

# Radiation Safety Course

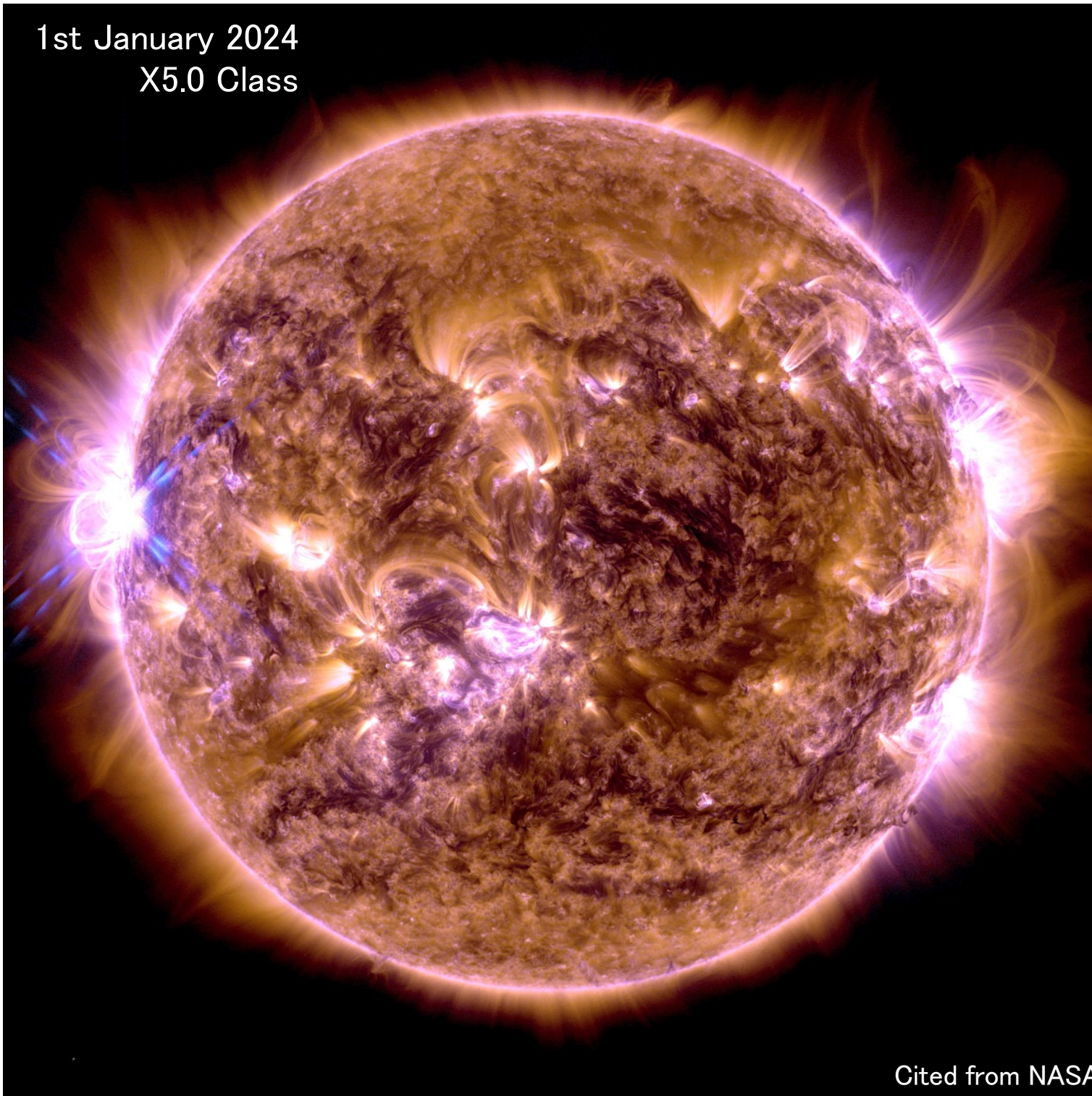
(School of Science, The University of Tokyo)

## Biological Effects of Radiation to Human Body

FY2024

1st January 2024  
X5.0 Class

G-2



Cited from NASA/GSFC/SDO

# Modern Classification System for Solar Flares

Classification	Peak flux range [W/m <sup>2</sup> ]
A	$< 10^{-7}$
B	$10^{-7} - 10^{-6}$
C	$10^{-6} - 10^{-5}$
M	$10^{-5} - 10^{-4}$
X	$> 10^{-4}$

Cited from Wikipedia

According to the peak flux in watts per square metre (W/m<sup>2</sup>) of soft X-rays with wavelengths 0.1 to 0.8 nanometres, as measured by GOES satellites in geosynchronous orbit

On average, X-class flares occur 2 or 3 times a year. M-class, 20 – 30 times and C-class, about 300 times.

# 2025年頃の太陽極大期に対して高まる主要国の警戒 G-4

- 太陽活動(太陽の黒点数)は、約11年周期で活発と静穏を繰り返している。活発時には各地で被害が発生
- 次回のピークは2025年頃に到来すると予想され、主要国で警戒が高まっている。

2001年11月6日に発生した磁気嵐では**中部電力駿遠変電所で最大42Aの地磁気誘導電流が発生**

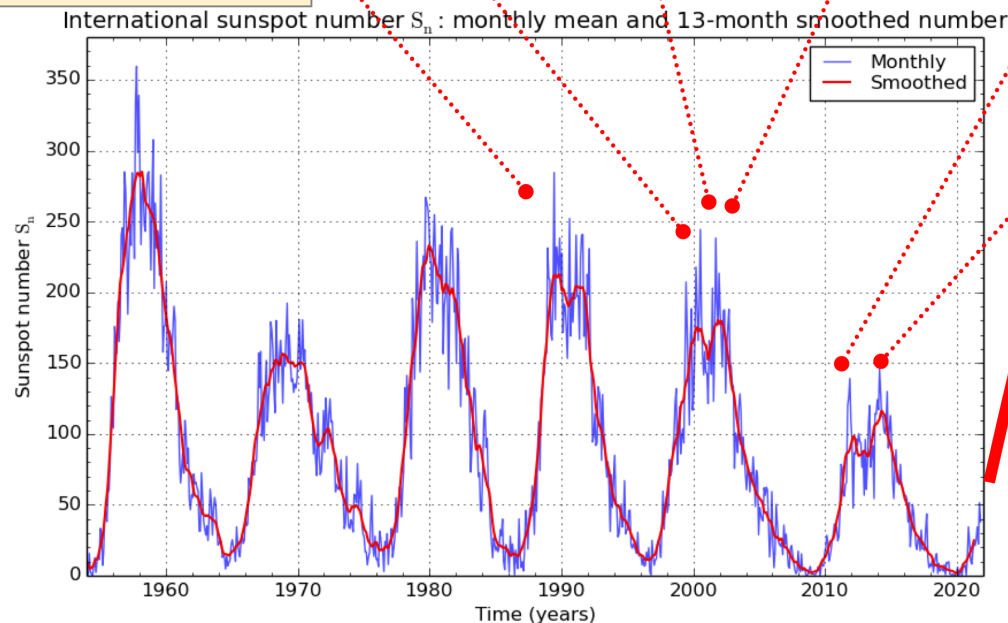
1989年3月、カナダ・ケベック州の電力網が影響を受け**約10時間の停電が発生し、600万人に影響**

2003年10月、スウェーデンのマルメで保護リレーの不要動作が発生し**約1時間の停電、約5万人に影響**。  
南アフリカ共和国では**変圧器が焼損**

2003年10-11月、磁気嵐により**多数の衛星障害が発生**。NASAによると科学衛星・宇宙機の約59%が影響を受け、約24%のミッションが機器の一時遮断を行うことで安全策を取った。  
**日本の環境観測技術衛星みどり2号衛星が観測不能になり故障**

2010年4月、米国のGalaxy15衛星がオーロラ活動に伴う帯電の影響によりコマンドを受け付けられない状態に陥り、約9ヶ月後に復旧

2012年7月23日、非常に大規模なコロナ質量放出が発生。太陽の地球から見て反対側で発生したため、地球への直撃を免れた。



2025年 2030年

Will the peak occur in 2025?

