

# SPH 法によるガンマ線連星 PSR B1259-63/LS2883 における流体シミュレーション

東海大学物理学科 山本未知彦

## 1 概要

本研究では連星系 PSR B1259-63/LS2883 において SPH 法による 3次元流体シミュレーションを行った。連星系 PSR B1259-63/LS2883 は星周円盤を持つ Be 星とパルサーからなる系であり、これら天体からのプラズマ流である恒星風・パルサー風、そして Be 星の円盤の間に相互作用があると考えられている。また、この系からは電波から TeV 領域に至る広範囲での放射が検出されている。しかしながら、その放射機構には未だ不明な点も多く残されている。今回、放射の原理に支配的な意味を持つと考えられている、天体間の衝撃波の構造を見るために、伴星軌道と円盤の間の軌道傾斜角をパラメータとしシミュレーションを行うことで、系の幾何学的な位置関係を調べた。

## 2 序論

PSR B1259-63/LS2883 はガンマ線連星に分類される、パルサーと大質量主系列星である Be 型星からなる連星系である。(図 1) この天体系からは軌道周期に一致する周期的かつ特徴的な光度変化が多波長にわたって観測されている。この光度変化は、Be 星の円盤と恒星からの恒星風、そしてパルサーからのパルサー風の 3つの流体要素の相互作用することにより生じる衝撃波領域が、粒子を加速するというモデルにより説明可能であると考えている。一方で、この系に対する観測からの結果には、未だ幾何構造に関し不確定な要素が残されており、光度変化において重要となる衝撃波領域の幾何学的構造を知るためには、異なるアプローチの必要性が示唆される。そこで、我々は系の複雑な構造を時間的かつ 3次元的に検証するために、SPH 法を用いた 3次元シミュレーションを行ってきた。

今回、以上のような手段を用い、系において不明量の一つである軌道面に対する Be 星の星周円盤のなす角である円盤の軌道傾斜角の検証を行う。

## 3 シミュレーション

シミュレーションは 3次元 SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics) 法を用いて行った。この SPH 法は粒子法の一つであり、流体を広がりを持つ流体素片によって記述し、それら流体素片の相互作用による時間推移を計算によりシミュレートする方法である。粒子法の特徴から、今回のように複雑な系に対して有効であると同時に、この手法では解像度が密度に比例するため、衝撃波領域のように高圧力・高密度の領域を計算するのに有力な手法である。

今回、系に対する軌道傾斜角として  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $67.5^\circ$  においてシミュレーションを行った。また、このシミュレーションにおいて簡単のために、Be 星からの恒星風とパルサー風は共に

等方的であると仮定してある。

## 4 結果

シミュレーションを行った結果として、各軌道傾斜角による違いを比べるために、近星点後 +33 日時点においてパルサーが Be 星円盤を通過中のスナップショットを示す。(図 2) ここで描画面は、先に示したモデル図 (図 1) における x-y 平面に対応しており、それぞれ密度分布と圧力分布を示している。この密度分布

においてパルサー風と Be 星円盤との相互作用によりリング状の構造が見られる。これはパルサー風の影響によって Be 星円盤に穴状の構造ができ、そこで圧力が高まっている様子であると考えられる。また一方で、この構造は軌道傾斜角が小さいほど、より鮮明なリング状に分布している。したがって、この高密度領域の違いから軌道傾斜角によって光度に違いが生じると考えられる。しかし、実際にどの程度の変化があるかに関しては、定量的な議論を行う必要があり、現在計算中である。

