

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Study of the $X(3872)$ Invariant Mass Distribution Using the $B \rightarrow (X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}) K$ Decay at the Belle Experiment
(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)

氏 名 平 田 光

論 文 内 容 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。 $D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊過程を使用する理由は、本測定に重要な性能である質量分解能が最も優れているからである。ラインシェイプの評価には、チャンネル結合効果が考慮されたフラット(FL)模型を使用した。これは、通常のハドロンのラインシェイプの記述に用いられるブライトウィグナー(BW)模型を拡張したものであり、分子状態が関与する場合のラインシェイプの歪みまで描写することができる。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 FL 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、質量分解能が良い点と、 $D \bar{D}^*$ チャンネル結合の強さを測定するために不可欠な $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊分岐比の情報が含まれる点で優れている。本研究では、LHCb 実験の先行研究で未決定であった $D \bar{D}^*$ チャンネル結合定数 g の測定手法を確立した。

まず、解析手法を保証するため、従来の $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0}$ 崩壊過程の解析に使用された BW 模型を評価した。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。こ

の改善には、 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の詳細な考慮を含む。次に、FL 模型を評価した結果、新たな制限 $g > 0.075$ (95%信頼度) を得た。これにより、 $X(3872)$ の場合、 $D\bar{D}^*$ チャンネル結合の強さが小さくないことを示した。

本測定はいずれも統計量由来の誤差が支配的であり、後身実験 Belle II の高統計データを使用することで改善できる。また、FL 模型の測定感度を上げるためには、 $D^0\bar{D}^{*0}$ 崩壊過程の不変質量分布に加えて、 $J/\psi\pi^+\pi^-$ 崩壊過程の不変質量分布と $X(3872) \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^-$ 崩壊に対する $X(3872) \rightarrow D^0\bar{D}^{*0}$ 崩壊の相対崩壊分岐比を同時に解析することが有効であることを示した。