

中性子星磁気圏の粒子シミュレーションによる研究

和田智秀 (国立天文台)

利用カテゴリ GRAPE-A

中性子星は質量が太陽程度、半径 10km 程度の超高密度星である。物質の極限状態での実験場、そしてそれらが観測可能な天体として古くから着目されている。この中で規則正しく電磁波がパルスとして観測される活動的な中性子星をパルサーと呼ぶ。典型的にパルサーは強磁場 (10^{12} ガウス) を持ち、周期 (~ 0.1 秒) で高速回転している。その膨大な回転エネルギー ($\sim 10^{42}$ ジュール) は相対論的なプラズマのアウトフローによって解放されていると考えられているがこの機構は理解されていない。

我々の研究目的はパルサー磁気圏で生じている粒子加速の機構を粒子シミュレーションの方法で明らかにすることである。特に、回転する中性子星がつくる起電力の一部が磁力線に沿った粒子加速領域 (Gap) に集中する機構、さらにパルサー風 (中性子星から吹き出す相対論的なエネルギーのプラズマの風) の形成プロセスも明らかにしたいと考えている。今年度は GRAPE-DR を用いることで粒子数は最大で 200 万個、自転周期の数倍以上にわたる大局的な粒子シミュレーションを実行した。磁気圏で起こる電子陽電子対生成による磁気圏電荷雲の成長と加速されたプラズマに働く放射の反作用が引き起こすドリフトは定常な粒子のアウトフローを持つ磁気圏を形成する上で重要な役割を果たすことがわかった。この結果については現在投稿中である。我々の計算では電子陽電子対生成の生成率はパラメータとして導入しているが、今年度はカテゴリ A として豊富な計算機資源を利用できたために複数台のノードを同時に用いて複数の生成率のモデルについて調査することができた。図 1 はその結果として得られた定常磁気圏の電荷分布を示している。

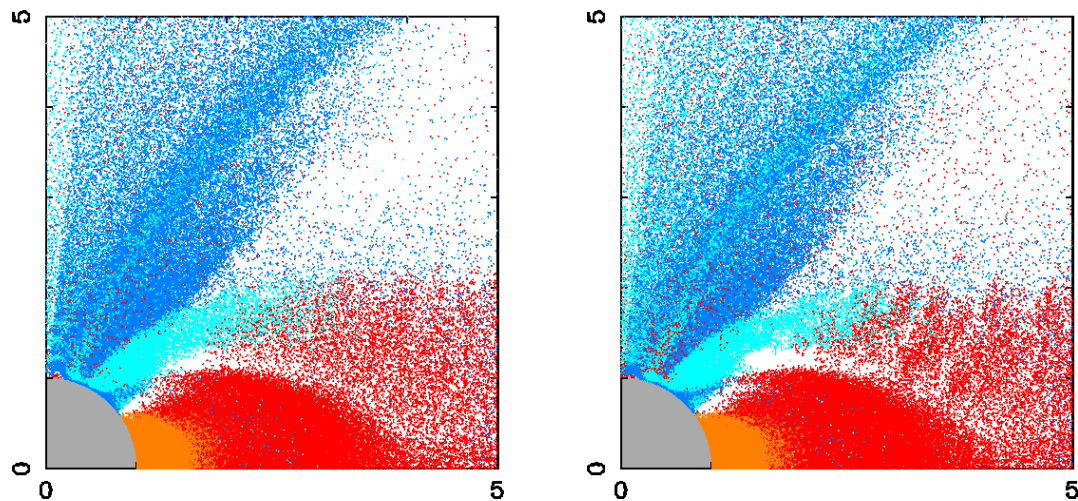


図 1: 生成率を増やした場合の磁気圏の子午面上の電荷分布、点はそれぞれ赤と水色は対生成によって生じた正電荷と負電荷、オレンジと青は星表面から放射された正電荷と負電荷である。生成率はこれまでのモデルの 2 倍にした結果は左パネル、4 倍にした結果は右パネルである。

長時間 (自転周期の数十倍) にわたって粒子の運動を追った結果、差動回転するディスクの不安定性が生じることも再現できるようになってきており、これらの結果についても今後の計算によって調査する予定である。