

超対称模型での陽子崩壊と フレーバー対称性

千歳彬文^{*}, 伊部昌宏^{**}, 白井智[†], 渡邊圭一^{*} (*ICRR, [†]IPMU)

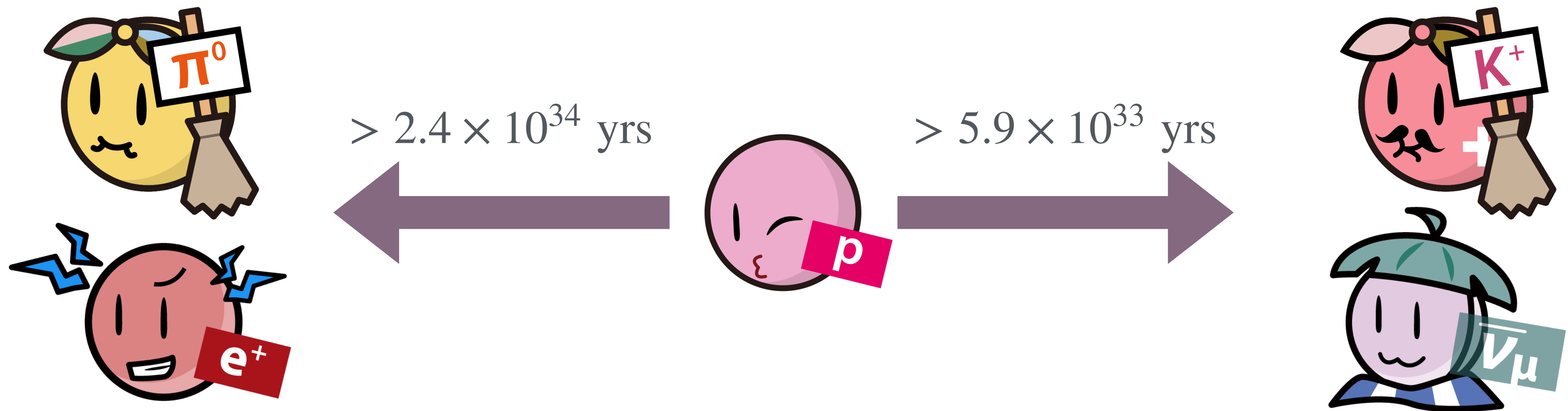
陽子崩壊 $\neq$ 大統一理論

超対称性 + フレーバー対称性 も探れる!

陽子崩壞 $\neq$ 大統一理論

陽子崩壊

- 未発見だが、BSMにより起き得る
- Super-Kによる寿命の下限が存在
- Hyper-Kでさらに探索予定



超対称性 + フレーバー対称性 も探れる!

超対称性 (SUpErSYmmetry)

： 良い感じのDM模型

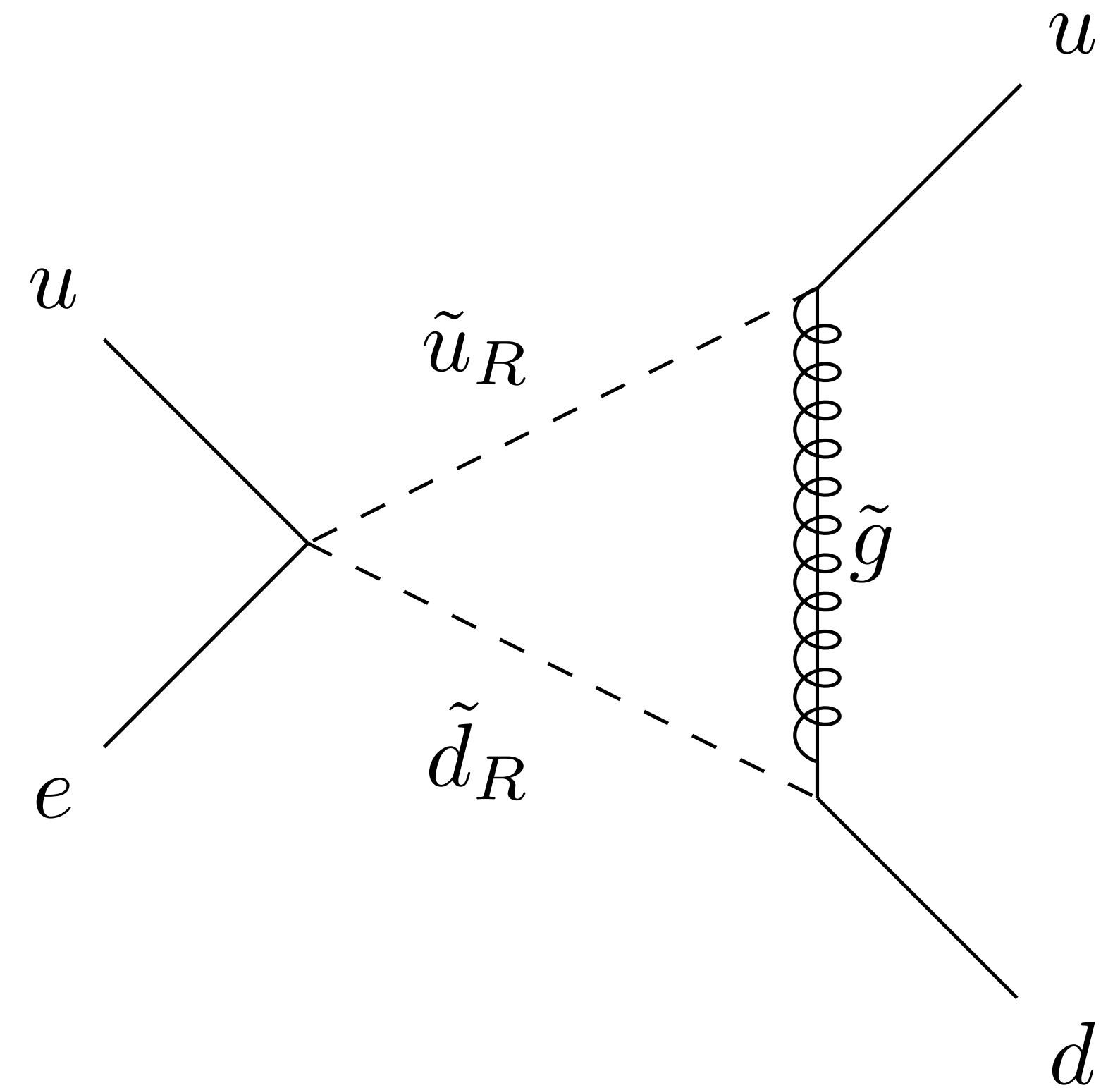
- ・ ボゾンとフェルミオンを入れ替える対称性
 - ・ 標準模型粒子に超対称パートナーが存在
- ・ あると色々嬉しい
 - ・ 最も軽い超対称パートナーがWIMP DMに
 - ・ GUTと相性がいい
 - ・ $m_{\text{Higgs}} = 125 \text{ GeV} \ll M_{\text{Pl}} \sim 10^{19} \text{ GeV}$ を(ある程度)説明
 - ・ 超弦理論から出てくるかも？

