

最新の宇宙天気の動向と太陽活動の影響について

日乗連ニュース No.37-57「[宇宙天気に関する最近の動き](#)」でお知らせした通り、宇宙天気を把握することの大切さと、その予測システムや運航中の手順をご紹介しました。そこから 8 年が経過しましたが、今回、最新の状況についてご紹介します（このニュースは HUPER 委員会での NICT によるレクチャー^{*1}の内容を元に作成しています）。

1. 太陽フレアと銀河宇宙線

前回のニュースでもご紹介していますが、太陽フレアとは太陽の爆発現象のことで、小規模なものは 1 日 3 回ほど発生しています。同時に、衝撃波、プラズマ、コロナガスが発生し、地磁気嵐や GPS に影響をもたらし、さらには太陽放射線による被ばく量の増加を引き起こします。これは、フレアの発生から最短で 30 分から 10 数時間というスパンで到達します。通常時は、銀河宇宙線（宇宙の他の天体から降り注ぐ放射線）による被ばくが主ですが、大きなフレア発生時は、1 度に年間の被ばく量を超えてしまうようなケース（通常時の 50 倍以上）が発生する可能性もあります。特に、高高度、高緯度を飛行している場合にその被ばく量は増える傾向があります。



2. 宇宙放射線（太陽フレアと被ばくの仕組み）

宇宙には大きく分けて「銀河宇宙線」「太陽宇宙線（太陽フレア）」「放射線帯電子（地球周辺の高エネルギー電子）」の 3 つがあります。これらを 1 次宇宙線と呼びますが、地球の大気に到達すると核反応を起こし 2 次宇宙線が生成されます。航空機被ばくを引き起こすのはこの「2 次宇宙線」であり、中性子、ニュートリノ、ミューオン、バリオン等様々な粒子が発生しますが、航空機高度では中性子が最も多く、被ばく線量への影響が一番大きくなります。

3. プロトン現象

銀河宇宙線は長期的には変動はありますが、短期的には変動はなく、一定と考えてよいものです。しかしながら、太陽放射線はフレア活動により、短期間で大きく増加する可能性があります。運航乗務員への線量増加を引き起こす可能性のあるレベルの太陽放射線粒子現象（プロトン現象）は、平均すると年 1 回程度です（1942 年から 2021 年までに合計 73 回）。しかしながら、太陽活動極大期には年間数回発生したこともあります。

フレア現象の大きさは、A/B/C/M/X の各クラスに分類されています。NOAA（アメリカ海洋大気庁）のレベルでは、R1 から R5 に分類されています。フレアの大きさとプロトン現象の相関関係は必ずしも同じではなく、小さなフレアでもプロトン現象としては大きくなるケースもあります。

4. 「WASAVIES」 太陽放射線被ばく警報システム

前回のニュースでも紹介しましたが、「WASAVIES」という太陽放射線被ばく警報システムがすでに稼働しています。（参考 URL <https://wasavies.nict.go.jp/>）

万一、フレア並びにプロトン現象が顕著になった場合、HP 上で警報を知らせてくれますが、あくまでも発生後の被ばく量を推測するシステムであり、現在の技術では発生の予測まではできません。そのため、イベントの発生時に、上空をフライト中の航空機にいかにも速やかに知らせ、その連絡を受けた機長は搭載燃料の許す範囲内で、高度を下げる、より南側のルートに変更する、等の措置を取ることが重要です。

つまり、被ばくを軽減することはできても、0 にすることは不可能であることを念頭に置いたうえで、被ばく管理を行うことが肝要です。フライト終了後、被ばくしたであろう線量を計算、評価し、年間の被ばく量をガイドラインの 5mSv 以下になるよう、その後のスケジュール作成に反映させる必要があります。

5. 被ばく管理目標値

ICRP（国際放射線防護委員会）の勧告により、1990 年に規定され、日本国内では当局が 2006 年にガイドラインを発行し、年間 5mSv と設定しました。日乗連ニュース No.29-48「[国、乗員の宇宙線管理を企業に求める](#)」で詳細をお知らせしていますが、文科省内のワーキンググループに日乗連の委員が参加し、粘り強い取り組みの成果でもあると言えます。この目標値は、現在も国内の航空各社の被ばく量管理に用いられ、国際線を担当するパイロットや客室乗務員も 5mSv を超えないよう管理されています。

6. 太陽フレアの影響は管理されていない

現在の被ばく量管理は、過去に代表的な路線の被ばく線量を計測し、他の路線は係数をかけて仮定の被ばく量を計算したモデルを利用して管理しています。つまり、太陽イベント時の線量は反映されていません。本来であれば、線量計を常時搭載して被ばく線量管理をするべきですが、費用などの関係で世界的にも実現できていません。

7. 宇宙天気予報と航空機運航

これまで被ばくに関して記述してきましたが、宇宙天気は被ばく以外に、衛星測位（GPS）、短波通信（HF）、衛星通信（SATCOM）への影響だけでなく、機内のコンピューターへも影響（SEU^{※2}）を与えます。

NICT（情報通信研究機構）では、太陽フレア、プロトン現象、地磁気擾乱、放射線帯電子、電離層嵐、デリンジャー現象や、スポラディック E 層の予報を行っています。

（NICT 宇宙天気予報：<https://swc.nict.go.jp/>）

NOAA（アメリカ海洋大気庁）でも同じく宇宙天気予報を実施しており、無線、太陽被ばく、地磁気嵐の情報を提供しています。（SPACE WEATHER PREDICTION CENTER：
<https://www.swpc.noaa.gov/>）

8. 宇宙天気予報センターと航空会社の利用

昨今の宇宙天気の必要性を鑑み、ICAOは2017年に宇宙天気予報センターの公募を世界に向けて開始しました。宇宙天気先進国の欧米以外にも、中国やインド等多くの国が応募する中、オーストラリア、カナダ、フランス、日本の4ヵ国で「ACFJコンソーシアム」を構成し、アジアで唯一、宇宙天気予報センターに参画しています。2019年11月から本格運用が開始され、現在、宇宙天気情報を提供しています。

こうした有用な情報が提供されているにも関わらず、国内各社で宇宙天気情報が積極的に利用されていないのは、日本国内では航空情報として取り入れられていない現状があるためです。また、ICAO ANNEX3 第9章によると、宇宙天気情報も運航に必要な情報として提供されなければなりません（[IFALPA SAFETY BULLETIN 22SAB10](#) 参照）。しかし、規定上求められているのは、年間の被ばく線量（宇宙銀河線）のみであり、宇宙天気情報を航法、無線、太陽フレアによる被ばく対策に利用する仕組みが、関係法規や規定に反映されていないことが原因と考えられます。

9. 日乗連 HUPER 委員会として取り組む方向性

NICTとの情報交換や、NOAA等が主催する関係会議に今後も継続的に参加することで、最新の宇宙天気情報や知識を取り入れながら、関係当局や各航空会社への働きかけを引き続き行っていく予定です。

以上

※¹HUPER委員会でのNICTによるレクチャーは、日乗連HPの「トピックス」タブ内の「シンポジウム・勉強会」から閲覧可能です。閲覧に必要なパスワードは、日乗連手帳の最初のページをご参照ください。

※²SEU（Single Event Upset）、宇宙線が機内のコンピューターにあるメモリ内を通過する際に、ビットが反転する現象。