

航空機内の放射線のデータ測定
—実感のある放射線強度理解のために—

八 木 一 正 ・ 澤 村 省 逸
久 坂 哲 也 ・ 重 松 公 司

岩手大学教育学部研究年報 第 74 巻 別刷
平成 27 年 3 月

Reprinted from the Annual Report of
the Faculty of Education, Iwate University, Vol.74
March 2015

航空機内の放射線のデータ測定 —実感のある放射線強度理解のために—

八 木 一 正* ・ 澤 村 省 逸*
久 坂 哲 也** ・ 重 松 公 司*

(2014年9月30日受付, 2014年12月22日受理)

航空機内の放射線強度がたいへん高いことは昔から知られているが、子ども達は地上から離れると、むしろ、小さいはずだと素朴に考える。この種の疑問を晴らすために確固たる生のデータを示し、自然現象の様々な不思議を感じ取らせたい。そこで、二度に渡る国際線での測定のチャンスを生かして、その実態をグラフ化できたので紹介する。またこのグラフの重大な問題点も明らかにし、航空機搭乗中の宇宙線被爆の影響が思い掛けなく大きいという状況も披瀝し、目に見えない体感できない放射線強度を間接的だが実感をもって理解するための参考に資する。さらに、この種のデータの紹介も兼ねた放射能講座も幾度行ったので、その反応にも言及する。

[キーワード] 保健物理、放射線測定、航空機内、宇宙線被爆、安全基準、放射能講座、原発事故、福島

1. 研究の目的

2011年3月の福島原発事故を機に、放射線に対する国民の関心が急に高くなった。特に、マスコミ等で騒がれている放射線強度を自分で実感する機会が一般の人にはなく、多くの人不安を募らせているのが実情である。そこで、筆者らは、特に子どもや学生に放射線強度を実感する場を増やして上げようという観点から、この問題の解決が必要であると感じてきた。そういう中で、航空機や宇宙船の中の放射線強度が意外と高いということを思い出し、航空機搭乗中の放射線強度を測定するという企画を立てた。そして、海外渡航のチャンスが訪れたのを機に、航空機内の放射線強度を測ってみようということで、相応な準備をして実施した。そして、学校での物理教育にも活用できる確固たるデータを取りグラフを描くことを目的に尽力してきた^{1,5-6)}。以下、測定方法や測定結果、さらにその測定値の問題点等を報告する。

* 岩手大学教育学部

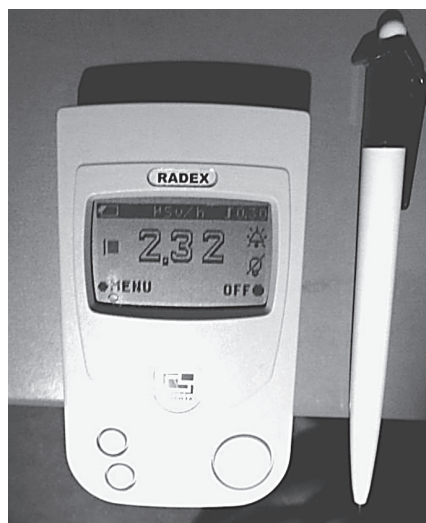
** 大阪大学大学院人間科学研究科

2. 測定方法

航空機内の放射線強度の測定実験は、一回目が2012年3月中旬に成田ーハワイ間（約6200 km、高度約3500 f = 10668m程度）を往復（3/15・3/21）して調べた。2回目は、2012年の6月に成田・サンフランシスコ間（約8700 km、高度約35000f）を往復（6/10・6/17）して調べた。放射線測定器は、両方ともネットで安価に自ら入手できるもので、10分ごとに測定・記録し、それをグラフ化した（図1～2）。放射線の測定器の仕様の概略は以下の通り。

1回目はロシア製RADEX RD1503で放射線測定器Ⅰ（写真1）とし、検出器がガイガー・ミュラー計数管、測定線種は γ 線。国民生活センターでも紹介され、使い勝手がよく、高い評価を得た人気機種でもある。測定値は目で観察する（一定時間間隔の）瞬時測定のみで、長時間の自動計測はできない。一回目の測定は乗務員の許可¹³⁾を得て、2人の人間で交代しながら客席での測定・記録に無事成功した。

