

人体影響へのカウンターメジャー

Group A: 西川佳孝, 河村聡人
(京都大学)

考える因子

<自然環境>

微小重力

放射線

磁場

<人為的環境>

閉鎖空間

光

音

気圧

微小重力

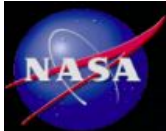
筋肉の萎縮:トレーニング

骨粗鬆症:トレーニング, 薬剤内服

(老年疾患とのアナロジー)

Evidence Report: Risk of Bone Fracture due to Spaceflight-Induced Changes to Bone: NASA 2017

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170004597.pdf>

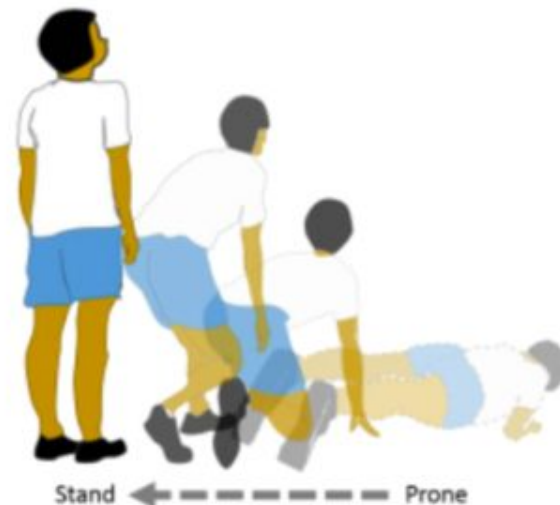


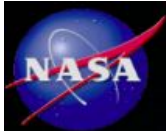
Development of an Integrated Sensorimotor Countermeasure Suite for Spaceflight Operations

J.J. Bloomberg¹, C.D. Batson², E.E. Caldwell³, A.H. Feiveson¹, G.A. Kreutzberg³, C.A. Miller³, A.P. Mulavara³, L.I.E Oddsson⁴, B.T. Peters³, L.L. Ploutz-Snyder⁵, M.F. Reschke¹, J.W. Ryder³, L.C. Taylor³, and S.J. Wood⁶

Phase 1

Preflight Sensorimotor Adaptability Training



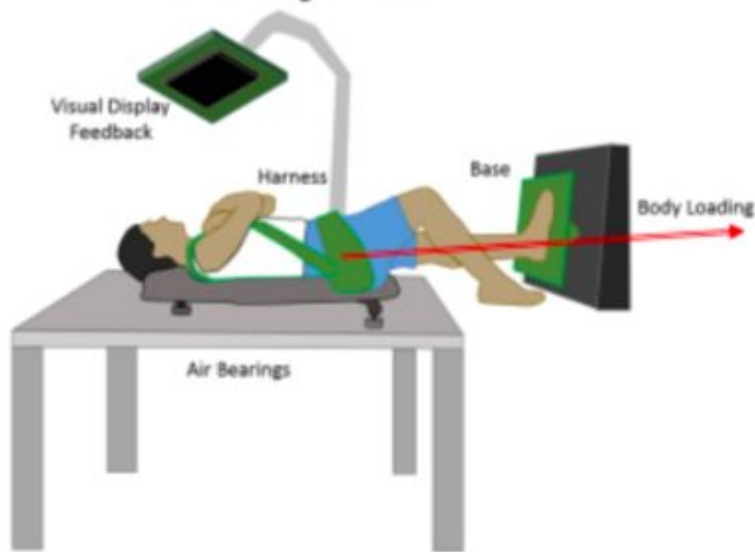


Development of an Integrated Sensorimotor Countermeasure Suite for Spaceflight Operations

J.J. Bloomberg¹, C.D. Batson², E.E. Caldwell³, A.H. Feiveson¹, G.A. Kreutzberg³, C.A. Miller³, A.P. Mulavara³, L.I.E. Oddsson⁴, B.T. Peters³, L.L. Ploutz-Snyder⁵, M.F. Reschke¹, J.W. Ryder³, L.C. Taylor³, and S.J. Wood⁶

Phase 2

Gravity Bed



Inflight Posture Training



尿路結石

骨代謝の回転が速まり、カルシウムの排泄が増える(クルーの尿検査).

