

平成21年 5月 11日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18780198

研究課題名（和文）複数カメラを用いた作業員追跡による知的作業支援システムの開発

研究課題名（英文） Development of an Intelligent Worker Support System using a Worker Tracking System installed Multiple Cameras

研究代表者 森尾 吉成 (Yoshinari Morio)

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号：90273490

研究成果の概要：

本研究では、農作業員の行動に合わせて必要な支援を提供するシステムとして、1) 屋内外に関係なく作業員の追跡を容易にする専用作業服の開発、2) 作業員の抽出、姿勢角の検出、絶対位置の検出を行う画像処理システムの開発、3) 確率モデルに学習させた作業行動の認識システムの開発、4) 作業に有用な情報や作業動作のリズムを、映像や音声の形式でタイミング良く提供するシステム、の4つのシステムを開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：農業機械学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：知的作業支援、作業員行動追跡、作業員位置検出、作業動作認識、画像処理

1. 研究開始当初の背景

農作業現場は、単調な作業が長時間継続される労働負荷の高い作業現場である。蓄積された労働負荷は、死亡事故といった重大事故や身体障害を引き起こす主要な要因となっていることから、早急な作業環境の改善が求められていた。

農作業ロボットや特定の作業を対象とした専用機械の開発は行われていたが、汎用性ならびに実用性の点で課題が山積していた。

本研究で開発を目指す農作業員の行動に合わせた知的作業支援システムに関する研究も行われていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、農作業員の行動をカメラで追跡することにより、作業効率ならびに作業安全に有用な情報を、映像や音声の形式で作業員に提供するシステムを開発する。

開発するシステムは5つあり、それぞれ、

1) 作業者追跡用の専用作業服, 2) 固定カメラならびに首振りカメラを用いた作業者追尾システム, 3) 追尾した作業者の絶対位置ならびに姿勢検出システム, 4) 作業行動の認識システム, 5) 作業動作に合わせた映像・音声案内システム, である。

3. 研究の方法

(1)追跡専用作業服の制作

複雑な撮影環境においても作業者を例外なく追跡するために、オリジナルカラーマーカを開発し、市販の作業服に取り付ける。オリジナルカラーマーカには、赤・青・緑の3色を組み合わせたカラー配色パターンと、白と黒のモノクロ配色パターンを持つ2つのタイプがある。特に、カラー配色パターンを利用する場合、赤・青・緑3色の配色パターンを自由に変更できる仕様であることから、作業者身体の主要部位に取り付けて各部位の動きを区別しながら追跡する用途にも利用される。

(2)作業者追尾システムの構築

作業者の追尾には、1) 作業者の動きを検出する固定カメラ, 2) 作業通路出入り口の作業者の有無を検出する固定カメラ, 3) パン・チルト角ならびにズームを自動調節しながら圃場全域にわたって作業者を追跡する首振りカメラ, の3種類のカメラを使用する。それぞれのカメラから作業者の代表点を検出し、作業者の移動軌跡を求める画像処理システムを開発する。

(3)作業者絶対位置と姿勢角検出システムの構築

作業者の絶対位置を検出するシステムとして、2台の固定カメラを用いる方式と、1台の首振りカメラを用いる方式の2つのシステムを主に開発する。

2台の固定カメラを使用する方式では、1台目の固定カメラを使って作業者が進入した通路を検出し、2台目のカメラを使って通路内の作業者の位置を検出することによって作業者の絶対位置を検出する。

1台の首振りカメラを使用する方式では、重要な作業地点をあらかじめ首振りカメラのパン角ならびにチルト角、ズーム値を使って登録しておき、作業者を自動追尾した時の首振りカメラの制御値から作業地点を作業者の絶対位置として検出する。

(4)作業行動認識システムの構築

確率モデルの一つである隠れマルコフモデルに基本的な作業行動を学習させることによって、学習させた作業行動のみを認識するシステムを開発する。

(5)映像・音声情報提示システムの構築

農産物の長さを計測する卓上選別作業を研究対象として、作業動作に合わせて計測した長さを作業者に映像と音声でリアルタイム案内するシステムを開発する。さらに、作業者の腕振り動作のリズムを定量化し、リズムの変化を作業者に通知するシステムを開発する。

4. 研究成果

(1)追跡専用作業服の有効性

追跡専用開発した作業服は、屋内外いずれにおいても、作業者のみを抽出する場合に有効に機能した。今回、有効に機能することが確認されたカラーマーカは、図1に示すように、1) 赤・青・赤3段型, 2) 赤・青・緑・赤4段型, 3) 赤・青2次元アレイ型, 4) 赤・青非対称2次元アレイ型, 5) 赤・青2ブロック型, 6) 赤・青・緑4ブロック型, 7) 両腕赤・青・緑3段型, 8) 白黒5段型の8種類ある。



(a) 赤・青・赤3段型



(b) 赤・青・緑・赤4段型



(c) 赤・青2次元アレイ型



(d) 赤・青非対称2次元アレイ型



(e) 赤・青2ブロック型



(f) 赤・青・緑4ブロック型



(g) 両腕赤・青・緑3段型



(h) 赤・青非対称2次元アレイ型

図1 開発した7種類の作業服

(2) 作業者追尾システムの有効性

焦点距離 3.5 mm の固定焦点レンズを取り付けた固定カメラを圃場一隅に設置することによって、約 15 m 四方の圃場全域を移動する作業者の動きを検出ならびに追尾できる結果を得た。作業者の動きを検出するカメラと同じ位置に、さらに作業通路出入り口を監視する同じ仕様を持つカメラをもう一台追加することによって、作業通路に出入りする作業者の有無を検出できる結果を得た。開発した2つのカメラシステムとも、追尾対象の作業者が圃場内に一人であり、極端な日陰領域を作業者が移動しない限り作業者を例外なく追尾可能であった。

