

1. 解析の状況

引き続き Belle 実験で収集した全データを使って、Belle 実験としての最終結果や新しいプロセス・崩壊モードなどの解析が進められている。2014 年冬および春の国際会議 (Moriond QCD, FPCP など) や夏の ICHEP 国際会議で多数の新しい結果を発表した。その中のいくつかの結果を報告する。

Belle では $B \rightarrow \psi' \pi K$ や $\chi_{c1} \pi K$ 崩壊でチャーモニウムと π^+ に崩壊するエキゾチック粒子 $Z(4430)^+$, $Z(4050)^+$, $Z(4250)^+$ を発見したが、BaBar では信号が確認されていなかった。今年 4 月になり LHCb 実験が大量のデータを使って $Z(4430)^+$ の存在を確定した。これにより、Belle の解析が正しく、角度分布の情報も使った Full Dalitz 振幅解析が新共鳴粒子の発見およびスピン・パリティの同定に有効であることが示された。 $B \rightarrow J/\psi \pi K$ 崩壊は上記の崩壊同様、BaBar の解析では Z^+ 粒子の信号は確認されていなかった。Belle では、全データを使って Full Dalitz 振幅解析を行い $Z(4430)^+$ の信号を見つけるとともに、新粒子 $Z(4200)^+$ を発見した(図1)。これは Belle では 7 番目の家電エキゾチック粒子の発見となる。また、初めて $Z(4430)^+$ の別の崩壊モードが発見されたことになり、エキゾチック粒子の理解の新しい一歩となる。

夏の国際会議では、全データを使っての $B^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ 崩壊の分岐比の結果を発表した。この分岐比はアイソスピン関係を使った CKM 行列のユニタリー三角形の角 ϕ_2 の決定に重要な測定であるが、これまでの測定値は理論の予想に比べて大きくパズルの

一つであり、Belle の全データでの測定が待ち望まれていた。今回の解析では、初期のデータを再プロセスして、全データで電磁カロリメータでの事象の衝突時間以外の光子のヒットを除くことができるようになり、また新しい方法で B 中間子崩壊以外のバックグラウンドを除去している。結果は、これまでに比べて小さな測定値となり、 ϕ_2 の決定に与える影

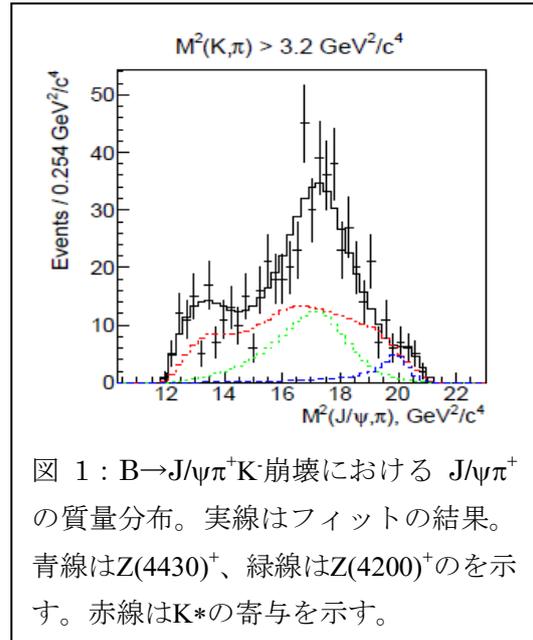


図 1 : $B \rightarrow J/\psi \pi^+ K$ 崩壊における $J/\psi \pi^+$ の質量分布。実線はフィットの結果。青線は $Z(4430)^+$ 、緑線は $Z(4200)^+$ のを示す。赤線は K^* の寄与を示す。

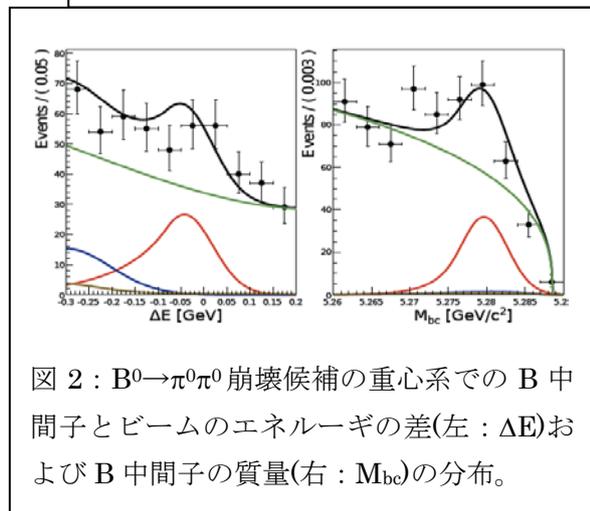


図 2 : $B^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ 崩壊候補の重心系での B 中間子とビームのエネルギーの差(左 : ΔE)および B 中間子の質量(右 : M_{bc})の分布。

