

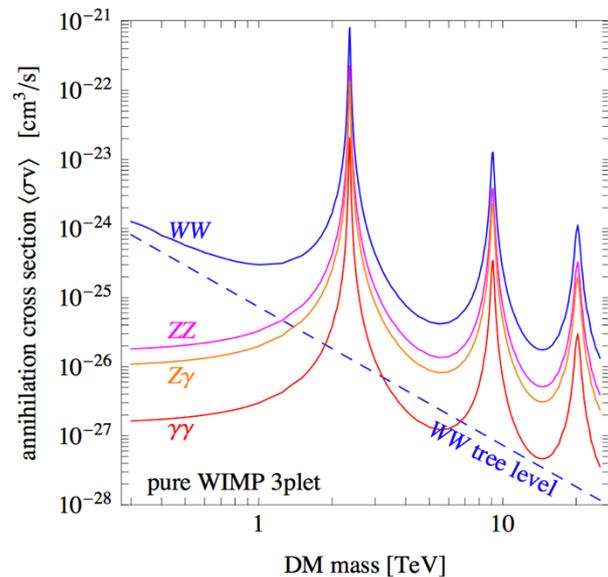
論文審査の結果の要旨

氏名 稲田知大

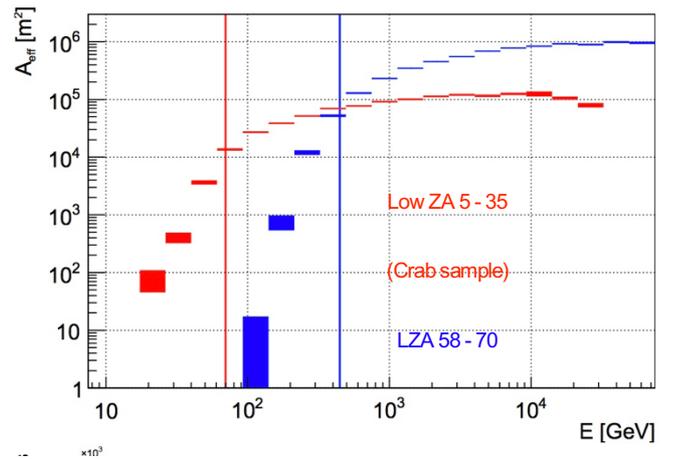
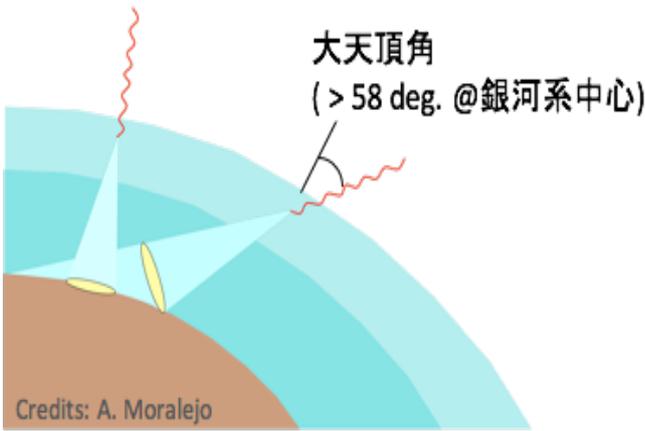
本論文は10章よりなる。1-3章はoverviewとして、高エネルギーガンマ線天文学、暗黒物質、大気チェレンコフイメージ検出器 (MAGIC, CTA) の説明が為されている。第4章では、論文の中心となる高エネルギー γ 線を用いた暗黒物質探索の方法がのべられ、第5章は銀河中心の暗黒物質分布、第6章で、MAGIC検出器を用いた最新の探索を行い、その結果についてまとめられている。続く7-9章では、次世代の大気チェレンコフイメージ検出器 (MCTA) の製作で、筆者が中心となった光学ミラーの開発についてまとめられ、最終章 (10章) では暗黒物質探索についての現在の結論と進められている将来計画が述べられている。

暗黒物質の探索は、素粒子の標準理論を超えた新現象をさぐる上で鍵となっている。暗黒物質を探る3つの異なる手法は、その性質や暗黒物質と銀河の成長を探る上で重要である。地上の加速器実験で暗黒物質の候補となる新粒子の探索 (直接生成)、太陽系近辺の暗黒物質が、Xeなどの原子核を散乱させる実験 (直接探索)、銀河中心などに集まった暗黒物質同志の対消滅から放出される高エネルギー宇宙線を探索する (間接探索) の3つの手法に依って、暗黒物質の解明や、銀河の成長における暗黒物質の役割の理解が可能になる。本論文は、MAGIC検出器を用いた間接探索手法で世界最高感度での探索を行ったものである。

世界最高エネルギー加速器実験 LHC での超対称性粒子の探索結果や暗黒物質の直接生成探索などの結果によって、0.5TeV より重い WIMP (Weak Interactive Massive Particle) が有望になってきた。この状況に立って、重い WIMP にフォーカスして新しい探索を提案して行った。特に、WINO とよばれる W 粒子の超対称性粒子が特に有望であり、この場合ゾンマーフェルド効果で反応断面積が飛躍的に大きくなることが期待されている。(右図)

