

マヨロンをもつ L_μ - L_τ におけるフリーズインシナリオの検討

佐藤龍政(横浜国大)

共同研究者 浅井健人(東大宇宙線研), 佐藤丈(横浜国大), 梁正樹(埼玉大)

研究の目的

- $g_\mu - 2$ アノマリー
ミューオンの異常磁気能率が標準模型に基づく理論予測と計測が一致しないこと。
- Hubble tension
ハッブル定数が直接観測と間接観測で一致しないこと。前者は銀河までの距離 d と赤方偏移 z を測定し、Hubbleの法則を用いる。後者は宇宙背景放射の観測から Λ CDMモデルを用いる。

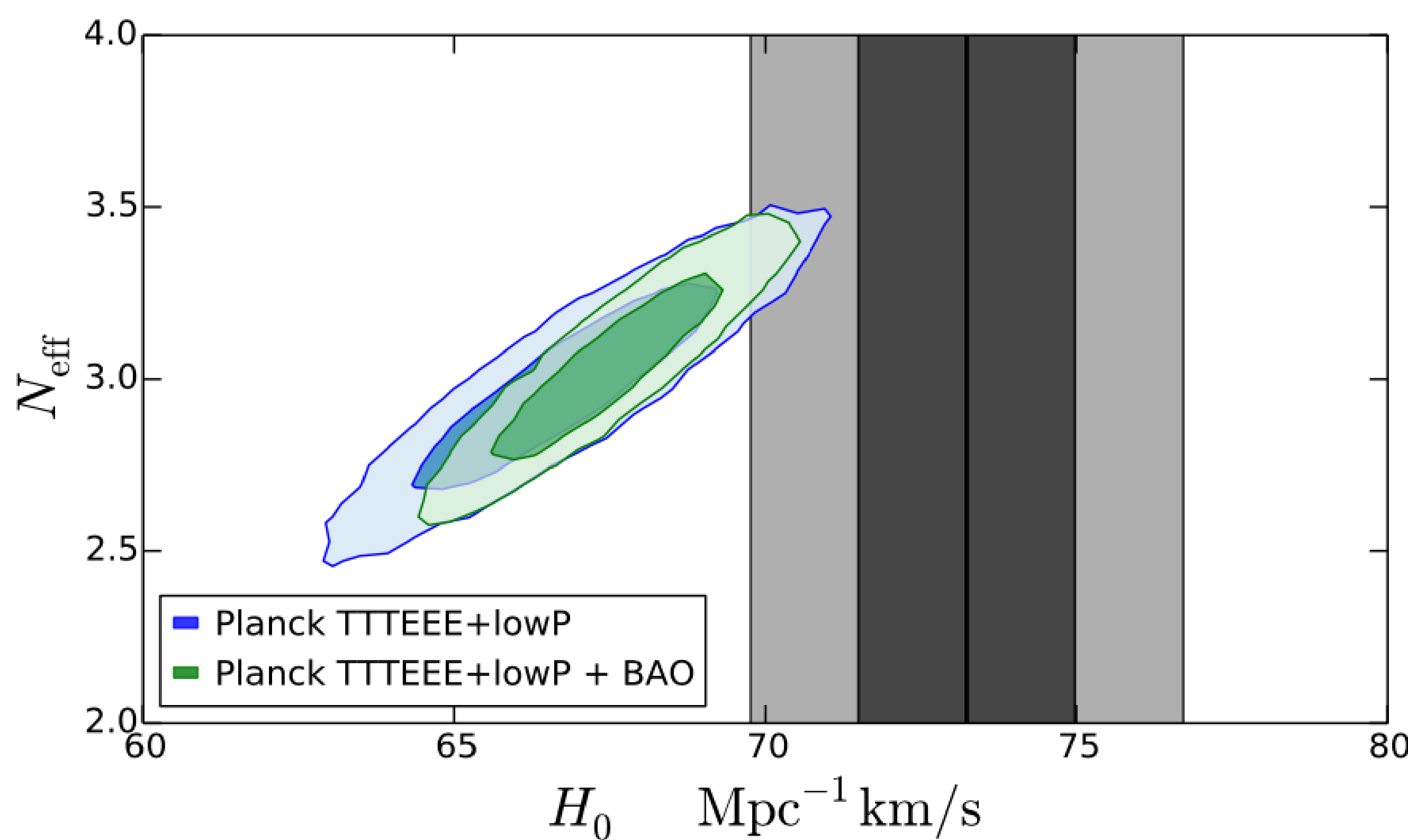


Figure: arXiv:1607.05617 [astro-ph.CO] より引用

$$N_{\text{eff}} = \frac{8}{7} \left(\frac{11}{4} \right)^{4/3} \left(\frac{\rho_R - \rho_\gamma}{\rho_\gamma} \right)_0$$

- ニュートリノ質量
実験結果としてニュートリノが質量を持っていることがわかっているが、標準理論ではまだ説明できていない。

2.想定する模型: マヨロンを含む $L_\mu - L_\tau$ 模型

新粒子: $U(1)_{L_\mu - L_\tau}$ gauge boson Z' ,majoron ϕ

- Z' の相互作用

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{Z'} &= -\frac{1}{4}Z'^{\rho\sigma}Z'_{\rho\sigma} + \frac{1}{2}m_{Z'}^2Z'^\rho Z'_\rho + g_{\mu-\tau}Z'_\rho J_{\mu-\tau}^\rho \\ Z'_{\rho\sigma} &\equiv \partial_\rho Z'_\sigma - \partial_\sigma Z'_\rho \\ J_{\mu-\tau}^\rho &\equiv \bar{\mu}\gamma^\rho\mu + \bar{\nu}_\mu\gamma^\rho P_L\nu_\mu - \bar{\tau}\gamma^\rho\tau - \bar{\nu}_\tau\gamma^\rho P_L\nu_\tau \end{aligned}$$

- マヨロン ϕ の相互作用

$$\mathcal{L}_\phi = h_{\alpha\beta}\bar{\nu}_{L,\alpha}\nu_{L,\beta}^c\phi + \text{H.c.}$$

