

1 アブストラクト

- ・軽いスカラー粒子、軽いフェルミオン粒子の自由度を付加した有効理論、「**拡張ヒッグス有効理論 (Generalized Higgs Effective Field Theory)**」を用いて解析した。
- ・「**拡張ヒッグス有効理論**」を用いて磁気双極子モーメントを計算し、**双極子モーメントと4-Fermi 演算子との相関関係を体系化できた。**
- ・上記の相関関係の、excited lepton 探索への応用を考えた

2 イントロダクション

「**拡張ヒッグス有効理論**」とは？

ヒッグス有効理論 (HEFT) に、軽いスカラー粒子・軽いフェルミオン粒子の自由度を付加した**拡張有効理論**

- ・ゲージ対称性のもとでの表現を区別しないことにする

$$\phi^i = (w^\pm, z^0, h, H^0, H^\pm, \dots)$$

$$\psi^i = (q_L, u_R, d_R, \dots, \Psi^0, \Psi^\pm, \dots)$$

- ・右の様なラグランジアンは、一見使い勝手が悪そう
異なる表現の粒子をひとまとめにしているため、対称性が見えづらい

- ・利点：**異なる物理量の間**の相関関係が**体系化される**

$$S_{\log} = \frac{1}{12\pi} \left[1 - \sum_{n=1}^{N_0} \kappa_{ZZ}^{\phi_n^0} \kappa_{ZZ}^{\phi_n^0} - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N_0} \sum_{m=1}^{N_0} \kappa_Z^{\phi_n^0 \phi_m^0} \kappa_Z^{\phi_n^0 \phi_m^0} \right] \ln \frac{\Lambda^2}{\mu^2}$$

R. Nagai, M. Tanabashi, K. Tsumura, 1409.1709

$$S_{\log} = \frac{1}{12\pi} \bar{t}^k \bar{t}^l \bar{R}^i{}_{jkl} \bar{l}^i{}_l \ln \frac{\Lambda^2}{\mu^2}$$

R. Nagai, M. Tanabashi, K. Tsumura, YU, 1904.07618

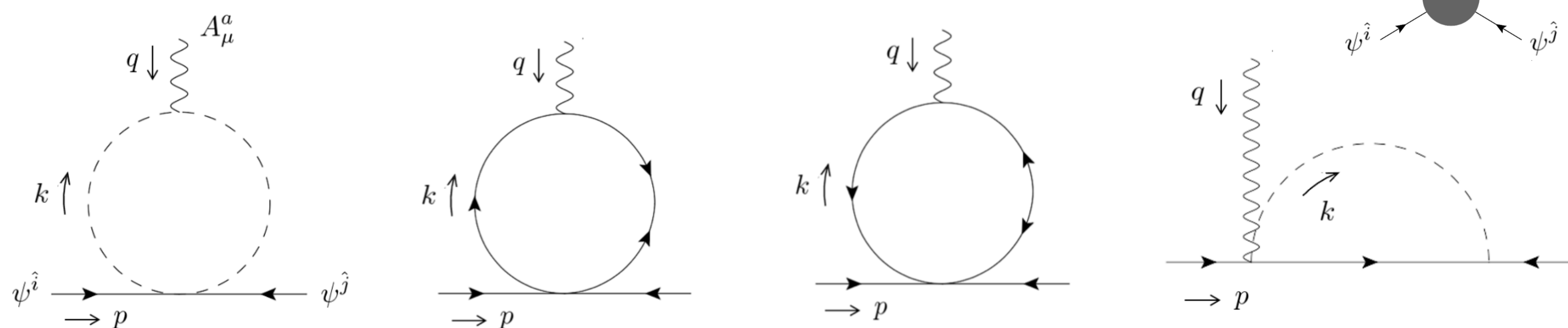
$$\bar{R}_{3n_1 3n_2} = -\frac{1}{v_Z^2} \left(\sum_m \kappa_Z^{\phi_{n_1}^0 \phi_m^0} \kappa_Z^{\phi_{n_2}^0 \phi_m^0} - \frac{v^2}{v_Z^2} \kappa_{ZZ}^{\phi_{n_1}^0} \kappa_{ZZ}^{\phi_{n_2}^0} \right)$$

