

宇宙放射線

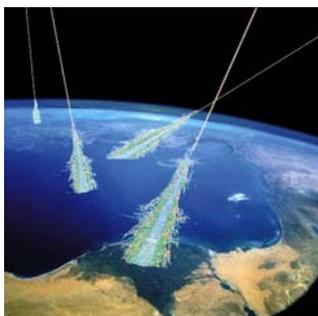
1. 宇宙放射線の概要

私たちが地球を飛び出し、地球周回軌道や太陽周回軌道に乗ると、船外は超高真空、私たちの身の回りすべてが無重力のまさに宇宙の世界となる。さらにそこは、浴びる量や期間によって人体に重篤な影響も及ぼす高エネルギーの粒子や電磁波が絶え間なく飛び交う環境という現実もある。実際、私たちの頭上、地球の大気★圏の最外層を越えた先には、高いエネルギーを与える放射線が今も絶え間なく降り続いている(図 1)。それらは地球外の宇宙からもたらされる放射線で、実際、宇宙放射線(もしくは、宇宙線)と呼ばれる。その中には地上では通常存在しない種類の放射線も多く含まれる。

専門的に詳述すれば、宇宙放射線は宇宙環境に存在する電離放射線★であり、X 線やガンマ線等の電磁波★の他、陽子★、中性子★、電子★、アルファ線★、重粒子★等の粒子線★からなる。

その量は、地上から高度が上がり、各種大気層(対流圏、成層圏、中間圏、熱圏)を過ぎるにつれ急激に増加する。なぜなら、地上から離れ高度を上げてゆけば、宇宙線と衝突することにより、エネルギーを拡散、吸収していた大気分子の密度が減少し、また高速で地球進入コースをとって飛来してきた宇宙からの荷電粒子を地球に到達する前にそのコースを曲げてそらす役目の地球磁場の強度が下がっていくからである。この2つの地球の持つ特性、物質のおかげで、地球上の生物は宇宙に普遍的に存在する宇宙放射線からあたかもシェルターに護られるようにして、過去数十億年、生存、進化の道を歩むことができたと言える。

なお、宇宙放射線を遮蔽する地球大気と地球磁場のそれぞれの果たしている効果の割合について、地球磁場が消滅した場合を見積もると(実際、過去に地球の磁場が消滅した例が地球の歴史上何回かあったことが分かっているが)、地上での放射線被曝量は 14%程度増加するという。



(図1) 宇宙放射線が地球大気に飛来する模式図: 一次宇宙線は大気分子の原子核と衝突しては核反応を起こし、その度にエネルギーを与え、それに反比例して持っていたエネルギーを徐々に減弱する。最終的には地上に到達する前に二次粒子を発生させながら消滅する。結果、地上の生物はそれらを直接浴びることなく日々生活を営める。(出典:NASA)

注釈★)

地球の大気: 1cm² 当り約 1kg に相当する物質が積み重なっている。放射線遮蔽にしばしば用いられる鉛に換算すると、それは約 90cm、あるいは水なら約 10m の厚さに等しい。

電離放射線: 放射線は、物質に当たれば物質内の電子を遊離させる性質を持つ。すなわち電離を起こすので、特に強調する場合、電離放射線という。

電磁波: 電界と磁界が相互に作用して組み合わせられ、空間を伝達する波を指す。その波長の長さによって、長い方の X 線、ガンマ線から、紫外線、可視光(光)、さらに赤外線、電波までを含む。

陽子(プロトン:proton): 中性子と共に原子核を構成する核子の 1 種。プラスの電荷を持つ。質量は電子質量の約 2 千倍弱に相当する。通常最も多く存在する水素原子の原子核に相当。

中性子(ニュートロン:neutron): 陽子と共に原子核を構成する核子の 1 種。電荷を持たない。質量は電子質量の約 2 千倍弱に相当する。

電子(エレクトロン:electron): 原子核と共に原子を構成する素粒子の 1 種。マイナスの電荷を持つ。質量は中性子質量の約 2 千分の 1 強に相当する。

アルファ線: アルファ(α)崩壊によって生じるアルファ粒子の流れ(ビーム)。この粒子は、2個の中性子と2個の陽子からなるヘリウムの原子核であり、また+2のプラス電荷を帯びている。

