

核物質中のカイラル凝縮

郷田創一郎^{○1} 慈道大介²

¹ 京都大学理学研究科 ² 京都大学基礎物理学研究所

低エネルギー QCD の特徴としてカイラル対称性の自発的破れがあるが、我々は原子核のようなゼロ温度・有限密度とみなせる系で起こるカイラル対称性の部分的回復に注目する。この現象はカイラル対称性の自発的破れに伴うハドロンの質量生成機構の理解に本質的であり、その証拠をハドロンの性質の変化から導きだすことは理論・実験ともに非常に興味深い問題となっている。そのような背景から、近年なされた興味深い実験の 1 つが π 中間子原子の深い束縛状態に関する精密分光実験であり [1]、その束縛エネルギーと崩壊幅から崩壊定数の密度変化が定量的に見積もられた。

今回の研究では、媒質中でのカイラル凝縮 $\langle \bar{q}q \rangle^* = \langle \bar{u}u + \bar{d}d \rangle^*$ がどのような密度依存性を示すのか、それがどのような物理的過程から来るのかを明らかにする。 $\langle \bar{q}q \rangle^*$ の密度変化を求める先行研究としては、線形密度近似による解析 [2] や、Hellmann-Feynman の定理とカイラル有効理論を用いた解析 [3] などがあるが、我々は $\langle \bar{q}q \rangle^*$ が満たす QCD Ward-高橋恒等式 [4] と媒質中のカイラル摂動論 [5,6] を用いる。この関係式の利点はあらゆる密度中で成り立つこと、更にこの式から π 中間子原子の解析に用いられる散乱長とカイラル凝縮の関係が得られるため、観測量との比較がしやすいと期待されることが挙げられる。また媒質中のカイラル摂動論を用いる理由は、ダイアグラムが組織的に運動量でオーダーカウンティングされており、物理的過程の寄与の大きさを分類できることである。今回の解析により、まずよく知られている線形密度近似の結果を再現し、さらにそれを超えた寄与を得るために解析すべきダイアグラムの分類をおこなった。我々の解析によりカイラル極限においては核物質に対する Goldberger-Treiman 関係式から、カイラル凝縮に媒質効果を与える物理的過程は次の 2 つであることを明らかにした。1 つは核物質が π ループによって準粒子となる効果、もう 1 つは核子間の相関である。このように、我々の解析からも核物質中のカイラル凝縮には π 中間子と核子の多体効果が重要な役割を果たしていることが理解でき、 $\langle \bar{q}q \rangle^*$ を定量的に求めるには、カイラル有効理論を用いて束縛エネルギーのような核物質の性質を再現することが必要不可欠であることが示唆される [3]。すなわちこの解析により、核物質の定量的記述はカイラル対称性の自発的破れと密接に関わるものであることを明らかにした。

参考文献

- [1] K. Suzuki et al., Phys. Rev. Lett. 92, 072302 (2004)
- [2] E. G. Drukarev and E. M. Levin, Prog. Part. Nucl. Phys. 27, 77 (1991)
- [3] N. Kaiser, P. de Homont and W. Weise, Phys. Rev. C77 (2008) 025204.
- [4] D. Jido, T. Hatsuda and T. Kunihiro, Phys. Lett. B 670 ,109(2008)
- [5] J. A. Oller, Phys. Rev. C 65 ,025204(2002)
- [6] U. G. Meissner, J. A. Oller and A. Wirzba, Annals Phys. 297 ,27(2002)