

## 放射線帯輸送モデル

三好由純<sup>1</sup>、V. Jordanova<sup>2</sup>、森岡昭<sup>3</sup>、小原隆博<sup>4,5</sup>、  
G.Reeves<sup>6</sup>、松本晴久<sup>5</sup>、五家建夫<sup>5</sup>

1. 名古屋大学太陽地球環境研究所、2. 米国ニューハンプシャー大学、
3. 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、4. 情報通信研究機構、
5. JAXA/ISTA、6. 米国 Los Alamos National Laboratory

e-mail: [miyoshi@stelab.nagoya-u.ac.jp](mailto:miyoshi@stelab.nagoya-u.ac.jp)

### 1. はじめに

本研究グループでは、放射線帯のフラックス変動を理解するために、また将来におけるオペレーショナルな活用も視野にいて、シンプルな radial diffusion モデルにもとづく放射線帯変動の数値計算コードの開発を行っている。本研究会では、開発したコードを用いた数値計算の初期的な結果について報告する。

### 2. モデルの概要

開発中のコードにおいては、radial diffusion モデルを次の Fokker-Planck 方程式で記述している。このモデルは、きわめてシンプルなものであるが、Boltzmann 方程式を解き進めるのに比べて計算量が少ないこと、平均的な放射線帯の描像をよく記述することができる。

$$\frac{\partial f}{\partial t} = L^2 \frac{\partial}{\partial L} \left( \frac{D_{LL}}{L^2} \frac{\partial f}{\partial L} \right) - \sum \frac{f}{\tau}$$

ここで、 $L$  は  $L$  値、 $f$  は phase space density を示す。また、右辺第 2 項はピッチ角散乱、プラズマ圏熱的プラズマとのクーロン衝突による消失過程を表している。本モデルでは、波動粒子相互作用としてプラズマ圏内において whistler モードヒスとの相互作用を、プラズマ圏の外において strong diffusion を考慮している。なお、現在の放射線帯研究の最大の焦点である、放射線帯内部における加速プロセスは、このモデルでは含まれておらず、放射線帯粒子の起源としてプラズマシートからの粒子の断熱的な輸送のみを考慮している。

また、モデルに関わる各プロセスのうち、radial diffusion および plasma 圏の位置を、 $Kp$  の関数として時間変化させている。モデルの外部境界条件は  $L=6.6$  に設定しており、この値は LANL 衛星のリアルタイムデータを用いて時間変化する形で与えられている。

### 3. 数値計算の初期結果

開発したコードを用いて、2002年の1年間について400keV電子の時間変化を計算した結果を図1に示す。この計算においては、radial diffusion、plasma圏の位置、外部境界のフラックスのみを時間変化させ、ロスの強度については時間的に一定な値を用いている。

放射線帯のいくつかの特徴、磁気嵐主相における外帯フラックスの減少、磁気嵐回復相における外帯回復の様子、スロット領域のフラックス変動が、定性的に再現されていることがわかる。同時期に観測を行っていた「つばさ」衛星の観測データと比較を行ったところ、2002年に発生したいくつかの磁気嵐において、計算された変動と一致する磁気嵐、一致しない磁気嵐があることがわかり、radial diffusionモデルが実際の放射線帯の現象をどこまで記述しているかを検討する上で、興味深い結果となっている。

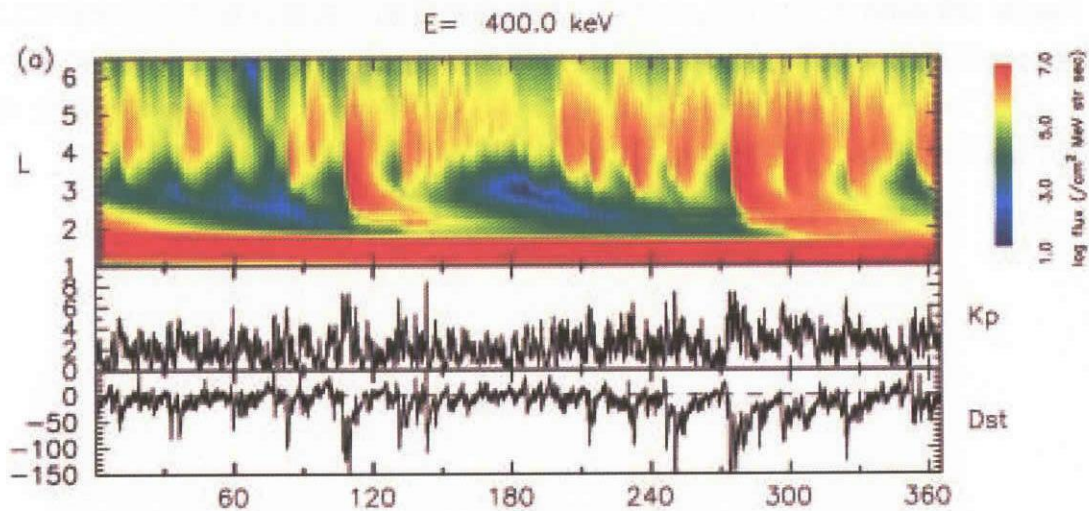


図1: radial diffusion モデルによって計算された、2002年における400 keV電子のL-timeダイアグラム。

なお、放射線帯の変動をコントロールしている要因を検討するために、(i)外部境界の値を一定として $D_{LL}$ のみ変化させた計算、(ii) $D_{LL}$ の値を一定とし、外部境界の値を変化させた場合、の2つのケースについて、数値実験を行った。その結果を、以下の表1にまとめる。表に示すように、主相における外帯外側のフラックスの変動については、trapping boundary付近のフラックスの減少と主相における enhanced radial diffusion による outward diffusion によって説明されることが明らかになった。また、スロット領域のフラックスの増大については、主相における radial diffusion の増大によって、外帯のフラックスがスロット領域へと流入するプロセスが作用している可能性が示された。

	主相における 外帯外側のフラックス減少	スロット領域の フラックスの増大
(i) 外部境界一定	再現できない	再現
(ii) 拡散係数一定	再現	再現できない

表 1: 数値実験の項目とその結果

#### 4. むすび

Radial diffusion モデルにもとづく、放射線帯変動の数値計算コードを新たに開発し、初期的な計算を行った。今後は観測との比較を通して、モデルに用いているパラメータの検討を行うとともに、将来の宇宙天気モデルへの実装を考慮した開発を行うことを計画している。