

高エネルギー衝突実験での チャームメソン系の運動量相関関数



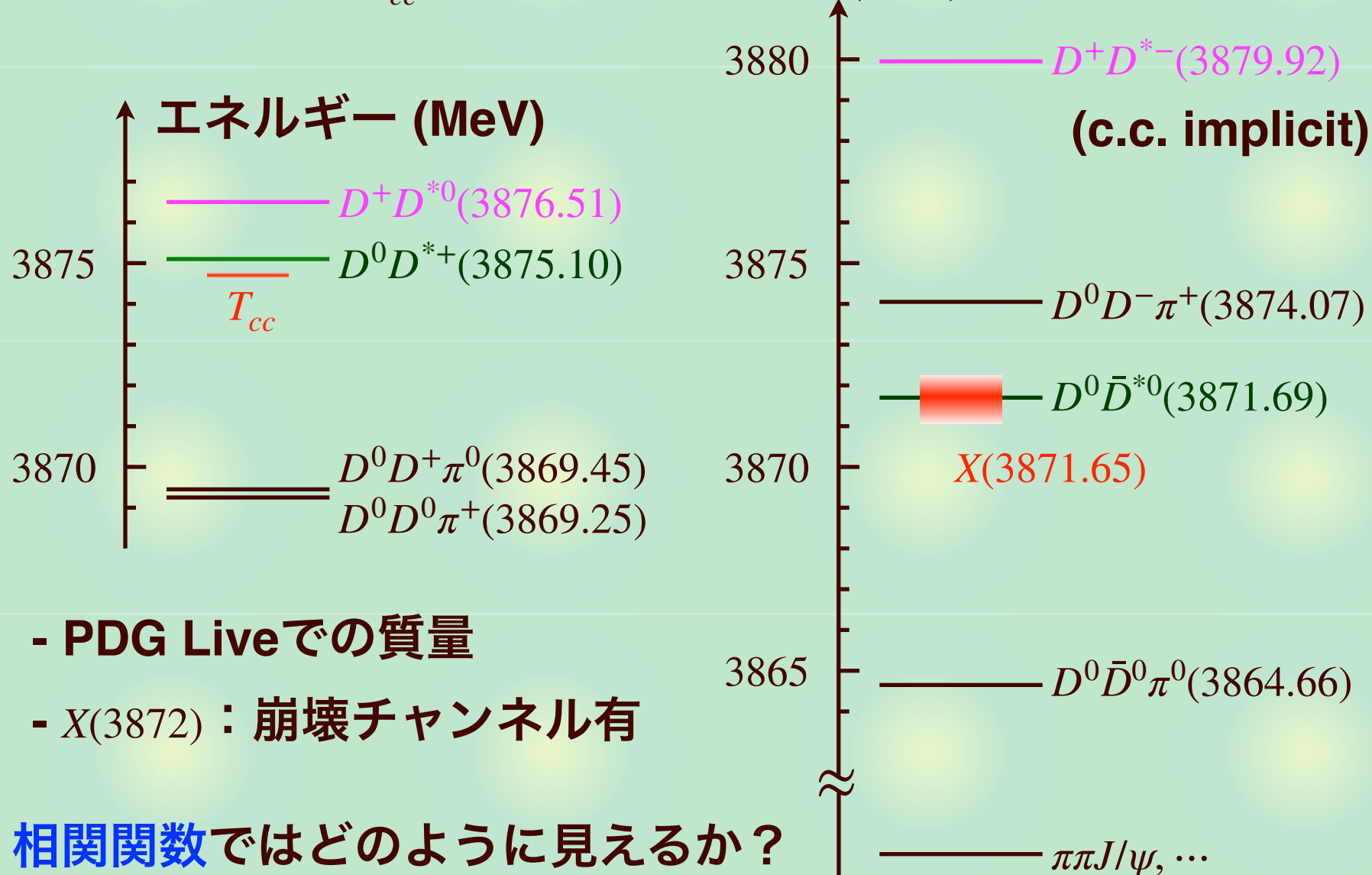
神谷有輝^{A,B}, 兵藤哲雄^{B,C}, 大西明^D

Bonn Univ.^A, 理研iTHEMS^B, 都立大理^C, 京大基研^D

2022, Mar. 17th 1

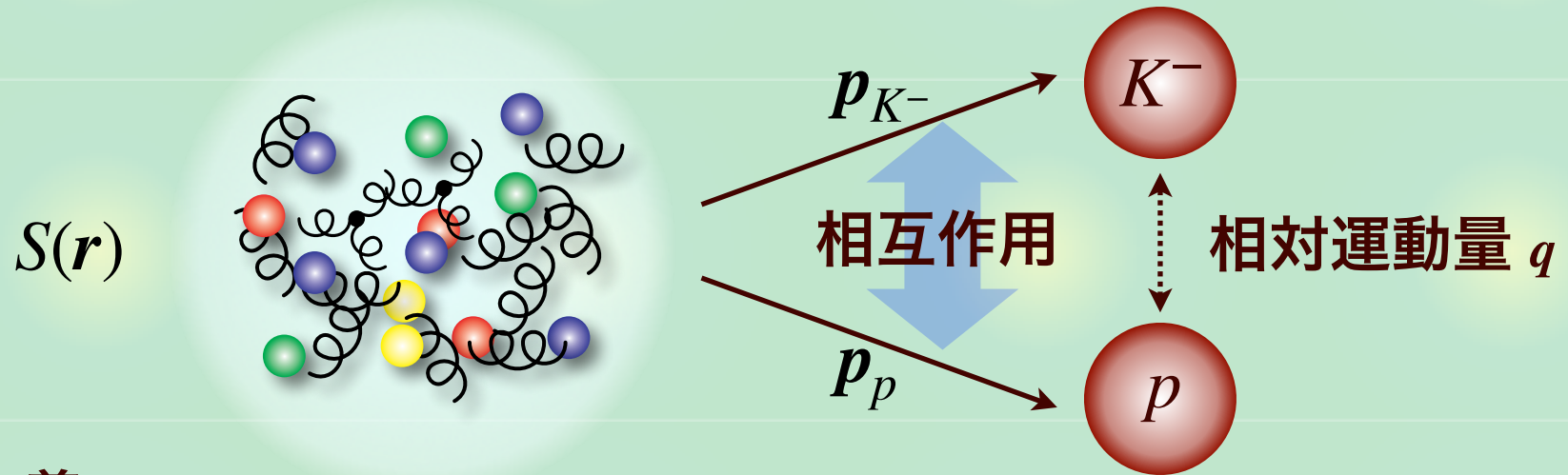
閾値近傍の T_{cc} と $X(3872)$

DD^* 閾値近傍の T_{cc} / $D\bar{D}^*$ 閾値近傍の $X(3872)$: 質量の類似性



運動量相関関数

高エネルギー衝突：統計的なハドロン放出ソース



- 定義

$$C(\mathbf{q}) = \frac{N_{K^-p}(\mathbf{p}_{K^-}, \mathbf{p}_p)}{N_{K^-}(\mathbf{p}_{K^-})N_p(\mathbf{p}_p)} \quad (\text{相互作用 / 量子統計性なしのとき}=1)$$

- 理論 (Koonin-Pratt公式)

