

SlimeMolder: 粘菌ファブリケーションのための自動培養システム

迫田 海斗^{1,a)} 塚田 浩二^{1,b)}

概要: 本研究では、粘菌をデジタルファブリケーションの系に組み込むための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、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ったり、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。

1. 背景と目的

本研究では、粘菌を日常生活環境で手軽に培養できる自動培養装置の開発を行う。まず、粘菌について説明する。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 (図 1)。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 [1] 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 [2]、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 [3] 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。さらに、(1) 餌を少し与えるだけで株の量が増えるため、培養環境が整っていれば量を気にせず利用できる、(2) 動物とは異なり、利用時に倫理的な問題が発生しない、といった特徴もある。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。筆者は粘菌の研究を専門とする研究室 (はこだて未来大学 高木研究室) から培養方法等の助言を得ながら、過去 1 年以上粘菌を自宅で培養してきた。こうした経験を踏まえて、粘菌の培養には、以下の 3 点が重要であると考えられる。

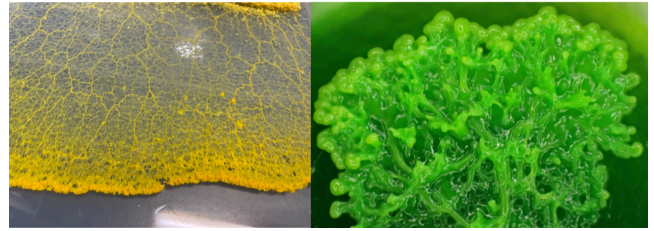


図 1 左: 粘菌 右: 食紅で着色した粘菌

(1) 清潔な培地

粘菌の培地には、寒天やろ紙、キッチンペーパーが主に使用されている。粘菌は培養中も常に移動しており、軌跡に雑菌や不要物を残していく。軌跡には再度近づかない性質を持っており、無理に這わせると弱ってしまう。よって、数日に一回程度、粘菌を新しい培地に移動させる必要がある。例えば寒天の場合、粘菌の乗った部分だけを切り出して、新しい寒天上に移動させる。

(2) 水分

粘菌はジメジメとしたところを好み、自然界では切り株や倒木の裏などに生息している。そのため、培養中も高い湿度を保つ必要がある。寒天は水分量を保ちやすい点で優れるが、作成や廃棄に手間がかかる問題があるため、キッチンペーパー等を定期的に霧吹きで湿らせる方法も利用される。

(3) 餌

入手性や粘菌の好みから、餌としてはオートミールが一般的に利用される。1日に1回程度餌を交換する必要がある。

そこで、本研究では粘菌の培養に必要な要素を満たすベルトコンベア型の自動培養装置「SlimeMolder」を提案

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} g2123026@fun.ac.jp

^{b)} tsuka@fun.ac.jp

する。

2. 関連研究

まず、生物の特性を用いてアクチュエータとして扱う研究事例を紹介する。佃ら [4] は、マダガスカルゴキブリを電気刺激によって制御し、ゴキブリを物体の移動に利用したり、ペンを装着して線をひかせたりする事例を提案している。岩崎ら [5] は蚕を 3D プリントした物体の上に配置することで、任意の三次元シルクシートを作る手法を提案した。これらの事例は昆虫の能力や性質を利用し、アクチュエータとして活用する例である。本研究では、ユーザが簡易的に粘菌をセンサやアクチュエータとして扱うための環境として、自動培養装置を構築する。

次に、HCI 研究やメディアアート分野での粘菌の活用例を紹介する。Lu ら [2] は粘菌をスマートウォッチに搭載することでデバイスに愛着が湧き、ユーザとデバイスの関係の変化を調査した。ユーザが水と麦を与えると粘菌が広がり、回路の一部を担うことでデバイスが使用可能となる。被験者に粘菌スマートウォッチを 9~14 日間着用してもらったところ、被験者達はデバイスに責任感を持ち相互関係を構築するようになることがわかった。齋藤 [3] は寒天を靴にコーティングし、その上に着色した粘菌を這わせることで靴をデザインする作品を提案している。このような研究や表現を試行するためには、安定的に粘菌を培養する必要がある。本研究では、粘菌の自動培養装置の実現を通して、粘菌をマテリアルとしてインタラクションや表現分野で手軽に活用できる環境を目指す。