拡張ヒッグス有効理論

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \frac{1}{2} g_{ij}(\phi) (D_\mu \phi)^i (D^\mu \phi)^j - V(\phi) \\ & + \frac{i}{2} \delta_{ij} \psi^{\dagger j} \bar{\sigma}^\mu (D_\mu \psi)^i + \text{H.c.} \\ & + A_{ij} \psi^i \psi^{\dagger j} \bar{\sigma}^\mu \psi^i (D_\mu \phi)^j \\ & - \frac{1}{2} M_{ij}(\phi) \psi^i \psi^j + \text{H.c.} \\ & + \frac{1}{8} S_{ij\hat{k}\hat{l}}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\hat{k}} \psi^{\hat{l}}) + \text{H.c.} \\ & + \frac{1}{4} S_{ij\hat{k}^* \hat{l}^*}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\dagger \hat{k}^*} \psi^{\dagger \hat{l}^*}), \end{aligned}$$

3 磁気双極子モーメント

- ・拡張ヒッグス有効理論において、双極子モーメントを評価



双極子モーメント: $d_{j\hat{i}} =$

$$d_{j\hat{i}} = \frac{-i}{(4\pi)^2} \bar{t}_{a\hat{n}}^{\hat{k}} m^{\hat{n}\hat{l}} \bar{S}_{i\hat{k}\hat{l}\hat{j}} \ln \frac{\Lambda^2}{\mu^2}$$

$$(D_\mu \psi)^i = \partial_\mu \psi^i - A_\mu^a \hat{t}_{a\hat{j}}^i(\phi) \psi^{\hat{j}}$$

- ・双極子モーメントには、
 - $\frac{1}{8} S_{ij\hat{k}\hat{l}}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\hat{k}} \psi^{\hat{l}})$ (Homogeneous) のみが効く
 - ✗ $\frac{1}{4} S_{ij\hat{k}^* \hat{l}^*}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\dagger \hat{k}^*} \psi^{\dagger \hat{l}^*})$ (non-Homogeneous)

拡張ヒッグス有効理論における磁気双極子モーメント

uchida.yoshiki@phys.kyushu-u.ac.jp

長井 遼、棚橋 誠治 (名古屋大)、津村 浩二 (九州大)、○内田 祥紀 (九州大 → 華南師範大学)

