

# 平成 26 年度 地球シミュレータ利用報告 研究成果概要

## 1. 課題名

宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリング

Space and Earth System Modeling

## 2. 課題責任者

草野完也(海洋研究開発機構 海洋地球生命史研究分野)

Kanya Kusano

## 3. 課題の目的

本プロジェクトの第 1 の目的は、様々な時間スケールにおける太陽地球環境の変動メカニズムを理解することにある。これは海洋の起源や生命の誕生と進化を探る重要な課題であると共に、人為起源の環境変動要素を明確化し、環境変動予測技術を向上させる上でも極めて重要な研究テーマである。第 2 の目的は、太陽面爆発や黒点活動変動が地球環境と人間生活に与える影響を正しく理解すると共にその発生を予測して、国民・社会生活に貢献することにある。

## 4. 今年度当初の研究計画

- ・**太陽活動の予測シミュレーション研究**: 太陽表面磁場の観測データに基づいて太陽フレア爆発を再現すると共にその予測能力を高めるための電磁流体力学シミュレーションを行う。特に、磁気リコネクションの高速化機構に関する詳細シミュレーションを実施する。また、太陽表面磁場の長期変動のメカニズムを探るためのダイナモモデルの開発を行うと共に、太陽表面磁場から太陽圏全体の電磁流体環境を再現し太陽圏の環境変動を探るシミュレーションを実現する。
- ・**超水滴雲モデルによるエアロゾル環境影響の研究**: 超水滴雲解像モデルを使い、大気中のエアロゾルとその電離効果を定量的に解明すると共に、雲形成と降水過程におけるエアロゾル効果を第一原理から理解する。
- ・**全球循環モデルによるシミュレーション研究**: 大気海洋結合大循環 CFES 改良モデルを使って、エアロゾル量の変化による輻射・雲寿命・降水などの変化を取り扱い、これを発展させ太陽活動と初期地球の大規模変動の関係を系統的に明らかにする。

## 5. 研究計画に沿った利用状況

太陽活動の予測シミュレーションに関して精密な磁気リコネクションシミュレーションを実施し、高速化機構の解明に関する研究を計画に沿って行った。また、太陽フレア爆発の予測シミュレーションについては初期試験の結果、平衡場モデルの精度向上の必要が生じた為、当初の計画を変更し、フォースフリー場モデルの高度化を実施した。超水滴雲モデルによる雲シミュレーションについては、層積雲の雲核生成率依存性の計算を計画通り実施した。一方、全球循環モデルは開発が遅れ、本格的な計算を行うことができなかった。

## 6. 今年度得られた成果、および達成度

### <成果>

以下の成果を今年度得た。

- ・太陽フレアにおけるエネルギー解放機構である磁気リコネクションについては、太陽コロナの電気伝導率が極めて高いため、なぜ拡散時間に対して短い時間内に高速に起きるのが謎であった。我々はこれまでで最も精密な2次元電磁流体力学シミュレーションを行い、電流シートの不安定性の結果できる磁気島の運動が遅い電磁流体力学衝撃波を作ることにより、磁気リコネクションが高速化することを初めて明らかにした。
- ・太陽フレアの発生機構に関して、我々は太陽表面に現れる2種類の特徴的な磁場構造がそのトリガとなることを明らかにしている。本年度はこの成果を発展させ、より現実に近い複雑な磁場構造における理論モデルの適応性を検証した。その結果、トリガとなる磁場構造のうち、逆シア型と呼ばれるトリガ磁場は磁気中性線から離れてもフレアを起し得ることを明らかにした。また、平衡磁場モデルを高度化することにより、衛星による太陽表面磁場の観測データに基づく3次元電磁流体力学シミュレーションを実施し、フレア発生の数値予測の実現性を考察した。
- ・超水滴雲モデルを利用し、雲核を定常的に生成する場合、積雲及び積層雲の生成及び変化が雲核生成率に対してどのように依存するかを考察した。その結果、雲核生成率が低い場合と高い場合で雲の振る舞いに大きな違いが現れることを明らかにした。この結果は雲核に対する雲の2重安定相の存在を示唆するものとして注目されている。

### <達成度>

(年度当初の研究計画を全て達成した場合を100% / 複数の目標があった場合は、それぞれについて達成度を数値で記載)

- ・太陽活動の予測シミュレーション研究 50%
- ・超水滴雲モデルによるエアロゾル環境影響の研究 70%
- ・全球循環モデルによるシミュレーション研究 10%

## 7. 計算機資源の利用状況

### <計算機資源の利用状況>

(計画的に計算機資源を利用できているか、状況を記載)

本年度は太陽活動の予測シミュレーションに関して2000時間ノード程度を利用し、世界で最も精密な2次元電磁流体力学シミュレーションを行い、リコネクションの高速化機構に関する長年の謎を解明する成果を得た。また、超水滴雲モデルによる雲の形成及び維持に関するシミュレーションを3000ノード時間程度利用して行い、層積雲の維持に対する雲核生成率の依存性を明らかにした。ただし、全球循環モデルへのエアロゾル効果の導入は開発が遅れたため、本格的な計算を行うことができなかった。

