

論文審査の結果の要旨

氏名 浅岡 陽一

宇宙線反陽子は、一次宇宙線（陽子やヘリウム原子核）と星間物質との衝突で銀河間において生成される二次起源成分が主であるが、原始ブラックホール（PBH）の蒸発や、銀河ハローを構成する暗黒物質の対消滅によって生成される一次起源成分が存在する可能性も指摘されている。反陽子二次起源成分の研究により、銀河間の伝播過程を研究することが可能となる。太陽活動極大期の太陽モジュレーションについてはモデル化がむずかしい。特に、取り扱いの難しいドリフトの効果については良くわかっていない。質量の等しい反陽子・陽子比は、荷電依存性・ドリフト効果を含めた太陽モジュレーションモデルの研究に理想的である。ドリフトの効果により、反陽子・陽子比は太陽活動極大期の太陽磁場極性の反転の前後で、急激な上昇が予想されている。

本論文では、太陽活動極大期の太陽磁場極性の反転の前後における宇宙線反陽子・陽子比の精密測定により、太陽モジュレーションの研究を行うとともに、原始ブラックホール（PBH）などの一次起源成分の探索を行なっている。

本論文は、9章からなり、第1章は序論、第2章は実験装置についての記述であり、第3章はKEKでのビームテストによる検出効率の決定について述べている。第4章は気球観測について、第5章はデータ解析、第6章は反陽子、陽子の流束強度の決定方法、第7章は、実験結果と実験誤差の議論、第8章は太陽モジュレーションと原始ブラックホールの議論、第9章に結論が述べられている。

本実験は気球搭載型の超伝導スペクトロメータ、BESS実験装置を用いている。薄型超伝導ソレノイドの採用は、大面積、大立体核、一様な磁場という他の反粒子探索実験にはないユニークな利点をもたらした。粒子の識別には、ソレノイドにより運動量と電荷の決定、TOFでの速度の測定、エアロゲルチェレンコフでの電子・ミュオン粒子の除去を通じて行われる。BESS実験は93年以来、99年、2000年の観測を加え、太陽極小期から極大期まで反陽子の経年変化を追うことに成功した。また、2000年までに2000例を超える反陽子事象を観測し、BESS実験は精密測定実験となった。このため、系統的誤差や検出効率の絶対較正が実験の重要な要素になっている。特に、BESSの特徴ともいえるべき薄肉超伝導スペクトロメータでの相互作用による損失の補正は最大15%の系統誤差が見込まれていた。

この系統誤差をKEKの12 GeVPSで作られる反陽子ビームを用いて、検出効率の直接測定を行うことにより大幅に削減した。この結果反陽子の検出効率に伴う系統誤差が5%

以内に抑えられていることが確認された。また、陽子に関しても2%以下に抑えられていることが分かった。閾値型エアロゲルチェレンコフカウンターにより、高エネルギー領域で圧倒的なバックグラウンドである電子やミュー粒子を除去し最終的に反陽子を選別している。

反陽子・陽子はともに絶対流速として測定し、その後比の形をとっている。二次起源反陽子と宇宙線陽子の流速は太陽モジュレーションにより変化する。荷電依存性を考慮した太陽モジュレーションモデル（ドリフトモデル）によると、その変化は、太陽極性が正の時は相殺する方向に、極性が負の時は強めあう方向に働く。したがって、その比は、極性反転に際して急激な上昇を示すことが期待される。99年と2000年の測定はまさにこの時期に対応している。実験データはドリフト効果を入れた Beiber たちの計算結果によく一致している。ドリフト効果を入れないと99年と2000年の陽子比の変化は小さく抑えられる。ドリフト効果を入れないモデルと実験結果は合わない。

本論文では、太陽活動極大期における反陽子・陽子比の急激な上昇をとらえ、太陽モジュレーションの荷電依存性についての、世界で初めての、決定的なデータを示した。この結果は、ドリフト効果を強く示唆するものである。今後、本論文の結果を契機として、この分野の研究は大きく発展してゆくと思われる。本論文の学術的価値はきわめて高いものである。

論文提出者は学部の4年から BESS 実験に携わり、主に、エアロジェルカウンタの開発（1997～搭載まで）、KEK でのビームテスト実験の計画、実施及び解析、1999年2000年の低エネルギー反陽子・陽子の解析、1999年2000年の結果の物理的な議論および解釈を行った。また、ビームテスト実験の結果をとりこんで、その知見をもとに解析方法をブラッシュアップし、測定器の理解や低エネルギー事象の理解を進めた。また、上昇中のデータを用いた大気陽子の見積もりにも貢献した。Data の解析に主体的に取り組み BESS 実験の主要な役割を演じている。さらに、毎年のフライトでのトリガー条件の最適化、BESS-TeV 用 ODC の開発、なども行った。

以上により、本実験は論文提出者を含む共同研究であるが、論文提出者が本実験に関して本質的な寄与をしていることは明らかである。また、同意承諾書も完備している。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。