2025年頃に太陽活動のピークが到来(予測)

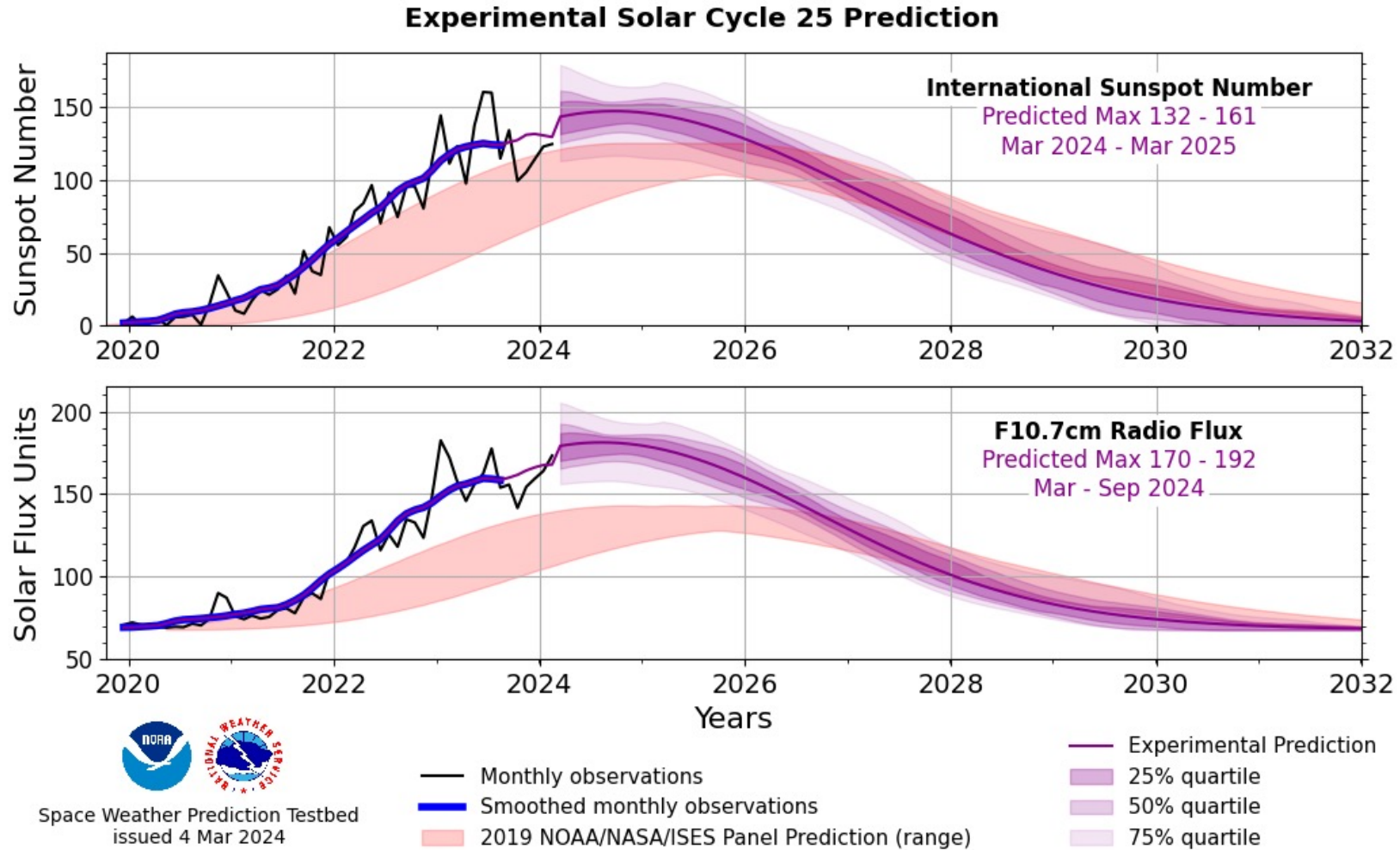
SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2021 November 1

11年周期で増減を繰り返す太陽黒点数

出典: ベルギー王立天文台のウェブサイトより。図を一部加工

<https://www2.nict.go.jp/spe/benchmark/>  
<https://swc.nict.go.jp/knowledge/solar.html>  
<https://wwwbis.sidc.be/silso/monthlyssnplot>

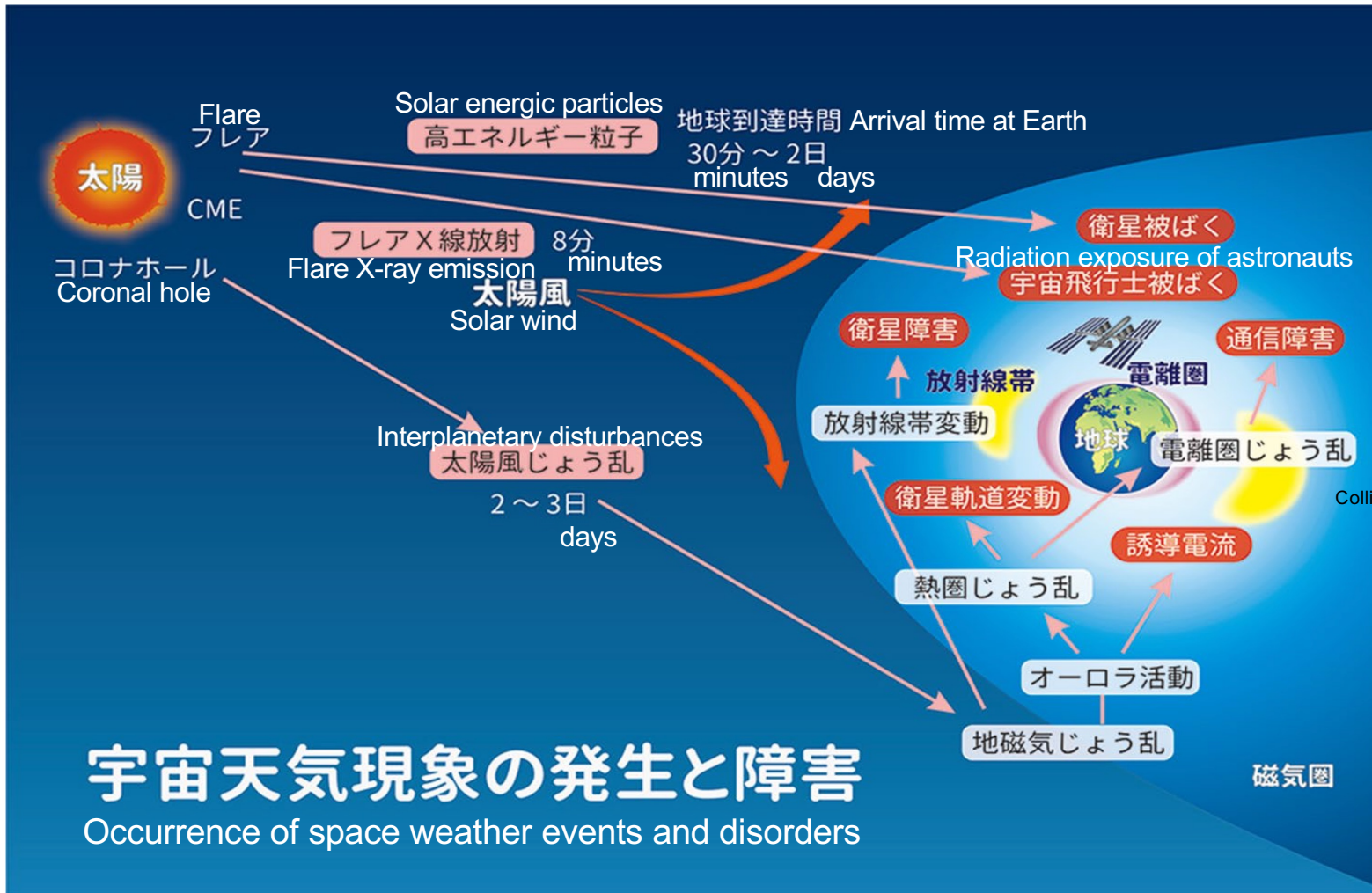
# New Prediction by NOAA/SWPC (October 2023)



Cited from NOAA/SWPC website

The next peak period will be between January and October 2024.

