

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

永渕 玲緒菜\* 的場 やすし† 椎尾 一郎\*†

**概要.** インクジェットプリンタはインクを噴射することで、様々な表面に印刷を行う。この方式のプリンタにおいて、液体を噴射する範囲を格段に広げれば、広大な実世界に強く働きかける様々な応用が可能であると考えた。そこで本研究では、コンピュータ制御により水を射出することで、10m 四方程度の領域の任意の場所に散水することが可能なスプリンクラー、Water-Jet Printer を提案して試作を行った。

## 1 はじめに

本来のプリンタは、コンピュータ上のデジタルデータを実世界の印刷物として具現化するデバイスである。これに対して、ユビキタスコンピューティングやパーソナルアプリケーションにより、デジタルデータを実世界の物体と結びつける技術や研究が進む過程で、コンピュータ上のデジタルデータを実世界に具現化するデバイスが、プリンタのメタファーで設計されるようになった。インクジェットプリンタはインクを噴射することで、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。そこで、インクジェットプリンタのように、液体を放出するメカニズムを使って、噴射する範囲を格段に広げれば、広大な実世界に強く働きかける様々な応用が可能であると考えた。水を必要としている場所でのみ射出することで、効率的に散水が可能なデバイスを開発し、Water-Jet Printer (以下 WJP) と名付けた。WJP は、マイクロコンピュータの Raspberry Pi によりモーターとバルブを制御して散水位置をコントロールする。本論文では、散水スプリンクラーの改良を目指したシステム [1] を元に、実世界に線画を描画するプリンタとしての拡張を行ったので報告する。

## 2 関連研究

ガーデニングに関して、効率よく水が撒けるスプリンクラーとして、Dloplet<sup>1</sup> が発売されている。このシステムにより、スマートフォンから Wi-fi を使ってスプリンクラーに指示を与えることができ、任意の植物に水が撒ける。これにより節水もでき、また一ヶ月の散水記録も確認できる。また、土壌センサーから個人の庭の状態を知らせる Edyn<sup>2</sup> や、精密農

業を実現するオープンソースのロボット Farmbot<sup>3</sup> などが、商品化を目指して開発されている。本システムは、広範囲の任意の場所に水を落とすことができる汎用的な水プリンタを目指している。上記のシステムで実現している植物育成への応用も可能である。Hanna らは、水と複数のコンピュータで制御されたバルブを積んだ自転車を作成し、走りながら水をバルブから落としていくことで、文字や情報を描画するアートを提示している。<sup>4</sup> ロボットなどの移動体を使って散水する方式と比べて、固定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る。また砂浜、雪原、花壇などの足場が悪くロボットが入り込めない場所にも適用可能である。

## 3 Water Jet Printer

本研究では、コンピュータで水の射出距離と方向を制御して、ユーザが作成したコンピュータ上の 2D データに基づき、指定された場所に散水を行う装置、WJP を開発した。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。WJP は、水の飛距離と水平方向をマイクロコンピュータで制御することで、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。本システムのハードウェアを図 1 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。そのために、異なる水圧の 4 本の水路からの水を 4 個の電磁バルブで混合している。一方、ノズルをターンテーブルに載せて、水平方向角を制御している。ターンテーブルはステッピングモーターで回転させている。本デバイスは、電磁バルブとステッピングモーターの制御のために、マイクロコンピュータ Raspberry Pi を内蔵した。

Copyright is held by the author(s).

