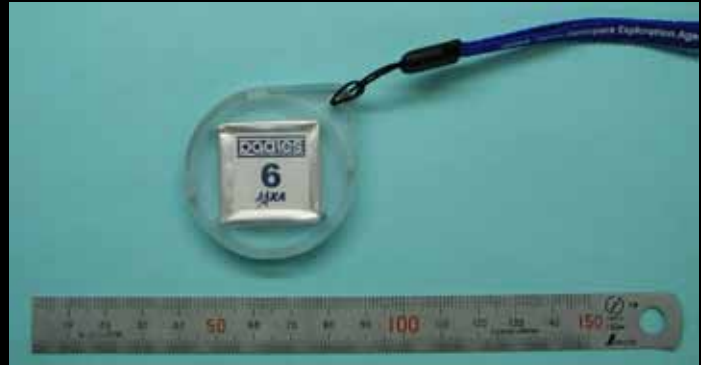


受動・積算型個人線量計を用いた 個人被曝線量の算定



宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術部¹・宇宙環境利用センター²
小池右¹、矢部志津¹、永松愛子²

ISS滞在での宇宙放射線の被曝線量

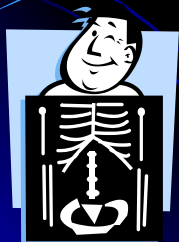
出典：2000年国連科学委員会報告、
国際放射線防護委員会の1990年勧告、
有人サポート委員会宇宙放射線被曝管理分科会
報告書(2001年)他



胸部CT(1回)
6.9ミリシーベルト



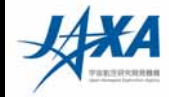
東京～NY航空機往復
0.2ミリシーベルト



胸部レントゲン(1回)
0.05ミリシーベルト

ISS滞在1日あたり
1ミリシーベルト

地上での日常生活の被曝線量



1年で・・・合計約2.4ミリシーベルト

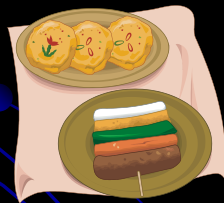
宇宙から：0.4ミリシーベルト



大地から：0.5ミリシーベルト



食物から：0.3ミリシーベルト



空気中のラドンから：1.2ミリシーベルト

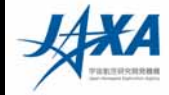


ISS滞在1日あたりの放射線の量は、地上の約半年分
(1ミリシーベルト)

2

出典：2000年国連科学委員会報告

JAXAの被曝線量の制限



生涯実効線量制限値(全身)

初めて宇宙 飛行を行った 年齢	女	男
	(リスク)	(リスク)
27-29	600 (3.2%)	600 (2.9%)
30-34	800 (3.1%)	900 (3.1%)
35-39	900 (3.1%)	1000 (3.1%)
40	1100 (3.0%)	1200 (3.1%)

(単位：ミリシーベルト)