- 太陽の異常活動によって、航空無線、電力網、通信・放送・測位システムに誤動作を発生させるおそれがある。
- このため、情報通信研究機構(NICT)では、社会インフラの安定運用を確保するため、太陽活動を観測・分析し、24時間365日の有人運用による予警報(“宇宙天気予報”)を提供中



- 太陽の異常活動によってもたらされる可能性のある障害例
- Examples of possible impairments
- 航空用無線の障害  
Disturbance of aeronautical radio
  - 短波放送の障害  
Shortwave radio blackout
  - 電力網の停電  
Power grid outages
  - 測位精度(GPS等)の劣化による衝突(自動車、船舶、ドローン)  
Collisions due to degraded positioning accuracy
  - 人工衛星の故障  
Satellite failures
  - 宇宙飛行士・航空機乗務員の被ばく  
Radiation exposure of astronauts and aircrews

フレア:太陽における爆発現象、高エネルギー粒子:エネルギーを帯びた電子、陽子、重イオン  
 CME:コロナ質量放出(Coronal mass ejection)、太陽から突発的にプラズマの塊が放出される現象  
 コロナホール:太陽のコロナの密度が低い部分のこと。高速の太陽風はコロナホールに沿って移動する。

# フレア発生後、約 8 分後に現れる地球での影響

The effects on the Earth which appear about 8 minutes after the flare occurrence



フレア発生  
Flare occurrence

Ultraviolet rays  
X線・紫外線  
X-rays



主に昼間側の領域  
に広く影響

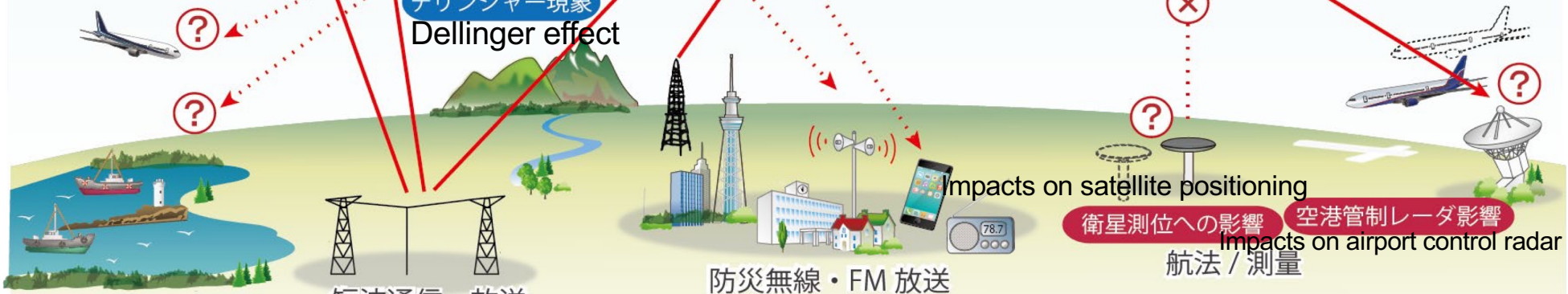
Widely affected mainly in day-side areas

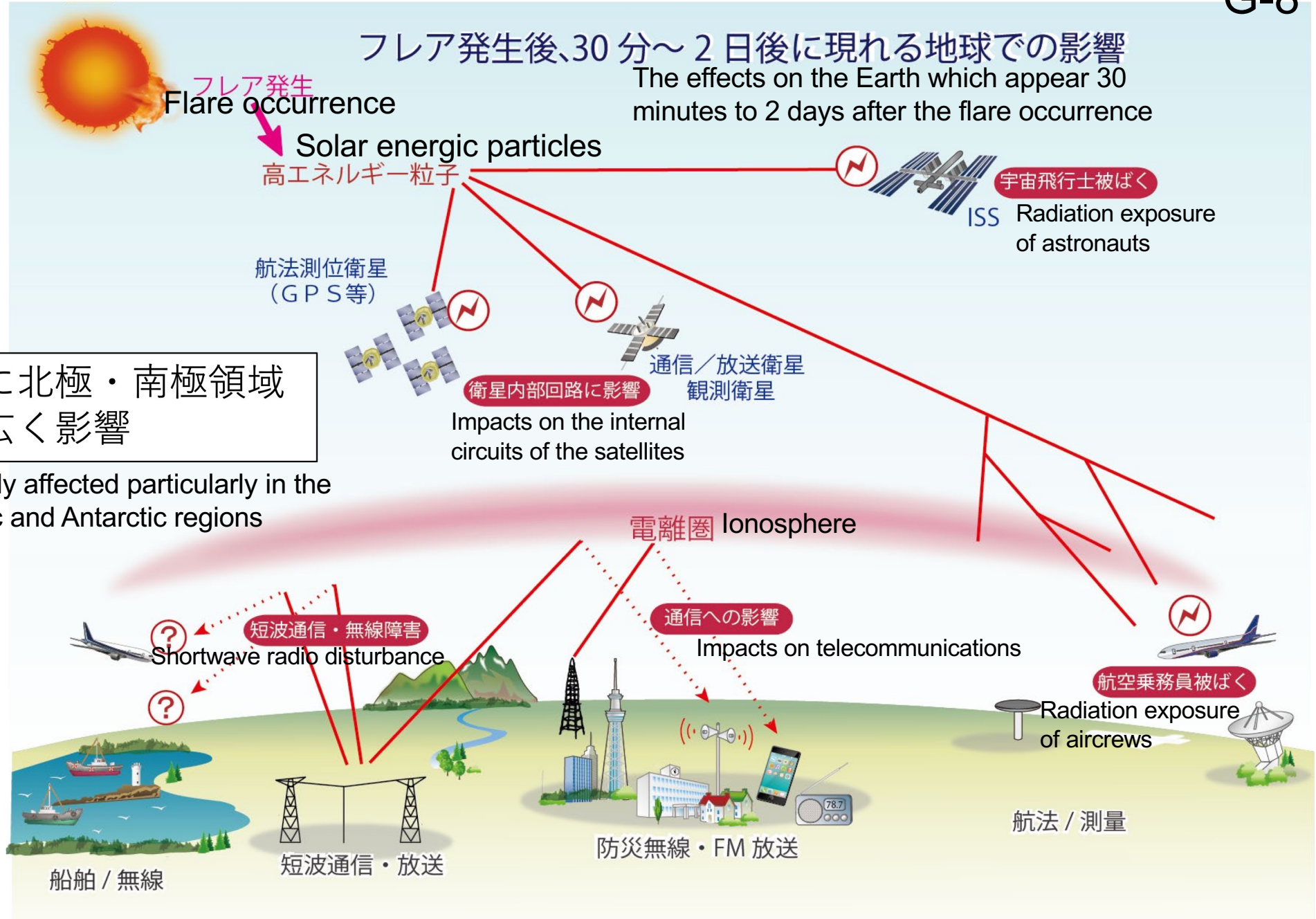
Shortwave radio disturbance

短波通信・無線障害

電離圏 Ionosphere

D層  
デリンジャー現象  
Dellinger effect





特に北極・南極領域  
に広く影響

Widely affected particularly in the  
Arctic and Antarctic regions



# フレア発生後、2日後～3日後に現れる地球での影響

The effects on the Earth which appear 2 to 3 days after the flare occurrence



フレア発生  
Flare occurrence

CME  
(コロナ質量放出)

Electrification of satellites

衛星帯電

通信/放送衛星  
観測衛星

Globally affected

- 全地球規模で影響。
- 電力網への影響は高緯度で強く現れる

The electricity grid are strongly affected at high altitudes.

