

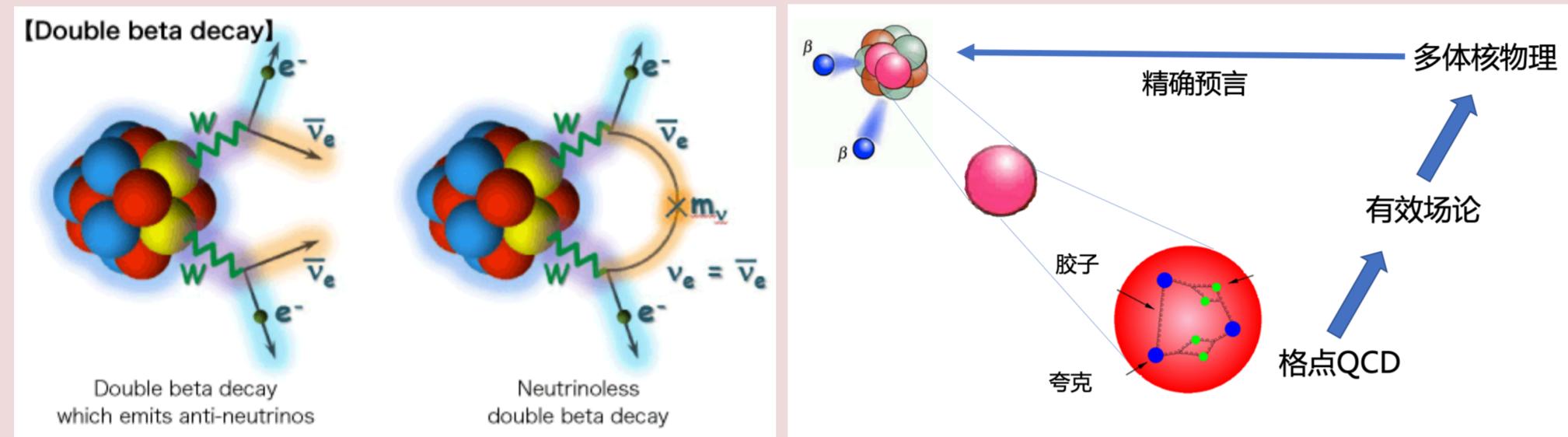
双重子系统双 beta 衰变的格点计算

王子毓 *, 冯旭 (北京大学), 靳路昶 (University of Connecticut)

引言

- 利用格点 QCD 计算一些重要的双重子矩阵元
- 无中微子双 beta 衰变是中微子 Majorana 性的重要判据
- 格点 QCD 计算可通过有效场论为核多体第一性原理计算提供输入

(Cirigliano et al. 2020; Tews et al. 2020)