### <チューニングによる成果>

(ベクトル化、並列化チューニング等、計算機資源を有効利用するために行ったこととその効果を記載)

なお、各モデルの最適化はすでに実施済みのため、本年度は特に行わなかった。

### 8. 新聞、雑誌での掲載記事

特になし。

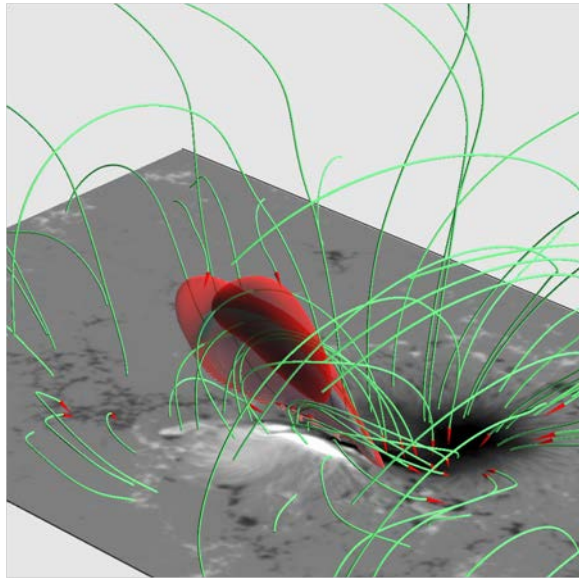
# 宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリング

課題責任者名、所属

草野完也、独立行政法人海洋研究開発機構(名古屋大学)

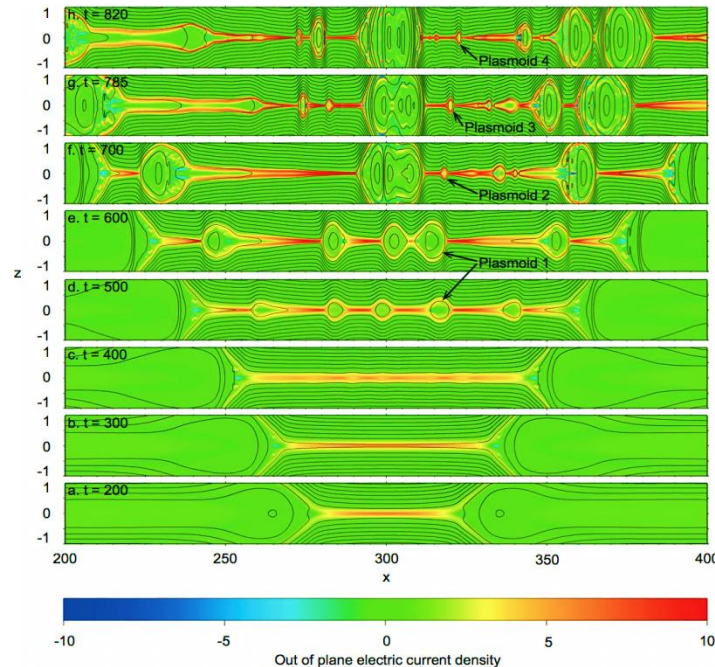
プロジェクトの目的: 太陽地球環境の変動メカニズムを理解すると共に、太陽面爆発や黒点活動変動が地球環境と人間生活に与える影響を予測する技術を開発し、社会に貢献する。

★衛星観測データに基づく  
太陽フレア爆発の  
予測シミュレーション



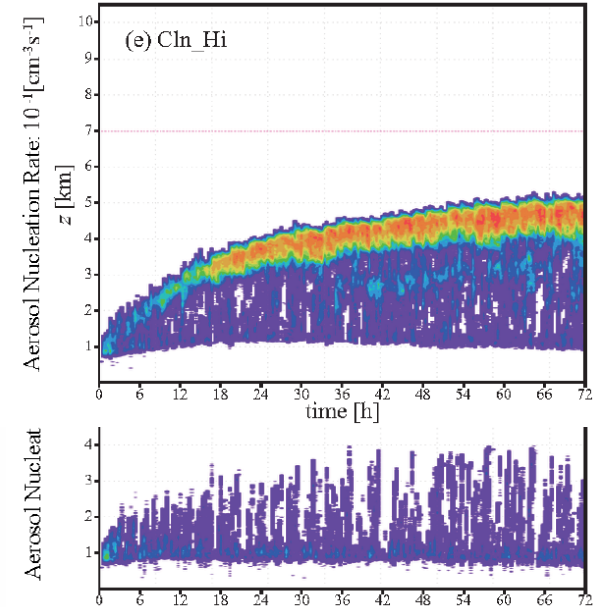
太陽観測衛星「ひので」が観測した太陽表面磁場を用いた太陽フレアの3次元電磁流体力学シミュレーション(赤はプラズマ噴出、緑線は磁力線、グレースケールは磁場強度を表す)

★宇宙嵐のエネルギー解放過程  
である磁気リコネクションの  
高速化機構を説明



磁気リコネクションの高速化過程における電流シートの時間変化

★超水滴シミュレーション  
による雲核生成に対する  
雲の双安定構造の解明



超水滴雲シミュレーションによる雲水量の時間(横軸)一高度(縦軸)分布図: 上と下はそれぞれ雲核生成率が高い場合と低い場合。