

2 m 落下装置を用いた低重力環境の作出

Creating low gravity environments using a 2 m drop device

人見晋貴*・丸尾裕一*・野川健人*・佐藤直人**・登尾浩助**

Shinki Hitomi, Yuichi Maruo, Kento Nogawa, Naoto Sato, Kosuke Noborio

1. 背景

現在 ISECG (2018) が計画中の月面および火星への長期有人探査ミッションを実現するためには食糧等の物資の供給方法が課題であり (北宅ら, 2016)、この課題を解決する有力な手段として宇宙農業が提案されている。宇宙農業における最適作物として挙げられるサツマイモは通常土耕栽培で生育するため (山下ら, 2007)、宇宙農業の適用が想定される微小重力 (μG) 下、月重力 (0.17G) 下または、火星重力 (0.38G) 下における多孔質体中の水分挙動の解明が必要である。 μG 下における多孔質体中の水分浸潤について、Yendler ら (1996) は 1G 下における水平浸潤速度と比べて遅くなったことを報告した。多孔質体中の水分移動の駆動力である毛管力は μG 下においても働いたが、界面移動速度は推定値に比べて低下した (丸尾ら, 2018)。しかし、低重力環境下におけるこのような予想と異なる水分挙動の原因は未だ明らかでない。低重力環境作出の困難さによって、低重力環境下における実験回数が極めて限られることが要因として考えられる。一般に低重力環境の作出にはパラボリックフライトや 50 m 落下塔等を用いるが、これらの手段は実験費用が高額であることや実験地が限られる等の制限がある。一方で神野ら (2017) がアトウツドの滑車を利用して開発した重力可変装置は廉価な素材で作成や改良ができ (JAROS, 2011)、作成後は実験回数の制限が生じず任意の低重力環境が作出可能である。そこで本研究では、神野ら (2017) の考案した重力可変装置を基にして 2 m 落下装置を改良した重力可変装置の開発を行った。

2. 実験方法

明治大学生田キャンパス構内に設置した全長高 2.96 m の滑車付き落下装置を改良し、重力可変装置を製作した。落下装置の滑車に掛けた 1.5 mm 径ステンレス製ワイヤーの両端にそれぞれ実験カプセル (大きさ 38 cm×38 cm×38 cm、重量 8,860 g) と重りを吊るした。重りの重量を変えることで実験カプセルを 2 m の高さから落下させてカプセル内部に 0.17G または 0.38G 環境を作出した。また実験カプセルを 2 m の高さから自由落下させて、カプセル内部に μG 環境を作出した。重りはジッパー付きポリエチレン袋 (27.3 cm×26.8 cm) に豊浦砂を入れて作成した。重りの重量は実験カプセル内に設置した加速度センサの出力値を見ながら調整した。重力加速度は実験カプセル内に設置した 3 軸加速度センサモジュール (MMA7361, フリースケール社) で計測し、マイコン (Arduino Uno Rev3, Arduino) を用いて SD カードに記録した。

3. 結果・考察

本実験で製作した重力可変装置で作出した低重力環境における平均重力および低重力継続時間、調整後の重りの重量を表 1 に示し、低重力作出実験における重力の変化を図 1 に示した。低重力継続時間は重力の大きさに比例して長くなった。調整後の重りの重量は 0.17G で

*明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

**明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード: 水分移動、間隙構造、低重力環境

は 630.1 g、
0.38G では
1,772 g となっ
た。また、図 1
より重力が大き
くなるほど G デ
ータの振動が大
きくなったが、
表 1 より平均重

力±SD は 0.17G、0.38G とともに実際の月
重力と火星重力に対して±0.05G 未満に
収まった。このことから 2 m 落下装置を
用いて作出した低重力は多孔質体中の水
分挙動の解明に役立つと考えられる。

