

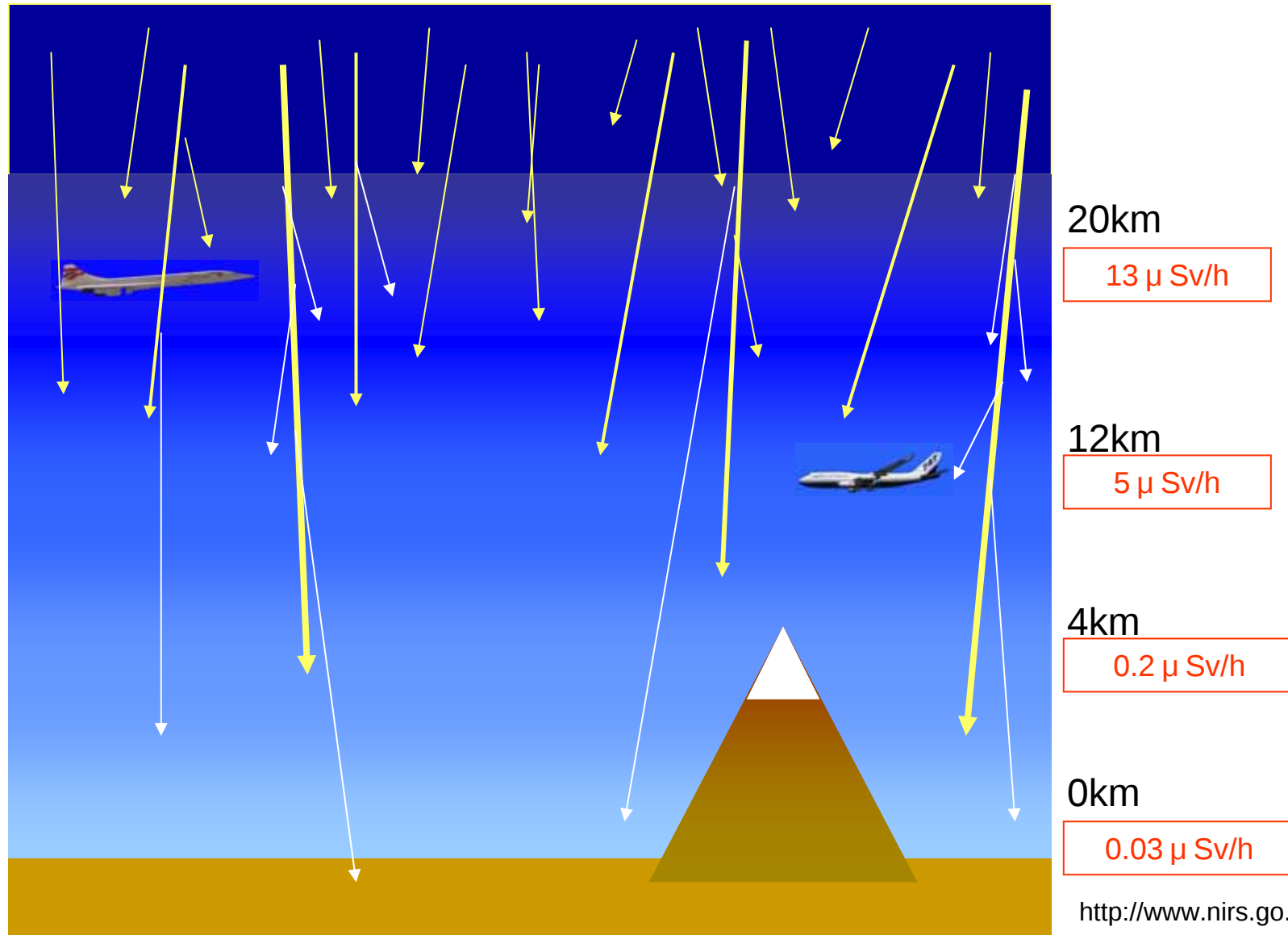
フレア時の航空機環境における 線量測定



放射線医学総合研究所
宇宙放射線防護プロジェクト

内堀幸夫、藤高和信、北村尚、
野島久美恵、安田仲宏、高田真志

宇宙線による線量の高度変化



線量の定義

- 吸収線量(Gy)

- 質量 dm の物質に放射線によって付与された平均エネルギーを $d\varepsilon$ として、

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

- 線量当量(Dose Equivalent) -- (Sv) ICRU51

- ある一点における吸収線量に放射線の種類とエネルギーによって決まる線質係数 Q を掛ける

$$H = D \times Q$$

- 等価線量(Equivalent Dose) -- (Sv) ICRP60

- 臓器・組織全体での平均吸収線量に放射線荷重係数 w_R を掛ける

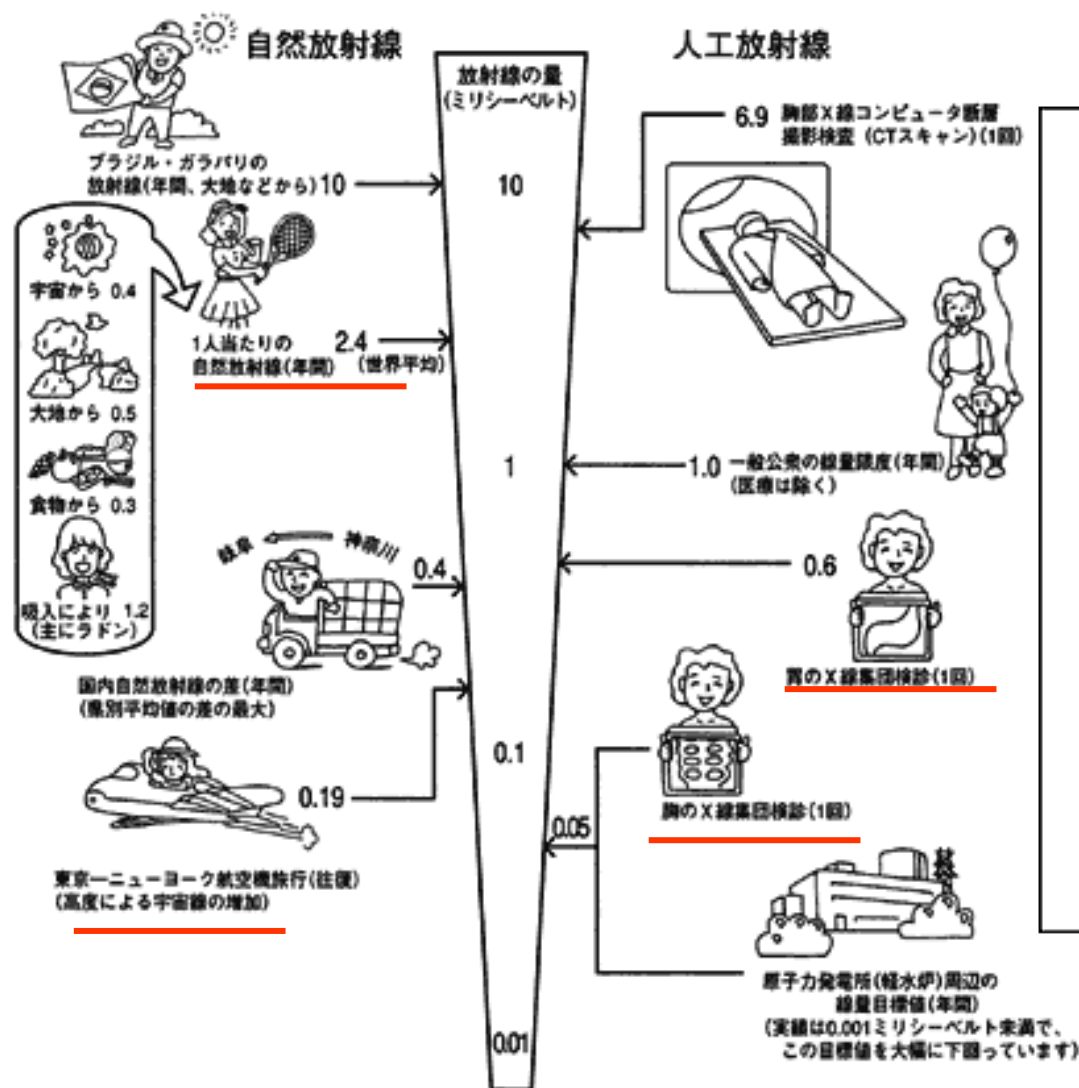
$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

