

# Vector-like Leptonモデルにおける Lepton Dipole Momentsへの 新たな寄与について

(New Contributions to Lepton Dipole Moments  
in Vector-like Lepton Models)

2023/3/17

東京大学理学系研究科 物理学専攻 修士2年 尾崎 弦太

# About the title

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

# About the title

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について



# About the title

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

磁気双極子モーメント  
電気双極子モーメント



# About the title

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$

電気双極子モーメント

# About the title

## Vector-like Leptonモデルにおける Lepton Dipole Momentsへの 新たな寄与について

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型  
理論値  $\neq$  実験値

# About the title

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

磁気双極子モーメント → muon g-2  
電気双極子モーメント

標準模型理論値 ≠ 実験値



# About the title

標準模型のシンプルな拡張

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型  
理論値  $\neq$  実験値

# About the title

標準模型のシンプルな拡張

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

説明

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型  
理論値  $\neq$  実験値

# About the title

標準模型のシンプルな拡張

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

説明

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型理論値  $\neq$  実験値

muon EDM  
electron EDM



# About the title

標準模型のシンプルな拡張

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

説明

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型理論値  $\neq$  実験値

muon EDM  
electron EDM

新たな寄与

# About the title

標準模型のシンプルな拡張

Vector-like Leptonモデルにおける  
Lepton Dipole Momentsへの  
新たな寄与について

説明

磁気双極子モーメント → muon  $g-2$   
電気双極子モーメント

標準模型理論値  $\neq$  実験値

muon EDM  
electron EDM

新たな寄与

将来実験で見えるかも!?

# Summary

- **Vector-like leptonモデルは muon g-2 実験を説明する**新物理モデル
- Muon g-2, muon EDM, electron EDM への新たな寄与を計算
- パラメータの組をランダムに $10^5$ 個生成し相関散布図を作成
- Muon g-2 の実験値の $1\sigma$ ,  $2\sigma$  範囲に収まりつつ、 muon, electron EDMの将来実験の精度 (  $6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm} < |d_\mu|$ ,  $1 \times 10^{-30} < |d_e| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$  ) の範囲内にサンプル点が多数分布していた
- 将来実験で**muon, electron EDMが検出される**可能性がある



# Today's menu

- **Lepton dipole moments** (10 min)
- **Vector-like leptons** (3 min)
- **Method** (2 min)
- **Result** (5 min)

# Lepton dipole moments

# Lepton Dipole Moments

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



# Lepton Dipole Moments

磁気双極子モーメント (MDM)

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

# Lepton Dipole Moments

磁気双極子モーメント (MDM)

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

電気双極子モーメント (EDM)

# Lepton Dipole Moments

磁気双極子モーメント (MDM)

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

電気双極子モーメント (EDM)

$$\vec{m} = g \frac{Qe}{2m} \vec{s} \qquad \vec{d} = \eta \frac{Qe}{2mc} \vec{s}$$



# Lepton Dipole Moments

磁気双極子モーメント (MDM)

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

電気双極子モーメント (EDM)

$$\vec{m} = g \frac{Qe}{2m} \vec{s} \qquad \vec{d} = \eta \frac{Qe}{2mc} \vec{s}$$

$$a = \frac{g - 2}{2} \quad : \text{異常磁気モーメント}$$

# Lepton Dipole Moments

磁気双極子モーメント (MDM)

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

電気双極子モーメント (EDM)

$$\vec{m} = g \frac{Qe}{2m} \vec{s} \qquad \vec{d} = \eta \frac{Qe}{2mc} \vec{s}$$

$$a = \frac{g - 2}{2} \leftarrow \text{Dirac 方程式の予言} : \text{異常磁気モーメント}$$

# EDM from CP violation

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



# EDM from CP violation

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

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

$\propto \vec{S}$

表 3.1 電磁場および電気/磁気双極子モーメントの離散対称性

# EDM from CP violation

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

$$T: \quad - \quad - \quad - \quad +$$

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

$\propto \vec{S}$

表 3.1 電磁場および電気/磁気双極子モーメントの離散対称性

# EDM from CP violation

CP even

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

$T: \quad - \quad - \quad - \quad +$

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

$\propto \vec{S}$

表 3.1 電磁場および電気/磁気双極子モーメントの離散対称性



# EDM from CP violation

$$H = - \overset{\text{CP even}}{\vec{m} \cdot \vec{B}} - \overset{\text{CP odd}}{\vec{d} \cdot \vec{E}}$$

$T: \quad - \quad - \quad - \quad +$

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

$\left\{ \begin{array}{l} \propto \vec{S} \end{array} \right.$

表 3.1 電磁場および電気/磁気双極子モーメントの離散対称性

# EDM from CP violation

$$H = - \overset{\text{CP even}}{\vec{m} \cdot \vec{B}} - \overset{\text{CP odd}}{\vec{d} \cdot \vec{E}}$$

$T: \quad - \quad - \quad - \quad +$

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

$\propto \vec{S}$

電気双極子モーメントの存在  
→ CP 対称性の破れ

表 3.1 電磁場および電気/磁気双極子モーメントの離散対称性

# Standard model prediction

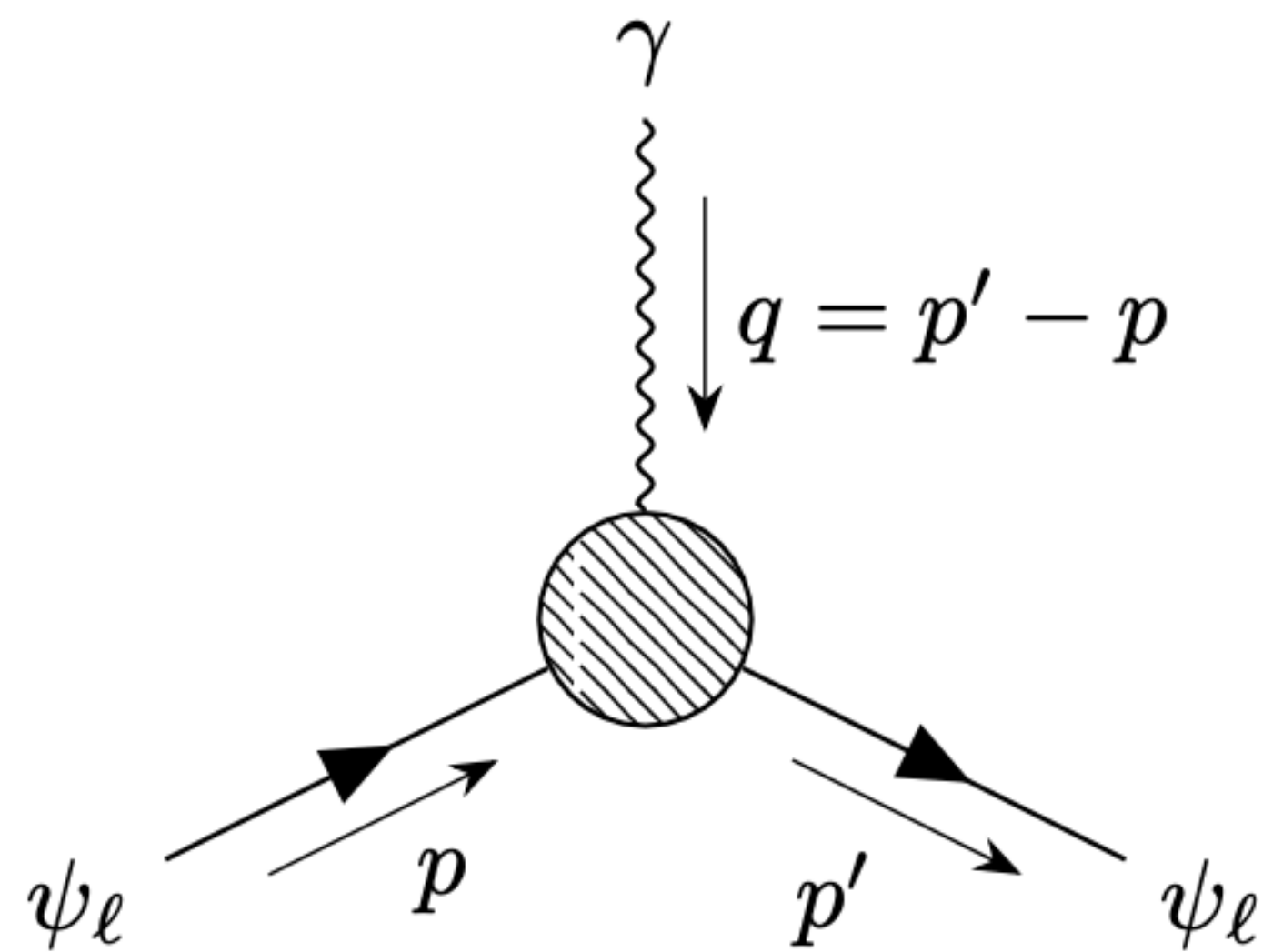


図 3.1 3点関数の Feynman diagram

$$a_{\mu}^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

Phys. Rept. **887** (2020)

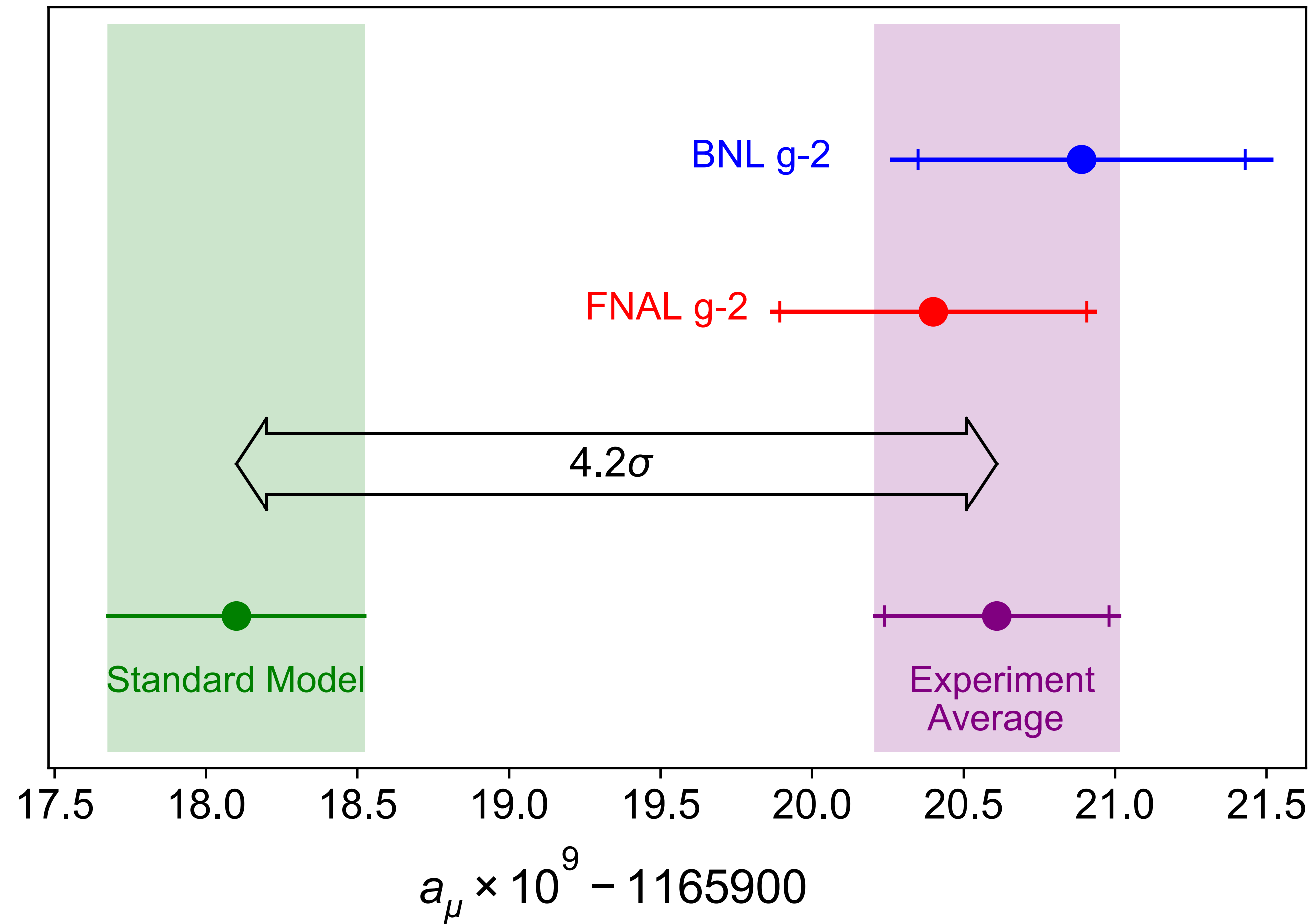
$$d_e^{\text{SM}} \leq 10^{-38} e \cdot \text{cm}$$

Annals Phys. **318** (2005)

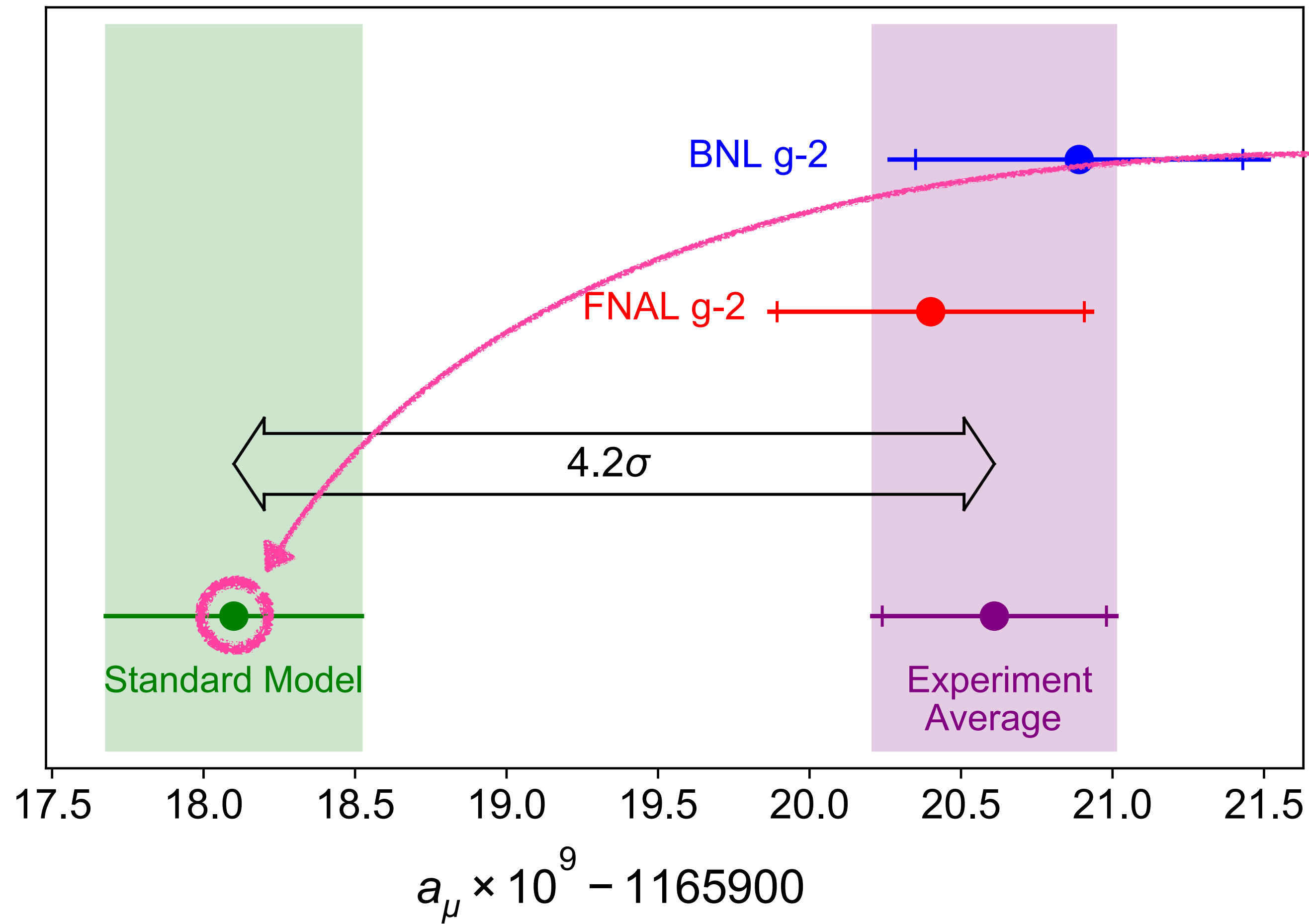
$$d_{\mu}^{\text{SM}} \leq \frac{m_{\mu}}{m_e} d_e^{\text{SM}} \sim 10^{-36} e \cdot \text{cm}$$



# Muon $g-2$ experiment

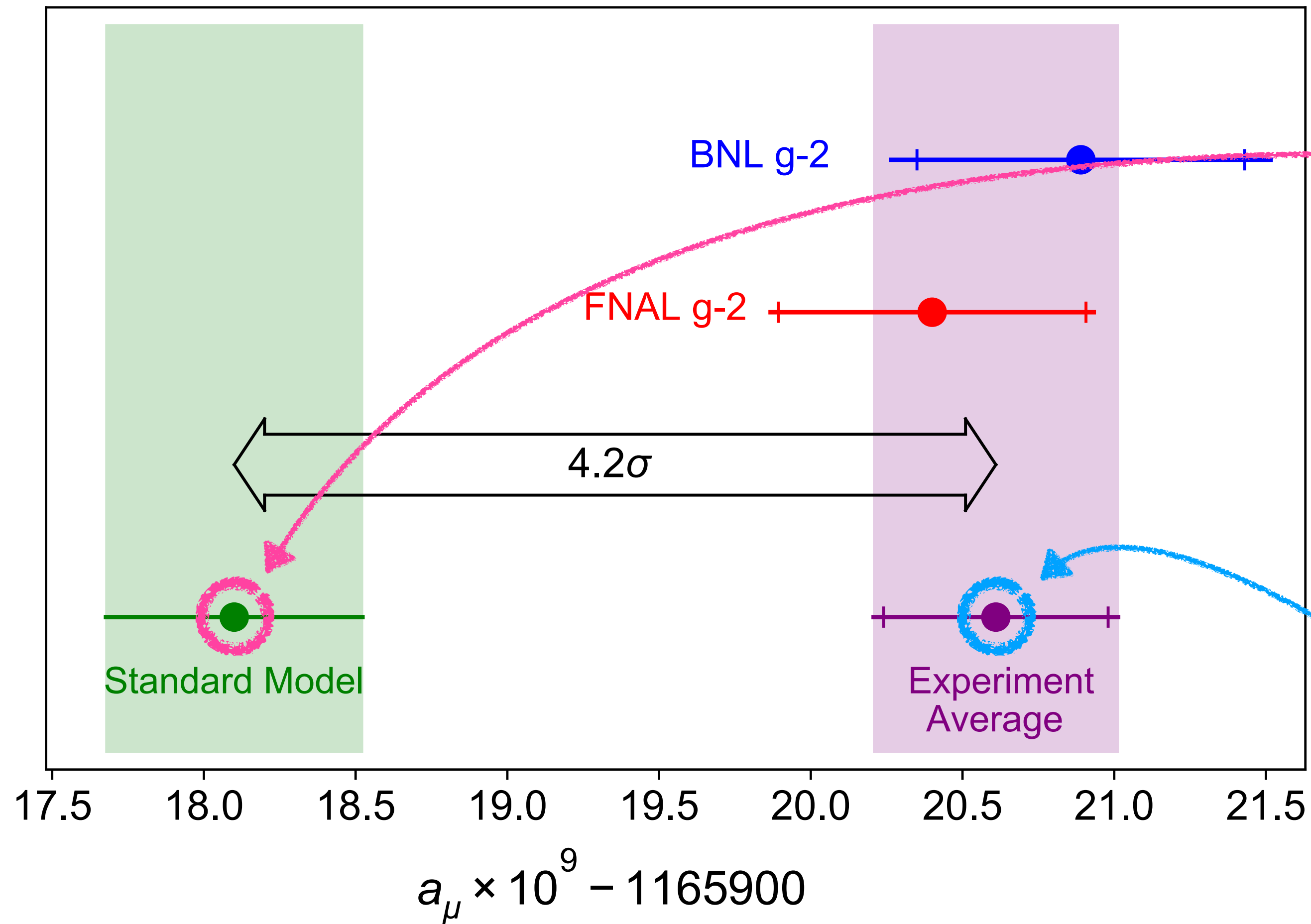


# Muon g-2 experiment



$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

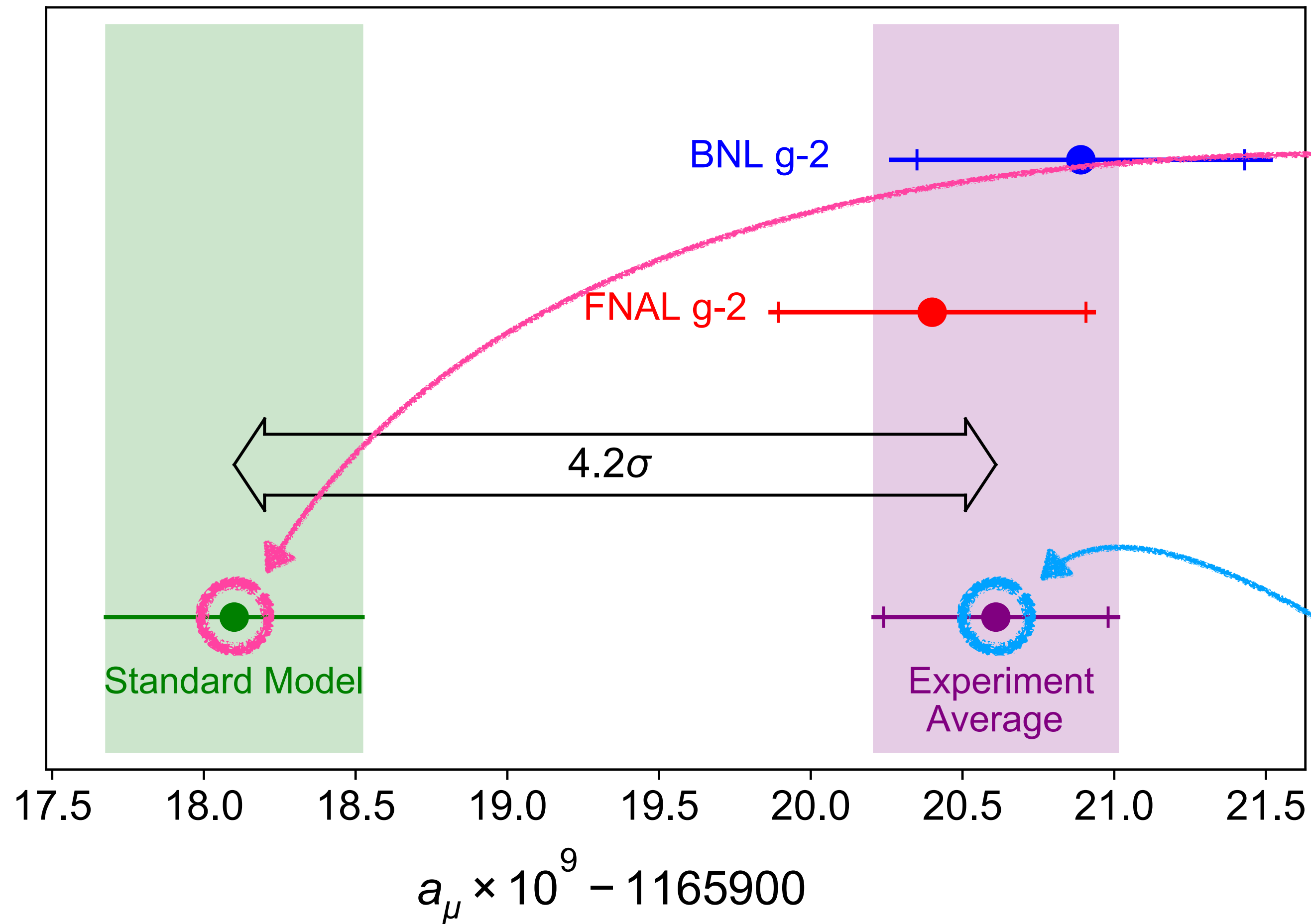
# Muon g-2 experiment



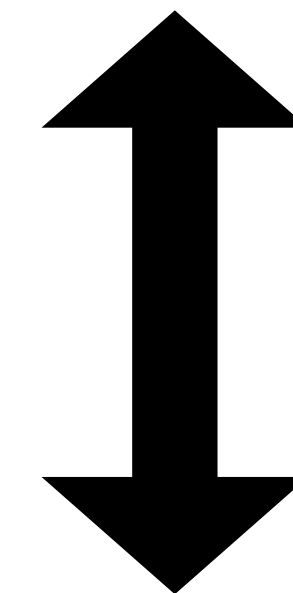
$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