重粒子: ヘリウムより大きい原子核の総称。

粒子線: 電子、陽子、中性子や原子核などの粒子による流れ(ビーム)。

2. ISS 宇宙放射線環境

スペース・シャトルや国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)のように地上高度 400km 前後の地球周回軌道を持つ宇宙船や、月や火星を往復して惑星間飛行を行う宇宙船の乗員や搭載物質は地上よりはるかに多い電離放射線を被曝することになる。前者の軌道は低地球軌道(Low Earth Orbit: LEO)と呼ばれ、重要となる一次放射線源には銀河宇宙線、太陽フレア粒子、放射線帯粒子がある。

—(一次)宇宙放射線はその起源や特性、地球に対する位置関係などから次の 3 種類に分類される—

①銀河宇宙線(Galactic Cosmic Ray : GCR)

太陽系外から飛来する宇宙放射線を意味する。

これは、幅広い広いエネルギー分布を持ち、そのピークは 1GeV★付近にある。ISS 軌道におけるフラックス★の約 98%は陽子や重粒子、残りの約 2%が電子と陽電子である。荷電粒子のほとんどは陽子(87%)とHe(12%)であるが、残り1%程度のLi以上の重粒子は、線質として大きな生物学的効果比(RBE)★を持つことから、宇宙環境では無重力との相関など生物学的影響が注目されている。

主に 1GeV/n 以下の銀河宇宙線のフラックスは約 11 年の太陽活動の周期的な変動にともなって変化し、太陽活動が極小の時期に最大に、太陽活動が極大の時期に最小になる。銀河宇宙線はまた地球磁場によっても影響を受け、地磁気線が地表に向かう北極や南極地方では銀河宇宙

線粒子が低高度まで流れ込む。従って、LEO では両極域で銀河宇宙線による被曝量が増え赤道付近で最小となる。

注釈★)

G(ギガ:giga): 基礎となる単位の 10 の 9 乗(1,000,000,000=10 億)倍の量であることを表す。

eV(電子ボルト:electron volt): エネルギーの単位で、物質中の電子の持つエネルギーを表現する際に用いられる(1V の電位差がある自由空間内で電子 1 つが得るエネルギーとして定義される)。

フラックス(流束:flux): 空間中の一定の断面を単位時間に通過する流体等の量を意味する。

生物学的効果比(RBE): 放射線の種類により生物学的影響の強さが異なるため、それも加味した数値に修正して表すための指標。生物学的効果を与える特定の線量を、同等の効果を与える基準放射線の線量で割って逆数にしたものである。

②太陽粒子現象(Solar Particle Event: SPE)

太陽表面の爆発現象に伴って起こる高エネルギー粒子の放出は、大量の放射線を発生させる。

太陽フレアやコロナ質量放出により、太陽から幅広いエネルギーをもつ電子や、陽子から鉄までの荷電粒子が放出される。荷電粒子には陽子が 80~90%、ヘリウム(He)イオンが 10~20%、重粒子が 1%程度含まれる。

このような太陽粒子現象の頻度はそれほど高くないが太陽活動最大期にはしばしば起こり、1 サイクルあたり 50 回程度である。巨大太陽粒子現象は、1 サイクルあたり 1、2 回起こる。突発的な太陽フレアに伴う太陽粒子現象の持続時間は短く数時間程度である。しかし、コロナ質量放出に伴う太陽粒子現象は持続時間が長い(数日程度)。



(図 2) 太陽風と地球磁場の関係を示す模式図: (出典:NASA)

(トピックス 1: アポロ計画の行われた時代、NASA が密かに最も恐れていたのは、すでにすぐには地球へ戻れない位置に宇宙船が到達している段階で、この巨大 SPE などが突如として起こることだったと言われる。もし、それが現実起きていたら、ほとんどそのレベルの放射線に対しては遮蔽がないに等しい宇宙船の中にいる宇宙飛行士は致命的な放射線を被曝せざるをえないと考えられたからである)

③放射線帯粒子(Radiation Belt Particle: RBP)

