

## 植物生育環境の計測・監視システムの開発

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

1年 阿部 立樹

指導教員 システム科学技術学部 情報工学科

助教 伊東 嗣功

准教授 石井 雅樹

教授 堂坂 浩二

### 1. はじめに

近年、ロボット技術や情報通信技術(ICT)を活用したスマート農業の研究が進められている。農作業の省力化をしながら高品質な農作物を生産する基盤技術の開発は重要であり、研究開発が進められている段階である。植物に適切なタイミングで二酸化炭素の施肥をおこなうには、定常的に生育状況や環境情報を把握する必要がある。その目的達成のため、近年では生育環境を人工的に制御しながら植物の生育状況を計測可能な系の開発も進められている。本研究では小型の閉鎖型チャンバーを開発し植物の生育環境を計測するシステムを開発する。具体的にはチャンバー内に二酸化炭素ガス濃度、温度、光、湿度などを計測可能なセンサを設置し、定常的な生育環境のモニタリングに取り組む。

### 2. 実験

#### 2-1. 閉鎖型チャンバーの作製とセンサーの開発

本研究の遂行には、密閉可能なチャンバーの作製と温度センサ、相対湿度センサ、光量子センサ、二酸化炭素濃度センサなどの各種センサを開発する必要がある。閉鎖型チャンバー作製にあたり内部に植物を配置可能な容量 22ℓ(33.2\*42.2\*20.6 cm)の容器を選択し、光を透過しながら密閉も可能にした(図1右)。温度センサはNTCサーミスタ 103AT2 (SEMITEC 社)を用い温度計測用回路を構成し、電圧データを myRI01900 (National Instruments 社)で A/D 変換後 USB に保存した。温度に依存して電圧値が変化するため、データシートの温度-抵抗値から Steinhart-Hart 式を用いて温度情報に変換した。二酸化炭素濃度センサ T6615-50K (Amphenol 社)、光量子センサ SE-SQ-215-SS (Apogee 社)、相対湿度センサ CHS-UPR (TDK 社)は回路内蔵センサユニットである(図2)。二酸化炭素濃度や光量子束密度や湿度に依存したセンサからの出力電圧を myRI01900 にて A/D 変換し USB に保存した。密閉容器内の局所的な二酸化炭素濃度変化や温度変化を防ぐため、内部に DC ファン F310R (日本電産コパル電子社)を設置した[1]。各センサのサンプリング周波数は 2Hz に設定し、USB 容量の上限まで連続計測を可能にした。計測実験に使用する段階まで進められなかったが、myRI01900 と電磁弁 EXA-C6-02C-3 (CKD 社)を用いた二酸化炭素濃度制御ユニットも開

発した.

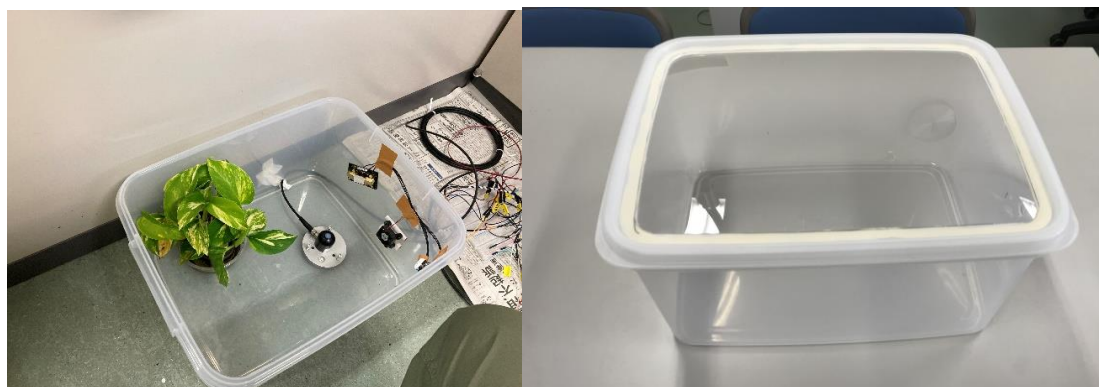


図 1. チャンバー内のポトスとセンサの様子(左図),  
チャンバーに蓋をした様子(右図)



図 2. 容器内に配置したセンサと A/D 変換用の myRIO1900

## 2-2. 計測環境と計測期間

暗幕内にポトスとセンサが設置された密閉容器を配置し、容器の直上から植物生育用 LED (EC Technology 社) を照射した。密閉容器と LED の設置距離を調整することで光量子束密度の値を制御し、光量子束密度と植物の二酸化炭素濃度変化の解析を可能にした。計測期間は 2021/1/7 8:00 ~ 1/12 7:59 とし、2Hz で温度、相対湿度、光量子束密度、二酸化炭素濃度を計測した。