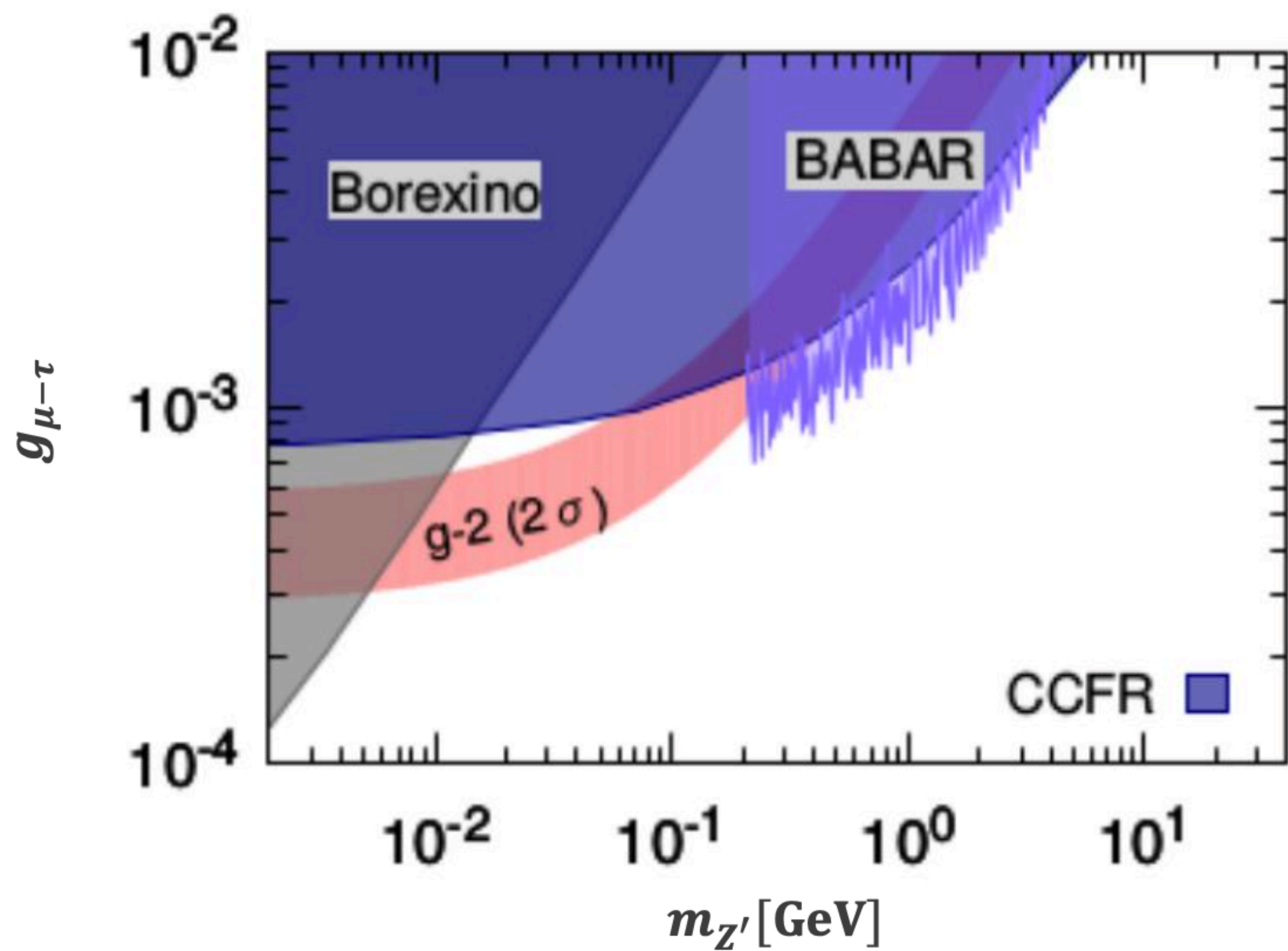


Figure: パラメータ領域 arXiv:1702.01497 [hep-ph] より引用

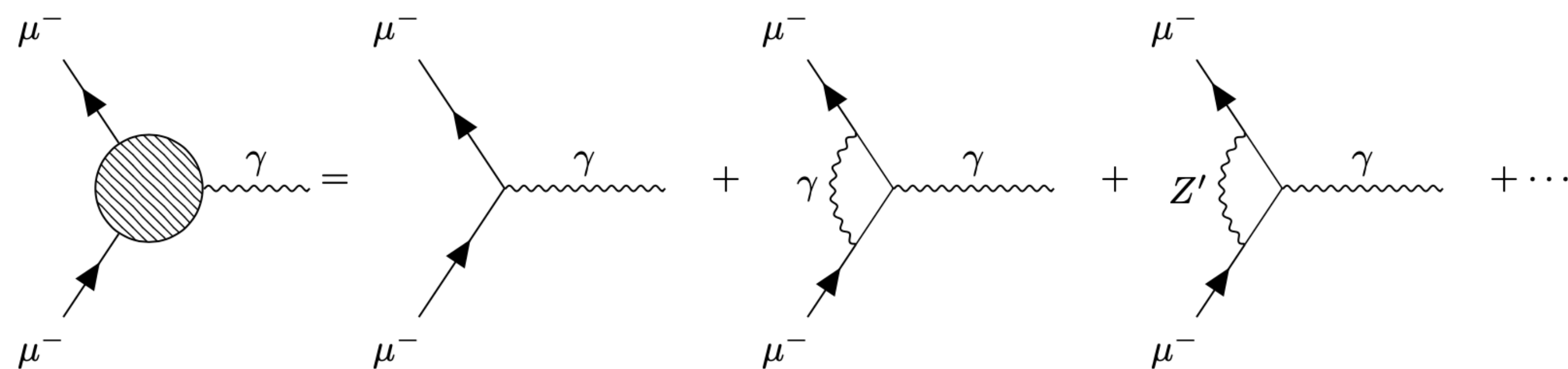
