

# センサによる農地環境データの収集とその特性検出

山下勇輝 †1 椎葉優希 †1 堀部典子 †1 青木振一 †1

近年、農業従事者の減少によって、多くの農園で人手が深刻な問題となっている。この課題を解決するためには、農作業をより効率的に行うためのシステムが必要である。本研究では、様々な環境変化に迅速かつ低コストで対応することを目的とした近未来の農地の環境を予測するシステムの開発を目指す。本研究では、センサが設置されたハウスを用いて農作物栽培実験を行う。この実験では、農作物の栽培環境データを継続してサーバに蓄積し、農地特有の環境の変化を発見するためのデータ分析を行う。また、環境データの信頼性を向上させるためのセンサの配置方法を提案し、実験用農地の環境変化がもたらす収穫物への影響を調査する。

キーワード：地域情報システム、環境情報システム

## Collection and Feature Extraction of Environmental data of Farmland by Sensors

YUUKI YAMASHITA †1 YUUKI SHIIBA †1  
NORIKO HORIBE †1 SHIN-ITI AOQUI †1

Since the number of farmers has been decreasing recently, shortage of the labor force is a serious problem in many farmhouses. In order to solve this problem, we need the system to support farmer's works. The purpose of our research is to construct the system which can predict the farmland environment of the near future. In this research, the agricultural-products cultivation experiment is performed using the greenhouse to which the sensor was assigned. In this experiment, the postplanting environment data of agricultural products is continuously stored to a server system, and the data is analyzed for extraction of features of environment peculiar to farmland.

Keywords : Regional information system. Environmental information system.

### 1. はじめに

近年、本国の農業の衰退が懸念されている。その原因として、農家の後継者不足、基幹的農業従事者の減少、及び耕地面積の減少などが挙げられる。また、農業に影響する環境の変化が著しくなり、地球温暖化による異常高温、及び冷夏等の異常気象への対策も農業を維持するために必要不可欠な課題となっている。

これらの課題を解決し、より効果的な農業のサポートを実現するためには、蓄積された過去のデータから近未来の農地の環境を予測するシステムが必要であると考えられる。このシステムを完成させるには、センサでの正確な測定方法の確立と分析に用いるデータの見極めが必要である。

そこで、今回の研究では、土地特有な環境の変化を発見することと環境変化がもたらす収穫物への影響の調査を目的とし、収穫物の調査、センサを用いて正確な環境データを収集する方法の確立、及び環境データの分析を行う。

本研究では、本学情報学部棟入口付近に 2m 四方の簡易ハウスを作成する。このハウス内で、熊本県で生産日本一であるトマトと全国で栽培が盛んに行われているいちごを栽培し、センサを用いて様々な種類の環境データの収集を

行う。収集された数値データをグラフで表現し、7月、8月、及び1月の作物栽培に大きく影響する季節の土地特有な環境変化を発見する。また、この栽培環境の下で収穫された作物の大きさ、重さ、及び糖度を計測し、一般的に育てている作物との違いを調査する。

### 2. 農業環境予測システム

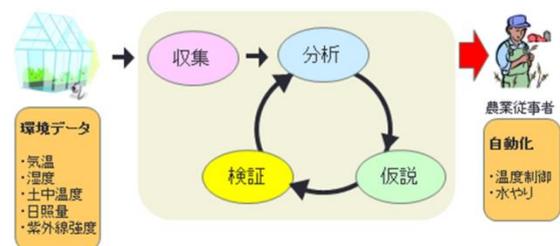


図 2.1 農業環境予測システムの構成

日本の農業が抱える問題に、農業従事者の高齢化や新規農業者の参入の減少などによる人手不足、地球温暖化による異常高温、及び冷夏等の異常気象が挙げられる。これらの問題を解決するための方法の一つとして、過去のデータから近未来の農地の環境を予測する予測システムを実現することが考えられる。蓄積されたデータから急激な気温の変化や日照不足などの作物に影響を与える環境変化を事前に予測することによって、事前の対策が可能となり、環境変化による農作物への影響を軽減することができると考

†1 崇城大学 情報学部  
Faculty of Computer and Information Science, Sojo University.



