



宇宙飛行士放射線被ばく管理運用における 太陽-地球圏宇宙環境情報の利用

2022年3月25日

JAXA 宇宙飛行士健康管理グループ
グループ長
込山 立人



国際宇宙ステーション(ISS) 宇宙飛行士の健康管理運用の概要

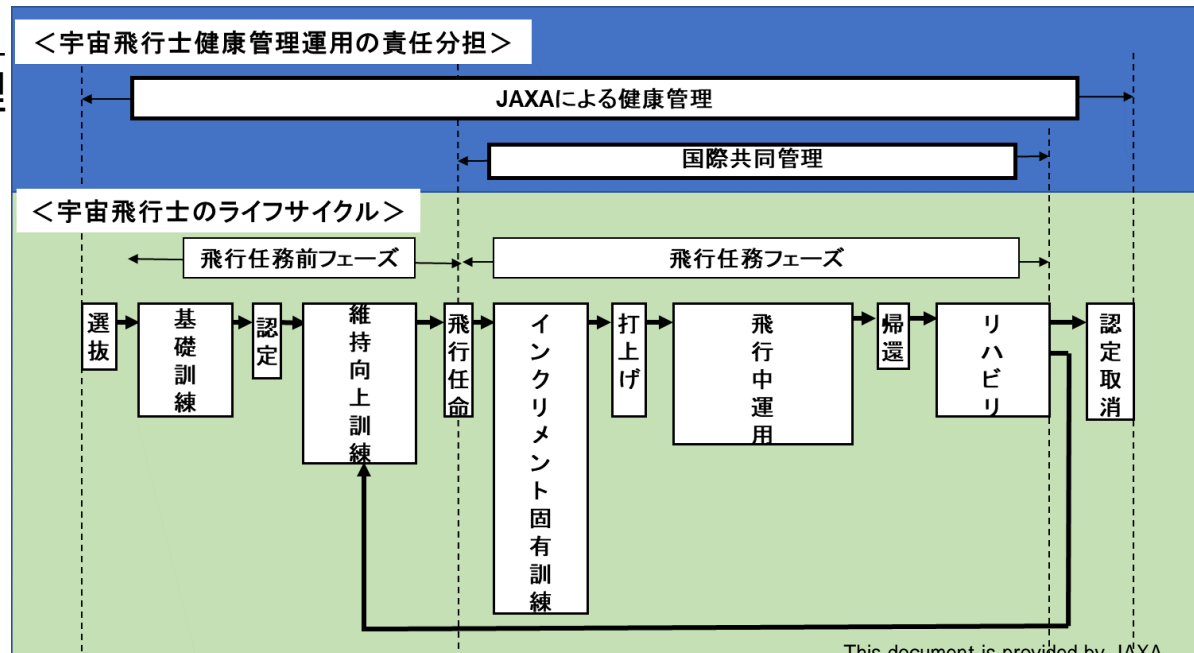


国際宇宙ステーション(ISS):

- 常時3~6名程度の飛行士が半年程度滞在
- 地球軌道上 高度約400kmを周回
- 米・ロ・欧・加・日が共同で運用
- 日本人飛行士は、おおよそ1年に1回半年程度滞在

ISS宇宙飛行士の健康管理運用:

