

特殊相対性理論の世界

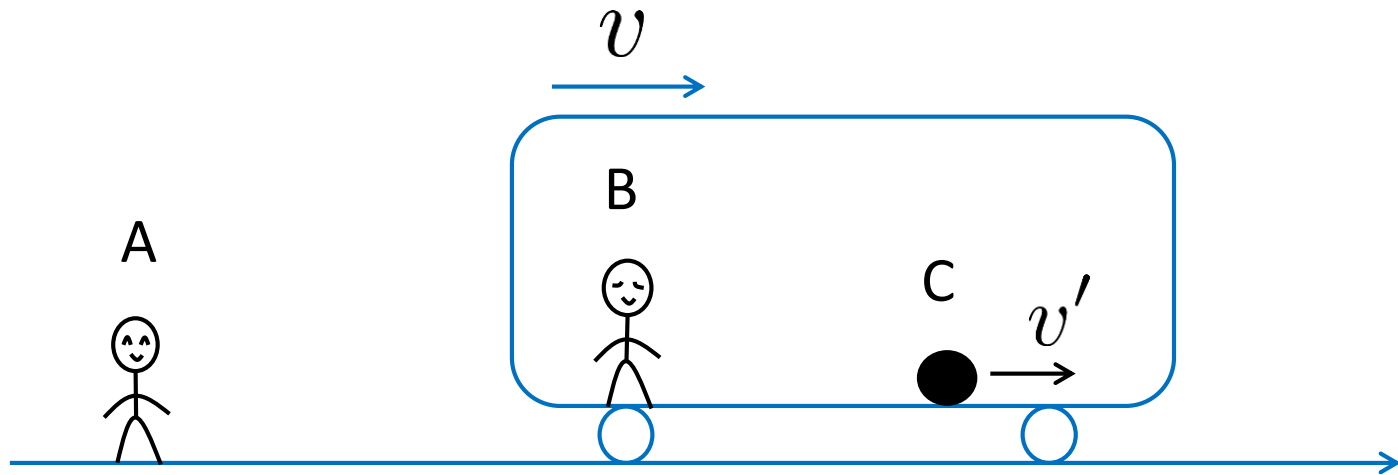
茨城大学理学部物理コース
百武慶文

1. はじめに

Aから見てBは速度 v で運動している。

Bから見てCは速度 v' で運動している。

では、Aから見たときのCの速度はいくらか？

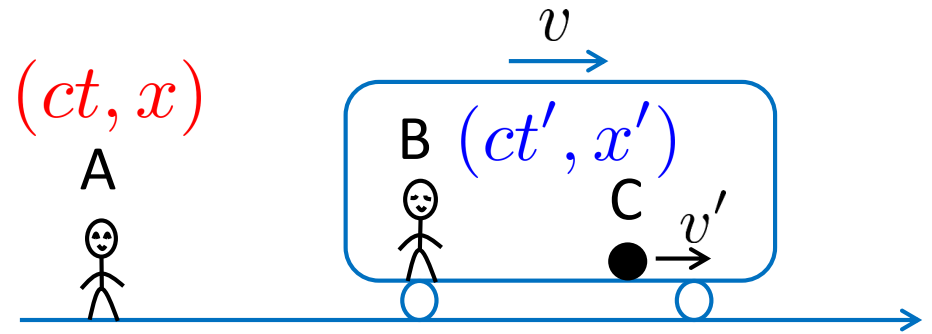


Newton: BとCの速度を足せばよいので $v + v'$ 。

Einstein: $v = v' = 0.9c$ とすると**光速 c** を超えるので、Newtonの考えは修正されるべき。

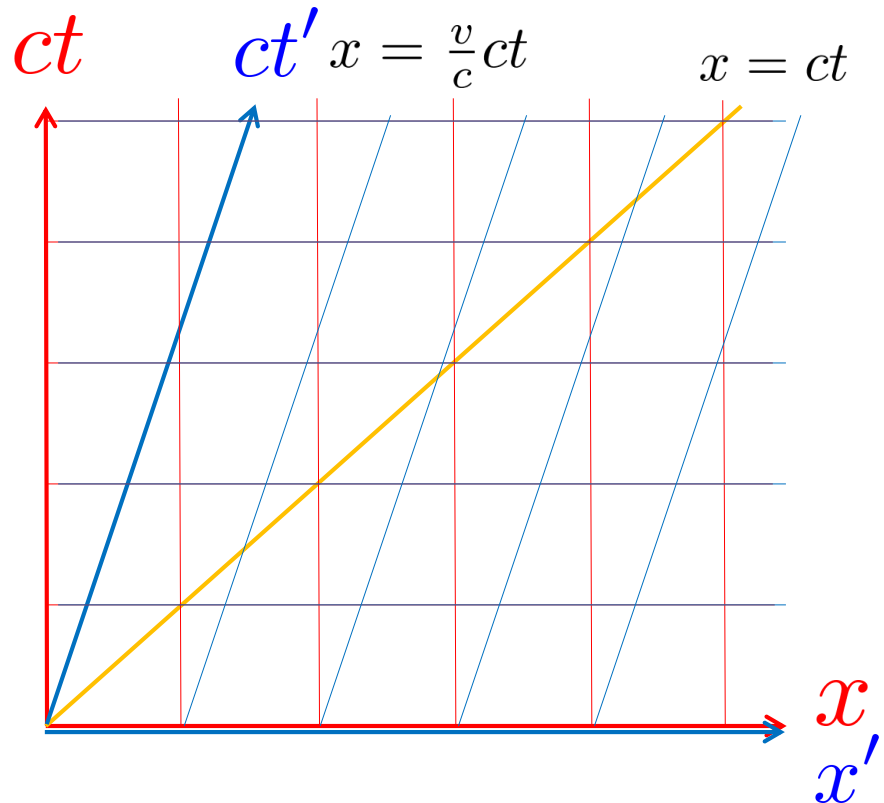