2回目は日本製のBELL-ME（CK6）で2回目に使用した測定器Ⅱ（写真2）とし、検出器がSi半導体、線種は γ 線。これは瞬時測定には不便だが、1ヶ月程度の長時間に渡る自動計測や積算値計測が可能で、パソコンに取り込んで処理できる利点がある。教材社ケニス等でも市販され一定の評価を得ている機種である。2回目の測定場所は前回の客室ではなく荷物室のトランクの中で10分毎に自動計測した。荷物の奥にあったせいかわからないが一回目に比較してデータの値が少し小さいことが分る。ただし、両者の個体差はほとんどないことは事前にチェックしたので問題はない。



（写真1）放射線測定器Ⅰ（RADEX RD1503）
（機内で瞬時強度を測定中の写真）



（写真2）放射線測定器Ⅱ（BELL-ME-CK6）
（これで長時間の自動計測を実施）

3. 測定結果

測定結果は次ページ（図1）と（図2）にまとめた。縦軸は放射線強度 [$\mu\text{Sv/h}$]、横軸は飛行時間 [h] である。一つの特徴として、子ども達に様々な気付きを増やそうという教育的配慮から、行きと帰りの生のグラフを同一画面に入れ込み、帰りは逆向きに並べた。

例えば、横軸の飛行時間が異なるのは、偏西風に乗るか逆らうかによって異なるからだということを知って欲しかった。また、同一画面で、それらの様々な違いを子どもたちに考えさせ実感させる狙いもあった。さらに、異なる2つの飛行区間のグラフを並べたのはデータの信頼性を上げることと、子ども達に2つの生データの共通性などを感じ取ってほしかったからである。また、図3で示すシュミレートされた平板な予想グラフに比べて、宇宙の激しく変化する環境の中での生データの方が、誤差も大きく実際の臨場感も出せると考えたからである。

ただ、これは運航高度や航路が全く同じであるというわけではない。航空各社は衝突回避のために、行きと帰りは高度差が35000 f、36000 f のように「奇数偶数高度差の規定」で往復1000feet = 305mの高度差（約3%前後、東向きが低空）で飛び、ルートも風向きで少し変わるとされている。しかし、これらの差で放射線強度が極端に変わる要因になるとは思われないので、他の要因が大きく影響している可能性を実感させられる。

2回の往復の測定はいずれも夜出発して朝か昼前に到着する便を選んだ。ネット情報によると、成田ーロスアンゼルス間で最大4.19 [$\mu\text{Sv/h}$] にもなったという記録もある程である。

ここで示したデータは季節や飛行場所、さらに時間帯などによっても変わるが、常に放射線の環境が変わり数値が変動して波打っているのが分る。そして、このデータにはより本質的な問題点がある。それは上空の宇宙線の影響を考慮していないということで、本来のデータより値が小さくなってしまい、換算せねばならないということである。

