

温室内の環境情報を活用した高糖度トマト栽培に関する研究

竹中智哉^{*}・後藤和弘^{*}・松岡伸一郎^{**}
^{*}電子・情報担当・^{**}株式会社サニープレイスファーム

Research on the high sugar content tomato cultivation which utilized the environment information in a greenhouse

Tomoya TAKENAKA^{*}・Kazuhiro GOTO^{*}・Shinichiro MATSUOKA^{**}
^{*}Electronic Information Group・^{**}Sunny Place Farm Co., Ltd.

要 旨

平成23年度企業ニーズ対応型研究事業において、産業科学技術センターと(株)サニープレイスファームは、温室内の環境情報を活用した高糖度トマト栽培法の共同研究を実施した。各種センサで定期記録をする環境情報を活用する上で、環境情報と同じ時間分解能をもつ温室出力機器の動作推移を取得できないことが、相関分析を困難にし、品質研究の障害となっていた。この課題を解決するために、出力機器の動作情報を自動かつ定期的に収集し、事務所や自宅などの遠隔地からでもネットワーク経由で状況を確認できるシステムを開発し、効率よく、高品質な高糖度トマトを栽培できる環境を構築した。

1. はじめに

株式会社サニープレイスファーム(佐伯市)は、1.8haの温室(ビニールハウス)で、高糖度トマト(糖度8~10)を栽培している。設備としては、温室内環境(室温、湿度、日射量など)を自動で管理するために、環境情報をもとに出力機器(窓やカーテン、冷暖房機、循環扇など)の動作を制御する複合制御盤を導入している。従業員数は16名と栽培規模に対して少人数で、生産計画通りの安定した品質(糖度、大きさ、質量)をもつトマトを効率的に栽培する方法を研究している。本研究は、下記のプロセスを繰り返し、取り組まれている。

情報収集：温室内の環境情報(室温、湿度、日射量データなど)や出力機器の動作情報(窓、カーテン、冷暖房機、循環扇など)、作業記録、収量・品質記録などの様々な情報を収集する。

表示(見える化)：収集した情報を整理し、温室環境推移や生育推移、出力機器の動作推移、作業履歴、収量・品質推移といった統計データをグラフや表、図で表現する。

分析・指示：見える化したデータを分析し、出荷予測や品質管理(予兆監視、異常検知)を行う。これらの分析結果をもとに、生産計画の修正や作業のマニュアル化、新たな作業、温室環境の調整を行う。

しかし、において、温室内の環境情報収集と収量・

品質記録はセンサや計測装置により自動化されているものの、出力機器の動作情報は定期巡回で収集しており、作業者の負担が大きかった。また、定期巡回では分単位といった細かい周期での定期収集が難しく、において、自動で収集された情報と同じ時間分解能をもつ出力機器の動作推移を作成できないため、での相関分析が困難で、品質研究の障害となっていた。

この課題を解決するために、出力機器の動作情報を自動かつ定期的に収集し、事務所や自宅などの遠隔地からでもネットワーク経由で状況を確認できるシステム(出力機器の稼働記録・監視システム)を開発した。

2. 出力機器の稼働記録・監視システム概要

開発したシステムをFig.1に示す。具体的に下記のハードウェアとソフトウェアを開発した。

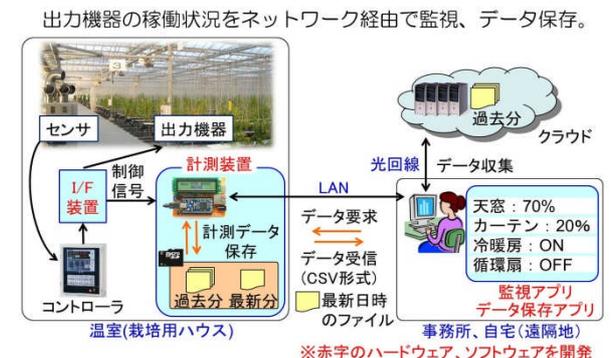


Fig.1 出力機器の稼働記録・監視システム

インターフェイス装置（以後、I/F 装置）：複合制御盤（コントローラ）から出力される出力機器の動作を制御する信号（以後、主信号）に影響を与えることなく、その制御信号を分岐し、稼働計測装置へ入力する装置。

