

# 高高度宇宙線被ばくのリアルタイム推定

保田浩志<sup>1</sup>、矢島千秋<sup>1</sup>、鳥居建男<sup>2</sup>

1. 独立行政法人放射線医学総合研究所、2. 独立行政法人日本原子力研究開発機構

## 1. はじめに

地球には宇宙から常に高エネルギーの放射線(宇宙線)が降り注いでいる。これらの粒子は大気原子と反応し、多数の二次粒子を発生する。二次粒子の数は標高が高くなるほど多く、宇宙線による被ばくも増える。上空を飛行する航空機では、海拔ゼロの平地と比べて宇宙線による被ばく線量は百倍ほどになる。こうした事実を踏まえ、国際放射線防護委員会(ICRP)は、1990年の勧告において、ジェット機での飛行に伴う宇宙線被ばくを職業被ばくとして考える必要のあることを指摘した。1996年には欧州連合(EU)が航空機乗務員の宇宙線被ばくに関するアセスメントなどを求める指令を発令、2009年現在すべてのEU加盟国はこれに適合する措置を採っている。日本でも文部科学省放射線審議会において2004年から約2年にわたりこの問題が検討され、2006年4月航空機乗務員の被ばく管理に関するガイドラインが策定された。これを受けて、国際便を運航する本邦航空会社では翌2007年度から乗務員の被ばく管理を開始、現在に至っている。放射線医学総合研究所では放射線防護の専門家の立場からこれを支援しており、その主な内容は被ばく線量の計算と検証である。信頼できる線量値を得るためには、計算モデルの精緻化に加え、実際に上空における宇宙線強度の変動を常時監視し、計算の正確さを検証することが必要である。日本で最も高い位置にある富士山頂は、その目的に照らして最適な場所といえる。

## 2. 方法

富士山の山頂(標高 3776m、N 35.36°、E138.73°)に位置する旧富士山測候所1号庁舎2階において、2009年7月末から8月中旬にかけて宇宙線観測を行った(図1)。観測には、測定対象とする粒子種や放射線応答特性の異なる8種類の測定装置を使用し、宇宙線の中性子や電離成分に関する総合的な観測を行った。また、測候所と直線距離で約16km離れた御殿場事務所との間に無線LANの通信システムを独自に敷設、遠隔地(千葉市)とのリアルタイムデータ通信や状況監視、制御操作を可能とした。

一方、富士山頂で得られた実測データから上空での宇宙線線量率を推定する手法の精度を検証するため、日本貨物航空(株)の協力を得て、2009年2月5日に富士山の近傍を飛行する成田(N35.3°、E136.9°)～関西(N34.4°、E135.2°)便の航空機(Boeing 747)内で3種類の中性子測定装置を使用し、宇宙線観測を行った。同便の飛行ルートを図2に示す。同便では富士山のごく近傍富士山頂での観測と航空機内での観測は実施時期が半年近く異なるが、太陽活動は極小期でほぼ同じレベルにあり、大気圏内の宇宙線強度に有意な差は生じていないと考えられる。



図1. 旧富士山測候所の外観(左)と同所1号庁舎2階での観測作業風景(右)。

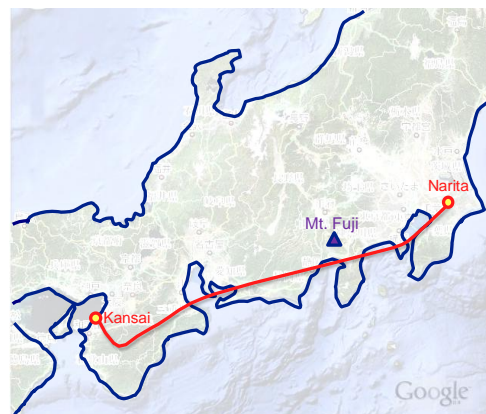


図2. 2009年2月に宇宙線観測を実施した成田～関西便の飛行経路。

### 3. 結果と考察

旧富士山測候所においてエネルギー拡張型の減速材付中性子レムモニタ(WENDI-II、Ludlum Measurements Inc.)で得られた宇宙線中性子線量(1cm 周辺線量当量値)の実測値の推移を図3に示す。同モニタは、航空機高度における宇宙線中性子の線量を精度よく測定できることが分かっている(Yasuda et al. 2009)。この間、モニタの指示値は比較的安定して推移し、静穏な太陽活動を裏付ける結果となった。測定期間中の宇宙線中性子の平均線量値は $0.096 \pm 0.008 \mu\text{Sv h}^{-1}$ で、数学モデル(Sato et al. 2008)で計算した中性子スペクトルとモニタの応答関数から求めた推定値(0.097)と良く一致した。

