

2K19 耐高加速度鎧の実現可能性

原 宣一

The Feasibility of Anti-High-Acceleration Armor
Norikazu Hara

Key Words: High Acceleration, G-Suits, Gravity, Force

Abstract

More than 30 years ago the mass driver was imagined to launch some object from the Moon surface to the outer space using linear motor. To keep reasonable length of the rail of linear motor very high acceleration is required for the vehicle. It was considered that human body on-board the vehicle could not endure with such high acceleration.

This paper shows the principle of the method to be able to endure the high acceleration for human body. In addition, the requirements for the armor worn under high acceleration will be presented.

The design limit of operating capability due to pilot restriction could be improved considerably if this principle would be applied for the existing anti-G suits used for the fighter pilot.

1. はじめに

1970年代に、将来の宇宙機の一つとして、月面上に敷かれたレールの上を大きな加速度で物資を宇宙空間に打ち出すマスドライバーが考えられた¹⁾ (図-1)。

マスドライバーは、超電導利用のリニア・モーターかレールガンで加速することにより、化学推進剤を使うことなく太陽電池で得られた電力のみで加速できる利点がある。

マスドライバーはそのレールを実現可能な程度の長さに留めるため、大きな加速度を伴うことが避けられない。従って、暗黙の裡に人間が乗る宇宙機では無理であろうと考えられたものと思われる。

もし、人間が10Gの加速度に100秒間、または100Gの加速度に10秒間耐えられるなら、この短い時間に秒速10Km/sの速度を得られることになる。そしてマスドライバーは有人宇宙機としても使えることになる。



図-1 月面上のマスドライバー

2. 人間の耐えられる加速度

戦闘機のパイロットが着用する耐Gスーツは体感Gとしての軽減効果は2G程度に過ぎないと言われている。

防衛省の入間基地にある遠心力発生装置は12Gまでの加速度を被験者に与えることができる。この装置を使ってG-LOC (Loss Of Consciousness by G-force) に対する訓練が行われている²⁾。G-LOCとは加速度による失神である。

これまで人間が高加速度に耐え、生還できた実例としてはスタップ大佐のロケット櫓による減速時の43Gが報告されているが継続時間は短い³⁾。人間の耐加速度性の限界は、これまでの耐Gスーツを着る手段ではこの程度であろう。



図-2 ロケット櫓上のスタップ大佐

3. 人間は大加速度に耐えられる

人間が大きな加速度に耐えられないと考えるならそれは誤解である。加速度運動自体は人間に影響を及ぼすものではないからである。

今、高空で飛行機から脱出してしばらく自由落

下をしているスカイダイバーを考えて見よう。スカイダイバーは重力によりどんどん速度を増して地上に落ちていく。このときスカイダイバーは殆ど無重力状態で何ら力を受けていない。重力は力でないから⁴⁾で、パラシュートを開くまでは、わずかな空気抵抗以外の力は何も受けていない。仮に、重力が10倍強くて、つまり10倍大きな加速度運動であっても自由落下を続けるスカイダイバーには何の力も作用しない。

人間は如何に大きな加速度であっても、加速度自体に耐えられないのではない。体を構成している分子の相対的位置が変わらない限り、激しい動きの変化であっても体に負荷が掛かるわけではないからである。体に負担になるのは力である。

4. 無重力状態からの類推

物体は等速直線運動をしていても静止していても変わらない状態にある。このことはニュートンの運動の第一法則である慣性運動で明らかであった。

そして、1907年にアインシュタインは、加速度運動であっても重力による加速度運動の場合—つまり自由落下状態にある場合—は、静止している物体と同じであることに気が付いた。このことは加速度運動自体は物体に変化を及ぼすものではないということを意味している。

重力でなく力による加速度運動は、必ず物体に応力・歪を発生させる。人間が力による大きな加速度に耐えられないのは、加速度自体ではなく、人間を構成する各部に応力・歪の発生があるからである。

