

農場観察写真を用いた情報共有システム An Information Sharing System using Farm Inspection Images

石原 正樹^{*1}
Masaki ISHIHARA

中村 秋吾^{*1}
Shugo NAKAMURA

馬場 孝之^{*1}
Takayuki BABA

杉村 昌彦^{*1}
Masahiko SUGIMURA

遠藤 進^{*1}
Susumu ENDO

上原 祐介^{*1}
Yusuke UEHARA

増本 大器^{*1}
Daiki MASUMOTO

^{*1} 株式会社富士通研究所 ソフトウェア&ソリューション研究所
FUJITSU LABORATORIES LTD. Software and Solution Laboratories

When a farmer shares information about farm situation or incidents with the other farmers, they often use some pictures taken during their farm inspection as the way to communicate visually. However, it actually takes much time for farmers to find the desired image from a large amount of images accumulated every day. Furthermore, the contents of the images are much versatile (e.g. crop images, soil images, and field images), and the content of the desired image depends on the usage scene. Therefore, we develop the system for classification and browsing the images by analyzing its composition or color. And then, we verified availability of our system by feasibility study on checking the growth situation of crops.

1. はじめに

これまで、農作業の効率化や知識共有を支援する農作業管理システムが数多く開発されてきた。近年では、農作業時に気づいた事象を正確に記録するため、作業者の目としてカメラを利用し、写真や映像撮影を行い、さらに撮影場所や作業内容といった関連情報も関連付けてデータベース化する取り組みが進められている[南石 2011][藤本 2010]。堀らが開発したシステム[堀 2010]では、農作業者は常時カメラ付き携帯電話と GPS ロガーを持ち歩いており、見回り作業時に撮影した写真(以下、農場観察写真)や作業者の位置情報などの関連情報が定期的に携帯電話通信(3G)網を利用してシステムに自動で登録される仕組みになっている(図 1)。

堀らのシステムでは複数の農場を保有する農業生産法人を想定ユーザとしている。農業生産法人のように大規模な農業経営を行っている場合、いかに少人数で多数の農場を管理・運用し、生産性を向上させるかが重要となる。特に農作業で大きな時間を占めるのが、農場見回り作業である。農場見回り作業とは、農作物の生育状況や土壌の様子を定期的に確認をしたり、病害虫や雑草の発生といったリスクを早期に発見するために、管理している農場を見回す作業である。各見回り作業者が確認した農場の状況や気づきを集約し、作業者間でこれを共有することで、他の農場や過去の事例と比べて作物の生育状況や病気などの異常の有無の判断が可能となる。

一方で、日々蓄積される大量かつ多様な農場観察写真の中から、情報共有の内容に合った写真を探す労力が発生する。具体的には、共有したい情報によって利用する農場観察写真の内容が異なることが分かっている。例えば、作物に関する情報共有であれば作物の写真を利用し、農場全体に関する情報共有であれば農場全景を撮影した写真を利用する。

さらに、情報共有をする際には、特定の写真一枚だけではなく、複数の写真と見比べることで様々な知見を見出す。例えば、昨年と今年と同じ積算気温に達した時点での農場全景の写真を見比べることで、発芽状況が例年通りか、それとも不良なのかといった作況を判断している。また、同じ品種の作物を栽培している複数の農場で同時期に撮影された作物の写真を見比べる事で、生育の進みや遅れを確認している。従って、比較対象とする写真一覧を抽出したとしても、それらの写真を撮影日時や積算温度といった様々な基準で揃える労力が発生する。

本稿は、見回り作業の情報共有に掛かる労力を軽減することを目的とし、堀らのシステムをベースに、上記の課題を解決する。具体的には、下記 2 点の要件を満たす農場観察写真の情報共有システムを提案する。

- 農場観察写真を全景や作物などの内容に基づいて分類する機能
- 分類した写真の関連情報を用いて、ある基準で写真を比較しやすく一覧表示する機能



図 1: 農場見回り作業時の写真撮影の様子(左: GPS ロガー、右: カメラ付き携帯電話)