Shortwave radio disturbance

短波通信・無線障害

電離圏 Ionosphere

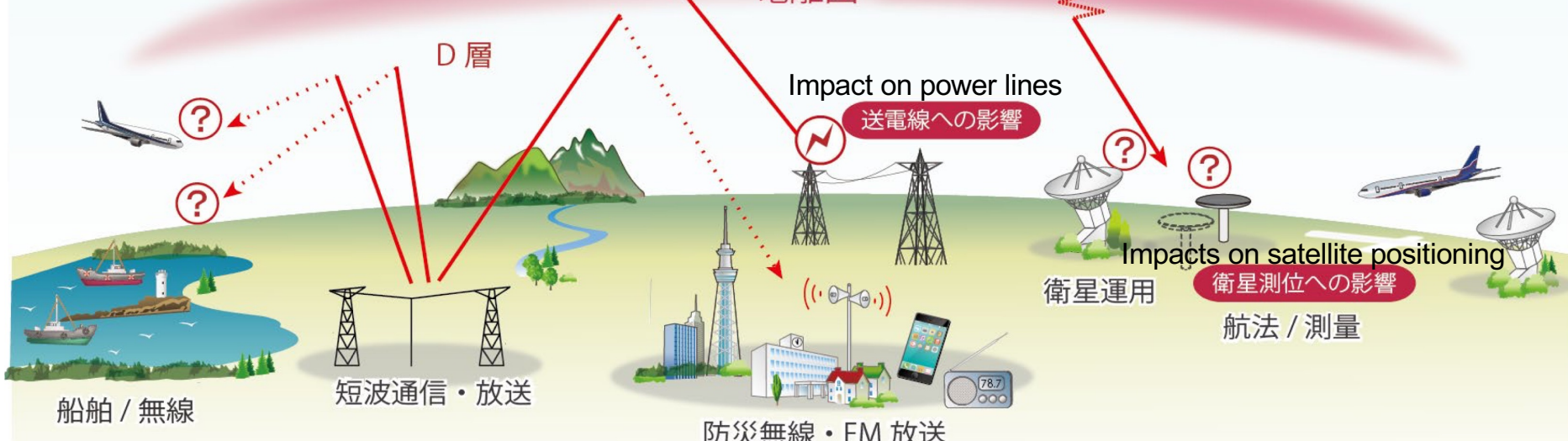
Impact on power lines

送電線への影響

Impacts on satellite positioning

衛星測位への影響

航法/測量



船舶/無線

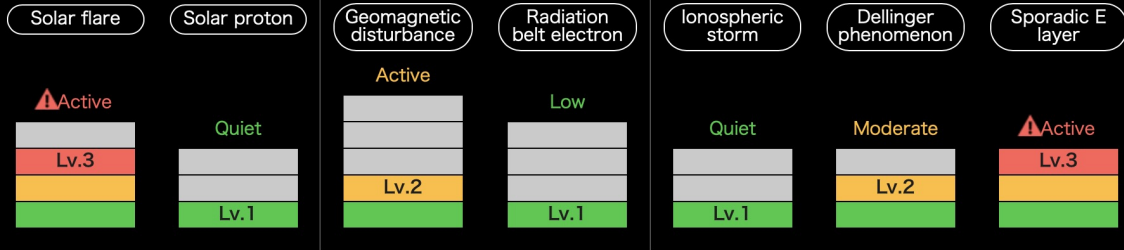
短波通信・放送

防災無線・FM放送

Home Report Current Status Forecast User guide Link

**Forecast**

2024/04/19 06:00 UT ~ 2024/04/20 05:59 UT



Today's space weather

2024/04/19 00:00 UT Update

Solar activity was moderate and it is expected to be moderate on 19 Apr. Geomagnetic activity in Japan was quiet level and it is expected to be quiet level for the next few days. Ionospheric condition over Japan was disturbed and it is expected to be quiet level on 19 Apr.

[More details >](#)

The current sun

Sunspot (white light)



Sunspot number

Corona (EUV 211 Å)

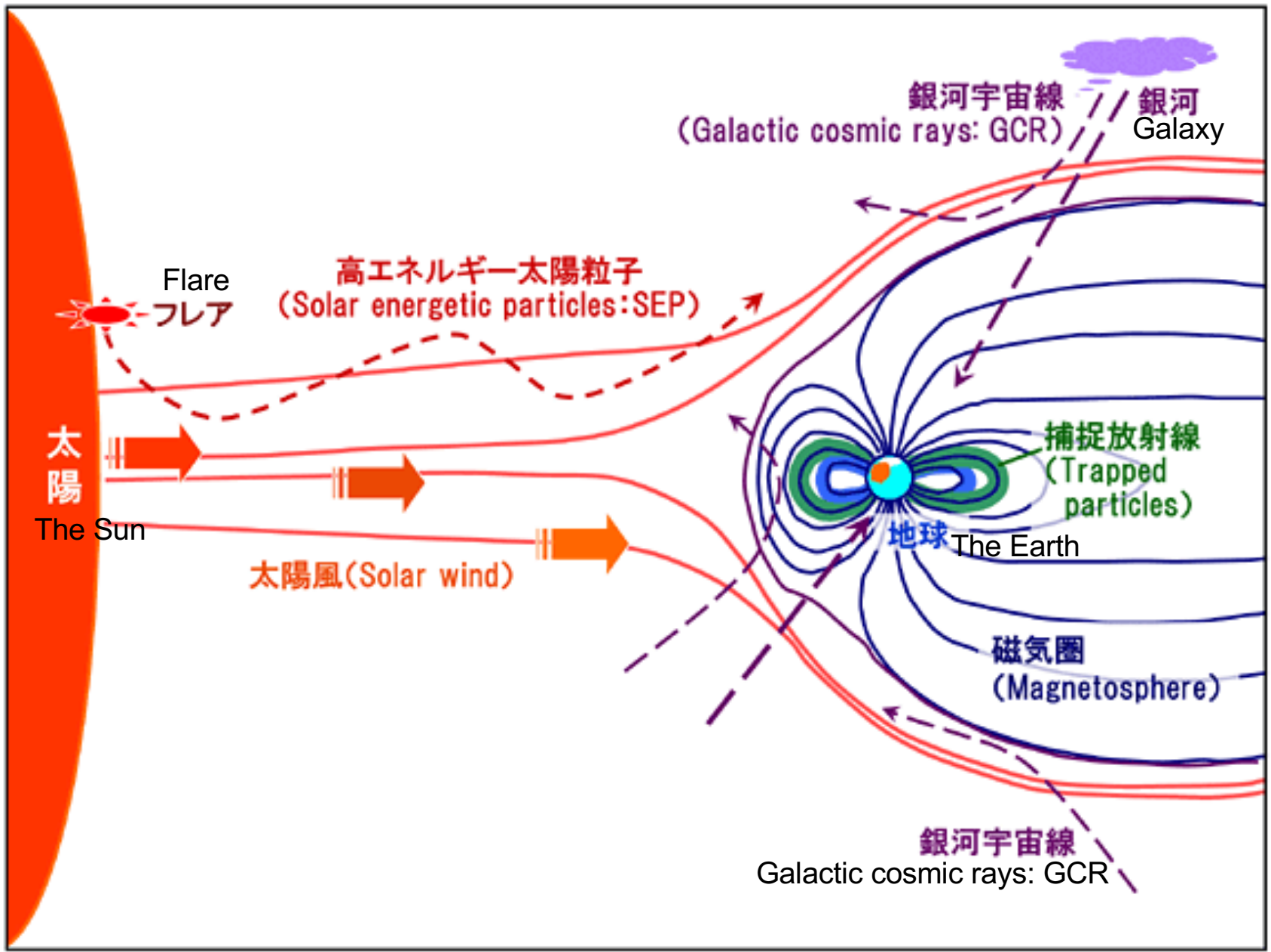


Flare (EUV 94 Å)