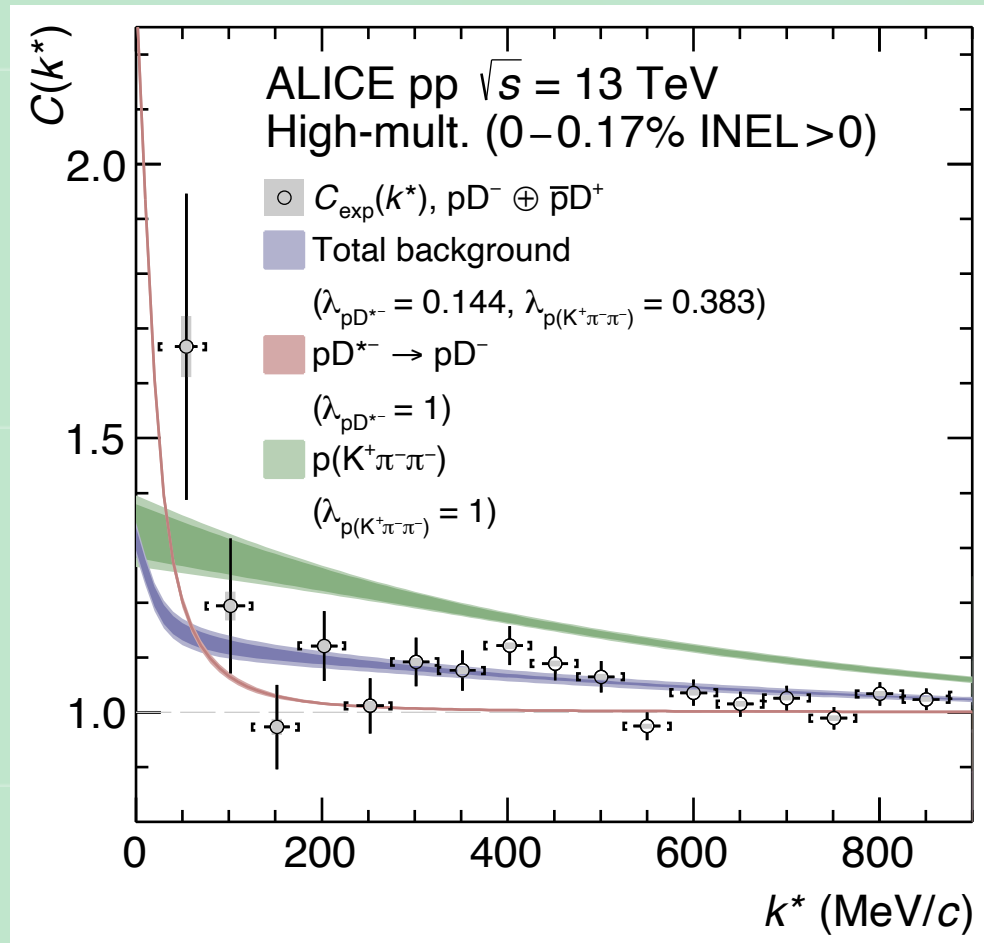
$$C(\mathbf{q}) \simeq \int d^3\mathbf{r} S(\mathbf{r}) |\Psi_q^{(-)}(\mathbf{r})|^2$$

ソース関数 $S(\mathbf{r}) \leftrightarrow$ 2体波動関数 (相互作用)

ALICE collaboration, Nature 588, 232 (2020); ...

D^-p 相関関数の測定

高エネルギー衝突でのチャームメソンを含む相関関数の測定



[ALICE collaboration, arXiv:2201.05352 \[nucl-ex\]](https://arxiv.org/abs/2201.05352)

D^-p 系に対する初の実験的情報

理論模型との比較

$\bar{D}N$ 散乱の理論模型

- 各模型の散乱長 $f_0 = f(E = 0)$ [fm]

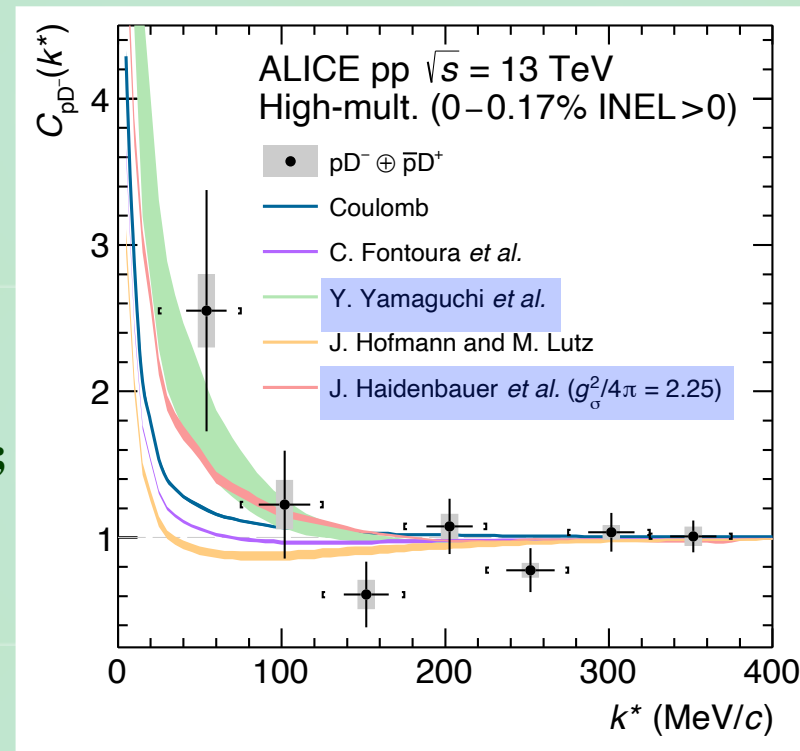
Model	f_0 (I = 0)	f_0 (I = 1)	n_σ
Coulomb			(1.1–1.5)
Haidenbauer et al. [21]			
– $g_\sigma^2/4\pi = 1$	0.14	–0.28	(1.2–1.5)
– $g_\sigma^2/4\pi = 2.25$	0.67	0.04	(0.8–1.3)
Hofmann and Lutz [22]	–0.16	–0.26	(1.3–1.6)
Yamaguchi et al. [24]	–4.38	–0.07	(0.6–1.1)
Fontoura et al. [23]	0.16	–0.25	(1.1–1.5)

