

BL33LEP レーザー電子光

1. 実験等の実施概要

BL33LEPでは、8 GeV蓄積電子ビームと外部より入射される紫外、または深紫外レーザー光との逆コンプトン散乱によって得られるGeV領域の偏極高エネルギーガンマ線ビーム（レーザー電子光ビーム）を用いて、クォーク核物理実験を推進している。レーザー電子光ビームは、コンプトン端を最大値とした比較的平坦なエネルギー分布を持ち、制動放射によるガンマ線ビームに比して、低エネルギー光子によるバックグラウンド反応が大きく抑えられ、また、広いエネルギー範囲で高い偏極度が得られるという特徴を持つ。電子ビームとレーザーのエネルギーが高いほど高エネルギーのレーザー電子光ビームが得られ、SPring-8の8 GeVという世界最高エネルギーの放射光蓄積電子ビームのおかげでBL33LEP及びBL31LEPでは世界最高エネルギーのレーザー電子光ビームを供給することができる。特に、ほぼ純粋にストレンジクォークと反ストレンジクォークから成る ϕ 中間子やハイペロン共鳴状態の生成閾値を超えるエネルギーを持つことで、ストレンジクォークを持つハドロンを中心に研究を行っており、ペンタクォークやメソン・バリオン共鳴状態等のエキゾチックなバリオンの光生成を通して、ハドロンの構造とそれらの間に働く力をクォークのレベルで解明することを目指している。

BL33LEPにおけるLEPS実験は国際共同研究で進められており、2015年度は日本、韓国、台湾、アメリカ、カナダ、ロシア、中国の19の大学・研究機関から84名の研究者が参加した。ほぼユーザータイムのすべてに相当する年間4050時間の実験を遂行するとともに、装置の維持・改善を共同で行っている。また、共同利用による検出器試験を1件（J-PARC COMET実験のためのセントラル・ドリフトチェンバー(CDC)の性能試験)実施した。

LEPS実験ではこれまで主に355 nm近傍の紫外レーザー光を用いた最大エネルギー2.4 GeVのビームを使用して実験を行ってきたが、2015年度はレーザーを266 nmの深紫外レーザー光(OXIDE Frequad-HP 1W)に置き換え、最大エネルギーを2.9 GeVに上げて液体水素標的及び液体重水素標的を用いて光核反応実験を行った。図1に355 nm紫外レーザー光と266 nm深紫外レーザー光を用いた場合に得られるレーザー電子光ビームのエネルギー分布を示す。レーザー強度が低いためビーム強度は毎秒 2×10^5 程度であるが、この高エネルギー化した

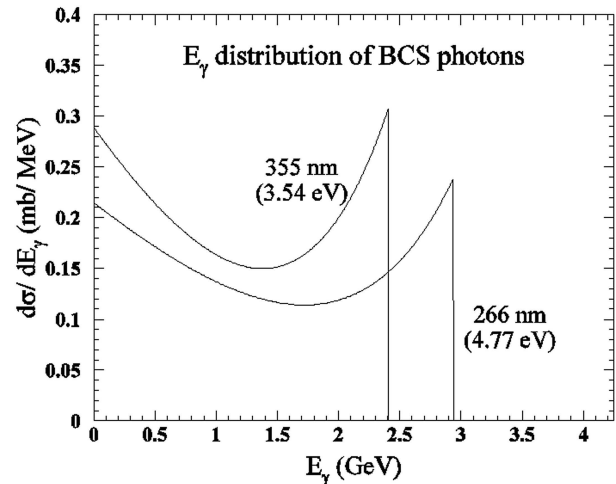


図1 8 GeV電子と紫外、及び深紫外レーザー光との逆コンプトン散乱によるレーザー電子光生成断面積。

ビームを用いることにより、新たにベクトル K^* 中間子を伴うハイペロン生成の研究が可能となる。また、これまでのLEPS実験で前方微分断面積のエネルギー依存性において2.1 GeV近傍にバンプ構造が見られた ϕ 中間子生成等に対し、より高いエネルギーでの振舞いを調べることができ、現在データの解析を進めている。

2. 2015年度の主な研究成果

2015年度は、 $\gamma + p \rightarrow K^+ K^- p$ 反応の測定による ϕ 中間子生成と $\Lambda(1520)$ ハイペロン生成の干渉効果の研究が進展し、その解析結果を公表した^[1]。液体水素標的を用いた光核反応実験では、前方に放出された正負の K 中間子と陽子のうち2粒子の運動量、エネルギーを測定すれば、運動学的に残りの1粒子の運動量、エネルギーを求めることができ、そこから K^+K^- の不変質量、あるいは K^-p の不変質量を計算することにより、 ϕ 中間子生成と $\Lambda(1520)$ 生成を同定することができる。但し、終状態は共に同じ K^+K^-p となることから、運動学的に一部の領域（図2の縦横のそれぞれ2本の線で囲まれた四角の領域）においては、 ϕ 中間子生成と $\Lambda(1520)$ 生成には干渉が起こり得る。前述したように ϕ 中間子の前方生成断面積の測定データにおいては入射エネルギー2.1 GeVにバンプ構造があり^[2]、また、 $\Lambda(1520)$ の生成断面積においても2 GeV近傍にバンプ構造が得られており^[3]、もし正の干渉効果が大きければ、両者のバンプ構造を説明できる可能性がある。データ解析の結果、ビームエネ

