

平成 30 年度
学士学位論文

**IoT 用低速回線のための
農業用監視カメラシステム**

**IoT Agricultural Surveillance Camera System for
Narrow Band Wireless Network**

1190358 畠山 友華

指導教員 吉田 真一

2019 年 2 月 28 日

高知工科大学 情報学群

要 旨

IoT 用低速回線のための 農業用監視カメラシステム

畠山 友華

近年，デバイスの普及やデータのクラウド化に伴って多種多様な用途での IoT 化が進んでいる．本研究では，農業分野における IoT に着目して，一般農家に対して安価に導入しやすいシステムの構築に取り組んだ．

農業における IoT 導入の背景として，農家や法人の農業経営体数は減少傾向にある一方で，農業経営体のうち法人の販売目的による組織的経営体数は増加傾向にある [1]．このことから，農業を組織的な事業サービスとしての割合が高まっている．このような農業経営の変化から，より一層農作業の省力化・効率化が求められている．一方で，一般農家では，導入コストの問題がスマート農業の普及を阻害している．このことから，法人向けではなく一般農家に対して，安価に導入可能な低速回線でも利用できる IoT システムが重要であると考える．

本研究では，機器や通信費が低コストで実現可能な IoT を用いた畑の監視システムの構築を行う．本システムは畑に安価な端末を置き画像を取得し，安価な低速回線で効率よく画像を転送するものである．IoT 通信規格にある IoT の通信速度は 32kbps～2Mbps であり回線速度は非常に低速である．また，データ送信の際に画像データサイズのバイト数が大きく時間や価格に負担がかかってしまうという問題があった．そのため，低速回線でも十分に取得可能な作物状態の撮影を目的として，データ送信の際に差分画像を用いることで転送容量の削減を目指す．転送容量の削減を行うことはコストの削減にもつながる．

キーワード IoT, スマート農業, 画像データ通信, 監視システム, 転送容量削減

Abstract

IoT Agricultural Surveillance Camera System for Narrow Band Wireless Network

Hatakeyama Yuka

In recent years, with the spread of devices and the clouding of data, IoT in various applications has progressed. In this research, focusing on IoT in the field of agriculture, we worked on the construction of a system that can be easily introduced to general farmers inexpensively.

As the background of the introduction of IoT in agriculture, while the number of farmers and business owners is on the decline, the number of organizational managers by the purpose of sales among corporations is on the rise. Because of this, the proportion of agriculture as an organized business service is increasing. From such a change of agricultural management, further labor saving and efficiency improvement of agricultural work are required. On the other hand, in the case of ordinary farmers, the problem of introduction cost hinders the spread of smart agriculture. From this, I think that IoT systems that can be used even for low-speed networks that can be installed inexpensively are important for general farmers, not for corporate use.

In this study, we will construct a field monitoring system using IoT, which can realize low-cost equipment and communication costs. In this system, an inexpensive terminal is placed in the field to acquire an image, and an image is efficiently transferred by an inexpensive low-speed line. The communication speed of IoT in the IoT communication standard is 32 kbps to 2 Mbps, and the line speed is very low. In ad-

dition, there is a problem that the number of bytes of image data size is large at the time of data transmission and the burden on time and price is incurred. Therefore, we aim to reduce the transfer capacity by using the difference image at the time of data transmission for the purpose of photographing of the crop condition that can be acquired sufficiently even on the low speed line. Reducing the transfer capacity also leads to cost reduction.

key words IoT, smart Agriculture, Image data communication, monitoring system, Transfer capacity reduction

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	農業 IoT の取り組み	4
2.1	RaspberryPi による異常通知と農業支援	4
2.2	人感センサ付き Web カメラによる農作業判別	5
2.3	果実生育情報の抽出	5
第 3 章	提案システム	6
3.1	システム概要	6
3.2	使用機器とメリット	6
3.2.1	Raspberry Pi	7
3.2.2	Web カメラ	7
3.2.3	通信モジュール	7
3.3	システム全体構成	9
3.4	画像データ取得システムの流れ	9
第 4 章	画像データ検証	11
4.1	画像データサイズ	11
4.2	転送容量の削減	12
4.2.1	単純差分処理	13
4.2.2	RGB 差分処理	13
4.2.3	平滑化適用差分処理	13
4.2.4	平滑化とヒストグラム平坦化の併用	14
第 5 章	検証結果	16

目次

5.1	単純差分処理	16
5.2	RGB 差分処理	17
5.3	平滑化差分処理	18
5.4	平滑化とヒストグラム平坦化の併用	19
5.5	全データサイズ比較	20
第 6 章	まとめ	21
	謝辞	22
	参考文献	25
付録 A	実際のシステム	26
付録 B	各差分処理画像	27
B.1	RGB 差分処理画像	27
B.1.1	カラーチャンネル R の差分処理画像	27
B.1.2	カラーチャンネル G の差分処理画像	27
B.1.3	カラーチャンネル B の差分処理画像	28
B.2	平滑化	28
B.2.1	平滑化画像	28
B.2.2	平滑化差分処理画像	29
	R 値差分画像	29
	G 値差分画像	29
	B 値差分画像	30
B.3	平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理画像	30
B.3.1	平滑化とヒストグラム平坦化併用画像	30
B.3.2	平滑化とヒストグラム平坦化の差分処理画像	31

目次

R 值差分画像	31
G 值差分画像	31
B 值差分画像	32

目次

1.1	ナス農家の1日の仕事の割合	2
3.1	SORACOM Canal プライベート接続サービス	9
3.2	システムの全体構成	10
4.1	時刻 a の取得画像	11
4.2	時刻 b の取得画像	11
4.3	時刻 c の取得画像	11
4.4	データサイズの傾向	12
4.5	単純差分処理算出方法	13
4.6	RGB 差分処理	14
4.7	平滑化差分処理	14
4.8	平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理	15
5.1	時刻 a の単純差分画像	16
5.2	時刻 b の単純差分画像	16
5.3	時刻 c の単純差分画像	16
5.4	RGB 差分処理を行ったデータサイズ傾向	17
5.5	平滑化差分処理を行ったデータサイズ傾向	18
5.6	平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理を行ったデータサイズ傾向	19
A.1	システム全体の様子	26
A.2	簡易設計したシステム	26
B.1	時刻 a の R 値差分画像	27
B.2	時刻 b の R 値差分画像	27

図目次

B.3 時刻 c の R 値差分画像	27
B.4 時刻 a の G 値差分画像	28
B.5 時刻 b の G 値差分画像	28
B.6 時刻 c の G 値差分画像	28
B.7 時刻 a の B 値差分画像	28
B.8 時刻 b の B 値差分画像	28
B.9 時刻 c の B 値差分画像	28
B.10 時刻 a の平滑化画像	29
B.11 時刻 b の平滑化画像	29
B.12 時刻 c の平滑化画像	29
B.13 時刻 a の R 値差分画像	29
B.14 時刻 b の R 値差分画像	29
B.15 時刻 c の R 値差分画像	29
B.16 時刻 a の G 値差分画像	30
B.17 時刻 b の G 値差分画像	30
B.18 時刻 c の G 値差分画像	30
B.19 時刻 a の B 値差分画像	30
B.20 時刻 b の B 値差分画像	30
B.21 時刻 c の B 値差分画像	30
B.22 時刻 a の併用画像	31
B.23 時刻 b の併用画像	31
B.24 時刻 c の併用画像	31
B.25 時刻 a の R 値差分画像	31
B.26 時刻 b の R 値差分画像	31
B.27 時刻 c の R 値差分画像	31
B.28 時刻 a の G 値差分画像	32