### 3.3 実験の結果と考察

図 3.3.1 に、データ収集実験で記録された 7 月 9 日 0 時から 24 時の室温、気温、土中温度、日照量、及び熊本市の気温をグラフを示す。

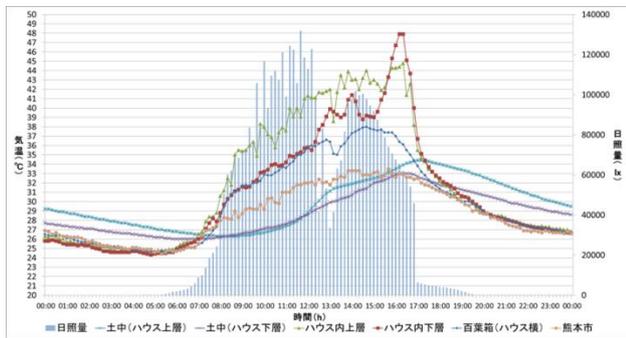


図 3.3.1. 7 月 9 日の気温と日照量の推移

熊本市のデータには、熊本地方気象台が観測している気象データを使用している[1]。このグラフから、日照量が増加に従って気温や土中温度などが上昇していることがわかる。16 時以降から急激にハウス内の気温が下降するのは、情報学棟が日差しを妨げになり、ハウスが日陰になることが原因であると推測される。16 時以降にハウス内下層の室温が急激に上昇している。これは、タイルによる輻射熱が影響していると考えられる。輻射熱とは、太陽から照射される光の熱のことである。今回の実験では図 5.3.2 示す様に太陽からの熱エネルギーをタイルが蓄熱しハウス全体を暖めている。

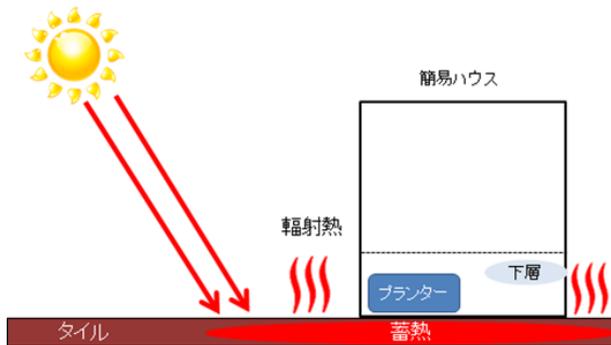


図 3.3.2. 輻射熱による影響

また、ハウス横に設置した百葉箱と熊本市で計測されている気温とは大きく差があることから、この測定値は、実験用ハウス環境特有の値を示していることがわかる。12 時から 14 時の間の日照量が著しく下降しているのは、センサが記録するタイミングで太陽が雲に隠れていること、ハウスの骨組みで使用したエルアングルの影になっていること、又は情報学部棟が日差しを避けていることが原因であると考えられるが、この傾向は他の日でも見られるため推測が難しい。日照量が増減を繰り返している所は、センサが記録するタイミングで太陽が雲に隠れて明るさが変化していると考えられる。また、この栽培環境では図 3.3.3 に示す様に水を与えることによって土中温度は滑らかに上昇するが、水やりを行わない場合、急激に土中温度が上昇

し、ハウス下層に設置しているプランターの土中温度がハウス上層に設置しているプランターより高くなる特徴がある。

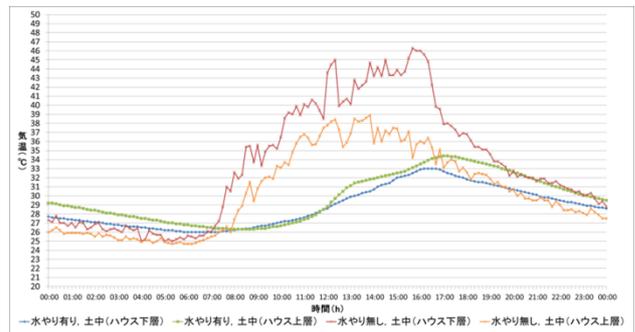


図 3.3.3. 水やりの有無による土中温度変化

実験で取得された環境データから、ハウス内の気温がトマトの生育に適切であるとされている 40[°C]を超えているため、温度上昇への対策が必要であることがわかる。気温の上昇は、太陽の直射日光により上昇しているものだと考えられるため、ハウス正面と両側面に簾を付け直射日光を防ぐこと、また、そのときの環境変化を図 3.3.4 に示す。

