

BL33LEP レーザー電子光

1. クォークの閉じ込め

ハドロンを構成する最小単位はクォークと考えられている。しかし、クォークを単独でハドロンの中から取り出すことはできず、クォークは常に3つのクォークからなる粒子(バリオン) 或いはクォークと反クォークからなる粒子(メソン) として観測されてきた。クォークが単独で観測されず、いつも3つか2つの固まりとして存在することを、“クォークの閉じ込め” と呼び、原子核・素粒子物理の大きな未解決の問題の一つになっている。この謎を解くために有効な方法の一つは3つ或いは2つ以外のクォークの組み合わせで出来ている粒子を探すことである。クォークのふるまいを決定する基本法則と考えられている量子色力学(QCD) によれば、以上の組み合わせの他に6つのクォークで構成されている粒子や4つのクォークと1つの反クォークで構成されている粒子が可能だからだ。

2. (シータ) 粒子の発見

レーザー電子光(LEPS) グループは、反ストレンジクォークを含むバリオン(Zバリオン) の探索を行った。Zバリオンは、主に60年代から70年代初頭にかけて主に1700 MeV/c²以上の比較的質量が大きい領域で精力的に探索され、存在を示唆する実験結果もでたが、確定的な証拠は得られず、その存在が疑問視されていた^[1]。ところが最近、QCDに基づく対称性を使った理論で、非常に軽く(~1530 MeV/c²)かつ幅の狭い(<15MeV/c²) Zバリオンが予言さ

れた^[2]。この粒子は、 Σ^+ 粒子と呼ばれ、二つずつのu及びdクォークと一つの反sクォークで構成されている。

LEPSでは液体水素標的のすぐ下流に設置されたプラスチックシンチレータを標的として、プラスチックに含まれる炭素原子核中の中性子nによる $n \rightarrow \Sigma^+ K^- \rightarrow n K^+ K^-$ 反応を探索した。

プラスチックカウンターからのK中間子対の生成は図1に示すように反応頂点のビーム軸に沿った方向の分布により選択することができる。K中間子対が同定された事象の85%は、ファイ(ϕ) 中間子生成反応からの寄与であるが、このバックグラウンド事象は、K中間子対の不変質量分布に鋭いピークを持つことから簡単に除去できた(図2)。残る事象の約半分はガンマ線と陽子の反応によるものであるが、その80%は標的のすぐ下流に設置されたシリコン・ストリップ検出器で終状態の陽子を同定することにより除去できた。

光子エネルギーと終状態のK-中間子運動量の情報から残りの $n K^+$ 系の質量を計算して、その不変質量分布が Σ^+ に対応するピークを持てば、 Σ^+ 生成反応が同定されたことになるが、始状態の標的中性子が原子核中で動いていること(フェルミ運動) による計算値のずれを補正する必要がある。この補正值は、終状態のK中間子対の運動量のベクトル和と光子エネルギーから求めた終状態の中性子質量の計算値と真の値の差を求めることによって求めた。