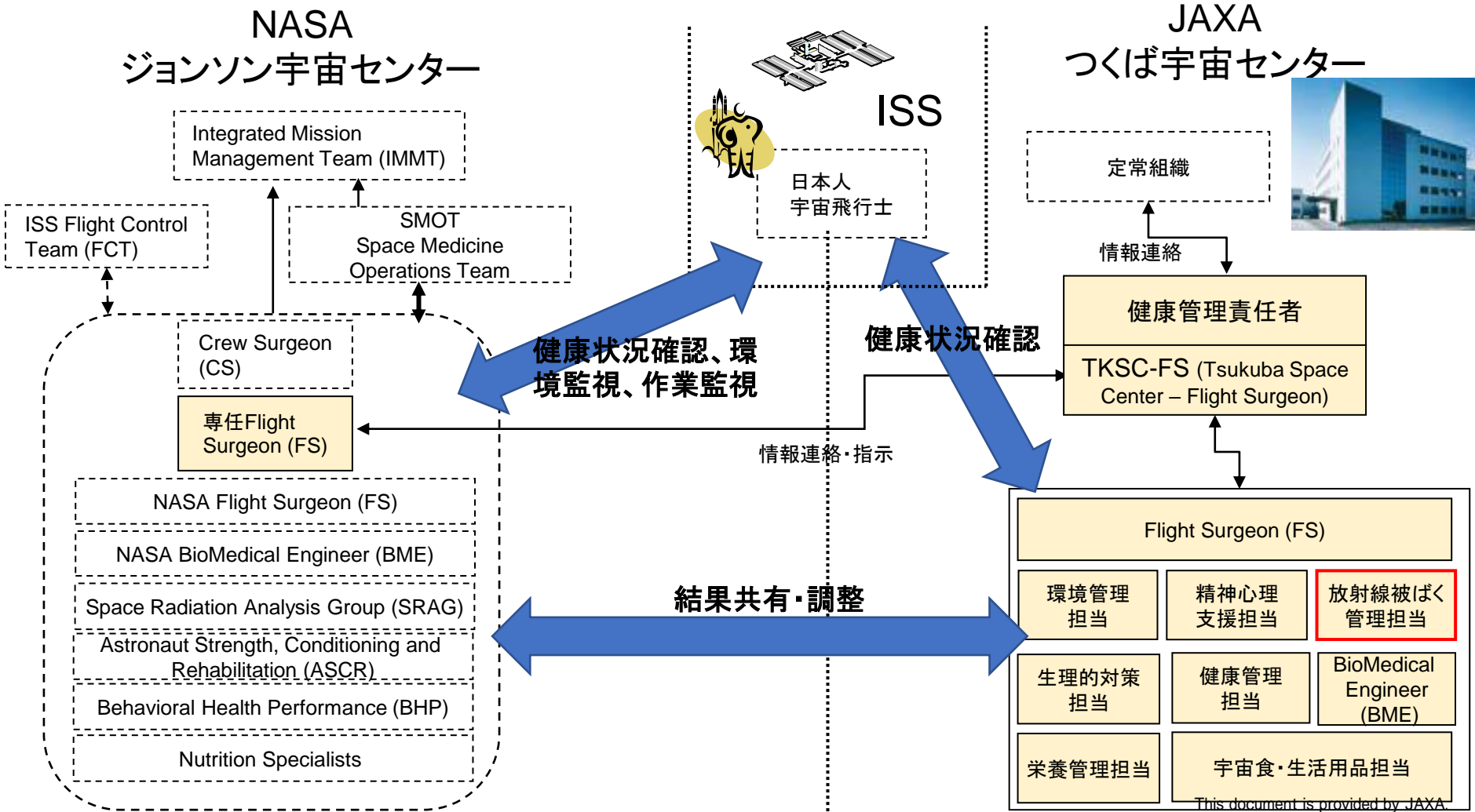
- 日本人宇宙飛行士の健康管理運用の責任はJAXAが有する
- 飛行任務フェーズでの健康管理運用は、国際共同で実施





国際宇宙ステーション(ISS) 宇宙飛行士の健康管理運用の概要

日本人宇宙飛行士ISS飛行中の健康管理運用体制



ISS飛行中の宇宙放射線被ばくの種類

出典： JAXA有人宇宙技術センター

太陽粒子線

陽子・電子 90%
He原子核 数%
重荷電粒子 (>He)



銀河宇宙線

陽子・電子 90%
He原子核 10%弱
Li~Fe原子核
γ, X線等の電磁波

捕捉粒子線

バンアレン帯

内帯 = 主に陽子
外帯 = 主に電子



: 国際宇宙ステーション・スペースシャトルの軌道
高度300~500km(低地球軌道)

ISS飛行中の放射線被ばく線量

ISS飛行中の宇宙放射線による被ばく

→ 通常船内: 0.4~1mSv/day(実効線量)

