

学位申請論文公開講演会

日時：2023年2月24日(金) 15:00~

申請者：平田 光 (N研)

場所：物理会議室 (C207)

コロナ感染拡大で急遽オンラインに切り替わる可能性があります。

公聴会への参加を希望される方は主査に事前にご連絡ください。

題目： Belle 実験における $B \rightarrow (X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}) K$ 崩壊を用いた
 $X(3872)$ 不変質量分布の研究

主論文の要旨

物質を構成する基本的な粒子であるクォークは単独では取り出せず、ハドロンと呼ばれる複合粒子として観測される。多くのハドロンは、クォーク模型によって3つのクォークで構成されるバリオンと、クォークと反クォークで構成されるメソンに分類されるが、近年、異なる構造を持つ状態（エキゾチックハドロン）の候補が発見されている。

その候補の1つである $X(3872)$ は、Belle 実験で $B \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- K$ 崩壊における $J/\psi \pi^+ \pi^-$ 不変質量分布の $3872 \text{ MeV}/c^2$ にあるピークとして発見された。その崩壊過程にチャーム (c)・反チャームクォーク (\bar{c}) で構成される J/ψ メソンが含まれることから、これは $c\bar{c}$ メソンに似た状態といえる。一方で、その質量はクォーク模型から予想される $c\bar{c}$ メソンの質量と矛盾し、 $D^0 \bar{D}^{*0}$ 閾値と一致することから、 D メソンと \bar{D}^* メソンの分子状態がこの状態に関与すると指摘されている。しかし、その構造は未だ明らかにされていない。

本研究では、 $X(3872)$ の構造を明らかにすることを目指し、その情報が反映される $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}$ 信号の不変質量分布(ラインシェイプ)を、Belle 実験で取得された約 7.7 億個の B メソン対崩壊データから抽出した $B \rightarrow (X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}) K$ 崩壊サンプルを用いて解析した。これまでに観測されている $X(3872)$ 崩壊過程の中で、 $D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊過程は質量分解能が最も良いため、ラインシェイプを精査するのに最適な崩壊過程である。さらに、 D^0 メソン再構成効率の向上や、検出器応答の質量依存性を詳細に考慮することで解析手法を改良し、より精密なラインシェイプ測定を行った。ラインシェイプの評価には、分子状態の関与(チャンネル結合効果)を考慮したフラットテ模型を使用する。先行研究である LHCb 実験での $X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$ 崩壊サンプルを用いたフラットテ模型解析と比較すると、 $D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊過程を用いる本研究は、 $D \bar{D}^*$ チャンネル結合の強さを測定するために不可欠な $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊分岐比の情報を含む点で有利である。

まず、改良した解析手法を用いて、従来の $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊過程の解析に使用されたブライトウィグナー模型によるラインシェイプの評価を行った。測定の結果、質量を $3873.71^{+0.57}_{-0.52} \text{ MeV}/c^2$ 、幅を $5.2^{+2.2}_{-1.6} \text{ MeV}$ と決定した。これは、同じ崩壊を用いた Belle 実験と BABAR 実験の先行研究より測定精度を 22%以上改善できたことを示す。次に、フラットテ模型を用いて評価した結果、 $D \bar{D}^*$ チャンネル結合定数 g について、LHCb 実験での先行研究よりも厳しい制限 $g > 0.075$ (95%信頼度) を得た。