

将来有人宇宙活動に向けた宇宙医学／健康管理技術研究開発キックオフ

# 宇宙×健康管理×国際宇宙ステーション 国際宇宙ステーションでの健康管理について (医学、衣食住)



宇宙航空研究開発機構  
有人宇宙技術部門  
総括医長 三丸 敦洋



金井宇宙飛行士  
担当



国際宇宙ステーション (ISS)

私の担当

ジョンソン宇宙センター

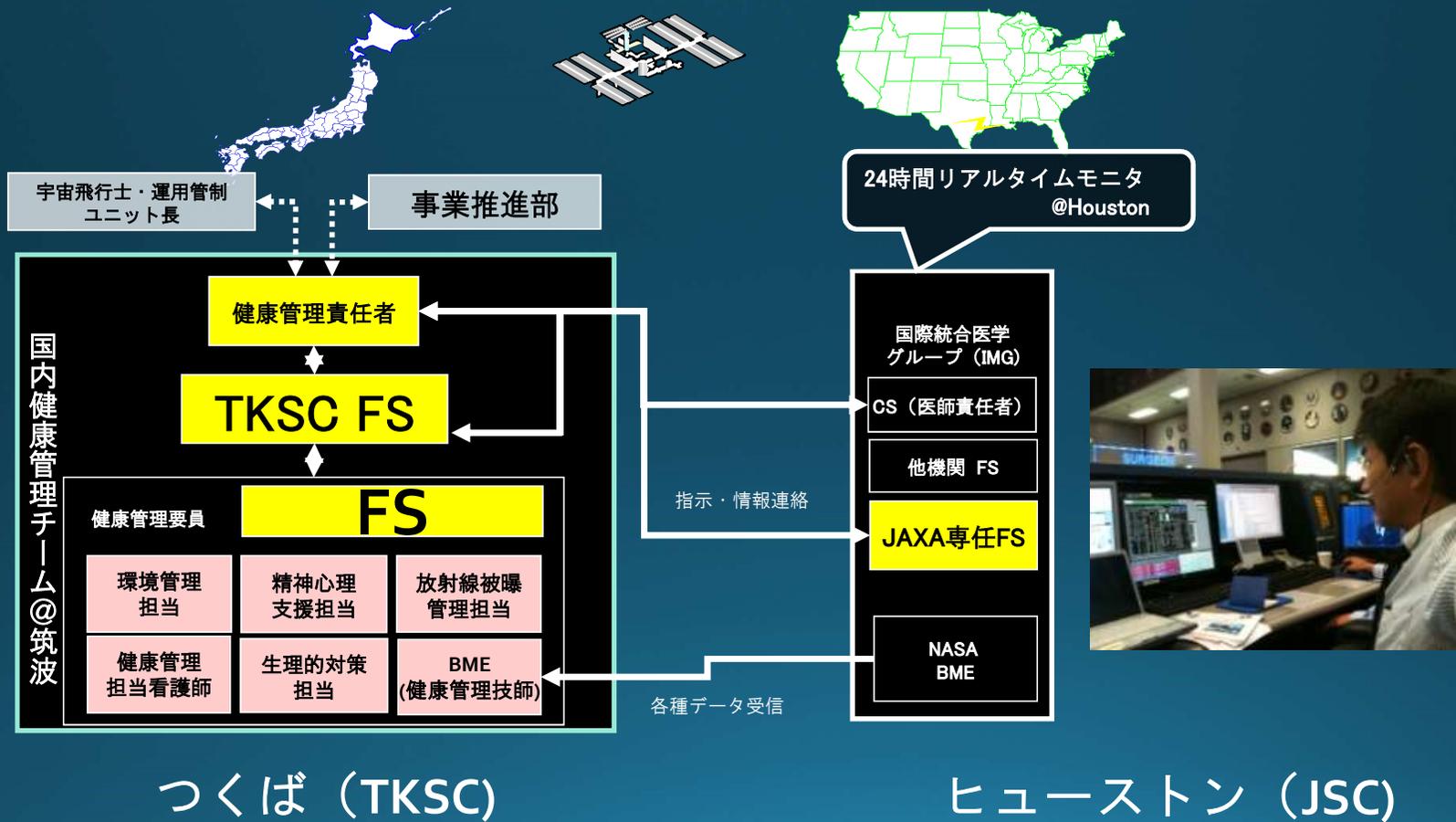


つくば宇宙センター



地上からの  
宇宙飛行士サポート

# 健康管理運用体制



# 健康管理



募集・  
選抜

訓練・  
認定

健康管理（軌道上運用）  
生理的対策（運動・リハビリ）

- 宇宙飛行士の募集・選抜から訓練・認定まで実施している。
- ISS長期滞在ミッションの健康管理についても、フライト機会を活用してノウハウを蓄積，技術を向上している。

# 健康管理グループ



健康管理責任者（主任FS）以下、フライト・サージャン、BME、精神心理、運動生理、放射線管理、健康管理、環境管理、宇宙食・生活用品の8つの役割を分担し健康管理支援を行っています。

# 健康管理運用の担当と役割

- ✕放射線被ばく管理担当  
宇宙放射線環境モニタ  
放射線被ばく線量算定



- ✕生理的対策担当  
運動データ評価



- ✕宇宙食・生活用品担当  
日本宇宙食、生活用品準備

- ✕フライトサーजन(FS)  
医学面談 (PMC)  
健康管理データ評価  
服薬指示



- ✕BME  
スケジュール管理  
健康管理データの受信  
ミッション進捗確認

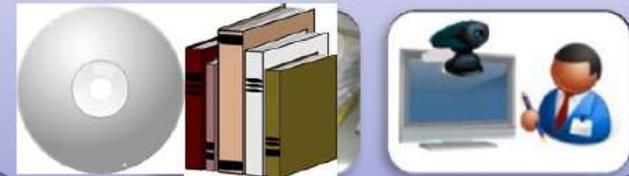


- ✕環境管理担当  
環境モニタリング  
(空気、微生物、騒音、飲料水)

- ✕看護師 健康管理担当者  
医薬品在庫管理・搭載支援



- ✕精神心理支援  
精神心理面談 (PPC)  
認知機能、情動評価  