図目次

B.29 時刻 b の G 値差分画像	32
B.30 時刻 c の G 値差分画像	32
B.31 時刻 a の B 値差分画像	32
B.32 時刻 b の B 値差分画像	32
B.33 時刻 c の B 値差分画像	32

表目次

1.1 IoT 通信規格例（文献 [3] を参考に作成）	2
5.1 転送容量比較	20

第 1 章

はじめに

近年 IoT の応用が広がっている。IoT とは、Internet of Things(モノのインターネット) という意味である。本論文では、IoT の中でも特に農業分野に着目した。IoT の普及には、クラウドの普及によりサーバなどのインフラ設備が安価になったこと、ビッグデータ分析手法の向上などの背景が挙げられる [1]。

このような背景により、様々な産業の IoT 化が進んでいる。しかし、農業分野においてはまだ IoT 化が進んでいない。一般農業就農者によると、農業 IoT の導入しづらい理由として、導入コストの問題、市販の製品がすべての現場作業には適合しない、電気や水道のインフラが整っていない、という意見がある [2]。

IoT 向け LPWA の各通信規格例を表 1.1 に示す。この表からわかるように、LPWA 等 IoT 向け通信回線では、低消費電力性能が優先され通信速度は低くなっている。また、3G, 4G の携帯電話用回線を用いた IoT 向け通信回線も、一般の携帯電話・スマートフォン向け回線に比較して、安価に使えるようになっている代わりに通信速度は低く抑えられている [3]。そのため、本研究では一般の農家でも容易に導入ができるような IoT システムを構築する。

また、高知県安芸市のナス農家の協力で、図 1.1 のような現状が見られることを確認した。1 日の仕事の割合として、このような作業を毎日行っている。この農家さんは、この作業中の水やりや換気についてシステムで自動化済みということだったが、それでもまだ時間を他が自動化できて時間を削ることができればありがたいとの意見があった。割合として葉の様子や、害虫による害の確認となる、手作業でのナスの手入れの時間がかかっていることが見受けられる。この時間を監視カメラシステムで作物状態を撮影することによって自動化で

表 1.1 IoT 通信規格例（文献 [3] を参考に作成）

システム	SIGFOX	LoRa	Ingenu	LTE Cat-M/NB-IoT
使用周波数	800-900MHz	433MHz, 800-900MHz 等	2.4GHz	免許帯域
通信範囲	数 km ~ 数十 km	数 km ~ 数十 km	十数 km	十数 km
通信速度	0.1kbps	290 ~ 50kbps	19kbps	1Mbps/20kbps, 250kbps

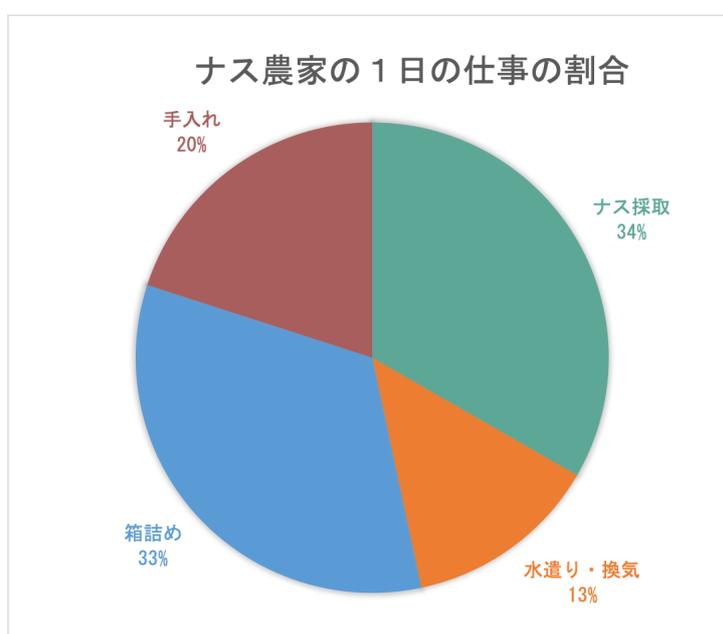


図 1.1 ナス農家の 1 日の仕事の割合

きる作業ではないかと考えた。

これらより，本研究の目的は農作業の自動化による社会課題解決のための安価な監視システムの導入の検討である。また，本システムは作物の状態を確認する監視カメラシステムということで，低コストかつ低速回線での画像データ取得を行う。まず，コスト面に関しては，Raspberry Pi や Web カメラを用いるなど安価な機器を使用することで解決する。次に，低速回線で十分にデータ取得を行うために，様々な方法での転送容量の削減を行う。IoT 用回線では，低速回線かつ従量課金となっている回線が多いため，転送容量を削減することは

作物状態を確認するとともにコストの削減にも繋がると考えたためである。

本論文の構成は、第 2 章で農業 IoT の取り組み事例を述べ、第 3 章にて提案システムについて、第 4 章で画像データ検証について、第 5 章でそれぞれの検証結果を示す。最後に、付録として実際の畑の様子と取得できた差分画像結果について示す。

第 2 章

農業 IoT の取り組み

IoT としての研究はいまだに多くはない。そのため本章では、農業 IoT の参考事例として以下の研究を説明する。

2.1 RaspberryPi による異常通知と農業支援

DEIM Forum 2016 において山岸ら [5] はみかんを対象として Raspberry Pi を用いた異常通知システムと農業支援について研究をまとめている。

提案システムでは、みかんを貯蔵する倉庫内の環境データの取得を目的としてシステムの構築を行っている。低コストで構築するため、Raspberry Pi に温度・湿度センサモジュールや気温センサモジュールを接続し倉庫内の環境データを自動的に収集する。それらより取得したデータを定期的にサーバに送る一連のシステムの構築とデータのグラフ化を行なっている。異常通知には、火災を想定した温度データからの異常検知を行う。観測した温度データが設定した温度を超えた場合に異常通知メールが送られるという仕組みである。

この研究では、Strawberry Linux が独自販売している USB 温度・湿度センサモジュール USBRH を使用している。気圧センサモジュールには、サインスマート社が開発している BMP085 気圧センサを使用、無線通信モジュールには Buffalo 社の Wi-Fi アダプタとモバイルルータを使用し、SIM には SORACOM Air を使用している。

2.2 人感センサ付き Web カメラによる農作業判別

情報教育シンポジウム 2017 において平野ら [6] は、年間 5 万枚を超える農作物・農作業の画像の画像を学習教材として活用するための、画像の撮影時期や画像処理により画像に撮影されている農作業を自動判別するシステムを開発している。また、提案システムでの画像の分類実験を行なった結果、再現率は 100%、適合率は 35.8%と報告している。これを小学校の農業体験学習に活用している。

実際の流れとしては、Web カメラを農地に設置し農地モニタリングシステムを 1 時間に 1 枚自動撮影した農作物の画像を閲覧できるようになっている。人感センサ検知画像には農薬散布などの安全性の問題から自動が体験できない様子も記録されているが、これまでの研究での画像データではメタ情報が付与されずに蓄積されているため授業などで活用されていないということがあった。この研究では、全ての人感センサ検知画像として農作業情報を付与している。取得した画像データを農作業ごとに自動分類することを目的とし、テンプレートマッチングやフレーム間差分法、RGB 値を用いた人感センサ検知画像への農作業情報を付与するシステムを提案している。

2.3 果実生育情報の抽出

農業情報研究 2017 より、源野ら [7] は、高精細画像モニタリングシステムを用いて大量に計測したりんご樹の画像から、果実の生育情報を自動抽出する手法を提案した。