次に、微生物と人間のコミュニケーションに着目した研究を紹介する。Nukabot[6] はぬか床に存在する発酵微生物と人間がコミュニケーションを取ることで、より良い漬物を作る仕組みである。本研究では、粘菌の自動培養をまず目的とするが、粘菌の状態をセンシングして培養環境を調整できるような仕組みも今後構築していきたい。

3. 提案

このような粘菌の育成条件を考慮した自動培養装置「SlimeMolder」を提案する(図 2)。本装置は、1. ベルトコンベア、2. 水分供給部、3. 餌供給部、4. 培地供給部、5. 培地廃棄部から構成される。例えば、培地としてロール状のろ紙を利用する場合、ろ紙をベルトコンベアに供給し、粘菌をろ紙の先端(左側)に載せてから、ベルトコンベアをゆっくり動かす。水分と餌をろ紙の根本側(右側)に供給することで、粘菌はベルトコンベアの移動方向に逆らうようにゆっくりと進み続ける。粘菌が這い終わったらろ紙は、そのまま廃棄される。粘菌を使う時は、粘菌の先端部分が乗っているろ紙を切り離して利用する。なお、最終的には培養・実験・表現ができる統合装置を目指す。

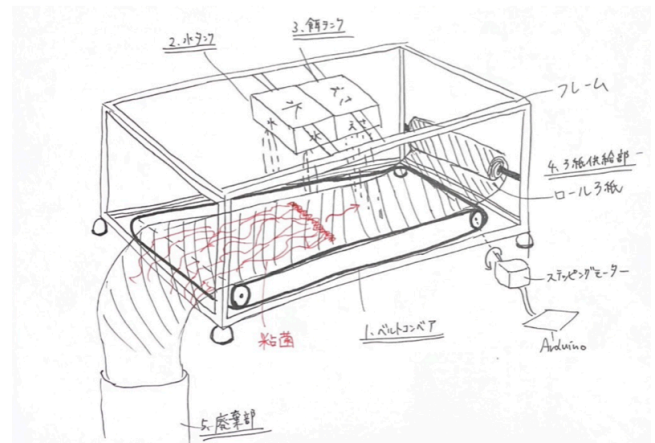


図 2 自動培養装置のイメージ図

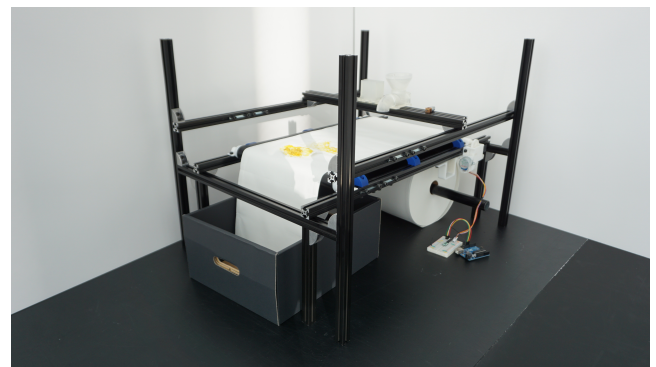


図 3 自動培養装置のプロトタイプ

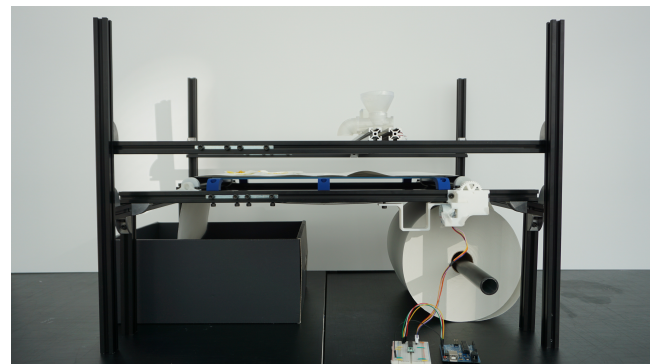


図 4 自動培養装置のプロトタイプ (側面)

4. 実装

4.1 ベルトコンベア部

1 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、ベルトコンベアに対してロール紙で長時間培地を提供し続ける仕組みを実装した(図 3)。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ー(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、

