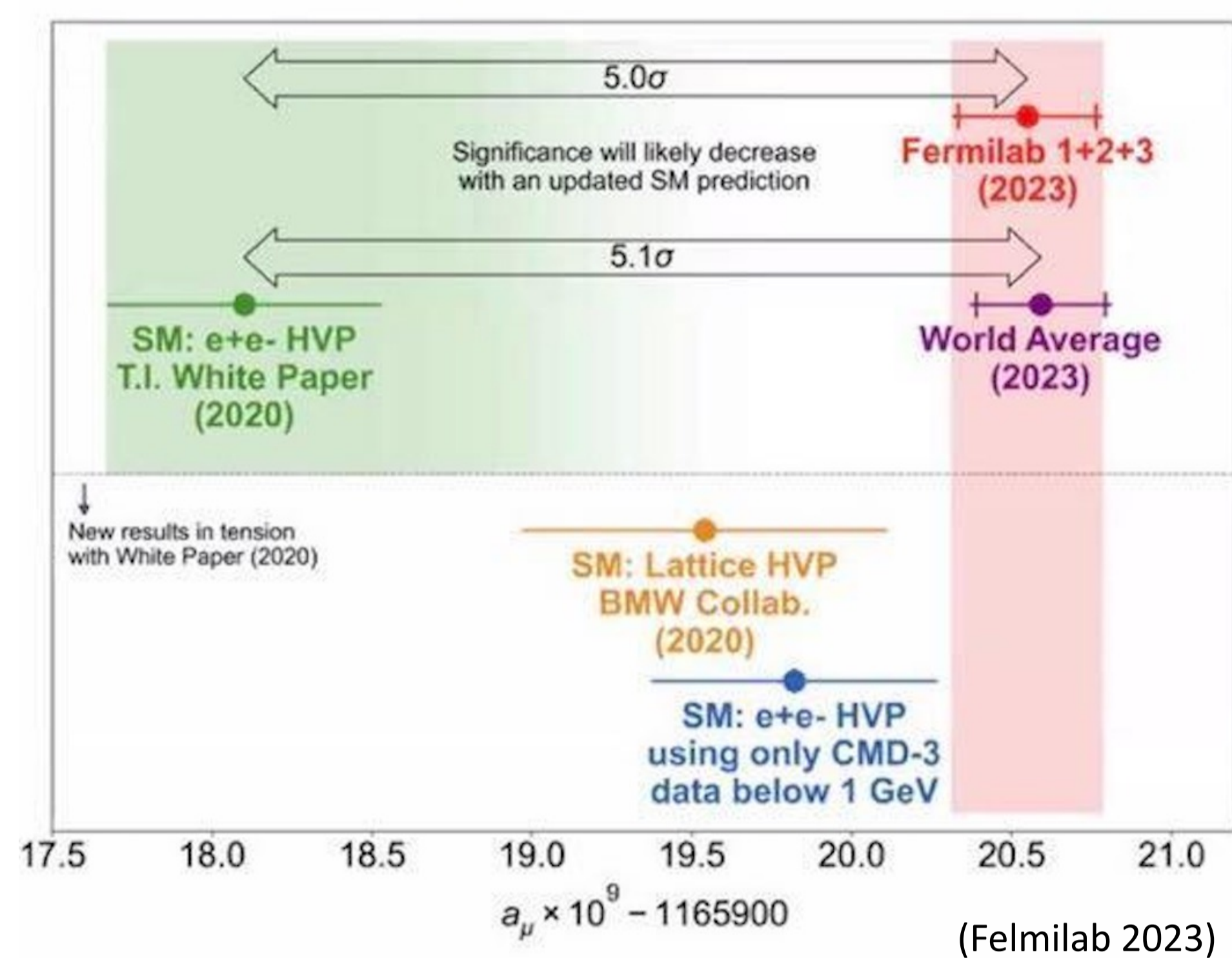


Searching for signatures of 2HDM with Z4 symmetry at a Muon collider

Ayano Saito, Oki Kobayashi, Gi-Chol Cho (Ochanomizu Univ.)
Kentarou Mawatari (Iwate Univ.)

