

学位申請論文公開講演会

日時：12月28日(火)13:30

申請者：倉知 昌史

場所：B4小講義室 (B-454)

題目： S parameter and the $\pi^+ - \pi^0$ mass difference
from the Bethe-Salpeter equation

(Bethe-Salpeter 方程式による S パラメーター、および $\pi^+ - \pi^0$ 質量差の計算)

(主論文の要旨)

素粒子標準模型では素粒子の質量の起源、すなわち電弱対称性の自発的破れの起源を説明することができない。本論文は、この電弱対称性の破れの力学的な起源の解明を目的とし、高いエネルギースケールにおける強結合ゲージ理論 (large N_f QCD) の存在を仮定して、低エネルギーの世界で観測される物理量の計算を行う。

本論文では、強結合ゲージ理論を非摂動的に扱う計算法の一つである Bethe-Salpeter (BS) 方程式を用いた解析を行う。BS 方程式は、フルのフェルミオン伝搬関数、フルのゲージ粒子の伝搬関数、そしてフルの頂点関数に対する自己無撞着な方程式であるため、この方程式を解くことにより、強結合ゲージ理論の非摂動的な効果を見ることができる。しかし、この方程式をそのまま厳密に解くことはできず、なんらかの近似が必要になる。本論文では、improved ladder 近似と呼ばれる近似法を用いる。

Improved ladder 近似は、BS 方程式を解くさいに広く用いられている近似であるが、この近似を論理的に正当化することは困難であり、近似による誤差を評価することも不可能である。そこで、本論文の前半部では improved ladder 近似を用いた計算を、実際に存在することが分かっている強結合ゲージ理論、すなわち QCD に対して行い、計算で得られた物理量と実験値を比較することにより、この計算法の信頼性を確かめる。具体的には、 π 中間子の崩壊定数 (f_π)、QCD S パラメーター、 π^+ 中間子と π^0 中間子の質量の2乗の差 (Δm_π^2)、 ρ 中間子、および a_1 中間子の質量と崩壊定数 (m_ρ 、 f_ρ 、 m_{a_1} 、 f_{a_1}) の計算を行う。

論文後半部では同様の解析法を用いた large N_f QCD における f_π 、 S パラメーター、および Δm_π^2 の計算を行う。Large N_f QCD は、多くの仮想的なフェルミオンを含む $SU(3)$ ゲージ理論である。フェルミオンの数 N_f を多くしていくと、あるところ(具体的には $N_f \simeq 12$)でカイラル対称性が回復することが知られている。このカイラル相転移点付近での物理量の振る舞いを調べ、large N_f QCD が電弱対称性の破れの力学的な起源としてふさわしいかどうかを調べるのが計算の目的である。

計算結果として、 S パラメーターは相転移点付近(カイラル対称性の破れている領域)でほぼ一定の値 ($S \simeq 0.28$) をとり、 f_π と Δm_π^2 はともに相転移点に近づくにつれて0になっていくことを示す。また、 f_π^2 と Δm_π^2 がほぼ同様なスケールリングの性質を持つことを示し、その比はほぼ一定の値 ($\Delta m_\pi^2/f_\pi \simeq 0.47$) をとることも示す。

これらの結果をふまえ、標準模型を超える電弱対称性の破れのモデルとして、little Higgs 模型、Higgsless 模型、および technicolor 模型を考察する。LEP 等の電弱精密測定実験の結果との整合性を考慮すると、少なくとも本論文で計算を行った範囲内では large N_f QCD が上記のモデルの力学的起源であると考えすることは困難であることを示す。そのうえで、large N_f QCD 以外にどのような強結合ゲージ理論が電弱対称性の破れの基本理論として考えられるかを示す。