2. 機能検討

2.1 現状システムの概要







既に農業生産法人向けに運用を開始している堀らのシステム(以下、現状システム)[堀 2010]について概要を述べる。先述したように、見回り作業時に撮影した農場観察写真は、撮影した携帯電話が備える通信機能を利用してシステムへ自動的にアップロードされる。この際、撮影者を特定する作業 ID、撮影日時、コメントも送信される。その後、システムに取り込んだ GPS ロガーの情報をもとに、農場観察写真に撮影位置を特定する農場 ID が関連付けられる。さらに、農場 ID から当該農場の作業履歴や栽培情報(作物名、品種名、作型、作付日など)、センサ情報(温度、土壌水分、天候など)が関連付けられている。次節では、現状システムにおいて写真を用いた情報共有の機能を開発するための自動分類機能および一覧表示機能の要件について述べる。

2.2 写真の自動分類機能

農場観察写真を用いた情報共有の具体的な用途とそれに対応する写真内容について、現状システムを利用している農作業者にヒアリングを行なった。その結果を表 1 にまとめた。なお、ヒアリングした農業生産法人にて約 1 年間撮影された見回り写真 2,156 枚をその内容に基づいて人手で分類し、内容ごとに撮影比率を計算した結果を表 1 に示す。

この結果より、撮影比率が高い「農場全景」、「作物」、「土壌」の 3 種類と、それ以外(規格検査、農具、その他)をまとめた「その他」の計 4 種類を分類カテゴリとすることにした。分類の方法として、撮影前に予めフラグとして分類観点を作業者が入力する方法が考えられるが、写真撮影以外にも作業負担が増してしまい見回り作業の効率化を阻害してしまう恐れがあるので現実的ではない。したがって、写真分類機能の要件として、農場観察写真の内容に基づいて自動的に分類する機能が求められる。

表 1: 農場観察写真の内容とその利用場面の対応

写真例	写真内容	用途
	農場全景 (37.9%)	雑草状態の確認 発芽状況の確認
	作物 (35.2%)	葉の状態の確認 病害虫の発見 生育不良の発見
	土壌 (13.0%)	水はけ状態の確認 畝の状態の確認
	規格検査 (5.8%)	抜き取り検査 (根菜の大きさ、根のはり、中身の確認等)
	農具 (4.6%)	農業機械・器具 農薬・肥料 設備(ハウス等)
	その他 (3.5%)	作業風景 事務所内 撮影失敗

2.3 写真の一覧表示機能

自動分類された写真を、ユーザが指定した関連情報(期間や作物)で絞り込み、同じ農場ごとにグループ化する機能(①条件抽出)が求められる。次に、ユーザが指定した基準(撮影日時、積算温度等)で各グループの写真をソートし、さらに同じ基準の写真同士を比較しやすいように配置する機能(②同期比較表示)が求められる。

ここで、写真を農場順に縦方向に並べ、撮影日順に横方向に並べて一覧表示する場合を考える。実際には同じ農場内だけでも数十枚~数百枚写真が撮影されるので、ユーザは写真閲覧時に横スクロール操作が強いられるだけでなく、一度に画面に表示できる写真枚数も限られてしまう。写真の表示サイズを小さくする方法も考えられるが、写真の内容が把握できないという課題が新たに発生してしまう。そこで、大量の写真でも視認性をできるだけ損なわないように一覧表示する機能(③ユーザインタフェース)も求められる。

3. 写真自動分類機能

3.1 分類手法

写真の分類手法としては、生成確率モデルに基づく手法、サポートベクターマシン(Support Vector Machine: SVM)やブースティングに代表される判別モデルに基づく手法の 2 種類がある。今回は一般に分類性能が高い SVM による分類手法を採用する。SVM による写真分類を行う場合、まず分類カテゴリごとに識別器を作成する必要がある。今回は 4 クラスの分類が必要となるが、SVM は 2 クラス識別器であるので、農場全景、作物、土壌の 3 つの識別器を多段に組み合わせた 1-vs-rest 法を用いる。なお、その他は農場全景、作物、土壌の各識別器にて最後までネガティブクラスとして残った写真をその他とする。

識別器の作成には、まず正解データセットから画像特徴量を抽出し、特徴量を用いてモデルデータの学習を行う。次にモデルデータを用いて各分類カテゴリの識別器を作成する。画像特徴抽出では、各分類カテゴリを適切に表現する画像特徴を選ぶ必要がある。以下に利用した画像特徴について説明する。

