

モデル予測制御によるビニールハウスの飽差制御

Humidity deficit control of greenhouse by model predictive control

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1190147 本村 和也

1. 緒言

天候に左右されずに、野菜等の安定供給を確保するためには、環境制御装置を導入した温室での施設栽培が重要である。従来の施設栽培では、ビニールハウス内の相対湿度をある範囲内に入れておけば作物の生長には大きく影響しないとされており、一般的な農家はハウス内の温度・相対湿度を制御対象としハウス内環境を制御してきた。しかし、近年の日本の施設園芸では相対湿度ではなく飽差が重要視され始めている⁽¹⁾。飽差値が最適とされている3~6[g/m³]から大きく逸脱してしまうと、作物の気孔が閉じてしまう恐れがあるため、農家はハウス内温度と相対湿度から求められる飽差表を参考にハウス内飽差の制御を行い始めている。しかし、ほとんどの農家が設置している自動窓開閉器はPID温度制御方式であり、ハウス内温度の誤差に反応して窓の開閉を行うのみの装置となっている。そのため、冬春期において時折窓が開きすぎることによって飽差値の急上昇が起これ、植物の気孔が閉じてしまう問題点が発生している。

飽差を目標値に一定に保つ制御を行うためには、モデル予測制御システムの導入が最適であると思われる。モデル予測制御は、未来のハウス内飽差に対して制御をおこなうため目標飽差との誤差が非常に小さく、ハウス内飽差の大幅な変化を防ぐことができる。しかし、現在の環境制御装置ではモデル予測制御のような複雑なシステムを組み込むことができない。よって、本研究では新たな環境制御装置として、モデル予測制御システムを組み込むことができる自動窓開閉制御装置を開発する。以下では開発した自動窓開閉制御装置を紹介し、開発した自動窓開閉制御装置の実用性を検証するため、それを用いてハウス内温度の制御を行った結果を報告する。

2. 自動窓開閉制御装置の開発

2.1 自動窓開閉制御装置の構想

本研究では、多くの農家で新たに使用される環境制御装置の開発を目標としているため、安価でありながら複雑なシステムを組み込むことができる「Arduino uno」を使用し、ビニールハウス施設の天窗開閉を行う自動窓開閉制御装置を開発する。構想したシステムモデルを図1に示す。「Arduino uno」により各センサからハウス内の温度・湿度・照度、ポテンショメータから窓開度を取得する。取得したそれぞれの値からMATLAB内にてモデル予測を行い、未来のハウス内飽差と目標飽差の誤差から必要な窓開度を計算し、「Arduino uno」によりモータを制御する。構想したシステムモデルにてモデル予測制御を行うことができれば、高価な設備の導入もなく、従来の設備に数点のセンサとマイコンを加えるだけで高度な環境制御を可能とするため、分野全体に波及効果をもたらすことが考えられる。

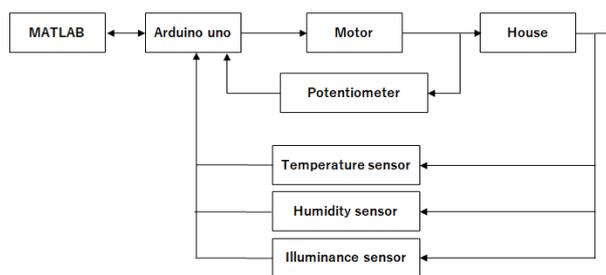


Fig1. Control device system model

2.2 開発した自動窓開閉制御装置

開発した自動窓開閉制御装置を図2に示す。「Arduino uno」に温度・湿度センサ、ポテンショメータ、モータドライバを接続している。また、「Arduino uno」では最大5Vしか出力できないため、モータドライバにACアダプタとモータを接続し、モータドライバを介して外部電源からモータの電源を供給している。

