

Water Jet Printer : 散水領域が設定可能なスプリンクラーシステム

永瀨 玲緒菜 (指導教員：椎尾 一郎)

1 はじめに

ノズルが自動回転する形式のスプリンクラーが、芝生や庭木への散水に一般的に使用されている。このタイプのスプリンクラーは、水を円形に散布するため、それ以外の形の敷地、たとえば矩形の敷地全体に散水することは不可能である。また、特定の庭木に多く散水したかったり、庭のベンチなどに散水したくない場合もありうるが、そのような対応も不可能であった。そこで本研究では、水を必要としている場所のみ射出することで、効率的に散水が可能なスプリンクラーを開発することとした。本システムは水を落とす場所を、コンピュータ制御することができる。将来は、水により地面に文字や絵を描くインタラクティブアートにも発展させたいと考えている。

2 システム概要と実装

Water Jet Printer は、水の着地場所をコンピュータで制御できるスプリンクラーである。スプリンクラーから射出される水の水平角（方向）と飛距離を制御することによって、任意の位置に水を撒く。水の飛距離は、水圧を調整することで制御し、水平角は、ノズルをターンテーブルに乗せてこれを回転させることで制御する。

本システムの概要を図1に示す。水道からの水路は4分岐されて、それぞれ圧力調整バルブと電磁バルブを経由して、ふたたび一本にまとめられ、射出ノズルに接続される。電磁バルブは、電気信号により水を遮断もしくは通過させることができる (On/Off 制御)。一方で、4個の圧力調整バルブは異なる値に設定されている。異なる水圧の4水路を電磁バルブで開閉することで、様々な水圧を作り出すことができる。たとえば、4水路の水圧を 1:2:4:8 の比率に設定できれば、15段階の線形な圧力を作り出すことができる。これによりノズルの垂直角（傾き）が一定であっても、異なる飛距離を達成することができる。

これらの圧力調整バルブ、電磁バルブ、射出ノズルを含む水路部分全体は、ターンテーブルの上に設置されている。ターンテーブルは、ステッピングモータで回転し、これにより射出水平角を制御する。

電磁バルブとステッピングモータは、マイクロコンピュータ RaspberryPi により制御される。RaspberryPi は Linux ベースの OS を搭載できるシングルボードコンピュータである。また、RaspberryPi には WEB サーバを構築し、散水領域を指定する WEB ページを作成した。これにスマートフォン等を経由して接続したユーザは、お絵かきアプリケーションを利用する要領で散水領域を指定できる。

2.1 バルブとモーターの制御

本システムのハードウェアを図2に示す。

電磁バルブとステッピングモータの動作には大電力を必要とするため、RaspberryPi との間にドライバ回路を用意している。RaspberryPi には 26 つの入出力ピンが付いている。電磁バルブは、電圧を印加すること

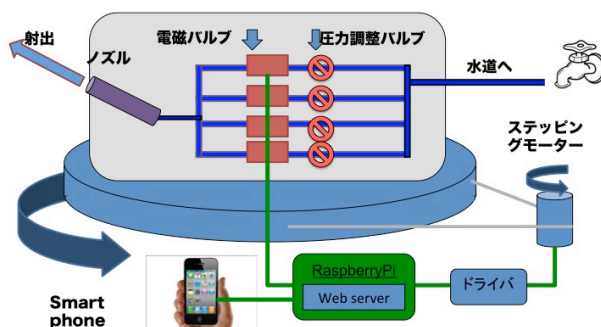


図 1: 全体構成図

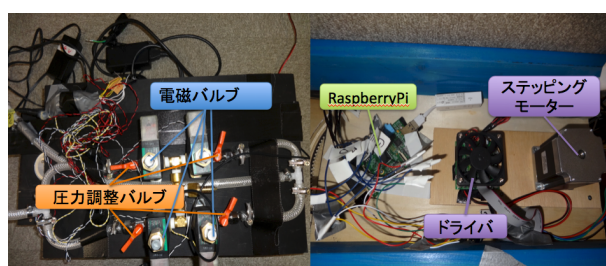


図 2: 外観。左はバルブ、ターンテーブル。右は下部に収められたステッピングモータとコントローラ部。

でバルブを開閉できるので、ドライバ回路を経由して RaspberryPi の 4 本のデジタル出力ピンに接続した。この結果、C 言語により出力ピンを On/Off することで、電磁バルブを開閉することができる。

ステッピングモータは、加えるパルス数によって正確に回転角度を制御することができるモータである。ステッピングモータ駆動パルスは、規定のタイミングに従って印加する必要があるため、今回は専用コントローラを搭載したドライバ基板¹を利用した。本ドライバ基板は、SPI (Serial Peripheral Interface) によるインタフェースを装備している。SPI の概要を図3に示す。双方のデバイスに 8 ビットシフトレジスタがあり、片方にあるクロックにより、1 ビットずつデータ交換し、8 クロックで 1 バイトのデータを双方で送受信する。ステッピングモータドライバは、ステッピングモータを動かす各種命令をこの方式で受け取る。そこで、RaspberryPi に SPI 通信を実現するライブラリを導入し、C 言語からステッピングモータ制御命令を送信して、モータを制御し、ノズルの水平角を設定した。

