

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540521

研究課題名(和文) 太陽高エネルギー粒子被ばく予測モデルの研究開発

研究課題名(英文) Development of radiation dose prediction model for solar energetic particles

研究代表者

片岡 龍峰 (KATAOKA, Ryuho)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：90462671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：太陽の爆発現象から地球に向かって放出される太陽高エネルギー粒子(SEP)の影響は、最大規模のもので航空機パイロットの1年間の被ばく線量基準に達するおそれがあるため、宇宙天気予報でも最重要課題として知られている。最高エネルギーSEPによる航空機被ばく線量を物理的に、かつ定量的に予測することを目的とし、3段階モデルを用いて、過去に発生した最高エネルギーSEPイベントについて、地上の中性子モニター観測値を用いた定量的な検証を重ねることで、最高エネルギーSEPの宇宙天気予報システムWASAVIES (Warning System for Aviation Exposure to SEP)を開発した。

研究成果の概要(英文)：Solar energetic particles (SEPs) sometimes induce powerful air showers that significantly increase the radiation dose at flight altitudes. In order to provide information of such a space radiation hazard to aircrew, a forecast model is developed as WASAVIES (Warning System of Aviation Exposure to SEP), based on the focused transport equation of solar protons and Monte Carlo particle transport simulation of the air shower. WASAVIES gives a simple and fast way to predict the time profile of dose rate during ground-level enhancements (GLEs).

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：宇宙天気予報 太陽プロトン 航空機被ばく

1. 研究開始当初の背景

太陽の爆発現象から地球に向かって放出される太陽高エネルギー粒子(SEP)の影響は、最大規模のもので航空機パイロットの1年間の被ばく線量基準に達するおそれがあるため、宇宙天気予報でも最重要課題として知られている。

2. 研究の目的

最高エネルギーSEPによる航空機被ばく線量を物理的に、かつ定量的に予測することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

既に関連されているGLE Alert(Kuwabara et al., 2006, Space Weather)をトリガーとして予測することを念頭に、以下に示す3段階のモデル開発を行ってきた。

(1) 地球軌道へ飛来するSEPスペクトルの時間発展プロファイルを Focused Transport Equation の解から推定し、静止軌道衛星 GOES のリアルタイム観測データによる補正をかける。

(2) 磁気圏 Tsyganenko モデル磁場中のプロトン追跡を行い、任意の緯度経度における大気トップでのSEPスペクトルを得る。

(3) 航空機高度を含む任意の高度における被ばく線量を、任意のスペクトル形状に対応したPHITSモンテカルロ空気シャワーシミュレーションによって計算する。

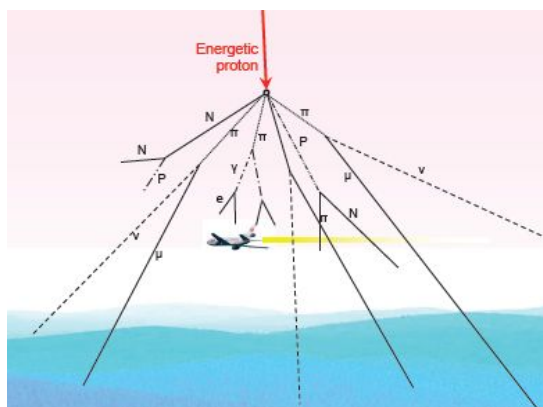


図1: 空気シャワーの模式図(Kataoka et al., 2011)

4. 研究成果

上記の3段階モデルを用いて、過去に発生した最高エネルギーSEPイベントについて、地上の中性子モニター観測値を用いた定量的な検証を重ねることで、最高エネルギーSEPの宇宙天気予報システム WASAVIES (Warning

