

微小重力下における土壌粒子モデル間隙中の水分移動

Water movement in experimentally-modeled soil void spaces under microgravity

名倉理紗¹・佐藤直人²・南隼人²・片野健太郎¹・登尾浩助¹

¹ 明治大学大学院農学研究科・² 明治大学農学部

要旨(Abstract)

微小重力下で作物を育てる宇宙農業は、長期間・多人数の宇宙開発ミッションを行うために重要である。宇宙空間で土耕栽培を行うには、微小重力下における土壌粒子間隙中の水分移動のメカニズムを明らかにすることが必要である。そこで、本研究ではガラス製丸底フラスコを用いて土壌粒子モデルを作成し、モデル間隙中の水分移動を可視化し画像解析した。水分は丸底フラスコ接触点に液架橋のような形状で保持され、移動することはなかった。

キーワード：微小重力，土壌粒子間隙，水分移動

Key words: microgravity, soil void spaces, water movement

1. はじめに

長期的な有人宇宙活動を実現するためには、持続的な食料の供給を可能にする必要がある。そこで、宇宙で作物を栽培するシステムの開発が検討されている(宮嶋ら, 2006)。宇宙で土耕栽培を行うにあたり、微小重力下における土壌粒子間隙中の水分移動のメカニズムを明らかにすることが、宇宙空間での植物の生育環境を調節する上で非常に重要である。微小重力環境下でも、バッキンガム-ダルシーの法則およびリチャーズ式が成り立つことが示唆されている(Heinse et al., 2005)が、土壌粒子間隙中の水分移動の詳細なメカニズムはまだ明らかでない。本研究では、微小重力下における模擬土壌粒子間隙中の水分移動を可視化し画像解析することで、水分の挙動を捉えることを目的とした。

2. 方法

本実験は、約 20 秒間の微小重力状態を作り出すことができる放物線飛行を使用して行った。模擬土壌粒子には、直径 32.7mm のガラス製透明丸底フラスコの底部を使用した。丸底フラスコを組み合わせ 2 段構成の土壌粒子配列を模擬的に再現し、アクリル製透明カラム内に土壌粒子配列を固定し土壌粒子モデルを作

成した (Fig. 1)。水分移動を見やすくするために、アナトー色素を蒸留水で 500 倍に希釈した水溶液を使用した。

約 20 秒間の微小重力状態中に、以下の 3 つの条件で水源への注水を行った。①注水しない場合、②常に注水し水位を上昇させる場合、③最初の 10 秒間のみ注水し水位を上昇させる場合である。放物線飛行中に土壌粒子モデルを真上から撮影し、注水条件を変化させたときの水分移動の様子を動画取得した。取得した動画から静止画を抽出し、画像解析アプリケーションソフト (ImageJ) を用いて上段模擬土壌粒子同士の接触点の水分分布面積を求めた。

