

論文審査の結果の要旨

氏名 山本亮

本論文は8章からなる。第1章はイントロダクションであり、第2章はX線観測によるALPs探索実験のレビュー、第3章はX線観測によるALPs探索の手法について、第4章はSuzaku X線衛星によるALPs探索の手法、方針について、第5章は磁場によるモジュレーションを使ったデータ解析、第6章はX線ラインスペクトルのデータ解析、第7章は議論、第8章は結論からなる。

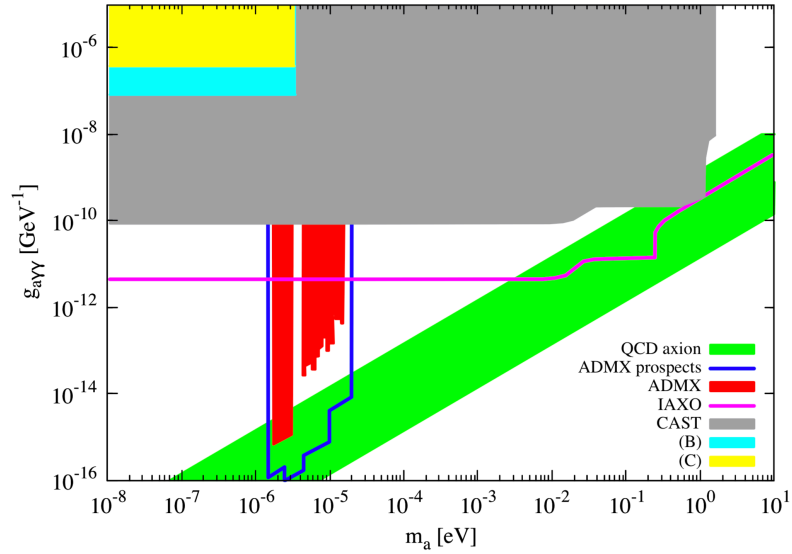
本論文は地球磁場を用いて暗黒物質の候補であるAxion-Like-Particle(アクシオンライクな粒子)からのX線背景放射を探索するというものであり、これまでにない新しい方法でアクシオン由来からの光子の連続成分の探索を行った。その結果、2.0-6.0keV領域において、そのアクシオン由来からの光子に対して、フラックス上限値として $2.8 \times 10^{-9} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ という値を導いた。

強い相互作用を記述する量子色力学では、CPの対称性が破られる可能性を含んでいるが、実験的には対称性は保存されているというCP問題がある。この解決方法として、複素スカラー場を導入することが提案され、これによりアクシオンという新粒子が予言された。この「標準アクシオン」を拡張してAxion-Like-Particles (ALPs)の可能性が研究されている。AxionやALPsは、外部の電磁場による光子への変換(逆プリマコフ過程)により光子へと変換される。CAST等の太陽アクシオンの観測実験が行われているが、未だ有意な結果は得られていない。暗黒物質の一部、または全てがALPsであれば、天球上の全天からの放射があると考えられ、その場合、逆プリマコフ過程を経たALPs由来の光子を検出できる可能性がある。XMM-Newton X線衛星の観測により、太陽アクシオン由来と思えるX線背景放射の季節変動が観測されたとする報告がある。しかしこの強度はX線放射のこれまでの理解と矛盾しており、これに論文に対して否定する論文も報告されている。

本論文では、地球磁場との相互作用による効果を使いALPsを探索している。また、検出器としてはSuzakuのX線CCDカメラXIS検出器を利用し、天体由来のX線背景放射を最小化するために、長期のバックグラウンド観測のために利用されている4領域(Lockman hole, MBM16, SEP, NEP)を選択した。さらに、オフエネルギー領域12-15keVのエネルギー領域を使い、データのquality checkを行い、NXB(Non Xray Background)の有意なゆらぎを与えているデータを除去した。X線背景放射をべき成分として仮定し、 $(B \perp L)^2$ に比例する成分をぬき出すことによりALP由来のX線放射に対して上限値 $2.8 \times 10^{-9} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

を得た。地球磁場によるモジュレーションを使い、ALP由来のX放射量を探索するという新しい方法を提案し、Suzakuのデータを使い上限値を与えた結果は全くあたらしく評価できる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。



図、本研究で得られたALPsの結合定数の上限値を示す。(B) ブルー領域、太陽系近傍の暗黒物質がALPsに崩壊し、地球磁場によって光子に変換された場合、(C) イエロー領域、宇宙に一様に分布している暗黒物質が崩壊してALPsに変わり、地球近傍で光子に変換される場合。他の実験の上限値と比較している。