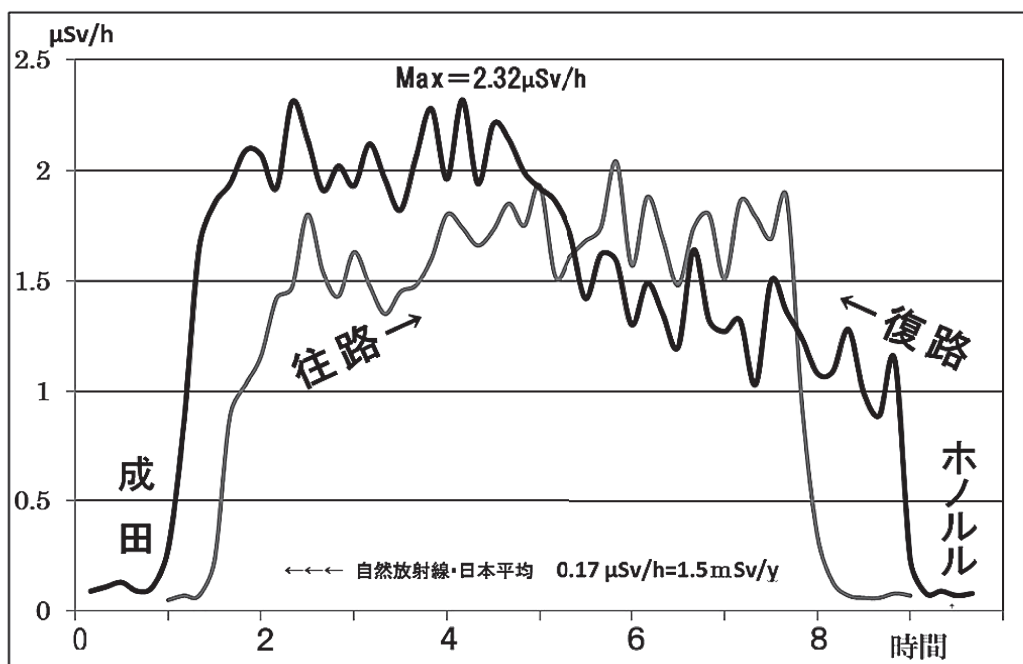
4. 放射線測定値に関する問題点の考察

つまり、ここで使用した測定器は地上でガンマ線やエックス線での測定を基準にして目盛 [$\mu\text{Sv/h}$] が振ってある。ところが、ジェット機の飛ぶ約10000m 上空は上記に加えて宇宙線と呼ばれる陽子、中性子、 μ 粒子、電子などの混合粒子の照射を受ける。特に、こちらはエネルギーが大きいために直接あるいは壁材との相互作用で間接的に機壁を貫通し、放射線の生体影響（Qファクター；線質係数）は太陽活動など状況により2倍程度にも跳ね上がる¹⁰⁾とされている。

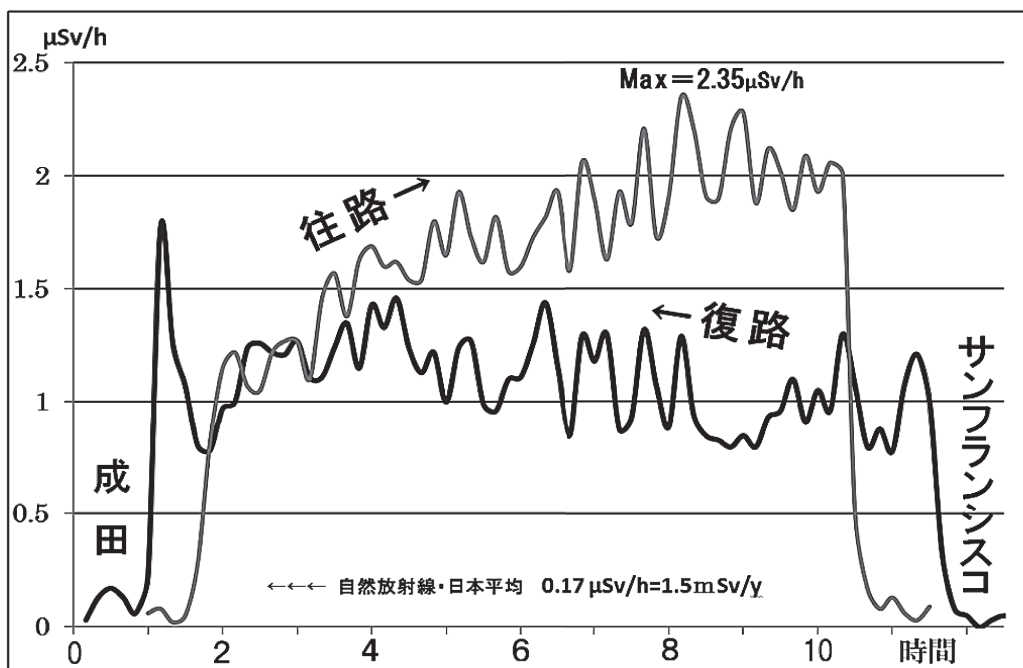
航空機内の放射線に関しては、毎年のICRP 勧告の中で、多くの調査の中から年間被ばく線量が50mSvを超えてはならないなど多くの提案がなされ、航空機の搭乗員の様々な搭乗条件等が制限されている。しかし「Q値に付随する不確かさ」¹¹⁾が原因で、ガンの発生率などの論争のもとになっており、新しい方のICRP 勧告が簡単に受け入れられず、1990年の勧告を今だに基準にしているのが実情である。

