

論文内容の要旨

論文題目 Measurement of the Forward-Backward Asymmetries for b and c Quarks in e^+e^- Collisions at \sqrt{s} between 130 GeV and 209 GeV

(重心系エネルギー 130GeV から 209GeV の電子陽電子衝突に於ける b、c クォーク前後方非対称性の測定)

氏名 南條 創

本論文では、130GeV から 209GeV の、最高エネルギー電子陽電子衝突に於ける、b クォーク反 b クォーク、および c クォーク反 c クォーク生成での、前後方非対称性 (A_{FB}^b, A_{FB}^c) の測定について示す。この前後方非対称性は、標準理論の枠組みで、Z ボソンおよび光子を媒介する反応として記述される。以前の重心系エネルギーが、Z ボソンの質量以下での前後方非対称性の測定結果は、標準理論の予言を良く再現している。Z ボソンの質量を上回る重心系エネルギーでの、前後方非対称性では、媒介する Z ボソンと光子の干渉効果の寄与が大きく、大きな非対称性が予言されている。本稿での測定の目的は、電子陽電子衝突の最高エネルギー領域での標準理論の検証である。新たにこの干渉に寄与する未知の粒子が存在すると、標準理論の予言する非対称性を変化させる可能性があり、標準理論を越える物理探索にも利用でき、この意味でも重要である。

実験データは、重心系エネルギー 130GeV から 209GeV での、LEP 加速器運転時、OPAL 検出器を用い、取得された。この中から、クォーク反クォーク対生成事象を約 98% の効率で選択する。各事象につき、始状態または終状態からの光子放出を除いた、実効重心系エネルギーを評価し、これが、重心系エネルギーの 0.85 倍より大きい事象を、選択する。さらに、スラスト軸の角度のコサインの絶対値が 0.9 以下の事象を選択する。さらに、主に W ボソンまたは Z ボソン対生成事象からのバックグラウンドの排除を行うが、最終的にこれが約 6% 含まれる。b 又は c クォーク対事象の選択効率は 80% 弱である。

前後方非対称性は、クォークの放出方向分布から決定される。クォーク、反クォークの放出方向は、スラスト軸を用いて評価する。このスラスト軸に垂直であり、原点を含む平面で分割された 2 つの空間を、それぞれ“半球”と呼ぶ。スラスト軸上、どちらにクォークが放出されたかは、半球に含まれる電荷の情報を用い、評価する。これに関連して、以下の 2 つの手法を用いる。

1 つは、電荷の評価に、各半球中の飛跡の電荷を、その飛跡の運動量のスラスト軸方向成分を用いて重み付けし、足し合わせた、“半球電荷”を用いる。これは次のように定義される。

$$Q_{\text{hemi}} = \frac{\sum_i^{\text{hemi.}} (p_{\parallel i})^\kappa q_i}{\sum_i^{\text{hemi.}} (p_{\parallel i})^\kappa}$$

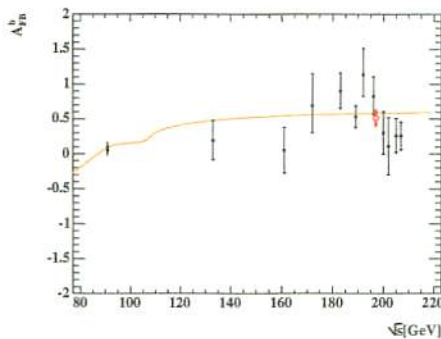
$p_{\parallel i}$ は運動量のスラスト軸方向成分で、和は半球中の全ての飛跡に対して行われる。 κ により、運動量による重みを調節する。b クォークについては、 $\kappa = 0.4$ で、約 70% の最大の電荷識別能力を得る。これを用いる手法を、半球電荷手法と呼ぶ。この手法は、基本的に全ての事象に対して適用可能であるため、包括的手法とも呼ぶ。この場合、b クォークの識別に、b ハドロン長の長寿命性、準レプトン崩壊の特徴、及び質量の大きい b ハドロン崩壊の運動学的特徴などの情報を、ニューラルネットワークや、ライクリフッドを用い、総合的に利用した、高性能 b タグを用いる。これには c

クォーク識別能力もあり、bクォーク、cクォーク、その他のd、u、sクォーク事象、それぞれを多く含むサンプルを生成出来る。これらを用い、ライクリフッドを定義し、これを最大化することで、b、cクォークの非対称性を同時に測定する。

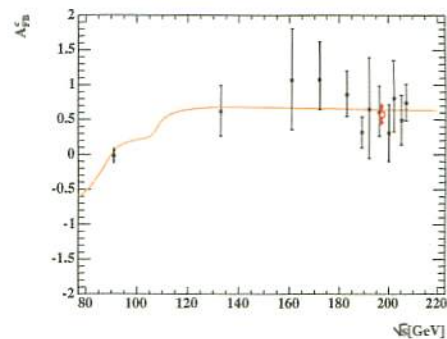
もう一つは、準レプトン崩壊からのレプトンを用いて、b、cクォークを識別し、同時に、そのレプトンの電荷を用いて、クォークか反クォークかを評価する。これをレプトン電荷手法と呼ぶ。ここで用いられる準レプトン崩壊は、主に、bハドロンから直接レプトンへ崩壊する $b \rightarrow \ell$ 、cハドロンを経由した後、準レプトン崩壊する $b \rightarrow c \rightarrow \ell$ 、cハドロンからの直接崩壊の $c \rightarrow \ell$ に分けられる。この3つについて、弁別を行うニューラルネットを構築し、b、cクォークの識別および、各準レプトン崩壊の弁別を行う。これを用い、各準レプトン崩壊をする事象を多く含むサンプルを生成し、ライクリフッドを定義し、b、cクォークの非対称性を同時に測定する。準レプトン崩壊の比率が20%程度であるため、前述の半球電荷手法に比べ、適用できる事象が少ない。その反面、レプトン電荷の識別能力は、中性B中間子混合により低下するが、それでも90%近くであり、半球電荷手法に勝る。また、cクォークの前後方非対称性の測定には、ほぼこの手法が寄与している。

最終的に、この2つの独立な手法を総合して、b、cクォークの前後方非対称性を同時に測定し、各重心系エネルギーで、以下のような、標準理論と矛盾しない結果を得ている。

(a)



(b)



189GeV までの結果は以前行われた結果と同等の結果である。189GeV を越えるエネルギーでは、これが最初の結果である。Z ボソン質量での測定は、同時期に取得された、較正用のデータを用い、同一の手法により前後方非対称性を測定し、手法の正しさの確認を行ったものである。さらに、183GeV 以上のデータを総合し、以下の結果を得ている（図中赤丸）。

$$A_{FB}^b = 0.52 \pm 0.09 \pm 0.09$$

$$A_{FB}^c = 0.59 \pm 0.12 \pm 0.09$$

これは、LEP2 での最も精度の高い結果で、標準理論の予測、0.58、0.65 とよく一致する。LEP2 の最高エネルギー電子陽電子衝突に於ける、b、cクォークの前後方非対称性の測定を行い、標準理論の検証を行った。