

農作物生育記録のための高精細モニタリングシステム と高解像度 Web 画像ビューアの開発

High-definition Monitoring System and Web-based Image Viewer for Agriculture

戸田 翔平*¹
Shohei Toda

小林 一樹*¹
Kazuki Kobayashi

小林 史利*²
Fumitoshi Kobayashi

斉藤 保典*²
Yasunori Saito

*¹信州大学 大学院工学系研究科

Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

*²信州大学 工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University

In this paper, we describe a Web-based image viewer for monitoring high-definition agricultural images. In cultivation of crops, physiological data and environmental data are important for increase in crop yields. However, it is difficult for farmers to collect such data day after day. We developed a monitoring system to automatically collect high-definition crop images and a specialized Web-based image viewer for such images. Users can easily observe their detailed crop images through the Internet and easily find the differences among the images.

1. はじめに

農作物の栽培において、増産や高品質化を実現するには作物の生育を的確に把握し、成長や異変に迅速に対応し必要な施肥や防除などを行うことが重要である。しかし、現状では栽培者が気象台から気温・湿度・日射量といった環境データを入手したり、作業日誌を作成しデータの蓄積を行わなければならない。そのような状況に対し、圃場の気象データや作物の生育画像といったさまざまな現場情報をリアルタイムで計測する圃場計測ロボット [Hirafuji 05, López 09] が開発されており、圃場情報を収集しやすくするための取り組みが行われている。

本研究では、このような圃場情報の自動収集システムによって高解像度・高画質な画像を取得し、栽培者が時間経過による果実や葉に起こる変化を把握できる Web 画像ビューアを提案する。ここでは、デジタル一眼レフカメラを用いたモニタリングデバイスを開発し、そこで得られた作物の画像を効率的に閲覧できるシステムを提案する。一般に高解像度画像を Web 上で表示しようとする、情報転送量が多いために動作レスポンスが低下する問題がある。本研究で提案するビューアでは、取得画像を自動的に複数の拡大率に変換し、それらを細かく分割して管理する。そのため 1 回の操作に対する情報転送量が少なくなり、Web アプリケーションの動作レスポンスを向上させることができる。表示画像を縮小することで複数の画像が俯瞰でき、拡大することで 1 つの作物を詳細に観察することが可能である。観察者は、マウスのみを用いた直感的な操作で画像の表示を切り替えることができ、探索的な観察を容易に行うことができる。

2. モニタリングデバイス

図 1 に開発した圃場モニタリングデバイスの外観を示す。本デバイスはデジタル一眼レフカメラ、温湿度センサ、そしてそれらを制御する Linux Box から構成される。Linux Box とは USB-LAN コンバータを改造し Debian Linux と gPhoto2 を動作させたもので、一眼レフカメラの撮影制御や温湿度センサの制御、取得データのアップロードなどを行えるようにした装置である。Linux Box によって、一定間隔ごとにカメラでの撮影と温湿度の自動取得が行われ、画像データのファイル名に連絡先: 戸田翔平, 信州大学工学系研究科情報工学専攻, s.toda@pinokionosato.com



図 1: 一眼レフカメラを用いた高精細モニタリングシステム

撮影時刻と温湿度情報が記載される。その後インターネットを介しサーバへ FTP アップロードされる。

図 2 にシステム構成を示す。測定部にはカメラと温湿度センサ、制御部には Linux box および電源を格納している。インターネットへは外部に設置したモデムとルータに LAN ケーブルを使い接続する。FTP サーバへ送られたデータは、自動的に分割される。分割データは下記に述べる Web 画像ビューアを通してブラウザ上で再構成され、閲覧できる状態になる。

3. Web 画像ビューア

本研究では、ユーザが目視で画像を比較し、作物の生育状態を確認するため、拡大率の変更や表示位置の細かな移動による探索的な観察を行うことができる Web 画像ビューアを開発した。図 3 に、Web 画像ビューアのインターフェースを示す。ビューアには、複数の画像をマウス操作で拡大縮小したり表示位置の変更を行う機能、画像上の任意の位置にコメントを付加しその位置で起こっている事象についての議論を行えるような機能を実装した。以下ではビューアの利点について詳細に述べる。

