

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 17 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450383

研究課題名(和文)意思決定機能を有するクラウド型農作業遠隔支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of cloud type agricultural worker assistance system having decision making function

研究代表者

森尾 吉成 (MORIO, Yoshinari)

三重大学・生物資源学研究科・准教授

研究者番号：90273490

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：首振りカメラを使って自動追尾された作業者の行動に対して、画像情報を基に、作業に必要な支援をリアルタイムに意志決定し、その結果を作業情報として記憶する農業ロボットを開発した。さらに、衛星測位システムや標識を利用しないで、画像情報を基に、ロボットが自動走行すべき通路を検出することができる機能や、支援が必要な場所で作業者が標識を掲げれば、ロボットが標識とその3次元位置を自動検出する機能も開発した。ロボットによって収集された作業情報は、今後、農業情報クラウドシステムの開発に活用される。

研究成果の概要(英文)：An agricultural robot having a decision making function that the robot could in real time formulate assistance menus for supporting a targeted worker automatically tracked by using a pan-tilt-zoom camera was developed in this study. Through the application of the robot for an actual agricultural field, the robot stored the working information to build a worker assistance robot, such as the product information, the worker behaviors, and the assistance menus for the worker. Moreover, new two functions for the robot were developed in this study. The first function enabled the robot to recognize a navigation path to autonomously travel in a field by using only an input image without using a global navigation satellite system. The second function enabled the robot to autonomously search our original markers hanged by a worker in a field by scanning the entire field. The working information acquired by the robot will be used for developing an agricultural information cloud system.

研究分野：農業機械学

キーワード：農業ロボット 農作業支援システム 画像処理 農作業者の自動追尾 作業姿勢認識 作業行動認識
圃場シーン認識 作業進捗管理

1. 研究開始当初の背景

日本の農作業現場では、労働者人口の減少や高齢化が進み、過酷な労働に耐えられる人材が不足している。一方、日本国の失業率は次第に高くなっており、特に、若者世代の非正規労働者の人口の割合が急速に上昇している。農村と都市部との極端な労働者人口の不均衡や、若者世代の技術者不足、世代間の労働に対する価値観の相違を考慮することなしに、農作業現場が抱える問題を解決することは難しい。

農業従事者の減少を補うため、高額な衛星測位システムを搭載した農業ロボットが過去 10 年にわたって開発されてきた。広大な圃場で作業を自動的に行うロボットトラクタやコンバインの有効性は確認されたものの、日本の国土の 7 割を占める中山間地域にそのまま導入するのは困難で、多様な農作業現場で活躍するための汎用性に乏しく、作業者と協調しながら作業が行える機能も開発されていない。

2. 研究の目的

本研究では、これまで農作業に従事してこなかった労働者を新たな労働力と活用し、未熟な労働者が遠隔地に居たまま、作業現場で自動走行するロボットを監視でき、さらには、ロボットを直接遠隔操作することによって作業者を支援することができる作業支援システムを開発することを目的とした。

本作業支援システムを開発するために、本研究では、以下に挙げる 5 つの機能を開発する。1) ロボットが作業者の行動に合わせて作業を支援するために、圃場内の作業者の行動を自動追尾しながら作業者の行動や作業の流れを理解し、現場で求められる支援内容を意志決定する機能を開発する、また、2) ロボットが圃場内の支援すべき場所に向かうために、走行すべき農道や圃場内通路の位置を自動的に認識するための機能も開発する、さらに、3) 作業者とロボットがコミュニケーションするために、作業者の意志をロボットに伝達するための機能も開発する、そして、4) 実際の農作業に対して本システムを稼働させ、作業のノウハウが含まれる数値化された作業データを収集し、記憶する機能も開発する、最後に、5) 遠隔地にいる未熟な労働者が、ロボットが作業者に提供している支援を遠隔地にモニタ表示することによって、未熟労働者を訓練する機能も開発する。

3. 研究の方法

本研究の開発目的に記述した 5 つの機能をもつ作業支援システムを開発する。

(1) ターゲットとなる作業者を確実に自動追尾するために、図 1 に示すように、赤色と青色のカラーマーカ領域が設けられたオリジナルの作業服が製作され、pan-tilt-zoom 可能な首振りカメラを搭載した作業者追跡システムが開発された。最初に、首振りカメラが作業者を画像中央に同じ大きさで捕捉しながら作業者のシルエットを抽出し、18 種

類の作業基本姿勢を認識する画像処理システムを開発した。作業者の動きに合わせて時系列に変化する作業姿勢データから、作業の種類に固有な姿勢変化パターンをモデル化し、モデル化した作業姿勢の変化パターンから作業者の行動を理解することができる画像処理システムを開発した。

(2) ロボットが走行すべき圃場内通路の位置を認識するシステムとして、畝と通路の色や明るさの濃淡パターンの違いから通路中央線を検出する画像処理システムを開発した。さらに、農道においてロボットが走行すべき場所を認識するシステムとして、農道周辺の圃場シーンを、機械学習アルゴリズムを使って認識する画像処理システムを開発した。

