

火星における宇宙放射線被ばくの予測

片岡 龍峰 [1]; 村瀬 清華 [2]; 佐藤 達彦 [3]; 塩田 大幸 [4]; 久保 勇樹 [4]; 三宅 晶子 [5]; 関 華奈子 [6]; 三好 由純 [7]
[1] 極地研; [2] 総研大・極域科学; [3] 原子力機構; [4] 情報通信研究機構; [5] 茨城高専; [6] 東大理・地球惑星科学専攻; [7] 名大 ISEE

Prediction of space radiation exposure on Mars

Ryuho Kataoka[1]; Kiyoka Murase[2]; Tatsuhiko Sato[3]; Daikou Shiota[4]; Yuki Kubo[4]; Shoko Miyake[5]; Kanako Seki[6]; Yoshizumi Miyoshi[7]
[1] NIPR; [2] Polar Science, SOKENDAI; [3] JAEA; [4] NICT; [5] Ibaraki College; [6] Dept. Earth & Planetary Sci., Science, Univ. Tokyo; [7] ISEE, Nagoya Univ.

We are setting the stage for human exploration to Mars. The purpose of this study is to quantitatively predict the radiation dose on the surface of Mars associated with galactic cosmic rays (GCRs) and solar energetic particles (SEPs). The required elements for the physics-based prediction are a) modeling GCR energy spectra in Mars orbit, b) modeling SEP energy spectra, c) air shower simulation of the Mars atmosphere with a + b as input to evaluate the radiation dose, d) Quantitative tuning by observation data set. The basic framework called WASAVIES has been developed for the Earth to combine them to realize the prediction (Kataoka et al., 2014, 2019; Sato et al., 2019). However, there are several points that require new development for adapting to Mars. One of the most challenging points is the low energy component of the SEPs, which has been neglected on Earth because of the strong geomagnetic field and thick atmosphere. It cannot be neglected on Mars because of the weak magnetic field and thin atmosphere. In other words, it is necessary to model the very complex variations of SEPs associated with the evolution of interplanetary shocks in the inner heliosphere, which has not been considered in the framework of WASAVIES. In this study, SUSANOO-CME model (Shiota and Kataoka, 2016) is introduced to solve this problem by reproducing and analyzing the interplanetary shocks in real time to find the physical limitation associated with the shock acceleration processes. In this talk, we will summarize the other potential problems of a, b, c and d, and report the current status of our development of Mars-version WASAVIES.

Kataoka, R., Sato, T, S. Miyake, D. Shiota, and Y. Kubo (2018), Radiation Dose Nowcast for the Ground Level Enhancement on 10-11 September 2017, *Space Weather*, 16, <https://doi.org/10.1029/2018SW001874>.

Sato, T, R. Kataoka, D. Shiota, Y. Kubo, M. Ishii, H. Yasuda, S. Miyake, I. Park, and Y. Miyoshi (2018), Real-Time and Automatic Analysis Program for WASAVIES: Warning System of Aviation Exposure to Solar Energetic Particles, *Space Weather*, 16, <https://doi.org/10.1029/2018SW001873>.

Shiota, D., and R. Kataoka (2016), Magnetohydrodynamic simulation of interplanetary propagation of multiple coronal mass ejections with internal magnetic flux rope (SUSANOO-CME), *Space Weather*, 14, 56775, doi:10.1002/2015SW001308.

Kataoka, R., T. Sato, Y. Kubo, D. Shiota, T. Kuwabara, S. Yashiro, and H. Yasuda (2014), Radiation dose forecast of WASAVIES during ground level enhancement, *Space Weather*, 12, doi:10.1002/2014SW001053.

人間が火星に滞在する日も近い。本研究の目的は、銀河宇宙線や太陽プロトン現象に伴う火星表面での人体への被ばく量を、物理モデルにより定量的に予測することである。予測に必要な要素は、a) 火星軌道における銀河宇宙線のエネルギースペクトルの物理モデル化、b) 太陽プロトン現象のエネルギースペクトルの物理モデル化、c) a+bを入力とした火星大気での空気シャワー計算による被ばく量の推定、d) 観測データによる定量チューニング、である。これらの4つの要素と、それらを組合わせて予測を実現するフレームワークについては、これまで我々が地球での宇宙放射線被ばく量の予測手法として開発してきた WASAVIES (Kataoka et al., 2014, 2019; Sato et al., 2019) を火星版として転用することで部分的に実現可能であるが、新規に開発が必要となる要素も複数ある。特に、b に関しては、地球では強い磁場でカットされ、厚い大気で吸収されるために無視してきた太陽プロトン現象の低エネルギー成分が、磁場の弱い火星ではカットされず、大気も薄いために火星表面にまで影響してしまうことが主な問題となる。つまり、これまで考慮してこなかった惑星間空間衝撃波による粒子加速によって太陽プロトン現象の顔ぶれが多様に変化してしまうことがモデリング上の問題である。そこで本研究では、SUSANOO-CME モデル (Shiota and Kataoka, 2016) で再現される惑星間空間衝撃波を準リアルタイムに解析し、衝撃波加速を考慮した物理的な制限をかけることで、この問題を解決することを目指す。本講演では、a,b,c,d それぞれの課題について整理し、火星版ワサビーズの開発の現状について報告する。