$b \to s\nu\bar{\nu}$ 遷移におけるBaryon-Meson和則

千葉大学　素粒子論研究室 (CPP)　佐々木鉱太

[arXiv:2604.20340], Work In Progress

共同研究者：北原鉄平(CPP), Manas Kumar Mohapatra(Univ. of Hyderabad)

Flavor Physics Workshop 2026@呉羽ハイツ

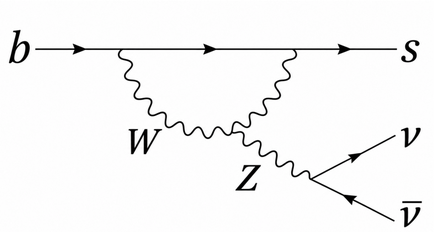
Chiba Particle Physics

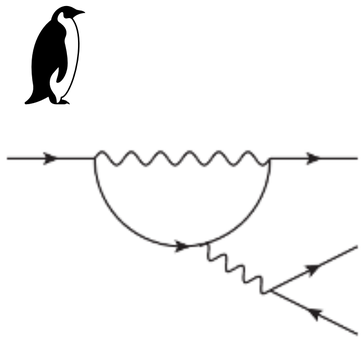
$b \to s$ 遷移と新物理

- $b \to s$ 遷移は、標準模型(SM)ではループで生じるFCNC過程

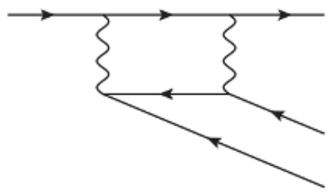
- SMの寄与がGIM機構によって抑制→**新物理(NP)の寄与の探索に良い！**

ペンギン





Box



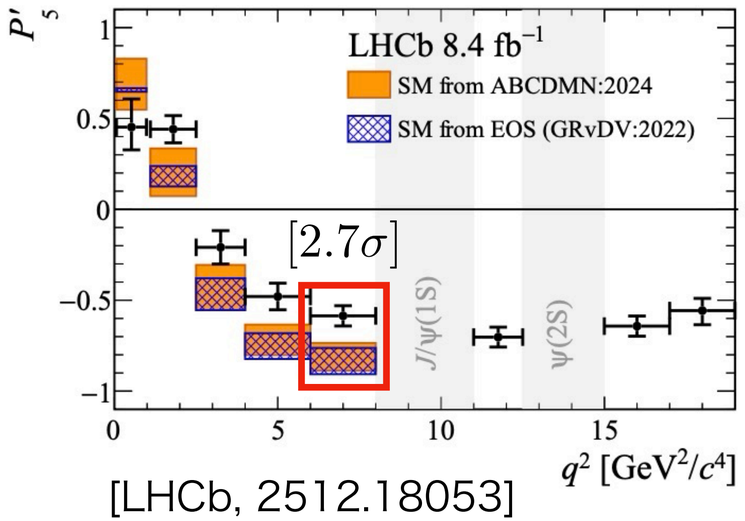
@Leading order



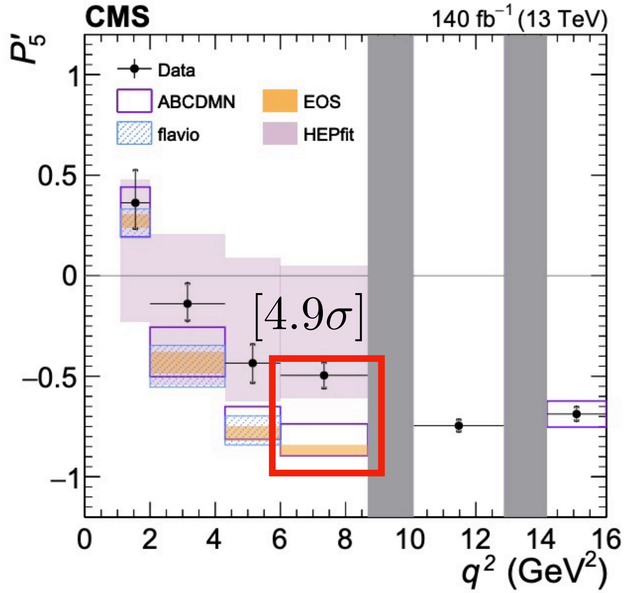
[ひっぐすたん]