地球磁場に捕捉された荷電粒子を意味する。

地球はエネルギーの高い陽子や電子の強度が高い放射線帯に取り囲まれている。これらの地球磁場に捕捉された荷電粒子は両極間の地磁気線に沿って周回運動を繰り返しながら、電子は東方向に陽子は西方向に拡散していく。放射線帯は地表千 km から二万 km の内帯 と地球半径の 3 倍から 9 倍の高度に位置する外帯に分けられる。内帯に捕捉された陽子のエネルギーは数 $M\star eV$ から数百 MeV に分布し、150~250MeV にかけてゆるやかなピークを持つ。粒子の分布はかなり安定であるが、地磁気嵐による攪乱を受け、11 年周期の太陽活動に影響される。

地球磁場の軸がその回転軸からわずかにずれているので、ブラジル沖には地球磁場が地表に向かって大きく下垂した南大西洋異常(SAA :South Atlantic Anomaly)と呼ばれる領域がある。SAA では、捕捉陽子帯が地上 250km 付近まで入り込みスペース・シャトルや ISS のような LEO 宇宙船の軌道と交差する。ISS 軌道では SAA 補足陽子と高緯度銀河宇宙線の線量への寄与は約半々と評価されている。内帯には電子も捕捉されているがほとんどが 5MeV 以下でエネルギーが小さいので宇宙船の壁で容易に遮蔽される。また、外帯は強度の高い電子帯であるが ISS 軌道より十分上にあるので ISS 放射線環境には影響を与えない。

注釈★)

M(メガ: mega): 基礎となる単位の 10 の 6 乗(1,000,000=100 万)倍の量であることを表す。

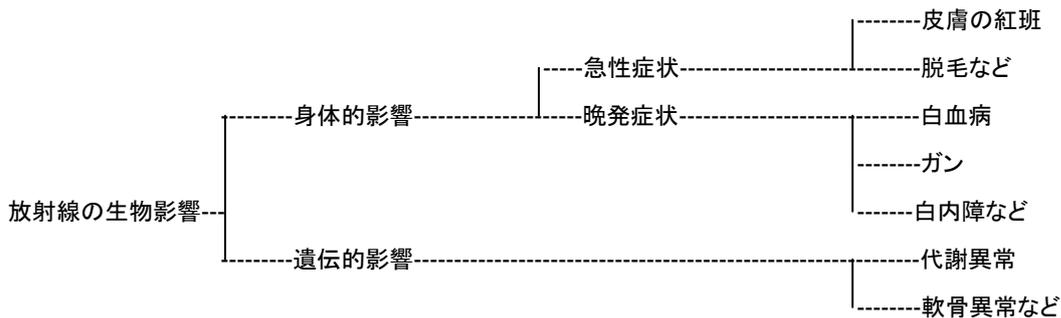
—宇宙放射線は物質と衝突することによりさらに二次放射線を発生させる—

④二次粒子

ISS 軌道では、自由宇宙空間での陽子以上の荷電粒子が一次粒子として線量計測上重要な役割を果たす。高エネルギーの捕捉陽子線や銀河陽子成分は吸収線量に対する寄与率が最も高く、さらに、ISS 船体の Al 原子核や生体物質の C、O 原子核等と標的核破砕反応を起こし、複数の二次粒子(陽子、中性子、 α 粒子、反跳原子核など)を生成する。また、二次粒子には、重粒子自身の核破砕反応生成物が含まれる。二次粒子、特に中性子はさらなる核反応を引き起こし乗員の被曝には大きな影響を与えられと考えられており、ISS 軌道では線量当量の 30-60%に達するという評価結果もあるが、中性子計測のデータはまだ十分ではない。これらの二次粒子成分の線量への寄与を正確に測定・評価することも宇宙放射線計測の課題の一つである。

3. 放射線の生物影響

放射線生物影響は、被曝して短時間後に現れる急性影響と長い潜伏期を経て後、確認される晩発影響に分類される。急性影響は、原子炉での事故等、大量の放射線を一気に受けた時に発生する障害であり、また晩発影響はふつう数年から数十年後に生じる。この晩発症状は、一般的に急性障害を起こす場合の線量と比べて低い線量の被曝によって現れる。