X-ray flux

# Space Radiation Environment Surrounding the Earth

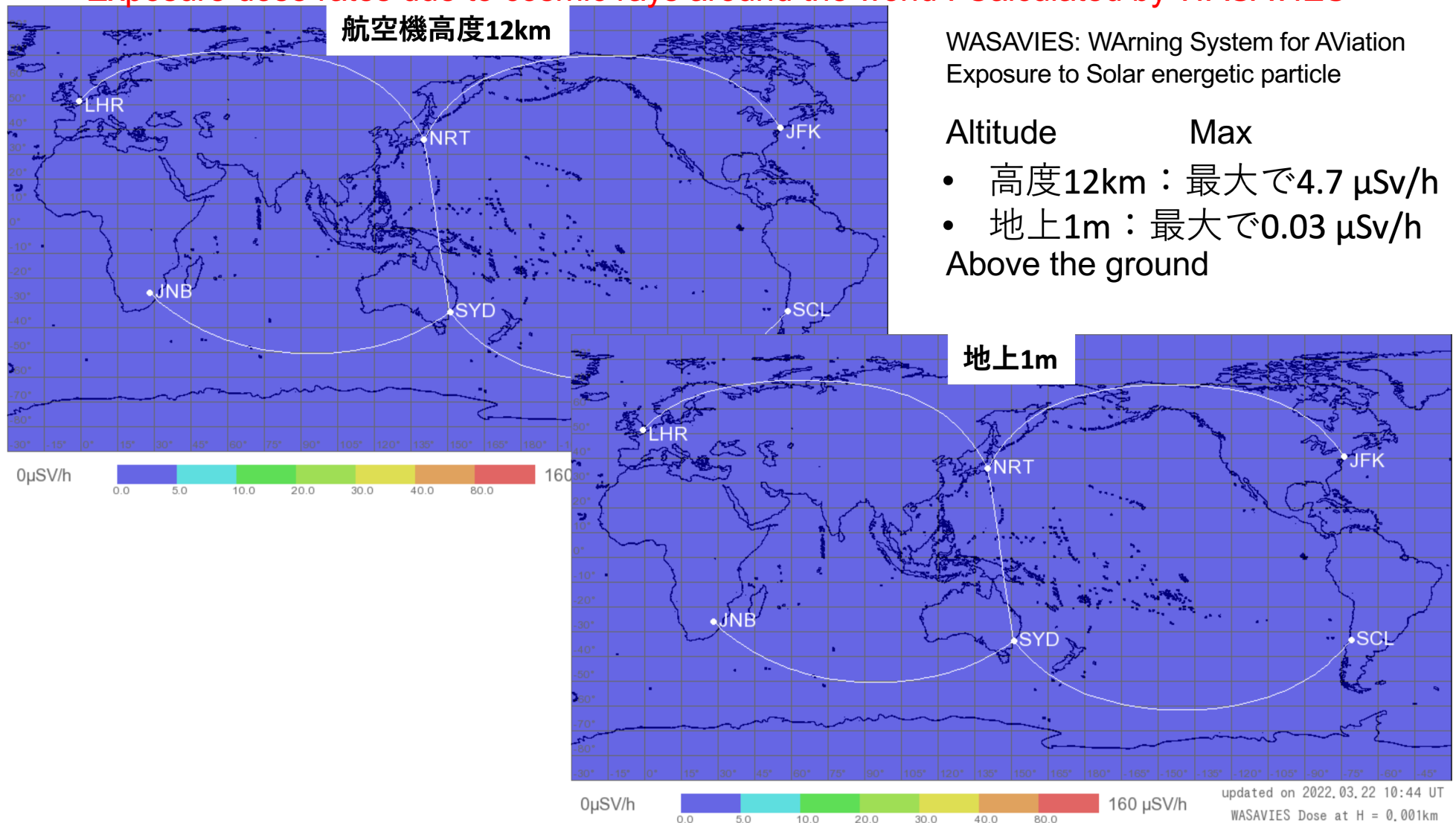


Cited from JISCARD website (<http://www.jiscard.jp/index.shtml>)

# 平常時 (2005/1/20)

Under Normal Conditions

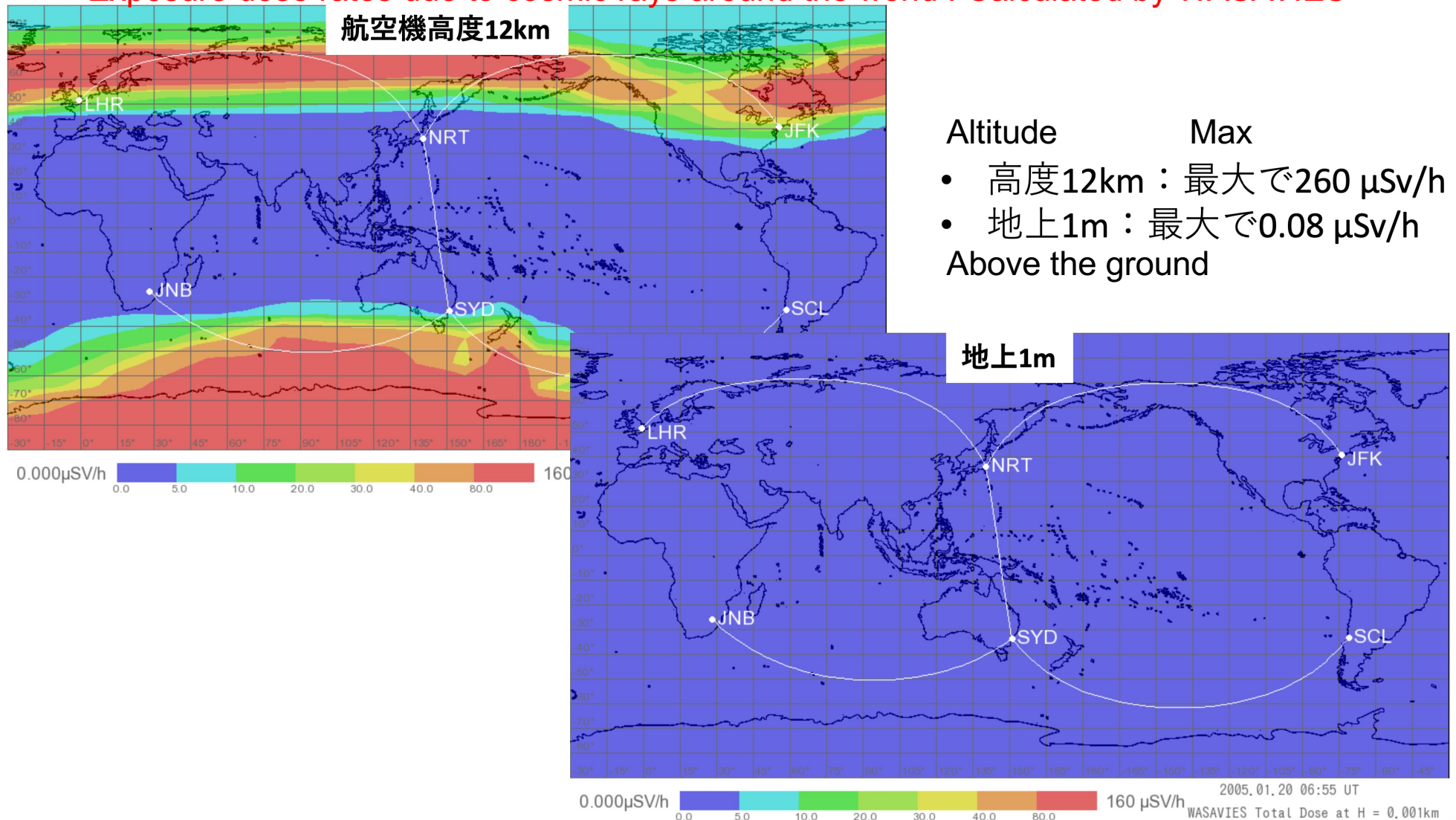
世界中の宇宙放射線による被ばく線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) : WASAVIESにより算出  
 Exposure dose rates due to cosmic rays around the world : Calculated by WASAVIES