結果、カルシウム結石を生じる.

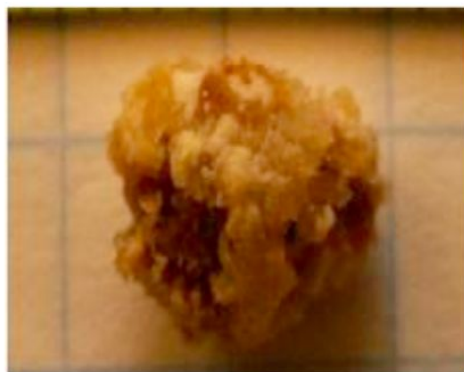


Figure 1. Microphotographs of a calcium-containing renal stones

磁場：地磁気×速度＝ISS表面の電場 ⇒ EVA中の人体への影響は大した事ない

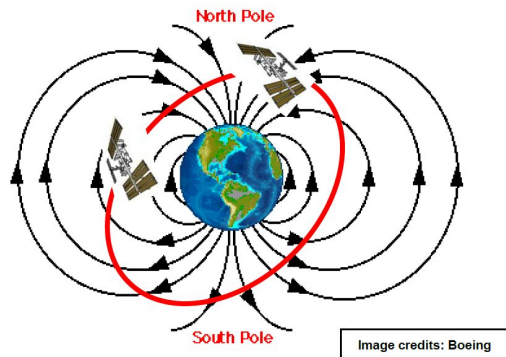
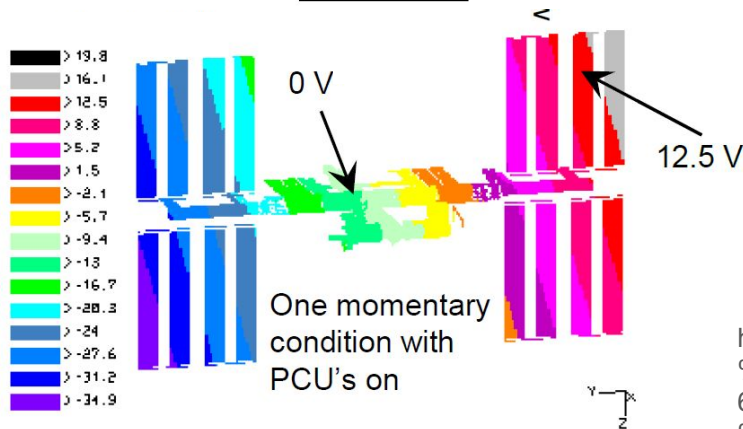
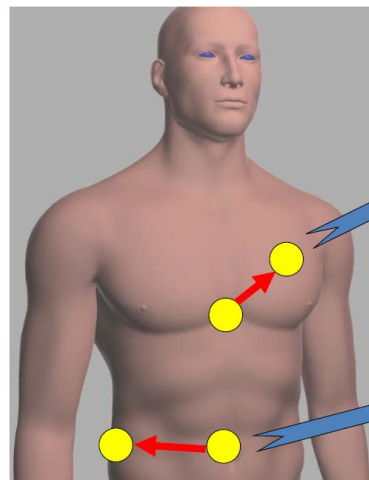


