

Geant4によるあけぼのRDM計測器の放射線帯データ検証：電子陽子アルファ相互データ混入

Reciprocal contamination between electrons, protons and alphas in the radiation belts: Akebono RDM and Geant4 simulation

浅井 佳子^{2*}, 高島 健³, 小井辰巳⁴, 長井 嗣信¹

ASAI, Keiko T.^{2*}, TAKASHIMA, Takeshi³, Tatsumi Koi⁴, NAGAI, Tsugunobu¹

¹ 玉川学園 / 東工大・理・地惑, ² 東工大・理・地球惑星科学, ³ 宇宙研・JAXA, ⁴ スタンフォード線形加速器センター

¹Tamagawa Academy / Tokyo Institute of Technology, ²Tokyo Institute of Technology, ³ISAS/JAXA, ⁴SLAC

Geant4 粒子追跡シミュレーションツールをもちいて、1989年打上げ、高度数千 km の準極軌道を取る「あけぼの」衛星搭載の放射線モニター (RDM) の検証を行い、データ混入の除去、およびエネルギーレンジの補正值の導出に取り組んできた。RDM 検出器は、高エネルギー電子 3 チャンネル (> 2.5, 0.95-2.5, 0.3-0.95 MeV)、プロトン 3 チャンネル (30-38, 15-30, 6.4-15 MeV)、アルファ粒子 1 チャンネル (15-45 MeV) の測定を、現在も継続して行っている。RDM 検出器をシミュレーション空間内に構築し、電子、陽子、アルファ粒子のそれぞれについて、さまざまなエネルギーを設定して粒子入射を行い、粒子の軌道追跡を行った。このシミュレーションでは、入射粒子と物質の衝突散乱を再現し、入射粒子だけでなく衝突等によって生成される二次粒子も追跡する。シミュレーションの結果、電子が検出器の内部で極めて複雑な振る舞いをするのが分かった。最もよく散乱される電子のエネルギーは、測りたい対象、すなわち地球放射線帯の主成分のエネルギー帯 (1 MeV 付近) のものであった。検出器内部のシリコン検出部における吸収エネルギーを調査した結果、陽子とアルファ粒子は、ほぼ理論予測のとおり吸収エネルギーが測定されたのに対し、電子の吸収エネルギーは、理論予測に対し分散の大きい分布を示していた。さらに、粒子追跡シミュレーションにより、検出効率にエネルギー依存があることが明らかになったため、検出器開発当時の古い資料をもとに吸収エネルギー信号回路とデータ検出アルゴリズムを再現し、エネルギーチャンネルごとに、検出効率のエネルギー依存を考慮したデータ補正項の導出に取り組んだ。電子データの検証のために、内部磁気圏での観測データを、NASA の CRRES 衛星による同時観測データと比較し、また、陽子データの検証のために、高緯度における観測データを、NASA 公開の太陽風データに含まれる太陽フレア粒子と比較した。その結果、各粒子チャンネル間での相互データ混入が明らかになった。L<3 の内部磁気圏では電子データへの陽子の混入が顕著であること、また、L~4-6 の放射線帯外帯の領域では陽子チャンネルの値を電子データとして扱うことが出来ること、さらに、L>8 の高緯度領域では、陽子およびアルファ粒子チャンネルが正確なデータを出していることが確認できた。1989年と1999年までの太陽フレア粒子イベントとの比較による結果では、太陽アルファは太陽プロトンの一割程度との報告がされている通り、高緯度帯ではRDMでもプロトンの一割程度のアルファが観測していることが確認でき、時に、それが磁気嵐のときにL4以内のかなり内部まで侵入できていることが新たに分かった。

キーワード: 放射線帯, 高エネルギー粒子, 粒子検出器, Geant4, 太陽フレア粒子

Keywords: radiation belts, high energy particles, particle detector, Geant4, solar energetic particles