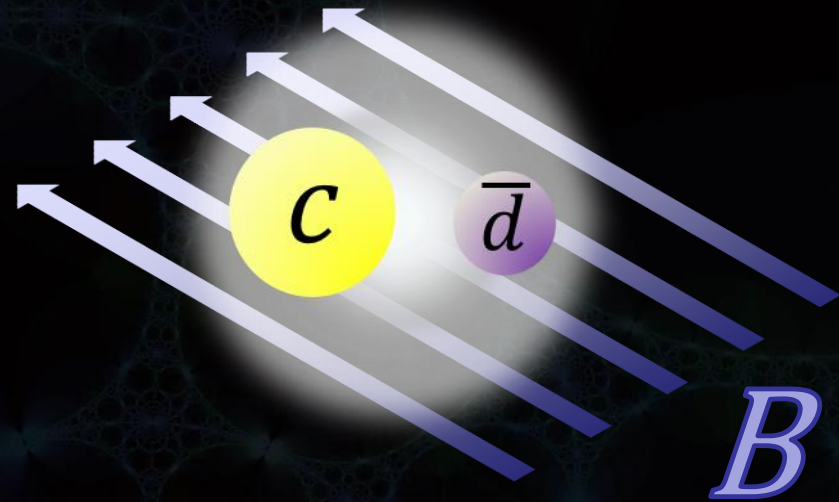




QCD和則による 磁場中のD中間子の解析

鈴木 溪(東工大)

Philipp Gubler(理研)、服部 恒一(理研BNL)、
Su Houng Lee(延世大学)、尾崎 翔(KEK)