3. 結果と考察

注水しなかった場合は、水分移動は見られな

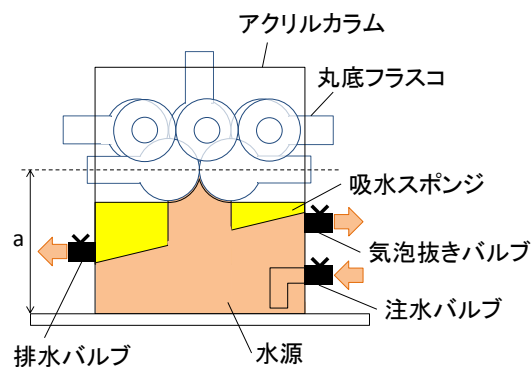


Fig. 1 土壌粒子モデル概略図

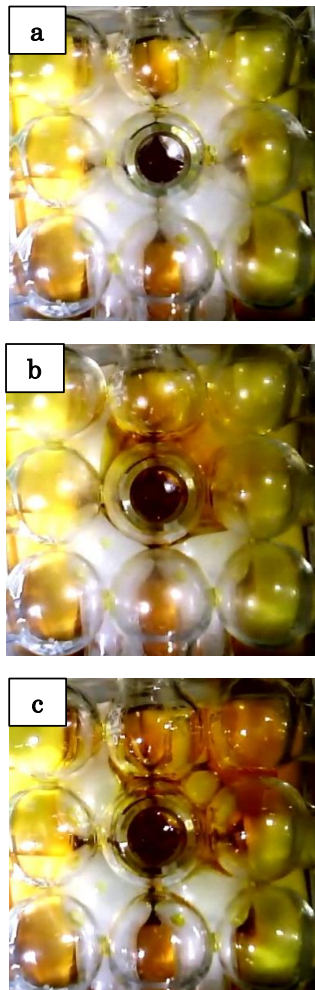


Fig. 2 微小重力下における水分移動の様子
(a) 注水しなかった場合、(b) 注水した場合、
(c) 最初の 10 秒間のみ注水した場合

かった (Fig. 2 (a))。注水した場合および最初の 10 秒間のみ注水した場合は、水分が押し上げられ上昇した (Fig. 2 (b, c))。さらに最初の 10 秒間のみ注水した場合、注水終了後から放物線飛行終了時までの 10 秒間は、上段模擬土壌粒子同士の接触点において液架橋のような形状で水分が保持されていることが確認できた (Fig. 2 (c))。液架橋のような形状は、水面のメニスカスの毛管力によって生じたものと考えられる。

常に注水した場合の水分分布面積 (Fig. 3 (a)) は、注水開始後に上段の模擬土壌粒子に水分が分布するようになると、ある一定の大きさで安定した。最初の 10 秒間のみ注水した場合

(Fig. 3 (b)) は、注水中は水分を押し上げてい

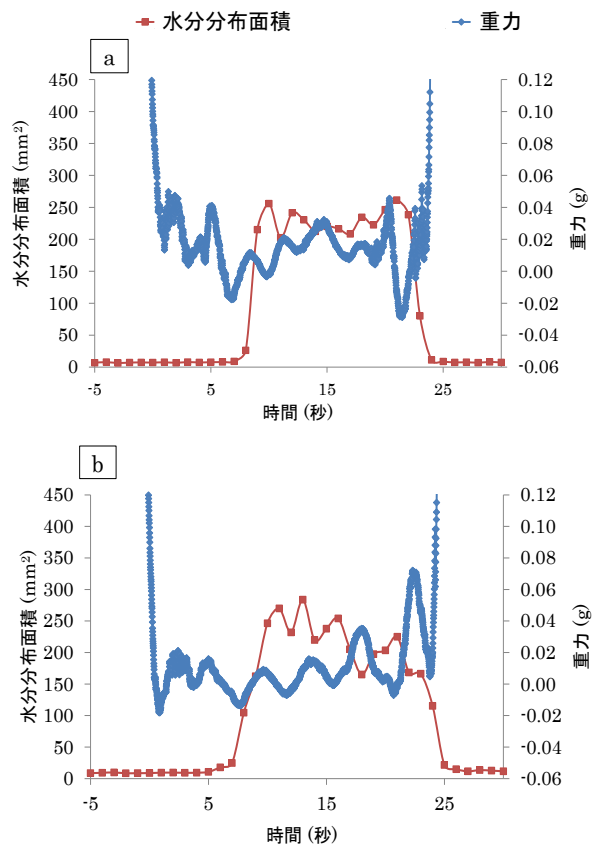


Fig. 3 水分分布面積変化 (a) 注水した場合、
(b) 最初の 10 秒間のみ注水した場合

たため面積は安定したが、注水終了後は重力の増加に伴い減少した。模擬土壌粒子間隙中の水分分布面積は、重力の変化と関係があると考えられる。

謝辞

本研究の一部は JAXA (独立行政法人宇宙航空研究開発機構) 主催「第 10 回航空機による学生無重力実験コンテスト」の助成で行った。

参考文献

宮嶋宏行, 柚原直弘 (2006) : 概念設計過程の定式化に基づく再生型生命維持システムの概念設計支援ツールの開発, 日本航空宇宙論文集, 54 (631) : 327-336.

R. Heinse, S. B. Jones, S. L. Steinberg, M. Tuller, and D. Or (2005) : Measurements and modeling of variable gravity effects on water distribution and flow in unsaturated porous media. Vadose Zone J., 6 : 713-724.