

IoT を活用した製造ライン監視システムの開発*

菊池 貴**、高川 貫仁***、大和田 功****、寒川 陽美****

製造現場において IoT を活用した生産性向上が求められている。これまで製造装置の稼働状況を監視するシステムを開発し、鋳造工場において砂型造型機の稼働状況を計測してきた。このたび、さらに従来の装置監視システムを改良し、光センサを用いた稼働状況取得と動的に検量線と閾値が設定可能なグラフ表示機能を開発実装して、これを鋳造工場に設置し、試作システムの実証実験を行った。

キーワード：IoT、センサネットワーク、装置監視、スマート工場、鋳造工場

IoT Monitoring System for Production Line

KIKUCHI Takashi, TAKAGAWA Takahito, OWADA Isao and SANGAWA Harumi

Key words： IoT, Sensor Network, Equipment monitoring, Smart Factory, Foundry

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⁾²⁾³⁾。製造現場へのIoTの導入を進めていくためには、第一に監視技術の確立が求められる。監視により装置の稼働状況や異常といった製造現場の状況を数値化でき、データに基づいた分析や改善活動が可能となる。

この監視技術の導入を支援するため、これまで岩手県工業技術センターは(有)イグノスと共同で装置監視システムを開発してきた⁴⁾⁵⁾。平成29年度はこの試作システムを一関市のシグマ製作所花泉工場(以下、シグマ製作所)に試験的に導入し、これまで取得できていなかった砂型造型機の稼働状況を明らかにした。

これを発展させ、工場全体の稼働状況を把握するためには、電気炉やサンドミキサーといった他の製造装置に対しても監視の範囲を拡大する必要がある。しかし、従来システムではPLC (Programmable Logic Controller) から信号を取得するため、PLC を使用していない電気炉には適用することができない。また、装置毎に稼働/停止の閾値が異なるため、従来のグラフ表示では稼働/停止の判別が困難である。

そこで、工場全体の稼働状況の取得を目的として、複数の装置の稼働状況を同時取得するためにシステムの改良を実施した。本報告では、光センサを用いたセンサノードの改良、動的に検量線と閾値が設定可能なグラフ表示機能の開発、及び実証実験について述べる。

2 装置監視システムの改良

2-1 従来システムの課題

従来システムの概要を図1に示す。

センサノードはSSR (Solid-State Relay) を介した信号取得と無線通信の機能を有する。これは製造装置に付属している制御用PLCの出力端子に接続することで、制御信号を自動で取得し、AD変換した電圧値のテキストデータを自動送信する。一方、表示端末は無線通信機能と表示機能を担う通信・可視化ソフトウェアを有する。これはセンサノードから送信されたテキストデータを受信し、表示端末の記憶領域への記録と表示端末上でのテキスト表示・時系列の折れ線グラフ表示を行う。これらを用いて平成29年度はシグマ製作所の砂型造型機の稼働状態を明らかにした。

このシステムを発展させ工場全体の監視を行う場合、図2に示すように、対象は電気炉2台、砂型造型機3台、モールドクーラー1台の計6台となる。しかし、電気炉にはPLCが無いためセンサノードを接続することができない。また複数の装置を監視する際に、稼働/停止を判別する閾値が一定ではないため、従来の時系列の折れ線グラフ表示だけではデータの確認作業が煩雑になる。

2-2 光センサを用いたセンサノード

監視対象とする6台の製造装置について調査し、いずれも稼働状態を示すランプまたはスイッチランプがあることに注目した。このランプの明滅を光センサで取得することで、装置の稼働/停止を取得できる。センサノードは平成28年度に開発したアナログセンサノードを用い、光センサにはNJL7502L (新日本無線) を用いた。