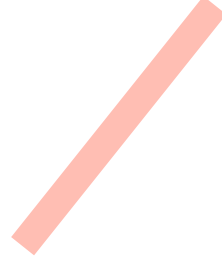


超対称模型と陽子崩壊

- 超対称パートナーが陽子崩壊を媒介
- ナイーブには寿命 $< 10^{30}$ 年
 - Super-Kの制限に抵触
 - どう抑制するか?

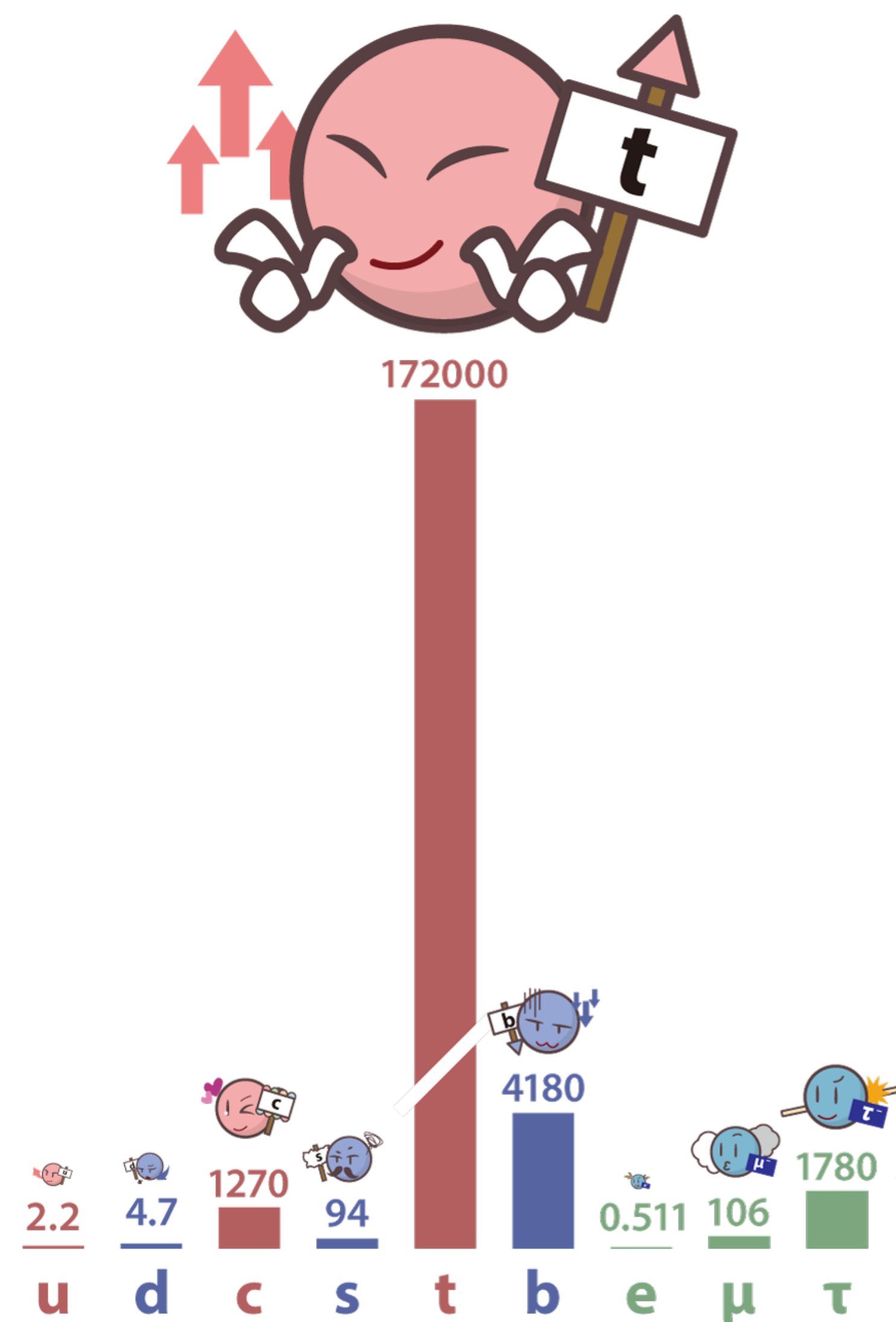
例:





超対称性 + フレーバー対称性 も探れる!

