

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 軽いスカラー中間子の inverse mass hierarchy への
 $U(1)_A$ 量子異常に現れるフレーバー対称性の破れの寄与の解析
 氏 名 黒田佳樹

論 文 内 容 の 要 旨

π 中間子や陽子などの強い相互作用をする粒子の総称をハドロンと呼ぶ。ハドロンの質量には構成するクォークのカレントクォーク質量だけでなく、カイラル対称性の自発的な破れの効果により生成される質量の寄与が重要であることが知られている。カイラル変換は左巻クォークと右巻クォークそれぞれに対するユニタリ変換であり、QCDでは近似的 $SU(3)_L \otimes SU(3)_R$ カイラル対称性が保たれている。しかし、QCD真空におけるクォーク凝縮が有限の値をもつことから、 $SU(3)_L \otimes SU(3)_R$ カイラル対称性は $SU(3)$ フレーバー対称性まで自発的に破れている。この近似的カイラル対称性の自発的破れに伴い擬南部・Goldstone(NG)粒子が擬スカラースペクトルに存在し、現実では π 中間子等の最も軽い擬スカラー中間子が擬NG粒子として現れている。

これら擬NG粒子にはカイラルパートナーという、カイラル変換において互いに移り変わるスカラー中間子の存在が期待されるが、実験で観測されているどのスカラー中間子に該当するのかが完全に判明していない。カイラルパートナーにはカイラル対称性の自発的破れのシグナル粒子とみなされる、フレーバー1重項のクォーク凝縮の量子揺らぎであるシグマ中間子も含まれており、カイラルパートナーが観測結果のどの質量スペクトルに該当するのかを明らかにすることは大変重要である。

擬NG粒子のカイラルパートナーとしてのスカラー中間子はクォーク・反クォークから構成される。スカラー中間子のクォーク組成においてアップクォークやダウンクォークよりも重たい、ストレンジクォークの個数が多くなればスカラー中間子の質量は重くなることが期待される。ゆえに、カイラルパートナーとしてのスカラー中間子のうち、アイソスピン量子数が $1(I = 1)$ のスカラー中間子よりも、 $I = 1/2$ のスカラー中間子の方が重くなることが理論的には予想される。しかし実験で観測される最も軽い $I = 1$ と $I = 1/2$ のスカラー中間子、 $a_0(980)$ と $K_0^*(700)$ の質量を比べると $a_0(980)$ の方が重たい。この質量階層の問題はスカラー中間子の逆質量階層問題(inverse mass hierarchy)として知られている。

この質量階層をクォーク・反クォークからなるスカラー中間子において再現するために、カイラル対称性を明らかに破るカレントクォーク質量が $U(1)$ 軸性アノマリーを通してスカラー中間子の質量に寄与をする効果により、 $a_0(980)$ の質量がストレンジクォーク質量か

らの寄与を得る機構を提案した。観測されているスカラー中間子をクォーク・反クォークから構成されているとみなしたときに、実際にこの機構を導入することでinverse mass hierarchyを再現することができるかを確かめる為に、低エネルギーカイラル有効モデルとしてSU(3)線型シグマモデルを構築してスカラー中間子の質量の解析を行った。

その結果として、 $a_0(980)$ と $K_0^*(700)$ に加えて $I = 0$ の $f_0(980)$ と $f_0(500)$ を含めた観測されているスカラー中間子の質量階層を再現した。さらに $I = 0$ のスカラー中間子のクォーク組成を解析し、 $f_0(980)$ がストレンジ・反ストレンジクォークの組成、 $f_0(500)$ がアップもしくはダウンクォークとそれらの反クォークの組成という、いわゆる理想混合となっているという結果を得た。