

論文の内容の要旨

論文題目 New Measurement of Cosmic-Rays at Mountain Altitude

(山頂高度における宇宙線の新しい測定)

氏名 藤川 元治

地球大気に入射した一次宇宙線は大気との相互作用によってバリオンや中間子といった粒子を作り出し、これらは「二次宇宙線」と呼ばれる。この二次宇宙線の各種高度（各種大気厚さ）における流束は運動力学や断面積から計算することができる。したがって、二次宇宙線を測定して理論計算の検証を行い、二次宇宙線の大気発展を理解することは重要である。

一次宇宙線に極微量に含まれる反陽子の山頂高度におけるエネルギースペクトルを測定することは、その生成源および銀河内での伝搬を理解する上で重要である。そのため、多くの気球実験が行われているが、山頂高度での一次宇宙線反陽子のエネルギースペクトルを決定するには、大気によって生成された二次反陽子のバックグラウンドを補正しなければならない。この補正は各種理論計算に基づいて行われているが、気球実験では大気の厚さが少ないために二次反陽子が少なく、モデルによる違いが顕著に現れないために気球実験自身によってモデルの検証を行うことができない。従って、山頂高度において反陽子を観測することによってモデルの検証がはじめて可能となり、一次反陽子のエネルギースペクトラムの精密決定に大きく寄与することができる。

我々は山頂高度および海抜 0 m においては十分な統計量で宇宙線を観測でき、実際にこれを行ってきた。しかし、その他の高度においては、現在のところ非常に少ない統計量の観測しかない。これは、気球上昇中の数時間という非常に短い時間で観測したデータしかないためである。従って、山頂高度において長時間にわたって行った高統計量の観測結果は、宇宙線と大気の相合作用の解明に大きな役割を果たす。

BESS(Balloon-borne Experiment with a Superconducting magnet Spectrometer) 測定器は薄肉超伝導マグネット、精密な軌跡検出器、高速なデータ収集系といった加速器技術を応用して作られており、宇宙線の観測に非常に優れている。BESS 実験ではこれらの利点を生かして、気球実験のみならず、地上においても宇宙線の観測を行っており、実際に μ 粒子や反陽子の流束を測定している。海抜 0 m においては、BESS 測定器の大立体角にもかかわらず、反陽

子については3イベントしか発見できていない。これは地表においては反陽子の流束が非常に少ないためである。しかし、山頂高度であれば、流束は1~2桁増えるため、理論計算の検証に十分な統計量の反陽子を観測することができる。

以上の考察を行い、BESS測定器を用いた山頂高度における宇宙線観測を計画し、宇宙線研究所附属乗鞍観測所において1999年9月に約二週間にわたる実験を行った。観測所は海拔2770m、実験時の平均気圧は743g/cm²であった。

解析の結果、陽子および反陽子について図1、2のエネルギースペクトルを得ることができた。

我々の得た陽子のエネルギースペクトルは、過去の実験および理論計算と良く一致している。

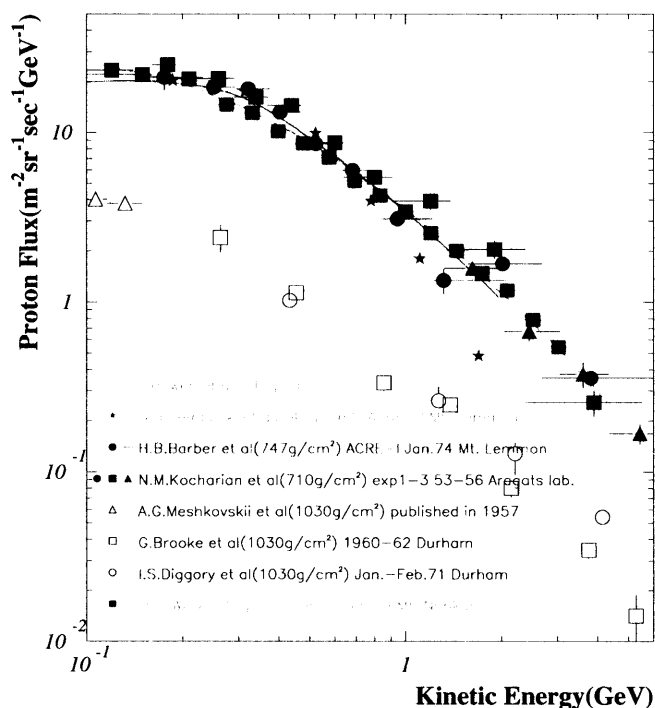


図1: 山頂高度における陽子のエネルギースペクトル。

山頂高度における反陽子の観測は、過去に3イベントしかなかったが、我々は110イベントを観測し、統計量を大幅に増進することができた。

我々の得た反陽子の流束を過去の実験と比較してみると、同様の大気厚さで測定したにもかかわらずG. H. Sembroskiの結果は、我々よりも1~2桁大きい。これは、 μ^- を反陽子と誤認したためと考えられる。

低エネルギー領域に目を向けると、BESSによって1995年に測定された海拔0 mでの反陽子流束と、本実験で得られた結果が逆転している。しかし、双方とも統計量が非常に少ないため、詳細な議論をすることができない。

H. B. Barberは、測定器より上方100g/cm²にある陽子によって反陽子流束を大雑把に計算しているので、我々の観測結果と大きく違う。

T. BowenとS. A. Stephensの計算は、ともに平坦なスペクトラムを予言しており、低エネルギー側で後者が少し落ち込んでいる。これは、T. Bowenの計算に比べS. A. Stephenの計算により多くの考慮がなされていることに起因する。

我々の実験結果は、1GeV以上の領域においては計算結果を支持しているが、低エネルギー領域においては計算値との食い違いが大きい。この原因は、計算が一次元に近似して行われていることにある。つまり、低エネルギーの粒子ほど現実には散乱によってより厚い大気を通過しているにもかかわらず、一次元計算ではこの効果が無視され、流束を押し上げてしまっているのである。したがって、特に低エネルギー領域における反陽子の流束を計算するには、三次元の効果を取り入れなければならないといえる。

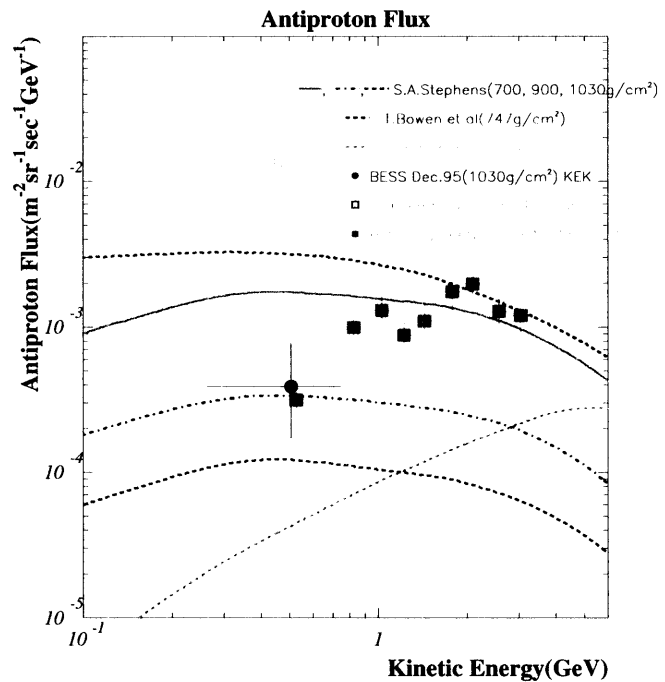


図 2: 山頂高度における反陽子のエネルギースペクトル。