

画像処理を用いた製造ライン監視システムの開発*

菊池 貴**、長谷川 辰雄**、大和田 功***、寒川 陽美***

製造現場における IoT を活用した生産性向上への取り組みとして、これまで光センサを用いて製造ラインの稼働状況を監視するシステムを開発してきた。しかし、従来システムは安価で簡易な構成であるが、稼働と停止に対応した光源の監視に留まっており、適用範囲が限定されていた。そこで、製造ラインの画像から稼働状態の判別と停止原因に関する情報を同時に取得するシステムを開発した。

キーワード：画像処理、IoT、センサネットワーク、装置監視、スマート工場

Development of monitoring system using image processing for production line

KIKUCHI Takashi, HASEGAWA Tatsuo, OWADA Isao and SANGAWA Harumi

Key words: Image Processing, IoT, Sensor Network, Equipment monitoring, Smart Factory

1 緒 言

第4次産業革命を背景とした技術革新や情報社会が進展しており、製造業ではIoT (Internet of Things) を活用した生産性の高い工場の実現が期待されている^{1)~3)}。これまで岩手県工業技術センターは有限会社イグノスと共同で、工場の生産設備の監視を目的とした安価で簡易な製造ライン監視システムの開発^{4),5)}を行ってきた。平成30年度は試作システムを用いて鋳造工場における製造ラインの稼働状態の可視化⁶⁾や電子基板製造工場やワイヤ製造工場の製造ライン監視の実証実験を行ってきた。

従来システムは、製造ラインのパトランプやスイッチランプなどの光源の明滅を光センサで取得し稼働状況を監視していた。しかし、この方式では稼働/停止に対応する光源が無いラインには適用できない。さらにセンサ値だけではラインの停止は検出できるが、停止原因が把握できないことも課題となっていた。

筆者らは、この課題を解決するためには、製造ライン

の稼働状態に関する情報を「画像」として取得し、画像処理技術を用いて検知する手法が有効と考えた。そこで製造ラインの画像を自動的に取得し、画像処理によって稼働状況と停止原因に関する情報を取得するシステムを開発し、恒温恒湿槽を用いた実証実験を行った。以下に、その結果を報告する。

2 製造ライン監視システムの開発

2-1 監視システムの概要

図1に本研究で開発した製造ライン監視システムのブロック図を示す。本システムは画像撮影装置と稼働監視サーバーの2つから構成されている。画像撮影装置では、カメラによる撮影、画像取得、サーバーへの無線通信を行う。また稼働監視サーバーでは、画像の受信、画像処理、稼働/停止の判別、グラフ表示、記録を行う。

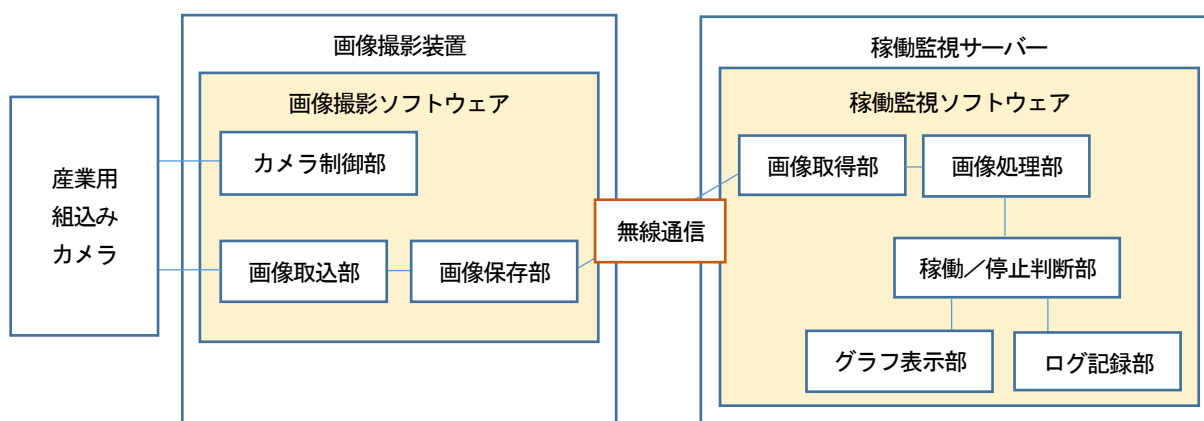


図1 装置監視システムのブロック図

* 令和元年度いわてものづくりイノベーション推進事業

** 電子情報システム部

*** 有限会社イグノス

表1 画像撮影装置の主な構成部品と仕様

構成部品	仕様
Windows10 IoT シングルボード コンピュータ	CPU: Intel Cherry trail Z8350 クアッドコア 1.8GHz プロセッサ RAM: 4GB DDR3 ストレージ: 64GB eMMC OS: Windows10 Enterprise 2016 LTSC Wi-Fi: 802.11n 2.4GHz
産業用組み込みカメラ	撮像素子: 1/4 インチ CMOS カラーセンサ ローリングシャッター 解像度: 640×480 pixels フレームレート: 30fps 出力信号形式: USB2.0 (YUV/MJPEG)