家族との交信支援  
各種コンテンツの提供



# 医学、衣食住

- 医学認定審査
- 生理的対策
- 精神心理支援
- 放射線管理
- 環境管理 . . .

# 医学認定審査

約1年毎に  
認定審査

- 宇宙飛行士候補者の医学選抜
- 宇宙飛行士認定時 初回医学認定
- 搭乗割り当て前の年毎に行う継続医学認定
- 搭乗割り当て後の継続医学認定
- その他 必要と認めるとき

# 生理的対策（体力測定・運動処方）

	任務期間外	飛行前	飛行中	飛行後
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙飛行士特有の各種訓練時の障害/外傷の予防</li> <li>・各種訓練を遂行するための体力の維持向上/健康維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ISS搭乗/活動に必要な各種訓練時の障害/外傷の予防</li> <li>・各種訓練を遂行するための体力の維持向上/健康維持</li> <li>・ISSでの運動機器操作の習熟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ミッションを無事完遂するための体力の維持向上/健康維持/障害予防</li> <li>・船外活動に向けた体力維持</li> <li>・帰還後に向けたの身体機能の維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常生活への早期復帰</li> <li>・飛行前の健康状態への回復</li> </ul>
頻度/時間	飛行士の裁量にて決定	2時間/回、2回/週	2.5時間/回、6回以上/週	2時間/回、5-7回/週
評価	最大酸素摂取能 全身運動機能検査	最大酸素摂取能 全身運動機能検査 等速性筋力	最大酸素摂取能	最大酸素摂取能 全身運動機能検査 等速性筋力
処方改訂	数ヶ月に1度	1ヶ月～数ヶ月に1度	数日～1週間に1度	毎日

