

パルサー磁気圏における電子・陽電子対生成の効果の 粒子シミュレーションによる研究

和田 智秀 (山形大理工)

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なぜ磁力線に沿った粒子加速領域に集中するのかの機構、さらにパルサー風の形成プロセスも明らかにしたいと考えている。

通常の磁気圏のシミュレーションでは電磁流体的な取り扱いをするのが普通であるが、パルサープラズマは希薄であり、理想 MHD 条件が成立しないので粒子的扱いがひとつのアプローチとして有効である。これらの過程を追跡するためにパルサーを双極磁場を持ち回転軸と磁化軸がそろっていると仮定し、電場シールドと粒子の運動をポワソン方程式を解いて磁気圏全体の構造を三次元グローバルシミュレーションによって調べている。

ステップ1として、中性子星の起電力によってコントロールされたプラズマが磁気圏内でどのような運動をするか追跡し、カテゴリCでできる範囲で粒子数を増やした計算を行い、電子陽電子対生成が無い場合の解を求めた。計算に使った粒子数は数万体である。電子陽電子対生成がない場合、Krause-Polstorff J., Michel F. C(1985) らによる平衡解を再現した。この解は極上方に広がる負電荷のクラウドと赤道面に正電荷のディスク、さらにその真空領域に荷電粒子を加速させる電場のある領域 (figure 2) を持つ力学的に安定な構造である (figure 1)。

磁力線に沿った電場の強い領域がステップ1で求められるので、ステップ2としてそこに電子陽電子対が発生したとして、対プラズマによる電場のスクリーニング効果とそれが引き起こす磁気圏のグローバル構造の変化について調べた。結果として対生成によってクラウドが成長すること (figure 3)、加速領域の電場は減少すること (figure 4) がわかった。また、ディスクはパルサーよりも速く回転しており (figure 5)、これによって遠心力で飛び出すディスク電荷がパルサー風となる可能性がある。

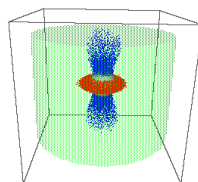


Figure 1: ベアがないときに得られる Disc, Dome, Gap 構造

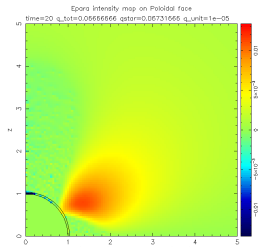


Figure 2: ポロイダル面上の沿磁電場強度分布、クラウド内部の電場はシールドされ、真空領域に電場が残った

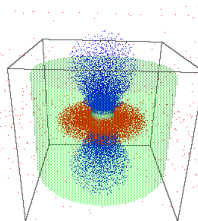


Figure 3: ベアを入れて得られる構造、ベアによってクラウドが成長した

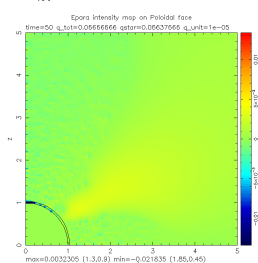


Figure 4: ポロイダル面上の沿磁電場強度分布、沿磁電場強度はベアによって真空ギャップが埋まったため減少した

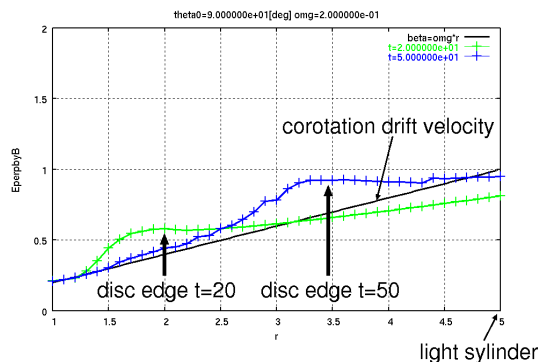


Figure 5: 赤道面の $E \times B$ ドリフト速度、ディスク先端は super rotation しており、ディスク成長に伴いその速さは速くなっている