講演概要

1. 導入

- ・磁場中のD中間子の性質

2. 磁場中のQCD和則

- ・真空中のD中間子OPE
- ・磁場中のD中間子OPE
- ・スペクトル関数に対する磁場効果の導入

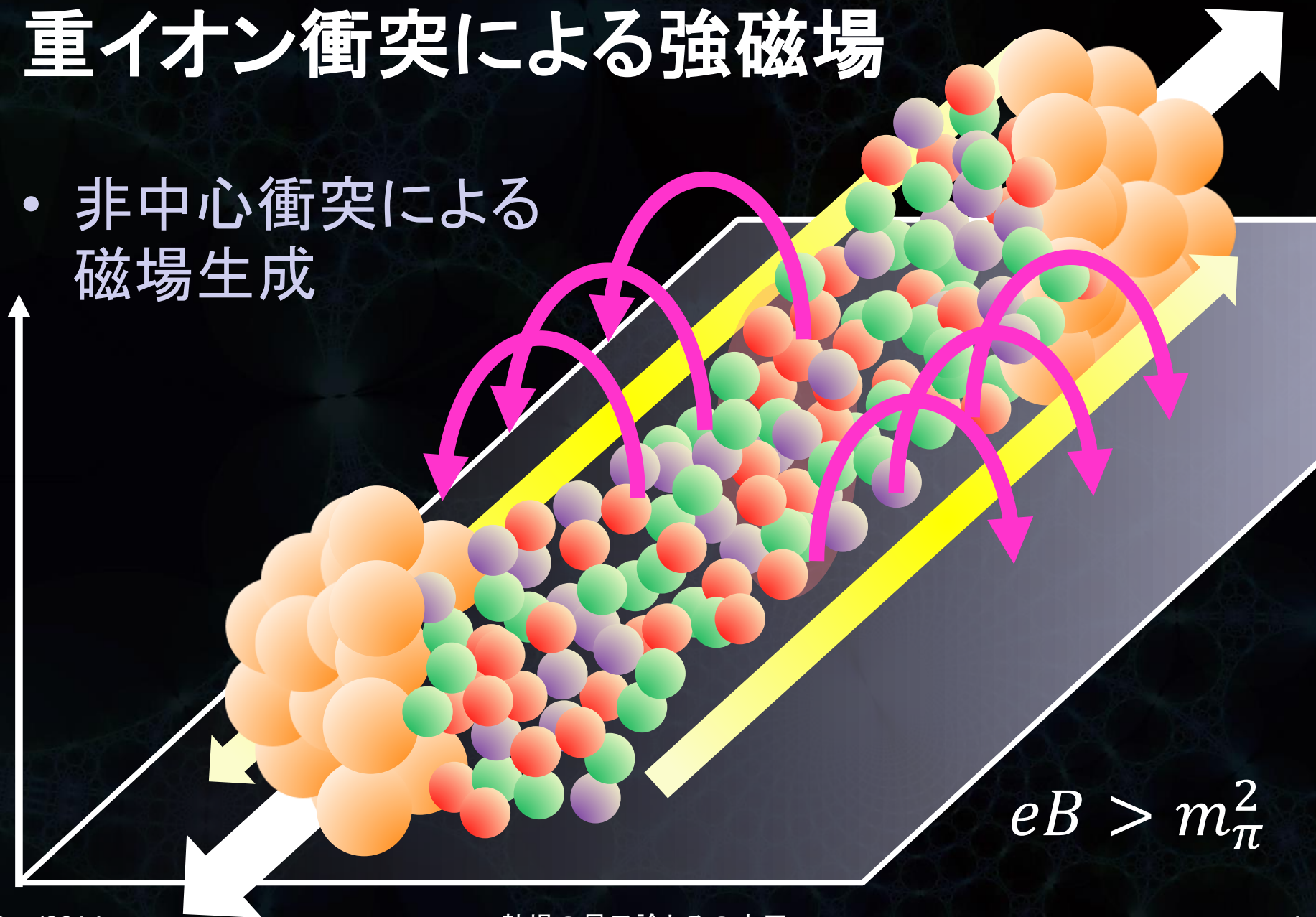
3. 結果

4. まとめ

1. 導入

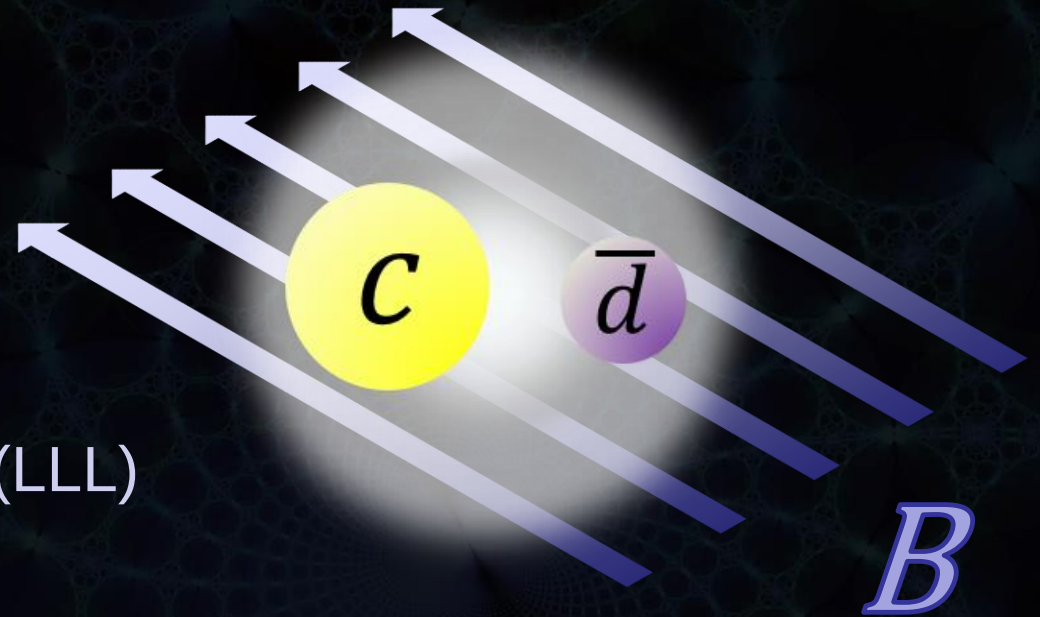
重イオン衝突による強磁場

- 非中心衝突による磁場生成



磁場中のハドロンの性質

- 磁場中のハドロンに起こる現象は？



1. Lowest Landau Level (LLL)
2. Spin mixing
3. Magnetic catalysis
4. Magnetic induced condensate ...

Lowest Landau Level (LLL)