[21] J. Hofmann, M.F.M. Lutz, NPA763, 90 (2005);

[22] J. Haidenbauer *et al.*, EPJA33, 107 (2007);

[24] Y. Yamaguchi *et al.*, PRD84, 014032 (2011);

[23] C. Fontoura *et al.*, PRD87, 025206 (2013)



- 散乱長を再現するガウシアンポテンシャルで相関関数を計算

- $\bar{D}N$ に引力がある模型がfavorされる

DD*/D \bar{D} * 相互作用の定式化

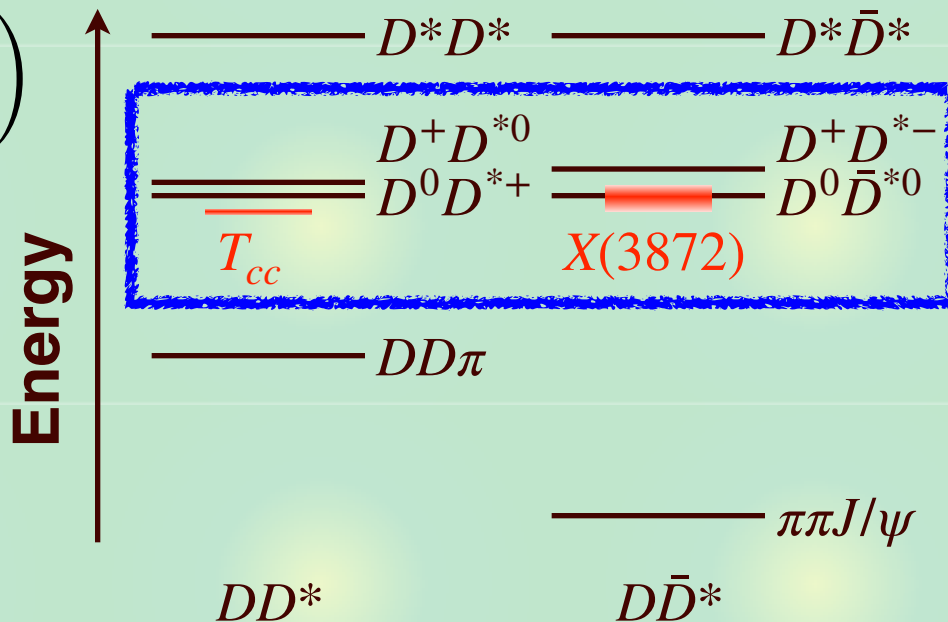
有効2チャンネル DD*/D \bar{D} * 相互作用

$$V = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} V_{I=1} + V_{I=0} & V_{I=1} - V_{I=0} \\ V_{I=1} - V_{I=0} & V_{I=1} + V_{I=0} \end{pmatrix}$$