- 実効線量(Effective Dose) -- (Sv) ICRP60

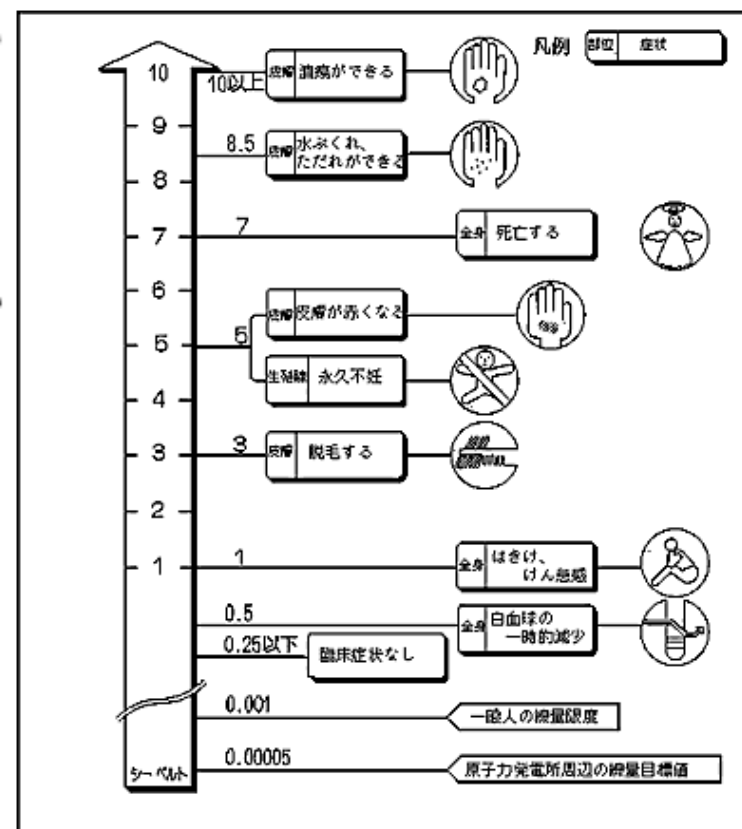
- 全身被ばくした際の各臓器・組織のデトリメント(損害・損失)。等価線量に組織荷重係数を掛ける

