

“A Medium for Images or Luminous Bacteria” 発光細菌とデジタルスクリーン製版を用いた映像の検討

佐伯拓海^{†1} 城一裕^{†2}

概要：本研究では、発光細菌をインクとし、デジタルスクリーン製版を用いた作品の制作を通して、デジタルディスプレイとは異なる構造によって生み出される映像の可能性について検討する。現代のデジタル映像を表示する構造や、平面上での微生物の動きに注目した実践を踏まえ、デジタルスクリーン製版を用いて描画した文字が、発光細菌の生命活動によってゆっくりと滑らかに変化していく作品を制作した。本作品による発光細菌の変化や微弱な光は、映像を表示する構造や、映像鑑賞の形式を再考するものである。

1. はじめに

本研究では、発光細菌をインクとし、デジタルスクリーン製版を用いた作品の制作を通して、デジタルディスプレイとは異なる構造によって生み出される映像と、その表現の可能性について検討する。

映画館と映画、テレビとテレビ番組というように、これまでメディアの形式と内容が一致していた映像は、デジタル化によって、映画やテレビだけでなくスマートフォンやデジタルサイネージなど、デジタルディスプレイであればメディアに寄らない映像の視聴が可能となった[1]。しかし、それらの映像は、空間をピクセルに、時間をフレームレートに区切られた、デジタルディスプレイに表示可能な構造に固定化している。また、デジタル以前においても、映像は静止画の連続によって構成されている。Tom Gunning は、映画以前の映像装置を踏まえ、映像が人間の目の錯覚によって実質的な動きを生み出したことを、視覚文化の中での重要な出来事として取り上げている[2]。

一方で、いついかなる場所でも映像視聴が可能となったことで、映像を形式、内容だけでなく視聴者や空間との関係性を考慮する議論がなされている[1]。それは視覚芸術においても表れており、固有の形式での展示を行っている作品がある。人間の視覚機能を利用した James Turrell の作品、“Backside of the Moon” は、暗闇の中の作品であり、真っ暗で何も見えない状態から目の光感度が回復していく、暗順応[3]を体感できる[4]。この作品は映像作品ではないものの、平面に映る光と鑑賞者の知覚との関係性に注目した作品である。

他方で、平面上での微生物の動きに注目した実践が、これまでに数多くなされてきた。粘菌に迷路を解かせる実験[5]では、粘菌が2地点の餌までたどり着く動きに注目し、最短距離の可視化をおこなっている。合成生物学の大会 iGEM[6]に登場した、Coliroid[7]は、遺伝子組換えによって

赤色光に反応し変色する大腸菌を作成し、感光剤として用いた大腸菌による写真である。また、視覚表現の分野では、ペニシリンの発見で有名な Alexander Fleming[8]の、色素をもつ細菌やカビを用いて絵を描く、微生物絵画が初期の試みとして挙げられる[9]。近年では、その実践を受け継いだ、ペトリ皿に敷かれた寒天培地に微生物を塗って絵を描く活動がある [10][11][12]。これらの実践は、フレミングのように微生物がもつ色味を利用するほか、遺伝子組換えによって蛍光する細菌や、微生物が繁殖した際にできる線の太さや模様を利用している。加えて、コンペティションを毎年開催している組織 [10][11]や、ワークショップを行う団体 [12]などがあり、現在でも微生物を用いて絵を描く実践は活発に行われている。これら微生物を利用した試みは、通常の絵の具や塗料によって絵を描くのに対し、色素を持った微生物の生命活動によって画像が描画される過程に注目した試みといえる。

2. 発光細菌

本研究では、微生物を用いた視覚表現の実践を踏まえ、それらの先行例のような反射光によって色味を出す色素とは異なり、自ら光を放つ細菌の生命活動に注目した。

2.1 発光細菌の特性

発光細菌の多くは魚やイカなどの体表を始め、海洋中に生息している[13]。この光はルシフェリン・ルシフェラーゼ反応という化学発光[14]と、緑色蛍光タンパク質によって発せられており[15]、暗闇であれば青緑や青白い光を肉眼で確認できる。この反応には酸素が必要であるため[16]、発光細菌の発光は酸素に依存する。発光細菌の特性を利用して、現在では有毒物質の検出[17]や、特定の DNA や生物の一部を可視化するバイオマーカー[18]として用いられている。本研究ではその中でも第二次世界大戦中の日本での軍事利用に注目している。