$b \to s\ell^+\ell^-$ 遷移における標準模型とのずれ

$B^0 \to K^{*0}\mu^+\mu^- : P_5'$ (角度観測量)@LHCb,CMS



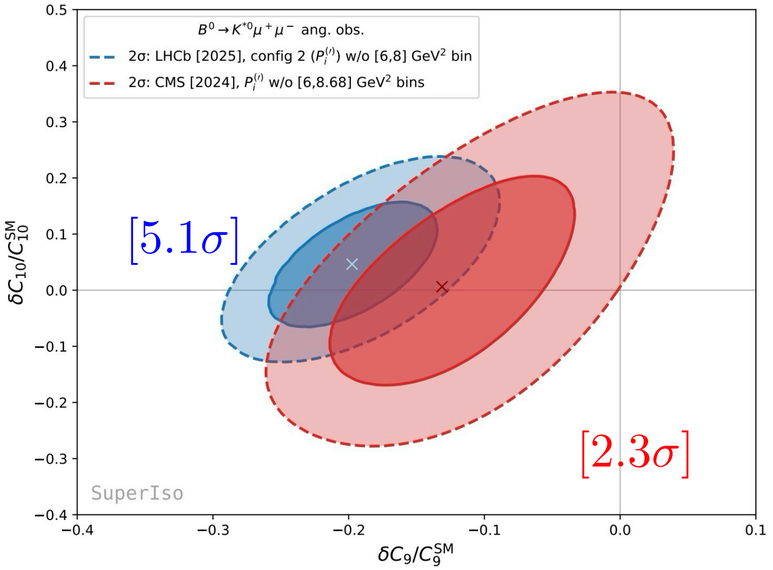
[LHCb, 2512.18053]



[CMS, 2411.11820]

$B^0 \to K^{*0}\mu^+\mu^- : C_9$

ウィルソン係数(WCs)@LHCb, CMS



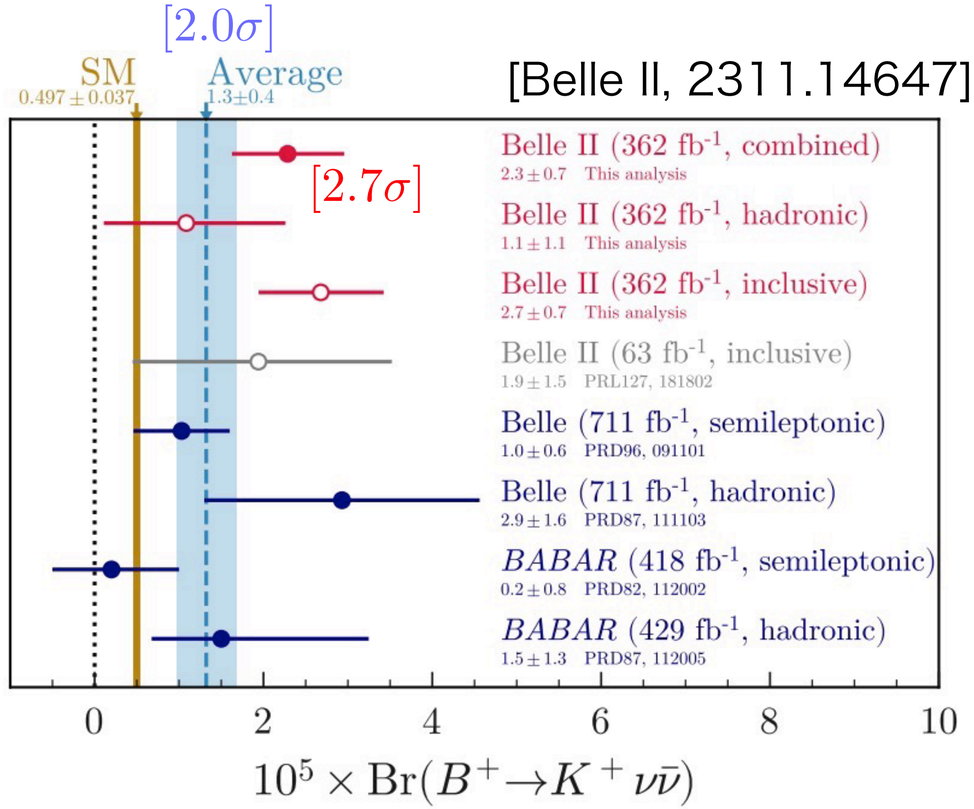
[T.Hurth et al, 2508.09986]

Belle IIが示す $B^+ \to K^+\nu\bar{\nu}$ の超過

- Belle IIはSMの予言を上回る分岐比
- Belle+BABARでもSMより大きい

$$\frac{\mathcal{B}(B^+ \to K^+\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B^+ \to K^+\nu\bar{\nu})_{\mathrm{SM}}} = 2.82 \pm 0.88 \quad [2.1\sigma]$$

- FCNCである $b \to s$ 遷移に**NPの兆候あり！**



[Belle II, 2311.14647]



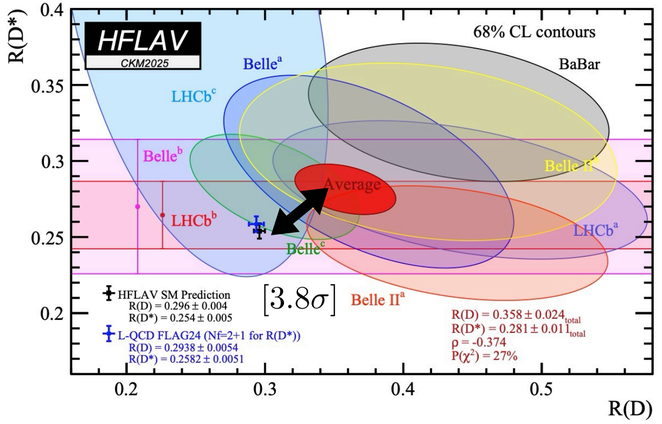


$b \to c$ から $b \to s$ へ：和則の拡張

- $b \to c : R(D^{(*)})$ アノマリー　　$R_H \equiv \dfrac{\mathcal{B}(H_b \to H_c \tau \nu)}{\mathcal{B}(H_b \to H_c \{\mu, e\} \nu)}$
- バリオンとメソンの**独立な実験値を結ぶ和則**

$$\frac{R_{\Lambda_c}}{R^{\rm SM}_{\Lambda_c}} \simeq \frac{1}{4}\frac{R_D}{R^{\rm SM}_D} + \frac{3}{4}\frac{R_{D^*}}{R^{\rm SM}_{D^*}}$$