重力が力の一つとして誤解されるのは、重力による加速度運動を阻害したときに、慣性力を受けるからである。この慣性力が重さである。

地上にある物体は重力による加速度運動を止める力を地面から受けている。一方、水中に浸した物体は重力による加速度運動を止める力は浮力である。水圧は下部の方が高いので全表面にわたって積分すると上向きの力となる。これが浮力である。

人間の体は殆ど水と同じ密度の物質で構成されていて圧縮性がない。水圧を受けても殆ど圧縮されることはない。このため水中に浮かんでいる状態は、宇宙空間での無重力状態に似ている。

もし、宇宙ステーションの中に水槽を持ち込んでその中に入っていれば、宇宙ステーション内は一気圧に保たれているので、水槽内部も1気圧となり、地上で水槽の中にいるのと変わらない状態になる。つまり、水圧で1気圧負荷した水槽の状態は、地上でも宇宙ステーション内でも全く同じ環境になる。

地上で海面下10mでは水圧が2気圧となる。しかし、アクアラングを着けたダイバーにとっては2気圧の水圧がかかっても、水面すれすれに潜った時と同じように活動できる。30m以上深く潜って4気圧以上の水圧になっても殆ど同じように活動できる。周囲が

暗くなるとか、消費する空気が多くなると急浮上に対する潜水病の注意が必要とか、活動条件は悪くなるが人間の活動性にはあまり影響しない。

この事実は大きな力による加速度運動であっても水の中に入っていれば水圧の変化を経験するだけということを暗示する。もし、宇宙空間で大推力のロケットに搭乗し100Gの加速度を受けるものであっても、そのロケットに深さ50cmの風呂桶に潜って乗っていれば、底面で水圧5気圧となる水の中にいるのと同大差ない。海で40mの深さに潜っているのと変わらない。ただし、100Gの加速度に由来するこの水圧は体の上面と底面で0から5気圧の変化がある。

人間の体は殆ど水分で出来ている。水は非圧縮性物質である。このためジャック・マイヨールは素潜りで海中深く100mを超える記録を残せた。水圧に対しては人間を構成する分子の相対位置が変化しないからである。

宇宙飛行士がロケットによる大きな加速度を受けても、水中に潜っている状態であればその加速度負荷は力として加わるのではなく水圧変化として加わることになる。加速度負荷を体全体に加わる水圧による圧力負荷に変えてしまえば良いということになる。これが人間が高加速度に耐える方法の原理である。

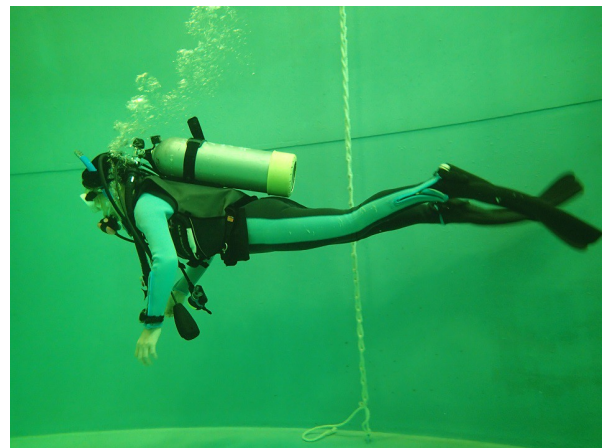


図-3 中立浮力状態のダイバー

5. 耐高加速度鎧の要件と一例

深さ50cmの水槽をどこまで小さくできるかということを突き詰めると、水槽は頑丈であれば水は人間と水槽の隙間を埋めるだけで良いことが判る。究極の状態は甲羅の固いサザエのようなものになるであろう。

