

コンピュータ制御散水機の開発と応用

理学専攻 情報科学コース 永瀧 玲緒菜 (指導教員：椎尾 一郎)

1 はじめに

インクジェットプリンタはインクを射出することで、紙のみならず、実世界の様々な物体の表面に印刷を行うことを可能にしている。¹我々は、従来のインクジェットの射出する範囲を格段に広げることで、広大な実世界に強く働きかけることができ、様々な応用が可能になると考えた。そこで、水を射出するスプリンクラーの機構をコンピュータ制御し、任意の場所に向けて水を射出することで、散水する場所を制御することが可能なシステムを開発し、Polka²と名付けた。

Polkaは、電磁バルブとモータを制御して、半径6mの地面に水による描画を行う装置である。異なる水圧に設定した6本の流路を6個の電磁バルブの開閉によって組み合わせることで、ノズルから射出する水の圧力を調節し、水の飛距離を制御している。また、射出ノズルをターンテーブル上で回転させることで、射出する水の水平方向の角度を制御している。この要旨では、システム概要、評価と工夫、応用アプリケーション、そして関連研究の比較の簡単な説明を行う。

2 Polka

従来のスプリンクラーは、水圧で動作する機構により円形または扇形の領域に均一に散水する装置であった。Polkaは、射出する水の飛距離と水平方向をコンピュータでコントロールすることで、水の着地場所を制御する装置である。本システムのハードウェアを図1、外見を図2に示す。本システムでは、水を射出するノズルに加える水圧を調整し、飛距離を制御する。そのため、異なる水圧の6本の水路からの水を6個の電磁バルブで混合している。6個の電磁バルブの組み合わせにより40段階の飛距離が制御できる。(設計上の水圧設定範囲は6ビット=64通りあるが、水滴サイズ、バルブ精度などの制約から近距離に着地する24通りを省略し、40通りを採用した)。一方、水平方向の制御は、ノズルをターンテーブルに載せることで行っている。ターンテーブルはステッピングモータで回転させている。ステッピングモータは角度を指定して回転させることができ、1.8度ごと回転させる様に設定した。そのため、Polkaは水の射出範囲が半円範囲内の場合、水平方向は100段階で制御出来る。本システムは、電磁バルブとステッピングモータの制御のために、マイクロコンピュータ Raspberry Pi を内蔵している。また、水塊をより精密に射出させるために、射出部にシャッター機構を装備し、またノズル内部には水を整流する機構を備えている。

3 評価と工夫

先行研究での動作実験と Polka での動作実験を行い、性能の評価を行った。上述の通り、先行研究 [1, 2] では、水が設定した地点より手前に落ちてしまうという

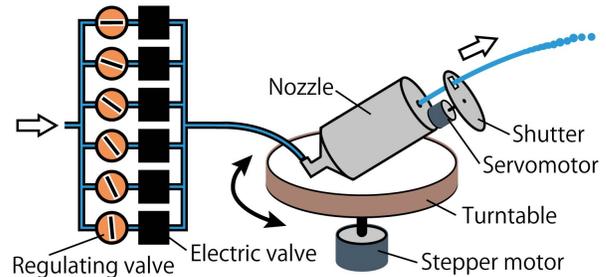


図 1: 全体概要図。



図 2: 左:全体外見図, 右:シャッター機構の拡大写真。

問題があった。これは、電磁バルブが完全に開閉するまでに時間がかかり、所定の水圧に至るまでにある程度の時間がかかることが原因の1つであった。この問題を改善するために、Polkaでは図2の右図に示す様にノズルの先にシャッター機構を設置した。動作実験を行ったところ、設定地点良い手前に落ちる水はPolkaの場合ではほぼ観測されなかった。

ノズル内部の水の流れに乱れがあると、射出時に水の表面が波打ち、空気抵抗が強く影響し、水が空中で早期に散らばってしまう。そのため、できるだけ水の流れに乱れが起きないようにするために、ノズル内部に水を整流する機構を追加した。図4の上図のように、ノズル内部にスポンジとハニカムフィルタを内蔵することによって、水の流れを均一にした。工夫したノズルから射出される水の様子(図4下図の右)と通常のノズルからの水の射出(図4下図の左)の比較を示す。工夫したノズルから射出された水は表面の乱れが少なく飛んでいることがわかる。

4 応用アプリケーション

Polkaを用いて、ユーザが自由に散水場所と散水量を指定することができるように、ユーザが描画した図形に従って散水するアプリケーションと、ユーザが指定した庭木に散水を行うウェブページ、画像から図やイラストを描くためのツールを作成した。

描画アプリケーションの画面例を図3(a)左に示す。画面上には扇型の散水領域が表示され、この領域内にユーザが描画を行うことで、散水する場所を指定、編集することができる。実行結果を図3(a)右に示す。実際にユーザが描画したマークがグラウンド上に示されていることが分かる。このマークの大きさは4m平方の領域内に描かれ、描き終わるまでに5分ほどかかった。庭木に水をまくことができるように、Raspberry Pi

¹インクジェット、広がる用途 衣類や食品、医療にも：日本経済新聞 <http://www.nikkei.com/article/DGXNASDZ0408UJ4A600C100000/>