$$a_\mu^{\text{Ave}} = 116\,592\,061(41) \times 10^{-11}$$

# Muon g-2 experiment



$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

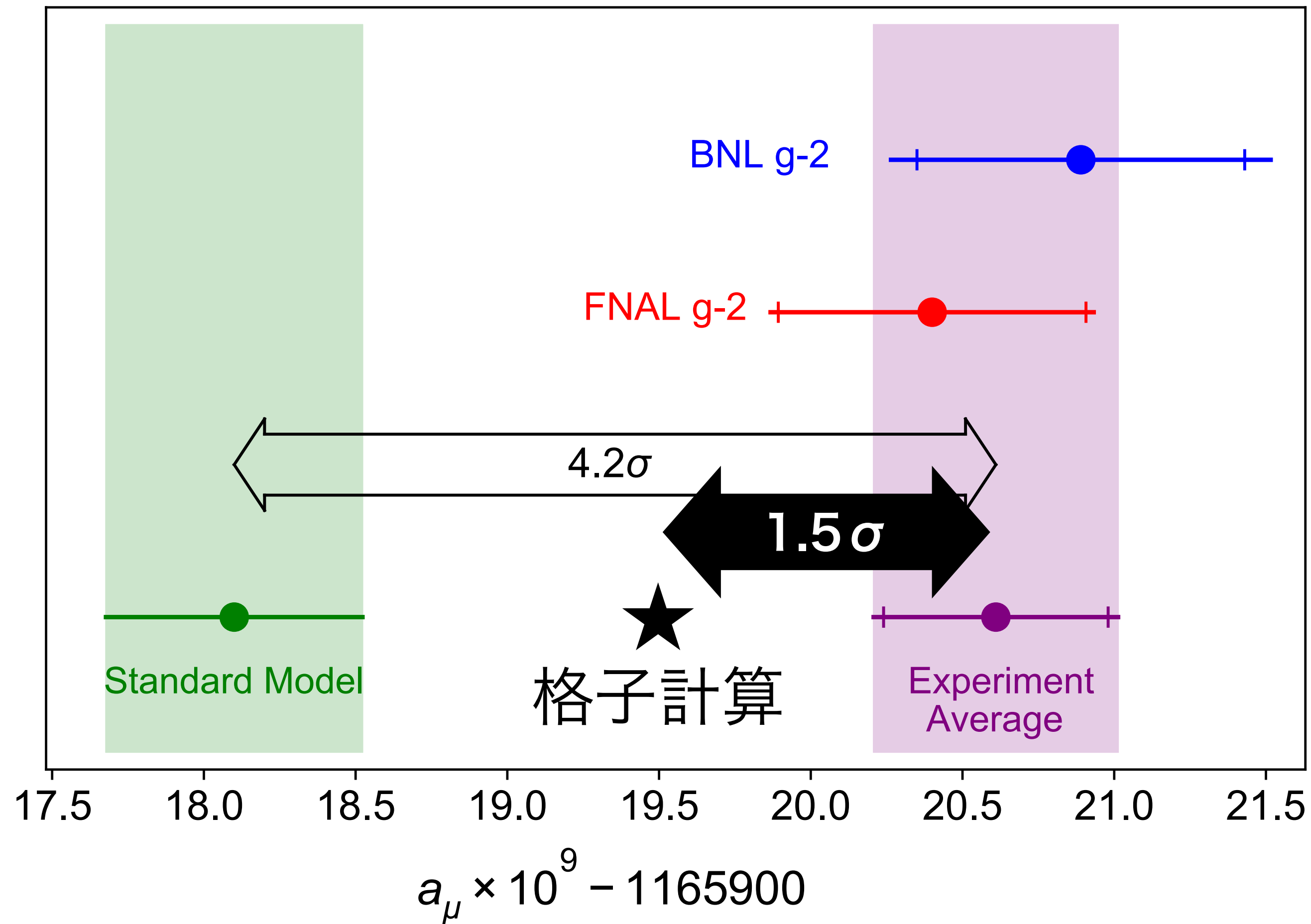


4.2 $\sigma$  の差!!

$$a_\mu^{\text{Ave}} = 116\,592\,061(41) \times 10^{-11}$$



# Muon g-2 experiment



$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

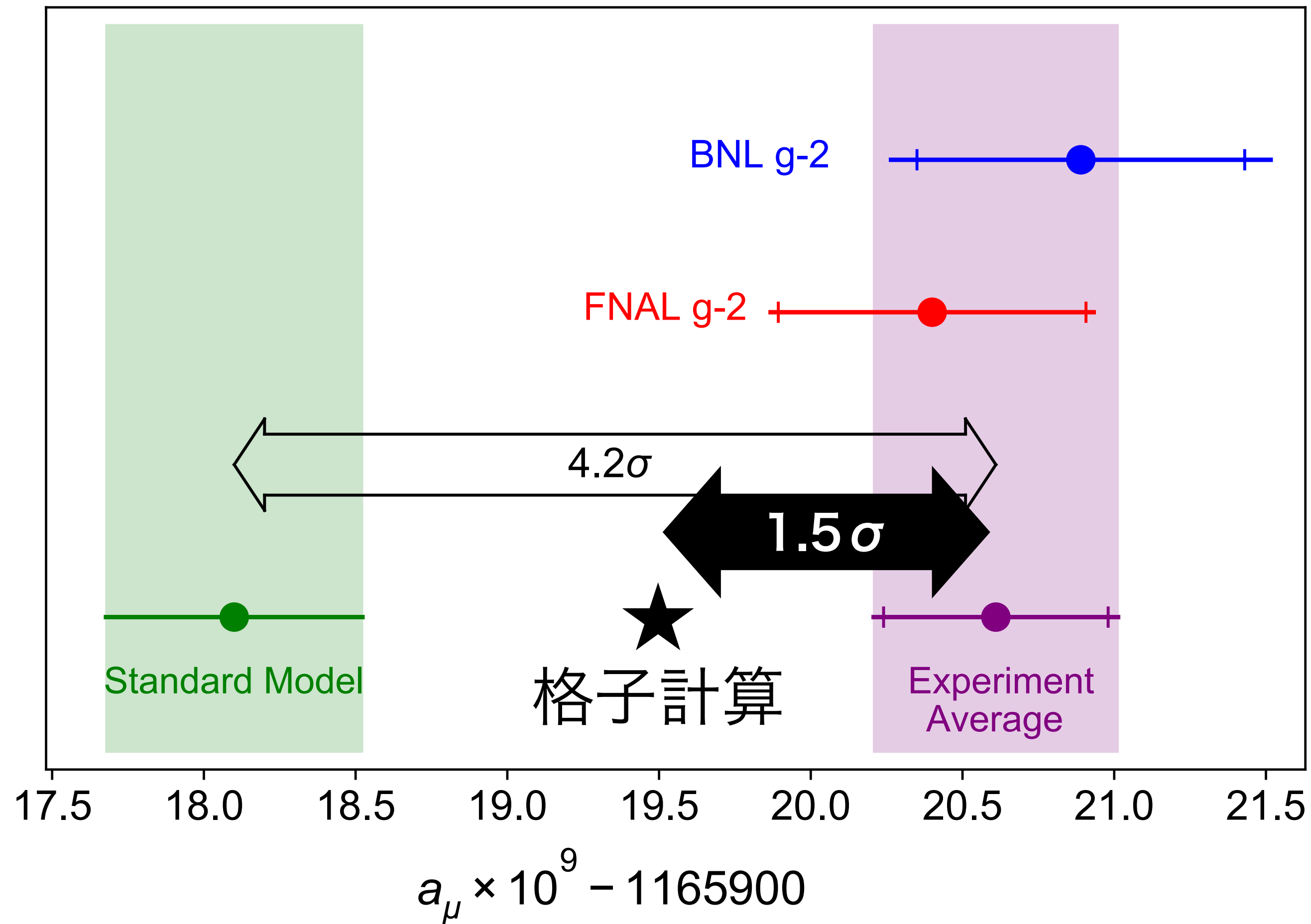
$4.2\sigma$  の差!!

$$a_\mu^{\text{Ave}} = 116\,592\,061(41) \times 10^{-11}$$

S. Borsanyi, et al., Nature 593, 51–55 (2021).

Phys. Rev. Lett. **126** (2021) 141801

# Muon g-2 experiment



$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$$

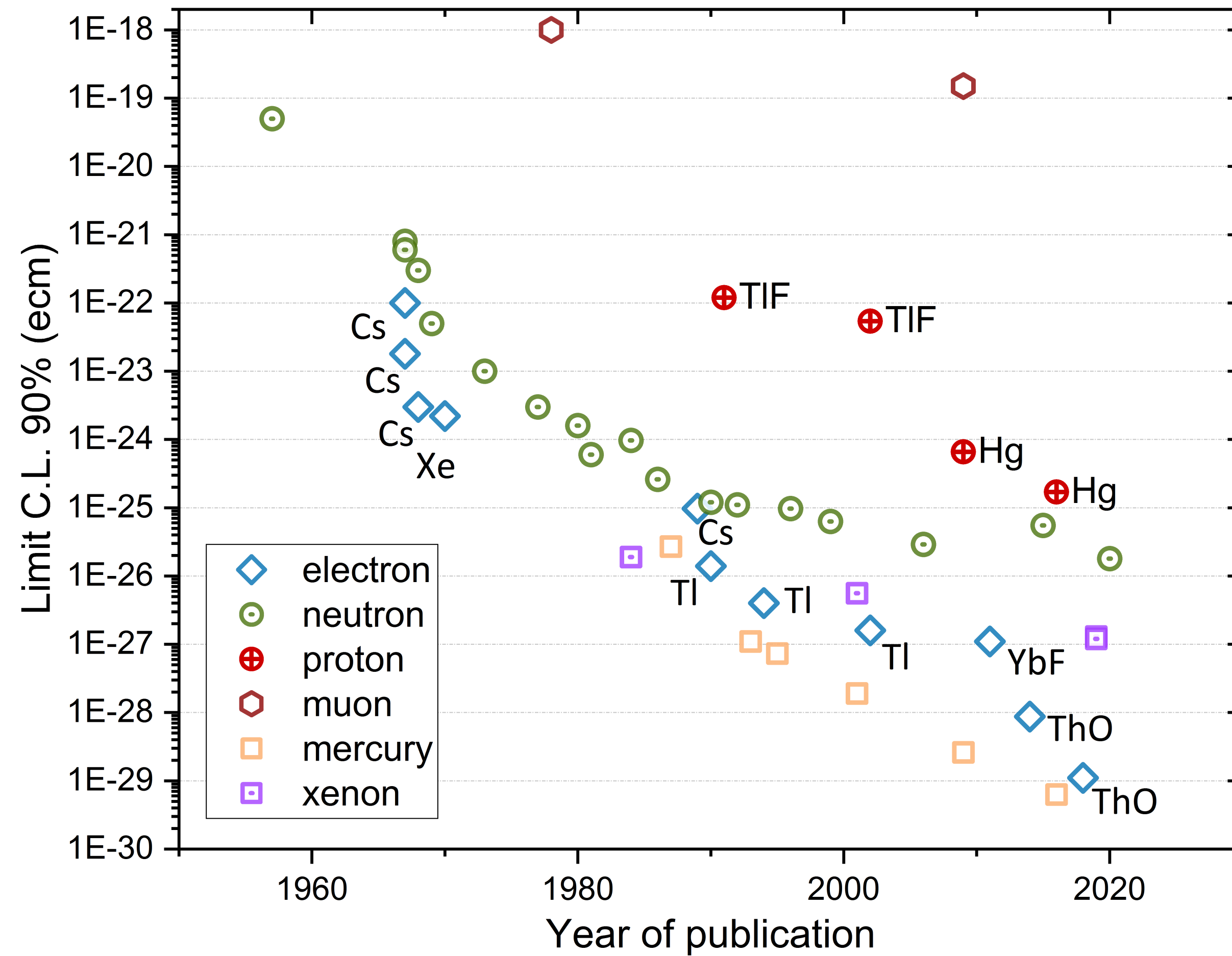


4.2 $\sigma$  の差!!

$$a_\mu^{\text{Ave}} = 116\,592\,061(41) \times 10^{-11}$$

muon g-2 は解消される…?

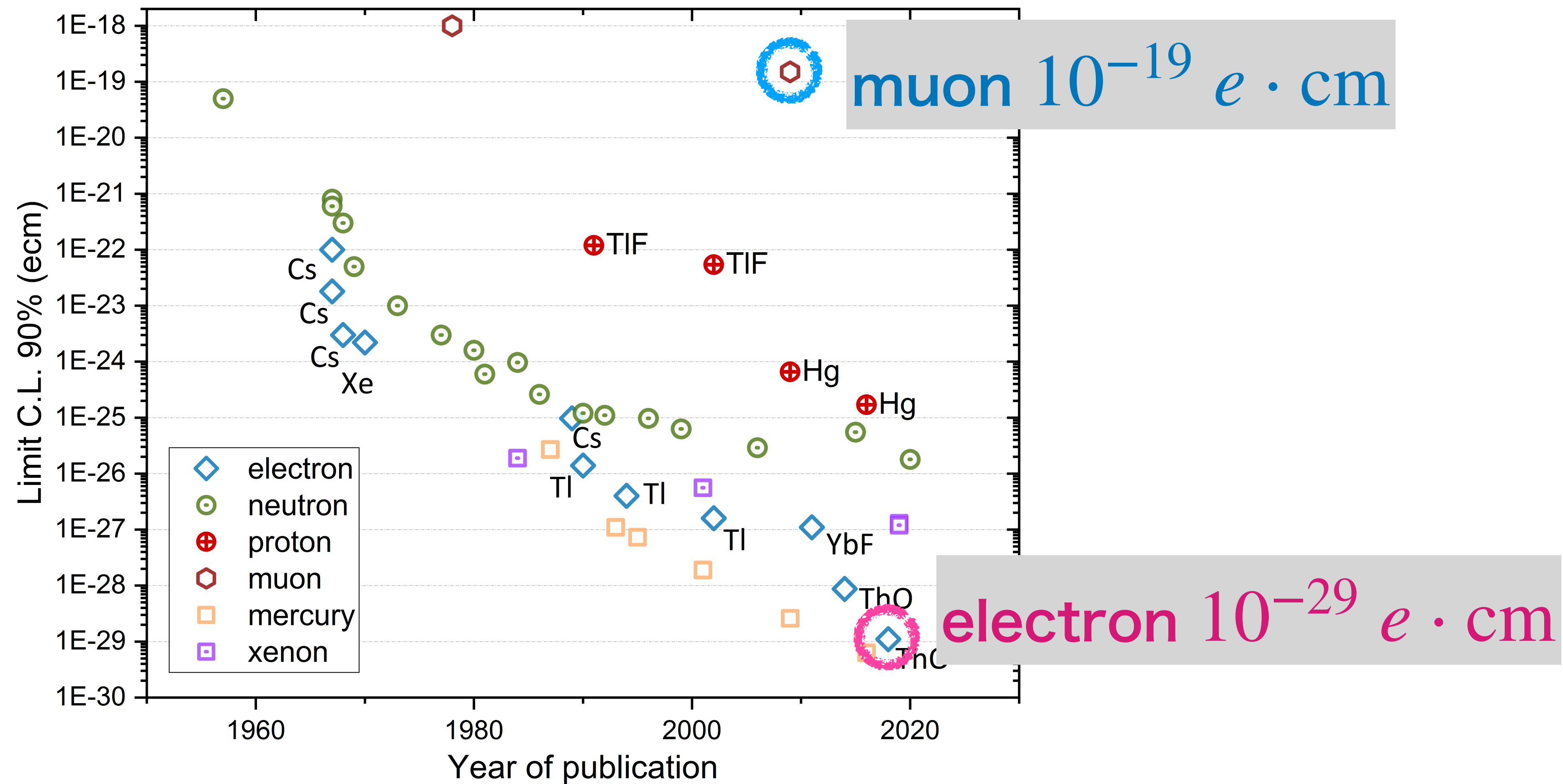
# Muon, electron EDM experiment



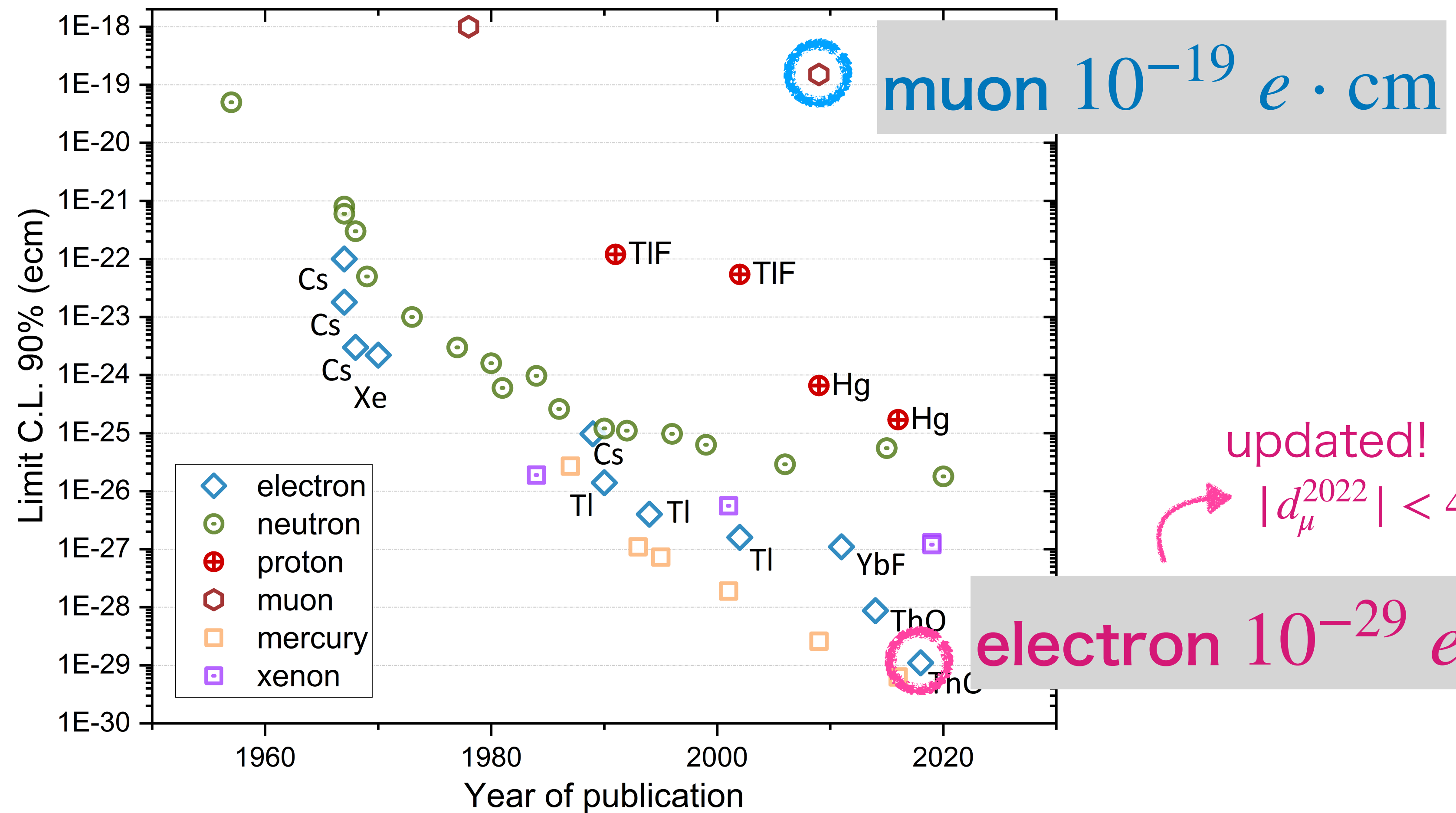




# Muon, electron EDM experiment



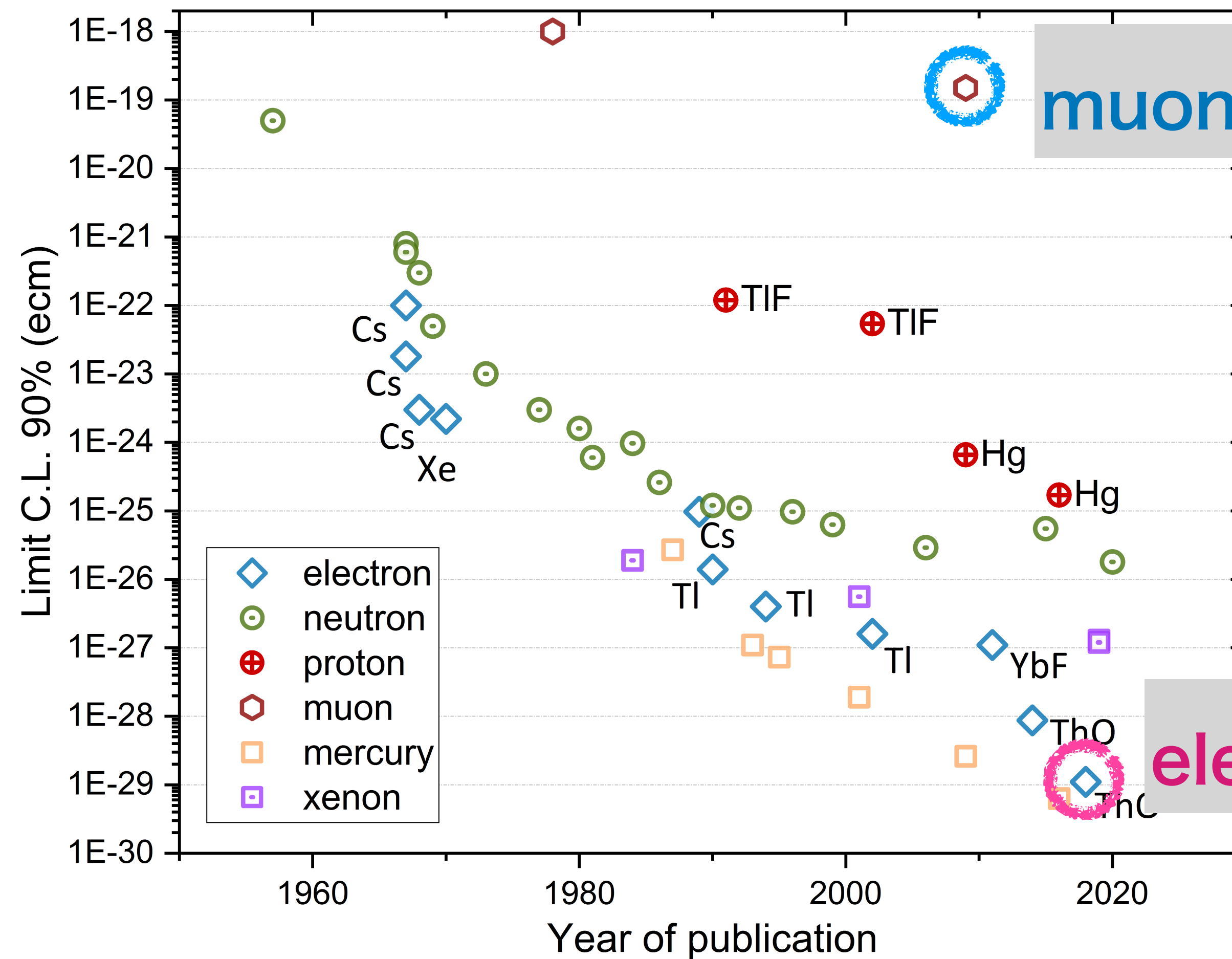
# Muon, electron EDM experiment



updated!  
 $|d_{\mu}^{2022}| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$   
 arXiv:2212.11841 (2022)