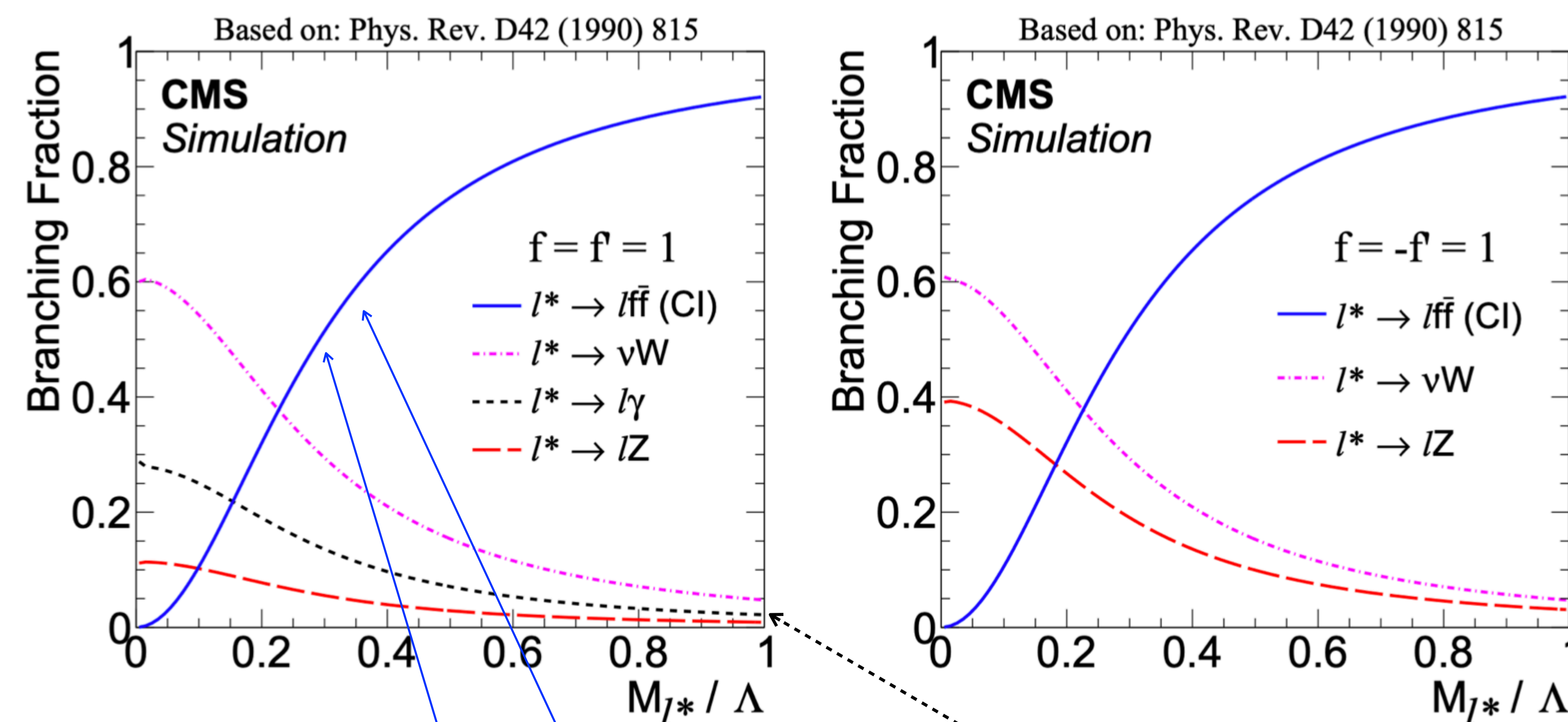
4 現象論への応用

Excited lepton ... 標準模型レプトンと同じ量子数を持つ重いレプトン

例) $l_{L,R}^* \in \mathbf{2}_{-\frac{1}{2}}$, $e_{L,R}^* \in \mathbf{1}_{-1}$

V. Khachatryan et. al., [CMS] 1511.01407

Excited lepton 探索



- ・Homodoublet type を仮定

$$l_L^* = \begin{pmatrix} \nu^* \\ e^* \end{pmatrix}_L, \quad l_R^* = \begin{pmatrix} \nu^* \\ e^* \end{pmatrix}_R$$

- ・Excited lepton は主に

- ① 4-Fermi 演算子
- ② 双極子演算子

を介して崩壊

- ① or ② どちらの mode が効くかは、Excited lepton の質量によって異なる (左図)

- ① 4-Fermi 演算子

$$e^* \rightarrow eee$$

$$\frac{c_1}{\Lambda^2} (\bar{l}_L^* \gamma_\mu l_L) (\bar{l}_L \gamma^\mu l_L)$$

$$\frac{c_2}{\Lambda^2} (\bar{l}_L^* \gamma_\mu l_L) (\bar{e}_R \gamma^\mu e_R)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} S_{ij\hat{k}^* \hat{l}^*}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\dagger \hat{k}^*} \psi^{\dagger \hat{l}^*})$$

$$e^* \rightarrow eqq$$

$$\frac{c_3}{\Lambda^2} (\bar{l}_L^* \sigma_{\mu\nu} e_R) \epsilon_{ab} (\bar{q}_L^b \sigma^{\mu\nu} u_R)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8} S_{ij\hat{k}\hat{l}}(\phi) (\psi^i \psi^j) (\psi^{\hat{k}} \psi^{\hat{l}})$$

- ② 双極子演算子

$$e^* \rightarrow e\gamma$$

$$\frac{c_4}{\Lambda^2} F_{\mu\nu} \bar{l}_L^* \sigma^{\mu\nu} e_R H$$

$$\Rightarrow \frac{-i}{(4\pi)^2} \bar{t}_{a\hat{n}}^{\hat{k}} m^{\hat{n}\hat{l}} \bar{S}_{i\hat{k}\hat{l}\hat{j}} \ln \frac{\Lambda^2}{\mu^2}$$

$e^* \rightarrow eqq$ と $e^* \rightarrow e\gamma$ の間に
下の様な相関関係

$$\mu \frac{d}{d\mu} c_4 = \frac{1}{3e\pi^2} c_3 [Y_u]$$

$$\mathcal{L}_{\text{Yukawa}} = -Y_u \bar{u} \tilde{H}^\dagger q + \text{h.c.}$$

5 Summary

- ・軽いスカラー粒子、軽いフェルミオン粒子の自由度を付加した有効理論、「**拡張ヒッグス有効理論 (Generalized Higgs Effective Field Theory)**」において、双極子モーメントを計算した
- ・双極子モーメントを、Homogeneous な 4-Fermi 演算子を用いて体系的に表した $d_{j\hat{i}} = \frac{-i}{(4\pi)^2} \bar{t}_{a\hat{n}}^{\hat{k}} m^{\hat{n}\hat{l}} \bar{S}_{i\hat{k}\hat{l}\hat{j}} \ln \frac{\Lambda^2}{\mu^2}$
- ・excited lepton の「homodoublet type」呼ばれる模型において、
 - ・ $e^* \rightarrow eee$ は non-homogeneous な 4-Fermi 演算子によって引き起こされる
 - ・ $e^* \rightarrow eqq$ は homogeneous な 4-Fermi 演算子によって引き起こされる

こちらのみが $e^* \rightarrow e\gamma$ と相関を持ちうる