

温湿度センシングに関する技術開発

久富茂樹*、田畑克彦*

Development for temperature and humidity sensing

KUDOMI Shigeki* and TABATA Katsuhiko*

高湿度域での正確な湿度測定を目的として、ペルチェ素子を使用した冷却式露点計を試作した。本試作露点計は、環境光の影響を低減するために、赤外 LED をパルス駆動させ、フォトダイオードで検出した光の強度によって結露状態を検出する方式とした。人工気象器を使用した動作試験によって、概ね正しく動作していることを確認した。

1. はじめに

農作物の病害の発生には、環境の温度、湿度が大きく影響することが多い。特に高湿度域で病害の発生が伸展するため、高湿度域での正確な湿度測定が重要である。湿度センサは、様々な方式のものが市販されているが、静電容量式は、高湿度環境での耐久性、精度、応答性に課題がある¹⁾。また、乾湿計式は、蒸留水の補給、ガーゼ（ウィック）の交換が定期的に必要で手間がかかるという問題がある。

本研究では、高湿度域での正確な湿度測定を目的として、ペルチェ素子を使用した冷却式露点計を試作し、人工気象器での露点測定を行ったので報告する。

2. 冷却式露点計の原理

露点を正確に測定できれば精度の良い湿度測定が可能である。露点を検出する方法として、大気の一部を冷却し結露させた時の温度を測定して露点を検出する方法が知られている²⁾。図1に冷却式露点計の原理図を示す。鏡面状の反射板に LED などの発光素子から光を照射し、その反射光をフォトダイオードなどの光検出素子で検出できるようにしておく。冷却装置で反射板を徐々に冷却していくと、反射板表面付近の気体も冷却されて、気体に含まれる水分が徐々に飽和状態に近づいていく。そし

て、飽和状態に達すると、反射板表面に結露する。このとき、発光素子から照射された光は、反射板表面に付いた露によって拡散されたり、吸収されたりして、光検出器で検出される光量が減少する。この時の反射板表面の温度を測定すると、その温度が露点として求まる。

3. 冷却式露点計の試作

3. 1 ペルチェ素子の温度制御

本研究では、冷却装置としてペルチェ素子を用いた。ペルチェ素子は、異なる2種類の金属または半導体（n型、p型）を2つの点で接合したもので、これに電流を流すと、片方の接点は冷やされ、もう一方は温められる。小型、軽量、温度応答性が良く、取り扱いが簡単であるという長所がある。

実験では、ペルチェ素子（4.6A タイプ、サイズ：30x30mm）の吸熱面に熱電対を貼付して、マイコン（LPC1768）により PWM 駆動した。図2にデューティ比を0.3, 0.5, 0.8, 1.0にした時のペルチェ素子吸熱面の温度変化を示す。時間0sの時点で通電を開始した。デューティ比が大きいほど急速に温度が低下していき最低温度も低くなり、かつ、最低温度に達する時間も早かった。開発する露点計は高湿度域での使用を考えており、20℃前後の環境では、露点との差が5℃あれば、湿度75%以上の状態を検出できるため、デューティ比は0.5としてペルチェ素子を駆動することにした。

3. 2 赤外光素子を使用した結露検出

開発する露点計は、農作物のハウスなどの屋外での使用も想定しているため、太陽光スペクトルを考慮し、できるだけ太陽光の影響を受けないように、赤外域の光素子を使用して結露検出を試みた。発光素子には、ピーク波長が1.45 μm の赤外 LED を用い、光検出素子には感度波長範囲が0.9~1.7 μm のフォトダイオードを用いた。ペルチェ素子の表面にアルミテープを貼って鏡面とし、発光素子の光を光検出素子で受光できるように、素子の位置と角度を調整して取り付けした。図3に LED を直流駆動した場合のフォトダイオードの出力を示す。時間

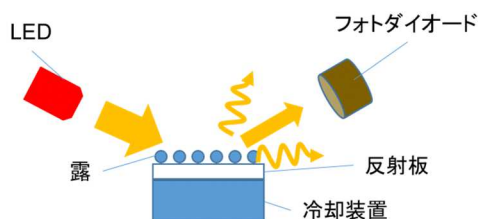


図1 冷却式露点計の原理

* 情報技術部

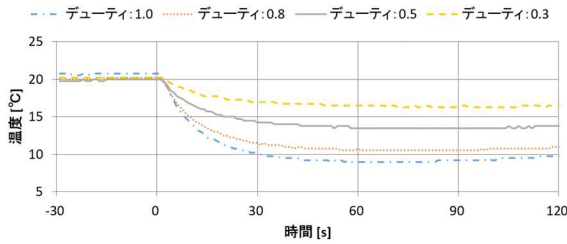


図2 ペルチェ素子の温度変化

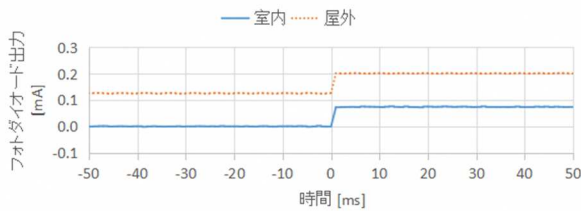


図3 フォトダイオード出力 (LED 直流駆動)