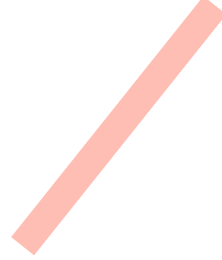
標準模型のフレーバー構造



フレーバー対称性

思想: 相互作用が小さいのは、対称性を大きく破っているせい

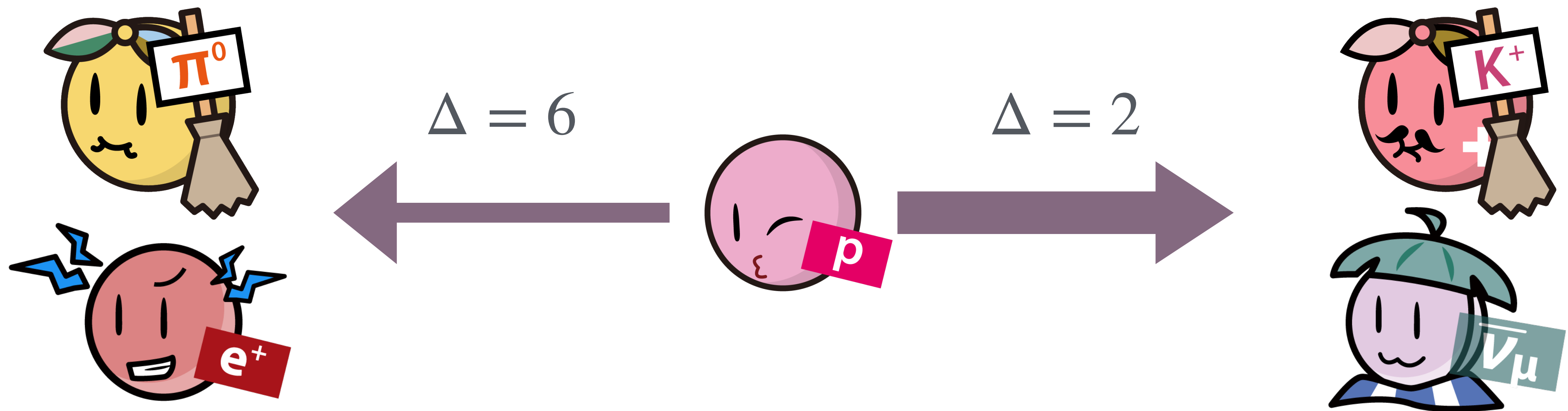
- 近似的保存則($\approx$ 対称性)はそれを破る相互作用を抑制する
 - 例: $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ の helicity suppression
 - suppression = ε^Δ ($\varepsilon < 1$: 破れの大きさ, Δ : 保存量の変化分)
- Frogatt-Nielsen mechanism: 粒子たちに新たな「電荷」を与え、フレーバー構造を再現
 - 良さそうな電荷の割り当てが無数に存在
 - どう選別するか?



超対称性 + フレーバー対称性 も探れる!

