

SlimeMolder : 粘菌を観察しながら育む粘菌ファブリケーションシステムの提案

迫田 海斗* 田井 普† 塚田 浩二*

概要.

本研究では、粘菌ファブリケーションのために粘菌を日常生活環境で手軽に培養と表現実験ができる自動培養システムを提案する。粘菌は環境や刺激に応じて、広がり方が異なる特性を持ち、HCI 研究や芸術表現にとって可能性のあるマテリアルである。一方、湿度や温度の管理、餌や培地の適切な交換が必要なため、日常生活環境での培養は難しい。そこで、本提案では粘菌の自動培養装置「SlimeMolder」を開発し、多彩なインタラクションや表現分野で活用可能な、粘菌ファブリケーション基盤を構築する。さらに、アタッチメントを装着することで、粘菌を着色したり、特性を理解するための簡易実験環境を構築する。

1 はじめに

粘菌は様々な種類が存在し、自然界では山や森の切り株などに生息している。その中でも本提案で扱う粘菌は真正粘菌のモジホコリという種類である。粘菌は、餌や光等の外部の刺激に反応して移動し、その経路に管を残す特性がある。このような特性に着目して、多様な研究分野や作品表現に活用されてきた。例えば、粘菌が迷路を解くことができる知能を有していることを示したイグノーベル賞受賞研究 [4] や、粘菌を回路の一部に活用してスマートウォッチに搭載したインタラクション研究 [3]、着色した粘菌を靴に這わせて時間経過で模様が変わる様に着目したバイオアート [1] 等の取り組みがある。このように、粘菌は栄養を効率良く運ぶ最短経路に変形する特性、導電性、着色性等を備えており、生物の

特性を生かしたセンサ・アクチュエータとして活用できる可能性がある。このように粘菌は HCI 研究や芸術表現にとって可能性のあるマテリアルであるが、粘菌の培養を日常生活環境で行うことは難しい。湿度や温度を一定に保ち、餌を適度に与えるだけでなく、培地を定期的に交換する必要がある。そこで本研究では、粘菌の安定した培養だけを目的とせず、粘菌の栄枯盛衰の様子を眺めて楽しみながら、粘菌の性質を意図的に変化させて粘菌のバリエーションを豊かにし、粘菌を活用した表現を行うための簡易的な実験を行える場を提供する。

2 設計方針

本システムは、粘菌の培養において最適な条件のみを追求するのではなく、粘菌の成長や挙動を観察・楽しむ要素も考慮した、培養と観察のバランスが取れた設計を目指す (図 1)。まず、粘菌の培養方法について説明する。粘菌を培養する手法は主に二つあり、それぞれ固形寒天培地と液体培地で培養する方

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 公立はこだて未来大学

† 慶應義塾大学



図 1. 自動培養システム「SlimeMolder」と培養の様子

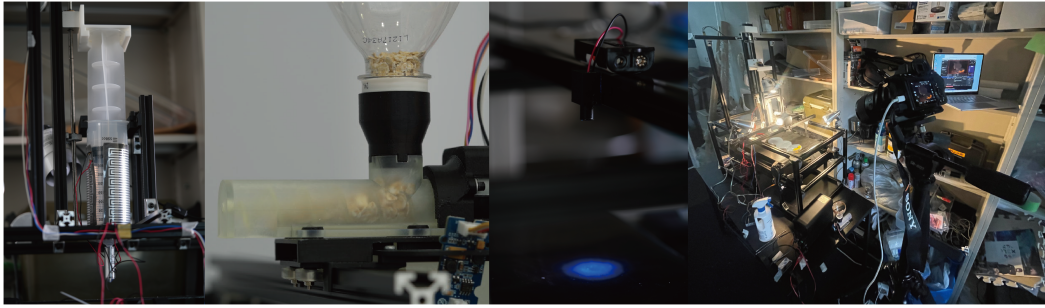


図 2. 寒天プリンタ, 給餌機, 光刺激アタッチメント, ライブストリーミング

法である。これらを比較した際に本研究では観察がしやすい固形寒天培地を採用した。粘菌は一度這った場所を粘物質というもので汚してしまうため、粘菌自身が新たな培地を求めて動き続けるか、培地を綺麗にし続けると元気がなくなってしまう。そのため、ベルトコンベア（回転ベルト）のような機構が必要である。また、粘菌の広がり方が変化する刺激アタッチメントを作成することで、簡易的な実験環境を構築する。