[M.Blanke et.al., 1811.09603]



[HFLAV]



- 有効場の理論から導出可能、新物理の模型(UV模型)に依存しない関係
- **Our work：$b \to s\nu\bar{\nu}$ に存在する和則を導いた！**

$b \to s\nu\bar{\nu}$ 和則の導出

重い ν_R を仮定

- 有効ハミルトニアン

$$\mathcal{H}_{\text{eff}} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{ts}^* V_{tb} \frac{\alpha\left(M_Z\right)}{4\pi} C_L^{\text{SM}} \sum_{i,j=1}^{3} \left[\left(\delta^{ij} + C_L^{ij} \right) \mathcal{O}_L^{ij} + C_R^{ij} \mathcal{O}_R^{ij} \right] + \text{h.c.}$$

- i, jはニュートリノフレーバー、対応する**18個のWCs**

$$\mathcal{O}_L^{ij} = \left(\bar{s}\gamma_\mu P_L b\right)\left(\bar{\nu}_i \gamma^\mu \left(1-\gamma_5\right)\nu_j\right)$$
$$\mathcal{O}_R^{ij} = \left(\bar{s}\gamma_\mu P_R b\right)\left(\bar{\nu}_i \gamma^\mu \left(1-\gamma_5\right)\nu_j\right)$$

アノマリーあり

$$\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\text{SM}}} = \frac{1}{3}\sum_i \sum_j \left| C_+^{ij} \right|^2$$

未観測

$$\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\text{SM}}} = \frac{1}{3}\sum_i \sum_j \left(0.20 \left| C_+^{ij} \right|^2 + 0.80 \left| C_-^{ij} \right|^2 \right)$$

未観測

$$\frac{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)_{\text{SM}}} = \frac{1}{3}\sum_i \sum_j \left(0.41 \left| C_+^{ij} \right|^2 + 0.59 \left| C_-^{ij} \right|^2 \right)$$

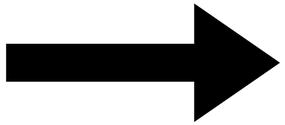
$$C_\pm^{ij} \equiv \delta^{ij} + C_L^{ij} \pm C_R^{ij}$$

$\sum_i \sum_j C_\pm^{ij}$ を消去可能

$$\frac{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)_{\text{SM}}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\text{SM}}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\text{SM}}}$$

縦偏極率、Inclusive和則

- 縦偏極率：K^*のスピン0の成分　$F_L(B \to K^* \nu\bar{\nu}) = \dfrac{\mathcal{B}(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu})_{||}}{\mathcal{B}(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu})}$
- 実験値/理論値　$\dfrac{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)}{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}} = \dfrac{1}{3}\dfrac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} \sum_i \sum_j \left|C_-^{ij}\right|^2$



$$1 = 0.20(3)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.80(10)\frac{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)}{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