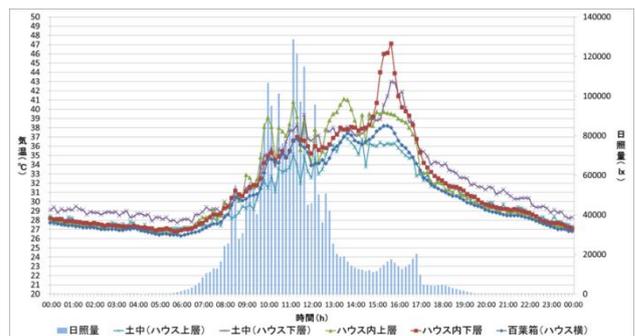


図 3.3.4. 簾を付けた場合の環境変化

簾を付けることによって 7 月 9 日の環境変化 (図 3.3.1) と比べると 14 時以降の日照量が減少しているが、室温や土中温度では簾の有無にかかわらず同じ急激な上昇が見られる。日照量を減らすことにより気温をある程度抑えることができるが、急激な温度変化は抑えられていない。これはハウス内における空気の流れが悪い事が原因であると考えられる。そこで、図 3.3.5 に示す通り、ハウスの前後左右のビニールを開閉できるようにし、風通しを良くする対策を施す。その結果、得られた環境変化を図 3.3.6 に示す。