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

日常生活と放射線



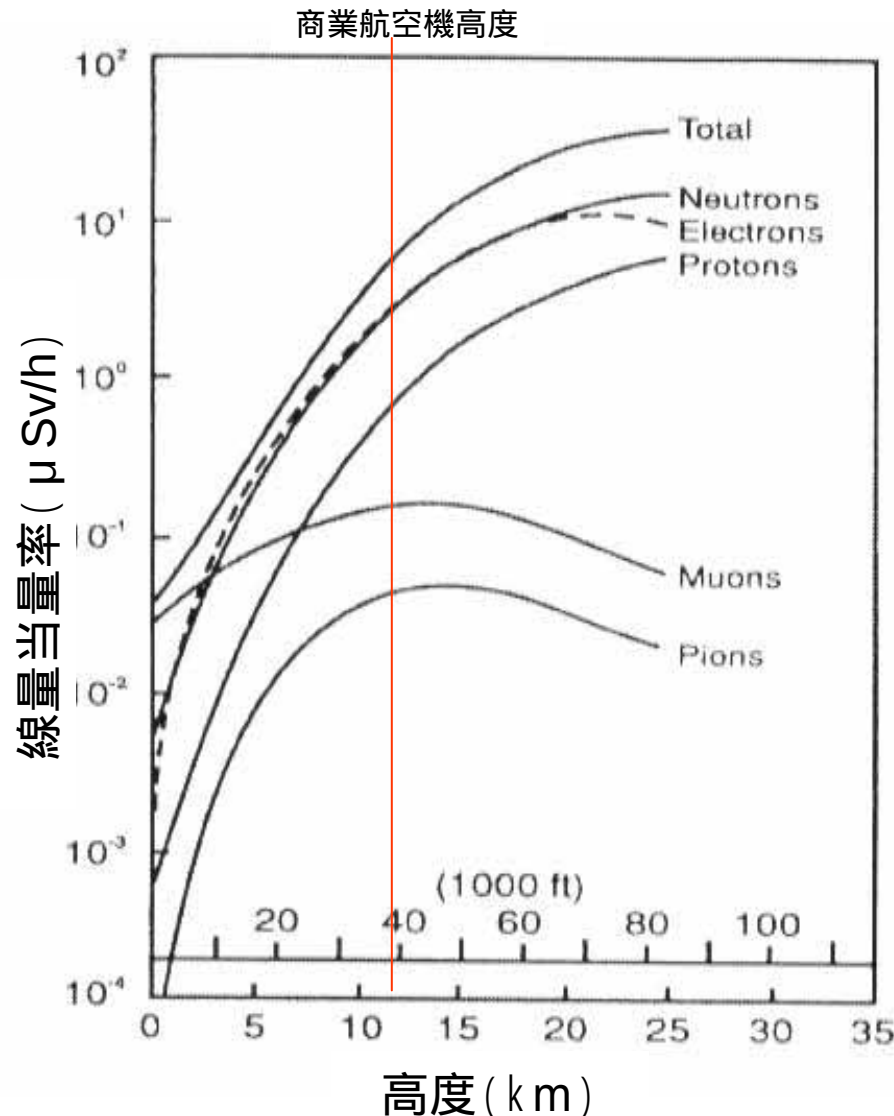
急性の放射線影響



出典：資源エネルギー庁「原子力2001」他

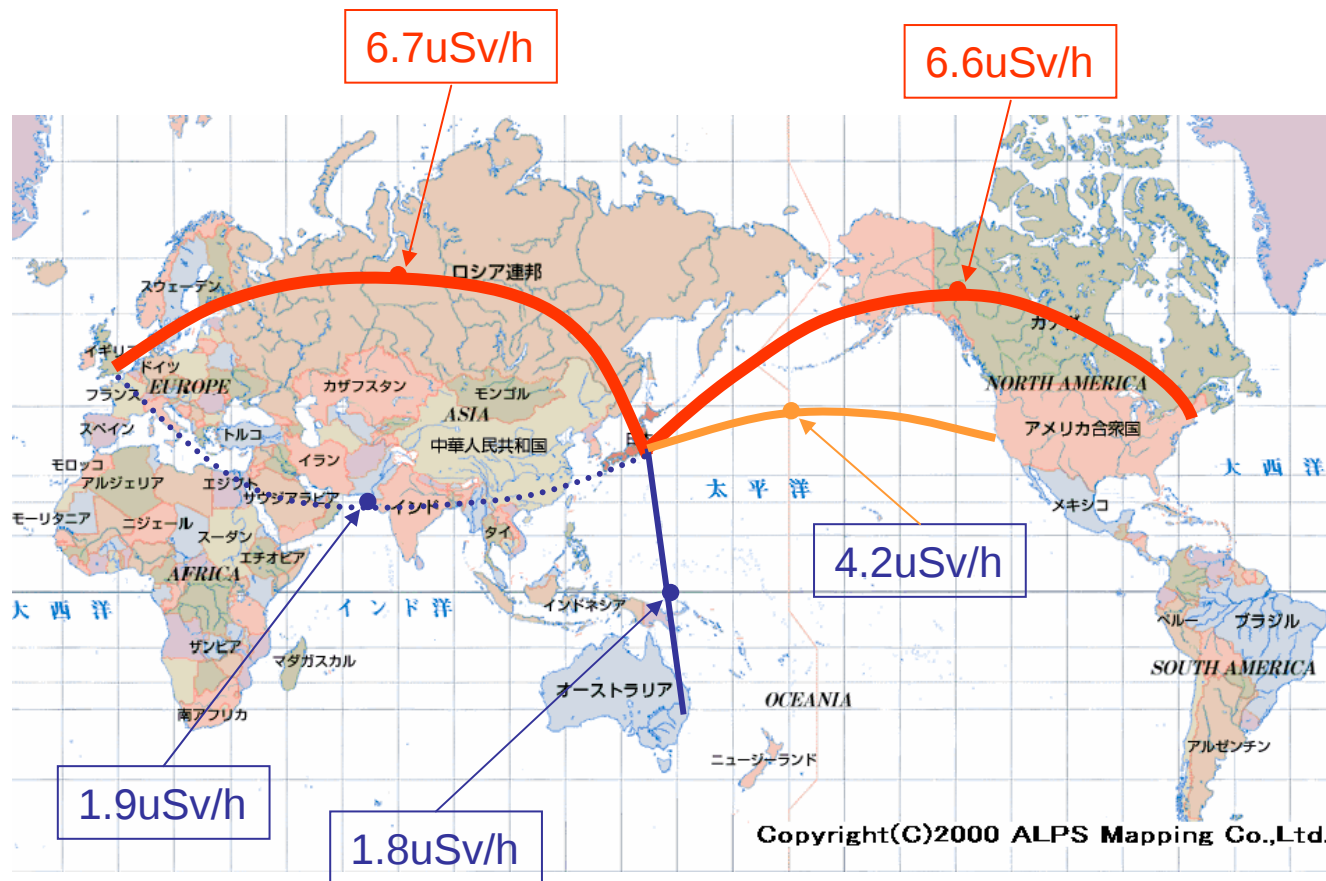
<http://www.nirs.go.jp/qa/html/index1.html>

各放射線の線量への寄与



- 航空機環境における線量の主たる寄与は、**中性子 + 電子**と推測されている。
 - しかし、中性子については、十分なデータがない。
- 地上では、ミューオンが主となる。

緯度による線量率の違い



緯度が高いほど、
線量率が大きくなる。

EPCARDによる計算値

2003年10月31日
@37000feet

線量推定のためのコンピュータコード

- **CARI-6** (米国 民間宇宙航空医学研究所) ...FAAのサポート
 - <http://www.cami.jccbi.gov/AAM-600/Radiation/600radio.html>
- **EPCARD** (European Package for the Calculation of Aviation Route Doses)
 - http://www.gsf.de/epcard/eng_start.php
- **SIEVERT**
 - <http://www.sievert-system.org/WebMasters/en/index.html>

コンピュータコードで計算される線量

空港	最高高度 (feet)	飛行時間 (時間)	CARI (uSv)	EPCARD (uSv)	SIEVERT (uSv)
ニュー ヨーク	40000	14	89.4	94	69.4
ニュー ヨーク	37000	14	74.4	80	69.4
ロサンゼ ルス	37000	11	44.8	49	38.2
ロンドン	37000	13	68.2	73	63.6
シドニー	37000	10	26.0	21	23.4

2003年10月31日で計算。

すべて最高高度で飛行と仮定。
上昇下降に0.5時間ずつ。

線量の推定に必要なパラメーター

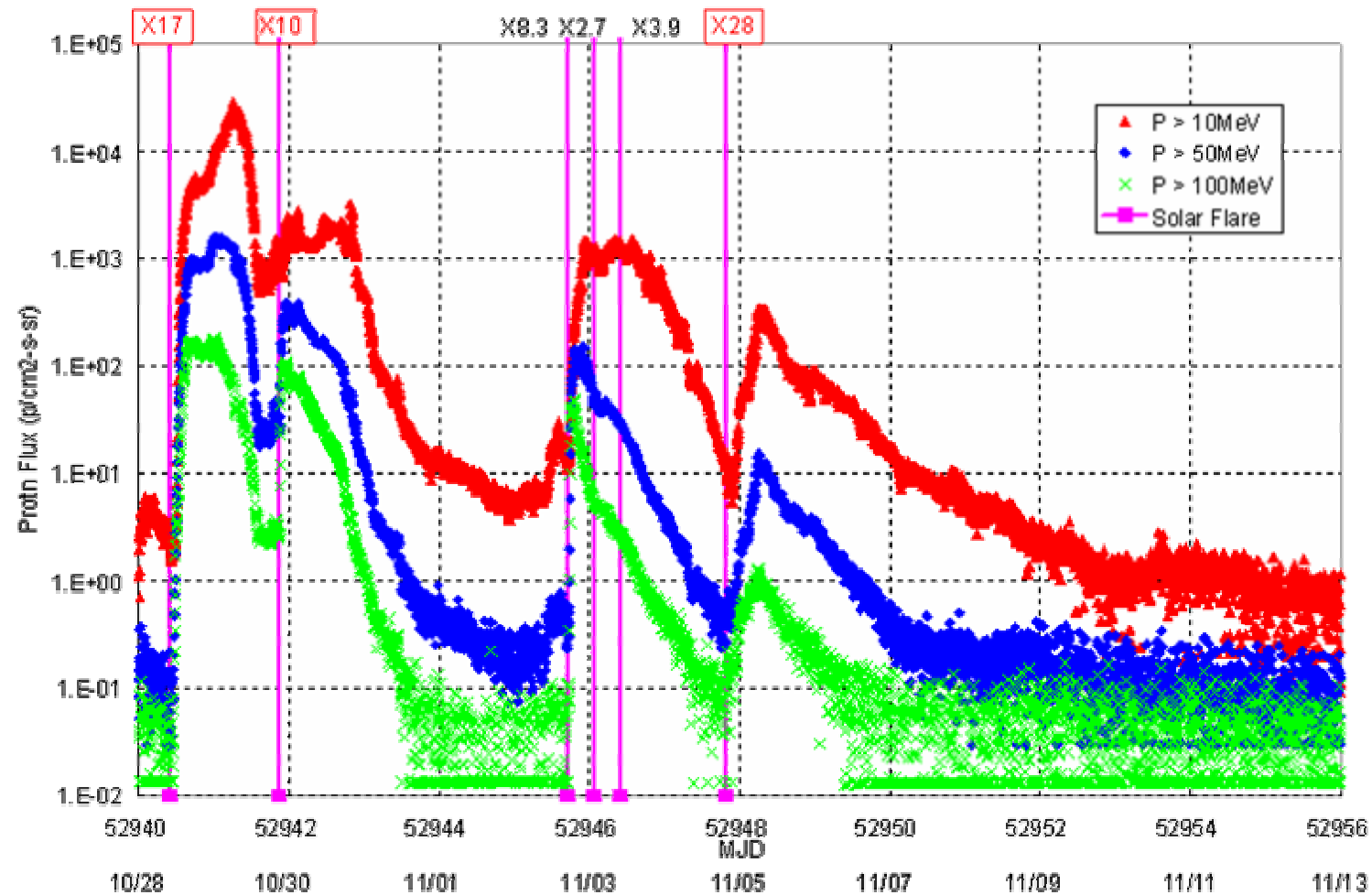
- 1. 飛行高度
 - 2. 緯度 (磁気緯度)
 - 3. 飛行時間
 - 4. 太陽活動 (ヘリオセントリック・ポテンシャル)
- } 定常的