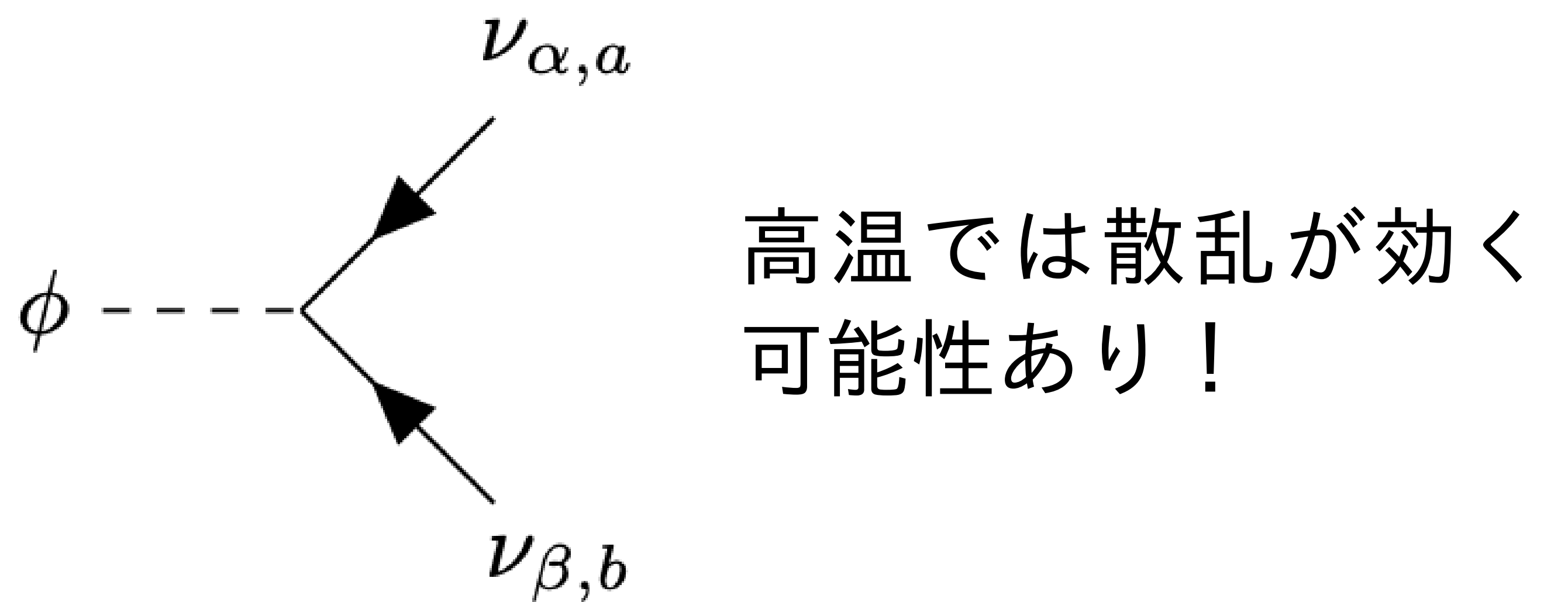
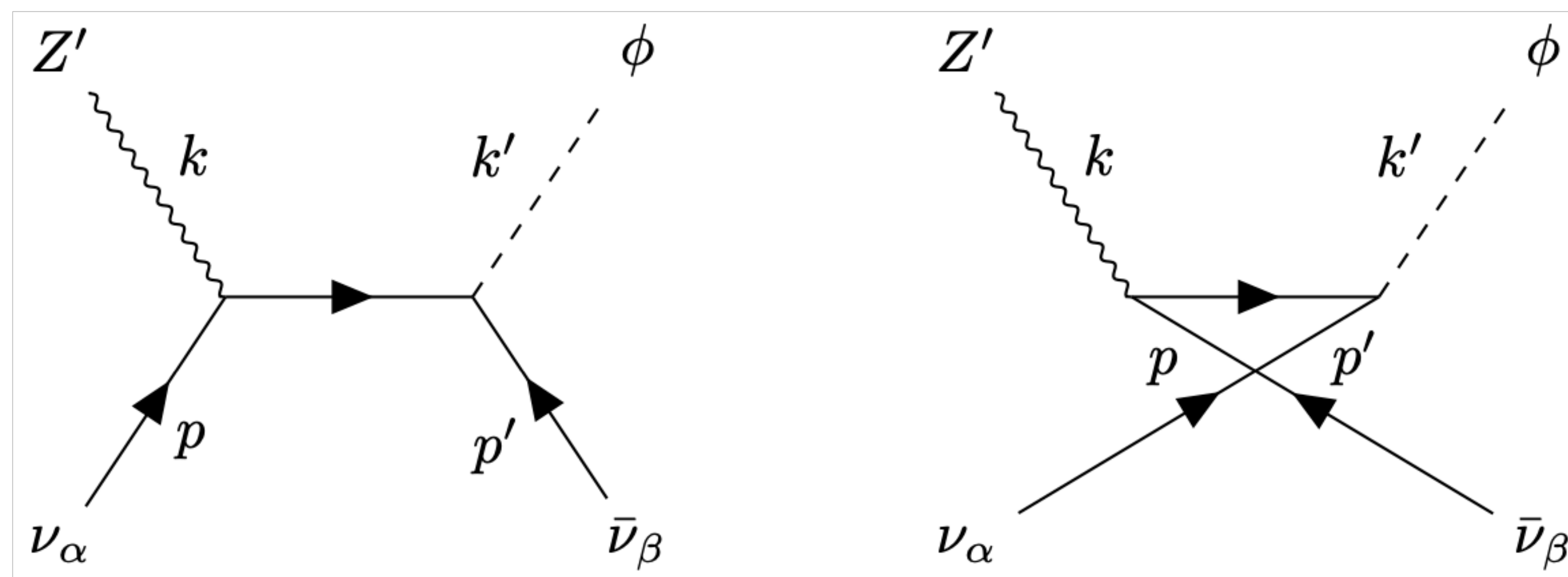


