

## 空気圧縮装置の遠隔監視システムの確立

小林達哉\*<sup>1</sup> 味方美由貴\*<sup>1</sup> 唐牛聖文\*<sup>1</sup> 原田勝利\*<sup>1</sup> 鈴木浩之\*<sup>2</sup>

### Establishment of Remote Monitoring System for Air Compressor

KOBAYASHI Tatsuya\*<sup>1</sup>, MIKATA Miyuki\*<sup>1</sup>, KARAUSHI Masafumi \*<sup>1</sup>,  
HARADA Katsutoshi\*<sup>1</sup>, SUZUKI Hiroyuki \*<sup>2</sup>

抄録

SAITECの現状では、空気圧縮装置と事務室が離れているため、装置の異常をリアルタイムに把握する手段が確立されていない。そのため、異常が発生した際、発見するのに時間がかかってしまっている。そのため安価で汎用性のあるRaspberry Piを用いて遠隔監視システムの構築を行った。光センサ・カメラセンサを作成し、空気圧縮装置の運転状態や圧力のデータを取得することができた。これらのデータを用いることによって遠隔で装置の状態を確認できるシステムを構築した。

キーワード：遠隔監視， Raspberry Pi ， 光センサ， 画像認識

## 1 はじめに

機器の状態を把握することは装置のメンテナンス時期を予測するほか、突然の異常発生を瞬時に知ることができるため重要である。

SAITECの現状では異常が発生した際にも6階事務室では知ることができず、地下で作業をしている職員の報告で知るといった状態である。

そのため配電盤のランプの色やデジタル数字をセンサや画像で検出し、Wi-Fiで遠くに外部出力するシステムを構築する必要がある。今回は安価で汎用性の高いRaspberry Piを用いて研究を進めた。また中小企業においても同じような課題を抱えており、本研究を通して遠隔監視システムの構築を行うことができれば中小企業のIoT化の支援ができると考えた。

## 2 実験方法

### 2.1 ネットワークの構築

はじめに地下コンプレッサー室と6階事務室のネットワークを構築する必要がある。アクセスポイントを設置し、データの送受信を問題なく行えることを確認した。通信速度及び通信の安定性について2.4GHzと5GHzで比較を行った。

通信速度についてはダミーデータを用意し、ファイルの送受信速度を5回測定、平均をとって比較した。通信の安定性については通信速度のグラフにおいて速度の低下がどの程度の頻度で発生したかで判断した。

### 2.2 光センサを用いた測定方法の検討

遠隔監視を行うにあたり光センサを選定した。光センサとは光を当てると抵抗値が小さくなったり、電気を流せるようになったりと電気的な変化が生じるものである。それぞれのセンサには特徴があり、測定する条件によってセンサを選ぶ必要がある。主要な光センサにはCdS、フォトダイオ

\*<sup>1</sup>事業化製品化支援担当

\*<sup>2</sup>電気・電子技術・戦略プロジェクト担当

ード、フォトトランジスタなどがある。各種光センサは光の強さによってアナログに変化する。Raspberry Piにアナログ信号を送るためにはA/Dコンバーターが必要となる。A/Dコンバーターと光センサ、抵抗これらをRaspberry Pi接続し、回路を作成する。回路の概略図を図1に示した<sup>2)</sup>。

測定対象とした配電盤のパネルについて図2で示した。配電盤には空気圧縮装置の状態がわかるランプがついており、それを測定することで「運転」、「停止」、「故障」のどの状態であるかを知ることができる。

また、センサの設置にあたって、固定方法が課題として挙げられた。今回は、設置に最適なセンサ用パネルを3Dプリンタにより作製した(図3)。

次に抵抗およびセンサの選定を行った。抵抗は100Ω、1kΩ、10kΩを用意した。光センサはCdSでGL5516、GL5528、GL5539の3種類、フォトダイオードでS6967、S7183、LLS05-Aの3種類、フォトトランジスタでNJL7502L、NJL7302Lの2種類を用意した。A/DコンバーターはMCP3008を用い、Raspberry PiはRaspberry Pi3Model B+を用意した。光センサの選定を行うため「センサを覆ったとき」「蛍光灯の光を当てたとき」「ライトの光を当てたとき」で信号の値がどのような変化をするか実験した。

