

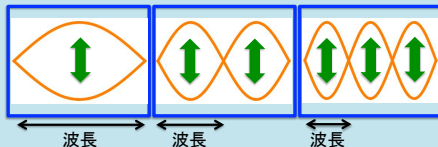
超弦の性質 その1:

超弦である以前に「弦」であることによる特徴

「ひも」がどうして素粒子の理論になるの？

超弦の性質には(1)超弦が「超」弦である以前に「弦」つまり「ひも」であることからくる性質と、(2)弦理論が超対称性と組み合わされて初めて現れる性質の2つに分けられます。このパネルでは(1)の、超弦がそもそも弦であることからくる性質について簡単に説明します。

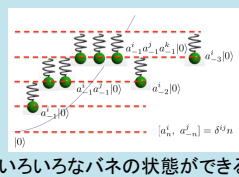
バイオリンやギターなどの弦をはじくと振動しますが、その波長は弦の長さによってとびとびに決まっています。



大なわだと一番左だけですが、弦だと音色によって2倍振動、3倍振動...も含まれています。このような種類を「振動モード」といいます。くわしく調べてみると、1つの弦は、周期が1倍、2倍、3倍...の各モードに対応した無限個のバネ(調和振動子)の集まりからできていると見なせることができます。1つの弦



すると、量子力学で「バネ」(=調和振動子)はいろいろな「状態」(=エネルギー固有状態)をとるので、弦にもそれぞれの振動モードごとにいろいろな「状態」があることとなります。このそれぞれの「状態」を素粒子の自由度と対応させるのです。



いろいろな素粒子の自由度(向き、偏光、スピンなど)

かなりむずかしい注3 超弦の中には、閉弦でもゲージ粒子を出すものがありますが、ある別の見方をすると、別の超弦理論の開弦(の類似物)からできていると考えることができます。これは弦/弦双対性の一つです。

開いた弦からはゲージ粒子 閉じた弦からは重力子

開いた弦(端をもつ弦)では右向きの波と左向きの波が独立でなく1つの定在波になっているので、そこからはスピン1、つまりゲージ粒子(重力以外の力を伝える粒子)がでます。一方、閉じた弦では左右2つ独立な波をもつので、そこからはスピン2の重力子がでます かなりむずかしい注3。



開いた弦(オープンストリング) 閉じた弦(クローズドストリング)

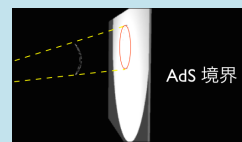
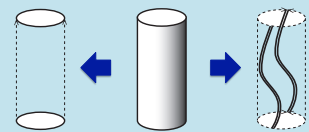
弦の振幅は有限!

重力をゲージ理論と同じように量子化しようとすると、近距離にいくと相互作用がいくらでも強くなるため次から次へと無限大がでてしまいます。一方、弦理論で同様の計算をするとこのような無限大はできません。これは、「弦の長さ」というカットオフがあらかじめ入っているからだともいえます。

開/閉双対性とADS/CFT対応

弦が通った跡が「筒」型になっていたとすると、閉じた弦がまっすぐ走ったとも、開いた弦が2本突然できてまた消えたとも見るすることができます。

このような2つの異なる見方を通じてゲージ理論と重力理論とが対応することを開/閉双対性といいます。



AdS/CFT対応を仮定すると強結合のゲージ理論が弱結合の超重力で計算できる

特に超弦では、開いた弦の端が動く面: D-ブレーン 近くの反ド・ジッター(AdS)空間における超重力理論と、AdS空間の境界における共形的場の理論(CFT)との対応が近年精力的に研究されています。