急性症状は 0.25Sv 以下では臨床上現れないが、3Sv 以上になると皮膚の紅班、脱毛が起こり、7Sv を越すと大多数の人が死亡する。

3.1. 放射線の生物影響のあり方

3.1.1. 確定的影響

「一定量の放射線を受けると、必ず影響が現れる」現象を意味し、受けた放射線の量が多いほど、その影響の度合い(障害)も大きくなる特徴を持つ。確定的影響は数多くの細胞が放射線によって傷ついた時に生じ、脱毛、白内障という障害が発生する。

確定的影響は、放射線を受ける量を一定量(しきい値)以下に抑えることによって防ぐことができる。

3.1.2. 確率的影響

一定量の放射線を受けても必ず影響が現れるわけではなく、「放射線を受けた量が多くなるほど影響が現れる確率が高まる」現象をいう。しきい値を設定することができない影響のあり方である。

ガンや白血病はこの影響の仕方を受けるが、ただ放射線の量が多くなったからといって、その症状が重くなるというわけではない。

4. ISS 宇宙放射線遮蔽と生体防護

それぞれの粒子フラックスやエネルギー・電荷分布は、地球磁場の変動や太陽活動など多くのパラメータに複雑に依存して変化する。LEO では、一次宇宙線の強度が高度や方位角、経度、緯度などで変化するため、1 周約 90 分の地球周回軌道を巡る ISS 船内の放射線環境も時間的に変動することになる。また、これらの一次粒子は ISS の船体や搭載物質の内部で原子核反応や電磁カスケードシャワーを引き起こし、陽子、中性子、中間子、反跳原子核などの核破砕生成物や電子、ガンマ線などの二次粒子を生成する。このため、船内の放射線環境は自由宇宙空間とは大きく異なり、放射線場の成分は観測点周囲の遮蔽物質の種類や厚さに依存して変化するようになる。特に生物試料や宇宙飛行士の被ばくで重要となる値の線エネルギー付与(LET)領域ではこの二次粒子の寄与を無視できなくなる。

ISS 内での線量当量★は 1 日平均約 1mSv★という値が計測されているが、一方、大型の太陽

フレアが起こった場合の地磁気圏外では 1Sv が記録されたこともある。

1mSv という値は日本の場合、半年から1年間で浴びる自然放射線の総量にほぼ匹敵し、また X 線に換算すると胸部撮影 3~10 回分位に当る。よって、宇宙飛行士が 6 ヶ月 ISS に滞在すると、太陽活動の静穏時でもその日数倍の蓄積量を被曝することとなる。

一方、生体内には修復系とよばれるシステムが存在し、傷害を受けた DNA を日々見つけてそれを直す、あるいは修復不可能と判断された DNA をもつ細胞は身体から除去されている。この生体防御システムのおかげで、実際時間をおくことにより大きく回復することが見込まれる。

(トピックス 2: NASA も当然、宇宙飛行士の放射線被曝管理には細心の注意を払っており、通常、健康診断のため年 1 回実施とされている胸部レントゲン写真の撮影を、宇宙飛行士には 5 年に 1 回と変えている)

一方、重粒子線は地上では普段生物が浴びない放射線であるため、その生物影響の詳細なデータの十分な蓄積が未だなされていないのが現状である。また放射線に対する人、個人個人の障害の受けやすさにも一定の幅があり、現在、宇宙機関では最も感受性の高い人に対してその値程度の曝露までを許容限度と設定している。

宇宙放射線の影響評価を行う目的に資するデータの蓄積が急速には進展しない理由の一つに、放射線影響にはその線質や被曝量に応じて急性症状の他、晩発症状をもたらす場合のあることが挙げられる。特に発ガンや老化過程の促進などは長い潜伏期を経て数十年後に現れるものであり、実際、宇宙はこれ惹起する可能性のある低線量放射線の被曝環境となっている。

宇宙放射線が地上の一般的な放射線と異なる具体例の一つに、その特殊な性質を正に身をもって感じたという経験が宇宙線に搭乗した宇宙飛行士から報告されている。「閃光反応」と呼ばれる現象である。リラックスした状態などである時、目に時折、火花が散るようなものが見えたことが自覚されるといい、これは目の網膜に重粒子線がヒットすると、そこへ高いエネルギーが落とされ、それが刺激となって神経回路を通して脳に閃光のような映像を映し出す原因となるものと理解されている。