2. Newtonの主張(ガリレイ変換)

AとBの座標の関係を考えよう。Aの座標を直交座標で表し、光速を c とする。



Bは $x = \frac{v}{c}ct$ の直線上にいる。

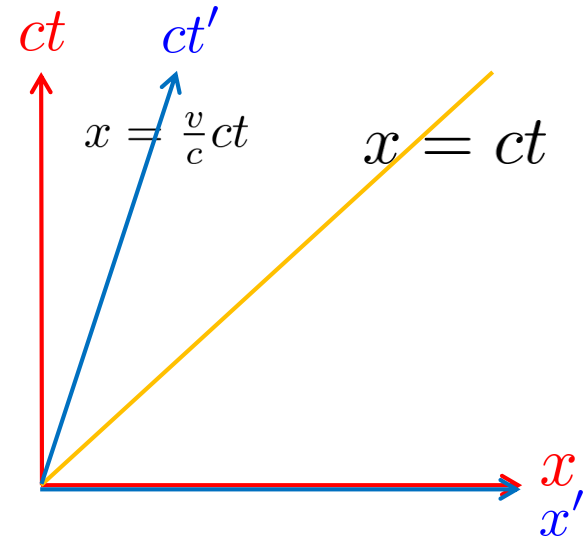
x 軸と x' 軸は共通。



Newton: 式を使えば一目瞭然。

ガリレイ変換

$$\begin{cases} t' = t \\ x' = x - vt \end{cases}$$



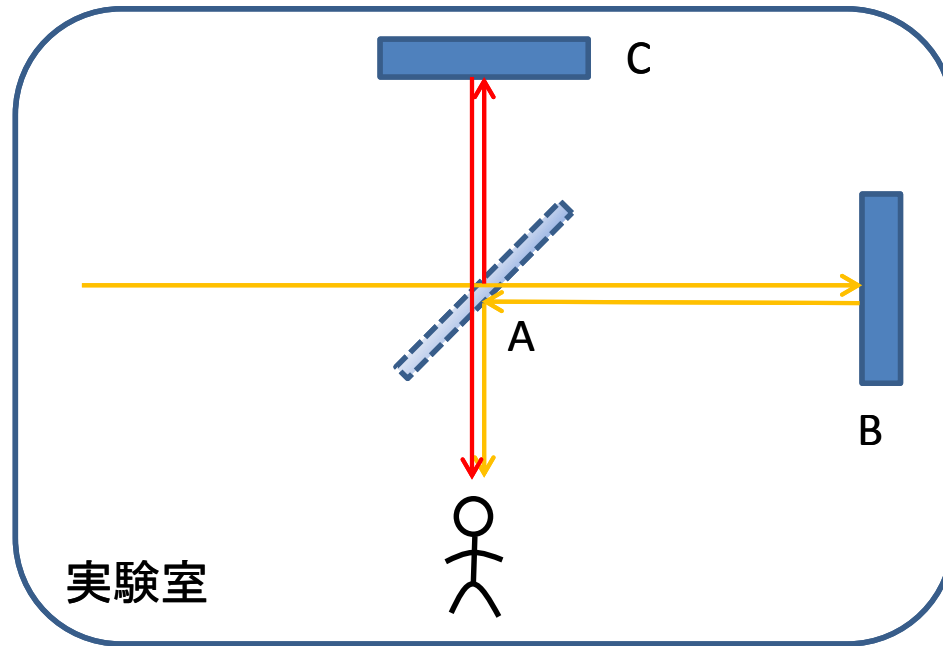
CはBの座標で $x' = v't'$ のように運動するから、ガリレイ変換により、CはAの座標では