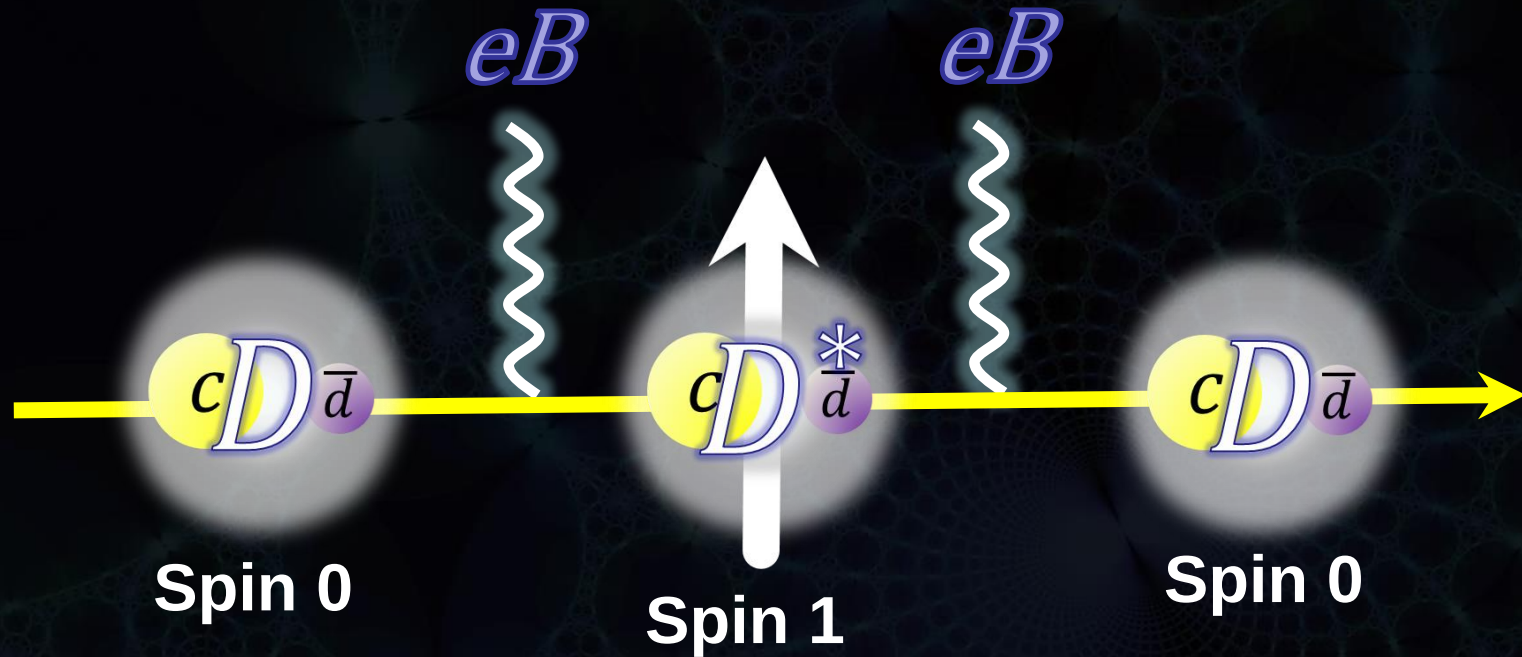
- 荷電粒子は磁場によってエネルギー準位が離散化される

$$E_n = \sqrt{m^2 + p_z^2} + (2n + 1)|eB| - g s_z eB$$



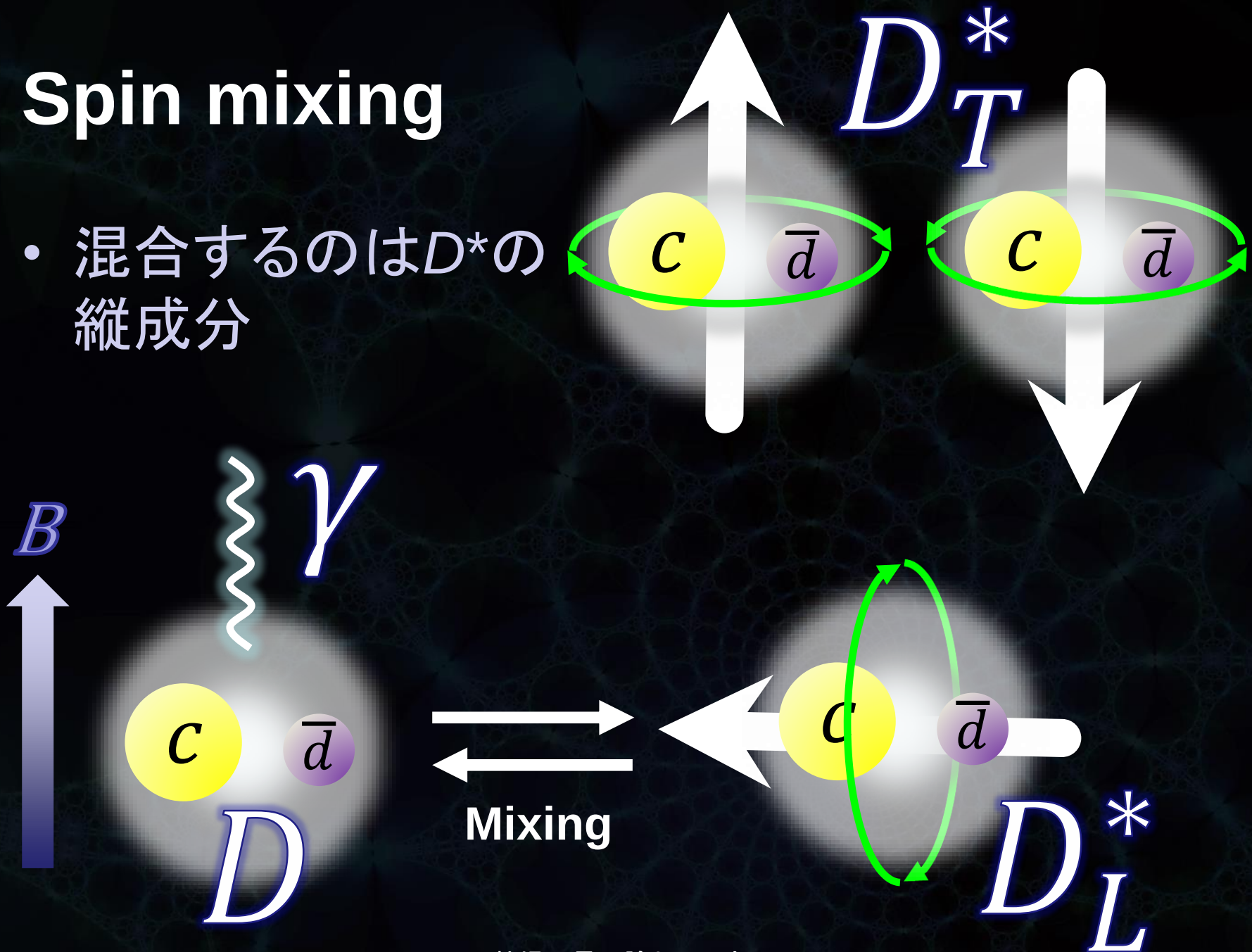
Spin mixing

- ベクトル粒子と擬スカラー粒子の混合



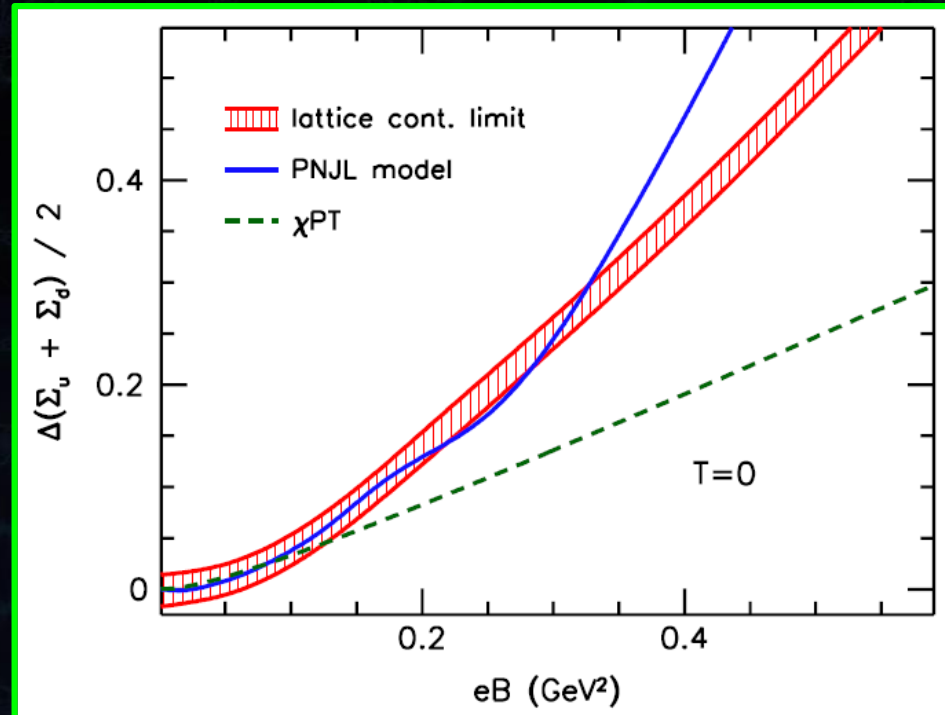
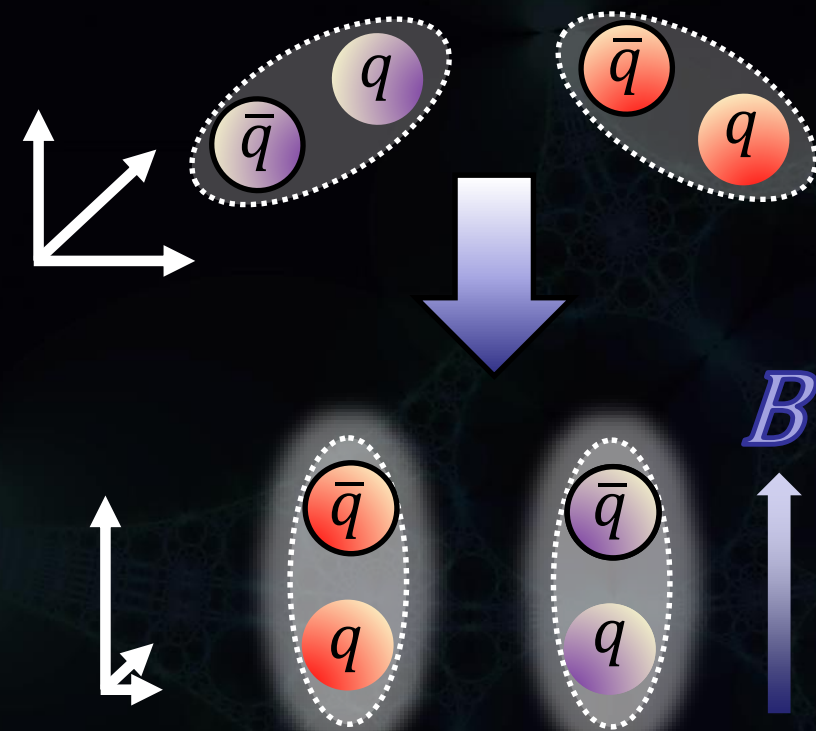
Spin mixing