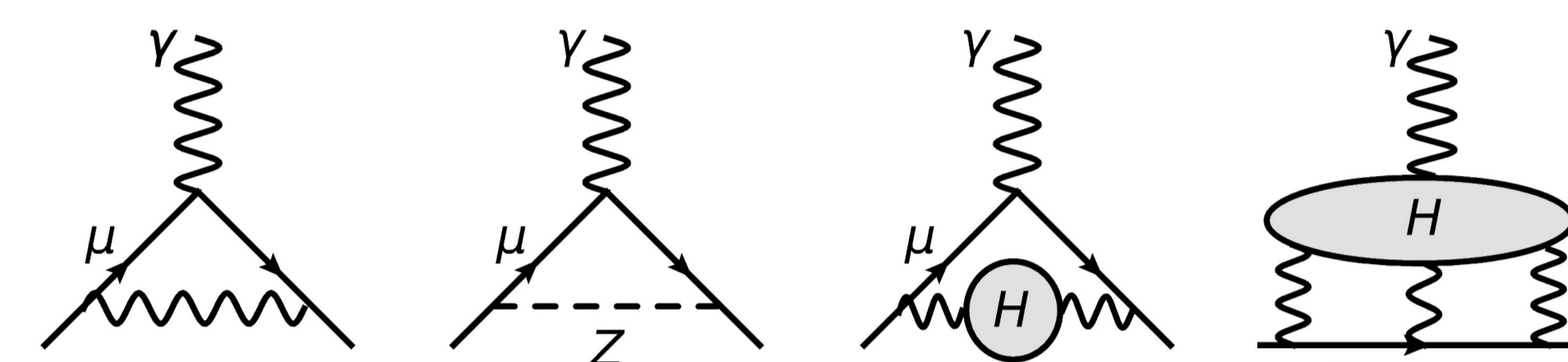
Muon g-2 anomaly

μ のスピンの異常磁気モーメントの実験値が標準模型の予言値と大きく異なる問題



スピン異常磁気モーメント：
Dirac-eq. から $g = 2$ が導かれるが、量子補正でのズレがある

$$a \equiv \frac{g - 2}{2} \quad g : \text{Landé } g \text{ 因子}$$



この問題を解決するため、2HDMにZ4対称性を付与したモデルが提唱されている

[1] Abe, Toma, Tsumura, arXiv: 1904.10908

2 higgs doublet model

+ Z4対称性

$$H_1 = \begin{pmatrix} G^+ \\ \frac{v + h + iG}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}, H_2 = \begin{pmatrix} H^+ \\ \frac{H + iA}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