システムとして、2016 年 4 ~ 12 月に計測した 3,281 枚の高精細画像 (RGB) の緑画像 (G) と青画像 (B) を用いて著者らが提案する GBVI (Green-Blue Vegetation) 画像を作成して、背景から葉の領域の抽出を行なった。次に、葉の領域面積比と葉の領域のフラクタル次元を算出し、これらの指標の統計的性質を評価してデータの選別を行って、果実の成長近似を行っている。手動で 6 個の果実から 1,006 回の計測を行なっている。説明変数を選別した結果、大量高精細画像からの果実生育情報の自動抽出が行えることが確認されたと報告している。

第 3 章

提案システム

本研究では、リアルタイム性を備えた畑の農作物監視システムを低速回線によって実現する。本システムの研究対象の畑として、香南市野市町農家の協力を経て構築を行った。本章では、システムの概要とシステムについて説明する。

3.1 システム概要

本研究では、作物の状態確認として作物を監視し、それを画像データとして送信して閲覧・分析できるシステムを提案する。また、農家に導入しやすいシステム実現のため低コストでの構築を目標としている。Raspberry Pi という低価格の小型シングルボードコンピュータを使用し、ネットワーク回線は IoT デバイス向けの SORACOM Air を使用、Web カメラで取得した画像データを AWS 経由で集積し、閲覧・分析を行う。システム構築に伴い、低価格に抑えた低速回線で十分行えるシステムにするため、データサイズによる検証や転送容量の削減を行った。作物の生育状況を確認するシステムを目指しているため、なるべく短い時間で画像取得できることが望ましい。また、低速回線を使用することから、画像の転送容量も小さく抑えることが重要である。

3.2 使用機器とメリット

本システムに使用した機器の詳細とシステムに対してのメリットを以下に示す。

3.2 使用機器とメリット

3.2.1 Raspberry Pi

本システムに使用した Raspberry Pi 3 Model B は、CPU・メモリ・ストレージ等を搭載した Linux 等の OS を microSD にインストールして使用することのできる小型のコンピュータである。Raspberry Pi には、USB ポートや HDMI 端子など豊富な端子を搭載しているため、実現できる用途も多種多様である。また、有線 LAN / 無線 LAN を搭載している。

約 3,300 円～と安価で手軽に手に入ること、小型・軽量でスペースを取らないこと、汎用性が高く使い次第でさまざまな仕組み・機能を実現可能であるということが Raspberry Pi の強みである。

本システムは、畑に設置することからこの小型で軽量の Raspberry Pi を使用した Raspberry Pi は元々は教育に用いられることを想定されており、耐久性、特に屋外で長期間運用する場合について、あまり議論・検証されていない。そこで、Raspberry Pi における懸念である耐久性について確認することも本研究の目的の一部である。

3.2.2 Web カメラ

画像データ取得のために使用した Web カメラは、Logicool C920R HD PRO ウェブカメラであり、価格は 11,380 円となっている。

このカメラの本体サイズは、高さ x 幅 x 奥行き：29mm x 94mm x 24mm である。スペックは最大解像度が 1080p/30fps - 720p/30fps、オートフォーカスで撮影を行った。そのため、高解像度での撮影が可能となる。

3.2.3 通信モジュール

インターネット通信を可能とするための通信モジュールを以下に示す。

USB モデム

SIM の接続を可能にするために、Raspberry Pi に LTE 対応データ通信端末 Huawei

3.2 使用機器とメリット

MS2372h-607 を接続して使用する。対応の SIM カードは標準サイズであり、価格は 9,980 円となっている。

SORACOM Air for セルラー

SIM として SORACOM Air for セルラー を USB モデムに搭載して構築を行った。SORACOM Air SIM の基本料金は 1 日 1 枚 10 円であり、利用料金は 1 MB あたり 0.2 円からの従量課金となっている。また、通信速度は、32 kbps ~ 2 Mbps となっており、本システムでは 2 Mbps のものを使用する。また、ダウンロードよりアップロードデータ、日中よりも深夜時間帯の通信料金が安価に設定されているため、小さなデータを定期的にアップロードし続ける事や、昼の間にため込んだデータを夜間に一括でアップロードするような IoT デバイス向けな料金設定となっている。

プライベート接続サービス SORACOM Canal

SIM を用いただけでは、外部との接続がまだ完了していない。そこで、この SORACOM のプライベート接続サービスを使用する。SORACOM のプラットフォームは、AWS 仮想プライベートクラウド環境 (Amazon Virtual Private Cloud, VPC) に構築されている。この SORACOM Canal では、VPC 間を「VPC ピアリング」という機能を使用し AWS 内で閉じた環境で接続することができる。この仕組みを図 3.1 に示す。利用方法は、AWS アカウントにて VPC を作成し、SORACOM 側のユーザコンソールにて Virtual Private Gateway (VPG) を作成する。作成した VPG に VPC ピア接続を追加し、グループを割り当てるという流れになっている。料金体系としては、VPG のセットアップ料金としての 980 円/回 (税別)、基本料金として VPG 利用料金が 1 時間あたり 50 円 (税別)、VPC ピア接続利用料金が 1 ピア接続・1 時間あたり 10 円 (税別) に加え、SORACOM Air VPG 利用オプションとして VPG に割り当てた Air SIM グループに所属する SIM 数 1 SIM カードあたり 1 日 5 円 (税別) となっている [8]。これにより、インターネット通信をセキュアに行うことができる。

3.3 システム全体構成

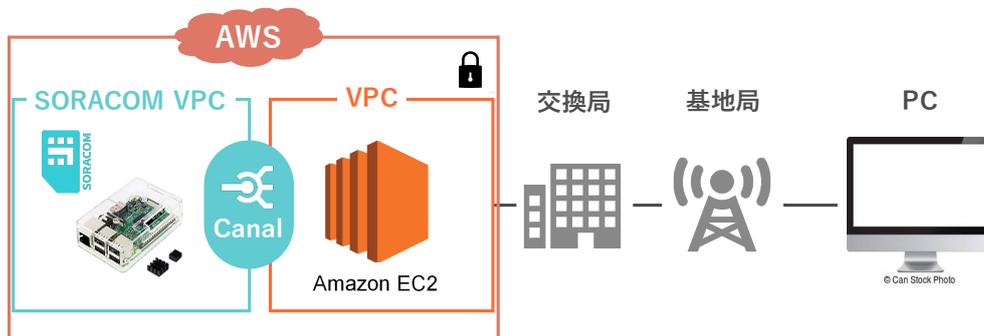


図 3.1 SORACOM Canal プライベート接続サービス

3.3 システム全体構成

システム構成図を図 3.2 に示す。本システムでは、畑側の端末として Raspberry Pi 3 Model B, Web カメラを設置し、通信機器として USB 接続の Huawei MS2372h-607 に SORACOM Air SIM を搭載している。SORACOM Canal (トンネリングサービス) を用いて、畑側の端末で取得した画像データを AWS 上の EC2 に集積している。データ分析を行うには閲覧・分析用 PC からこの EC2 にアクセスして画像データをダウンロードする仕組みとなっている。

3.4 画像データ取得システムの流れ

Web カメラで畑の様子を撮影してから閲覧・分析を行うまでの流れを示す。

- (1) Web カメラで畑の様子を撮影
- (2) Raspberry Pi 上に保存
- (3) 取得した画像を AWS EC2 の指定フォルダに scp 転送
- (4) 画像をローカル PC にてダウンロードし閲覧・分析を行う