航空機内において同じモニタで得られた線量率は $1.088 \pm 0.120 \mu\text{Sv h}^{-1}$ と、富士山頂の値のおよそ10倍の値となり、モデル計算による予測値( $1.018 \mu\text{Sv h}^{-1}$ )の正確さが確認できた。一方、旧富士山測候所で得られた測定値に基づいて、あらかじめモデル計算で求めた宇宙線線量率の高度分布のパターンから経験的に推定した値は $1.001 \pm 0.085 \mu\text{Sv h}^{-1}$ となり、モデル計算による予測値とよく一致がみられた(図4)。この結果から、富士山頂で得られる観測データから煩雑な計算に依らず上空の宇宙線線量率をリアルタイムに推定する方法の有効性が実証できた。

今後は、本手法を航空乗務員の被ばく管理に役立てることを視野に入れながら、異なる太陽活動時期における有効性の実証が最大の課題である。その課題を克服するためにも通年で観測が待たれる。

本研究はNPO法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行われた。また、登山日程の調整から撤収までの一連の作業において、同NPOの関係各位から多大な支援を受けた。観測機材の整備・設置等では、三樹工業株式会社の東又厚氏、新井誠司氏ら、科学システム研究所の杉田武志氏らの協力を得た。航空機内での宇宙線観測は日本貨物航空(株)の理解と協力を得て実施された。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- Sato, T., Yasuda, H., Niita, K., Endo, A. Sihver, L. (2008) Development of PARMA: PHITS based Analytical Radiation Model in the Atmosphere, Radiat. Res. **170**, 244-259.
- Yasuda, H., Yajima, K., Sato, T., Takada, M., Nakamura, T. (2009) Responses of Selected Neutron Monitors to Cosmic Radiation at Aviation Altitude, Health Phys. **96**, 655-660.

\*連絡先：保田浩志(Hiroshi YASUDA)、h\_yasuda@nirs.go.jp

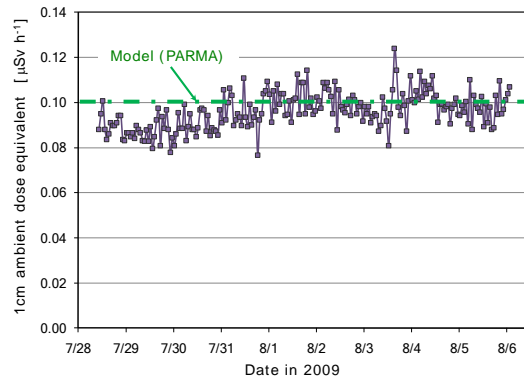


図3. 旧富士山測候所においてエネルギー拡張型レムモニタWENDI-IIで測定された宇宙線中性子の線量率(1cm周辺線量当量率)の推移。

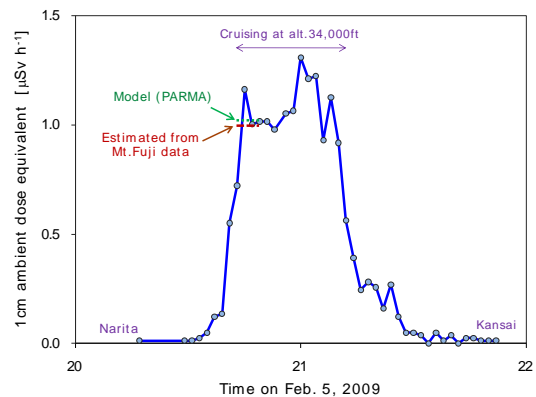


図4. 2009年2月5日に成田～関西便の民間航空機内でWENDI-IIにより実測した宇宙線中性子の線量率(青線)。モデル計算による予測値(緑)と富士山頂のデータから経験的に求めた推定値(茶)。