electron  $10^{-29} e \cdot \text{cm}$

# Muon, electron EDM experiment



muon  $10^{-19} e \cdot \text{cm}$

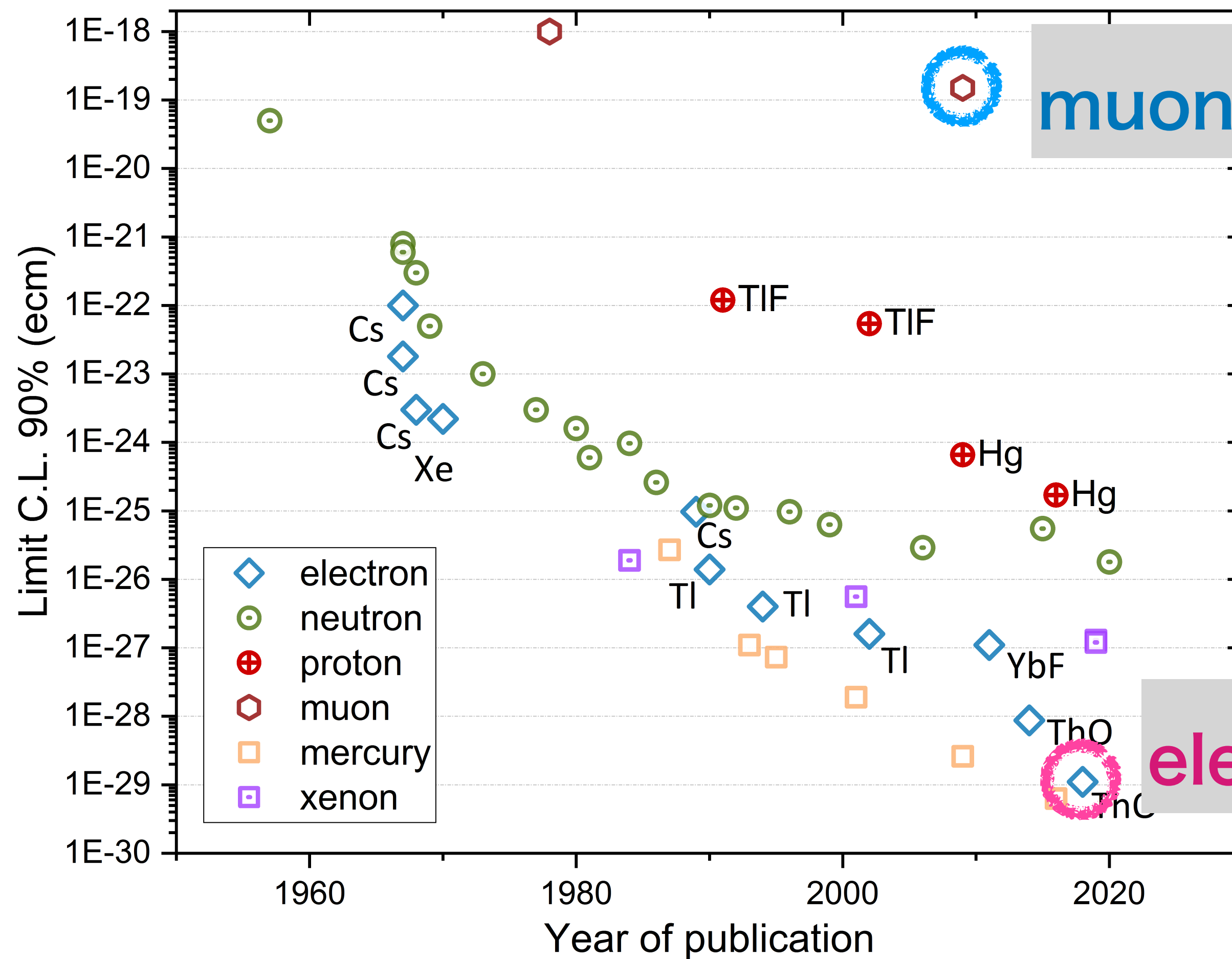
$$d_{e, \mu}^{\text{SM}} \leq 10^{-38, 36} e \cdot \text{cm}$$

updated!  
 $|d_{\mu}^{2022}| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$   
 arXiv:2212.11841 (2022)

electron  $10^{-29} e \cdot \text{cm}$



# Muon, electron EDM experiment



muon  $10^{-19} e \cdot \text{cm}$

$$d_{e, \mu}^{\text{SM}} \leq 10^{-38, 36} e \cdot \text{cm}$$

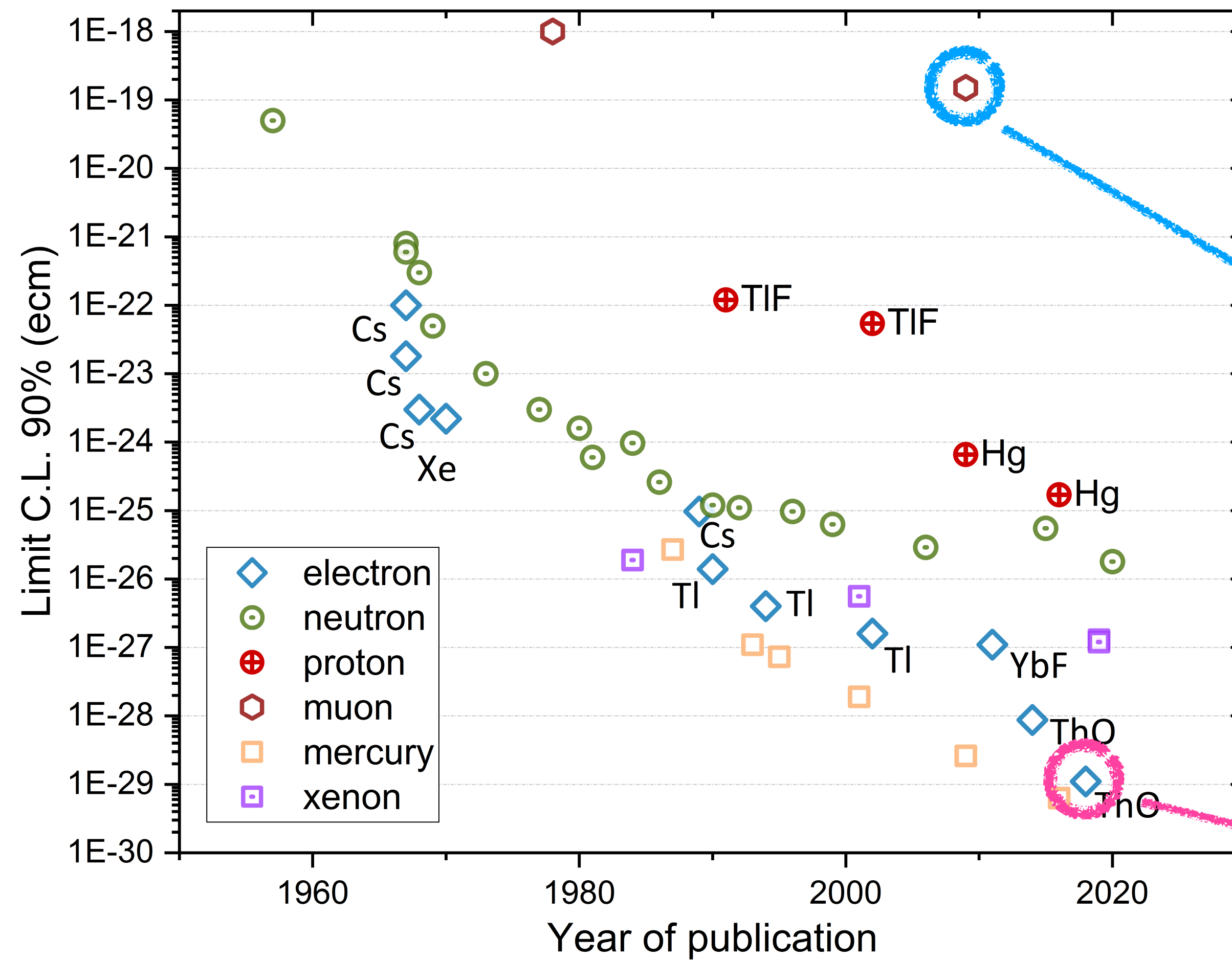
updated!  
 $|d_{\mu}^{2022}| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$   
 arXiv:2212.11841 (2022)

electron  $10^{-29} e \cdot \text{cm}$

標準模型の予言が非常に小さい...



# Future experiment (~2030)



$$|d_{\mu}^{\text{PSI}}| < 6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm}$$

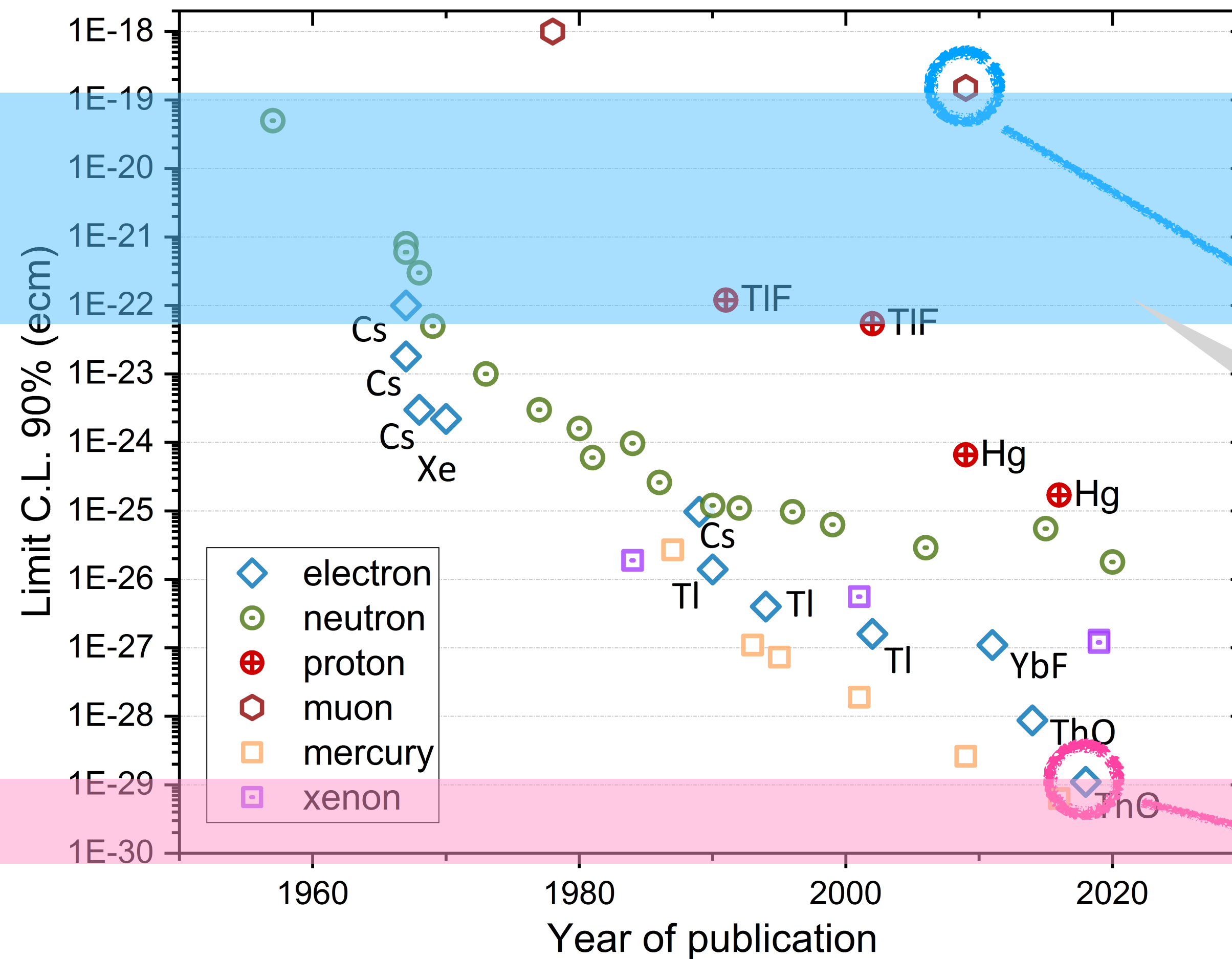
arXiv:2102.08838 (2021)

$$|d_e^{\text{future}}| < 1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$$

arXiv:2203.08103 (2022)

arXiv:2102.08838 (2021)

# Future experiment (~2030)



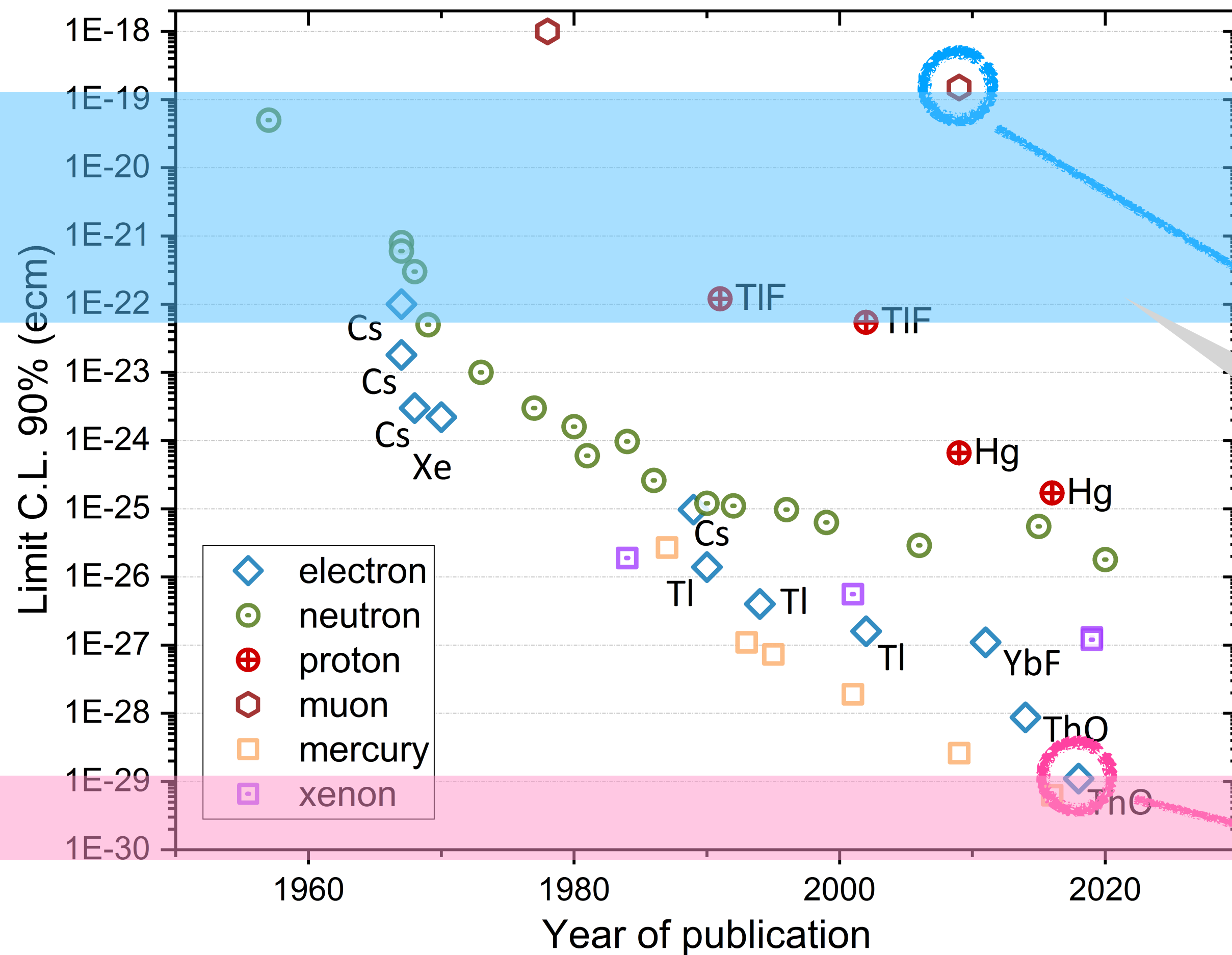
$|d_{\mu}^{\text{PSI}}| < 6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm}$   
 arXiv:2102.08838 (2021)

もしこの領域で見つかったら...

$|d_e^{\text{future}}| < 1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$   
 arXiv:2203.08103 (2022)

arXiv:2102.08838 (2021)

# Future experiment (~2030)



$$|d_{\mu}^{\text{PSI}}| < 6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm}$$

arXiv:2102.08838 (2021)

もしこの領域で見つかったら…

→ **新物理の証拠!?**

$$|d_e^{\text{future}}| < 1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$$

arXiv:2203.08103 (2022)

arXiv:2102.08838 (2021)



# Vector-like leptons

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# Why Vector-like leptons?