2.2 日本における発光細菌の軍事利用

当時シンガポールで発光生物の研究をしていた羽根田弥太は、現地の日本軍から夜間行動用の照明装置の開発を

^{†1} 九州大学大学院芸術工学府修士課程 2 年

^{†2} 九州大学芸術工学研究院

要請されていた。現地には本格的な研究施設はなく、資材も潤沢でなかったことから、市販のイカから採取でき、増殖する発光細菌に注目し、照明と、そのための簡易的に作れる培地を考案した[19]。開発した装置は、15ml アンプルにイカの煮汁と発光細菌と封入したもので、使用 10 時間前に開封することで、任意の時間に発光する。最終的に実戦で使用されなかったが、夜間演習に使用された[20]。

一方国内にいた同時期の微生物学者である中村浩は、夜間の明かりを制限する灯火管制の際、夜間空襲時に敵から認知されない標識や照明のような、発光細菌を用いた避難用の道具を提案した。中村は、1. 布に塗布して光る旗や腕章を作成する方法、2. ゼラチンなどの粉末に吸着させ、散布する方法、3. 脱脂綿などに染み込ませ、照明として用いる方法の 3 種類を開発していた[21] (図 1)。

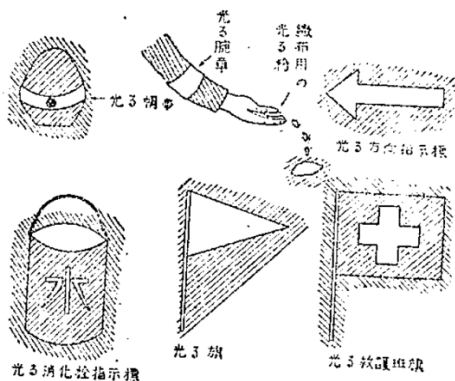


図 1 中村の提案した避難用の道具[21]

3. デジタルスクリーン製版

本研究では、発光細菌をゲル状にすることでインクとし、デジタルスクリーン製版を用いて、文字を寒天培地に描画した。

3.1 シルクスクリーン印刷

シルクスクリーン印刷とは孔版印刷の一種で、メッシュ状の布に、インクを通したい形の穴が開いた版=スクリーンを作り、印刷する方法である。単一の版による複製や量産ができる他、紙だけでなく、木やガラス、金属など様々な支持体に対して印刷ができる点が特徴である[22]。

製版の方法は、メッシュ状のポリエステルや絹の薄い布に、紫外線によって固まる乳剤でネガティブイメージを塗って穴を塞ぎ、露光、乾燥させることで、印刷したい形状に穴の空いた版を作成する[23]。

3.2 デジタルスクリーン製版機

デジタルスクリーン製版機とは、前述したシルクスクリーンの孔版を、2 値画像から自動で製版する機械である。従来の光学的な処理や液体を扱わず、予め目の埋められたメッシュを、製版機内で画像データを元に熱によって穴を開ける。本研究では、デジタルスクリーン製版機 Mi Screen

a4[24]を用いた。

4. 作品制作

デジタル映像の構造や微生物による視覚表現の実践、さらに日本における発光細菌の軍事利用を踏まえ、発光細菌をインクとしてデジタルスクリーン製版を用いた映像を生成する構造を制作した。なお発光細菌の培養は全て Marin Broth 2216[25]を使用した。

4.1 戦時中の軍事利用の再現

作品制作に取り掛かる前に、羽根田の照明器具と、中村の提案していた避難用の標識の再現を行った。

4.1.1 羽根田の照明

羽根田が陸軍の夜間活動用に開発した照明を簡易的に再現した。羽根田の照明は 15ml のアンプルにイカの煮汁と発光細菌を封入、密閉し、使用開始 10 時間前に開封することで任意の時間に光らせる使い捨ての照明であった。本研究ではこれを 1000ml のマイクロチューブ内にイカの煮汁と発光細菌を入れることで再現を試みた。封入して 1 日に発光を確認した後、常温で 1 週間放置した。1 週間後に蓋をあげ、その 10 時間後に様子を確認すると、封入 1 日後と同等の発光を確認することができた (図 2 の(a))。

4.1.2 中村の光る綿

中村の提案した、発光細菌を用いたの道具の一つである、光る綿[26]の再現を行った。これは脱脂綿に発光細菌を吸着させ、形を整えて文字を描く、あるいは適度な大きさに千切って照明とするものである。本研究では、24 時間培養した発光細菌の培養液を 3cm 四方の脱脂綿に数滴吸着させた。出来上がった綿は千切ることができ、暗室内の 5m の距離まで光を見ることができた。再現から形状や大きさを変化させることのできる照明としての機能を確認した (図 2 の(b))。



