

宇宙で用いるサーベイメータ型放射線モニタの開発

放医研 保田浩志*、矢島千秋、高田真志、放医研／東北大学 中村尚司、
原子力機構 佐藤達彦、宇宙フォーラム 藤島徹

Development of Cosmic Radiation Survey Meter

Hiroshi Yasuda, Kazuaki Yajima, Masashi Takada, Takashi Nakamura,
Tatsuhiko Sato and Toru Fujishima*

*National Institute of Radiological Sciences, 4-9-1 Anagawa Inage Chiba 263-8555

E-Mail: h_yasuda@nirs.go.jp

Abstract: Radiation monitors used for the International Space Station are fixed at certain positions and direct observations with the monitors just indicate point doses; small chips of passive dosimeters have low sensitivities to energetic cosmic neutrons. Thus, we have started to develop a novel survey meter that can measure cosmic radiation doses by separating neutrons, protons and other particle species on site, for application to astronauts who would walk outside a spacecraft on the ground of moon and/or Mars.

宇宙空間における任意の場所で放射線被ばくの状況を迅速に調べられるようにするため、JSF 公募地上研究で得られた成果を基に、宇宙環境利用委員会研究班 WG 活動の一環として、宇宙での使用に適した特性を持つ放射線サーベイメータの開発を開始、試験機を製作して応答を確認した。

研究の背景と意義

国際宇宙ステーション (ISS) の放射線モニタは船内のある場所に固定されており、直接得られるデータはそのポイントの放射線環境を示すのみである。船外活動時や将来の月面探査時においては、宇宙飛行士をとりまく放射線環境は飛行士の居る場所の遮へい環境や太陽活動の変動に伴い時々刻々変化すると考えられ、その被ばく状況を船内のモニタから推定することは非常に困難である。船外を移動する宇宙飛行士の周囲の放射線環境をリアルタイムに捉え、被ばく線量を適切なレベルに抑えるには、各飛行士にアクティブ型のモニタを携帯させて自身の被ばく状況を随時把握できるようにすることが望まれる。

しかしながら、その為に用いる測定装置は世界でも未だ実用レベルのものが無く、本研究で小型・軽量・省電力の装置を完成できれば、ISS 宇宙飛行士の被ばく管理に直接役立つ重要なインフラの 1 つとして活用できるだけでなく、将来の月面や火星での有人探査時において、飛行士自身がリアルタイムに被ばく状況を把握しながら安全に任務を遂行できるようになると期待される。

そこで、当チームでは、これまで培ってきた技術やノウハウを基に、携行性に優れ宇宙放射線環境に適した特性を持つ宇宙用放射線サーベイメータの開発に着手した。

装置の仕様

当チームでは、宇宙船内の中性子環境を正確に把握することを狙いとして、2005～2007 年度の 3 年間、(財)日本宇宙フォーラムが推進している「宇宙環境利用に関する公募地上研究」の次期宇宙利用研究課題として、本研究で目標としているサーベイメータの原型となる中性子モニタの開発に取り組み、目標としていたプロトタイプを完成するに至った。

しかしながら、当該プロトタイプは、長さが 50cm 近く、外容器を含めた重量が 20kg 超あるため、これをリソースの限られた宇宙船内に運び入れて観測を行うことは至難である。また、その蛍光寿命の短さから採用した有機液体シンチレータは、揮発性や可燃性のある液体であるため、昨今のセキュリティ対策の強化を受けて、宇宙船のみならず移動用航空機への搭載に相当の制限を受けることが懸念される。

そこで、本研究では、有機液体シンチレータに代えて常温で固体のスチルベンシンチレータを採用、サイズを 5 インチから 2 インチに小さくし、宇宙線に対する粒子弁別機能を持ちながら、無理なく安全に持ち運べて測定を行えるモニタを設計した。Fig.1 にその概念をイラストで示す。(Fig.1)。

