

Vector-like Lepton モデルにおける Lepton Dipole Moments で探る新物理



尾崎 弦太 (東京大学理学系研究科 物理学専攻 博士1年)

Based on our work: K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.

東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

背景: muon g-2 問題

標準模型理論値 ≠ 実験値

↑ Vector-like Lepton モデルで説明可能

(g-2 ... 磁気双極子モーメントを特徴づける物理量
EDM ... 電気双極子モーメントの略)

研究: muon/electron EDM への新たな寄与を計算

将来実験で見える可能性あり!!

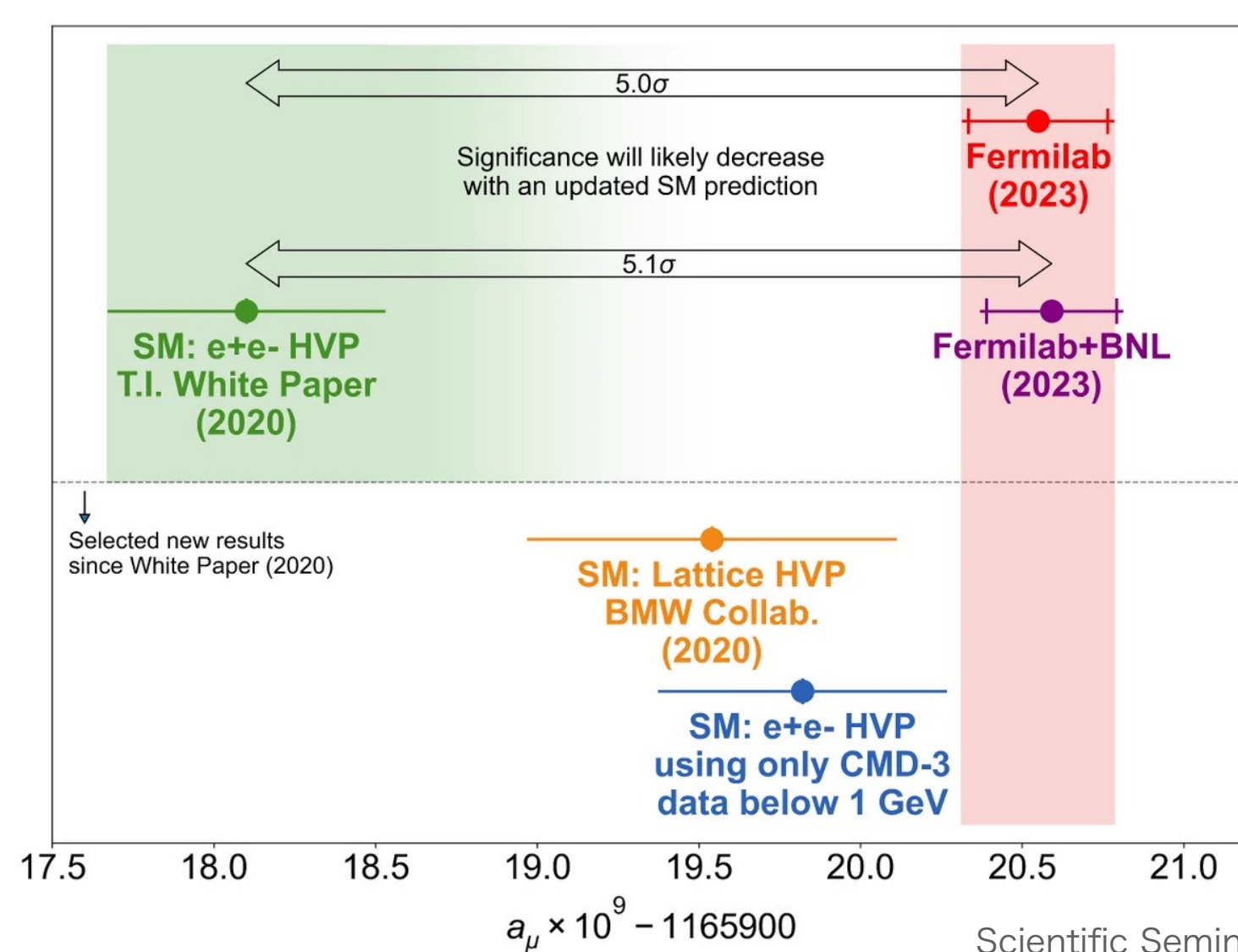
1. Lepton dipole moments