# 太陽フレア時 (2005/1/20)

## During a Solar Flare

世界中の宇宙放射線による被ばく線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) : WASAVIESにより算出  
 Exposure dose rates due to cosmic rays around the world : Calculated by WASAVIES



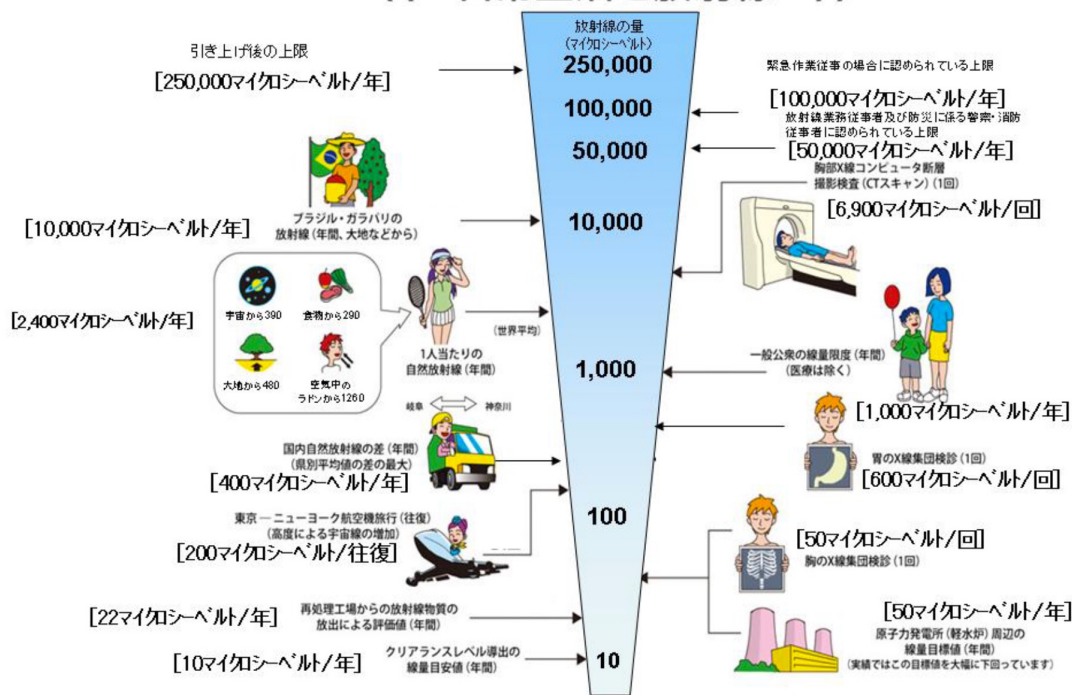
Annual exposure dose limit for the general public

**一般公衆の年間被ばく線量制限(医療被曝を除く) : 1,000  $\mu$ Sv**

最大被ばく線量率( $\mu$ Sv/h)	地上1m(最大)	高度12km(最大)
平常時(2005/1/20) Under Normal Conditions	0.03	4.7
太陽フレア時(2005/1/20) During a Solar Flare	0.08	260
最悪時 At worst	11	37,000

《 日常生活と放射線 》

科学提言のための宇宙天気現象の社会への影響評価より



- 胸部レントゲン1回 : 50  $\mu$ Sv  
Chest X-ray
- 胃部レントゲン1回 : 600  $\mu$ Sv  
Stomach X-ray
- 胸部CTスキャン1回 : 6,900  $\mu$ Sv  
Chest CT scan

**地上での宇宙放射線による被ばく線量率は、医療被ばくなどに比較して無視できる程度に小さい**

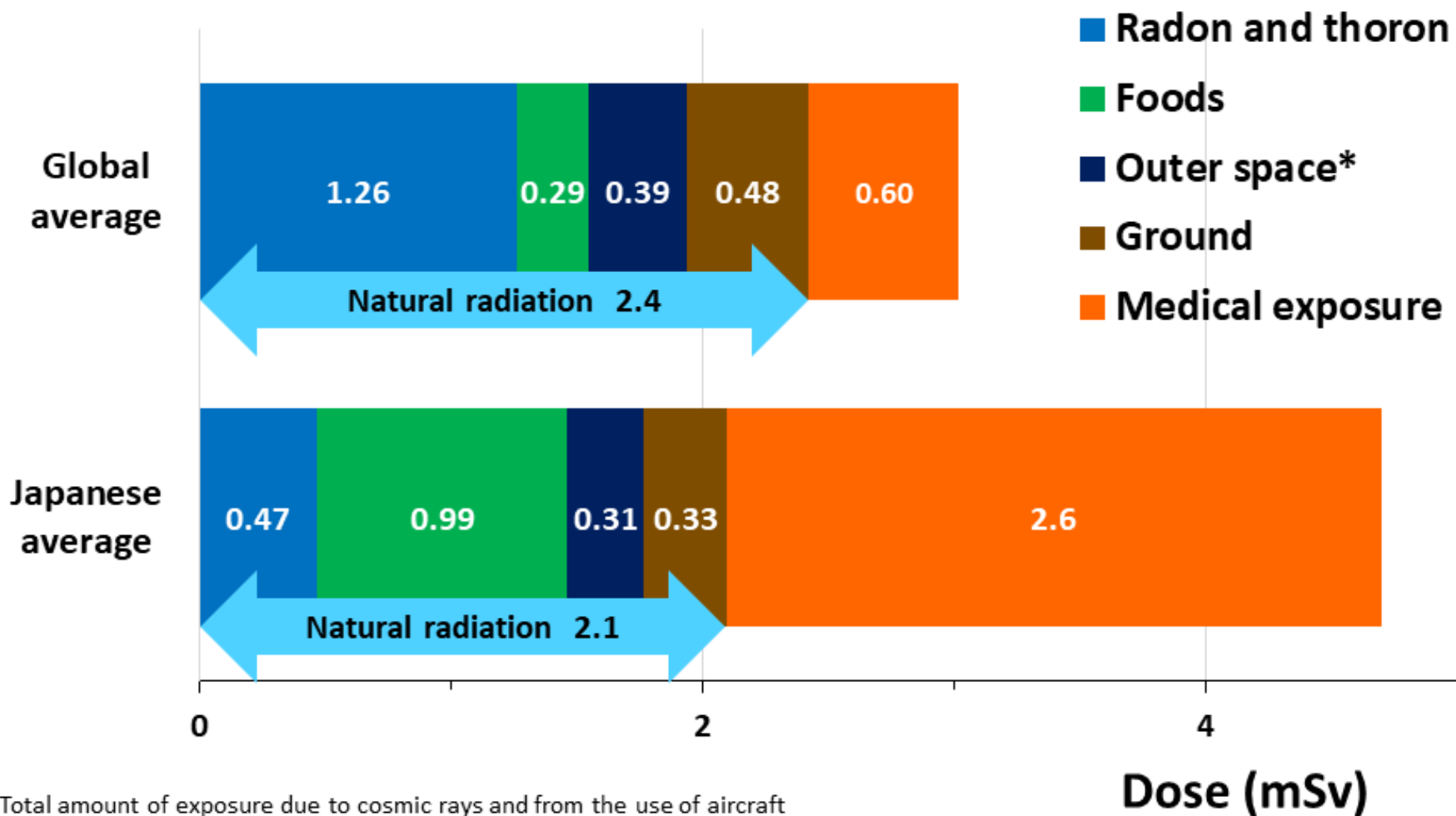
The exposure dose rate by cosmic rays on the ground is negligibly small compared to medical exposure.