3.4 画像データ取得システムの流れ

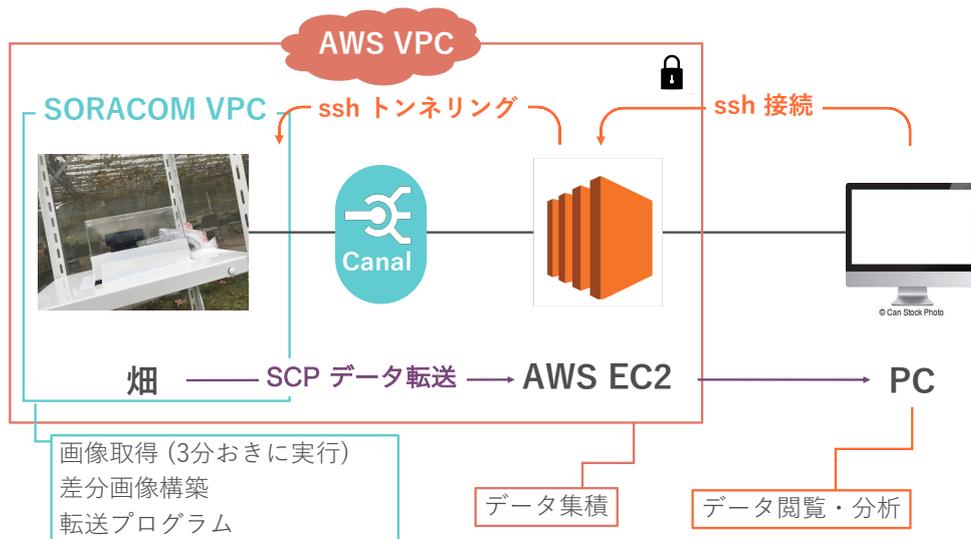


図 3.2 システムの全体構成

この時、Raspberry Pi 上で python で作成した画像データ取得プログラムをスタートアップスクリプトとして登録し常時 3 分おきに実行するよう設定し、画像データを取得している。また、そのプログラム上に scp 転送コードを追加しているため画像を取得する毎に SORACOM Canal によって、AWS を経由して PC に転送する仕組みになっている。ローカル PC からは AWS EC2 に蓄積されたデータをダウンロードする事で画像データが閲覧可能になる。

第 4 章

画像データ検証

2018/11/15～11/29 の 2 週間の画像を用いて検証を行った，このとき，SORACOM の通信速度を一番遅い 32kbps とした．

4.1 画像データサイズ

実際に取得した画像データの一部として図 4.1～図 4.3 に示す．

この画像におけるそれぞれ時刻 a, b, c は，2018 年 11 月 16 日の 7 時 41 分，10 時 47 分，21 時 4 分の画像データである．このときのデータサイズは，それぞれ 299KB, 433KB, 87KB となっている．全データサイズの 2 週間の傾向を図 4.4 に表す．このグラフは，横軸が日付，縦軸がバイト数を表している．データサイズが朝から夜になるに従って上昇下降しているのがわかる．

また，1 枚の平均転送速度は 3.4KB/s であり，平均転送時間は 1 分 40 秒となっている．これらより，データサイズの影響で超低速データ取得となっていた．そのため，IoT 用の低速回線でも十分に取得可能にするためデータサイズの工夫で転送容量の削減を検討する．



図 4.1 時刻 a の取得画像

図 4.2 時刻 b の取得画像

図 4.3 時刻 c の取得画像

4.2 転送容量の削減

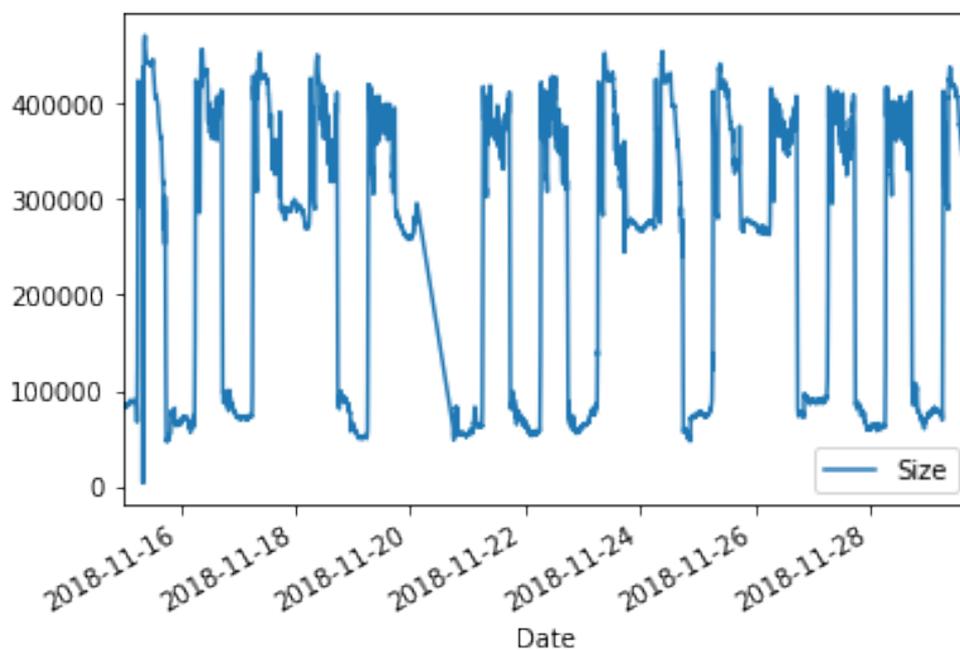


図 4.4 データサイズの傾向

4.2 転送容量の削減

転送容量を削減する方法を検討するにあたって、低速かつ画質の維持をするために本研究では差分量の算出して送信する差分処理を行った。行った差分処理は以下の4つであり、それぞれの結果にて比較を行い転送容量の削減の検討とした。それぞれの方法についてまとめる。

1. 単純差分処理
2. RGB 差分処理
3. 平滑化適用差分処理
4. 平滑化とヒストグラム平坦化の併用での差分処理

4.2 転送容量の削減

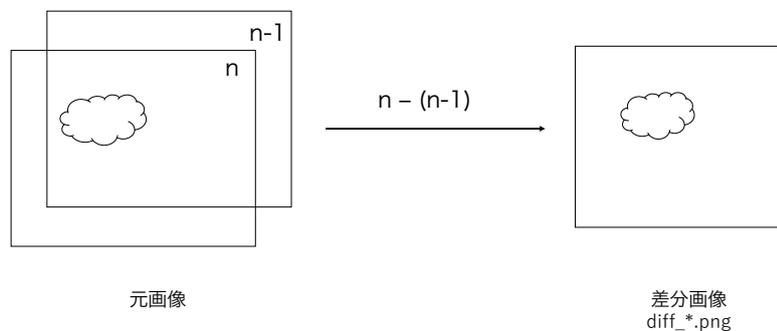


図 4.5 単純差分処理算出方法

4.2.1 単純差分処理

単純に前画像データから差分量だけを算出して送信する方法を図 4.5 に示す。ここでは、画像データを保存しているディレクトリからリストとして画像を読み込み、比較し差分量を差分画像として保存する。グレースケール変換は行っていない。

4.2.2 RGB 差分処理

単純差分処理に加えて、画像の R(赤), G(緑), B(青) 値に分けて差分処理を行う方法も行った (図 4.6)。単純に差分量を算出するだけでなく、それぞれのカラーチャンネルに分けることで、より効果が得られるのではないかと考えた。

