

博士論文要旨

論文題名 : カルツァ・クライン暗黒物質
由来の間接的信号立命館大学大学院理工学研究科
基礎理工学専攻博士課程後期課程つちだ さとし
土田 怜

暗黒物質の有力候補のひとつとして、余剰次元理論において現れる最も軽いカルツァ・クライン粒子 (the Lightest Kaluza–Klein Particle, LKP) が挙げられる。LKP が対消滅する際には、最終的に高エネルギーのガンマ線や電子・陽電子を生成するモードがいくつか存在するが、それらは 2 種類に分類できる。一方は、ガンマ線のペアあるいは電子・陽電子対を直接的(一次的)に生成する "Line" の成分であり、LKP 対消滅由来のガンマ線および電子・陽電子のスペクトルに対し、その質量付近に特徴的な構造を与える。またもう一方は、他の粒子を經由して間接的(二次的)に生成されたガンマ線、電子・陽電子から成る "Continuum" の成分である。我々は LKP の質量を数 100 GeV から 1000 GeV であると仮定し、ガンマ線および電子・陽電子のフラックスを計算する。本論文では、その結果として得られたスペクトルの解析を行い、これまでに得られている観測データも交えて、これらの信号の検出可能性について議論する。

ガンマ線スペクトルの解析から得られた結果によると、観測装置のエネルギー分解能が 2% よりも悪ければ、Line 成分から生じる特徴的なピークをもつ構造を見ることは Continuum の成分に吸収されることにより困難となる。また、暗黒物質由来の信号を増幅させる因子であるブーストファクター (B_f) への制限について考察した結果、AMS-02 の電子・陽電子比の観測結果に一致するような電子・陽電子のスペクトルを得るためには、 B_f は 30 から 300 程度の値をもつことが要求される。これらの値を用いて LKP 対消滅から得られる電子・陽電子のフラックスと近年の観測結果を比較すると、300 GeV 程度の軽い LKP は棄却されることが示唆される。さらに HESS によるガンマ線観測データの解析結果は、 B_f が銀河ハロー中で一様であれば、電子・陽電子比の解析から得られた B_f の値を棄却することを意味する。一方、ガンマ線スペクトルの解析を広いエネルギー範囲で行えば B_f の上限値は 2 程度となり、HESS よりも厳しい制限を与えることが可能となる。しかし、TeV 以上のエネルギー領域の精密な測定はまだ統計的に数が少なく、LKP 信号についてまだ決定的な結論は得られていないため、今後の高精度な観測により、LKP 暗黒物質が存在するか否かを明らかにすることが期待されている。