## 生理的対策（体力測定・運動処方）

### •長期滞在に伴う身体の変化

#### 【筋萎縮】

宇宙の1日は臥床2日分、加齢性変化の半年分に相当。

#### 【骨量低下】

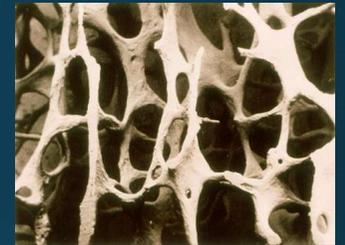
骨折のリスク。

#### 【平衡機能障害】

身体の重さを感じない生活に慣れ、バランスがとれない。

#### 【体液シフト】

帰還時は、体液再分布により脳への血流が低下。起立性低血圧により失神することもある。



©JAXA

宇宙  
(骨粗しょう症)



長期滞在ミッションでは運動とリハビリが不可欠

Furukawa/JAXA

NASA



resistive exercise



bicycling

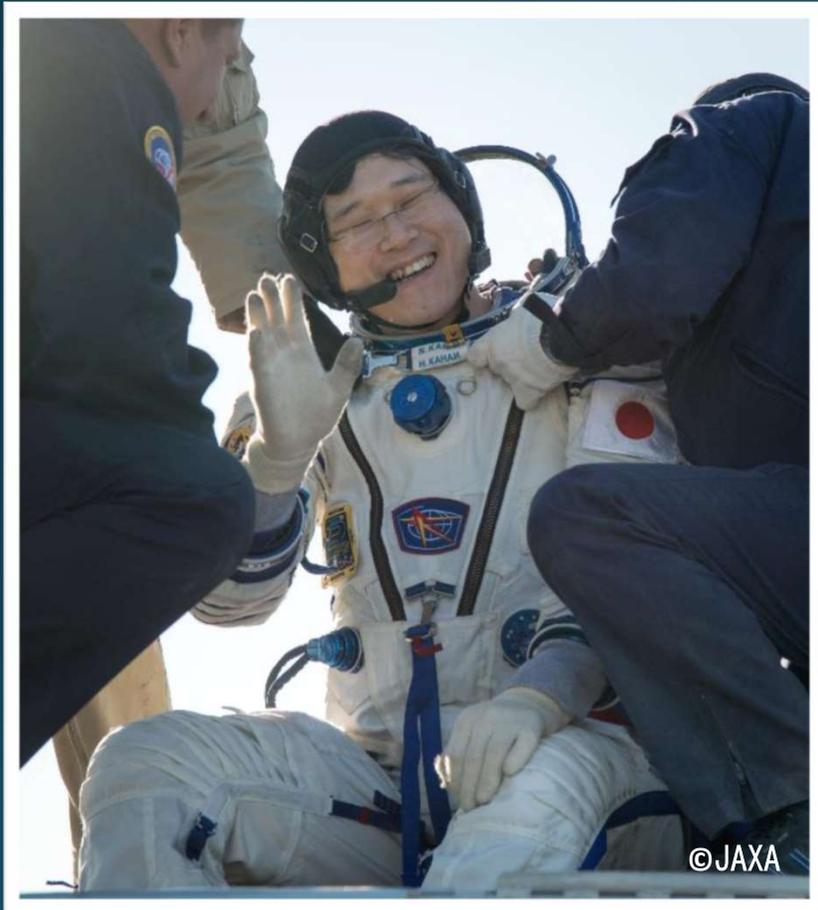


treadmill



©JAXA/NASA

# 金井宇宙飛行士の帰還直後(2018年6月3日)



# ファンクショナルトレーニング

## メディシンボール



# 疾病対策

- 米露の有人宇宙開発の歴史の中で、医学的な事由から任務を変更し帰還した事案は稀で、3件。
- 重症度の低い医学的イベントは、宇宙滞在中に治療可能であったため、宇宙飛行士の任務遂行に大きな影響を与えず、緊急帰還は必要とならなかった

(A.E.Nicogossian et al. *Space Physiology and Medicine* 4<sup>th</sup>ed.(2016))

- 3.4件/飛行年の頻度で発熱等の臨床症状をみとめた。

(B.Crucian et al. *International Journal of General Medicine* 2016:9,383-391)

# 疾病対策

- 米露の有人宇宙開発の歴史  
変更し帰還した事案は稀
- 重症度の低い医学的イベント  
あったため、宇宙飛行士  
緊急

CS (Crue Surgeon)  
JAXA FS

- 3

(B.Crucian et al.)