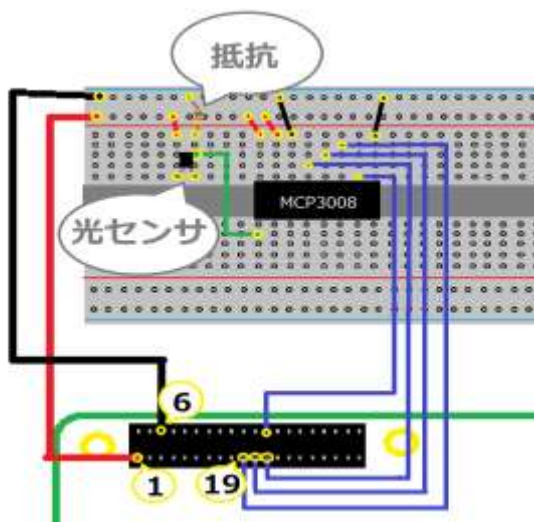


図1 回路の概略図



図2 配電盤



図3 測定用パネル装着後

## 2.3 カメラを用いた測定方法の検討

Webカメラ(logicool C270n)を用いてアナログメータの検出及びデジタル盤の数値を読み取った(図4)。アナログメータとデジタル盤に表示される空気圧力の値を記録し、コンプレッサの稼働状況を把握した。メータの検出及び文字認識についてはOpenCVという画像処理、画像解析ができるオープンソースライブラリを用いて行った。

はじめにアナログメータの検出を行った。直線検出としてハフ変換<sup>1),3)</sup>を用い、針の検出ができるか実験を行った。ハフ変換を行うにあたって画像のノイズ等を取り除く必要があった。今回は画像に対してグレースケール化、二値化、平滑化を行ってから直線検出を行った。

次に、アナログメータの写真を取り込み、極座標変換し、極座標変換後の画像に対して直線検出を行った。

デジタル盤に表示されているデジタル数字はOpenCVのテンプレートマッチング<sup>4)</sup>を用いてデジタル数字の認識を行った。テンプレートマッチングとは事前に用意したテンプレートを対象の画像全体で移動させ、それと重なる領域を発見する方法である。今回は0から9のテンプレートデータを用意し、デジタル盤に表示される画像の判定を行った。



図4 アナログメータ及びデジタル盤

5GHz では 4.6s/回となり 2.4GHz のほうが安定しているという結果になった。

通信速度は 5GHz が高く、安定性は 2.4GHz が高いという結果となった。この結果は無線 LAN の特徴と一致した。動画ファイルの容量が 1 秒あたりおおよそ 0.25MB であるため、通信速度はどちらも問題なく、安定した測定をするため 2.4GHz を用いて実験を行った。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 ネットワークの構築

通信速度を比較すると 2.4GHz では 6.04MB/s、5GHz では 8.06MB/s となり、通信速度としては 5GHz のほうが速いという結果になった。通信の安定性については 2.4GHz では速度の低下が 6.8s/回、

#### 3.2 光センサを用いた測定方法の検討

各種光センサ、3 種類の抵抗を用いて「センサを覆ったとき」「蛍光灯の光を当てたとき」「ライトの光を当てたとき」で信号の値がどのような変化をするかを示したのが下記の表である。

表1 CdS

CdS	抵抗値	センサを覆う	蛍光灯	ライト	参考価格
GL5516	100Ω	15	57	380	40 円
	1kΩ	140	384	880	
	10kΩ	660	880	1005	
GL5528	100Ω	16	39	290	40 円
	1kΩ	125	305	840	
	10kΩ	620	825	1000	
GL5539	100Ω	0	6	250	40 円
	1kΩ	10	66	600	
	10kΩ	<b>80</b>	<b>410</b>	<b>995</b>	

表2 フォトダイオード

フォトダイオード	抵抗値	センサを覆う	蛍光灯	ライト	参考価格
S6967	100Ω	0	0	10	400 円
	1kΩ	2	6	37	
	10kΩ	28	66	1000	
S7183	100Ω	2	6	300	110 円
	1kΩ	23	66	700	
	10kΩ	330	770	800	
LLS05-A	100Ω	2	14	30	150 円
	1kΩ	<b>25</b>	<b>144</b>	<b>200</b>	
	10kΩ	180	530	550	

表3 フォトトランジスタ

フォトトランジスタ	抵抗値	センサを覆う	蛍光灯	ライト	参考価格
NJL7302L	100Ω	3	29	740	100円
	1kΩ	17	196	792	
	10kΩ	190	800	835	
NJL7502L	100Ω	0	0	30	50円
	1kΩ	1	4	300	
	10kΩ	7	60	936	

表1~3の結果より3つの状態の違いがしっかりと区別できており、価格が安いCdS:GL5539(10kΩ)、フォトダイオード:LL05S-A(1kΩ)、フォトトランジスタ:NJL7302L(1kΩ)が今回の測定において適していると判断した。

またそれぞれのセンサには特徴があり、今回測定するランプは暗い光となっているため微弱な光での測定が得意であるフォトトランジスタNJL7302L(1kΩ)を使用して測定することとした。

