

Grassfiti : 芝生をパブリックディスプレイにする手法  
(Grassfiti: Turning Grass Fields into Public Displays)

杉浦 裕太† 戸田 光紀‡ 菊地 高史† 星 貴之‡ 神山 洋一† 五十嵐 健夫‡ 稲見 昌彦‡  
†慶應義塾大学 ‡東京大学

本研究は、芝生の上に、広面積の絵を描画する手法を提案する。芝生は異方性を持つため、毛の角度に応じて光の反射が変化する。この現象を利用するとあたかも芝生に濃淡が生じているように人間は知覚できる。我々は、芝の毛の方向の角度を変えるローラー型の描画装置を開発した。これを用いてデザインした絵や文字の描画をした。パブリックスペースにおいてデモンストレーションを行い、多くの来場者にシステムを体験してもらった。

### 1. まえがき

人々が集うパブリックな空間において大多数の人間に対して情報を提示する技術は重要となる。そのための手法として、大型LEDディスプレイは、明るい場所で見える反面、大型になればなるほど装置は高額になり、設置場所の問題や消費電力の問題もある。もう1つはプロジェクタを使ったものであり、これは既存環境をスクリーンとして扱うことも可能である。一方で暗い環境において利用する必要がある。

本研究はパブリック空間において大多数の人間に対して大きな絵や文字情報を描画することを目的とする。特に競技場や公園には芝生が敷き詰められている。この芝生素材を使って映像情報を表示する手法を提案する。



図1 装置による描画の例(動画)。動画はJ-Stageの電子付録として閲覧可能である。

芝生は一本一本の毛状になっており、毛の角度に応じて光の反射が変化するによって人間から見ると濃淡が生じているように知覚する。家庭に存在するカーペットでも同じ現象が生じる。著者らは、この現象を利用して情報を描画するGrassfitiを進めてきた<sup>7)</sup>。今回は芝生上でもこの現象が現れることに着目する。この手法の

利点は、インクや、情報を定着するための電気も使わずエコであり、芝生に特別な加工を施す必要がないため簡単にシステムを導入できる。

### 2. 関連研究

形状や光の反射特性を操作することで情報提示を行うディスプレイの提案や手法がこれまでも提案されている。田んぼアートは長い月日をかけて大規模な絵を田んぼ一面に描画するため、様々な色に実る稲を計画的に植える手法である。また、枯山水は庭上に小石を並べて幾何的な模様を描き出す日本の伝統文化である。同様の手法で砂状に模様を自動的に描画するLazy man Zen gardenというロボットも存在する<sup>4)</sup>。雪上を歩いて大規模な模様を作り出した作品もある。Water Calligraphy deviceは自転車に装着することで、一列に並んだホースが水を垂らしていくことで走行した道に文字を描く<sup>5)</sup>。芝刈り機を使用して草を刈り取ることで模様を描くことも、手法の一つとして考えられる。

物体の反射特性を印刷技術によって人工的に生み出す方法が提案されている<sup>3)5)</sup>。さらにそれを機械的に制御する手法も存在する。Wooden Mirrorというアート作品は、平面上に配列された複数の木板を動かして反射の変化により絵を描画する。Hullinらは高速で波を生成することにより、ディスプレイ上に映る物体の見た目を変化させることのできる水面ディスプレイを提案した<sup>2)</sup>。落合らは、振動させたシャボン膜にプロジェクタでイメージを投影する薄膜スクリーンを開発した<sup>6)</sup>。

本手法は、既存の芝生面をそのまま利用でき、かつ元の状態に戻すことができる点が上記の手法と比較して優位な点である。

### 3. 描画原理

本研究は、逆毛した被毛がそうでない部分と比較して異なる色に見える現象を利用している。被毛の伸びる方向は一定であるため、表面を同じ方向にならせば毛は寝かされ、逆の方向にならせば逆立たせることができる。逆毛した被毛とそうでないものは異なる光の反射特性を有するため、二者は一目で見分けがつく。一般的に、寝かせた状態の被毛は光をより強く反射するため、逆毛した状態の被毛と比較してより明るく見える。図2にその