稼働計測装置：I/F 装置から出力される信号から出力機器の動作情報を算出し、保存やネットワーク通信を行う稼働計測装置。

遠隔監視・データ保存用ソフトウェア：稼働計測装置へ保存された出力機器の動作情報をネットワーク経由で受信し、表示や保存を行う遠隔監視・データ保存用のソフトウェア。

3. I/F 装置の開発

I/F 装置の構成と外観を、Fig.2、Fig.3 に示す。

信号分岐部では、汎用の多極リレーを用いて、主信号から分岐信号を生成する。主信号は出力形式によって有電圧信号と無電圧信号、接点信号に分類される。出力形式に適した分岐回路を構成し、インターロック回路を使用して安全設計を行っている。

レベルシフト部では、分岐信号のレベル(AC 200V)をマイコンで取り扱えるレベル(DC 3.3V)に変換する。変換には、AC 対応のフォトカプラを利用し、AC200V 信号を光信号に変換して、後段の 3.3V 回路に信号情報のみを伝達する。これにより、稼働計測装置を AC200V から絶縁保護できる。フォトカプラ入力部には RC 直列回路を構成し、電流と電圧の位相をずらし、電力消費による発熱を抑制している。

電源部には、雷や他の機器が発するサージから回路を保護するために、バリスタを用いて保護回路を構成している。

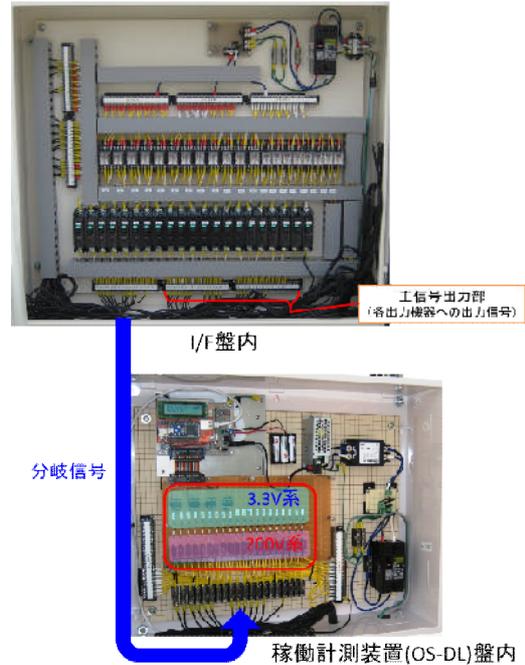


Fig.3 I/F 装置の外観

4. 稼働計測装置の開発

稼働計測装置の仕様を Table 1 に示す。出力機器の動作状況は、15 秒周期で監視を行い、10 分周期で CSV ファイルに記録し、日単位で管理する。ファイルのヘッダ情報として、デバイス No を記録する。記録媒体は microSD で、10 日分のデータを保存し、日付の古いファイルから自動更新する。記録データは、専用アプリ(データ自動保存用アプリ)を使用してホスト PC から自動抽出ができる。データを記録した CSV ファイルの表示例を Fig.4 に示す。また、バッテリー動作を可能とし、AC 入力電源の停電を監視・記録する。

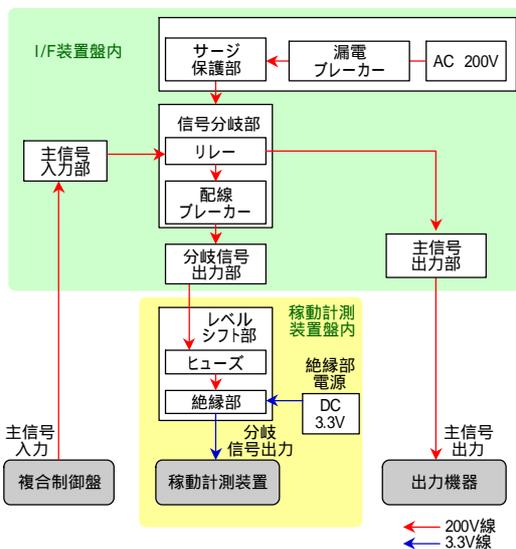


Fig.2 I/F 装置の構成 (ブロック図)