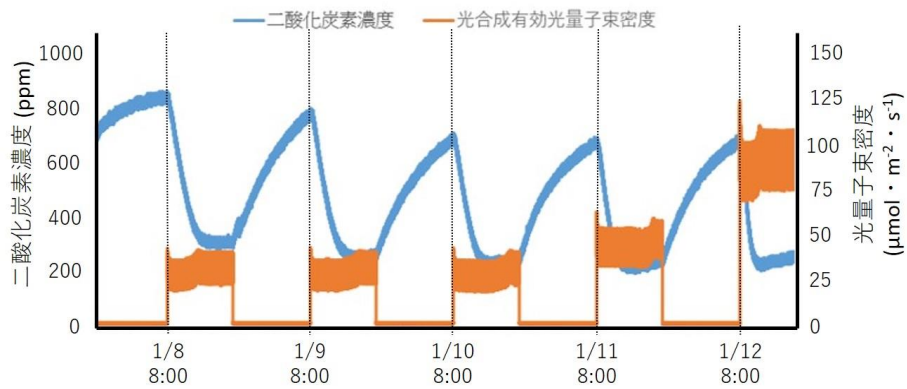


図 3. 二酸化炭素濃度変化と光量子束密度の計測結果

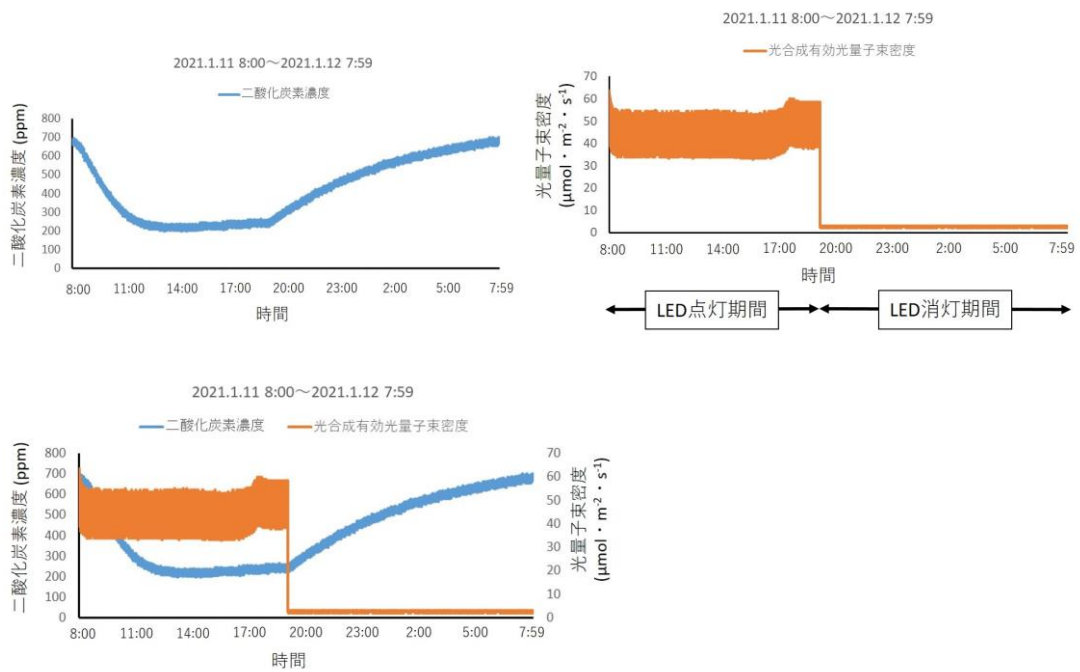


図 4. LED 点灯/消灯タイミングと二酸化炭素濃度変化の例

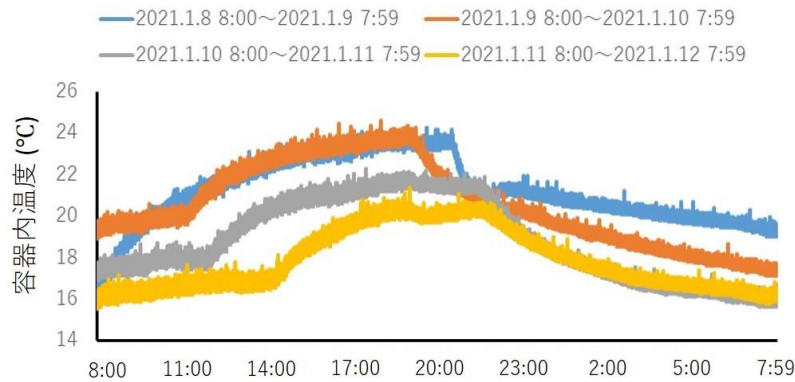


図 5. 温度計測結果

### 3. 結果と考察

植物生育用LEDはタイマーによって制御されており，8:00-18:59の間点灯し，19:00-7:59の間消灯するように設定した(図3)．LED点灯中は光量子束密度が $25(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ から $100(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ 程度の値を示し，LED消灯中は光量子束密度が0に近い値を示した(図3, 図4)．図3の1/11-1/12は光量子束密度を制御することを目的とし，LEDを容器に近づけることで光量子束密度を調整可能か検討した．1/11のLED点灯中の平均光量子束密度は $50(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ 程となり，1/12のLED点灯中の平均光量子束密度は $100(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ 程となった．今回実験に使用したポトスの所要光強度は $15\sim 30(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ と報告があり，適切な光量子束密度よりも高い値で実験をしていたといえる[2]．また，LEDの点灯に伴う容器内の二酸化炭素濃度減少，LEDの消灯に伴う容器内の二酸化炭素濃度増加を確認した(図3, 図4)．LED光の点灯/消灯タイミングから遅れて二酸化炭素濃度が変化しており，これは植物の光合成/呼吸に伴う二酸化炭素濃度変化を捉えたと考えている．恒温チャンバーを使用していないため，容器内温度は居室の温度に影響された結果となった(図5)．計測期間中の相対湿度については90%から95%を推移していた．

### 4. おわりに

定常的な環境情報を計測するシステムを目指したが，今回の報告では6日程の計測期間となった．これは研究開発の工程において計測期間を短く区切りながら計測データを評価する必要があり，そのため長期の計測期間を設けることができなかつたためである．今後はサンプリング周波数を低く設定し，より長期的な計測や光合成機能が評価可能になるようにプログラム改良に取り組んでいきたい．

### 参考文献

- [1] 野田響，村岡裕由，“同化箱法による器官や個体レベルのガス交換”，低温科学，67巻，pp. 95-101 (2009)
- [2] 洞口公俊，“インドアグリーナリーの光放射環境”，照明学会誌，79巻，pp. 11-15 (1995)