※ Sv【シーベルト】=放射線の種類による生物効果の定数(※) × Gy【グレイ】  
※ X線、 $\gamma$ 線では 1

資源エネルギー庁「原子力2002」をもとに文部科学省において作成

# Comparison of Exposure Doses per Year

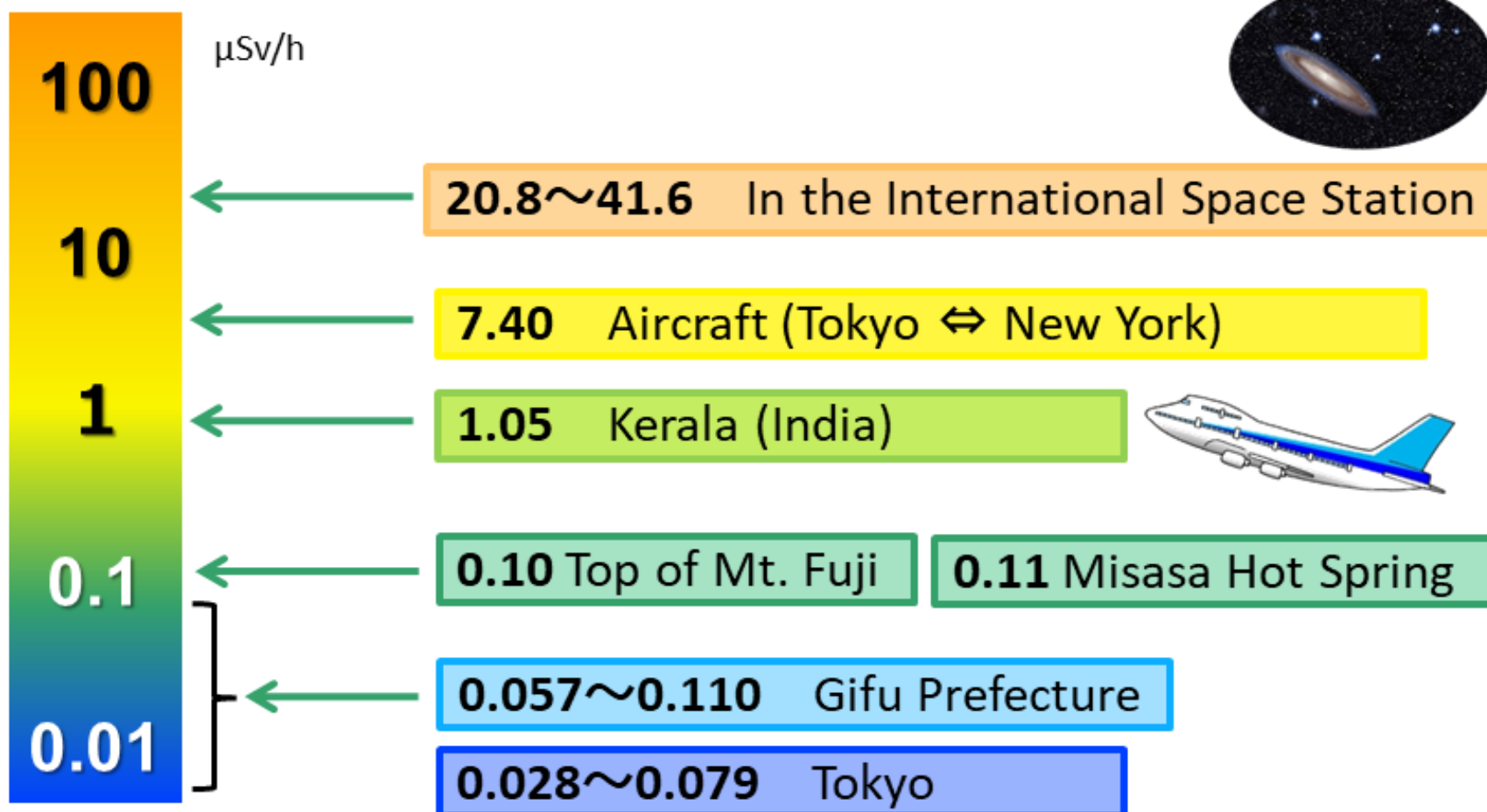
## Exposure in daily life (annual)



Sources: Prepared based on the 2008 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report; and "Environmental Radiation in Daily Life (Calculation of National Doses), ver. 3" (2020), Nuclear Safety Research Association

## Comparison of Exposure Doses per Hour

## Comparison of ambient dose rates



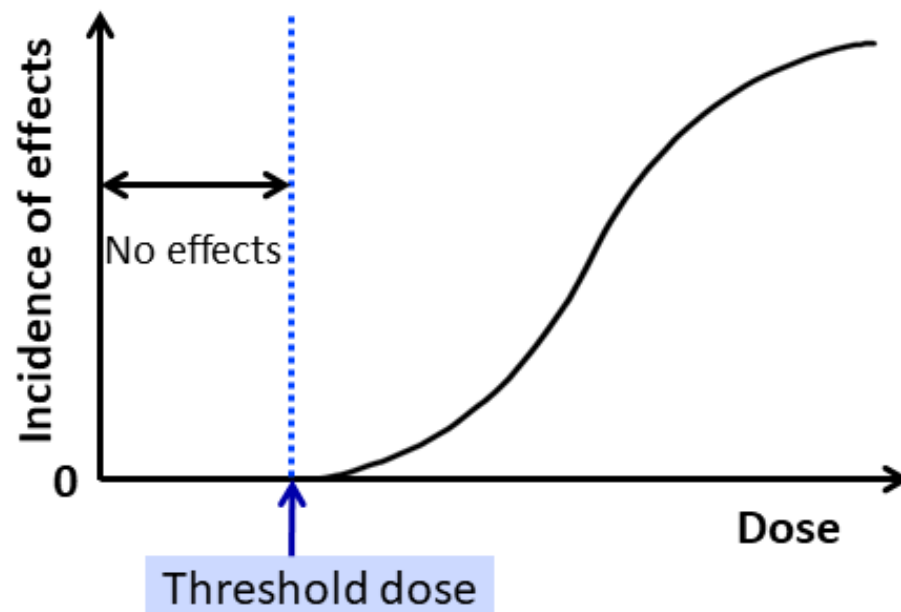
Sources: Prepared based on "Radiation Exposure Management," the website of the JAXA Space Station Kibo PR Center, 2013; "Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses (JISCARD)," the website of the National Institute of Radiological Sciences; "Research on Ambient Gamma-ray Doses in the Environment," the website of the National Institute of Radiological Sciences; Furuno, p.25-33 of the 51st report of the Balneological Laboratory, Okayama University, 1981; and Nuclear Regulation Authority Radiation Monitoring Information (range of previous average values at monitoring posts)



## Deterministic effects (tissue reactions)

(Hair loss, cataract, skin injury, etc.)

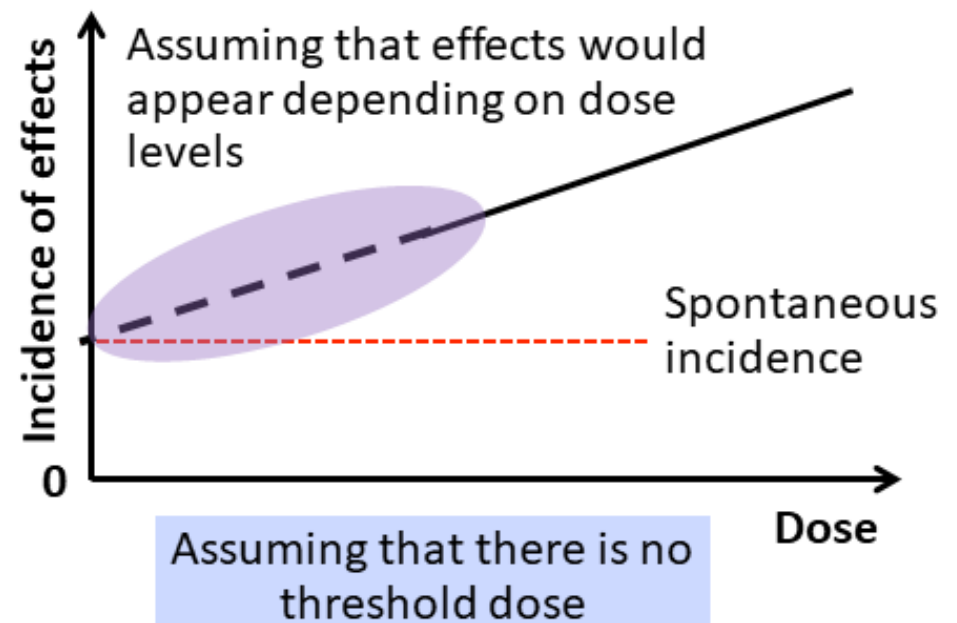
When a number of people were exposed to the same dose of radiation and certain symptoms appear in 1% of them, said dose is considered to be the threshold dose. (2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP))



