

論文審査の結果の要旨

氏名 灰野 禎一

陽子やヘリウム原子核を主成分とする一次宇宙線は、大気と反応してニュートリノを含む二次粒子を発生させる。近年、大気ニュートリノの研究からニュートリノが振動している証拠が得られた。このニュートリノ振動パラメータの精密決定には、大気ニュートリノの絶対流束の決定が重要である。そのためには一次宇宙線の絶対流束測定が不可欠なものとなる。これまでの研究により 100~200 GeV 以下の一次宇宙線流束の決定は、BESS、AMS、CAPRICE などの磁場スペクトロメータを用いた実験により 98 年頃に 5% 程度の精度で行われている。しかし、それよりも高いエネルギーでは、曲率の制限から磁場スペクトロメータによる測定はなされておらず、カロリメータやエマルジョンチェンバーを用いた実験が行われているだけであった。それらの実験では事象数が稼げず測定精度が悪い。本論文は、既存の BESS 検出器に検出可能飛跡長を 2 倍にする新たな飛跡検出器を導入することにより運動量の測定可能範囲を約 500 GeV まで拡張することに成功し、高エネルギー領域での一次宇宙線の絶対強度の精度の良い測定を行った。これらの 100 GeV 以上の一次宇宙線によって生成される 10 GeV 以上のニュートリノは、検出器下の岩盤で作られ、上向きミューオンとして捕らえられるため、ニュートリノ流束の絶対値の精度良い決定は特に望まれていた。

本論文は 8 章からなり、第 1 章は序論として本実験の意義などが述べられている。第 2 章は実験装置について、第 3 章は実験について、第 4 章は本論文の中心である測定器の較正と事象の再構成、そして装置の性能について述べられている。第 5 章において流束決定方法が詳述されている。第 6 章は実験結果のまとめがなされ、第 7 章において結果の議論が行われている。第 8 章は論文の結論である。

BESS 検出器は、ソレノイド型薄型超伝導電磁石と、その内側に設置されたドリフトチェンバー飛跡検出器 (JET チェンバー, 内部ドリフトチェンバー)、その外側にある飛行時間測定用シンチレーション検出器から構成される。本実験に際しソレノイド内側の飛跡検出器の測定点数を倍にし、位置精度を 200 から 150 ミクロンに改良するとともに、外側に新しい飛跡検出器 (外側ドリフトチェンバー) を設置して、測定可能飛跡長をこれまでの 2 倍にして運動量分解能の向上を得た (BESS-TeV と称する)。

本論文に使われた BESS-TeV を搭載した、大気上層部での気球観測実験は 2002 年 8 月

にカナダ北部リンレークにおいて行われ、10.6時間の水平飛行データが収集された。

事象の再構成は本論文の中で最も重要な点である。運動量が大きな粒子の運動量を決定するためには正確な飛跡再構成が必要である。読み出し回路の要請からドリフト速度の遅いガスをチェンバーに使用しているため、温度や圧力の変化がドリフト速度に影響を与える。このため、ドリフト速度等の観測時間に沿った較正が実験にとって重要である。論文提出者は、ドリフト速度だけでなくローレンツ角やワイヤーの位置、回路の時間オフセットなど、圧力、温度に依存して変わるものと、実験を通して一定であるパラメータとを区別し、測定データ自体からデータの一貫性を指標として、較正パラメータを精度良く決定し事象の再構成を行った。

また、ガス中でのイオン化からはじまり、ドリフト、アノードワイヤ付近での雪崩現象、回路の動作を含めたチェンバー応答の精密なモンテカルロシミュレーションを行い、データと比較することにより、較正パラメータの正当性を独立に実証している。これらの精密な解析により系統的誤差を小さく抑えることができた。

このようにして、本論文では540 GeV までの一次宇宙線のスペクトルを、磁場スペクトロメータを用いて始めて行うことが出来た。絶対流束の精度は平均約15%以下であり重要なデータとなっている。これまでに行われている実験と比較すると、重なる部分では誤差の範囲で良い一致をしている。

また、本論文においては、高エネルギー加速器研究機構敷地内で、地表での大気ミュオンの流束測定を105時間おこなった。測定は0.6から400 GeVの3桁におよび範囲において行われ、平均約17%以下の精度が得られた。これまでにそれぞれの限られたエネルギー領域で行われてきた過去実験の測定領域のほぼ全体をカバーできる結果であり、一次宇宙線の測定結果とあわせ、大気ニュートリノ計算を検証する重要なデータである。

なお本論文は、BESS 実験グループメンバーとの共同研究であるが、本論文の結果に関する測定装置、特に外側ドリフトチェンバーの製作、性能チェック、事象の再構成、そして結果の導出は論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。