注釈)

線エネルギー付与(Linear Energy Transfer: LET): 放射線が物質中を通過する際に、通過経路に沿って単位長さ当りに平均して失うエネルギーの量。

線量当量: 放射線防護の分野で使われる単位。同じ吸収線量でも放射線の種類により生物体への影響が異なるため、放射線の線質(種類)ごとに定められた線質係数を吸収線量に乗じるなどして算出する。

Sv(シーベルト:sievert): 放射線防護の分野で使われる単位。生物体が吸収した放射線影響のレベルを数値化したものである。吸収線量値(単位、Gy:グレイ)に放射線の種類ごとに定められた係数を乗じて算出される。

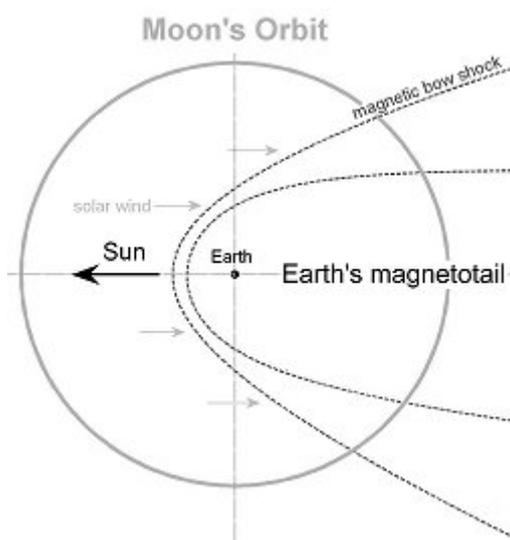
5. 月面有人活動における宇宙放射線環境、及び防護

月には大気がなく、また地球のような強い磁場も自身持たないため、NASA は 2020 年以降に計画されている月面有人ミッションが現実となる際には、月面宇宙飛行士の放射線防護が最重要課題の一つになると考えている。

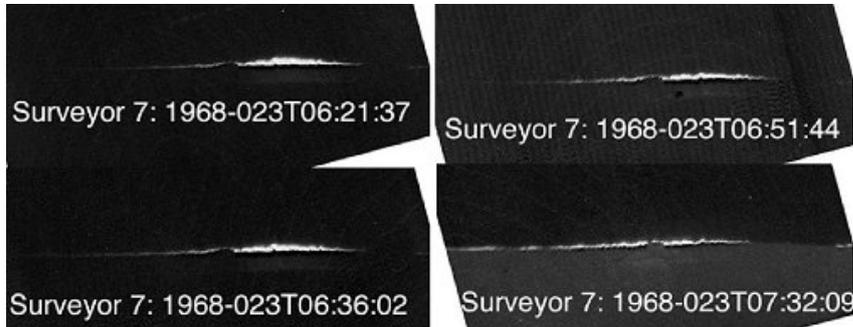
未来の宇宙を舞台とした SF 映画やアニメではしばしば、月面基地、コロニーとして半透明の大きなドームで覆われた都市、施設などが登場する。それはあくまでエンターテインメントの世界で描かれた内容であり、実際のところは、飛来する宇宙放射線による被曝や、地球なら夜空で流星や火球となるだけの、しかし月面では大変危険なその元の高速微小天体の飛来、衝突によって起こる地表での爆発から避けるため、少なくとも 21 世紀の近未来に建設される人の月面居住区は現実には地下、もしくは地中に置かれるものである。岩石数メートルなら十分、それらからのシェルターの役割を果たせるためである。

(トピックス 3: SF 映画では、真空の宇宙空間を飛翔する宇宙船から飛行音が聞こえるように音響効果がつけられているのが普通であるが、それは作品の最大の目的が観客をエキサイトさせ、楽しませるため故であるの言うまでもない。ノンフィクションとフィクション、真実とお芝居とを混同しないように、サイエンスの基礎を親しみながら身近な存在として受け入れて行けるよう、それは長じてあり得ることとあり得ないことの区別が自身、身につけられる元になり、そのためにも learning を enjoy する心の針の向け方は大変重要と考えます。老婆心です。)