*リスク：放射線被曝により、がんで死亡する確率
約3%のリスクは、地上の放射線業務従事者のリスクと同様。

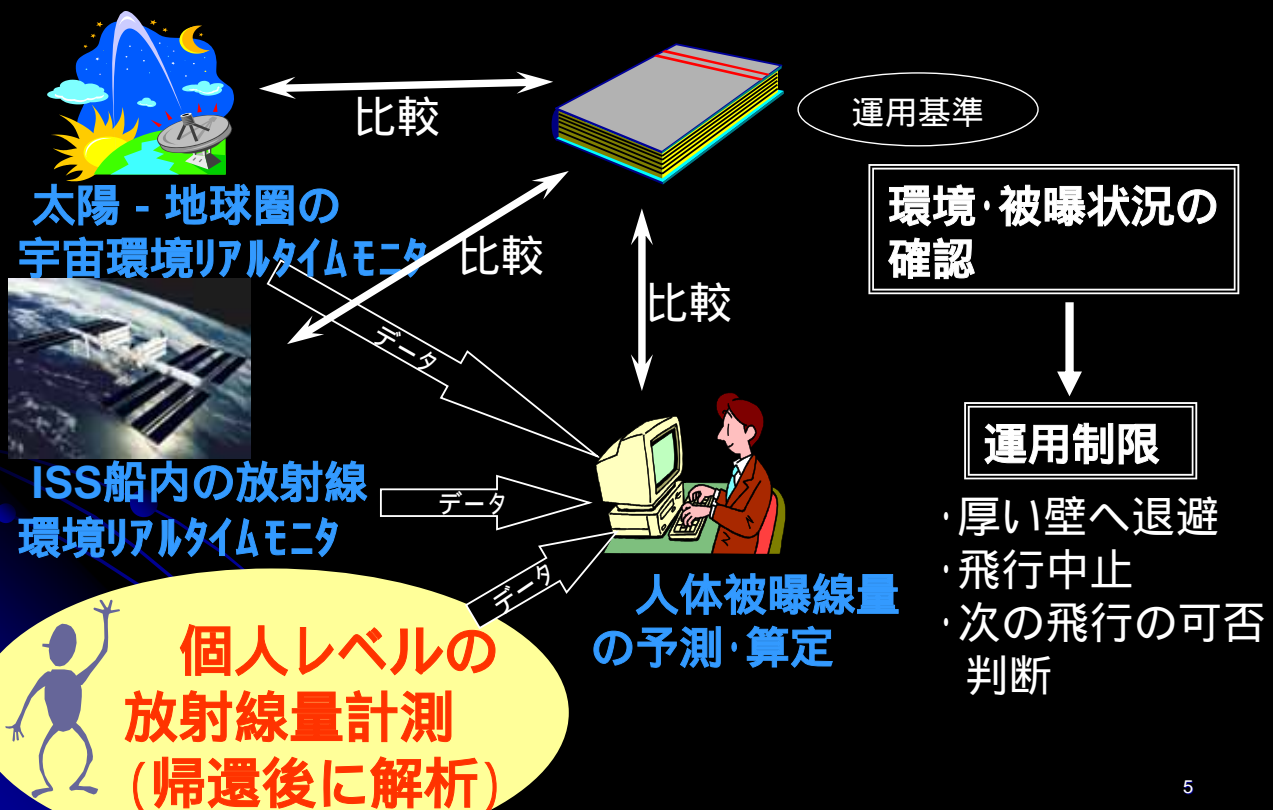
3

ISS滞在の予測被曝線量



- ISS滞在3ヶ月・・・約90ミリシーベルト
- ISS滞在6ヶ月・・・約180ミリシーベルト

ISS飛行の放射線防護の4つのポイント



PADLES

宇宙放射線被曝評価を正確に行うことを目的として2種類の線量計測素子(固体飛跡検出器:CR-39および熱蛍光線量計:TLD)を組み合わせた線量計とその解析を自動・高速・高精度で行うシステム(PADLES:Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space)を宇宙環境利用センターが開発

CR-39:高LET領域(10keV/ μ m以上)の荷電粒子を測定

TLD:低LET領域(10keV/ μ m未満)の荷電粒子を測定

(注)LET(Linear Energy Transfer線エネルギー付与):荷電粒子が物質中を進む間に周囲物質に与えるエネルギー量(単位keV/ μ m, 1eV=1.6 \times 10⁻¹⁹J)