Table 1 稼働計測装置の仕様

項目	仕様	備考
記録情報	デバイスNo.	書式: 1 ~ 99 装置の識別ID. 本装置を複数台設置した際に利用。
	日時	書式: YYYY/MM/DD hh:mm
	出力機器の動作状況	書式: % or ON/OFF 窓、カーテンは開度率 [%]、その他はON/OFFで記録。
出力機器 対応数	電源状況	書式: 正常/停電 本装置の電源供給状況を記録。 AC100V動作時に正常、バッテリー動作時に停電と表示。
	有電圧機器(窓): 4 無電圧機器(カーテン): 2 接点機器: 8	有電圧機器...有電圧信号で制御される機器 無電圧機器...無電圧信号で制御される機器 接点機器...接点信号で制御される機器
監視/記録周期	15秒/10分	
記録フォーマット	.csvファイル 日単位でファイルを作成	
記録媒体	microSD	10日分のデータを保存、日付の古いファイルから更新。
記録抽出方法	LAN通信	専用のアプリを使用して記録を抽出。
監視方法	webブラウザ/LCD	ネットワーク通信遮断時はmicroSDから記録抽出可能。

稼働計測装置の構成を Fig.5 に示す。Table 1 の仕様を実現するために、ラピッドプロトotypingツールとして ARM 社が開発したマイコンボード「mbed」を採用した。mbed には Cortex-M3 をベースとした 32bit CPU コアを内蔵した ARM

Device No.	Recorded time	Window1	Window2	Window3	Window4	Curtain1	Curtain2	Alrcorn1	Alrcorn2	Fan1	Fan2
4	2011/11/22 Tue 00:00	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
5	2011/11/22 Tue 00:10	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
6	2011/11/22 Tue 00:20	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
7	2011/11/22 Tue 00:30	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
8	2011/11/22 Tue 00:40	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
12	2011/11/22 Tue 09:30	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0
13	2011/11/22 Tue 09:40	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
14	2011/11/22 Tue 09:50	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
15	2011/11/22 Tue 10:00	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0
16	2011/11/22 Tue 10:10	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
17	2011/11/22 Tue 10:20	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0
18	2011/11/22 Tue 10:30	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
19	2011/11/22 Tue 10:40	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
20	2011/11/22 Tue 10:50	20	20	25	0	100	100	0	0	0	0
21	2011/11/22 Tue 11:00	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0

Fig.4 出力機器の動作状況記録ファイルの表示例

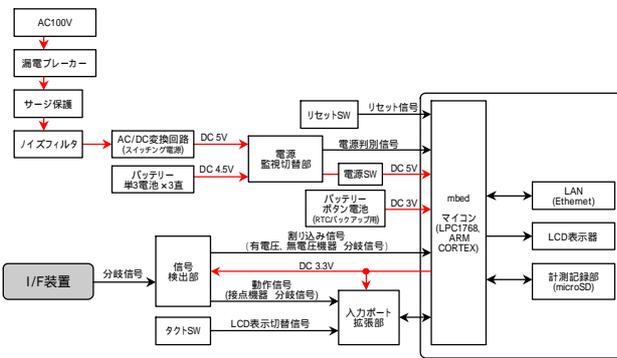


Fig.5 稼働計測装置の構成 (ブロック図)

マイコン(LPC1768 NXP Semiconductors 社製)が搭載されている。AC 100V からスイッチング電源を介して供給される DC5.0V 電圧が停電等の理由により、バッテリー電圧よりも低下すると稼働計測装置の電源をスイッチング電源からバッテリーに切り替える。スイッチング電源とバッテリーの両電源の電圧が低下した際にも mbed に内蔵されたリアルタイムクロック IC の停止を避けるため、RTC 用バックアップ電源として ボタン電池 CR2032 を使用している。