$$H = -\vec{m} \cdot \vec{B} - \vec{d} \cdot \vec{E}$$

\vec{m} ... 磁気双極子モーメント
 \vec{d} ... 電気双極子モーメント

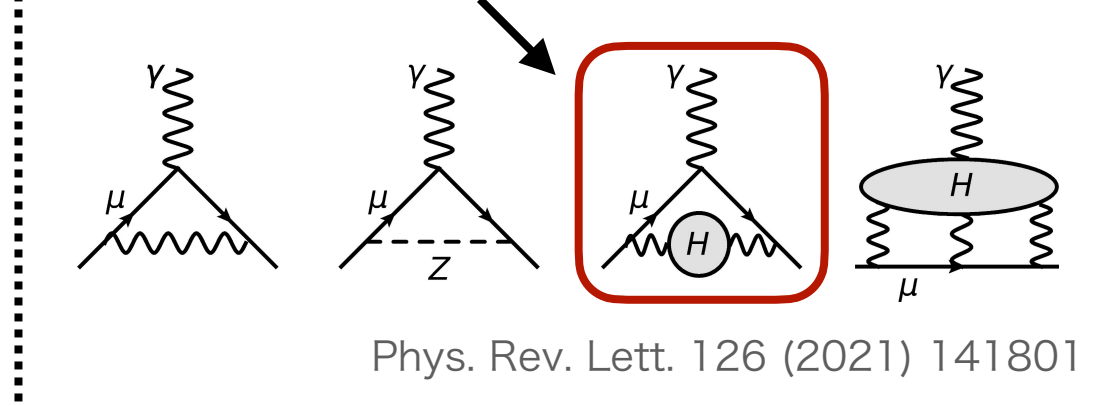
muon g-2 問題

スピン由来の磁気双極子モーメント ... $\vec{m} = g \frac{Qe}{2m} \vec{s}$, $a = \frac{g-2}{2}$



標準模型理論値と実験値が 5.1σ 程度ずれている(左図)。

理論計算は一枚岩ではない... (HVPからの寄与の計算方法が異なる)



電気双極子モーメント(EDM)はCP対称性を破る

離散対称性

	E	B	d or m
P	-	+	+
C	-	-	-
T	+	-	-

$\propto \vec{s}$

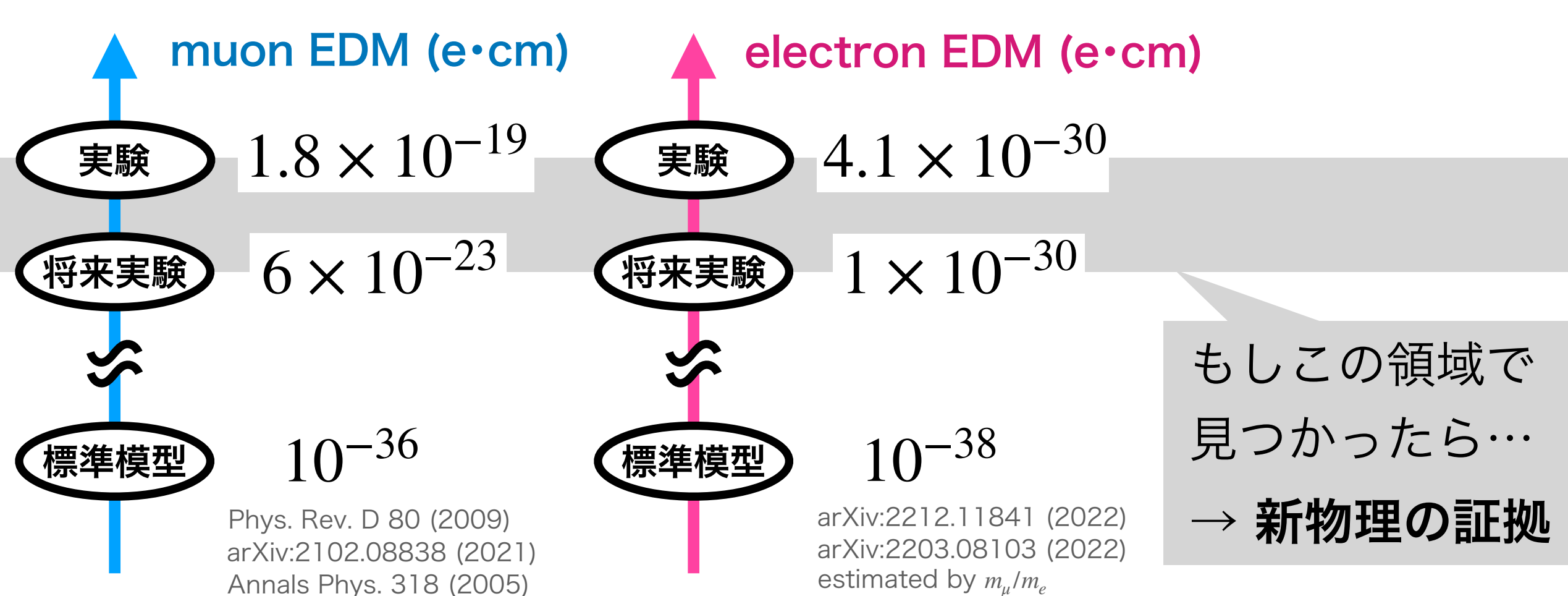
$$H = -\vec{m} \cdot \vec{B} - \vec{d} \cdot \vec{E}$$