原理を示す。

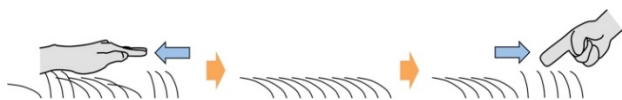


図 2 描画の原理

この現象による濃淡の発生は、自然な芝でも確認できたが、本研究では入手のしやすさから人工芝を利用した。人工芝は近年、導入コストや管理コストが抑えられるため、多くの競技場や公園などに採用されている。この人工芝の毛が逆毛したところとそうでない部分と比較して異なる色に見える現象を利用している。芝の伸びる方向は一定であるため、人工芝面を同じ方向にならせば毛は寝かされ、逆の方向にならせば逆立たせることができる。逆毛した毛とそうでないものは異なる光の反射特性を有するため、二者は一目で見分けがつく。一般的に、寝かせた状態の被毛は光をより強く反射するため、逆毛した状態の被毛と比較してより明るく見える。

本研究で利用した人工芝は、ロングパイルと呼ばれるもので、毛部はポリエチレンモノフィラメントでできている。本研究は毛足が 30mm と 45mm のものを利用した<sup>8)</sup>。特に 30mm の人工芝は、国際サッカー連盟の基準を満たしており、この芝に対して描画が可能であることを示す。30mm 以下の毛足が短いものに対しても描画の検討をしたが、毛足を寝かせても元の状態に戻ってしまい難しかった。

#### 4. 装置の実装

我々は、逆毛を引き起こすための 16 個の部品を底面に有する描画装置を開発した (図 3)。この部品とは描画用のバーが備え付けられたサーボモータであり、それぞれが独立してバーを振り上げ、あるいは振り下げる。バーが下されたとき、ユーザの牽引に合わせてバーの当たる芝生の部分が逆毛する。加えて、ロータリーエンコーダが片方の車輪の車軸に取り付けられており、水平方向の牽引方向と距離を測定する。ロータリーエンコーダとサーボモータは Arduino Mega ADK によって制御されている。つまり、デバイスはある方向に一定の距離だけ牽引されたことを検知して、描画バーにより特定の部分にだけ逆毛を起こして模様を描画する。描画プログラムは、文献<sup>7)</sup>で開発した GUI を用いた。

サーボモータの間隔を、25mm 間隔で配置しているため、本論文での描画ピクセルは、横 31mm、縦 25mm としている。描画ピクセルサイズは、サーボモータのサイズに依存するため、今後小型でかつ高トルクのサーボモ

ータが出現すれば、このサイズを小さくすることは可能である。また現状のモータの速度の制約から、15cm/sec を装置の最大移動速度とした。

#### 5. パブリック展示

本研究では、日建設計東京ビル 1F ギャラリースペースにおいて展示をした (図 4)。展示会場には、全域に人工芝が敷かれ、その面に対して文字や絵などの描画を行った。来場者は身近な芝生が描画面になることに驚き興味を示しているようだった。展示した建物も、時間帯によっては光の差し込み状況が異なり、その状況によっては、はっきり描画パターンが見えないなどの課題も発生した。

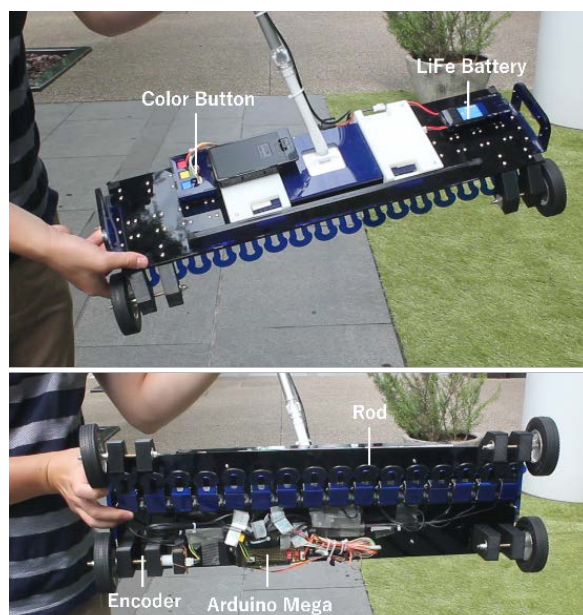


図 3 描画装置の概要



図 4 描画装置を用いて文字を出力した様子

#### 6. まとめ

本研究は、既存の人工芝面に対して電子部品を埋め込むなどの大きな加工を施すことなく、描画ディスプレイにする手法を提案した。本手法は、市場に普及している

映像表示ディスプレイと比較すると、更新周波数は低く、解像度も低いものであるが、一方で既存の環境に対して不可逆な加工をすることなく、大面積に対して映像を表示でき、簡便に書き換えて表示可能という点で優れている。