System for Aviation Exposure to SEP)を開発した。図2に再現例を示す。

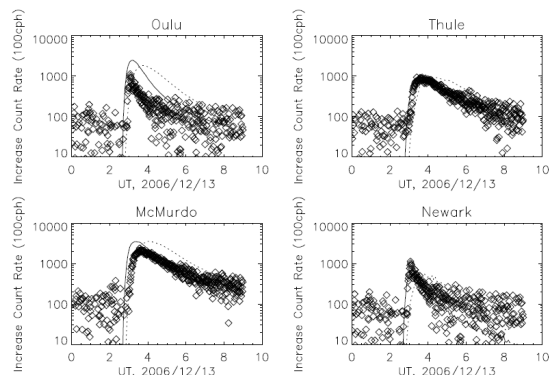


図2: GLE70の再現例(Kataoka et al., 2014)

また、当初の計画どおりに太陽から完全に繋ぐには至らなかったが、今後の改良の方向性として、高エネルギー粒子伝搬の背景場の情報を3次元の太陽圏リアルタイムシミュレーションから取り出すことにも新たな成果が得られた。図3に再現例を示す。

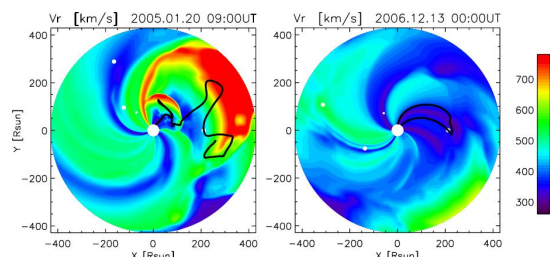


図3: GLE69とGLE70の背景太陽風の数値場と磁場シミュレーション結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

- 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, in press, doi:10.1002/2014SW001053. (査読あり)
- Shiota, D., R. Kataoka, Y. Miyoshi, T. Hara, C. Tao, K. Masunaga, Y. Futaana, and N. Terada (2014), Inner heliosphere MHD modeling system applicable to space weather forecasting for the other planets, Space Weather, 12, 187-204, doi:10.1002/2013SW000989. (査読あり)
- Sato, T., R. Kataoka, H. Yasuda, Y. Seiji, T. Kuwabara, D. Shiota, and Y. Kubo (2013), Air shower simulation for WASAVIES: Warning system for aviation exposure to solar energetic particles, Radiation Protection Dosimetry, doi:10.1093/rpd/nct332. (査読あり)

Kataoka, R., T. Sato, and H. Yasuda (2011), Predicting radiation dose on aircraft from solar energetic particles, *Space Weather*, 9, S08004, doi:10.1029/2011SW000699. (査読あり)

[学会発表](計19件)

Shiota, D., R. Kataoka, Y. Miyoshi, T. Hata, C. Tao, K. Masunaga, Y. Futaana, and N. Terada, Development of a fast MHD modeling system of the inner heliosphere for space weather forecast, International CAWSES II Symposium 2013, Nagoya, 18-22 November 2013.

Kataoka, R., T. Sato, Y. Kubo, D. Shiota, S. Yashiro, T. Kuwabara, H. Yasuda, Development of WASAVIES (Warning System of Aviation Exposure to Solar Energetic Particles), International CAWSES-II Symposium, Nagoya, 18-22 November 2013.

塩田大幸, 片岡龍峰, 三好由純, 原拓也, 埜千尋, 益永圭, 二穴喜文, 寺田直樹, 実証型宇宙天気統合システムの開発, 地球電磁気・地球惑星圏学会第134回総会・講演会, 高知, 2013年11月2-5日.
片岡龍峰, 佐藤達彦, 久保勇樹, 塩田大幸, 八代誠司, 桑原孝夫, 保田浩志, Space Weather Hazards on Aviation Exposure: Development of WASAVIES (Warning System for Aviation Exposure to SEP), 第134回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 高知, 2013年11月2-5日.

Sato, T., R. Kataoka, H. Yasuda, S. Yashiro, T. Kuwabara, D. Shiota, Y. Kubo, Airshower Simulation for WASAVIES: Warning System of Aviation Exposure to SEP, NEUDOS12, Aix-en-Provence, 3-7 June 2013.

