

No.

国立天文台 天文学データ解析計算センター
成果報告書 (平成 16 年度)

提出期限：平成 17 年 3 月 14 日 (月)17:00 必着

応募カテゴリ（いずれかを選択） B
システム（いずれかを選択） GRAPE

プロジェクト ID: g04c03

研究代表者（現在のユーザ ID : wadatm）

氏名	和田 智秀	
所属機関名	山形大学理工学研究科	
連絡先住所	〒 990-2413 山形市南原町 1-5-40 KOBO'S 202 号室	
電話番号	023-628-4552	
E-mail	wada@ksirius.kj.yamagata-u.ac.jp	
職または学年	博士後期課程 2 年	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名	柴田 晋平	

研究課題名

(和文)	Pulsar 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
(英文)	

研究分担者

[illegible]

成果の概要

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を目的とする。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かの機構を明らかにしたい。

粒子加速が生じるとガンマ線を放射し、ガンマ線は引き続いて豊富な電子陽電子プラズマを発生させるが、そのなかで磁力線に沿った電場が維持されていると考えられている。一方、生成された電子陽電子プラズマはパルサー風として磁気圏から流出する。これらの過程を追跡するには数万体以上の粒子を用いた磁気圏全体のグローバルシミュレーションが必要である。

パルサーのモデルとして

- 星はダイポール磁場を持ち、磁化軸と回転軸はそろっているとする (Aligned rotator)
- 星の誘導起電圧の下で、磁気圏粒子の運動を追う
- 星表面の仕事関数は無視する (Free emission)

を考え、磁気圏粒子は基礎方程式

$$\begin{aligned} \text{電場: } -\nabla^2\phi &= 4\pi\rho \quad \text{B.C.}\phi(\mathbf{R}_*) = \frac{\mu\Omega\sin^2\theta}{cR} \\ \text{電荷密度: } \rho &= \sum_{i=1}^N q_i(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i) \\ \text{運動方程式: } \frac{d\mathbf{p}_i}{dt} &= q_i(\mathbf{E}_i + \boldsymbol{\beta}_i \times \mathbf{B}_i) + \mathbf{f}_i \\ \mathbf{p}_i &= m_i\gamma_i\boldsymbol{\beta}_ic \quad \text{radiation loss term: } \mathbf{f}_i \end{aligned}$$

に従う。粒子同士に働くクーロン電場の計算を GRAPE を用いて計算し、磁気圏粒子の運動は四次のルンゲクッタ法で積分している。

今年度は電子陽電子対生成が磁気圏構造に及ぼす効果を調べるために、電場が維持されている領域に定常に電子陽電子対を挿入し、磁気圏構造の変化を追った。単位時間に発生する粒子の数は全粒子数よりは少なくし、系の進化は準静的に行われるようにした。また対生成によって磁気雲が成長することにより、より広範囲にわたる磁気圏構造を解く必要が生じたため、昨年度より計算領域を 10 倍にしたグローバル磁気圏粒子シミュレーションを行った。

結果として計算領域内における総電荷量を一定に保ち (figure 1)、かつ粒子加速を行う加速領域が維持され (figure 2)、外部に向かってほぼ定常に粒子が放出される構造が得られた (figure 3)。

今回の計算は現実のパルサー磁気圏で発生する電子陽電子対に比べ、粒子増幅を少なくしておこなっており、定常な磁気圏構造としては preliminary である。今後はさらに詳細な調査を進めるとともに、今後は電子陽電子対の生成効率をより高くし、そのとき流れる磁気圏電流の効果なども考慮したグローバルな構造を調査していきたい。

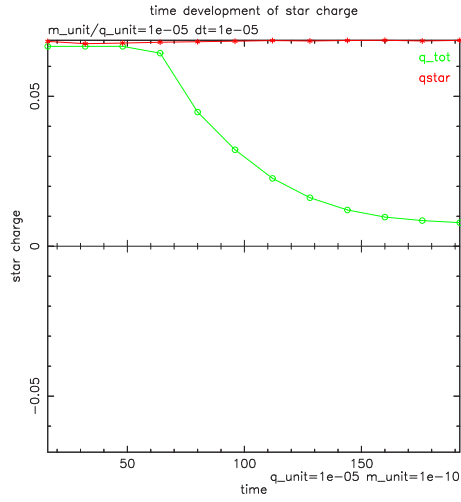


図 1: 系の持つ帯電量の時間的変化。緑は系の正味の帯電量、赤は星の帯電量を表す。

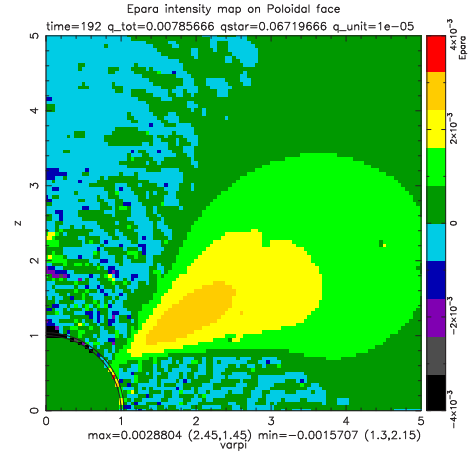


図 2: 今回の計算の最終状態におけるポロイダル面の沿磁場強度分布、プロット範囲は現在の計算領域の 1/10 の星近傍のみである。

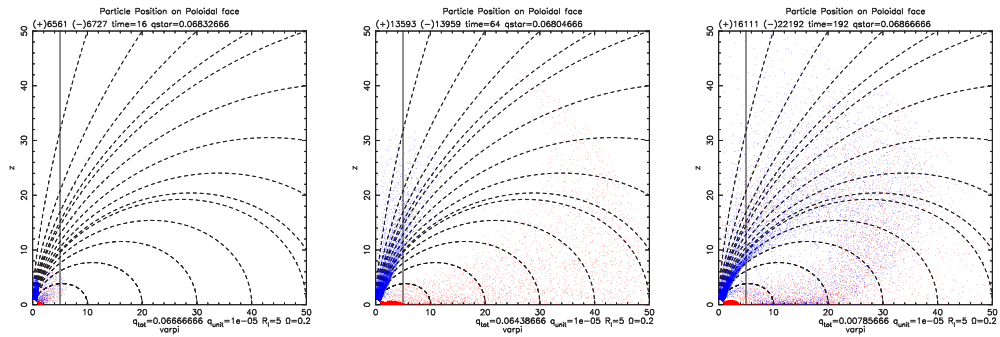


図 3: 初期状態 (左) から次々と電子陽電子対が磁気圏内の電場の強い領域に挿入され、磁気雲が成長し (中央)、今回の計算における最終の状態 (右) をポロイダル面上で描いてある。青が電子、赤が陽電子を表す。点線は磁力線である。