方法

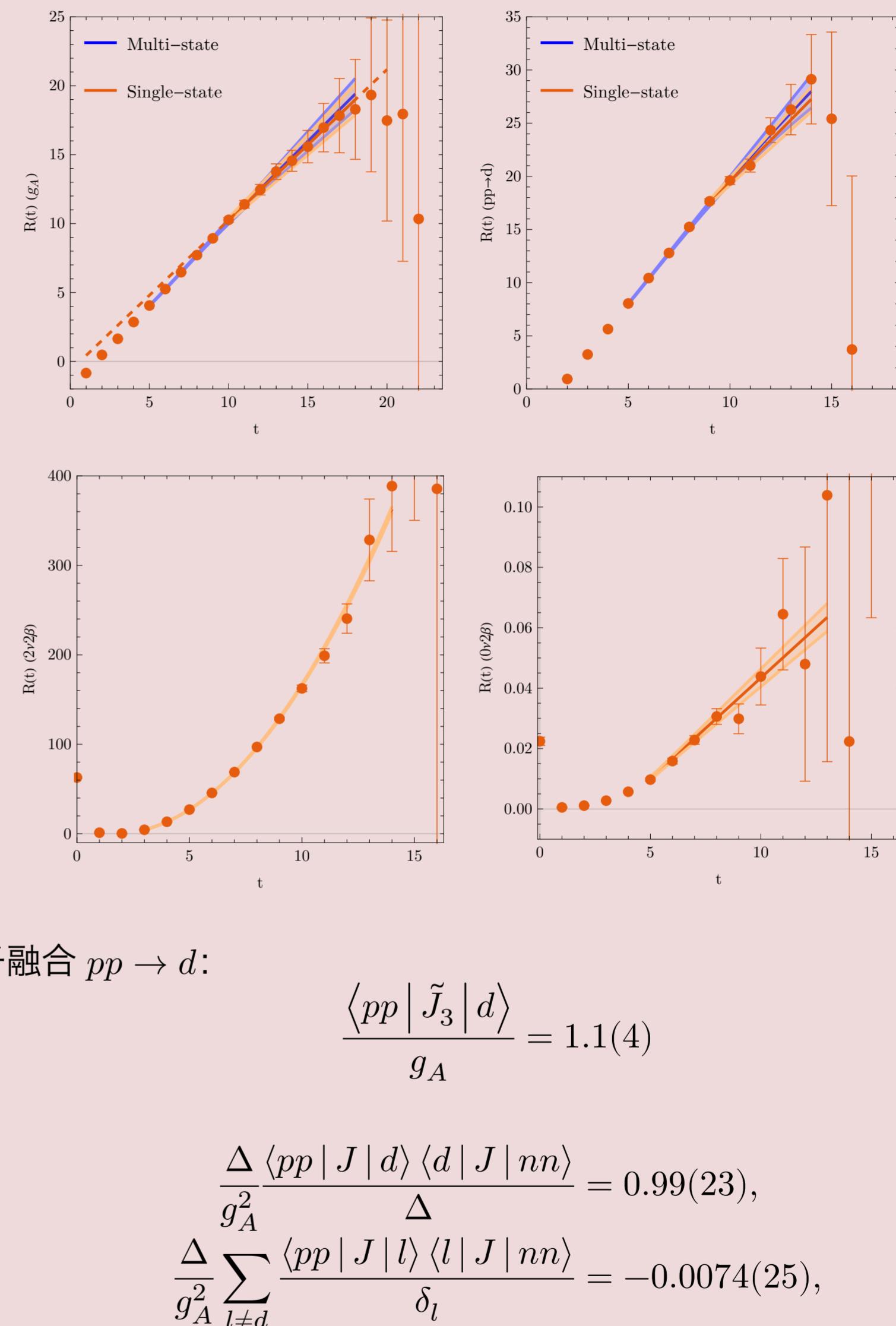
- 基于前人工作优化双重子系统缩并算法
(Detmold and Orginos 2013; Doi and Endres 2013; Li et al. 2021)
- 含弱流三点、四点关联函数 $\xrightarrow[\text{Sequential传播子}]{\substack{\text{同位旋}SU(2)\text{对称性}}} \text{两点关联函数}$
- $0\nu2\beta$ 中微子无质量的有限体积效应 \rightarrow 引入重中微子
- 相应矩阵元可通过分析三、四点关联函数的时间依赖关系得到：

$$R_3(t) = \frac{C_3(t)}{C_2(t)} = \left(\frac{1}{2E_0} \langle f | J | i \rangle \right) t + (\text{时间无关项}) + (\text{指数压低项}),$$
$$R_4(t) = \frac{C_4(t)}{C_2(t)} = \underbrace{\frac{\langle f | J | \alpha \rangle \langle \alpha | J | i \rangle}{8E_0 E_\alpha} t^2}_{\text{长程贡献}} + \underbrace{\sum_{E_\alpha \neq E_0} \frac{\langle f | J | \alpha \rangle \langle \alpha | J | i \rangle}{4E_0 E_\alpha (E_\alpha - E_0)} t}_{\text{短程贡献}}$$
$$+ (\text{时间无关项}) + (\text{指数压低项}).$$

格点参数

- 作用量 (RBC/UKQCD): Domain wall 费米子 + Iwasaki 规范场
- 格点基本参数: $24^3 \times 64$, $m_\pi \approx 432 \text{ MeV}$, $L \approx 2.7 \text{ fm}$
- 121 个组态, 每个组态 4×32 个传播子

初步结果



- 双质子融合 $pp \rightarrow d$:

$$\frac{\langle pp | \tilde{J}_3 | d \rangle}{g_A} = 1.1(4)$$

- $2\nu2\beta$:

$$\frac{\Delta}{g_A^2} \frac{\langle pp | J | d \rangle \langle d | J | nn \rangle}{\Delta} = 0.99(23),$$
$$\frac{\Delta}{g_A^2} \sum_{l \neq d} \frac{\langle pp | J | l \rangle \langle l | J | nn \rangle}{\delta_l} = -0.0074(25),$$

- $0\nu2\beta$:

$$\frac{2m_\nu V \Delta}{g_A^2} \sum_l \frac{\langle pp | J | d \rangle \langle d | J | nn \rangle}{\delta_l} = 19(5)$$

- 前两个结果与 NPLQCD 工作一致 (Savage et al. 2017; Tiburzi et al. 2017)