響も大きく、理論および実験研究者の間で話題となっている。

2. Belle II の活動状況

前回報告以降も各検出器の製作が着実に進行中であり、一部の検出器では実機の組み込みがほぼ終了し、読み出し電子回路を含めた宇宙線による総合試験を開始しようとしている段階である。2014年2月と6月にKEKで全体会議を行い、各検出器の進行状況の報告、スケジュールの確認等を行なった。2014年2月にはBelle-PACを開き、国際的な専門家の観点からレビューを行ってもらった。最近の話題は、Super-KEKBの運転経費の不足からくる加速器運転の遅延と一部の検出器の建設が遅れていることを考慮して、全体の建設やロールインのスケジュールを再検討していることである。もうすぐに、最適化されたスケジュールが提示されることになっている。今回の報告では、バレル部粒子識別検出器(TOP: Time of Propagation Counter)の建設状況を取り上げる。

TOPは中央飛跡検出器(CDC)の外側のバレル部に設置される粒子識別装置で、巨大なクォーツバー内(2枚を接着後、長さ250cm、幅45cm、厚み2cm)に発生するチェレンコフ光のリングを端面に設置された光検出器を用いてバー内を伝播してきた光の検出位置と時間から測定しようとする世界初の測定器である。Belle検出器ではエアロジェルを利用した閾値型のチェレンコフカウンターと飛行時間差を測るシンチレーションカウンターを使用していたが、TOPは粒子識別能力が上がり、しかも、コンパクトで物質も少なく

なるので、Belle II検出器への改造の目玉の一つとなっている。日本国内では名古屋大学、米国ではハワイ大学、PNNL、シンシナティ大学などが共同で開発、製作を行っている。昨年度、フルサイズの試作機のビームテストできれいな幾重にも折り重なったパターンが確

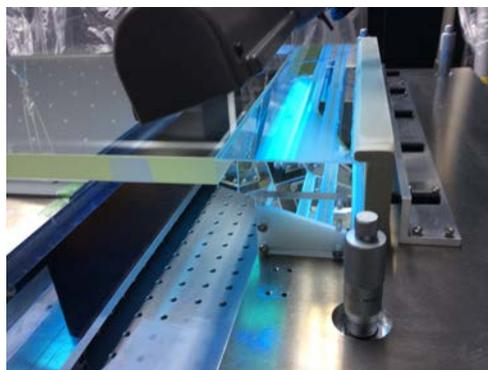


図3: クォーツバーとプリズムの接着テストの写真



図4: テスト接着後、全体を持ち上げて様子を見ている風景



図5: プロトタイプの宇宙線テスト風景

認できるなどの成果を上げたことによって、最近ようやく米国でクォーツバー等を購入する予算が認められ、1つの大きなマイルストーンをクリアした。現在、5モジュール分のクォーツバーが KEK に納入されている（組み込み数：16モジュール、予備：2モジュール）。クォーツバーと2段分の光検出器を対応させるためのプリズム（図3）や反対側の端面に接着されるミラーもシンシナティ大学で検査されて、KEK に納入されつつある。今後、富士実験棟 B4 のクリーンルーム内で検査、接着等を行って、モジュールごとにハニカム構造もった専用容器に格納されることになっている（図4）。光検出器は、シングルフォトンで 1.5 テスラの高磁場内で 25psec 程度の時間分解能で検出する必要がある。この要求を満たす MCP（マルチチャンネルプレート）光電子増倍管を名古屋大学と浜松フォトニクス社との共同で開発してきて、すでに必要な全数の納品が完了し、検査が進行中である。ただし、寿命に少し懸念のあるものと寿命は長いが増幅度に少し懸念のあるものが半々であるので、実際のビームバックグラウンドの量によっては、将来、何らかの対応が必要になるかもしれない。読み出し電子回路は、高時間分解能を維持しながら Belle II のデータ収集条件を満たす必要がある。そこで、高速の波形記録可能な特殊用途集積回路をハワイ大学が開発を進めていて、幾多の試作を繰り返すことによって、最近、ようやく仕様を満たすチップが出来上がってきた。現在、FPGA を使ったコンパクトなデータ収集電子回路システムを製作中である。プロトタイプはすでに稼働中で富士 B4 で宇宙線テストが進行中である（図7）。今後、すべてのものを順次 KEK に納品して、各機関の人が KEK に集まり、全 18 モジュールを 1年半程度で製作して、Belle II 構造体に組み込む予定である。