図 2 (a)羽根田の照明, (b)中村の避難器具の再現

4.2 作品 “A Medium for Images or Luminous Bacteria”

これらの再現から、発光細菌の放つ光の様子、その発光する媒体としての有用性、外部の環境や生命活動によって変化していくことを確認した。中村の提案した 3 種の利用法を組み合わせ、発光細菌によるデジタルスクリーン製版のインクとして用いた作品 “A Medium for Images or Luminous Bacteria” を制作した。本作品は、ゼラチンに発光細菌を吸着させることでインク化し、キャプションそのものをデジタルスクリーン製版によって寒天培地に塗布した

作品である。中村の発光細菌の文献からの引用を踏まえた戦時の背景、制作手順、デジタル映像との対比などを作品のキャプションとして記した(図3)。始めは文字が次第に浮かび上がり、数日のうちに発光細菌の増殖によって文字が徐々に崩れていき、最終的には一つの細菌の集団になりながら消えていく作品である(図4)。制作過程としては、以下の手順で行なった。また細菌を扱う工程や、他の細菌の混入を避けるべき工程では全て無菌操作が可能な作業台、クリーンベンチ内で行なった。

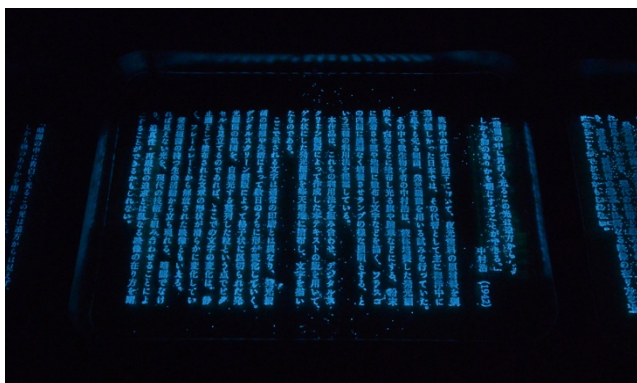


図3 作品“A Medium for Images or Luminous Bacteria”

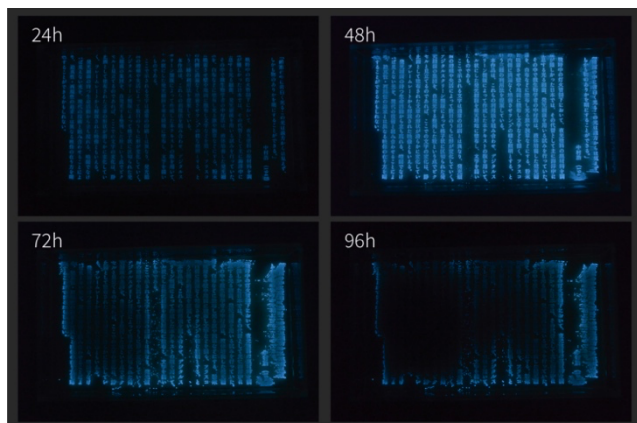


図4 変化の様子(右上の数字は経過時間)

4.2.1 支持体の準備

発光細菌のインクの支持体として、微生物実験で一般的な固定培地である寒天培地を用いた。まず、容器である390mm*290mmのステンレスのトレーを中性洗剤で洗浄、70%エタノールで消毒した後、紫外線で殺菌処理し、乾燥させた。寒天培地に関しては、液体培地600mlに対し1.5%の標準寒天を溶かし、高温蒸気圧による滅菌処理、オートクレーブを行なった。滅菌後、乾燥したトレーに流し入れ、クリーンベンチ内で常温で硬化させることで出来上がったものを支持体とした。

4.2.2 発光細菌のインク化

発光細菌をインク化するために、ゼラチンに吸着させることでゲル状にした。発光細菌を100mlの液体培地に入れ、17度の恒温機の中で24時間培養した。24時間後、発光細菌の培養液に6.5%のゼラチンを加えた。ゼラチンが培養液を吸着し、ゲル状になるまで17度の恒温機で24時間放置

した。

4.2.3 製版

本作品は、孔版をデジタル製版機によって作った。そのため、Adobe Illustratorでキャプションの画像データを作成し、そのデータを元にデジタルスクリーン製版機によって孔版を製版した。製版後、中性洗剤で洗浄、70%エタノールで消毒した後、紫外線で殺菌処理を行って乾燥させた。