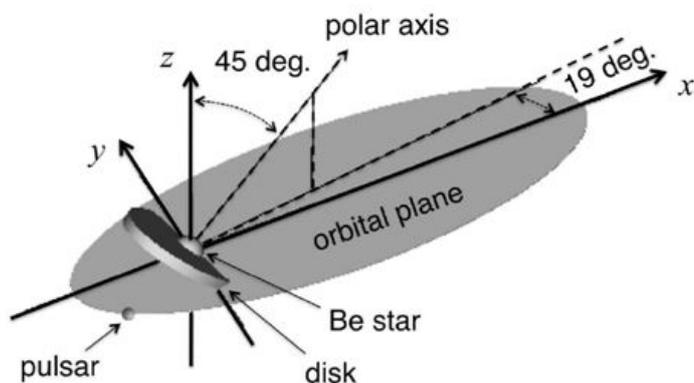


図 1 PSR B1259-63/LS2883 のモデル図。ここでは軌道傾斜角が  $45^\circ$  の場合のモデル図を示している。

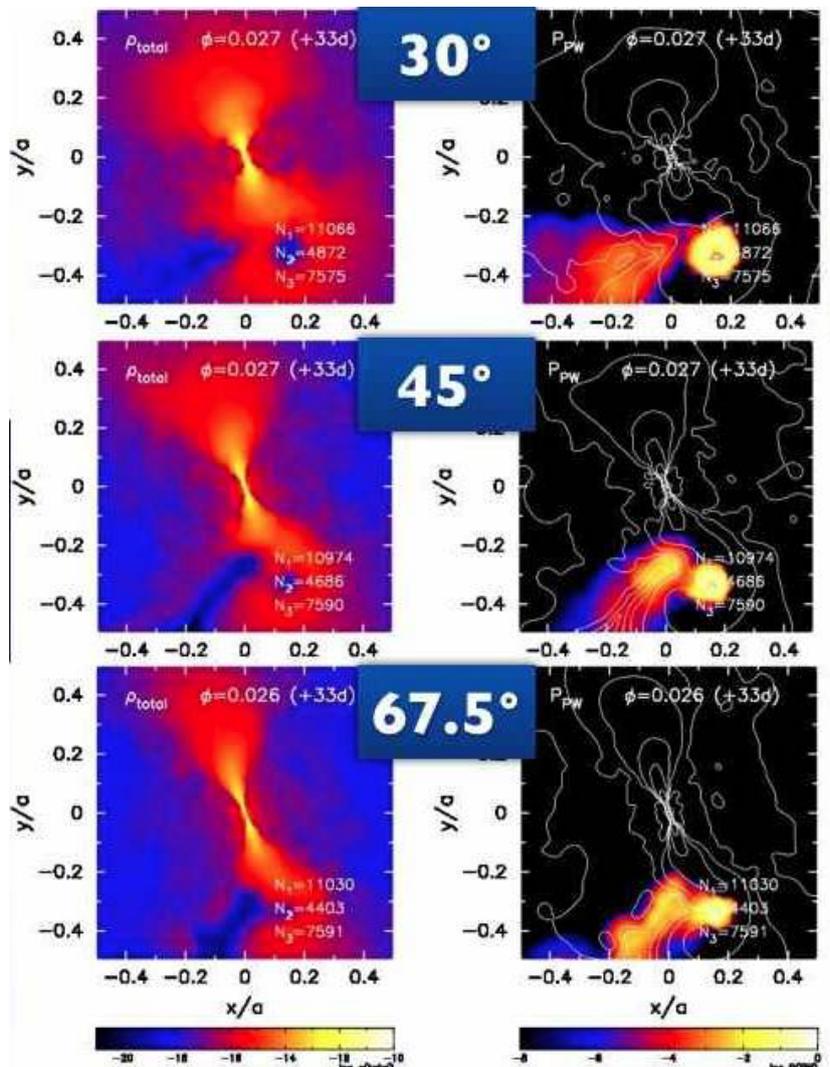


図2 近星点後33日時点の軌道傾斜角  $30^\circ$   $45^\circ$   $67.5^\circ$  シミュレーションのスナップショット。左：密度分布、右：圧力分布。密度分布を見ると恒星円盤に穴状の構造があることがわかり、その周囲で圧力が高くなっている。