

BL33LEP 大阪大学 核物理研究センター (レーザー電子光)

大阪大学核物理研究センター・レーザー電子光グループ (名大、山形大、甲南大、及び京大等との共同研究グループ) は日本原子力研究所、及びJASRIと協力して、レーザー電子光を用いた原子核・素粒子物理研究を目的とするプロジェクトを専用ビームラインBL33LEPで推進している。

レーザー電子光とは、レーザー光線が電子ビームによって跳ね返された結果得られる高エネルギー光ビームである。SPring-8の80億電子ボルト (8GeV) の蓄積電子ビームに3.5eV (波長350ナノメートル) の紫外レーザー光を正面衝突させることによって、最高エネルギーが2.4GeVのレーザー電子光を得ることができる。レーザー電子光は波長が核子のサイズより短いため、核子を構成するクォークのふるまいを研究する上で優れたプローブであるが、加えて、1) 直線及び円偏光したレーザー光を用いることにより、簡単にスピン偏極した高エネルギー光ビームを得られること、2) 原子核・素粒子実験にとってバックグラウンドの源となる低エネルギー (~100MeV以下) の成分が光ビーム中に極めて少ないこと、3) 光ビームの指向性がよく、超前方の測定に適したコンパクトな検出器系が使用できること等の特徴を有している。

我々は1999年7月にレーザー電子光ビームの発生に成功し、2000年5月には、図1に示されたクォーク核分光装置と呼ばれる実験装置を完成した。クォーク核分光装置は、双極電磁石、位置検出器、飛行時間測定装置などで構成されており、レーザー電子光と標的の衝突の結果生成される電

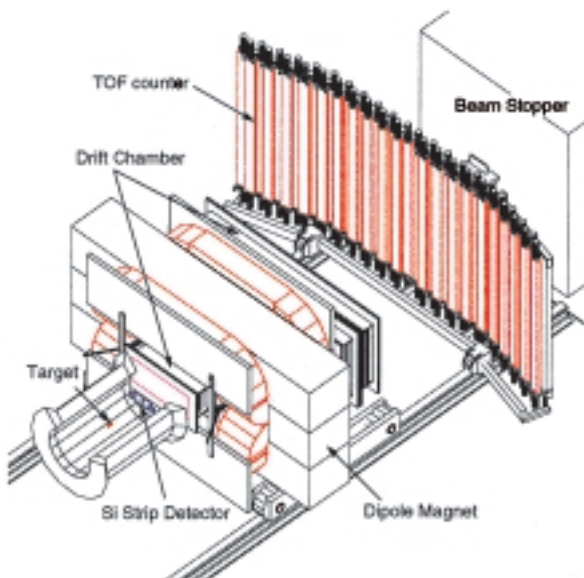


図1 クォーク核分光装置

荷を帯びた中間子や核子などの重粒子運動量を1%の精度で測定することができる。さらに粒子の運動量と速さの情報から重さ (質量) を計算し、運動量が2GeVまでの中間子とK中間子を分離する能力がある (図2)。

クォーク核分光装置を使った最初のテスト実験として、液体水素を標的としたファイ()中間子の光生成実験を行っている。この反応ではまず高エネルギー光子が同じベクター粒子である中間子に仮想的に変換され、中間子と核子との力のやりとりにより実の中間子が生成される。

クォークや反クォークの複合系であるハドロン間に働く力は、通常は中間子 (クォークと反クォークの対) の交換によって説明できるが、中間子は、通常の物質中には存在しないストレンジ・クォークとその反粒子である反ストレンジ・クォークのみで構成されているため、この反応では、中間子交換による力のやりとりが強く抑制される。そのためグルーオン (クォークとクォークを結びつけるのりの役目をする粒子) の交換による力のやりとりが主になる。従って、この反応を精密に測定することにより、ハドロン間の相互作用の中でもクォークの種類 (フレーバー自由度) に依らない多体グルーオン交換過程への理解が深まる。

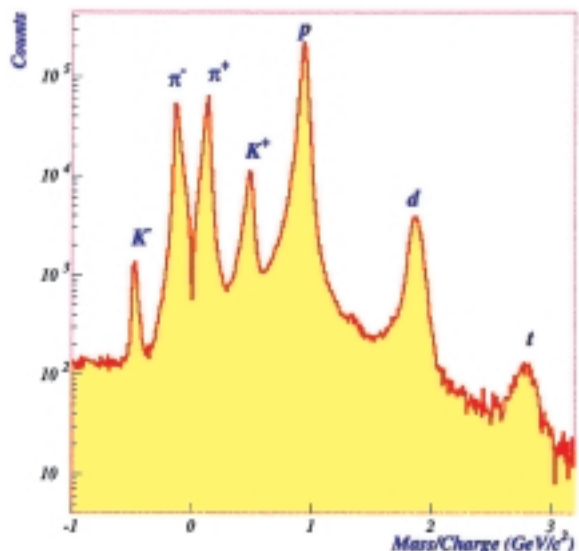


図2 クォーク核分光装置によって分析された粒子の質量分布

この研究により、量子色力学 (QCD) の適用が困難な低エネルギー領域でのグルーオンの役割に対し、全く新たな情報をもたらし、クォークが何故単独で観測されないかというクォーク「閉じ込め」の謎や、本来非常に軽いクォ

ークがどのようにして核子内で大きな有効質量を得るかという謎を解く鍵を与えるものと期待されている。テスト実験は順調に進行し、図3に示すように、中間子もきれいに確認されている。

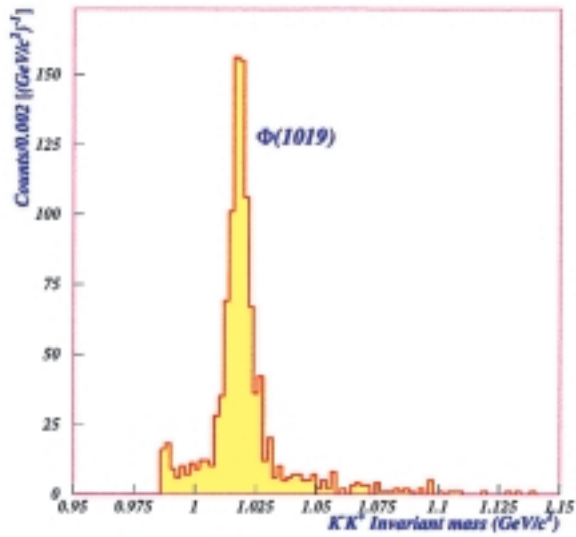


図3 . K中間子の不変質量分布。 中間子の質量は $1.019\text{GeV}/c^2$ である。

(大阪大学 中野 貴志)