

熟練工から新人への技能伝達における画像処理の利用 -エンジン組立作業の自動教育システムの開発-

Application of image processing for skill transfer from a skilled worker to a beginner
-Development of an automatic education system for engine assembly-

彦田 真里・中央大学

梅田 和昇・中央大学

松田 忠孝・三菱自動車

Mari HIKOTA, Chuo Univ.

Kazunori UMEDA, Chuo Univ.

Tadataka MATSUDA, Mitsubishi Motors Corp.

Key Words: *image processing, teaching, skill transfer*

In this paper, we develop an automatic education system for engine assembly, using image processing to transfer skill and knowledge from a skilled worker to a beginner. The system takes images of the beginner's work, evaluates the procedure and the work time by comparing with the database of the skilled worker's work, and trains the beginner.

1. 序論

生産現場のラインにおいて新人に作業の知識や技能を伝達するのは、時間とコストを要する。そのため、新人を教育できるシステムが有効であると考えられる。教育システムの開発によって、ラインに入る前段階で技能習得させ、新人教育を効率化できると考える。これまでに、人の作業を認識する研究¹⁾²⁾、作業認識を用いてロボット教示へ応用する研究³⁾が行われている。本研究では作業認識だけでなく、自動車エンジン組立作業を具体例として熟練工から新人への知識・技能伝達に役立つ教育システムの開発へ応用することを目的とする。

2. 自動教育システムの概要

本システムの概要を以下に示す。あらかじめ定められているエンジン組立作業を新人が行い、その様子を複数台の CCD カメラにより取得する。エンジン組立作業のポイントとなる領域を CP(Check Point)領域と定める。両手に色違いのカラー手袋をはめ、この手袋の色情報と、CP 領域を、データベース(DB)とし事前に取得する。CCD カメラより撮像した画像とデータベースを照合することにより動作認識を行う。そして、作業手順の正誤を自動判定する。新人がエンジン組立作業を行うために構築した教育台を Fig.1 に示す。

教育台には、エンジンが置かれている。そのまわりにある

箱の中にはボルト、ナットといった部品が収まっており、作業者の上部にはボルト、ナットの締め付けを行うためのインパクトが配置されている。教育台の上部には CCD カメラが配置され、作業の様子の取得を行う。この取得した画像を処理するため、PC が設置されている。



Fig.1 Training table

3. システム詳細

3-1 装置

Fig.2 に新人教育システムに用いる装置の概要を示す。CCD カメラには SONY の EVI-D30 を、PC には Pentium4/1.6GHz を、OS には Linux を用いる。画像処理ソフトには FusionChecker(LinX)を用いる。

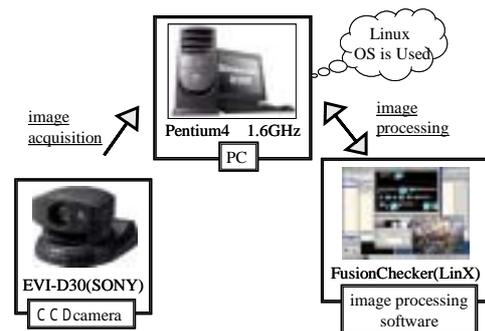


Fig.2 Image processing system

3-2 データベース

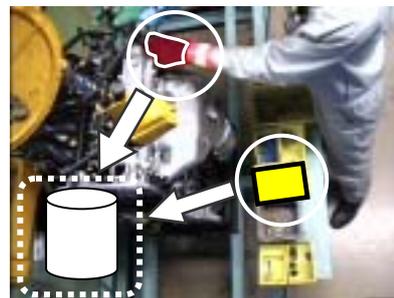


Fig.3 An example of color data and CP data

CCD カメラから撮像した画像をもとに、作業者が手にはめている異なる色のカラー手袋から色情報の抽出を行う。また、作業順序に従って随時 CP 領域を取得していく。色情報と CP 領域の候補例

を Fig.3 に示す。Fig.3 ではボルトが入っている箱を CP 領域とする。これらの情報をあらかじめデータベースとして持つておき、エンジン組立作業を行う。

3-3 合否判定

手袋の色データと CP データを用いて、CP に手が入った際に、順序と時間を使って合否判定を行う。

3-3-1 順序判定

実際に行っている作業の CP(CP1), その次に作業を行う CP(CP2), その後に行う作業の CP(CP3), 計 3 工程分の CP を順序判定に用いる領域と定める. CP1 の領域に手が入った場合を OK, 誤って作業を飛ばし CP2 か CP3 の領域に手が入った場合を NG とする. 右手, 左手それぞれの作業順序を正誤によってそれぞれ判定を行う.

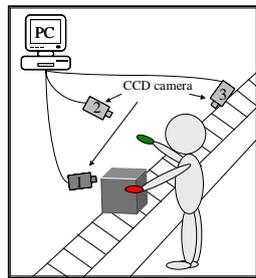
3-3-2 時間判定

時間に関しては, 作業開始からの経過時間, 作業時間(CP に入ってから出るまでの時間)と実働時間(CP に入ってから次の CP に入るまでの時間), 画像 1 枚処理するのに要する時間の 4 種類を計測する. 現状では作業時間を用いて時間判定を行っており, 作業時間が 1.0s 未満であれば NG, 1.0s 以上であれば OK と判定する.