- 5. 太陽フレア現象

太陽における巨大爆発現象

突発的

2003年10月28日以降のGOES-11衛星による 高エネルギー陽子の推移



フレア直後の航空機内線量測定

成田 - ニューヨーク便3回、羽田 - 札幌便6回

佐々木康人理事長、岡野真治博士

野島久美恵、北村尚、内堀幸夫



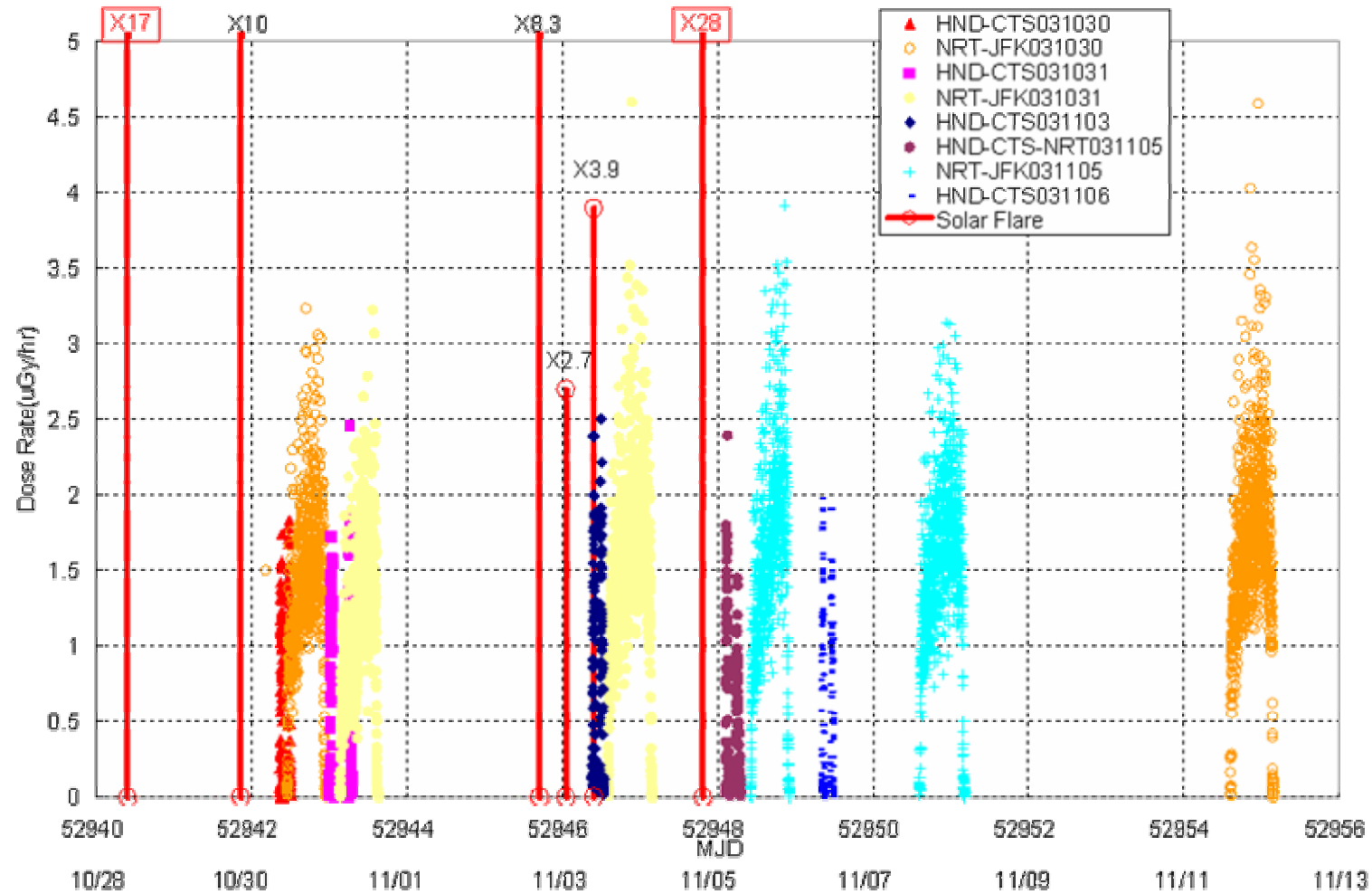
シンチレーション検出器スペクトロメータ

(岡野検出器)