CMO (Crue  
Medical Officer)

任務を

中に治療可能で  
な影響を与えず、

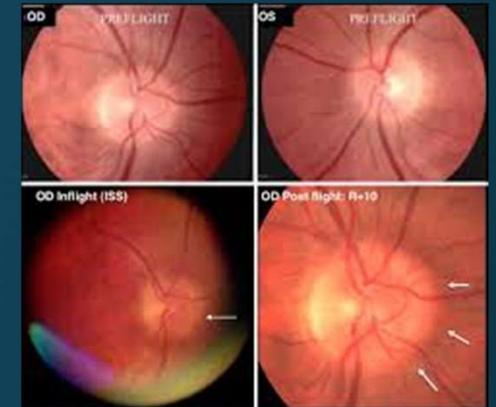
*and Medicine 4<sup>th</sup>ed.(2016))*

をみとめた。

*General Medicine 2016:9,383-391)*

# 宇宙環境特有の問題

- SANS（宇宙飛行関連神経眼症候群  
space flight associated neuro-ocular syndrome）  
長期滞在宇宙飛行士に見られる視神経乳頭浮腫  
や眼球扁平化、脈絡膜・網膜の変形成、遠視を来す症候群  
原因はまだ解明されていない。



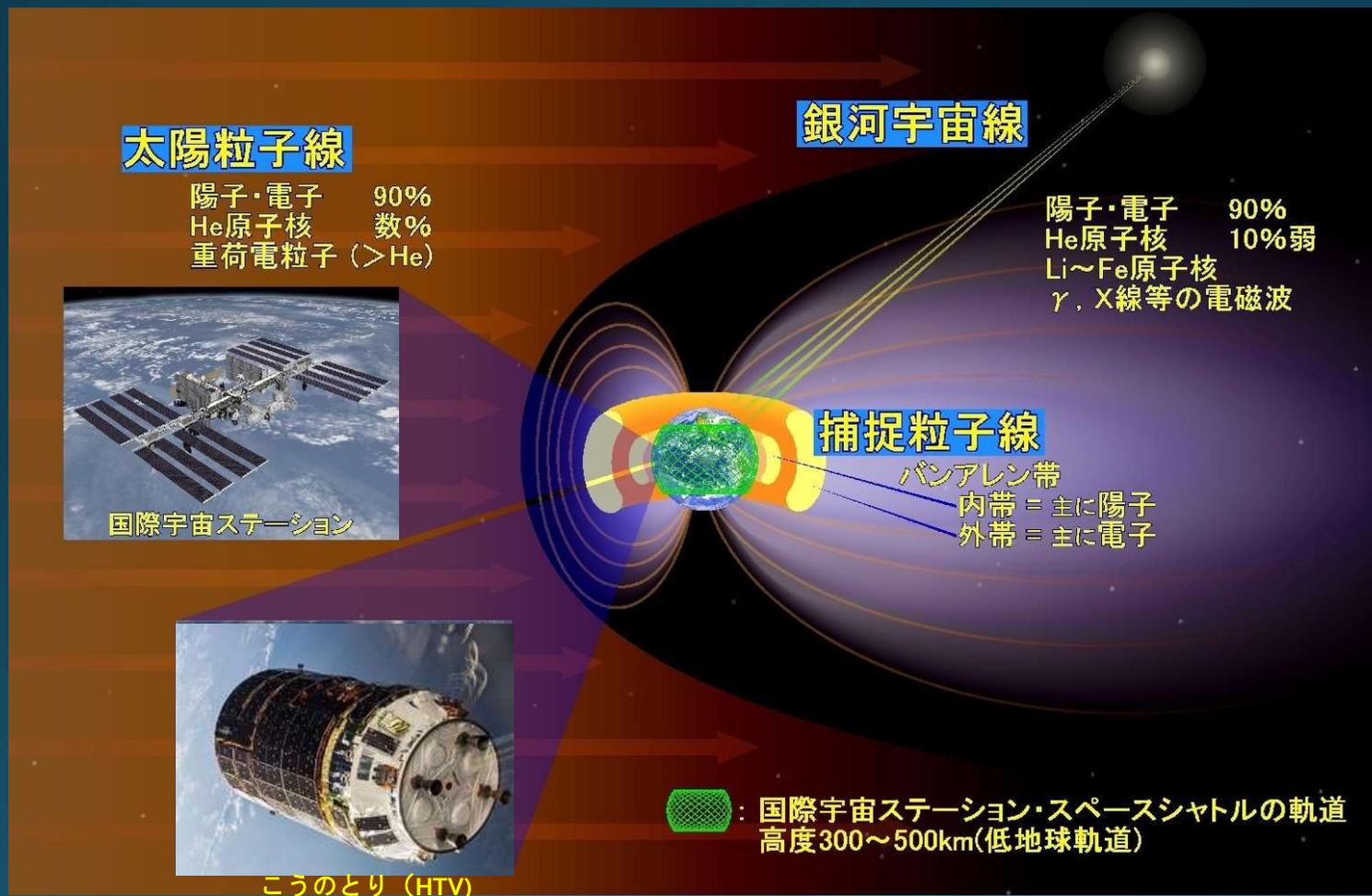
©NASA

- 免疫機能低下

宇宙空間に長期滞在することにより様々なストレスや環境要因（放射線等）により免疫機能が低下する。

(Crucian BE, et al. *Front. Immunol.* 9:1437. doi: 10.3389/fimmu.2018.01437)

# 宇宙飛行中の宇宙放射線による被ばく



# 放射線管理

飛行士選抜

搭乗割当

打上げ

帰還

	飛行士選抜	搭乗割当	打上げ	帰還
<b>A)被ばく線量管理</b> <b>&lt;ツール&gt;</b> ✓ 線量制限値 ✓ 線量算定方法	➢ 被ばく履歴聴取(選抜時) ➢ 年間被ばく状況の確認・記録(毎年)	➢ 飛行中線量の予測(搭乗割当前) ➢ 年間被ばく状況の確認・記録(毎年)	➢ 飛行中線量の算定(宇宙環境異常時)	➢ 飛行中個人被ばく線量の算定
<b>B)リスク説明</b> <b>&lt;ツール&gt;</b> ✓ リスク算定方法	➢ インフォームド・コンセント(選抜時) ➢ 年間被ばく状況をもとにリスク算定・説明	➢ インフォームド・コンセント(搭乗割当时) ➢ 年間被ばく状況をもとにリスク算定・説明		➢ 飛行中被ばく状況をもとにリスク算定・説明