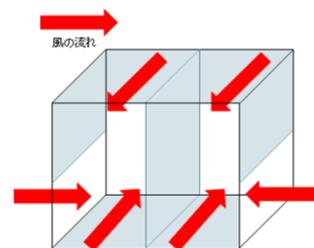


図 3.3.5. ハウスの風通し

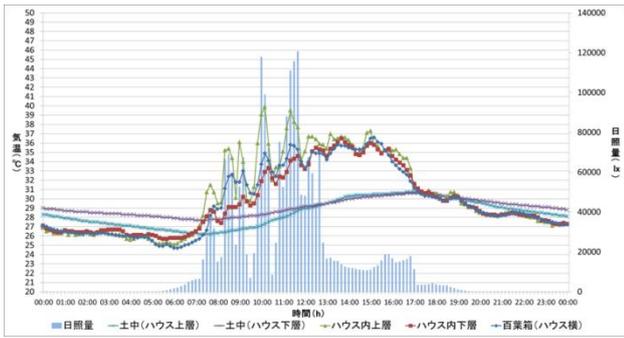


図 3.3.6. ビニール開閉による環境変化

図 3.3.6 に示す様に、ハウス内の風通しを良くすることによってトマトの生育適正温度の 40[°C]以内に抑えることができる。

この栽培環境下で収穫されたトマトの重さ、サイズ、断面、糖度、及び pH を計測した結果の一部を表 3.3.7 に示す。

表 3.3.7. 収穫したトマトの一部

収穫日	収穫箇所 (プランター)	重さ [g]	サイズ(横) [cm]	サイズ(縦) [cm]	断面 縦幅	断面 横幅	糖度 [度]	pH
2013/08/09	ハウス右室2段目	39.0	14.0	13.5	4.0	4.0	6.98	4.1
	ハウス右室3段目	45.0	14.0	14.8	3.5	5.0	7.68	4.2
	ハウス左室3段目	44.5	15.0	13.5	4.0	4.5	8.58	4.1
	ハウス左室4段目	43.5	14.0	14.0	4.5	4.5	9.50	4.2
2013/08/20	ハウス左室4段目	28.5	12.0	12.0	3.0	4.0	8.42	4.2
	ハウス左室1段目	46.0	16.0	14.5	3.3	4.5	8.74	4.3
	ハウス左室1段目	37.0	14.5	13.0	3.5	4.7	7.32	4.1
	ハウス左室2段目	37.5	13.3	13.0	3.5	4.0	9.96	4.2
2013/08/27	ハウス右室1段目	32.5	13.5	13.0	3.5	4.0	8.20	4.4
	ハウス右室2段目	29.5	13.0	12.5	3.0	3.5	8.22	4.4
	ハウス右室2段目	22.0	12.0	10.5	2.8	3.8	9.46	4.3
	ハウス右室4段目	32.0	13.2	12.1	3.5	3.8	8.00	4.2
	ハウス右室2段目	28.5	11.5	12.1	3.9	3.8	9.44	4.1
	ハウス右室2段目	50.5	15.4	15.2	3.5	4.7	7.70	4.2
	ハウス左室2段目	39.5	14.1	13.0	3.3	4.2	8.30	4.5
	ハウス左室1段目	30.5	12.2	12.2	4.0	3.9	10.06	4.2
ハウス左室1段目	33.0	12.5	13.0	3.9	3.9	7.80	4.1	

共同でハウスを使用している青木研究室による「オゾンを用いた殺虫・殺菌の研究」のためハウスの中心から2つに分け、部屋を2つ作成し、左室を通常育成、右室をオゾン適用育成とし、それぞれ「ハウス右室」、「ハウス左室」と呼ぶ。一般に、トマトの糖度は4度から6度であり、フルーツトマトと呼ばれる品種の糖度は7度から10度であることが知られている。本研究で用いたトマトは、フルーツトマトの品種では無く、通常の玉様トマト麗華の糖度は4度であるが高い糖度を持つものが収穫された。これは、ハウス内の気温が、トマトの生長に最も適切であるとされている 30[°C]を超える厳しい栽培環境下で育成されたことによって糖度が上昇したと考えられる。トマトの計測に用いた機器を表 3.3.8 に示す。

表 3.3.8. 計測機器一覧

機器名	仕様		測定回数
	測定範囲	測定精度	
ポケット糖度計PAL-1	Brix: 0.0-53.0% 温度: 9.0-99.9°C	Brix: ±0.2% 温度: ±1°C	5回
デジタルpHメーター DPH-2	0.0-14.0pH	±0.1pH	5回
デジタルクッキングスケールKD-196	2000g	±1.0g	1回

## 4. いちご栽培環境データ収集実験

### 4.1 実験の目的

本実験では、冬季期間中の育成に影響を与える環境要因を特定するため、環境データを分析することを目的とする。

なお、この実験には、低温での育成に適しているいちごを栽培する。

### 4.2 実験装置と実験方法

本実験における実験装置の構成、センサの設置位置、ハウス作成用資材、実験で使用するセンサの種類、及び収集するデータの種類の、5.2節に示されているものと同様である。また、ハウス内のプランター設置図を図 4.1.1、苗の位置を図 4.1.2 に示す。

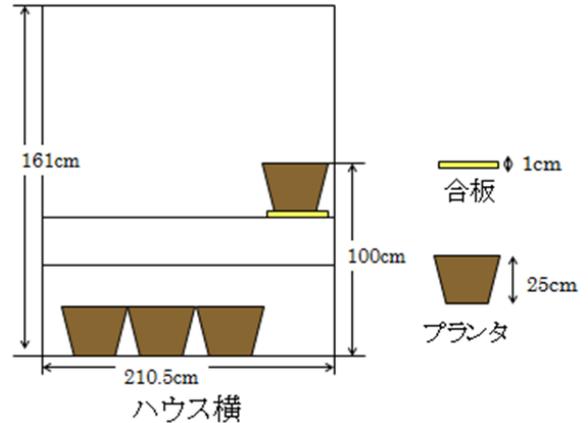


図 4.2.1. プランター設置図



図 4.2.2. 苗の位置

本実験ではプランターの高低差がトマトの場合と違う。これは、共同研究で西傘田が行う「ネットワークカメラによる農作物栽培環境情報の取得とその有効性の検証」でプランターを2段目、3段目まで高さをつけると撮影の妨げになることから4段目だけ高さをつけて設置している。また、トマトの実験で輻射熱の影響により、ハウス下層の気温が高いことが判明し、作物の成長促進のため輻射熱を栽培に活かしているためである。そして、苗の定植位置と本数がトマトの場合と違うのは、トマトは縦に成長していくがいちごは横に成長していくためである。このハウス内で平成25年10月12日から8本のいちごを育成しながら、環境データをセンサで継続的に計測してサーバに蓄積する。