(1) 農場全景用の画像特徴

農場全景の写真は空が写りこんだ構図となっている場合が多い。この点に着目し、構図を表す特徴量として明度レイアウト特徴を採用した。写真を縦横それぞれ等間隔に 4 分割し、分割した各領域の明度の平均値(0~1)を算出する(図 2)。ただし、写真内に写り込んでいる水平線の位置は写真によって異なるため、隣接する領域の明度を重み付けして足し込むことで、水平線の位置変化に対処している。今回は重みを 0.1 とした。

また、撮影時のカメラの向きによって、空が天地逆転しているものや、90 度回転した写真があるので、画像を 0 度回転(空が上)、90 度回転(空が右)、180 度回転(空が下)、270 度回転(空が左)の 4 パターンに対処する必要がある。事前実験から、0 度および 180 度回転した全景写真に対して、90 度および 270 度回転した全景写真の方が空の領域が大きい(水平線が深い)傾向があることが分かっているため、0 度回転した全景写真と 90 度回転した全景写真の 2 パターンで識別器を作り、分類時に回転なしの写真と 90 度回転した写真の 2 パターンを入力することで、全パターン(4 パターン)の分類に対処している。

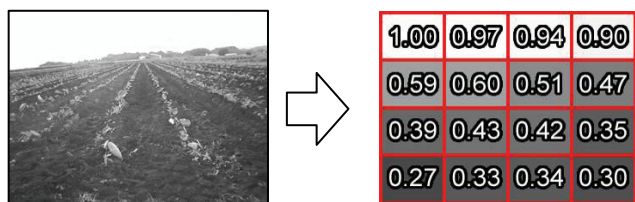


図 2: 明度レイアウト特徴の例

(2) 作物および土壌用の画像特徴

作物の写真は葉や茎が画像領域の大部分を占める写真が多いため、全体的に緑色の領域が全体に占める割合が大きい。一方で、土壌の写真は暗い色合いの領域が全体に占める割合が大きい。そこで、画像特徴量として写真の色合いの割合を表す HSI 色空間ヒストグラム[1991 高木]を利用する。ここでは、特に色相(H)と明度(I)が重要となるので、色相(H)空間を 10 分割、彩度(S)空間を 3 分割、明度(I)空間を 5 分割した計 150 次元で特徴量を表す。なお、画像サイズによる影響を無視するために正規化を行い、さらに細かい色の変化による影響を軽減するためにぼかし処理(ガウシアンフィルタ)を施している。

3.2 精度評価

2009 年 9 月から 2010 年 5 月までに農業生産法人にて撮影された農場観察写真 1,341 枚を対象に分類手法の精度評価を行った。予め全ての写真に対して、分類カテゴリを人手で付与しておき、そのうち 350 枚(農場全景 200 枚、作物 100 枚、土壌 50 枚)を正解データセットとして利用し、残りの 991 枚をテストデータセットとして利用した。なお、農場全景に関しては先述したように、回転なしと 90 度回転の 2 種類の識別器を用意するため、正解データセットはそれぞれ 100 枚ずつとした。実験で利用した SVM は、分類カテゴリごとにソフトマージンによるパラメータチューニングが行えるように C-SVC タイプを採用し、5-fold の交差検定によるモデル学習を行った。表 2 に分類結果の適合率、再現率および、失敗した典型例を示す。

表 2: 画像分類の精度評価

分類カテゴリ	適合率	再現率	誤分類の例	漏れの例
農場全景	74%	61%		
作物	71%	44%		
土壌	31%	16%		
その他	13%	54%		

3.3 考察

農場全景の分類精度は他の分類カテゴリに比べて高く、明度レイアウト特徴がこのカテゴリに適していたと考えられる。一方で指が写り込んでいる写真は、指部分の明度が高いため農場全景として間違っ分類される場合がある。また、水平線に林や建物等がある写真は、空が写り込んでいないため、漏れる傾向もあることが分かった。

作物や土壌の分類精度については、その他に多くが分類されてしまったため、再現率が低い結果となった。原因のひとつとしては、今回対象とした作物写真には多様な農作物(キャベツ、人参、サトイモ、牛蒡、大根など)が含まれており、色合いの変動が大きかったため、HSI 色空間ヒストグラムだけでは他の分類カテゴリと判別が難しかったと考えられる。同様に、土壌写真においてもビニールや布などが被覆されている場合があり、変動が大きかったと言える。