- Inclusive崩壊

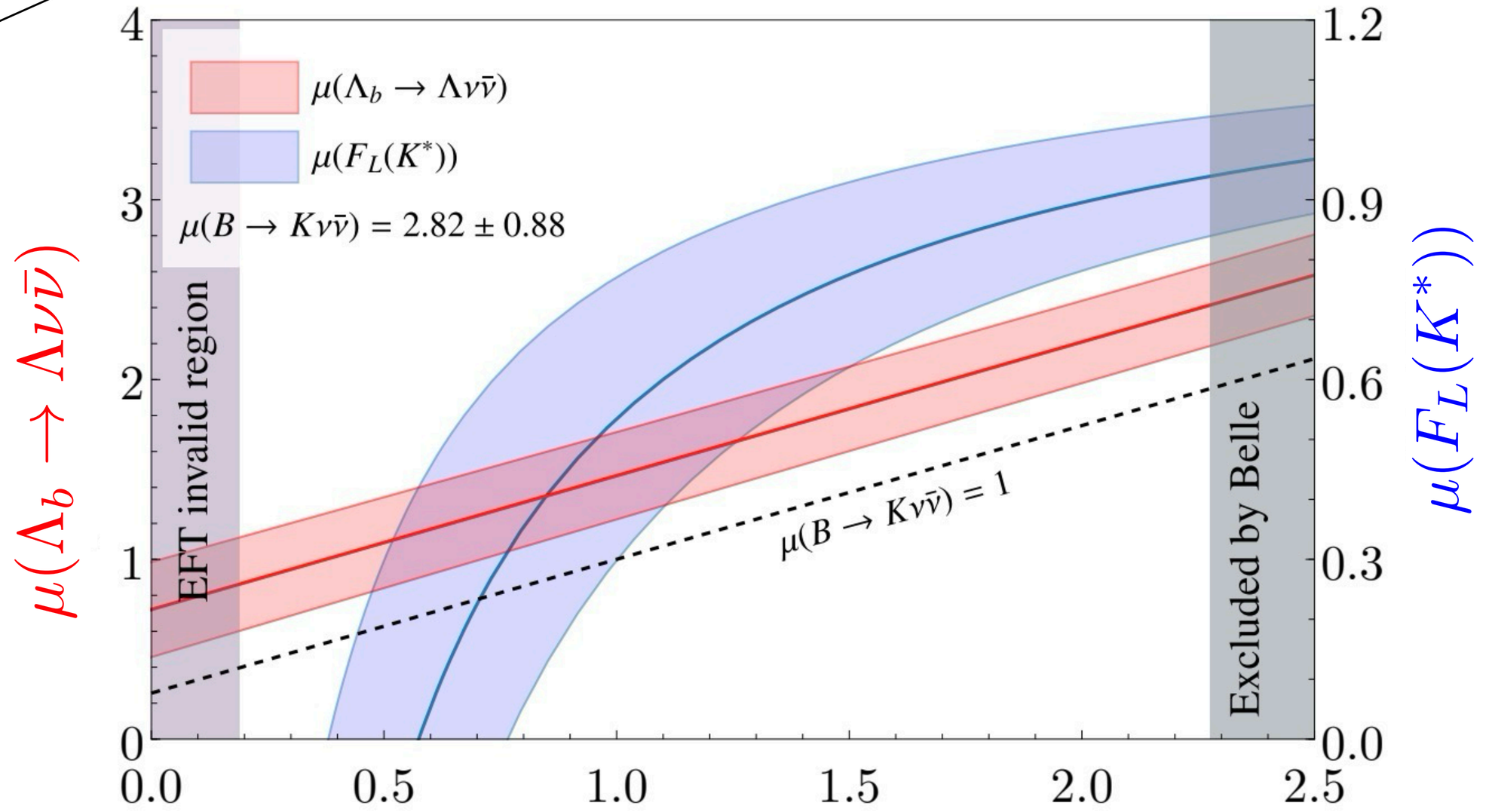
$$\frac{\mathcal{B}\left(B \to X_s\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to X_s\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}} = 0.34(1)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.66(1)\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

近似的な関係　$\dfrac{\mathcal{B}(B \to X_s\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to X_s\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} \sim \dfrac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}$

- $\dfrac{\mathcal{B}\left(B^+ \to K^+ \nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B^+ \to K^+ \nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}} = 2.82 \pm 0.88$ を入力

$$1 = 0.20(3)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.80(10)\frac{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)}{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

バンドの主要の不定性



$$\frac{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

Preliminary:右巻きmasslessニュートリノ、スカラー・テンソルへの拡張

ニュートリノ質量機構

- ニュートリノ質量は非常に小さい($m_\nu < 1\mathrm{eV}$)が、ゼロではない → **New Physics**

- **右巻きニュートリノ**の導入による軽い質量生成

  $m_D \bar{\nu}_L \nu_R$ or $\frac{1}{2}\frac{y^2}{M_R}\bar{\nu}_L (\nu_L)^c$

  - **とても軽い(ディラック質量)**
  - 重い右巻きニュートリノのdecoupling・シーソー機構(マヨラナ質量) ⚖

- **右巻きディラックニュートリノ**をNPとして$b \to s\nu\bar{\nu}$ を考える



- 今までの議論：右巻きニュートリノのdecoupleや、ベクトルカレントの相互作用のみを仮定

- 可能な $b \to s\nu\bar{\nu}$ 有効ハミルトニアンを全て書き下す

今まで

$$\mathcal{H}_{\rm eff} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{tb}V_{ts}^* \frac{\alpha(m_Z)}{4\pi} C_L^{\rm SM} \sum_{i,j=1}^{3} \Big[\boxed{(\delta^{ij} + C_{LL}^{ij})\mathcal{O}_{LL}^{ij} + C_{RL}^{ij}\mathcal{O}_{RL}^{ij}} + C_{LR}^{ij}\mathcal{O}_{LR}^{ij} + C_{RR}^{ij}\mathcal{O}_{RR}^{ij}$$
$$+ C_{S,L}^{ij}\mathcal{O}_{S,L}^{ij} + C_{S,R}^{ij}\mathcal{O}_{S,R}^{ij} \; + C_{T,L}^{ij}\mathcal{O}_{T,L}^{ij} + C_{T,R}^{ij}\mathcal{O}_{T,R}^{ij} \Big] + \text{h.c.}$$