モデル予測はMATLAB内にて行われるため、動作プログラムはモデル予測制御システムが組み込めるようMATLAB/Simlinkにより構築する。

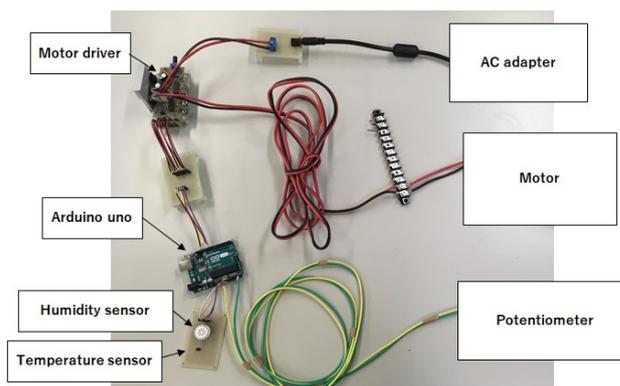


Fig.2 Environmental control device

2.3 ファン付ラジエータの製作

直射日光による温度・湿度センサへの影響をなくすためファン付きラジエータを製作した。製作したファン付ラジエータを図3に示す。中深皿の下に、中心をくり抜いた4つの中深皿を、針金を用いて少し隙間が開くような間隔で固定し、中心部に温度・湿度センサを設置した。また、ラジエータ内の空気を循環させ、なおかつ風速による影響を少なくするためにファンを風向きが下になるように設置した。



Fig3. Radiator with fan

3 実験環境

実験は、高知工科大学の岡研究室が所有する実験用ビニールハウス施設（高知県安芸郡芸西村）にて行う。図5に実験用ビニールハウス施設を示す。ハウス形状は、幅 5.5m 奥行 16m 高さ 3.4m のカマボコ形であり、主にピーマンを栽培している。設置されている環境制御装置は自動窓開閉制御装置であり、モータによるビニールの巻き上げによって窓が開閉され、ハウス内の温度制御が行われている。また冬季は、ハウス内温度が 15[°C]より下回ると、ヒータによるハウス内の加熱が行われている。

窓はビニールとメッシュ部分があり、ビニール巻き上げモータに設置されているポテンシオメータの値が 0~220 ではビニール部分、220~977 ではメッシュ部分にモータが位置していることを示す。



Fig4. Laboratory vinyl house

4 開発した装置を用いたハウス内温度の制御実験

4.1 モータの制御条件

ビニール部分での窓開閉ではハウス内環境の変化が起これず、メッシュ部分が現れた際にハウス内外の温度交換が行われるため、メッシュ部分の範囲内のみで窓が開閉するようにする。さらに、ハウス内外の気温差が大きいことから、メッシュ部分を全開にするとハウス内温度が必要以上に下がる恐れがあるため、メッシュ部分の開度が 50%より開かないようにする。以上のことから、ハウス内温度が 25.75[°C]以下になるとポテンシオメータの値が 220 に、26.25[°C]以上になるとポテンシオメータの値が 600 になるようモータの位置を制御するものとする。

4.2 実験内容

2019年1月27日の11:00~14:00(天候:晴れ)にて、開発した自動窓開閉制御装置を用いてハウス内温度の制御を行った。ファン付ラジエータをハウス内入口付近に設置し、ハウス内温度・湿度を 0.01[s]毎に、ポテンシオメータの出力値を 0.1[s]毎に測定した。また、取得した各センサ値にはローパスフィルターをかけた。本実験は、開発した窓開閉制御装置の実用性を評価することを目的としているため、モータの制御条件を常に満たしているかと、高温多湿であるハウス内においても各センサは正確な測定を行えているかの2点により、実用性の評価を行う。

5 実験結果と考察

図6にハウス内温度の推移、図7にハウス内湿度の推移、図8にポテンシオメータ出力値の推移を示す。

図6より、窓が閉じている状態では、ハウス内温度は緩やかに上昇しており、温度値が 26.25[°C]以上になると制御条件通り窓が開き始めている。しかし、窓が開き始めると、ハウス内温度の変動幅が途端に大きくなり、窓が開いている状態では 25~30[°C]の間で大きく変動している。このことから、現状の温度センサは、窓が開くことによる急激なハウス内の温度変化を測定できていないと考えられる。

