



## 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

#### 国際会議・学会・研究会等発表

- 2006年5月 ・ “Magnetic Field Generation in Collisionless Shocks” (invited)  
Inter-Society Symposium on Plasma Sciences,  
Japan Geoscience Union Meeting 2006, at Makuhari Messe, Chiba, Japan
- 9月 ・ 「無衝突衝撃波のダイナミクスと粒子加速」  
宇宙線・宇宙物理領域シンポジウム「宇宙における加速 / 非熱的現象の理論と観測」  
日本物理学会2006年秋季大会 於 奈良女子大学
- 11月 ・ 「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」  
「高エネルギー天体現象と粒子加速の理論」研究会 於 大阪大学
- 12月 ・ “Collisionless Shocks in Electron-Positron Plasmas and Particle Acceleration”  
The International Conference “The Extreme Universe in the Suzaku Era”,  
at Kyoto, Japan
- ・ 「電子・陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波の2次元シミュレーションについて」  
第19回理論懇シンポジウム「理論天文学の進歩」於 立教大学
- 2007年1月 ・ “Two-Dimensional Simulation of Collisionless Shocks in Electron-Positron Plasmas”  
U-Tokyo STP Workshop on “Shock, Wind, and Nonlinear Waves in Space and  
Astroplasmas”, at Tokyo, Japan
- 2月 ・ “Numerical Simulation of Collisionless Shocks in Electron-Positron Plasmas”  
IRCS International workshop on “Shock Formation under Extreme Environments  
in the Universe”, at Tokyo, Japan
- 3月 ・ 「無衝突衝撃波における加速と加熱過程における諸問題」(招待講演)  
「実験室宇宙物理学の創成にむけた勉強会」於 大阪大学
- ・ 「電子・陽電子プラズマ中の相対論的無衝突衝撃波の2次元シミュレーション」  
日本天文学会2007年春季年会 於 東海大学湘南校舎

## 成果の概要

本研究課題では、VPP5000 を用いて主に2次元の電磁粒子シミュレーションにおける次元性の問題について調べた。シミュレーションは、電子・陽電子プラズマ中の垂直衝撃波(背景磁場が衝撃波面法線に垂直)の場合について、背景磁場がシミュレーション平面内にある場合と、シミュレーション平面に垂直である場合の2つの場合について実行し、結果を比較した。

その結果、衝撃波の構造や粒子加速のメカニズムは、シミュレーションの次元性の影響を強く受けることがわかった。背景磁場がシミュレーション面内にある場合には、衝撃波の遷移領域では、シート状の電流が作る大振幅の平面波的な磁場ができ、また、粒子加速については、1次元シミュレーションで示されてきたサーフィン加速が主要なメカニズムとなることがわかった。一方、背景磁場をシミュレーション平面に垂直に取った場合には、衝撃波の遷移領域では主に Weibel 不安定性により生じる電流フィラメントとそれが作る磁場からなる構造ができ、粒子加速は、上流の motional な電場を利用するドリフト加速

的なメカニズムが支配的になることがわかった。(なお、この場合、系の対称性から、衝撃波において速度が1つの方向に熱化されず、衝撃波の伝播速度も大きく変わってくる。)

以上の結果より、実際の衝撃波の構造や粒子加速のメカニズムについて知るためには3次元シミュレーションが必要であると言える。そこで我々は、3次元のシミュレーション・コードも開発し、約6億4千万の粒子を用いて、同様の垂直衝撃波の場合に対してシミュレーションを行った。その結果の詳細は現在解析中であるが、粒子加速については、サーフィン加速的な加速とドリフト加速的な加速が同時に起きることがわかった。2006年に行われた Spitkovski による3次元シミュレーションでは、電子・陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波では粒子加速は起きないという主張がなされており、今回の結果は、その結論とは異なるものである。今後、さらに詳細な解析と考察を行い、どちらの結果が正しいかを明らかにしていきたい。