陽子崩壊とフレーバー対称性

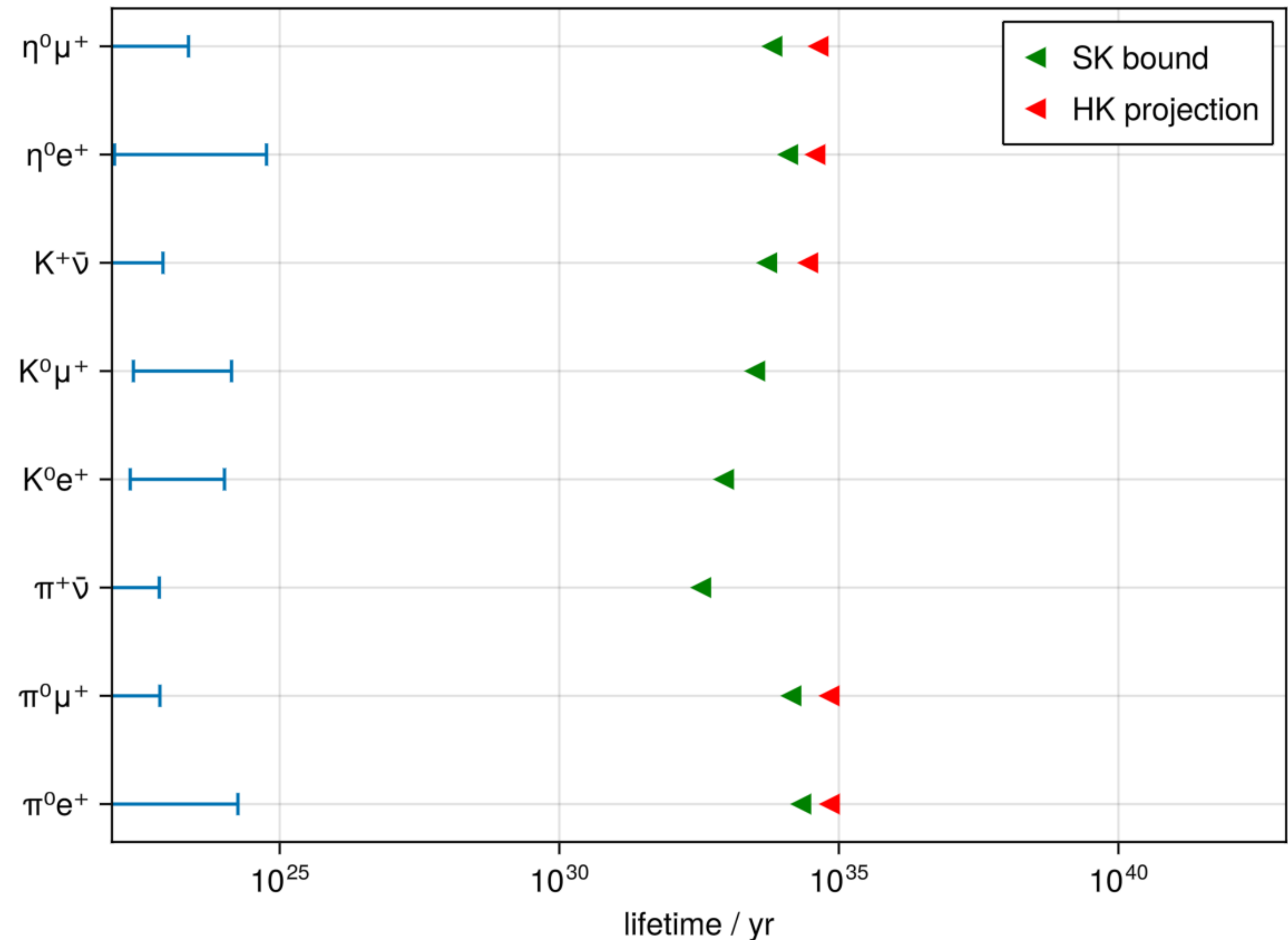
- 実は陽子崩壊もフレーバー対称性で抑制されているのでは？
- 超対称模型への制限を回避
- 寿命が「電荷」の破れの大きさを反映 → 対称性の様子が探れる