したがって、ここで測定した数値は $Q = 1$ ($\text{Gy}=\text{Sv}$) の時を想定したもので、実際の航空機内のものではない。よって、換算しなくてはならない。

もし、 $Q = 1.5 \sim 2.0$ であれば、実際が目盛より1.5～2.0倍も多く放射線を被ばくしていることになる。機内の放射線強度が2.0マイクロシーベルト毎時 [$\mu\text{Sv/h}$] を示しているとする、実際の体に及ぼす影響は3.0～4.0 $\mu\text{Sv/h}$ になるという訳である。



(図 1) 航空機内の放射線強度 (成田—ホノルル間往復、2012年 3 月測定、平均強度は $1.5 \mu\text{Sv/h}$ 程度、この区間は JISCARD の Q 値予測によると 15% 増の放射線被曝)



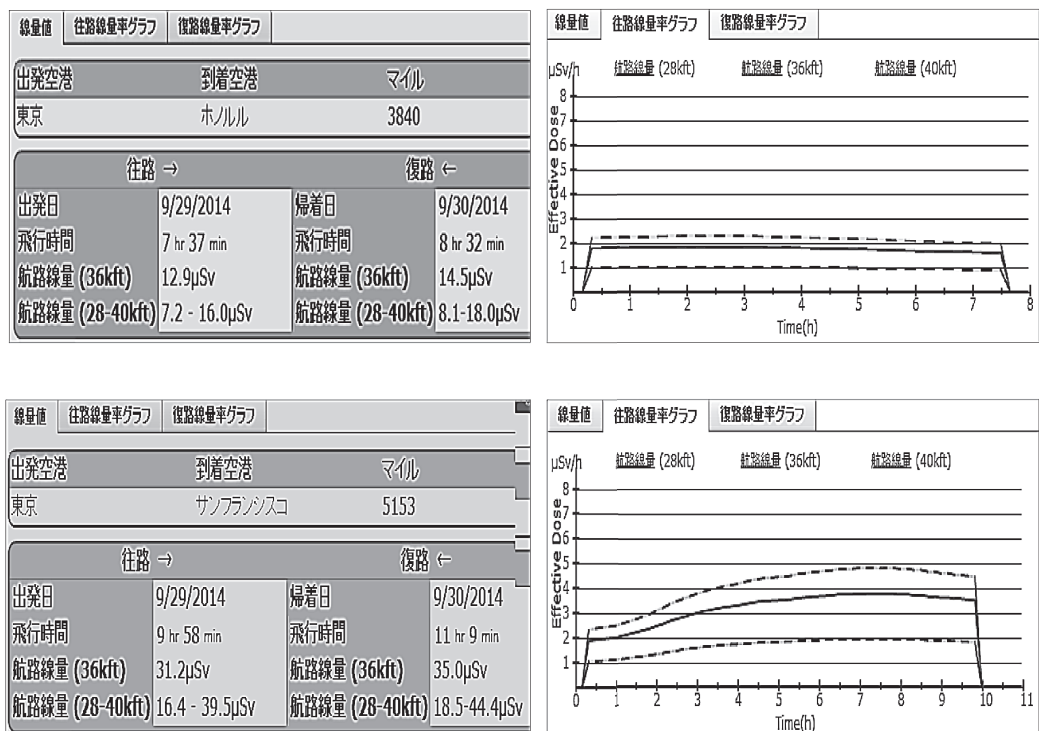
(図 2) 航空機内の放射線強度 (成田—サンフランシスコ間往復、2012年 6 月測定、平均強度は往路が $1.5 \mu\text{Sv/h}$ 程度、復路が $1.2 \mu\text{Sv/h}$ 程度、この区間の Q 値は 2.36 と予測)