4. 写真一覧表示機能

4.1 条件抽出

冒頭で述べた通り、本システムでは農場観察写真に撮影日時や GPS 情報から特定された農場名や作物名などが予め関連付けられてデータベースに記録されている。従って、比較したい写真の条件指定画面を最初にユーザに提示することで、容易に条件に合致する写真のリストをグループ化して抽出できる。

4.2 同期比較表示

例えば、農場ごとに写真がグループ化されており、農場 A と農場 B の写真がそれぞれ A1~A6 と B1~B4 とあったとき、これら写真を撮影日時で時系列順に表示すると図 3①のようになる。各農場で撮影される写真枚数は日によって異なるため、1/10(1 月 10 日)の写真比較では A2 や A3 は比較対象が表示されない。そこで、図 3②にあるように、同じ撮影日で比較対象の写真枚数が足りない場合には、適宜必要数だけ複製を行う。1/10 の場合には、B1 の複製 B1' を 2 枚表示する。

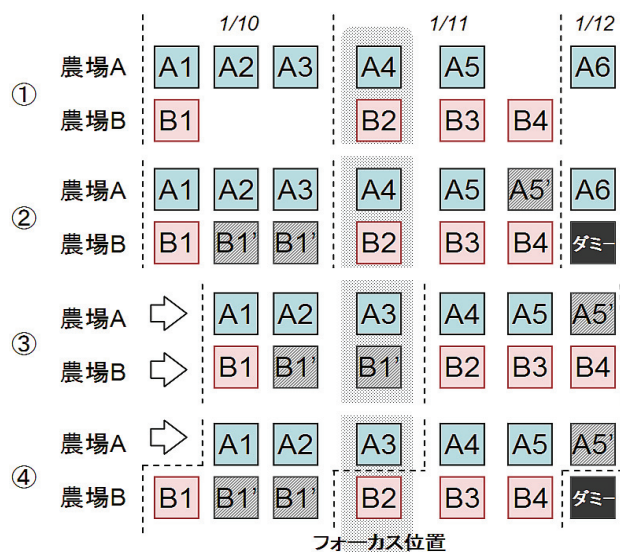


図 3: 同期比較表示

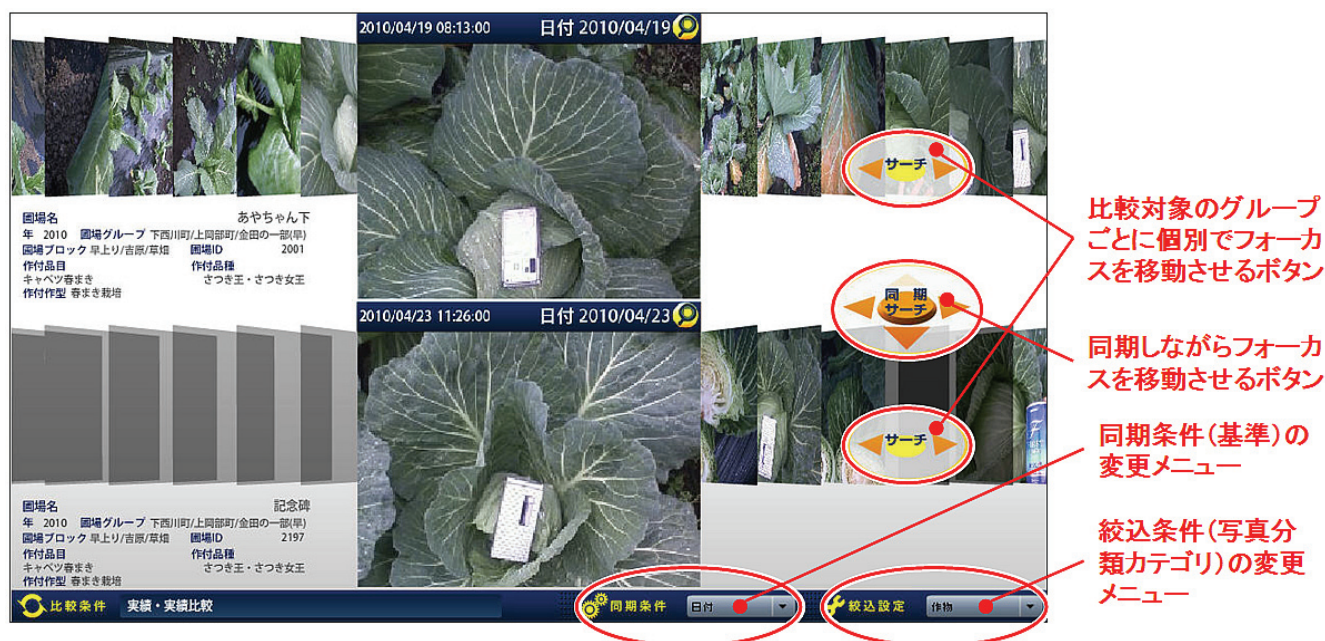


図 4: ユーザーインターフェースの各部分の説明

4.3 ユーザーインターフェース

前節の同期比較表示を実装したシステムのユーザーインターフェースについて図 4 で説明する。まず、画面中心のフォーカス位置にある比較対象の写真2つがズーム表示される。ユーザはこのフォーカス位置で写真を見比べることで、生育状況などを把握することができる。もし、別の時点の写真同士を比較したい場合には、画面右中央にある同期サーチボタンを操作することで、指定した基準(撮影日時など)で同期したままフォーカス位置を変更することができる。また、比較対象のどちらか一方のみフォーカス位置を移動させたい場合には、画面右上下にあるサーチボタンを操作する。

一方、比較対象それぞれの農場名や作物名などの関連情報は画面左側に表示されている。また、マウスカーソルを写真の上におくと、当該写真に関連情報として紐づいているコメントや積算温度、日照量などのセンサ情報が表示される。

例えば、同期条件を撮影日時ではなく、積算温度などに変更したい場合には、画面中央下のメニューから行う。また、表示されている写真の分類カテゴリ(農場全景、作物、土壌など)を画面右下のメニューから指定することで、表示する写真を絞り込むこともできる。

5. 現場ヒアリング