- 混合するのは D^* の縦成分



Magnetic Catalysis

- 磁場は荷電粒子を1+1次元的に閉じ込める
⇒磁場中でカイラル凝縮がenhanceされる



G.S. Bali et al., PRD86 (2012) 071502

Magnetic induced condensate

- 磁場によってローレンツ対称性が破れ、新たな凝縮が誘起される

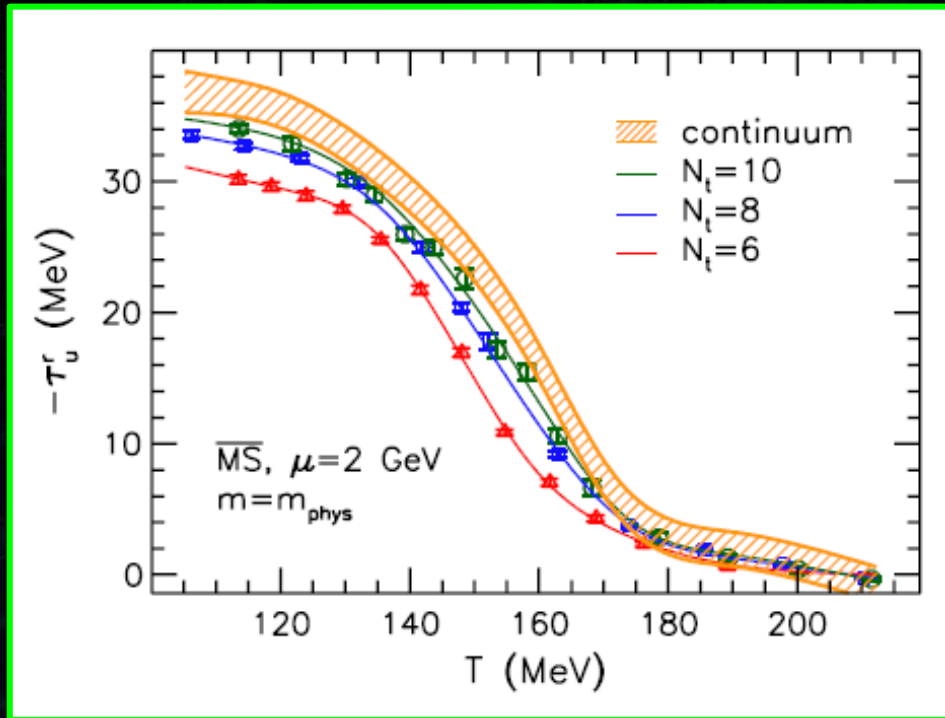
$$\langle \bar{q} \sigma_{\mu\nu} q \rangle = \chi \langle \bar{q} q \rangle Q F_{\mu\nu}$$

磁気感受率

$\chi > 0$: 常磁性

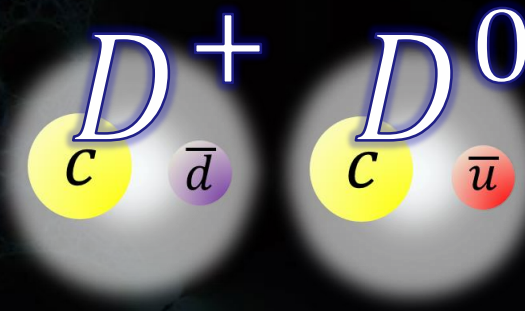
$\chi < 0$: 反磁性

- QCD真空は常磁性！



G.S. Bali et al., PRD86 (2012) 094512

磁場中のD中間子の性質



	摂動or非摂動	荷電or中性の違い
LLL	摂動的	荷電のみ
Spin mixing	摂動的	荷電・中性
Magnetic catalysis	非摂動的	荷電・中性
Induced condensate	非摂動的	荷電・中性