# Why Vector-like leptons?



# Why Vector-like leptons?

志望動機は？

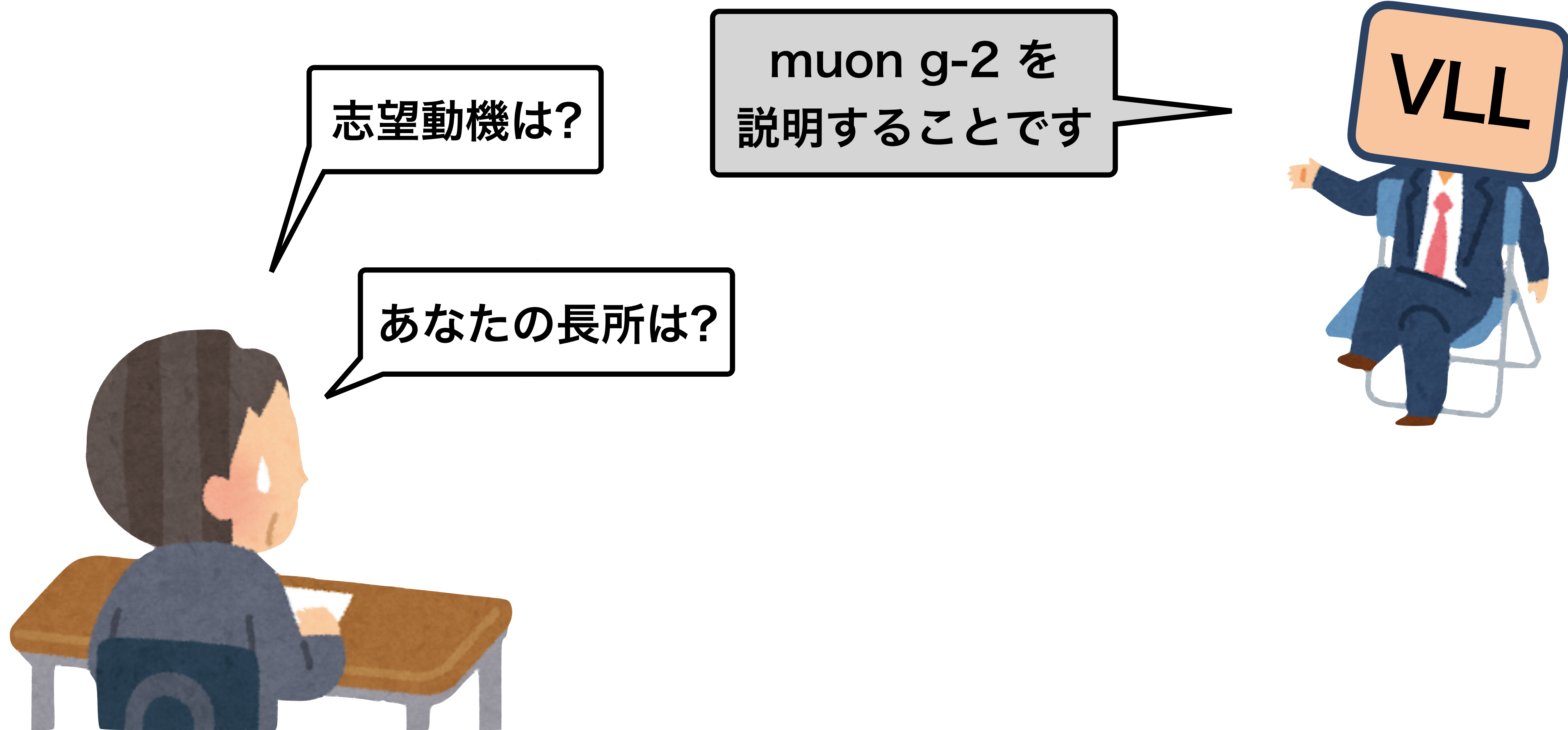
$\mu$ on  $g-2$  を  
説明することです

VLL



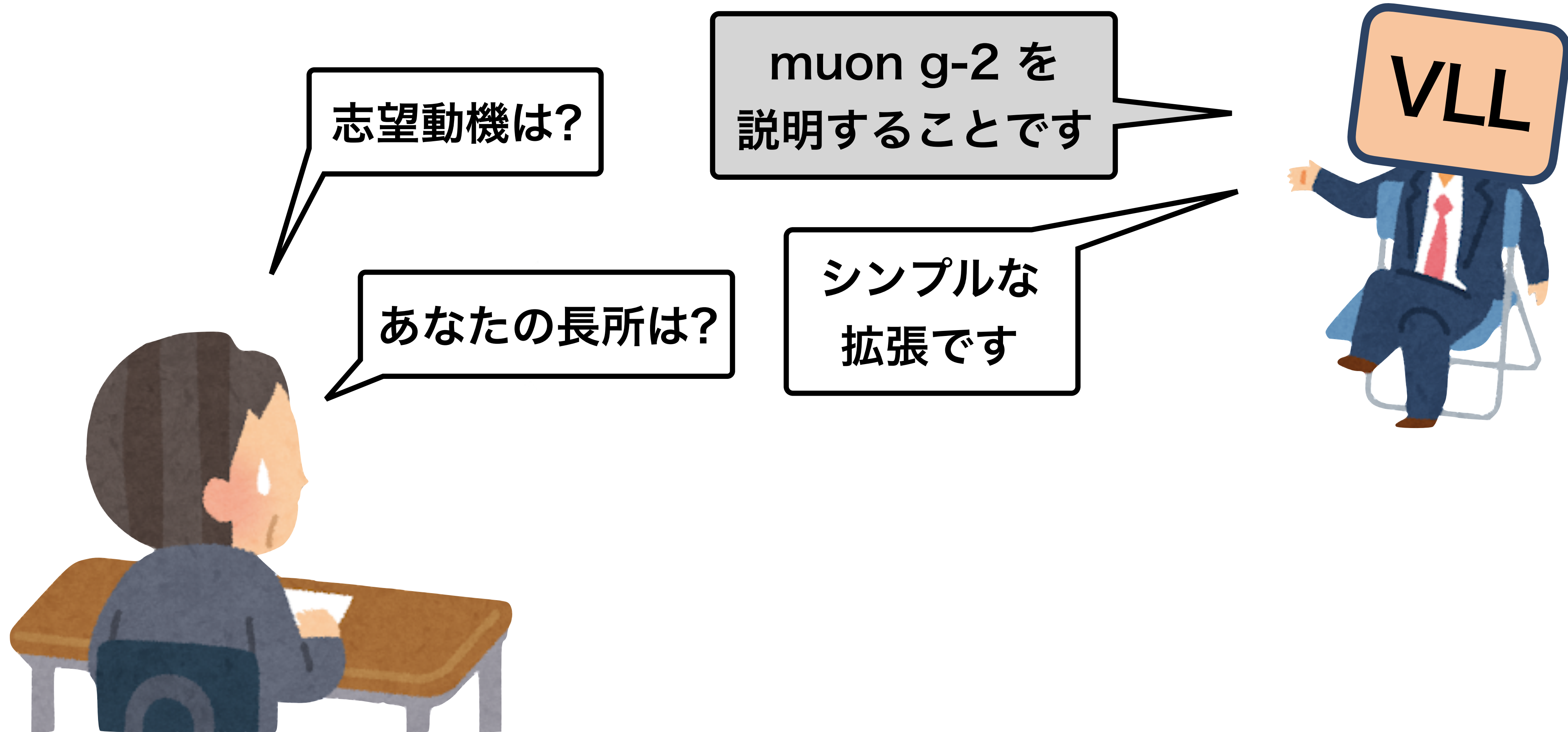


# Why Vector-like leptons?

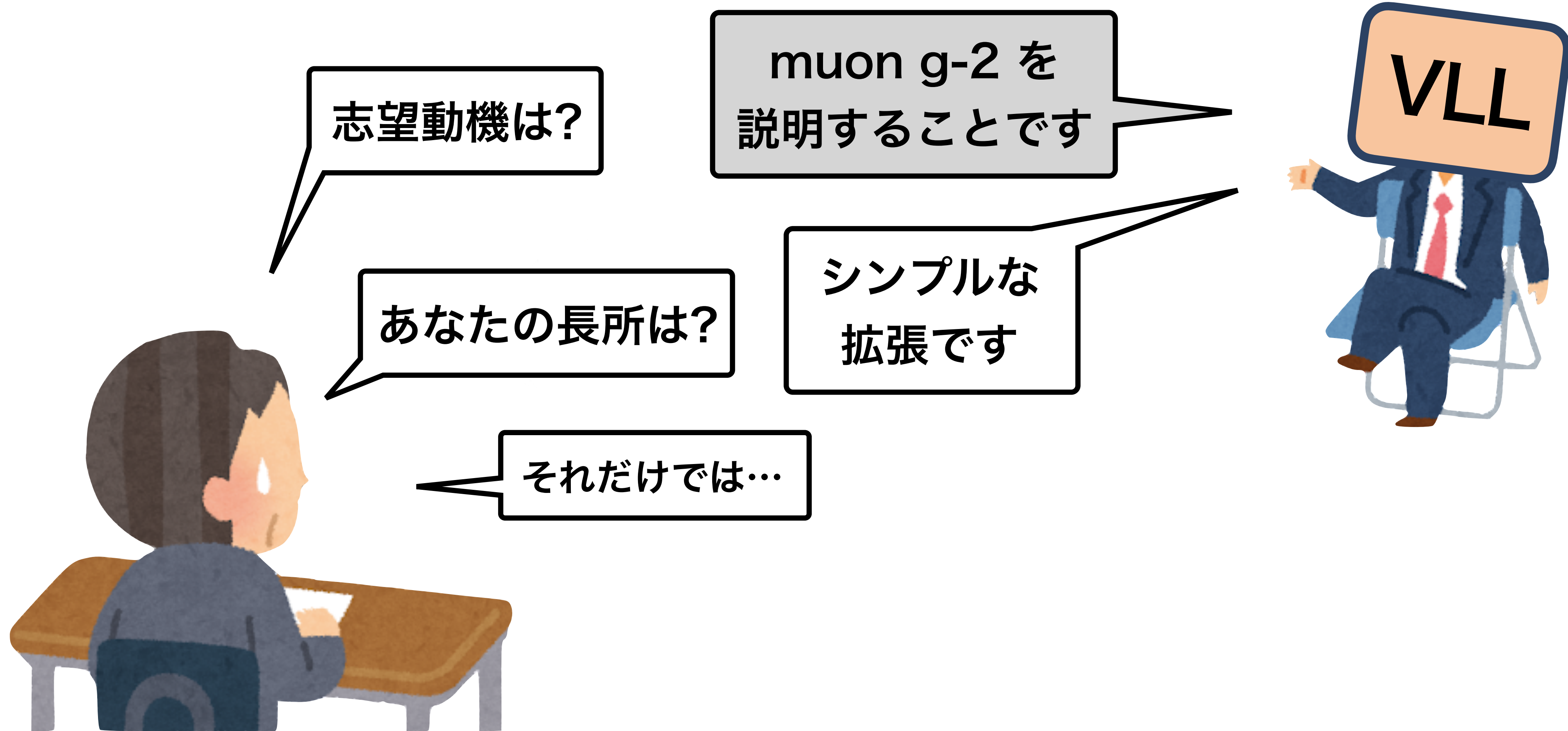




# Why Vector-like leptons?

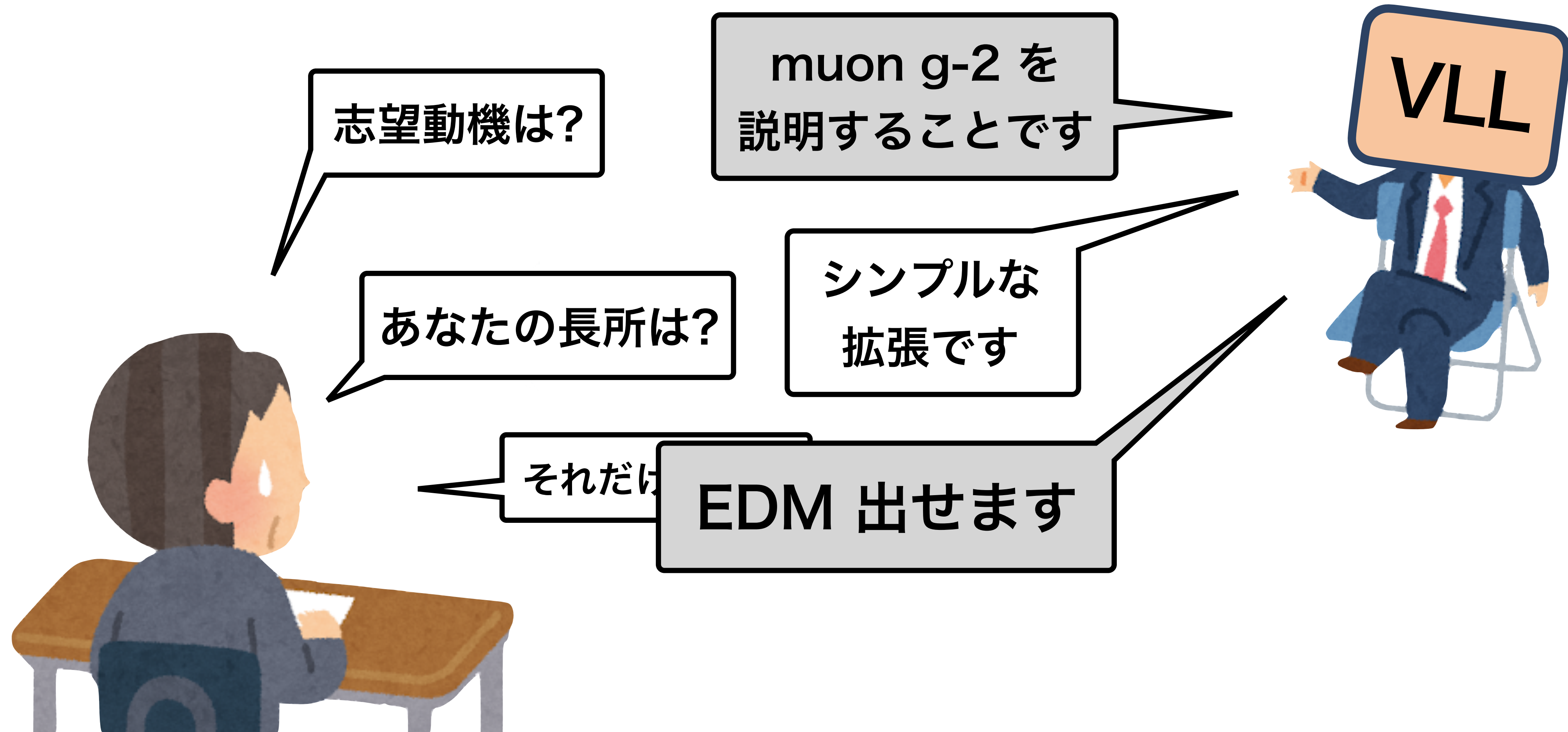


# Why Vector-like leptons?

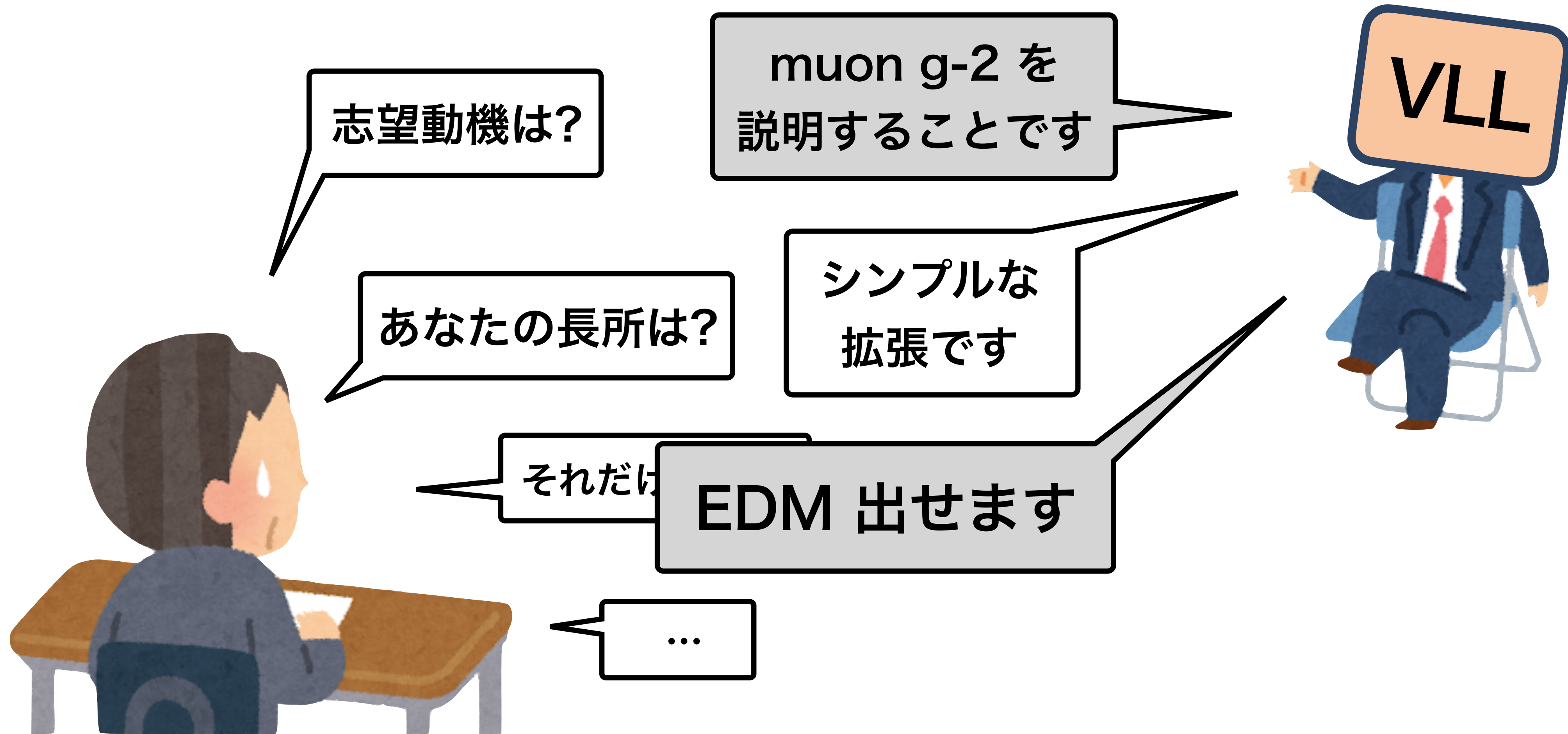




# Why Vector-like leptons?

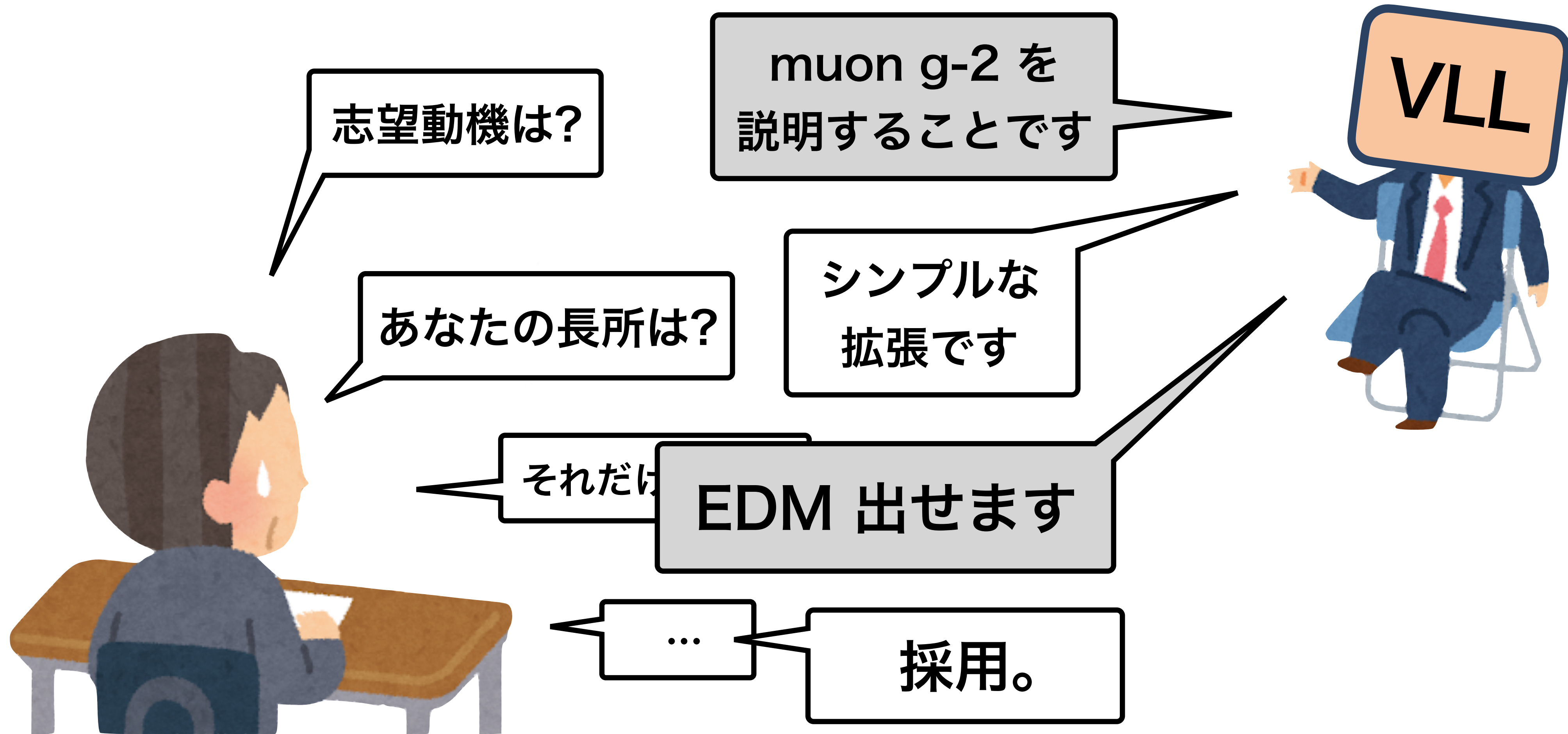


# Why Vector-like leptons?





# Why Vector-like leptons?



# Lagrangian

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\
 & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

# Lagrangian

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

これが Vector-like leptons

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\
 & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$



# Lagrangian

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

これが Vector-like leptons

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\
 & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

# Lagrangian

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

これが Vector-like leptons

||

LとRのゲージ変換性が同値

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\
 & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

# Lagrangian

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

これが Vector-like leptons

||

LとRのゲージ変換性が同値

第二世代レプトンと相互作用

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\
 & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$



# CP-violating phase

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

## 場の再定義によらない位相

$$\phi_\lambda = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* \lambda)$$

$$\phi_{\bar{\lambda}} = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* M_L M_E \bar{\lambda}^*)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\ & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

# CP-violating phase

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

場の再定義によらない位相

$$\phi_\lambda = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* \lambda)$$

$$\phi_{\bar{\lambda}} = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* M_L M_E \bar{\lambda}^*)$$

CP対称性を破る

$$\begin{aligned} \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\ & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

# CP-violating phase

	$\ell_L$	$\mu_R$	$H$	$L_{L,R}$	$E_{L,R}$
$SU(3)_C$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$SU(2)_L$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$U(1)_Y$	$-\frac{1}{2}$	$-1$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-1$

表 4.1 Vector-like Leptons の変換性

## 場の再定義によらない位相

$$\phi_\lambda = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* \lambda)$$

$$\phi_{\bar{\lambda}} = \arg(y_\mu \lambda_L^* \lambda_E^* M_L M_E \bar{\lambda}^*)$$

CP対称性を破る → **EDMの起源**

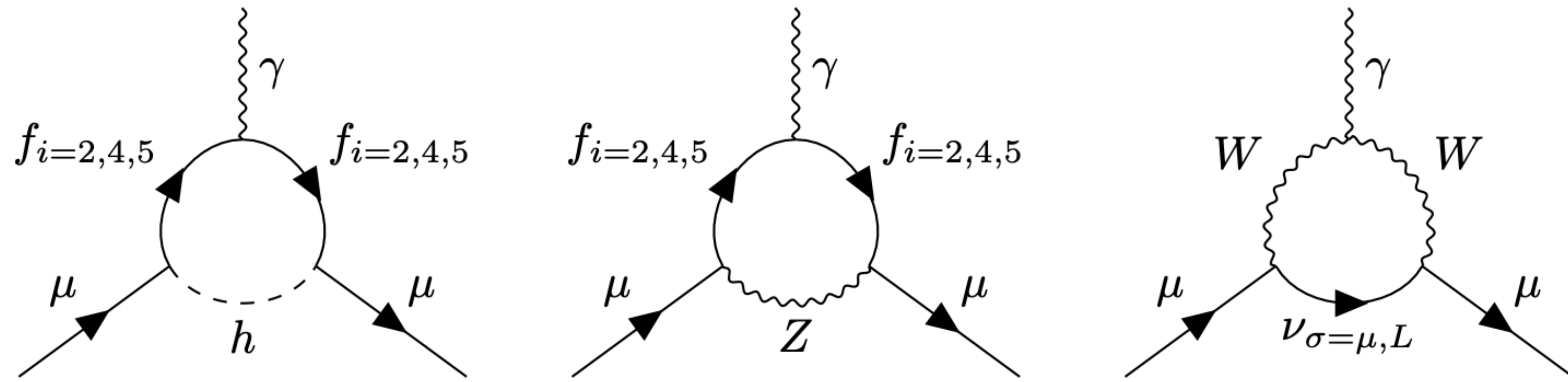
$$\begin{aligned} \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\ & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.} \end{aligned} \quad (4.1)$$