4.2.4 印刷

これら支持体、インク、孔版をそれぞれ準備し、クリーンベンチ内で印刷を行った。発光細菌のインクは、従来のインクのようにスクリーンを通り抜けて下に落ち、死事態に定着するような適度な粘性でないため、印刷工程では、本来のスクリーン印刷とは異なり、孔版を支持体に密着させ、その上から塗布することで、孔版の穴から直接寒天と発光細菌を触れさせた。塗布後、孔版を剥がし、20度前後の暗室に放置しておく約24時間後には発光した文字を確認することができた。

4.3 展示

展示を行い、本作品に対してどのような議論が可能であるか検証した。期間は2022年12月10日から14日の5日間で、場所は九州大学大橋キャンパス内の施設である、写真現像用の暗室で行った。暗室は空調によって20度前後を保った。本展示では、前日の夜8時に印刷を1枚行い翌日展示する、ということをして5日間行うことで、日毎に一枚ずつ、24時間差の作品が増えていくような展示を行った。孔版は全て同じものを用いた。

5. 考察

本作品は、デジタルスクリーン製版によって文字を描画したものである。しかしこれは単純な印刷とは異なり、描画された文字が、発光細菌の増殖や失活によって変化していく、動く画像といえる。始めに描画した状態は、孔版の格子によって分けられた細菌の集団と、格子状に整列した光る点であるピクセルとの類似点が見られる。一方で、発光細菌の生命活動によって次第に描画した文字が崩れていく点は、静止画の連続とは異なり滑らかに変化する。これは、Gunningの言う人間の目の錯覚によって生まれる実質的な動きではなく、実際に細菌の生命活動によって動くものである。つまり静止画の連続とは異なる、フレームレートのない映像として捉えることができる。そしてその変化は、文字が浮かんでから消えていくまでには約5日かかる。その場の鑑賞中に動いては見えないものの、1日の中で明らかに変化しており、鑑賞者の見に来る時間によって全て異なる画像が現れる。これは一本の長い時間の映像を、鑑賞者それぞれが来た時間によって切り取るような作品と鑑賞者の関係性といえる。加えてこの映像の終点は、仮に人間の目に見えなくなった時点としても、細菌の生命活動であることから気温や湿度などによって変動する。また鑑賞

者の暗順応を利用している点は、Turrell の “Backside of the Moon” と類似するものの、読解が可能な文字であることで、鑑賞に要する時間は鑑賞者によってより流動的になると考えられる。展示において、作品が見える状態、暗順応するのに、早い人は暗室に入って直後、長い人では 20 分以上かかっていた上、文字を読み解こうと 1 時間ほど滞在していた人も見られた。

これらの特徴は、時間軸が連続に変化すること、1 つの映像作品としての時間、鑑賞者一人一人の鑑賞時間という 3 つの時間的な固有性をもった視覚メディアと言えないだろうか。そしてその固有性は、これまで 1 本の映像を一人一人が鑑賞していた鑑賞形態とは異なった時間の使い方を行う映像の鑑賞のあり方を提示することができるという。

本作品は、これまで静止画の連続であった映像に対し、ディスプレイと同様に平面上で発光する粒が、生命活動によって滑らかに動く、これまでの映像とは異なるフレームレートのない映像と捉えることができる。さらに、暗順応しなければ視認できず、数日かけて変化してく発光細菌独自の光が、これまでの映像の鑑賞のあり方について再考する作品と考える。

本研究では、平面上で動く画像という点で映像について考察してきた。一方で展示を通して様々な観点から本作品を通して行える議論が見えてきた。暗順応を始め、見えの色などの個人差や細菌から発せられる波長など、視覚心理的な側面については、作品と鑑賞者との関係性を考慮する上で重要だと考えられる。また、文字を印刷したメディアという観点から、発光細菌に適したタイポグラフィやグラフィックデザインを考える余地もある。今後は映像を始め、さらに複合的な観点から、発光細菌の生命活動と視覚メディアの関係性を考察していく。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科研費・基盤研究 (B) 生命の物質化・物質の生命化に関する理論調査と制作実践 [21H00495] の支援を受け実施されました。また発光細菌 LC2-086 *Photobacterium aquimaris* は、東京大学大気海洋研究所の吉澤晋准教授より提供いただきました。