パン・チルト・ズーム可能な首振りカメラとカラーマーカ付作業服を導入した追尾実験では、固定カメラでは追尾不可能であった一辺 20 m を超える広大な圃場に対して、作業員以外に複数の人物が観察された場合でも専用の作業服が有効に機能し、例外なく作業者を追尾できる結果を得た。

(3) 作業者絶対位置と姿勢角検出システムの有効性

一辺が約 15 m の圃場一隅に設置した2台の固定カメラを利用する方式では、作業員の絶対位置を約 30 cm の分解能で検出できる結果を得た。首振りカメラとカラーマーカ付き作業服を利用する方式では、作業員の絶対位置を約 1 m の分解能で検出でき、さらに姿勢角として yaw 角を8方向の分解能で検出できる結果を得た。

(4) 作業行動認識システムの有効性

前実験として行ったラジオ体操の認識結果では、隠れマルコフモデルを用いて学習させた運動を認識できる結果を得た。本実験では、農作業時のコンテナ搬出作業時の作業行動を認識できる結果を得た。

(5) 映像・音声情報提示システムの有効性

キュウリの選別作業を対象として、キュウリの長さを誤差 10 mm 以内で計測し、判別した等級を映像と音声で案内するシステムを稼働させた。図2にシステムの外観を示す。等級判別結果を 10 frame/s のフレームレートで被験者に提示した結果、作業効率が向上する結果を得た。本システムを使用した作業員への聞き取り調査においても、情報提示の有効性が確認された。

卓上作業時の腕の動くリズムを監視するシステムでは、2 Hz までの腕の往復運動を定量化し、腕振りリズムの変化を映像と音声で提示できる結果を得た。



図2 映像・音声情報提示システムの構成

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 19 件)

①伊藤 幸, 森尾吉成, 村上克介, 岡崎 由, 知的作業支援のための隠れマルコフモデルを用いた作業動作認識システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 106 号, 2009, 6 月号掲載決定, 査読無.

②高橋佳子, 森尾吉成, 村上克介, 井樋謙太郎, PTZ カメラならびに Particle Filter を用いたカラーマーカ追跡による作業員位置検出システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 106 号, 2009, 6 月号掲載決定, 査読無.

③豊島 亮, 森尾吉成, 村上克介, 川津 匡量, 卓上作業支援のための PTZ カメラならびに Particle Filter を用いた両腕動作追跡システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 106 号, 2009, 6 月号掲載決定, 査読無.

④筒井悠司, 森尾吉成, 村上克介, 卓上作業支援のためのカラーグローブを用いた多点同時位置計測システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 105 号, 32-35, 2009, 査読無.

⑤井樋 謙太郎, 森尾吉成, 村上克介, PTZ カメラを用いた進入通路検知による作業員位置検出システムの開発, 農業機械学会関西支部報, 105 号, 36-39, 2009, 査読無.

[学会発表] (計 22 件)

①伊藤 幸, 森尾吉成, 村上克介, 岡崎 由, 知的作業支援のための隠れマルコフモデルを用いた作業動作認識システムの開発, 農業機械学会関西支部第 121 回例会, 2009 年 3 月 10 日, 京都大学.

②高橋佳子, 森尾吉成, 村上克介, 井樋 謙太郎, PTZ カメラならびに Particle Filter

を用いたカラーマーカ追跡による作業位置検出システムの開発，農業機械学会関西支部第 121 回例会，2009 年 3 月 10 日，京都大学.

③豊島 亮，森尾吉成，村上克介，川津 匡量，卓上作業支援のための PTZ カメラならびに Particle Filter を用いた両腕動作追跡システムの開発，農業機械学会関西支部第 121 回例会，2009 年 3 月 10 日，京都大学.

④森尾吉成，村上克介，作業者行動理解による知的作業支援システムの開発，日本生物環境工学会 2008 年松山大会，2008 年 9 月 10 日，愛媛大学.

⑤筒井悠司，森尾吉成，村上克介，卓上作業支援のためのカラーグローブを用いた多点同時位置計測システムの開発，農業機械学会関西支部第 120 回例会，2008 年 9 月 19 日，神戸大学.

⑥井樋 謙太郎，森尾吉成，村上克介，PTZ カメラを用いた進入通路検知による作業位置検出システムの開発，農業機械学会関西支部第 120 回例会，2008 年 9 月 19 日，神戸大学.

⑦森尾吉成，村上克介，他 9 名，作業者行動理解による知的作業支援システムの開発，農業機械学会第 67 回(平成 20 年度)年次大会，2008 年 3 月 29 日，宮崎観光ホテル.

⑧森尾吉成，村上克介，他 2 名，パン・チルト・ズームカメラとステレオカメラを用いた知的作業支援システムの開発，農業環境工学関連 5 学会 2007 年合同大会(農業機械学会)，2007 年 9 月 13 日，東京農工大学農学部.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森尾 吉成 (Yoshinari Morio)
三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授
研究者番号：90273490

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者