

陽子・陽子非弾性散乱断面積の測定結果を Nature Communications に発表

本日公開される Nature 誌の電子ジャーナル Nature Communications に、アトラス実験の陽子・陽子非弾性散乱断面積の結果が、発表されました。(DOI 10.1038/ncomms1472)

陽子・陽子衝突の断面積（散乱確率）は、素粒子物理学の基本的な物理量です。また、地球に飛来する高エネルギーの宇宙線と大気との反応や、将来のより高いエネルギー加速器での衝突頻度を見積もる上でも重要な量です。今回の論文は、CERN に建設された LHC 加速器でのアトラス実験による、衝突エネルギー7TeV での結果です。陽子・陽子衝突反応としては、LHC 以前のデータと比べてほぼ 100 倍近い衝突エネルギーでの測定です。

これまでの実験により、陽子・陽子の非弾性散乱の断面積は、大まかにはエネルギーに依らずほぼ一定であることがわかっています。これは、陽子がクォークやグルーオンから構成された物質でできた球体で、球体同士が重なれば散乱をおこす、と考えると、その散乱確率は球体の速度に依らないことから説明できます。

しかし、より細かく見ると、断面積はエネルギーの増加に伴い緩やかに上昇します。これは、陽子がエネルギーとともに緩やかに膨張していることを示しますが、この現象を、量子色力学を使って定量的に計算することは、現在のところできません。そこで、様々な実効理論が提唱されています。

この測定では、重心系エネルギー 7 TeV の衝突で、励起エネルギーが 15.7 GeV 以上ある非弾性散乱の断面積を求めました。その結果、エネルギーに対する断面積の増加がやや緩やかな理論との一致がよいことがわかりました。

また、これまでの実験と直接比較するために、全励起エネルギー領域へ断面積を外挿しました。比較の結果、断面積が増加傾向にあることは確認できましたが、外挿の不定性が大きく、幅広い理論の予想と矛盾しない結果となっています。

アトラス実験では、ヒッグス粒子や超対称性粒子の発見が重要な目的となっていますが、それとともに、この解析のように、陽子の基本反応量の測定や標準理論の精密測定など広範囲の研究を進めています。

この結果は 2010 年の 3 月 31 日の最初の 7TeV 衝突のわずか数時間のデータからのものです。2011 年 9 月初めまでに、その 1 億倍以上のデータを収集できており、より稀な事象の探索が進んでいます。

注) アトラス日本グループとは、アトラス実験に参加している日本の研究者グループのことである。現在の参加メンバーは、次の15の研究機関に所属している：高エネルギー加速器研究機構、筑波大学、東京大学、東京工業大学、首都大学東京、早稲田大学、信州大学、名古屋大学、京都大学、京都教育大学、大阪大学、神戸大学、岡山大学、広島工業大学、長崎総合科学大学。
アトラス実験は38か国178機関の国際共同実験である。

用語解説

☆ 断面積

反応の起こりやすさを示す量である。陽子・陽子の全非弾性断面積とは、ある衝突エネルギーで陽子と陽子を当てた時に、2つの陽子以外の粒子が、1つ以上生成される頻度である。直感的には、非弾性衝突を起こす場合の陽子の大きさ(見かけの面積)に対応する。素粒子物理学では断面積はb(バーン)という単位で測定され、 $1b=10^{-24}cm^2$ であり、 $1mb=10^{-3}b$ である。今回の測定結果69.1mbは、半径約1.5fm ($fm=10^{-15}m$: 千兆分の一メートル)の円盤の大きさに対応する。

☆ 欧州合同原子核研究機関 (CERN)

ヨーロッパ諸国により設立された素粒子物理学のための国際研究機関。設立は1954年。所在地はスイスジュネーブ郊外。加盟国はヨーロッパの20カ国。日本は、米国、ロシア等と共に、オブザーバー国として参加している。

☆ 大型ハドロン衝突型加速器 (LHC, Large Hadron Collider)

CERNに建設された大型陽子陽子衝突装置。設計衝突エネルギーは14TeVであり、TeV領域の物理学を研究出来る唯一の施設である。最初の衝突に2009年11月に成功したのち、2010年春から、まず衝突エネルギー7TeVで本格的な運転が始まっている。

☆ TeV (tera electron volt)

エネルギーあるいは質量の単位。1eV (電子ボルト) は1個の電子が1Vの電位差で加速される時のエネルギー。1TeV = 10^{12} eV

☆ アトラス (ATLAS) 実験

A Toroidal LHC Apparatusの略。LHCを用いた二大実験の一つで、世界中の38の国と地域からの約3000人の研究者が参加する国際共同研究である。日本からもKEKや東京大学を始めとする15の大学・研究機関が参加。ヒッグス粒子や超対称性粒子の探索や研究など、素粒子物理学最先端の研究を行うことが可能である。