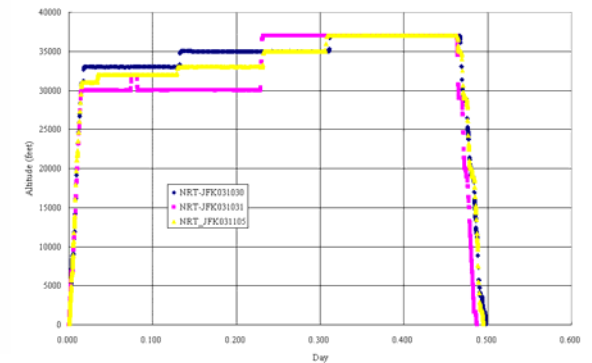
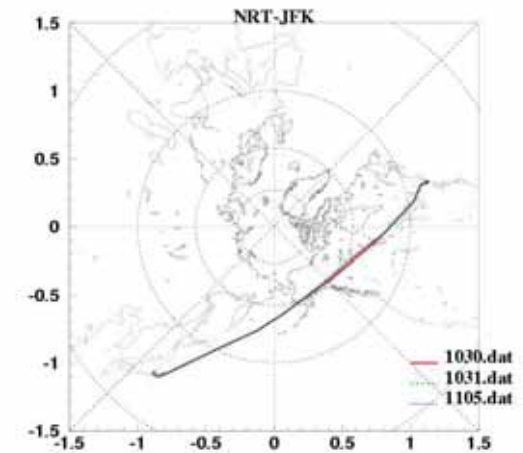
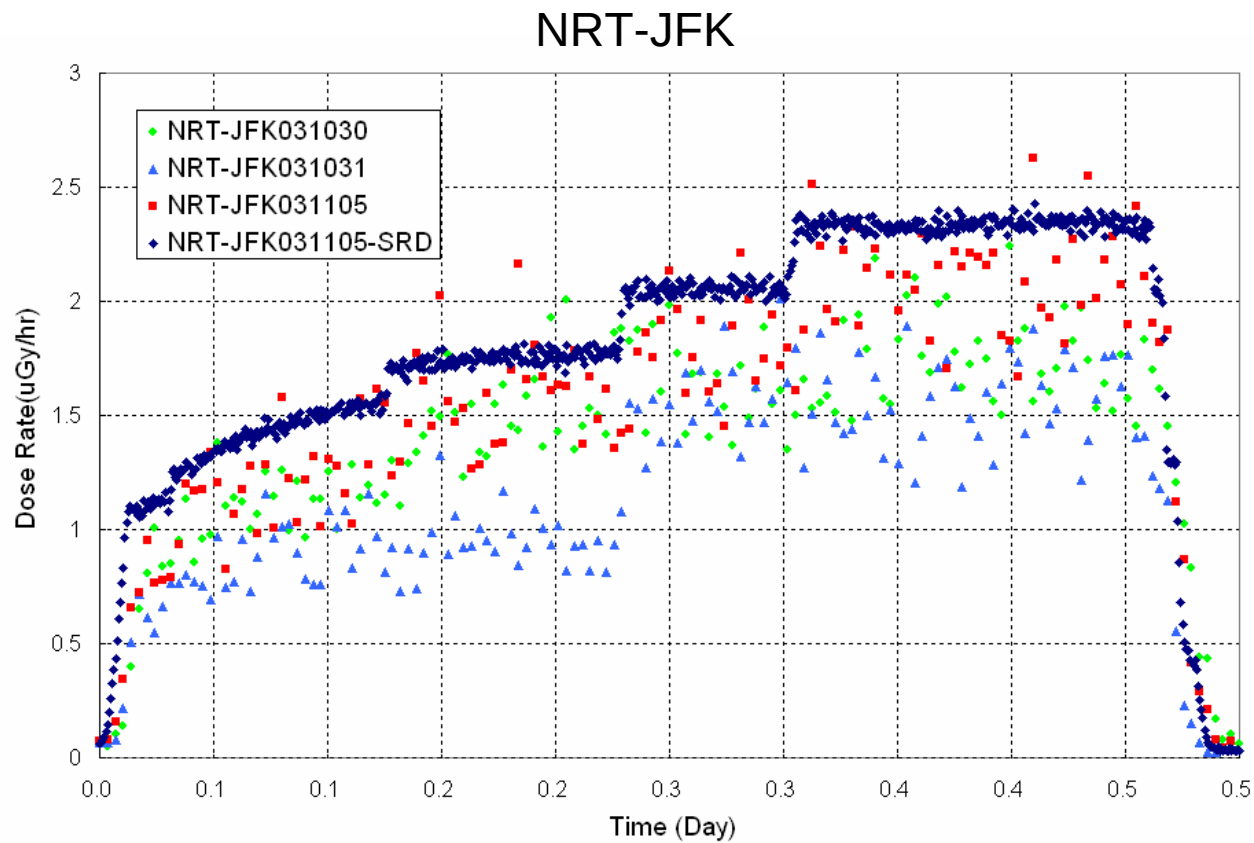


シリコン検出器
スペクトロメータ
Liulin-4J

太陽フレア以後の測定データ



ニューヨーク便の線量率変動



緯度効果と高度上昇で徐々に線量が増加している

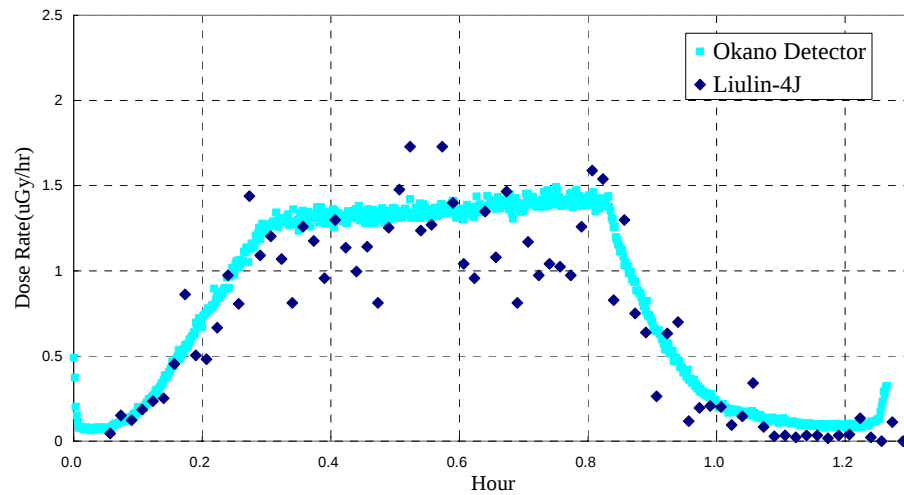
フレア直後の成田－ニューヨーク間の線量測定値

	出発日	飛行時間 (時間)	最高高度 (feet)	Liulin-4J (uGy-H ₂ O) 荷電粒子	PDM101 (uSv) × 2.7 荷電粒子 + (中性子)	岡野検出器 (uSv)		CARI-6 (uSv)
						荷電粒子	(中性子)	
行き	10月30日	11.94	37000	20.2	-	-	-	55.0
	10月31日	11.70	37000	20.0	22.9	-	-	49.8
	11月5日	11.88	37000	22.6	28.2	21.4	35.6	61.1
帰り	11月3日	13.67	40000	25.5	33.9	-	-	52.8
	11月7日	13.92	40000	25.6	34.4	-	-	63.2
	11月11日	13.29	39000	26.1	-	-	-	62.9

Cp=0.88

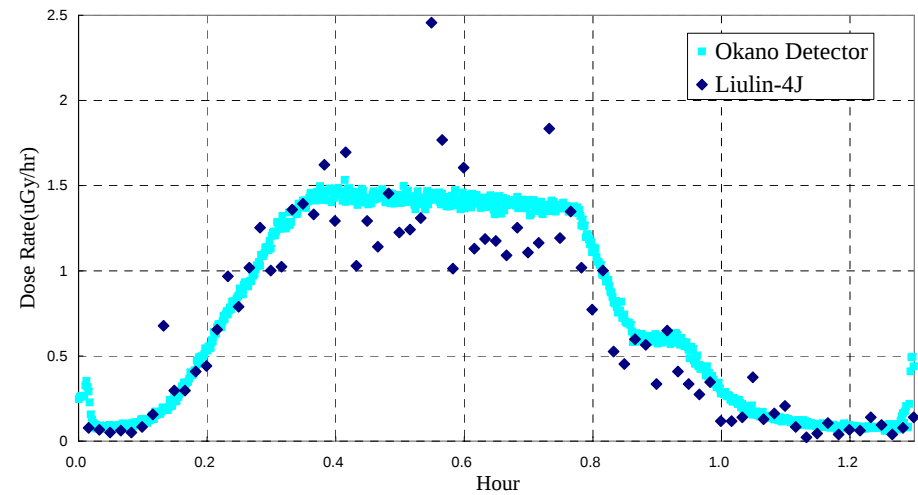
札幌便の線量率変動 (岡野検出器とLiulinの比較)