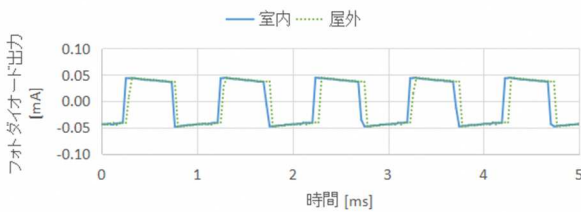


図4 フォトダイオード出力 (LED パルス駆動)

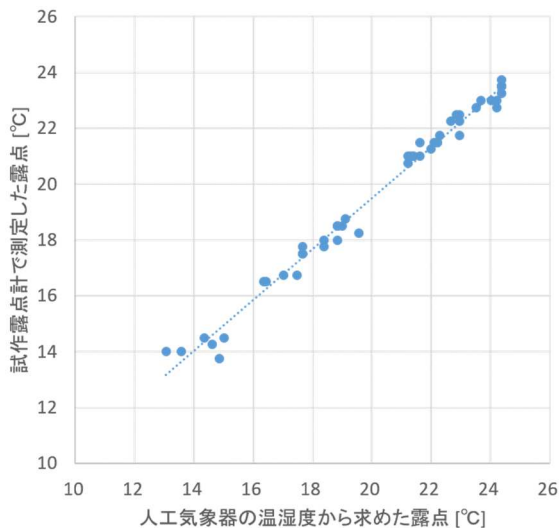


図5 人工気象器を使用した動作試験

0s の時点で LED を駆動している。室内では LED を駆動する前のフォトダイオード出力はほぼ 0 であるが、屋外で測定した場合は、LED を駆動する前から、太陽光によりフォトトランジスタからは約 0.125mA 出力され

ており、屋内で LED を駆動した場合の出力である約 0.075mA を上回っていた。赤外光を使用しても、太陽光による外乱の影響を完全には避けられなかった。そこで、太陽光の強度変化に比べて十分に速くなるように、周波数が 1kHz、デューティ比が 50% のパルスで LED を駆動した。出力端には、直流成分を除去するために、1 μ F のコンデンサを入れた。パルス駆動したときのフォトダイオードの出力を図 4 に示す。室内で測定したときも屋外で測定したときも出力波形はほぼ等しく、太陽光による外乱の影響を低減することができた。

3. 3 露点計の試作

ペルチェ素子の PWM 制御、LED のパルス制御、結露状態の検出、反射板表面の温度計測は、マイコン (LPC1768) で行った。ペルチェ素子を PWM 制御により徐々に冷却しながら、0.1s 毎に LED のパルス駆動とフォトダイオードでの光検出を行い、マイコンでフォトダイオードの出力波形の振幅を求め、前回の振幅との差分を求めた。温度が低下していき、反射板表面に結露が生じると、差分値が大きく変動するため、閾値を設定し、閾値を超えた場合に結露が生じたと判定した。この時の温度を熱電対で測定し露点とした。

3. 4 人工気象器を使用した動作確認

人工気象器 (日本医化器械製作所製、LPH-411SP) に試作した露点計を入れ、人工気象器の温度設定を 15°C、20°C、25°C の 3 段階、湿度設定を 70%~90% の間で変えて制御し、その時の露点を試作露点計で測定した。人工気象器には露点表示の機能がないため、人工気象器で計測された温度、湿度から計算により露点を求めた。

図 5 に、人工気象器の温湿度から求めた露点と試作した露点計で測定した露点の関係をプロットした。相関係数 R は 0.9931 (決定係数 R^2 : 0.9862) となり、両者の間には高い相関が見られ、試作した露点計が想定していたように動作していることを確認できた。

4. まとめ

高湿度環境で、精度よく露点を測定するために、冷却式の露点計を試作した。環境光の影響を低減するために、赤外 LED をパルス駆動させて、フォトダイオードで検出した光の強度によって結露状態を検出する方式とした。人工気象器を使用した動作試験によって、概ね正しく動作していることを確認した。今後はハウス環境など屋外での実験を行い、粉塵や土埃などの影響を確認する予定である。

【参考文献】

- 1) 久富ら, 岐阜県情報技術研究所研究報告 第 19 号, pp33-35, 2018
- 2) 内藤ら, 工業計測法ハンドブック, 朝倉書店, pp297-298, 1976