相互作用ラグランジアン

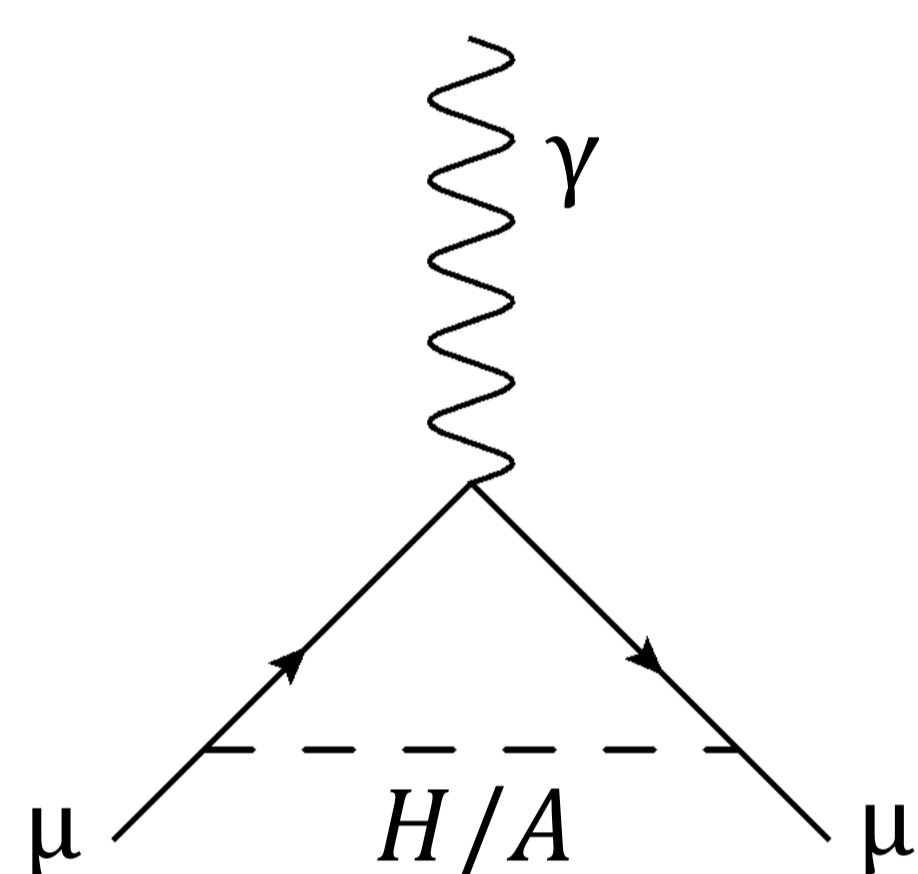
$$-\mathcal{L}_{int} = g^{\mu\tau} \bar{L}_\mu \tau_R H_2 + g^{\tau\mu} \bar{L}_\tau \mu_R H_2 + h.c.$$

Field	H_1	H_2	(L_e, L_μ, L_τ)	(e_R, μ_R, τ_R)
SM gauge	$(1, 2)_{1/2}$	$(1, 2)_{1/2}$	$(1, 2)_{-1/2}$	$(1, 1)_{-1}$
Z4	1	-1	$(1, i, -i)$	$(1, i, -i)$

[1] Abe, Toma, Tsumura, arXiv: 1904.10908

a_μ への寄与 ($a_\mu \equiv a_\mu^{SM} + \Delta a_\mu$)

$$\Delta a_\mu = (2.51 \pm 0.59) \times 10^{-9}$$



$$= 2.5 \times 10^{-9} \times \left(\frac{g^{\mu\tau} g^{\tau\mu}}{1.0} \right) \left(\frac{\Delta m}{246 \text{ GeV}} \right)^2 \left(\frac{700 \text{ GeV}}{m_A} \right)^4$$

- $\Delta m^2 = m_H^2 - m_A^2$
- 寄与する新粒子: H, A
- ref [2] (Blanke, Iguro, arXiv: 2210.13508)
: 2HDM+Z4 で muon g-2 anomaly が説明可能
LHCでの本モデル探索を議論

