

月・火星など汎低重力環境への生体応答に関する研究班：小型霊長類コモンマーモセットを使用した航空機実験の有用性

桑井 康宏 (医歯大), ゼレド ジョージ (医歯大・ブラジリア大), 綿引 涼太 (筑波 MC 病院)

鍵山 謙介 (日本クレア) 橋本 博文 (ISAS/JAXA), 石岡 憲昭 (ISAS/JAXA), 栗生 修司 (九工大)

Life Sciences in Lunar, Martian, and Partial Gravities: Primates in Parabolic Flights

Yasuhiro Kumei*, Jorge Zeredo, Ryota Watahiki, Kensuke Kagiya

Hirohumi Hashimoto, Noriaki Ishioka, Shuji Aou

*Tokyo Medical and Dental University, Yushima, Bunkyo, Tokyo 113-8549

E-Mail: kumei.bch@tmd.ac.jp

Abstract: The goal of this working group is to promote life sciences in the partial gravity environments, such as those encountered on the surface of the Moon and Mars. For this purpose, we take advantage of the unique system for parabolic flights in Japan, which enables simulation of different gravity environments precisely and flexibly. The effects of partial gravities are examined from whole animal body to cell-molecular levels. Our group for the first time dedicates to studies in partial gravity environments by making the best use of parabolic flights. We are targeting the future manned missions to the Moon, Mars, and beyond.

Key words; Partial Gravity, Parabolic Flight, Life Sciences, Moon, Mars

1. はじめに

将来の月や火星への有人宇宙飛行では、無重力のみならず、長期間にわたる広範囲低重力 Partial Gravity 環境での生体適応性や社会行動性が重要な課題となる。ラットやマウスは、霊長類のように高度な知的活動を支える脳の高次機能を持たないため、齧歯類で得られた結果をヒトへ外挿するには限界がある。当該研究班の目的は、月面 (0.16G) や火星表面 (0.38G) の Partial Gravity 条件が、ヒトと同じ真猿類コモンマーモセットの姿勢・行動や情動ストレス応答、さらに音声コミュニケーションなどの社会行動性に及ぼす影響について、無重力と対比して明らかにすることである。広範囲低重力に対する霊長類の個体適応性と社会行動性について幅広く学術研究がなされた例は国内外にない。

2. 月・火星の低重力環境と霊長類モデル

火星探査などの深宇宙開発計画では、1000 日間の宇宙閉鎖空間での生活が余儀なくされるので、これまでの宇宙実験と違って、長期間の広範囲低重力という極限環境が生体適応だけでなく社会行動に与える影響についても精査する必要がある。コモンマーモセットは、ボスを中心に「群れ」で生活する他の猿類とは異なり、ヒトに似て家族単位で生活し、環境変化に対して家族内で即座に豊富な音声コミュニケーションを取って連絡し合うなど、ユニークな社会行動を示すことが特徴的である。本研究により、ヒトに近い霊長類モデルの姿勢・行動、四足／二足歩行の転換、情動ストレスに加え、社会行動性に及ぼす低重力の影響について従来の宇宙実験では得られなかった有用な情報が得られる。世界で初めて

Partial Gravity を専門とする我々の研究チームが、ヒトに近い小型霊長類モデルを使って、月・火星の低重力環境に対する生体適応のメカニズムや社会行動の生物学的理解を得るための初めての試みとしての学術的意義は大きい。

3. 航空機実験の利用性

JAXA 航空機実験では、様々な Partial Gravity 環境を自在に創製することができ、低重力条件に応答する動物の姿勢・行動を詳細に観察することができる (図1)。

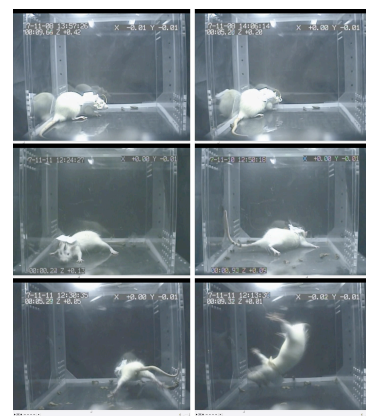


Fig.1 Rat behavioral response to partial gravities
(Ref. 1: Neuroscience Letters 529: 108-111)

Top: 0.4G (left), 0.2G (right)
Middle: 0.15G (left), 0.1G (right)
Bottom: 0.05G (left), 0.01G (right)