接点機器の動作状況は、15 秒周期でマイコンが入力ポート拡張部にアクセスし、動作信号の状態を確認することで判断する。有電圧機器と無電圧機器の動作状況は、信号検出部から送信される割り込み信号から算出する。割り込み信号は、機器の動作開始時に立ち上がり、機器の動作終了時に立ち下がる。マイコンに内蔵されたタイマーで割り込み信号の立ち上がりから立ち上がりまでの時間を計測することで現在の開度率[%]を算出する。開度率と機器の動作時間は比例関係にあるため、開度率は式(1)にて求められる。

$$\text{開度率}[\%] = \frac{\text{積算動作時間}[\text{秒}]}{\text{全開動作時間}[\text{秒}]} \times 100 \quad \dots (1)$$

積算動作時間は、計測を開始してから現在までの出力

機器の積算動作時間を示す。開動作が起きれば開動作時間を積算動作時間に加算し、閉動作が起きれば閉動作時間を積算動作時間から減算する。天窗のように窓重量による減速機の惰性が発生する出力機器では、閉動作時間に惰性を考慮した補正值を含める。全開動作時間は出力機器が動作し、全閉状態から全開状態に達するまでの動作時間を示す。

5. 遠隔監視・データ保存用ソフトウェアの開発

5.1 遠隔監視用アプリ

ホスト PC 以外の PC や携帯でもリアルタイム監視を行えると便利であることから、WEB ブラウザに出力機器の動作状況を表示できる仕様とした。ブラウザでの表示例を Fig.6 に示す。ブラウザにて更新ボタンを押すごとに最新の状態が表示される。プログラムは JavaScript 言語で記述しており、HTTP サーバーとして動作する稼働計測装置内に組み込んでいる。ブラウザでホスト PC からアクセスした際に、表示用のホームページを作成する。また本アプリは、ホスト PC からのアクセスごとに稼働計測装置の時刻をホスト PC の時刻に更新する。

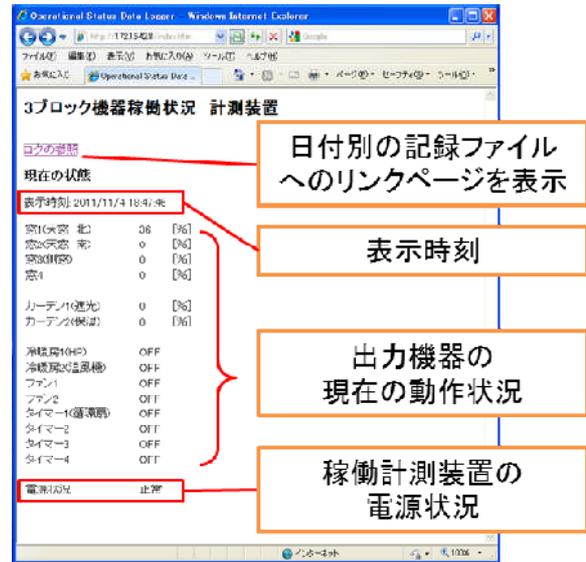


Fig.6 WEB ブラウザでの表示例

5.2 データ自動保存用アプリ

データ自動保存用アプリを Fig.7 に示す。日単位の出力機器の稼働記録ファイルを、設定した周期で、稼働計測装置から設定したフォルダに自動でダウンロードする。本アプリは Visual Basic 言語で記述している。データを保存するフォルダと稼働計測装置の IP アドレス、自動保存する周期を設定し、保存開始/停止ボタンを押すと自動保存を開始する。保存開始/停止ボタンはトグル動作をするため、再度ボタンを押すと自動保存を停止する。

