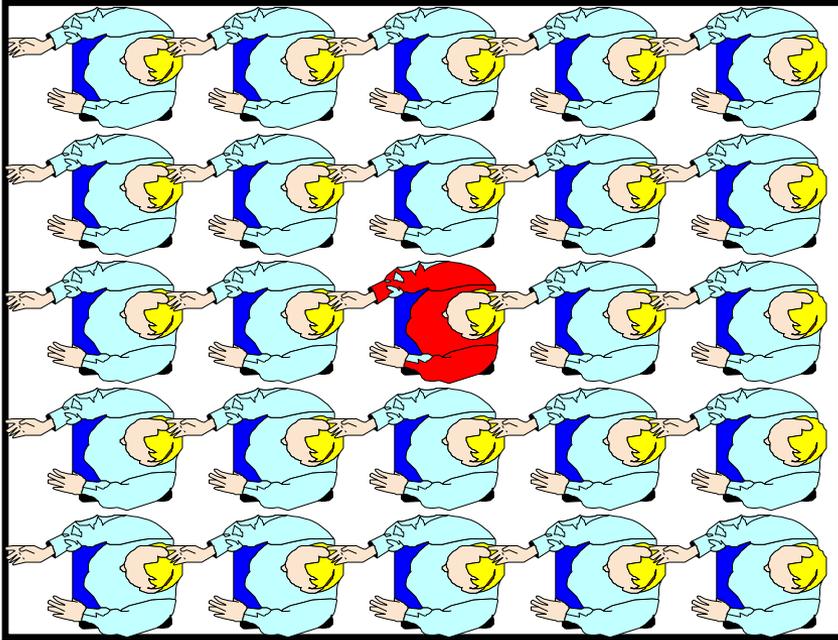
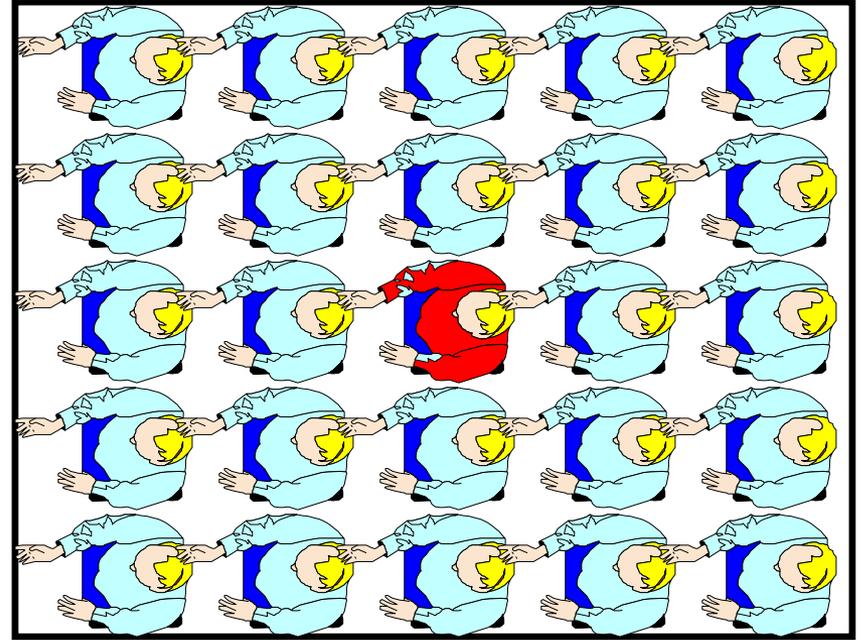


空間の構造

空間には粒子が詰まっている。例えるなら狭い部屋、または満員電車に人が隙間なく押し込まれている状態。

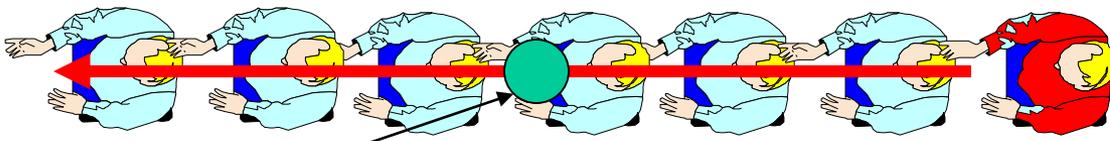


上の図のように、人が隙間なく押し込まれていると、真中の赤い服を着た人は、前にも後ろにも、右にも左にも動けない。



上の図のように、人が同じ方向を向いて押し込まれていると、真中の赤い服を着た人は動けないことは変わらないが、前の人の背中を手で押してみる。するとその衝撃が前の人、その前の人へと順に伝わる。まるで波が伝わるように。

波が伝わる方向



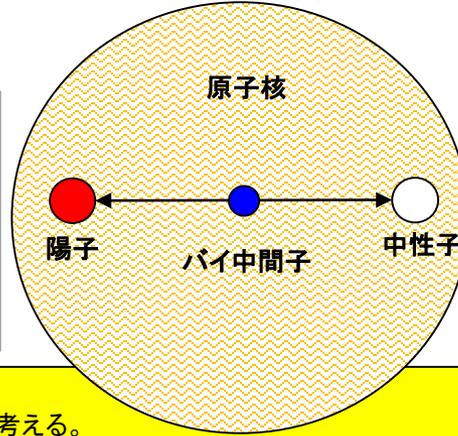
これは粒子が移動していると解釈も出切る

左のように波が伝わる現象で類似しているのが、空気中を音が伝わる事象。空気分子を次々に振動させて波として伝わる。その波は同様に粒子の運動とも解釈され、音子(フォノン)になる。このフォノンなら、周りにある粒子の壁を通り越して、どこまでも自由に進むことができる。