Image credits: Boeing

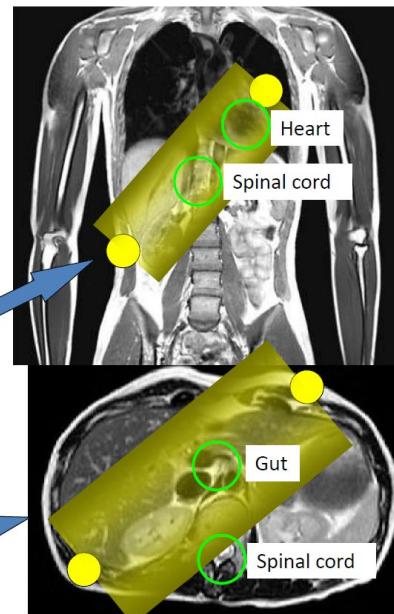


Locate Skin Contact Areas to Analyze Worse Case



August 24th, 2005

Douglas Hamilton Space Medicine JSC



<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20110014828&hterms=ISS+geomagnetic&q=Nm%3D123%7CCollection%7CNASA%2520STI%7C%7C17%7CCollection%7CNACA%26Ntx%3Dmode%2520matchallpartial%26Ntk%3DAI%26N%3D0%26No%3D80%26Ntt%3DISS%2520geomagnetic>

ISSでの長期居住における磁場の影響

90分で地球1周。地磁気は25 ~ 65 μT (地表)の幅がある。

磁気嵐だと100nT(赤道域地表)。落ちるタイムスケールは秒～分。

磁気嵐よりも大きな、ゆっくりとした変動を受けていることに。

磁気嵐と自殺数や疾患には関連するという研究も。

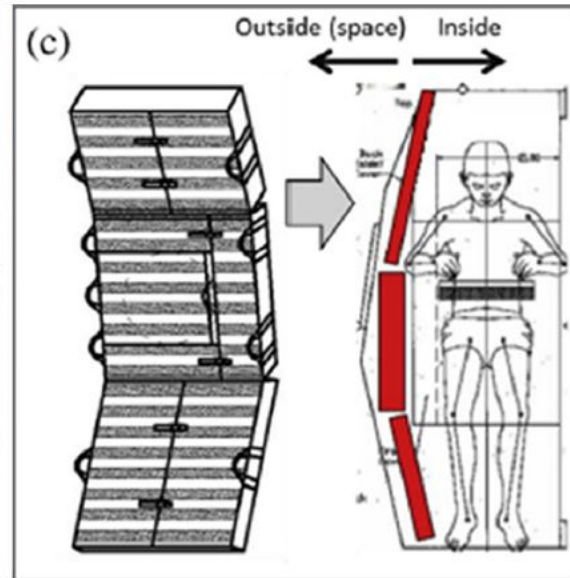
地上で実験できる？ 磁気シールド(パーマロイetc)に入れ、磁場をかける？

放射線：外部被ばく

線量測定(地球での例)