(3) 次に、作業者とロボットがコミュニケーションするためのシステムとして、作業者が圃場内の複数の場所に掲げた赤青カラーマーカを、pan-tilt-zoom 可能な首振りカメラを使って圃場全域にわたって自動探索し、発見されたマーカの east-north-up 座標を検出する画像処理システムを開発した。

(4) また、実際の作業現場で作業者が作業を行う際の事前知識である対象作物や作業手順をデータベースに登録するとともに、pan-tilt-zoom 可能な首振りカメラと開発した画像処理システムを使ってリアルタイムに獲得される作業者の位置、作業姿勢、作業行動の認識結果などの作業データがデータベースに保存された。

(5) 最後に、開発した作業支援システムが収集した作業データや認識した作業行動の結果を、視覚的にわかりやすいようにディスプレイ上に表示させて、遠隔地の作業者が作業の進捗状況をモニタリングできるシステムを開発した。

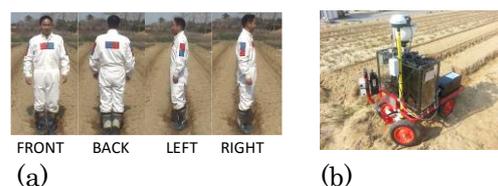


図 1 作業者追跡システム. (a)カラーマーカ付き作業服. (b)首振りカメラと位置検証用衛星測位システムを搭載した作業者追跡システム.

4. 研究成果

(1) 作業者の姿勢を認識するシステムでは、前後、左右、斜め方向の合計 8 方向の作業姿勢、ならびに、中腰、屈伸、前屈姿勢を左右の両側面から観察した 6 種類の作業姿勢、さらには、手を前方や上方に差し出す姿勢を左右側面から観察した 4 種類の作業姿勢、の合計 18 種類の作業姿勢を安定して認識できる結果を得た。認識した作業姿勢を使って開発した作業行動認識システムを、図 2 に示すエ

エンドウ豆の栽培現場に適用した結果、水やり、播種、収穫の3種類の作業動作が頑健に認識される結果を得た。1件のモデル農家のみに適用した結果が得られたただが、農作業現場で作業者の行動をリアルタイムに追跡しながら、作業行動の認識に成功した研究事例はこれまでにない。本研究で得られた成果が、作業者と協調しながら作業が行える農業ロボットの開発に貢献するものと期待される。



図2 エンドウ栽培時の3種類の作業動作時の姿勢変化パターン。(a)水やり動作。(b)播種動作。(c)収穫動作。

(2) 畝間通路中央線検出実験では、9種類の作物圃場(スイートピー、ウスイエンドウ豆、絹さやエンドウ豆、レタス、白菜、キャベツ、ピーマン、トマト、茶)と、耕耘後の経過日数が異なる8種類の耕耘圃場の合計17種類圃場を対象に検証を行った結果、いずれの圃場に対しても開発した画像処理システムは安定して通路中央線を検出できる結果を得た。図3は、代表的な通路検出結果である。

多様な圃場に対して、通路の頑健な検出を実現した画像処理アルゴリズムはこれまで報告されておらず、本研究で得られた成果は、農業ロボットが圃場内を自動走行する機能



図3 代表的な畝間通路検出結果。

を実現する上で貢献するものと期待される。(3) 赤青カラーマーカを介して作業者がロボットに意思を伝達するシステムの検証実験では、図4に示すように、カメラからマーカまでの距離が30mまでの範囲内であり、背景にマーカと同じ配色の巨大な物体が存在しなければ、頑健にマーカを自動探索でき、マーカのeast-north-up座標をおおよそ1mの分解能で検出できる結果を得た。本研究で得られた成果は、農作業現場で作業者がロボットに意思を伝達することを可能にするこれまでにないシステムであり、作業者と協調しながら作業が行える農業ロボットの開発に貢献するものと期待される。

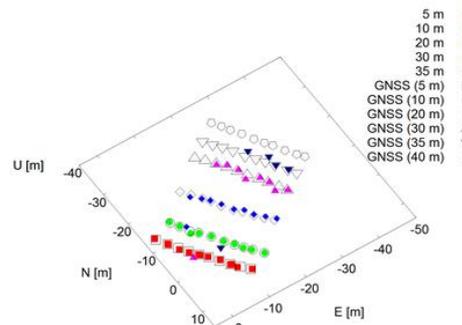


図4 カラーマーカ自動探索システムを用いた10個のマーカのeast-north-up座標と衛星測位システムを用いた実測値の比較。

(4) Pan-tilt-zoom可能な首振りカメラと開発した画像処理システムを使うことによって、エンドウ栽培作業など、これまでは収集できなかった農作業時の作業データがリアルタイムに収集された。収集された作業データは、今後農業ロボットの知能化やクラウドシステムの開発に活用されるものと期待される。

(5) 今回開発した作業支援システムがリアルタイムに収集された作業情報は、ディスプレイ上に常時表示され、ディスプレイを監視する作業者が作業の進捗を把握することができた。具体的には、エンドウ栽培方法を知らない未熟な作業者が、本システムのディスプレイを通して作業をモニタリングしたことによって、農作業を学習することができた。モニタ上に表示された記録映像を活用することによって、今後、日本独自の農作業現場に対応した非正規雇用者向けの教育システムが開発できるものと期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 17件)

