

ビニールハウスの温度制御シミュレーション

寺村 浩徳

熊本大学工学部技術部 電気情報技術系

1. はじめに

現在我が国の食料消費は飽和状態にあり、今後食料需要の伸びはほとんど期待できない。また、産地間競争の激化に加え、安い農産物の輸入増大に歯止めがかからず、価格以外での競争が求められている。そこで、各産地の農産物独自の付加価値をアピールして他産地や輸入品との差別化を図り、その優位性を確保する必要がある。また、近年では中国産野菜の残留農薬問題が発生し、農産物の安全性も求められている。

熊本県はスイカ、トマト、ナスをはじめ生産量全国有数な農産物が数多くあり、これらは主としてビニールハウスで栽培されている。上記で述べたことにより、また将来の少子高齢化や農業自由化を睨むと、ビニールハウスでの施設園芸による高品質な農産物の生産はますます重要度を増す。

ビニールハウスによる農作物の栽培では、水やりや温度調節のためのビニール部分の開閉など作業が多く、労働力不足が懸念されている。そこで、ビニールハウスの機械化・自動化が期待されている。従来のビニールハウスの自動化は温度、湿度、水耕栽培、二酸化炭素濃度など多岐にわたるが、その中で重要な基幹技術はビニールハウスの室温の制御である。ビニールハウスの室温の制御は、ビニール部分の開閉、ジェットファンによる対流、ヒータ加熱により行われる。しかし、ビニールハウスの温度制御では、近年の燃料費の高騰による重油に代わる手軽な加熱源の開発、ジェットファンによる対流制御など技術的に多くの課題を有している。

今回は、ビニールハウス内の温度の均一制御を実現すべく総合的な温度制御システムの構築を最終目標とし、ビニールハウスの温度制御シミュレーションを行った。ビニールハウスにおける室温の均一化のためには、ヒータの分散配置だけではなく対流を利用した効率的な熱エネルギーの伝達が必要である。そこで、分散配置された電熱式ヒータとジェットファンを利用して、ヒータ群とファンを制御することでより高精度な均一温度制御およびエネルギー効率化を図る。

2. 制御シミュレーションについて

ビニールハウス内の温度均一化のために、ヒータとジェットファンを制御し、ビニールハウスの室温制御のシミュレーションを行う。その際 **Matlab** を使用し、温度制御のモデリングを行い、シミュレーションを実行する。温度制御モデルでは、ビニールハウスの下部の熱をジェットファンにより上部に伝達させ室温の均一化を図っている。ここではビニールハウス内部を均一な大きさのセルと考える。図1は簡単な制御対象のモデルである。

このとき、セルが体積 V の均質な物質でできているとするとエネルギー保存の法則から次式で表される。

$$c\rho V \frac{d\theta_1}{dt} = -Q + u \quad (1)$$

ここで、 Q はセルの表面から空気への熱伝達による熱流、 θ_1 はセルの温度 [K]、 c はセルの比熱 [$J/(kg \cdot K)$]、 ρ はセルの密度 [kg/m^3]、 u はジェットファンへの入力 [W] である。

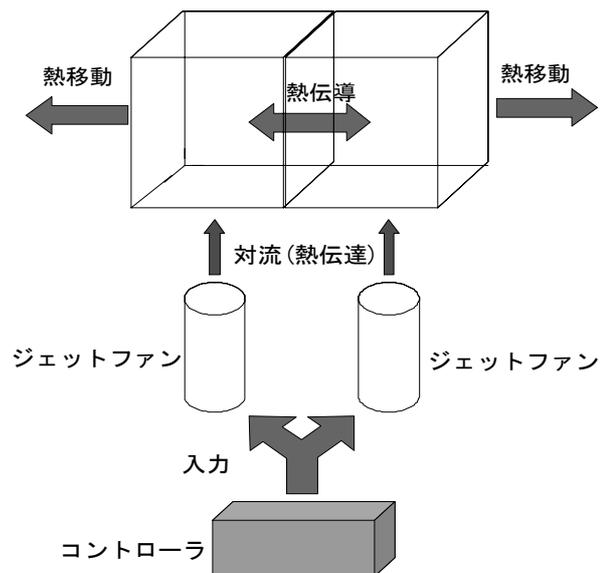


図1 制御対象のモデリング (熱モデル)

今回の制御モデルをフィードバック制御系で簡単に表すと図2のようになる。

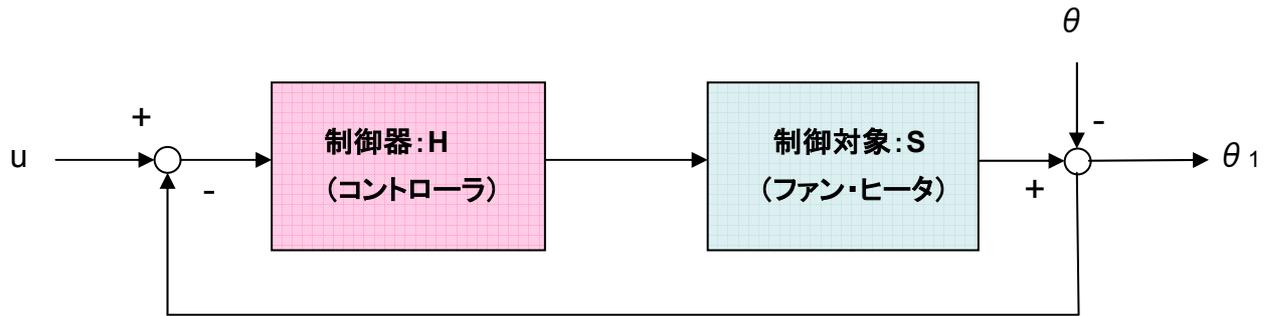


図2 熱モデルのフィードバック制御系

このとき、制御器を H 、制御対象を S のブロックとすると、ビニールハウスの室内温度とするセルの温度 θ_1 は次式で表される。

$$\theta_1 = \frac{HS(u + \theta)}{HS + 1} \quad (2)$$

ここで、 θ はセルの周辺温度である。

3. まとめ・今後の課題

上記で紹介した温度制御のモデリングを行い、パラメータを変化させシミュレーションを行った。しかし、よいデータがなかなか出ず、さらに多数のパラメータパターンでのシミュレーションやモデルの改良が必要であると考えられる。

今後の課題としては、下記のようなものがある。

- 分散制御のスキームの開発
ビニールハウス内でのヒータの配置、発熱、対流、放熱によりハウス内の温度を均一に制御する分散制御のスキームの開発を行う。
- コントローラの開発
マイコンボードを用い、新たな制御スキームを実装したコントローラを試作する。マイコンボードは、ハウス内の温度を計測し、または、温度を入力することによりヒータ、ファンを制御する。
- 試作実験
試作コントローラを実験用ビニールハウスモデルに実装し、温度均一制御の実験を行い、特性を測定し有効性を検討する。

4. おわりに

本研究は初めて取り組む分野だったので難しいことが多く、様々な苦勞もあった。しかし、その中で学ぶことも数多くあり自分のスキルアップにつながったと思う。これからも引き続き研究を進めていきたい。今後研究を進めていくことにより、ビニールハウス全体の空間制御が実現できれば大きな省エネルギー化が期待できる。また、ビニールハウスなどの上下の温度差が大きいものは体育館などの大規模施設に数多く見られ、技術の発展先が広いと考えられる。

参考文献

- [1] 松永信智・南野郁夫・川路茂保：熱系のフィードバック型モデルと非干渉制御への応用，電気学会論文誌 C, Vol.127, No.3, pp373 - 379, 2007