<b>C)監視・計測</b> <b>&lt;ツール&gt;</b> ✓ 個人線量計(ISS飛行時) ✓ 宇宙放射線環境監視・警報システム		➢ 個人線量計の準備	➢ 太陽-地球圏の宇宙環境の監視及び予測 ➢ ISS船内放射線環境の監視	➢ 個人線量計の回収・解析

# 精神心理支援

段階		訓練	軌道上の任務	帰還後
心理		準備期	適応期	再適応期
予想される状態	宇宙飛行士	訓練による負荷・異文化ストレス等	 <p>濃厚な異文化交流      閉鎖環境      生命の危険と隣り合わせの任務など</p> <p>ストレス・疲労の蓄積</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 様々な行事</li> <li>・ 考え方の変化</li> <li>・ 疲労による対応力の低下等</li> </ul>
	家族	予期不安	<p>ストレス・不安の蓄積</p>	<p>疲労による対応力の低下等</p>
心理的評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ストレス・疲労・睡眠・パフォーマンス評価（面談・質問紙・生理的指標）等</li> </ul>			
対策	事前の情報提供、訓練支援等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スケジュール分析、調整による疲労の軽減</li> <li>・ 地上での情報の提供</li> <li>・ 個人的嗜好を満たす物品の提供</li> <li>・ 各種コミュニケーション手段の提供</li> <li>・ 家族・精心理当医師とのテレビ電話による面談等</li> </ul> 	<p>家族と連携した飛行後の精神心理ケア等</p>	