陽子:50~60%、中性子:10~20%、重イオン:~30%、電子/γ線:1%未満

→ ISS船内の場所(遮蔽)、太陽活動によって異なる

→ 船外活動中は、船内の数倍程度

1989年10月の巨大フレア時の
ロシアMIRステーションでの積算
線量の推移

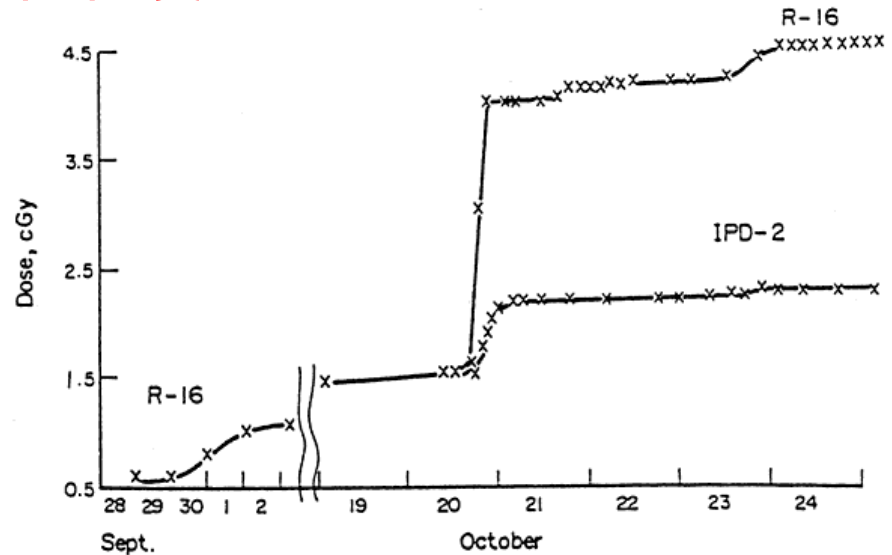


図2-9 1989年10月の太陽フレア時に、ロシアのMIR内で計測された積算線量の推移 (R-16:環境モニタ、IPD-2:個人モニタ)

ISS搭乗飛行士の放射線被ばく管理の考え方

線量での管理

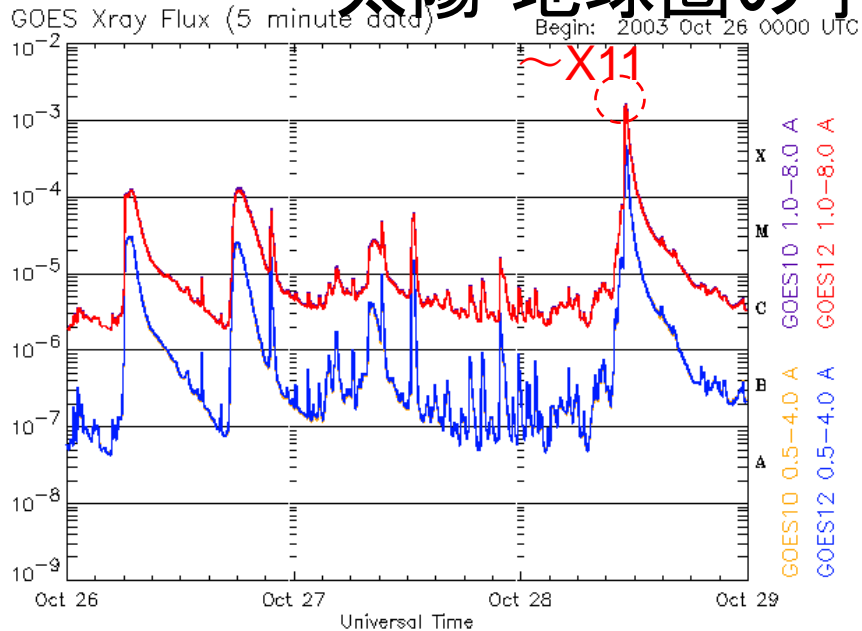
- 線量制限値(国際共通)を超えないように。
- ISS船内に設置されている環境線量計測装置で常時監視。
- 線量制限値を越えそうな場合は、地球帰還も含めて対応。

ALARA

(As Low As Reasonably Achievable)

