

論文審査の結果の要旨

氏名 廣 島 渚

本論文は6章からなり第4章が主題である。第1章はイントロダクションであり、博士論文の背景となる暗黒物質が存在する根拠、暗黒物質探索における γ 線観測の重要性が述べられている。第2章ではこれまでに広く議論されてきた様々な暗黒物質の候補、およびそれらの物理的性質についてのレビューが与えられている。第3章は暗黒物質の間接的探査実験の有力なチャンネルである暗黒物質対消滅由来の γ 線探索に関するレビューが与えられている。そこでは γ 線探索による暗黒物質対消滅断面積への制限についての現状を矮小楕円銀河、銀河中心、銀河団といった代表的な標的天体を比較しつつ述べられている。第6章は結論であり、主題である第4章の結果およびその補助的内容である第5章の結果に対するまとめおよびそれらの意義が述べられている。

本論文の主題となる第4章では高角度分解能を持つ γ 線観測装置による矮小楕円銀河からの γ 線観測を通じた暗黒物質の間接的探査が議論されている。特に矮小楕円銀河における暗黒物質分布の空間的広がり観測への影響が解析の主眼となっている。第3章でも触れられているように天の川銀河に付随する矮小楕円銀河は天体現象による γ 線源が非常に少ないこと、所属する星の分光観測から暗黒物質の分布が比較的明らかになっていること、太陽からの距離が近いことなどから現在暗黒物質探索の最も有力な標的天体であると期待されている。また現在建設中の Cherenkov Telescope Array (CTA) 実験はこれまでの γ 線観測実験よりも TeV のエネルギー領域において高感度、高角度分解能を持つ観測装置であり、暗黒物質探索が CTA 実験の最も重要な物理目標の一つとして挙げられている。そこで本章では特に CTA 実験に対応する角度分解能を想定し、暗黒物質分布の空間的広がりが暗黒物質対消滅断面積に対する感度にどの程度影響を与えるのかを定量的に評価した。その結果対消滅する暗黒物質の総量を規定するいわゆる **J-factor** を固定した場合でも暗黒物質の分布が観測装置の角度分解能に対して有意に広がりを持つ場合には分布によっては暗黒物質対消滅断面積への感度が10分の1程度に低下し得ることが示された。これまでの CTA 実験の暗黒物質対消滅断面積の感度評価においては**J-factor**のみが考慮されており、暗黒物質の広がりからくる感度に対する不定性は取り入れられてこなかった。そのため本論文で行われた暗黒物質の広がりからくる不定性の定量的評価は CTA 実験などの高角度分解能を持つ観測装置を用いた暗黒物質モデルの検証において重要な指摘と言える。

第5章ではいわゆる暗黒物質 **subhalo** による対消滅の **boost** 効果が議論されている。現在宇宙の構造は小さな銀河から大きな銀河が形成されていくいわゆるボトムアップシナ

リオが有力であると考えられており、そのため各銀河 halo の内部には暗黒物質が高密度に局在する領域である subhalo が存在する可能性がある。そのような subhalo が矮小楕円銀河の内部に存在した場合、暗黒物質の対消滅率が増大させる。一方で矮小楕円銀河の内部のような小スケールの銀河構造を宇宙の初期条件から数値的にシミュレートすることは困難であり、どの程度 subhalo が存在するのかには不定性が存在する。そのため第 5 章では halo に取り込まれる subhalo が潮汐力によって質量を失う過程を近似する妥当な解析的モデルを考案し、subhalo の存在割合の数値的評価を行った。また小スケールに限った数値的シミュレーションと解析的モデルを比較することでその妥当性を示した。その結果、矮小楕円銀河の内部における subhalo の存在による暗黒物質対消滅断面積の感度評価の不定性は第 4 章で考慮された不定性に比べ十分小さいことを示し、本論文の主題である第 4 章の議論を補強する結果を得た。

なお、本論文第 4 章は郡氏(KEK)・林田氏(甲南大)との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので論文提出者の寄与が十分であると判断する。また本論文の補助的内容である第 5 章は安藤氏(GRAPPA)・石山氏(千葉大)との共同研究であり、特に銀河形成の数値シミュレーションについては博士論文に明示されているように石山氏によるものである。しかし本論文の主題である暗黒物質対消滅断面積への感度への影響の解析は論文提出者が主体となって解析を行ったものであり、第 5 章についても論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。