

水やり AI Irrigation AI

王 君[†] 王 素梅[†]
Jun Wang Sumei Wang

1. はじめに

AI は身近な技術へ進化した。しかし、その本質は何、この先、何ができるか、何ができないか、まだ結論が出ていない。故郷の環境課題を解決するため、水やり AI を開発した。上記問題の答え探しに一助になればと思い、その概要を報告する。

2. 課題

2.1 AI の課題

1956 年夏、「勉強ほか人間の知能のあらゆる側面は理論によって精密に定義され機械によって模倣されることが可能である」との想定で計算機科学の新しい分野として AI が誕生した。次第に、AI が囲碁でも人間に勝った。勉強も会話も絵描きも車の運転もできるようになった。だが、ニューラルネットワークの規模が膨らみ、訓練に掛かる時間と消費電力の膨らみから持続可能性の疑問や、AI も差別と偏見に掛かってしまう問題に加え自動殺戮兵器開発への転用等倫理的に疑問が呈されている。人間の知能は一体何か、その本質への問い直しが始まっている。

2.2 故郷の課題

筆者らの故郷は北京の南郊外に大興という地区である。昔から農業が盛んでスイカの産地として特に有名である。北京はもともと水資源豊富とは言えず、都市開発人口増加でさらに水不足問題が深刻になる。野菜や果物は郊外の生産が増えれば、長距離輸送に欠かせない大型トラックの数が減り、大気汚染の軽減にもつながる。

近年政府が節水型農業を押し進めている。滴灌技術がその中心である。ギザギザ状の細長い流路を給水パイプの上に一定間隔で成形し、給水パイプ内の水はそこに通って出ること、パイプ内の水圧を維持したまま、指定場所で均等でゆっくり出てくるようになる。それによって、植物に吸収されずに蒸発してしまう水の量と、土壌層に吸収されず通り抜けてしまう水の量を減らすことで、灌漑用水の効率を上げる技術である。

普及はなかなか進まなかった。理由は、水圧にある。農業用水の場合、水源は地下水であり、圧力はもともとマイナスである。ポンプで汲み上げて使うから、電力が必要である。滴灌の場合、通常の灌水より数倍も時間がかかるから、作業時間のほか、余計に電力も使う。さらにポンプの圧力制御に使われる電力制御装置 (VVVF) がよく故障する上、修理もままならない。濾過やパイプの洗浄などが不十分で出水口が詰まる問題もよくある。似た問題はアフリカ等世界中ほかの地域も存在する。

3. 解決方法

AI が人間に代わって灌水する、しかも、その AI が電気代不要で農家の方が簡単に使えるほど安くて丈夫であれば、この問題を解決できる。

太陽光エネルギーを蓄えて、灌水が必要なときに、井戸

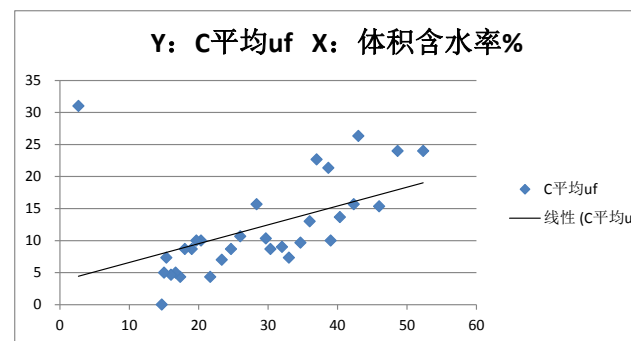


図 1 静電容量と十塘水分量の関係

から汲み上げた水を一旦蓄えて、浄化して、加圧して、パイプに流す。十分な水量に達したら、灌水を停止して、パイプや浄化フィルタの掃除を行う。この一連の作業を AI で自動制御するのを目指して 2015 年から今までの取組を、知識整理、試作と実証実験の三つに分けて報告する。

3.1 知識整理

知識整理が、AI 開発の基本である。収集と分析と検証の繰り返しで、徐々にその内容が安定した。

3.1.1 水やり

農作物に水が必要の理由は、光合成、栄養輸送、温度調節、細胞分裂等である。品種と生育段階 (発芽と栄養成長と生殖成長) の違いによって、必要な水の量は大きく変わる。農作物への水やりは土壌を通じて行う。土壌の作用は水を一旦蓄積して供給することである。

水の無駄を生じる主な原因は、給水量が土壌の蓄積能力を超えてしまうことと、給水タイミングが不適切で蓄積した水が作物に吸収される前に蒸発してしまうことである。適時適量の水やりで、水の無駄を減らせる。

「表面が乾いたら、下方から水が出るまでに水をやること」とよく言われるが、露地栽培もハウス栽培には、下方が見えない。だから、田んぼいっぱい水を張ったかどうか、作物が元気かどうかで判断して量を調整する。現地研究所の技術者によると、滴灌の場合、土表面はいつも乾燥しているから農家の不安もある。自動化には、目視と触覚に頼らない手段が必要である。

[†] 寝屋川輪行技研 Neyagawa Rinko Technology

3.1.2 水感知

土壌を構成する三要素のうち、固形物と空気は水と比べると、電気伝導率と誘電率が大きく異なり、単位土壌の電気抵抗と静電容量を測定し、電極の板相当面積と距離から、電気伝導率と誘電率を計算することで、水の量を推定する。抵抗とコンデンサの並列は土壌の電気モデルである。AI 自動化用途で使えるには、電極の腐食を押さえ、コストと消費電力を下げるのが必須である。