HND-CTS 031031



羽田 - 札幌

CTS-HND 031031



札幌 - 羽田

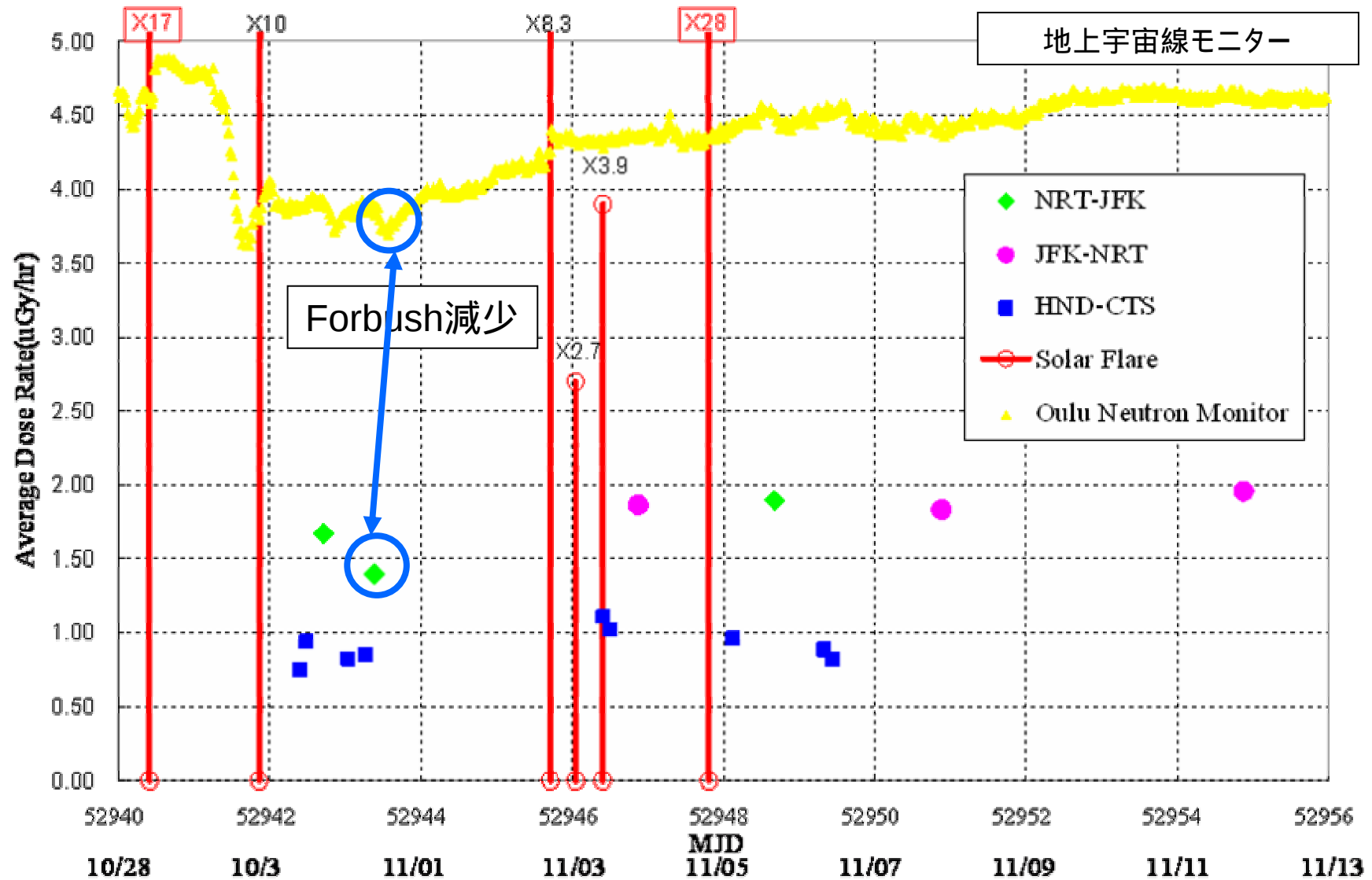
フレア直後の羽田－札幌間の線量測定値

	出発日	飛行時間 (時間)	最高高度 (フィート)	Liulin-4J (uGy-H ₂ O) 荷電粒子	PDM111 (uSv) × 2.7 荷電粒子 + (中性子)	岡野検出器 (uSv)	
						荷電粒子	(中性子)
行き	10月30日	1.25	37000	0.94	1.40	-	-
	10月31日	1.31	37000	1.07	1.59	1.02	1.06
	11月3日	1.11	41000	1.24	1.67	-	-
	11月5日	1.17	37000	1.12	1.62	-	-
	11月6日	1.10	37000	0.97	1.32	-	-
帰り	10月30日	1.13	39000	1.07	1.57	-	-
	10月31日	1.30	39000	1.12	1.62	0.99	0.97
	11月3日	1.35	39000	1.39	1.97	-	-
	11月5日*	1.50	37000	0.63	1.27	-	-
	11月6日	1.23	35000	1.02	1.57	-	-