CP even CP odd

T: - - - +

EDMの存在 → CP対称性の破れ

muon/electron EDM の理論値・実験値



もしこの領域で見つかったら... → 新物理の証拠

2. Vector-like Lepton モデル

	μレプトン Higgs			新粒子	
	ℓ_L	μ_R	H	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	1	1	1	1	1
$SU(2)_L$	2	1	2	2	1
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	-1

(Vector-like ... LとRの) ゲージ変換性が同値

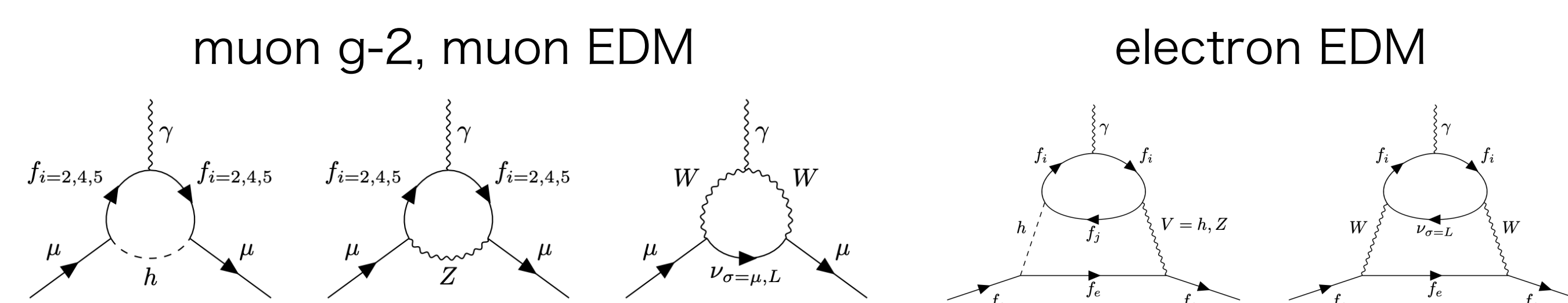
μ世代レプトンと結合

$$\mathcal{L} \supset -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + h.c.$$

CP対称性を破る 2つの位相 $\phi_\lambda = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^*)$
 $\phi_{\bar{\lambda}} = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* M_L M_E \bar{\lambda}^*)$ → EDMの起源

3. 研究方法

g-2, EDM への新たな寄与を最低次で計算



サンプル点(モデルパラメータの値)をランダムに生成

パラメータ	範囲
M_L, M_E	1 - 5 TeV
$ \lambda_L , \lambda_E $	実験からの制限
$ \lambda , \bar{\lambda} $	0 - 1
$\phi_\lambda, \phi_{\bar{\lambda}}$	0 - 2π
y_μ	$m_{i=2} = m_\mu$ の解