4.2.3 平滑化適用差分処理

RGB 差分処理を行っただけでは効果はあまり見られなかったため、画像の位置ズレ補正を行うために、ガウシアンフィルタにて平滑化を施し RGB 差分処理を行う (図 4.7)。

4.2 転送容量の削減

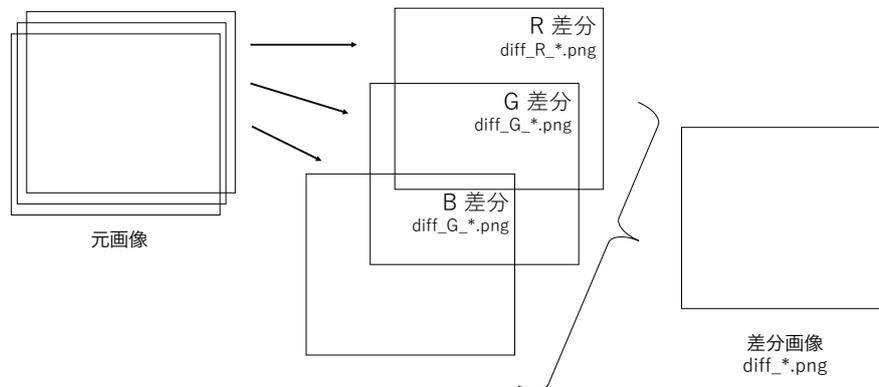


図 4.6 RGB 差分処理

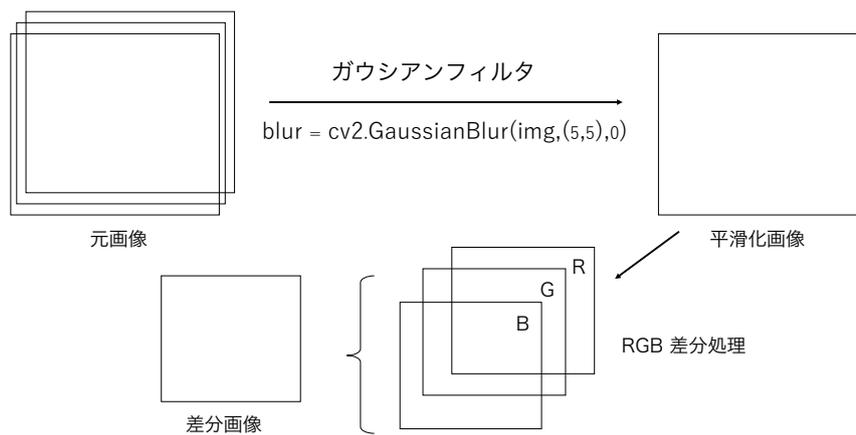


図 4.7 平滑化差分処理

4.2.4 平滑化とヒストグラム平坦化の併用

最後に、画像中の明るさに注目して明るさを標準化させるヒストグラム平坦化を施した。しかし、ヒストグラム平坦化だけでは比較対象として不十分なため、平滑化と併用させた画像を RGB 差分処理を施す (図 4.8)。

4.2 転送容量の削減

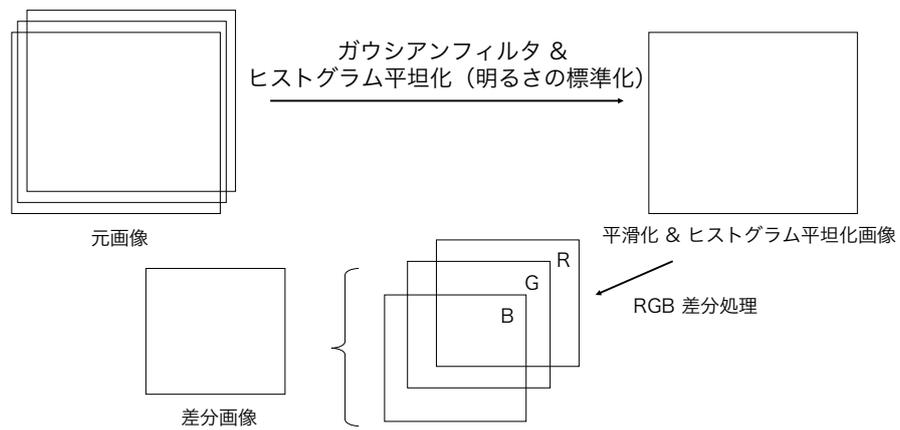


図 4.8 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理

第 5 章

検証結果

前章で示したそれぞれの転送容量の削減を行った結果を本章にて示す。データサイズを転送容量とし、元画像のデータサイズとそれぞれの差分処理後のデータサイズを求め、平均転送容量を比較することで削減率とし検証結果とする。

5.1 単純差分処理

単純に差分処理を行って得られた画像を以下の図 5.1～ 5.3 に示す。

この 3 つの画像のデータサイズはそれぞれ 225KB, 363KB, 134KB となっていた。元画像からのデータサイズを比較してみると、さほど差はなく元画像よりよくなっている場合と悪くなっている場合があることがわかった。これについては、昼の画像の方が明るさも大きく雲や光の変化が見られることからサイズの削減率は高い一方で、夜の画像は暗視対策を行わず撮影を行ったため全体的に暗い画像となってるため画像内の変化はあまり見られなかつ