$$x = (v + v')t$$

のように運動している。

3. 光速に関する重要な実験結果

マイケルソン・モーレーの実験(1887年)

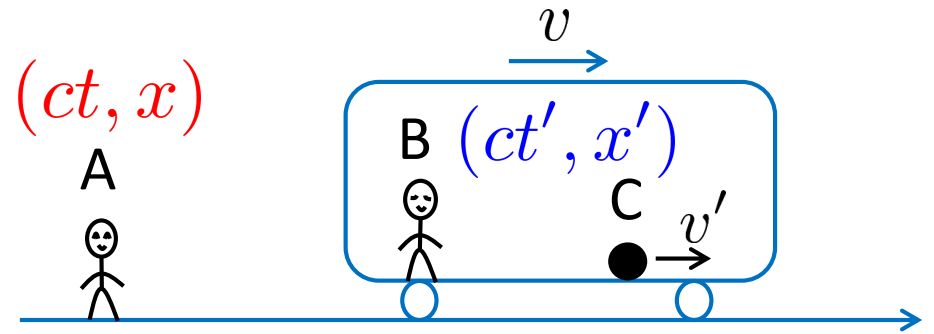


光速は実験室の速度によらない。

Einstein: 光速はあらゆる慣性系において不変である。
(光速度不変の原理)

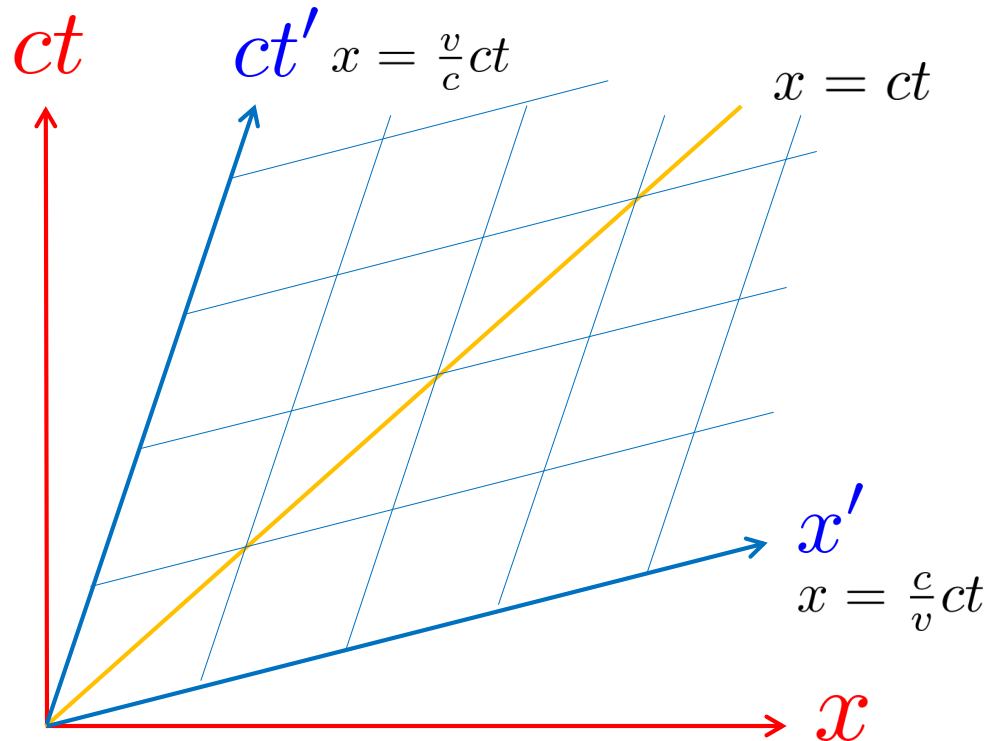
4. Einsteinの主張(ローレンツ変換)

