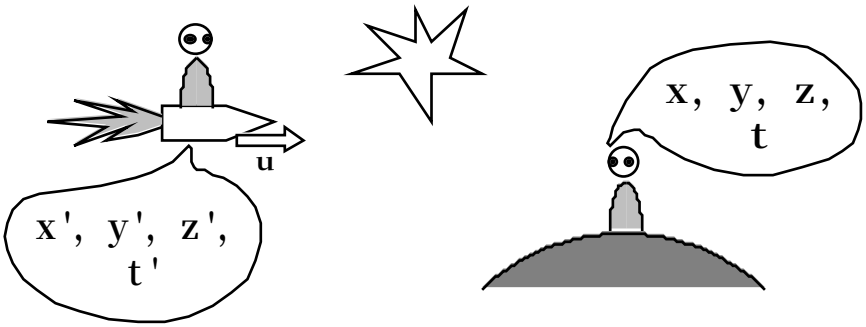
・ローレンツ変換の中身



ガリレイ変換

$$x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2/c^2}},\ y' = y,\ z' = z$$

ローレンツ収縮

$$t' = \frac{t - ux/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

同時概念の相対性

時間の遅延

・４次元時空

ローレンツ変換の満たす重要な式

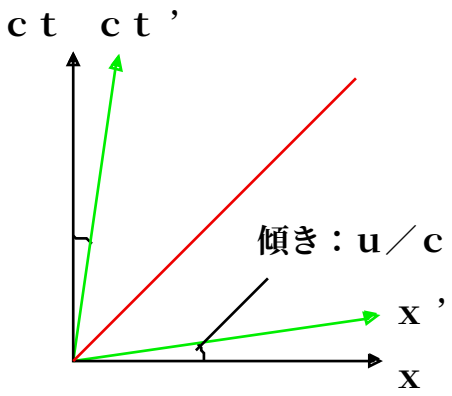
$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2$$

＊）この世界は、時間と空間を合わせた４次元の世界

$$\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - c^2 \Delta t^2$$

＝＞　”４次元空間での距離”

＊）ローレンツ変換は、４次元時空間での座標回転（視点の回転）に相当する



・相対論的力学

ローレンツ変換に対して不変になる運動方程式　＜＝　アインシュタイン

ａ）運動による質量の増加

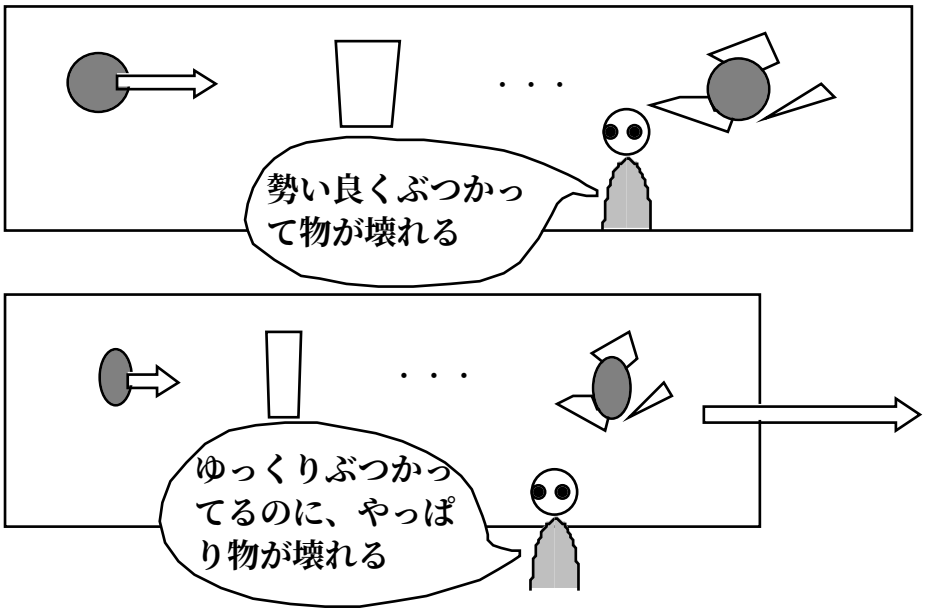
外の観測者に対して運動するロケットの中で行われるビリヤードを内と外で観察
ロケットの内・外によらず、運動量保存と運動エネルギーの保存が成り立つ条件

＝＞　玉の質量は、観察者に対する速度に応じて大きくなる

速さｖで運動する物体の質量：$m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$,　　m_0：静止質量

＊）直感的な解釈

ロケット内で玉を投げて物を壊す
玉は外から見るとロケット内の実際よりもスローモーに進んで的に衝突
その後に見られる破壊現象は、ロケット内での観察結果とつじつまが合わねばならない



＊）速さが遅く見えるために破壊エネルギーに寄与できない分　＝＞　質量の増加で補う

b）相対論的運動方程式

相対論的：物体の速さが光速と比較できるほど大きいこと

$$\frac{d(mv)}{dt} = F, \quad \text{但し} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

相対論的運動量：$mv = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} v$

c）質量とエネルギー

アインシュタインの発見

速さｖが光速ｃに比べてとても小さい（例えば1/100）時の質量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cong m_0 + \frac{1}{2} m_0 v^2 \left(\frac{1}{c^2}\right)$$

これより

$$mc^2 = m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$$

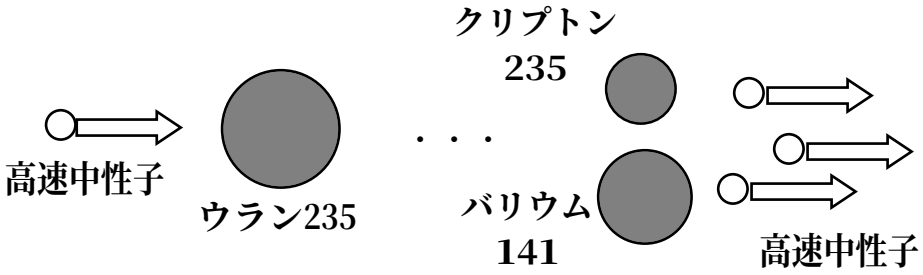
＊）質量とエネルギーは同じ物である　＝＞　$E = mc^2$

静止している物体のエネルギー：$m_0 c^2$

運動する物体の持つエネルギー：$mc^2 = \dfrac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

トピック）アインシュタインと原子爆弾

ウランの核分裂の発見（1938年：オットー・ハーン）



反応によるエネルギー発生　＝＞　ウランの質量の 9／10000 を消費
ウラン1kg　＝＞　2×10^{13} cal（TNT火薬2000ｔ，10^5ｔ の水が一瞬で蒸発）

＊）$E = mc^2$ が、核反応から大きなエネルギーを取り出せる理由を与えた。

＊）1941年　　ルーズベルト大統領に原爆開発を進言
　　ナチスを逃れて亡命した世界的な物理学者・化学者が開発に従事
1945年6月　原子爆弾完成
1950年　　水素爆弾に反対表明

＊）世界大戦を境に、物理学者達が自らの世間知らずを自覚
　科学者の社会的責任について考えるようになる

＊）ナチスから逃げ出した科学者が原爆開発
　ハイゼンベルク：ドイツに残って原爆開発をわざと遅らせる