

重力変化への過渡応答に対する知と生体応答の対比

Comparison of human intelligence and the biological response
to transient phenomenon to gravity decreases長谷川克也*¹跡見綾*²跡見友章*³

Katsuya Hasegawa

Aya Atomi

Tomoaki Atomi

田中和哉*³清水美穂*²跡見順子*²

Kazuya Tanaka

Miho Shimizu

Yoriko Atomi

*¹ 宇宙航空研究開発機構*² 東京農工大学*³ 帝京科学大学

Japan aerospace exploration agency

Tokyo university of agriculture and technology

TEIKYO university of science

Humanity in the earth's stable gravity has evolved in two-legged walking. People chose the dynamic stability discard the static stability in order to obtain the mobility. Although the animals are living in a stable gravity, acceleration is changes to the body feel the force is changed by the move. We sudden gravity change occurs in the fall and slip. Previous studies, our transient response are known to exhibit different responses and animals. In JAXA to create a low-gravity has been to study the response of the animal. On the body response to a life crisis of fall, Humans show a different reaction to the mouse. Knowledge is to control the human body to a simple response of hazard avoidance.

1. はじめに

約 40 億年前に地球に生命のものが誕生し、進化を続けて生命は水中から陸上へと進出したとされている。やがて登場した人類は安定した地球の重力の中で、4足歩行による静的安定性を捨て、人類は2足歩行に進化し動的安定性を選択し移動の際の機動力と自由になった手を得た。

地球上の重力加速度は地域により些細な差はあるが、地球上ほぼ一定であり、地上に暮らす動物は安定した重力の中に生きている。しかし、一定の重力加速度の中で生きていても、生活の中の移動などの位置変化により加速度が発生し体を感じる力が変化する。通常的生活の中でも運動による加速度変化のみならず、重力加速度は一定のなかで安静にしている時でも体の向きを変えることにより身体にかかる加速度の方向が変化し体はそれを感じている。しかし、自分の意図した行動による姿勢変化では、身体の制御は予測制御を加えて行われているが、生活の中で意図しない落下や転倒などの不測の事態が発生した場合に、人間のみならず動物は予測制御をともなわない反射による防御反応をおこす。この防御反応は生体の急激な姿勢変化を人体のセンサーが加速度の変化としてとらえていると考えられる。

これまで JAXA では航空機の弾道飛行を利用することで擬似的な低重力を作成し、無重力(微小重力)や月(1/6G)や火星(1/3G)の重力環境下での動物の応答を研究してきた。その実験中に定常重力から重力低下に変る際の急激な重力低下による過渡応答が約 1 秒以内に収束し、短時間の重力変化に対する防御が極めて短時間に行われることが観察された。しかし、その実験においてマウス、ラットなどの動物と人間は異なる応答を示すことがみられ、落下という生命危機に対する身体応答に、人間はマウス類とは違う生体応答を示した。

本研究では宇宙実験で注目される定常的な低重力下での生体応答の観察ではなく、急激な重力変化に対する生体の過渡応答に着目し、危険回避という無意識で単純な応答にも「知」は人体を制御する事について、人間の応答とラットなどの動物との応答の対比で考察した。

2. 低重力下の行動

2.1 マウスの低重力下の応答

Figure 1に低重力時のマウスの X 線映像を示す。航空機による低重力実験時にマウスは Figure 1 のように四肢を伸ばし、指は通常にはない状態にすべて開いたほか、顎関節が開き口をあげるなど、全身に緊張性伸張と見られる応答をすることがこれまでの研究で報告されている。

航空機実験では20秒程度しか低重力を作成できないが、この応答は低重力が発生している20秒間続くのではなく、重力低下の初期のみに見られる応答となっている。これは生体の応答が重力の絶対値によって決まるのではなく、重力地の時間あたりの変化、す

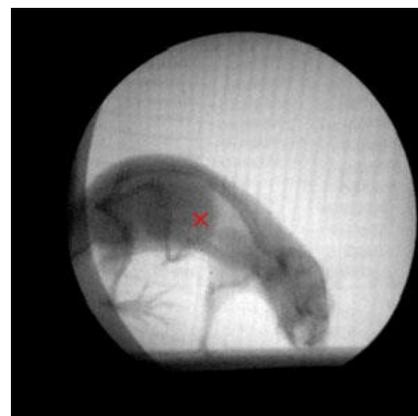


Fig .1 Mouse in Low gravity

なわち躍度(加加速度)によって決定される(hasegawa et al 2014)ことを示した。これは国際宇宙ステーション(ISS)における動物の行動観察によっても知られており、ISSにおいて無重力の定常状態に置かれたマウスなどは、前述の重力変化の過渡期に見られる緊張性伸張は見られず地球上の重力に置かれたときとほぼ同じ姿勢を示している。

以上の結果から重力変化の過渡期に発生する生体応答は、地球の一定の重力下での生活に基づいた生体応答であり、長期間の宇宙滞在で発生する骨密度低下、血流障害、筋萎縮などは別に考えなければいけない。