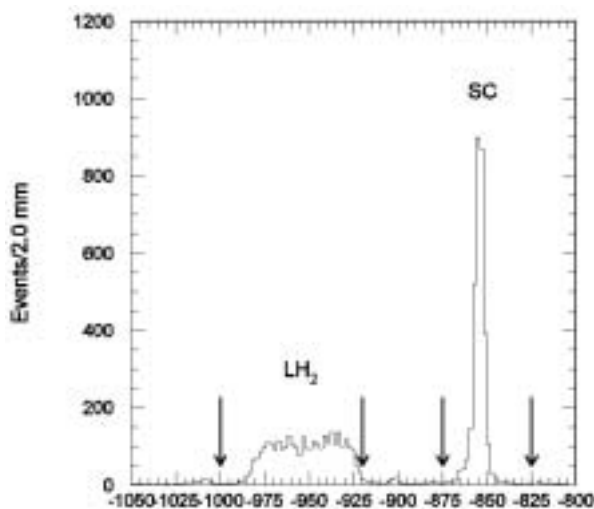


図1 K⁺K⁻ 事象のビーム軸に沿った方向の反応頂点分布。液体水素標的(LH₂) からの寄与とプラスチックカウンター(SC) からの寄与が分離されている。

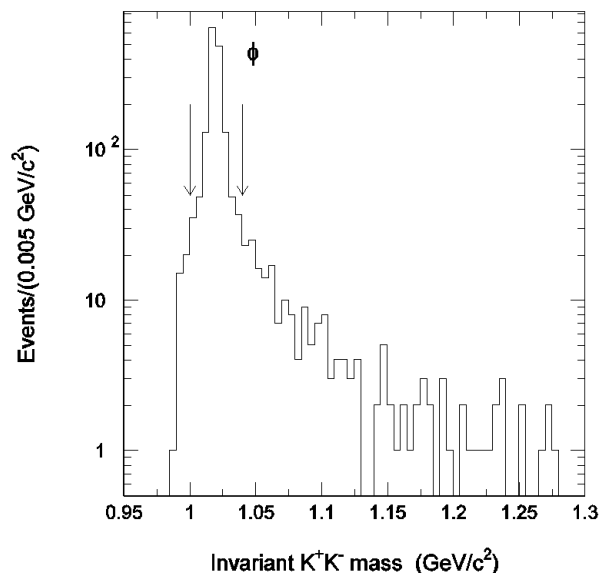


図2 K⁺K⁻ 系の不変質量分布。

図3に補正後の K^+n 系の不変質量分布を示す。実線で示されるプラスチックシンチレーターからの寄与では K^+n 系と除去しきれなかった K^+p 系からの寄与があるが、破線で示される液体水素標的からの寄与では K^+p 系からの寄与のみである。そして前者にのみ質量が $1.54 \text{ GeV}/c^2$ の付近に鋭いピークが見られる^[3]。

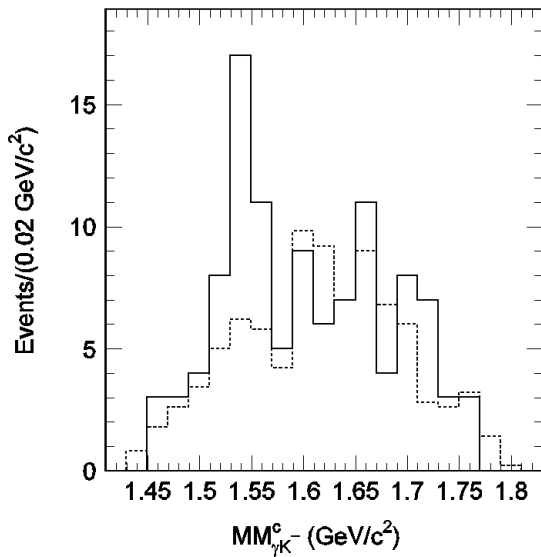


図3 K^+n 系の不変質量分布。実線はプラスチックシンチレーターからの寄与、破線は液体水素標的からの寄与を示す。

最近、米国のジェファーソン研究所やロシアのITEP研究所から発見を追認する報告が寄せられており^[4,5]、世界の素粒子・原子核物理学者の注目を集めている。LEPSグループでも新粒子の性質を詳しく調べる実験が間もなく始まる。これによって理論の予言との対応が確認されれば、クォーク核物理の確立のための重要な礎石となる。

- [1] Particle Data Group : Phys. Lett. **B170** (1986) 289.
- [2] D. Diakonov, V. Petrov, and M. Polyakov : Z. Phys. **A359** (1997) 305.
- [3] T. Nakano *et al.* : hep-ex/0301020 (2003), in press in Phys. Rev. Lett.
- [4] V.V. Barmin *et al.* : hep-ex/0301020 (2003),
- [5] S. Stepanyan : talk at CIPANP03, New York, 2003.

大阪大学 核物理研究センター
中野 貴志