

平成23年度北海道大学情報基盤センター共同研究成果報告書

1. 研究領域番号 A 1 大規模計算機シミュレーション
2. 研究課題名 流体コードへの粒子分割法の組み込みと大規模シミュレーションによる検証
3. 研究期間 平成23年4月27日 ～ 平成24年3月30日

4. 研究代表者

氏 名	所属機関・部局名	職 名	備 考
岡崎 敦男	北海学園大学・工学部	教授	

5. 研究分担者

氏 名	所属機関・部局名	職 名	備 考
大宮 学	北海道大学・情報基盤センター	教授	
河内 明子	東海大学・理学部	准教授	
高田 順平	香港大学・理学部	ポスドク	
内藤 統也	山梨学院大学・経営情報学部	教授	
長瀧 重博	京都大学・基礎物理学研究所	准教授	
早崎 公威	京都大学・理学部	研究員（科学研究）	

6. 共同研究の成果

Smoothed Particle Hydrodynamics 法（以下、SPH 法）は広がりを持った粒子の集団により流体を表す方法であり、非常に柔軟な設定・シミュレーションが可能のため、天体物理学の分野で広く用いられている。私たちも、これまで、SPH 法を用いて大質量連星系における降着現象や衝突恒星風のシミュレーションを行ってきた。SPH 法では、多くの粒子が存在する高密度領域の計算は粒子の少ない低密度領域の計算よりも高精度の計算になるが、さらに精度を上げた計算を行うためには、通常は全体の粒子数を増やすしかない。しかし、多くの場合、高空間精度で調べたいのはシミュレーション領域のごく一部分であり、そのために全体の粒子数を増やすというのは非常に効率の悪いやり方である。このような状況を改善するために、本研究では SPH コードに粒子分割(particle splitting)の手法を組み込みと、改良したコードのシミュレーションによる検証を行った。

粒子分割については、降着シミュレーションの場合に降着天体の重力圏（ロッシュ半径）に入った SPH 粒子（親粒子）を、Kitsionas & Whitworth (2002)に従い六方最密充填構造を持つ 13 個の子供粒子（各子供粒子の質量と大きさはそれぞれ親粒子の $1/13$ と $1/13^{1/3}$ ）で置きかえる方法を採用した。（計画では衝撃波シミュレーションに対しても粒子分割を行うことにしていたが、そのための条件設定が難しく、今年度は実施できなかった。）

改良したコードの検証は、ガス円盤外縁からの降着と恒星風の降着の 2 種類のシミュレーションで行った。前者は低密度領域（円盤の外縁部）の粒子分割の効果、後者は高密度領域（降着天体の重力により収束した恒星風）の粒子分割の効果を見るために行った。粒子分割を組み込んだ場合は、いずれのシミュレーションでも、粒子分割を行わない場合と矛盾しない結果であるとともに、またより微細な構造を示すものであった（図 1 参照）。また、粒子分割は高密度領域に対して行う方が

(研究成果のつづき)

より効果的であることも確認できた。

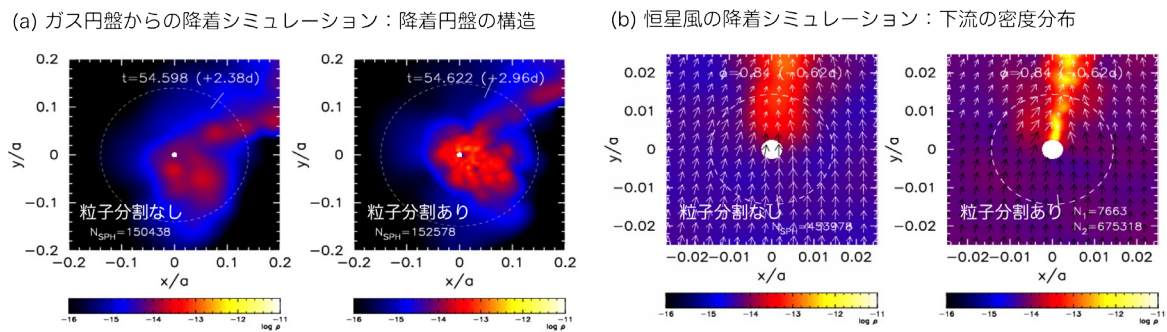


図 1. 2 種類のシミュレーション[(a) ガス円盤からの降着と(b) 恒星風の降着]における粒子分割しない場合(左)と粒子分割した場合(右)の密度分布。いずれの図でも中央の白い点が降着天体で、その近傍のみを表示してある。

【本共同研究で得られた研究成果】

(1) 査読論文

- Okazaki, A.T., Nagataki, S., Naito, T., Kawachi, A., Hayasaki, K., Owocki, S.P., Takata, J.
“Hydrodynamic Interaction between the Be Star and the Pulsar in the TeV Binary PSR B1259-63/LS~2883”,
Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol.63, p.893 (2012)
- Takata, J., Okazaki, A. T., Nagataki, S., Naito, T., Kawachi, A., Lee, S.-H., Mori, M., Hayasaki, K., Yamaguchi, M. S., Owocki, S. P.
“Modeling High-energy Light curves of the PSR B1259-63/LS 2883 Binary Based on 3D SPH Simulations”,
Astrophysical Journal, Vol.750, p.70 (2012)

(2) 学会、国際会議での発表

- Okazaki, A.T., K. Hayasaki, A. Kawachi, Y. Moritani, S. Nagataki, T. Naito, S.P. Owocki, G.E. Romero, J. Takata
"Modeling gamma-ray binaries with Be stars",
Be/X-ray Binary Workshop 2011, 2011年7月11～14日, バレンシア (スペイン)
- 岡崎敦男
Accretion vs. Pulsar Wind Models for the TeV Gamma-ray Binary LS I+61 303",
日本天文学会 2011 年秋季年会, 2011 年 9 月 19～22 日, 鹿児島大学 (鹿児島市)
- Okazaki, A.T.
"Dynamics of circumstellar disks in Be-star binaries",
Workshop on Circumstellar Dynamics at High Resolution,
2012 年 2 月 27 日～3 月 2 日, イグアスの滝 (ブラジル)