

(2) 今後の研究計画

吉野裕高

私はこれまでに養った数値技術と、強い重力場における物理現象に対する理解を生かし、科学の発展に寄与していきたい。特に一般相対性理論に対する理解を深め、新しい物理の発見につながる可能性のあるテーマを選択していく。今後数年は次のテーマを考えている。

ブラックホールまわりの光の振る舞いに関する研究:

現在は論文 [I-4] で提案した dynamically transversely trapping surface (DTTS) の研究をすすめている。この強重力場を特徴付ける面の定義はだいたいうまくいっていると思われるが、回転ブラックホールの存在する時空では、やや不自然な振る舞いをするのがわかってきた。これが物理的理由によるものなのか、定義の改善の余地があるのかを検討する。そして、このような面を数値的に計算する方法を整備し、その有用性を追求してゆく。特に、AdS/CFT 対応の文脈で AdS 時空の境界のエントラングメントエントロピーとバルクの極小曲面の面積に対応があることが発見されて話題となっているが (笠・高柳公式)、われわれが定義した概念に対しても何らかの対応関係を確立することを目的として研究をすすめている。

論文 [I-5] でおこなった重力崩壊する星の像の研究も発展させてゆく。この研究は光学観測だけでなく、ニュートリノの観測とも関連する。太陽系の近傍で超新星爆発が起きたときにどのようなニュートリノのシグナルが期待されるか、そこから一般相対性理論の効果を検出できるかを明らかにするため、モデルをより現実的なものに近づけて研究をおこなっている。

ブラックホール・アクシオン系:

論文 [I-9] の研究を継続・発展させていく。アクシオン場は超放射不安定により増幅した後、自己相互作用の効果で最終的に成長が止まると期待されるが、そのメカニズムには2種類の可能性が考えられる。1つは「ボーズノバ」と呼ばれる爆発的な現象によりアクシオン雲の一部が飛散する可能性、もう1つはブラックホールから引き抜いたエネルギーを定常的に遠方に放射することで飽和する可能性である。論文 [I-9] ではアクシオン雲のモード次第でボーズノバが起こったり飽和したりすると報告したが、その後数値計算の境界条件を改善したところ、再検討を要することがわかった。

超放射不安定の時間スケールは極端に長く、数値シミュレーションで解決することは難しい。2020年度より、適当な近似により計算を軽くして時間発展する課題にとりくんでいるが、近似の仕方により結果が違ったり、エネルギーが保存されない状況になってしまう。他のグループもこのテーマに参入してきているので、それらも参考にしつつ信頼性のある結果を出すように努力する。この問題を克服し、アクシオン雲から放射される重力波の計算をおこない、aLIGO や KAGRA などの重力波干渉計で観測データを解析する際にテンプレートとして使いうる波形の予言を目指す。

その他の話題として、天体ブラックホールは磁場をまとことが多く、その領域は「ブラックホール磁気圏」と呼ばれている。そういった環境では磁場とアクシオンの相互作用をしてアクシオンの超放射不安定による成長速度に影響を与える可能性が指摘されている。これを具体的なモデルで検討する研究を神戸大学の早田次郎教授とすすめている。

その他の話題:

時間的な余裕があれば挑戦したい話題として、重力波観測に関連して一般相対性理論にトーションの自由度を加えた重力理論 (Einstein-Cartan 理論の拡張) に関する研究や、重力をそもそも量子化すべきかを低エネルギー領域の実験で決定できるか、などのテーマを考えている。

私はまた、研究室のメンバーと議論し、研究をすすめることに興味がある。現在は素粒子研究室の中尾憲一教授と大学院生の高橋一麻君と共同研究をすすめているほか、宇宙物理・重力研究室の大学院生とも頻りに議論している。大学院生の方々を動機付け、元気づけることで研究室の運営に貢献する。