- QCDには、原理的にこれらの効果が全て含まれている
- QCD和則では摂動/非摂動効果を分離して解析可能

2. 磁場中のQCD和則

QCD和則

- QCD 和則

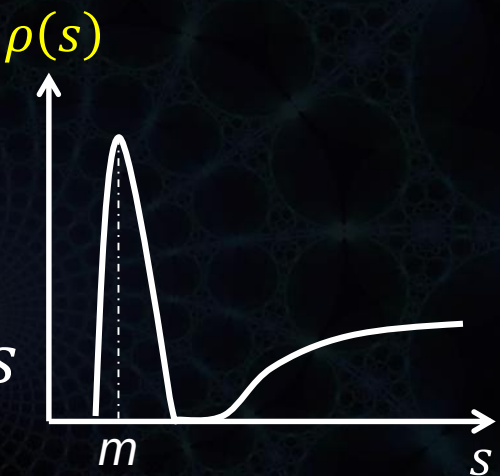
演算子積展開 (OPE) で表されたQCDの相関関数とハドロンのスペクトル関数とを結び付ける関係式

$$\Pi_{\text{OPE}}(q^2) = \int_0^\infty \frac{\rho(s)}{s - q^2} ds$$

↓ 両辺を変換

$$\Pi_{\text{OPE}}(M^2) = \int_0^\infty K(s, M^2) \rho(s) ds$$

↑ OPE Input ↓ スペクトル関数 Output → ハドロン状態



磁場中のQCD和則の構築

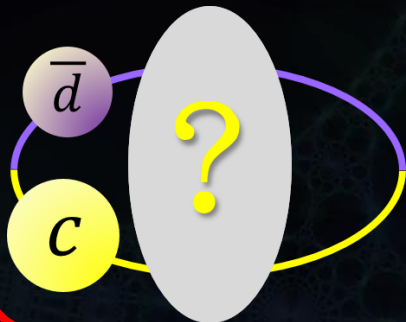
QCD 和則

$$\Pi_{\text{OPE}}(M) = \int_0^\infty K(s, M) \rho(t) ds$$

② カーネル

スペクトル関数のweight
・Borel sum rule

① OPE



・OPEに対する磁場
効果の導入
(プロパゲータ、真空
凝縮の磁場依存性)

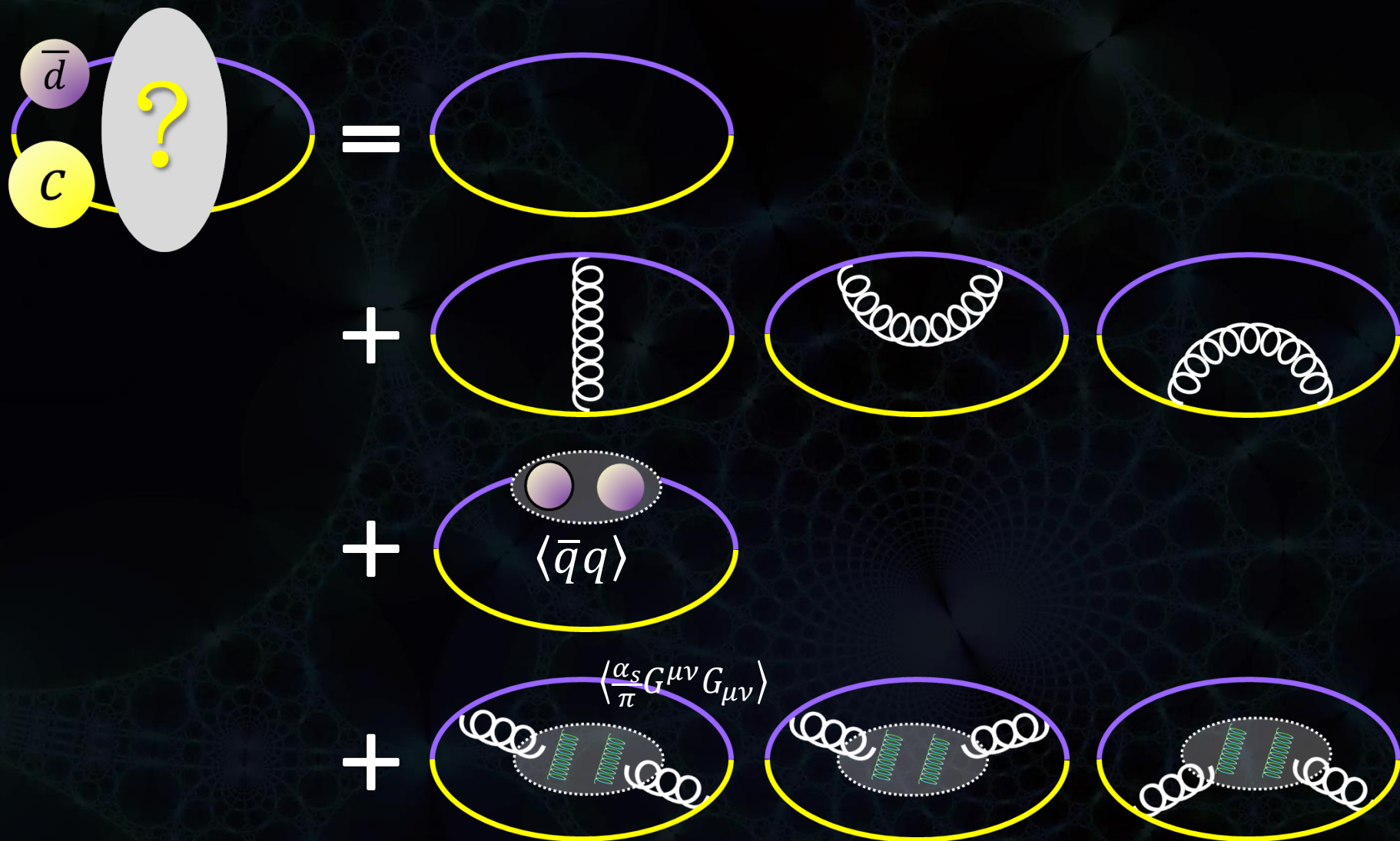
③ スペクトル関数 output

・関数形の仮定 (pole + continuum)
・磁場によって現れる構造を考慮

cf.) C. S. Machado et al. PRD89 (2014) [arXiv:1307.1797]