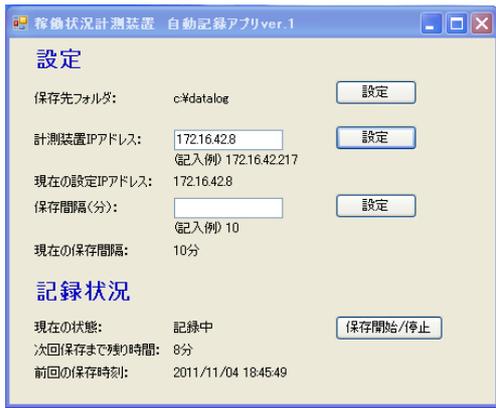


Fig.7 データ自動保存用アプリ

6. 現地試験

サニーブレイスファーム社温室に、開発した出力機器の稼働記録・監視システムを設置し動作試験を行った。設置風景を Fig. 8 に示す。稼働計測を行った出力機器を Table 2 に示す。

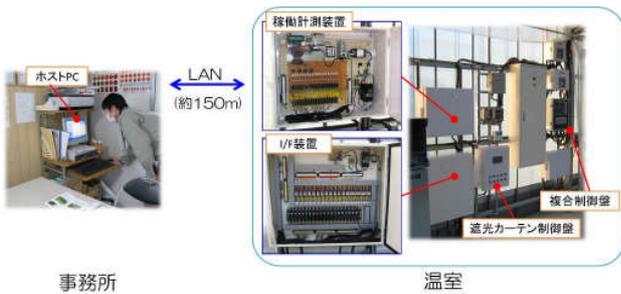


Fig.8 設置風景

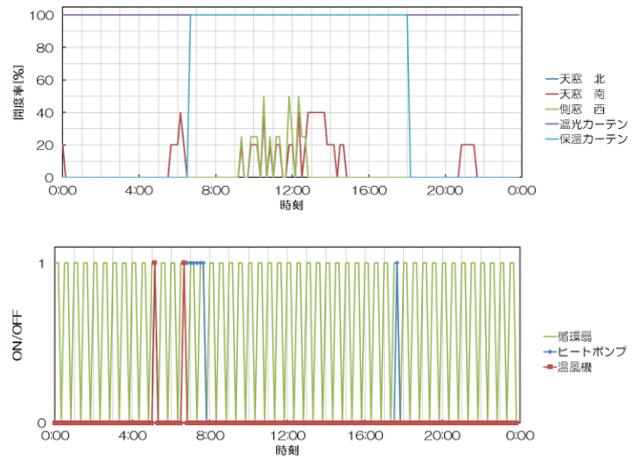
Table 2 出力機器の一覧

制御信号	出力機器名
有電圧信号	天窓（北），天窓（南），側窓（西）
無電圧信号	保温カーテン，遮光カーテン
接点信号	ヒートポンプ，温風機，循環扇

出力機器の稼働記録・監視システムを構築したことで、出力機器の動作情報を自動で定期収集できるようになり、他の情報（温度、湿度、日射量などの環境情報や作業記録、収量・品質記録）との相関分析が容易になった。参考資料として、ある日の出力機器の動作推移を Fig.9 に示す。また、遠隔地（事務所や自宅）にて温室内出力機器の誤作動やヒューマンエラーによる誤動作を予兆できるようになった。これにより、定期巡回の回数を軽減でき、作業者の負担が軽減された。

7. まとめ

出力機器の稼働記録・監視システムを開発した。本シ



ON : 1 OFF : 0

Fig.9 出力機器の動作推移記録例（1日）

システムにより効率よく、高品質な高糖度トマトを栽培できる環境を構築できた。具体的には、温室内出力機器の動作情報を自動で定期収集できるようになり、他の情報（温度、湿度、日射量などの環境情報や作業記録、収量・品質記録）との相関分析が容易になった。今後は、必要な期間分のデータを収集後、相関分析を行い作業の改善に繋げる。また、遠隔地（事務所や自宅）にて、温室内出力機器の誤作動やヒューマンエラーによる誤動作を予兆できるようになったことで定期巡回の回数を軽減でき、作業者の負担が軽減された。