- ① Yoshinari Morio, Tomoko Shoji, Katsusuke Murakami: Working motion templates for detecting agricultural worker behaviors, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読

有, Vol. 9, 2016, In Press.
DOI:10.1016/j.eaef.201603.002

- ② 花田侑哉, 森尾吉成, 松田匡生, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための圃場シーンの認識, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 119, 51-54, 2016.
- ③ 澤田勇太, 森尾吉成, 花田侑哉, 村上克介, 農業ロボット進入路探索のための圃場シーン認識, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 120, 2016, 印刷中.
- ④ 中村香澄, 森尾吉成, 花田侑哉, 村上克介, 農業ロボットによる搬出作業支援のための採集コンテナ画像認識, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 120, 2016, 印刷中.
- ⑤ 田中貴章, 森尾吉成, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための作業者行動認識, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 117, pp. 44-47, 2015.
- ⑥ 松田匡生, 森尾吉成, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための圃場シーン認識, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 117, pp. 40-43, 2015.
- ⑦ Yoshinari Morio, Tomoko Shoji, Katsusuke Murakami: Development of agricultural working motion detector to recognize worker behaviors, Proc. of the 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering, 査読無, pp. 74-80, 2014. ISBN: 978-986-04-1375-5
- ⑧ 井上 佑, 森尾吉成, 村上克介, 農作業者行動理解のための作業姿勢推定アルゴリズムの開発, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 115, pp. 23-26, 2014.
- ⑨ 牧野光男, 森尾吉成, 村上克介, 農作業ロボット自律走行のための作業通路検出アルゴリズムの開発, 農業食料工学会関西支部報, 査読無, No. 115, pp. 19-22, 2014.
- ⑩ 田中貴章, 森尾吉成, 柴田一徳, 村上克介, 農作業遠隔支援のための現場作業者動作認識システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 査読無, 114号, 69, 2013.
- ⑪ 松田匡生, 森尾吉成, 村上克介, 自律型農作業支援ロボットのための圃場自動認識システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 査読無, 114号, 47, 2013.
- ⑫ 本杉海里, 森尾吉成, 村上克介, 農用車両ガイダンスのための走行路自動認識システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 査読無, 114号, 48, 2013
[学会発表] (計 15件)
- ① 澤田勇太, 森尾吉成, 花田侑哉, 村上克介, 農業ロボット進入路探索のための圃場シーン認識, 農業食料工学会関西支部第135回例会, 2016年03月02日, 神戸大学(兵庫県・神戸市).
- ② 中村香澄, 森尾吉成, 花田侑哉, 村上克介, 農業ロボットによる搬出作業支援のための採集コンテナ画像認識, 農業食料工学

会関西支部第135回例会, 2016年03月02日, 神戸大学(兵庫県・神戸市).

- ③ 森尾吉成, 田中貴章, 松田匡生, 寺本光貴, 三和 誠, 村上 克介, 農作業知的支援のためのロボット視覚システムの開発, 農業環境工学関連 5 学会 2015 年合同大会, 2015年09月17日, 岩手大学(岩手県・盛岡市).
- ④ 花田侑哉, 森尾吉成, 松田匡生, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための圃場シーンの認識, 農業食料工学会関西支部第134回例会, 2015年10月10日, ヤンマーミュージアム(滋賀県・長浜市).
- ⑤ Yoshinari Morio, Tomoko Shoji, Katsusuke Murakami, Development of agricultural working motion detector to recognize worker behaviors, The 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering, May 21, 2014, Yilan (Taiwan).
- ⑥ 田中貴章, 森尾吉成, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための作業者行動認識, 農業食料工学会関西支部第132回例会, 2014年9月26日, 岐阜大学サテライトキャンパス(岐阜県・岐阜市).
- ⑦ 松田匡生, 森尾吉成, 村上克介, 農作業支援ロボット開発のための圃場シーン認識, 2014年9月26日, 岐阜大学サテライトキャンパス(岐阜県・岐阜市).
- ⑧ 森尾吉成, 田中貴章, 松田匡生, 村上克介, 意思決定機能を有する農作業遠隔支援システムの開発, 第72回農業食料工学会年次大会, 2013年9月12日, 帯広畜産大学(北海道・帯広市).
- ⑨ 井上 佑, 森尾吉成, 村上克介, 農作業者行動理解のための作業姿勢推定アルゴリズムの開発, 農業食料工学会関西支部第130回例会, 2013年11月1日, 三重大学(三重県・津市).
- ⑩ 牧野光男, 森尾吉成, 村上克介, 農作業ロボット自律走行のための作業通路検出アルゴリズムの開発, 農業食料工学会関西支部第130回例会, 2013年11月1日, 三重大学(三重県・津市).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森尾 吉成 (MORIO, Yoshinari)

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授
研究者番号: 90273490