

論文名：

Rare Decay Study at Belle and Detector Development for Future Experiment

(Belle 実験における稀崩壊過程と将来実験のための検出器の研究) (要約)

氏名 渡辺 みのり

(以下要約を記入する)

Belle 実験は、茨城県つくば市の高エネルギー研究機構(KEK)にて行われている国際共同実験である。KEKB 加速器を用いて B 中間子を生成し、Belle 検出器でその崩壊過程を測定している。KEKB 加速器は、電子(8.0GeV)と陽電子(3.5GeV)の非対称のエネルギービームを b クォーク 2 つ分の重心系エネルギー $\sqrt{S}=10.58\text{GeV}$ で衝突させ、 $\Upsilon(4S)$ の共鳴状態を経て B 中間子対へと崩壊する。この $\Upsilon(4S)$ はほぼ 100% B 中間子対に崩壊するために、効率よく B 中間子対を生成できる。また、Belle 検出器は、電子と陽電子の衝突点を中心としてシリコン崩壊点検出器(SVD)を始めとして 7 種類の検出器が層構造に配置されており、粒子の崩壊点、飛跡、運動量、エネルギーを測定してその情報を組み合わせることにより粒子の同定が可能である。

本研究の前半部分の稀崩壊の研究は、Belle 実験において KEKB 加速器で生成された 657×10^6 個の高統計な B 中間子対を用いて、 $B \rightarrow VV$ (V はスピン 1 のベクター粒子) のひとつである $B \rightarrow \omega \rho$ の崩壊過程の分岐比(Br)を Belle 実験において初めて行った。この崩壊過程は、c クォークを含まない崩壊で、分岐比が 10^{-5} 程度の稀崩壊と予想されている。

本解析の特徴は、(1)背景事象が極めて多く、(2)B 中間子誤再構成(SCF)の割合が高い点が挙げられる。(1)は、 $b \rightarrow u$ 遷移の崩壊過程で信号事象自体が極めて少ない上に、B 中間子の 3 倍の生成断面積であるジェット背景事象の影響が顕著になるためであり、この背景事象の効率的な除去がこの解析の要となる。信号事象である B 中間子対はほぼ静止形で球面状崩壊するのに比べて、軽いクォーク対への崩壊であるジェット背景事象は大きな運動量を持つ。B 中間子の崩壊事象形状、生成方向、崩壊点情報を組み合わせることにより、背景事象の 99% を抑制する事に成功した。(2)この崩壊課程は、低運動量の粒子が生成されやすいため B 中間子の誤再構成率が高くなるが、 ρ 中間子のヘリシティのカットを加えて低運動量粒子を抑制する事で B の誤構成割合を 20% に押さえることに成功した。最終崩壊分岐比 $Br(B^+ \rightarrow \omega \rho^+) = 10.9 (+1.9, -1.9)\text{Stat.} (+1.1, -1.0)\text{Sys.}$ という結果が得られた。既に測定されているアメリカのカリフォルニア州の SLAC 国立加速器研究所で行われていた BaBar 実験とエラーの範囲で一致する結果が得られた。

本研究の後半部分である将来の検出器の開発は、Belle II 実験の次世代のためのプラスチックシンチレータ(以下、シンチ)の開発を行った。2014 年には KEKB 加速器が 40 倍の衝突頻度で B 中間子対を生成する Super KEKB 加速器へと増強される。それに対応するため Belle 検出器も Belle II 検出器へとアップグレードされ、最外層に配置されているミュオン粒子検出器にシンチが使用される。また、ILC 実験においてもカロリメータ検出器はシンチが使用される。

【別紙2】

市販されているプラスチックシンチレータは、ポリスチレンやポリビニルトルエンを100℃以上に加熱して重合することにより製造されている。重合中は温度を一定に保必要狩り、急冷するとプラスチックシンチレータにヒビが入るため、常温に冷やすまでに日数がかかるため設備や人経費がかかるため液体シンチレータと比べると高価である。また、その製造工程から形状も制限があるという2つの短所がある。

その短所を克服するために、重合ではなく2液混合でプラスチックを硬化させるという新しい手法を用いることにより、ほぼ常温で制作作成可能な新しいプラスチックシンチレータを企業(日本カーリット株式会社)と共同で開発した。この新シンチレータ(JCT-05)は、より単純な製造工程であるため、人経費が低くなり、型の形状を自由に選べて、またプラスチックシンチレータの機能を高める様な物質を混入することが可能である。例えばその一例として、ガドリニウム(Gd)を混入させたシンチレータ(JCT-05G)も作成した。Gdは、中性子との反応断面積が最も高い物質で、液体シンチレータ実験では一般的に使用されている物質であるが、Gd入りのプラスチックシンチレータは存在せず、この新シンチレータの画期的な点である。

今回、試作品のJCT-05とJCT-05Gとを一般的なプラスチックシンチレータであるサンゴバン社のBC-408との性能比較をβ線源を用いて行った。その結果、JCT05とJCT-05Gの光量は、それぞれBC-408の11%と5%という結果が得られた。また、JCT05とJCT-05Gの減衰長は、それぞれ～1mと～50cmという結果が得られた。現段階では、減衰長が短いため、Belle実験の大規模実験で使用するの難しいが、1m³程度のサイズの原子炉モニター実験など小型実験で使用は可能だと考えられる。