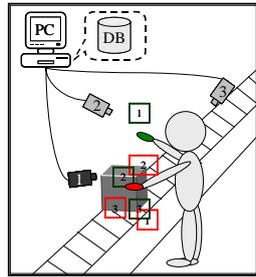
3-4 複数台の CCD カメラの切替え

本システムでは, 複数台の CCD カメラを用いる. 複数台分の画像すべての処理に時間を要してしまう. また, カメラ一台ではオクルージョンの問題が出てくる. そこで, 作業の手順に応じて複数の CCD カメラのうち一台から画像を選択する. これにより, 処理時間を短くし, かつオクルージョンの問題を解決できると考えられる.

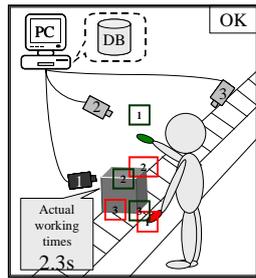
カメラの選択方法は次の通りである. あらかじめ CCD カメラに番号を割り当てておき, CP 登録毎にカメラ番号情報を取得し, データベースとして保存しておく. 合否判定を行う際に保存してあるカメラ番号の情報を呼出し, CP から手が出たタイミングでデータベースのカメラ番号に対応する一台の CCD カメラを選択し画像取得を行う. Fig.4 に合否判定とカメラの切替えの様子をシステムの流れにそって示す.



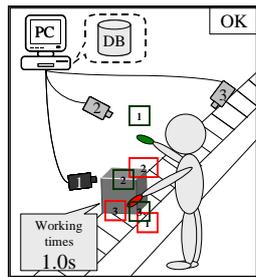
(a) Training Start



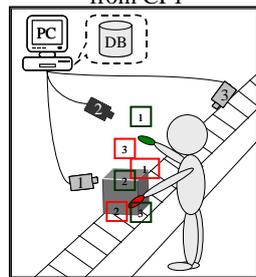
(b) Read DB



(c) Hand goes into CP1



(d) Hand goes out from CP1



(e) Select CCD camera

Fig.4 flow of a system

Fig.4(a)作業が開始され, (b)DB を読み込む. (c)CP1 に手が入った時に実働時間を計測, 判定を行う. (d)CP1 から手が出た時に作業時間を計測し, (e)カメラの選択を行う. 以上に示した順序で作業を行っていく.

4. 実験

エンジン組立作業を行っている様子を CCD カメラで撮像し, 取得した画像を HDD に保存して処理を行うオフライン処理と, 取得した画像を処理するオンライン処理についてそれぞれ合否判定と時間計測の検討を行った. オンライン処理での処理時間は, 60ms 以下が目標である.

Fig.5 に実験結果の一例を示す. Fig.5 より経過時間, 実働時間, 作業時間, 処理時間それぞれが計測できていることが確認できる. また, CP 領域の中に手が入り, 作業順序通りにエンジン組立作業が行われていることが確認できたため OK という判定を行っている. エンジン組立作業の合否判定及び時間計測を行うシステムを構築できた. CCD カメラより撮像した画像を用いたオンラインでの処理時間は 33-50ms 程度であり, 目標処理時間を達成できた.

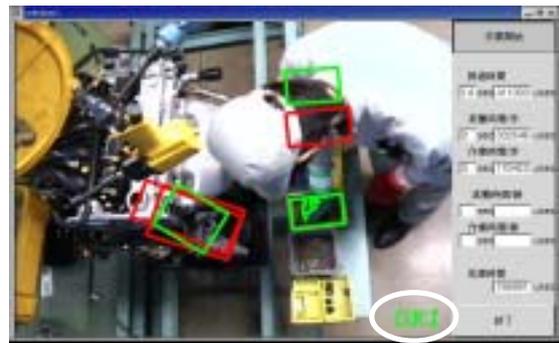


Fig.5 An experiment result

5. 結論

本研究では, 画像処理を用いた新人作業自動教育システムを構築した. エンジンの組立作業の合否判定及び時間計測を行い, 合否判定, 処理時間についてそれぞれ検討を行い, 本システムの有効性を示した. カメラの切替え, 合否判定, 時間計測を CCD カメラより撮像した画像を用いて実行するシステムを作成した.

参考文献

- 1) 佐藤知正, 一柳星文, 斎藤昇, 森武俊: “ デスク上の触覚及び視覚センサによる人の作業動作確認システムの構築 ”, 第 19 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, pp.695-696, 2001 .
- 2) 三浦純, 池内克史: “ 作業目的を考慮した視覚認識戦略の生成 ”, 日本ロボット学会誌, Vol.14, No.4, pp.574-585, 1996 .
- 3) 國吉康夫, 井上博允, 稲葉雅幸: “ 人間が実演して見せる作業の実時間視覚認識とそのロボット教示への応用 ”, 日本ロボット学会誌, Vol.9, No.3, pp.295-303, 1991 .