

二層構造の粉体を用いた情報提示手法の基礎検討 Basic Study of Information Presentation Method with Two-Layered Powder

中西 聖[†] 赤星 俊平[†] 松下光範[‡]

Satoshi Nakanishi Shumpei Akahoshi Mitsunori Matsushita

1. はじめに

現代の生活空間には多種多様な情報が溢れており、それぞれに応じた情報提示手法が存在する。中でも、スマートフォンやテレビ、パーソナルコンピュータが普及しており、それらに搭載されている光学ディスプレイは多く利用されている。このような発光を伴う情報提示は、利用者が情報を必要としていない場合でも人の注意を引きつけるという特徴がある。一方で、発光を伴わない情報提示手法も存在する[1]。その1つが、それ自体が発光しない素材を用いて情報提示を行う非発光ディスプレイである。

非発光ディスプレイは、実環境の物体を物理的に操作し、外光の反射や物体の形状変化を利用することで濃淡を表現し情報提示を行う。また、身の回りにある素材を用いることにより、素材の感触や外観を活かしたデザインが可能である。しかし、現在利用されている非発光ディスプレイの種類は少なく、表現の幅に限られるという問題がある。

本研究では、表現の多様化を目指し、新たな非発光ディスプレイの実現を試みる。そのための一検討として、本稿では素材の選定とその操作方法の検討を行う。

2. デザイン指針

非発光ディスプレイを実現する際は、素材と操作方法を考慮する必要がある。非発光ディスプレイの情報提示面に用いる素材には、周囲の環境に馴染ませるために身近にある素材を用いることが望ましい。本研究ではその1つとして粉体に着目した。

粉体は、砂や小麦粉など我々の生活空間で目にすることが多く、身近にある素材である。また、一粒は個体であるが、集合させると液体のように流動性を持つという特徴があるため、様々な表現が可能である (e.g., [2])。

こうした特徴を活用し、粉体を素材として濃淡を表現する手法を提案する。色や大きさの異なる粉体を二層に配置する (図 1 参照)。底部から外力を与えることで、その箇所における上層と下層の粉体を入れ替え、2種類の粉体の色の差により濃淡を表現する。

3. 操作方法の検討

提案する情報提示手法に用いる粉体を操作する手法として、音波と磁力について検証する。

磁力や音波は、電磁石やスピーカーなどを用いて容易に制御することが可能であり、力の強弱がつけやすい。そのため、局所的に力を与えることが可能であり、部分的に濃淡を表現することが期待される。

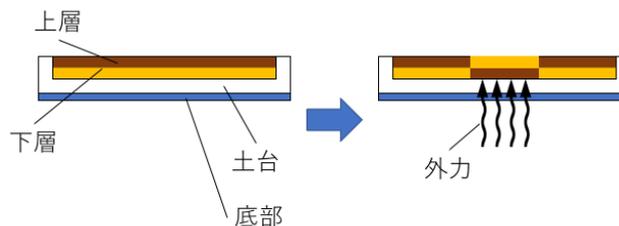


図 1 提案手法の概念図

提案手法の有用性を検証するために図 1 のシステムの準備を行った。土台の外枠は 120mm×120mm の正方形型で各辺の厚みは 5mm である。土台の底部には外力を伝えやすい素材を貼り付けることで、粉体を敷くための面を構成し、下から外力を与えられるようにする。これらを用いて、磁力と音波が提案手法における外力として適しているかどうかを検証した。

3.1 磁力を用いる手法についての検証

磁力を用いる手法では、図 1 における上層に砂鉄を、下層には磁力の影響を受けづらい粉体として小麦粉を、底部にはポリエチレン製フィルムを用いた。

底部より磁石を近付けることで上層に用いた砂鉄のみを引きつけ、下層の小麦粉の下まで移動させることで素材の色の差から濃淡を表現することを試みた。

その結果、砂鉄は磁石に引き寄せられたが、少量の砂鉄が磁石を近付けた箇所の周囲に集まるのみで、想定したような粉体の操作は確認できなかった (図 2-(a)参照)。

3.2 音波を用いる手法についての検証

音波を用いる手法では、図 1 における上層に茶色の砂を、下層に小麦粉を、底部にはポリエチレン製フィルムを用いた。

底部からスピーカーにより音波を当てることで振動を与えて質量が軽い下層の小麦粉のみを操作し、上層の砂の上に移動させることで素材の色の差から濃淡を表現することを試みた。

その結果、スピーカーの中心付近に粉体の色の差による濃淡の変化が観察された (図 2-(b)参照)。これらより、本稿では外力として音波を用いることとした。

音波による手法を対象に、周波数の変更による粉体の操作への影響について検証を行った。まず、100~500Hz において 100Hz 毎に設定し、音波を照射した。照射前後の様子を比較し、濃淡の変化を観察した。この際、土台には枠組みの大きさは 120mm×120mm で各辺の厚みは 50mm のも