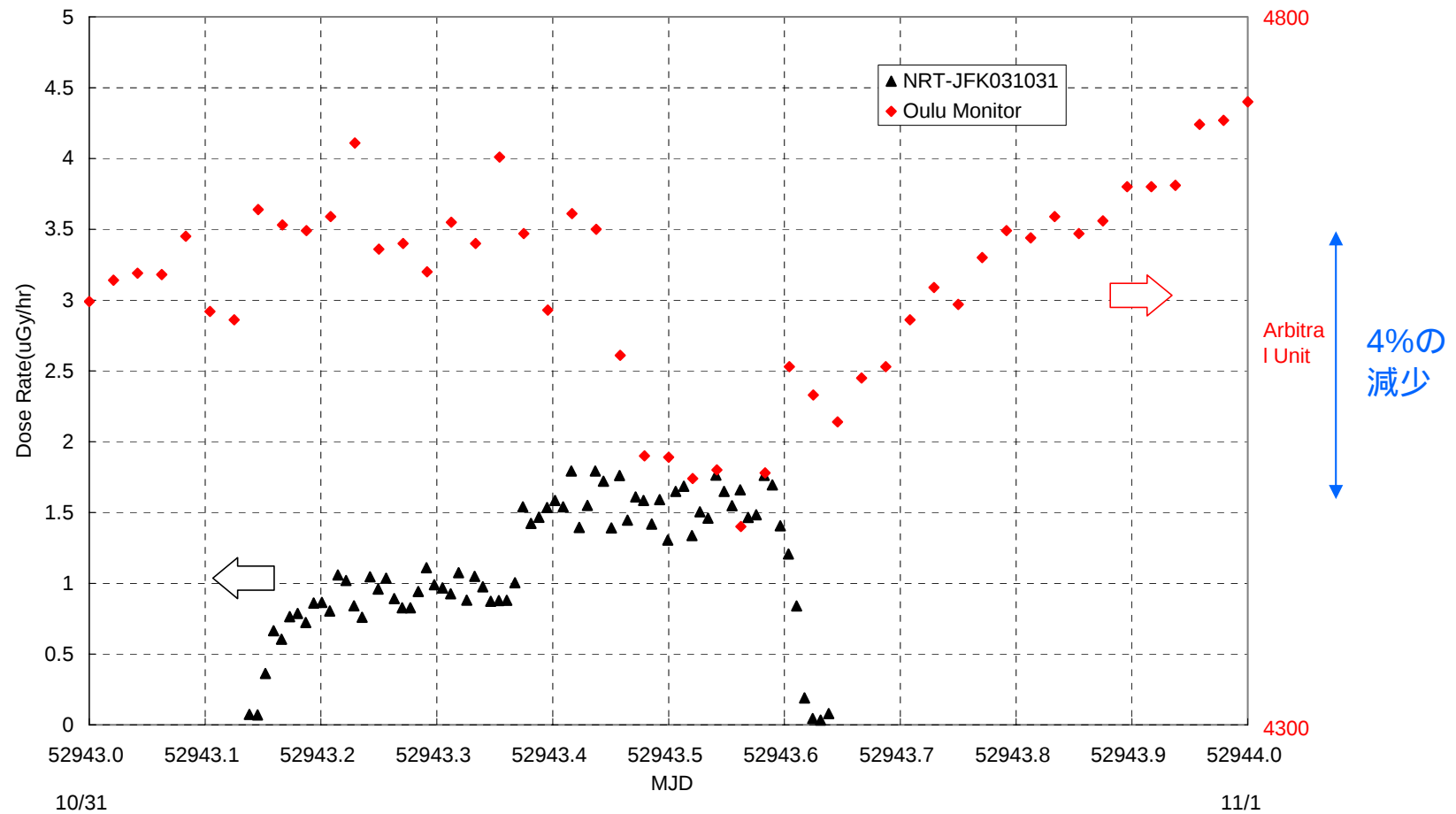
* 11月5日の帰りの便は、札幌 - 成田間

Cp=0.88

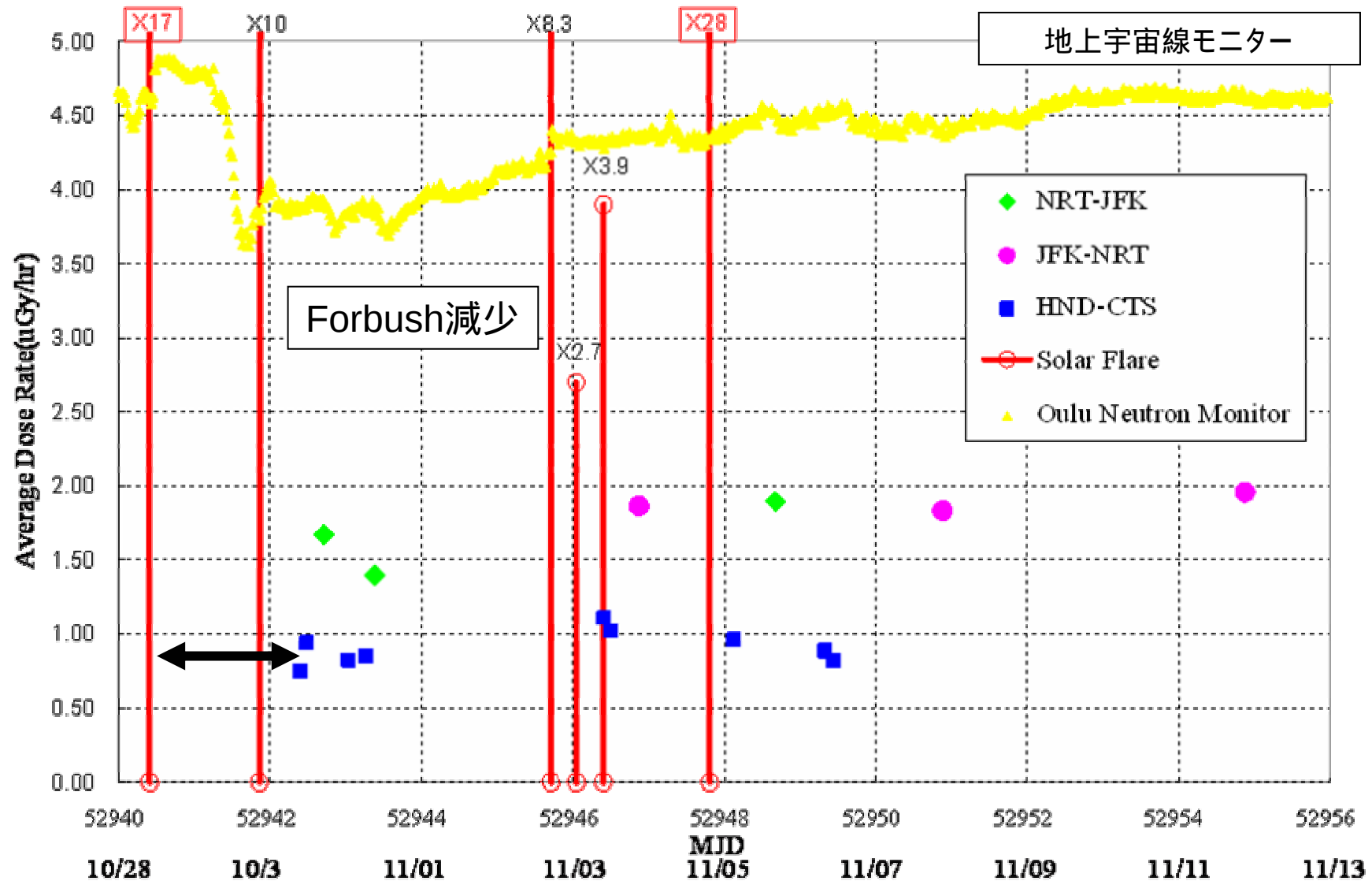
平均線量率の推移



宇宙線フラックスとの相関

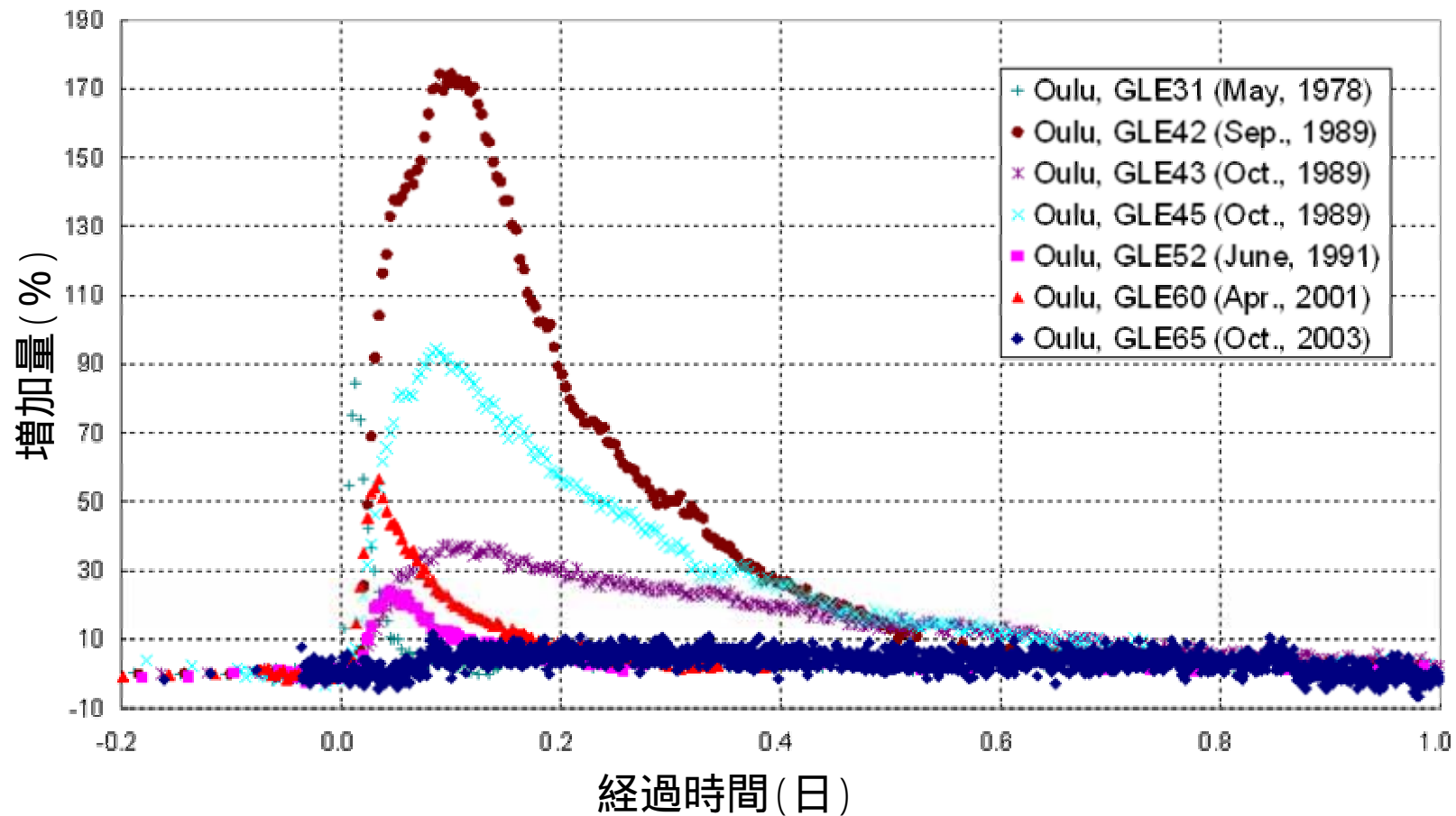


平均線量率の推移

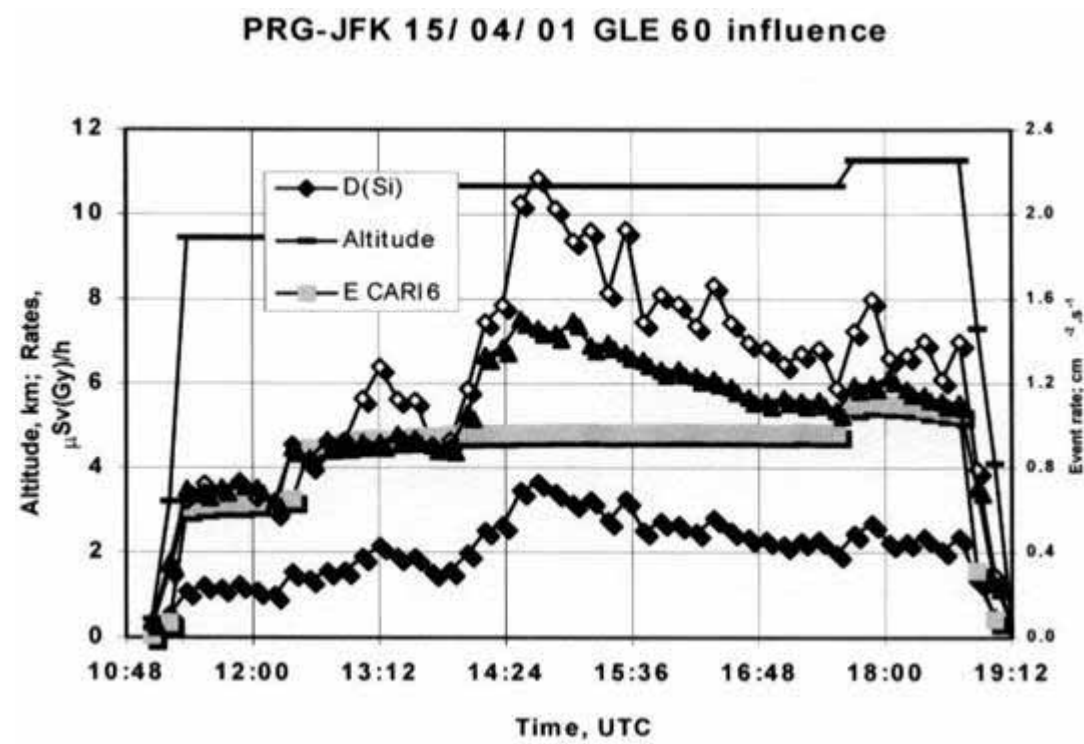


過去の巨大GLE

Oulu NM data for Largest GLEs (#15-66) for 1966-2003



GLE60の際の航空機内における線量の増加



Spurny and Dachev (2001)

GLEと航空機環境における放射線線量は相関があることが
推測される。

GLE45の際の線量の増加

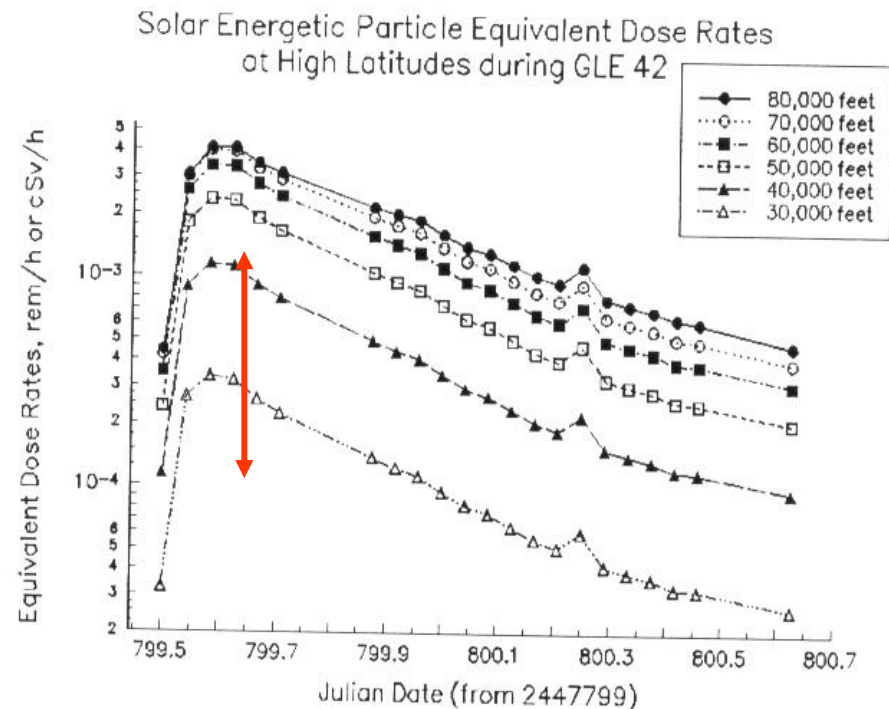


Figure 9. The equivalent radiation dose at high latitude flight altitudes calculated by O'Brien *et al.* (1998) for the 29–30 September 1989 high-energy solar cosmic ray event. Julian date 799 is 29 September 1989. This ground level event is GLE 42 in the catalogue of solar cosmic ray ground level events (Shea and Smart, 1993b).

O'Brienらによる計算値

Summary

- 測定した範囲では、**顕著な線量の増加は見られなかった。**
- X17の1.5日後および2日後のフライトでは、**Forush減少が観測された。**
- X17から1日間、宇宙線による線量が増えていた可能性がある。
- しかし、地上の宇宙線モニターで5%程度の増加であるので、航空機内での線量の増加は、**大きくても数10%程度**と推測される。