参考文献

- [1] 光岡寿郎, 大久保遼. スクリーン・スタディーズ デジタル時代の映像/メディア経験. 東京大学出版会. 2019.
- [2] Gunning, T. “The Play between Still and Moving Images: Nineteenth-Century “Philosophical Toys” and Their Discourse,” in *Between Stillness and Motion: Film, Photography, Algorithms.* (ed. Rossaak, E.). Amsterdam University Press. 2011. p. 27-43.
- [3] 内川恵二, 篠森敬三. 講座 感覚・知覚の科学 視覚 I 視覚系の構造と初期機能. 2007. P. 97-102
- [4] Turrell, J.. “Backside of the Moon”, <https://jamesturrell.com/work/backsideofthemoon/>. 1999. (参照 2022-12-16)

- [5] Nakagaki, T. et al.. Maze-solving by an amoeboid organism. *Nature*. 2000, vol. 407, no. 28, 470p.
- [6] iGEM, “Coliroid”, <http://parts.igem.org/Coliroid>. (参照 2022-12-16)
- [7] Levskaya, A. et al.. Engineering *Escherichia coli* to see light. *Nature*. 2005, vol. 438, no. 7076, p. 441-442.
- [8] Fleming, A.. “The Growth of Microorganisms on Paper”. in *Proceedings of Second International Congress for Microbiology.* John-Brooks. R. St.. (ed. London: Harrison & Sons). 1936.
- [9] Dunn, R., “Painting with penicillin: Alexander Fleming's germ art”, <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/painting-with-penicillin-alexander-flemings-germ-art-1761496/#:~:text=Fleming%20painted%20ballerinas%2C%20houses%2C%20soldiers,where%20he%20wanted%20different%20colors>. (参照 2022-12-16).
- [10] “Microbial Art”, <http://www.microbialart.com/>. (参照 2022-12-16).
- [11] “ASM Agar Art Contest”, <https://asm.org/Events/ASM-Agar-Art-Contest/Home>. (参照 2022-12-16).
- [12] “BACTERIAL ART”, <https://www.bacterialart.com/>. (参照 2022-12-16).
- [13] 大場裕一. 世界の発光生物 分類・生態・メカニズム. 名古屋大学出版会. 2022, 23p.
- [14] Strehler, B. L. and Cormier, M. J.. Kinetic aspects of the bacterial luciferin-luciferase reaction in vitro, *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1954, vol. 53, no.1, p. 138-156.
- [15] Hastings, J. W. and Nealson, K. H.. BACTERIAL BIOLUMINESCENCE. *Annual Review of Microbiology*. 1977, vol. 31, p. 549-595.
- [16] Shimomura, O.. *Bioluminescence: Chemical Principles And Methods (Revised Edition)*. World Scientific Publishing Company. 2011, p. 21-22.
- [17] Kratasyuk, V. A. and Esimbekova, E. N.. Applications of luminous bacteria enzymes in toxicology. *Current Computer-Aided Drug Design*. 2015, vol. 18, no. 10, p.952-959.
- [18] Elvång, A. M., et al.. Use of green fluorescent protein and luciferase biomarkers to monitor survival and activity of *Arthrobacter chlorophenolicus* A6 cells during degradation of 4-chlorophenol in soil. *Environmental Microbiology*. 2001, vol. 3, no. 1, p. 32-42.
- [19] Haneda, Y.. Preservation and utilization of luminous bacteria as a light source. *SCIENCE REPORT OF THE YOKOSUKA CITY MUSEUM*. 1981, no. 28, p.79-83.
- [20] 羽根田弥太. 発光生物. 恒星社厚生閣. 1985, p. 18-19.
- [21] 中村浩. “空襲管制下に於ける夜間標識としての発光細菌の利用”, 軍事と技術. 軍事工業新聞出版局. 1940, vol. 162, p. 10-16.
- [22] 小本章. シルクスクリーンの発想と展開 発想から実制作まで. 16 の最新技法と効果. 美術出版社. 1980, p. 16-22.
- [23] Bernardino, S. et al.. Screen printing. *The Fairchild Books Dictionary of Fashion*. 2022, p. 1-10.
- [24] 理想科学工業株式会社. “マイスクリーン a4 の特徴”. <https://www.riso.co.jp/product/digitalscreenmaker/miscreen/a4/>. (参照 2022-12-16).
- [25] Merck. “Millipore Marin Broth 2216”. <https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/product/sial/76448>. (参照 2022-12-16).
- [26] 中村浩. 発光微生物. 岩波書店. 1944, p. 80-82.