[†] 関西大学大学院総合情報学研究科, Graduate School of Informatics, Kansai University

[‡] 関西大学総合情報学部, Faculty of Informatics, Kansai University

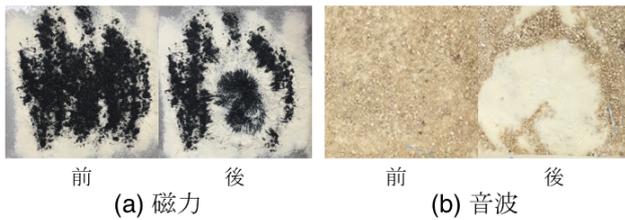


図 2 磁力による操作と音波による操作の比較

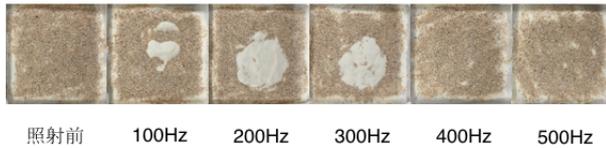


図 3 周波数を 100Hz 毎に設定した実験結果

のを用いた。図 1 の上層には茶色の砂，下層には小麦粉（日清クッキングフラワー），底部にはポリエチレン製フィルムを用いた。各粉体の質量は 120mm×120mm の範囲を十分に覆うことができる 18.5g とした。音源はビジュアルプログラミング言語 PureData のテストデータを使用し、PC と接続したスピーカー MS1238US から出力した。また、システムの上部にカメラを固定して音波照射前後の写真を撮影し、画像編集ソフト GIMP (<https://www.gimp.org/>) のヒストグラムツールにより明度を比較した。音波照射前後の様子を図 3 に示す。図 3 より、実験に用いた素材では 200Hz 及び 300Hz の音波照射時に、最も大きな濃淡の変化が観察されたことから、この周波数帯を用いることが適していると確認された。

次に、200Hz 及び 300Hz の周波数帯において適切な周波数を絞り込むために、20Hz 毎に照射する周波数を設定し、音波照射前後の画像の平均明度を比較した。その結果、この周波数帯において、計測した明度に大きな差はなかった。ただし、この実験では、粉体の動きの変化が小さくなった時点で音波の照射を止めて撮影した画像を比較したが、各周波数帯において音波を照射した時間を計測すると一定ではなかった（表 1 参照）。最も音波を照射する時間が短かった 220Hz と最も時間が長かった 300Hz では 41 秒の差があった。

これらより、音波による濃淡表現において、周波数は濃淡の変化の大きさと変化にかかる時間に影響を与えることがわかる。そのため、適切な周波数の音波を選択する必要があることが確認された。

4. 素材の選定

提案手法における濃淡の表現に適した素材を選定するため、図 1 における各部位に使用する素材について検証した。

まず、各層の素材として (A) 小麦粉（日清クッキングフラワー）、(B) 小麦粉（日清フラワー）、(C) 茶色の砂、(D) 緑色の砂の 4 種類を用いて比較実験を行なった。底部にはポリエチレン製フィルムを用いた。(A) の小麦粉は顆粒状であり、(B) の小麦粉と比べてダマになりにくいという特徴がある。また、(C) の砂は (D) の砂よりも粒

表 1 各周波数における音波照射時間

周波数(Hz)	200	220	240	260	280	300
時間(s)	27	14	26	34	37	55

表 2 各素材の組み合わせにおける明度差

		下層		
		(A)	(B)	(C)
上層	(C)	7.0	2.9	—
	(D)	0.5	2.1	1.7

が小さいという点で異なる。上層と下層の組み合わせについて、素材の色が類似している (A) と (B) の組み合わせを除き、音波照射前後の画像から明度差を計測し比較した。その結果、粉体として小麦粉（日清クッキングフラワー）と茶色の砂を用いた場合に最も明度差が大きいこと (7.0) が確認された（表 2 参照）。

次に、底部の素材についての検証を行った。薄くて柔らかい素材であるポリエチレン製フィルムと硬くて厚みのある素材であるプラスチック板(約 0.7mm)の 2 種類を用いて比較実験を行った。上層には茶色い砂を、下層には小麦粉（日清クッキングフラワー）を用いた。音波照射前後の画像から明度差を比較した結果、底部にはポリエチレン製フィルムを用いた場合の明度差は 7.0 であり、プラスチック板を用いた場合の明度差は 1.9 であった。

これらの比較実験により、提案手法において、各部に用いる適切な素材を選定する必要があることが明らかになった。

5. おわりに

本稿では、二層に配置した粉体を操作することで濃淡を表現する手法を提案し、濃淡の変化に影響を与える要因について検証を行った。その結果、提案手法において、周波数や粉体の組み合わせ、底部に用いる素材が明度差に影響を与えることが確認された。これらより、提案手法において適切な周波数と素材を選定することが必要であるとわかる。

また、濃淡の変化の要因は本稿で検証した要因の他に、スピーカーの性能、2 種類の粉体の質量比、室温、湿度などが考えられるため、今後は更なる検証を行い、明度差に関わる要因を明らかにする。その後、本システムを複数並べて配置することで提示可能な情報量を増やし、ディスプレイとしての利用を図る。

参考文献

- [1] 筧 康明, “ディスプレイの未来 実世界と情報の新たな接点”, 映像情報メディア学会誌, Vol.64, No.1, pp. 37-38 (2010).
- [2] 的場 やすし, “流動床インタフェース: 液体のようにふるまう砂を用いたインタラクションシステム”, 情報処理学会インタラクション論文集, pp. 476-479 (2017).