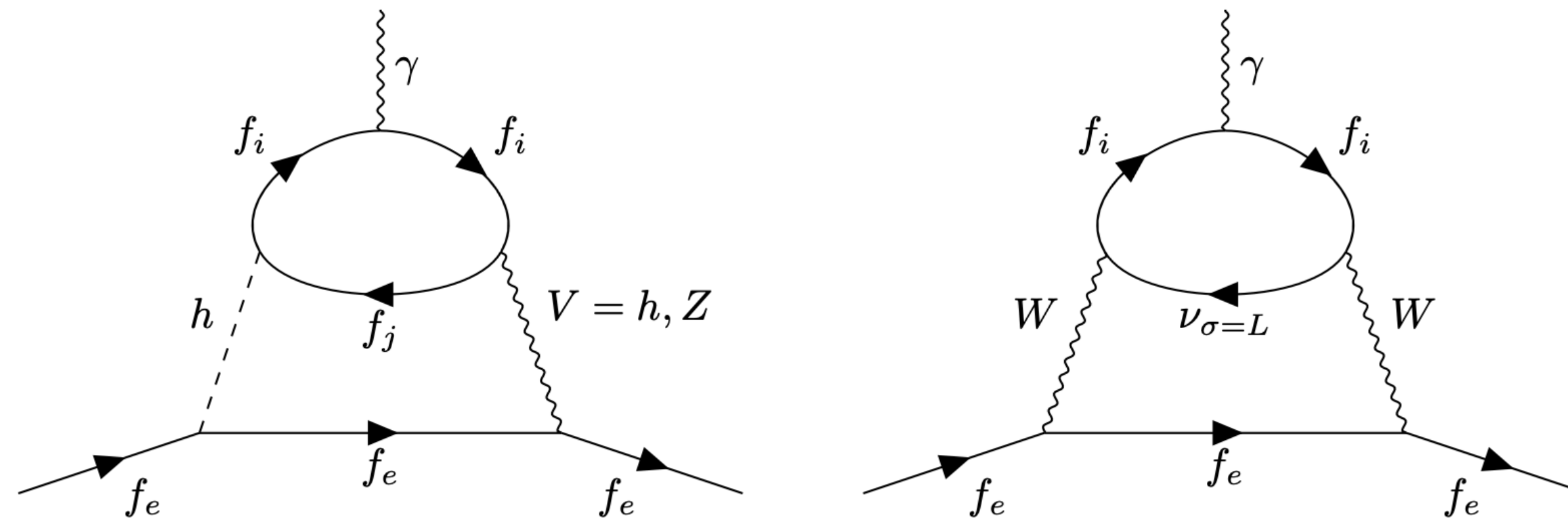
# Method

# Calculation of diagrams

muon  $g-2$ /EDM  
(one loop)



electron EDM  
(two loop)



# Generating sample points

$$\begin{aligned} \mathcal{L} \supset & -y_\mu \bar{\ell}_L \mu_R H - \lambda_E \bar{\ell}_L E_R H - \lambda_L \bar{L}_L \mu_R H - \lambda \bar{L}_L E_R H - \bar{\lambda} H^\dagger \bar{E}_L L_R \\ & - M_L \bar{L}_L L_R - M_E \bar{E}_L E_R + \text{h.c.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

## 実験からの制限

- $R(h \rightarrow \mu^+ \mu^-)$
- Electroweak precision
- g-2/EDM experiments

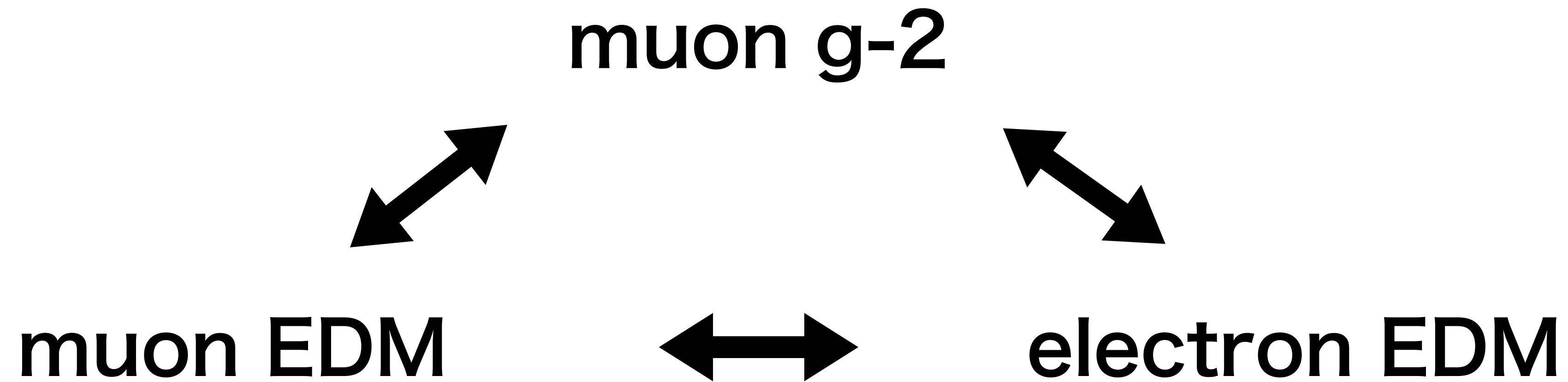
パラメータ	範囲
$M_L, M_E$	1 – 5 TeV
$ \lambda_L ,  \lambda_E $	式 (4.56)
$ \lambda ,  \bar{\lambda} $	0 – 1
$\phi_\lambda, \phi_{\bar{\lambda}}$	0 – $2\pi$
$y_\mu$	$m_{i=2} = m_\mu$ の解

表 4.3 サンプル点をランダムに生成する際のパラメータ範囲



# Making scatter plot

3つの相関散布図を作成

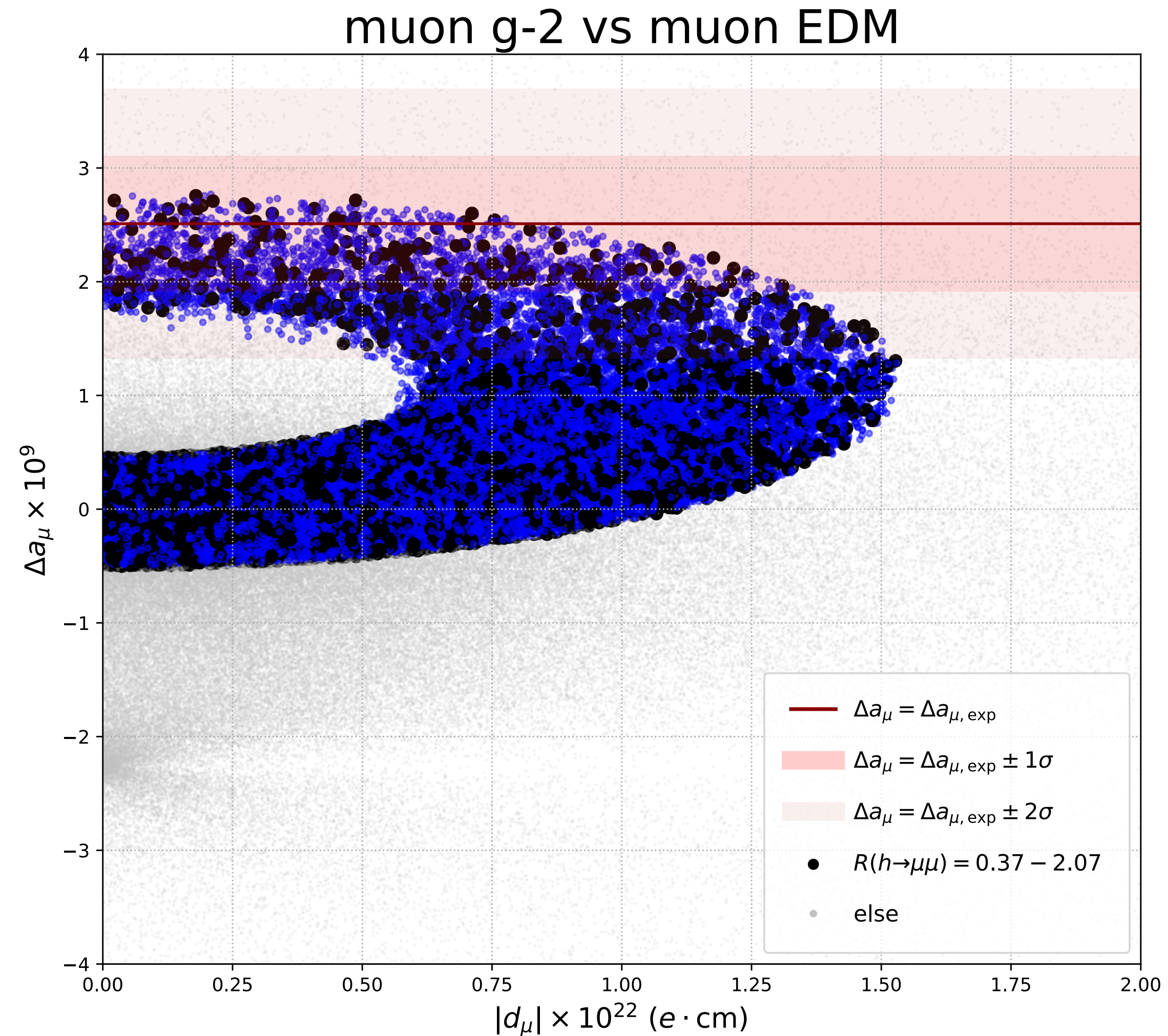


# Result

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



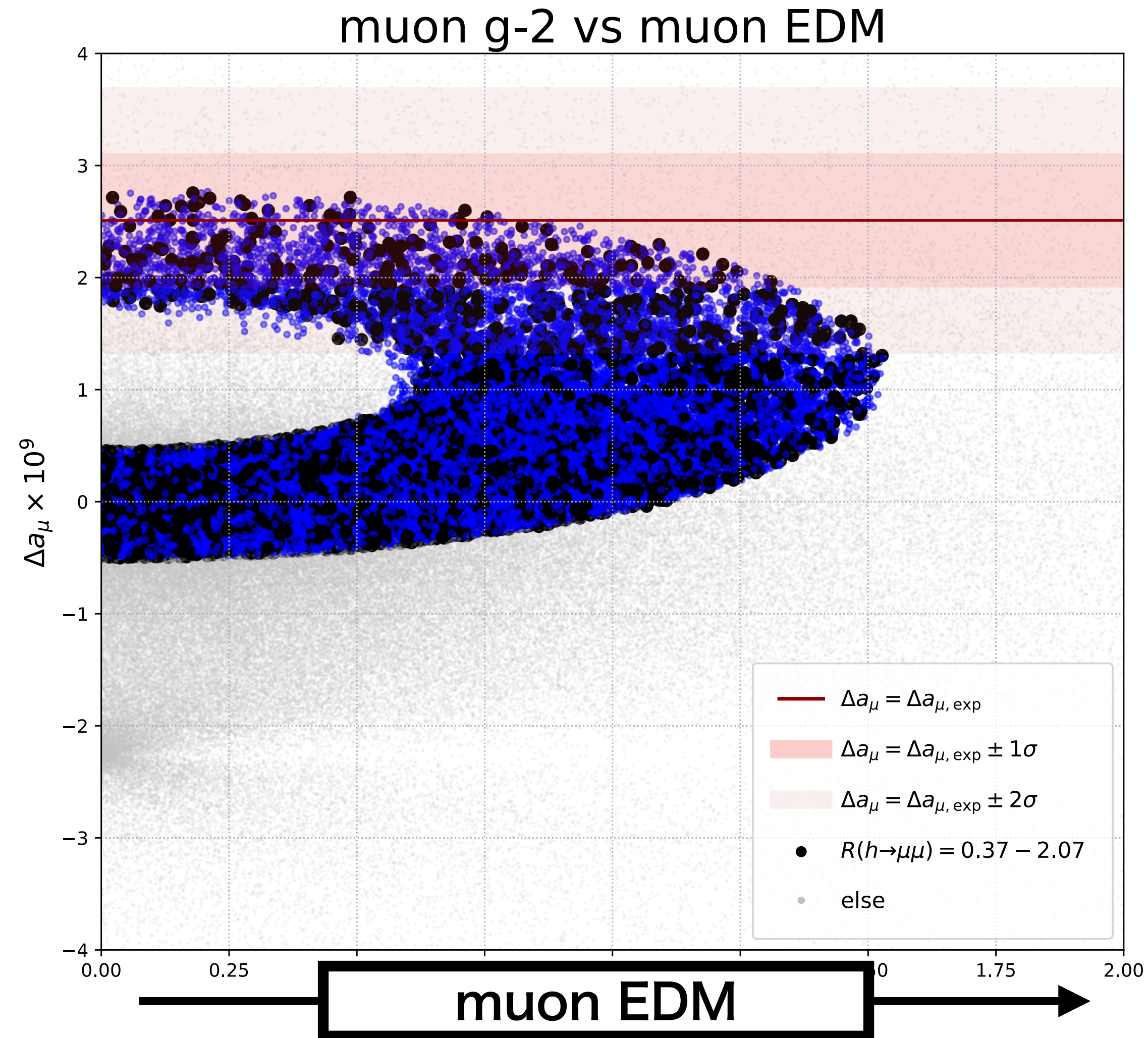
# muon g-2 vs muon EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



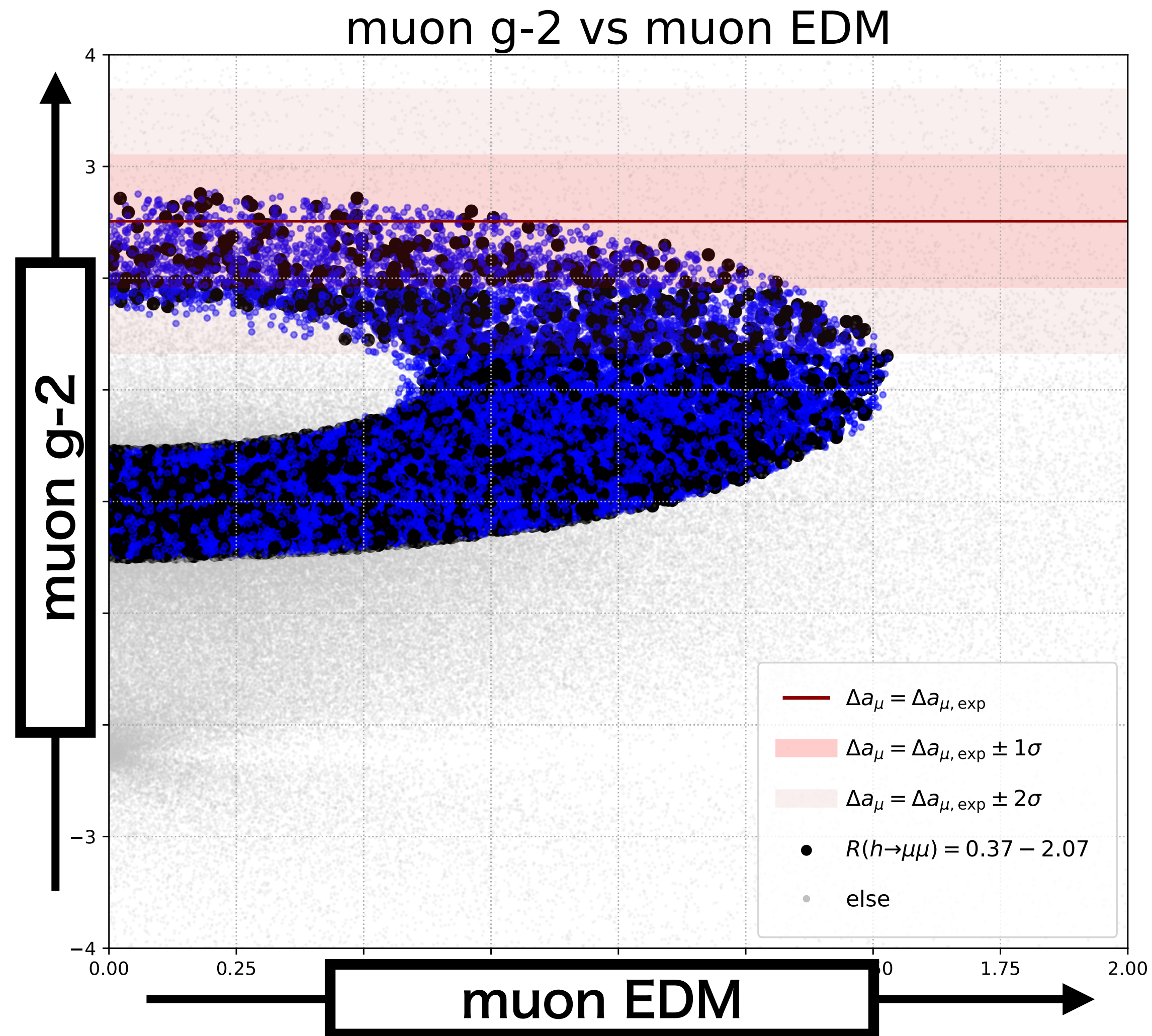
# muon g-2 vs muon EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



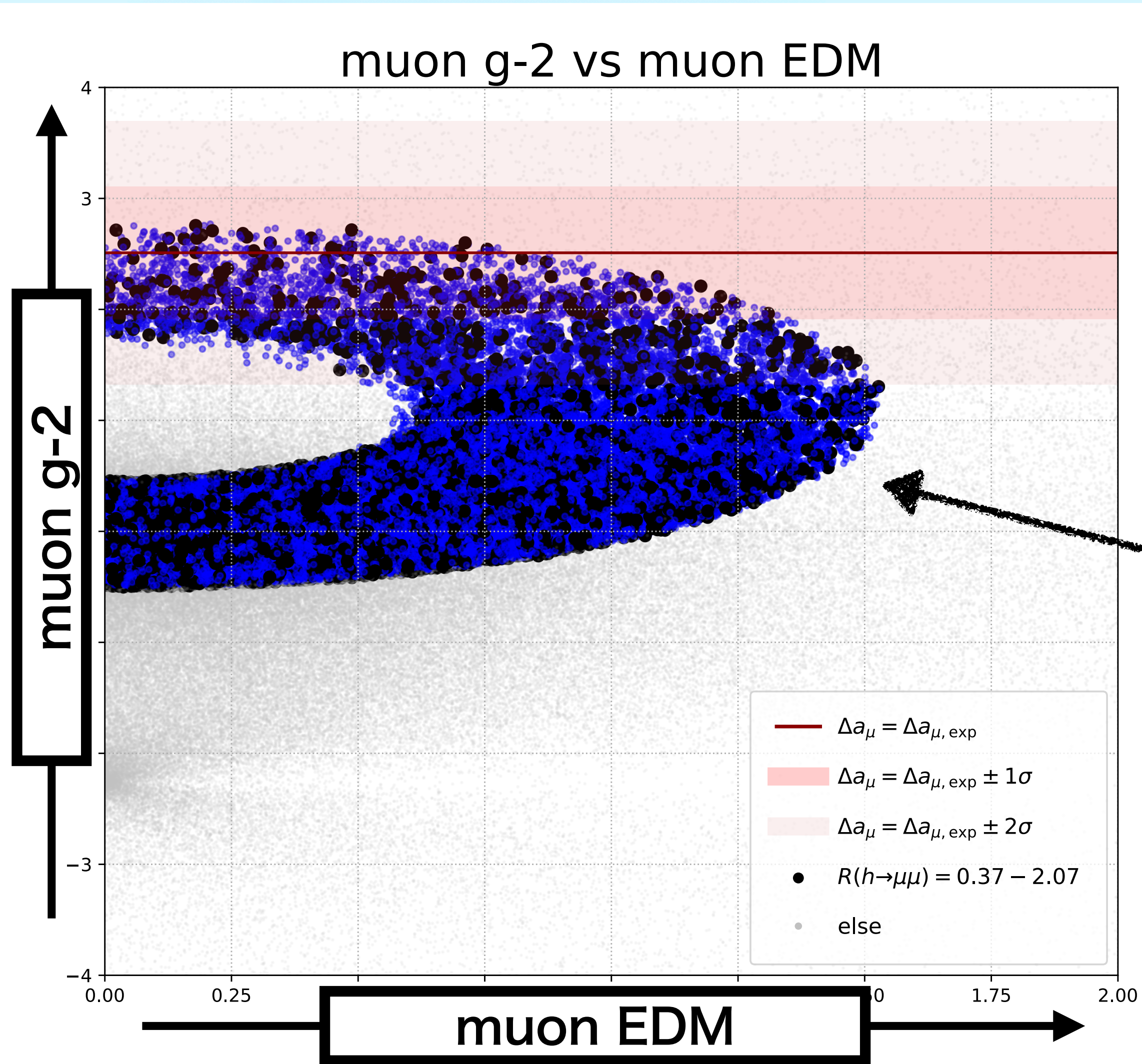
# muon g-2 vs muon EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon g-2 vs muon EDM