研究開発上の課題 長期任務に向けた心理的評価および対策

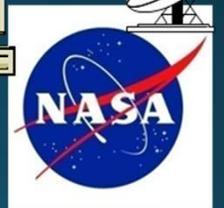
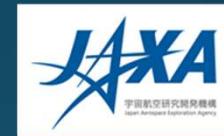
# 軌道上の健康管理支援

- Teleconference

- PMC (Private Medical Conference)
- PPC (Private Psychological Conference)
- PEC (Private Exercise Conference)
- PFC (Private Family Conference)

- その他

- 業務量管理、精神心理支援用データ、摂食状況の入力
- 運動状況のデータダウンロード . . .



# 医学、衣食住

- 約6ヶ月間の滞在
- 風呂、シャワー、洗濯なし
- 限られた着替え頻度
  - 長袖シャツ：1枚／2週
  - ズボン：1枚／1月
  - 運動着：1枚／1週
  - 下着：1枚／2日
  - 靴下：1枚／1週
  - 運動靴：1足／1ミッション

ISS 38 & 39



© JAXA/NASA

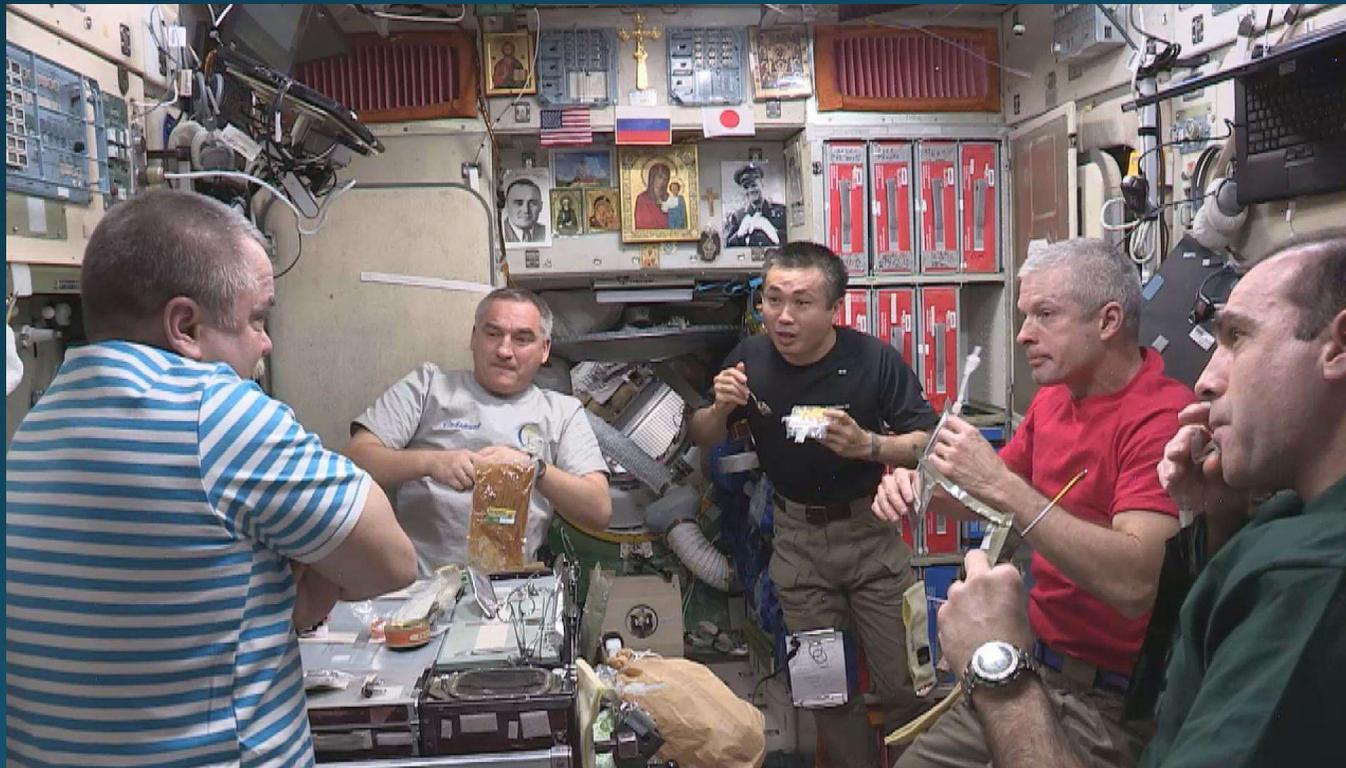
シャンプー(シャワーはありません)