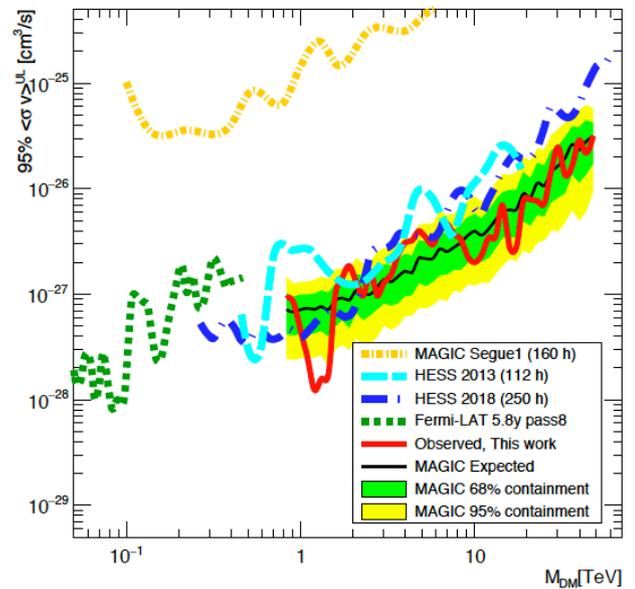


本論文は、北半球の MAGIC 検出器を用いて探索を行っている。北半球では、銀河中心は天頂から 60 度と低いところにあるため、下左図に示す様に、大気を長く通過する。この点を逆手にとって、低エネルギー粒子への感度が下がるが、高いエネルギー粒子に対しては、有効体積が増えるため、高い感度での探索が可能になる。本論文は、 γ 線とバックグラウンドであるハドロンとの識別能力を高めると同時に、下右図下に示す様に、1TeV より高いエネルギー領域では、天頂からくるクラブ（赤色）より、銀河中心からの γ 線（青色）の感度を高めることに成功した。



探索の結果、単色 γ 線の peak は観測されず、発見には至らなかったが、これまでより高い感度の探索が行われた。主な不定性は、銀河中心の暗黒物質の分布である。は、暗黒物質の密度が中心に向かって著しく高くなる cusp 構造をもつ、NFW 分布、Einasto 分布の 2つとフラットな分布(Burkert 分布)の 3つの可能性について、制限を求めた。(真の分布は、Einasto と Burkert の間にあると思われるので、系統誤差と考えていい)。

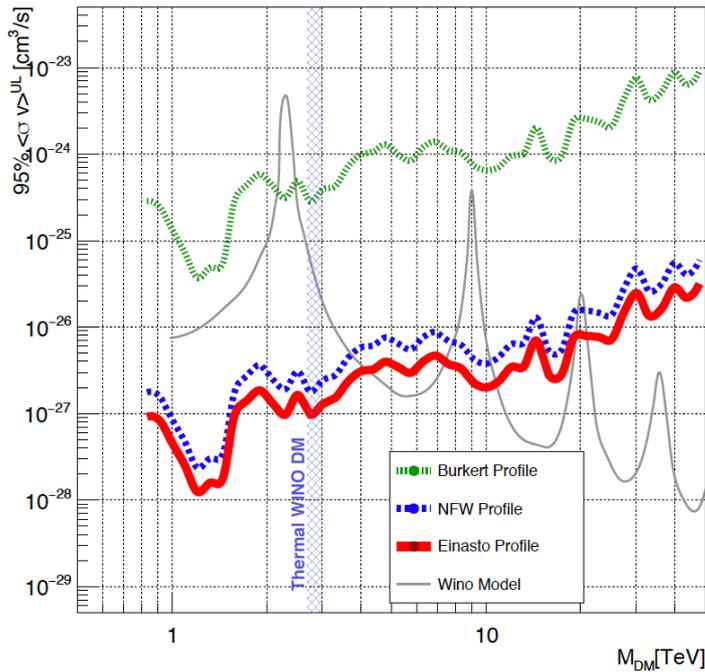
これまでの探索結果（青色点線）より、2TeV より重い領域では世界最高感度（黒実線）が得られた。（右図：横軸が暗黒物質の質量で、縦軸が $\sigma \langle v \rangle$ の 95% C L の値である。）



ゾンマーフェルド効果を入れた Wino 暗黒物質の探索結果を次ページに示す。縦軸が $\sigma \langle v \rangle$ の 95% C L の値で横軸が暗黒物質の質量であり、ゾンマーフェルド効果を入れた Wino の期待される断面積を黒実線で示す。2つの破線や赤実線は、それぞれの暗黒物質分布の違いである。Cusp 構造がある場合（図中赤実

線や青点線) は、4 TeV より軽い Wino 暗黒物質の可能性は、排除された。非常に大きな研究成果である。

銀河中心の暗黒物質分布が、フラットな時 (緑色破線) の時には、完全には除外できない。この感度を高めるために、次世代の C T A を用いた探索を行う為に、ハードウェアの準備を行っており、その成果を 7-9 章にまとめてある。



なお、本研究は、MAGIC グループの共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となってアイデア、実験遂行、解析で主導的な審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士 (理学) をうけるに十分である。したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。