²Polka Dot(水玉)を落とす装置というところから名前をつけた。

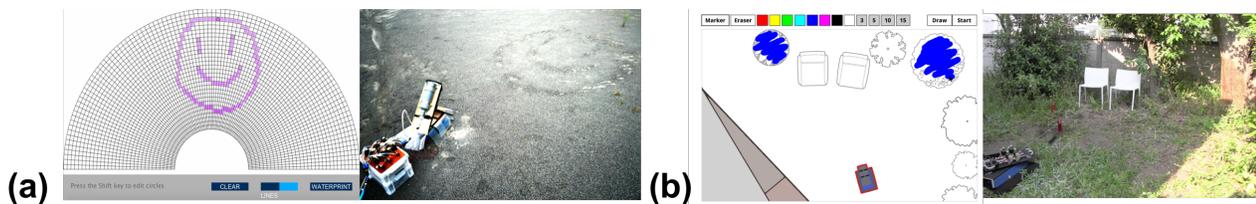


図 3: (a) 描画アプリケーション画面と実行結果, (b) 散水用ウェブページ画面と実行結果.



図 4: 上: 工夫したノズルの内部構造, 下: 整流したノズルから射出される水.

上にウェブサーバを立て、ガーデニング用のウェブページを作成した。ユーザは、パソコンやスマートフォンからウェブページを開き、図 3(b) 左に示す様な、表示されている庭の写真の上から散水量別に割り当てられた色を塗ることで、散水場所と散水量を指定する。いずれのアプリケーションでも、ユーザが散水開始ボタンを押すと Raspberry Pi の制御プログラムが起動し、作成データに基づいた散水を開始する。実際に動作実験を行い、図 3(b) の右に示す様に指定した場所に散水されていることを確認した。これにより、植物ごとに散水量を変えたり、置物などの水を撒きたくない場所を避けて散水することができる。

また、任意の画像をそのまま半径 6m の地面の上に描画できるツールも開発した。このツールは、各ピクセルデータの図 3(a) の左の円弧上グリッドの該当位置を計算し、幾何変換を行うことで、描画アプリケーションと同様の動作命令文を作成する。幾何学模様など手書きで書けないようなデザインやイラストもそのまま広い土地の上に表示させることができる。

5 関連研究

散水位置を制御できるスプリンクラーロボットとして、Dloplet³が発売されている。このロボットは、ノズルの仰角と、水平方向の角度を変えることにより、任意の位置に水を撒く。このロボットは圧力制御を行っておらず、水を一点に落とすような散水はできない。そのため、イラストや図を描画するという点では精度が不十分であるため、絵画パターンなどが描けるようなシステム構造は作られていない。

また、アート作品として、“Water Calligraphy Device”⁴ という道の上に文字を描く装置がある。ユーザが自転車に乗って、その自転車後部に取り付けられた複数

のノズルからインクジェットプリンタのように水を射出することによって、道路上に水で字が描かれる。この方式の場合、散水する場所の真上に装置が届かないと描画できない。そのため、狭い場所など、装置が届かない場所で描画することはできない。本システムは水を射出することで描画するため、水が届く範囲であればどこでも描画は可能になる。また、置くだけで散水できることから、人力を必要とする前述の方式に比べて労力が削減できる。

砂浜の上を走行するロボット BeachBot⁵ はロボットについている爪で砂を引っ掻き、溝を作ることで線を描き、任意のデザインやイラストを砂浜の上に表示する。しかし、このロボットの仕組みは平坦な砂浜上でしか動作しない。一方、固定した装置から水を飛翔させる本システムは、広範囲に大量の描画が可能であり、凹凸のある柔らかい砂浜、雪原、花壇などの足場が悪くロボットが入り込めない様々な場所で適用可能である。

6 まとめ

広範囲の散水位置を制御できるコンピュータ制御のスプリンクラー Polka の開発を行った。電磁バルブとステッピングモータの制御を実装し、40 段階飛距離の制御と、1.8 度単位、100 段階の水平角の制御を行っている。これにより、40×100 画素の水プリンタとして機能する。お絵かきプログラム風のインタフェースによって散水領域を簡単に指定できるアプリケーションと画像の図形を描くことのできるツールを作成した。アプリケーションやツールを用いて作成したデータと制御プログラムにより、ユーザが希望した内容を実際に散水によって表現できることを確認した。

本システムを用いて広い地面に対して水によるサイン、広告、アートなどを表示できる可能性を示すことができた。

参考文献

- [1] Reona Nagafuchi, Yasushi Matoba, and Itiro Siiro. 2015. Water-jet printer: sprinkler with watering-position control. In *Proc. UbiComp/ISWC'15*. ACM, New York, NY, USA, 321-324.
- [2] 永淵 玲緒菜, 的場 やすし, 椎尾 一郎: Water Jet Printer: 散水領域が設定可能なスプリンクラーシステム, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), 2015-UBI-47(9), 1-6 (2015-07-20), 2188-8698

³<http://smartdroplet.com/index.html>

⁴<http://www.nicholashanna.net/>

⁵<http://www.beachbot.ch/>