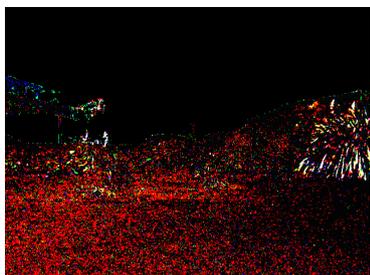


図 5.1 時刻 a
の単純差分画
像

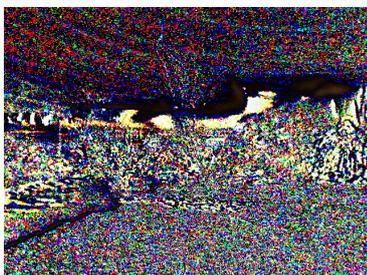


図 5.2 時刻 b
の単純差分画
像

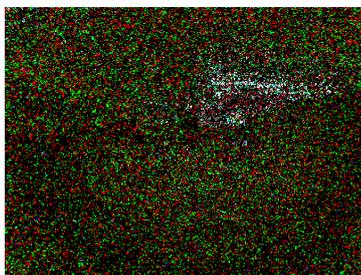


図 5.3 時刻 c
の単純差分画
像

5.2 RGB 差分処理

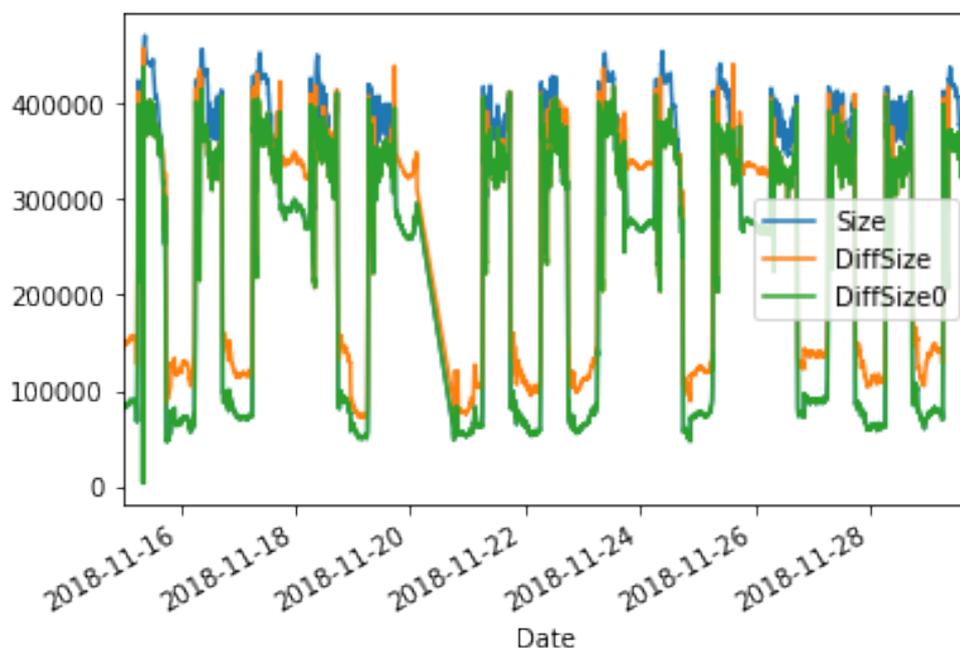


図 5.4 RGB 差分処理を行ったデータサイズ傾向

たからであると考える。

5.2 RGB 差分処理

図 5.4 は、RGB 差分処理を行ったときのデータサイズの傾向を示している。青線 (size) が元画像のデータサイズ、オレンジ線 (DiffSize) が差分処理を行った際のデータサイズ、緑線 (DiffSize0) が両者のデータサイズのより小さい方を適用したものとなっている。本研究の結果としては、より良いものを用いるため、緑線 (DiffSize0) を検証結果として削減率を考える。

このグラフより、昼間の画像は差分処理を行ったものの方が良いものとなっているが、夜間においては単純差分処理同様に差分処理を行ったものの方がよくなっている。また、削減率を出すために元画像の平均転送容量から緑線 (DiffSize0) の転送容量を比較したところ、RGB 差分処理を行った場合の削減率は約 7% であった。

5.3 平滑化差分処理

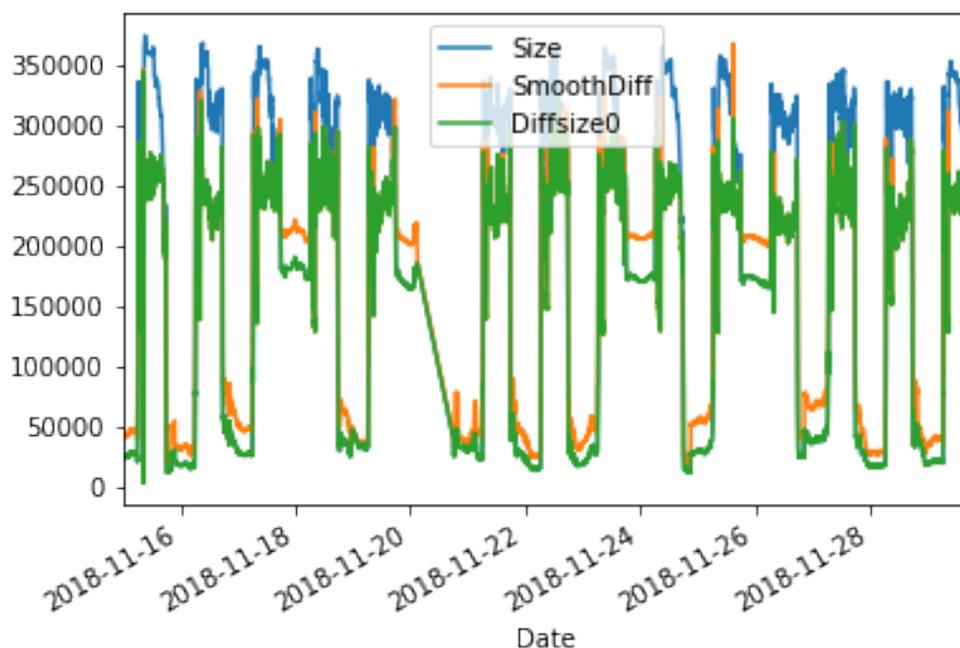


図 5.5 平滑化差分処理を行ったデータサイズ傾向

5.3 平滑化差分処理

図 5.5 は、平滑化画像に RGB 差分処理を行ったときのデータサイズの傾向を示している。青線 (size) が平滑化画像のデータサイズ、オレンジ線 (SmoothDiff) が差分処理を行った際のデータサイズ、緑線 (DiffSize0) が両者のデータサイズのより小さい方を適用したものとなっている。

グラフより、RGB 差分処理を行った結果と比較して、平滑化画像の青線 (Size) より差分処理画像のオレンジ線 (SmoothDiff) の方がデータサイズが小さいものが多いことがわかる。

このときの削減率を求めたところ、元画像から 約 40% の削減効果を得ることができた。また、平滑化画像から差分画像では 約 20% の削減ができていたことがわかった。このことより、平滑化を適用するだけでも本来の画像より削減できているということがわかった。

5.4 平滑化とヒストグラム平坦化の併用

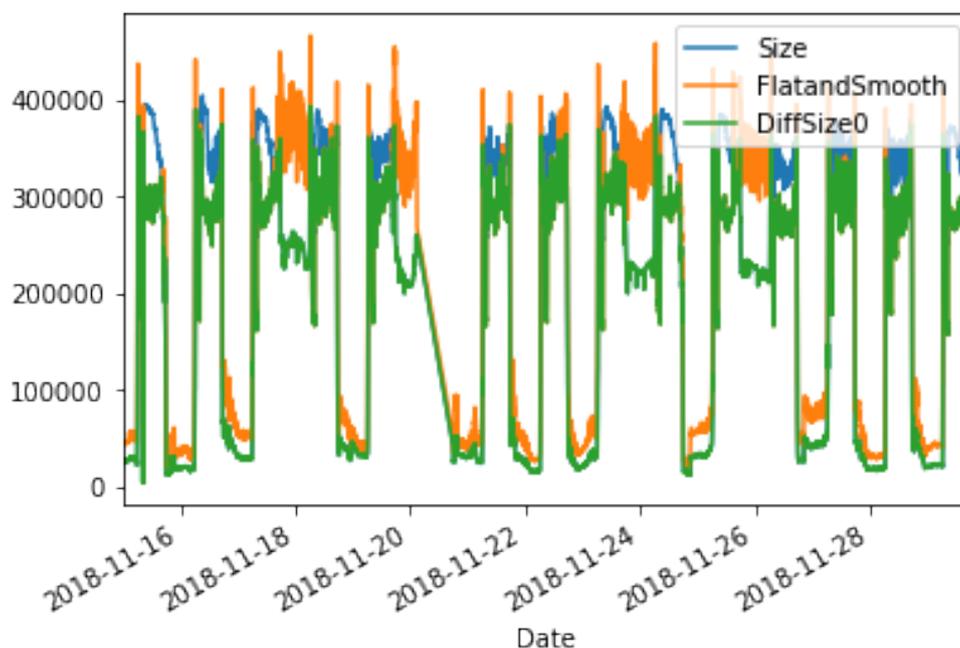


図 5.6 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理を行ったデータサイズ傾向

5.4 平滑化とヒストグラム平坦化の併用

図 5.6 は、平滑化とヒストグラム平坦化を併用させた画像に RGB 差分処理を行ったときのデータサイズの傾向を示している。青線 (size) が平滑化とヒストグラム平坦化を併用させた画像のデータサイズ、オレンジ線 (FlatandSmooth) が差分処理を行った際のデータサイズ、緑線 (DiffSize0) が両者のデータサイズのより小さい方を適用したものとなっている。