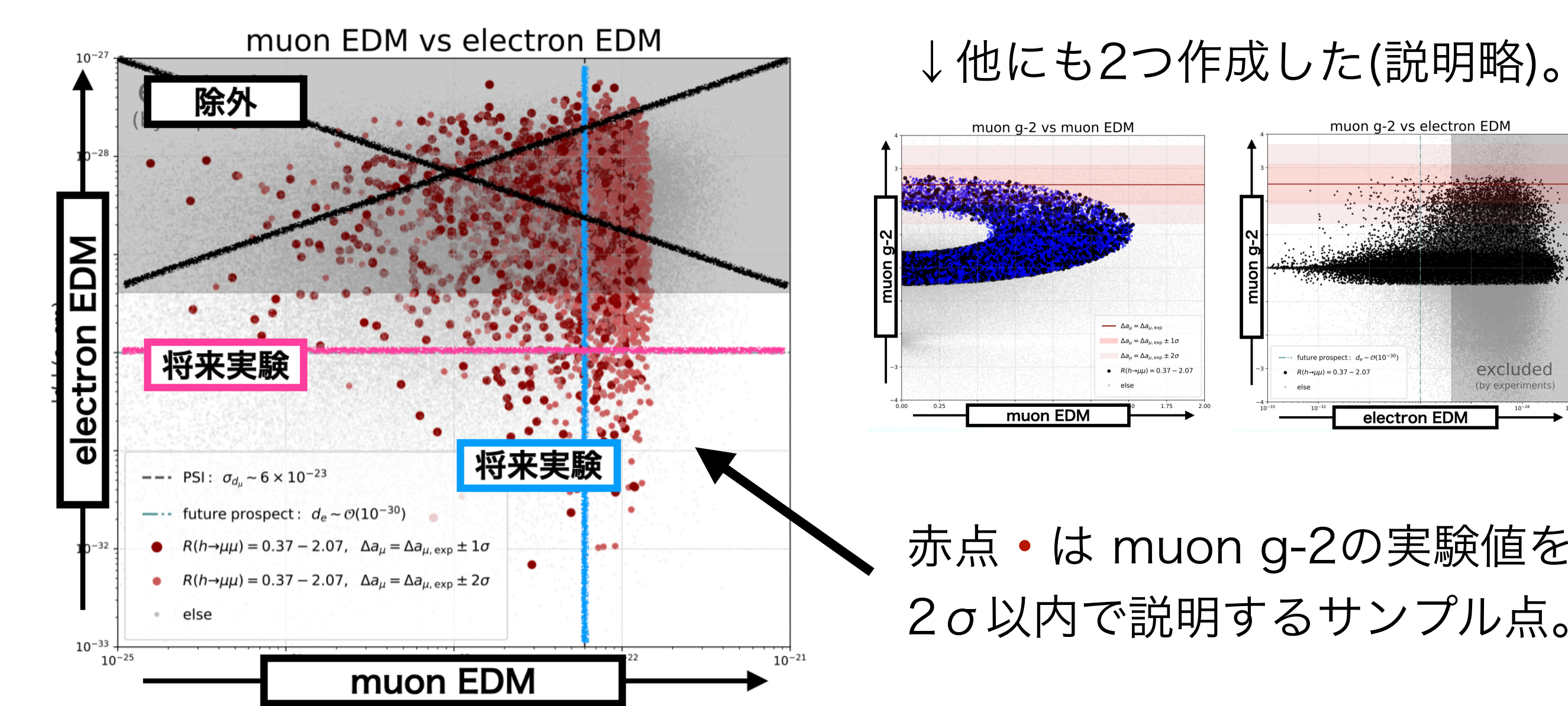
サンプル点をおよそ10⁵個生成した。

実験事実による制限
・ $h \rightarrow \mu^+ \mu^-$ 崩壊過程
・ Electroweak precision
・ g-2/EDM 実験