### 3.2.2 センサの設置

空気圧縮装置は2台あり、それぞれ交互に稼働している。日常的にクランプ式電流センサを用いて空気圧縮装置の稼働状況についてのデータは取得できていたのでそちらのデータと光センサで取得した空気圧縮装置の稼働状況についてのデータに違いがないかを確認した。データの比較を行うことで光センサでのデータ取得がうまくいくことが確認できた(図5)。

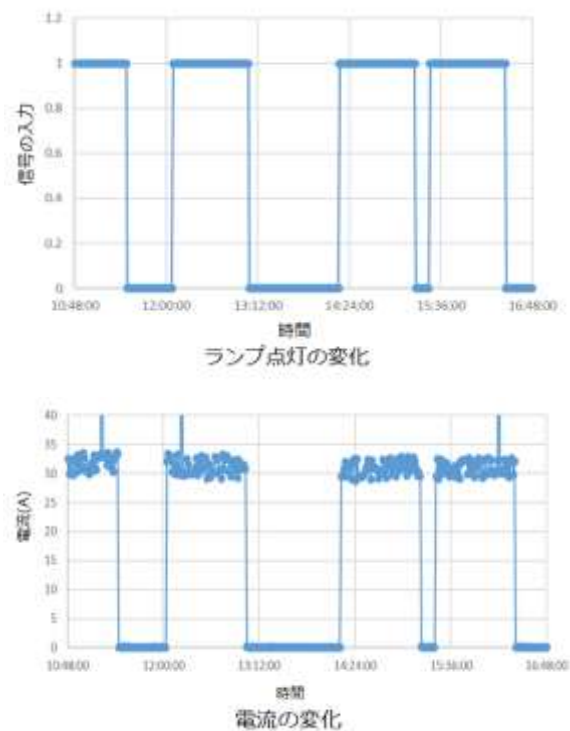


図5 ランプの点灯と電流値の比較

### 3.3 カメラを用いた測定方法の検討

#### 3.3.1 アナログメータの検出

ハフ変換を用いた直線検出の結果、アナログメータの針の検出はうまくできなかった。画像に対し直線を2本見つけその交点が針の先端であったが、光の当てる角度によって針に影ができてしまい影があるほうの直線を検出できなかった。

次に極座標変換を用いた直線検出の結果、極座標変換を行った画像に対して直線検出を行うことでアナログメータの針を検出することができた。



図6 アナログメータ検出の結果

また、角度の検出を行うことで圧力の値を読み取ることも可能であった(図6)。

### 3.3.2 デジタル数字の検出

テンプレートマッチングを用いることでデジタル数字の認識を行うことができた(図7)。

今回のように決まった形のものを決まった場所で認識するにはテンプレートマッチングで可能であることがわかった。



図7 テンプレートマッチング結果

## 4 まとめ

Raspberry Pi を用いて遠隔監視システムの構築を行った。その結果、各種センサを用いてデータの取得ができるようになり遠隔監視ができるようになった。

### (1)ネットワークの構築

通信速度および通信の安定性について 2.4GHz と 5GHz で比較を行った。通信速度では 5GHz、安定性では 2.4GHz のほうがよい結果となった。

### (2)光センサによる検出

光センサを用いて配電盤に設置されているパイロットランプの点灯を検出することができた。これによって空気圧縮装置の現在の状態について確認することができ、稼働状況をモニタリングすることで異常発生時に瞬時に知ることができるようになった。

### (3)カメラによる検出

カメラを用いてアナログメータとデジタル数字の検出を行うことができた。アナログメータについては極座標変換を用いて検出を行った。今回測定したもの以外でも同様のものであれば測定できると考えられる。デジタル数字についてはテンプレートマッチングを用いて測定することができた。

### (4)今後の展開

今後としてはデータの測定を続けていき、異常発生時の迅速な対応に生かしていく。また、長期的なデータを蓄積することで異常の直前などに予兆が発生しているかを確認する。企業支援としては今回のノウハウを生かして同様な問題を抱えている企業の支援につなげていければよいと考えている。

### 参考文献

- 1) ハフ変換による直線検出,  
[http://labs.eecs.tottoriu.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py\\_tutorials/py\\_imgproc/py\\_houghlines/py\\_houghlines.html](http://labs.eecs.tottoriu.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py_tutorials/py_imgproc/py_houghlines/py_houghlines.html)
- 2) 福田和宏：RaspberryPi 電子工作実践講座,  
2019,164
- 3) 直線を検出する Hough 変換をやさしく解説,  
<http://www.allisone.co.jp/html/Notes/image/Hough/index.html>, 2021.12.24
- 4) テンプレートマッチング,  
[http://labs.eecs.tottoriu.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py\\_tutorials/py\\_imgproc/py\\_template\\_matching/py\\_template\\_matching.html](http://labs.eecs.tottoriu.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py_tutorials/py_imgproc/py_template_matching/py_template_matching.html),  
2021.12.24