### 4.3 実験の結果と考察

図 4.3.1 に、データ収集実験で記録された 2014 年 1 月 16 日 0 時から 24 時の室温、気温、土中温度、日照量、及び熊本市の気温[1]をグラフで示す。

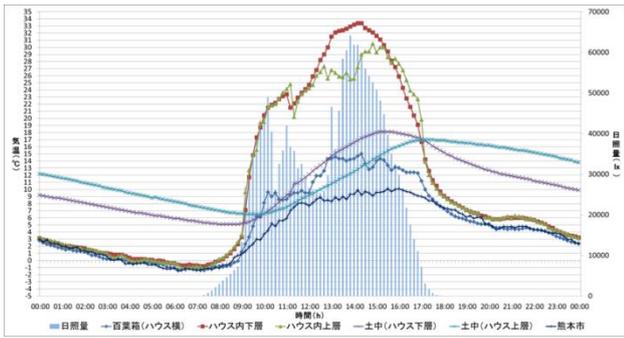


図 4.3.1 1月16日の気温と日照量の推移

このグラフから、栽培環境の特徴として、ハウスを密閉することにより、輻射熱の影響を受け室温が高くなる。また、9時から16時まではハウスの下層の室温や土中温度がハウス上層より高くなる。更に、冬季期間中の土中温度は天候の変化に影響するが、図 4.3.2 と 4.3.3 の様に別日でも一定の温度を保っている事がわかった。

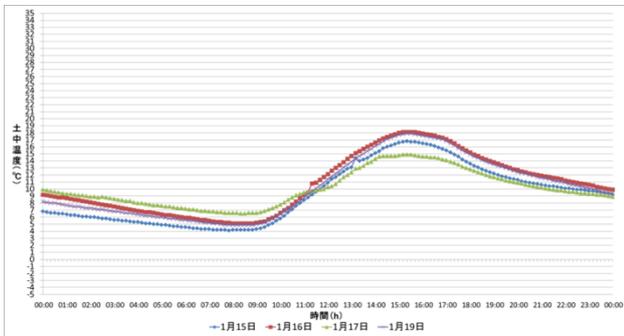


図 4.3.2. 土中温度 (ハウス下層)

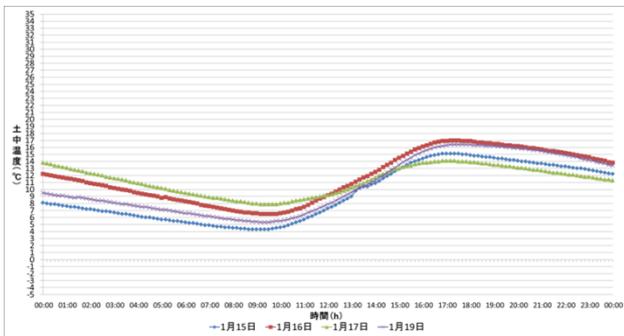


図 4.3.3. 土中温度 (ハウス上層)

この栽培環境で育てられ収穫されたいちごの糖度と重さを調査する。20 個以上のいちごに対して、調査した結果、最低糖度が 11 度、最高糖度が 18 度、平均糖度は 13.4 度であり、重さは最低が 3[g]、最高が 13[g]であった。本実験で栽培を行った「さちのか」は小粒果が発生し易い品種であり、一般の重さは 10[g]から 20[g]、糖度は 10 度である。また、品種によって違いは有るが、昼と夜の温度差が高いほど甘くなる傾向がある。本栽培実験では、小粒果が発生したが、糖度は一般の物より高くなった。これは、農家は一般にハウス内で暖房機器を使用して、ハウス内の気温を一定に保つ栽培方法を行っているが、本実験では、暖房機器を使用せず栽培を行っているため、図 4.3.1 の様に、昼夜の温度