2007 年に発表された研究によると、地球の磁場は太陽風により、太陽と反対方向にこれまで考えられていたよりも長く伸びていて、その結果、満月になるその前後の 6 日間ほどは、いわば繭のような地球磁気圏尾の内部に月が入ることとなり(図 3)、その結果、1 カ月中のそれ以外の時期と比べ、宇宙放射線の月への飛来の減少が見込まれる可能性があるという。一方、特に満月を挟んだこの特別な 6 日間は、月面では地球磁気圏テールに含まれる高いエネルギーをもった電子や荷電粒子の影響を受けて静電気が発生し、それが将来の月面上を活動する人や電子機器にどのような影響を及ぼすのか、あるいは悪影響が起こるかも知れないと注意を喚起する研究報告もある。実際、これまでその時期にあたる月面上、特に昼と夜の境界領域では、月面をおおうレゴリス(月面特有の磁気を帯びた細かい岩石の破片などの総称)が静電気を帯びた結果、地表より浮き上がったものと判断される写真が無人探査機により撮影されている(図 4)。



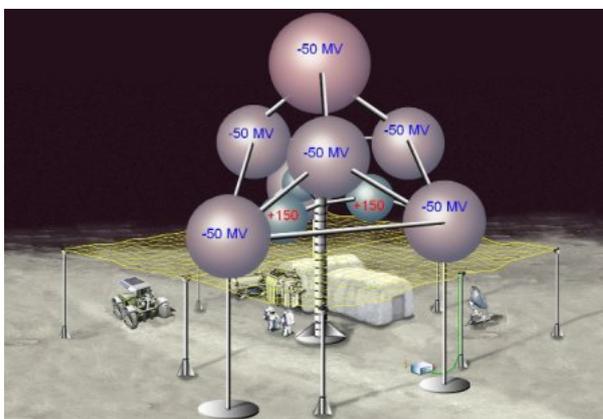
(図3) 地球磁気圏尾を通る月の軌道を表した模式図: Moon's Orbit(月の軌道)、solar wind(太陽風)、Sun(太陽)、Earth(地球)、Earth's magnetotail(地球磁気圏尾) (出典:NASA)



(図4) 1968年にNASAのサーベイヤー7号が撮影した月面地平線上の奇妙な輝き: 1968年NASAのサーベイヤー7号無人着陸機は、月面で日没後に奇妙な「地平線上の輝き」という現象を数回写真に収めた。研究者らは、現在、その輝きは月面上の塵が電気を帯びた結果、表面から浮かび上がって日光を散乱させたことによるものと捉えている。(出典:NASA)

2007年の別の研究によれば、これまであまり危険視されていなかったX線が実はまた月面宇宙飛行士にとって重大な脅威になる可能性が上げられている。X線は太陽フレア爆発の時に最初に飛んでくる放射線であり、電磁波の一つであるX線もまた、太陽面爆発などを光学的に観測できた時と全く同着ですでに月面に到達し始めていることとなり、巨大SPEの場合などにはX線の強度は数分で重大な影響を人に及ぼすくらい高いものとなる。そのことから、居住施設を出て月面のアウトドア活動する宇宙飛行士にはそのような場合に備えて、緊急シェルター用に金属などできた遮蔽構造物を身近に備えておくことを研究者が推奨する。

人体に重篤な影響を及ぼす可能性のなる宇宙放射線のその多くは電荷をもつ粒子であるため、NASAの科学者たちは、将来、月面宇宙飛行士が月面のアウトドアで作業をする場合、軽量でかつ展開が容易ですぐに組み立てられる、移動可能な電磁スクリーン(図5)が必要と考えており、実際その種の装置の開発は現実、可能であると見なしている。

