

IoT を活用した自動灌水システムの構築と灌水条件がトマト生育に与える影響の調査

筋内 奏依[†]

酒井 一樹[†]

[†] 長岡工業高等専門学校電子制御工学科

1. 研究背景・目的

トマトは世界で最も多く生産されている野菜である。近年では自動灌水システムは多くの農業生産者が導入するシステムとなってきたが、トマトの生育に特化したシステムはほとんど無い。また、多くの自動灌水システムは時間が基準だが、トマトは土壌の状態によって品質が変動しやすいため、水の給水を土壌の状態を考慮する必要がある。本研究では、土壌含水率を計測し、それに応じて自動で灌水を行うシステムを構築する。そして、そのシステムによって育ったトマトの品質から、灌水条件がトマトの生育に与える影響を調査することを目的とする。

2. 自動灌水システムの概要

今回構築する自動灌水システムは含水率を基準としている。コントローラがインターネットから時刻を取得し、栽培ポットに設置した水分センサから土壌水分を取得する。そして、時刻と土壌水分から灌水が必要かどうかを判断し、灌水が必要な場合、電磁弁を駆動し、一定時間灌水を行う。また、水分や灌水時刻などのデータは定時の自動灌水システムに使用されている Raspberry Pi に送信され、蓄積される。

3. 実験概要

含水率を基準とした自動灌水システムを構築し、正しく灌水が行われているかを確認し、灌水条件によるトマトの品質の違いを調べる。

実験において、マイクロコントローラボードはスイッチサイエンス ESPr Developer、容量式水分センサは DFRobot SEN0193、AD コンバータは Microchip Technology MCP3208 を用いた。水分センサの出力値は AD コンバータで 0-4095 の値に変換され、土が乾燥しているほど値は大きくなる。含水率基準による灌水システムのコントローラの動作は以下の通りである。

新システムにおける灌水のアルゴリズムについて説明する。まず全てのポットに灌水を 90 秒間行い、灌水後の水分センサの出力値を w とする。その後、時刻が 6 時から 18 時の間であり、かつ現在のセンサの出力値が基準値を超えていたらそのポットに灌水を 90 秒間行い、 w の値を更新する。これを繰り返すシステムである。今回は灌水条件の基準値として 1.03w, 1.10w の 2 つを検討する。また、定時の灌水システムは 8 時から 16 時の間、1 時間毎に灌水を行う。

4. トマトの生育結果

7 月 25 日に収穫したトマトの糖度と酸度の平均値と標準偏差を灌水条件ごとに示したものをそれぞれ図 1, 図 2 に示す。糖度の平均値に注目してみると、灌水条件が 1.10w のものが一番高い。酸度の平均値に注目してみると、どの条件も値に大きな差は見られない。糖度も酸度でも灌水条件が定時のものには値のばらつきが見られ、品質が安定しているとはいえない。トマトの品質を安定化させるために含水率によって灌水を行うことは有効であると考えられる。

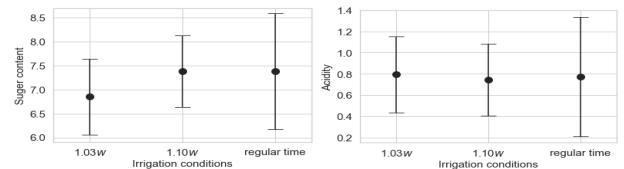


図 1.糖度の平均値と標準偏差 図 2.酸度の平均値と標準偏差

次に、 t 検定により灌水条件によって糖度や酸度に差が出ると言えるかを調べる。灌水条件が 1.03w, 1.10w, 定時の中からそれぞれ 18 個ずつデータを無作為に選び、Bonferroni 法を用いて平均値の差がないという帰無仮説を有意水準 0.05/3 で片側検定を行った。その結果を表 1, 表 2 に示す。 $\mu_N (N \in \{A, B, C\})$ は母平均であり、灌水条件が A は 1.03w, B は 1.10w, C は定時のものを表す。表 1 より、糖度については全て帰無仮説が棄却され、灌水条件が 1.03w よりも 1.10w の方が糖度が高く、1.10w よりも定時のものの方が糖度が高くなるという対立仮説が支持された。表 2 より、酸度については帰無仮説が棄却されず、灌水条件を変えても酸度には影響が無いという帰無仮説が支持された。これらの結果より、灌水条件が厳しい方が果実内の水分量が少なくなり、糖度の高いトマトが実ることが実験的に確かめられた。

表 1 トマトの糖度への影響を t 検定した結果

	A・B	A・C	B・C
帰無仮説	$\mu_A = \mu_B$	$\mu_A = \mu_C$	$\mu_B = \mu_C$
対立仮説	$\mu_A < \mu_B$	$\mu_A < \mu_C$	$\mu_B < \mu_C$
検定統計量	-2.37	-4.95	-3.22
P 値	0.012	9.87×10^{-6}	0.001

表 2 トマトの酸度への影響を t 検定した結果

	A・B	A・C	B・C
帰無仮説	$\mu_A = \mu_B$	$\mu_A = \mu_C$	$\mu_B = \mu_C$
対立仮説	$\mu_A < \mu_B$	$\mu_A < \mu_C$	$\mu_B < \mu_C$
検定統計量	1.01	0.57	-0.18
P 値	0.16	0.29	0.43

参考文献

- [1] A. Imteaj, T. Rahman, M. K. Hossain and S. Zaman, "IoT based autonomous percipient irrigation system using raspberry Pi," 2016 19th International Conference on Computer and Information Technology, pp. 563-568 (2016)