- 被ばくができるだけ少なくなるように。
- 太陽-地球圏の宇宙環境を監視(NOAAのデータを利用)。
- 宇宙環境擾乱時は、遮蔽の厚い部分へ退避等の対応。

ISS飛行士被ばく管理運用における 太陽-地球圏の宇宙環境の監視



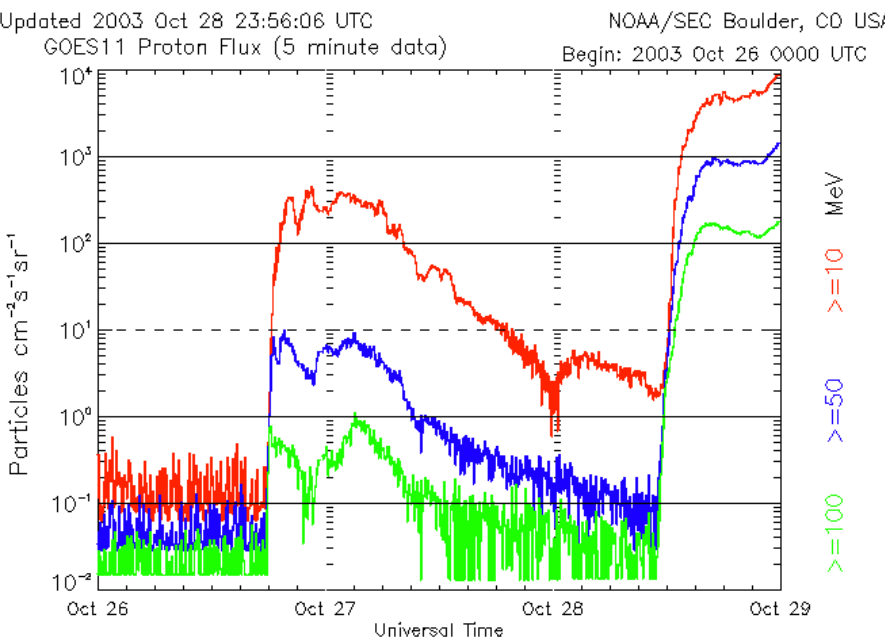
【Flight Rules】 (ISS国際共通ルール)

Alert

- NOAAがSPE※1の警報を出した場合
- SPE※1が発生した場合
- 磁気嵐 ($Kp > 7$)が発生した場合
⇒モニタの動作を確認 等

Contingency

- 高エネルギーSPE※2が発生した場合
⇒積極的な介入(遮蔽の厚い場所への滞在を勧告、船外活動の制限等)を検討
- 特に、100MeVを超える陽子が100個/ $cm^2 \cdot s \cdot ster$ 以上では、遮蔽の厚い場所へ回避する



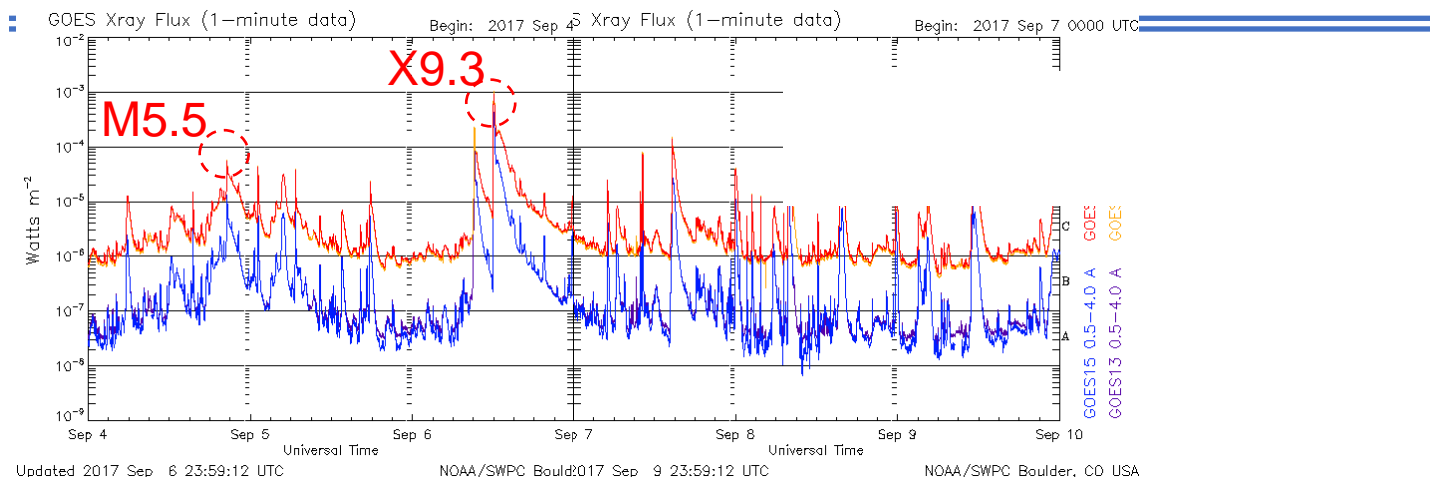
※1: SPE (Solar Particle Evnet)