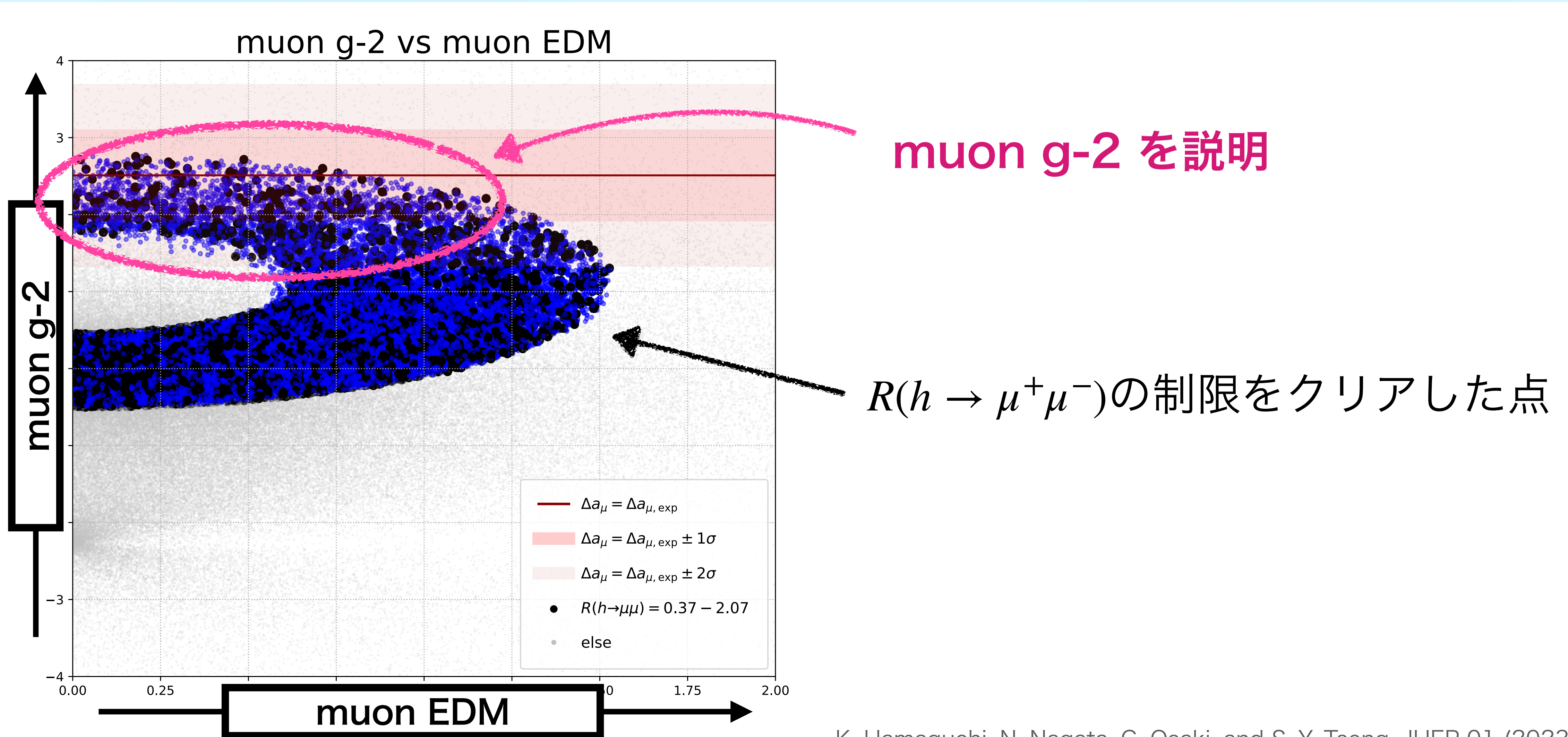


$R(h \rightarrow \mu^+ \mu^-)$ の制限をクリアした点

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



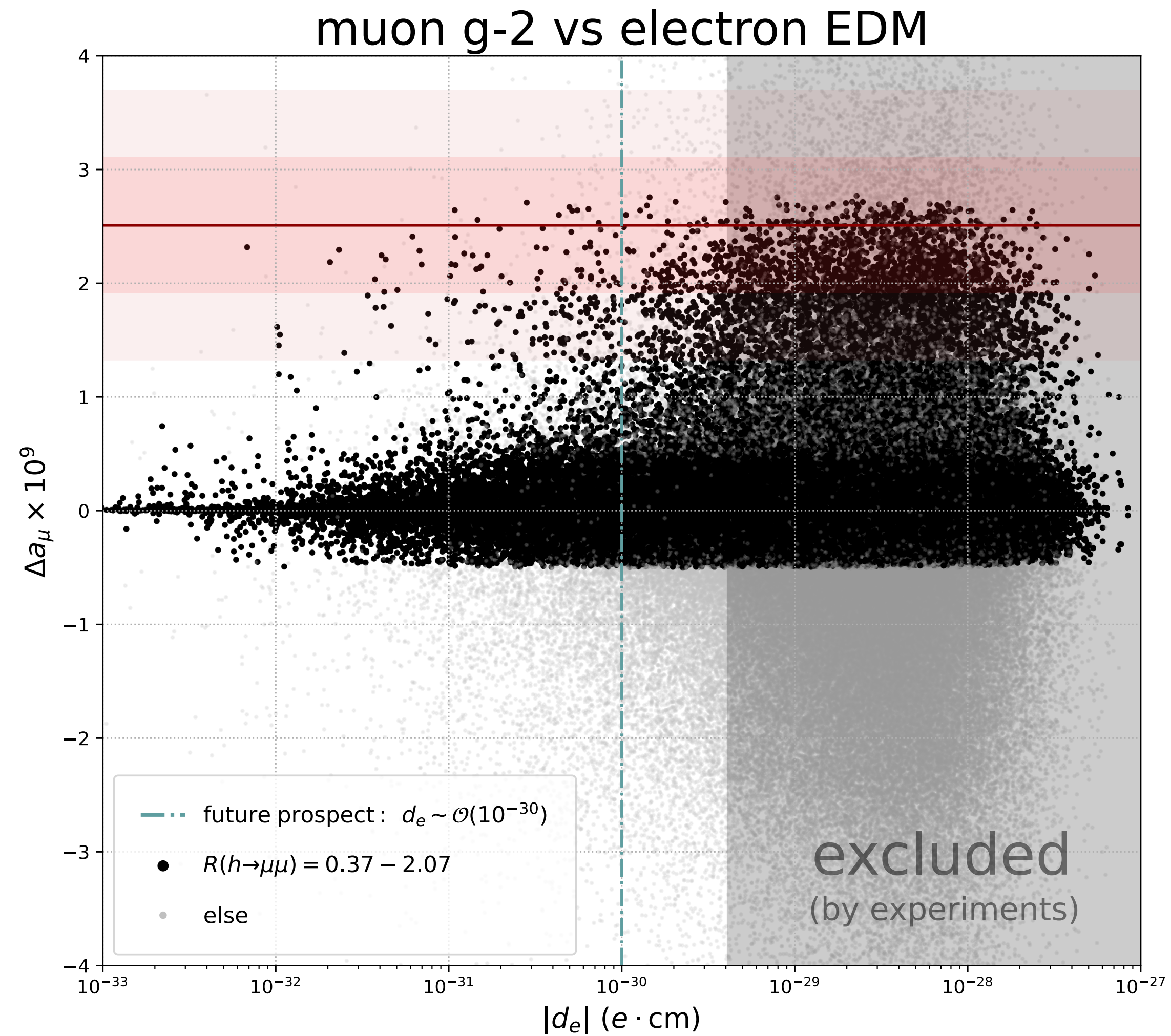
# muon g-2 vs muon EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



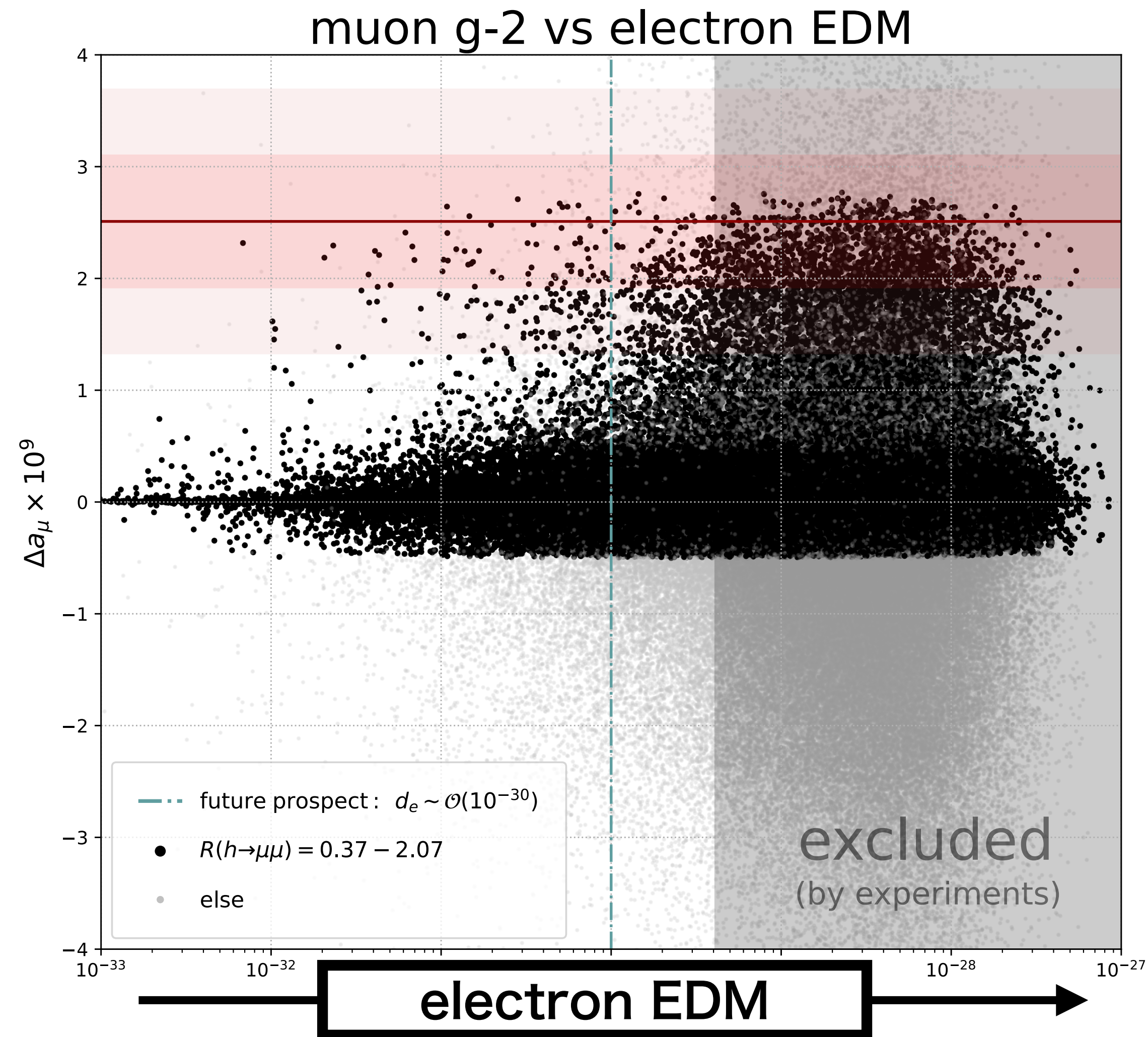
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



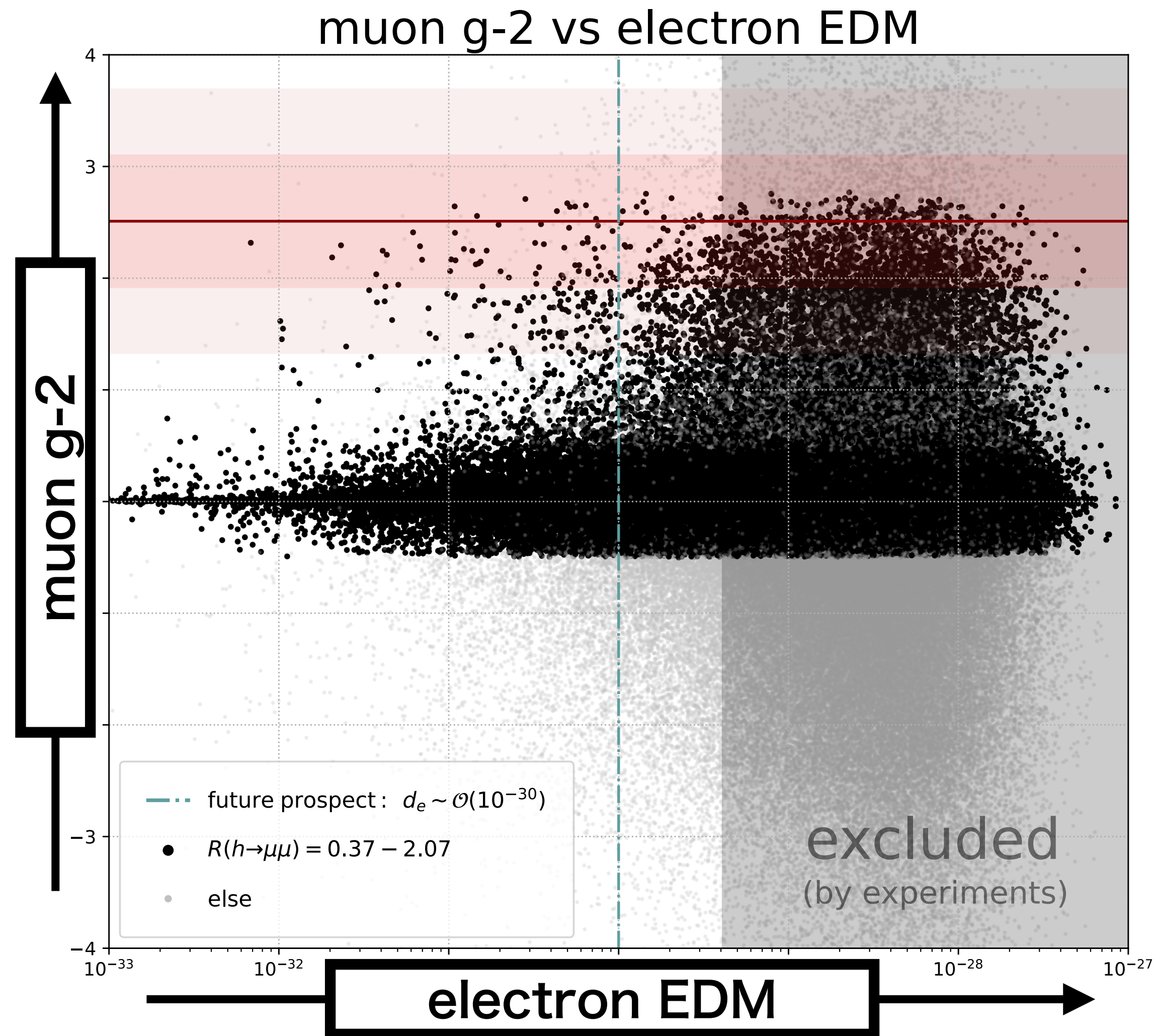
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



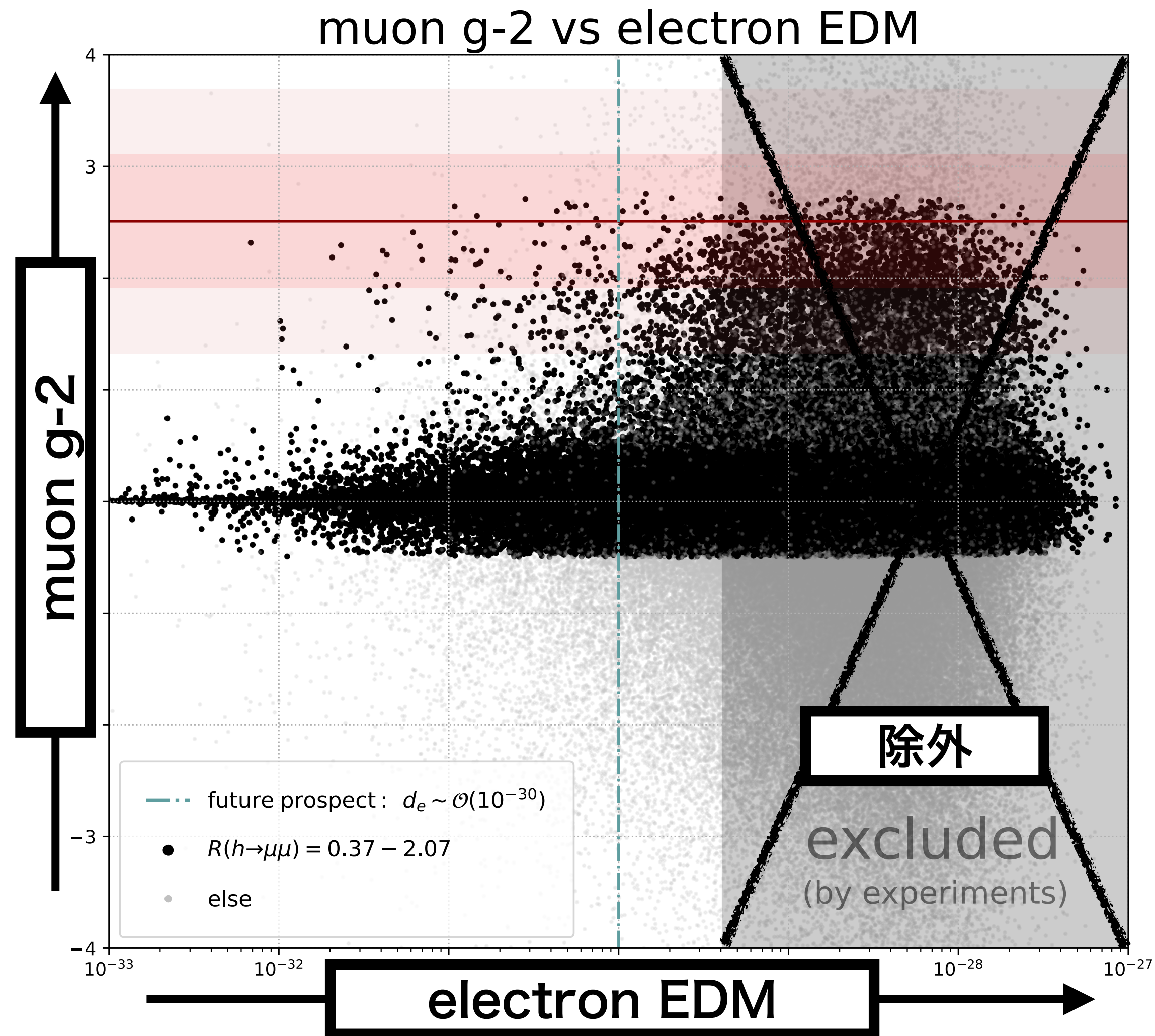
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



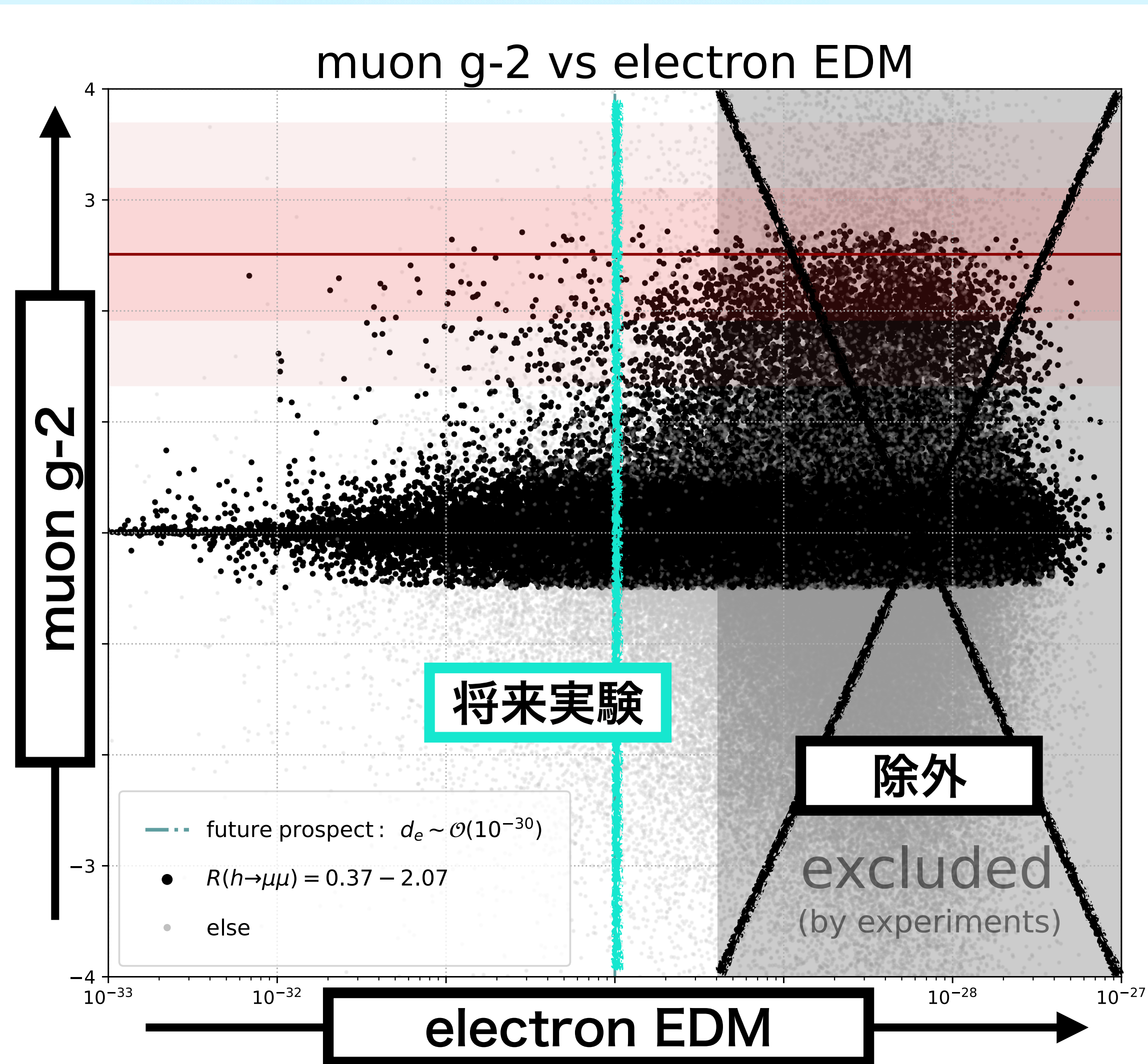
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



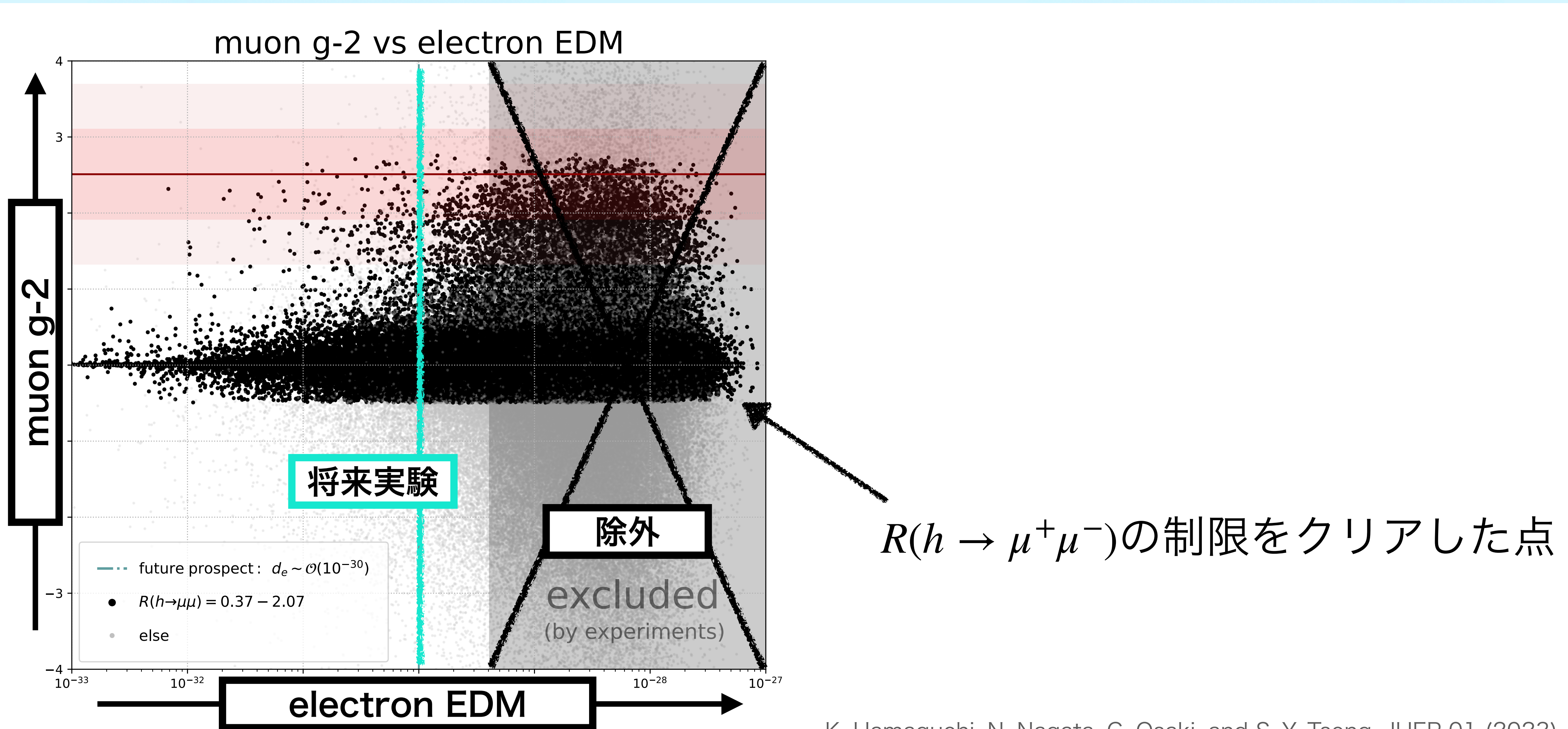
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