- 崩壊：ポテンシャルの虚部
- $I = 0$ ：ガウシアン
- $I = 1$ ：相互作用なし

$$V_{I=0} = V_0 \exp\{-m_\pi^2 r^2\}, \quad V_{I=1} = 0$$

- $V_0 \in \mathbb{C} \leftarrow T_{cc}, X(3872)$ に関する情報



DD^*	V_0 [MeV]	$a_0^{D^0 D^{*+}}$ [fm]	$a_0^{D^+ D^{*0}}$ [fm]
	$-36.569 - i1.243$	$-7.16 + i1.85$	$-1.75 + i1.82$
$\{D\bar{D}^*\}$	V_0 [MeV]	$a_0^{\{D^0 \bar{D}^{*0}\}}$ [fm]	$a_0^{\{D^+ \bar{D}^{*-}\}}$ [fm]
	$-43.265 - i6.091$	$-4.23 + i3.95$	$-0.41 + i1.47$

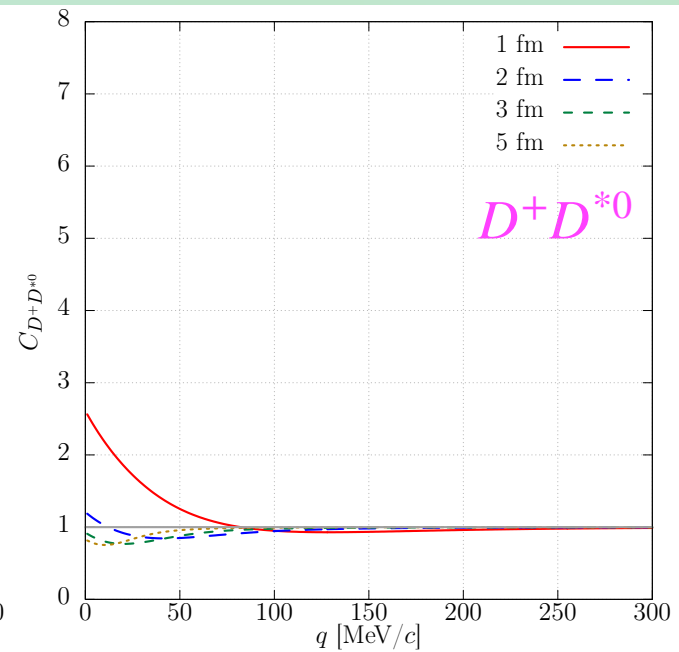
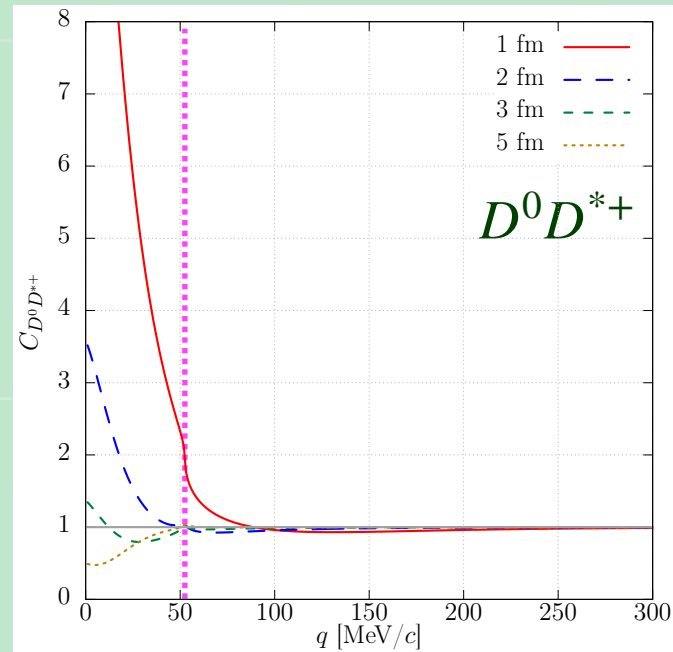
LHCbの解析

PDGの固有エネルギー

DD^* 相関関数

D^0D^{*+} 、 D^+D^{*0} 相関関数 (T_{cc} チャンネル)