このグラフから、差分処理を行った結果と比較して、平滑化とヒストグラム平坦化画像の青線 (Size) より差分処理画像のオレンジ線 (SmoothDiff) の方がデータサイズがところどころ急激に大きくなってしまっているところがある。

このときの削減率を求めたところ、元画像から約 27% の削減効果を得ることができた。また、平滑化とヒストグラム平坦化を併用した画像から差分画像では約 12% の削減ができていたが、これは、平滑化の影響が大きく、ヒストグラム平坦化での効果はあまり見られなかった。

5.5 全データサイズ比較

表 5.1 転送容量比較

画像データ	平均転送容量	削減率
元画像	243KB	—
単純差分処理	254KB	約 -4%
RGB 差分処理	225KB	約 7%
平滑化差分処理	157KB	約 40%
平滑化 & 平坦化	179KB	約 27%

5.5 全データサイズ比較

本章の転送容量削減より得られた各平均転送容量を表 5.1 にて比較する。

単純差分処理での削減率はマイナスの値となっていた。そのため、単純に差分処理だけでなく RGB 差分処理を行うことで削減率を少し上げることができ、平滑化を行うことで大幅に削減することができた。

第 6 章

まとめ

本研究では、IoT 監視カメラによる農作業の自動化を目的として、低速回線で画像取得可能な IoT システムを提案した。コスト面では、IoT 機器として安価なデバイスと IoT に最適化されている SIM である SORACOM を用いることでコスト削減となり低価格で維持可能であるということがわかった。また、転送容量において 4 つの方法を用いて差分量の算出をしたところ、平滑化を行ったものが元画像のデータサイズから 約 40% の削減効果を得ることができた。これは通信料としては半額近く抑えることができるため、この平滑化からの差分処理を用いて画像データ取得を行うことで、低速回線でのシステム運用が可能であるということを示すことができた。また、Raspberry Pi の耐久性については、二週間程度で接続が切れることがあったため、定期的に画像データの確認と機器の様子を確認する必要がある。

本研究により農作業の自動化を行うための監視カメラシステムの構築と転送容量の削減により、低コスト・低速回線での監視カメラシステムの実現ができた。今後の展望として、これらを用いて農業用に特化するために、自動化対象である作物状態を確認するための作物と Web カメラとの距離の工夫や、暗視カメラデバイスなどによる夜間データの活用も検討していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって、高知工科大学情報学群の吉田真一准教授には大変感謝致します。私が就職活動を通してみつけた本研究課題に対して、自研究室で初めての試みということで情報を共有していただき、導いてくださったことがとても心強くありました。吉田准教授自身の活動や研究室配属など忙しいにも関わらず、研究活動や就職活動などに対して学生に親身になってくださいました。また、私が体調を崩したりアルバイトばかりやっていた進めづらかったことに思います。ご迷惑をおかけしましたがありがとうございました。

そして、本研究の副査を引き受けていただいた福本昌弘教授と高田喜朗准教授には深く感謝致します。福本昌弘准教授には、本システムを実際に導入する際の問題点や明確にするべきところなどを的確なご指摘をいただき、本年社会人となる上でとても参考になり胸に刺さるものがありました。ご指摘いただいたことをしっかり意識してこれからの業務で活かして精進していきたいと思います。高田喜朗准教授には、目標値やデータの工夫など根本的な気づけていない点をご指摘いただきとても参考になりました。2年次の実験でも親身になっていただいたこともとても感謝致します。お二方の的確なご指摘のもと研究発表に向けてしっかり考えることができました。

本研究での畑からの画像データ取得に伴い、高知県香南市野市町にある元高知工科大学教育講師である永井氏宅の畑をお借りして撮影を行いました。最初に挨拶に伺った際に、農作業を行う上で大変なことなど貴重な意見を頂戴することができました。畑の場所の提供だけでなく、システム設置のための器具や電源をお借りできたことでスムーズに進めることができましたと感じています。何度かシステムの様子を確認に伺った際でも優しく声をかけてくださり嬉しかったです。また研究発表前の調査として、アルバイト先でお世話になっている高知県安芸市でナス農家の西笛氏にも貴重なお話をお伺いできたことを大変感謝致します。研究発表について悩んでいる際に、実際の農家の方の意見により説得力のあるものになったのではないかと思います。

謝辞

3年次から2年間同研究室の皆様にも大変お世話になりました。笹谷氏は、ちょっとした質問から世間話まで聞いていただけるお兄さんでした。その持ち前の技術とコミュニケーションで研究室のアルソックとして活躍していました。学士で就職活動仲間がいなかった私は、就職活動の共有ができたことが嬉しかったです。中山氏は、研究室のスライドマスターであり私の師匠となる先輩です。スライドやプレゼン技術に感動して、3年次のインターシップ前にスライドセンスを厳しくご教授いただいたお陰で少しずつ自信が持てるようになりました。佐々木氏は、研究室配属前から親しみやすかったお陰で研究室にすぐ馴染めたと思います。研究に行き詰まった際に声をかけてくださり嬉しかったです。領内氏は、研究室のお母さんの存在で困っていることはないかと気にかけてくださり嬉しく心強かったです。3年次に修士2年の方々と学士4年の皆で、研究室内の椅子とベッドを駆使し机を囲んで寝たあの光景を私は忘れません。

修士2年生の方々と同じく学士4年の仲間には2年間お世話になり、多くの時間を共有したことと思います。同学年である澤村氏、三浦氏、半田氏は研究相談や雑談など2年間一緒にいろんな時間を共有しました。澤村氏は、2年次から配属されていて研究室のことも研究知識も頼りになる先輩でした。三浦氏は、気づけば1年次から切磋琢磨していました。就職活動中に研究室活動に協力できず、申し訳なかったと思っています。自分の技術力と同時に髪も変化を遂げているのが今後の見どころです。二人とも来年度から修士生として研究室を引っ張るとともに研究活動も大変になるとありますが頑張ってください。半田氏は、4年間お世話になっているたくましい方です。もっと時間を共有したかったのですが、半田氏のツツコミ力と場を和ませる力には尊敬しています。

同研究室の3年生には、オープンキャンパスなどのイベントに対して積極的に動いていただき出る幕もなく素晴らしい活躍を見せていただきました。野田氏には、技術の大先輩として研究に対して様々な意見をいただき非常に感謝しています。新田氏は、部活動の後輩でもあり研究室でも頼もしく誇らしかったです。ほとんどが大学院進学ということで、皆で協力してこの吉田研究室を継いでいってほしいと思います。

最後に、大学卒業まで金銭面・精神面ともに支えていただいた家族に本当に感謝致します。

謝辞

私自身のやりたいことを挑戦していったのは家族の支えあってです。これからは、社会にでる身として、今まで関わっていただいた全ての方々に感謝をしながら、この研究や学生生活を通して学んだことを胸張って活かしていける大人になれるように頑張りたいです。

