

課題名 (タイトル) :

磁気流体力学によるブラックホール・中性子星連星の合体シミュレーション

利用者氏名 : 久徳浩太郎

理研での所属研究室名 : 理論科学連携研究推進グループ・階層縦断型基礎物理学研究チーム

<p>1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係</p> <p>中性子星を含む連星の合体は、長らく重力波源として有望であると考えられてきた。そして実際に、2017 年 8 月に連星中性子星合体からの重力波 GW170817 が LIGO-Virgo コラボレーションにより検出された。ブラックホール・中性子星連星も同様に今後検出が期待される重力波源であるが、その検出及び正確な解釈には高精度の理論波形が必須であり、その導出には数値相対論による高解像度の長時間合体計算が唯一の手段である。また、合体後には磁気流体など複雑な物理によりガンマ線バーストや質量放出、それに付随する r 過程元素合成などが起こると期待されるが、その定量的な解明にも高精度の長時間合体計算が必須である。ブラックホール・中性子星連星合体の研究の前段階として、今年度は取り扱いが容易で収束性も素直だと期待される連星中性子星合体についての高解像度長時間計算を行った。</p>	<p>用していない。</p>
<p>2. 具体的な利用内容、計算方法</p> <p>解適合格子法 (adaptive mesh refinement: AMR) 数値相対論コード SACRA を MPI/OpenMP でハイブリッド並列化したコードを用いて、連星中性子星の 15-16 周程度の合体シミュレーションを実行した。中性子星の質量を固定したときに、5 通りの異なる状態方程式を採用し、合体の様子や重力波放射が高密度物質の性質にどう依存するかを調べた。中性子星を覆うグリッドの解像度を 100m から 200m 程度の範囲で幅広く変化させ、結果の収束性を詳しく調べる一環として、HOKUSAI では特に低解像度の計算を多数流すのに用いた。ただし、年度途中で他所の XC でコードをチューンアップした際 (実効効率が倍程度になった)、HOKUSAI の SPARC でのコンパイルが通らなくなったため、それ以降は利</p>	<p>3. 結果</p> <p>連星中性子星の合体からの重力波は、AMR の最も細かいグリッドが 100m 以下程度の解像度を持つ程度にすれば、状態方程式や中性子星の質量によらず、1 ラジアン以下の精度で求められることが明らかになった。これを元にして、信頼度の高い重力波を多数導出した。さらに、実際の重力波データ解析では、数値相対論による正確な波形を十分な精度で再現できる準解析的な波形が必要とされることに鑑み、準解析的な波形モデルを導出した。これらは 2 本立ての論文にまとめた。</p> <p>4. まとめ</p> <p>連星中性子星合体の長時間シミュレーションを実行した。解像度を系統的に幅広く変えた計算によって結果の収束性を精査するため、特に複数の低解像度モデルを計算し、現状の最高解像度計算が重力波位相の誤差を 1 ラジアン以下に抑えられていることを突き止めた。これによって得られた高精度波形から、実際の重力波データ解析で利用可能な準解析的な重力波波形モデルを構築した。これらの成果は、シミュレーション、波形モデル構築についてそれぞれ論文として公表した。前者は出版済み、後者は出版中である。</p>
	<p>5. 今後の計画・展望</p> <p>年度途中でコードをチューンアップして以降、HOKUSAI の SPARC ではコンパイルできない状況である。チューンアップに用いた他の計算機システム (基礎物理学研究所や国立天文台の XC、インテルコンパイラ) では問題なく使えているので、次期システムではまずチューンアップを含めてコンパイラに合わせコード修正を行う必要がある。</p>

平成 29 年度 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

K. Kiuchi, K. Kawaguchi, K. Kyutoku, Y. Sekiguchi, M. Shibata, K. Taniguchi, “Sub-radian-accuracy gravitational waveforms of coalescing binary neutron stars in numerical relativity,” *Physical Review D* 96, 084060 (2017)

K. Kawaguchi, K. Kiuchi, K. Kyutoku, Y. Sekiguchi, M. Shibata, K. Taniguchi, “Frequency-domain gravitational waveform models for inspiraling binary neutron stars,” *Physical Review D* in press