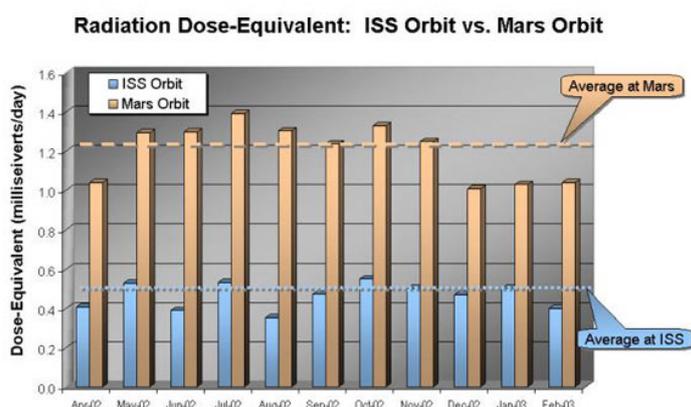


(図 5) 「陽電荷をもつ内側の球と陰電荷の外側の球によって構成された静電放射シールド」を描いたイラストレーターによる想像画: スクリーンネットは地面にアース(元へ、正しくはムーンか)されている。(出典:NASA)

6. 火星有人フライトにおける宇宙放射線環境、及び防護

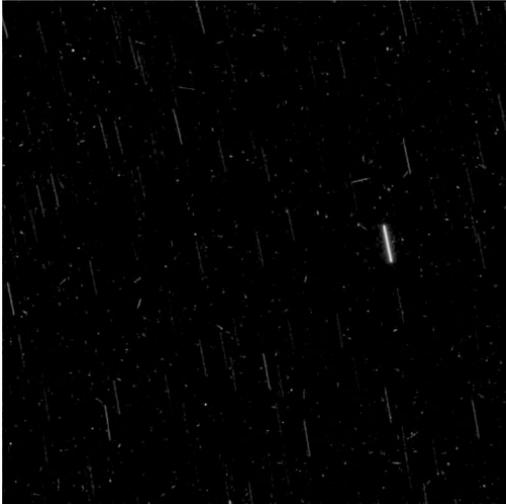
火星は月とは違って大気があり、空には雲が流れ、時には激しい砂塵嵐が吹きすさぶ気象が観測されている。とは言え、その大気は地球の百分の一以下、気圧で言えば 0.01 気圧にも満たない。加えて、地球のような強い磁場もないため、太陽面爆発や太陽系の外からくる銀河宇宙線に曝されている。

2001 年 04 月 07 日に打ち上げられた火星探査機、2001 マーズ・オデッセイ(2001 Mars Odyssey)は、地球から火星への途上、ならびに火星軌道での放射線環境を明らかにするため、火星放射環境試験装置(the Mars Radiation Environment Experiment; MARIE)が搭載された。実際そのミッションの成功により、火星軌道では、地球の ISS 環境と比べて約 2~3 倍高い放射線が計測されている(図 6)。



(図 6) ISS と火星軌道での放射線環境比較: Radiation(放射線)、Dose Equivalent(線量当量)、ISS Orbit(国際宇宙ステーション軌道(における宇宙放射線環境))、Mars Orbit(火星軌道(における宇宙放射線環境))、(出典:NASA)

さらに、希薄な大気にしか覆われていない火星の地表には宇宙放射線が降り注いでいる(図 7)。そのため、米国火星財団(Mars Foundation)は、彼らの火星入植プロジェクト(Mars Homestead Project)において将来の火星有人活動の計画を科学的な見地から具体的に検討・作成する作業を行っている。その場合でも火星表面に滞在する宇宙飛行士の放射線被曝対策が重要視されており、第一に提案されたコロニーの居住区は大気の層が比較的厚くなるマリネリス峡谷の谷深く、その斜面に面して横穴状に建設するものとされている。



(図 7) 2004 年 3 月 11 日、火星表面を活動中の NASA 火星ローバー”スピリット”が、そのパノラマカメラを夜空に向けて撮影した写真： 5 分間、レンズを開放して露出をかけた結果、火星の自転によって星々は同じ方向に流れた線として写っているが、一方それ以外の方向に流れた光の線や点はすべて宇宙放射線である。(出典：NASA)

有人火星フライトを現代の技術で実現させた場合、そのミッションには往復 2 年半から 3 年かかるとされ、それを成立させるためには、目的地火星近傍での放射線対策のみならず、行き帰りにおける被曝に関しても宇宙飛行士の健康管理の点から十分考慮しなければならない課題といえる。