航空機内の放射線のデータ測定

しかし、換算は太陽活動の活発度などによって Q 値が常に一定していないので容易ではない。宇宙線まで測定できる装置を機内に持ち込めば問題は解決しそうだが、大型で特殊なので簡単ではない。

ところが、独立行政法人 放射線医学総合研究所が出している航路線量計算システム JISCARD を利用すると、一回の飛行での宇宙線の影響なども加味された被ばく量とその時間経緯のシュミレートされた予想グラフが一発で求まり、実際のものとは異なりやや平板的で不自然だが概略が良く分り、大変便利である。以下は、今回の測定した航路と同じ航路のデータ例である。

ここでは、2つの経路について換算係数 Q 値がどの程度になるか、計算してみる。ただし、このデータは過去に遡って調べられないので最近（9/29/2014）の予想データとの比較である。



（図3）航路線量計算システムより求めた予想される放射線の線量値と往路線量率グラフ¹²⁾
（上の段が成田—ホノルル間、下の段が成田—サンフランシスコ間のデータ）

★成田—ホノルル間の往復の測定した放射線の平均強度は図1よりいずれも $1.5 \mu\text{Sv/h}$ 程度
図3 JISCARD¹²⁾ から、36000フィート（36kft）では往路平均 $12.9 \div 7.62 = 1.69 \mu\text{Sv/h}$
往路に関して単純計算すると、 $Q = 1.69 \div 1.5 = \underline{1.13}$
復路に関して平均 $14.5 \div 8.33 = 1.74 \mu\text{Sv/h}$ 。単純平均すると $Q = 1.75 \div 1.5 = \underline{1.16}$

★成田—サンフランシスコ間の往復の測定した放射線の平均強度は図2より $1.5 \mu\text{Sv/h}$ 程度
と $1.2 \mu\text{Sv/h}$ 程度である。

まず往路に関して、図3 JISCARD¹²⁾ から、36000フィート3 (36kft) では往路平均 $31.2 \div 9.97 = 3.13 \mu\text{Sv/h}$ 。単純計算すると、 $Q = 3.13 \div 1.5 = \underline{2.09}$

次に復路に関して、同様に往路平均 $35.0 \div 11.15 = 3.14 \mu\text{Sv/h}$ 。

単純計算すると、 $Q = 3.14 \div 1.2 = \underline{2.62}$

★まとめると

成田—ホノルル間の往復の変換係数 Q 値は 1.13倍と 1.16倍で平均1.15倍

成田—サンフランシスコ間の往復の Q 値は 2.09倍と 2.62倍で平均2.36倍

これらより、成田—ホノルル間はさほど宇宙線の影響は受けていないことが分る。しかし成田—サンフランシスコ間は JISCARD のデータからしてホノルル間に比べて放射線が元々強いことが分る。いずれにしても、筆者らの測定データはこの種の Q 値に従って換算修正せねばならない。したがって、図1と図2のデータは、実際はこの1.15～2.36倍あると予測せねばならない。

またこの値は、宇宙線の影響による換算値 Q が最大2.0より少し大きい、1990年のICRP勧告に近いものになり、今回の測定はほぼ順当な測定例であると考えられる。

したがって、図1や図2のようなデータを公表する時は、ジェット機の飛ぶ高度では放射線の強度が宇宙線の影響でこのグラフの値よりかなり増える可能性があるということを正確に明記しなくてはならない。つまり、図2のグラフより最大では $2.35 \times 2.09 = 4.9 \mu\text{Sv/h}$ 程度も被爆する可能性があるという訳である。

5. このデータを使った放射能講座での反応

また、このデータを使った放射能講座を何回も行ってきた^{2~4)}。そこでは、同時に霧箱による放射線の観察もしてもらっていた。対象は、多くの学生や子ども達、さらに一般の保護者や議員さんたちにまで延500名に渡る。

