

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（又は深紫外）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ち、SPRING-8のBL33LEP及びBL31LEP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。

BL33LEPにおけるLEPS実験は国際共同研究で進められており、2014年度は日本、韓国、台湾、アメリカ、カナダ、ロシア、ベトナムの19の大学・研究機関から約71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3950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。2014年夏には、反射率や透過率に劣化のみられたフロントエンド部真空チャンバー中のレーザー光学部品を新品に取り換えた。

GeV領域の光ビームはクォーク・反クォーク対と結合し、光子と同じスピン・パリティ1⁻を持つ仮想的な中性中間子ビームとして、 π 、 K 中間子等のハドロンビームとは相補的なハドロン物理研究のためのプローブとなる。その際、ビームのエネルギーが生成閾値を超えていればクォークの種類を限定しない魅力的なビームであり、また、反応点までは光として進むことから、ハドロンビームに比して、より原子核やハドロンの内部における反応を調べることができる。こうした特性を活かし、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研究や核媒質中での中間子の性質の変化の研究を通して、ハドロンの構造とそれらの間に働く力をその構成要素であるクォークのレベルで解明することを目指している。

2014年度は、重陽子標的中性子との光生成反応を用いて、ペンタクォーク Θ^+ を探索する実験を2013年度に引き続いて行い、統計精度を向上させた。また、共同利用による検出器試験として、筑波大学グループによるミュオン・ラジオグラフィ（宇宙線ミュオンを使って遠隔大規模構造体の内部構造を透視）のためのシンチ

レータ・トラッカーの性能試験と京都大学学部4回生の学生実験を実施した。

BL33LEPは2014年11月に第2期が終了するのを受けて、第3期計画を申請し、新たに2020年11月までの6年間の継続使用が認められた。第3期では、ビームラインを大阪大学RCNPのサブアトム科学研究拠点と東北大学ELPHの電子光物理学研究拠点の全国共同利用・共同研究拠点間の連携で運営することとし、偏極標的の導入や低エネルギー領域への標識化エネルギーの拡張を企図し、本格的に稼働を開始したBL31LEPにおけるLEPS2実験と相補的かつ効率的にクォーク核物理学の展開期として、研究推進を図る。

2. 2014年度の主な研究成果

2014年度は、 $p(\gamma, p)X$ 反応による後方中間子光生成反応の解析が進展し、その結果を公表した^[1]。液体水素標的実験で、前方に散乱された陽子の運動量を精密に測定することで、欠損質量法により後方に生成された中間子の質量を同定することができる。この方法で既に、アイソスピンがゼロでストレンジ・反ストレンジクォーク成分を多く含む η 中間子の超後方での生成微分断面積のエネルギー依存性が調べられ、全エネルギーが2.1～2.2 GeVの領域で特異なバンプ構造を示す結果が得られた。その後、エネルギー領域を拡張し、257 nm深紫外レーザーによる最大エネルギー3 GeVのビームと標的回りのタイムプロジェクション・チャンバー（TPC）を用いて ω 中間子、 η' 中間子に対して同様の測定を行い、崩壊によって放出される荷電 π 中間子をTPCで同時計測するこ

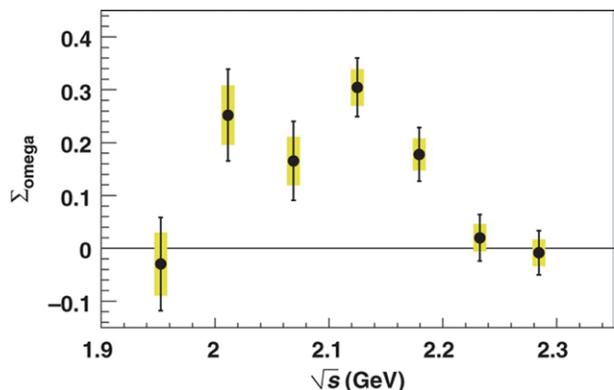


図1 後方での陽子からの ω 中間子光生成反応におけるビーム非対称度の \sqrt{s} 依存性。

とによって信号事象の信頼度を向上させた。 ω 中間子に対して、重心エネルギー (\sqrt{s}) が2 GeVから2.4 GeVの領域において断面積は単純な u -channel交換と呼ばれる過程で予想される結果を超えるバンプ構造を示し、更に、図1に示すように偏極ビーム非対称度の結果も \sqrt{s} が2 GeVから2.2 GeVの領域で大きな値を取る。このエネルギー領域に存在しているとされる、角運動量の大きい G_{17} (2190) 核子共鳴状態の影響を強く示唆しているが、共鳴状態を同定するためには、更なるデータと、より詳細な解析が必要である。また、後方 η' 中間子生成においても $\sqrt{s} \sim 2.35$ GeVに初めてバンプ構造を示す測定結果を得た。

参考文献

- [1] Y. Morino et al.: *Prog. Theor. Exp. Phys.* (2015) : 013D01.

大阪大学 核物理研究センター
與曾井 優