AとBの座標の関係を
光速不変の原理と矛盾しないように考え直す必要がある。



Aの座標を直交座標で表すと、Bは $x = \frac{v}{c}ct$ の直線上にいる。

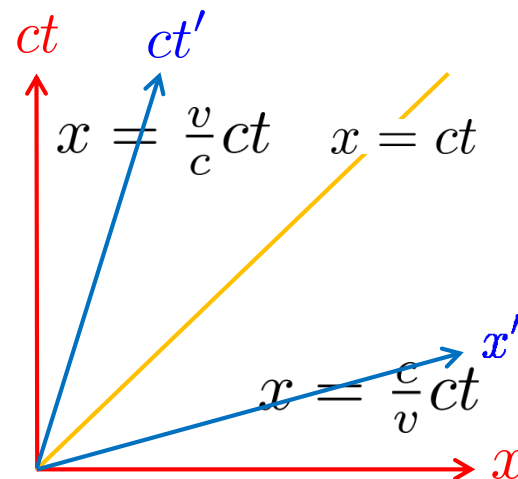
光速を不変にするには x' 軸が $x = \frac{c}{v}ct$ の直線上にあるべき。



Einstein: 時間と空間を対等に変換するべき。

ローレンツ変換

$$\begin{pmatrix} ct' \\ x' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{v}{c} \\ -\frac{v}{c} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \end{pmatrix}$$



CはBの座標で $x' = v't'$ のように運動するから、ローレンツ変換により、CはAの座標では

$$x = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}} t$$

のように運動している。

Newton: BとCの速度を足せばよいので $v + v'$ 。

Einstein: $v = v' = 0.9c$ とすると**光速 c** を超えるので、Newtonの考えは修正されるべき。

Einstein: ガリレイ変換ではなく、ローレンツ変換が正しいでしょう。

Newton: なるほど。光速が不変とはね。

5. まとめ

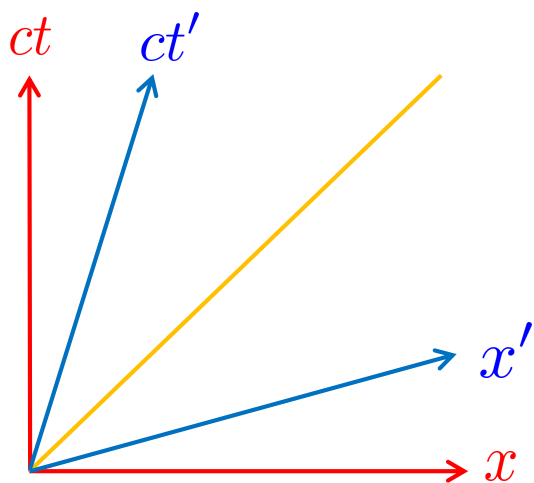
- 光速不変の原理により、座標変換はローレンツ変換に従う。その結果、AとBの時間の進み方には違いが生じる。
- 速度 v と v' の合成は

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}} < c \quad (v, v' < c)$$

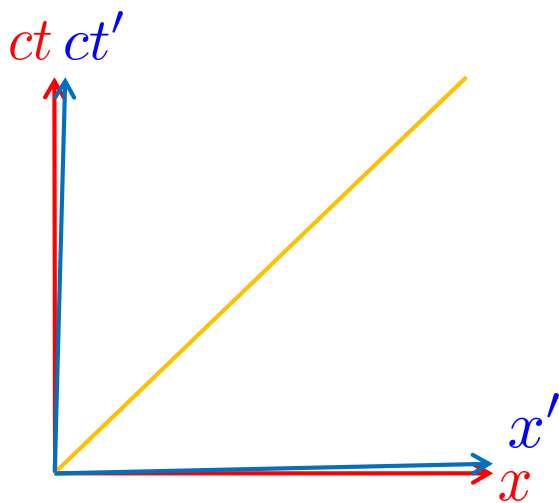
となる。合成しても**光速を超えない**。

- Newton力学は光速に比べて速度が十分小さいときはOK

$$v'' \sim v + v'$$



↓ $\frac{v}{c} \ll 1$



~

