

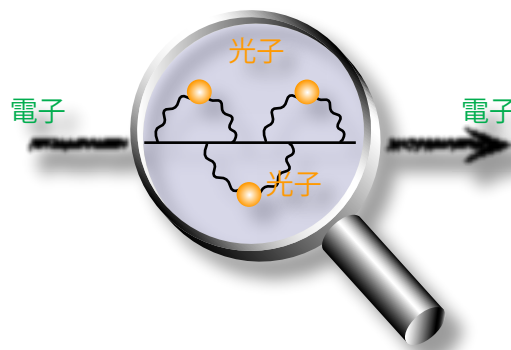
自然界の四つの力

自然界には少なくとも四つの力があることが知られている

力（相互作用）とは何か？

電子をよく見ると光子をお手玉しながら走っている

近くに他の電子が来てお手玉の光子を取ってしまうと光子の持っていた運動量分だけ各々の電子の運動量が変化する



運動量変化 $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$ 力

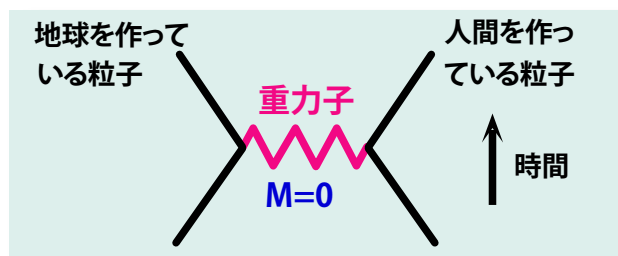
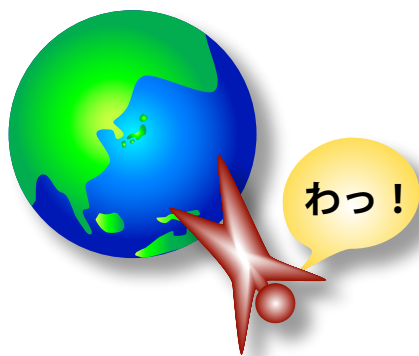
ニュートンの運動方程式

力（相互作用）=力の粒子の交換

力の強さはお手玉の頻度（結合定数）で決まる

1 番目の力：重力

みんな良く知っている私たちが地球に引っ張りつけている重力



重力=重力子の交換

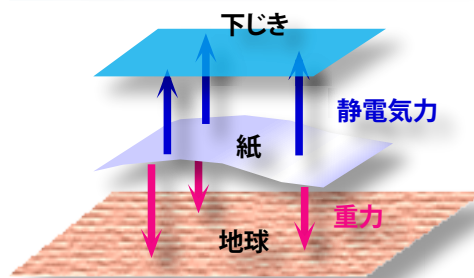
重力は質量に比例する 一方、質量はエネルギーと等価である

$$E = mc^2$$

従って重力は全ての粒子に働く 素粒子間の重力は通常無視できるが、宇宙創成直後の超々高エネルギーでは重要になってくる

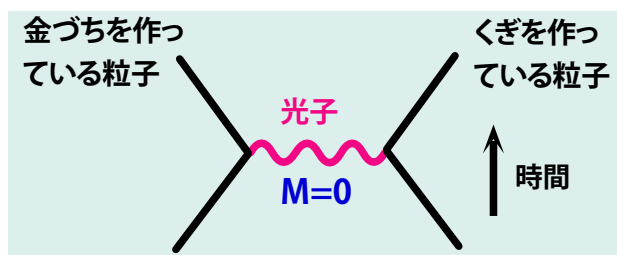
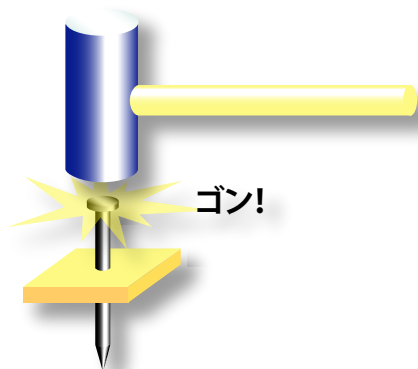
重力はものすごく弱い！

地球全体が紙を引っ張る重力よりも帯電した下敷きが紙を引っ張り上げる静電気力の方が強い



2 番目の力：電磁気力

静電気や磁石の力だけでなく日常経験する重力以外の全ての力は電磁気力



電磁気力=光子の交換

特に、電子と原子核を結びつけて原子を作る力、原子同士を結びつけて分子を作る力は電磁気力
電磁気力は電荷 (Q) に比例する