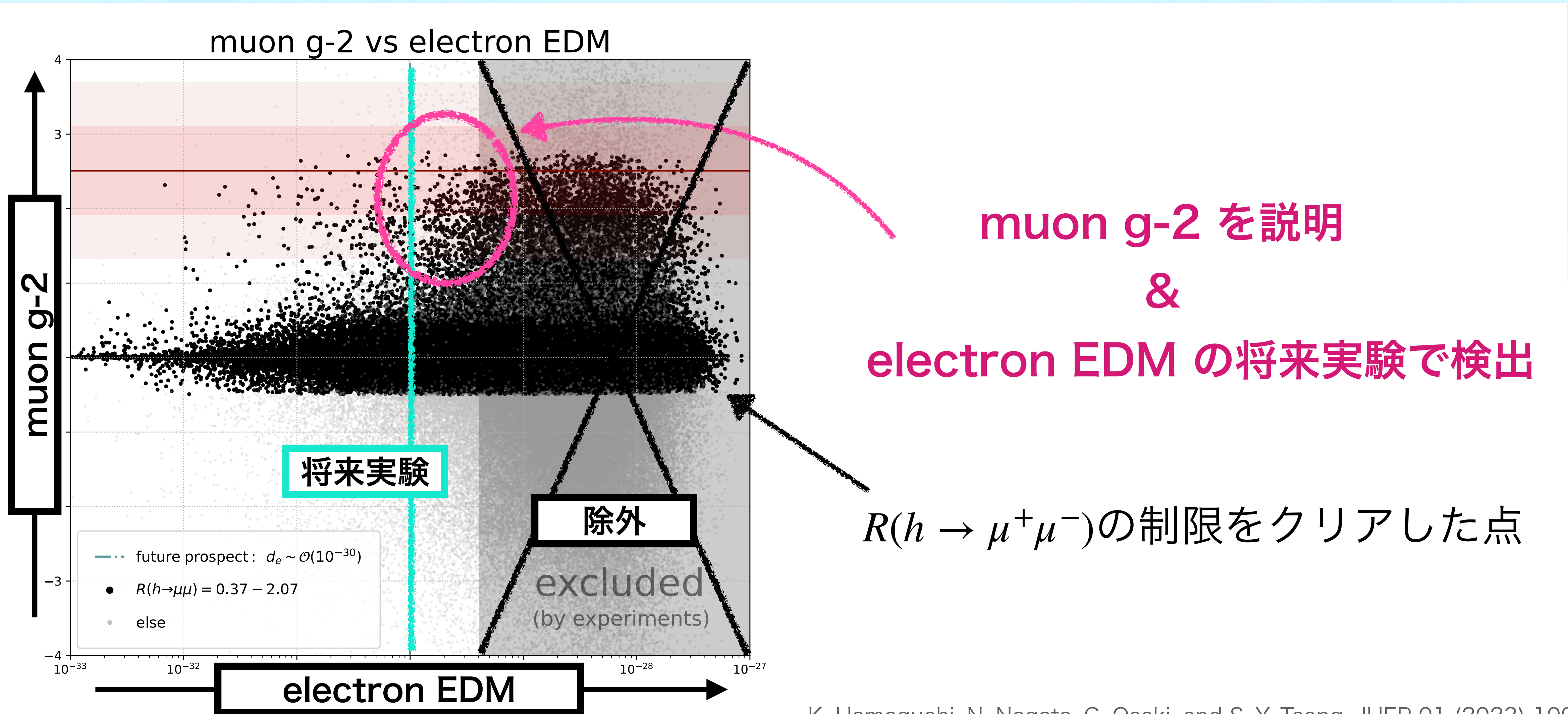
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



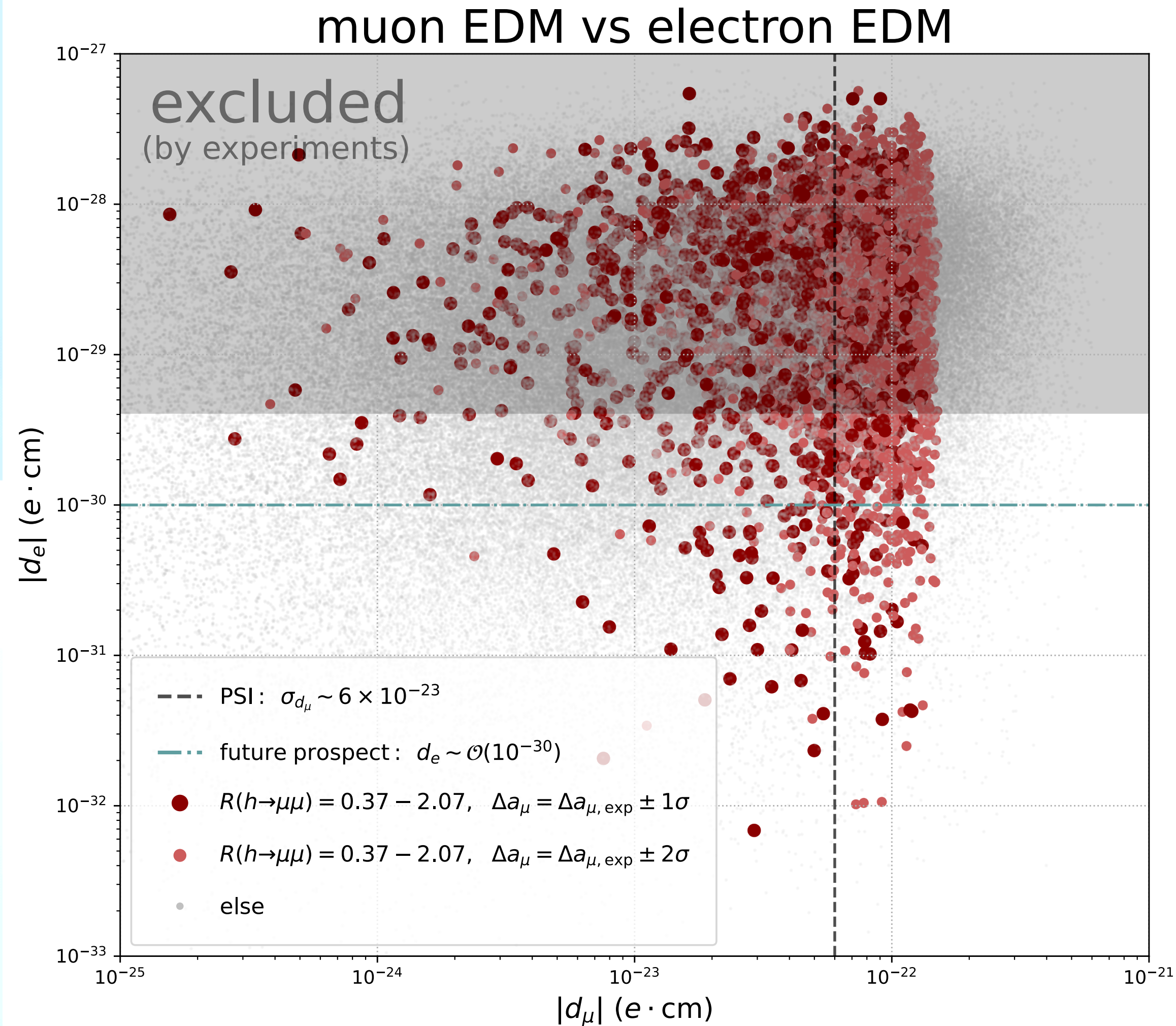
# muon g-2 vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



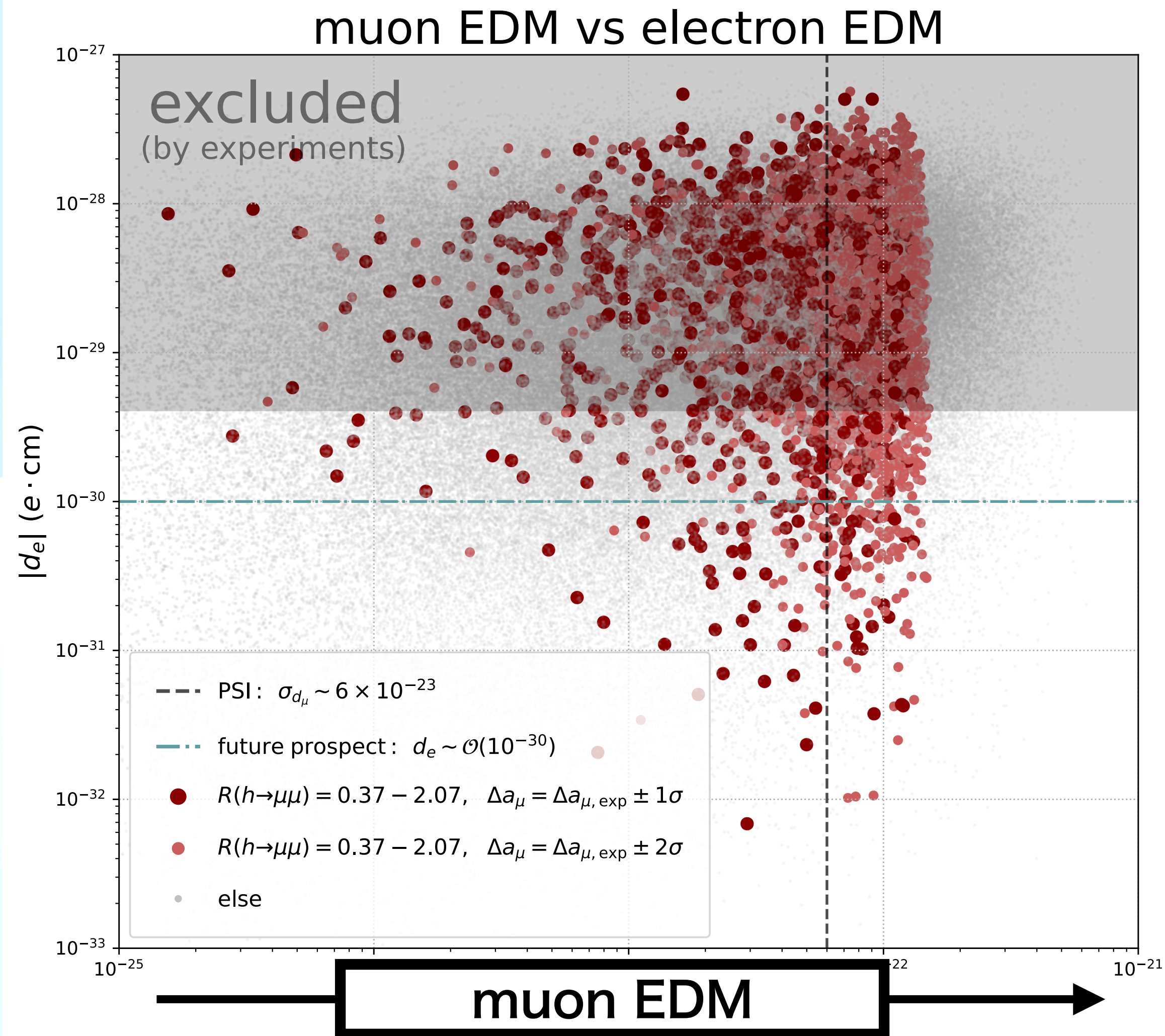
# muon EDM vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



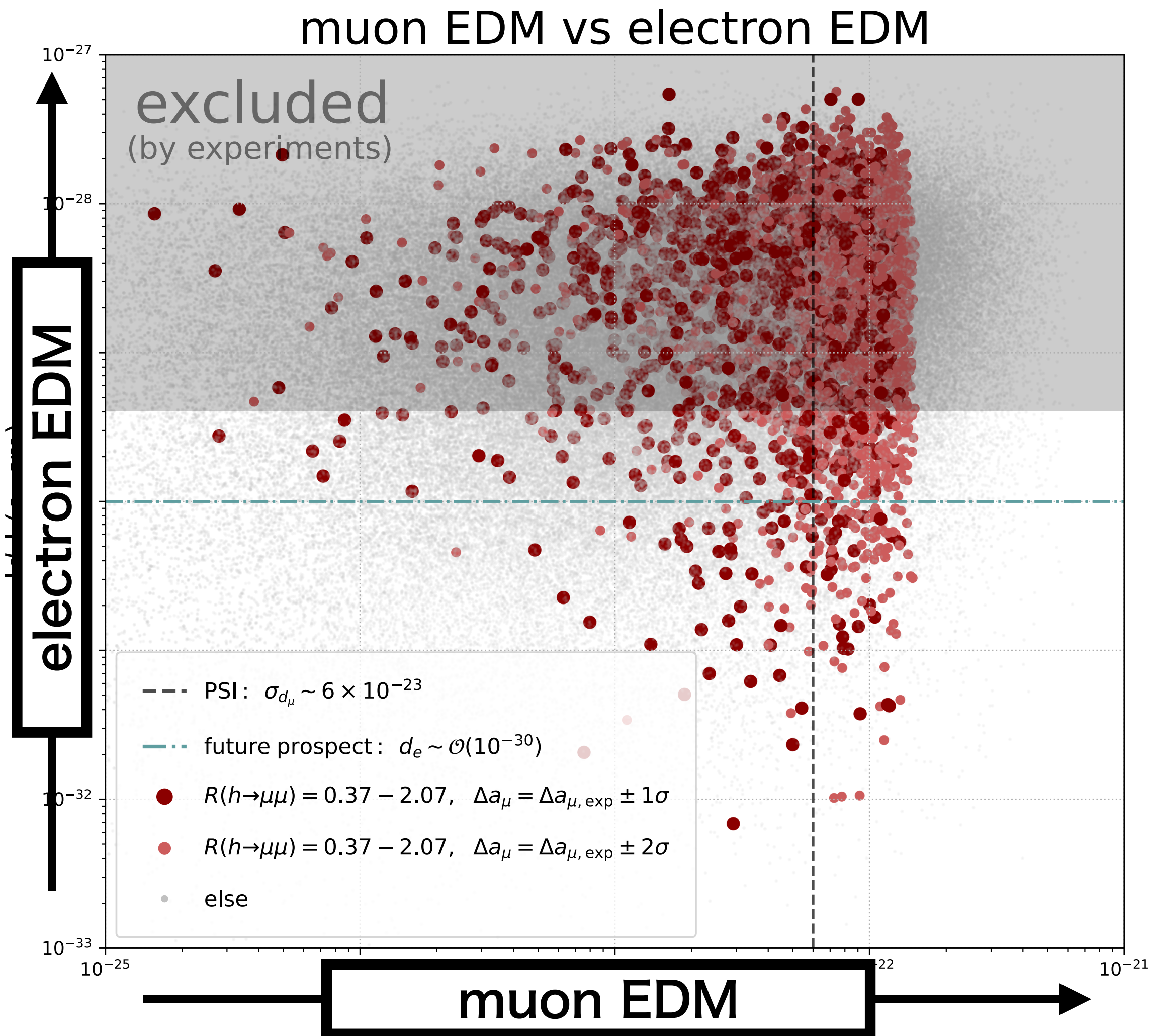
# muon EDM vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



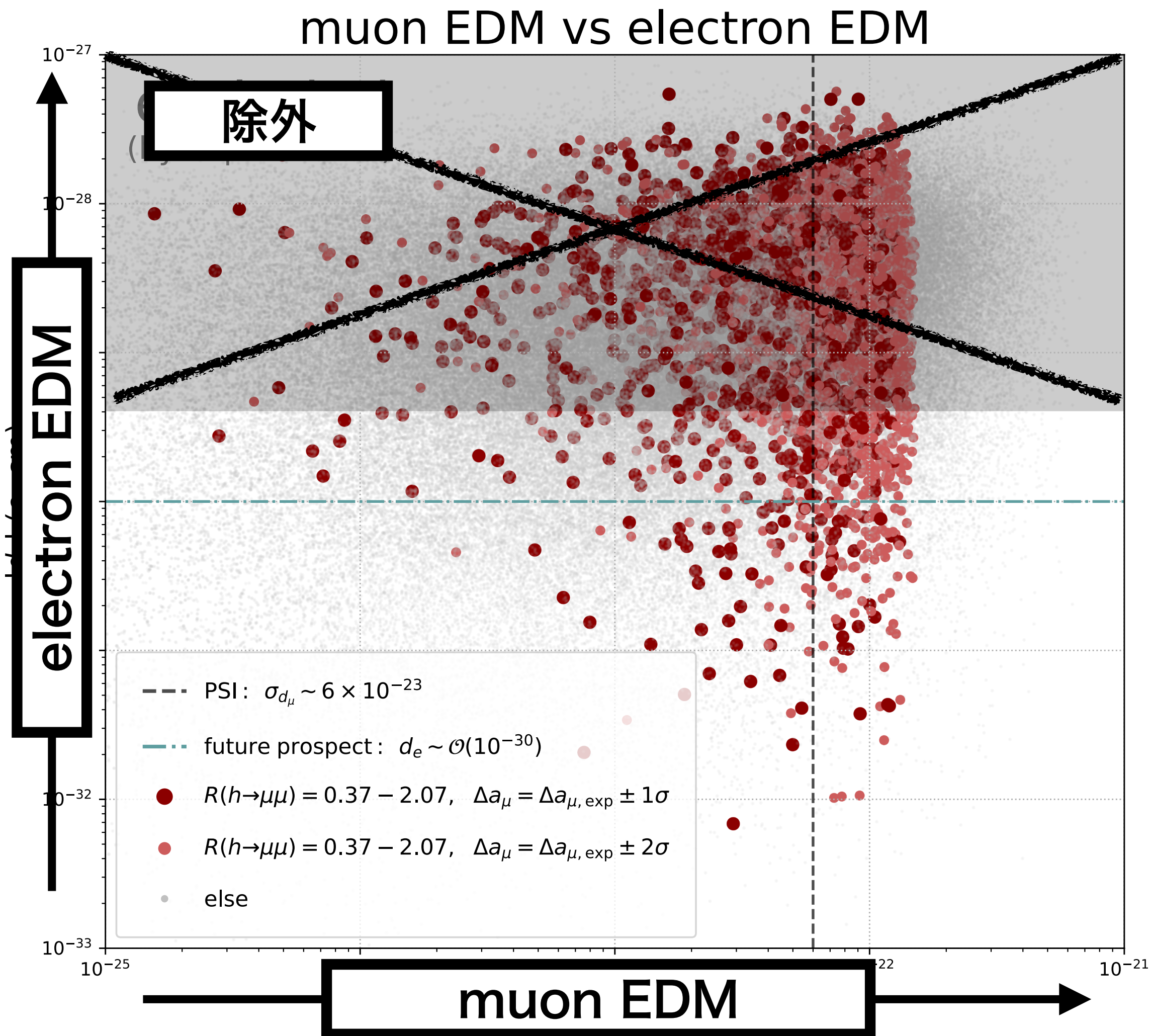
# muon EDM vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



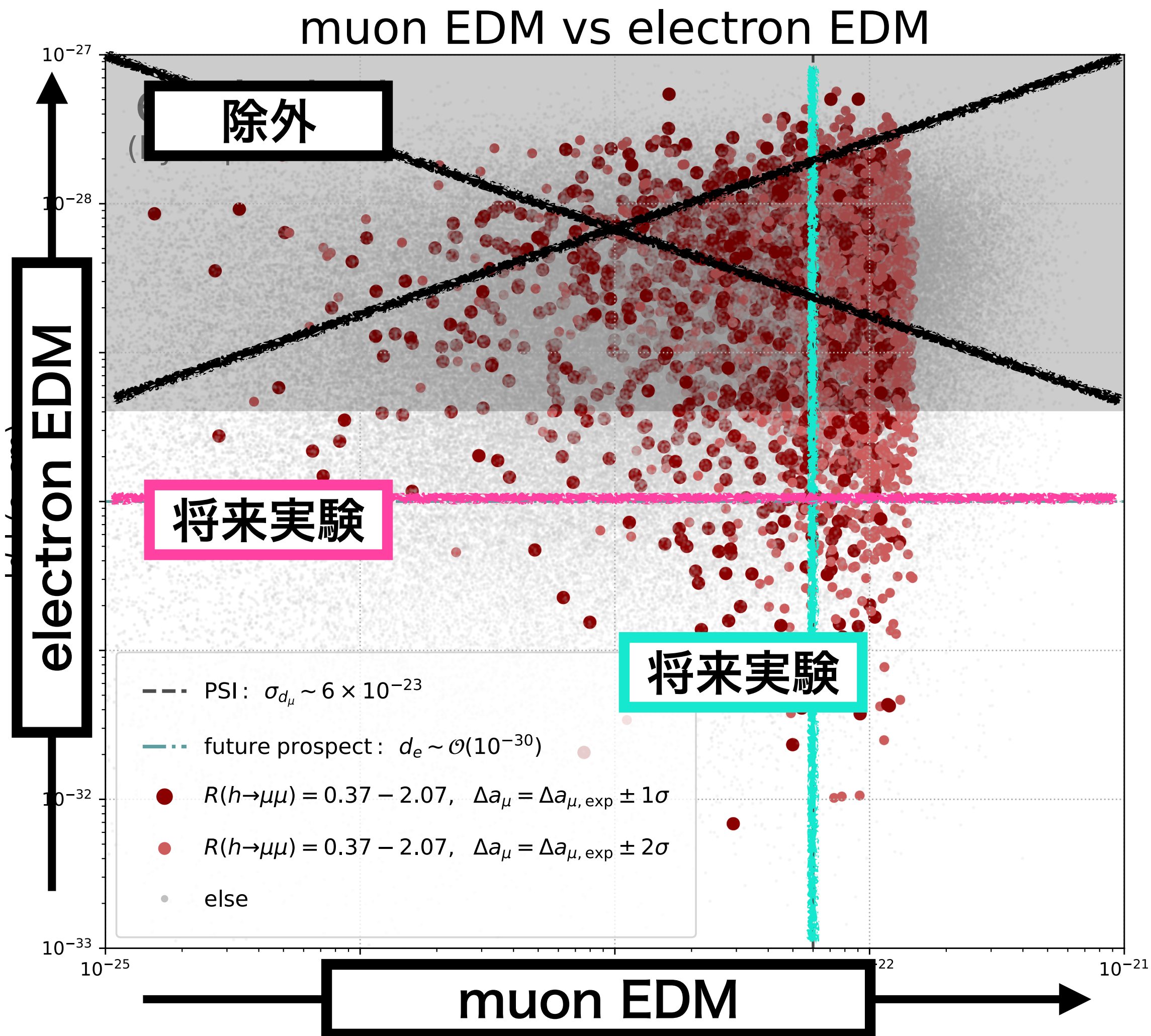
# muon EDM vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