3.1.3 水制御

水圧と水量は、特定のポンプに対して、電流値の直流成分と生成電圧の積分値とほぼ比例するから、圧力と流量センサーなしでも、電流と電圧である程度の制御ができる。水圧維持には単方向バルブと高位値タンクが利用できる。

ポンプ種類、例えば、歯車型、遠心力型、ダイヤフラムそれぞれ特徴があり、それぞれ適した駆動方式がある。例えば、歯車型ポンプは起動時に微動をいれればよく壊れる問題がなくなる。

太陽光でエネルギーをまたかうのは、水圧は必要最小限は肝心である。

3.2 試作

3.2.1 ソフト設計

知識整理の結果に基づき、AI 技術の選択をした。単独でニューラルネットワーク (以下、NN) またはエキスパートシステム (以下、ES) の使用を検討したが、何れも不十分との結論であった。理由は、農作物と土壌の種類、生育段階の組み合わせの量が膨大であり、NN 訓練用の教示サンプル画像をそろえ、ミッションクリティカルの制御を行えるレベルには不可能である。ES 用の推理ルールについても同じことを言える。

そのため、両者を結合して使い、且つ、農家の方が開発に参加することにした。農家が持っている知見を入れることを簡単にすることで、農家が自分専用の水やり AI を開発できるような土台を造ることにした。

ES には、低消費電力で低価格マイコンのメモリ容量や演算能力を考えて、推理ルールの表現は、C 言語で行い、内容は「表面が乾いてから底から水が流れ出るようたっぷり水をやる」の 1 点に限定する。

NN には、構造は 2 層だけにした。入力層の閾値は、外部設定と出力層の動作パラメータ (どこまで乾いたら、どこまで水を流す) は農家が外から入力。ポンプやバルブの種類や圧力は出荷時に設定する。教示データの獲得と利用は、1 本のタクトスイッチを使う。短押しで土壌水分量センサーの値を出力する。農家はその値と作物を観察し、自分の知見と対応付けができたところ、長押しで NN のパラメータ入力を行う。押す時間は水やりの時間となり、水分量のセンサーの出力値は、閾値となる。

農家が指一本で自分用の水やり AI を開発することが可能となった。

3.2.2 ハード設計

言葉や教育水準に関係なく誰でも使えるよう、文字を一切使わず、LED 点滅の回数を数えることで、必要な情報をすべて手に入れるようにし、故障は LED 点灯かで一目で判るようにした。UI にタクトスイッチ x 1、LED x 1、制御マイコンに LPC810 を使った。長寿命で低コストの土壌水分量センサーを平行した 2 本ステンレス針金をコンタ

クトに使っての電気抵抗と静電容量を同時に測るものを考案して実用新案を出願した。パルス駆動方式で、腐食の速度と消費電力を押さえ、低消費電力と長寿命と低コストを同時に実現した。コンタクト交換なしでも経年使用できる。

電池は、軽量と小型を配慮し、エネルギー密度が高く取れる円筒型リチウム電池を使い、過放電保護をマイコンで行い、充電には市販の TP4056 モジュールを使った。太陽光パネルは最大出力 1W で手のひらサイズのものを用いた。水やり AI の小型版は、1 台 60 型プランター 1 個を自動給水できる。消費電力は動作時数 A、待機数十 μ A である。

部品代千数百円、電気代が永遠の 0 円の水やり AI を実現した。

3.3 実験

3.3.1 栽培実験

栽培実験が北京と大阪で実施した。北京では、冬は室内、それ以外が室外で行った。コンタクトの刺す場所と初期設定値の改善に繋がった。植物は三七、紫蘇など。大阪では、栽培実験のほか、土壌の水分量と静電容量の関係を調べた。図 1 は市販野菜用培養土の実験結果。作物は、唐辛子、パクチー、ほうれん草など、種まきから収穫まで各生育段階の自動給水を試みて、収穫ができた。手のひらサイズ太陽光パネル 1 個で複数の水やり AI・プランターの電力供給ができた。水源は、実験で井戸や貯水池の代わりにプラ箱。水面は土壌面より下 (最大 0.5m) に置き藻類が生えないよう遮光した。汲み上げ口にフィルタをかけた。そのほか北京の中国農業大学の学生寮で、学生らによるミニトマト等の栽培実験を行った。収穫できたとの報告があった。

3.3.2 教育現場

作り方や使い方は簡単に覚えられるか実験をした。5 歳子供 (親同伴) にセンサーの組立に行った。全員が正しく水分量センサーを組立できた。親同伴なし小学生にセンサーの組立と測定実験、全員できた。中国農業大学の研究室で、学生らによる AI の組立と実験を行った。社会人に向け、大阪市城東区の会議室に、半日の AI 電子工作教室でほぼ全員が正しく組立できた。

4. おわりに

AI は知識直接駆動によってプログラミングの手間を軽減する技術であり、知識の整理仕方次第、開発運用に必要な時間も電力も軽減できる。人工知能は、文字通り人間が工作して生み出して活用する知能であり、これからも人間とともに進歩すると思われる。故郷の環境問題の解決を夢見て、これからも水やり AI 改善と普及に努力していきたい。

謝辞

実験に協力した中国農業大学の石先生、封先生、大興区農業科技センター曾先生、中農富通の宋先生と中農天陸の楊先生に感謝する。

参考文献

- [1] Eliza Strickland, "The Turbulent Past and Uncertain Future of AI", IEEE Spectrum, 2021.10
- [2] 堀江武, "農業のきほん", 2021.5