の差が大きいことやハウス内の気温が氷点下になり、果実が凍結しないように糖度を高めたからだと考えられる。

## 5. 栽培環境データの視覚化による分析

### 5.1 月ごとの環境特性

本実験で取得した環境データの月ごとの環境の変化について分析を行う。本分析では、蓄積された環境データを昼の天気概況が晴れの日と雨の日で分け、気温、土中温度、及び日照量の値を平均化する。分析に使用する環境データには、夏季期間の 7 月と 8 月、及び冬季期間の 1 月のデータを使用する。

簡明な晴れの日・雨の日を表 5.1.1 に示す。

表 5.1.1. 晴れ・雨の日の日数

月	日数	
	晴れの日	雨の日
7月	9日	7日
8月	15日	12日
1月	6日	2日

図 5.1.2 と 5.1.3 に 7 月、図 5.1.4 と 5.1.5 に 8 月、及び図 5.1.6 と 5.1.7 に 1 月の晴れの日と雨の日の気温、土中温度、及び日照量のグラフを示す。

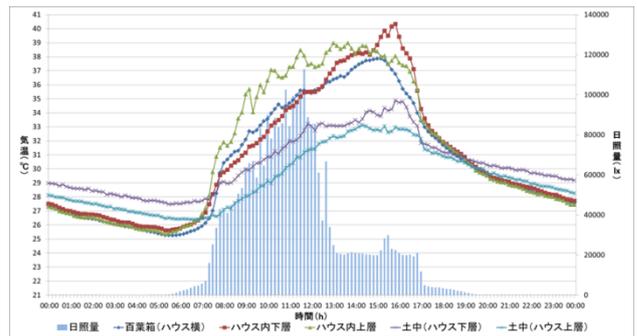


図 5.1.2. 7月晴れの日

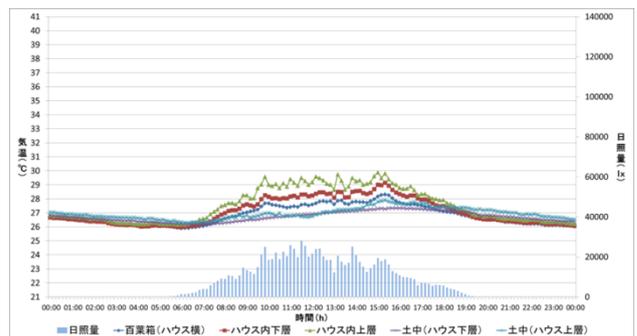


図 5.1.3. 7月雨の日

7 月の晴れの日、15 時以降にハウス内下層の急激な気温上昇が見られる。12 時以降から日照量が減少している。これは、ハウスに簾を付けたことによるものである。7 月の晴れた日のハウス内の気温は上昇しやすく、高温対策を行わなければならない。一方、雨の日、気温が 30[°C] 以下に抑えられている事がわかる。

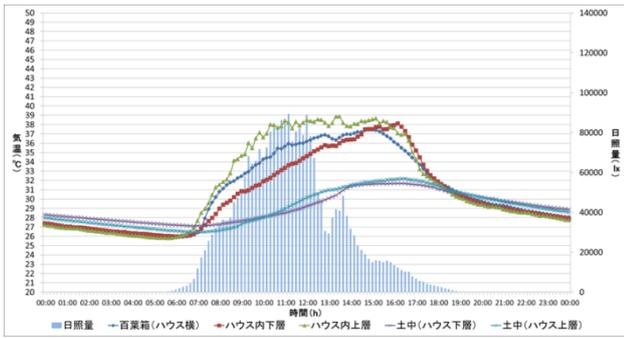


図 5.1.4. 8月晴れの日

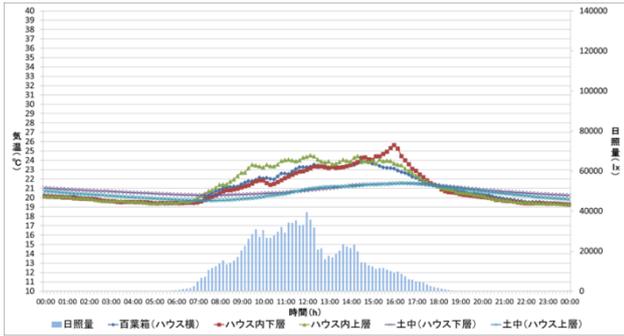


図 5.3.5. 8月雨の日

8月には7月に高温対策を行ったことから、急激な気温上昇が見られない事がわかる。しかし、平均化せず1日毎の環境変化を見ると、急激な気温上昇が起こった日もあり、特徴的な変化を欠落させる。