10MeVを超える陽子が10個/ $cm^2 \cdot s \cdot ster$ 以上

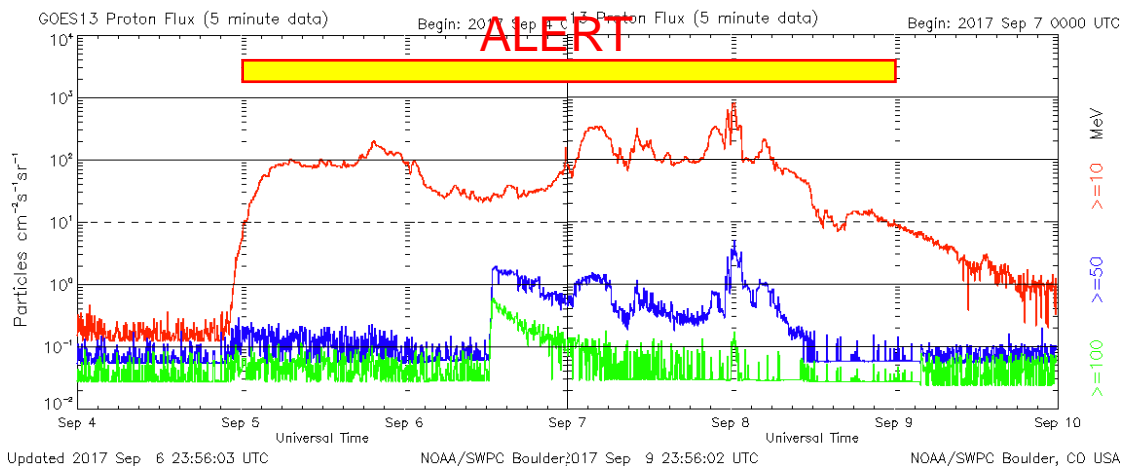
※2: 高エネルギーSPE

100MeVを超える陽子が1個/ $cm^2 \cdot s \cdot ster$ 以上

太陽フレア時の飛行士の被ばく管理(例: 2017年9月5~17日)

