高次元臨界高階重力

岐阜工業高等専門学校 菅菜穂美
E-mail: kan@gifu-nct.ac.jp

本発表では Meissner-Olechowski Gravity を出発点として，Critical Gravity を任意の次元，及び任意の微分項を含む理論へと拡張したモデルを提案する。なお，この研究は山口大学の小林孝一朗氏，及び白石清氏との共同研究 [1] に基づく。

Einstein 重力理論は摂動論的場の理論としてユニタリー性は保たれているが，結合定数が負の質量次元を持つため，繰り込み可能ではない。そこで，繰り込み可能な重力理論を構築するために，高次の微分（曲率）項を作用に付加する試みがなされている。しかし，この場合はスピン 0 の massive graviton モードが出現するため，ユニタリー性は破綻する。

一方，近年，3 次元重力理論 (New Massive Gravity)[2] 及び 4 次元以上へ一般化した理論 (Critical Gravity) [3, 4] において，パラメータ間の調整によりスカラー自由度を消去できる場合があることが示された。これらの理論は曲率の 2 次の項を作用に含んでいるが，我々は高次元でさらに高次の微分項を含み，Critical Gravity を導く作用を Meissner-Olechowski Gravity[5] を基に構成した。結果は次のとおりである。

$$S_{crit} = \int d^D x \sqrt{-g} \sum_{n=2}^{D} \alpha_n L_{MO\Lambda}^{(n)} \, . \tag{1}$$

ここで，$L_{MO\Lambda}^{(n)}$ は Meissner-Olechowski Gravity を修正したもので，Schouten テンソル $S^{\mu\nu} = R^{\mu\nu} - \frac{1}{2(D-1)} R g^{\mu\nu}$ ($R^{\mu\nu}$ は Rich テンソル，R はスカラー曲率)，及び一般化クロネッカーデルタ

$$\delta^{\mu_1\mu_2\cdots\mu_p}_{\nu_1\nu_2\cdots\nu_p} \equiv \begin{vmatrix} \delta^{\mu_1}_{\nu_1} & \delta^{\mu_1}_{\nu_2} & \cdots & \delta^{\mu_1}_{\nu_p} \\ \delta^{\mu_2}_{\nu_1} & \delta^{\mu_2}_{\nu_2} & \cdots & \delta^{\mu_2}_{\nu_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta^{\mu_p}_{\nu_1} & \delta^{\mu_p}_{\nu_2} & \cdots & \delta^{\mu_p}_{\nu_p} \end{vmatrix} , \tag{2}$$

を用いて次のように定義される。

$$L_{MO}^{(n+2)}{}_{\Lambda} \equiv -\delta^{\mu_1\cdots\mu_n\alpha\beta}_{\nu_1\cdots\nu_n\mu\nu} S^{\nu_1}_{\mu_1} \cdots S^{\nu_n}_{\mu_n} S_{\Lambda}{}^{\mu}_{\alpha} S_{\Lambda}{}^{\nu}_{\beta} \quad (0 \leq n \leq D-2) \, . \tag{3}$$

1 次の摂動 $g_{\mu\nu} = \bar{g}_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}$, $h \equiv \bar{g}^{\mu\nu} h_{\mu\nu}$ を考えると作用 (1) は Newton 定数と宇宙項の再定義のもと，$O(h^2)$ で Critical Gravity を導く。なお，(3) 式中の $S_{\Lambda}{}^{\mu}_{\alpha}$ は Schouten テンソルの摂動項である。また，背景幾何は $\bar{R}^{\mu\nu}{}_{\alpha\beta} = \Lambda(\delta^{\mu}_{\alpha}\delta^{\nu}_{\beta} - \delta^{\mu}_{\beta}\delta^{\nu}_{\alpha})$ $(\Lambda < 0)$ とした。

(3) 式ではスカラー曲率の最高次は R^D であるが，さらに高次の曲率項を含み，Critical Gravity を導くラグランジアンは次のようになる。

$$L_{MO}^{(n\cdot m)} = -\delta^{\mu_1\cdots\mu_n}_{\nu_1\cdots\nu_n} S_{(m)}{}^{\nu_1}_{\mu_1} \cdots S_{(m)}{}^{\nu_n}_{\mu_n} \, . \tag{4}$$

ここで，$S^{\mu\nu}_{(m)}$ は Schouten テンソルを拡張したもので，Lovelock テンソル

$$G^{(n)\mu}{}_{\nu} \equiv -\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\delta(\int d^D x \sqrt{-g} L_L^{(n)})}{\delta g_{\rho\mu}} g_{\nu\rho} = -2^{-(n+1)} \delta^{\mu\sigma_1\tau_1\cdots\sigma_n\tau_n}_{\nu\lambda_1\rho_1\cdots\lambda_n\rho_n} R^{\lambda_1\rho_1}{}_{\sigma_1\tau_1} \cdots R^{\lambda_n\rho_n}{}_{\sigma_n\tau_n} \tag{5}$$

を用いて，$S_{(m)}^{\mu\nu} \equiv G^{(m)\mu\nu} - \frac{1}{D-1} G^{(m)} g^{\mu\nu}$ ($G^{(n)} \equiv G^{(n)\rho}{}_{\rho}$) のように定義される。(なお，(5) 式中の $L_L^{(n)}$ は Euler density と呼ばれ，次式で表される。$L_L^{(n)} = 2^{-n} \delta^{\sigma_1\tau_1\cdots\sigma_n\tau_n}_{\lambda_1\rho_1\cdots\lambda_n\rho_n} R^{\lambda_1\rho_1}{}_{\sigma_1\tau_1} \cdots R^{\lambda_n\rho_n}{}_{\sigma_n\tau_n}$.)

今後の展望としては，今回導いた作用を用いてブラックホールなどの様々な古典解とその物理量について，また，他の真空解の存在およびその物理について考察したい。さらに，物質場を含む場合についても調べたい。

参考文献

[1] N. Kan, K. Kobayashi and K. Shiraishi, Phys. Rev. **D88** (2013) 044035, arXiv:1306.5059 [hep-th].

[2] E. A. Bergshoeff, O. Hohm and P. K. Townsend, Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 201301; Phys. Rev. **D79** (2009) 124042.

[3] İ. Güllü and B. Tekin, Phys. Rev. **D80** (2009) 064033.

[4] H. Lü and C. N. Pope, Phys. Rev. Lett. **106** (2011) 181302.

[5] K. A. Meissner and M. Olechowski, Phys. Rev. Lett. **86** (2001) 3708; Phys. Rev. **D65** (2002) 064017.