今後は、移動ロボットに装着して大きな面に対する効率的な描画を検討する。また、グレースケールでの表示など表現の幅を拡張する。

本研究は、科研費若手研究 (A) (26700017) の支援を受けたものである。本研究にパブリック展示の機会を提供して下さった日建設計に感謝する。

## 7. Reference

- [1] N. Hanna. Water Calligraphy Device. <http://www.nicholashanna.net/>
- [2] M. B. Hullin, H. Lensch, R. Raskar, H. Seidel, and I. Ihrke. Dynamic display of BRDFs. In Computer Graphics Forum (Proc. EG), pp. 475-483.
- [3] T. Malzbender, R. Samadani, S. Scher, A. Crume, D. Dunn, and J. Davis. Printing reflectance functions. ACM Trans. Graph. 31, 3, Article 20 (June 2012), 11 pages.
- [4] B. Master. Lazy man Zen garden, <http://youtu.be/rNGPErdIqZA>.
- [5] W. Matusik, B. Ajdin, J. Gu, J. Lawrence, H. P. A. Lensch, F. Pellacini, and S. Rusinkiewicz. Printing spatially-varying reflectance. ACM Trans. Graph. 28, 5, Article 128 (December 2009), 9 pages.
- [6] Y. Ochiai, A. Oyama, T. Hoshi, and J. Rekimoto. Theory and Application of the Colloidal Display: Programmable Bubble Screen for Computer Entertainment. In Proc. ACE '13, Springer, pp. 198-214.
- [7] Y. Sugiura, K. Toda, T. Hoshi, Y. Kamiyama, T. Igarashi and M. Inami. 2014. Graffiti fur: turning your carpet into a computer display. In Proc. UIST '14. ACM, 149-156.
- [8] ロングパイル, 芝人. <http://shibancyu.jp/item/>



杉浦裕太, 2013年日本学術振興会特別研究員 (PD)。2014年慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科特任助教。2015年, 国立研究開発法人産業技術総合研究所人間情報研究部門デジタルヒューマン研究グループ産総研特別研究員。2016年より慶應義塾大学理工学部情報工学科助教。ヒューマンコンピュータインタラクションに関する研究に従事。



戸田光紀, 2013年慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科博士前期課程修了。株式会社 ZMP に入社。現在は, 東京大学研究員。



菊地高史, 2016年慶應義塾大学大学院理工学研究科修了。現在は, キヤノン株式会社。



星貴之, 2008年東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。日本学術振興会特別研究員, 熊本大学助教, 2011年名古屋工業大学若手研究イノベータ養成センター特任教員 (テニユア・トラック助教) を経て, 現在は東京大学先端科学技術研究センター助教。触覚デバイスの研究に従事。



神山洋一, 1980年生まれ。2007年山梨大学大学院医学工学総合教育部電気電子システム専攻修了。山梨大学非常勤講師・ロッタ有会社, JST/ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト技術員を経て, 2013年より慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科研究員。



五十嵐健夫, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻教授。2000年, 東京大学大学院においてユーザインタフェースに関する研究により博士号 (工学) 取得。2002年3月に東京大学大学院情報理工学研究科講師就任, 2005年8月より同助教授。ユーザインタフェース, 特に, インタラクティブコンピュータグラフィクスに関する研究に従事。



稲見昌彦, 1999年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士 (工学)。東京大学助手, 科学技術振興機構さきがけ研究者, マサチューセッツ工科大学コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者, 電気通信大学教授, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授などを経て, 現在東京大学先端科学技術研究センター 教授。