2.2 人間の低重力下での応答

人間も動物であり、地球重力のもとで進化してきたためマウスと同様に重力変化に対する応答が発生する。マウスでは緊張性伸張により手指の開きなどが観察されているが、人間は異なった行動を見せる。無重力実験機に同乗した研究員のほとんどは低重力突入時に緊張した反応は見せず、ほぼすべての人が期待に満ちた態度で、これから起こる低重力を楽しむような態度を見せる。同乗している実験動物と違い、人間はこれから起こることをあらかじめ知っており、安全を保障された状態で非日常を体験することに期待を持つため、生体として同条件にあるはずのマウスと事なった生体応答を見せると考えられる。

しかし、同じように飛行機に乗っていてもそれが無重力実験機ではなく一般の旅客機であったとして、乱気流などの影響で急激に高度が低下する場面では異なった応答をおこなう。

この様な時はシートベルトをしていない人は天井に頭を打つほどの事例が報告されているので、完全に無重力を体験していることになる。その時には人間はラットのように緊張性伸張をおこなうことはなく、いすの肘掛や手に持つものを握り締める反応を示す。乱気流による急激な重力低下は無重力実験機のように想定された事態ではないため、実験機でのマウスと同様に生体本来の重力変化への過渡応答が発現すると考えられる。

2.3 人間生活の中での重力変化

地球上はほぼ一定の重力加速度であることはすでに述べたが、人間の生活の中で加速度が変化することは非常に多い。動物である以上は生活のため移動することが必須だが、時間をかけて位置を変化させている以上は必ず加速度が発生する。人間が移動のために自らの足で歩いていた時は、加速度の変化は自分の発生するエネルギーの範囲と、落下や転倒程度のものだが、現代生活では動力を使った乗り物を利用するため、多くの自分では発生させることができない加速度にさらされて生きている。しかし、ほとんどが加重力であり、本研究の対象とする重力低下の経験をするような加速度変化を経験するようなことはないのが現実となっている。

そのようなことから生活環境にあっても、身体が急激な重力低下を感じることは生命に対する危機サインのひとつであり、加重力側の重力変化とは異なった応答をされると考えられる。

3. 生体応答と知の身体応答

ISSへの長期間滞在中で発生する、重力低下に対する長期的生体応答はマウスなどと人間で変らない部分が多く、実際に骨密度低下や筋萎縮などの細胞レベルの現象は、ほとんど共通に見られることから、細胞レベルでの長期的な生体応答は人間もマウスもほとんどかわらないと考えられる。一方、本研究で対象としている生命の危機を感じるような急激な重力低下では、マ

ウスの重力低下に対する過渡応答と、人間の重力低下に対する過渡応答が異なることは前章で説明したとおりに、手指の反応だけでもマウスは開き、人間は握り締める。

この2つの生物の応答の差が、なぜ発生しているのかと考えるにあたり、人間の動きのすべてが「知」により制御されているのではないかと考えた。人間は高いところに対する潜在的な恐怖や、落下に対しての生命の危機を知りより処理している。高いところで身のすくむことを経験したことも多いと思われる。高いところでは何かをつかむのが、身の安全であり落下に対抗する手段としては一番良いものであるといえる。

この研究にあたり、知が十分に発達していない乳児、幼児を「たかいたかい」している状況を観察した。おろす時に重力が低下するため指が開くか握り締めるかのどちらかの応答をしようと思ったが、ほとんどの事例で何も変化がない状態であった。重力低下時間が非常に短いため応答が間に合わなかったことも考えられるが、遊びの一環で表情は笑顔であり落下という生命危機に対する恐怖がそこにはないことから生命危機に対する応答が起こらないのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では急激な重力低下に対する身体の過渡応答をラットと人間で比較して、2つの種が筋肉を伸張させるのと、緊張させるという反対の身体応答を示す理由を「知」にもとめた。人間は重力の急激な低下という、生命危機に関する入力を身体に入れたとき、その入力が物理的に同じ値であってもその人が置かれた状況で違った身体応答を示している。このことは、生命の危険に対する入力においても、前提に条件を加味し身体制御に抑制がかかることは、生命の根幹となる危機回避まで「知」により支配されていると考えられる。

これまでの研究から一般にラットも高所恐怖症であることは知られており、人間も同様に高いところに潜在的な恐怖を持っている。

しかし、人間はスカイダイビング、バンジージャンプ、ジェットコースターを楽しみ低重力という生命危機を遊びに変化させている。やはり人間が持つ「知」は危険回避という生命の根幹である身体応答も制御している。

参考文献(論文誌と同じスタイルを推奨)

Katsuya Hasegawa, Priscila S. de Campos, Jorge L. Zeredo, Yasuhiro Kumei: Cineradiographic Analysis of Mouse Postural Response to Alteration of Gravity and Jerk (Gravity Deceleration Rate), *Life*, 2014.