

Energy-momentum tensor and gravitational form factor of baryon in Sakai-Sugimoto model

塚本 大智

京都大学理学部物理学第二教室素粒子論 D1

taichi.t@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

杉本茂樹氏との共同研究

Work in progress

Conclusion

- 酒井-杉本模型のバリオン解を数値的に構成、**エネルギー運動量テンソルを求めた**
- 計算の結果D-termの値が**-2.05**と求められた

Review :D-term

Gravitational form factor (spin 1/2)

$$\langle p, s | T_{\mu\nu} | p', s' \rangle = u \left(A(t) \frac{P_\mu P_\nu}{M} + J(t) \frac{i P_{\{\mu} \sigma_{\nu\}} \rho \Delta^\rho}{2M} + D(t) \frac{\Delta_\mu \Delta_\nu - \eta_{\mu\nu} \Delta^2}{4M} \right) u e^{i\Delta x}$$
$$P_\mu = (p_\mu + p'_\mu)/2, \Delta_\mu = p'_\mu - p_\mu$$

$A(t), J(t), D(t)$ が粒子内部の情報を持つ

$$t \rightarrow 0 \text{ では } \begin{cases} A(0) = 1 & \text{質量が} M \text{であることに対応} \\ J(0) = \frac{1}{2} & \text{スピンの} 1/2 \text{であることに対応} \\ D(0) = ? & \text{一般論から値が決まらない} \end{cases}$$

$D := D(0)$ は質量、スピンと並ぶ粒子の**基本的な物理量**で**D-term**と呼ばれる

Review :酒井-杉本模型

Top-down型Holographic QCDの一例[1]

メソンの有効理論に着目

曲がった1+4次元中の $U(N_f)$ ゲージ理論

$$S = -\frac{\kappa}{2} \text{tr} \int d^4x dz (2h(z) F_{\mu z}^2 + k(z) F_{\mu\nu}^2) + \frac{N_c}{24\pi^2} \int \omega_5(A)$$

A_μ, A_z がパイオンやベクトルメソンに対応

バリオンは4次元空間中の**ソリトン解**

従来はインスタントンによる近似で解析される

近似は **r 大の領域**では破綻

$\Rightarrow$ **D-termの評価には不適切**(r 大の領域が主な寄与)

手法

$N_f = 2$ で $B = 1$ ソリトンを球対称ansatzで数値計算
集団座標量子化法により回転の自由度を持たせる

計算する量:

エネルギー密度 $\epsilon(r)$

角運動量密度 $\rho_J(r)\omega_i$ (ω_i :角速度ベクトル)

応力テンソル:圧力 $p(r)$ とせん断 $s(r)$

$$T_{ij} = p(r)\delta_{ij} + s(r) \left(n_i n_j - \frac{1}{3} \delta_{ij} \right)$$

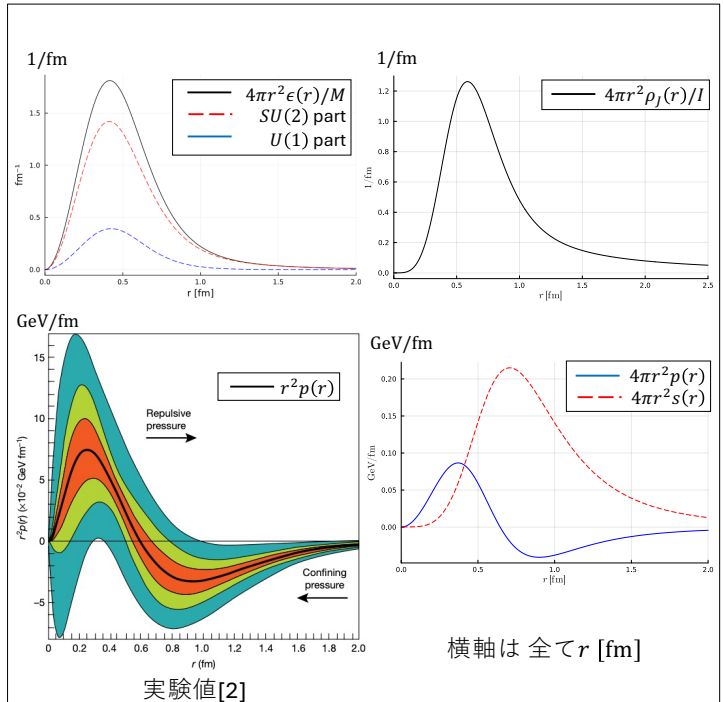
質量 M 、慣性モーメント I 、D-term

D-termは応力テンソルから計算される

$$D = 4\pi M \int_0^\infty dr r^4 p(r) = -\frac{16\pi}{15} M \int_0^\infty dr r^4 s(r)$$

保存則 $\partial_i T^{ij} = 0$

結果:実験結果との比較



$p(r)$ の振る舞いが実験結果と概ね一致

質量 M	1.181 GeV
慣性モーメント I	146 MeV · fm ²
D-term D_p	-2.052
D-term D_s	-2.048

$p(r)$ と $s(r)$ どちらを用いても **$D = -2.05$**

インスタントンによる近似値[3]:-0.14

他の模型やLattice等の計算結果[4]:-5 ~ -1

インスタントン近似に比べ、他の模型により**近い値**を得た

Future works

- t 依存性の評価
- Massive modeも取り入れた計算
- $N_f = 3$ への拡張
- 他のform factorの計算
- $B \geq 2$ バリオンの計算

参考文献

- [1] T. Sakai and S. Sugimoto, Prog.Theor.Phys. 113 (2005) 843-882
- [2] V. D. Burkert, L. Elouadrhiri and F. X. Girod, Nature 557 (2018) no.7705, 396
- [3] M. Fujita, Y. Hatta, S. Sugimoto and T. Ueda, Phys. Rev. D (2023) 108
- [4] M.V. Polyakov and P. Schweitzer, Int. J. Mod. Phys. A (2018) 33