鎧が頑丈で、密閉できれば隙間を埋める水はなくても良いということである。人間の頭がい骨で保護された人間の頭は頭突きで瓦を割れるほどの衝撃に耐える。カニやエビなども甲羅が割れない限り、衝撃を与えても生きている。水槽に水と一緒に入れた金魚が遠心力加速度で与えた40G程度の加速度で死ぬことはないだろう。



図-4 加速度に強いサザエ

頑丈な鎧では動きにくいだろうから、手足が稼働できるように、ウエットスーツのようなものが良いだろう。ただし、圧力に耐える生地を使い、形状を保持するために固いリングを取り付ける必要がある。着脱性も考える必要があるので、現行の宇宙服に水密性を持たせて形状保持用の金属製リングを取り付けたようなものになるかもしれない。

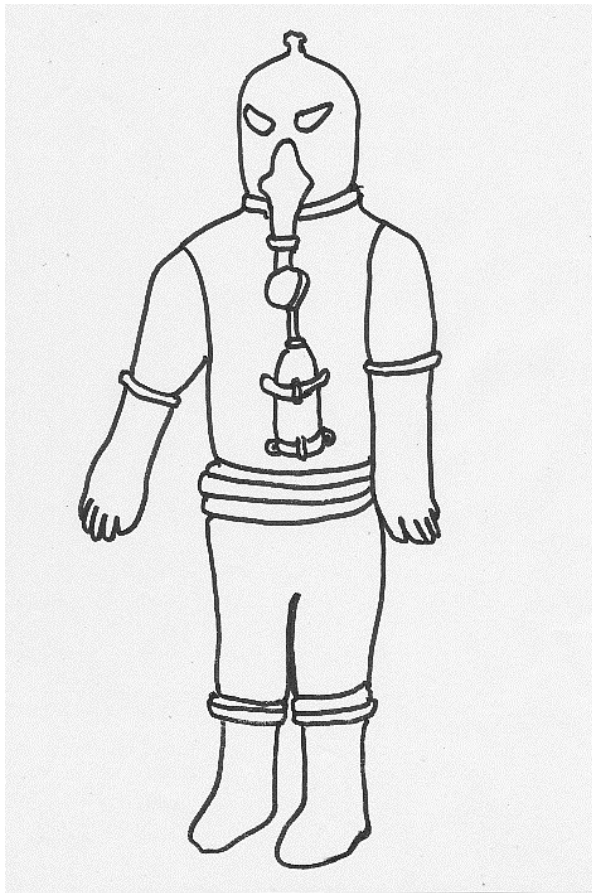


図-5 耐高加速度鎧（AHAA）の例

大きな加速度を受ける時間が短ければ、可動性は必要なく、頑丈な鎧のような密閉したスーツに

水を浸して身を包めば良い。頑丈な鎧の強さの程度は、ロケットの推進力に釣り合う慣性力で全体が変形してしまわないことである。体との鎧の間に隙間がある場合は水で満たす必要がある。

6. あとがき

水圧は体全体で一様にかかるのではなく圧力傾斜があるが、それでも体を構成する分子の相対位置は変わらない。まず、遠心力を利用した加速度試験機で金魚と水を入れた金魚鉢に加速度を掛けてみる実験が必要である。次に、金魚の次は鯉で試験し、徐々に大きな水棲動物で試験し、最終的に、戦闘機パイロット用の加速度試験機で徐々に加速度を上げた試験を行う必要がある。

参考資料

1) Technical Note: Mass Driver for Lunar Transport and as a Reaction Engine, By Gerard K. O'Neil and Henry H. Kolm, The Journal of the Astronautical Sciences, Volume 25, Number 4, pp.349-363, October 1977

2) http://www.mod.go.jp/asdf/iruma/special/index_020.html 航空自衛隊入間基地

3) https://www.youtube.com/watch?v=s4tuvOer_GI スタッフ大佐の加速度実験

4) 第57回宇宙科学技術連合講演会講演集, 原宣一, 3L12「重力は力でなく加速度である」