両者を合わせて吸収線量および線量当量を算出

ABCDE-PADLES

A-PADLES: Area PADLES
JEM内の環境宇宙放射線を計測

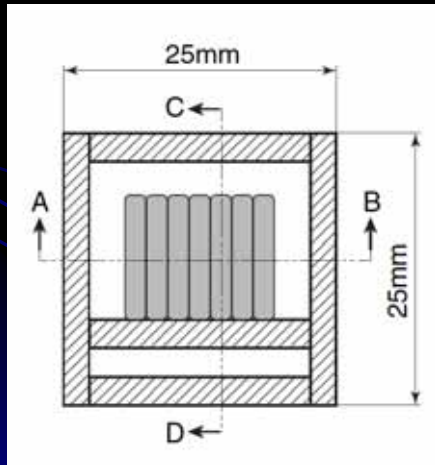
B-PADLES: Bio-PADLES
宇宙放射線生物影響実験に使用

C-PADLES: Crew PADLES
日本人宇宙飛行士個人被曝線量を計測

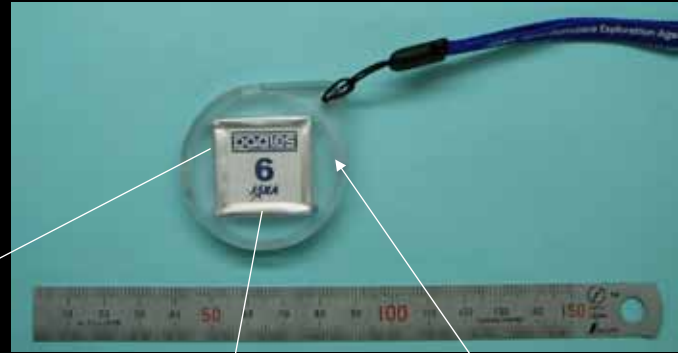
D-PADLES: Dosimetric PADLES
国際共同研究による物理計測実験

E-PADLES: Experiment PADLES
JAXAが実施する技術開発実験

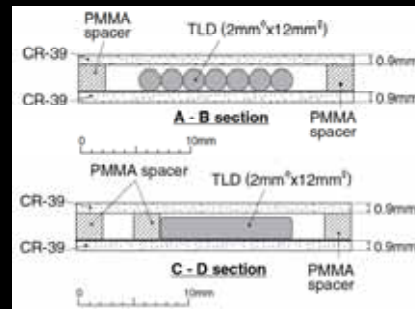
Crew-PADLES



正面



Polycarbonate case



側面

現在までに行われた実験・軌道上検証

地上照射実験

加速器を用いて宇宙放射線環境を模擬し、ISSに搭載予定の各国の宇宙放射線計測器に照射を行いその線量応答を校正・相互比較する地上照射実験が放射線医学総合研究所等の施設で数回に渡って行われ、PADLESはその高い測定精度が評価された。



放射線医学総合研究所の加速器HIMAC

軌道上検証

ISS軌道上に滞在する宇宙飛行士4名に実際に身につけてもらい以下の項目について検証を行った。

(1) 搭載性

クルーが実際に軌道上で装着し形状、大きさ、素材、質量、取扱いの容易さ等についてを評価(クルーに対してアンケート形式で質問)。

(2) 運用性

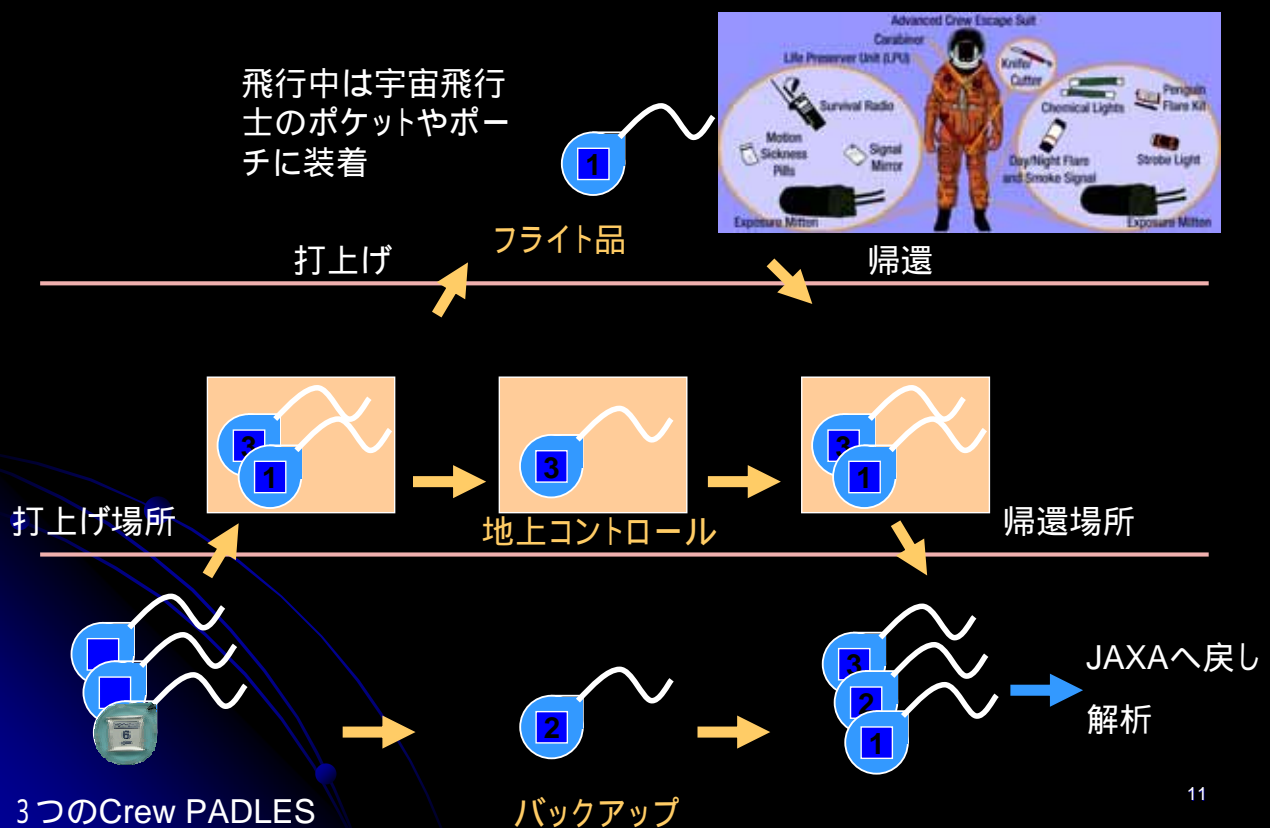
搭載準備から帰還後解析までの一連の運用が支障なく行えるかを評価(クルーおよび搭載担当者に対してアンケート形式で質問)。