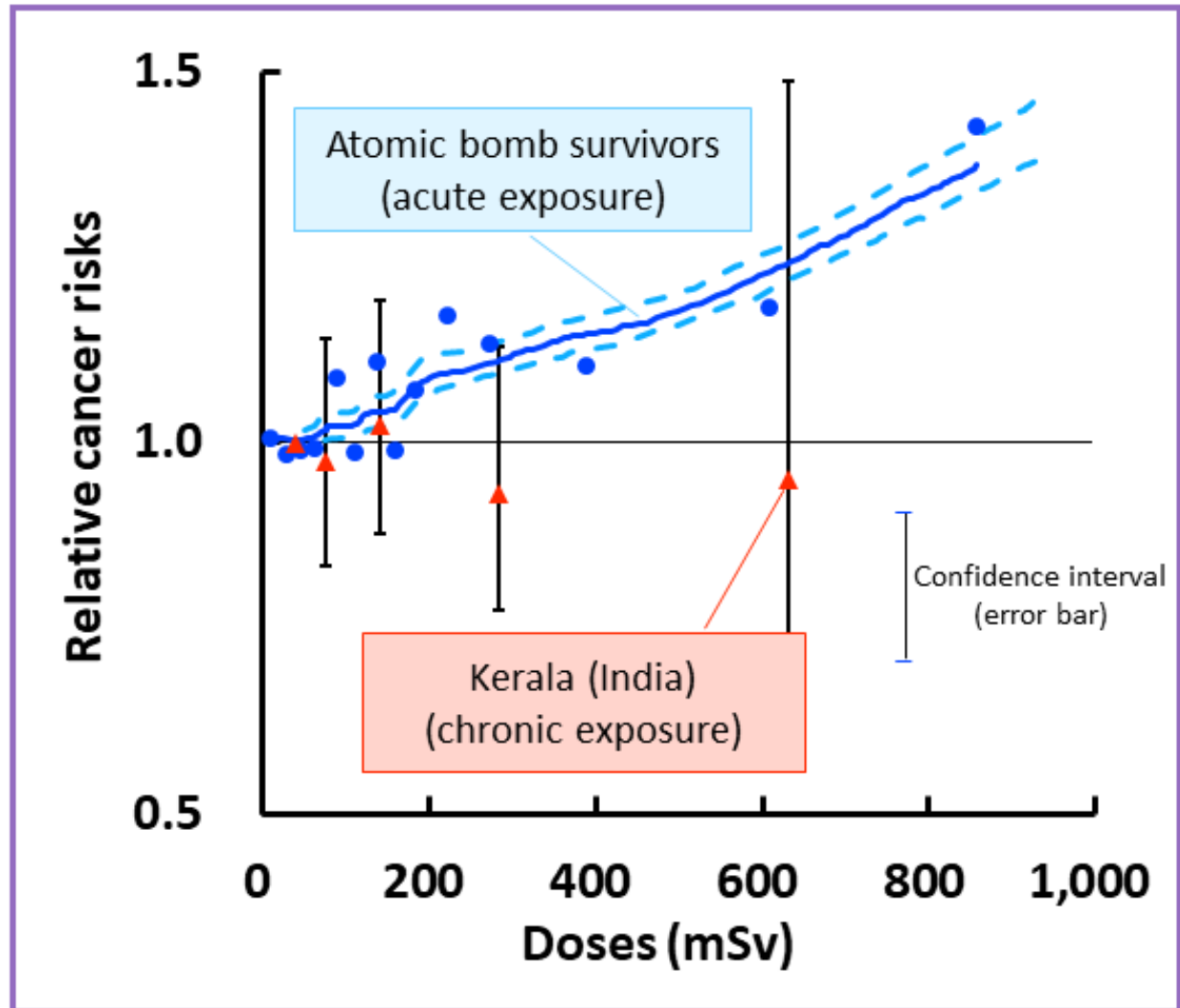
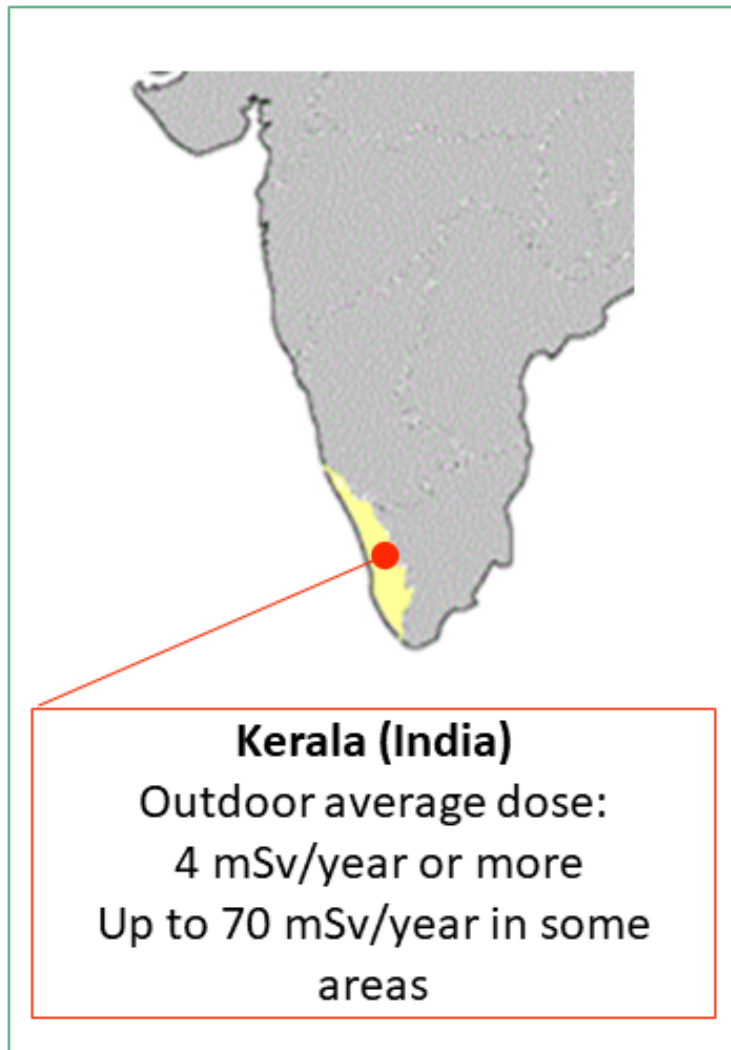
## Stochastic effects

(Cancer, leukemia, hereditary effects, etc.)

Effects of radiation exposure under certain doses are not clear because effects of other cancer-promoting factors such as smoking and drinking habits are too large. However, the ICRP specifies the standards for radiological protection for such low-dose exposures, assuming that they may have some effects as well.



## Carcinogenesis among residents in high natural radiation area in India



mSv: millisieverts

- **Ambient dose rate** shows measured amount of  $\gamma$ -rays in the air. Indicated in microsieverts per hour ( $\mu\text{Sv/h}$ )
- **Fallout density** is the amount of radioactive materials that have deposited (or descended) per unit area in a certain period of time. e.g., becquerels per squared meter ( $\text{Bq/m}^2$ )