図2 画像撮影装置の試作機

2-2 画像撮影装置の開発

画像撮影装置には Windows10 IoT シングルボードコンピュータを採用し、Windows10 の OS で、カメラ制御、画像の保存、無線通信の各機能を容易に可能にしている。カメラには、UVC (USB Video Class) インタフェースに対応した産業用組み込みカメラを採用しており、専用のドライバや画像取込みソフトが不要である。

本システムでは、稼働監視サーバー1 台に対して、画像撮影装置は 4 台まで設置可能である。画像撮影装置が複数の場合、パケット衝突を避けるため、画像は一旦画像撮影装置に保存する。そして必要に応じて稼働監視サーバーが各画像撮影装置に問い合わせを行い、画像ファイルを取得する。画像撮影装置の主な仕様を表1に、試作機を図2に示す。

2-3 画像処理機能の開発

画像を用いた装置監視では、装置の停止や異常に関する情報を取得するために、従来の稼働/停止の判別に加えて、数値の読み取りや特徴点の位置検出が行える様にしている。本システムでは、以下の5つの基本機能を開発した。

(1) 文字認識と数値の読み取り

画像内の任意の位置を指定し、その範囲内に対して



図3 卓上の実験環境

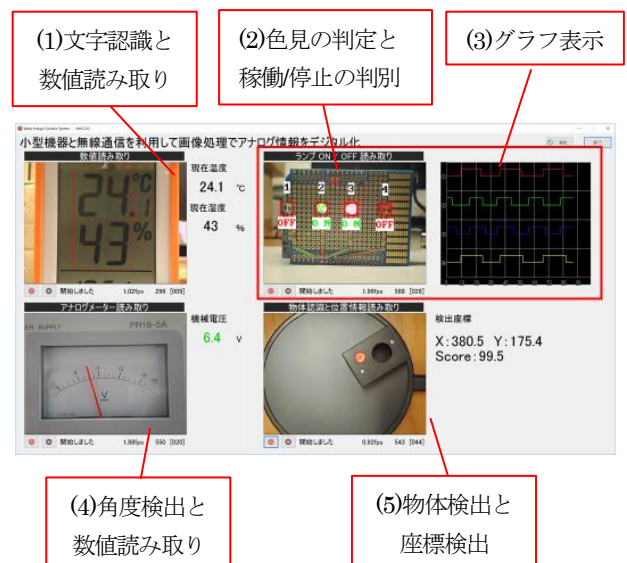


図4 卓上実験における監視画面の例

OCR (Optical character recognition) を適用し、文字を認識する。ここで得られた文字から必要な数字だけを抽出し数値データを取得する。

(2) 色味の判別と稼働/停止の判別

画像内の任意の位置を指定し、その範囲内の画素値の RGB 値を抽出する。抽出した RGB 値に対し予め登録した稼働/停止に対応するランプや操作液晶パネルの RGB 値を照合し、装置の稼働/停止を判別する。

(3) グラフ表示

(1) で得られた稼働/停止データについて、折れ線グラフを作成し、表示する。

(4) 角度検出と数値読み取り

撮影画像に対してアナログメーターの針の長さや移動範囲を指定し、針の位置から角度を検出する。予め登録したアナログメーターの最小値と最大値と針の角度を比較し、アナログメーターの数値を算出する。

(5) 物体検出と座標検出

検出対象とする物体の画像を予め登録し、撮影した



(a) 停止中 (緑色) (b) 稼働中 (赤色)

図5 監視対象となる操作液晶パネルの稼働/停止ボタン



図6 実証実験における監視ソフトウェアの画面の例

画像に対しパターンマッチングを行う。マッチング結果から物体の座標とマッチングの適合率を算出する。上記の機能について、図3に示す簡易な卓上実験環境を用いて動作検証を行い、正常に動作していることを確認した。図4に実験中のソフトウェア画面の例を示す。

3 実証実験

3-1 実験条件および実験手順

ライン監視システムを模擬して試作した装置監視システムを用い、恒温恒湿槽 (Eyn-4HA-7 IMV 社) の監視実験を行った。監視のため取得する画像は同装置の操作液晶パネルとした。

実験では、撮影した画像ファイルに対して画像処理を行い、稼働/停止の操作ボタンのON/OFFを判別し、結果をファイルへ出力させた。稼働/停止の操作ボタンは図5の赤丸で示すように、停止中は緑色、稼働中は赤色で表示されるため、本実験では色味判定の機能を用いた。

実験では、最初に恒温恒湿槽の操作液晶パネルをカメラで撮影し、その後、表2に示す手順に従い手作業で稼働と停止を切り替える。本実験では、室内環境の光量変化による影響についても評価するため、室内照明が全灯および全消灯の2種類について実施した。監視ソフトウェアの画面を図6に示す。稼働/停止の判別結果は、図6の下部に示す稼働/停止ログを参照し、表2の手順と