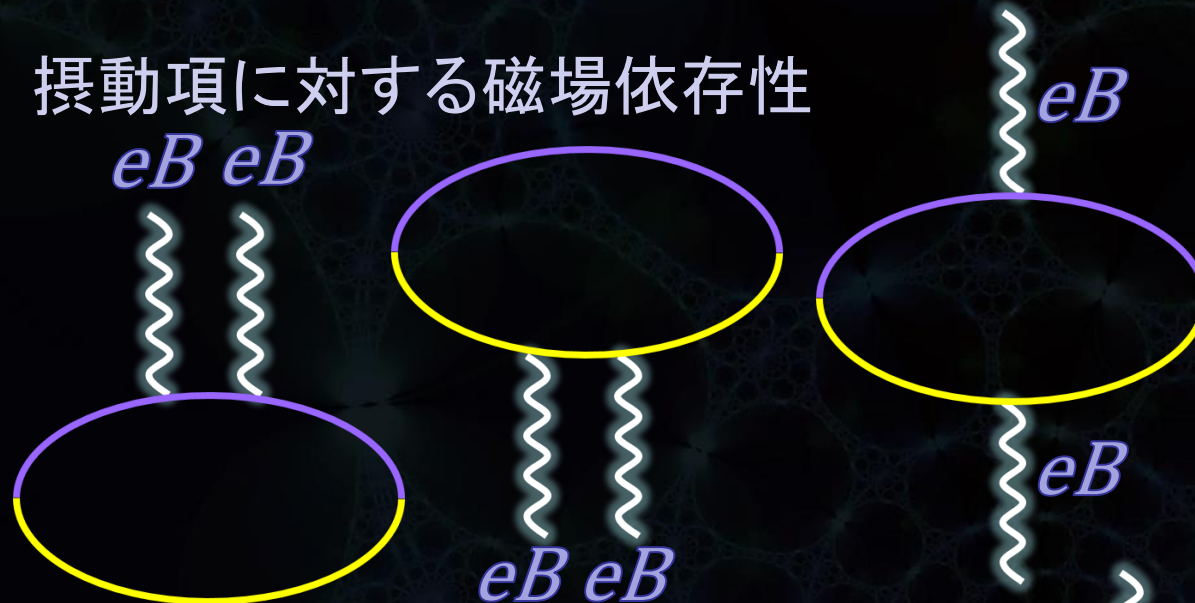
S. Cho, K. Hattori, S. H. Lee, K. Morita, S. Ozaki, [arXiv:1406.4586]