質量はなぜ存在するのか

湯川理論(中間子論)

原子核はなぜバラバラにならないのか？理由は原子核を構成している陽子と中性子に核力という引力が働いているからである。核力の源はパイ中間子という素粒子である。このパイ中間子を陽子と中性子の間(あるいは陽子同士、中性子同士)でやりとりすることにより核力が生じ知る。これが湯川(注)理論である。
(注)湯川秀樹(1908~1981)に因む物理理論。日本人初のノーベル賞受賞者



原子核内部の反応

まず陽子がパイ中間子(π^+)を放出して中性子に変化する。式で書くと、



次に、中性子が陽子が放出したパイ中間子を受け取り陽子に変化する。



逆に、中性子がパイ中間子を放出して陽子に変わり、陽子はそのパイ中間子を受け取り中性子になる。



同時に以下の反応も起こる。



(補足)パイ中間子には、プラスの電気を帯びた π^+ 、マイナスの電気を帯びた π^- 、電気を持たない π^0 などがある。

パイ中間子の質量

パイ中間子は原子核内を光の速度で飛びまわっていると考える。そのまま光の速度で原子核から飛び出してくれば、パイ中間子は光子同様(静止)質量はゼロである。質量を持つことは、相対性理論により許されない。ただし、移動距離が有限であることから、例えば光速で移動していても質量を持つことが許されていると考える。その質量はどのように求めればよいか？

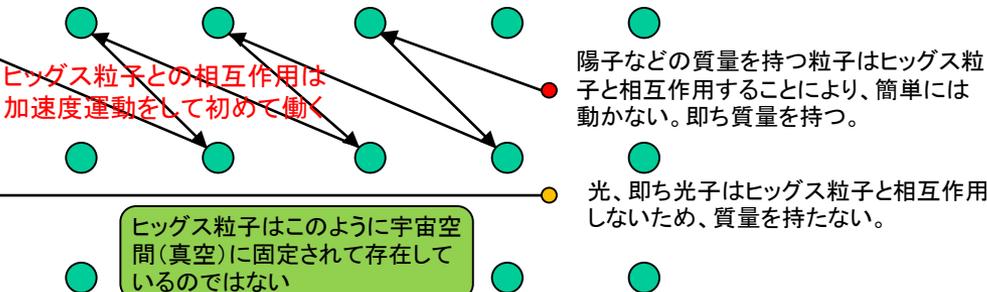
不確定性原理の関係を利用してみよう。 x を中間子の移動範囲、即ち陽子・中性子間の距離とみなす。 p を運動量、即ち質量 $m \times$ 速度 c (光の速度)、 \hbar をプランク定数とすれば $\hbar \leq xp$ (注) の関係から ($\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{Js}$ 、 x を陽子と中性子の距離 $\approx 2 \times 10^{-15} \text{m}$ 、 p を運動量 ($= m$ (パイ中間子の質量) $\times c$ (光速)))パイ中間子の質量は凡そ、 $1.8 \times 10^{-28} \text{kg}$ となり、電子(質量 $= 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$) よりも重く、陽子 ($1.7 \times 10^{-27} \text{kg}$) よりも軽い。それゆえ“中間子”と名付けられた。

注: 不確定性原理の関係式 $\hbar \leq xp$ をより厳密にしたもの。 $\hbar = h/2\pi$ 「不確定性原理」参照

ヒッグス場

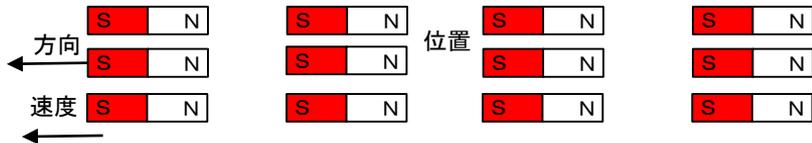
宇宙誕生当時は、飛び回っていたヒッグス粒子が、宇宙が冷えるにしたがって固まり、宇宙空間に規則的に並んで、真空(何も無い空間)を満遍なく覆っていると考える。その空間をヒッグス場と呼ぶ。

ヒッグス粒子



ヒッグス粒子との相互作用は加速度運動をして初めて働く

- 物体がヒッグス粒子と相互作用することによって、動きにくさが生まれる。その動きにくさは、ヒッグス粒子との相互作用の強さによる。即ち物体に力を加えたとき、加速度に反比例する質量 m が生じる。(慣性質量が存在する原因はヒッグス場による)
- ヒッグス粒子との相互作用は、宇宙空間では同じように働き、静止または等速運動している場合は働かないが、加速度運動を始めた時点で力を受ける。
- ヒッグス粒子は何もない真空に存在し、それ自体を検知できない。
- 宇宙が膨張して空間が広がっても、ヒッグス粒子の密度は減るわけではない。
- ヒッグス粒子は空間におかれた磁石のように、決まった方向、決まった位置、決まった速度を持っているわけではない。(下図の磁石が並んだ空間のイメージ)



弱い力を媒介するW粒子、Z粒子は、ヒッグス粒子のおかげで進むことができない。即ち本来は光子と同じ光速で進むところ、上記湯川理論と同じく移動距離が限定されることにより質量を持つ。

この仕組みをヒッグス機構という

量子力学に従う限り、一つの粒子は位置などの物理量を特定できず、観測されるのは割合(確率)のみ