Preliminary results

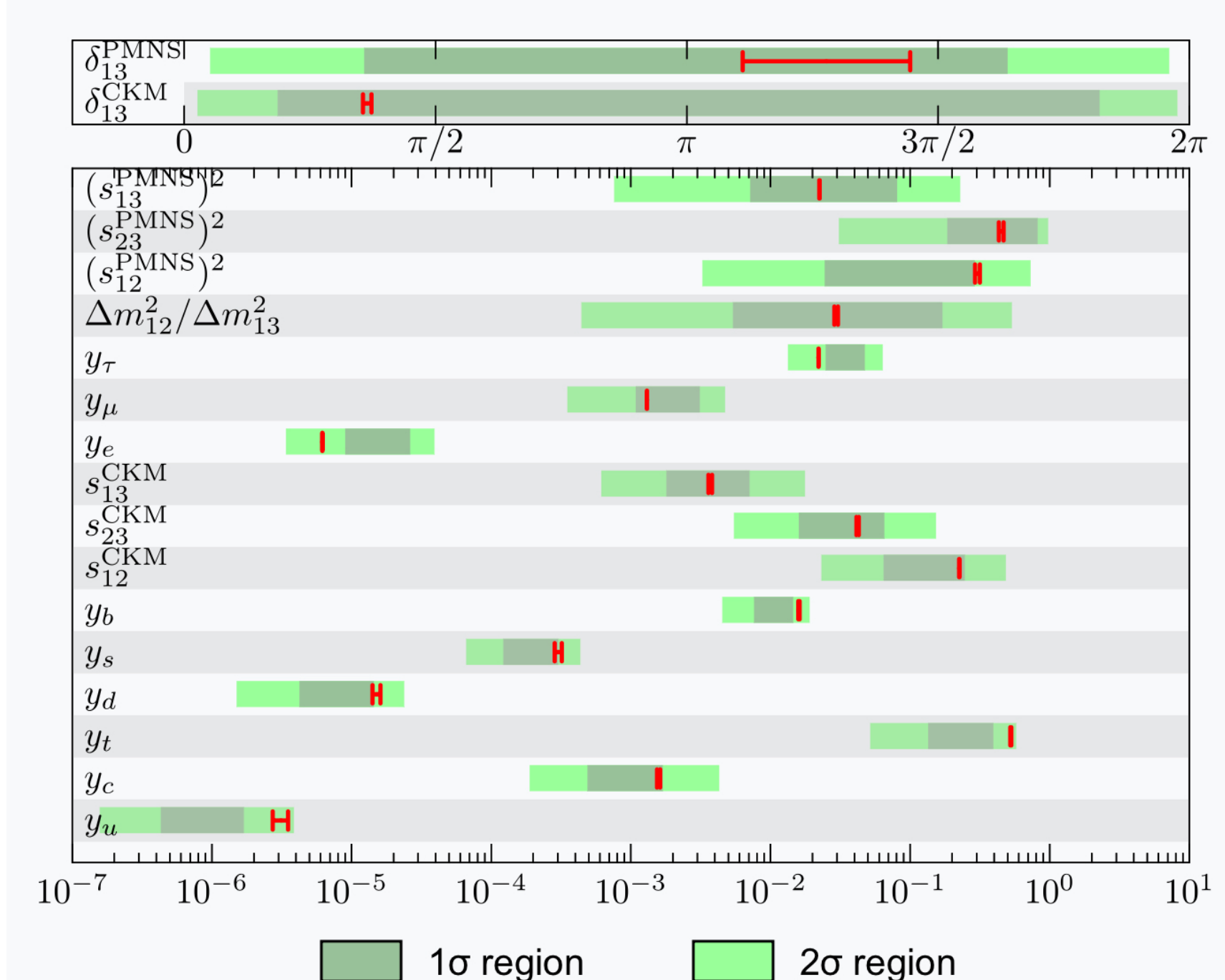
