

ブラックホール時空の歪みの効果 ～降着円盤の見え方～

宇宙・物質科学専攻

高橋研究室

牧原浩嗣

＜研究概要＞

一般相対性理論は、光でさえ脱出することができない領域を持った天体「ブラックホール」を予言している。その後のX線天文学の発展により、1979年にはくちょう座X-1が観測されたのをはじめ、これまでに多くのブラックホール候補天体が観測されてきた。しかしながら、それが”ブラックホール”であることの直接的証拠については未だ検出されていないのが現状である。そこで、本研究ではブラックホールの検出に向けて、ブラックホール周辺の降着円盤を視覚化し、時空の歪みの効果を探っていくことにした。

ブラックホール周辺には降着円盤と呼ばれるガス円盤が形成されている。降着円盤からは様々な波長の光が放出されており、このスペクトルや偏光などを調べることによってブラックホールの存在を確認することができる。このとき、降着円盤から放出される光は強重力の影響を受け光の軌道は曲げられる。また、ブラックホールに近いほど強く重力赤方偏移の効果を受ける。さらに、円盤が回転しているため相対論的ドップラー効果の影響も受ける。これらの効果を検出出来れば、ブラックホール時空についての理解を深めることができる。

本研究では、ブラックホールの赤道面に幾何学的に薄い降着円盤があると仮定し、降着円盤から放出される光の情報のうちフラックスと偏光について、時空の歪みの効果を受けた結果どのような影響が表れるのか視覚化した。中心に存在するブラックホールはシュバルツシルト・ブラックホールとカー・ブラックホールが中心に存在する場合を考えた。

図1と図2の左側はシュバルツシルト時空、右側はカー時空でのシミュレーション結果である。相対論的ビーミング効果により円盤の左側が明るくなっており、重力赤方偏移の効果によりブラックホール周辺が全体的に暗くなっている。図1より、重力の影響によって偏光ベクトルの向きが中心に向かって変化している。また、図2では時空の引きずり効果によって偏光ベクトルの向きが回転している。ブラックホール周辺からくる光の偏光は、ブラックホール中心に近いほど重力や時空の引きずり効果を受けて変化する。

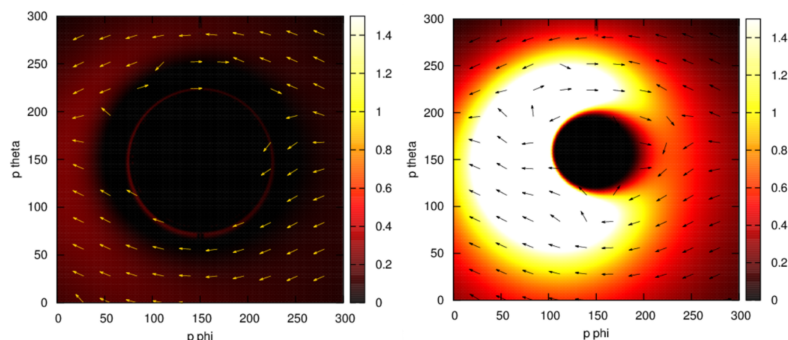


図1 偏光ベクトルの分布を表したものである。中心に近いほど偏光ベクトルの向きが変化している。重力と時空の引きずり効果の影響を受けているため右側のほうが偏光ベクトルの変化が大きい。

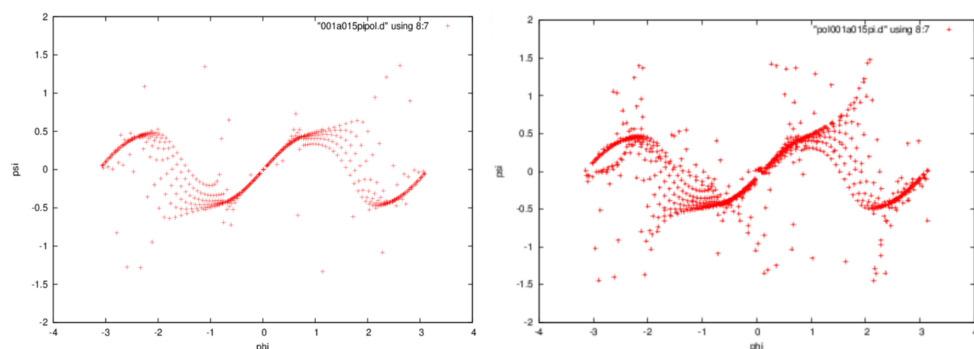


図2 円盤上 ϕ 方向での偏光ベクトルの角度 ψ の分布を表したものである。左側は原点を中心に点対称な分布である。それに対し、右側は原点を中心に非対称となっている。これは、時空の引きずり効果によって偏光ベクトルが回転方向にシフトし、その回転角度が変化していることを表している。