

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17年度)

提出期限：平成18年3月20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) VPP

プロジェクト ID: wtk23b

研究代表者 (現在のユーザ ID : katoutn)

氏名	加藤恒彦	
所属機関名	国立天文台 4次元デジタル宇宙プロジェクト	
連絡先住所	〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1	
電話番号	0422-34-3836	
E-mail	katoutn@cc.nao.ac.jp	
職または学年	国立天文台 特定契約職員（専門研究職員）	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名		

研究課題名

(和文)	無衝突衝撃波における Weibel 不安定性について
(英文)	The Weibel instability in collisionless shock waves

研究分担者

[illegible]

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクトでの成果

学会・研究会等発表

- 2005 年 8 月 基研ミニワークショップ発表（京都大学）
「衝撃波におけるフェルミ加速と Weibel 不安定性」
- 9 月 「AGN ジェット研究会」発表（大阪大学）
「衝撃波における磁場生成」
- 12 月 第 18 回理論天文学懇談会シンポジウム招待講演（京都大学）
「無衝突衝撃波のダイナミクス」
- 2006 年 1 月 計算機センターユーザズミーティング発表（国立天文台）
「電子・陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波のシミュレーション」
- 2 月 「自然界と実験室のプラズマ研究の交流」研究会発表（メルパルク名古屋）
「無衝突衝撃波のダイナミクス」
- 3 月 日本天文学会 2006 年春季年会発表予定（和歌山大学）
「背景磁場がある場合の電子・陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波」

成果の概要

本研究課題では、VPP5000 を用いて背景磁場がある場合と無い場合の 2 通りの場合について無衝突衝撃波の大規模な 2 次元シミュレーションをおこなった。このために、まず電磁粒子シミュレーションの並列化コードの開発を行った。そして開発されたコードを用いて、無衝突衝撃波のシミュレーションを行った。粒子数は合計約 6 億 4 千万であり、世界でも最大規模の計算である。（現在、この種の計算で最も大規模なものは、デンマークのニールスボーア研究所のグループによる 8 億粒子を用いた計算である。）

背景磁場が無い場合の無衝突衝撃波については平成 16 年度の計算プロジェクトにおいても 5500 万粒子を用いたシミュレーションを行ったが、今回その 10 倍以上の粒子を用いてシミュレーションを行い、前回の主な結論を確認した。特に、粒子数を 10 倍以上に増やしても、無衝突衝撃波に関係した Power-law 的な粒子加速の兆候は見られなかった。

今回、背景磁場がある場合についても同じ規模でシミュレーションを行った。背景磁場の強さは Crab nebula のモデルにおいて良く用いられる σ パラメータが $\sigma = 0.003$ となるように与えた。衝撃波上流のバルク速度は、下流速度に対して $u = 2.0$ とした。このシミュレーションの結果、以下の点が明らかになった。(1) $\sigma = 0.003$ 程度の磁場でも、背景磁場の無い場合とはダイナミクスや構造が大きく異なる。(2) 衝撃波の散逸過程では、Weibel 不安定性とは異なるモードが主要となる(3) 衝撃波の遷移領域では、 B_x, B_y, B_z のすべての成分が上流の背景磁場の 10 倍以上になる(4) この磁場が、上流からの粒子を散乱し、散逸および等方化に寄与する(5) 衝撃波の上流に於いて、背景磁場が無い場合に見られた逆流粒子は存在しない(6) 逆流粒子起源と思われる静電ビーム不安定性も発生しない(7) 下流領域における粒子の速度分布は Maxwellian に近い(8) ベキ指数が非常に急ではあるものの、Power-law 的な粒子加速がわずかに見られた。(9) この粒子加速は、下流系（シミュレーション系）で見たときに現れる、背景磁場に起因する motional な電場を主に利用したものである。(10) 粒子は、衝撃波遷移領域で非常に強い motional な電場が存在する領域に長く留まった場合に高エネルギーまで加速される。(11) 衝撃波の下流に於いて、衝撃波面法線および背景磁場の方向の双方に垂直な方向の電流が部分的に残り、これが磁場の（背景磁場に対する）揺らぎを作る(12) 1 次元シミュレーションで報告されている衝撃波面から上流方

向へ向かって放射される Synchrotron maser 不安定性起源の電磁波の存在 (Hoshino et al. 1992) が確認できた。