2011年4月から農業生産法人にて本システムの試用運用を始めている。定量評価として、従来の農場観察写真を用いた情報共有に掛かる労力に対し、本システムを利用した場合の作業効率の比較評価を現在進めている。本稿では、まず定性的な評価について報告する。ユーザに対して本システムの使用感などのヒアリングを実施した。全農場を管理する方からは、本システムを利用することで、多数の農場における作物の生育状況を写真から効率的に把握できるだけでなく、過去の成功事例との写真比較によるノウハウ活用や、見回り作業の情報共有が効率的にできるといった用途で有用であるとの意見を頂いた。

一方で、作物の生育状況をより詳細に把握するためには、大きさなどの定量的な指標も重要となるので、写真比較の際には大きさ(距離感)を揃える必要があるという意見を頂いた。

6. まとめ

農業生産法人向けに開発を進めている農作業管理システムについて、見回り作業を支援する機能を中心に説明した。見回り作業時に撮影される大量かつ多様な写真の中から、情報共有の用途に合致した写真を探しやすくするため、農場全景や作物といった写真の内容に応じた自動分類機能を開発した。実際の農業現場で撮影された農場観察写真を用いた精度評価では、環境変化が少ない農場全景は比較的高い精度で分類できることが分かった。また、分類した写真を分かりやすくユーザに提示する写真一覧表示機能も併せて開発した。これにより、例えば農場間で作物の生育状況を容易に比較できるようになった。

今後の課題は、農場観察写真の定性的な比較機能だけでなく、作物の大きさなどの定量的な指標で比較ができるように、写真内の作物の大きさを揃える機能などを開発することで、農場観察写真を用いた情報共有の利便性向上を目指す。

参考文献

- [堀 2010] 堀光良, 河嶋英治, 山崎富広: 農業分野へのクラウドコンピューティングの適用と他分野への展開, 雑誌 FUJITSU, Vol.61, No.3, pp.314-320, 富士通, 2010.
- [南石 2011] 南石晃明: 農業イノベーションと情報通信技術—技術継承と人材育成における ICT の活用—, OHM 2011 年 4 月号, オーム社, 2011.
- [藤本 2010] 藤本和久, 内川智樹, 高田一, 王鷗, 山崎宏和, 櫻本直美, 横山和成, 駒谷昇一, 田中二郎: 農作業データ対応付け支援システム「Harvest」の開発, 情報処理学会第 72 回全国大会講演論文集, 情報処理学会, 2010.
- [高木 1991] 高木幹雄, 下田陽久: 画像処理ハンドブック, 東京大学出版, 1991.