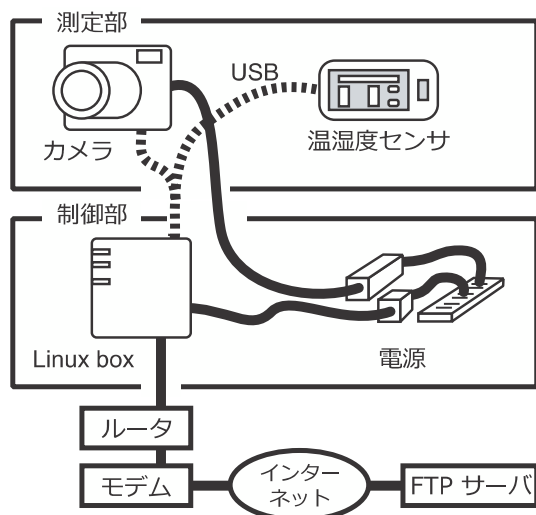


図 2: 圃場モニタリングデバイスのシステム構成



図 4: コメント管理機能

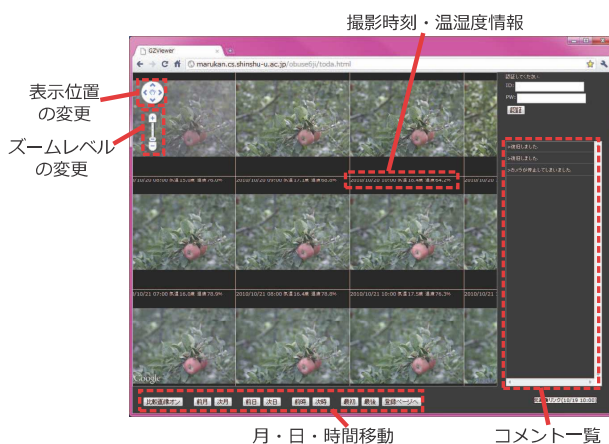


図 3: Web 画像ビューアのインタフェース

3.1 直感的な操作

ユーザは、Google マップと同様にビューアを操作することができる。ビューア上でマウスホイールを動かすことで画像のサムネイル表示と詳細表示とを変更することができ、マウスを垂直方向にドラッグすると同時刻の異なる日付の画像を表示することができる。これによって、ユーザはサムネイル表示から見たい画像を探すことができ、詳細表示によって画像の細部を観察することができる。

3.2 即時応答性

モニタリングシステムによって取得された画像は、ファイルサイズが大きく Web ブラウザ上で表示させるには多くの転送時間が必要になる。そこで開発したビューアでは Google Maps API を利用し、あらかじめ小さく分割した画像を非同期に読み込み Web ブラウザ上で再構成して表示させる方法を採用した。たとえば、画像ファイルをネットワーク経由で閲覧しようとしたとき、通常は画像ファイルの転送が完了してから閲覧可能となる。そのため、画像ファイルの転送完了を待つ必要があり、ファイルサイズが大きいくほど、待ち時間が長くなる。開発したモニタリングシステムで取得した画像は、約 3MB であり、これらの画像を複数枚閲覧しようとしたとき、上記の待ち

時間によって使い勝手を大きく損なってしまふ。本システムではあらかじめ画像を分割しているため表示領域分の分割画像の更新だけで済み、1つの分割画像のファイルサイズは 2KB~10KB 程度であるため高解像度画像であっても情報転送量を削減できる。

3.3 コメント管理機能

画像上の任意の場所にコメントを付加できる機能を実装した。たとえば、ユーザが開花や果実の成長、病気の発生といった変化に気づいたとき、それらをテキスト情報として画像上に記録することができる。図 4 に Web 画像ビューア上でのコメント付加の様子を示す。付加したコメントは右側に一覧として表示され、クリックするとコメントが付与された画像が表示される。コメントの保存はユーザ認証を行った場合のみ可能であるが、閲覧には制限を設けていない。

3.4 Twitter との連携

大きな温度変化が起こった場合や前日の平均温度の情報を自動的に Twitter^{*1}へ投稿する機能を実装した。図 5 に Twitter へ各種情報を配信している様子を示す。情報は、毎朝 7 時に前日の平均気温と平均湿度を配信し、1 時間の間に 3 度以上の気温変化があった場合にも配信する。また、モニタリングシステムが停止し温湿度情報が更新されなかった場合にも配信する。ユーザはこのような配信情報を確認するだけで前日の情報を確認したり、急な温度変化への対応を素早く行うことができる。また、機器が停止した場合にも通知されるため、機器のメンテナンスに有効である。

4. 画像の分割と再構成方法

本研究では、高解像度画像を素早く表示させるために元画像の縮小と分割による手法を採用した。分割画像は Web ブラウザ上でその表示領域が変更されるたびに再構成される。画像の分割には University College London(UCL)が開発した「Google Maps Image Cutter」^{*2} (以下 GMIC) を自動制御