\* お茶の水女子大学大学院理学専攻情報科学コース

† お茶の水女子大学理学部情報科学科

<sup>1</sup> <http://smartdroplet.com/index.html>

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

<sup>3</sup> <http://go.farmbot.it/>

<sup>4</sup> <http://www.nicholashanna.net/>

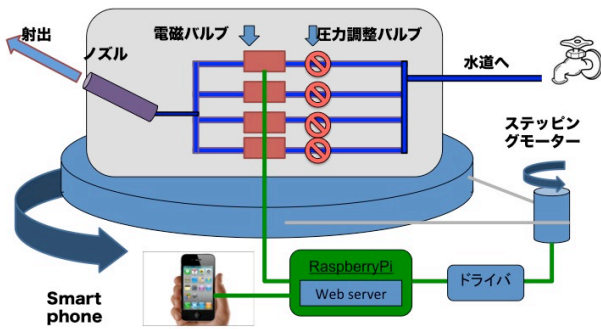


図 1. 全体概要図

### 3.1 水射出性能

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。最大飛距離は10mであった。また、遠くに水を射出するにつれて、水の広がりが射出方向に伸びるように散水されることが分かった。この原因は、電磁バルブの応答性能にあると考えている。すなわち、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であると思われる。

### 3.2 分解能

WJPのターンテーブルは全方向回転させることが可能であるが、ホースの取り回しを考慮して、ターンテーブルは0度から180度回転することとしたすなわち、本デバイスの前面の半円形部分が水をプリント（散水）できる領域になる。散水場所は極座標で指定され、散水場所に当たる扇型小領域が画素に相当する。プリント領域の半径は水圧調整により変更可能であり、最大10m程度である。WJPは、4個のバルブで水圧を調整することで15段階の水圧を作り出し、水の飛距離を15段階に調整する。このことから、印刷領域を極座標で表現した場合の長さ方向の分解能は15画素となる。ステッピングモーターにより設定する水の射出方向に関しては、水平方向の角度を5度ずつ変化させて散水することにした。180度の領域に散水する場合、角度方向に36分割されることになり、角度方向の分解能は36画素となる。以上から本WJPは、距離と角度に対して15 x 36画素のプリンタと考えることができる。

### 3.3 アプリケーション

WJPのために、ユーザが描画した図形を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アプリケーションを試作した。

前者のアプリケーションの画面例を図2に示す。画面上には扇型の散水領域上が表示されていて、この部分にユーザが描画を行うことで、散水する場所

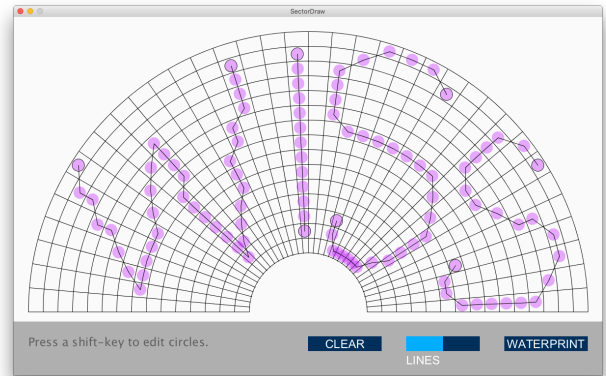


図 2. 図形を描いた様子

を指定、編集することができる。

後者の庭木散水アプリケーションでは、散水対象の庭の見取り図が画面表示される。ユーザは、散水したい庭の場所に色を塗ることで、散水場所を指定する。

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RaspberryPi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。

## 4 まとめと今後の展望

散水位置を制御できる水プリンタの開発を行い、電磁バルブとステッピングモータの制御を実装した。現在、作成したシステムでは、15段階飛距離の制御と、5度単位、36段階の水平角の制御を行っている。これにより、15 x 36画素のプリンタとして機能する。また、お絵かきプログラム風のインタフェースにより、散水領域を簡単に指定できるツールを作成した。水を落とす場所の精度や分解能に関してはまだ課題が多い。特に、飛距離方向に水が広がる問題に関しては、電磁バルブ部分の改良や、散水順番の工夫などのより対応したいと考えている。今後、本システムにより、広い地面に対して水によるサインージ、広告、アートなどを表示したり、スポーツフィールドなどを描くアプリケーションが可能であろう。

## 参考文献

- [1] R. Nagafuchi, Y. Matoba, and I. Sioo. Waterjet Printer: Sprinkler with Watering-position Control. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp '15, pp. 321–324, New York, NY, USA, 2015. ACM.