図7より、ハウス内湿度は 30~50[%]の間で小刻みに変化しており安定していない。しかし、窓が閉じている状態では上昇、窓が開いている状態では減少しており、変動幅も小さいため、ハウス内湿度は温度制御による窓開閉によって変化しており、湿度センサはハウス内湿度を正確に測定できていると考えられる。

図8より、ポテンシオメータの出力値は 220~600 の間で変化しているため、メッシュ部分の開度が 0~50%の範囲で窓の開閉を行うモータの制御条件は、常に満たされていることが分かる。また、時折ポテンシオメータの出力値が細かく変動していることから、ポテンシオメータの出力値のばらつきや、時折モータが小刻みに正転・逆転していることが考えられる。しかし、窓が開いている状態では、ハウス内温度が 25~30[°C]の間で変動しているため、モータが正転・逆転を繰り返し行っていると考えられる。

以上のことから、モータの制御条件は常に満たされており、湿度センサ、ポテンシオメータは正確な測定を行えているが、温度センサは正確な測定を行えていないため、開発した自動窓開閉制御装置は現状実用的ではないと言える。

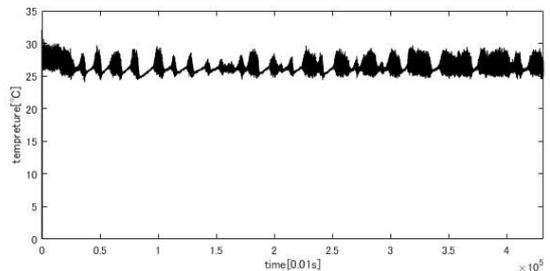


Fig5. House inside temperature

卒業論文要旨

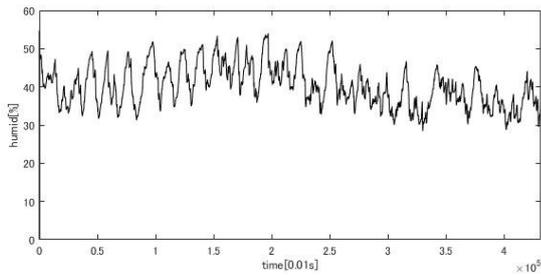


Fig6. House inside humidity

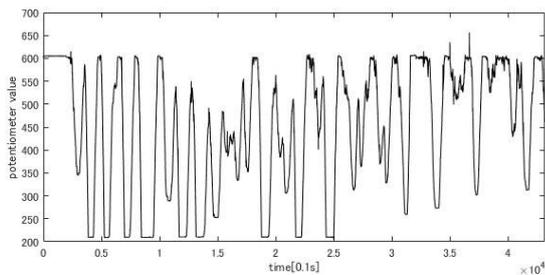


Fig7. Potentiometer value

6 結言

今回、自動窓開閉制御装置の開発、ファン付ラジエータの製作を行い、開発した自動窓開閉制御装置の実用性を評価するため、ハウス内温度の制御を行った。その結果、開発した自動窓開閉制御装置は現状十分な実用性を持っているとは言えず、窓が開くことによる急激なハウス内の温度変化を測定できるように、温度センサを改善する必要があることが確認できた。今後は問題点の改善および、実用性の確認を行う。その後、ハウス内飽差を対象としたモデル予測制御システムの構築・組み込みを行い、その有効性について評価・検証を行っていく。

文献

- (1) 高倉直, 相対湿度でなくなぜ飽差による制御なのか, 農業および園芸 89(1), 40-43, (2014)
- (2) 中山信, システム同定法に基づくビニールハウス内温のモデル予測制御, 計測自動制御学会四国支部学術講演会, (2018)