* 平成30年度ものづくり革新推進業務

** 電子情報技術部 (現 電子情報システム部)

*** 素形材技術部 (現 素形材プロセス技術部)

**** 有限会社イグノス

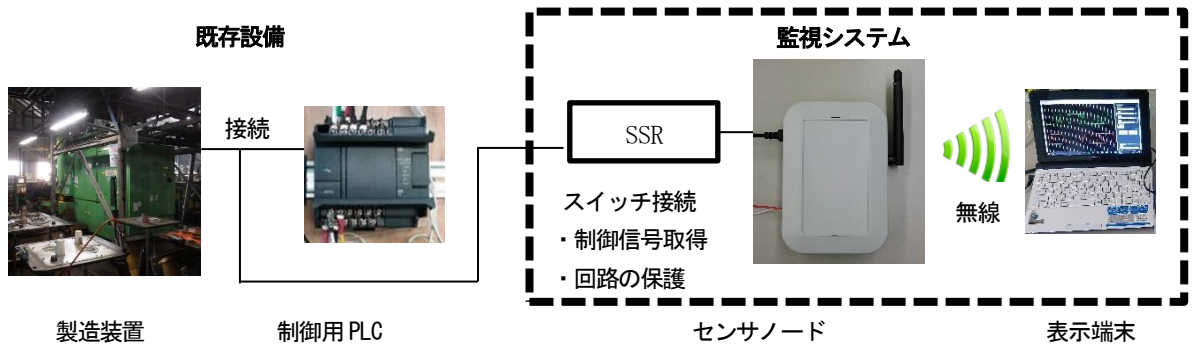


図1 従来の装置監視システム

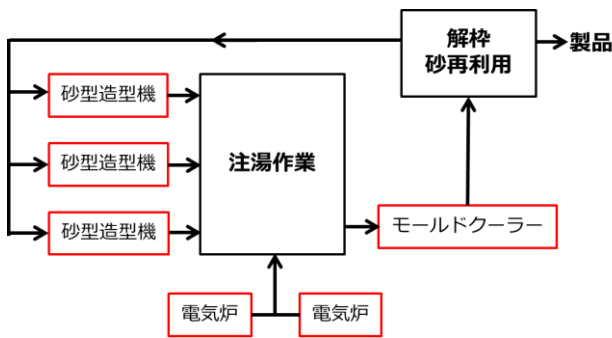


図2 工場における製造装置の配置

光センサを用いた場合、ランプの光量がそれぞれ異なるため出力電圧の範囲が一定ではない。また、工場内の照明環境の変化が外乱となる。そこで、実際のランプの光を取得する予備実験を行い、センサノード毎に増幅率を個別に設定した。また、外乱については照明や窓からの外乱光はセンサよりも上部から入射することに注目し、取り付け角度を下向きに調整すると共にセンサ部を黒色のカバーで覆うことで対処した。従来のセンサノードとの比較を表1、試作したセンサノードを図3に示す。この図の左はセンサノードの全景であり、右はそのヘッド部である。

これまでではセンサノードを設置する際に製造装置を停止させる必要があったが、改良版では光センサが非接触で稼働状況を取得できるため、製造ラインが稼働中であってもセンサノードの脱着が可能となった。

2-3 検量線と閾値を変更可能なグラフ表示機能

前述の光センサの使用による出力電圧のばらつきへの対応と、複数装置の稼働状況を同時に可視化するために、通信・可視化ソフトウェアの改良を行った。光センサを用いた場合、ランプごとに光量が異なるため、光センサの出力電圧もそれぞれ異なり、装置の稼働/停止の閾値も異なる。そのため、単純な時系列グラフでは装置の稼働状況を判別できない。そこで検量線と閾値を動的かつ個別に設定する機能、及び閾値を基に2値化したグラフ表示機能を追加した。従来の時系列グラフ表示を図

表1 センサノードの比較

	従来	改良
稼働状態の取得方法	PLCの出力電圧を取得	光センサでランプの光を電圧に変換
製造装置との接続方法	端子に接続	非接触
稼働中の設置	不可	可能
出力電圧	ほぼ一定	ランプ毎に異なる
外乱の影響	無し	有り

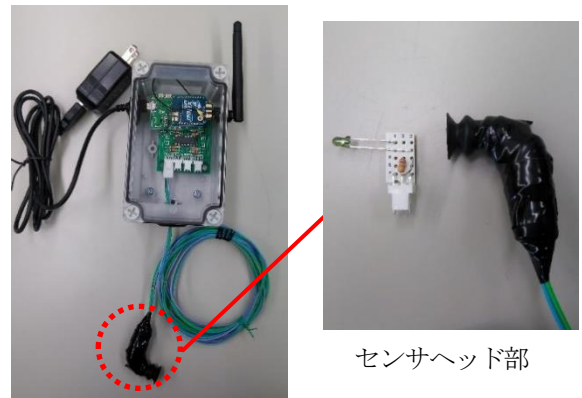


図3 試作したセンサノード

4、2値化し稼働期間を塗りつぶし表示にした改良版のグラフを図5に示す。さらに、保存先の変更やグラフの色指定等の機能についても追加した。従来ソフトウェアとの比較を表2に示す。