そこでの反応は大変興味深い。放射線強度は機内には線源がないのに、なぜ、と信じない人が95%以上。むしろ地上より小さいはずだという素朴概念が極めて根強い。

そして、この講座を通して、殆どの人が放射能は「怖い、難しい⇒避けたい」と思っていたが、航空機搭乗中の放射線の強度が想像以上に大きいのに驚き、決して避けて通れないということを実感し始めた。また、福島原発事故の被災地出身の学生はこれまで放射線強度の実感を得る機会が全くなく、マスコミ報道のたびに不安に駆られ迷走してきた。この種の実感を福島の多くの人に伝え、安全性の在り様を自ら判断できる主体的な生き方をしてもらいたいと、悔しさを滲ませた感想を述べていた。

特に、教員養成系の学生には、子ども達にこの簡単な霧箱実験をぜひやって見せたい、航空機や宇宙船での放射線の実態も知らせたい、それによって、困難な放射能の問題に立ち向かう人材を育てたい、など積極的な意識変容が見られた。

6. 終わりに

2011.3.11の大震災に伴う原発事故後は我々日本人だけでなく人類すべてに重大な問題を投

航空機内の放射線のデータ測定

げかけている。それに対して、惑わされることのない教養としての「放射線リテラシー」^{2~3)}なるものも不可欠な時代になってきた。そして、放射線測定器の安価簡易型の普及に伴って、航空機内の放射線強度の測定データをネットで発信する人も出てきつつある。それに対しても実際より少し大きいのだという換算係数 Q 値の考えが必要になってくる。本論のデータも、宇宙線の気まぐれな影響を受けて、これより 1.13 ~ 2.62 倍の大きさになることが分かった。いずれにしろ、航空機内は意外なほど強い放射線を浴びる場所だということである。

一般社会人として我々はぜひこの種の確実なデータを共有する必要がある。これまで、身近な放射線の強度を間接的に理解する上で、どの程度が安全になるのかを考える材料が乏しかった。お蔭で多くの人々がただ怖がるだけに終わっていた。そういう観点では、本論でのデータ例は、この種の疑問を晴らし、問題を広く議論する上で確実な踏み台になり得ると確信する。

引用及び参考文献等

- 1) 八木一正、他：『航空機内の放射線測定と放射能講座』、日本理科教育学会全国大会（鹿児島大学）発表論文集、第10号.P382.2012
- 2) 村田朋恵、八木一正、他：“放射線教育”の実践と学生の反応、岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、第11号、PP.1-8、2012
- 3) 荒川絵梨、八木一正、他：より簡単に放射線を見るための霧箱の開発（Ⅰ）理科教育学会東北支部大会、発表論文集P.6、2012
- 4) 荒川絵梨、八木一正、他：より簡単に放射線を見るための霧箱の開発（Ⅱ）、科学教育学会東北北海道支部大会、発表論文集PP.19-20、2012
- 5) 藤原優、八木一正、他：航空機内の放射線測定からわかる放射線の実状（Ⅰ）、理科教育学会東北支部大会、発表論文集P.7、2012
- 6) 藤原優、八木一正、他：航空機内の放射線測定から分る放射線の実情（Ⅱ）、科学教育学会東北北海道支部大会、発表論文集PP.17-18、2012
- 7) 金城啓一：放射線と原子力の教育をすべての生徒に、物理教育47-1、PP.13-17.1999
- 8) 鈴木亨：首都圏における放射性降下物とその影響、物理教育59-3、PP.209-210.2011
- 9) 八巻俊憲：理科教師と社会的責任 ―北日本大震災および原発事故に際して―、物理教育60-3、PP.201-206.2012
- 10) 藤高和信 航空機搭乗中の宇宙線被爆、保健物理31-4、PP.463-471、1996
- 11) 保田浩志、宇宙放射線防護のための線量測定、FB News No.307 PP.1-5、2002
- 12) 航路線量計算システム JISCARD EX、<http://www.jiscard.jp/data/index.shtml>
- 13) (注) 機内持ち込みの電子機器に関する国土交通省航空局の規程は、電池で動作し電波を発しないものは持ち込み可能で、音が出るなどの場合は迷惑防止の観点から事前届け出が望ましいとなっている。本論で使用したものは電波も音も出ないもので、外国の航空会社を利用したが、機内乗務員に詳しく説明して許可を得て実施した。