

学位論文の要旨

専攻	理工学研究科 専攻	ふりがな 氏名	きたむら たかお 北村 隆雄
学位論文題目	Gravitational lensing in an exotic spacetime		
学位論文要旨	<p>現在最も成功している重力理論である一般相対論では，物質またはエネルギーがあると重力場が生じ，その重力は時空の歪みとして記述される．その時空の歪みによって光が曲げられる効果を「重力レンズ効果」と呼ぶ．重力レンズ効果は天体観測に用いることが可能で，その観測は「重力レンズ観測」と呼ばれる．光源天体から出た光は，観測者に届くまでに重力源となる天体(レンズ天体)が存在する場合，レンズ天体の重力によって曲げられて観測者に届く．この光の曲がり具合は光の曲がり角と呼ばれレンズ天体の構造や性質に依存しているため，曲げられた光を観測する事で，直接レンズ天体の性質を調べる事が出来る．よって，光学的に不可視な天体がレンズ天体である場合でも，重力レンズ観測を用いることで直接レンズ天体の性質を観測する事が可能という特徴がある．重力レンズ観測は 1960 年代より積極的に行われ，太陽系外惑星探査や銀河の質量測定等，多方面で実績を挙げている一大研究分野である．</p> <p>我々が実際に観測する際は観測量を調べることで，光の経路に存在する重力場，つまりレンズ天体の性質を調べることが出来る．重力レンズ効果は通常その観測量の違いから，『強い重力レンズ効果』</p>		

『弱い重力レンズ効果』『重力マイクロレンズ効果』の3つに分類されることが多い。本研究では重力レンズ効果の中でも「重力マイクロレンズ効果」と呼ばれる効果に主に注目した。重力マイクロレンズ効果は、通常の天体による場合は質量が正のため引力として働き、凸レンズのようにふるまうことで、光源天体からの光が集光され明るさが変化する。重力の強さはレンズ天体から光までの距離に依存するため、光源天体がレンズ天体に対して運動することで我々が観測する光源天体の明るさが時間変化し、我々は重力マイクロレンズ効果を観測することが出来る。

光学的に直接観測可能な天体は通常の物質で構成されているものがほとんどである。しかし、近年、特異な性質を持った物質及びエネルギー(エキゾチック物質及びエネルギー)が、我々の宇宙の主要な構成要素の一つであるという説が有力となっている。例えば、2011年にノーベル物理学賞を受賞したパール・ミユッターらに発見された加速膨張を説明する有力候補として、負の圧力を持ったダークエネルギーと呼ばれるある種のエキゾチックエネルギーがある。また、宇宙が銀河や銀河団等の構造をもつためには、重力相互作用しつかないダークマターと呼ばれる謎の物質が必要とされている。これらのことから、エキゾチック物質への関心が非常に高まっており、その性質を理解する事は重要な課題の1つである。しかし、エキゾチック物質は特異な性質を持つため、光学的に直接観測することが困難であるという問題がある。そこで、重力マイクロレンズ観測を用いることで、例えばある特異なエネルギーの形態ではレンズ天体が凹レンズのように働く事があり、通常の天体と区別することが出来る。このように重力相互作用をするエキゾチック物質であれば観測可能であるため、重力レンズ観測を用いてその性質を理解する事が可能となる。

上記の研究の端緒として、3つの研究を行った。

研究 1 : エキゾチック時空中における重力マイクロレンズによる減光効果

研究 2 : エキゾチック時空中における重力マイクロレンズ効果による光中心の軌道

研究 3 : タンジェリー二時空中における重力レンズ効果

研究 1 ではエキゾチック物質(及びエネルギー)の中でも負の質量面密度または負の質量をもつ天体が作り出す時空構造を一般的に扱えるように、重力の距離依存性を一般化($1/r^n$)、重力場が弱い(弱場)とした時空を仮定し、その時空について重力マイクロレンズ効果を用いて調べ、観測量である増光曲線を求めた。その結果、通常物質からなる天体が引き起こすマイクロレンズ効果では増光効果のみであるのに対し、エキゾチック時空によるマイクロレンズ効果では距離によっては減光効果が現れることが解った。

研究 2 では研究 1 で扱った時空の弱場についてさらに詳しく調べるために、重力マイクロレンズの別の観測量である光中心の軌道について調べた。その結果、通常物質が創り出す時空と、エキゾチック時空による光中心の軌道では定性的に異なる部分があることが解った。さらに研究 2 では現代の技術で現実的に観測可能であるならばという条件から、研究 1 で仮定した時空へ制限を付けた。

研究 3 では、上述した 2 つの研究で用いたエキゾチック時空の重力場の強い場所(強場)について調べるために、タンジェリー二時空中での重力レンズ効果について調べた。タンジェリー二時空は弱場において我々が仮定した時空が再現する時空の 1 つで、高次元ブラックホールに対応する時空である。その結果、強場での光の曲がり角を導出することに成功。また、観測量である増光率では、強場の増光率は弱場でのそれに比べ小さく、減光効果には影響しないということが解った。