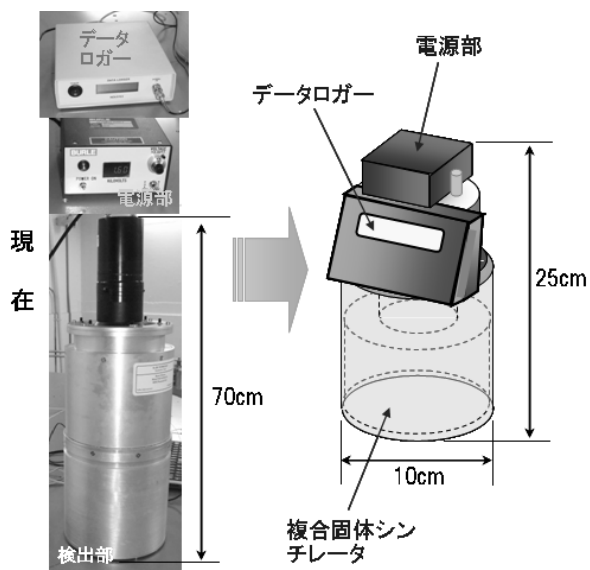


Fig.1 An image on development of cosmic radiation survey meter.

信号波形の取得は既に当チームで開発した高速データロガーを小型化したもので行う。当該データロガーは、検出部からの信号を2ns間隔で255階調のデジタル信号に変換、USB2.0インターフェースでPCへ転送する機能を持つ。これをPC上のデータ処理プログラムによりリアルタイムに解析する (Fig.2)。

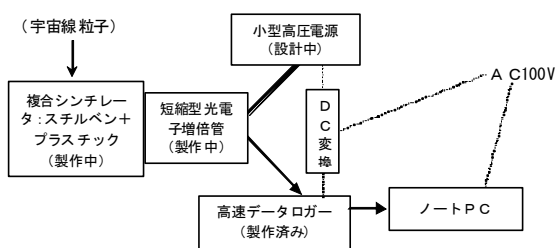


Fig.2 Formation of the system instruments consisting of the cosmic radiation survey meter under development.

弁別処理された波高データはPC内部のハードディスクに自動記録し、PC画面上の操作により粒子種ごとに弁別、得られた波高分布を予め求めておいた応答関数により逆変換して、各粒子のエネルギースペクトルならびに積算線量を導出する。積算線量については時

系列プロットを任意表示できるようにする。

現在の進捗状況

本研究では以下の目標を順次達成していく。

1. 宇宙環境利用に適した放射線サーベイメータの仕様の確定。
2. 設計仕様に沿った試験機の製作。
3. 加速器実験等による応答特性の定量化。
4. 航空機実験での宇宙線に対する機能の検証。
5. 宇宙環境利用に向けての整備・改良。

2009年1月現在、試験機の製作を終えた段階である。加速器実験は来年度のマシンタイムを待たねばならないが、まずは放医研の $^{241}\text{Am-Be}$ 中性子線源及び ^{137}Cs ガンマ線源を用いて当該試験機の応答を確認、粒子弁別に適した波形処理の条件について考察した。

まず波形を観察して、 $-20\sim 400\text{ns}$ の範囲で信号の積分範囲を変えながら弁別に最適な値を決定、既に開発済みの粒子弁別用プログラムを用いてデータを取得した。スチルベンシンチレータのピークは $-20\sim 40\text{ns}$ 辺りに見られ、この範囲の信号積分値と $40\sim 400\text{ns}$ の長寿命成分の積分値の関係を調べることで、中性子と γ 線を弁別できることが確認された (Fig.3)。

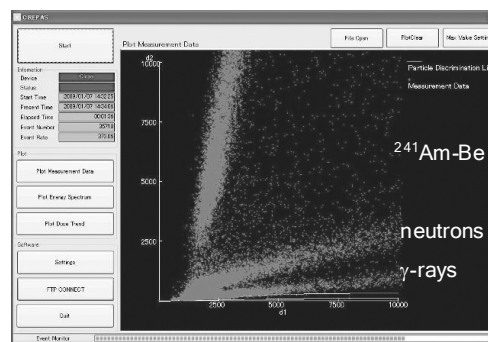


Fig.3 Plots of two signal integrals obtained on site for $^{241}\text{Am-Be}$ source radiations.

今後は、粒子線加速器等を利用し、他のエネルギーの中性子や重荷電粒子等で応答試験を行い、粒子弁別技法の最適化を図るとともに、宇宙でサーベイメータとして利用するための機能を付与していく。

謝辞

本研究は宇宙環境利用委員会研究班WGの活動の一環として進めている。JAXAの皆様からのご支援に感謝します。