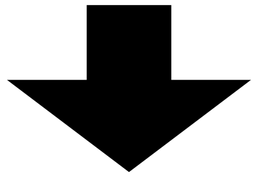
36個の演算子with右巻きニュートリノ
- 18個のスカラー演算子
- 18個のテンソル演算子

$$\mathcal{O}_{XY}^{ij} = 2(\bar{s}\gamma_\mu P_X b)(\bar{\nu}_i \gamma^\mu P_Y \nu_j), \qquad X, Y = L, R,$$
$$\mathcal{O}_{S,X}^{ij} = (\bar{s} P_X b)(\bar{\nu}_i P_X \nu_j), \qquad X = L, R,$$
$$\mathcal{O}_{T,X}^{ij} = (\bar{s}\sigma^{\mu\nu} P_X b)(\bar{\nu}_i \sigma_{\mu\nu} P_X \nu_j), \qquad X = L, R.$$

→ **合わせて72個のNP演算子**

とりあえず右巻きmasslessニュートリノを入れてみる

$$\mathcal{H}_{\rm eff} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{tb}V_{ts}^* \frac{\alpha(m_Z)}{4\pi} C_L^{\rm SM} \sum_{i,j=1}^{3} \Big[(\delta^{ij} + C_{LL}^{ij})\mathcal{O}_{LL}^{ij} + C_{RL}^{ij}\mathcal{O}_{RL}^{ij} + C_{LR}^{ij}\mathcal{O}_{LR}^{ij} + C_{RR}^{ij}\mathcal{O}_{RR}^{ij} \Big] + \text{h.c.}$$



今までの和則がすべて同様に成り立つことを発見！

$$\frac{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

$$1 = 0.20(3)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.80(10)\frac{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)}{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

理由：角度積分で右・左巻きの区別がなくなるため

スカラー、テンソルの新物理のみを仮定

$$\mathcal{H}_{\rm eff} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{tb}V_{ts}^* \frac{\alpha(m_Z)}{4\pi} C_L^{\rm SM} \sum_{i,j=1}^{3} \Big[+C_{S,L}^{ij}\mathcal{O}_{S,L}^{ij} + C_{S,R}^{ij}\mathcal{O}_{S,R}^{ij} \; +C_{T,L}^{ij}\mathcal{O}_{T,L}^{ij} + C_{T,R}^{ij}\mathcal{O}_{T,R}^{ij} \Big] + \text{h.c.}$$

$$\mu(B\to K\nu\bar{\nu}) = 1 + \sum_{i,j}\left[0.12(0)C_S^{ij} + 0.18(1)C_T^{ij}\right] \qquad \mu(B\to K^*\nu\bar{\nu}) = 1 + \sum_{i,j}\left[0.02(0)C_S^{ij} + 1.40(17)C_T^{ij}\right] .$$

$$\mu(\Lambda_b\to\Lambda\nu\bar{\nu}) = 1 + \sum_{i,j}\left[0.05(0)C_S^{ij} + 0.90(15)C_T^{ij}\right]$$

$\sum_{i,j} C_S^{ij}, \sum_{i,j} C_T^{ij}$ という**2つの基底**のみでかける→消去可能

$$\left(C_S^{ij} = |C_{S,L}^{ij}|^2 + |C_{S,R}^{ij}|^2, \;\; C_T^{ij} = |C_{T,L}^{ij}|^2 + |C_{T,R}^{ij}|^2\right)$$

- **新たな和則、関係が成り立つことを発見！**

$$\mu(\Lambda_b\to\Lambda\nu\bar{\nu}) - 1 = A(\mu(B\to K\nu\bar{\nu}) - 1) + B(\mu(B\to K^*\nu\bar{\nu}) - 1)$$
$$\to \mu(\Lambda_b\to\Lambda\nu\bar{\nu}) = A\mu(B\to K\nu\bar{\nu}) + B\mu(B\to K^*\nu\bar{\nu}) + (1 - A - B)$$

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b\to\Lambda\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b\to\Lambda\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.30\frac{\mathcal{B}(B\to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B\to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.61\frac{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.09$$

$$\frac{F_L(K^*)}{F_L(K^*)_{\rm SM}} = 0.36\frac{\mathcal{B}(B\to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B\to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})} + 0.40\frac{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}{\mathcal{B}(B\to K^*\nu\bar{\nu})} + 0.24$$