Shiota, D., R. Kataoka, Y. Miyoshi, T. Hata, C. Tao, Development of automatic daily MHD simulation of solar wind and coronal mass ejections in inner heliosphere, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 千葉, 2013年5月19-24日.

Kataoka, R., T. Sato, Y. Kubo, D. Shiota, S. Yashiro, T. Kuwabara, H. Yasuda, Development of WASAVIES (Warning System of Aviation Exposure to SEP): Science Modeling, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 千葉, 2013年5月19-24日.

Sato, T., R. Kataoka, H. Yasuda, S. Yashiro, T. Kuwabara, D. Shiota, Y. Kubo, H. Yasuda, Development of WASAVIES (Warning System of Aviation Exposure to SEP): System Overview, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 千葉, 2013年5月19-24日.

Shiota, D., R. Kataoka, Y. Miyoshi, C. Tao, Development of automatic daily MHD simulation of inner heliosphere, 日本天文学会2013年春季年会, 埼玉, 21 March, 2013.

塩田大幸, 片岡龍峰, 三好由純, 埜千尋, 全自動内部太陽圏 MHD モデルの開発, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 第132回総会及び講演会, 札幌, 2012年10月20日.

Sato, T., R. Kataoka, H. Yasuda, S. Yashiro, T. Kuwabara, D. Shiota, Space Weather Hazards on Aviation Exposure, COSPAR Scientific Meeting, Mysore, India, 15-21 July 2012. (Invited)

塩田大幸, 片岡龍峰, 三好由純, 埜千尋 太陽全球磁場観測に基づく全自動宇宙天気モデルの開発, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 千葉, 2012年5月20日-5月25日.

片岡龍峰, 八代誠司, 佐藤達彦, 保田浩志, 桑原孝夫, 塩田大幸, 最高エネルギー太陽放射線予報システム, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 千葉, 2012年5月20日-5月25日.

佐藤達彦, 保田浩志, 片岡龍峰, 八代誠司, 桑原孝夫, 塩田大幸, 高エネルギー太陽放射線が引き起こす空気シャワーシミュレーションの精度検証, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 千葉, 2012年5月20日-5月25日.

塩田大幸, 片岡龍峰, 観測データ駆動型フラックスロープ磁場コロナ質量放出モデルの開発, 日本天文学会, 2012年秋季年会, 京都, 2012年3月19-22日.

塩田大幸, 片岡龍峰, 三好由純, 埜千尋, 太陽全球磁場観測に基づく全自動リアルタイム宇宙天気モデルの開発, 日本天文学会年秋季年会, 鹿児島大学, 2011年9月20日.

塩田大幸, 片岡龍峰, 太陽高エネルギー粒子予測に向けた衝撃波伝搬モデルの開発, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 千葉, 2011年5月22日-5月27日.

佐藤達彦, 保田浩志, 片岡龍峰, 八代誠司, 桑原孝夫, 塩田大幸, 最高エネルギー太陽放射線に対する空気シャワーシミュレーション, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 千葉, 2011年5月22日-5月27日.

片岡龍峰, 八代誠司, 佐藤達彦, 保田浩志, 桑原孝夫, 塩田大幸, 最高エネルギー太陽放射線予報システム WASAVIES の研究開発, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 千葉, 2011年5月22日-5月27日.

[その他]

JpGU2011において太陽放射線被ばくセッションを開催(代表コンピーナ: 片岡龍峰)

JpGU2012において太陽放射線被ばくセッションを開催(代表コンピーナ:片岡龍峰)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 龍峰 (KATAOKA, Ryuho)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 90462671

(2) 研究分担者

佐藤 達彦 (SATO, Tatsuhiko)
日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学
研究部門・研究主幹
研究者番号: 30354707

塩田 大幸 (SHIOTA, Daikou)
名古屋大学・太陽地球環境研究所・特任助教
研究者番号: 90462192

(3) 連携研究者

保田 浩志 (YASUDA, Hiroshi)
放射線医学総合研究所放射線防護研究センター・環境放射線影響グループ・チームリーダー
研究者番号: 50250121