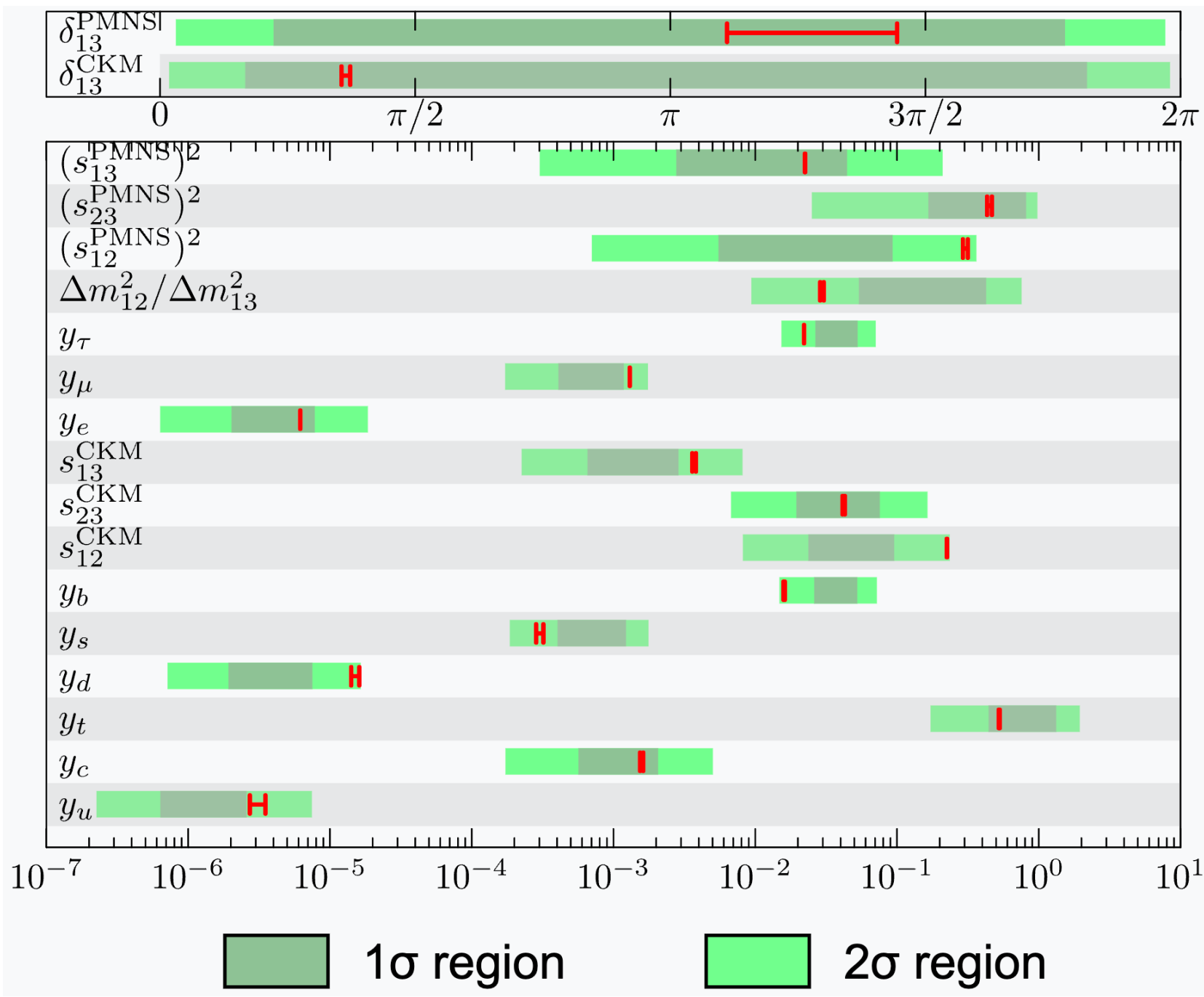
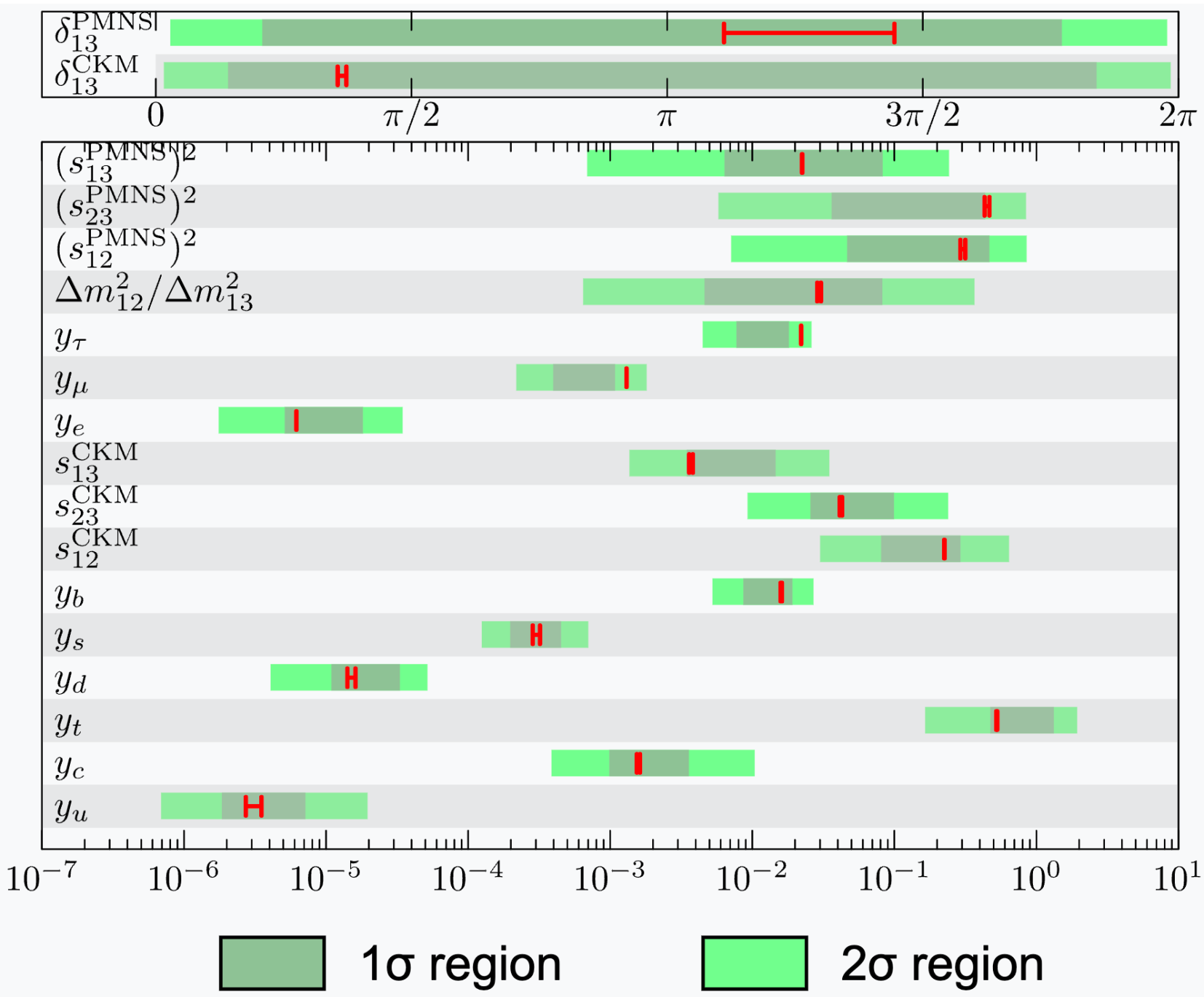
Frogatt-Nielsen電荷なし

