

Making confining strings out of mesons ¹

東北大学大学院理学研究科 横井 直人

E-mail: nyokoi@tuhep.phys.tohoku.ac.jp

量子色力学 (QCD) におけるクォークの閉じ込め現象やカイラル対称性の破れの起源の理解は未だに場の量子論の難問として残されている。このクォークの閉じ込め現象を理解する際に重要な物理量の一つがクォークと反クォークの間のポテンシャルエネルギーであり、格子 QCD の数値シミュレーションやクォークコニウムのエネルギースペクトルから、Cornell Potential と呼ばれる次のような表式で良く表されることが知られている：

$$V_{Q\bar{Q}}(r) = -\frac{A}{r} + \sigma r \quad (r \text{ はクォーク間の距離}),$$
$$A \sim 0.25 - 0.5, \quad \sqrt{\sigma} \sim 430 \text{ MeV}.$$

この表式は、Color Flux がクォークと反クォークの間で一次元的に絞られた Confining String の存在を強く示唆している。我々は、この Confining String を、QCD に対する一つの電磁双対な模型の中で Solitonic Vortex 解として構成し、その古典解の配位から Cornell Potential を導出した。

我々が議論した QCD に対する電磁双対な模型は、(ソフトに破れた) 超対称 QCD における Seiberg-Duality の議論を基に提唱された模型であり [1]、その電磁双対な理論におけるスカラークォークが凝縮することにより、双対マイスナー効果によるクォークの閉じ込めとカイラル対称性の破れを同時に実現する模型となっている。この双対模型は、ちょうど Hidden Local Symmetry を基にした Meson の非線形シグマ模型 [2] を線形化した形の $U(N_f)$ ゲージ理論になっており、特に Vector Meson である ρ -Meson や ω -Meson を双対な理論の Magnetic Gauge Boson と同定出来る。我々は、この QCD に対する電磁双対な理論と Vector Meson の有効理論を同一視する仮説の下で、双対な $U(N_f)$ ゲージ理論のパラメーターの値を Meson に関する実験データから決定し、その理論における Magnetic Flux を持つ Non-Abelian (NA) Vortex 解を数値的に構成した。特に、元々の QCD のクォークの間のポテンシャルに対応して、双対な理論の (Dirac) Monopole の間をつなぐ NA-Vortex 解のエネルギーを解析し、上記の Cornell Potential が (近似の範囲内で) 係数の値も含めて再現されることを見出した。この解析結果は、我々の QCD に対する電磁双対な模型の妥当性を示唆しているものと考えられる。

これらの議論及び解析の詳細は文献 [3] を参照してください。

References

- [1] Z. Komargodski, JHEP **1102** (2011) 019; R. Kitano, JHEP **1111** (2011) 124.
- [2] M. Bando, T. Kugo, S. Uehara, K. Yamawaki and T. Yanagida, Phys. Rev. Lett. **54** (1985) 1215.
- [3] R. Kitano, M. Nakamura and N. Yokoi, Phys. Rev. D **86** (2012) 014510.

¹この講演は、東北大学大学院理学研究科の北野龍一郎氏、中村充利氏との共同研究に基づいています。