

ホログラフィック QCD に基づくバリオンの解析

京都大学大学院理学研究科物理学第二教室 山戸 慎一郎

E-mail: yamato@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

我々の目的は、「D-brane と、D-brane のつくる重力解の対応」を用いて弦理論の有効理論を扱う Holographic QCD のモデル [1,2] に基づき、バリオンの性質を解析することである。

このモデルでは D4-brane N_C 枚と、D8-brane と $D\bar{8}$ -brane のペア N_f 枚を配置する。このモデルの低エネルギー有効理論は 5 次元 Yang-Mills 理論となり、更に一次元積分するとベクトルメソンを含む Skyrme モデルとなる。バリオンは 5 次元 Yang-Mills 理論の“インスタントン”として記述され、弦理論、Skyrme モデルでのバリオンの記述と等価となっている。

低エネルギー有効理論は、D4-brane を重力解に置き換えて重力解の中での D8-brane の作用を扱うが、今回はまず簡単のために DBI action の最低次の部分だけを扱い、更に $N_f = 2$ とした。D8-brane の DBI action を 4 次元積分してやることによって 5 次元の Yang-Mills 理論が得られ、その空間 4 次元での“インスタントン”がバリオンに対応するが、D4-brane のつくる重力場中で今の DBI action の最低次だけとってくる近似では、エネルギーの最小を与える”インスタントン”解が存在せず、潰れてしまうことが示せる。5 次元 Yang-Mills 理論でバリオンの解析をするにあたって、Skyrme モデルでのソリトン解の集団座標の量子化 [3] に従って“インスタントン解”の集団座標を量子化したいのであるが、このモデルではゼロモードとしては回転、3 次元空間 (x_1, x_2, x_3) 方向への並進がある。更に、古典“インスタントン”解は潰れているが、4 次元目の空間 z の原 E@6aK5GO metric が flat になっていることにより、原点近傍では“インスタントン”のスケール、及び z 方向への並進も準ゼロモードとして扱えると考え、これらの集団座標も量子化することにする。そうすると結局 Hamiltonian は

$$H = M_0 \left(1 + \frac{1}{6}\rho^2 + \frac{1}{3}Z^2 \right) + M_0 \left(\dot{\rho}^2 + \rho^2 \sum_{I=0}^3 a_I^2 \right) + \frac{1}{2}M_0 Z^2 \quad (1)$$

のようになるが、ここで Z 方向の励起をすると parity が変化するので、このモデルでは Skyrme モデルの量子化 [3] では得られなかった negative parity のバリオンも記述される。また質量に関しては、ゼロ点振動のエネルギーの扱いが難しいためにバリオンの質量の差しかわからないが、これも比較的軽いバリオンで実験とまずまず一致することがわかった。

今回扱ったのは DBI action の最低次までの近似であったが、DBI action の高次補正や、Chern-Simons 項をいれた時に古典“インスタントン解”が変更を受けるかどうか、またバリオンの電磁気的な性質はどうなっているのか、などが今後の研究課題である。

この研究は茨城大学の酒井さん、名古屋大学の杉本さん、京都大学の畑さんとの共同研究である。

[1] T. Sakai, S. Sugimoto, Prog. Theor. Phys. **113** p843 (2005)

[2] T. Sakai, S. Sugimoto, Prog. Theor. Phys. **114** p1083 (2006)

[3] G. S. Adkins, C. R. Nappi, E. Witten, Nucl. Phys. **B228** p552 (1983)