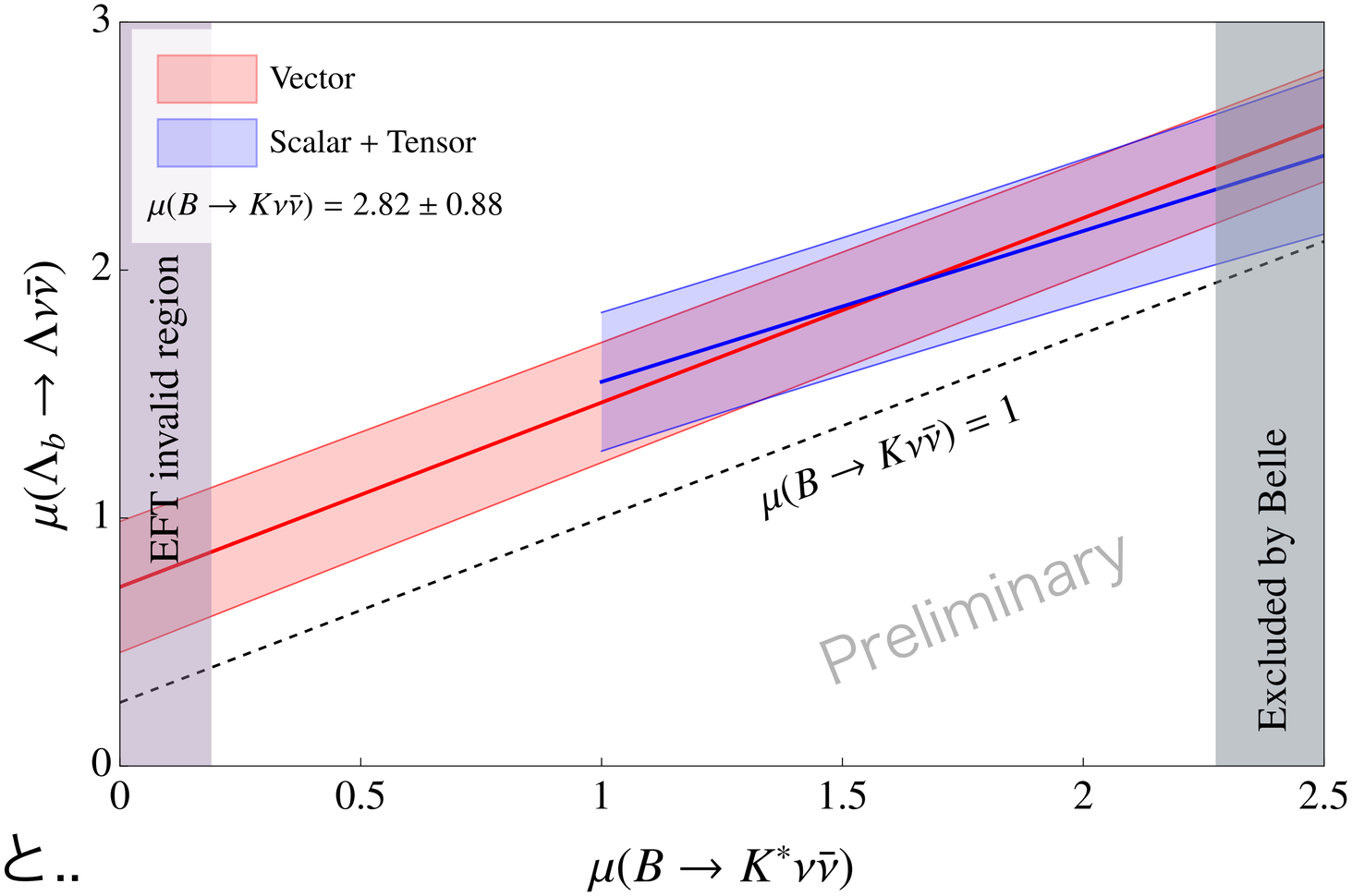
定数項アリ

和則でできること① $\Lambda_b \to \Lambda \nu \bar{\nu}$ の予言

$$\frac{\mathcal{B}(B^+ \to K^+ \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B^+ \to K^+ \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 2.82 \pm 0.88$$ を入力

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.30 \frac{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.61 \frac{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.09$$

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.26(5) \frac{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5) \frac{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})_{\rm SM}}$$



- **Belle IIで** $\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})$ が測られると..

→UVの新物理によらずに $\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})$ **の値が予言可能！**

(将来実験：FCC-ee 2040~?, CEPC 20XX~)