- 10^{16} GeVに陽子崩壊の物理を仮定
 - これより6桁くらい長生きかも
 - 逆にもっと短命かも



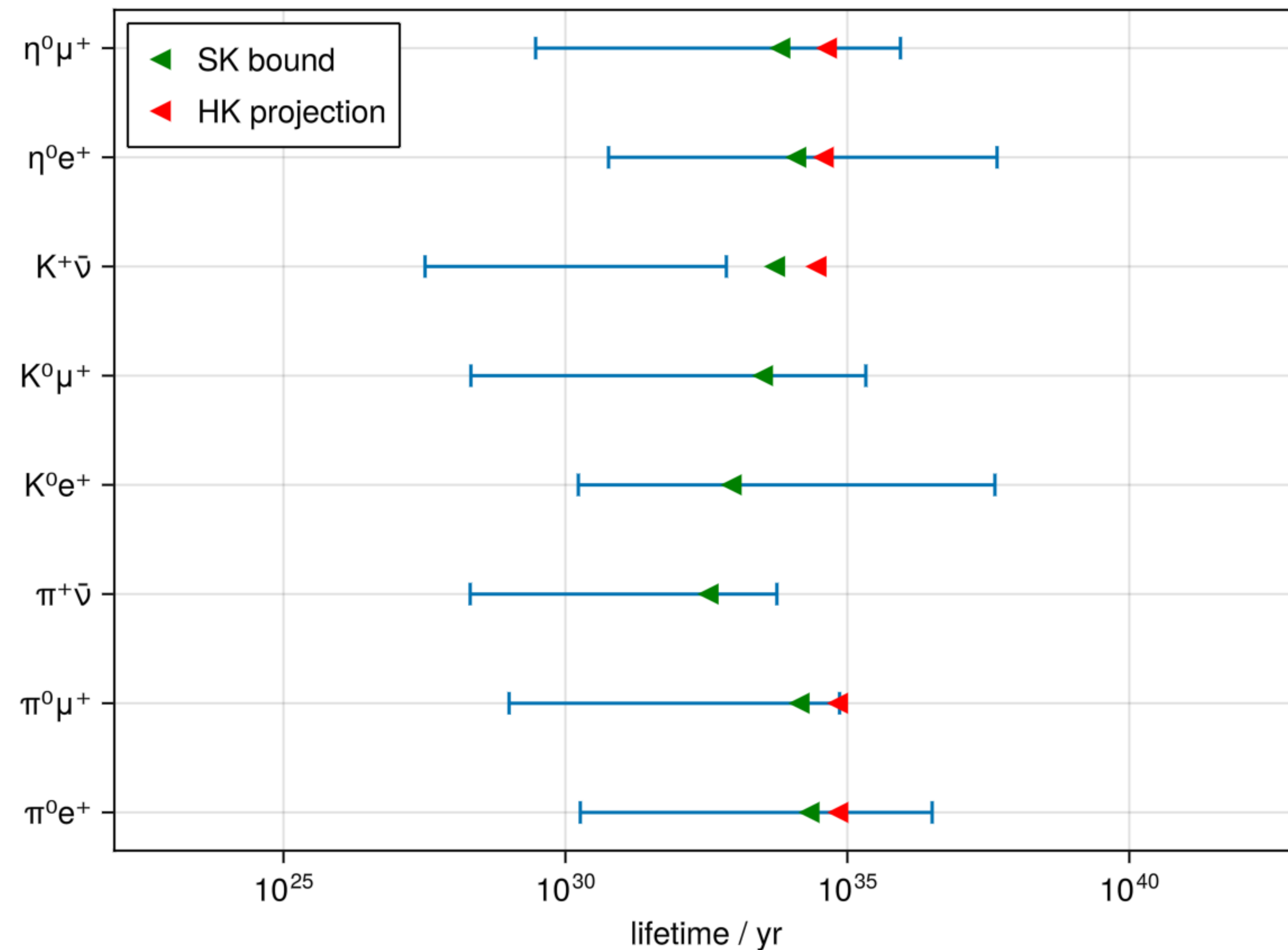
Preliminary results

フレーバー構造の再現



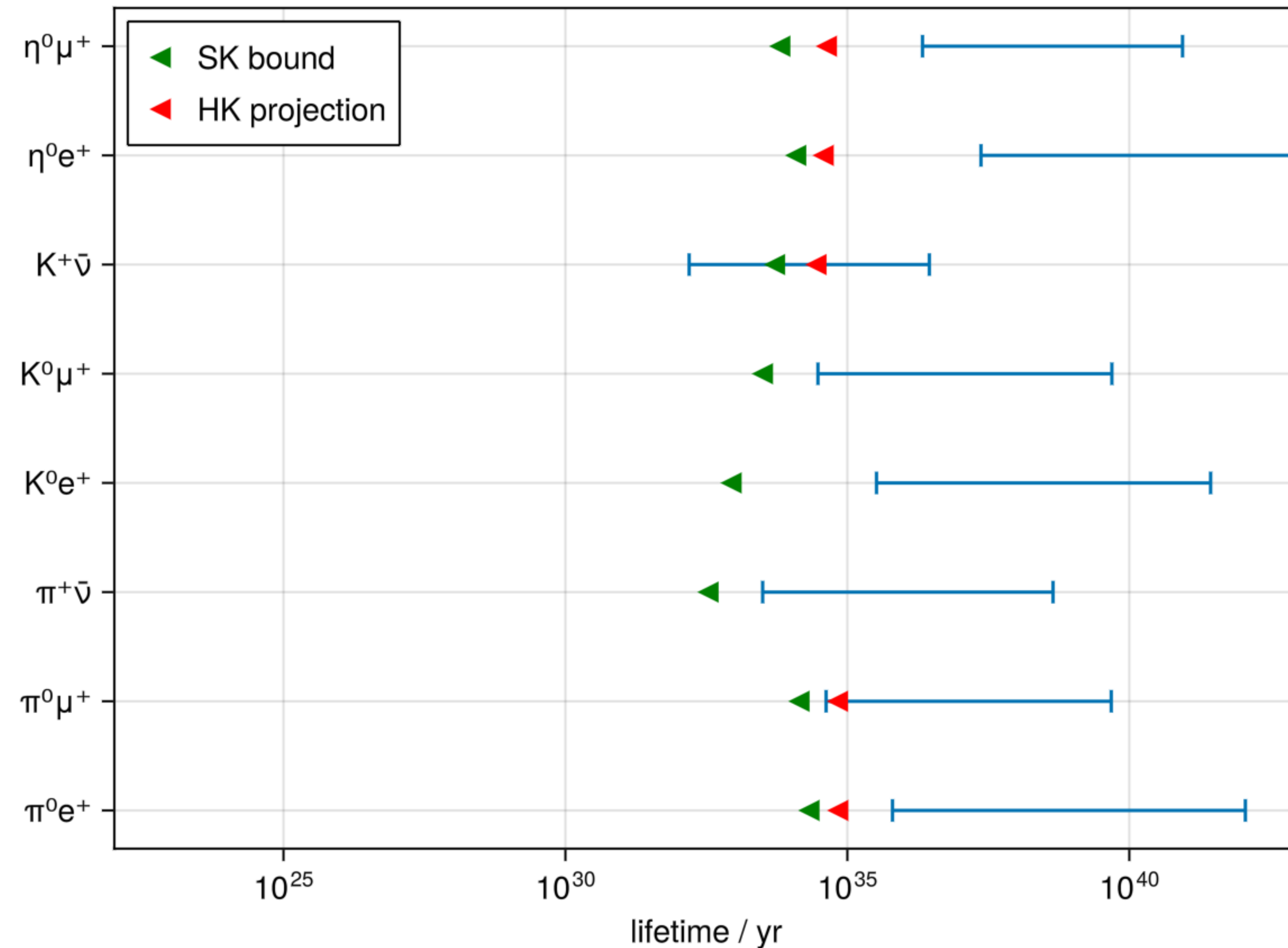
Preliminary results

例1: $u = (7, 3, 0)$, $d = (5, 5, 4)$, $Q = (5, 3, 0)$, $e = (9, 6, 4)$, $L = (2, 0, -1)$