表2 実証実験における操作手順

時間	操作液晶パネル	室内照明
14:35	停止	点灯
14:36	停止	消灯
14:40	稼働	消灯
14:43	停止	消灯
14:45	停止	点灯
14:55	稼働	点灯
14:57	停止	点灯
15:00	稼働	点灯
15:02	稼働	点灯
15:04	稼働	消灯
15:10	稼働	点灯
15:21	稼働	消灯
15:22	停止	消灯

表3 実証実験における撮影条件

実験日時	2020年1月8日 14:35~15:23
実験場所	岩手県工業技術センター共同研究室
撮影対象	恒温恒湿槽 (Eyn-4HA-7 IMV) 操作液晶パネル
PC (稼働監視サーバー)	Surface Pro 4 (OS Windows10)
撮影間隔	1.0fps
カメラ露光時間	3300 μ s (マニュアル設定)
カメラホワイトバランス	自動



(a) 稼働/停止判別結果



(b) 実際の稼働/停止状態



(c) 室内照明の状態

図7 実験結果のグラフ

比較して ON/OFF の判別が行われているかを確認した。撮影条件を表3に示す。

3-2 実験結果と考察

恒温恒湿槽の監視実験の結果を図7に示す。図7(a)は本監視システムによる稼働/停止の判別結果、図7(b)は表2に示した実際の稼働/停止の状態、図7(c)は同じく表2に示した室内照明の状況を示している。

図7(a)と図7(b)の比較から正しく稼働/停止が判別されていることを確認した。また図7(c)に示すように室内照明を変化させたが、今回の実験においては、室内照明による影響は確認されなかった。

しかし稼働/停止の切り替え作業において、稼働/停止ランプと作業者の手が重なることで、一時的に稼働状態を停止状態と判断される場合があることを確認した。

稼働と停止の切り替え作業中の画像を図8に示す。本実験では、切り替え作業の時間が短かったためログデータへ反映される前に誤認識状態が解消されたが、作業者の手が長時間映り込む場合の対策として、稼働と停止以外に「作業中」などの状態を追加する必要がある。

またカメラの露光時間の設定にあたり、マニュアル設定と自動設定の双方の取得画像の比較を行った。比較画像を図9に示す。マニュアル設定の場合、点灯時と消灯時の稼働/停止ボタン差異は小さいことを確認した。一方の自動設定の場合は、画像全体に白みがかっており、操作液晶パネルにおける赤ランプ部分でハレーションが発生するなどのノイズを確認した。この結果から、画像処理による認識率の低下を避けるために、特に露光時間の設定は重要であり、求める画像に合わせた調整が必要であることがわかった。

4 結 言

本研究では、画像を用いた製造ライン監視システムを実現するため、シングルボードコンピュータを用いた画像撮影装置および稼働状態を取得するための画像処理機能の開発と恒温恒湿槽による実証実験を行い、以下の成果を得た。

- ① 画像撮影装置の開発では、Windows10 IoT シングルボードコンピュータと産業用組込みカメラを用いて、画像取得、画像保存、無線通信の各機能を実現した。
- ② 画像処理機能の開発では、色味の判定を利用した稼働/停止の判別、文字認識による数値の読み取り、角度検出によるアナログメーターの数値の読み取り、物体検出による対象物の座標の特定を実装し、卓上実験において正しく動作することを確認した。
- ③ 実証実験では、恒温恒湿槽の稼働状態を監視し、操作液晶パネルの色味から稼働/停止状態を判別できることを確認した。また露光時間について、環境に合わせて設定することで画像のノイズを抑えられることを確認した。

今後は製造現場への試験的な導入を行い、長期運用時の認識率および信頼性について検証する予定である。ま



(a) 稼働/停止ボタン操作 (b) ポップアップメニュー操作
図8 稼働/停止の切り替え作業



照明点灯時 照明消灯時

(a) マニュアル設定



照明点灯時 照明消灯時

(b) 自動設定

図9 室内照明の点灯時、および消灯時の比較

た有限会社イグノスでは、本研究の成果を基に「Warp Image Camera System」として製品化を進めており、本センターもそれに向けた支援を行っていききたい。

文 献

- 1) 安部純一：ビッグデータを活用したものづくり現場のイノベーションを支援する「最強工場」、FUJITSU. 66、4、p62-68 (2015)
- 2) 久保田真、福田茂紀、野村佳秀、阿比留健一：IoTデータの処理・利活用を促進するダイナミックリソースコントローラー技術、FUJITSU. 67、2、p42-51 (2016)
- 3) 向殿政男：IoT時代におけるものづくり安全の動向、情報通信学会誌 vol. 34、1、p41-46、(2016)
- 4) 菊池貴、野村翼、千田麗誉：画像情報とセンサデータを組み合わせたハイブリッド環境測定システム、岩手県工業技術センター研究報告 第18号、7(2015)
- 5) 菊池貴、浪崎安治：IoTを用いた伝統工芸品の製造工程の改善支援、岩手県工業技術センター研究報告 第19号 (2016)
- 6) 菊池貴、高川貫仁、大和田功、寒川陽美：IoTを活用した製造ライン監視システムの開発、岩手県工業技術センター研究報告 第22号 (2019)