©JAXA/NASA

# 医学、衣食住

- 食事は、栄養管理だけでなく、精神安定にも寄与



©JAXA/NASA

# 国際宇宙ステーションでの食事

食事も大切な健康管理  
—国際宇宙ステーションでの食事—

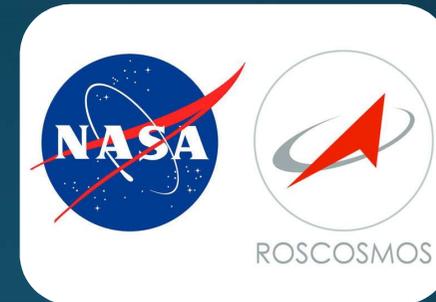


朝昼晩の3食

- 宇宙食の役割
  - 栄養の確保
    - 宇宙飛行士の健康を維持
  - ストレスの低減
    - おいしくバラエティ豊かな食事
  - 気分をリフレッシュして、パフォーマンスの維持・向上



メニューは約300種類



アメリカ (NASA)  
とロシアが半分ずつ

## 宇宙日本食（34品目）

家庭の味が  
宇宙開発を  
支えている！

- (1) 主食： ご飯（白飯、赤飯、山菜おこわ、おにぎり鮭）、白がゆ  
ラーメン（しょうゆ、シーフード、カレー）
- (2) おかず： カレー（ビーフ、ポーク、チキン）  
さかな缶詰（イワシのトマト煮、サバの味噌煮、サバしょうゆ味付け缶、サンマの蒲焼）
- (3) デザート： ようかん（小倉、栗）、チューイングキャンディ、バイクドチョコ、SPACEビスコ、  
飴（黒飴、ミントキャンディ）、キシリトールガム、プルーンエキストラクト  
バランス栄養バー、ピーチゼリー、柿の種（ピーナッツ入り）、切り餅
- (4) スープ類： わかめスープ
- (5) 飲み物： 緑茶、ウーロン茶、イオンドリンク
- (6) 調味料： マヨネーズ、しょうゆ



ISS018E044614

© JAXA/NASA

新鮮な果物も「このとり」で届く！



新鮮な果物も「このとり」で届く！



©JAXA



©NASA

# 医学、衣食住

## •環境管理

- 空気（24 Hrモニター、1日1回報告）
  - 微生物（定期サンプリング）
  - 騒音（定期サンプリング）
  - 飲料水（24 Hrモニター、1日1回報告）
- いずれも、健康管理運用会議で報告。