ガラスバッジ

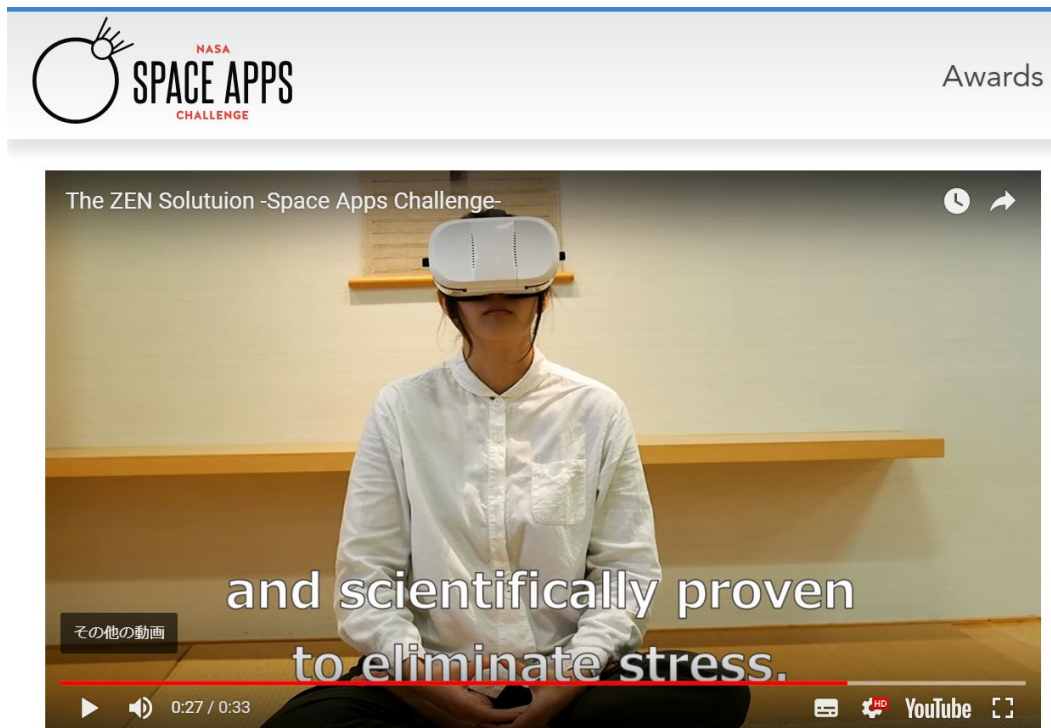


Durante (2014):
Spacerradiationprotection: Desti
nationMars,
LifeSciencesinSpaceResearch

閉鎖空間

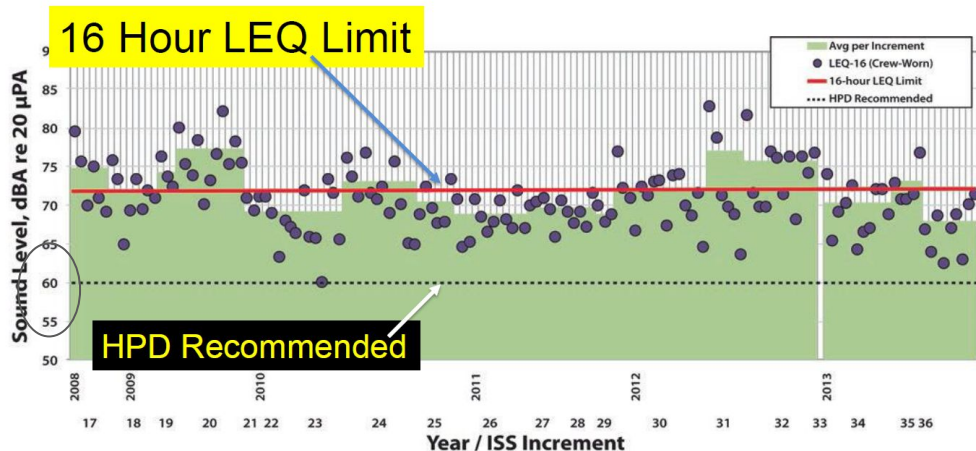
	準備	事後対応
精神的な影響		カウンセリング, 内服
感染症	ワクチン	地球での感染制御対策
救急患者対応	マニュアル作成	地球との連絡, 搬送

閉鎖環境でのリラクゼーション(例)



ISS内の環境: 音 約 70dBA

ISS Sound Level Measurements 2008-2013



(Allen, Danielson, Allen, 2016)

<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170008819&qs=N%3D4294935536%2B4294927356%2B4294962958%26Nn%3D4294961259%257cAvailability%2BType%257cAcquire%2Bfrom%2Bother%2Bsources>

<http://www.dot.ca.gov/dist2/projects/sixer/loud.pdf>



LOUDNESS COMPARISON CHART (dBA)

Common Outdoor Activities	Noise Level (dBA)	Common Indoor Activities
Jet Fly-over at 1000 ft	110	Rock Band
Gas Lawn Mower at 3 ft	100	
	90	Food Blender at 3 ft
Diesel Truck at 50 ft at 50 mph	80	Garbage Disposal at 3 ft
Noisy Urban Area, Daytime		Vacuum Cleaner at 10 ft
Gas Lawn Mower at 100 ft	70	Normal Speech at 3 ft
Commercial Area		
Heavy Traffic at 300 ft	60	Large Business Office
Quiet Urban, Daytime	50	Dishwasher Next Room
Quiet Urban, Nighttime	40	Theater, Large Conference Room (Background)
Quiet Suburban, Nighttime	30	Library
Quiet Rural, Nighttime	20	Bedroom at Night, Concert Hall (Background)
	10	Broadcast/Recording Studio
	0	
Lowest Threshold of Human Hearing		Lowest Threshold of Human Hearing

An increase of 3 dBA is barely perceptible to the human ear.