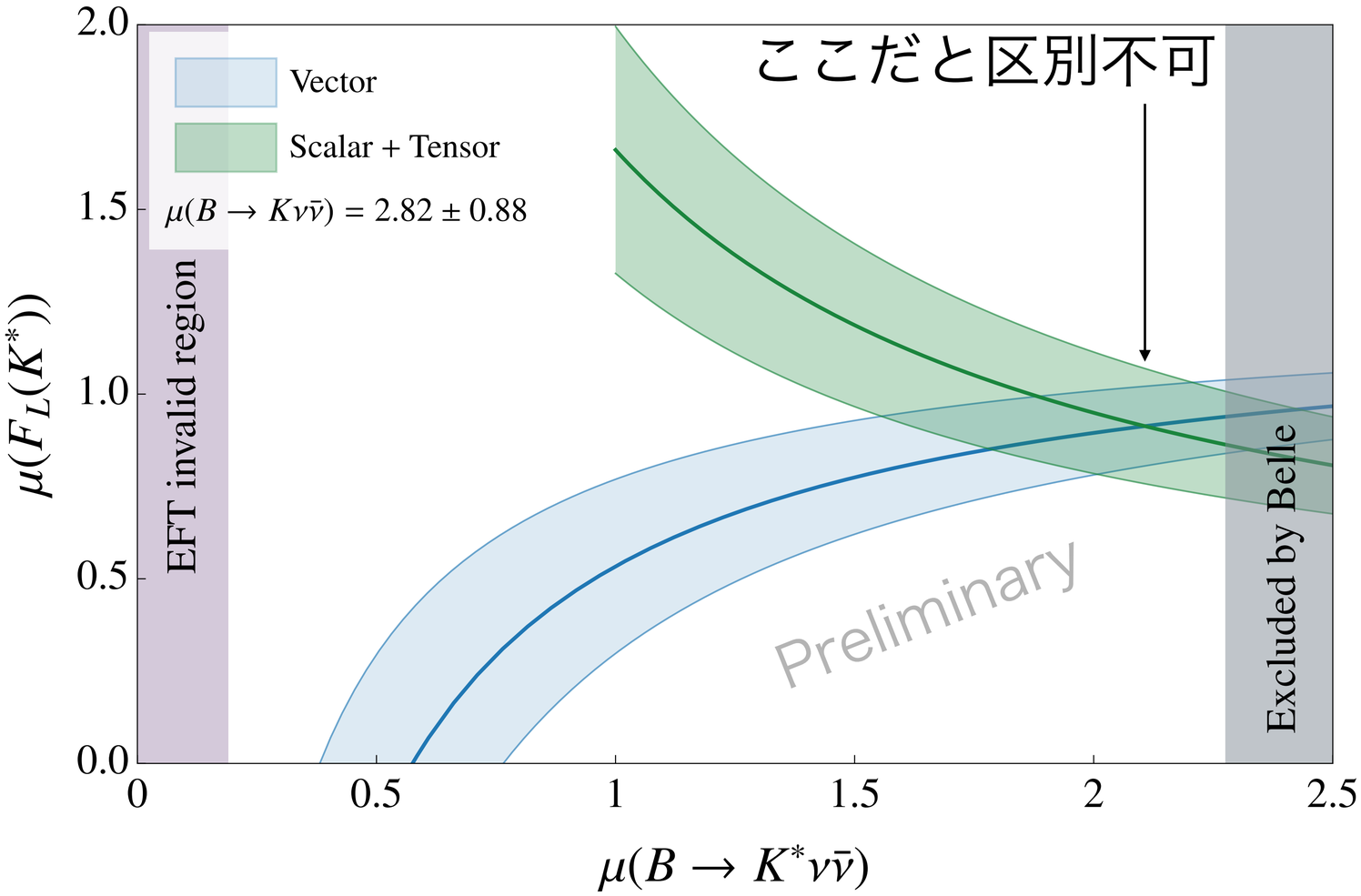
和則でできること② $b \to s\nu\bar{\nu}$ のNPの構造がわかる(かも)

- 縦偏極関数の関係

$$1 = 0.20(3)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.80(10)\frac{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)}{F_L\left(B^0 \to K^{*0}\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}$$

$$\frac{F_L(K^*)}{F_L(K^*)_{\rm SM}} = 0.36\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.40\frac{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)_{\rm SM}}{\mathcal{B}\left(B \to K^*\nu\bar{\nu}\right)} + 0.24$$

- ベクトル/スカラーで異なる概形



- Belle IIの結果が出れば**どちらのシナリオが好まれるかわかる可能性**

Why Always 1/4, 3/4?

- バリオン・メソン和則の係数は**1/4, 3/4** に非常に近い値

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} \qquad \frac{R_{\Lambda_c}}{R^{\rm SM}_{\Lambda_c}} \simeq \frac{1}{4}\frac{R_D}{R^{\rm SM}_D} + \frac{3}{4}\frac{R_{D^*}}{R^{\rm SM}_{D^*}}$$

- $b \to c$ (重→重)の和則では、**Heavy-Quark-Symmetry**から説明可能

[M.Endo et.al., 2501.09382, 2508.06322]

$$m_B = m_b \qquad m_D = m_{D^*} = m_c \qquad \Gamma_{\Lambda_c} = \Gamma_D + \Gamma_{D^*} = \Gamma_{X_c} \qquad 3\Gamma^{\rm SM}_D = \Gamma^{\rm SM}_{D^*} \qquad \Gamma^{\rm SM}_{\Lambda_c} = 4\Gamma^{\rm SM}_D$$