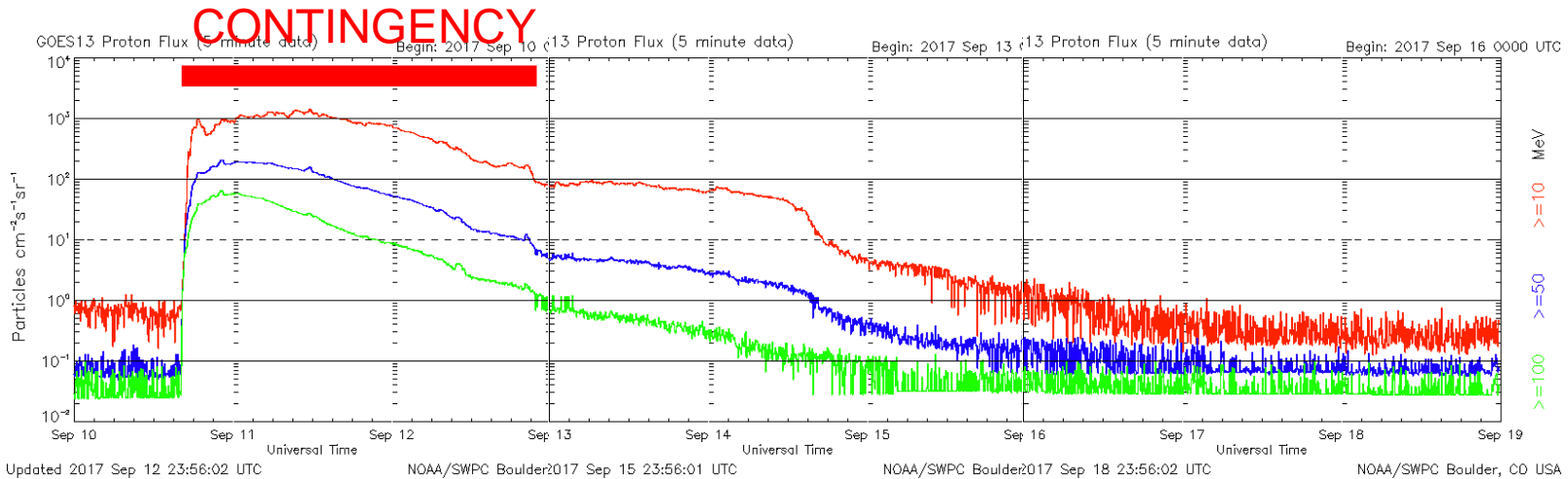
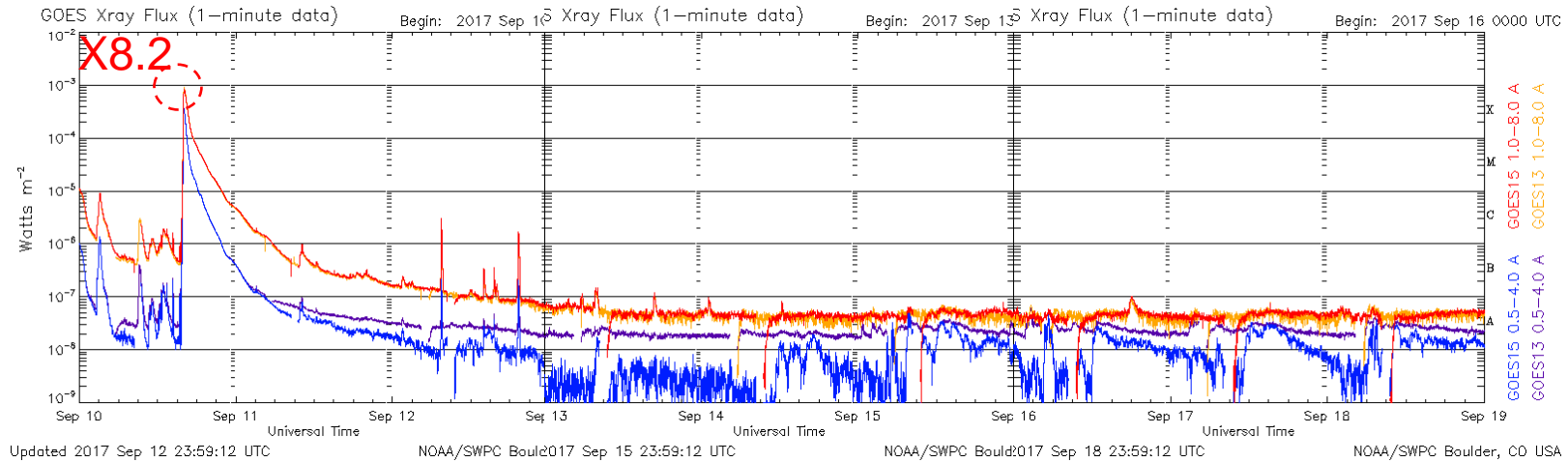


X線の観測@GOES衛星(米: 静止衛星)



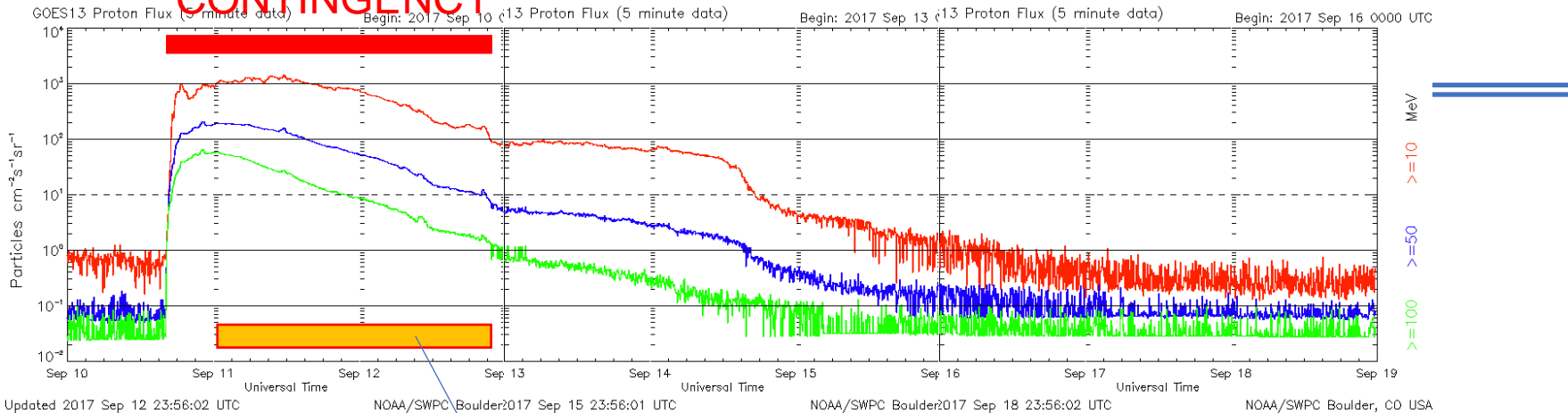
太陽陽子の観測@GOES衛星(米: 静止衛星)