目的

この模型はミュオンの相互作用が特徴
→ ミュオンコライダーでのモデル検証の可能性を議論

Helicity amplitudes

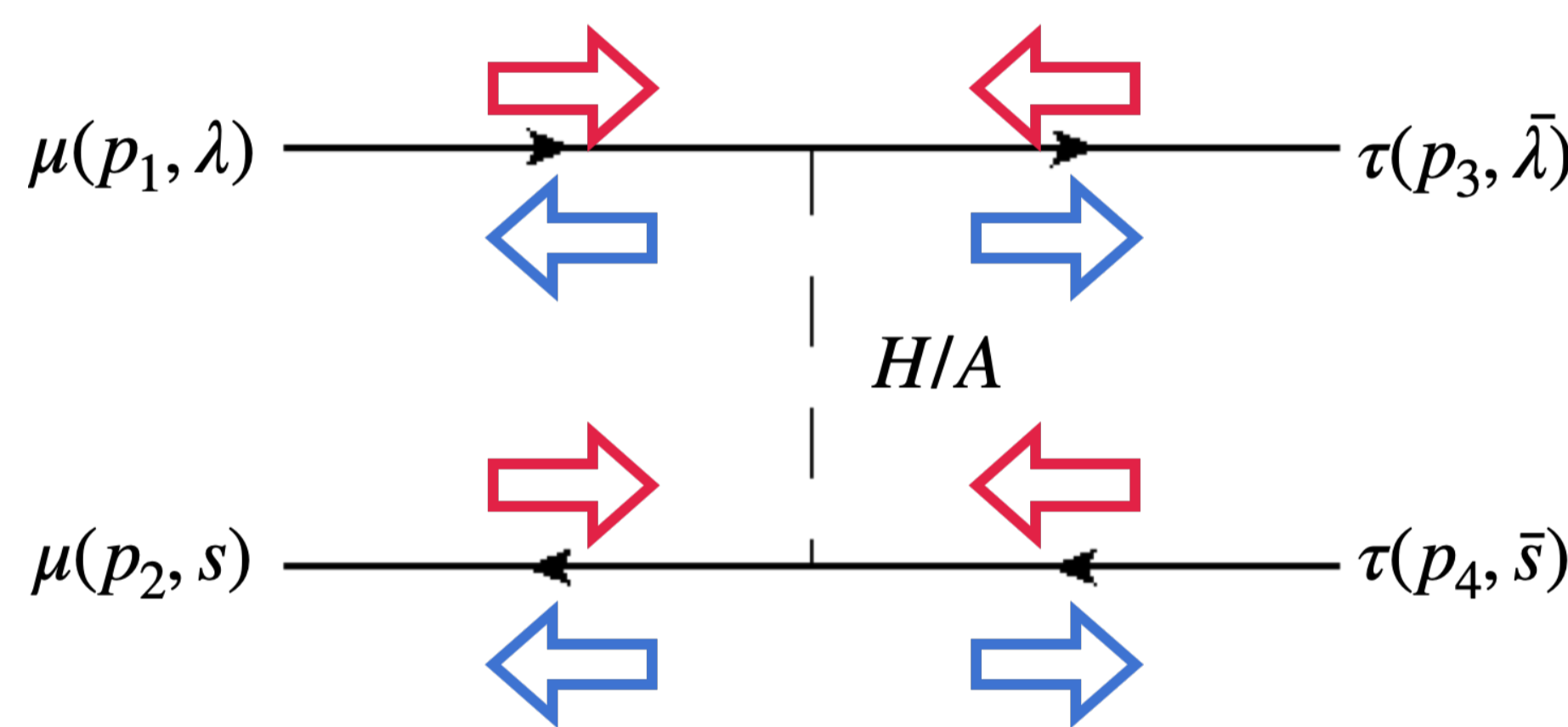
non-zeroの振幅を与えるヘリシティの組み合わせ

$$J(\lambda, \bar{\lambda}) = J(+, -), J(-, +)$$

$$J(s, \bar{s}) = J(+, -), J(-, +)$$

振幅は

$$i\mathcal{M} = J(\lambda, \bar{\lambda}) M_{s\bar{s}}^{\lambda\bar{\lambda}} J(s, \bar{s}) = g^2 \frac{-\frac{s}{2}(1 - \cos\theta)}{-\frac{s}{2}(1 - \cos\theta) - m_{H/A}^2}$$



