

学位論文審査結果の概要

氏 名	中村 優也
学位論文審査委員氏名	主査 浅田 秀樹
	副査 仙洞田 雄一
	副査 葛西 真寿
	副査 高橋 龍一
	副査 市村 雅一
論 文 題 目	Solutions to the planar three-body problem in the PPN formalism (PPN 形式における平面三体問題の解)
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に対して、適切に修正されたものであり、本審査および公聴会において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>一般相対性理論を含む形で重力理論を拡張したものを実験・観測によって検証することは重要である。その検証において、複数の理論パラメタを導入し、観測データと比較するのが便利である。最も有用な形式が、「パラメタ付きのポスト・ニュートン形式」（PPN 形式）である。重力理論の検証において、三体系が重要な役割を果たす可能性がノルトヴェットにより 1970 年代から指摘されていた。しかし、この PPN 形式での重力理論における物体の運動方程式が複雑な形をとるため、PPN 形式における三体問題の解析解はこれまで得られてこなかった。</p> <p>PPN 形式における三体問題の解を見出したことが、本論文の主要な成果である。具体的には、PPN 形式における重力理論のうち、エネルギーおよび運動量を保存する形式のものに限定した。つまり、完全保存系の理論模型に重力理論を制限した。この場合の理論模型は、<math>\beta</math> と <math>\gamma</math> の 2 個のパラメタで完全に記述される。<math>\beta</math> パラメタは理論の非線形性を表し、<math>\gamma</math> パラメタは空間曲率の大きさを表す。そして、重力理論が一般相対性理論に一致する場合に <math>\beta = \gamma = 1</math> となるよう、パラメタは規格化されている。</p> <p>本論文では、この完全保存系の理論模型において、3 個の質点がある平面内を運動する状況を考察している。まず、常に同一の直線の上を 3 個の質点が位置するように形状を仮定し、その形状が常に 3 個の物体に対する運動方程式を満たすことが証明されている。得られた解は、ニュートンの万有引力における「オイラーの直線解」の拡張に対応する。</p>	

次に、3 個の質点が三角形の頂点に位置する形状を考察している。そして、その形状が常に 3 個の物体に対する運動方程式を満たすことが証明されている。得られた解は、ニュートンの万有引力における「ラグランジュの三角解」の拡張に対応する。ただし、ラグランジュの三角解では、形状は厳密に正三角形である。一方、本論文で得られた三角解の形状は、正三角形から少しずれたものになっている。このずれは、PPN 形式における重力理論に起因する。

学位論文の基礎となる参考論文

(1) Yuya Nakamura, Hideki Asada, Phys. Rev. D, 107, 044005 (2023)

(2) Yuya Nakamura, Daiki Kikuchi, Kei Yamada, Hideki Asada, Nicolas Yunes, Class. Quant. Grav. 36, 105006 (2019)