参考文献

- [1] 農林水産省, “第1部 食料・農業・農村の動向, 第2章 強い農業の創造に向けた取り組み, (3) 農業経営体数等の動向, ” 平成27年度 食料・農業・農村白書.
- [2] “農業IoTに手を出しづらい理由とは? 就農者とIT技術者をつなぐ農業活用コミュニティ, ” 2019/02/23 閲覧{<http://ascii.jp/elem/000/001/761/1761617/>}
- [3] “ロボット・IoTにおける電波利用の高度化など最新の電波政策について, ” 2019/02/23 閲覧
- [4] 杉山 恒司, 竹之下 航洋, 松浦 真弓, 土本 寛子 “IoT の基本・仕組み・重要事項が全部わかる教科書, ” 2017年, SB クリエイティブ株式会社出版
- [5] 山岸 佑多, 熊坂 瞳, 大塚 真吾 “RaspberryPi を用いた異常通知システムと農業支援, ” DEIM Forum 2016 P6-3
- [6] 平野 竜, 高木正則, 山田敬三, 佐々木 淳 “人感センサ付き Web カメラで撮影された農作業の自動判別システムの開発と評価, ” 情報教育シンポジウム 2017年8月
- [7] 源野広和, 小林一樹 “大量高精細画像からの果実生育情報の抽出, ” 農業情報研究 26(4), 2017. 100-114
- [8] “SORACOM, ” 2019/02/07 閲覧, {<https://soracom.jp>}
- [9] “Raspberry Pi の自作簡易防水ケース (延長電源対応), ” 2019/02/21 閲覧, {<https://karaage.hatenadiary.jp/entry/2016/05/19/073000>}

付録 A

実際のシステム

付録として、実際に高知県香南市野市町にある畑から協力を経てシステムを設置した様子を示す。

システムは、Raspberry Pi などの機器に加えて、ホームセンターや百元ショップで購入した物品による簡易設計となっている。この簡易設計によりどこまで維持可能なのか経過を観察することとした。また、この設計については Raspberry Pi の自作簡易防水ケース [9] を参考に行った。



図 A.1 システム全体の様子

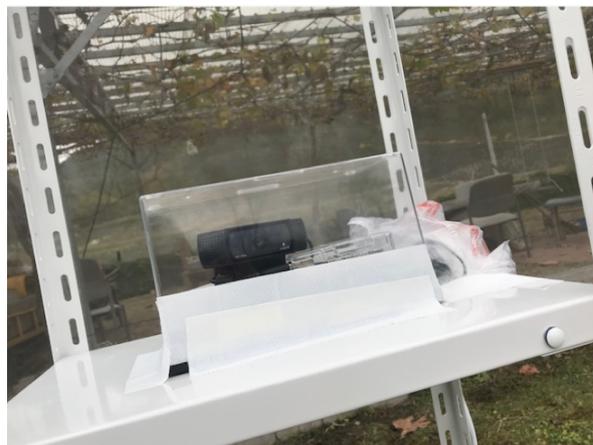


図 A.2 簡易設計したシステム

付録 B

各差分処理画像

付録として，5章にて示した各差分処理を行った画像結果を示す。

B.1 RGB 差分処理画像

RGB 差分処理を行った画像の結果をそれぞれ示す。

B.1.1 カラーチャネル R の差分処理画像

図 B.1～B.3 は，カラーチャネル R 値について差分処理を行った画像である。



図 B.1 時刻 a
の R 値差分画
像

図 B.2 時刻 b
の R 値差分画
像

図 B.3 時刻 c
の R 値差分画
像

B.1.2 カラーチャネル G の差分処理画像

図 B.4～B.6 は，カラーチャネル G 値について差分処理を行った画像である。

B.2 平滑化

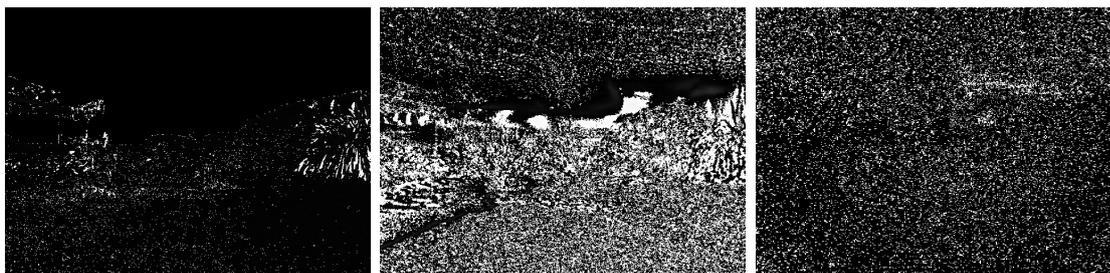


図 B.4 時刻 a
の G 値差分画
像

図 B.5 時刻 b
の G 値差分画
像

図 B.6 時刻 c
の G 値差分画
像

B.1.3 カラーチャンネル B の差分処理画像

図 B.7～B.9 は、カラーチャンネル B 値について差分処理を行った画像である。



図 B.7 時刻 a
の B 値差分画
像

図 B.8 時刻 b
の B 値差分画
像

図 B.9 時刻 c
の B 値差分画
像

B.2 平滑化

平滑化処理後の画像とそれを差分処理した画像を示す。

B.2.1 平滑化画像

図 B.10～B.12 は、平滑化処理を行った画像を示している。

B.2 平滑化



図 B.10 時刻 a の平滑化画像 図 B.11 時刻 b の平滑化画像 図 B.12 時刻 c の平滑化画像

B.2.2 平滑化差分処理画像

平滑化を施し，RGB 差分処理を行った結果の画像を示す．

R 値差分画像

図 B.13～B.15 は，平滑化画像をカラーチャンネル R 値について差分処理を行った画像である．



図 B.13 時刻
a の R 値差分
画像

図 B.14 時刻
b の R 値差分
画像

図 B.15 時刻
c の R 値差分
画像

G 値差分画像

図 B.16～B.18 は，平滑化画像をカラーチャンネル G 値について差分処理を行った画像である．

B.3 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理画像



図 B.16 時刻
a の G 値差分
画像

図 B.17 時刻
b の G 値差分
画像

図 B.18 時刻
c の G 値差分
画像

B 値差分画像

図 B.19～B.21 は、平滑化画像をカラーチャンネル B 値について差分処理を行った画像である。



図 B.19 時刻
a の B 値差分
画像

図 B.20 時刻
b の B 値差分
画像

図 B.21 時刻
c の B 値差分
画像

B.3 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理画像

平滑化とヒストグラム平坦化を併用したときの画像とそれを差分処理した結果を示す。

B.3.1 平滑化とヒストグラム平坦化併用画像

平滑化とヒストグラム平坦化を併用した画像を、図 B.22～ B.24 に示す。

B.3 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理画像



図 B.22 時刻 a の併用画像 図 B.23 時刻 b の併用画像 図 B.24 時刻 c の併用画像

B.3.2 平滑化とヒストグラム平坦化の差分処理画像

平滑化とヒストグラム平坦化の併用した画像を RGB 差分処理した結果を示す。

R 値差分画像

図 B.25～B.27 は、平滑化とヒストグラム平坦化画像をカラーチャンネル B 値について差分処理を行った画像である。



図 B.25 時刻
a の R 値差分
画像

図 B.26 時刻
b の R 値差分
画像

図 B.27 時刻
c の R 値差分
画像

G 値差分画像

図 B.28～B.30 は、平滑化とヒストグラム平坦化画像をカラーチャンネル B 値について差分処理を行った画像である。

B.3 平滑化とヒストグラム平坦化を併用した差分処理画像



図 B.28 時刻
a の G 値差分
画像

図 B.29 時刻
b の G 値差分
画像

図 B.30 時刻
c の G 値差分
画像

B 値差分画像

図 B.31～B.33 は、平滑化とヒストグラム平坦化画像をカラーチャンネル B 値について差分処理を行った画像である。



図 B.31 時刻
a の B 値差分
画像

図 B.32 時刻
b の B 値差分
画像

図 B.33 時刻
c の B 値差分
画像