ISS内の環境：光，気圧

光：ISSでは24時間（離着陸にあわせるため微調整あり）で照明を調整

気圧：1気圧を維持（CO₂がたまると問題。）

これらは，ISS（施設レベル）で調節を行っている．

月面への移住

放射線被曝：月面での放射線被曝

アポロの月面活動時の被ばく線量

1.8–11 mGyの被曝線量

1rad = 10 mGy

Mission	Total Duration	Lunar Surface Duration	Average Radiation Dose*
Apollo 11	08 days, 03 hrs, 13 mins	21 hrs, 38 mins	0.18 rad
Apollo 12	10 days, 4 hrs, 31 mins	31 hrs, 31 mins	0.58 rad
Apollo 14	09 days, 01 min	33 hrs 31 mins	1.14 rad
Apollo 15	10 days, 01 hr, 11 mins	66 hrs, 54 mins	0.30 rad
Apollo 16	11 days, 01 hr 51 mins	71 hrs, 2 mins	0.51 rad
Apollo 17	12 days, 13 hrs, 51 mins	74 hrs, 59 mins	0.55 rad

* Average radiation dose information can be found on the Life Sciences Data Archive at JSC.³

参考: 火星における外部被曝

銀河宇宙線量による外部被曝:

火星への移動時間

火星での線量 0.64mSv/day



MarsScienceLaboratoryによる測定(Durante2014)

Table 1

GCR dose in different mission scenarios based on the recent MSL measurements (Zeitlin et al., 2013; Hassler et al., 2014). Inspiration Mars is a 501 flyby mission. Mars sortie assumes a 30-days stay on the planet, and Mars base 500 days. Both those design reference missions (Tito et al., 2013) assume a 180 cruise to/from Mars.

	GCR dose rate (mGy/day)	GCR dose-equivalent rate (mSv/day)	Inspiration Mars (Sv)	Mars sortie (Sv)	Mars base (Sv)
MSL cruise (Zeitlin et al., 2013)	0.46	1.84	0.92	0.7	0.98
MSL on Mars (Hassler et al., 2014)	0.21	0.64			

参考：各ミッションでの被ばく量

Mission Type	Radiation Dose
Space Shuttle Mission 41-C (8-day mission orbiting the Earth at 460 km)	5.59 mSv
Apollo 14 (9-day mission to the Moon)	11.4 mSv
Skylab 4 (87-day mission orbiting the Earth at 473 km)	178 mSv
ISS Mission (up to 6 months orbiting Earth at 353 km)	160 mSv
Estimated Mars mission (3 years)	1,200 mSv