Figure: $g_{\mu-2}$ アノマリーに対する寄与

注目するダイアグラム



高温では散乱が効く可能性あり！



解く方程式

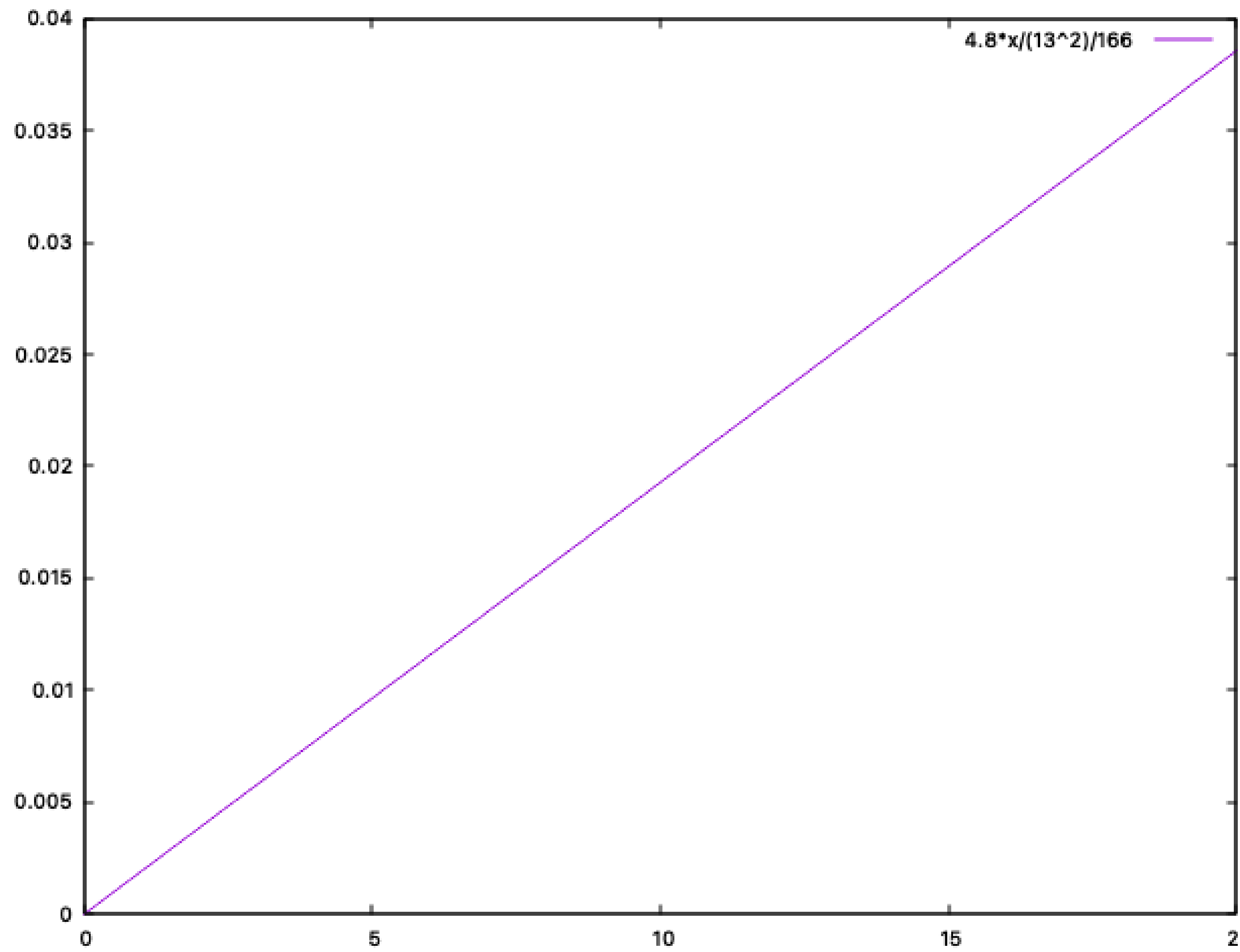
$$\begin{aligned} \frac{dT_\phi}{dt} &= -\left(\frac{\partial n_\phi}{\partial T_\phi}\right)^{-1} \left[3Hn_\phi - \frac{\delta n_\phi}{\delta t} \right] \\ \frac{dT_\nu}{dt} &= -\left(\frac{\partial n_\nu}{\partial T_\nu}\right)^{-1} \left[3Hn_\nu - \frac{\delta n_\nu}{\delta t} \right] \\ \frac{dT_{Z'}}{dt} &= -\left(\frac{\partial n_{Z'}}{\partial T_{Z'}}\right)^{-1} \left[3Hn_{Z'} - \frac{\delta n_{Z'}}{\delta t} \right] \end{aligned}$$

ただし,

$$\begin{aligned} \frac{\delta n_1}{\delta t} &= \int \frac{d^3\mathbf{p}_a}{(2\pi)^3} C[f_1] \\ &= \int d\Pi_1 d\Pi_2 d\Pi_3 d\Pi_4 \Lambda(\{f_i\}) (2\pi)^4 \\ &\quad \times \delta^{(4)}(p_1 + p_2 - p_3 - p_4) \sum_{\text{spins}} |\mathcal{M}|^2 \end{aligned}$$

結果

preliminary。横軸:GeV, 縦軸:無次元量



展望

GeVスケールの計算からMeVスケールの計算まで行う。

参考文献

arXiv:1909.08827 [hep-ph]
arXiv:2309.01162[hep-ph]
arXiv:2103.07167[hep-ph]