# 医学運用と宇宙医学研究

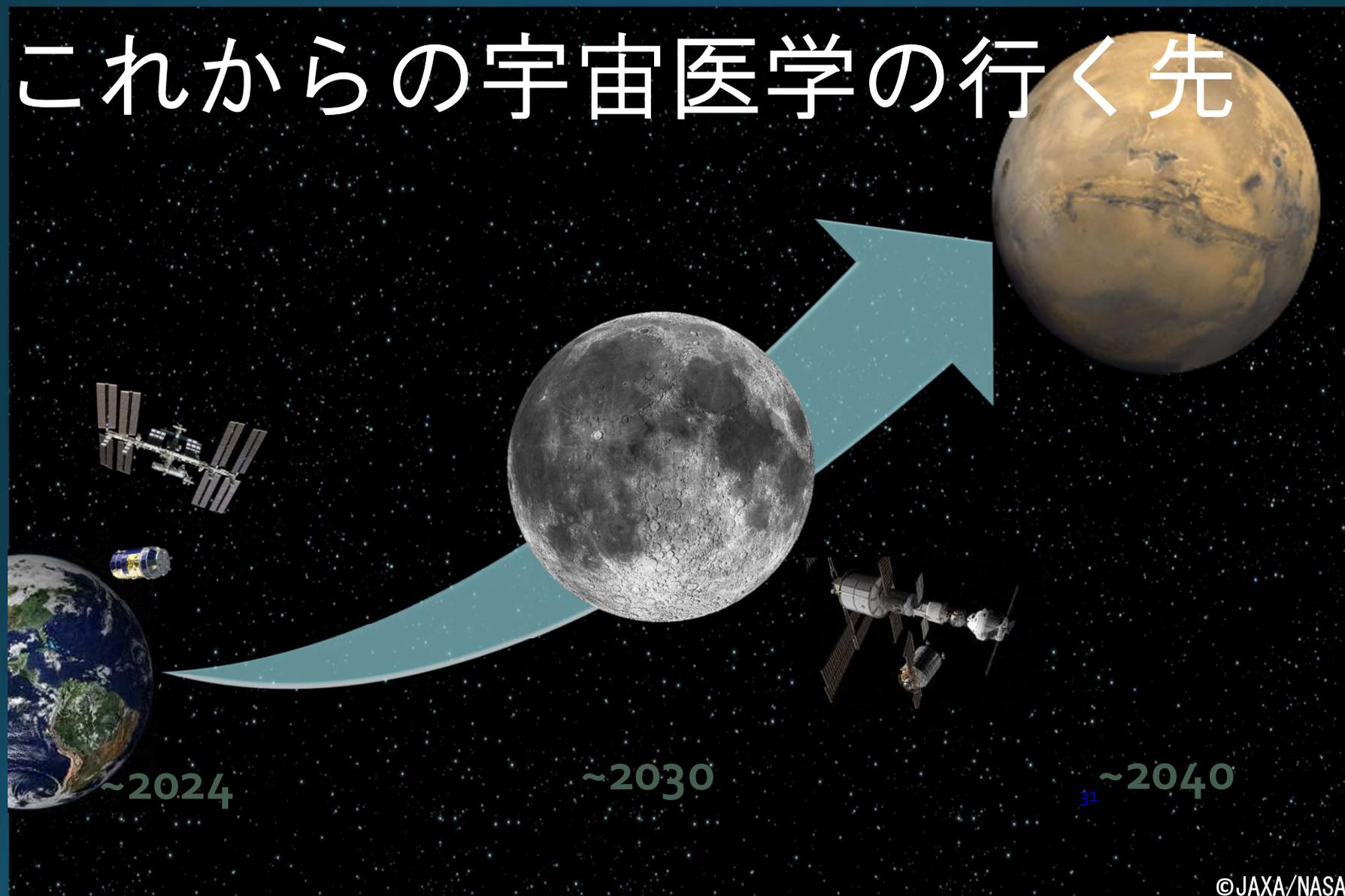
- 医学運用：宇宙飛行士自身の健康のために、地球上やこれまでの宇宙滞在の経験に基づく医学管理
- 宇宙医学研究：宇宙滞在時の医学的課題を解決し、将来のヒトの健康を保つために行われる研究（宇宙という特殊性を生かした基礎医学研究、宇宙での有効性を確認する臨床研究など）

# JAXA宇宙飛行士のISS長期滞在ミッション



写真：JAXA

# これからの宇宙医学の行く先



# 最後に

- 現在のISS運用における地上からの健康支援について紹介しました。
- ISS運用の中でも、スペースシャトルから、ソユーズ宇宙船、そしてUSCVと有人ロケットも変遷しています。
- 今後は、宇宙開発も、地球低軌道から月、そして火星を目指し進んでいきます。
- 皆様の未来の宇宙における健康管理支援に対するアイデアをお待ちしています。