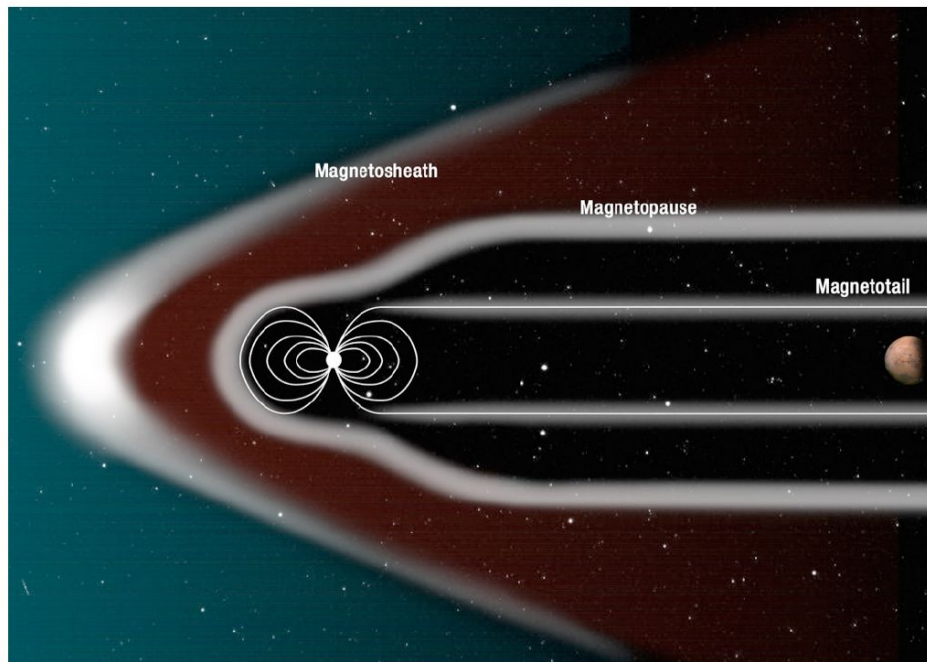
防護策

個人レベル: 放射線量計や防護服を着用.

施設レベル: 設営場所, 設営施設の素材.

大陸・星レベル: 大気, 海をつくる. 磁場をかける.

火星に人工磁気圏を作るという案も



<https://www.hou.usra.edu/meetings/V2050/pdf/8250.pdf>

放射線被曝：内部被曝

内部被曝：

情報は発見できず.

地球での防護策を利用することは出来る.

1. 粉塵の吸入の防護(マスク)
2. 汚染物質の摂取(忌避, 水耕栽培などを利用)
3. 高度汚染地帯からの退避
4. 甲状腺防護策として, 安定ヨウ素剤の摂取. (核分裂物質がないならいらない)

さらに遠くへ。。。

移住にかかる時間をどうするか？

人工冬眠



Advances in Space Science and Technology

Volume 11, 1972, Pages 249-265

Human Hibernation and Space Travel

ORMOND G. MITCHELL

[⊞ Show more](#)

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-037311-6.50011-9>

[Get rights and content](#)

1972年にも文献は存在していた。

低体温療法 (医学での利用例)

VOLUME 346

FEBRUARY 21, 2002

NUMBER 8



MILD THERAPEUTIC HYPOTHERMIA TO IMPROVE THE NEUROLOGIC OUTCOME AFTER CARDIAC ARREST

THE HYPOTHERMIA AFTER CARDIAC ARREST STUDY GROUP*

低体温療法で(膀胱温で32-34℃)心停止患者の神経学的予後を改善させ、
死亡率を下げる。

集中治療領域では、診療でも行われている。

まとめ



研究/
実践可能



これからの
課題



無重力に依る影響:トレーニングなどで補えうる.

音, 光, 圧:ISS内では調整可能, 施設内であれば可能.

放射線被曝 (まずは外部被曝対策)

個人レベル:放射線量計や防護服を着用.

施設レベル:設営場所, 設営施設の素材.

大陸. 星レベル:大気, 海をつくる. 磁場をかける.

+内部被曝調査, 対策を.

Backup Slides

神經眼科学的な影響

乳頭浮腫



Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome (SANS): Clinical Update



William J. Tarver, MD, MPH¹; Tyson Brunstetter, OD, PhD²;
Mary Van Baalen, PhD¹; Sara Mason³; Wafa Taiym⁴

▪ Update SANS case definition

- Diagnosis currently based solely on:
 - Optic disc edema of Frisen grade of ≥ 1 (i.e., edema extending $\geq 270^\circ$ around ONH) as evaluated via fundoscopy
 - Subjective / Binary / Ignores other SANS signs & diagnostic tech
 - Most/all long-duration crewmembers have some “optic disc changes.” Suggests that SANS should be...
 - Described on a continuous scale, w/ a threshold btwn physiological/pathological
 - Measured more objectively (e.g., OCT)
 - Evaluated for edema, but also other [secondary] signs