現在のロケットによる物資の打ち上げには莫大な費用がかかっており、1kg の物資を軌道上へ上げるのに数百万円ほど必要とされる。放射線防護対策として、火星有人ロケットの遮蔽を厚くするというのももちろん物理的な解決法の一つであるものの、1.の注釈でも述べたとおり、遮蔽を地球大気くらい十分に施すと仮定すると、莫大な物質が必要となり、実際鉛で人の周りを覆うとすると一人当たり 2 トン以上となる。それは打ち上げコストにかかってくるばかりでなく、実際そのようにロケットの居住区に重量が増せば、その宇宙船を宇宙空間で移動させるためのロケット燃料もまた大量に必要となる。その燃料などの打ち上げコストもまた莫大となってしまうのである。よって、その確実、単純な遮蔽のシステムは、例えば今ではまだ遥かな未来の技術である”宇宙エレベーター”などが実現し、その結果、物資を軌道上まで打ち上げるのに必要なコストが今の 2 桁、3 桁以上一気に下がるという条件が生まれるならともかくも、現状ではそれは現実的な解となるのは難しい。その解決法の一つとして、科学者の中には、遮蔽効率が今までのものより優れた、新しい遮蔽材の研究に尽力する者もいる。その例として、遮蔽材に水素原子を多く含むポリエチレンを活用することを提言する報告などがあり、実際、ポリエチレンはアルミニウムよりも太陽フレアに対して 50%、銀河宇宙線に対して 15%、それぞれ効率のよくなることが示された。しかしながら、物質に一次放射線が衝突すると、その結果、多量の二次粒子が放出してそれらが広がり、被曝する組織が点でなく面となって影響を受けるため、遮蔽効果を若干上げるというのは一方的に被

曝管理に有利と必ずしもならないという点がある。

話を一旦、別に移すが、2010年7月、アルファ磁気分光スペクトロメーター(Alpha Magnetic Spectrometer: AMS)-02 という粒子検出器が打ち上げられる予定である。これは世界中の研究者、技術者の協力によって開発、推進されてきた計画である。軌道にのせられた後、ISS のトラスに設置され、それから3年以上、宇宙の粒子線を検出、観測することとなる。先にも述べたとおり、宇宙粒子線の多くは電荷をもっているため、AMS に備えられた超伝導状態で作動する大型で強力な超伝導磁石の磁界中で、飛来してきた荷電粒子は進路が曲げられ、その結果、その核種は何であるか、それはどの位のエネルギーを持っているか検出できる仕様になっている。



(図8左)AMS: (出典:NASA); (図8右)ISSのトラスに取り付けられたAMS(イラスト): (出典:NASA)

その原理の元、AMS は宇宙空間における反物質、暗黒物質、及び宇宙線を探索することが使命となる。これは言わば、地球の磁場が地球表面に向かう進路を持って飛来してきた宇宙粒子線に作用し、その進路を曲げて、結果、地球方面へそれらの粒子線が向かわせなくした原理と全く同じ、ミニ地球宇宙防護システムとでも呼べるものなのである。実際、AMS 計画に参加する研究者の中には、当面の宇宙物理学への貢献、宇宙に関する新たな知識の獲得という目的のみならず、その技術開発の応用発展の先に、同様の原理を持つ火星有人宇宙船内のミニ地球ともいべき居住区(宇宙船内の居住区へ向かって飛来してきた宇宙粒子線を、居住区の周りに設置された強力な磁界の作用によりその進路を曲げさせて内部へ到達させないシステム)の開発へ当然、結べつけることが可能で、またその実現をもってして、AMS 計画の最終的なゴールとして見据えている世界有数の研究リーダー達も含まれている。

宇宙船居住区周りの強力な磁界発生システムの開発、あるいは宇宙エレベーターのような未来技術の誕生を待ってして、有人火星ミッションは現実の計画として本当に動き出せるのかもしれませんが。その業務を先頭に立って担い、実現する役割を果たすのは、今回、この宇宙教育実験に参加してくれた少年少女の世代にきつといることを願い、またいるはずで、実際、未来は明日第一線に立つ人たち(今、子供時代を過ごしている人たちが)が作って行く世界だからです。