また、脳内慢性電極を用いてテレメトリにより、航空機飛行中の様々な重力環境における脳内特定部位のニューロン発火活動を調べることもできる(図2)。

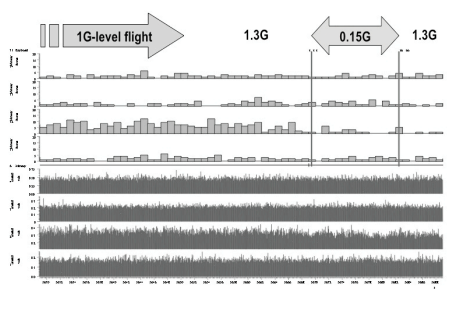


Fig.2. Rat neuronal activity in low gravity
(Ref.2: Life (Basel) 4:107-116)

さらに我々のグループでは、放物線飛行中に Microdialysis を駆使して、脳内特定部位で低重力にตอบสนองしてニューロン末端から放出される極微量の神経伝達物質を回収して、生化学的な解析を行なうことも可能である(図3)。

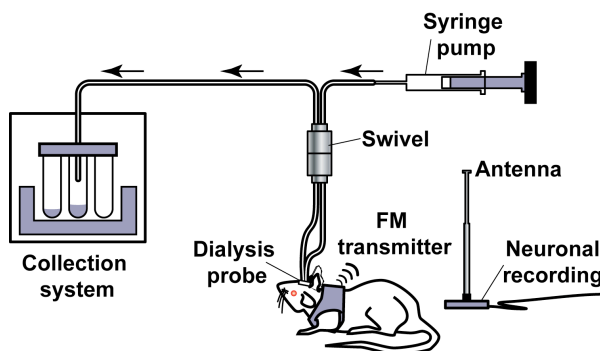


Fig.3 In-flight microdialysis in rat hypothalamus
(Ref.3) (Modified from Eicom booklet)

最近では、我々のグループは、動物の低重力応答の様子を初めてX線動画として撮影することに成功し、低重力応答の動的解析について、従来の重力加速度 gravity だけでなく、新たに、重力加加速度 jerk をパラメータとする解析も可能である(図4)。

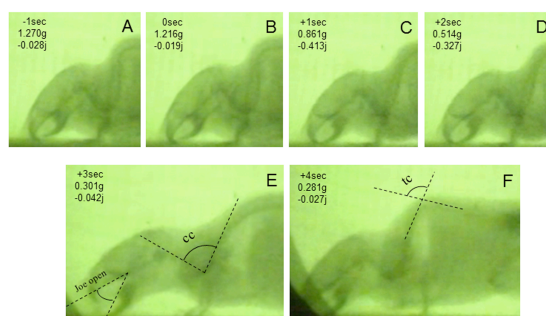


Fig.4 X-movie analysis of mouse response to low gravity
(Ref.4: Life (Basel) 4:174-188)

4. ポスト ISS の宇宙環境利用と航空機実験

ポスト ISS をめざしての宇宙環境利用から、今後は「月・火星への人類の進出」を可能にするための基盤となる Partial Gravity での生命科学的研究が必須となる。この点において、日本の航空機の放物線飛行による低重力実験では、柔軟性と正確さにおいて、世界最高レベルの品質が提供されると言っても過言ではない(文献5)。今年の世界に先駆けて、霊長類の低重力実験の元年となることが期待される。

参考文献

- 1) Zeredo JL, Toda K, Matsuura M, Kumei Y: Behavioral responses to partial gravity conditions in rats. Neuroscience Letters 529: 108-111 (2012).
- 2) Zeredo JL, Toda K, Kumei Y: Neuronal activity in the subthalamic cerebrovasodilator area under partial gravity conditions in rats. Life (Basel) 4:107-116 (2014).
- 3) Inoue KA, Narikiyo K, Zeredo JL, Masuda A, Aou S, Kumei Y: Analysis of neurotransmitters and neuromodulators released under low gravity using microdialysis technique. 34th Annual Meeting of Japan Neuroscience Society (2011).
- 4) Hasegawa K, de Campos PS, Zeredo JL, Kumei Y: Cineradiographic analysis of mouse postural response to alteration of gravity and jerk (gravity deceleration rate). Life (Basel) 4:174-188 (2014).
- 5) Pletser V & Kumei Y: "Parabolic Flights" in "Generation and applications of extra-terrestrial environments on Earth" (eds. Beysens, DA, van Loon, JJWA) pp.61-73, River Publishers (Delft, The Netherlands), (2015).

謝辞

本稿記載の航空機実験はすべてダイヤモンドエアサービス株式会社(愛知県)の協力によってなされました。