真空中のOPE



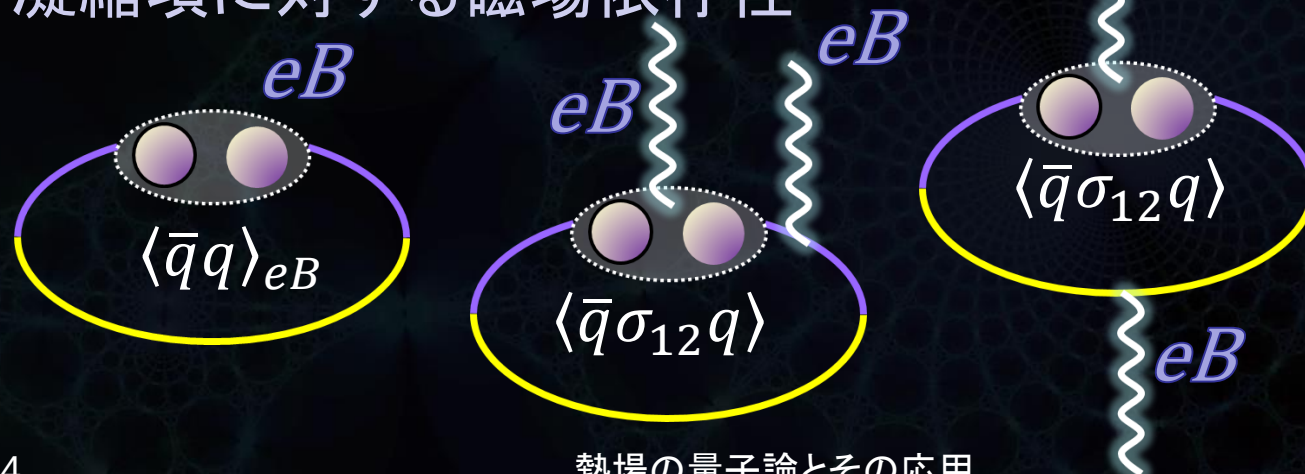
磁場中のOPE

- 摂動項に対する磁場依存性



⇒ランダウ準位
+mixingの効果
に対応！

- 凝縮項に対する磁場依存性

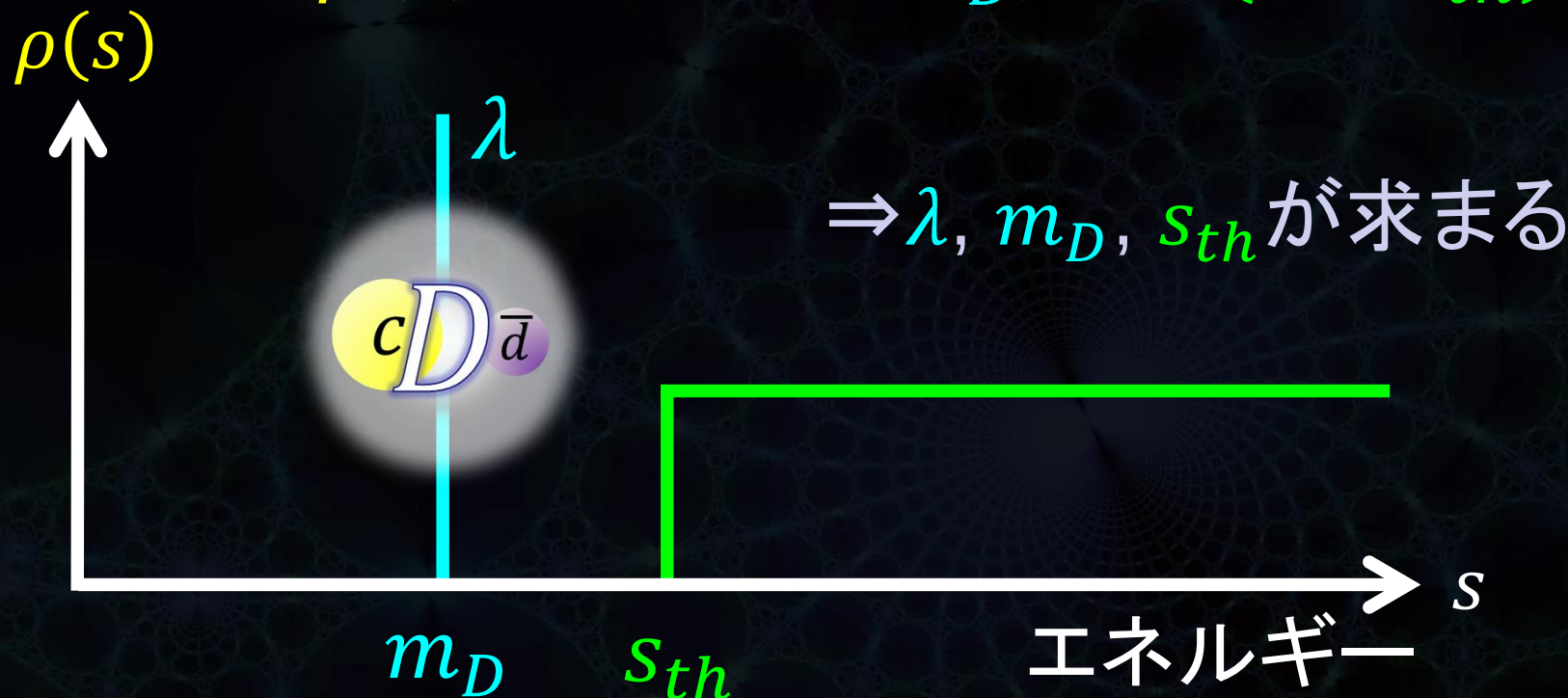


現象論サイド(真空中)