*1 <http://twitter.com/>

*2 <http://www.casa.ucl.ac.uk/software/googlemapiimagecutter.asp>



図 5: Twitter での情報配信の様子

することで実現する。このソフトウェアでは、入力画像を各ズームレベルに応じたサイズに変換後、それぞれ 256px 四方の画像に分割する。たとえば、3888px × 2592px の画像を最大ズームレベルを 3 と設定して分割した場合、256px 四方 (ズームレベル 0)、512px 四方 (ズームレベル 1)、1024px 四方 (ズームレベル 2)、2048px 四方 (ズームレベル 3) の画像に変換する。元の画像が正方形でない場合には、画像の上下もしくは左右に黒塗りの領域を挿入して正方形にする。その後、各変換画像は 256px 四方の画像に分割される。分割画像は、以下で説明する命名規則に従ってファイル名が決定され、保存される。図 6 に分割画像のファイル名の命名方法を示す。ズームレベル 0 では画像は 1 枚だけであり、t.jpg と命名される。ズームレベル 1 では画像は 4 つの正方形に分割され、左上から時計回りに「q」「r」「s」「t」の順に記号が付与される。このとき、直前のズームレベルの記号を引き継ぎ、その記号に続けて今回のズームレベルの記号が付与される。たとえば、ズームレベル 1 の左上の画像ファイル名は、ズームレベル 0 の「t」を引き継ぎ、「tq.jpg」となる。さらに、ズームレベル 2 の左上の画像は、ズームレベル 1 における画像「tq.jpg」の一部分であるため、「tqq.jpg」となる。このように、ファイル名の長さがズームレベルを表し、記号の並び方が配置位置を表す。

図 7 に分割画像の再構成の際の画像間の関係性を示す。図中の座標は Google Maps API での定義により、左上を原点とした分割画像の位置 (枚数) を表している。開発したビューアでは GMIC のビューアとは異なり、複数枚の元画像を一画面に再構成することができる。分割画像は元画像の撮影年月日を付与したフォルダ単位で管理する。従ってビューア上で画像を再構成する場合には、ズームレベルに応じた分割画像の呼び出しと配置とを行う必要があり、撮影年月日時の情報に基づき配置時の基準座標を設定している。この基準座標はズームレベルごとに決まっており、原点から縦横に関わらず元画像一枚につき 2^n (n =ズームレベル) ずつずれていく。たとえば 2010 年 5 月 4 日 15:00 の画像は原点より元画像一枚分横にあり、この図の場合のズームレベルは 3 であるため (8, 0) が基準座標となる。そこをこの座標を基準として、分割画像を配列し再構成している。他の画像に関しても同様の処理を行い、画像を配列している。

5. 圃場での試験運用

開発したモニタリングシステムを露地栽培のリンゴ畑で運用し、Web 画像ビューアを用いて生育状態の観察を行った。モニタリングシステムは 2009 年 8 月 11 日から現在まで継続し

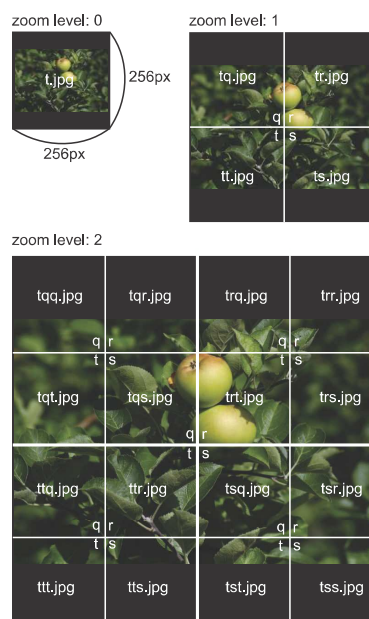


図 6: GMIC におけるタイルの命名規則

て運用し、1 時間ごとにデータを取得している。

図 8 に Web ブラウザ (Google Chrome 10.0.648.151) 上で表示させた様子を示す。画像は一行に一日分の画像が配置され、横方向に 1 時間ごとの画像を表示している。元の画像サイズは 3888 × 2592px であり、カメラの構図はリンゴの実全体が収まるように設定した。任意の場所にマウスカーソルを合わせ、マウスカーソルを動かすことで複数日の様子を俯瞰したり果実一つに着目して詳細な観察を行うことができる。表示を縦方向に移動すると、異なる日付の同時刻の画像が表示されるため、生育状態の比較が容易である。