太陽フレア時の飛行士の被ばく管理(例: 2017年9月5~17日)



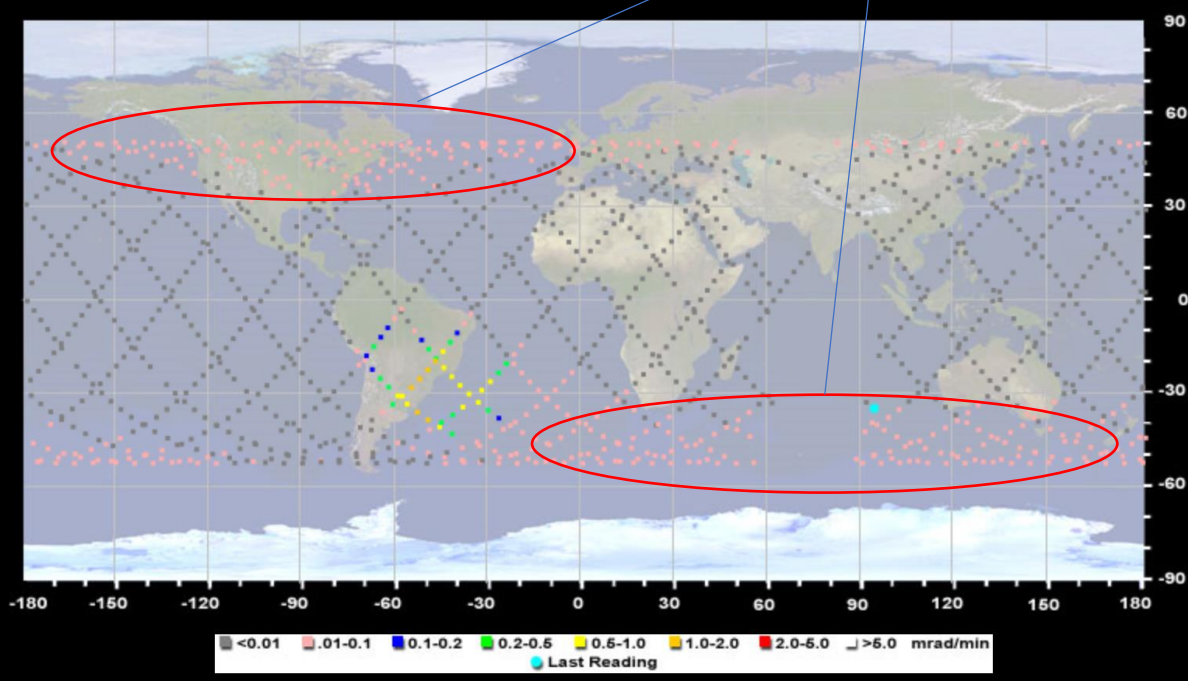
太陽フレア時の飛行士の被ばく管理(例: 2017年9月5~17日)

CONTINGENCY



運用制約: 高リスク期間中は、遮蔽の薄い場所に滞在しない


ISS TEPC Dose Rates:



今後の課題等

□ 運用上の問題意識

- Flight Rules上の「Contingency」は本当にcontingencyなのか？
 - ◆ 過去、JAXAでは「Contingency」が発令されると、被ばく管理担当者が24時間体制で監視を行う運用に移行していたが、現在は、その備えのみ。
 - ◆ 飛行士線量との関係がはっきりしている太陽-地球圏宇宙環境の指標・基準値はあるか。
 - ◆ 宇宙飛行士の運用の場面ごとに、指標・基準値が異なってもいいのではないか。また、現況のみでなく予報によって運用変更を行えるようになってもいいのではないか。
 - ✓ 船内活動時 / 船外活動時
 - ✓ 就寝時間帯 / 活動時間帯

- 
- ✓ 宇宙環境擾乱の影響をより受けやすくなる月・火星での有人探査ミッションでは、指標・基準値の設定や予報がより重要になる可能性。
 - ✓ また、効率性や旅行者の満足度が求められる宇宙旅行事業においても、指標・基準値の設定はより重要になるのではないか。