学位申請論文公開講演会

日時：2025 年 2 月 7 日(金)　10:00~

申請者：沼尻 光太（QG 研）

場所：物理会議室（C207）

題目：F(R)重力理論における中性子星物理: 追加自由度・状態方程式・観測量の相互関係

主論文の要旨

一般相対性理論(GR)は、現在得られている様々な重力現象の観測結果を非常に良い精度で説明する。しかし一方で、宇宙の加速膨張の起源や重力の量子論など、人類の理解が及んでいない未解決問題が依然として複数存在する。

修正重力理論は重力理論を GR から修正・拡張することで、これらの未解決問題の解消を目指すものである。数多くの理論から絞り込むには観測から制限をかける必要があるが、中でも中性子星の観測は強重力領域における理論を検証する手段として、近年の重力波観測の進展に伴い注目されている。本研究は F(R)重力理論と呼ばれる理論において、中性子星に対応する解の構成とその理解、観測的検証のための基礎的研究を主題としている。
与えられた重力理論に対して中性子星の解を構成する場合、内部物質の状態方程式が必要となる。しかし、中性子星内部における状態方程式はまだ理論的にも観測的にもよくわかっていない。よって重力理論の修正と内部状態方程式という二つの不定性が観測量にどのような寄与を及ぼし、逆に観測量からどのようにして制限が得られるかを理解する必要がある。

GR において重力場の伝播自由度は二つの独立なテンソル（重力波）モードだけであるのに対し、F(R)重力理論ではスカラー自由度が追加される。本論文ではこのスカラー自由度の振る舞いに着目することで、F(R)重力理論の一つである R2 模型における静的球対称星の整合的な解を構築した。結果として、スカラー自由度が星に纏わりつく「スカラー化」という現象の存在を確認した。さらに重力理論の修正に伴う天体観測量(質量-半径関係)の変化について、追加スカラー自由度による有効エネルギー密度の観点から説明した。

主論文の後半では、GR の場合に知られている、質量-半径関係から状態方程式を再構築する手法を R2 模型の場合に拡張し、重力理論を特定すれば、追加自由度の存在があっても状態方程式の再構築が原理的に可能であることを明らかにした。

本論文では F(R)重力理論の一つである R2 模型における中性子星の球対称静的解を構築し解析することで、中性子星の質量-半径関係において、重力理論の修正と状態方程式の違いという二つの独立な変化が与える影響について、それらの相互関係に注目して調べた。本論文は将来観測による重力理論・状態方程式への制限における理論的基礎を与えるものである。