果実を拡大して観察したところ、果実の大きさの変化や、赤く色づいていく様子、果実の周りの葉が枯れていく様子を確認することができた。また、そのような変化に対しコメントを付与して管理している。このように観察者が気づいた事や考えをコメントとして蓄積していくことができるため、栽培に関する議論を行うための最低限の機能が備わっている。

Twitter での配信情報により、モニタリングシステムの停止をすぐに確認することができた。このように観察者がビューアを確認できないときでも、機器の動作状況を容易に知ることができる。

6. 考察

本研究では生育データと環境データの自動取得を行い、閲覧者の目視による観察や比較を支援する Web アプリケーションの開発を行った。生育状態の評価は栽培者の主観によるところが大きく、自動評価に関する研究もあるが [Urena 01, Boissardz 08], 栽培品種に強く依存してしまうためシステム開発が難しい。また、一般に栽培者は自分の目で作物を観察することを好む傾向があるため、このような俯瞰画像と詳細画像をシームレスに閲覧できるシステムの果たす役割は大きいと考えられる。

システムの停止情報は Twitter を用いて配信し、ビューア以外での確認を容易にした。栽培者は日中に屋外で作業している場合が多いため、携帯端末などで確認できる手法は機器のメンテナンス性を向上させるのに有用であると考えられる。



図 8: 開発した Web 画像ビューアでの観察の様子

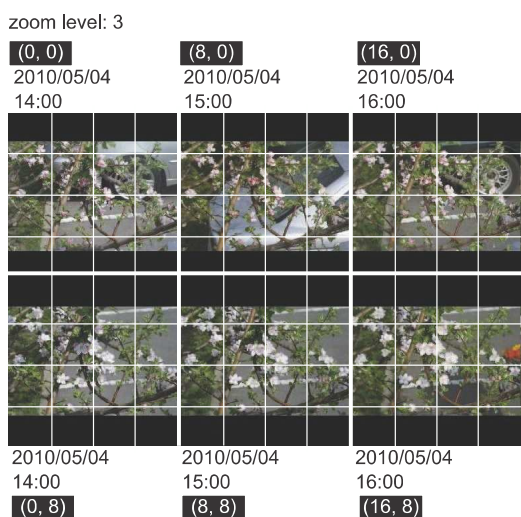


図 7: Web ブラウザ上での分割画像の再構成

今後は栽培物の成長の速度に合わせ観察できるようにするため、時系列表示を任意の期間に短縮するという表示機能の充実を図る必要があると考えられる。また、実際に本システムを就農者に使用してもらい、作業日誌としての実用性やコメント付与機能によるコミュニケーションの有用性を検証する必要がある。

7. まとめ

高解像度かつ高画質な圃場画像を任意の時間間隔で自動取得するデバイスと、その時系列画像を Web 上から容易に比較・観察可能な画像ビューアを開発した。開発したビューアではあらかじめ画像をズームレベルに応じたサイズに変換し、それらを正方形画像に分割する方法を採用した。これにより、画像全体を転送する必要はなく、表示領域の画像のみを転送できる。その結果、Web アプリケーションのレスポンスを向上させ軽快な動作を実現した。開発したビューアで露地栽培のリンゴを観察したところ、果実の日付や時間ごとの変化の様子を俯瞰

しながら時系列で追ったり、拡大することで実の色づき具合といった表面の様子を詳細に観察したりすることができた。今後、就農者に本システムを使用してもらい機能の強化に取り組む予定である。

8. 謝辞

本研究の一部は総務省戦略的情報通信開発制度（SCOPE, 課題番号 102304002）により実施されました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [Hirafuji 05] Hirafuji, M., Yoichi, H., Wada, M., Fukatsu, T., Kiura, T., Shimamura, H., Hu, H., and Ninomiya, S.: Field server: multi-functional wireless sensor network node for earth observation, in Proc. of international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 304–304 (2005)
- [López 09] López Riquelme, J., Soto, F., Suardíaz, J., Sánchez, P., Iborra, A., and Vera, J.: Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain, in Proc. of Computers and Electronics in Agriculture, Vol.68, No.1, pp. 25–35 (2009)
- [Urena 01] Urena, R., Rodríguez, F., and Berenguel, M.: A machine vision system for seeds quality evaluation using fuzzy logic, Computers and Electronics in Agriculture, vol.32, No.1, pp. 1–20 (2008)
- [Boissardz 08] Boissard, P., Martin, V., and Moisan, S.: A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops, in Proc. of Computers and Electronics in Agriculture, Vol.62, No.2, pp. 81–93 (2008)