2.2 散水領域指定アプリケーション

散水する位置を指定するページを RaspberryPi にインストールした WEB サーバ上に作成した。RaspberryPi には Ethernet ポートが搭載されているが、接続を簡便にするために、WiFi モジュールを RaspberryPi の USB ポートに取り付け無線接続可能にした。ユー

¹ ストロベリー・リナックス社, L6480 大電流ステッピングモータ・ドライバキット

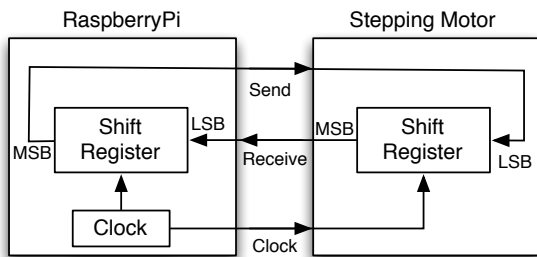


図 3: SPI の概要

[Marker Eraser Download](#)



図 4: 散水領域を設定するためのウェブページ

は、スマートフォンなどから WiFi 経由で RaspberryPi に接続し、散水位置を指定する。散水位置を指定する WEB ページを HTML5 で作成し、Javascript によりお絵かきソフト形式の散水領域指定アプリを実装した。このスクリーンショットを図 4 に示す。ここでは、ユーザの庭を俯瞰した写真が表示されている。お絵かきソフトには、Marker(色を塗る)、Eraser(消しゴムで消す)、Download(塗った画像を保存する)の3つのメニューがある。ユーザは、画面表示された庭写真中の散水したい場所に色を塗ることで、散水場所を指定する。また消しゴム機能で色を消せば、指定を解除できる。散水領域の指定が終了したところで、ユーザが Download メニューを押すと、画像が RaspberryPi 内に保存される。次に、RaspberryPi 内の制御プログラムが起動し、色が塗られた部分の座標を特定し、その座標に対応する水平角と飛距離を計算し、ステッピングモータと電磁バルブを制御して、散水を行う。現在、写真上で指定された場所に対応して、ステッピングモータと電磁バルブを適切に設定する部分のプログラムを調整中である。

3 動作実験

電磁バルブによる飛距離制御の動作確認のために、圧力調整バルブを調整し、様々な組み合わせで電磁バルブを開閉し、散水を行った。この結果、飛距離の異なる 15 通りの散水が可能であることを確認した。次に、散水領域設定アプリケーションで色を塗った画像を元に、その方向にステッピングモータを動かす実験を行い、ほぼその方向に向かって方向指定できていることを確認した。ただ、電磁バルブとステッピングモータの両方を同時に稼働させ、実際の指定場所に散水する実験は、ステッピングモータへの供給電力不足とみられるハードウェアトラブルにより、実現に至っていない。

い。トラブルの原因を解明し、動作試験を行いたいと考えている。

4 関連研究

庭への散水を制御する研究や製品に以下がある。Pearce らは、庭師 20 人のガーデニング方法調査し、ガーデニングをする人たちのために、散水スケジュールや、水の量などを提案するソフトウェアツールを開発した [3]。また、土壌センサーから個人の庭の状態を知らせる Edyn² や、精密農業を実現するオープンソースのロボット Farmbot³ などが、商品化を目指して開発されている。

一方、水を使ったインタラクティブな作品に以下がある。Janzen らは、パイプに複数の穴を開けここから水を出し、これを塞ぐことにより様々な音を提示するインタラクティブな入力装置を開発した [2]。また、Garden Agua という作品では、ノズルから噴出された水の上にボールをのせ、空気中でボールを回転させることができるインタフェースが実現されている [1]。

5 まとめ

散水位置を制御できるスプリンクラーの開発を行い、電磁バルブとステッピングモータの制御を実装した。また、散水領域を指定するアプリケーションを WEB 上に開発した。現在、試作したシステムで飛距離の制御と、水平角の制御が行えることを確認した。調整を続け、当初の目的を達成するシステムに完成させていきたい。今後は、土壌水分計などから水を撒く位置を自動設定するシステムなども考えていきたい。射出した水をピンポイントに落とせるようになれば、砂浜やグラウンドのような広い土地に文字やイラストを水で描くことも可能である。そこで、水を使ったサイネージやアートとしての可能性も検討していきたい。

参考文献

- [1] W. Guo, S.-U. Yi, M. Choi, S. Yoo, and K. Lee. Garden agua: Three-dimensional tangible display enabled by arranged water jet. In *SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies*, SA '13, pp. 9:1–9:3, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [2] R. E. Janzen and S. Mann. Arrays of water jets as user interfaces: Detection and estimation of flow by listening to turbulence signatures using hydrophones. In *Proceedings of the 15th International Conference on Multimedia*, MULTIMEDIA '07, pp. 505–508, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [3] J. Pearce, W. Smith, B. Nansen, and J. Murphy. Smartgardenwatering: Experiences of using a garden watering simulation. In *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group: Design: Open 24/7*, OZCHI '09, pp. 217–224, New York, NY, USA, 2009. ACM.

²<https://www.kickstarter.com/projects/edyn/edyn-welcome-to-the-connected-garden>

³<http://go.farmbot.it/>