

学位論文審査結果の概要

氏名	北村 隆雄
学位論文審査委員氏名	主査 浅田秀樹
	副査 葛西真寿
	副査 高橋龍一
	副査 高橋信介
	副査 仙洞田雄一
論文題目	Gravitational lensing in an exotic spacetime (特異な時空における重力レンズ効果)
審査結果の概要（2,000字以内）	
<p>提出された論文は予備審査での多くの指摘事項を考慮して大幅に修正されたものであり、本審査および公聴会での発表および質疑応答がなされ、学位論文審査の結果、学位論文としての研究成果等が認められるので、合格と判断した。</p> <p>現在最も成功している重力理論である一般相対性理論では、物質またはエネルギーによって重力場が生じ、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>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物質で構成されている。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)の理論物理上の仮説として提案されている。</p>	

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、主に3つの研究を行った。

研究1：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：研究1で扱った時空をさらに詳しく調べるために、重力マイクロレンズにおける別の観測量である光中心の軌道変化について調べた。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ことを見出した。さらに、観測的な制限を与えた。

研究3：上述した2つの研究は弱場に限定される。重力場の強い場所(強場)について調べるために、タンジェリーニ時空での重力レンズ効果について調べた。タンジェリーニ時空は弱場において上の研究を再現する時空のひとつで、高次元ブラックホールに対応する時空である。結果として、強場での光の曲がり角を導出した。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、天文学における現実的な状況では無視できることを初めて示した。

以上の通り、ある種のエキゾチック時空を表す理論模型の提唱およびその観測的性質の解明によって、学位にふさわしい意義が認められる。

学位論文の基礎となる参考論文

- (1) T. Kitamura, K. Nakajima, H. Asada, Phys. Rev. D87, 027501 (2013).
- (2) K. Izumi, C. Hagiwara, K. Nakajima, T. Kitamura, H. Asada, Phys. Rev. D88, 024049 (2013).
- (3) T. Kitamura, K. Izumi, K. Nakajima, C. Hagiwara, H. Asada, Phys. Rev. D89, 084020 (2014).
- (4) N. Tsukamoto, T. Kitamura, K. Nakajima, H. Asada, Phys. Rev. D90, 064043 (2014).