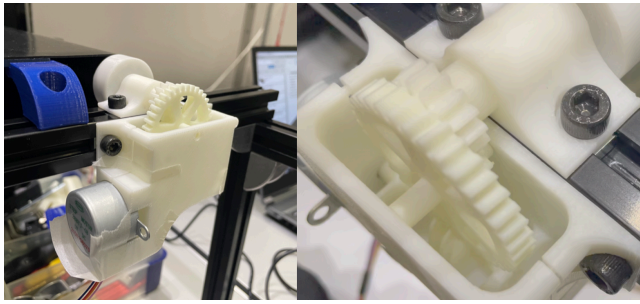


図 5 ステッピングモーターとギアボックス

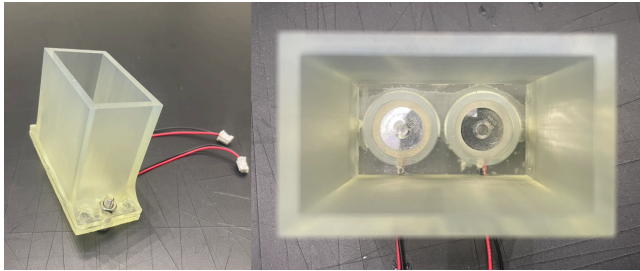


図 6 左：水供給部の全体図 右：上から見た図

プ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、モーターのトルクを上げ、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 (図 5)。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 秒に一回転する。

4.2 水供給部

1 章で述べたように、粘菌は定期的に水分が供給されないと死んでしまう。そのため、粘菌に水分を供給する水供給部を作成した (図 6)。粘菌培養時には霧吹きを用いて水分を与えることが多い点から、超音波を用いて水を噴霧する機構を用いる。水を約 50ml 保持できるタンクを光造形式の 3D プリンタ (Form 3 Plus) で実装し、下部に超音波噴霧モジュール (Grove-噴霧モジュール) を配置した。5 時間に 1 回、1ml 程度の水分を培地上に噴霧する。

4.3 餌供給部

1 章で述べた通り、粘菌を培養する際の餌としてオートミールが使用されることが多い。そのため、オートミールを供給するための餌供給部を作成した (図 7)。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、モータで制御したスクリューによって適量 (10g 程度) の餌が約 5 時間に 1 度押し出される。

5. まとめと今後の課題

本研究では、粘菌を日常生活環境で手軽に培養できる自動培養装置の開発を行なった。今後は、ただ粘菌を培養するだけではなく、自動培養装置上で粘菌を使った作品作りや簡易的な実験ができる粘菌ファブリケーション環境の基

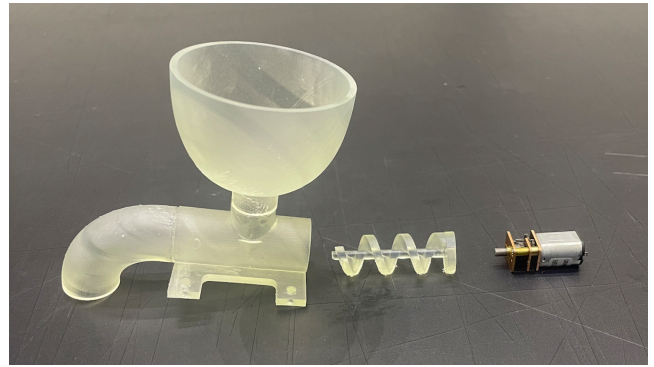


図 7 餌供給部

盤構築を目指していきたい。本研究によって、粘菌を安定的に供給し、粘菌を使って新たな表現や体験を作り出すための手助けになりたい。

謝辞

本研究の一部は、経済産業省 AKATSUKI プロジェクト 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] 中垣俊之, 山田裕康. 迷路を解く巨大アメーバ細胞: 粘菌. 生物物理, Vol. 41, No. 5, pp. 244-246, 2001.
- [2] Jasmine Lu and Pedro 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.
- [3] 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/>.
- [4] Yuga Tsukuda, Daichi Tagami, Masaaki Sadasue, Shieru Suzuki, Jun-Li Lu, and Yoichi Ochiai. Calmbots: Exploring possibilities of multiple insects with on-hand devices and flexible controls as creation interfaces. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, pp. 1-13, 2022.
- [5] Riku Iwasaki, Yuta Sato, Ippei Suzuki, Atsushi Shinoda, Kenta Yamamoto, Kohei Ogawa, and Yoichi Ochiai. Silk fabricator: using silkworms as 3d printers. In *SIGGRAPH Asia 2017 Posters*, pp. 1-2, 2017.
- [6] Dominique Chen, Young Ah Seong, Hiraku Ogura, Yuto Mitani, Naoto Sekiya, and Kiichi Moriya. Nukabot: Design of care for human-microbe relationships. In *Extended abstracts of the 2021 CHI conference on human factors in computing Systems*, pp. 1-7, 2021.