろがしだいに見えてくる。従って回転と錯覚する。

結論

- 横切る電車の運転手の顔がわかる。
- 観測者は、電車が進む方向にローレンツ短縮し、電車の後ろがしだいに見えてくる現象を回転と錯覚する。
- グラフより $|\beta| \geq 0.9$ で回転角度が急激に変化していることがわかる。
- 観測者が動く場合も、電車が動く場合と同様でビルの横側が見えてくる現象を回転と錯覚する。

モデル1の見かけの形の変化



上の図は $\beta = v/c$ とした時の見かけの形の変化を表したものである。
赤は電車の横側、青は電車の後ろ側である
横切る電車の運転手の顔がわかる。

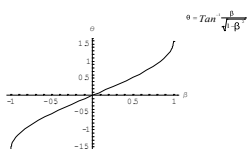
今後の課題

回転現象に加えて、光行差現象を可視化する。

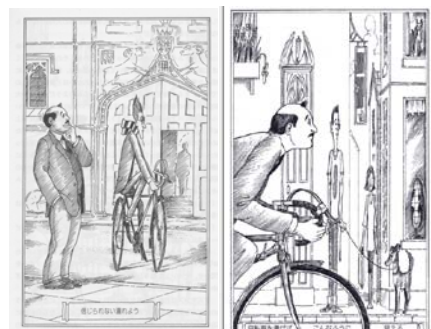
- 回転現象については、観測者が静止して電車が目の前を横切る光景、観測者がビルに近づく時に見える光景を応用し、観測者がどうしが光速に近いスピードで動いた場合も含めて可視化を行なう。
- 光行差とは天体を観測するとき、観測者が移動していると、天体の見かけの角度が移動方向にずれて見える現象のこと

以上2つを含めた可視化を行なう。

速度と回転角度の関係



グラフより $|\beta| \geq 0.9$ で回転角度が急激に変化していることがわかる。



不思議宇宙のトムキンスより