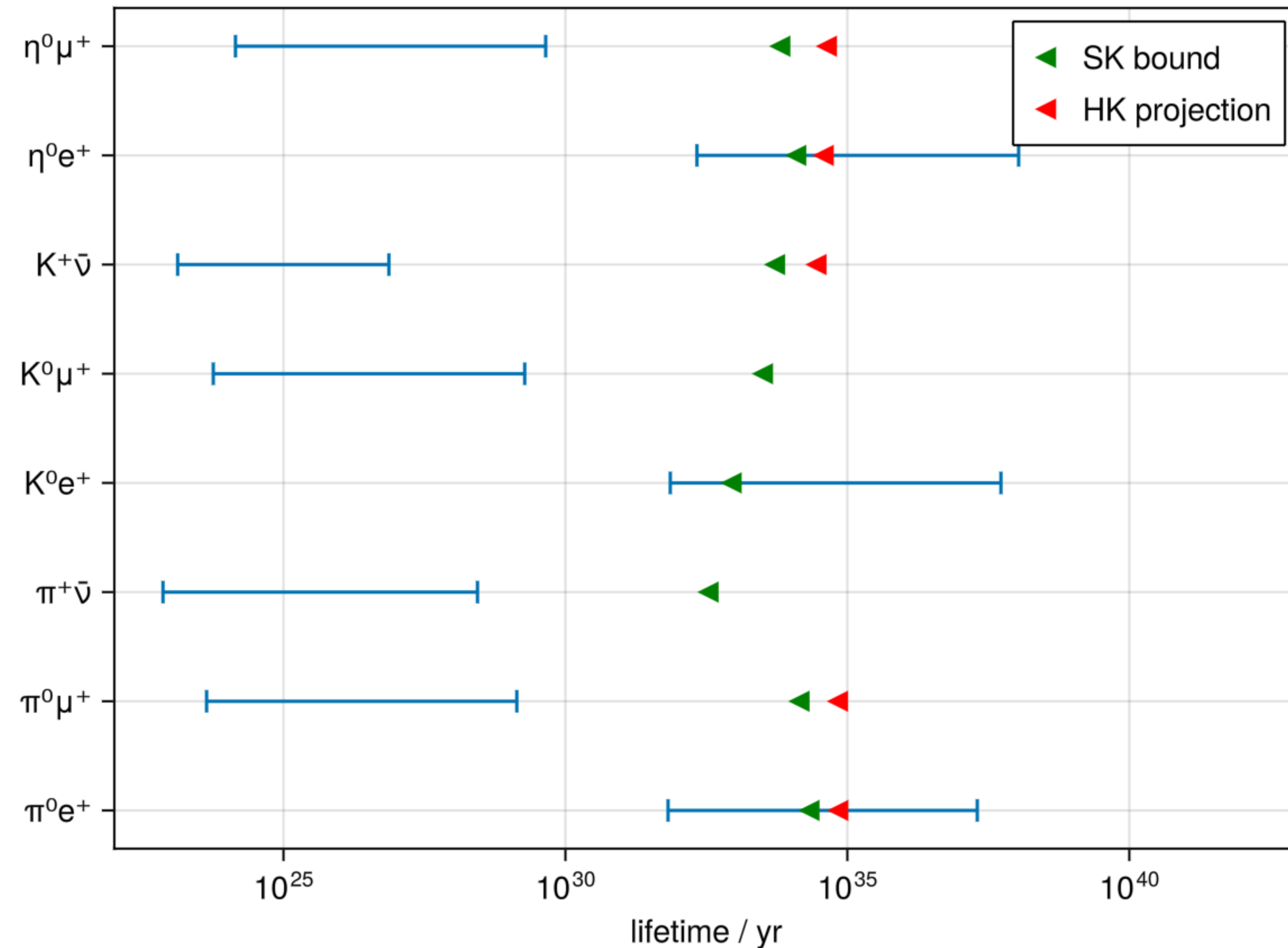
Preliminary results

例2: $u = Q = e = (6, 3, 0)$, $L = d = (5, 3, 3)$



Preliminary results

例3: $u = (7, 3, 1)$, $d = (4, 5, 4)$, $Q \Rightarrow (5, 3, 0)$, $e = (-1, 4, 6)$, $L = (10, -9, -9)$



Summary

- 超対称模型は有力な暗黒物質候補の一つ
 - しかし、陽子崩壊の速さが難点
- フレーバー対称性は標準模型のフレーバー構造を説明し得る
 - ついでに陽子崩壊も抑制できるかも
 - ただし、候補が大量にあって大変
- 陽子崩壊は2つの組み合わせに対する有効なプローブになり得る

陽子崩壊 $\neq$ 大統一理論

超対称性 + フレーバー対称性 も探れる!

Backup

セットアップについての補足

その1

- Split SUSY
 - $m_{\text{soft}} \sim 1 \text{ PeV}$
- Anomaly mediationを主に想定
 - wino LSP ($m_{\tilde{W}} \sim 3 \text{ TeV}$)
- 図は $\tan \beta = 2.5$

セットアップについての補足

その2

- 図は $W \supset \frac{1}{M_X} C_L^{ijkl} Q_i Q_j Q_k L_l + \frac{1}{M_X} C_R^{ijkl} u_i e_j u_k d_l$ with $M_X = 10^{16}$ GeV