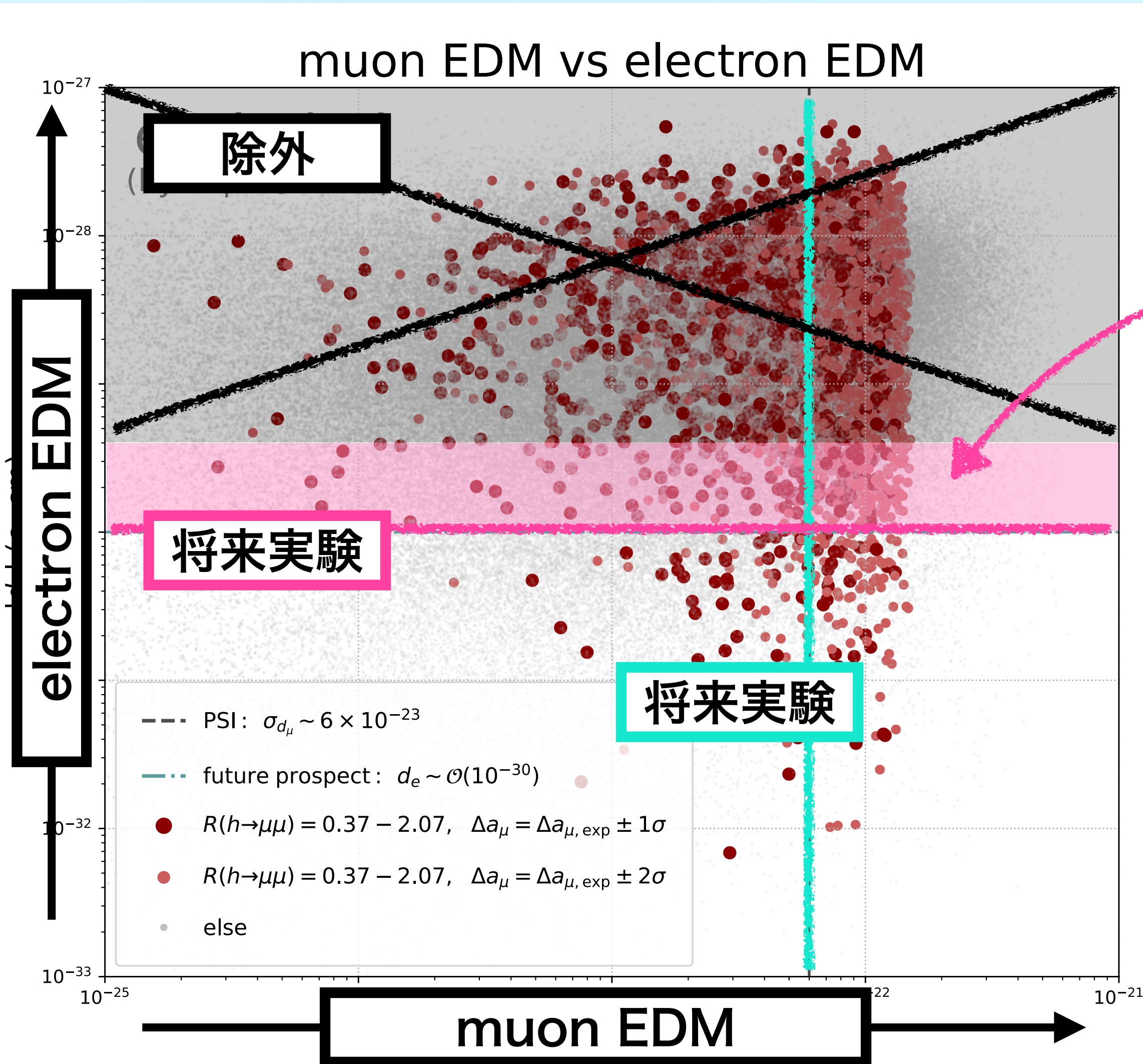
# muon EDM vs electron EDM



K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon EDM vs electron EDM

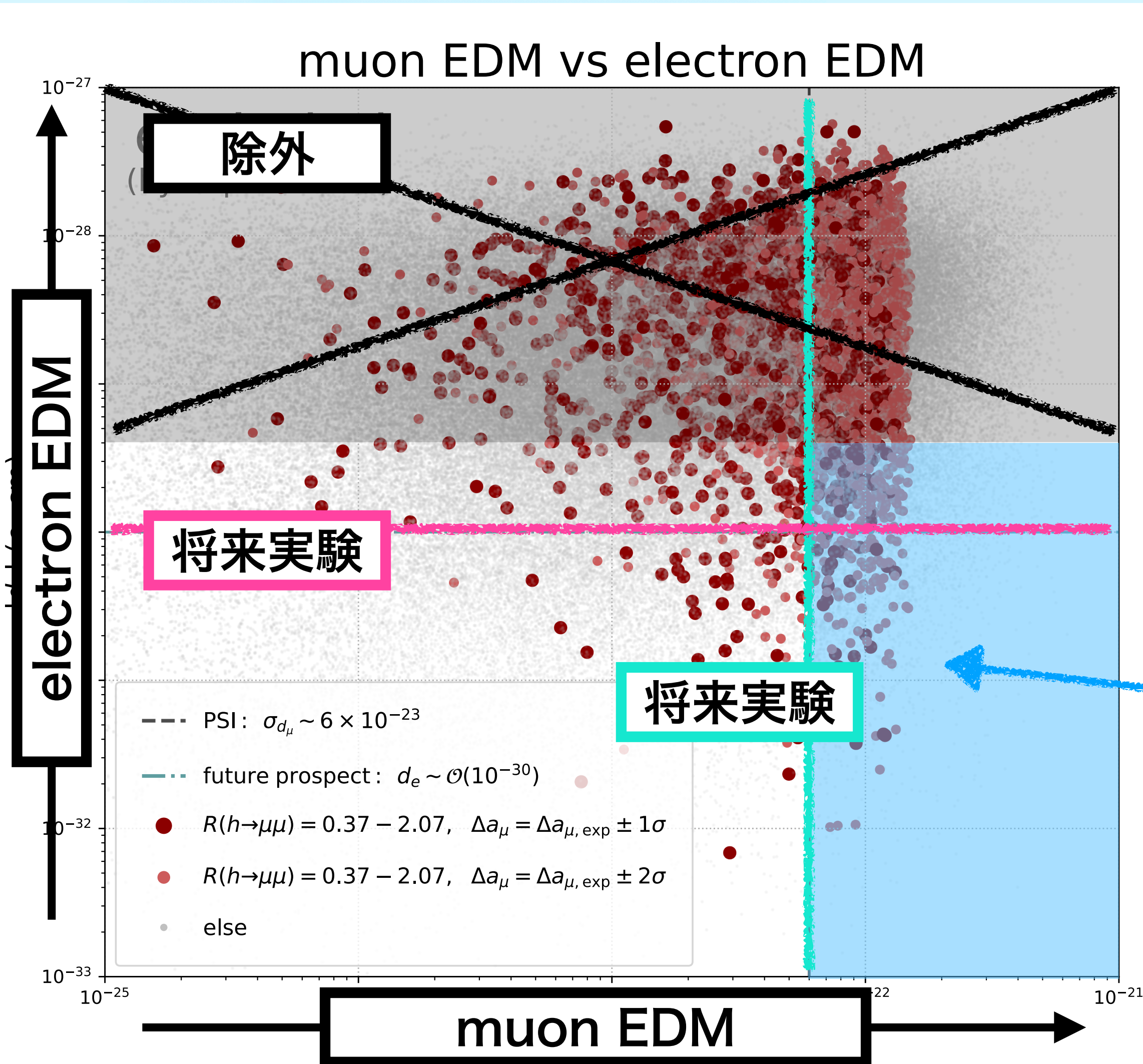


muon  $g-2$  を説明(赤い点)  
&  
electron EDM の将来実験で検出

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon EDM vs electron EDM

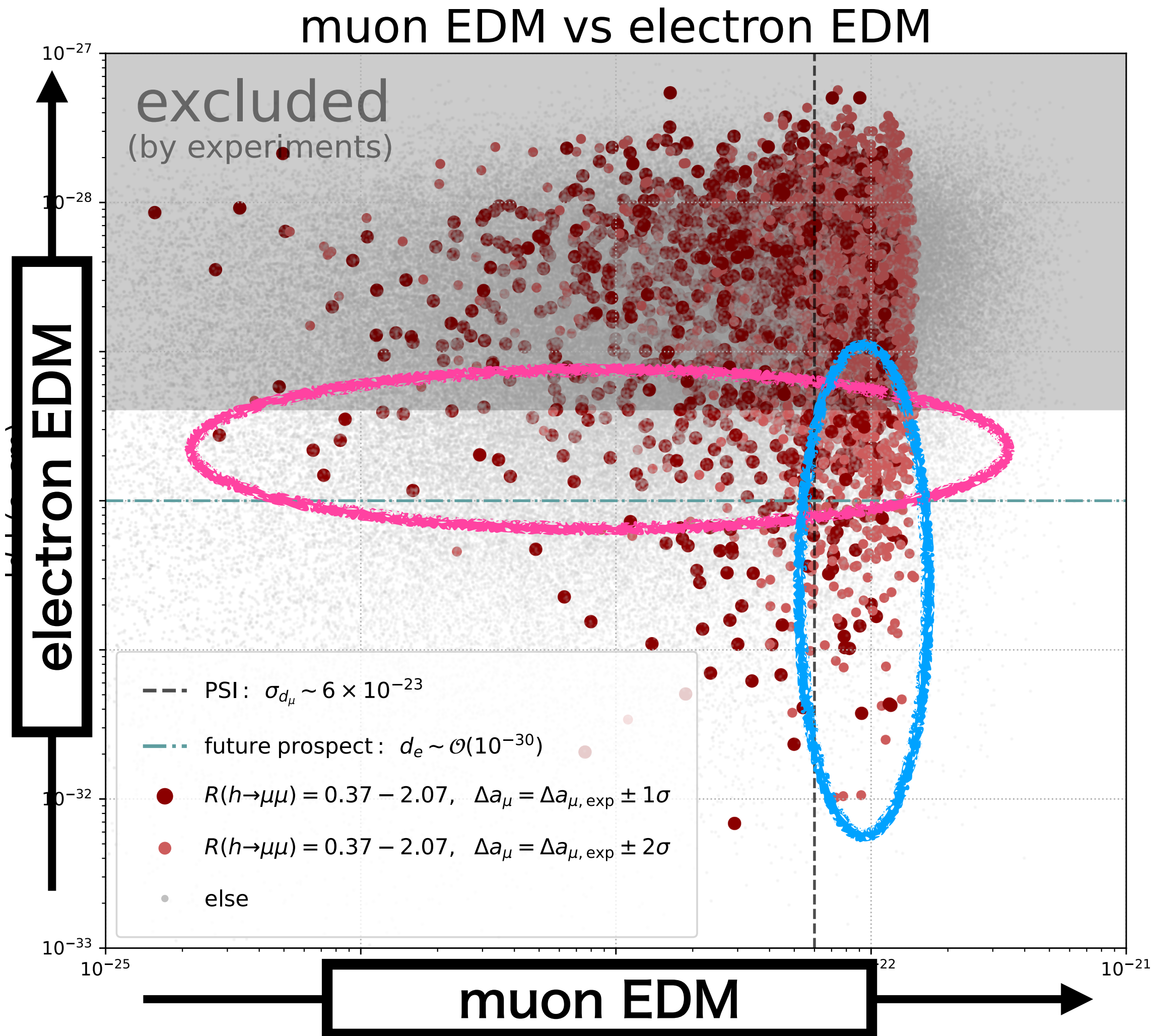


muon g-2 を説明(赤い点)  
&  
muon EDM の将来実験で検出

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon EDM vs electron EDM

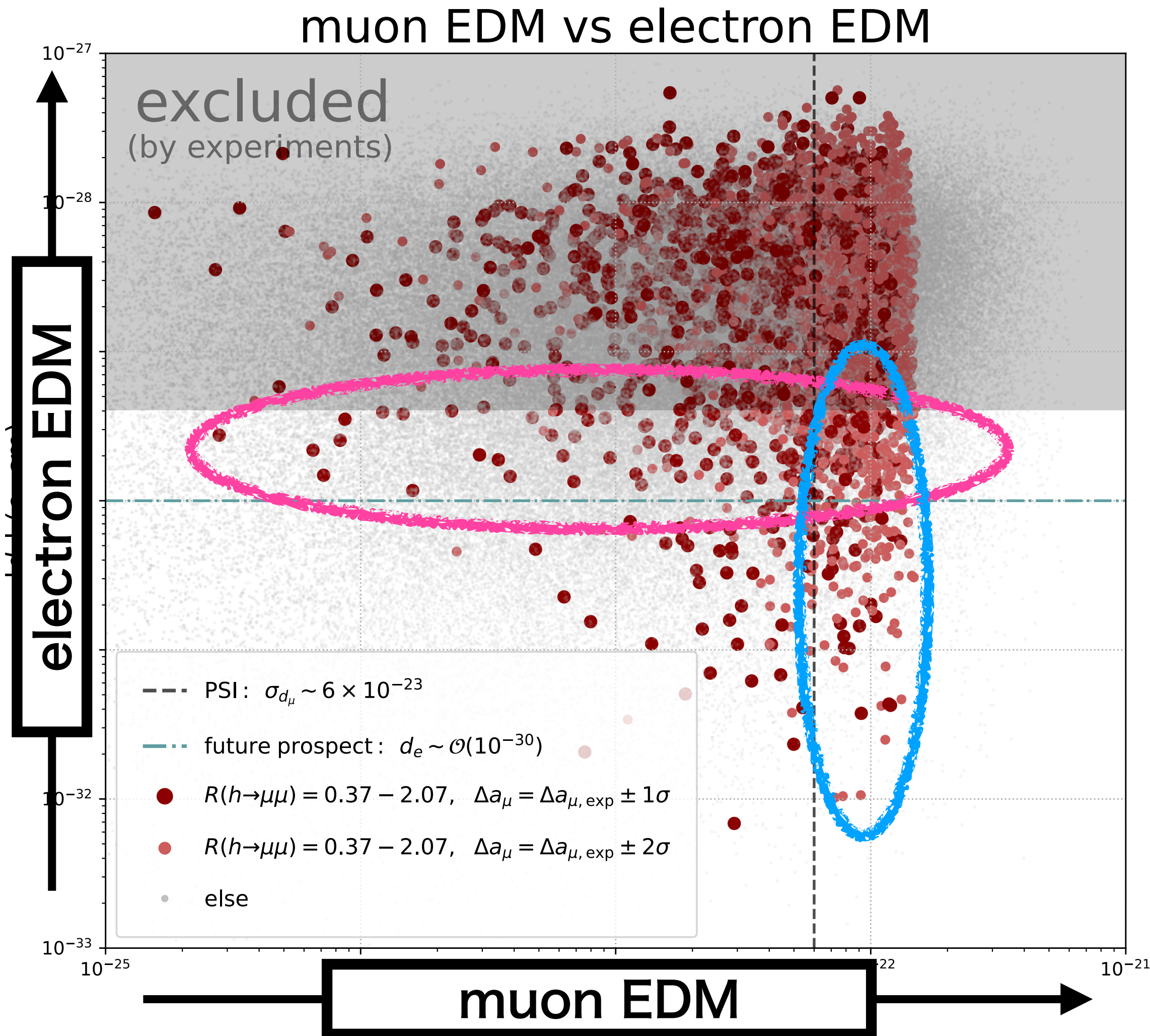


サンプル点が多数分布している！

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon EDM vs electron EDM



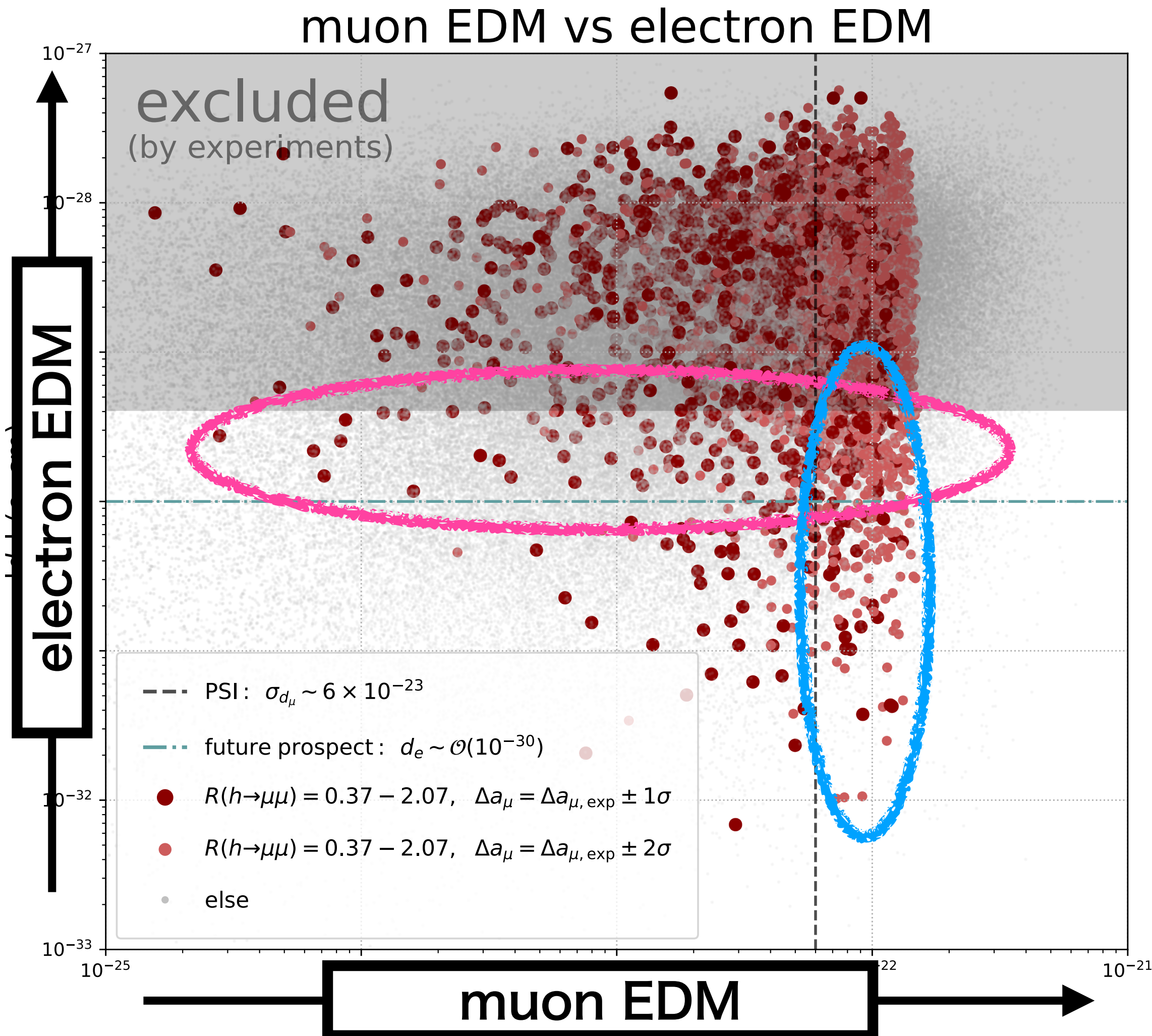
サンプル点が多数分布している！

Vector-like leptonモデルが正しい場合

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# muon EDM vs electron EDM



サンプル点が多数分布している！

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

K. Hamaguchi, N. Nagata, G. Osaki, and S.-Y. Tseng, JHEP 01 (2023) 100.



# Summary

- **Vector-like leptonモデルは muon g-2 実験を説明する**新物理モデル
- Muon g-2, muon EDM, electron EDM への新たな寄与を計算
- パラメータの組をランダムに $10^5$ 個生成し相関散布図を作成
- Muon g-2 の実験値の $1\sigma$ ,  $2\sigma$  範囲に収まりつつ、 muon, electron EDMの将来実験の精度 ( $6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm} < |d_\mu|$ ,  $1 \times 10^{-30} < |d_e| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$ ) の範囲内にサンプル点が多数分布していた
- 将来実験で**muon, electron EDMが検出される**可能性がある



# Summary

- **Vector-like leptonモデルは muon g-2 実験を説明する新物理モデル**
- Muon g-2, muon EDM, electron EDM への新たな寄与を計算
- パラメータの組をランダムに $10^5$ 個生成し相関散布図を作成
- Muon g-2 の実験値の $1\sigma$ ,  $2\sigma$  範囲に収まりつつ、 muon, electron EDMの将来実験の精度 ( $6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm} < |d_\mu|$ ,  $1 \times 10^{-30} < |d_e| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$ ) の範囲内にサンプル点が多数分布していた
- 将来実験で**muon, electron EDMが検出される**可能性がある

# Summary

- **Vector-like leptonモデルは muon g-2 実験を説明する**新物理モデル
- Muon g-2, muon EDM, electron EDM への新たな寄与を計算
- パラメータの組をランダムに $10^5$ 個生成し相関散布図を作成
- Muon g-2 の実験値の $1\sigma$ ,  $2\sigma$  範囲に収まりつつ、 muon, electron EDMの将来実験の精度 ( $6 \times 10^{-23} e \cdot \text{cm} < |d_\mu|$ ,  $1 \times 10^{-30} < |d_e| < 4.1 \times 10^{-30} e \cdot \text{cm}$ ) の範囲内にサンプル点が多数分布していた
- 将来実験で**muon, electron EDMが検出される**可能性がある