

課題名 (タイトル) :

磁気流体力学によるブラックホール・中性子星連星合体のシミュレーション

利用者氏名 : 久徳浩太郎

所属 : 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

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

ブラックホール・中性子星連星の合体は(1)重力波源、(2)ショートガンマ線バーストの起源天体、(3)r過程元素の供給源として期待されている。重力波は一般相対論により予言される時空を伝わる波で、2015年9月にアメリカのLIGOにより初めての検出が行われ、急速に注目を集めている。ショートガンマ線バーストは2秒以下に太陽が一生で放出するのと同等のエネルギーが解放される、宇宙最大の爆発の一種であり、現代の宇宙物理学における最大の未解決問題の一つに数えられる。r過程元素とは金やプラチナ、レアアースなどの中性子過剰な重元素のことである。その合成が宇宙のいつどこで行われたかはやはり天体核物理の未解決問題であり、同時に人類やその技術、文明とも関連のある学際的に興味深い話題でもある。これらの解明には実際の連星合体を重力波や電磁波など多様な手段で観測し、それを理論予言と比較することが決定打である。特に、重力波天文学が実現し始めている今、観測と比較すべき理論計算の重要性が増しているが、中性子星に伴う磁場を取り扱うシミュレーションには非常に高い解像度が要求されるため、ようやく信頼できる計算が可能になり始めたという段階である。今年度は、来年度のHOKUSAIによるブラックホール・中性子星連星合体の本格計算に向け、京コンピュータで稼働したコードがHOKUSAIで期待通りに稼働するかを確認した。

2. 具体的な利用内容、計算方法

京コンピュータ用にチューンされた fixed mesh refinement の陽解法数値相対論・磁気流体力学コードによって、ブラックホールの質量が中性子

星の質量の4倍の連星に対する準備的な合体シミュレーションを行った。この場合は既に京コンピュータで計算を行っており、並列化性能を確認するだけでなく結果の比較が可能である。

3. 結果

HOKUSAI で得られた軌道運動段階 (inspiral phase) の計算結果を京コンピュータによる計算結果と比較し、結果の整合性及び期待される並列化性能の発揮を確認した。具体的には京コンピュータで最大14.8%の並列化効率を達成したコードで、HOKUSAIでも11-12%の並列化効率を確認した。これは磁気流体力学の計算コードとして十分な性能だといえる。

4. まとめ

来年度の一般利用に向けた準備的な計算を行い、コードが期待された並列化性能を発揮していること、他の計算機と同じ結果を出すことを確認した。

5. 今後の計画・展望

2016年度はHOKUSAIの一般利用でブラックホールが10太陽質量程度である連星合体の大規模計算を遂行し、放射される重力波や合体後の系(降着円盤)への磁場の役割を解明し、ガンマ線バーストへの寄与や付随する質量放出を調べる。