3 実装

本装置は、1. 回転ベルト、2. 寒天プリンタ、3. 給餌機、4. 廃棄箱から構成される。寒天培地を寒天プリンタから射出し、回転ベルトで位置をずらすことで連続した寒天シートが出来上がり、その上に粘菌を這わせる。そして、餌が落下して供給され、粘菌が育ち、古い寒天・餌・粘菌は廃棄箱へ落ちるといったものになっている。粘菌は一度這った場所よりも一度も這ったことがない新しい培地に進む習性があるため、本装置は一定方向へ進む粘菌のためのランニングマシンとして機能する。なお、アタッチメントを加えることで、培養・実験・表現が可能な統合装置としての役割を果たす。

回転ベルト部および寒天プリンタ部のステッピングモータの制御にはマイクロコンピュータ (M5Stack Gray) を用いた。

3.1 回転ベルト

2章で述べたように、粘菌は培養中も前進し続けるため、通常は1日に一度、培地から手動で新しい培地に移し替える必要がある。この手間を省くために、回転ベルトに対して寒天プリンタで長時間培地を提供し続ける仕組みを実装した。粘菌は1時間に1cmほどしか進まないため、その速度に合わせて、ステッピングモータ (秋月電子 28BYJ-48 5V) とモータドライバ (秋月電子 DRV8835 モジュール) で制御した。フレームにはミスミフレーム、プーリー部分にはエレクターパイプを利用して設計し、軸受けは3Dプリントして自作した。また、モータのト

ルクを上げ、速度を落とすためにギアボックスも3Dプリントで自作した。ギアボックスにはウォームギア (ギア比 80:1) が搭載され、モータは4秒に一回転し、ベルトが10mm進む。

3.2 寒天プリンタ

1章で述べたように粘菌には適した湿度環境が必要なため、一定の湿度を供給できる寒天を培地にするために寒天プリンタを実装した (図2) (約100×100×500mm)。寒天プリンタはシリンジ (550ml) とステッピングモータ (秋月電子 ST-42BYH 1004) で構成されており、ステッピングモータが回転することで、5時間に一度20ml程度の寒天が押し出され培地を形成する。また寒天がシリンジ内で凝固することを防ぐために、シリンジ側面およびノズル部分にはアルミ箔フィルムヒータが取り付けられている。なお、フィルムヒータは安定化電源によって給電されており、シリンジ本体が60-70℃、シリンジノズルが40-50℃に保たれている (11V 2.8A)。

3.3 給餌機

粘菌を培養する際の餌であるオートミールが寒天培地上に粉末状で供給される給餌機を作成した (図2) (約150×100×100mm)。餌供給部は蛇口型になっており、上部のホッパー部分にオートミールを入れ、ステッピングモータで制御したスクリューによって適量 (3-5g程度) の餌が約5時間に1度押し出される。

3.4 光刺激アタッチメント

粘菌は450-500nmの青色光に対して忌避反応を示すことが報告されている [2]。この反応を簡易的に追実験するための光刺激アタッチメントを作成した (図2) (約20×20×30mm)。青色LED (465-475nm) とスイッチ、バッテリーが内蔵されている。このアタッチメントにより粘菌が青色光を避けて広がる様子を観察することができる。

謝辞

本研究の一部は、情報処理推進機構 (IPA) の 2024 年度未踏 IT 人材発掘・育成事業、及び経済産業省 AKATSUKI プロジェクト 2023 年度北海道 IT クリエータ発掘・育成事業 (新雪プログラム) の支援を受けた。また、本研究を進めるにあたり、公立ほこだて未来大学の高木清二先生には多くのご助言、ご協力を頂いた。

参考文献

- [1] アート・オブ・シューズ 13 齋藤帆奈/粘菌がデザインする極彩色 SLIP-ON —自然と人間が“せめぎ合い”見えてくるもの, 2021. <https://gs.abc-mart.net/story/9050/>.
- [2] M. Hato, T. Ueda, K. Kurihara, and Y. Kobatake. Phototaxis in true slime mold *Physarum polycephalum*. *Cell Structure and function*, 1(3):269–278, 1976.
- [3] J. Lu and P. Lopes. Integrating Living Organisms in Devices to Implement Care-based Interactions. In *Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 1–13, 2022.
- [4] A. Tero, R. Kobayashi, and T. Nakagaki. A mathematical model for adaptive transport network in path finding by true slime mold. *Journal of theoretical biology*, 244(4):553–564, 2007.