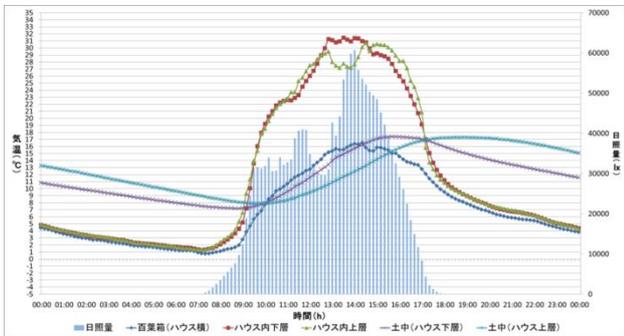


図 5.3.6. 1月晴れの日

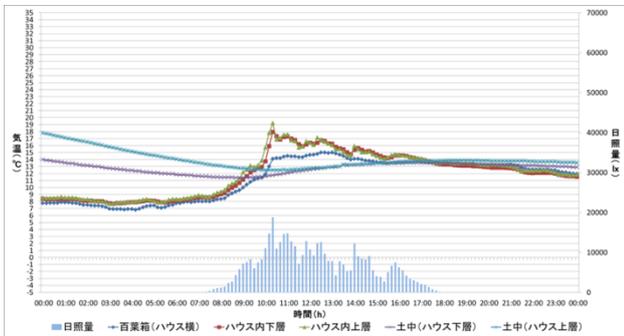


図 5.1.7. 1月雨の日

冬季期間中の土中温度は、晴れた日や雨の日でも一定の温度を保っている事がわかる。本実験の期間中は、温かい日が多く、霜が発生する3[°C]以上を保っている事がわかる。

## 6. おわりに

本研究では、土地特有な環境変化の発見と農作物にどのような影響があるかを目的とした農業環境予測システムの実現を目指し、農作物の栽培環境データ収集実験を行った。収集したハウス栽培環境データから、信頼性の高い気温、湿度、及び土中温度の計測ができ、幾つかのデータに育成環境特有の値を見出すことができた。夏季期間中の農作物の影響では、タイル面に設置しているプランターとタイル面から100cmの高さを付けて設置しているものと成長の差がでており、タイル面に設置しているプランターの方が、早く枯れることが分かった。これは、タイル面が太陽から暖められて高温状態が続き作物に負荷が掛かり続けたと考えられる。冬季期間中の土中温度は一定の温度を保っていることがわかった。取得された環境データを平均化して月毎の分析を行った。平均化することにより、簡易に環境の変化を見ることが出来た。しかし、1日毎の特徴的な環境変化を欠落させてしまう事がわかった。

本研究では、データ解析を手動で行った。データ解析を自動化し、より詳細な分析方法を確立することにより、環境の変化を予測することができる。また、相互に関係する環境要因を見つけだし、必要最小限のデータのみを扱うことにより、センサの設置にかかるコストを削減できる。今後の課題として、正確な日照量の収集方法の確立、データの自動蓄積、データの自動分析、適切なデータの分析方法、環境特有な変化と農作物の関係を発見することが挙げられる。

## 参考文献

- [1] 安永優仁朗, 農業技術共有システムの構築-センサを用いた栽培環境データの収集と分析, 卒業論文, 崇城大学, 2013年.
- [2] 気象庁, 気象統計情報  
<http://www.jma.go.jp/>
- [3] 富田秀樹 編著, データマイニング入門 -R で学ぶ最新データ解析-, 東京図書, 2008年.
- [4] 椎葉優希, 農作物栽培環境データの収集と活用, 卒業論文, 崇城大学, 2014年.