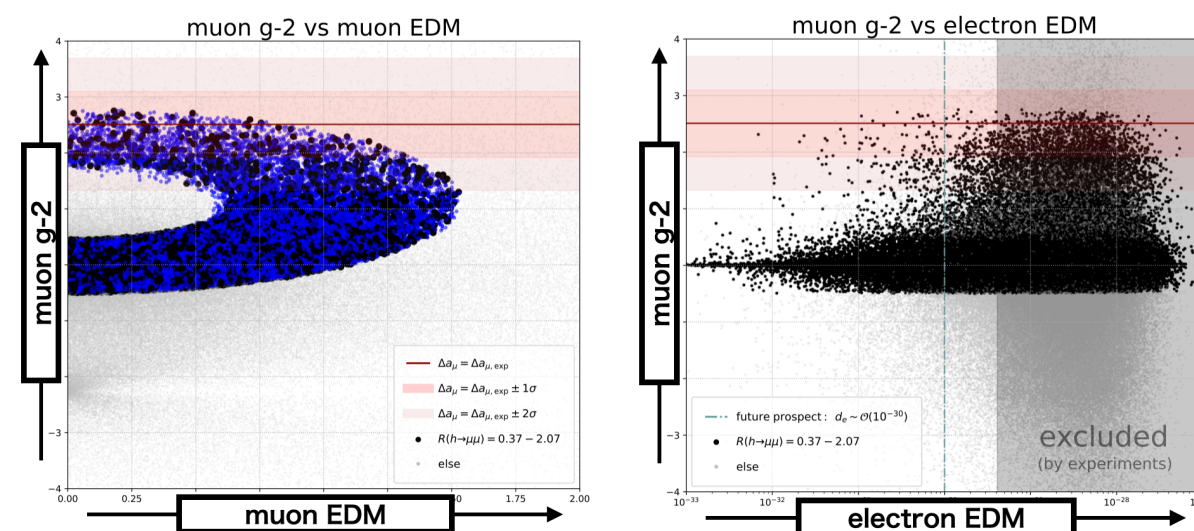
相関散布図を作成し、将来実験と比較

muon g-2 問題を説明しつつ、将来実験で muon EDM, electron EDMが検出されるようなサンプル点があるかどうかを調べた。

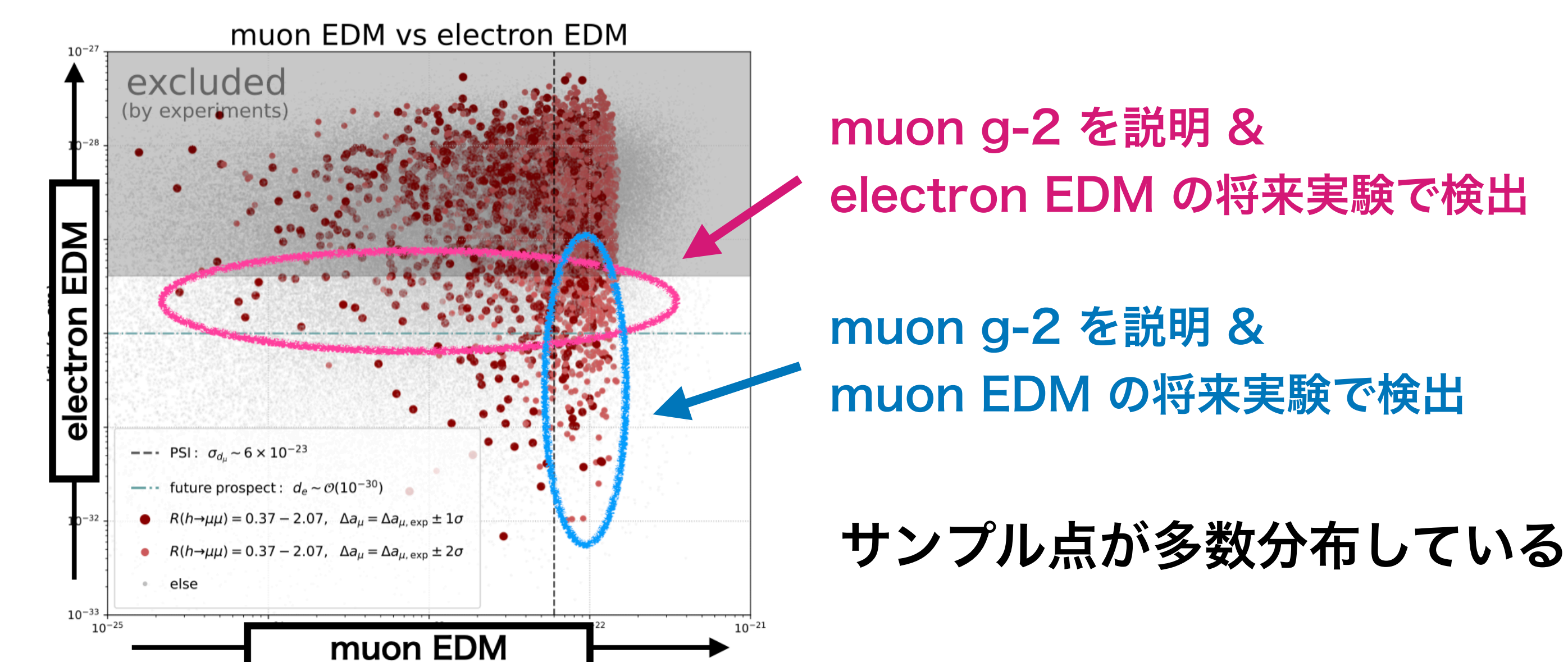
4. 結果と考察



↓他にも2つ作成した(説明略)。



赤点・は muon g-2の実験値を 2σ以内で説明するサンプル点。



muon g-2 を説明 & electron EDM の将来実験で検出

muon g-2 を説明 & muon EDM の将来実験で検出

サンプル点が多数分布している

結論

Vector-like Lepton モデルが正しい場合、muon, electron EDM が将来実験で検出される可能性がある!!