(3) 計測値の妥当性

1J/A及び1Jフライトで得られたデータを同時搭載されたNASA個人線量計と比較し、Crew PADLESの計測精度の妥当性を検証(測定値はflight modelの値からground controlの値を引いたもの)。

10

軌道上検証の流れ



11

対象飛行士 & フライト

- (1) 2007年10月 マレーシア人飛行士:ソユーズフライト(ペイロード)
- (2) 2008年 3月 日本人飛行士(土井隆雄):シャトルフライト(FCE)
- (3) 2008年 4月 韓国人飛行士:ソユーズフライト(ペイロード)
- (4) 2008年 6月 日本飛行士(星出彰彦):シャトルフライト(FCE)

- (注)・ペイロード:打ち上げ時と帰還時は貨物扱い、軌道上でのみ飛行士に装着
 ・FCE (Flight Crew Equipment):打ち上げ時と帰還時も含めて飛行士に装着
 ・(2),(4)についてはNASAの線量計も同時搭載されており両者の装着条件も同一であり値の比較が可能



12

結果

- (1) 搭載性
問題なし
- (2) 運用性
問題なし
- (3) 計測値の妥当性

1J/A, 1J missionともにJAXAの個人線量計(Crew PADLES)による測定値はNASAの個人線量計(CPD)によるものと比較してその測定誤差は30%程度であった。

宇宙放射線を含む放射線防護に関する勧告を行う米国内組織である NCRP (National Council on Radiation Protection) 刊行のReport No.142 [Operational Radiation Safety Program for Astronauts in Low-Earth Orbit: A Basic Framework](#)における「宇宙放射線は混合線種であり、その正確な測定は困難であることから宇宙飛行士の放射線防護のための線量計測はおおよそ30%程度の測定誤差は許容される」という内容に照らしCrew PADLESの計測値の妥当性が示された。

13

Conclusion

長期宇宙滞在を行う飛行士に対して適用されるIP
間合意文書(医学運用要求書: Medical
Operation Requirement Document)には「所属
宇宙機関が個人線量計を有している場合は宇
宙放射線被曝管理に際し、同線量計を使用する
ことができる」と記載されている。

- 今回の検証によりCrew PADLESは
NASAの個人線量計と同程度の計
測精度を有することが確認できたた
め、若田飛行士の搭乗する長期滞
在フライト以降は同線量計を宇宙放
射線被曝管理に適用する。