$\lambda, \bar{\lambda}, s, \bar{s}$: helicity

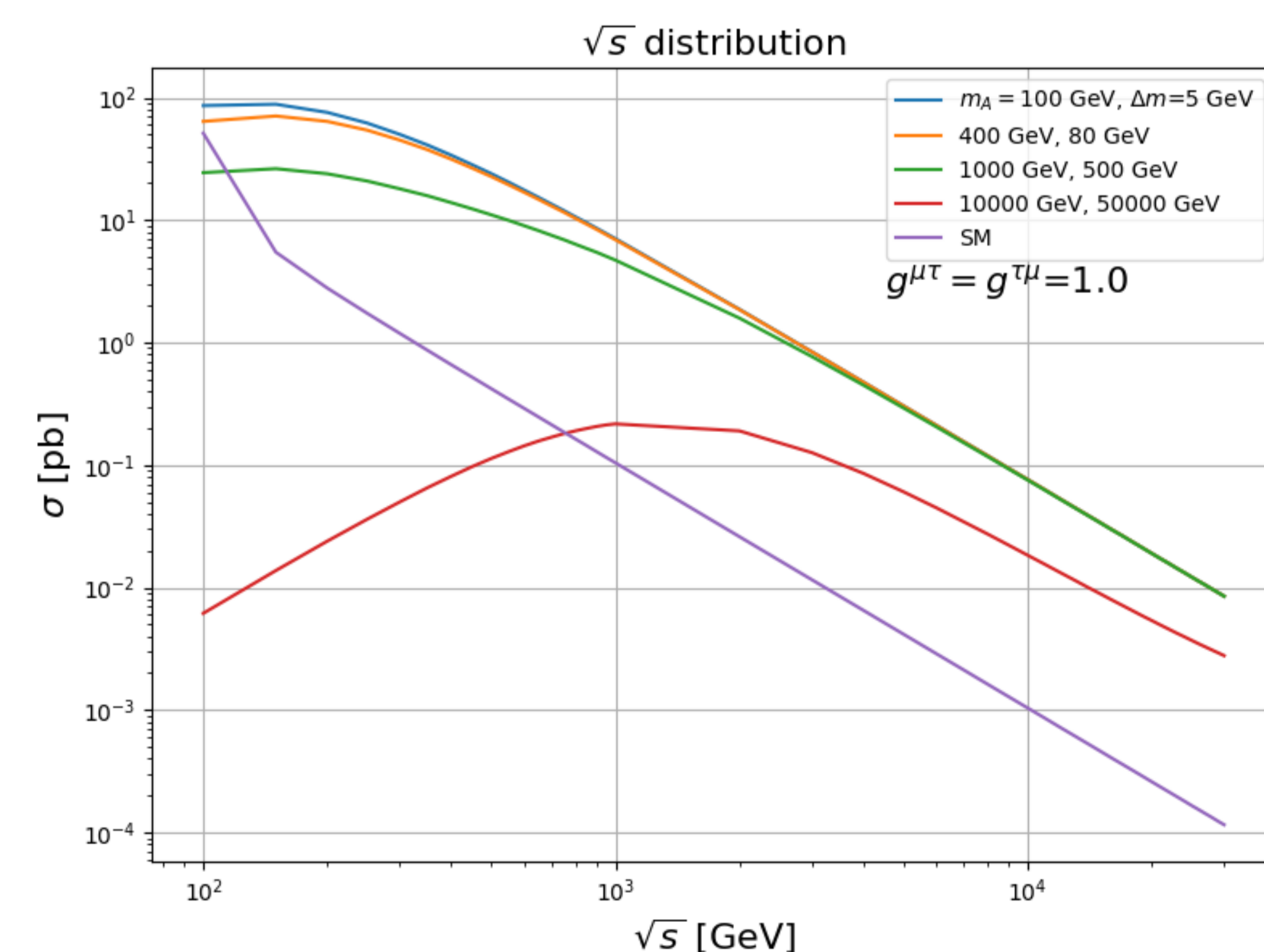
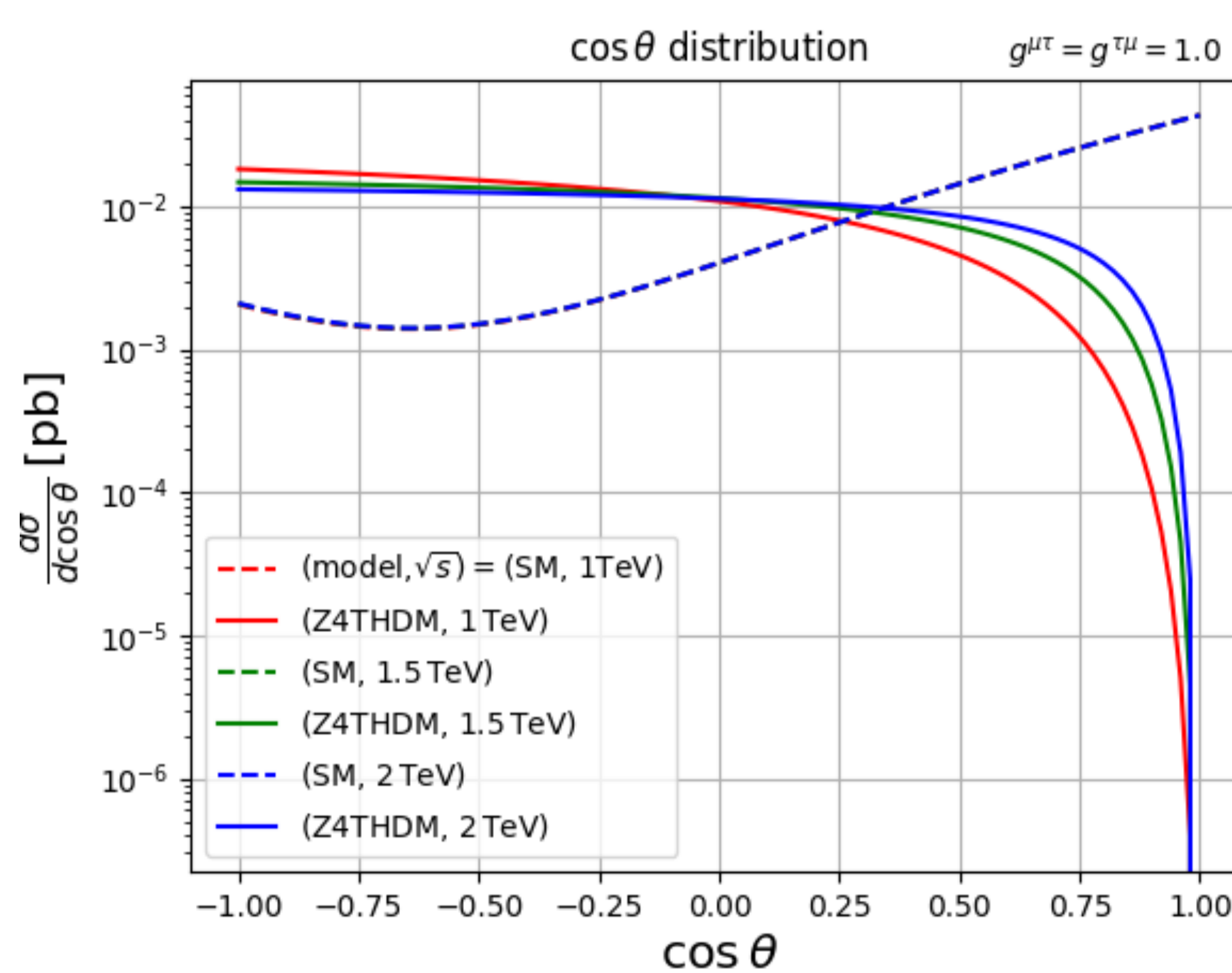
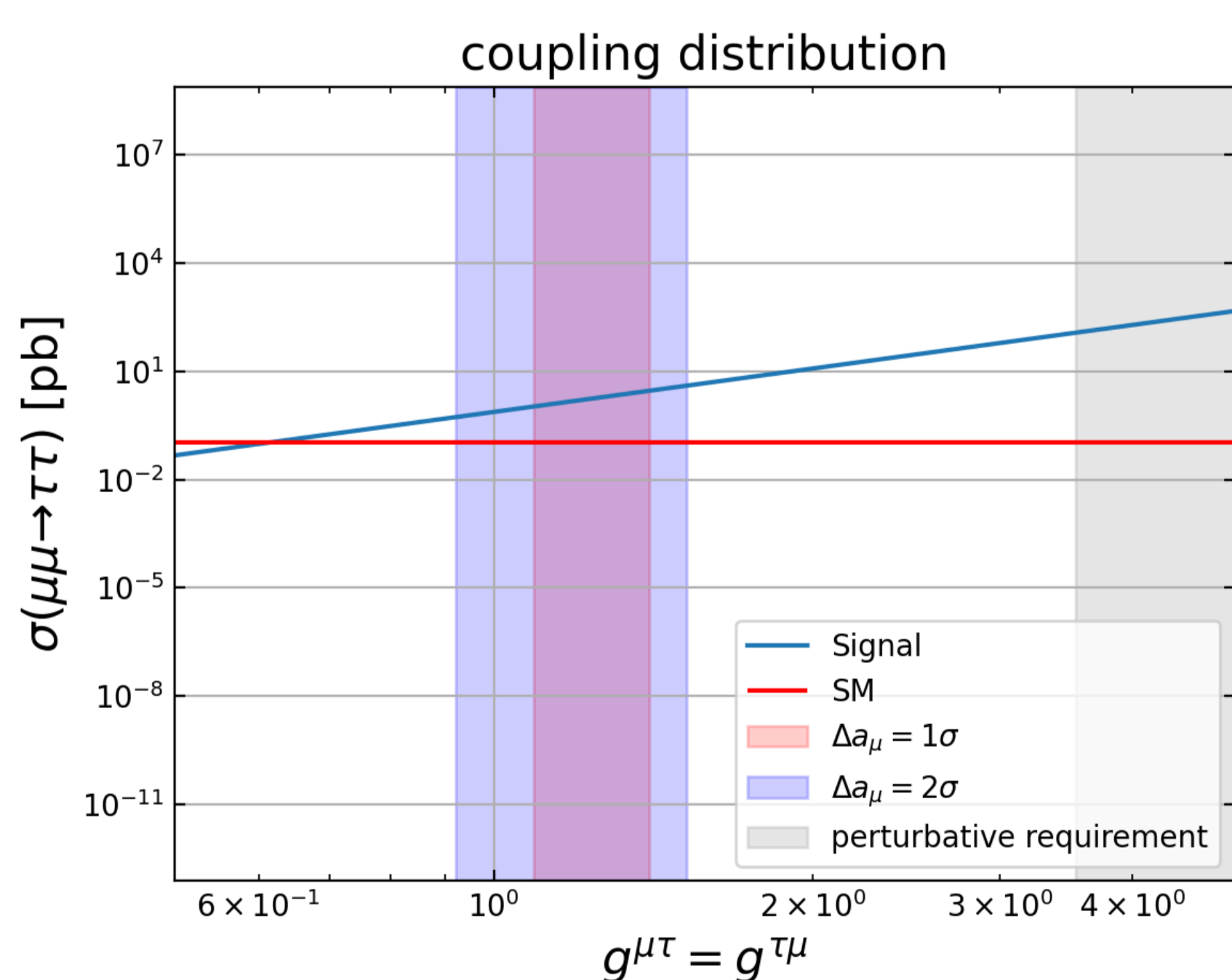
$$g = g^{\mu\tau} = g^{\tau\mu}$$

$$M_{s\bar{s}}^{\lambda\bar{\lambda}} = \frac{ig^2}{t - m_{H/A}^2}$$

数値計算結果 (MadGraph5_aMC@NLO, v2.9.14)

Benchmark Point : $g = g^{\mu\tau} = g^{\tau\mu} = 1.0, m_H = 400 \text{ GeV}, m_A = 500 \text{ GeV}$

前提: 粒子はreconstructionは高精度であることを仮定



議論:

- $\sigma_{SM}(\mu\mu \rightarrow \tau\tau) \ll \sigma_{NP}(\mu\mu \rightarrow \tau\tau)$
- Δa_μ^{SM} の変化 (hadronic contributionの評価) → $g, m_{H/A}$ の制限が変化

まとめと今後の展望

- 今回採用したBPでは、ミュオンコライダーにおいて模型が十分に検証可能であることがわかった
- より広いモデルパラメータ領域で、ミュオンコライダーでの模型検証可能性を議論する
- 今回はparton levelの議論 → Delphes, Pythia8を使用したdetector levelでの解析
- $\mu^+\mu^+$ colliderの場合についても検証