

論文審査の結果の要旨

氏名 新倉 広子

本論文は6章からなる。第1章は、イントロダクションであり、標準宇宙モデル、ダークマターが必要であることについて整理している。ダークマター候補として、原始ブラックホール (primordial black hole: PBH) についてその生成機構や特徴、さらにこれまでの探査についてまとめている。第2章は、原始ブラックホールを重力レンズ効果を通じて検出する場合に必要な定式化について述べられている。第3章は、すばる望遠鏡の超広視野カメラ、Hyper Suprime-Cam (HSC)で2014年に取得したアンドロメダ銀河 (M31)の7時間、2分ごとに取得したデータに基づく具体的な研究内容である。M31の円盤およびハロー領域の多数の星の光度曲線を活用し、原始ブラックホールが背景星を通り過ぎる時の増光、マイクロレンズイベントの探査を約1億個弱の星について行った。大量の星データが含まれる画像から強度が変化する点源を抜き出す手法を述べ、さらに理論的に期待される光度曲線と観測結果の比較手法について述べたあと、最終的に一つ残った候補について検討している。この一個の検出に基づいて存在量の制限を求めるための探査の効率の導出方法について詳細を述べたあと、実際に、 10^{-6} から 10^{-11} 太陽質量という範囲で原始ブラックホールの存在量に対し、かつてない厳しい観測的制限をつけることに成功した。第4章では、2017年のすばる望遠鏡による追加観測により、前章の候補天体のさらなる確認を行い、また制限をさらに厳しくする解析を行った。前章の結果とあわせ、 10^{-6} から 10^{-11} 太陽質量という範囲でかつてない厳しい観測的制限をつけることに成功した。第5章では、OGLEグループによる銀河系バルジ領域からの観測データを用いた研究である。M31の観測より長いタイムスケールの探査を行い、 10^{-3} から 10^{-6} 太陽質量の原始ブラックホールの存在量に対して今までで最も強い制限を加えている。また、OGLEのデータで示唆される極端にタイムスケールが短い6イベントが地球質量程度のPBHが暗黒物質の1%程度を占めるモデルで自然に説明出来ることを示した。第6章では、本論文の成果を整理し、14桁もの範囲の原始ブラックホールの存在量に対して最も強い成果をつけたとして全体をまとめている。

様々な観測が宇宙の各スケールの階層構造、またあらゆる空間が暗黒物質で占められていることを示唆しているが、その正体は分かっていない。暗黒物質の有力な候補として、宇宙初期に生成され得る原始ブラックホールがあり、その観測的検証が強く望まれている。本論文の観測はすばるHSCの独自性 (視野、大口径) を最大限活用した観測となっており、大量の画像データを非常に注意深く解析を行っている。M31は非常に星が多く、密度が高いために標準のパイプラインソフトをそのまま使うことが難しい。論文提出者は非常な努力を払い、解析を行っている。本論文では、差分画像を用いた選択や光度曲線の解析を通じて、候補天体のほか、フレア星や連星などの短時間変光を示す天体を1万個以上検出するなどビッグデータを取り扱う高度な解析手法が提示されている。これまでに、ダークマターに対する原始ブラックホールの寄与が求められていない質量領域で、厳しい制限をつけたことは非常に意義がある。本研究で得られたPBHの存在量に対する制限は、インフ

レーションモデルなど初期宇宙理論モデルへの示唆を与えるだけでなく、アクション暗黒物質モデルが予言するミニハローの存在量などの他のダークマター候補の検証にもインパクトを与える結果となっている。

なお本論文第3章、第4章は高田昌広、安田直樹、R.H. Luton、住貴宏、S. More、栗田智貴、杉山素直、A. More、大栗真宗、千葉征司との共同研究であり、また第5章は高田昌広、横山修一郎、住貴宏、正木彰伍との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。