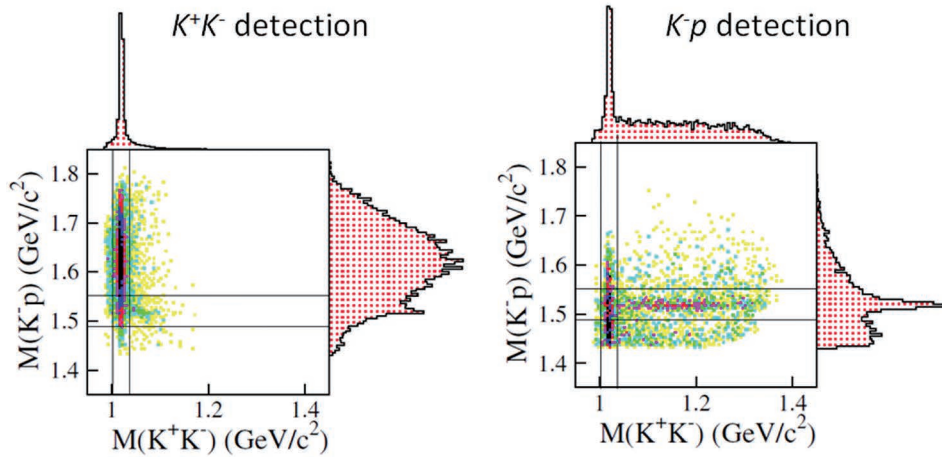


図2 $\gamma + p \rightarrow K^+ + K^- + p$ 反応における K^+K^- と K^-p 不変質量分布の2次元プロットとその射影スペクトル。
 (左) LEPSの前方スペクトロメーターで K^+ と K^- を測定した場合。
 (右) 前方スペクトロメーターで K^- と陽子を測定した場合。

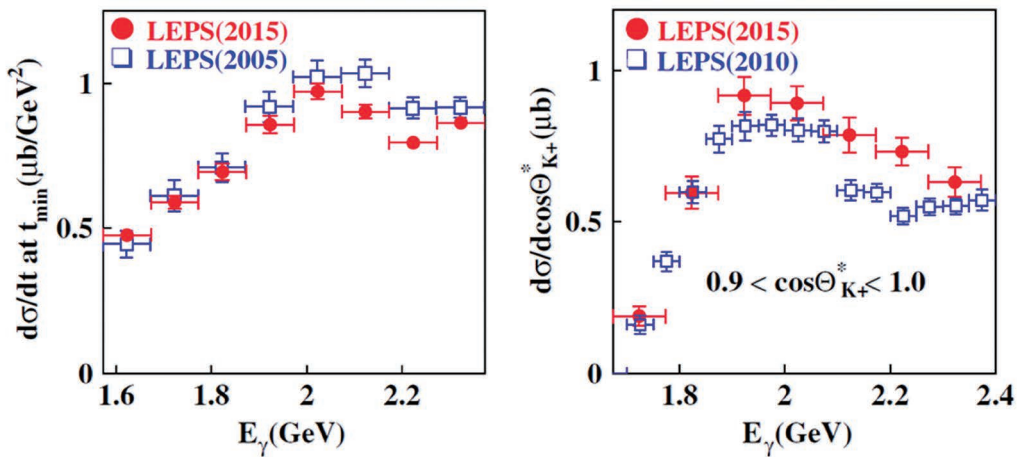


図3 ϕ 中間子(左)及び $\Lambda(1520)$ ハイペロン(右)の前方光生成微分断面積。●は今回の実験結果^[1]で、□は以前の、干渉効果を考慮していないLEPSのデータ^[2-3]。

ルギー 1.7 GeV ~ 2.1 GeVにおいて、 $\phi - \Lambda(1520)$ 間の有意な干渉効果が初めて観測され、 K^+K^- が前方に放出される場合は正の干渉、陽子が前方に放出される場合は負の干渉を示すことが見出された。しかし、図3に示すように、干渉効果を除いた ϕ 中間子、及び $\Lambda(1520)$ の前方光生成微分断面積においてもほぼ以前のデータ同様のバンプ構造が見られ、その原因は干渉効果によっては説明されなかった。新しいポメロン交換等、他のエキゾチックな反応機構によるものかどうか、新しい最大エネルギー 2.9 GeVのビームによる測定結果とも合わせて、今後更に原因を究明していく。

参考文献

- [1] S.Y. Ryu et al.: *Phys. Rev. Lett.* **116** (2016) 232001. (arXiv:1603.00236)
- [2] T. Mibe et al.: *Phys. Rev. Lett.* **95** (2005) 182001.
- [3] H. Kohri et al.: *Phys. Rev. Lett.* **104** (2010) 172001.

大阪大学 核物理研究センター
 與曾井 優