$$\Pi_{\text{OPE}}(M^2) = \int_0^\infty K(s, M^2) \rho(s) ds$$

- スペクトル関数を「D中間子の極 + 連続状態」で仮定

$$\rho(s) = \lambda \delta(s - m_D^2) + \theta(s - s_{th})$$

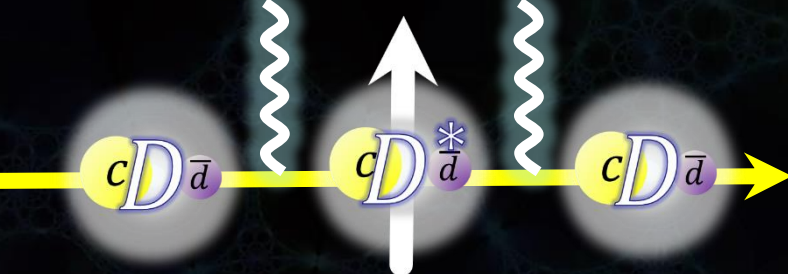


現象論サイドの磁場効果

$J_D(0) \rightarrow J_D(x)$

 $\propto \frac{1}{q^2 - m_D^2}$ *D pole*

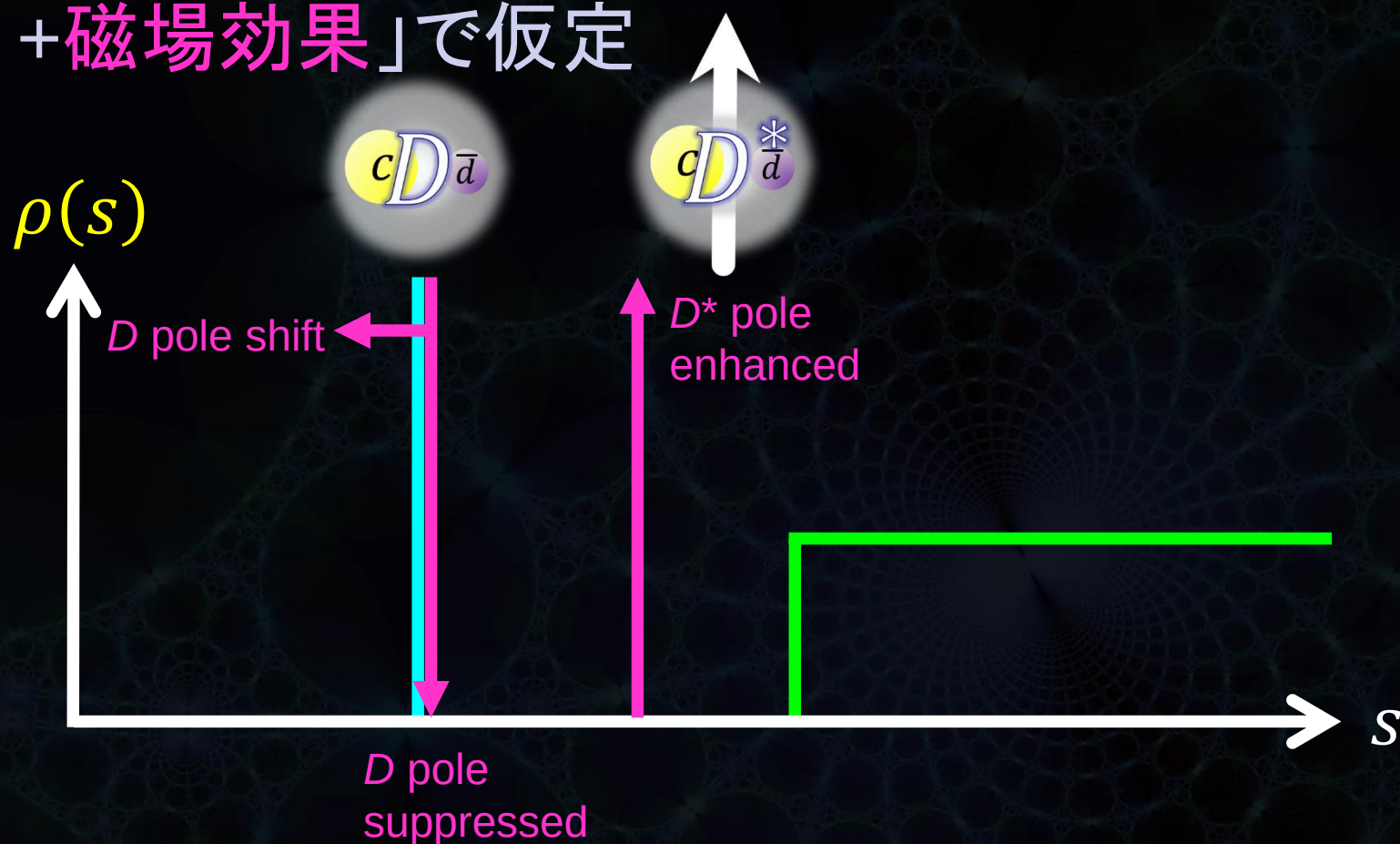

 $\propto \frac{1}{q^2 - m_{D^*}^2}$ *D* pole*


 $\propto \frac{1}{(q^2 - m_D^2)^2 (q^2 - m_{D^*}^2)}$
 $\approx \frac{1}{q^2 - m_{D^*}^2} - \frac{1}{q^2 - m_D^2} - \frac{1}{(q^2 - m_D^2)^2}$
D pole* *D poleの suppress* *D pole shift*

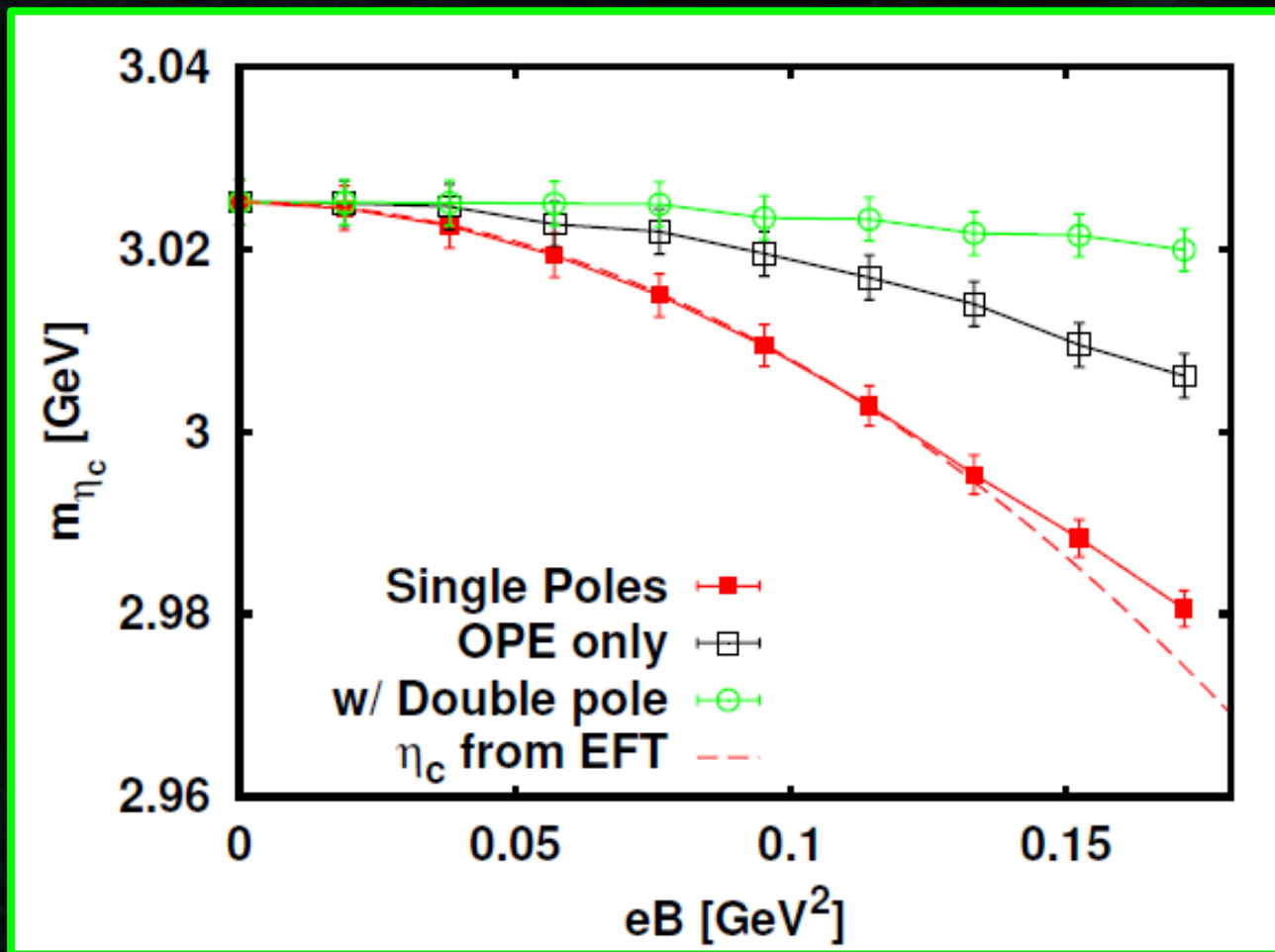
現象論サイド(磁場中)

$$\Pi_{\text{OPE}}(M^2) = \int_0^\infty K(s, M^2) \rho(s) ds$$

- スペクトル関数を「D中間子の極 + 連続状態」 + 磁場効果」で仮定



η_c とJ/ ψ での成功例！



3. 解析結果

Very Preliminary!!

まとめ

- QCD和則を用いて、磁場中のD中間子スペクトル関数を解析した
- ランダウ準位とMixingの効果
⇒荷電(D^+)中性(D^0)ともに、質量が変化
- 凝縮の効果⇒質量に対して有意な寄与

Outlook: 結果の解釈、和則のimprove、 D^* 中間子 ...