4. 参考文献

[1]ISECG. 2018. 国際宇宙探査ロードマ
ップ第 3 版[2]北宅善昭. 2016. 宇宙開
発と農学の接点—閉鎖生態系生命維持シ
ステムの構築. 学術の動向. 21 巻. 2 号
[3]山下雅道等 55 名. 2007. 宇宙農業構
想の展開. Space Utiliz Res, 23. 369-
399[4]B. S. Yendler., B. Webbon.,
I. pPodolski, and R. J. Bulat. 1996.
Capillary movement of liquid in
granular beds in microgravity.
Advances in Space Research. 18(4-5),
233-237[5]丸尾裕一. 2018. 毛管力の重
力依存性と微小重力実験装置の開発. 明
治大学大学院 2017 年度修士学位請求論
文[6]神野佑介等 12 名. 2017. 重力可変
装置を製作し, 火星表層の水の流れを解
析する. 日本天文学会ジュニアセッシ
ョン[7]JAROS. 2011. 第三章「きぼう」の
アジア利用協力推進. 平成 23 年度 宇宙
環境利用の展望 [8]N. Fries, and
M. Dreyer. 2008. The transition from
inertial to viscous flow in capillary
rise. Journal of Colloid and
Interface Science. 327, 125-
128[9]E. W. Washburn. 1921. The
dynamics of capillary flow. PHYSICAL
REVIEW. 17, 273

表 1 作出した平均重力および低重力継続時間

Created average gravities and their duration

	継続時間 (s)	調整後の重りの重量 (g)	平均重力±SD (G)
μG	0.509		0.021±0.015
0.17G	0.568	630.1	0.179±0.021
0.38G	0.668	1,772	0.373±0.026

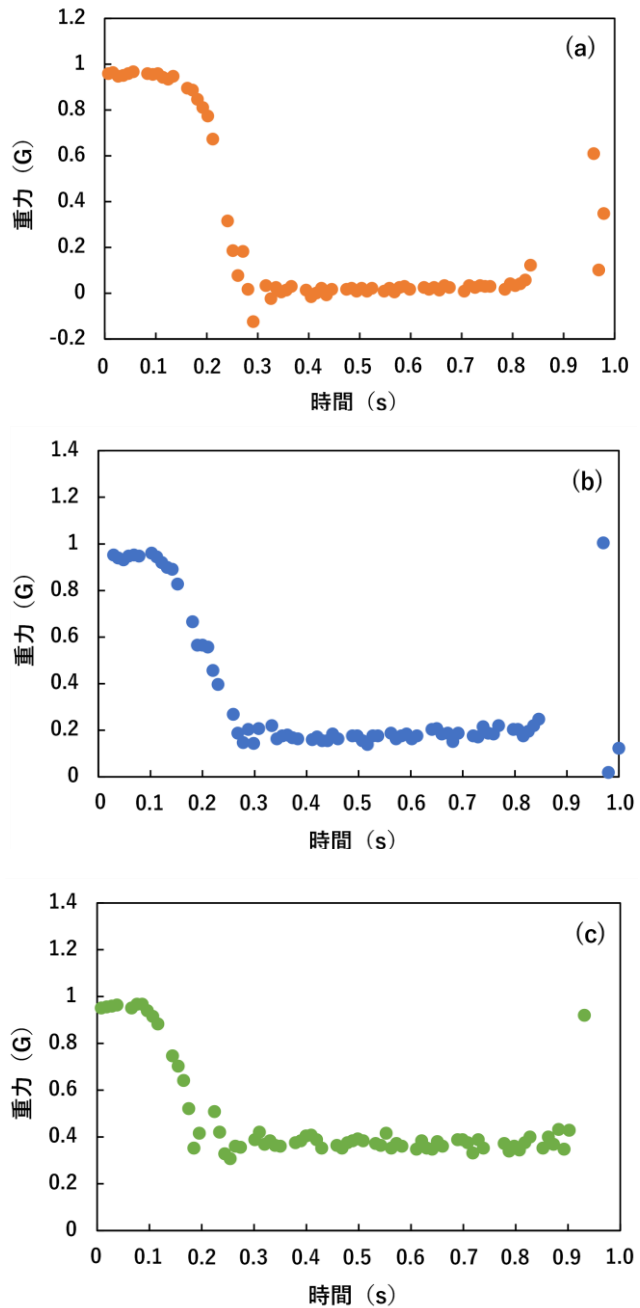


図 1. 低重力作出実験における重力の変化
(a) μG Gdata, (b) 0.17G Gdata, and (c) 0.38G
Gdata