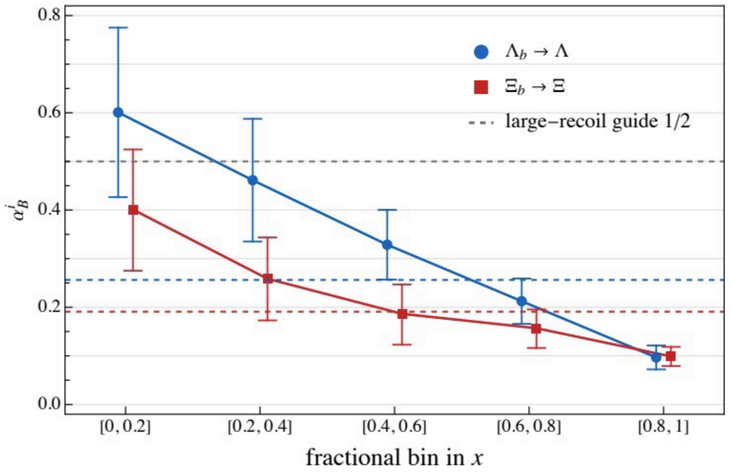
$$\frac{\Gamma_{\Lambda_c}}{\Gamma^{\rm SM}_{\Lambda_c}} = \frac{\Gamma^{\rm SM}_D}{\Gamma^{\rm SM}_{\Lambda_c}}\frac{\Gamma_D}{\Gamma^{\rm SM}_D} + \frac{\Gamma^{\rm SM}_{D^*}}{\Gamma^{\rm SM}_{\Lambda_c}}\frac{\Gamma_{D^*}}{\Gamma^{\rm SM}_{D^*}} = \frac{1}{4}\frac{\Gamma_D}{\Gamma^{\rm SM}_D} + \frac{3}{4}\frac{\Gamma_{D^*}}{\Gamma^{\rm SM}_{D^*}} \qquad \frac{R_{\Lambda_c}}{R^{\rm SM}_{\Lambda_c}} = \frac{1}{4}\frac{R_D}{R^{\rm SM}_D} + \frac{3}{4}\frac{R_{D^*}}{R^{\rm SM}_{D^*}} \qquad \frac{R_{\Lambda_c}}{R^{\rm SM}_{\Lambda_c}} = \frac{R_{X_c}}{R^{\rm SM}_{X_c}}$$

- $b \to s$ (重→軽)ではHQSがないのに**1/4, 3/4**が現れるのは不思議

End Point Relation

[S.Iguro, 2609.21253]

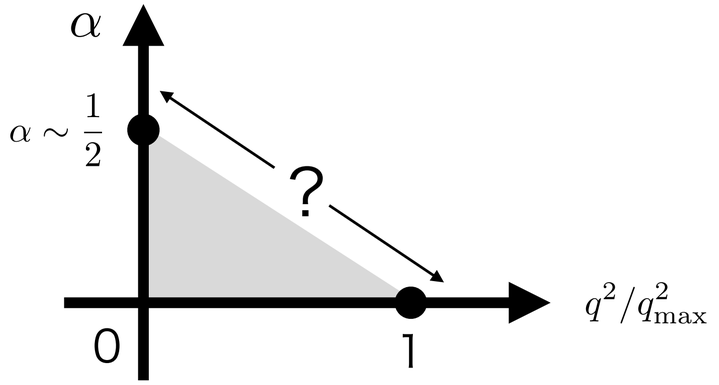
- 係数のq^2分布を考える
- 例えば1/4のq^2分布をαとすると
  - 最大反跳($q^2 = q^2_{\rm min} = 0$)で $\alpha \sim \dfrac{1}{2}$
  - 最小反跳($q^2 = q^2_{\rm max} = (M-m)^2$)で $\alpha \sim 0$ (form factorのHQSから)



- **積分すると近似的に平均の1/4になる**

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K \nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K^* \nu\bar{\nu})_{\rm SM}}$$

- **Heavy-Quark-Symmetryからの値ではない**



まとめ・展望

- $b \to s\nu\bar{\nu}$ のBaryon-Meson和則を導出

- **Belle IIで $\mathcal{B}(B \to K^*\nu\bar{\nu})$ が測定されれば…**
- 和則を用いて、UVの相互作用によらずに $\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu})$ の予言が可能！
- **さらに $F_L(K^*)$ が測定されれば、ニュートリノの質量生成機構がわかるかも！**



- $b \to s\ell^+\ell^-$,CPの破れの和則や B_s, Ξ_b への拡張、**ALPs(←ポスター発表by富田くん)**

追加スライド

和則の破れ

$$\mathcal{H}_{\rm eff} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{tb}V_{ts}^* \frac{\alpha(m_Z)}{4\pi} C_L^{\rm SM} \sum_{i,j=1}^{3} [\, (\delta^{ij} + C_{LL}^{ij})\mathcal{O}_{LL}^{ij} + C_{RL}^{ij}\mathcal{O}_{RL}^{ij} + C_{LR}^{ij}\mathcal{O}_{LR}^{ij} + C_{RR}^{ij}\mathcal{O}_{RR}^{ij}$$
$$+ C_{S,L}^{ij}\mathcal{O}_{S,L}^{ij} + C_{S,R}^{ij}\mathcal{O}_{S,R}^{ij} \; + C_{T,L}^{ij}\mathcal{O}_{T,L}^{ij} + C_{T,R}^{ij}\mathcal{O}_{T,R}^{ij} \Big] + \text{h.c.}$$

全ての相互作用を入れて、

$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} = 0.26(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K\nu\bar{\nu})_{\rm SM}} + 0.74(5)\frac{\mathcal{B}(B \to K^*\nu\bar{\nu})}{\mathcal{B}(B \to K^*\nu\bar{\nu})_{\rm SM}}$$

に代入

$$\Delta \equiv \mu(\Lambda_b \to \Lambda\nu\bar{\nu}) - 0.26\,\mu(B \to K\nu\bar{\nu}) - 0.74\,\mu(B \to K^*\nu\bar{\nu})$$
$$= \sum_{i,j} \left[0.004\, C_S^{ij} - 0.183\, C_T^{ij}\right]$$

➡ 和則の破れが抑制