3 実証実験

3-1 センサノードの設置

改良した装置監視システムをシグマ製作所に設置し、実証実験を行った。センサノードは砂型造型機3台、電気炉2台、モールドクーラー1台の計6台に設置した。各装置への設置状況を図6に示す。砂型造型機及びモールドクーラーは制御盤のスイッチランプの明滅を取得するが、作業の妨げにならないようスイッチランプの側面

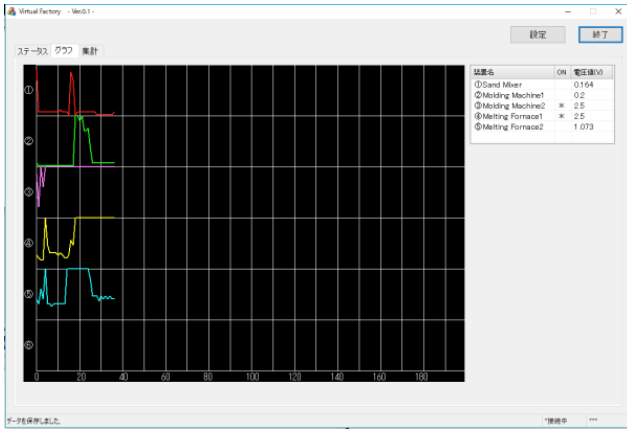


図 4 時系列の折れ線グラフ表示



電気炉 1



電気炉 2



図 5 閾値で2値化した時系列グラフ表示



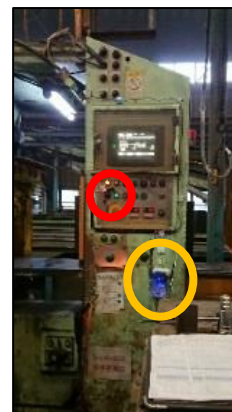
砂型造型機 1



砂型造型機 2

表 2 表示ソフトウェアの比較

	従来	改良
閾値	固定	可変
検量線の変更	1次式	3次の多項式
グラフ表示	1種類 ・時系列の折れ線グラフ	3種類 ・時系列の折れ線グラフ ・閾値で2値化した時系列グラフ ・閾値で2値化した時系列グラフ (塗り潰し表示)
グラフの色	固定	可変
ファイルの保存先	固定	可変
サンプリングレート	固定	可変
センサノードと装置の対応	無し	有り



砂型造型機 3



モールドクーラー

○ センサヘッド部 ○ センサノード本体

図 6 製造装置へのセンサノードの取り付け状況

に光センサを取付けた。電気炉については、装置の稼働時に点灯するランプの明滅を取得する。これについても同様にランプ側面に光センサを取り付けた。また工場内は大量の煤が舞っているため、光センサに煤が付着しないよう開口部が下向きになるよう調整した。

3-2 実験結果

改良システムを用いた装置の稼働状況取得実験を行い、製造装置 6 台の稼働状況を同時取得できることを確認した。また、シグマ製作所の担当者と共に測定結果を確認し稼働状況について意見交換を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 電気炉については、砂型の不足に起因する溶湯の保持時間が発生すること
- ② 砂型造型機については、型交換に起因する停止時間が発生すること
- ③ 不具合として、作業者の接触に起因するデータの取得失敗があること

これらは、①については、「砂型造型機の追加」、「より造型速度の速い装置への交換」、「溶解作業の開始時間の調整」等の対策を行うことで、電気消費量の抑制が可能である。また②については、特定の砂型造型機の停止時間が長いことから、この型交換作業を見直すことで製造ライン全体の稼働時間の短縮につながる。さらに③については、センサヘッド部の固定方法を改善することで長期の安定したデータ取得が可能となる。

4 結 言

本研究では、従来の装置監視システムを改良し複数の製造装置の稼働/停止状態を取得できるシステムを開発し、シグマ製作所において実証実験を行った。

システムの改良では光センサによる製造装置の稼働/停止の情報の取得、及び検量線と閾値の動的な設定、2値化したグラフの表示の各機能を開発した。実証実験では、シグマ製作所にセンサノードを設置し、電気炉 2台、砂型造型機 3台、モールドクーラー 1台の計 6台の製造装置の稼働状況の同時取得に成功した。そして、測

定結果をもとに、電気炉の保持時間の短縮、砂型造型機の型交換作業の短縮といった改善案を検討した。

今後は、本システムを活用し企業の担当者と共に生産性の改善に取り組む。また、より詳細な稼働状況や、装置停止の原因調査のために、画像を用いた装置監視技術の開発を行っていく。

謝 辞

本研究は株式会社シグマ製作所様の御協力により実施できた。この場を借りて深謝する。

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、62-68 (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、42-51 (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、41-46、(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)