

## 大気圏内の銀河宇宙線スペクトル計算モデルの構築

# 佐藤 達彦 [1]; 保田 浩志 [2]  
[1] 原子力機構; [2] 放医研

### Development of a model for calculating galactic cosmic-ray spectra in the atmosphere

# Tatsuhiko Sato[1]; Hiroshi Yasuda[2]  
[1] JAEA; [2] NIRS

<http://www.jaea.go.jp/04/nsed/ers/radiation/rpro/EXPACS/expacs.html>

Estimation of cosmic-ray induced ionization in the atmosphere is of great important for a quantitative study of the space weather influence upon the earth's environment. We have therefore calculated the terrestrial cosmic-ray spectra by performing Monte Carlo simulation of cosmic-ray propagation in the atmosphere using the PHITS code. The accuracy of the simulation was well verified by experimental data taken under various conditions, even near sea level.

Based on a comprehensive analysis of the simulation results, we proposed an analytical model for estimating the cosmic-ray spectra of neutrons, protons, He ions, muons, electrons, positrons and photons applicable to any location in the atmosphere at altitudes below 20 km [1,2]. Our model, named PARMA, enables us to calculate the cosmic-ray induced ionization in the atmosphere instantaneously with precision equivalent to that of the Monte Carlo simulation that requires much computational time. It is evident from the figure that PARMA can reproduce the experimental data very well. For the practical use of PARMA, we developed software named EXPACS-V [3], which can calculate and visualize the cosmic-ray exposure-dose rates on the map of Google Earth. A sample picture of the software is shown in the figure below.

The details of the features of PARMA will be presented at the meeting, together with the description of some potential applications of the model to the space weather and climate researches.

銀河宇宙線が大気圏内に入射することにより生成されるイオン濃度の評価は、太陽活動と地球温暖化の関係を考察する上で極めて重要となる。また、近年、航空機乗務員の宇宙線による被ばくが社会の関心を集めており、その被ばく線量評価手法の開発が緊急の課題となっている。宇宙線により生成されるイオン濃度や宇宙線被ばくによる人体への被ばく線量を計算するためには、大気中における宇宙線スペクトルを精度良く計算する必要がある。しかし、そのスペクトルは、高度・緯度・経度・時間・周辺環境等に複雑に依存するため、それを十分な精度で計算可能なモデルは存在しなかった。

そこで、我々は、放射線輸送計算モンテカルロコード PHITS に最新の核データライブラリ JENDL-High Energy File を組み合わせて大気圏内の宇宙線挙動を模擬し、様々な宇宙線及びその2次粒子（陽子・中性子・ $\alpha$ 粒子・ $\mu$ 粒子・電子・陽電子・光子）スペクトルを計算した。そして、得られた計算結果の高度・地磁気強度（vertical cut-off rigidity）・太陽活動度（Force Field Potential）・周辺環境に対する依存性を分析し、高度20km以下の大気圏内任意地点における宇宙線（及びその2次粒子）スペクトルを計算可能な数学モデル PARMA を構築した [1,2]。これらの成果により、計算時間の膨大なモンテカルロシミュレーションを介さず、迅速かつ高精度に宇宙線により生成されるイオン濃度が計算可能となった。

また、PARMA により計算した宇宙線スペクトルに、フルエンスから人体の被ばく線量への換算係数を乗じて導出した宇宙線被ばく線量率を、Google Earth 上の地図に可視化するソフトウェア EXPACS-V[3] を開発し、Web 上で公開した。その計算画面の例を下図に示す。図は、高度12kmにおける宇宙線被ばく線量率を示しており、極地方において宇宙線被ばく線量率が上昇することが分かる。

発表では、PARMA 構築の概要について説明するとともに、宇宙天気・宇宙気候に関連する研究分野への PARMA 応用の可能性について紹介する。

[1] T. Sato and K. Niita, Analytical functions to predict cosmic-ray neutron spectra in the atmosphere, Radiat. Res. 166, 544-555 (2006)

[2] T. Sato et al., Development of PARMA: PHITS based Analytical Radiation Model in the Atmosphere, Radiat. Res. in press

[3] <http://www.jaea.go.jp/04/nsed/ers/radiation/rpro/EXPACS/expacs.html>