D^+D^{*0}
 D^0D^{*+}
 T_{cc}



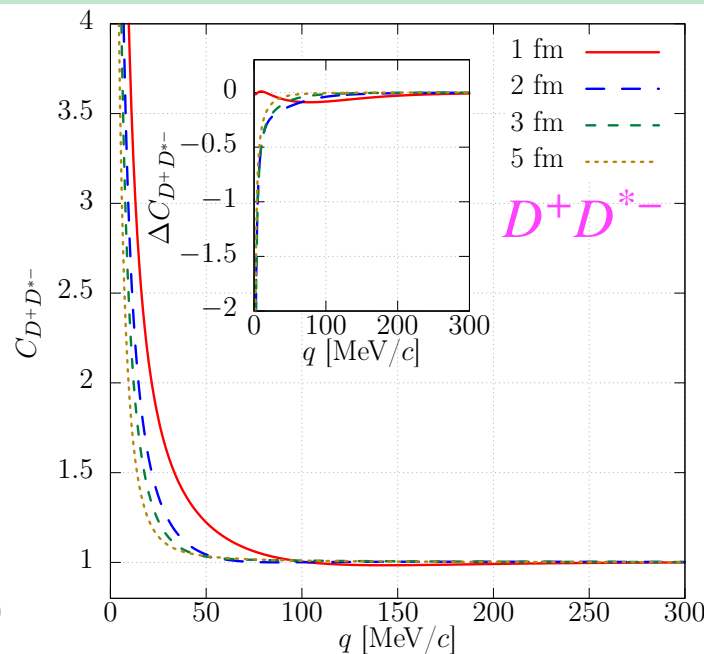
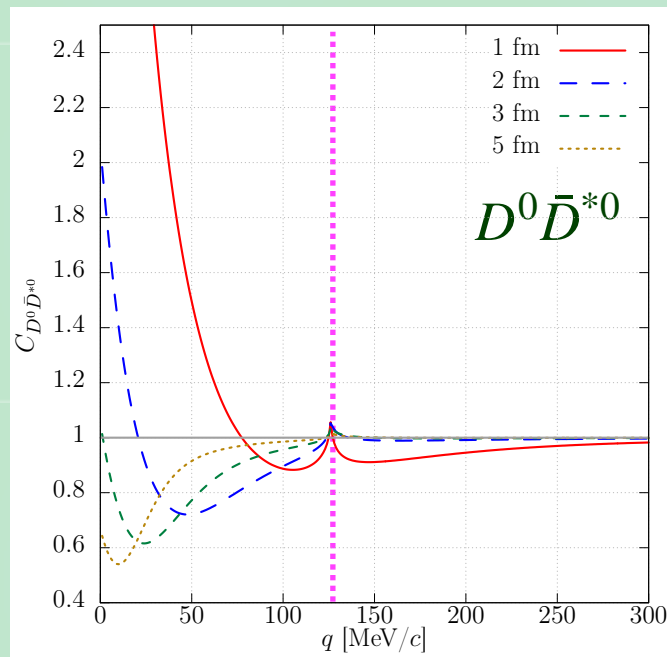
- 両方のチャンネルで準束縛状態を反映するソースサイズ依存性
- D^0D^{*+} で非常に強いシグナル、 D^+D^{*0} でもそれなりの強度
- D^0D^{*+} 相関での弱い D^+D^{*0} カスプ ($q \simeq 52$ MeV)

$D\bar{D}^*$ 相関関数

$D^0\bar{D}^{*0}$ 、 $D^+\bar{D}^{*-}$ 相関関数 ($X(3872)$ チャンネル)

$D^+\bar{D}^{*-}$


$D^0\bar{D}^{*0}$
 $X(3872)$




- $D^0\bar{D}^{*0}$ 相関は準束縛状態を反映
- $D^+\bar{D}^{*-}$ 相関はクーロン相互作用が支配的
- $D^0\bar{D}^{*0}$ 相関での $D^+\bar{D}^{*-}$ カスプ ($q \simeq 126$ MeV)

Y. Kamiya, T. Hyodo, A. Ohnishi, in preparation


まとめ

 高エネルギー衝突実験でのハドロン相関関数の
チャームメソン系への応用

 D^-p 相関関数

ALICE collaboration, arXiv:2201.05352 [nucl-ex]

- $\bar{D}N$ 系で初の実験的情報
- 引力相互作用を示唆

 $DD^*/D\bar{D}^*$ 相関関数

Y. Kamiya, T. Hyodo, A. Ohnishi, in preparation

- 準束縛状態 $T_{cc}/X(3872)$ を反映
- 散乱長の制限 \rightarrow 内部構造？